

白鹤滩左岸水电站 500 千伏送出工程

环境影响报告书

建设单位：国网四川省电力公司建设工程咨询分公司

评价单位：中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

二〇二〇年六月 成都

目 录

1 前言	- 1 -
1.1 工程建设必要性	- 1 -
1.2 工程概况	- 1 -
1.3 评价内容说明	- 2 -
1.4 设计工作开展情况	- 2 -
1.5 环境影响评价工作过程	- 2 -
1.6 关注的主要环境问题	- 3 -
1.7 环境影响报告书主要结论	- 3 -
2 编制依据	- 5 -
2.1 评价依据	- 5 -
2.2 相关文件	- 7 -
2.3 相关协议	- 7 -
2.4 设计文件	- 7 -
2.5 其他文件	- 8 -
2.6 标准批复文件	- 8 -
2.7 评价因子	- 8 -
2.8 评价工作等级	- 8 -
2.9 评价范围、评价标准	- 10 -
2.10 环境保护目标	- 11 -
2.11 评价重点	- 15 -
3 工程概况及工程分析	- 16 -
3.1 工程概况	- 16 -
3.2 与政策法规等相符性分析	- 35 -
3.3 工程的环境合理性分析	- 38 -
3.4 环境影响因素识别	- 38 -
3.5 生态影响途径分析	- 39 -
3.6 主体设计环境保护措施	- 40 -

4 环境现状调查与评价	- 44 -
4.1 区域概况	- 44 -
4.2 自然环境概况	- 44 -
4.3 水文	- 46 -
4.4 动植物	- 46 -
4.5 土地利用现状	- 47 -
4.6 水土流失	- 47 -
4.7 工程附近生态敏感区情况	- 47 -
4.8 电磁环境	- 50 -
4.9 声环境	- 54 -
5 施工期环境影响预测与评价	- 56 -
5.1 施工扬尘分析	- 56 -
5.2 污水排放分析	- 56 -
5.3 固体废物影响分析	- 57 -
5.4 声环境影响分析	- 58 -
5.5 生态环境影响	- 58 -
6 运行期环境影响预测与评价	- 62 -
6.1 电磁环境影响预测与评价	- 62 -
6.2 声环境影响预测与评价	- 115 -
6.3 居民敏感目标环境影响预测	- 122 -
6.4 地表水环境影响分析	- 126 -
6.5 环境风险	- 126 -
7 生态评价专章	- 127 -
7.1 评价范围、内容、重点	- 127 -
7.2 评价方法	- 127 -
7.3 生态环境现状调查及评价	- 128 -
7.4 生态类保护目标	- 135 -
7.5 生态影响预测分析评价	- 138 -
7.6 生态影响防护与恢复措施	- 143 -
7.7 生态影响评价结论	- 148 -

8 环境保护措施及其经济、技术论证.....	- 149 -
8.1 污染控制措施分析.....	- 149 -
8.2 环境保护措施.....	- 149 -
8.3 环保措施的经济、技术可行性分析.....	- 154 -
9 环境管理和监测计划.....	- 155 -
9.1 环境管理.....	- 155 -
9.2 环境监理.....	- 158 -
9.3 环境监测.....	- 159 -
10 评价结论与建议.....	- 161 -
10.1 工程概况.....	- 161 -
10.2 工程建设的符合性及必要性.....	- 161 -
10.3 环境概况.....	- 162 -
10.4 主要环境影响.....	- 163 -
10.5 环境保护措施.....	- 168 -
10.6 生态环境保护措施.....	- 170 -
10.7 公众参与调查.....	- 174 -
10.8 工程环保投资估算.....	- 174 -
10.9 评价结论.....	- 174 -
10.10 建议.....	- 175 -

1 前言

1.1 工程建设必要性

白鹤滩水电站位于四川省凉山州宁南县和云南省昭通市巧家县交界处金沙江干流河段上，是我国“十三五”期间的重大支撑和标志性工程，是国家水电开发战略和西电东送的重要电源，也是推动西部经济崛起和区域经济社会发展的重大基础性工程。2017 年 7 月，白鹤滩水电站正式通过核准，进入主体工程建设阶段。电站总装机容量 16000MW（左、右岸各 $8 \times 1000\text{MW}$ ），多年平均发电量 $624 \times 10^8 \text{kWh}$ ，预计 2021 年 6 月首台机组并网发电，2022 年汛期前全部机组投产发电。电站投产后，将改善我国能源结构，满足日益增长的电力需求，实现节能减排的目的，促进我国社会经济低碳发展。

国家《电力发展“十三五”规划（2016-2020 年）》明确：“十三五”期间，开工建设白鹤滩电站外送工程；2018 年 9 月，国家能源局以《关于加快推进一批输变电重点工程规划建设工作的通知》（国能发电力〔2018〕70 号）明确：白鹤滩电站电力以 2 回 $\pm 800\text{kV}$ 直流输电工程分别送电江苏和浙江两省消纳。白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程是白鹤滩电站接入系统及外送交流配套工程，因此本工程的建设是非常必要的。

1.2 工程概况

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程建设内容包括：白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程、布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程。本工程位于四川省凉山州宁南县和布拖县境内。

（1）白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程

线路从宁南县白鹤滩水电站左岸构架出线，自宁南县北上进入布拖县，接入布拖 $\pm 800\text{kV}$ 换流站一期，共建设 4 回 500kV 线路，新建线路路径长度约 $4 \times 66\text{km}$ ，其中轻中冰区采用两个同塔双回路架设，长度约 $2 \times 2 \times 41.75\text{km}$ ；重冰区采用四个单回路架设，长度约 $4 \times 24.25\text{km}$ 。分裂间距为 500mm，输送电流为 1000A，全线同步架设 3 根 OPGW 光缆。新建线路位于凉山州宁南县（14km）和布拖县（52km）。

（2）布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程

在布拖换流站一期工程建成投运前的过渡期，本工程将白鹤滩左岸电站 I、II 回 500kV 线路在布拖换流站外临时搭接月城～布拖换流站一期 2 回 500kV 线路，

新建搭接线路长度 $2\times 0.5\text{km}$ ，新建铁塔 1 基。过渡期结束后拆除该段搭接线路的导地线和铁塔。搭接线路位于凉山州布拖县。

1.3 评价内容说明

(1) 本工程将白鹤滩左岸水电站通过 4 回 500kV 线路接入四川电网，涉及的布拖换流站一期 500kV 出线构架及相应间隔电气设备，已在布拖换流站一期工程中建设，不属于本工程建设和评价内容。

(2) 本工程 500kV 输电线路同步架设 3 根 OPGW 光缆，与拟建线路同塔架设，鉴于配套的光纤通信工程产生的环境影响较小，故本“报告书”不对其进行介绍和评价。

综上所述，本工程环境影响评价内容及规模如下：

①白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程：新建线路路径长度约 $4\times 66\text{km}$ ，其中轻中冰区采用两个同塔双回路架设，长度约 $2\times 2\times 41.75\text{km}$ ；重冰区采用四个单回路架设，长度约 $4\times 24.25\text{km}$ 。

②布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程：新建搭接线路长度 $2\times 0.5\text{km}$ ，新建铁塔 1 基。过渡期结束后拆除该段搭接线路的导地线和铁塔。

1.4 设计工作开展情况

2019 年 9 月，本工程可行性研究设计工作由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司完成。2019 年 9 月，电力规划设计总院对本工程可行性研究报告进行了审查，于 2019 年 11 月以《关于印发四川白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程可行性研究报告评审意见的通知》（电规规划〔2019〕410 号）出具了评审意见。2019 年 12 月，国家电网有限公司以《关于天津大港等 8 项 500、330 千伏输变电工程可行性研究报告的批复》（国家电网发展〔2019〕912 号）对本工程可行性研究报告进行了批复。2020 年 3 月，中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司完成了本工程初步设计工作。本次环评按照初步设计成果开展工作。

1.5 环境影响评价工作过程

根据《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）、《中华人民共和国环境影响评价法》、国务院令第 682 号《建设项目环境保护管理条例》、环保部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》及《关于修改〈建设项目

环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部令第1号），“500千伏及以上输变电工程应该编制环境影响报告书”。为此，国网四川省电力公司建设工程咨询分公司于2019年7月委托中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司承担本工程环境影响评价工作（附件1），于7月30日进行了环境影响评价信息公告。

接受委托后，评价人员首先对现有设计资料（包括工程所在地区地形、地貌、地质、气象、水文、工程设计参数）进行了分析，初步掌握了工程特点，在此基础上制定了下阶段的工作计划并进行了组织分工。然后评价人员深入工程所在地相关部门和线路所经之处进行现场收资和调查，实地收集第一手评价所需资料，提出了电磁环境和声环境监测计划，并委托监测单位进行了现场监测。同时向工程所在地凉山州生态环境局进行了环境影响评价标准请示，并取得了相应批复文件（附件6）。期间结合本工程的实际情况进行了环境影响预测及评价，制定了相应的环境保护措施，从环境保护角度论证了工程的可行性。根据环境影响评价技术导则、国家和四川省有关环境影响评价的规定，编制完成了《白鹤滩左岸水电站500千伏送出工程环境影响报告书》。

1.6 关注的主要环境问题

本工程关注的主要环境问题有：

（1）输电线路施工期对沿线生态环境的影响，其中包括对水土流失、土地利用、生态系统、植物资源、动物资源的影响；（2）输电线路穿越金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线的生态影响；（3）输电线路运行期产生的工频电场、工频磁场及噪声对周围环境敏感目标的影响。

1.7 环境影响报告书主要结论

（1）白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程是白鹤滩水电站接入系统及外送交流配套工程，工程建成后将白鹤滩电站电力送电江苏和浙江两省消纳，有利于改善我国能源结构，满足华东地区日益增长的电力需求，实现节能减排，促进我国社会经济低碳发展，因此建设白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程是必要的。

（2）本工程属国家发展和改革委员会第 21 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“第一类 鼓励类”中第四条“电力”中的“500 千伏及以上交、直流输变电”项目，符合国家现行产业政策；本工程为 2019 年四川省重点项目，符合

电网建设规划；线路选线取得了工程所在地宁南县、布拖县自然资源等相关部门同意意见，符合地方规划要求。

（3）本工程无法完全避让生态保护红线，输电线路在凉山州宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，线路路径已取得宁南县、布拖县自然资源主管部门的原则同意意见。根据中共中央办公厅、国务院办公厅《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（厅字〔2019〕48号）以及环评〔2016〕150号、环规财〔2018〕86号等相关文件，本工程不违背现行生态保护红线管理要求。

（4）本工程所在区域的电磁环境、声环境现状良好，监测结果满足相应评价标准要求，没有制约本工程建设的环境要素。

（5）本工程施工期的环境影响较小。经预测计算，在采取相应环保措施后，本工程输电线路运行期产生的工频电场强度、工频磁感应强度、噪声能够满足相应评价标准限值要求。

（6）“报告书”对本工程在建设期和运行期分别提出了电磁环境、声环境保护措施和生态影响减缓措施。通过认真落实“报告书”和工程设计中提出的各项环保措施要求，可减缓或消除本工程建设可能产生的不利环境影响。从环保角度分析，本工程的建设和运行是可行的。

本次环评工作得到了工程所在地生态环境部门、国网四川省电力公司建设工程咨询分公司的大力支持和协助，在此一并致谢！

2 编制依据

2.1 评价依据

2.1.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日起施行）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修正）；
- (3) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修正）；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修正）；
- (5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日修正）；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年 11 月 7 日修正）；
- (7) 《中华人民共和国森林法》（2019 年 12 月 28 日修订）；
- (8) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日修正）
- (9) 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月 26 日修改）；
- (10) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日起施行）；
- (11) 《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月 29 日修订）；
- (12) 《中华人民共和国城乡规划法》（2019 年 4 月 23 日修正）；
- (13) 《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月 2 日修改）；
- (14) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2018 年 10 月 26 日修改）；
- (15) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017 年 10 月 7 日修改）；
- (16) 《基本农田保护条例》（国务院令第 257 号）；
- (17) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；
- (18) 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（中共中央办公厅 国务院办公厅 厅字〔2017〕2 号）；
- (19) 《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅 厅字〔2019〕48 号）；
- (20) 《电力设施保护条例》及实施细则（国务院令第 239 号）；
- (21) 《中华人民共和国河道管理条例》（国务院令第 3 号）；
- (22) 《全国生态环境保护纲要》（国发〔2000〕38 号）；
- (23) 《“十三五”生态环境保护规划》（国发〔2016〕65 号）；

- (24) 《国务院关于印发全国主体功能区规划的通知》（国发〔2010〕46号）；
- (25) 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发〔2011〕35号）；
- (26) 《饮用水水源保护区污染防治管理规定》（原国家环保局、卫生部、建设部、水利部、地质矿产部（89）环管字第201号）。

2.1.2 相关规定和部委规章

- (1) 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部部令第4号，2019年1月1日起施行）；
- (2) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第1号，根据2018年4月28日公布的《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》修正）；
- (3) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2020年1月1日起施行）；
- (4) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告（国环规环评〔2017〕4号）；
- (5) 《关于印发〈输变电建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》（环境保护部环办辐射〔2016〕84号文件）；
- (6) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环境保护部环发〔2012〕77号）；
- (7) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环境保护部环发〔2012〕98号）；
- (8) 《关于进一步加强输变电类建设项目环境保护监管工作的通知》（环办〔2012〕131号）；
- (9) 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知（环办〔2013〕103号）。

2.1.3 地方性法规与规范

- (1) 《四川省环境保护条例》（2017年9月22日修订）；
- (2) 《四川省“十三五”生态保护与建设规划》（川办发〔2017〕33号）；
- (3) 《四川省生态保护红线方案》（川府发〔2018〕24号）；
- (4) 《四川省饮用水水源保护管理条例》（2012年1月1日起施行）；
- (5) 《关于加强环境噪声污染防治工作的通知》（川环发〔2018〕66号）。

2.1.4 环境影响评价技术规程规范

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；
- (2) 《环境影响评价技术导则 输变电工程》(HJ 24-2014)；
- (3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)；
- (4) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)；
- (5) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)；
- (7) 《输变电建设项目环境保护技术要求》(HJ 1113-2020)；
- (8) 《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)；
- (9) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》(试行)(HJ 681-2013)；
- (10) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)；
- (11) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)；
- (12) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)；
- (13) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；
- (14) 《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)；
- (15) 《生产建设项目水土流失防治标准》(GB 50434-2018)。

2.2 相关文件

- (1) 《委托书》(附件 1)；
- (2) 四川省人民政府关于做好 2019 年全省重点项目工作的通知(川府发〔2019〕5 号)(附件 2)。

2.3 相关协议

- (1) 宁南县自然资源局文件 《关于布拖换流站 500 千伏配套工程沿线沿线收资及路径协议办理的复函》(附件 3)。
- (2) 布拖县自然资源局文件 布自然资函〔2019〕102 号《关于布拖换流站二期和白鹤滩左、右岸水电站 500 千伏送出工程施工图塔位坐标报备及路径协议办理的复函》(附件 4)。

2.4 设计文件

- (1) 《关于印发四川白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程可行性研究报告评审意见的通知(电规规划〔2019〕410 号)》电力规划设计总院, 2019 年 11 月。

(2) 《白鹤滩左岸电站 500 千伏送出工程 初步设计 第一卷 第一册 总说明书及附图》中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司，2020 年 1 月。

2.5 其他文件

(1) 《白鹤滩-江苏±800kV 特高压直流输电工程选址意见书》（附件 5）。

2.6 标准批复文件

(1) 凉山州生态环境局 凉环函(2019)106 号《关于确认白鹤滩左岸电站 500kV 送出工程环境影响评价执行标准的函》（附件 6）。

2.7 评价因子

本工程现状评价因子和预测评价因子见表 2-1。

表 2-1 本工程主要环境影响评价因子

评价阶段	评价项目	现状评价因子	单位	预测评价因子	单位
		输电线路		输电线路	
施工期	声环境	昼间、夜间等效声级, L_{eq}	dB (A)	昼间、夜间等效声级, L_{eq}	dB (A)
	地表水	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、石油类	mg/m ³	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、石油类	mg/m ³
	生态	生态系统的结构与功能、植被、土地利用、生物多样性等	—	生态系统的结构与功能、植被、土地利用、生物多样性等	—
运行期	电磁环境	工频电场	kV/m	工频电场	kV/m
		工频磁场	μT	工频磁场	μT
	声环境	昼间、夜间等效声级, L_{eq}	dB (A)	昼间、夜间等效声级, L_{eq}	dB (A)

2.8 评价工作等级

根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ/T2.1-2016）、《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）、《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）、《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）和《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）确定本次环境影响评价工作的等级。

2.8.1 电磁环境影响评价

根据《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014），本工程电磁环境影响评价工作等级的划分依据见表 2-2。

表 2-2 电磁环境影响评价工作等级划分

分类	电压等级	工程	条件	评价等级
交流	500kV 及以上	输电线路	1、地下电缆 2、边导线地面投影外两侧各 20m 范围内无电磁环境敏感目标的架空线	二级
			边导线地面投影外两侧各 20m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	一级

本工程输电线路为 500kV 电压等级，且线路边导线地面投影外 20m 范围内有电磁环境敏感目标，因此根据《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）对评价等级的分级规定，本工程电磁环境影响评价工作等级为**一级**，对电磁环境影响进行全面、详细、深入评价。

2.8.2 声环境影响评价

本工程所经区域为农村地区，根据凉山州生态环境局《关于确认白鹤滩左岸电站 500kV 送出工程环境影响评价执行标准的函》（凉环函〔2019〕106 号）（附件 6），本工程线路沿线执行 GB3096 规定的 2 类标准，位于交通干线两侧区域执行 GB3096 规定的 4a 类标准，且本工程建设前后受噪声影响人口数量未显著增多。因此根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）对评价工作等级的分级规定，本工程的声环境影响评价工作等级为**二级**。

2.8.3 生态环境影响评价

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011），生态环境影响评价工作等级依据见表 2-2。

表 2-2 生态影响评价工作等级划分

影响区域生态敏感性	工程占地（含水域）范围		
	面积 $\geq 20\text{km}^2$ 或长度 $\geq 100\text{km}$	面积 $2\sim 20\text{km}^2$ 或长度 $50\sim 100\text{km}$	面积 $\leq 2\text{km}^2$ 或长度 $\leq 50\text{km}$
特殊生态敏感区	一级	一级	一级
重要生态敏感区	一级	二级	三级
一般区域	二级	三级	三级

注：①特殊生态敏感区：指具有极重要的生态服务功能，生态系统极为脆弱或已有较为严重的生态问题，如遭到占用、损失或破坏后所造成的生态影响后果严重且难以预防、生态功能难以恢复和替代的区域，包括自然保护区、世界文化和自然遗产地等；
②重要生态敏感区：具有相对重要的生态服务功能或生态系统较为脆弱，如遭到占用、损失或破坏后所造成的生态影响后果较为严重，但可以通过一定措施加以预防、恢复或替代的区域，包括风景名胜区、森林公园、地质公园、重要湿地、原始天然林、珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等；
③一般区域：除特殊生态敏感区和重要生态敏感区以外的其它区域。

本工程总占地面积 57.18hm^2 ，其中永久占地 17.76hm^2 ，临时占地 39.42hm^2 ，小于 2km^2 ；输电线路总路径长度 66.5km （ $50\sim 100\text{km}$ ）。经现场踏勘及收资确认，本工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区，输电线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，穿越红线长度约 27.2km 。因此根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）对评价等级的分级规定，本工程生态影响评价工作等级应为**三级**。

2.8.4 地表水环境影响评价

输电线路在运行期不产生废水，本工程施工期废水主要来源于生产废水和施工人员产生的生活污水，产生量很小，生产废水经沉淀处理后回用于浇洒路面降尘，不外排；施工人员就近租用民房，生活污水排入居民点既有化粪池进行处理后用作农肥。因此，对本工程的水环境影响仅进行简要分析。

2.8.5 环境风险影响评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2004）判定，本工程不存在重大危险源，因此本工程风险评价未达到分级要求。

2.9 评价范围、评价标准

2.9.1 评价范围

根据前述工程环境影响特点和评价等级，确定本工程环境影响评价范围，见表 2-3。

表 2-3 工程环境影响评价范围

序号	环境影响因素	输电线路
1	工频电场 工频磁场	线路边导线地面投影外两侧各 50m 以内带状区域
2	生态	不涉及生态敏感区的线路段为线路边导线地面投影外两侧各 300m 以内的带状区域；涉及生态保护红线的线路段为边导线地面投影外两侧各 1000m 以内的带状区域。
3	噪声	线路边导线地面投影外两侧各 50m 以内带状区域

2.9.2 评价标准

根据凉山州生态环境局 凉环函〔2019〕106 号《关于确认白鹤滩左岸电站 500kV 送出工程环境影响评价执行标准的函》（附件 6），本工程环境影响评价执行标准见表 2-4、表 2-5。

表 2-4 电磁环境评价标准

名称	标准限值	标准来源
工频电场强度	公众暴露控制限值：4000V/m	《电磁环境控制限值》 (GB8702-2014)
	线下的耕地、园地、牧草地、畜禽养殖地、养殖水面、道路等场所控制限值：10kV/m	
工频磁感应强度	公众暴露控制限值：100μT	

表 2-5 声环境和水环境影响评价标准

名称		标准值	标准来源
声环境	环境质量标准	线路通过一般区域： 昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)	《声环境质量标准》 (GB3096-2008)2 类标准
		线路位于交通干线两侧区域： 昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)	《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 4a 类标准
	施工期场界	昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)
水环境	地表水环境质量标准	III 类水域标准	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) III 类水域标准
	排放标准	pH: 6~9, BOD ₅ ≤20mg/L, COD≤100mg/L, 氨氮≤15 mg/L, 石油≤5mg/L	《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 第二时段一级标准

2.10 环境保护目标

本工程在线路规划选线及环评过程中，对沿线地方政府、自然资源、生态环境、林草等相关部门进行了收资调研和路径方案协调工作，并根据有关部门的意见对路径方案进行了修正与优化，尽量避让了沿线的环境敏感区域。

(1) 根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》(川府发〔2018〕24 号)，本工程无法完全避让生态保护红线，输电线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，穿越红线长度约 27.2km，立塔约 63 基，永久占地面积约 2.52hm²，见表 2-6，具体内容详见报告书第 7 章《生态环境影响评价专章》。

根据收资及现场踏勘，本工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区，输电线路避让了沿线评价范围内的饮用水水源地等生态类保护目标，见表 2-7，具体内容详见报告书第 7 章《生态环境影响评价专章》。

(2) 根据设计资料及现场调查，布拖换流站外新建搭接线路评价范围内无居民类敏感目标分布。

白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路评价范围内涉及 19 处电磁环境和声环境敏感目标，见表 2-8，敏感目标分布见下图 2-8。

2.10.1 生态类敏感目标

表 2-6 本工程涉及的生态保护红线一览表

序号	类别	行政区域	名称	生态功能	保护重点	主管部门	与本工程位置关系	示意图
1	生态保护红线	凉山州宁南县、布拖县	金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线	受山地地形和干热气候影响，该区域生态脆弱，水土流失敏感性高，是水土保持极重要区域。	保护现有植被；加强退化生态区的自然恢复和生态修复；加强干热河谷区地质灾害防治和水土流失治理；加强金沙江及其支流水生生态系统保护。	四川省自然资源厅	本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路穿越红线长度约 27.2km，立塔约 63 基，永久占地面积约 2.52hm ² 。	附图 5

表 2-7 本工程避让的生态类保护目标一览表

序号	行政区域	名称	保护级别	主要保护对象	主管部门	建立（划定）时间	与本工程位置关系	示意图
1	布拖县	拖觉镇集中式饮用水源地	乡镇级	地下水型饮用水源地	布拖生态环境局	2019 年	已避让。 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距水源保护区边界最近距离约 0.27km。	图 7-1
2	宁南县	跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地	乡镇级	地下水型饮用水源地	宁南生态环境局	2019 年	已避让。 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距水源保护区边界最近距离约 90m。	图 7-2

2.10.2 电磁环境和声环境敏感目标

表 2-8 本工程评价范围内电磁环境和声环境敏感目标

编号	敏感点名称		最近线路	房屋特征	工程拆迁后与本工程 的最近位置关系	评价范围内 户数	可能环境 影响因素
白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路							
1	宁南县跑马镇	新田村 4 组	双回路	住人房屋，1 层平顶民房/高约 3m， 最近房屋为 1 层平顶房屋	****	2	E、H、N
2		新田村 3 组	双回路	住人房屋，1 层~2 层平顶民房/高约 3m、6m， 最近房屋为 2 层平顶房屋	****	5	E、H、N
3		菲地村 6 组▲	双回路	住人房屋，2 层斜顶民房/高约 6m	****	1	E、H、N
4		菲地村 7 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m	****	1	E、H、N
5		菲鲁村 2 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m	****	1	E、H、N
6		菲鲁村 1 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m 最近房屋为 1 层斜顶房屋	****	4	E、H、N
7	布拖县合井乡	合并村 4 组▲	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房， 高约 3m	****	1	E、H、N
8		合并村 10 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房， 高约 3m， 最近房屋为 1 层斜顶房屋	****	4	E、H、N
9	布拖县龙潭镇	胜利村 2 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m， 最近房屋为 1 层斜顶房屋	****	6	E、H、N
10		胜利村 3 组	双回路	住人房屋，1 层~2 层平顶、斜顶民房/高约 3m、 6m，最近房屋为 2 层斜顶房屋	****	3	E、H、N
11		胜利村 5 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m	****	1	E、H、N
12		红旗村 9 组▲	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m， 最近房屋为 1 层斜顶房屋	****	6	E、H、N
13	布拖县包谷坪乡	洛觉村 2 组▲	双回路	住人房屋，1 层~2 层斜顶民房/高约 3m、6m， 最近房屋为 2 层斜顶房屋	****	9	E、H、N
14	布拖县美撒乡	俄觉村 2 组▲	单回三角	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m	****	1	E、H、N
15	布拖县觉撒乡	马依包村 1 组▲	单回三角	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m	****	1	E、H、N

编号	敏感点名称		最近线路	房屋特征	工程拆迁后与本工程 的最近位置关系	评价范围内 户数	可能环境 影响因素
16		补基村 1 组	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m， 最近房屋为 1 层斜顶房屋	****	2	E、H、N
17		补基村 4 组	双回路	住人房屋，1 层~2 层斜顶民房/高约 3m、6m， 最近房屋为 2 层斜顶房屋	****	4	E、H、N
18	布拖县拖觉镇	老鸠规村 2 组 ▲	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m， 最近房屋为 1 层斜顶房屋	****	4	E、H、N
19	布拖县特木里镇	先锋村 5 组 ▲	双回路	住人房屋，1 层斜顶民房/高约 3m	****	1	E、H、N

注：1.▲—环境现状监测点位、

2. E—工频电场、H—工频磁场、N—噪声；

3. 1~13、16~19 号敏感目标为双回线路敏感目标，14、15 号敏感目标为单回线路敏感目标；

4.表中与边导线的最近距离为工程拆迁民房后，估算的敏感目标距线路边导线的最近距离，工程拆迁范围内的居民，不纳入本工程环境敏感点。

5.工程拆迁后本工程两两相邻的线路之间无居民敏感目标分布。

6.根据现场调查情况，本次统计的电磁环境及声环境类环境保护目标根据初设阶段线路路径确定，上述保护目标可能会因为工程设计的深入和优化而有所调整。建议下阶段线路路径设计时尽量优化，线路离保护目标距离不应小于上述保护目标距离。

2.11 评价重点

根据本工程污染源特点和区域自然环境、社会环境和生态环境现状，施工期评价重点为对生态环境的影响，其中包括对土地、植被、生物多样性、生物量、生态系统的结构与功能、生态保护红线的生态功能的影响分析，施工管理及生态环境保护及恢复措施；运行期评价重点为输电线路的工频电场、工频磁场及噪声影响预测，并对输电线路附近的环境敏感目标进行环境影响预测及评价；同时，进行环保措施技术经济论证。主要工作内容包括：

（1）对输电线路两侧有无生态类保护目标、电磁环境和声环境保护目标进行收资和实地调查；

（2）对工程区域的电磁环境和声环境现状进行监测和评价；

（3）对施工期环境影响，主要是生态影响进行预测及分析，分析施工期可能存在的环保问题并提出相应的环境保护措施和生态影响减缓措施；

（4）对输电线路运行期的电磁环境和声环境影响进行预测评价，并提出相应的环境保护措施。

3 工程概况及工程分析

3.1 工程概况

3.1.1 地理位置

本工程位于四川省凉山彝族自治州宁南县、布拖县境内，工程地理位置图见附图 1。

3.1.2 项目组成

本工程项目组成见表 3-1。

表 3-1 白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程项目组成表

名称			建设内容及规模	可能产生的环境问题		
				施工期	营运期	
输电线路	主体工程	白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期500kV线路工程	线路长度： 路径长度约 66km（其中轻中冰区采用两个同塔双回路架设，线路长度约 2×2×41.75km，重冰区采用四个单回路架设，线路长度约 4×24.25km）。线路途经凉山州宁南县（13.75km）和布拖县（53.25km）。 输送电流： 1000A。 导线型号： 10mm、15mm、20mm 冰区采用 JL/G1A—630/45 钢芯铝绞线，导线外径 33.8mm，分裂间距 500mm；30mm 冰区采用 JLHA1/G1A—725/90 钢芯铝合金绞线，导线外径 37.4mm，分裂间距 500mm。 架设方式： 10mm、15mm 轻中冰区采用两个同塔双回路架设；20mm、30mm 重冰区采用四个单回路架设。 杆塔型式： 10mm、15mm 轻中冰区采用双回路垂直排列鼓型塔；20mm 重冰区，单回路直线塔采用酒杯型塔，耐张塔采用干字型塔；30mm 重冰区，单回路直线塔、耐张塔均采用酒杯型塔。 基础型式： 挖孔基础、掏挖基础、岩石基础等原状土基础，局部软弱地基采用板式基础、灌注桩基础。 铁塔数量及占地面积： 全线使用铁塔484基，其中悬垂塔259基，耐张塔225基。工程总占地57.18hm ² （包括塔基永久占地和临时占地）。其中，永久占地17.76hm ² ；临时占地39.42hm ² ，分为：塔基施工临时场地占地17.32hm ² ，临时施工道路占地18.10hm ² ，牵张场占地2.80hm ² ，跨越场占地1.20hm ² 。 生态敏感区： 线路穿越金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线约 27.2km，立塔约 63 基。	植被破坏、水土流失、扬尘、噪声、生活污水	工频电场、工频磁场、噪声	
		布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程	线路长度： 长度 2×0.5km，线路位于凉山州布拖县。 输送电流： 1000A。 导线型号： JL/G1A—630/45 钢芯铝绞线，导线外径 33.8mm，分裂间距 500mm。 架设方式： 同塔双回路 杆塔型式： 15mm 冰区，采用双回路垂直排列鼓型塔 基础型式： 挖孔基础、掏挖基础、岩石基础等原状土基础。 铁塔数量及占地面积： 新建 1 基耐张塔，塔基永久占地 0.04hm ² 。 生态敏感区： 不涉及。			
		办公及生活设施		无	无	无
		仓储或其它		无	无	无
预投产期			2020 年			

3.1.3 与本工程有关的工程情况

3.1.3.1 白鹤滩水电站情况

白鹤滩水电站坝址位于四川省凉山州宁南县的白鹤滩镇和云南省昭通市巧家县的大寨乡交界处，坝址距上游乌东德水电站坝址河道里程 182km，距下游溪洛渡水电站坝址河道里程 195km，距宁南县城公路里程 65km。2014 年 7 月，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院编制完成了《金沙江白鹤滩水电站环境影响报告书》，原环境保护部于 2015 年 11 月对该报告书进行了审查，于同年 11 月以环审〔2015〕240 号对该报告书进行了批复。

白鹤滩水电站开关站包含在白鹤滩水电站主体枢纽永久工程中。开关站为地下厂房式布置，建设内容包括地下厂房、500kV 地面出线场及出线竖井等。开关站 500kV 出线共 8 回，其中本期左岸出线 4 回至布拖换流站一期工程，均采用架空出线。目前白鹤滩水电站正在建设中，尚未投运。**白鹤滩水电站开关站是白鹤滩水电站建设内容之一，不属于本工程建设和评价内容。**

3.1.3.2 布拖换流站一期工程情况

根据《白鹤滩-江苏±800kV 特高压直流输电工程选址意见书》（附件 5），布拖±800kV 换流站位于四川省凉山州布拖县特木里镇。布拖换流站一期工程包含在白鹤滩～江苏±800kV 特高压直流输电工程中，建设单位为国家电网有限公司。目前，白鹤滩～江苏±800kV 特高压直流输电工程还未建设，国家电网公司直流建设部已委托中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司等单位承担该工程的环境影响评价工作。目前，该工程的环境影响评价工作正在进行中。

在布拖换流站一期工程中，交流部分建设内容包含 500kV 出线 7 回，其中至白鹤滩左岸水电站 4 回、至橄榄 1 回、至月城 2 回。

本工程白鹤滩左岸水电站通过 4 回 500kV 线路接入四川电网，接入布拖换流站一期 500kV 出线最东侧四回间隔（如图 3-1 所示），**涉及的布拖换流站一期 500kV 出线构架及相应间隔电气设备，已在布拖换流站一期工程中建设，不属于本工程建设和评价内容。**

3.1.4 占地面积

本工程总占地面积 57.18hm²，其中永久占地 17.76hm²，临时占地 39.42hm²。工程占地面积按利用类型统计详见表 3-2。

表 3-2 白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程占地面积统计表

单位: hm²

序号	项目组成	小计	占地类型及面积 (hm ²)					行政区划	备 注
			耕地	林地	草地	交通运输用地	其他土地		
1	塔基及其施工临时场地	12.08	1.45	7.85	1.81	/	0.97	布拖县	永久占地
		5.68	0.68	3.69	0.85	/	0.45	宁南县	
		11.78	1.41	7.66	1.77	/	0.94	布拖县	临时占地
		5.54	0.67	3.60	0.83	/	0.44	宁南县	
	小 计	35.09	4.21	22.81	5.26	0.00	2.81		
2	牵张场	2.20	0.77	0.33	0.88	/	0.22	布拖县	临时占地
		0.60	0.15	0.09	0.30	/	0.06	宁南县	
	小 计	2.80	0.92	0.42	1.18	0.00	0.28		
3	施工临时道路	12.30	1.48	4.31	1.85	3.69	0.98	布拖县	临时占地
		5.79	0.69	2.03	0.87	1.74	0.46	宁南县	
	小 计	18.10	2.17	6.33	2.71	5.43	1.45		
4	跨越施工临时场地	0.82	0.10	0.26	0.12	0.24	0.09	布拖县	临时占地
		0.38	0.05	0.13	0.06	0.12	0.04	宁南县	
	小 计	1.20	0.14	0.39	0.18	0.36	0.13		
5	按行政区划合计	39.18	5.21	20.41	6.43	3.94	3.20	布拖县	
		18.00	2.24	9.54	2.91	1.85	1.46	宁南县	
	合 计	57.18	7.45	29.95	9.34	5.79	4.66		
6	按占地性质合计	17.76	2.13	11.55	2.66	0.00	1.42		永久占地
		39.42	5.31	18.40	6.67	5.79	3.24		临时占地
	合 计	57.18	7.45	29.95	9.34	5.79	4.66		
6	按占地性质及行政区划合计	12.08	1.45	7.85	1.81	0.00	0.97	布拖县	永久占地
		27.10	3.76	12.56	4.62	3.94	2.24	布拖县	临时占地
		5.68	0.68	3.69	0.85	0.00	0.45	宁南县	永久占地
		12.32	1.56	5.85	2.06	1.85	1.01	宁南县	临时占地
	合 计	57.18	7.45	29.95	9.34	5.79	4.66		

3.1.5 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程概况

3.1.5.1 输电方案

根据系统方案，白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程新建白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 4 回 500kV 线路。

由于线路走廊紧张，沿线林区密集，路径选择十分困难，为提高通道输送容量、减小环境影响，**本线路在 10mm、15mm 轻中冰区段采用两个同塔双回路走线。**根据《重覆冰架空输电线路设计技术规程》（DL/T5440-2009）相关规定及国内外重冰区线路设计、运行经验，为避免导线覆冰不均匀、导线脱冰跳跃引起上下排列的导线接近发生相间闪络事故，保证线路安全运行，**本线路在 20mm、30mm 重冰区段采用四个单回路走线。**

3.1.5.2 路径方案选择和优化原则

（1）根据电力系统规划要求，综合考虑线路长度、地形地貌、地质、水文气象、交通、林木、矿产、障碍设施、交叉跨越、施工、运行及地方政府意见等因素，进行多方案比较，使路径走向安全可靠，经济合理；

（2）尽量避让生态保护红线、自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区等，尽量选择生态价值更低的区域经过，减少线路工程建设对生态环境的影响。

（3）避开军事设施、城镇规划，大型工矿企业、机场、重要通信等设施；

（4）避让矿产采空区、开采区、规划开采区及险恶地形、不良地质地段，避让自然保护区、林木密集覆盖区，尽量避让民房及其它障碍设施；

（5）尽可能靠近现有国道、省道、县道及乡村公路，改善线路交通条件；

（6）跨越河流沟谷处尽量利用有利地势，缩短档距；

（7）综合协调本工程线路与已建、在建、拟建输电线路、变电站及高速公路、公路、铁路和其它设施之间的矛盾；

（8）充分征求和听取地方政府及有关部门对路径方案的意见和建议。

综合考虑施工、运行、交通条件和线路长度等因素，选择出最佳路径方案。

3.1.5.3 路径方案比选

根据白鹤滩水电站位置及已建输电线路走向，综合考虑区域地形、地质、气候、交通运输、施工、运行条件、城镇规划、障碍设施和线路长度等因素，拟定本线路路径走向。

白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路途经凉山州宁南县和布拖县，

线路沿山脉沟谷走线，靠近已有交通道路，线路路径主要受地形、交通、覆冰、环境敏感点、已建和拟建电力线等因素控制。结合沿线交通、海拔、冰区及环境敏感点情况，在白鹤滩水电站至布拖换流站航空直线附近拟定了中方案和东方案，再往西侧拟定了沿沟谷走线的西方案，及绕行改善交通情况的大西方案，若往东侧路径则受布拖安乐市级自然保护区限制。

线路共拟定了大西、西、中及东共 4 个路径方案，详见附图 2，示意图如图 3-4。路径比选概况见表 3-3：

表 3-3 路径方案比较一览表

序号	比较内容	大西方案	西方案	中方案	东方案
1	路径长度	4×79km	2×71km	4×66km	4×69km
2	冰区分布	轻中冰区约 4×28km， 重冰区约 4×51km	轻中冰区约 4×17km， 重冰区约 4×54km	轻中冰区约 4×41.75km， 重冰区约 4×24.25km	轻中冰区约 4×43km， 重冰区约 4×26km
3	穿越生态保护红线线路长度	约 17.7km，	约 16.6km	约 27.2km	约 30.4km
3	其他	最高海拔 3700m， 交通差，覆冰重	最高海拔 3500m， 交通差，覆冰重	最高海拔 3300m， 交通较差，覆冰重	最高海拔 3000m， 交通较差，覆冰重
4	是否推荐	路径长，重冰区段长，经济性差，不推荐	路径长，重冰区段长，经济性差，不推荐	比选	比选

由表 3-3 可以看出，从路径长度上比较，中方案和东方案路径长度上较大西方案和西方案短，工程总体投资相对较小，经济性较好；从沿线冰区分布情况比较，大西方案和西方案重冰区段占比更高，更易形成严重覆冰，在线路运行安全性、稳定性方面较差。

从对生态环境影响的角度比较，绕行至西侧的西方案和大西方案虽然穿越生态保护红线的线路长度较短，但整体路径较中方案和东方案长近 10km，且西方案和大西方案沿线林木覆盖率高，穿越密集林区的线路长度更长，若采用绕行方案，由线路工程塔基基础土石方开挖等造成的植被破坏及土石方量更大，对生态环境的影响必然更大。而中方案和东方案沿山间沟谷走线，并尽量靠近了沿线已建公路，施工期可充分利用既有公路进行材料运输，施工临时道路新建量较小，对区域生态环境的扰动和破坏相对较小。

由上述分析可知，中方案和东方案无论从工程技术条件考虑还是从生态环境保护角度考虑都更优，因此主要对中方案和东方案两个路径方案进行比选：

（1）中方案（推荐方案）

中方案线路自白鹤滩左岸出线构架起，向西北方案跨越 3 条 35kV 水电站施工电源线，在宁南县跑马乡华甲村段右转向北，在拉马屋基段进入布拖县境内，此后先后跨越交际河河谷和 110kV 牛螺 2 回线，继续向西北走线，连续跨越拖觉变电站出线的 110kV 龙拖线和 2 条 35kV 线，到达拖觉镇老鸠规村，避让该段新建移民村并跨越 110kV 牛螺 1 回线后右转向东北，在补尔乡拉波作村段左转向西北进入布拖换流站。

中方案新建路径长 4×66km，线路自白鹤滩左岸出线构架起，经宁南县跑马镇后进入布拖境内，在布拖县依次经过合并乡、龙潭镇、包谷坪乡、美撒乡、觉撒乡、拖觉镇、补尔乡、特木里镇，沿线地形起伏较大，海拔较高，海拔 900m～3300m。10mm、15mm 冰区路径分别长约 4×23.7km、4×17.2km（按两个同塔双回路设计）；20mm、30mm 重冰区路径分别长约 4×17.6km、4×7.5km（按四个单回路设计）。沿线林区约占 80%。沿线主要利用少量交叉乡道和乡村公路，交通情况较差。

（2）东方案（比选方案）

东方案路径在出线段与中方案一致，经宁南县跑马镇，在布拖县合并乡段右转与中方案分开，跨越交际河河谷，在龙湾乡段先后跨越 110kV 牛螺 2 回线，到达拉果乡拉果村段，跨越 110kV 牛螺 1 回线，此后线路左转向西北，经补尔乡段，并在拉波村东北侧跨越 110kV 美拖线后左转，进入布拖换流站。

东方案线路路径长 4×69km，线路自白鹤滩左岸起，经宁南县跑马镇后进入布拖境内，在布拖县依次经过合并乡、罗家坪乡、牛角湾乡、拉果乡、拖觉镇、补尔乡、特木里镇。沿线地形起伏较大，平均海拔较高，海拔 900m～3000m，曲折系数为 1.28。10mm、15mm 冰区路径分别长约 2×20km 和 2×23km（按两个同塔双回路设计），20mm 及 30mm 重冰区路径分别长约 4×21km 和 4×5km（按四个单回路设计）。沿线林区长度约占 80%。线路主要沿山腰走线，有少量交叉乡道和乡村公路可以利用，交通情况较差。

（3）比选结果

现对中、东方案从工程量、地形地质条件、环境影响等方面列表比较如下：

表 3-4 中、东方案比较一览表

序号	路径方案 比较内容		中方案（推荐方案）	东方案	方案比较
1	线路长度（km）		4×66 （其中同塔双回路 4×40.9km，单回路 4×25.1km）	4×69 （其中同塔双回路 4×43km，单回路 4×26km）	中方案优
2	地形	山地	40%	30%	中方案优
		高山大岭	40%	45%	
		峻岭	20%	25%	
3	工程地质		沿线海拔高，地形起伏较大；沿线地层岩性以沉积岩为主；个别地段受山梁及档距限制立塔特别困难，工程地质条件差；不良地质作用以滑坡、冲沟、堆积体和不稳定斜坡为主，路径已进行了避让。	路径靠近金沙江河谷，沿线地形差，海拔高，地形起伏较大；沿线地层岩性以沉积岩为主；个别地段受地灾及档距限制立塔特别困难，工程地质条件差；不良地质作用以滑坡、冲沟、堆积体和不稳定斜坡为主，路径避让较为困难。	中方案优
4	海拔高程（m）		900~3300m	900~3000m	相当
5	冰区划分（km）	10mm 冰区	16	20	东方案优
		15mm 冰区	24.5	23	
		20mm 冰区	18.5	21	
		30mm 冰区	8	5	
6	交通运输条件		沿线主要利用少量交叉的机耕道和乡村公路，交通条件差。	沿线主要利用少量交叉的机耕道和乡村公路，交通条件差。	相当
7	重要设施及交叉跨越		跨越 110kV 线路 3 次 跨越 35kV 线路 7 次	跨越 110kV 线路 3 次 跨越 35kV 线路 7 次	相当
10	路径协议		已取得宁南县、布拖县政府及自然资源等各部门同意。	已取得宁南县、布拖县政府及自然资源等各部门同意。	相当
12	林区		林区长度约 80%。主要以松树、桉木、杂灌木为主，自然生长高度在 15 米左右。	林区长度约 80%。主要以松树、桉木、杂灌木为主，自然生长高度在 15 米左右。	相当
13	生态敏感区		不涉及特殊及重要生态敏感区，已避开饮用水水源保护区。	不涉及特殊及重要生态敏感区，需穿越拉果乡集中式饮用水源地二级保护区。	中方案优
14	穿越生态保护红线线路长度（km）		27.2	30.4	中方案优

1) 从技术经济角度

①**路径长度**：中方案较东方案短 3km，投资相对较小，经济性更好；

②**海拔、地形地质、交通运输**：两方案在海拔、交通运输条件等方面相当，但中方案沿线地形地质条件优于东方案，从工程运行安全角度考虑，中方案更优；

③**沿线重要设施及交叉跨越**：中、东方案均需跨越 110kV 线路 3 次，施工难度相当。

综合以上情况，两方案技术经济性相当。为统筹兼顾白鹤滩水电站左、右岸送出路径通道规划，本工程左岸 4 回 500kV 线路推荐采用路径长度较短的中方

案。右岸送出工程若继续采用该通道，部分段涉及 8 回线路平行走线，走廊拥挤，路径选择十分受限，因此本工程**设计推荐采用中方案**。

2) 从环境保护角度

①**路径长度**：中方案较东方案短 3km，在施工期工程占地、地表扰动、植被破坏和开挖土石方量方面均较少，因此中方案对地表的扰动及造成的水土流失量均较东方案少；

②**生态敏感区影响情况**：东方案在布拖县拉果乡拉果村附近受地形地势影响，无法避让拉果乡集中式饮用水源地，需穿越该水源地的二级保护区；中方案不涉及各类特殊及重要生态敏感区，已避让了沿线的乡镇集中式饮用水源地，因此中方案线路工程施工及运行带来的生态环境影响较小。

③**生态保护红线涉及情况**：中方案和东方案在宁南县、布拖县均涉及金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，中方案穿越红线长度约 27.2km，东方案穿越红线长度约 30.4km，中方案相较于东方案穿越红线长度减少约 3.2km，在生态保护红线内的立塔数量更少，塔基永久占地面积更小，无论是因施工期塔基基础开挖、修建临时道路，还是因运行期线下必要的通道清理，中方案对生态保护红线的扰动和破坏均较东方案更小。

综上所述，从环境保护角度分析，中方案对线路沿线的环境影响相对较小，优于东方案，因此本次**环评推荐采用中方案**为本线路路径方案，与设计推荐一致。

3.1.5.4 穿越生态保护红线不可避免性论证

根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发〔2018〕24 号），本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，穿越红线长度约 27.2km，立塔约 63 基，永久占地面积约 2.52hm²；布拖换流站外临时搭接线路不涉及生态保护红线。具体情况详见下表 3-5：

表 3-5 本工程输电线路穿越生态保护红线情况表

白鹤滩左岸电站—布拖换流站一期 500kV 线路				
线路回数	I回	II回	III回	IV回
穿越生态保护红线 线路长度（km）	1×3.45	1×4.03	1×2.63	1×3.24
	2×7.66		2×6.20	
布拖换流站外临时搭接线路				
穿越生态保护红线 线路长度（km）	不涉及			
合计穿越长度（km）	27.2			

本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路从白鹤滩水电站左岸构架出线后，根据路径整体走向，线路需向北方向走线。而水电站出线区域即分布有大面积生态保护红线，输电线路必然经过该区域，因此不可避免的穿越了该区域部分生态保护红线。

线路随后在宁南县跑马镇新田村绕过山脊，右转向北沿海拔较低的河谷走线，沿线有大面积生态保护红线。若线路往西偏移，采用西方案路径，可以避让部分生态保护红线，但沿线分布有宁南县蘑菇山锌矿、布拖县母蓄梁子铅锌磷矿、布拖县龙潭镇吉土落达铅锌矿等密集矿区，输电线路无法穿越上述矿区；若线路继续往西侧绕行，采用大西方案路径，需穿越密集林区约 10km，且穿越区域交通条件差，部分地段无可利用公路，因塔基基础开挖及施工新建道路造成的对沿线生态环境的影响更大。因此为避让沿线密集矿区，同时便于施工及运行维护，减小新增生态环境影响，本工程线路尽可能靠近了河谷处既有公路走线。

而邻近公路的山脚河谷处部分地段地势陡峭，不具备安全立塔条件，且分布有密集村庄和耕地，因此为避让地质不良地带以及集中居民房屋、耕地等，线路不得不沿河谷西侧山腰向北走线，因此在局部地段无法避让这部分生态保护红线。

随后，线路在避让沿线布拖县龙潭镇、包谷坪乡、觉撒乡分布的密集矿区及密集林区后，最终接入布拖县特木里镇布拖换流站一期。

综上所述，受线路路径整体走向限制，同时为避让沿线密集矿区、集中居民房屋、耕地、密集林区等设施，本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路无法完全避让生态保护红线，在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线。

本工程线路为架空输电线路，永久占地仅为塔基占地，在空间中的分布为点

位间隔式（如附图 5 所示）。根据生态保护红线矢量数据，穿越的生态保护红线非成片式，而是间隔式。穿越生态保护红线区域植被类型以云南松、桦木等常绿阔叶林、常绿针叶林为主，分布的野生动物主要是适合栖息于林地、草地的种类，对此区域生态保护红线来说，重点是保护现有植被，加强水土流失治理，使其水土保持功能不受影响。

工程设计中已尽量将线路塔基定位在生态保护红线以外的区域，尽量避开红线范围立塔，但受地形地质条件及线路档距长度限制，无法做到完全不在生态保护红线中立塔。设计上通过增加线路档距，尽可能减少了在生态保护红线内的塔基数量，减少了塔基永久占地及临时占地面积；经过多次现场调查区域水土流失现状、植被覆盖情况及植被类型，及时调整塔基位置，避开泥石流易发区、崩塌滑坡危险区；对于不得不定位在生态保护红线内的塔基，设计上尽量避开了易引起水土流失和生态恶化的地带，选择了植被较稀疏处。

在严格落实相关生态环境保护措施和水土保持措施后，将最大化减小本工程建设对金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线的影响，不会破坏其生态功能。

3.1.5.5 推荐路径方案特点

本线路推荐路径方案具有下列特点：①线路在轻中冰区段采用同塔双回架设，最大限度节约了线路走廊，缩减了塔基占地面积及林木砍伐量，减小了施工、运行对沿线生态环境的影响；②线路不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区，对线路附近的生态敏感区进行了有效避让；③线路无法完全避让生态保护红线，穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，线路路径已取得宁南县、布拖县自然资源主管部门的原则同意，不违背现行生态保护红线管理要求；④线路对居民房屋密集的乡镇、村落进行了避让，尽量减小了对沿线居民敏感点的影响。**从环保角度分析，本线路路径选择合理。**线路路径方案详见附图 2。

3.1.6 布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程概况

由于白鹤滩水电站投产时间跨度较长、外送特高压直流工程及送端 500kV 配套工程投产时序存在不确定性，为满足白鹤滩水电站电力送出需求，根据系统规划，在布拖换流站一期工程建成投运前的过渡期，本工程将白鹤滩左岸 I、II 回 500kV 线路在布拖换流站外临时搭接月城～布拖换流站一期 2 回 500kV 线路，

形成月城～白鹤滩左岸电站 2 回 500kV 线路。受已建月城～普提 500kV 线路限制，搭接方案唯一。新建搭接线路路径长度 2×0.5km，为 15mm 重冰区，采用同塔双回线路架设，导线截面为 4×630mm²。搭接点位于布拖换流站东南侧围墙外约 400m，需新建铁塔 1 基。

后续布拖换流站一期投运后，需拆除该搭接线路导地线和 1 基铁塔，将白鹤滩左岸 I、II 回和月普线月城侧 π 接线分别通过终端塔接入布拖换流站一期，拆除工程量计入本工程。

3.1.7 主要交叉跨越和并行

3.1.7.1 交叉跨越情况

本工程输电线路与其它重要设施交叉跨越情况详见表 3-6。

本工程输电线路跨越公路、河流和其他输电线路时考虑各类交叉跨越的安全净空距离，以保证各公路和河流的正常运输及其利用不受影响，确保各电压等级电力线正常运行不出故障。

表 3-6 本工程输电线路主要交叉跨越情况表

本工程 线路名称	被跨越物	跨越次数	规程规定的最小 垂直净距 (m)	备注
白鹤滩左 岸电站～ 布拖换流 站一期 500kV 线路	高速公路 (规划宜攀高速隧道)	2 次	14.0	——
	等级公路 (布拖县至白鹤滩镇)	12 次	14.0	
	河流 (交际河、依补河)	2 次	7.0	至五年一遇洪水位
	110kV 牛螺 1 回线	1 次 (跨越)	6.0	本线路为双回线路，采取上跨方式，在跨越处既有线路最高相导线对地高度为 18m，本线路导线高度不受既有线路限制，与既有线路间垂直净距能满足规程规定高度 (6.0m) 要求。
	110kV 牛螺 2 回线	1 次 (跨越)	6.0	本线路为双回线路，采取上跨方式，在跨越处既有线路最高相导线对地高度为 24m，本线路导线高度不受既有线路限制，与既有线路间垂直净距能满足规程规定的高度 (6.0m) 要求。
	110kV 龙拖线	1 次 (跨越)	6.0	本线路为单回线路，采取上跨方式，在跨越处既有线路最高相导线对地高度为 29m，本线路导线高度不受既有线路限制，与既有线路间垂直净距能满足规程规定的高度 (6.0m) 要求。

布拖换流站外临时搭接线路	无交叉跨越情况
--------------	---------

本工程输电线路与其他输电线路的交叉跨越情况见表 3-7，各交叉跨越点的位置详见附图 2。

表 3-7 本工程输电线路与其他输电线路交叉跨越情况表

序号	被跨越线路名称	跨越位置	被跨线路排列方式	本工程线路排列方式	被跨越处导线线高（m）	规程要求最小间距（m）	本线路最低线高（m）	有无监测条件	共同评价范围内是否存在居民
白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路									
1	110kV 牛螺 1 回线	拖觉镇老鸠规村附近	水平	同塔双回	18	6	24	有	无
2	110kV 牛螺 2 回线	龙潭镇红旗村附近	三角	同塔双回	24（上导线）	6	30	有	
3	110kV 龙拖线	觉撒乡马依包村附近	三角	单回	29（上导线）	6	35	有	
布拖换流站外临时搭接线路									
无交叉跨越情况									

3.1.7.2 并行情况

经与设计收资及现场踏勘，本工程输电线路在区域 100m 范围内不与其他 110kV 及以上电压等级既有输电线路并行走线。

本工程白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路从白鹤滩水电站左岸构架以 2 回同塔双回线路出线，在避开出线处宁南县跑马镇新田村居民集中房屋后，2 回同塔双回线路右转向北，并行走线至布拖县包谷坪乡洛觉村，并行走线长度约 30.0km，并行段两线间距大多在 120m 以上（仅布拖县龙潭镇胜利村附近并行线路间最近距离约 80m）。线路继续向北走线，至布拖县拖觉镇阿省日达村附近后进入重冰区，按 4 回单回线路并行走线至布拖县特木里镇阿地阿普附近，并行走线长度约 15.5km，并行段两两相邻的线路间距大多在 110m 以上（仅布拖县补尔乡竹尔苦村处相邻线路间最近距离约 80m）。本工程并行线路间共同评价范围内无居民敏感目标分布，因此本次评价仅对并行线路通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所的叠加电磁环境影响进行预测。

本工程线路并行情况详见下表 3-8：

表 3-8 本工程线路并行情况一览表

并行线路名称	并行线间最小间距(m)	并行走线长度(km)	并行段线路所处行政区	并行线路间居民敏感目标分布
本工程 2 回双回线路并行	80	30.0	宁南县跑马乡新田村——布拖县包谷坪乡洛觉村	无
本工程 4 回单回线路并行	80	15.5	布拖县拖觉镇阿省日达村——布拖县特木里镇阿地阿普	无

3.1.8 导地线及排列方式

本工程输电线路导线、地线及导线排列方式见表 3-9。

3-9 本工程输电线路导线、地线及排列方式

工程名称	冰区	导线	地线	导线排列方式
白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路工程	10mm	JL/G1A—630/45 钢芯铝绞线	OPGW—150	10mm、15mm 轻中冰区采用同塔双回路垂直逆向序排列
	15mm			
	20mm	JLHA1/G1A—725/90 钢芯铝合金绞线	OPGW—190	20mm、30mm 重冰区采用单回路水平排列、三角排列
	30mm			
布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程	15mm	JL/G1A—630/45 钢芯铝绞线	OPGW—150	同塔双回路垂直逆向序排列

3.1.9 铁塔型式

本工程冰区划分为 10mm、15mm、20mm、30mm。

由于沿线走廊紧张,线路路径选择十分困难,本工程线路在轻中冰区(10mm、15mm 冰区)按同塔双回路走线,铁塔采用导线垂直排列的同塔双回路鼓型塔。为保证线路的安全运行,避免导线覆冰不均匀、导线脱冰跳跃引起上下排列的导线接近发生相间闪络事故,本工程线路在重冰区(20mm、30mm 冰区)按单回路走线,直线塔采用酒杯型塔,耐张塔采用干字型塔。

本工程共新建铁塔 487 基,其中直线塔 283 基,耐张塔 204 基。铁塔使用条件见下表 3-10,铁塔型式见附图 3。

表 3-10 本工程 500kV 输电线路铁塔使用条件一览表

序号	塔型	呼高范围 (m)	转角度数
1	双回路直线塔	5E2-SZC1	24~48
2		5E2-SZC2	24~54
3		5E2-SZC3	24~66
4		5E2-SZC4	24~60
5		5E2-SZC4G	54~78
6		5E2-SZCK	53~72
7		5E10-SZC1	24~48
8		5E10-SZC2	24~54
9		5E10-SZC3	24~60
10		5E10-SZC4	24~60
11		SZC29102	24~66
12		SZC29103	24~78
13		SZ366	24~60
14		SZC27151	24~48
15		SZC27152	24~60
16		SZC27153	32~66
17		SZC27154	37~72
18		SZC27153A	23~84
19		SZC27155	53~84
20		SZC29152	24~66
21		SZC29153	24~78
22	双回路直线跨越塔	5E2-SZCK	54~72
23	双回路换位塔	5E10-SHJC	19~42
24	双回路耐张塔	5E2-SJC1	20~60
25		5E2-SJC2	20~60
26		5E2-SJC3	20~42
27		5E2-SJC4	21~42
28		5E10-SJC1	20~42
29		5E10-SJC2	20~48
30		5E10-SJC3	20~42
31		5E10-SJC4	20~42
32		SJC29104	21~54
33		SJC2715K	35~66
34	双回路转角塔	SJC29151	21~48
35		SJC29152	21~66
36		SJC29153	21~48
37		SJC29154	21~42
38	单回路直线塔	ZBB261	24~66
39		ZBB262	24~60
40		ZBB263	34~72
41		ZBB361	24~69
42		ZBB362	24~60
43		ZBB36K	60~78
44	单回路耐张塔	JGB261	21~48
45		JGB262	21~48
46		JGB361	21~48
47		JGB362	21~48
48	单回路钻越耐张塔	JBB361V	21~48
49		JBB2915S	18~42

3.1.10 基础型式

根据本工程杆塔型式、沿线地形地貌、地质及水文气象条件，因地制宜采用

掏挖基础、人工挖孔基础、岩石锚杆基础、灌注桩基础、柔性直柱大板基础。全线采用全方位长短腿设计，减少施工基面开方量，最大程度减少对塔位处自然环境的破坏，保护边坡稳定，防止水土流失。

本工程基础型式详见附图 4。

3.1.11 施工组织和施工工艺

3.1.11.1 交通情况及工地运输

本工程输电线路途经凉山州宁南县、布拖县，位于金沙江干流河段左岸，区域地形以山地、高山峻岭为主，受地形地势影响整体交通条件较差。线路路径选择时已尽量沿已有交通道路走线，沿线交通运输主要利用少量交叉机耕道和乡村公路。经现场勘察确定，本工程无需新修或拓修施工汽运道路。由于部分铁塔处于丘顶，施工时需砍出沿线灌木杂草修建人抬道路方可达到。

经估算，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程在宁南县跑马镇、龙潭镇一带交通条件不利于施工，需修建人抬道路约 6.5km，宽 1m，以满足施工需求。

3.1.11.2 施工场地布置

（1）塔基临时施工场地

为满足施工期间临时放置器材、材料及堆放开挖土石方等，需在每个塔基周围设置临时施工场地。根据类似线路施工的现场调查，山丘区临时占地约为塔基征地外 3~5m 范围，单基塔临时占地面积约为 500m²。临时施工场地布设位置优先选择荒地，其次选择植被稀疏草地，最后考虑林地、耕地。根据主体塔基、地形情况估计，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程塔基施工临时总占地面积为 17.31hm²；布拖换流站外搭接线路工程塔基施工临时总占地面积为 0.01hm²。

（2）牵张场地

本工程导线架设主要采用张力放线。根据工程实际情况及同类输变电工程，本工程每隔约 3~5km 需设置一处牵张场地，场地布设位置优先选择荒地，其次选择植被稀疏草地，最后考虑林地、耕地。本工程牵张场平均每处面积约 700m²，总占地面积约 2.80hm²，均为主体计列面积。

（3）跨越施工场地

本工程线路跨越公路、输电线路等设施需要搭设跨越架，采用门型构架或竹

制构架置于跨越点两侧，每处占地面积约 120m²。场地布设位置优先选择荒地，其次选择植被稀疏草地，最后考虑林地、耕地。本工程跨越施工临时占地共计 1.20hm²。

（4）材料站布置

本工程租用材料站，便于调度和保管施工材料，特别是妥善保管好导线、地线等主材，以防丢失和损坏。主要考虑设在离线路中心较近、交通方便的城镇，以满足线路的施工材料供应要求。

（5）生活区布置

线路工程施工呈点状分布，每点施工周期短，加上土石方施工基本由当地民工承担，专业施工人员少，临时施工生活用房采用租用工程所到地（乡镇）现有民房的方式解决。

（6）砂、石材料来源

本工程输电线路单基塔施工中所使用的砂、石量不大，购买自线路施工沿线有开采许可证的采砂、采石场，购买和运输较方便，并在合同中明确水土流失防治责任由开采商承担。

（7）土石方

线路塔基土石方主要由基脚、场地修整等产生。本工程位于山丘区，塔基开挖土石方考虑就地回铺在各塔基内部，平均回铺厚度 8.6cm，可充分消纳。

3.1.11.3 施工方法与施工工艺

线路工程施工主要环节包括：施工准备、基础施工、组装铁塔、放紧线和附件安装几个阶段。对水土保持影响较大的是施工准备及基础施工两个阶段。

（1）施工准备

施工准备阶段涉及水土保持的有准备建筑材料，设置生产场地及人抬道路等。

（2）基础施工

基础施工流程大致如下：

①塔腿小平台开挖：设置挡土墙、排水沟时包括挡土墙基面、排水沟开挖；位于斜坡的塔基表面应回填成斜面，恢复自然排水，对可能出现较大汇水面且土层较厚的塔位，要求开挖排水沟，并接入原地形自然排水系统。

②砌筑挡土墙。

③开挖塔腿基础坑。凡能开挖成形的基坑，均采用以“坑壁”代替基础底模板方式开挖，尽可能减少开挖量。

④开挖接地槽，对位于附近人口稀少的塔位，接地沟开挖可不形成封闭环形（允许开断一点），以避免沿垂直方向开挖接地沟从而形成冲沟危及塔位边坡的安全。

⑤绑扎钢筋、浇注塔腿基础混凝土，埋接地线材。

⑥基坑回填，余土处置。基坑回填时采取“先粗后细”方式，方便地表迹地恢复。降基面及基坑开挖的弃土置于塔位范围内并修筑挡土墙，以防止弃土滑坡破坏塔位下坡方向自然地貌，危及塔基安全。

（3）铁塔组立

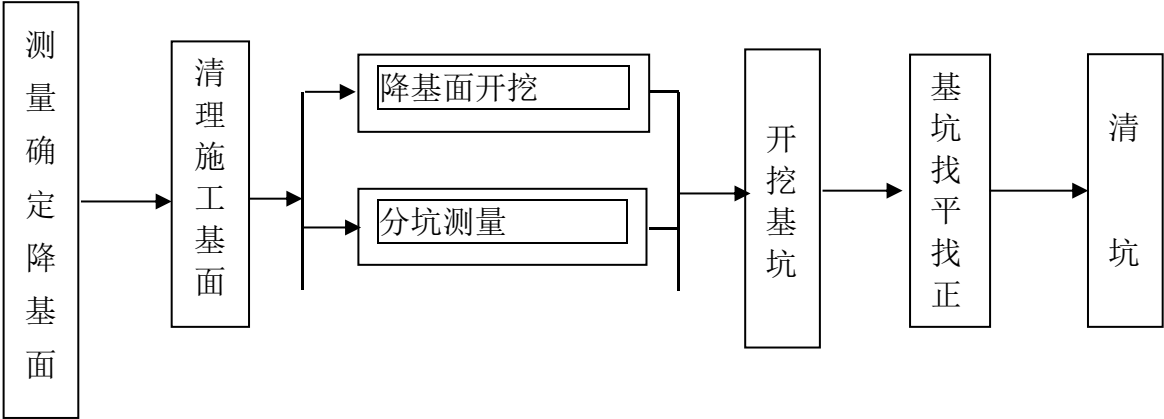
当塔基础混凝土强度达到设计值的 70%以上后，便可在塔位上组装铁塔。本阶段在塔基区仅存在从加工厂运来的铁塔组件的堆放、组装，在搬运过程对地面略有扰动，造成的水土流失较轻微。

（4）放紧线和附件安装

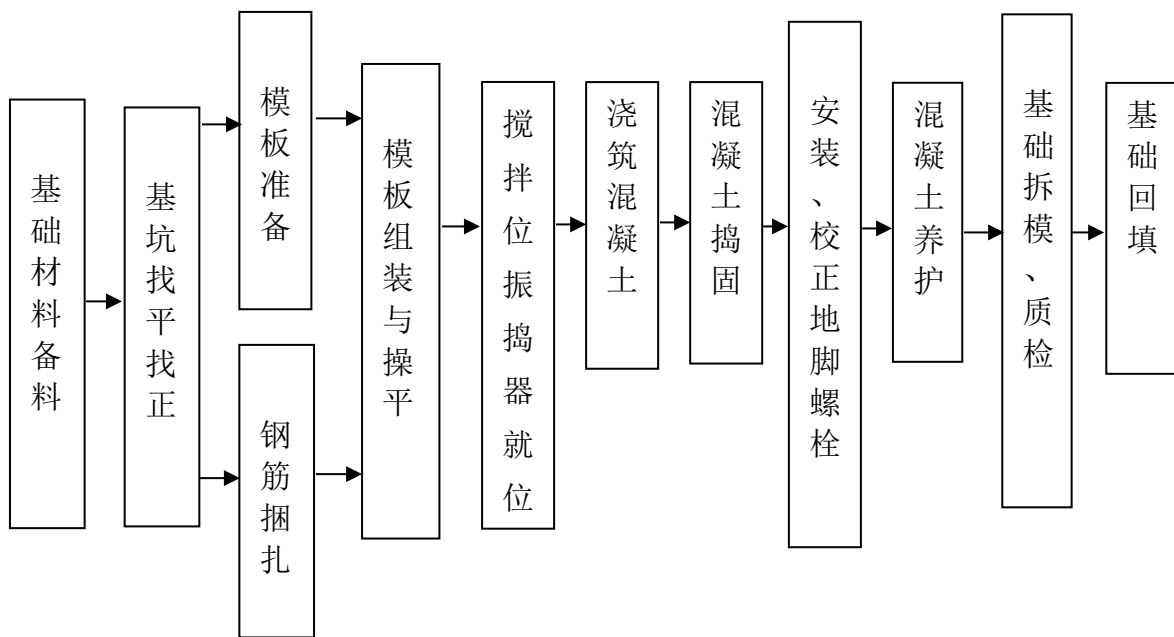
架线施工的主要流程：施工准备（包括通道清理）——放线——紧线——附件及金具安装。

架线主要采取张力放线的方式，首先利用飞艇将导线穿过铁塔挂线处，然后用牵张机进行张力牵张。

紧线完毕后，尽快进行耐张塔的附件安装和直线塔的线夹安装，及防振金具安装和间隔棒安装，避免导线因在滑车中受振和在挡距中相互鞭击而损伤。



土石方施工流程图



基础工程施工流程图

(5) 跨越施工方法

①线路跨越高速公路需采取措施，跨越点采用门型构架或竹制构架置于跨越点两侧，架线后拆除脚手架。

②跨越 220kV 及以上线路时，根据与当地电力部门或交通部门协议情况，部分线路需设立脚手架进行跨越，跨越点采用门型构架或竹制构架置于跨越点两侧，架线后拆除脚手架。

③跨越 110kV 以下等级输电线时，被跨线暂时停用，把被跨线放下，待新线跨过后同时拉展。

④跨越一般车流量较小的公路时，道路两边暂停通车，迅速架线后再放行。

⑤跨越集中林区及其它重要跨越地段采用无人机放线等方法，可以减少地表和植被扰动。对于人可通行的稀疏林区，跨越时可少量砍伐，人工牵线。

3.1.11.4 穿越生态保护红线施工组织方案

本工程在生态保护红线内施工时，应采用合理的施工方式，具体如下：

(1) 施工便道

施工过程中加强管理，在生态保护红线内利用现有道路作为施工便道，或采用索道等运输施工材料，以减少新增水土流失。严格限制便道宽度和车辆行驶路线，施工结束后应采取恢复措施，对路面进行平整和恢复植被。

（2）施工场地

施工过程中严格限制施工活动区域，在生态保护红线内尽量减少设置材料堆场、弃渣场、拌合场等。

（3）塔位选择

在生态保护红线范围内进行塔基定位时，应避开泥石流易发区、崩塌滑坡危险区、易引起水土流失和生态恶化的地带，将塔基选择在植被较稀疏位置。

（4）塔基基础施工

施工前对施工场地的地表土进行分层保护，对可移栽的地表植被进行就近种植。位于山区的杆塔基础采用全方位高低腿设计，以减少土方开挖量和植被破坏面积。施工时合理确定杆塔基面范围，优先考虑原状土基础，采用适合当地地质条件的塔基，减少水土流失面积和弃土弃渣量。塔基设置护坡、挡渣墙、排水沟，以有效减小水土流失影响。生态保护红线内塔基区开挖多余的土方，在施工完工后应尽可能回填至塔基征地范围内，无法就地消纳的应及时运出处理，不在红线内设弃渣处置点。不得在生态保护红线内开山取石、取土。线路经过林区采用加高杆塔跨越方式，并根据实际情况采用无人机放线等先进施工架线工艺，减少走廊内林木砍伐量或避免砍伐。

（5）植被恢复

施工结束后，对临时占地应及时恢复原有的用地形态，对恢复地域周围要及时种植植物，优先选用当地原生植物。

（6）废污水、固体废物

加强对施工人员的培训，严禁在生态保护红线内未经处理直接排放废污水。严禁在生态保护红线内随意丢弃生活垃圾等固废，应统一收集打包装袋，运出生态保护红线区域外进行集中处理。

（7）施工噪声

施工期的噪声主要来自施工机械和运输车辆。施工过程中，施工单位必须选用符合国家有关标准的施工机具和运输车辆，选用低噪声的施工机械和工艺。由于夜间施工需要高亮度照明设施，若需夜间施工，必须征得当地有关部门的书面同意。

3.2 与政策法规等相符性分析

3.2.1 与产业政策的相符性分析

本工程建设属于国家发展和改革委员会第 21 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“第一类 鼓励类”中第四条“电力”中的“电网改造与建设”类项目，符合国家相关产业政策。

3.2.2 与电网规划的相符性分析

国家《电力发展“十三五”规划（2016-2020 年）》明确：“十三五”期间，开工建设白鹤滩电站外送工程；2018 年 9 月，国家能源局以《关于加快推进一批输变电重点工程规划建设工作的通知》（国能发电力[2018]70 号）明确：白鹤滩电站电力以 2 回 $\pm 800\text{kV}$ 直流输电工程分别送电江苏和浙江两省消纳。白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程是白鹤滩电站接入系统及外送交流配套工程，因此本工程的建设符合电网规划。

3.2.3 与当地规划的相符性分析

本工程输电线路选择在初期阶段就充分考虑了与工程所在地区的规划相容性问题。在线路路径选择时，建设单位和设计单位广泛征询了当地有关部门的意见，取得了相关协议，并在设计阶段对相应要求进行了落实，因此，本工程输电线路路径与所在地区的发展规划是相适应的。本工程路径协议情况见表 3-11。

表 3-11 本工程路径协议及落实情况

附件	收资协议单位及函件	回函意见	对意见的落实情况
附件 3	宁南县自然资源局文件《关于布拖换流站 500 千伏配套工程沿线收资及路径协议办理的复函》	1.原则同意白鹤滩左岸电站 500kV 送出线路方案在我县境内路径方案。 2.在线路选择中,尽量避开基本农田及矿区,不占或少占耕地,做到集约节约用地。 3.在线路施工前按照国家法律法规要求办理土地征(占)用、压覆矿评估等相关手续。	线路路径选择中,已尽量避让基本农田、矿区,尽量减少占用耕地。 下阶段工作中,将在线路施工前按照国家法律法规要求办理土地征(占)用、压覆矿评估等相关手续。
附件 4	布拖县自然资源局文件 布自然资函(2019)102 号《关于布拖换流站二期和白鹤滩左、右岸水电站 500 千伏送出工程施工图塔位坐标报备及路径协议办理的复函》	1.原则同意白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程在我县境内的线路路径方案。 2.在线路路径选择时,尽量避开永久基本农田及矿区,不占或少占耕地,做到集约节约用地。 3.项目批准后,严格依法依规办理建设用地报批手续,未取得建设用地批准手续前不得开工建设。	线路路径选择中,已尽量避让永久基本农田、矿区,尽量减少占用耕地。 下阶段工作中,将严格依法依规办理本项目建设用地报批手续。

3.2.4 与生态保护红线管理要求相符性

根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》(川府发〔2018〕24 号),本工程线路穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线,与生态保护红线的相对位置关系详见附图 5。

目前,国家及四川省尚未出台生态保护红线管控办法,现阶段主要涉及生态保护红线的相关规章如下:

2016 年 10 月,原环境保护部印发《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》(环环评〔2016〕150 号),提出:“除受自然条件限制、确实无法避让的铁路、公路、航道、防洪、管道、干渠、通讯、输变电等重要基础设施项目外,在生态保护红线范围内,严控各类开发建设活动”。

2018 年 8 月,生态环境部印发《关于生态环境领域进一步深化“放管服”改革,推动经济高质量发展的指导意见》(环规财〔2018〕86 号),提出:“对审批中发现涉及生态保护红线和相关法定保护区的输气管线、铁路等线性项目,指导督促项目优化调整选线、主动避让;确实无法避让的,要求建设单位采取无害化穿(跨)越方式,或依法依规向有关行政主管部门履行穿越法定保护区的行政许可手续、强化减缓和补偿措施。”

2019 年 11 月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于在国土空间规划

中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（厅字〔2019〕48号），提出：生态保护红线内，自然保护区核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，主要包括：零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖；因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查；自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动；经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动；不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设；必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设、防洪和供水设施建设与运行维护；重要生态修复工程。

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程是白鹤滩电站接入系统及外送交流配套工程，属于国家重大线性基础设施工程。本工程在选址选线 and 设计阶段进行了多次优化，已尽可能避让了沿线的生态保护红线、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水源保护区等生态敏感区，但受线路路径整体走向限制，同时为避让沿线密集居民房屋、基本农田、密集矿区、林木密集区等设施，本工程输电线路无法完全避让生态保护红线。设计中已采取相应生态影响减缓和恢复措施，在施工中将严格落实各项生态保护措施，最大程度减小对生态保护红线区的影响，不会破坏其生态功能。因此，根据环环评〔2016〕150号、环规财〔2018〕86号文件以及厅字〔2019〕48号等相关文件，本工程不违背现行生态保护红线管理要求。

3.2.5 与法规相容性分析

根据《电力设施保护条例》中的规定，500kV 导线边线在计算导线最大风偏情况下，距建筑物的水平安全距离为 8.5m，本工程线路为 500kV 电压等级，设计时已考虑了充分的水平安全距离，满足了电力设施保护条例的规定。

本工程拟建线路在选线 and 设计中严格遵守相关的法律法规，避开了各类自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等需要特别保护的敏感区域。

因此，本工程的建设与国家和地方的法律法规是相容的。

3.3 工程的环境合理性分析

本工程输电线路避让了宁南县、布拖县的建成区和规划区；不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区；穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，线路路径已取得了宁南县、布拖县自然资源主管部门的原则同意意见，设计中已采取相应生态影响减缓和恢复措施，最大化减小了对该生态保护红线区的影响；对居民房屋密集的乡镇、村落进行了有效避让，减小了对沿线居民的影响。故本工程线路路径选择合理可行。

3.4 环境影响因素识别

3.4.1 施工期环境影响因素识别

本工程施工期的主要环境影响因素有：水土流失、施工噪声、施工扬尘、施工废污水、施工固体废物、生态影响、土地占用等。

（1）水土流失

施工时的土方开挖，土方平衡中的回填土，以及建设过程中植被的破坏，会导致水土流失问题。

（2）施工噪声

输电线路施工中的主要噪声有工地运输的噪声，以及基础、架线施工中各种机具的设备噪声等。因线路各施工点施工量小，施工时间短，不会对周围环境敏感点产生明显影响。

（3）施工扬尘

施工开挖造成土地裸露，产生的二次扬尘可能对周围环境产生暂时的、局部的影响。

（4）施工废污水

施工过程中产生的生活污水以及施工废水若不经处理，则可能对地表水环境产生不良影响。

（5）施工固体废物

施工过程中产生的建筑垃圾以及生活垃圾若不妥善处理，会对环境产生不良影响。

（6）生态影响

工程建设中，线路塔基建设等活动会带来永久与临时占地，使场地植被及微

区域地表状态发生改变，对区域生态环境会产生不同程度的影响。

(7) 其他影响

土地占用影响，包括线路塔基占地及施工临时用地改变土地功能。

3.4.2 运行期环境影响因素识别

本工程运行期的主要环境影响因素有：工频电场、工频磁场、噪声等。

(1) 工频电场、工频磁场

输电线路运行时产生工频电场、工频磁场。

(2) 噪声

输电线路运行噪声主要来源于恶劣天气条件下，导线、金具产生的电晕放电噪声。

3.5 生态影响途径分析

3.5.1 施工期生态影响途径分析

工程建设中，线路塔基建设等活动会带来永久与临时占地，使场地植被及微区域地表状态发生改变，对区域生态环境造成不同程度的影响。主要表现在以下几个方面：

(1) 线路塔基挖方、填方、浇筑等活动，会对附近的原生地貌和植被造成一定程度破坏，降低植被覆盖度，可能形成裸露疏松表土；施工临时堆土、建筑垃圾等，如果不进行必要的防护，可能会影响当地的植物生长，加剧土壤侵蚀与水土流失。

(2) 杆塔运至现场进行组立，需要占用一定范围的临时用地；张力牵张放线、紧线，需要租用牵张场地；为施工和运行检修方便，会新修部分临时道路，土建施工临时堆土也会占用一定的场地。这些临时占地将改变原有的土地利用方式，使部分植被和土壤遭到短期破坏，导致生产力下降和生物量损失，但这种破坏是可逆转的。

(3) 施工期间，施工人员出入、运输车辆的来往、施工机械的运行会对施工场地周边野生动物觅食、繁殖和发育等产生干扰，有可能限制其活动区域、觅食范围与栖息空间等。夜间运输车辆的灯光可能会对一些鸟类和兽类产生干扰，影响其正常的活动。

(4) 施工期间，容易产生少量扬尘，覆盖于附近的农作物和枝叶上，影响其光合作用；雨水冲刷松散土层流入场区周围的耕地与其它植被用地，也会对农

作物及植被生长会产生轻微影响，可能造成土地生产力的下降。

（5）本工程输电线路穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，穿越区域位于属于干热气候的山丘区，生态脆弱，水土流失敏感性高。塔基施工土石方开挖等活动会破坏部分原地貌和地表植被，扰动原土层和岩层，降低植被覆盖度，如不进行必要的防护治理，可能影响地表植被生长，加剧水土流失。

3.5.2 运行期生态影响途径分析

本工程运行期可能造成的生态影响主要有：工程永久占地带来的影响；铁塔和输电导线对兽类活动和鸟类迁徙的影响；输电线路电磁场对野生动植物的影响。

运行期永久占地主要为塔基占地。在局部范围内，塔基占地面积较小，对于水土流失和动植物的影响也比较小。但一方面会造成景观格局及植被覆盖的轻微变化，另一方面，部分铁塔位于生态环境较脆弱地区，如不采取适当的工程防护和植被措施，现有植被一旦遭到破坏很难得到恢复。特别是山坡塔基占地，工程弃渣容易造成坡下植被破坏和水土流失。同时，工程在农田立塔后，可能会给局部农业耕作带来不便，对农作物生长产生影响，造成局部土地生产力的下降。

根据高压输电工程噪音及电磁场影响的相关研究，按照限值控制工程噪声，不会对动植物产生不利影响，电磁场对人和动物有确定影响的阈值远高于输电线路下工频电场的限值，因此，两者对动植物的影响不大。

3.6 主体设计环境保护措施

3.6.1 规划设计阶段采取的环保措施

（1）电磁环境和声环境

工程选线时充分征求沿线政府及规划等相关职能部门的意见，优化路径，尽量避让城镇规划区、学校、居民密集区。

严格按照相关规程及规范，结合项目区周围的实际情况和工程设计要求，确保评价范围内常年住人的房屋电磁环境、声环境满足标准限值要求。

确定导线与地面、建筑物、树木、公路及各种架空线路的距离时，导线弧垂及风偏的选取按《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）执行。

选定导线对居民区、地面、公路等的对地距离时要限制地面工频电磁场。

合理选择导线直径及导线分裂数以降低线路电磁环境影响水平，要求导线、

母线、均压环、管母线终端球和其它金具等提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。合理选择导线截面和导线结构以降低线路的电晕噪声水平。

（2）生态环境

线路已避让自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等生态敏感区；已避让集中林区，线路经过林区时尽量采用高跨方式。

线路路径选择时尽量避让了附近的生态保护红线，对于无法避让的金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线部分范围，设计中已尽量将塔基定位在生态保护红线以外的区域，尽可能避开红线范围立塔。对不得不定位在红线内的塔基，也尽量避开了易引起水土流失和生态恶化的地带。

杆塔设计时采用全方位高低腿铁塔，尽量减少占地、土石方开挖量。塔位有坡度时考虑修筑护坡、排水沟，减少水土流失，保护生态环境。

输电线路跨越水体时，采用一档跨越的方式，不在水体中立塔。

合理组织施工，减少施工临时占地。开挖面及时平整，临时堆土采取拦挡、防护等措施安全堆放。施工完成后对扰动面进行恢复，对破坏的部分按规定进行补偿。

3.6.2 施工期采取的环保措施

（1）施工扬尘

线路塔基基础开挖过程中，应定时、及时洒水使施工区域保持一定的湿度，对施工场地内松散、干涸的表土，也应定时、及时洒水或采取临时覆盖措施防止起尘。

（2）施工废污水

对施工过程中产生的少量生产废水，在施工场地附近设置沉淀池，生产废水经沉淀处理后用于浇洒路面降尘，不外排。施工人员就近租用沿线民房，生活污水排入居民点化粪池进行处理后用作农肥，不会对地表水环境造成影响。

（3）施工噪声

对位于环境敏感目标附近的塔基应依法限制夜间施工。位于一般地区的塔基施工应尽量安排在白天进行；如果因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，取得县级以上人民政府或者其有关主管部门的证明，并公告附近居民。

（4）固体废物

线路施工产生的固体废物主要是建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。在工程施工前应作好施工机构及施工人员的环保培训，明确要求施工过程中的建筑垃圾及生活垃圾应分别收集堆放，并安排专人专车及时清运或定期运至环卫部门指定的地点处置。

（5）水土流失

合理组织施工，减少占用临时施工占地；开挖面及时平整，临时堆土采取拦挡、防护等措施安全堆放，余土于塔基征地范围内摊平；施工完成后对施工扰动面进行恢复。

3.6.3 运行期采取的环保措施

- (1) 加强对当地群众进行有关高压送电线路和设备方面的环境宣传工作。
- (2) 建立各种警告、防护标识，避免意外事故发生。
- (3) 依法进行运行期的环境管理和环境监测工作。

3.6.4 穿越生态保护红线时的环保措施

在生态保护红线内修建线路时还应注意以下几点：

- (1) 在生态保护红线内减少设置材料堆场、弃渣场、拌合场等，牵张场等临时占地应尽量避免红线内易引起水土流失和生态恶化的地带，选择植被稀疏处。
- (2) 严格控制作业区域和运输路线，并划定明确的施工范围，不得随意扩大。
- (3) 尽量利用现有道路作为施工便道，或采用索道等运输施工材料，以减少生态保护红线内的新增水土流失，对于必须修建的地段，应选择裸地和植被稀疏处设置。
- (4) 塔基区开挖多余的土方，在施工完工后应尽可能回填至塔基征地范围内，无法就地消纳的应及时运出处理。
- (5) 提高水土流失防治标准、优化施工工艺，尽量减少对红线区域的地表扰动和植被损坏范围。
- (6) 合理协调安排施工工序与工期，避免暴雨频发季节施工，及时根据天气预报调整施工工序，雨天禁止开挖施工。
- (7) 强制采用对植被和环境破坏较小的电线架设的方法架设电线，包括张力放线、无人机放线等，避免砍伐架线通道。
- (8) 施工结束后，对临时占地及时恢复原有用地形态，及时恢复原有植被，优先选用当地适生植物。

4 环境现状调查与评价

4.1 区域概况

本工程位于凉山州布拖县、宁南县境内，输电线路途经宁南县跑马镇、布拖县合并乡、龙潭镇、包谷坪乡、美撒乡、觉撒乡、拖觉镇、补尔乡、特木里镇。工程所经地段为乡村自然环境，沿线生态环境质量较好。工程区域为少数民族聚集区，区域内居民大多为彝族。线路对沿线房屋密集的乡镇、村庄已避让，工程影响区域内民房为分散型，没有大面积成片民房或集镇分布，居民点分布较少。

4.2 自然环境概况

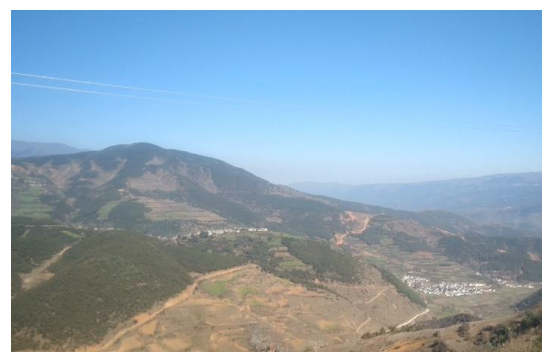
4.2.1 地形地貌

工程区域位于康藏高原东部、川西南横断山系东缘，处于四川盆地与云贵高原之间。区内地形地貌受构造控制，地形强烈切割、高差悬殊，形成中山及深切谷地地貌。区域内主要山脉及河流都呈南北向展布，路径整体沿山脉延伸方向走线。

区域内中山海拔高程一般为 2650m~3750m，相对高差约为 300m~1900m 不等。同时在流水侵蚀等作用影响下，东西向（坡向）主冲沟及其支沟发育，多



大起伏中山地貌



中起伏中山地貌



小起伏中山地貌



侵蚀堆积地貌

图 4-1 线路区域地形地貌典型照片

呈“V”型，将山体切割得破碎。

沿线山间谷地多呈“U”型或“V”型近南北向展布，两侧山体陡峭险峻、高差较大，谷底宽度约为 60m~230m 不等。区域内仅布拖盆地，受河流冲积作用影响，地形宽大平坦，宽度多在 1km~2km 之间。

工程区域地形地貌包括大起伏中山地貌、中起伏中山地貌、小起伏中山地貌及侵蚀堆积地貌，其中以大起伏中山地貌和中起伏中山地貌为主，小起伏中山地貌和侵蚀堆积地貌次之。

4.2.2 工程地质

工程区域位于扬子准地台西部边缘，西临康滇地轴，处于川滇南北向构造带的中段。自新生代以来构造活动仍较强烈，至今仍有多处继承性断裂活动。工程区域地质构造较为复杂，路径在大部分地段与构造形迹小角度相交或平行走线，局部地段呈大角度相交。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），路径沿线在II类场地条件下地震动峰值加速度为 0.20g 及 0.30g。工程区山顶及斜坡地段潜在塔位场地以I1 场地为主，零星堆积地貌和斜坡下部地带为II类场地。

4.2.3 气象

宁南县、布拖县气候属亚热带滇北气候区，受季风影响较大。根据布拖气象站资料，多年气象特征值统计见表 4-1。

表 4-1 工程区域气象站多年气象特征值表

项目 \ 气象站	布拖气象站
多年平均气温(°C)	10.3
平均气压(hpa)	748.4
极端最高气温(°C)	31.9
极端最低气温(°C)	-25.4
平均水汽压(hpa)	8.9
平均相对湿度(%)	60
最小相对湿度(%)	0
年平均降雨量(mm)	855
一日最大降雨量(mm)	97.4
多年平均风速(m/s)	2.6
平均降雪日数 (d)	12.2
最大积雪深度(cm)	16
平均大风日数(d)	38.5
平均雾日数(d)	9.7

平均雷暴日数(d)	48.3
最多雷暴日数(d)	107
多年最多风向及频率	SW, 12

4.3 水文

本工程位于金沙江流域。金沙江为长江的上游，发源于青海省唐古拉山主峰各拉丹冬雪山，穿行于川、藏、滇三省区之间，其间有最大支流雅砻江汇入，至四川宜宾纳岷江始名长江。从青海省的河源至宜宾市干流河长3481km，流域面积50.2万km²，约占长江流域面积26%。

工程区域内主要河流包括金沙江、黑水河、松新河、则木河、交际河、西溪河等。本工程线路跨越交际河、依补河，跨越点处河流水面均较窄，宽度在30~80m之间，以上河流的本工程跨越段均不涉及饮用水水源保护区。根据设计资料，本工程输电线路跨越以上河流时均利用两岸地形采用一档跨越，不在水中立塔，也不在水中进行施工活动。施工期间加强施工管理，不向河流排入施工废水和固体废物，不在河岸区域设置施工营地、牵张场等设施，线路工程的建设不会影响河流现有水环境功能。

经向沿线水利部门收资调查，本工程线路附近无影响路径方案的其他已建及规划的大中型水利设施。

4.4 动植物

根据现场实地调查、询访当地居民和查阅资料，工程区域植被类型分为自然植被和人工植被两大类。其中自然植被包括云南松、高山松、青冈树等亚热带常绿针叶林，高山栲、桦木、杨树等亚热带阔叶林，蔷薇、悬钩子、栒子、白刺花、羊蹄甲、木蓝等山地灌丛、香柏等针叶灌丛，以及柳兰、银莲花、紫花碎米荠等杂类草草甸。人工植被以核桃树、花椒树、烟叶等经济林木为主，主要粮食作物有小麦、玉米、马铃薯等。工程区域属人类活动频繁的区域，根据现场踏勘及收资，本工程评价范围内没有珍稀濒危及国家和四川省重点保护的野生植物及名木古树分布。

根据现场实地调查、询访当地居民和查阅资料，工程区域野生动物主要是适合栖息于林地、草地的种类，包括兽类、鸟类、两栖类、爬行类。其中兽类有黄鼬、大林姬鼠、大耳姬鼠等，偶有野猪可能到此区域觅食；鸟类在金沙江干流两岸常见有大嘴乌鸦、山斑鸠、烟腹毛脚燕等，在阶地农田区以大杜鹃、白腰雨燕、大斑啄木鸟、小云雀等森林灌丛鸟类为主；在金沙江干流的支沟和阶地农田区内

溪沟、水塘或旁边分布有圆疣蟾蜍等两栖类；爬行类主要为阶地农田类群（如草绿攀蜥）和高山森林-灌丛-草地类群（如双斑锦蛇）；人工饲养动物主要有鸡、鸭、狗、猪等家禽家畜。根据现场踏勘及收资，**本工程评价范围内没有珍稀濒危及国家和四川省重点保护的野生动物分布。**

工程区动植物资源详见第 7 章生态评价专章，工程所在区域植被分布图详见附图 6。

4.5 土地利用现状

本工程所经区域土地利用类型以耕地、林地、草地为主，水田和旱地相对较少，工程所在区域土地利用现状图详见附图 7。

4.6 水土流失

工程区域属于以水力侵蚀为主的西南岩溶区。根据水利部办公厅关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》（办水保〔2013〕188 号）、四川省水利厅关于印发《四川省省级水土流失重点预防区和重点治理区划分成果》的通知（川水函〔2017〕482 号），本工程所处的布拖县和宁南县属金沙江下游国家级水土流失重点治理区。工程区域土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，宁南县侵蚀强度以微度、中度侵蚀为主，布拖县侵蚀强度以中度、强度侵蚀为主。

4.7 工程附近生态敏感区情况

经现场踏勘及收资，本工程输电线路沿线分布有金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线、布拖乐安市级自然保护区、布拖县龙潭镇集中式饮用水源地、布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地、宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水水源地等生态敏感区。

其中，线路涉及的金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，以及线路评价范围内已避让的布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地具体生态环境概况详见本报告书第 7 章《生态环境影响评价专章》，其他未涉及的生态敏感区见表 4-2，现分述如下：

表 4-2 本工程附近生态敏感区情况

行政区域	名称	保护级别	主要保护对象	主管部门	建立（划定）时间	与本工程位置关系
布拖县	布拖乐安自然保护区	市级	湿地生态系统及黑鹳等野生动植物	布拖县林业和草原局	2001 年	未涉及。 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距自然保护区边界最近距离约 4.10km。
布拖县	龙潭镇集中式饮用水源地	乡镇级	地下水型饮用水源地	布拖生态环境局	2019 年	未涉及。 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距水源保护区边界最近距离约 1.25km。
宁南县	白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水水源地	乡镇级	地下水型饮用水源地	宁南生态环境局	2019 年	未涉及。 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路南侧距水源保护区边界最近距离约 1.97km。

4.7.1 布拖乐安市级自然保护区

（1）地理位置及范围

布拖乐安市级自然保护区位于四川省凉山彝族自治州布拖县城东南部，地理坐标位于 $102^{\circ}52' \sim 103^{\circ}03'E$ ， $27^{\circ}27' \sim 27^{\circ}41'N$ 之间。保护区东及东南隔西溪河与金阳县相望，西北与昭觉县和布拖县补洛乡、补尔乡相邻，从西至南与布拖县拉果乡相邻，总面积 22754.3hm^2 。

（2）保护级别、保护对象

该保护区于 2003 年建立，是以湿地生态系统及黑鹳（*Ciconia nigra*）等野生动植物为主要保护对象的湿地类型自然保护区。作为珍稀濒危物种黑鹳的重要栖息地，保护区高原湿地、森林生态系统保存较好，发现的黑鹳多时达到 19 只，是四川省关于黑鹳记录最多的地方，也是已发现的四川省唯一的黑鹳种群越冬地。

（3）功能区划

布拖乐安市级自然保护区划分为三个功能区，分别为核心区、缓冲区、实验区。其中核心区面积 12960.3hm^2 ，占保护区总面积的 56.96%；缓冲区面积 5034hm^2 ，占保护区总面积的 22.12%；实验区面积 4760hm^2 ，占保护区总面积的 20.92%。

（4）保护区动物资源

保护区的湿地主要作为迁徙鸟类的重要停歇地和食物补充点，目前发现的大

向迁徙鸟类有黑鹳、黑颈鹤、苍鹭、斑头雁、赤麻鸭等，其中部分黑鹳在此越冬繁殖。

（5）保护区植物资源

乐安湿地是以莎草科植物生长为主的湿地，生长有大量的莎草科植物，外围地带生长有较多高大的黄花鸢尾（*Iris wilson*）。区内有国家二级重点保护植物水菜花（*Ottelia acuminata*）。

保护区典型生境为亚热带山地常绿阔叶林，同时受气候、水热条件和地形地貌以及其他自然和人文因素的长期影响，形成类型丰富多样的生境及微生境，总体上看整个生态系统结构复杂，功能较为稳定。

（6）与本工程相对位置关系

经核实，本工程位于布拖乐安市级自然保护区西侧，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距该保护区边界最近距离约 4.10km，线路建设不会对其产生影响。

4.7.2 布拖县龙潭镇集中式饮用水源地

（1）地理位置及范围

根据凉山彝族自治州人民政府《关于撤销、调整、划定乡镇集中式饮用水源保护区的批复》（凉府函〔2019〕23 号），同意布拖县龙潭镇集中式饮用水源地划定方案，将水源保护区划分为一级保护区、二级保护区。

布拖县龙潭镇集中式饮用水源地类型为地下水型，位于布拖县龙潭镇岩日村 3 组石膏湾子。各保护区位置如下：

- 1) 取水口：东经 102°49'20.57"，北纬：27°23'59.86"；
- 2) 一级保护区：以取水口为中心，34m 为半径的圆形区域，面积为 0.0035km²；
- 3) 二级保护区：以取水口为中心，340m 为半径的圆形区域（一级保护区范围除外），面积为 0.3475km²。

（2）与本工程相对位置关系

根据上述水源地划定方案，本工程不涉及布拖县龙潭镇集中式饮用水源地保护区范围，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距该水源地边界最近距离约 1.25km。

4.7.3 宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水水源地

(1) 地理位置及范围

根据凉山彝族自治州人民政府《关于撤销、调整、划定乡镇集中式饮用水源保护区的批复》（凉府函〔2019〕23号），同意宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水水源地划定方案，将水源保护区划分为一级保护区、二级保护区。

宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水水源地类型为地下水型，位于宁南县白鹤滩镇和平村。各保护区位置如下：

- 1) 取水口：东经 102°51'51.26"，北纬：27°11'05.71"；
- 2) 一级保护区：以取水口为中心，80m 为半径的圆形区域，面积为 0.0284km²；
- 3) 二级保护区：以取水口为中心，800m 为半径的圆形区域（一级保护区范围除外），面积为 2.6976km²。

(2) 与本工程相对位置关系

根据上述水源地划定方案，本工程不涉及宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水水源地保护区范围，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路南侧距该水源地边界最近距离约 1.97km。

4.8 电磁环境

4.8.1 现状监测

2019 年 12 月，四川鑫硕环境检测有限公司对白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程拟建 500kV 线路所经过地区的电磁环境现状进行了监测，监测内容包括工频电场强度、工频磁感应强度。

4.8.2 监测点布置及合理性分析

本工程输电线路选线时已尽可能避开了居民集中区，沿线敏感目标多位于山地地区。根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2014）要求，本工程对输电线路评价范围内具有代表性的敏感目标和典型线位的电磁环境现状应实测，因此本次监测布点在线路沿线居民敏感目标处及与其他交流线路交叉跨越点处，共布设了 11 个监测点。

(1) 本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路评价范围内共有 19 处电磁环境敏感目标；布拖换流站外新建搭接线路无电磁环境敏感目标。线路沿线电磁环境现状差别不大，布点时尽量考虑经过不同行政乡镇均匀布点，每个乡镇的居民敏感目标至少有一个监测点位；重点考虑对电磁环境、声环境影响

相对敏感、距线路相对较近的敏感目标布设点位；监测点位尽可能沿线路相对均匀分布，以便使监测结果能够全面地反映工程区域的环境质量现状。因此本次监测在白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路沿线不同行政乡镇、村落代表性敏感目标处共布设了 8 个监测点，分别为宁南县跑马镇菲地村 6 组、布拖县合并乡合并村 4 组、布拖县龙潭镇红旗村 9 组、布拖县包谷坪乡洛觉村 2 组、布拖县美撒乡俄觉村 2 组、布拖县觉撒乡马依包村 1 组、布拖县拖觉镇老鸠规村 2 组、布拖县特木里镇先锋村 5 组，详见表 2-8。已布点监测的上述宁南县跑马镇菲地村 6 组等 8 个敏感目标，与未进行布点监测的宁南县跑马镇新田村 4 组等 11 个敏感目标属于同一行政乡镇，居民房屋结构类似，区域环境特征相似，且各敏感目标处均无其他现有电磁干扰源，电磁环境背景相似。因此，本次布设的监测点位具有代表性，其背景监测数据能反映线路沿线区域的电磁环境现状。

(2) 本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路跨越已建交流线路共 3 次，其中双回线路跨越 110kV 牛螺 1 回线 1 次、双回线路跨越 110kV 牛螺 2 回线 1 次、单回线路跨越 110kV 龙拖线 1 次。

本次监测在本工程双回线路跨越 110kV 牛螺 1 回线跨越点处（被跨越线路单回架设、水平排列，被跨越处导线对地高度 18m）、双回线路跨越 110kV 牛螺 2 回线跨越点处（被跨越线路单回架设、三角排列，被跨越处上导线对地高度 24m）、单回线路跨越 110kV 龙拖线跨越点处（被跨越线路单回架设、三角排列，被跨越处上导线对地高度 29m）各布设了 1 个监测点。根据输电线路电磁环境理论，输电线路导线对地高度较低时产生的电磁环境影响较大，故本次布设的 3 个交叉跨越点的监测数据能反映区域及与本线路交叉的既有线路处的环境现状。监测期间，被跨越的交流线路均处于正常带电运行状态。

具体监测点位详见附图 2、表 4-5。

表 4-5 本工程 500kV 输电线路现状监测布点一览表

编号	点位位置	备注
白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路		
1	宁南县跑马镇菲地村 6 组	不同行政（乡/镇）代表性保护目标监测点位
2	布拖县合并乡合并村 4 组	
3	双回线路跨越 110kV 牛螺 2 回线跨越点	被跨越处导线单回架设、三角排列，线高 24m
4	布拖县龙潭镇红旗村 9 组	不同行政（乡/镇）代表性保护目标监测点位
5	布拖县包谷坪乡洛觉村 2 组	
6	布拖县美撒乡俄觉村 2 组	
7	布拖县觉撒乡马依包村 1 组	
8	单回线路跨越 110kV 龙拖线跨越点	被跨越处导线单回架设、三角排列，线高 29m
9	双回线路跨越 110kV 牛螺 1 回线跨越点	被跨越处导线单回架设、水平排列，线高 18m
10	布拖县拖觉镇老鸪规村 2 组	不同行政（乡/镇）代表性保护目标监测点位
11	布拖县特木里镇先锋村 5 组	

4.8.3 监测方法及监测仪器

4.8.3.1 监测方法

《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）；

《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》HJ681—2013。

4.8.3.2 监测仪器

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程电磁环境现状监测使用仪器见表 4-6。

表 4-6 监测仪器一览表

项目	使用仪器及编号	测定范围	检定有效期	检定证书号	检定单位
工频电场 工频磁场	工频电磁场综合测试仪 KH5931 XS090	电场 0.5V/m~ 100kV/m 磁场 1.5nT~ 3mT	2019.04.19- 2020.04.18	校准字第 201904004907 号 校准字第 201904009065 号	中国测试 技术研 究院

工程环境现状监测单位四川鑫硕环境检测有限公司通过了资质认证和计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

（1）人员管理

所有监测人员均持证上岗。

（2）仪器设备管理

- 1) 管理与标准化；
- 2) 计量器具的标准化；
- 3) 计量器具、仪器设备的检定。

（3）记录与报告

- 1) 数据记录制度；

2) 报告质量控制。

本工程环境现状监测使用仪器都是经过计量检定部门检定的、在计量有效期内的监测仪器。

4.8.4 监测频次

各监测点位监测一次。

4.8.5 监测点自然环境条件

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程环境现状监测时间为 2019 年 12 月 06~09 日, 监测期间环境温度: 6.3~23.1℃, 环境湿度: 34.9~52.4%, 风速: 0.2~1.8m/s, 天气情况: 晴。测试点已避开较高的建筑物、树木, 测量地点相对空旷, 测量高度为距地面 1.5m。

4.8.6 监测期间运行工况

监测期间, 与本工程线路交叉跨越的 110kV 牛螺 1 回、110kV 牛螺 2 回、110kV 龙拖线均处于正常带电运行状态, 运行工况见表 4-7。

表 4-7 监测期间既有线路运行工况

线路名称	运行负荷	
	电压(kV)	电流(A)
110kV 牛螺 1 回线	112.14	114.97
110kV 牛螺 2 回线	110.86	112.15
110kV 龙拖线	110.42	111.63

4.8.7 电磁环境现状监测结果与评价

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程电磁环境现状监测结果见表 4-8。

表 4-8 白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程电磁环境现状监测结果

编号	监测点位	工频电场强度(V/m)	工频磁感应强度	备注
白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路				
1	宁南县跑马镇菲地村 6 组	0.538	0.010	沿线敏感目标背景值
2	布拖县合并乡合并村 4 组	0.506	0.010	
3	双回线路跨越 110kV 牛螺 2 回线跨越点	272.9	0.280	被跨越处导线单回架设、三角排列, 线高 24m
4	布拖县龙潭镇红旗村 9 组	1.793	0.013	沿线敏感目标背景值
5	布拖县包谷坪乡洛觉村 2 组	5.516	0.009	
6	布拖县美撒乡俄觉村 2 组	4.698	0.011	
7	布拖县觉撒乡马依包村 1 组	0.709	0.010	
8	单回线路跨越 110kV 龙拖线跨越点	267.0	0.155	被跨越处导线单回架设、三角排列, 线高 29m
9	双回线路跨越 110kV 牛螺 1 回线跨越点	235.7	1.222	被跨越处导线单回架设、水平排列, 线高 18m
10	布拖县拖觉镇老鸠规村 2 组	0.546	0.010	沿线敏感目标背景值
11	布拖县特木里镇先锋村 5 组	0.515	0.011	

从表 4-7 可以看出，本工程输电线路沿线 11 个监测点位测得的工频电场强度在 0.506V/m 至 272.9V/m 之间，其中最大值出现在双回线路跨越 110kV 牛螺 2 回线跨越点处，实测值为 272.9V/m，满足工频电场强度公众暴露控制限值（4000V/m）要求；工频磁感应强度在 0.009μT 至 1.222μT 之间，其中最大值出现在双回线路跨越 110kV 牛螺 1 回线跨越点处，实测值为 1.222μT，满足工频磁感应强度公众暴露控制限值（100μT）要求。

4.9 声环境

4.9.1 现状监测

2019 年 12 月，四川鑫硕环境检测有限公司对白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程拟建 500kV 线路所经过地区的声环境现状进行了监测，监测内容为噪声。声环境现状监测点位、布点原则同电磁环境现状监测。

4.9.2 监测方法及监测仪器

4.9.2.1 监测方法

《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008；

《声环境质量标准》GB3096-2008。

4.9.2.2 监测仪器

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程声环境现状监测使用仪器见表 4-9。

表 4-9 监测仪器一览表

项目	使用仪器及编号	检定有效期	检定证书号	检定单位
环境噪声	多功能声级计 AWA6228 XS062	2019.07.12~ 2020.07.11	JE19J-LA4458 号	北京市 计量院

本工程环境现状监测使用仪器都是经过计量检定部门检定的、在计量有效期内的监测仪器。

4.9.3 监测频次

各监测点各测一天，每天监测 2 次（昼间 1 次，夜间 1 次）。

4.9.4 监测点自然环境条件

本项目监测期间自然环境条件同电磁环境状况监测期间自然条件。

4.9.5 监测期间运行工况

监测期间，与本工程线路交叉跨越的 110kV 牛螺 1 回、110kV 牛螺 2 回、110kV 龙拖线均处于正常带电运行状态，运行工况见表 4-7。

4.9.6 声环境现状监测结果与评价

表 4-10 白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程声环境现状监测结果

编号	监测点位	测量值 dB（A）		执行标准	备注
		昼间	夜间		
白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路					
1	宁南县跑马镇菲地村 6 组	39	33	《声环境质量标准》2类	沿线敏感目标背景值
2	布拖县合并乡合并村 4 组	36	31		被跨越处导线单回架设、三角排列，线高24m
3	双回线路跨越 110kV 牛螺 2 回线跨越点	37	33		沿线敏感目标背景值
4	布拖县龙潭镇红旗村 9 组	45	33		
5	布拖县包谷坪乡洛觉村 2 组	41	33		
6	布拖县美撒乡俄觉村 2 组	43	36		
7	布拖县觉撒乡马依包村 1 组	36	31		被跨越处导线单回架设、三角排列，线高29m
8	单回线路跨越 110kV 龙拖线跨越点	39	30		被跨越处导线单回架设、水平排列，线高18m
9	双回线路跨越 110kV 牛螺 1 回线跨越点	38	32		沿线敏感目标背景值
1	布拖县拖觉镇老鸠规村 2 组	32	30		
1	布拖县特木里镇先锋村 5 组	34	30		

从表 4-10 可以看出, 本工程输电线路沿线 11 个监测点位测得的昼间噪声值在 32dB(A) 至 45dB(A) 之间, 最大昼间等效 A 声级出现在布拖县龙潭镇红旗村 9 组, 实测值为 45dB(A); 夜间噪声值在 30dB(A) 至 36dB(A) 之间, 最大夜间等效 A 声级出现在布拖县美撒乡俄觉村 2 组, 实测值为 36dB(A)。输电线路沿线各测点噪声昼、夜间均满足《声环境质量标准》(GB 3096—2008) 2 类标准限制 (昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)) 要求。

5 施工期环境影响预测与评价

输电线路施工的主要内容为塔基施工、塔体安装及挂线。线路施工时对大气环境、水环境、声环境以及生态等都有不同程度的影响，但主要体现在生态方面。

5.1 施工扬尘分析

本工程施工对大气环境的影响主要为施工扬尘，主要来源于线路塔基基础开挖和临时堆土，在短期内将使施工区域局部空气中的 TSP 增加。线路工程施工集中在塔基处，施工位置分散、各施工位置产生扬尘量很小。

施工过程中，建设单位及施工单位建立施工环境保护管理工作责任制，落实施工环境管理责任人，加强施工扬尘防治监管，积极配合上级环境主管部门的监测和监管工作。

采取以上施工扬尘防治措施后，本工程施工期不会对区域大气环境产生明显影响。

5.2 污水排放分析

（1）施工期水环境影响分析

输电线路的施工具有局地占地面积小、跨距长、点分散等特点，每个施工点的施工人员不多，废污水产生量很少。对施工过程中产生的少量生产废水，在施工场地附近设置沉淀池，生产废水经沉淀处理后用于浇洒路面降尘。施工人员就近租用沿线民房，生活污水排入居民点化粪池进行处理后用作农肥，不外排。因此，施工期废污水不会对地表水环境造成影响。

本工程输电线路跨越交际河、依补河，跨越点处河流水面均较窄，宽度在 30~80m 之间。本工程输电线路利用两岸地形采用一档跨越，不在水中立塔，也不在水中进行施工活动，不向河流排入施工废水，不会影响跨越河流水质。本环评要求在线路跨越河流施工时采取如下措施：

- （1）施工场地要尽量远离交际河、依补河等水体，并划定明确的施工范围，不得随意扩大；
- （2）施工临时堆土点应远离跨越的水体；
- （3）基础钻孔或挖孔的渣不能随意堆弃，应运到指定地点堆放；
- （4）合理安排工期，抓紧时间完成施工内容，避免雨季施工；
- （5）河流两岸的塔基尽量利用地形采用全方位高低腿设计，塔基周围修筑

护坡、排水沟等工程措施。

(2) 在饮用水源保护区附近施工时水环境影响分析

本工程选线时已避让了沿线的布拖县龙潭镇集中式饮用水源地、布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水源地、宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水源地等，但施工中产生的施工废水和生活污水可能会污染输电线路附近的水源保护区，本环评要求线路工程在饮用水源保护区附近施工时采取如下措施：

1) 施工生活污水排入附近居民点化粪池进行处理后用作农肥，不产生在施工现场；

2) 施工场地附近设置废水沉淀池，将施工废水沉淀后用于浇洒路面降尘，不外排；

3) 施工区域和饮用水源保护区之间设置临时围挡，避免废水、废渣进入保护区。

5.3 固体废物影响分析

在布拖换流站一期工程建成投运前的过渡期，本工程将白鹤滩左岸 1、2 回 500kV 线路在布拖换流站外临时搭接月城～布拖换流站一期 2 回 500kV 线路，新建搭接线路长约 $2 \times 0.5\text{km}$ ，需新建铁塔 1 基。过渡期结束后需拆除该段搭接线路段的导地线和铁塔，拆旧的导地线、金具、绝缘子等材料将统一由国网四川省电力公司进行回收处置，因此搭接线路段拆除施工不产生固体废弃物。

本工程施工期产生的固体废物主要是施工人员的生活垃圾。生活垃圾主要产生在租住房屋处，利用租住房屋既有设施收集后转运至附近垃圾处理站，交由当地环卫部门处理，对环境不会产生新的影响。

为避免施工及生活垃圾对环境造成影响，在工程施工现场应作好施工机构及施工人员的环保培训；明确要求施工过程中产生的生活垃圾、拆除建筑垃圾分开收集，严禁混堆；生活垃圾应采用垃圾桶收集，集中收集后运至当地垃圾转运站；建筑垃圾应及时清运出施工场地；委托专门的垃圾清运单位，落实环保责任；严禁施工单位将生活垃圾、建筑垃圾作为农田区土方回填，使工程建设产生的垃圾处于可控状态。

布拖换流站外搭接线路在过渡期结束后需拆除该段搭接线路段的导地线和

铁塔，拆旧的导地线、金具、绝缘子等材料将统一由国网四川省电力公司进行回收处置，搭接线路段拆除施工不产生固体废弃物。

本工程输电线路拆迁范围内，居民房屋拆迁的建筑物料考虑综合利用，如废弃的砖块、预制板等可由当地村民回收利用，废渣可用于当地村民修路等。

5.4 声环境影响分析

在输电线路施工期的场地平整、挖填土方、钢结构及设备安装等几个阶段中，主要噪声源有混凝土搅拌机、电锯及交通运输噪声等，这些施工机具运行时会产生较高的噪声。此外，在架线施工过程中，各牵张场内的牵张机、绞磨机等设备也产生一定的机械噪声，其声级值一般小于 70dB(A)，但牵张场一般距居民点较远。根据输电线路塔基施工特点，各施工点施工量小，施工时间短，单塔累计施工时间一般在 2 个月以内，不会对周围环境敏感点产生明显影响。施工结束，施工噪声影响亦会结束。

本环评依法限制夜间施工，如因工艺特殊要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，取得县级以上人民政府或者其有关主管部门的证明，并公告附近居民，同时在夜间施工时禁止使用产生较大噪声的机械设备如推土机、挖土机等。在采取以上噪声污染防治措施后，施工噪声对外环境的影响将被减至最小程度。

5.5 生态环境影响

5.5.1 水土流失影响

1) 水土流失影响分析

本工程对生态环境的影响主要是新建线路施工活动造成的地面扰动和植被破坏所引起的水土流失影响。

2) 水土流失影响因素

本工程输电线路塔基开挖、清理、平整等施工过程中将会对植被、原地表土壤结构造成不同程度的扰动和破坏，致使土层裸露，受降水及径流冲刷，容易造成新增水土流失；人抬道路在路面平整时会产生少量土石方挖填，引起水土流失；牵张场施工等活动对地表的开挖、扰动和再塑，使表层植被受到破坏，失去固土保水的能力，造成新增水土流失；剥离表土的临时堆放，新的松散堆放体表层抗冲蚀能力弱，容易引起冲刷而造成水土流失。

5.5.2 对植被的影响

本工程永久占地和临时占地均会对当地植被造成一定的破坏。永久占地将会改变原有地貌，扰动破坏部分区域植被生境。由于本工程线路施工点位于塔基处，施工点分散，不会破坏大面积植被，不会对当地生态系统产生切割影响。

本工程区域植被以林地、草地植被为主，主要为低山常绿叶林和低山、丘陵亚热带竹林，代表性物种为云南松林、高山栲林、黄青冈林、多变石栎林等亚热带常绿针叶林、阔叶林，以及地盘松灌丛、杜鹃灌丛、扭黄茅草丛、白茅草丛等灌草植被。项目永久占地不会改变整个区域的生态稳定性；临时占地区域在一定程度上会对区域植被产生影响，但临时占地时间短，施工结束后采取植被恢复措施，能减少影响程度。本工程施工过程中对区域主要植被的影响如下：

1) 对林地植被的影响

工程所经区域施工主要内容为临时道路修建、塔基施工、塔体安装和挂线。

输电线路工程除各塔基长期占用土地以外，施工期仍需临时占用部分土地，会造成部分林地、草地植被的破坏，尤其是塔基施工和道路施工对植被的砍伐和破坏。本工程输电线路新建铁塔 486 基，塔基永久占地面积 17.76hm^2 。此外，工程在施工过程中塔基临时施工场地、人抬道路、牵张场等临时占地 39.42hm^2 ，会造成一定程度植被破坏、或被临时占压和干扰。线路在通过林区时不砍伐运行通道，而以高塔跨越，砍伐树木主要位于塔基及其附近。本工程线路在工程上采取了绕行、加高塔身等措施，尽量减少对树木的砍伐。在临时占地区，工程完建后将植树种草，在一定程度上可减轻线路建设对植被资源的影响。

2) 对草地植被的影响

工程沿线还分布有一定的灌丛、草丛，但沿线降水较少，受人类活动影响，草地植被发育较差，生物量和生产力都较低。本工程塔基永久占地和施工临时占地会占用部分草地，永久占地将改变土地性质，临时占地在施工结束后将恢复其原有土地性质。本工程塔基永久占地面积较小，占地区域草丛植被均在当地广泛分布，且施工结束后，塔基下方的草丛植被在人工恢复和自然恢复下能得到一定程度的恢复，因此，项目建设对灌丛、草甸植被的影响比较轻微。

3) 对栽培植被的影响

本工程线路所经区域为山地地貌，为农村环境，栽培植被主要为作物和经济林木，但本项目塔基占用耕地面积较小且分散，对栽培植被的破坏范围和程度有

限。施工结束后对临时占用的耕地进行复耕，不会永久改变临时占地内耕地土地利用性质；人抬道路和牵张场也尽可能避让耕地设置，降低对作物、经济林木的破坏；同时玉米、小麦等农作物和核桃、花椒、烟叶等经济林木均在当地广泛分布，因此，本项目建设不会对当地作物和经济林木面积和产量造成明显影响，对栽培植被影响小。

5.5.3 对动物的影响

根据现场踏勘，本工程生态调查范围内未发现珍稀濒危及国家重点保护野生动物。工程区域野生动物主要是适合栖息于林地、草地的兽类、鸟类、两栖类、爬行类，其中兽类有黄鼬、大林姬鼠、大耳姬鼠等，偶有野猪可能到此区域觅食；鸟类在金沙江干流两岸常见有大嘴乌鸦、山斑鸠、烟腹毛脚燕等，在阶地农田区以大杜鹃、白腰雨燕、大斑啄木鸟、小云雀等森林灌丛鸟类为主；在金沙江干流的支沟和阶地农田区内溪沟、水塘或旁边分布有圆疣蟾蜍等两栖类；爬行类主要为阶地农田类群（如草绿攀蜥）和高山森林-灌丛-草地类群（如双斑锦蛇）。人工饲养动物主要有鸡、鸭、狗、猪等家禽家畜。本工程对野生动物的主要影响如下：

（1）兽类

施工人员的施工活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏，主要表现在：

- 1) 塔基区域的施工和放线施工，以及临时性施工道路等；
- 2) 施工人员的生活活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏；
- 3) 施工机械噪声对兽类栖息地声环境的破坏和机械噪声对兽类的驱赶。

上述对兽类的主要影响，其结果将使得部分兽类迁移它处，远离施工区范围；小部分小型兽类的数量可能由于栖息地的散失而减少，总的结果是项目区范围内兽类的种类和数量将减少。但由于兽类会通过迁移来避免项目施工对其造成伤害，所以项目施工对兽类总的直接影响很小。

（2）鸟类

线路工程施工对附近鸟类的影响主要表现在以下四个方面：

- 1) 施工活动对鸟类栖息地生境的干扰和破坏，主要表现在铁塔施工和施工便道有可能破坏其生境，干扰林栖和灌丛栖息鸟类的小生境；
- 2) 施工人员的生活活动对鸟类栖息地生境的干扰和破坏；
- 3) 施工机械噪声对鸟类的惊吓和驱赶；

4) 施工中砍伐部分林木对鸟类巢穴的破坏。

上述 4 项对鸟类的主要影响，其结果将使得部分鸟类迁移它处，远离施工区范围；一部分鸟类的种群数量可能由于巢穴被破坏而减少，总的结果是项目区范围内鸟类的数量将减少。但由于塔基施工点分散，各塔基点占地面积小，施工结束后对临时占地采取植被恢复等措施能逐步恢复原土地利用功能，不会对鸟类生境产生明显影响。线路工程施工不采用大型机械，施工噪声影响不大，且大多数鸟类具有较强的迁移能力和躲避干扰的能力，会通过飞翔、短距离的迁移来避免项目施工对其造成伤害，因此本工程建设对鸟类没有明显影响。

(3) 爬行类：本工程施工期对爬行类的影响主要是施工活动将侵占少量评价区植被，给爬行类动物的生境带来干扰；以及施工机械噪声对两栖和爬行类的惊吓和驱赶。本工程评价区爬行类种群数量很小且个体活动隐蔽，对人类活动干扰有一定适应能力，在加强施工人员的管理、杜绝捕猎蛇类的行为前提下，本工程建设不会使爬行类种群数量变化明显改变。

(4) 两栖和爬行类：本工程施工期对两栖类最大的影响是施工可能对水环境造成的污染。本工程线路塔基均不涉及水域环境，对所跨越水体采用一档跨越，不在水中立塔，在水中也不进行施工活动。通过加强施工期管理，规范施工人员活动行为，工程施工对两栖类生长和繁殖不会产生影响，不会导致评价区两栖物种种群数量发生大的波动。对爬行类的影响主要是施工活动将侵占少量评价区植被，给爬行类动物的生境带来干扰；以及施工机械噪声对两栖和爬行类的惊吓和驱赶。本工程评价区爬行类种群数量很小且个体活动隐蔽，对人类活动干扰有一定适应能力，在加强施工人员的管理、杜绝捕猎蛇类的行为前提下，本工程建设不会使爬行类种群数量变化明显改变。

综上所述，本工程施工期短，影响范围小，工程施工不会造成野生动物种类和数量的下降，对当地野生动物的影响很小。随着施工期活动的结束，对动物的影响也随之消失。

6 运行期环境影响预测与评价

6.1 电磁环境影响预测与评价

本工程输电线路电磁环境影响预测采用类比分析和理论预测方法。

6.1.1 理论预测模式

根据导线排列方式、导线对地距离、线间距、导线结构和运行工况，本工程输电线路的工频电场、工频磁场预测采用《环境影响评价技术导则输变电工程》（HJ24-2014）附录 C 和 D 中的计算方法。

（1）工频电场预测模型

高压送电线上的等效电荷是线电荷，由于高压送电线半径 r ，远小于架设高度 h ，所以等效电荷的位置可以认为是在送电导线的几何中心。

送电线路为无限长且平行于地面，地面可视为良导体，利用镜像法计算送电线上的等效电荷。为计算多导线线路中导线上的等效电荷，可写出下列矩阵方程：

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \cdots & \lambda_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix}, \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： U_i ——各导线对地电压的单列矩阵；

Q_i ——各导线上等效电荷的单列矩阵；

λ_{ij} ——各导线的电位系数组成的 n 阶方阵（ n 为导线数目）。

$[U]$ 矩阵可由送电线的电压和相位确定，从环境保护考虑以额定电压的 1.05 倍作为计算电压。

$[\lambda]$ 矩阵由镜像原理求得。地面为电位等于零的平面，地面的感应电荷可由对应地面导线的镜像电荷代替，用 i, j ，表示相互平行的实际导线，用 i', j' ，表示它们的镜像，电位系数可写为：

$$\lambda_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{R_i} \quad (2)$$

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L'_{ij}}{L_{ij}} \quad (3)$$

$$\lambda_{ij} = \lambda_{ji} \quad (4)$$

式中： ε_0 ——空气介电常数； $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} F/m$ ；

R_i ——送电导线半径，对于分裂导线可用等效单根导线半径带入， R_i 得计算式为：

$$R_i = R \sqrt[n]{\frac{nr}{R}} \quad (5)$$

式中： R ——分裂导线半径；

n ——次导线根数；

r ——次导线半径。

由 $[U]$ 矩阵和 $[\lambda]$ 矩阵，利用式 (1) 即可解除 $[Q]$ 矩阵。

对于三相交流线路，由于电压为时间向量，计算各相导线的电压时要用复数表示：

$$\overline{U}_i = U_{iR} + jU_{iI} \quad (6)$$

相应地电荷也是复数：

$$\overline{Q}_i = Q_{iR} + jQ_{iI} \quad (7)$$

式①矩阵关系即分别表示了复数量的实数和虚数两部分：

$$[U_R] = [\lambda][Q_R] \quad (8)$$

$$[U_I] = [\lambda][Q_I] \quad (9)$$

根据叠加原理可求出送电线下空间任一点 (x, y) 的电场强度分量 E_x 和 E_y 。即：

$$E_x = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left(\frac{x-x_i}{L_i^2} - \frac{x-x_i}{(L'_i)^2} \right) \quad (10)$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left(\frac{y-y_i}{L_i^2} - \frac{y+y_i}{(L'_i)^2} \right) \quad (11)$$

式中： x_i, y_i ——导线 i 的坐标 ($i=1, 2, \dots, m$)；

m ——导线数量；

L_i, L'_i ——分别为导线 i 及其镜像至计算点的距离。

对于三相交流线路，可根据式 8、式 9 求得的电荷计算空间任一点电场强度的水平和垂直分量为：

$$\begin{aligned} \overline{E}_x &= \sum_{i=1}^m E_{ixR} + j \sum_{i=1}^m E_{ixI} \\ &= E_{xR} + jE_{xI} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned}\overline{E}_y &= \sum_{i=1}^m E_{iyR} + j \sum_{i=1}^m E_{iyI} \\ &= E_{yR} + jE_{yI}\end{aligned}\quad (13)$$

式中：ExR——由各导线的实部电荷在该点产生场强的水平分量；

ExI——由各导线的虚部电荷在该点产生场强的水平分量；

EyR——由各导线的实部电荷在该点产生场强的垂直分量；

EyI——由各导线的虚部电荷在该点产生场强的垂直分量；

该点的合成场强为：

$$\overline{E} = (E_{xR} + jE_{xI})\overline{x} + (E_{yR} + jE_{yI})\overline{y} = \overline{E}_x + \overline{E}_y \quad (14)$$

$$\text{式中： } E_x = \sqrt{E_{xR}^2 + E_{xI}^2} \quad (15)$$

$$E_y = \sqrt{E_{yR}^2 + E_{yI}^2} \quad (16)$$

(2) 工频磁场预测模型

由于工频情况下电磁性能具有准静态特性，输电线路的磁场仅由电流产生。应用安培定律，将计算结果按矢量叠加，可得出导线周围的磁场强度。

在本评价中忽略导线的镜像来计算送电线路下的工频磁场强度 H。

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2 + L^2}} \quad (17)$$

式中：I——导线 i 中的电流值，A；

h——导线对地高度，m；

L——导线对地投影离计算点的水平距离，m。

H——为计算点处磁场强度合成总量磁场强度，A/m。

$$B = \mu_0 H \quad (18)$$

式中：B——磁感应强度，T；

μ_0 ——常数，真空中磁导率（ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ）。

由于相位不同形成的磁场强度水平和垂直分量都必须分别考虑电流间的相角，按相位矢量来合成即可得到三相导线任一点的磁场强度。

6.1.2 类比分析

6.1.2.1 类比线路选择

(1) 500kV 单回线路

根据国内众多对已运行高压输电线路的监测结果，无论架线型式、导线排列及导线对

地最低高度如何，线路产生的电磁环境影响均呈现一定的规律分布。

本次评价将分析已运行 500kV 线路线下断面电磁环境监测数据的分布规律，并对同等参数条件下线路产生的电磁环境进行理论计算，经过对监测结果与理论计算值分析比较，从而佐证本次评价中选用的理论计算模式的可行性和合理性。

本工程单回线路分为水平排列和三角排列。因此，分别选取四川地区已投运的 500kV 谭龙一线、500kV 蜀山一线作为本工程线路单回段类比线路。

本次类比引用 2009 年《成都市城市发展远景电力设施规划环境监测报告》（报告编号：SDY/131/BG/002-2008），四川省电力环境监测研究中心站对已运行的 500kV 谭龙一线 120#~121#塔间、500kV 蜀山一线 6#~7#塔间进行了监测，本工程拟建单回线路类比分析利用其监测断面的工频电场强度和工频磁感应强度的监测资料。

（2）500kV 双回线路

本工程双回线路类比分析选取四川地区已投运的 500kV 雅安~尖山双回线路作为本工程双回段类比线路。

根据 2015 年《四川新津 500kV 输变电工程环境监测报告》（报告编号：CHDS 字[2015]第 0075 号），四川省创晖德盛环境检测有限公司对已运行的 500kV 雅安~尖山双回线路 237#~238#塔间进行了监测，本工程双回线路类比分析利用其监测断面的工频电场强度和工频磁感应强度的监测资料。

6.1.2.2 监测布点

工频电场强度和工频磁感应强度：以档距中央导线弛垂最大处线路中心的地面投影点为测试原点，沿垂直于线路方向进行，测点间距为 5m，顺序测至 500kV 线路边向导线地面投影点外 50m 处止，分别测量离地 1.5m 处的工频电场强度和工频磁感应强度。

6.1.2.3 监测方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）（HJ 681-2013）。

6.1.2.4 监测环境

表 6-1 类比线路监测环境一览表

监测项目	500kV 谭龙一线	500kV 蜀山一线
线路电压（kV）	500	525.81
线路电流（A）	83	245.16
导线对地高度	最大弛垂导线对地高度 24m	中线 30m，边线 23m
气象条件	晴天、气温 24.1℃、湿度 52.8%、风速 1.5m/s。	晴天、气温 22.5℃、湿度 56.1%、风速 1.2m/s。

6.1.2.5 类比条件分析

本工程 500kV 输电线路与类比线路情况见下表 6-2 和 6-3。

(1) 500kV 单回线路

表 6-2 本工程单回输电线路与类比线路情况一览表

项目	本工程单回线路		类比线路	
线路名称	水平段	三角段	500kV 谭龙一线	500kV 蜀山一线
电压等级	500kV			
架线形式	单回路			
导线排列	水平排列	三角排列	水平排列	三角排列
导线相分裂	4 分裂			
相分裂间距	0.50m		0.45m	
导线高度 (m)	12	12	24	中线 30, 边线 23
导线型号	JLHA1/G1A-725/90		4×LGJ—400/35	
单根输送电流 (A)	1000	1000	83	245.16

由表 6-2 可知：①本工程单回线路与类比线路在电压等级、架线型式、导线排列方式等方面相同；②本项目单根导线的输送电流是 1000A，类比线路 500kV 谭龙一线、500kV 蜀山一线均与本项目线路的电流有一定差异，但根据电磁理论，输送电流的大小不会影响工频电场强度，只影响工频磁感应强度的大小，且不会影响其变化趋势；③类比线路导线型号、导线对地高度与本工程输电线路存在较大差异，类比监测结果不能完全反映本工程线路可能产生的最大环境影响，但完全可以反映出输电线路下工频电场强度、工频磁感应强度的分布规律。因此，采用 500kV 谭龙一线、500kV 蜀山一线作为本工程单回线路的类比线路是可行的。

(2) 500kV 双回线路

表 6-3 本工程双回输电线路与类比线路情况一览表

项目	本工程双回线路	类比线路
线路名称	同塔双回段	500kV 雅安~尖山双回线路
电压等级	500kV	
架线形式	同塔双回	
导线排列	垂直逆相序排列	
导线相分裂	4 分裂	
相分裂间距	0.50m	0.45m
导线高度	11.5m	39m
导线型号	JL/G1A—630/45	4×JL/G1A-630/45-45/7
单根输送电流 (A)	1000	雅尖一线：161.32 雅尖二线：163.91

由表 6-3 可知：①本工程双回线路与类比线路 500kV 雅安~尖山双回线路在电压等级、架线型式、导线排列方式等方面相同；②虽然两条线路送电流存在较大差异，但根据电磁理论，输送电流的大小不会影响工频电场强度，只影响工频磁感应强度的大小，且不会影响其变化趋势；③另外，两条线路导线对地高度存在较大差异，导致 500kV 雅安~尖山双回线路类比监测结果不能完全反映本工程线路可能产生的最大环境影响，但完全可以反映出输电线路下工频电场强度、工频磁感应强度的分布规律。因此，采用 500kV 雅安~尖山双回线路作为本工程双回线路的类比线路是可行的。

6.1.2.6 类比线路监测期间运行工况

类比线路监测期间运行工况见表 6-4、表 6-5 和表 6-6。

(1) 500kV 单回线路

表 6-4 500kV 谭龙一线监测期间运行工况

线路名称	导线对地高度 (m)	时间：2008.10.15			
		电压(kV)	电流(A)	有功功率 (MW)	无功功率 (MW)
500kV 谭龙一线	24	500	83	-16	-187

表 6-5 500kV 蜀山一线监测期间运行工况

线路名称	导线对地高度 (m)	时间：2008.10.15			
		电压(kV)	电流(A)	有功功率(MW)	无功功率(MW)
500kV 蜀山一线	23	525.81	245.16	-213.23	-49.96

(2) 500kV 双回线路

表 6-6 500kV 雅安~尖山一线监测期间各线路运行工况

序号	线路名称	导线对地高度 (m)	时间：2015.3.20			
			电压(kV)	电流(A)	有功功率 (MW)	无功功率 (MVar)
1	500kV 雅安~尖山一线	39	522.14	161.32	148.04	44.27
2	500kV 雅安~尖山二线		523.29	163.91	148.13	52.13

6.1.2.7 类比监测结果

(1) 500kV 单回线路

①500kV 谭龙一线监测断面（单回架设，导线水平排列）类比监测结果见表 6-7。

表 6-7 500kV 谭龙一线下方地面 1.5m 高处工频电场、工频磁场监测结果

测点编号	测点位置	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1	距线路中心 0m	916	1.503
2	距线路中心 5m	1323	1.460
3	距线路中心 10m	2061	1.358
4	距线路中心 15m	2342	1.220
5	距线路中心 20m	2656	1.032
6	距线路中心 25m	2167	0.842
7	距线路中心 30m	1937	0.649
8	距线路中心 40m	1185	0.427
9	距线路中心 50m	695	0.288
10	距线路中心 60m	363	0.192

从表 6-7 中可以看到，类比输电线路 500kV 谭龙一线工频电场强度最大值出线在距离线路中心 20m 处，该值为 2656V/m，工频磁感应强度最大值出线在线路中心处，该值为 1.503μT，满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）公众曝露控制限值（工频电场强度小于 4000V/m、工频磁感应强度小于 100μT）要求。

②500kV 蜀山一线监测断面（单回架设，导线三角排列）类比监测结果见表 6-8。

表 6-8 500kV 蜀山一线下方地面 1.5m 高处工频电场、工频磁场监测结果

测点编号	测点位置	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1	距线路中心 0m	1161	0.723
2	距线路中心 5m	1716	1.764
3	距线路中心 10m	2468	1.634
4	距线路中心 15m	2457	1.443
5	距线路中心 20m	2012	1.152
6	距线路中心 25m	1729	0.876
7	距线路中心 30m	1049	0.710
8	距线路中心 40m	885	0.491
9	距线路中心 50m	530	0.356
10	距线路中心 60m	316	0.274

从表 6-8 中可以看到，类比输电线路 500kV 蜀山一线工频电场强度最大值出线在距离线路中心 10m 处，该值为 2468V/m，工频磁感应强度最大值出线在距离线路中心 5m 处，该值为 1.764μT，满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）公众曝露控制限值（工频电场强度小于 4000V/m、工频磁感应强度小于 100μT）要求。

（2）500kV 双回线路

500kV 雅安~尖山双回线路监测断面（同塔双回架设，导线垂直逆相序排列）类比监测结果见表 6-9。

表 6-9 500kV 雅尖线下方地面 1.5m 高处工频电场、工频磁场监测结果

测点编号	测点位置	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点处 0m	1826	0.194
2	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 5m	1575	0.176
3	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 10m	1052	0.145
4	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 15m	1007	0.122
5	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 20m	846.4	0.104
6	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 25m	603.2	0.092
7	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 30m	325.5	0.084
8	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 35m	194.6	0.074
9	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 40m	109.1	0.052
10	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 45m	28.74	0.044
11	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 50m	9.461	0.038

从表 6-9 可知，类比输电线路 500kV 雅安~尖山双回线路工频电场强度最大值出线在线路中心处，该值为 1826V/m，工频磁感应强度最大值出线在线路中心处，该值为 0.194μT，满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）公众曝露控制限值（工频电场强度小于 4000V/m、工频磁感应强度小于 100μT）要求。

6.1.2.8 类比线路的理论计算与实测结果比较

本环评根据 500kV 谭龙一线（单回线路，导线水平排列）、500kV 蜀山一线（单回线

路，导线三角排列）和 500kV 雅安~尖山双回线路（双回线路，导线垂直逆相序排列）的运行参数进行电磁环境预测计算，并对工频电场强度与工频磁感应强度的类比监测值与理论预测值进行分析比较，比较结果见表 6-10 至表 6-11。类比监测断面工频电场强度、工频磁感应强度监测值与理论预测图见图 6-1 至图 6-6。

① 500kV 单回线路

表 6-10 500kV 谭龙一线理论预测与实际监测结果对比

距边导线中心地面 投影点距离（m）	工频电场强度（V/m）		工频磁感应强度（μT）	
	实际监测结果	理论预测结果	实际监测结果	理论预测结果
0	916	1497	1.503	1.689
5	1323	1979	1.460	1.715
10	2061	2861	1.358	1.737
15	2342	3363	1.22	1.711
20	2656	3242	1.032	1.617
25	2167	2741	0.842	1.479
30	1937	2161	0.649	1.332
40	1185	1656	0.427	1.075
50	695	1262	0.288	0.885
60	363	969	0.192	0.747

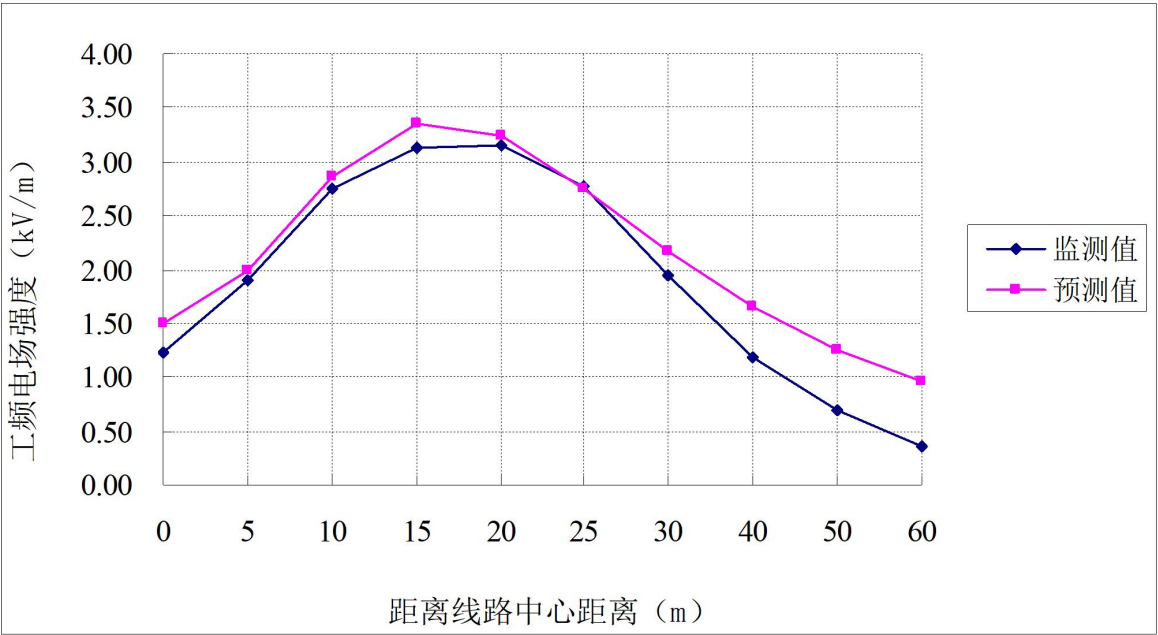


图 6-1 500kV 谭龙一线工频电场强度监测值与预测值对比图

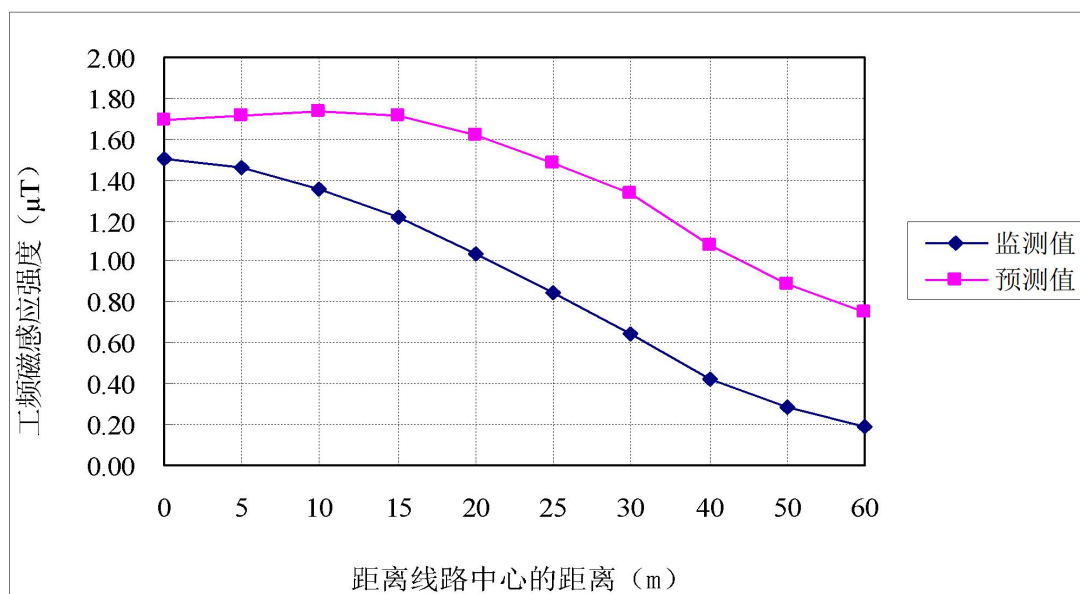


图 6-2 500kV 谭龙一线工频磁感应强度监测值与预测值对比图

由上表和图可知，500kV 单回水平排列输电线路理论预测值与实际监测值沿着衰减断面变化趋势基本一致，类比线路产生的工频电场强度与工频磁感应强度实际监测值较理论预测计算值小。因此，采用模式预测得出的工频电场强度与工频磁感应强度计算结果是可信的、且是偏保守的。所以本工程单回水平排列输电线路电磁环境影响预测评价的结果主要采用理论预测值作为评价依据。

表 6-11 500kV 蜀山一线理论预测与实际监测结果对比

距边导线中心地面投影点距离 (m)	工频电场强度 (V/m)		工频磁感应强度 (μT)	
	实际监测结果	理论预测结果	实际监测结果	理论预测结果
0	1161	1140	0.723	3.524
5	1716	1750	1.764	3.537
10	2468	2510	1.634	3.516
15	2457	2770	1.443	3.369
20	2012	2570	1.152	3.1
25	1729	2140	0.876	2.782
30	1049	1690	0.710	2.476
40	885	1010	0.491	1.979
50	530	610	0.356	1.626
60	316	390	0.274	1.373

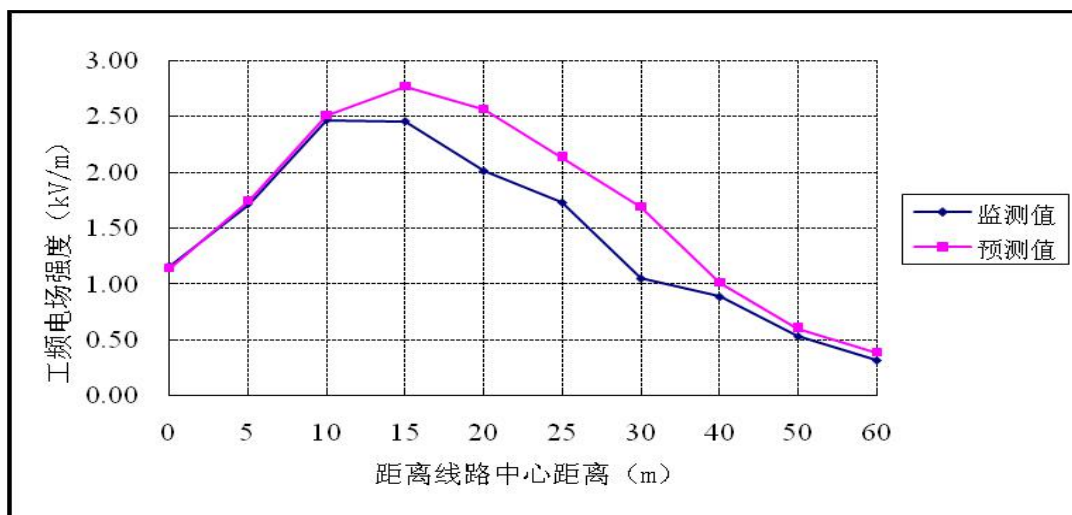


图 6-3 500kV 蜀山一线工频电场强度监测值与预测值对比图

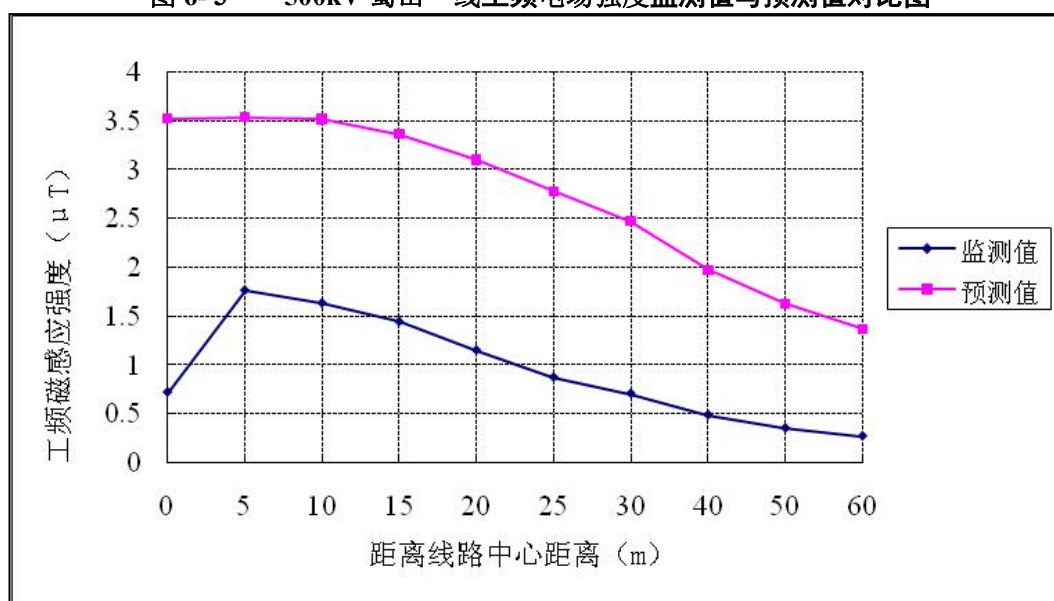


图 6-4 500kV 蜀山一线工频磁感应强度监测值与预测值对比图

由上表和图可知，500kV 单回三角排列输电线路理论预测值与实际监测值沿着衰减断面变化趋势基本一致，类比线路产生的工频电场强度与工频磁感应强度实际监测值较理论预测计算值小。因此，采用模式预测得出的工频电场强度与工频磁感应强度计算结果是可信的、且是偏保守的。所以本工程单回三角排列输电线路电磁环境影响预测评价的结果主要采用理论预测值作为评价依据。

② 500kV 双回线路

表 6-12 500kV 雅安~尖山双回线路理论预测与实际监测结果对比

距边导线中心 地面投影点距 离（m）	工频电场强度（V/m）		工频磁感应强度（μT）	
	实际监测结果	理论预测结果	实际监测结果	理论预测结果
0	1826	2206	0.194	4.01
5	1575	2036	0.176	3.94
10	1052	1927	0.145	3.83
15	1007	1422	0.122	3.7
20	846.4	943.7	0.104	3.56
25	603.2	778.5	0.092	3.4
30	325.5	640.1	0.084	3.24
35	194.6	520.7	0.074	3.08
40	109.1	345.2	0.052	2.93
45	28.74	240.5	0.044	2.78
50	9.461	103.2	0.038	2.64

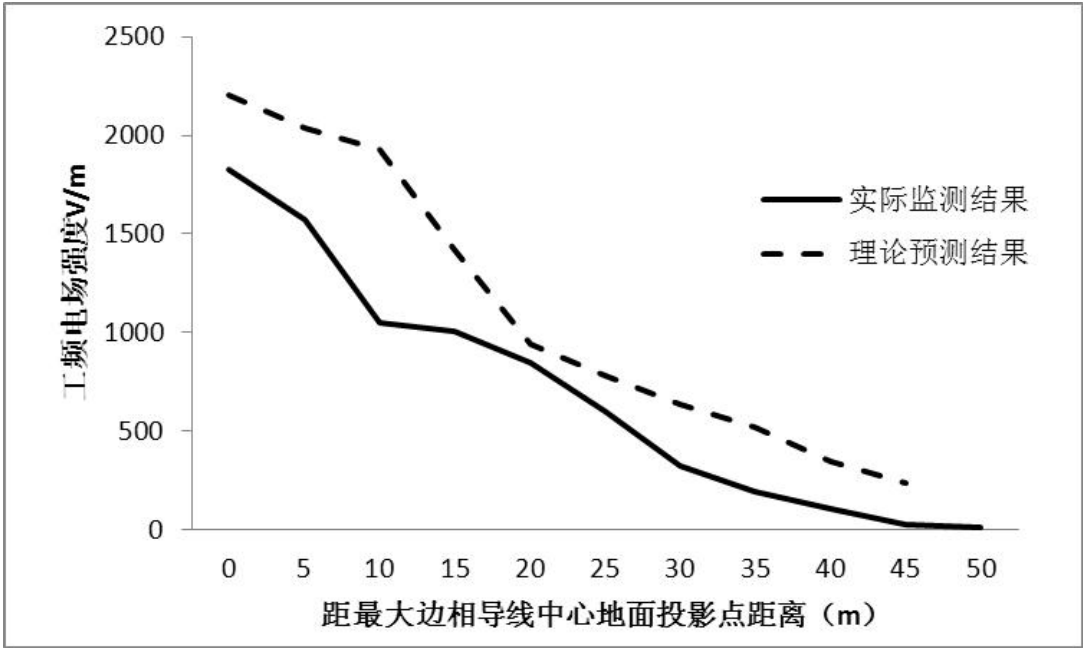


图 6-5 500kV 雅安~尖山双回线路工频电场强度监测值与预测值对比图

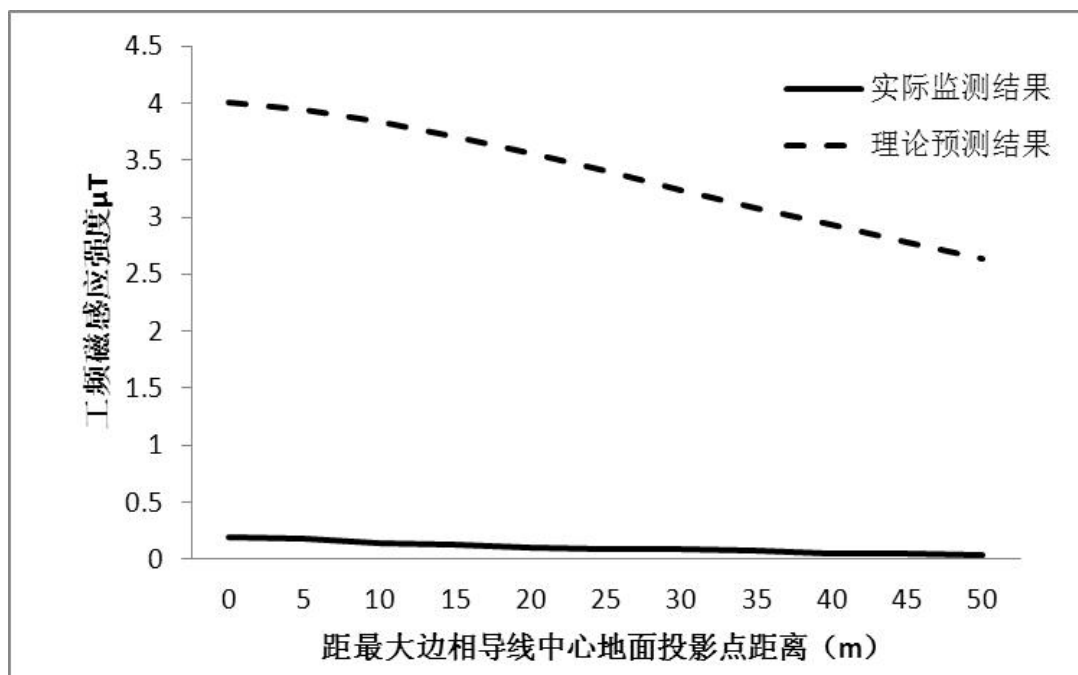


图 6-6 500kV 雅安~尖山双回线路工频磁感应强度监测值与预测值对图

由上表和图可知，500kV 同塔双回输电线路在距线路中心地面投影点 0~50m 处，理论预测值均大于实际监测值，但理论预测值与实际监测值的变化趋势基本一致，均随着距离的增加而减少，因此采用模式预测工程对线路的模式预测计算结果是可信的、且是偏保守的。所以本工程双回输电线路电磁环境影响预测评价的结果主要采用理论预测值作为评价依据。

6.1.3 理论预测

6.1.3.1 预测模型

根据理论预测模式、导线排列方式、导线对地距离、线间距、导线结构和运行工况，本工程输电线路的工频电场、工频磁场预测采用《环境影响评价技术导则输变电工程》（HJ24-2014）附录 C 和 D 中的计算方法。

本工程白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路在轻中冰区采用同塔双回逆向序排列，在重冰区采用单回水平排列、三角排列；布拖换流站外搭接线路采用同塔双回逆向序排列。双回段线路选用导线型式为 JL/G1A-630/45 型，外径 33.8mm；单回段线路选用导线型式为 JLHA1/G1A-725/90，外径 37.4mm。因此，对本工程双回线路按照 JL/G1A-630/45 型导线进行预测；对单回线路按照 JLHA1/G1A-725/90 型导线进行预测。

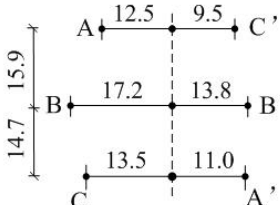
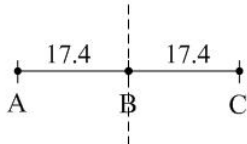
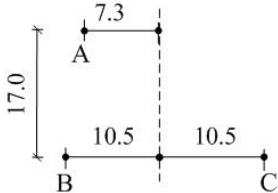
6.1.3.2 预测工况及环境条件的选取

因输电线路运行产生的工频电场、工频磁场及噪声主要由导线型式、导线对地高度、线间距离和线路运行工况（电压、电流）等因素决定，同时考虑本工程线路对沿线地面人员

和楼房上人员的影响。本工程评价范围内分布有 1 层~2 层尖顶、平顶房屋，因此本次对地面 1.5m（1 层尖顶房屋）、4.5m（1 层平顶及 2 层尖顶房屋）、7.5m（2 层平顶及 3 层尖顶房屋）的工频电场强度、工频磁感应强度进行预测。

一般说来，对于同塔双回逆相序排列线路和单回架设线路，线间距离较大的塔型下工频电场强度和工频磁感应强度较线间距离较小的塔型下略大，边导线外高场强区范围略宽。因此，本工程相同类型铁塔采用线间距离较大的塔型下的工频电磁场预测结果来反映工程最不利的环境影响。本次预测同塔双回段线路选取 SJC29154 塔进行预测，单回线路水平排列段选取 ZBB263 塔进行预测，单回线路三角排列段选取 JGB262 塔进行预测。具体预测参数详见表 6-13。

表 6- 13 本工程新建线路电磁影响预测参数一览表

线路参数		500kV 输电线路		
导线排列方式		同塔双回逆相序排列	单回水平排列	单回三角排列
导线型式		JL/G1A-630/45	JLHA1/G1A-725/90	
外径(mm)		33.8	37.4	
分裂间距(mm)		500		
预测导线最低对地距离（m）		耕作、畜牧养殖及道路等区域：11 居民区：14	耕作、畜牧养殖及道路等区域：11 居民区：14	耕作、畜牧养殖及道路等区域：10.5 居民区：14
工频电磁场	塔型	SJC29154	ZBB263	JGB262
	导线排列方式及相间距（m）			
导线电压等级（kV）		500		
单根导线电流（A）		1000		
预测高度（m）		1.5、4.5（2 层楼面）、7.5（3 层楼面）		

（1）双回线路（垂直逆相序排列）电磁环境影响预测与评价

①工频电场

本工程双回线路（垂直逆相序排列）工频电场强度预测结果见表 6-14~6-16，图 6-7~6-9。

表 6-14 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 1.5m 高处）单位：kV/m

塔型	SJC29154								
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)								
导线高度 (m)	11	11.5	14	15	16	17	18	19	20
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m 高处预测值								
0	2.63	2.62	2.46	2.38	2.29	2.19	2.09	2.00	1.90
1	2.37	2.38	2.31	2.25	2.18	2.10	2.02	1.93	1.85
2	2.47	2.47	2.37	2.30	2.22	2.13	2.04	1.96	1.87
3	2.89	2.86	2.62	2.51	2.39	2.28	2.17	2.06	1.95
4	3.54	3.45	3.01	2.84	2.67	2.52	2.37	2.23	2.10
5	4.31	4.17	3.50	3.25	3.02	2.81	2.62	2.44	2.28
6	5.16	4.96	4.03	3.70	3.41	3.14	2.90	2.68	2.49
7	6.05	5.78	4.57	4.16	3.80	3.48	3.19	2.93	2.70
8	6.95	6.60	5.10	4.62	4.19	3.81	3.47	3.18	2.91
9	7.83	7.39	5.60	5.04	4.55	4.12	3.74	3.41	3.11
10	8.63	8.10	6.04	5.41	4.86	4.39	3.97	3.61	3.29
11	9.30	8.70	6.40	5.72	5.13	4.62	4.17	3.79	3.45
12	9.80	9.15	6.68	5.95	5.33	4.79	4.33	3.92	3.57
13	10.08	9.40	6.84	6.10	5.46	4.91	4.44	4.02	3.66
14	10.13	9.45	6.90	6.16	5.52	4.97	4.49	4.08	3.71
15	9.94	9.30	6.85	6.13	5.50	4.97	4.50	4.09	3.73
16	9.54	8.96	6.69	6.01	5.42	4.91	4.46	4.07	3.72
17	8.98	8.47	6.45	5.82	5.28	4.80	4.38	4.00	3.67
18（边导线下）	8.30	7.88	6.13	5.58	5.08	4.65	4.26	3.91	3.59
19	7.56	7.22	5.77	5.28	4.85	4.45	4.10	3.78	3.49
20	6.80	6.54	5.37	4.96	4.58	4.23	3.92	3.63	3.37
21	6.07	5.87	4.95	4.61	4.29	3.99	3.72	3.46	3.23
22	5.37	5.24	4.53	4.26	3.99	3.74	3.51	3.28	3.07
23（边导线外 5m）	4.73	4.64	4.13	3.91	3.70	3.49	3.29	3.10	2.91
24	4.16	4.10	3.74	3.57	3.40	3.23	3.07	2.90	2.75
25（边导线外 7m）	3.65	3.62	3.37	3.25	3.12	2.98	2.85	2.71	2.58
26	3.20	3.19	3.04	2.95	2.85	2.74	2.64	2.52	2.41
27	2.82	2.81	2.73	2.67	2.60	2.52	2.43	2.34	2.25
28	2.48	2.49	2.45	2.41	2.36	2.30	2.24	2.17	2.09
29	2.20	2.21	2.20	2.18	2.15	2.10	2.06	2.00	1.94
30	1.96	1.97	1.98	1.97	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80
31	1.75	1.76	1.78	1.78	1.77	1.75	1.73	1.70	1.66
32	1.58	1.58	1.61	1.61	1.61	1.60	1.58	1.56	1.53
33	1.43	1.43	1.45	1.46	1.46	1.46	1.45	1.43	1.42
34	1.30	1.30	1.32	1.33	1.33	1.33	1.33	1.32	1.30
35	1.19	1.19	1.20	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.20
36	1.09	1.09	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
37	1.01	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02
38	0.94	0.93	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.94
39	0.87	0.86	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87
40	0.81	0.80	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.80	0.80
41	0.76	0.75	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74
42	0.71	0.70	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.68
43	0.67	0.66	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.63	0.63
44	0.63	0.62	0.58	0.58	0.57	0.57	0.58	0.58	0.58

塔型	SJC29154								
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)								
导线高度 (m)	11	11.5	14	15	16	17	18	19	20
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m 高处预测值								
45	0.60	0.59	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54
46	0.56	0.55	0.51	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.50
47	0.53	0.52	0.48	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47
48	0.51	0.49	0.45	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
49	0.48	0.47	0.43	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40
50	0.46	0.45	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37
51	0.43	0.42	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35
52	0.41	0.40	0.36	0.35	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33
53	0.39	0.38	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30
54	0.38	0.37	0.33	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29
55	0.36	0.35	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27
56	0.34	0.33	0.30	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25
57	0.33	0.32	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.24
58	0.32	0.31	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22
59	0.30	0.29	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.21
60	0.29	0.28	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20
61	0.28	0.27	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19
62	0.27	0.26	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18
63	0.26	0.25	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17
64	0.25	0.24	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16
65	0.24	0.24	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15
66	0.23	0.23	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15
67	0.23	0.22	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14
68 (边导线外 50m)	0.22	0.21	0.19	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13

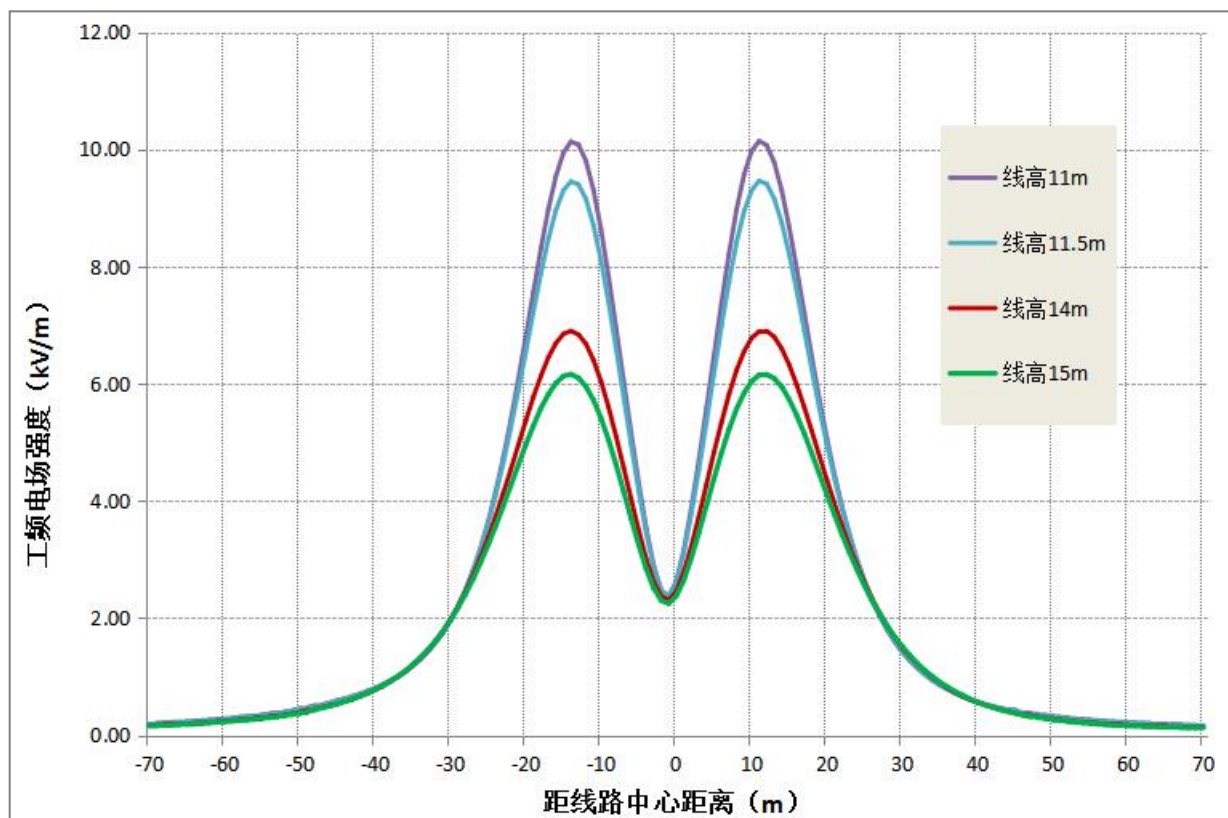


图 6-7 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频电场强度预测结果 (距地面 1.5m 高处)

表 6-15 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 4.5m 高处）单位：kV/m

塔型	SJC29154							
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)							
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21
距线路中心距离 (m)	离地 4.5m 高处预测值							
0	3.62	3.40	3.18	2.98	2.79	2.61	2.46	2.28
1	3.50	3.30	3.10	2.91	2.73	2.56	2.41	2.25
2	3.55	3.34	3.13	2.93	2.75	2.57	2.43	2.26
3	3.74	3.50	3.27	3.05	2.85	2.66	2.50	2.32
4	4.06	3.77	3.50	3.25	3.02	2.80	2.62	2.43
5	4.48	4.13	3.81	3.51	3.24	2.99	2.78	2.56
6	4.97	4.55	4.16	3.81	3.49	3.21	2.97	2.72
7	5.50	4.99	4.54	4.13	3.76	3.44	3.17	2.89
8	6.05	5.45	4.92	4.45	4.03	3.67	3.37	3.06
9	6.59	5.89	5.28	4.75	4.29	3.89	3.56	3.23
10	7.08	6.29	5.61	5.03	4.52	4.09	3.73	3.37
11	7.50	6.62	5.88	5.26	4.72	4.26	3.88	3.50
12	7.81	6.87	6.09	5.43	4.87	4.38	3.99	3.60
13	7.98	7.01	6.21	5.54	4.96	4.47	4.07	3.67
14	8.01	7.05	6.25	5.58	5.00	4.51	4.11	3.71
15	7.90	6.97	6.20	5.55	4.99	4.51	4.11	3.72
16	7.65	6.79	6.07	5.45	4.92	4.45	4.08	3.70
17	7.30	6.53	5.86	5.29	4.80	4.36	4.00	3.64
18 (边导线下)	6.86	6.19	5.60	5.09	4.63	4.23	3.90	3.56
19	6.38	5.81	5.30	4.84	4.44	4.08	3.77	3.46
20	5.87	5.40	4.97	4.57	4.22	3.89	3.62	3.33
21	5.37	4.98	4.62	4.29	3.98	3.70	3.46	3.19
22	4.87	4.56	4.27	3.99	3.73	3.49	3.28	3.04
23 (边导线外 5m)	4.40	4.16	3.93	3.70	3.48	3.27	3.09	2.89
24	3.96	3.78	3.60	3.41	3.23	3.06	2.90	2.73
25 (边导线外 7m)	3.56	3.42	3.28	3.14	2.99	2.84	2.72	2.56
26	3.19	3.10	2.99	2.87	2.76	2.64	2.53	2.40
27	2.86	2.79	2.72	2.63	2.54	2.44	2.36	2.24
28	2.57	2.52	2.46	2.40	2.33	2.25	2.18	2.09
29	2.31	2.28	2.24	2.19	2.13	2.07	2.02	1.94
30	2.07	2.05	2.03	1.99	1.95	1.91	1.87	1.80
31	1.87	1.86	1.84	1.82	1.79	1.75	1.73	1.67
32	1.68	1.68	1.67	1.66	1.64	1.61	1.59	1.55
33	1.52	1.52	1.52	1.51	1.50	1.48	1.47	1.43
34	1.38	1.38	1.38	1.38	1.37	1.36	1.35	1.32
35	1.26	1.26	1.26	1.26	1.25	1.25	1.24	1.22
36	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.13
37	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.04
38	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96
39	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89
40	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.83	0.82
41	0.76	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.76	0.76
42	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71
43	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.65
44	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
45	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56
46	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.52	0.52
47	0.50	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
48	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45
49	0.44	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	0.42	0.42

塔型	SJC29154							
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)							
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21
距线路中心距离 (m)	离地 4.5m 高处预测值							
50	0.42	0.41	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
51	0.39	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36
52	0.37	0.36	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
53	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
54	0.34	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.29
55	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28
56	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26
57	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24
58	0.28	0.27	0.25	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23
59	0.27	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.21
60	0.25	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20
61	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19
62	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18
63	0.23	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17
64	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16
65	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15
66	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15
67	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14
68 (边导线外 50m)	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13

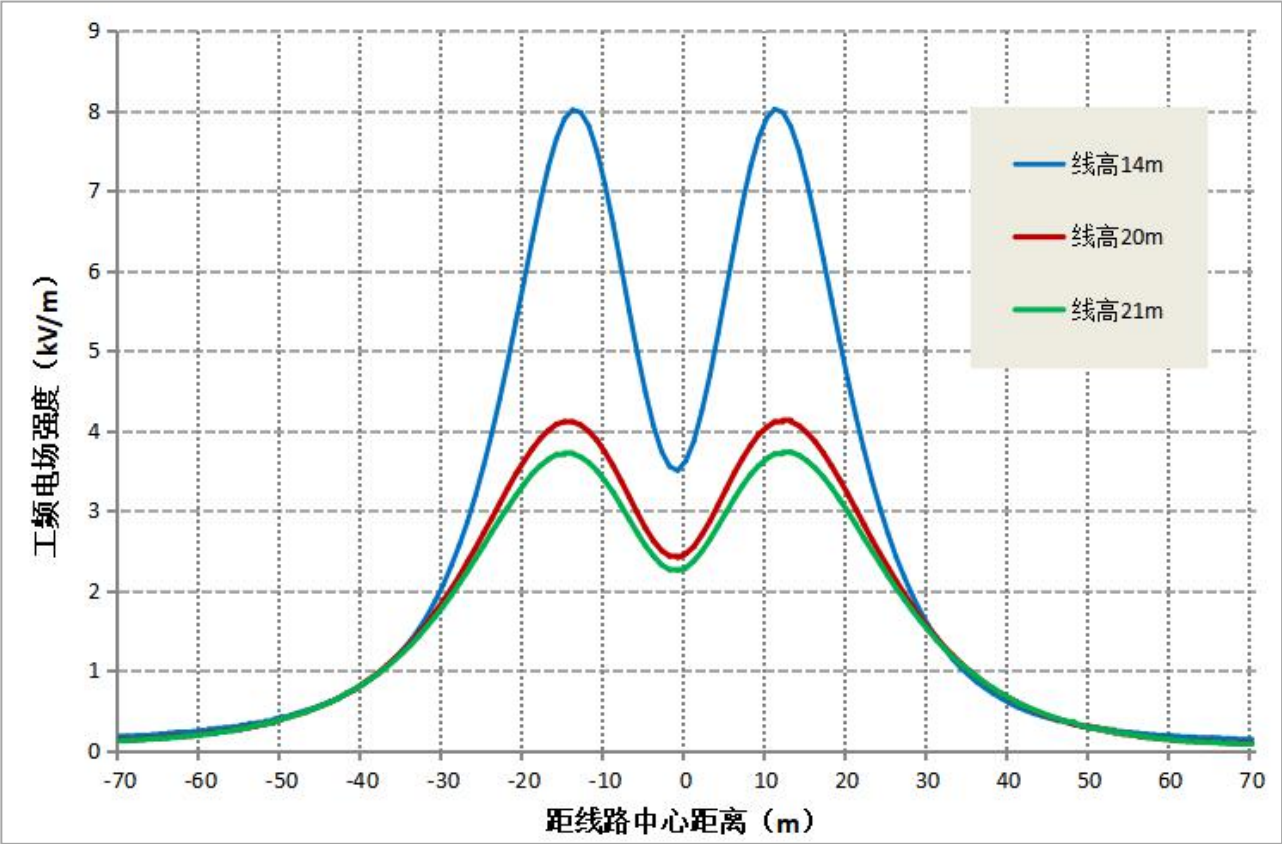


图 6-8 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 4.5m 高处）

表 6-16 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 7.5m 高处）单位：kV/m

塔型	SJC29154								
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)								
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离 (m)	离地 7.5m 高处预测值								
0	5.25	4.92	4.58	4.25	3.94	3.65	3.37	3.12	2.89
1	5.15	4.83	4.51	4.19	3.89	3.60	3.33	3.09	2.86
2	5.19	4.86	4.53	4.21	3.91	3.62	3.35	3.10	2.87
3	5.36	5.01	4.66	4.32	4.00	3.69	3.41	3.15	2.92
4	5.67	5.27	4.88	4.50	4.15	3.82	3.52	3.25	2.99
5	6.10	5.63	5.18	4.76	4.36	4.00	3.67	3.37	3.10
6	6.64	6.08	5.55	5.06	4.61	4.21	3.84	3.52	3.22
7	7.29	6.60	5.97	5.40	4.89	4.44	4.04	3.68	3.36
8	8.01	7.17	6.42	5.76	5.18	4.68	4.23	3.84	3.50
9	8.78	7.75	6.87	6.12	5.47	4.91	4.42	4.00	3.63
10	9.55	8.32	7.30	6.45	5.73	5.12	4.60	4.15	3.76
11	10.25	8.81	7.66	6.72	5.95	5.30	4.74	4.27	3.86
12	10.78	9.18	7.93	6.93	6.11	5.42	4.85	4.36	3.94
13	11.07	9.38	8.07	7.03	6.19	5.50	4.91	4.41	3.98
14	11.06	9.37	8.07	7.04	6.20	5.51	4.92	4.43	4.00
15	10.73	9.15	7.92	6.93	6.13	5.45	4.89	4.40	3.99
16	10.16	8.76	7.64	6.73	5.98	5.34	4.80	4.34	3.94
17	9.42	8.24	7.26	6.45	5.76	5.18	4.68	4.24	3.86
18 (边导线下)	8.60	7.64	6.81	6.10	5.50	4.97	4.51	4.11	3.76
19	7.77	7.00	6.32	5.72	5.20	4.73	4.32	3.95	3.63
20	6.98	6.37	5.82	5.32	4.87	4.47	4.11	3.78	3.48
21	6.23	5.77	5.33	4.92	4.54	4.19	3.88	3.59	3.33
22	5.56	5.20	4.85	4.52	4.21	3.92	3.64	3.39	3.16
23 (边导线外 5m)	4.95	4.68	4.40	4.14	3.88	3.64	3.41	3.19	2.99
24	4.40	4.20	3.99	3.78	3.57	3.37	3.18	2.99	2.81
25 (边导线外 7m)	3.92	3.77	3.61	3.44	3.28	3.11	2.95	2.79	2.64
26	3.50	3.38	3.26	3.13	3.00	2.87	2.73	2.60	2.47
27	3.12	3.04	2.95	2.85	2.74	2.64	2.53	2.42	2.31
28	2.79	2.73	2.66	2.59	2.51	2.42	2.33	2.24	2.15
29	2.50	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.15	2.08	2.00
30	2.25	2.22	2.18	2.14	2.09	2.04	1.98	1.92	1.86
31	2.02	2.00	1.97	1.94	1.91	1.87	1.82	1.77	1.72
32	1.83	1.81	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.60
33	1.65	1.64	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.51	1.48
34	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.44	1.42	1.40	1.37
35	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.29	1.27
36	1.25	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.17
37	1.14	1.14	1.13	1.13	1.12	1.11	1.11	1.10	1.09
38	1.05	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01
39	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93
40	0.89	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86
41	0.82	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
42	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
43	0.71	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
44	0.66	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
45	0.62	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
46	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
47	0.54	0.53	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
48	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
49	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44

塔型	SJC29154								
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)								
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离 (m)	离地 7.5m 高处预测值								
50	0.45	0.43	0.43	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
51	0.42	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38
52	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
53	0.38	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
54	0.36	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31
55	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29
56	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27
57	0.31	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26
58	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24
59	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23
60	0.27	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21
61	0.25	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20
62	0.24	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19
63	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18
64	0.23	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17
65	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16
66	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15
67	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14
68 (边导线外 50m)	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14

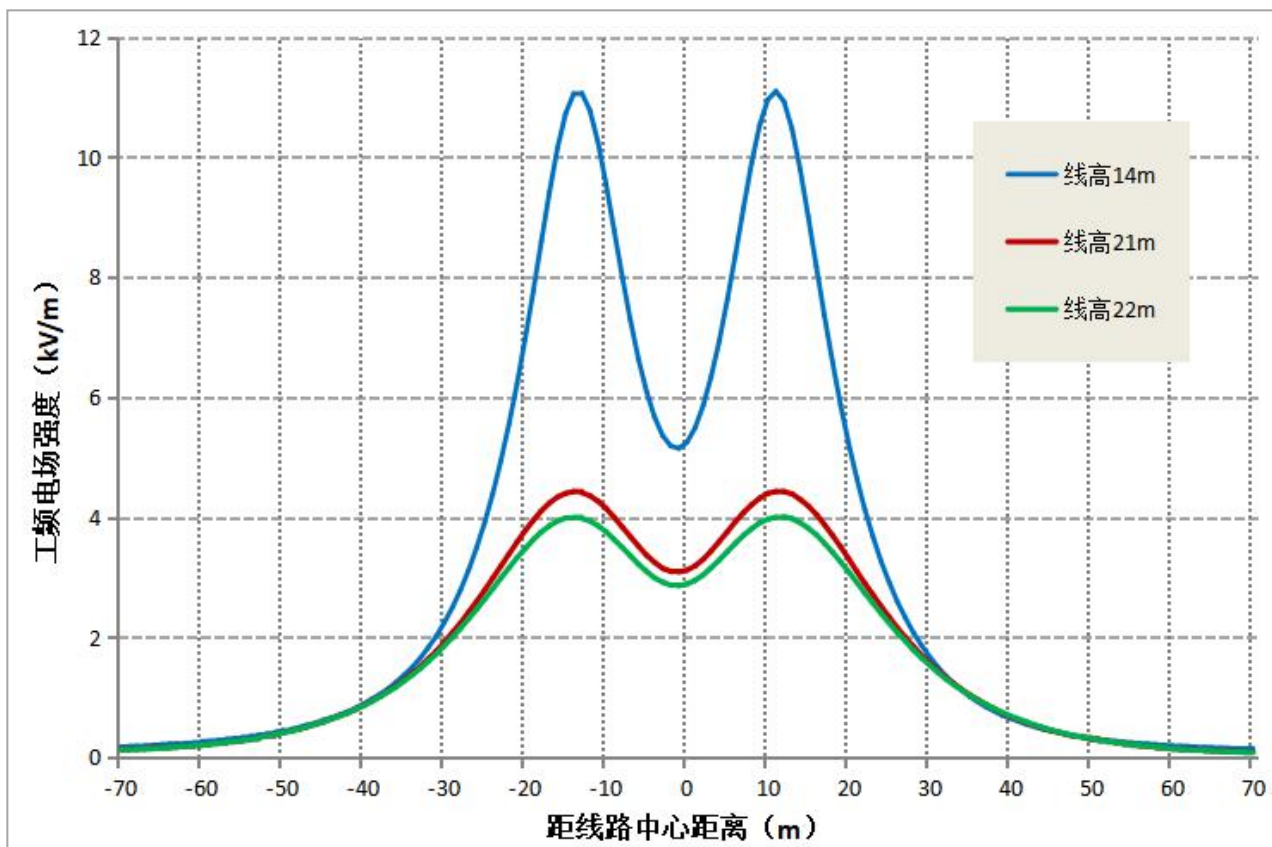


图 6-9 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 7.5m 高处）

上述理论计算结果显示，双回线路（垂直逆相序排列）工频电场强度随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距边导线地面投影越远工频电场强度越低，工频电场强度一般在边导线投影附近达到最大值。

本工程双回线路（垂直逆相序排列）通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所最低线高为 11m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.13kV/m，不能满足工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

根据计算，当导线对地最低高度抬升至 11.5m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.45kV/m，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。随着距离的增加工频电场强度逐渐降低，在距离线路中心 25m（边导线外 7m）处，工频电场强度降到 4000V/m 以下。因此，本工程双回线路（垂直逆相序排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所时，需提高导线对地高度至 11.5m 即可满足线下工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

本工程双回线路（垂直逆相序排列）通过居民区时，导线最低对地高度 14m 时，边导线外 5m 离地 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频电场强度分别为 4.13kV/m、4.40kV/m、4.95kV/m，均不满足公众曝露限值 4000V/m 要求。根据逐步试算，当导线对地高度抬高到 20m 时，线下地面 1.5m 高处（1 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.73kV/m；当导线对地高度抬高到 21m 时，线下地面 4.5m 高处（1 层平顶及 2 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.72kV/m；当导线对地高度抬高到 22m 时，线下地面 7.5m 高处（2 层平顶及 3 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 4.00kV/m，均满足工频电场强度公众曝露控制限值（4000V/m）要求。

由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控制线路与房屋水平距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m。具体见表 6-17 及图 6-10。

表 6-17 居民敏感目标距双回线路边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距 边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对地高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	19	20	22
1	19	20	21
2	18	19	21
3	17	18	20
4	16	17	19
5	15	16	18
6	14	14	16
7	14	14	14
8	14	14	14
9	14	14	14
10	14	14	14

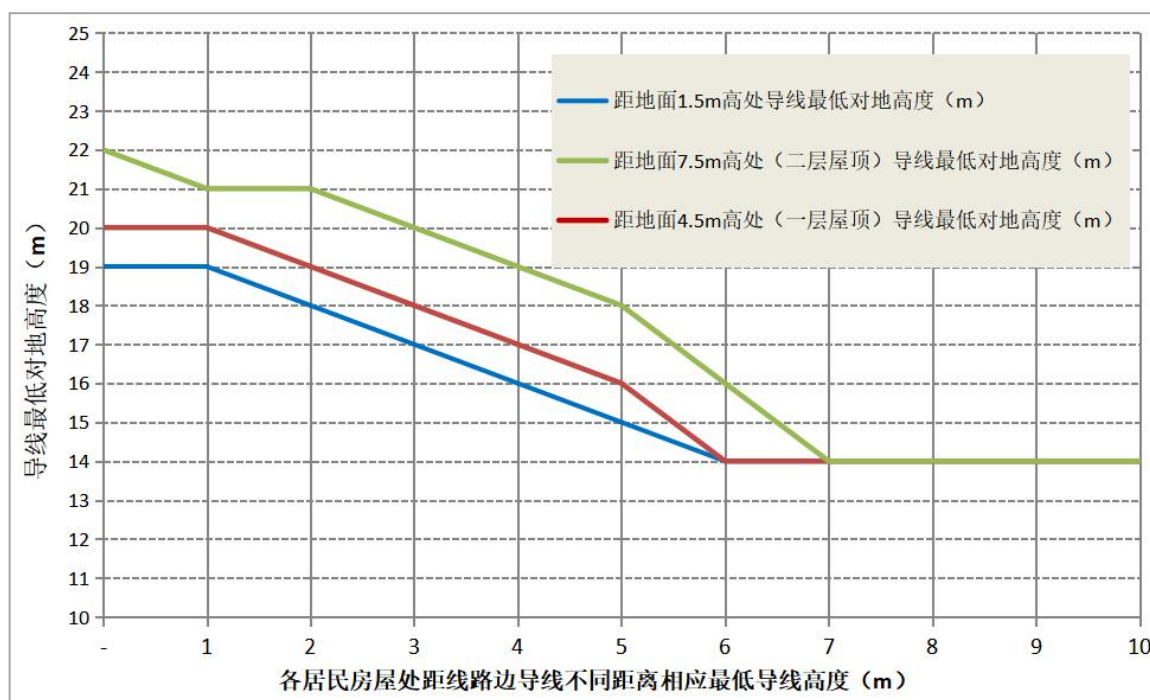


图 6-10 各居民房屋处距双回线路边导线不同距离相应最低导线高度关系图

由表 6-17 及图 6-10 可以看出，当本工程双回线路距不同层高的居民敏感目标水平距离大于 7m 时，导线对地高度为 14m 即可满足各敏感目标处工频电场强度公众暴露控制限值（4000V/m）要求。

根据初设阶段线路路径，结合现场调查情况，本工程双回线路距居民敏感目标的最近水平距离为 10m，因此，本工程双回线路导线对地高度为 14m 时可满足相应标准限值要求。

②工频磁场

本工程双回线路（垂直逆相序排列）工频磁感应强度预测结果见表 6-18 及图 6-11。

表 6-18 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频磁感应强度预测结果（单位：μT）

塔型	SJC29154			
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)			
导线高度 (m)	11.5	14		
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
0	21.68	21.51	21.62	20.27
1	21.57	21.45	21.50	20.06
2	21.61	21.47	21.54	20.14
3	21.80	21.58	21.75	20.50
4	22.13	21.76	22.12	21.15
5	22.60	22.02	22.64	22.10
6	23.19	22.34	23.31	23.35
7	23.88	22.70	24.09	24.91
8	24.65	23.09	24.97	26.77
9	25.46	23.50	25.89	28.87
10	26.26	23.88	26.82	31.12
11	26.99	24.22	27.67	33.36
12	27.61	24.50	28.40	35.34
13	28.06	24.69	28.93	36.80
14	28.30	24.78	29.22	37.53
15 (边导线内 3m)	28.33	24.77	29.25	37.48
16	28.14	24.64	29.03	36.73
17	27.76	24.41	28.59	35.49
18 (边导线下)	27.22	24.09	27.99	33.96
19	26.58	23.70	27.26	32.33
20	25.86	23.24	26.46	30.70
21	25.09	22.75	25.62	29.15
22	24.32	22.23	24.78	27.72
23 (边导线外 5m)	23.55	21.69	23.95	26.40
24	22.80	21.15	23.14	25.21
25	22.08	20.62	22.38	24.12
26	21.39	20.09	21.65	23.14
27	20.74	19.58	20.97	22.25
28	20.12	19.09	20.32	21.44
29	19.54	18.61	19.72	20.70
30	18.99	18.15	19.15	20.02
31	18.47	17.72	18.62	19.40
32	17.99	17.30	18.12	18.82
33	17.53	16.90	17.65	18.28
34	17.09	16.51	17.20	17.79
35	16.68	16.15	16.78	17.32
36	16.29	15.80	16.39	16.89
37	15.92	15.47	16.01	16.48
38	15.57	15.15	15.65	16.09
39	15.24	14.84	15.32	15.72
40	14.92	14.55	14.99	15.38
41	14.62	14.27	14.69	15.05
42	14.33	14.00	14.39	14.74

塔型	SJC29154			
线间距离	(12.5/17.2/13.5) + (9.5/13.8/11.0)			
导线高度 (m)	11.5	14		
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
43	14.05	13.74	14.11	14.44
44	13.78	13.49	13.84	14.15
45	13.53	13.25	13.58	13.88
46	13.28	13.01	13.33	13.62
47	13.05	12.79	13.10	13.37
48	12.82	12.57	12.87	13.12
49	12.60	12.37	12.64	12.89
50	12.39	12.16	12.43	12.67
51	12.18	11.97	12.22	12.45
52	11.99	11.78	12.02	12.24
53	11.79	11.60	11.83	12.04
54	11.61	11.42	11.64	11.85
55	11.43	11.25	11.46	11.66
56	11.25	11.08	11.29	11.48
57	11.09	10.92	11.12	11.30
58	10.92	10.76	10.95	11.13
59	10.76	10.61	10.79	10.96
60	10.61	10.46	10.64	10.80
61	10.46	10.31	10.49	10.64
62	10.31	10.17	10.34	10.49
63	10.17	10.04	10.20	10.34
64	10.03	9.90	10.06	10.20
65	9.90	9.77	9.92	10.06
66	9.77	9.64	9.79	9.92
67	9.64	9.52	9.66	9.79
68 (边导线外 50m)	9.51	9.40	9.53	9.66

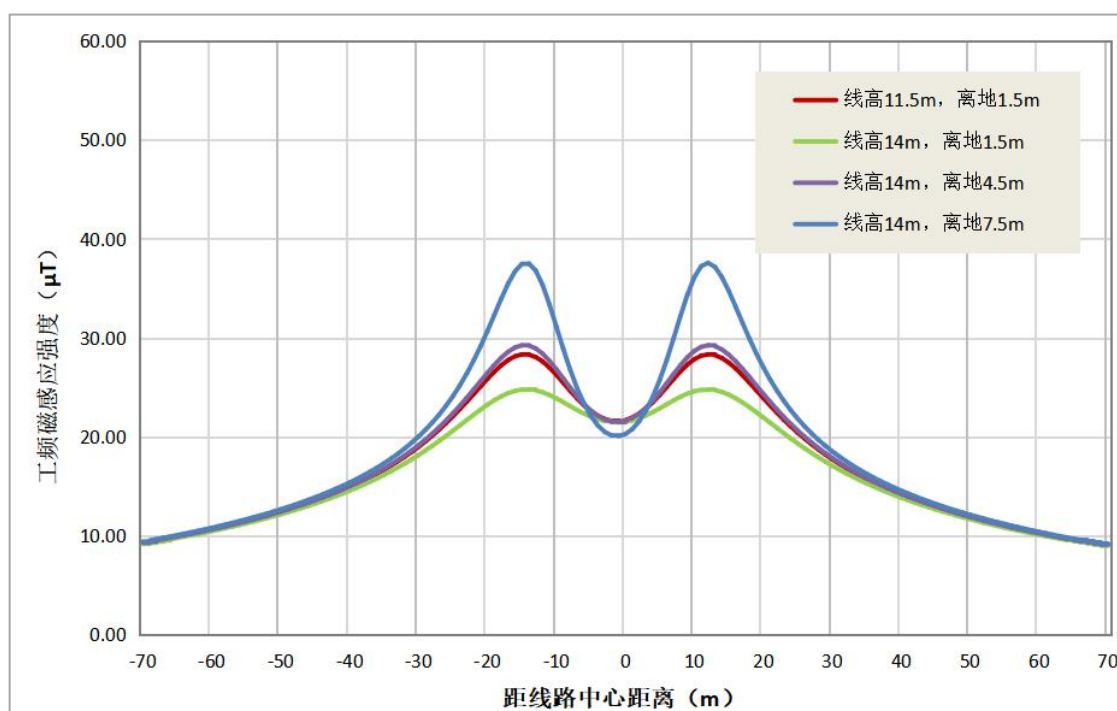


图 6-11 双回路典型塔型 SJC29154 塔线路工频磁感应强度分布图

从图 6-11 和表 6-18 可见，本工程双回线路（垂直逆相序排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线对地高度提升至 11.5m 时，线下 1.5m 高处工频磁感应强度最大值出现在距线路中心 15m 处，为 28.33 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

本工程双回线路（垂直逆相序排列）临近居民住房，导线最低对地高度为 14m 时，线下 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频磁感应强度最大值分别为 24.78 μ T、29.25 μ T、37.53 μ T，均满足公众曝露限值 100 μ T 要求。

因此，本工程双回线路（垂直逆相序排列）工频磁感应强度均能满足公众曝露控制限值要求，工频磁场不会成为线路建设的环境制约因素。

（2）单回线路（水平排列）电磁环境影响预测与评价

①工频电场

本工程单回线路段（水平排列）工频电场强度预测结果见表 6-19~6-21，图 6-12~6-14。

表 6-19 单回路(水平排列)典型塔型 ZBB263 塔线路工频电场强度预测结果(距地面 1.5m 高处)
单位: kV/m

塔型	ZBB263										
线间距离	17.4+17.4										
导线高度 (m)	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m 高处预测值										
0	9.91	8.49	6.35	5.53	4.84	4.25	3.74	3.31	2.93	2.60	2.32
1	9.79	8.40	6.30	5.49	4.81	4.23	3.73	3.30	2.93	2.60	2.32
2	9.44	8.14	6.15	5.39	4.73	4.17	3.69	3.27	2.91	2.60	2.32
3	8.90	7.74	5.93	5.22	4.61	4.09	3.63	3.24	2.89	2.59	2.32
4	8.25	7.25	5.66	5.02	4.47	3.99	3.57	3.20	2.87	2.59	2.33
5	7.56	6.73	5.37	4.81	4.32	3.89	3.51	3.17	2.86	2.60	2.36
6	6.91	6.25	5.12	4.64	4.20	3.81	3.47	3.16	2.88	2.62	2.40
7	6.41	5.89	4.94	4.52	4.14	3.78	3.47	3.18	2.91	2.67	2.46
8	6.14	5.70	4.87	4.49	4.14	3.81	3.51	3.24	2.98	2.75	2.54
9	6.16	5.74	4.94	4.57	4.23	3.91	3.61	3.34	3.08	2.85	2.64
10	6.48	6.01	5.15	4.76	4.40	4.06	3.76	3.47	3.21	2.98	2.76
11	7.04	6.47	5.46	5.03	4.63	4.27	3.94	3.64	3.37	3.12	2.89
12	7.76	7.05	5.85	5.35	4.91	4.51	4.15	3.83	3.54	3.27	3.03
13	8.55	7.68	6.28	5.71	5.21	4.76	4.37	4.02	3.71	3.43	3.17
14	9.34	8.31	6.69	6.05	5.50	5.01	4.59	4.21	3.88	3.58	3.31
15	10.04	8.87	7.07	6.37	5.77	5.24	4.79	4.39	4.03	3.72	3.43
16	10.60	9.31	7.37	6.63	5.99	5.44	4.96	4.54	4.17	3.84	3.55
17	10.95	9.61	7.59	6.82	6.16	5.59	5.09	4.66	4.28	3.94	3.64
18 (边导线下)	11.07	9.73	7.70	6.92	6.26	5.69	5.19	4.75	4.36	4.02	3.72
19	10.96	9.67	7.71	6.95	6.30	5.73	5.23	4.80	4.41	4.07	3.77
20	10.64	9.46	7.62	6.89	6.26	5.72	5.24	4.81	4.43	4.10	3.80
21	10.15	9.11	7.44	6.76	6.17	5.65	5.19	4.79	4.42	4.09	3.80
22	9.55	8.66	7.18	6.57	6.03	5.54	5.11	4.73	4.38	4.07	3.78
23 (边导线外 5m)	8.88	8.14	6.87	6.33	5.84	5.39	5.00	4.64	4.31	4.01	3.74
24	8.18	7.58	6.52	6.04	5.61	5.21	4.85	4.52	4.22	3.94	3.69
25	7.48	7.02	6.14	5.73	5.36	5.01	4.68	4.38	4.11	3.85	3.61
26	6.81	6.46	5.75	5.41	5.09	4.78	4.50	4.23	3.98	3.74	3.53
27	6.18	5.92	5.36	5.09	4.81	4.55	4.30	4.06	3.84	3.63	3.43
28	5.60	5.41	4.99	4.76	4.54	4.31	4.10	3.89	3.69	3.50	3.32
29	5.07	4.94	4.62	4.45	4.26	4.07	3.89	3.71	3.53	3.36	3.20
30	4.59	4.51	4.28	4.14	3.99	3.84	3.68	3.53	3.38	3.23	3.08
31	4.16	4.12	3.96	3.85	3.74	3.61	3.48	3.35	3.22	3.09	2.96
32 (边导线外 14m)	3.77	3.76	3.66	3.58	3.49	3.39	3.28	3.17	3.06	2.95	2.84
33	3.43	3.43	3.38	3.33	3.26	3.18	3.09	3.00	2.91	2.81	2.71
34	3.12	3.14	3.12	3.09	3.04	2.98	2.91	2.84	2.76	2.67	2.59
35	2.84	2.88	2.89	2.87	2.84	2.79	2.74	2.68	2.61	2.54	2.47
36	2.59	2.64	2.67	2.67	2.65	2.61	2.57	2.53	2.47	2.41	2.35
37	2.37	2.42	2.48	2.48	2.47	2.45	2.42	2.38	2.34	2.29	2.24
38	2.18	2.23	2.29	2.30	2.30	2.29	2.27	2.25	2.21	2.17	2.13
39	2.00	2.06	2.13	2.15	2.15	2.15	2.14	2.12	2.09	2.06	2.02
40	1.84	1.90	1.98	2.00	2.01	2.01	2.01	2.00	1.98	1.95	1.92
41	1.70	1.76	1.84	1.86	1.88	1.89	1.89	1.88	1.87	1.85	1.83
42	1.57	1.63	1.71	1.74	1.76	1.77	1.78	1.77	1.77	1.75	1.74
43	1.45	1.51	1.60	1.63	1.65	1.66	1.67	1.67	1.67	1.66	1.65
44	1.35	1.40	1.49	1.52	1.55	1.56	1.58	1.58	1.58	1.58	1.57
45	1.25	1.31	1.39	1.43	1.45	1.47	1.48	1.49	1.50	1.49	1.49
46	1.16	1.22	1.30	1.34	1.36	1.38	1.40	1.41	1.42	1.42	1.42

塔型	ZBB263										
线间距离	17.4+17.4										
导线高度 (m)	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m 高处预测值										
47	1.09	1.14	1.22	1.25	1.28	1.30	1.32	1.33	1.34	1.35	1.35
48	1.01	1.06	1.14	1.18	1.21	1.23	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28
49	0.95	0.99	1.07	1.11	1.14	1.16	1.18	1.19	1.21	1.21	1.22
50	0.89	0.93	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16
51	0.83	0.88	0.95	0.98	1.01	1.03	1.06	1.07	1.09	1.10	1.10
52	0.78	0.82	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.02	1.03	1.04	1.05
53	0.73	0.77	0.85	0.88	0.90	0.93	0.95	0.96	0.98	0.99	1.00
54	0.69	0.73	0.80	0.83	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95
55	0.65	0.69	0.75	0.78	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91
56	0.61	0.65	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87
57	0.58	0.61	0.68	0.70	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83
58	0.55	0.58	0.64	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.79
59	0.52	0.55	0.61	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	0.76
60	0.49	0.52	0.58	0.60	0.62	0.65	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72
61	0.47	0.50	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.69
62	0.44	0.47	0.52	0.54	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66
63	0.42	0.45	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.59	0.61	0.62	0.63
64	0.40	0.43	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61
65	0.38	0.41	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58
66	0.36	0.39	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56
67	0.35	0.37	0.41	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54
68 (边导线外 50m)	0.33	0.35	0.39	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51

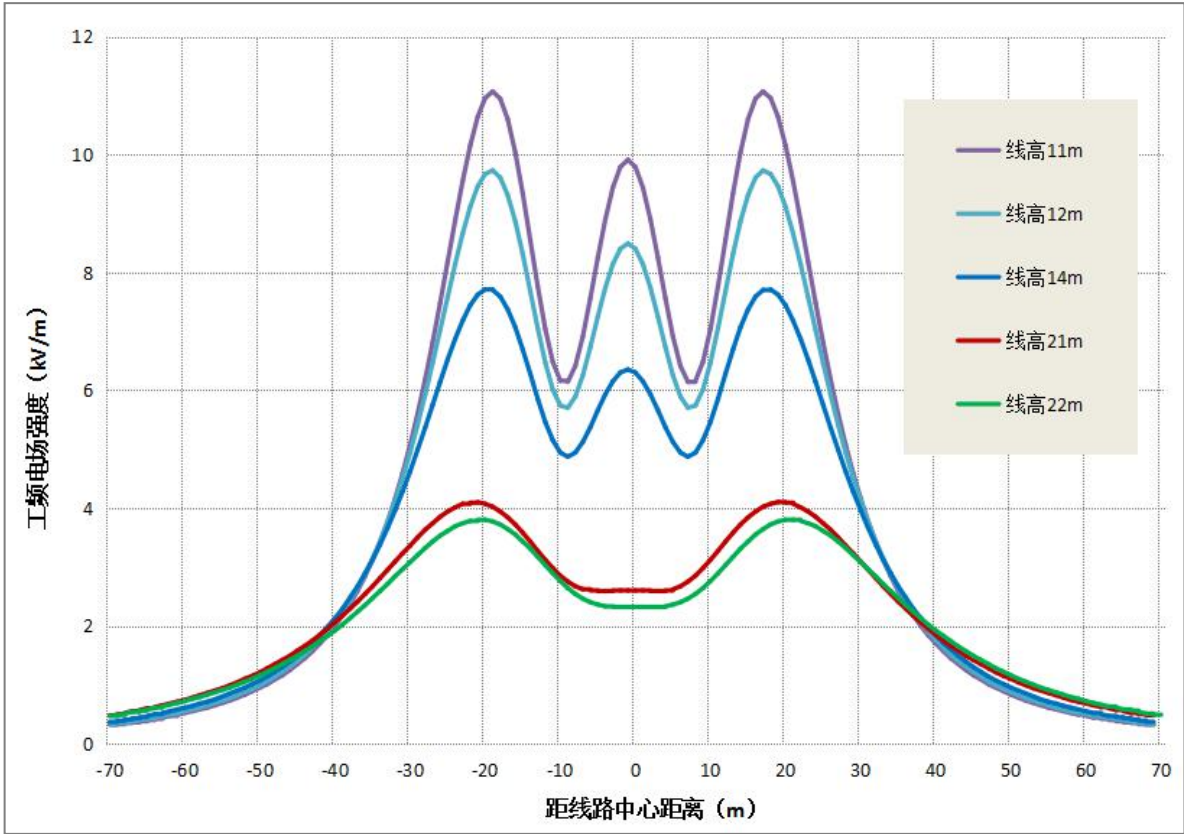


图 6-12 单回路（水平排列）典型塔型 ZBB263 塔线路工频电场强度预测结果
（距地面 1.5m 高处）

表 6-20 单回路(水平排列)典型塔型 ZBB263 塔线路工频电场强度预测结果(距地面 4.5m 高处)
单位: kV/m

塔型	ZBB263									
线间距离	17.4+17.4									
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
距线路中心距离 (m)	离地 4.5m 高处预测值									
0	7.90	6.85	5.97	5.24	4.61	4.08	3.62	3.23	2.88	2.58
1	7.84	6.80	5.94	5.22	4.60	4.07	3.62	3.22	2.88	2.58
2	7.67	6.68	5.85	5.15	4.55	4.04	3.60	3.21	2.88	2.59
3	7.41	6.49	5.72	5.05	4.49	4.00	3.57	3.20	2.88	2.59
4	7.09	6.27	5.55	4.94	4.41	3.95	3.54	3.19	2.88	2.60
5	6.77	6.03	5.39	4.83	4.33	3.90	3.52	3.18	2.88	2.62
6	6.49	5.83	5.25	4.74	4.28	3.87	3.51	3.19	2.91	2.65
7	6.29	5.70	5.16	4.69	4.26	3.88	3.53	3.22	2.95	2.70
8	6.20	5.65	5.14	4.69	4.28	3.91	3.58	3.28	3.01	2.76
9	6.24	5.70	5.20	4.76	4.35	3.99	3.66	3.36	3.09	2.84
10	6.41	5.85	5.34	4.88	4.47	4.10	3.76	3.46	3.19	2.94
11	6.70	6.09	5.55	5.06	4.63	4.24	3.89	3.58	3.30	3.04
12	7.08	6.40	5.80	5.28	4.82	4.41	4.04	3.71	3.42	3.16
13	7.50	6.74	6.08	5.51	5.02	4.58	4.19	3.85	3.54	3.27
14	7.92	7.08	6.36	5.75	5.21	4.75	4.34	3.98	3.66	3.38
15	8.30	7.38	6.61	5.96	5.39	4.91	4.48	4.11	3.78	3.48
16	8.60	7.62	6.81	6.13	5.54	5.04	4.60	4.21	3.87	3.57
17	8.78	7.78	6.95	6.25	5.65	5.14	4.69	4.30	3.95	3.65
18 (边导线下)	8.84	7.84	7.01	6.31	5.71	5.20	4.75	4.36	4.01	3.70
19	8.75	7.80	6.99	6.31	5.73	5.22	4.78	4.39	4.04	3.74
20	8.55	7.65	6.90	6.25	5.69	5.20	4.77	4.39	4.05	3.75
21	8.23	7.43	6.73	6.13	5.60	5.14	4.73	4.36	4.04	3.74
22	7.84	7.13	6.51	5.96	5.47	5.04	4.65	4.31	4.00	3.72
23 (边导线外 5m)	7.40	6.79	6.24	5.75	5.31	4.91	4.56	4.23	3.94	3.67
24	6.93	6.41	5.94	5.51	5.12	4.76	4.43	4.13	3.86	3.61
25	6.45	6.02	5.63	5.25	4.91	4.59	4.29	4.02	3.77	3.53
26	5.98	5.63	5.30	4.98	4.68	4.40	4.14	3.89	3.66	3.44
27	5.52	5.25	4.98	4.71	4.45	4.20	3.97	3.75	3.54	3.35
28	5.09	4.88	4.66	4.43	4.22	4.00	3.80	3.60	3.42	3.24
29	4.69	4.53	4.35	4.17	3.98	3.80	3.62	3.45	3.29	3.13
30	4.32	4.19	4.05	3.91	3.75	3.60	3.45	3.30	3.15	3.01
31	3.98	3.88	3.78	3.66	3.53	3.41	3.27	3.14	3.02	2.89
32 (边导线外 14m)	3.66	3.60	3.52	3.42	3.32	3.22	3.11	2.99	2.88	2.77
33	3.37	3.33	3.27	3.20	3.12	3.03	2.94	2.85	2.75	2.65
34	3.11	3.09	3.04	2.99	2.93	2.86	2.78	2.70	2.62	2.53
35	2.87	2.86	2.83	2.80	2.75	2.69	2.63	2.56	2.49	2.42
36	2.65	2.65	2.64	2.61	2.58	2.53	2.48	2.43	2.37	2.31
37	2.45	2.46	2.46	2.44	2.42	2.39	2.35	2.30	2.25	2.20
38	2.27	2.29	2.29	2.29	2.27	2.25	2.22	2.18	2.14	2.09
39	2.11	2.13	2.14	2.14	2.13	2.12	2.09	2.06	2.03	1.99
40	1.96	1.98	2.00	2.00	2.00	1.99	1.98	1.95	1.93	1.90
41	1.82	1.85	1.87	1.88	1.88	1.88	1.87	1.85	1.83	1.81
42	1.69	1.72	1.75	1.76	1.77	1.77	1.76	1.75	1.74	1.72
43	1.58	1.61	1.64	1.65	1.66	1.67	1.67	1.66	1.65	1.63
44	1.47	1.51	1.53	1.55	1.57	1.57	1.58	1.57	1.57	1.55
45	1.38	1.41	1.44	1.46	1.48	1.49	1.49	1.49	1.49	1.48
46	1.29	1.32	1.35	1.37	1.39	1.40	1.41	1.41	1.41	1.41

塔型	ZBB263									
线间距离	17.4+17.4									
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
距线路中心距离 (m)	离地 4.5m 高处预测值									
47	1.21	1.24	1.27	1.29	1.31	1.33	1.34	1.34	1.34	1.34
48	1.13	1.17	1.20	1.22	1.24	1.25	1.27	1.27	1.28	1.28
49	1.06	1.10	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20	1.21	1.21	1.22
50	1.00	1.03	1.06	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15	1.15	1.16
51	0.94	0.97	1.00	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10
52	0.89	0.92	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.04	1.05	1.05
53	0.84	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.99	1.00	1.00
54	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96
55	0.75	0.78	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.91
56	0.71	0.74	0.76	0.78	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87
57	0.67	0.70	0.72	0.74	0.77	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84
58	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80
59	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.75	0.76
60	0.57	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73
61	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.69	0.70
62	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.67
63	0.49	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64
64	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.62
65	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59
66	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57
67	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.54
68 (边导线外 50m)	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52

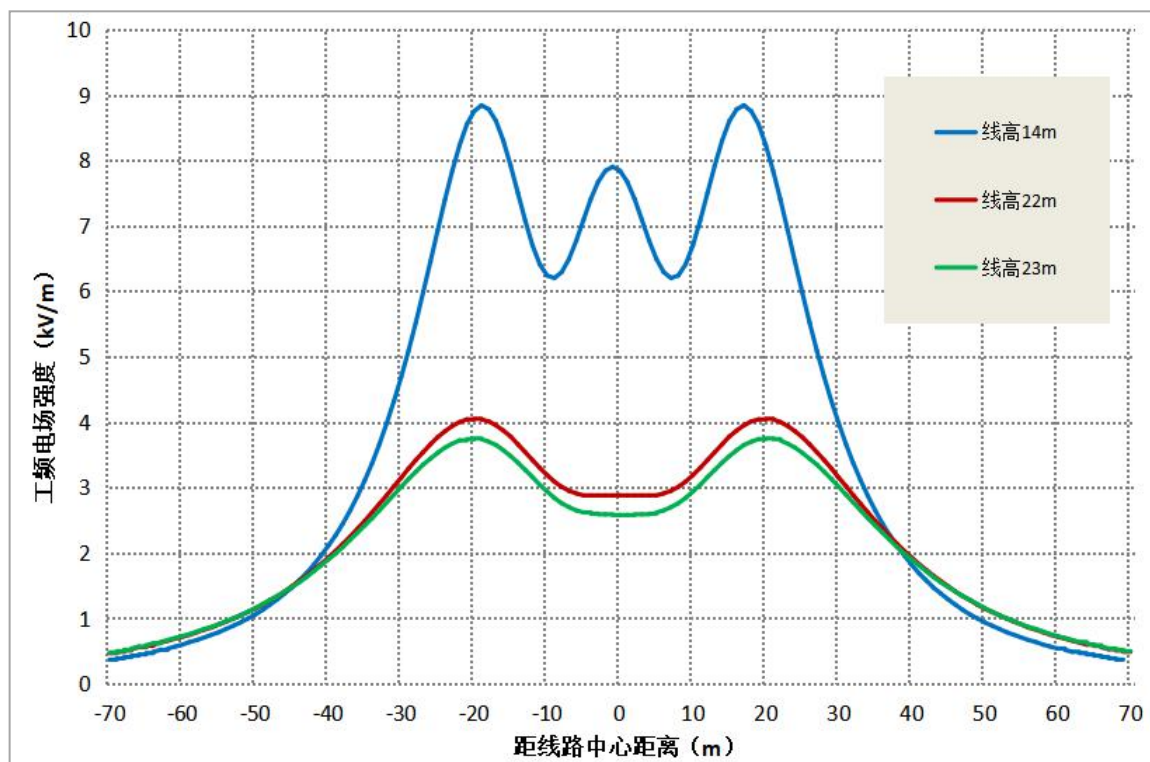


图 6-13 单回路（水平排列）典型塔型 ZBB263 塔线路工频电场强度预测结果
（距地面 4.5m 高处）

表 6-21 单回路(水平排列)典型塔型 ZBB263 塔线路工频电场强度预测结果(距地面 7.5m 高处)
单位: kV/m

塔型	ZBB263										
线间距离	17.4+17.4										
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
距线路中心距离 (m)	离地 7.5m 高处预测值										
0	11.62	9.81	8.41	7.29	6.37	5.60	4.96	4.41	3.94	3.53	3.17
1	11.49	9.73	8.36	7.25	6.34	5.59	4.95	4.40	3.93	3.53	3.17
2	11.14	9.51	8.21	7.15	6.28	5.54	4.92	4.38	3.92	3.52	3.17
3	10.63	9.18	7.99	7.00	6.18	5.47	4.87	4.35	3.91	3.51	3.17
4	10.06	8.81	7.74	6.83	6.06	5.39	4.82	4.32	3.89	3.51	3.17
5	9.52	8.44	7.49	6.66	5.94	5.32	4.77	4.30	3.88	3.51	3.18
6	9.07	8.12	7.27	6.51	5.85	5.26	4.74	4.28	3.88	3.52	3.20
7	8.75	7.90	7.12	6.42	5.79	5.22	4.73	4.28	3.89	3.54	3.23
8	8.59	7.79	7.05	6.38	5.77	5.23	4.74	4.31	3.92	3.58	3.27
9	8.60	7.82	7.08	6.41	5.81	5.27	4.79	4.36	3.98	3.63	3.33
10	8.78	7.96	7.21	6.52	5.91	5.36	4.87	4.43	4.05	3.70	3.39
11	9.12	8.23	7.41	6.69	6.04	5.48	4.97	4.53	4.13	3.78	3.47
12	9.60	8.58	7.69	6.90	6.22	5.62	5.10	4.64	4.23	3.87	3.55
13	10.17	9.00	8.00	7.14	6.41	5.78	5.23	4.75	4.33	3.96	3.63
14	10.78	9.43	8.31	7.38	6.60	5.93	5.36	4.86	4.43	4.05	3.71
15	11.34	9.81	8.59	7.59	6.76	6.06	5.47	4.96	4.51	4.13	3.78
16	11.76	10.10	8.79	7.74	6.88	6.16	5.56	5.03	4.58	4.19	3.84
17	11.95	10.23	8.89	7.82	6.95	6.22	5.61	5.08	4.63	4.24	3.89
18 (边导线下)	11.86	10.17	8.85	7.80	6.94	6.23	5.62	5.10	4.65	4.26	3.92
19	11.48	9.92	8.69	7.69	6.87	6.18	5.59	5.08	4.65	4.26	3.92
20	10.88	9.51	8.41	7.49	6.72	6.07	5.52	5.03	4.61	4.24	3.91
21	10.13	8.99	8.03	7.22	6.52	5.92	5.40	4.95	4.55	4.20	3.88
22	9.32	8.40	7.59	6.89	6.27	5.73	5.26	4.84	4.46	4.13	3.83
23 (边导线外 5m)	8.51	7.78	7.12	6.52	5.99	5.51	5.08	4.70	4.35	4.04	3.76
24	7.74	7.17	6.64	6.14	5.68	5.27	4.89	4.54	4.23	3.94	3.68
25	7.03	6.59	6.16	5.75	5.37	5.01	4.68	4.37	4.09	3.82	3.58
26	6.37	6.04	5.71	5.37	5.05	4.75	4.46	4.19	3.93	3.70	3.48
27	5.79	5.54	5.28	5.01	4.74	4.48	4.24	4.00	3.78	3.56	3.37
28	5.26	5.07	4.87	4.66	4.44	4.23	4.02	3.81	3.61	3.43	3.25
29	4.78	4.65	4.50	4.33	4.16	3.98	3.80	3.62	3.45	3.28	3.12
30	4.36	4.27	4.15	4.02	3.88	3.74	3.59	3.44	3.29	3.14	3.00
31	3.98	3.92	3.84	3.74	3.63	3.51	3.38	3.25	3.13	3.00	2.88
32 (边导线外 14m)	3.65	3.61	3.55	3.47	3.39	3.29	3.19	3.08	2.97	2.86	2.75
33	3.34	3.32	3.28	3.23	3.16	3.09	3.00	2.91	2.82	2.72	2.63
34	3.07	3.07	3.04	3.00	2.95	2.89	2.83	2.75	2.67	2.59	2.51
35	2.83	2.83	2.82	2.80	2.76	2.71	2.66	2.60	2.53	2.47	2.39
36	2.60	2.62	2.62	2.61	2.58	2.55	2.50	2.46	2.40	2.34	2.28
37	2.41	2.43	2.43	2.43	2.41	2.39	2.36	2.32	2.27	2.23	2.17
38	2.23	2.25	2.27	2.27	2.26	2.24	2.22	2.19	2.15	2.11	2.07
39	2.06	2.09	2.11	2.12	2.12	2.11	2.09	2.07	2.04	2.01	1.97
40	1.91	1.95	1.97	1.98	1.99	1.98	1.97	1.96	1.93	1.91	1.88
41	1.78	1.81	1.84	1.85	1.86	1.86	1.86	1.85	1.83	1.81	1.79
42	1.66	1.69	1.72	1.74	1.75	1.76	1.75	1.75	1.74	1.72	1.70
43	1.54	1.58	1.61	1.63	1.65	1.65	1.66	1.65	1.65	1.63	1.62
44	1.44	1.48	1.51	1.53	1.55	1.56	1.56	1.56	1.56	1.55	1.54
45	1.35	1.38	1.41	1.44	1.46	1.47	1.48	1.48	1.48	1.48	1.47
46	1.26	1.30	1.33	1.35	1.37	1.39	1.40	1.40	1.41	1.40	1.40

塔型	ZBB263										
线间距离	17.4+17.4										
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
距线路中心距离 (m)	离地 7.5m 高处预测值										
47	1.18	1.22	1.25	1.27	1.30	1.31	1.32	1.33	1.33	1.33	1.33
48	1.11	1.15	1.18	1.20	1.22	1.24	1.25	1.26	1.27	1.27	1.27
49	1.04	1.08	1.11	1.13	1.16	1.17	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21
50	0.98	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15	1.15	1.15
51	0.92	0.96	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10
52	0.87	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.05
53	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00
54	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
55	0.73	0.76	0.79	0.81	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92
56	0.70	0.72	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88
57	0.66	0.69	0.71	0.73	0.76	0.77	0.79	0.81	0.82	0.83	0.84
58	0.63	0.65	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80
59	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76	0.77
60	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73
61	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70
62	0.51	0.53	0.55	0.58	0.59	0.61	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67
63	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65
64	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62
65	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.59	0.60
66	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57
67	0.40	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55
68 (边导线外 50m)	0.39	0.40	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.53

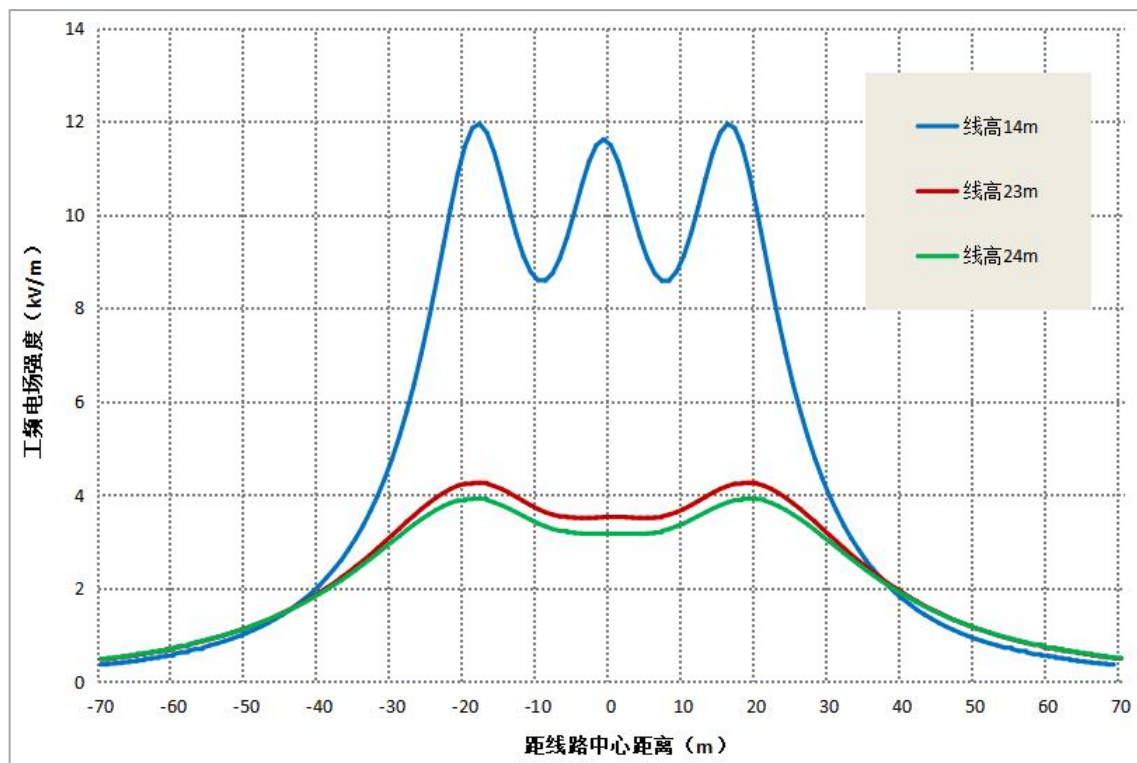


图 6-14 单回路（水平排列）典型塔型 ZBB263 塔线路工频电场强度预测结果
(距地面 7.5m 高处)

上述理论计算结果显示，单回线路（水平排列）工频电场强度随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距边导线地面投影越远工频电场强度越低，工频电场强度一般在边导线投影附近达到最大值。

本工程单回线路段（水平排列）通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所最低线高为 11m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 11.07kV/m，不能满足工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

根据计算，当导线对地最低高度抬升至 12m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.73kV/m，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。随着距离的增加工频电场强度逐渐降低，在距离线路中心 32m（边导线外 14m）处，工频电场强度降到 4000V/m 以下。因此，本工程单回线路（水平排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所时，需提高导线对地高度至 12m 即可满足线下工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

本工程单回线路（水平排列）经过居民区时，导线最低对地高度 14m 时，边导线外 5m 离地 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频电场强度分别为 6.87kV/m、7.40kV/m、8.51kV/m，均不满足公众曝露限值 4000V/m 要求。根据逐步试算，当导线对地高度抬高到 22m 时，线下地面 1.5m 高处（1 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.74kV/m；当导线对地高度抬高到 23m 时，线下地面 4.5m 高处（1 层平顶及 2 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.75kV/m；当导线对地高度抬高到 24m 时，线下地面 7.5m 高处（2 层平顶及 3 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.92kV/m，均满足工频电场强度公众曝露控制限值（4000V/m）要求。

由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控制线路与房屋水平距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m。具体见表 6-22 及图 6-15。

表 6-22 居民敏感目标距单回线路（水平排列）边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距 边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对地高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	22	23	24
1	22	23	24
2	22	23	24
3	22	23	24
4	22	23	24
5	22	22	24
6	21	22	23
7	21	22	23
8	20	21	22
9	20	20	22
10	19	19	21
11	18	18	19
12	16	17	18
13	14	14	14
14	14	14	14

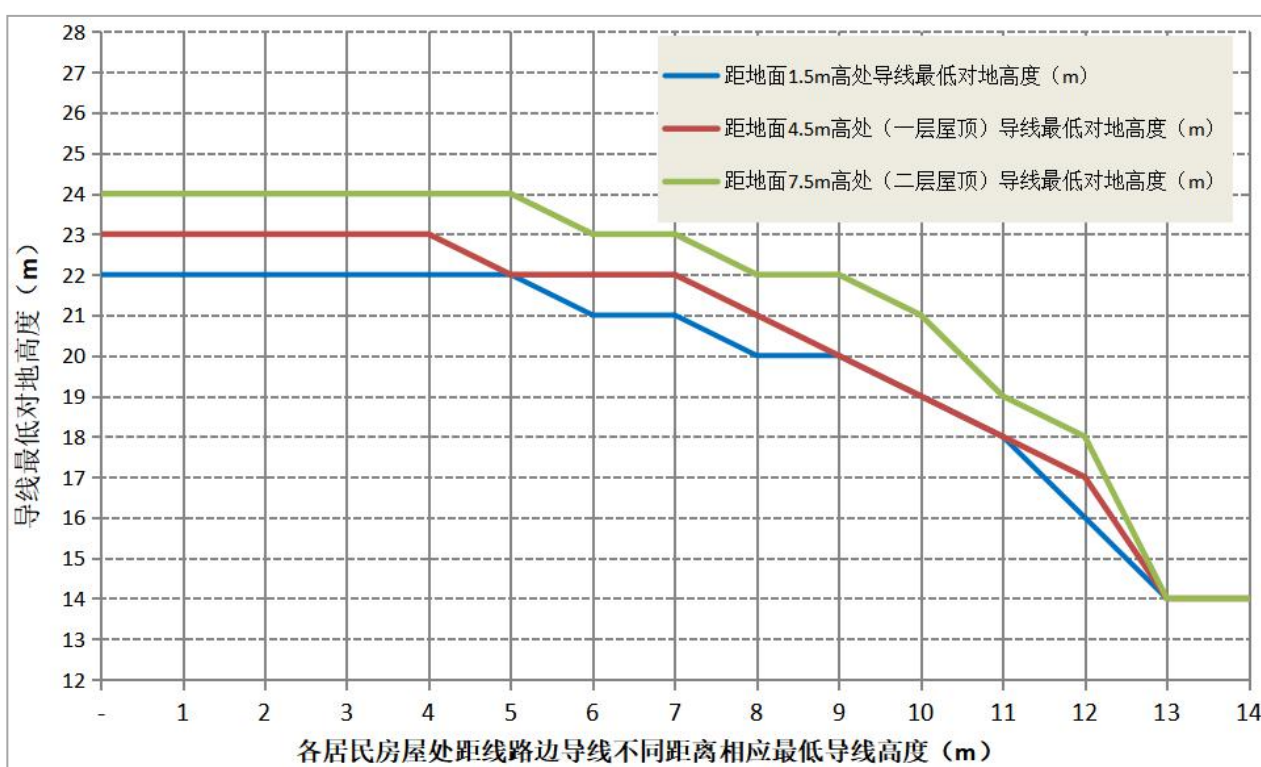


图 6-15 各居民房屋处距单回线路（水平排列）边导线不同距离相应最低导线高度关系图

由表 6-22 及图 6-15 可以看出，当本工程单回线路（水平排列）距不同层高的居民敏感目标水平距离大于 13m 时，导线对地高度为 14m 即可满足各敏感目标处工频电场强度公众曝露控制限值（4000V/m）要求。

②工频磁场

本工程单回线路（水平排列）工频磁感应强度预测结果见表 6-23 及图 6-16。

表 6-23 单回路（水平排列）典型塔型 ZBB263 塔线路工频磁感应强度预测结果（单位：μT）

塔型	ZBB263			
线间距离	17.4+17.4			
导线高度（m）	12	14		
距线路中心距离（m）	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
0	8.69	9.32	8.26	6.41
1	8.74	9.35	8.31	6.50
2	8.89	9.46	8.49	6.77
3	9.14	9.64	8.77	7.22
4	9.48	9.89	9.17	7.83
5	9.91	10.21	9.67	8.59
6	10.42	10.59	10.27	9.51
7	11.02	11.02	10.97	10.58
8	11.69	11.49	11.76	11.82
9	12.42	12.01	12.63	13.22
10	13.21	12.56	13.57	14.79
11	14.03	13.12	14.56	16.55
12	14.87	13.68	15.59	18.47
13	15.69	14.23	16.61	20.52
14	16.47	14.73	17.59	22.62
15	17.17	15.19	18.47	24.62
16	17.76	15.56	19.21	26.33
17	18.20	15.86	19.77	27.54
18（边导线下）	18.48	16.05	20.10	28.10
19	18.58	16.14	20.20	28.00
20	18.52	16.12	20.08	27.31
21	18.30	16.01	19.77	26.22
22	17.97	15.82	19.31	24.91
23（边导线外 5m）	17.54	15.56	18.75	23.50
24	17.04	15.24	18.11	22.12
25	16.51	14.89	17.45	20.79
26	15.95	14.50	16.77	19.56
27	15.39	14.10	16.10	18.44
28	14.83	13.69	15.45	17.41
29	14.29	13.28	14.82	16.48
30	13.76	12.87	14.23	15.63
31	13.26	12.47	13.67	14.86
32	12.79	12.09	13.14	14.17
33	12.34	11.72	12.65	13.53
34	11.91	11.36	12.19	12.95
35	11.51	11.02	11.75	12.42
36	11.13	10.69	11.34	11.93
37	10.77	10.38	10.96	11.47
38	10.43	10.08	10.60	11.06
39	10.11	9.79	10.27	10.67
40	9.81	9.52	9.95	10.31
41	9.53	9.27	9.65	9.97
42	9.26	9.02	9.37	9.66
43	9.00	8.79	9.11	9.37
44	8.76	8.56	8.86	9.09
45	8.53	8.35	8.62	8.83
46	8.32	8.15	8.39	8.59
47	8.11	7.96	8.18	8.36
48	7.91	7.77	7.98	8.14
49	7.73	7.60	7.79	7.94

塔型	ZBB263			
线间距离	17.4+17.4			
导线高度 (m)	12	14		
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
50	7.55	7.43	7.60	7.74
51	7.38	7.27	7.43	7.56
52	7.22	7.11	7.26	7.38
53	7.06	6.96	7.10	7.22
54	6.91	6.82	6.95	7.06
55	6.77	6.68	6.81	6.90
56	6.63	6.55	6.67	6.76
57	6.50	6.43	6.53	6.62
58	6.37	6.30	6.41	6.49
59	6.25	6.19	6.28	6.36
60	6.14	6.07	6.16	6.23
61	6.02	5.97	6.05	6.12
62	5.92	5.86	5.94	6.00
63	5.81	5.76	5.84	5.89
64	5.71	5.66	5.73	5.79
65	5.62	5.57	5.64	5.69
66	5.52	5.48	5.54	5.59
67	5.43	5.39	5.45	5.50
68 (边导线外 50m)	5.34	5.30	5.36	5.41

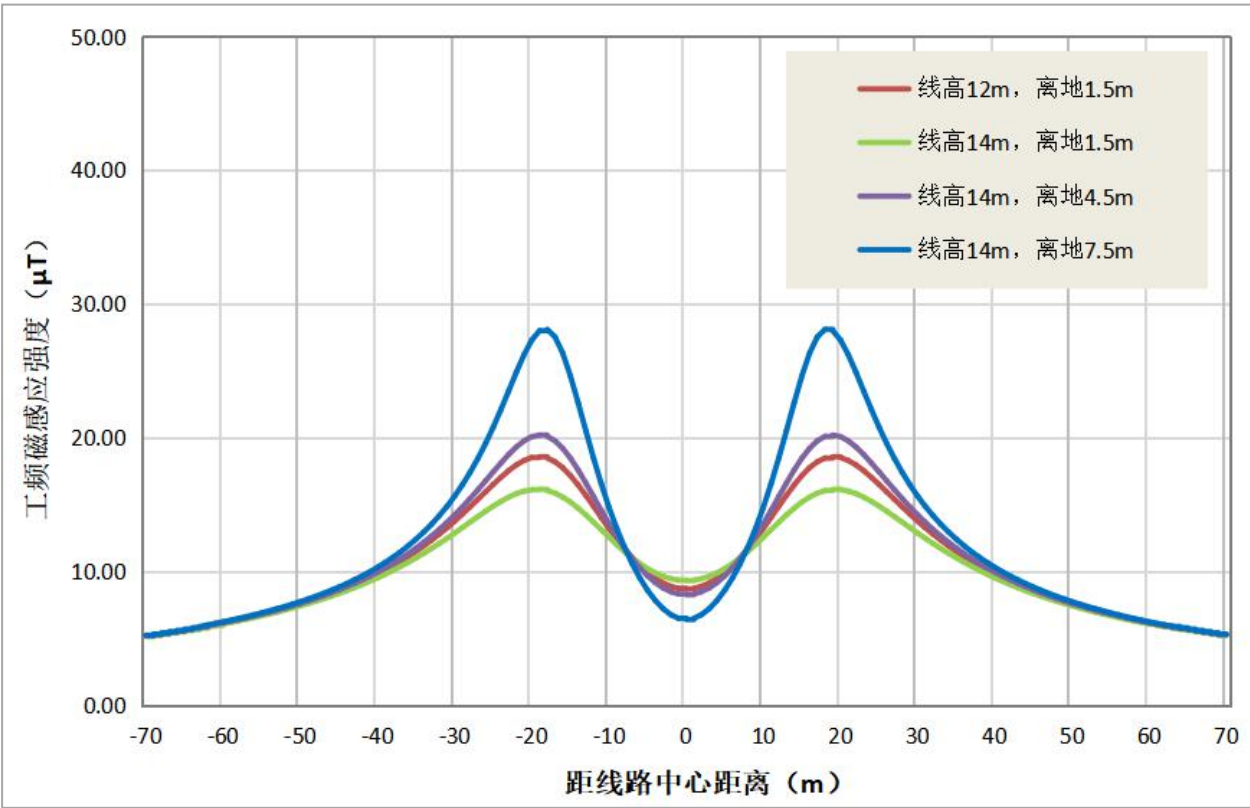


图 6-16 单回路（水平排列）典型塔型 ZBB263 塔线路工频磁感应强度分布图

从图 6-16 和表 6-23 可见，本工程单回线路（水平排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线对地高度提升至 12m 时，线下 1.5m 高处工频磁感应强度最大值出现在距线路中心 19m 处，为 18.58 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）

要求。

本工程单回线路（水平排列）临近居民住房，导线最低对地高度为 14m 时，线下 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频磁感应强度最大值分别为 16.14 μ T、20.20 μ T、28.10 μ T，均满足公众曝露限值 100 μ T 要求。

因此，本工程单回线路（水平排列）工频磁感应强度均能满足公众曝露控制限值要求，工频磁场不会成为本线路建设的环境制约因素。

（3）单回线路（三角排列）电磁环境影响预测与评价

①工频电场

本工程单回线路（三角排列）工频电场强度预测结果见表 6-24~6-26，图 6-17~6-19。

表 6-24 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 1.5m 高处）
单位：kV/m

塔型	JGB262									
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)									
导线高度 (m)	10.5	11.5	14	15	16	17	18	19	20	21
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m 高处预测值									
0	3.52	3.46	3.21	3.08	2.95	2.82	2.69	2.56	2.44	2.32
1	3.81	3.70	3.36	3.21	3.06	2.91	2.77	2.63	2.50	2.38
2	4.44	4.23	3.69	3.48	3.29	3.10	2.93	2.77	2.62	2.48
3	5.30	4.94	4.14	3.86	3.60	3.36	3.15	2.96	2.78	2.61
4	6.28	5.76	4.65	4.29	3.96	3.67	3.41	3.17	2.96	2.77
5	7.32	6.61	5.19	4.74	4.34	3.99	3.68	3.41	3.16	2.95
6	8.35	7.46	5.72	5.19	4.72	4.31	3.96	3.64	3.37	3.12
7	9.32	8.24	6.21	5.60	5.07	4.61	4.21	3.86	3.56	3.29
8	10.17	8.92	6.64	5.96	5.38	4.88	4.44	4.06	3.73	3.44
9	10.82	9.45	6.97	6.25	5.63	5.10	4.63	4.23	3.88	3.57
10	11.23	9.79	7.21	6.45	5.81	5.26	4.78	4.37	4.00	3.68
11（边导线下）	11.37	9.92	7.33	6.57	5.93	5.37	4.88	4.46	4.09	3.77
12	11.24	9.86	7.35	6.61	5.97	5.42	4.94	4.52	4.15	3.82
13	10.86	9.61	7.26	6.55	5.94	5.41	4.94	4.53	4.17	3.84
14	10.30	9.20	7.08	6.43	5.85	5.35	4.90	4.51	4.16	3.84
15	9.61	8.68	6.83	6.23	5.71	5.24	4.82	4.45	4.11	3.81
16（边导线外 5m）	8.85	8.10	6.51	5.99	5.51	5.09	4.70	4.36	4.04	3.76
17	8.06	7.47	6.16	5.70	5.29	4.91	4.56	4.24	3.95	3.68
18	7.29	6.85	5.78	5.40	5.04	4.70	4.39	4.10	3.84	3.59
19	6.56	6.24	5.40	5.07	4.77	4.48	4.20	3.95	3.71	3.48
20	5.89	5.66	5.01	4.75	4.49	4.24	4.00	3.78	3.57	3.36
21	5.27	5.12	4.64	4.43	4.21	4.00	3.80	3.60	3.42	3.24
22	4.71	4.62	4.28	4.11	3.94	3.77	3.59	3.42	3.26	3.10
23	4.22	4.17	3.94	3.81	3.67	3.53	3.39	3.25	3.10	2.96
24（边导线外 13m）	3.78	3.77	3.62	3.53	3.42	3.31	3.19	3.07	2.95	2.83
25	3.39	3.40	3.32	3.26	3.18	3.09	2.99	2.89	2.79	2.69
26	3.05	3.08	3.05	3.01	2.95	2.88	2.81	2.72	2.64	2.55
27	2.74	2.79	2.80	2.78	2.74	2.69	2.63	2.56	2.49	2.42
28	2.47	2.53	2.58	2.56	2.54	2.50	2.46	2.41	2.35	2.29
29	2.24	2.30	2.37	2.37	2.36	2.33	2.30	2.26	2.21	2.16
30	2.03	2.09	2.18	2.19	2.18	2.17	2.15	2.12	2.08	2.04
31	1.85	1.91	2.01	2.02	2.03	2.02	2.01	1.99	1.96	1.93

塔型	JGB262									
线间距离	(7.3)+ (10.5/10.5)									
导线高度 (m)	10.5	11.5	14	15	16	17	18	19	20	21
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m 高处预测值									
32	1.68	1.75	1.85	1.87	1.88	1.88	1.88	1.86	1.84	1.82
33	1.54	1.60	1.71	1.73	1.75	1.76	1.76	1.75	1.74	1.72
34	1.41	1.47	1.58	1.61	1.63	1.64	1.64	1.64	1.63	1.62
35	1.30	1.36	1.47	1.49	1.52	1.53	1.54	1.54	1.54	1.53
36	1.20	1.25	1.36	1.39	1.41	1.43	1.44	1.45	1.45	1.44
37	1.11	1.16	1.26	1.29	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	1.36
38	1.03	1.08	1.18	1.21	1.23	1.25	1.27	1.28	1.28	1.28
39	0.95	1.00	1.10	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20	1.21	1.21
40	0.89	0.93	1.02	1.05	1.08	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15
41	0.83	0.87	0.96	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.08	1.08
42	0.78	0.82	0.90	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.02	1.03
43	0.73	0.77	0.84	0.87	0.89	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97
44	0.69	0.72	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92
45	0.65	0.68	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.87
46	0.61	0.64	0.70	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83
47	0.58	0.61	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.77	0.79
48	0.55	0.58	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.72	0.73	0.75
49	0.53	0.55	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71
50	0.50	0.52	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66	0.68
51	0.48	0.50	0.54	0.56	0.57	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64
52	0.46	0.47	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.61
53	0.44	0.45	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.59
54	0.42	0.43	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56
55	0.41	0.42	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53
56	0.39	0.40	0.43	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51
57	0.38	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49
58	0.36	0.37	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47
59	0.35	0.36	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45
60	0.34	0.35	0.37	0.38	0.39	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
61 (边导线外 50m)	0.33	0.33	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41

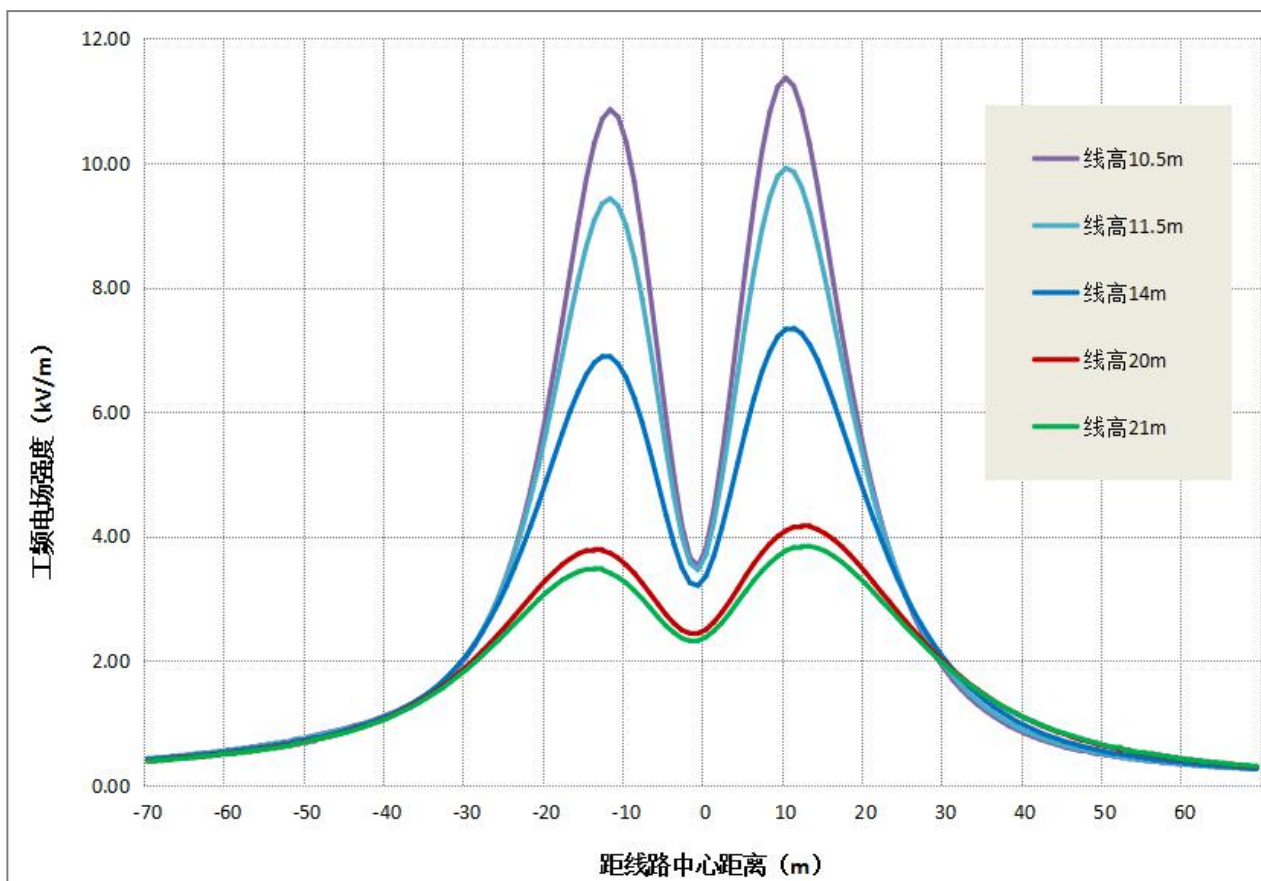


图 6-17 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 1.5m 高处）

表 6-25 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 4.5m 高处）
单位：kV/m

塔型	JGB262								
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)								
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离 (m)	离地 4.5m 高处预测值								
0	4.46	4.16	3.88	3.62	3.38	3.16	2.96	2.78	2.61
1	4.59	4.27	3.98	3.70	3.45	3.22	3.02	2.83	2.65
2	4.87	4.51	4.17	3.87	3.60	3.35	3.12	2.92	2.73
3	5.27	4.84	4.45	4.11	3.80	3.52	3.27	3.04	2.84
4	5.75	5.25	4.79	4.39	4.03	3.72	3.44	3.19	2.96
5	6.29	5.69	5.16	4.70	4.29	3.94	3.62	3.35	3.10
6	6.83	6.13	5.53	5.00	4.55	4.16	3.81	3.51	3.24
7	7.34	6.55	5.87	5.30	4.80	4.37	4.00	3.67	3.38
8	7.79	6.91	6.18	5.55	5.02	4.56	4.16	3.81	3.50
9	8.14	7.20	6.42	5.76	5.20	4.71	4.30	3.93	3.61
10	8.36	7.39	6.58	5.90	5.33	4.83	4.40	4.03	3.70
11（边导线下）	8.45	7.47	6.66	5.98	5.40	4.90	4.47	4.09	3.76
12	8.38	7.44	6.66	5.99	5.42	4.93	4.50	4.13	3.80
13	8.19	7.31	6.57	5.94	5.39	4.92	4.50	4.13	3.81
14	7.89	7.09	6.41	5.82	5.31	4.86	4.46	4.11	3.80
15	7.50	6.80	6.20	5.66	5.18	4.76	4.39	4.06	3.76
16（边导线外 5m）	7.06	6.46	5.93	5.45	5.02	4.64	4.29	3.98	3.70
17	6.59	6.09	5.63	5.21	4.83	4.48	4.17	3.88	3.62
18	6.11	5.70	5.32	4.96	4.62	4.31	4.03	3.76	3.52
19	5.64	5.31	4.99	4.68	4.40	4.12	3.87	3.63	3.41
20	5.19	4.93	4.67	4.41	4.16	3.93	3.70	3.49	3.30
21	4.76	4.56	4.35	4.14	3.93	3.73	3.53	3.35	3.17
22	4.36	4.21	4.04	3.87	3.70	3.52	3.36	3.19	3.04
23	3.99	3.88	3.75	3.61	3.47	3.33	3.18	3.04	2.90
24	3.65	3.57	3.47	3.37	3.25	3.13	3.01	2.89	2.77
25	3.34	3.29	3.22	3.13	3.04	2.94	2.84	2.74	2.64
26	3.06	3.03	2.98	2.91	2.84	2.76	2.68	2.59	2.50
27	2.80	2.79	2.75	2.71	2.65	2.59	2.52	2.45	2.38
28	2.57	2.57	2.55	2.52	2.48	2.43	2.37	2.31	2.25
29	2.36	2.37	2.36	2.34	2.31	2.27	2.23	2.18	2.13
30	2.17	2.18	2.19	2.18	2.16	2.13	2.10	2.06	2.02
31	2.00	2.02	2.03	2.02	2.01	2.00	1.97	1.94	1.91
32	1.84	1.87	1.88	1.88	1.88	1.87	1.85	1.83	1.80
33	1.70	1.73	1.75	1.75	1.76	1.75	1.74	1.72	1.70
34	1.57	1.60	1.62	1.64	1.64	1.64	1.64	1.62	1.61
35	1.46	1.49	1.51	1.53	1.54	1.54	1.54	1.53	1.52
36	1.35	1.38	1.41	1.43	1.44	1.44	1.45	1.44	1.44
37	1.26	1.29	1.31	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36
38	1.17	1.20	1.23	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28	1.28
39	1.09	1.12	1.15	1.17	1.19	1.20	1.21	1.21	1.21
40	1.02	1.05	1.07	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.15
41	0.95	0.98	1.01	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09
42	0.89	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03
43	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98
44	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93
45	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.87	0.88
46	0.70	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.83	0.83
47	0.66	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.78	0.79
48	0.63	0.65	0.67	0.69	0.70	0.72	0.73	0.74	0.75

塔型	JGB262								
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)								
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离 (m)	离地 4.5m 高处预测值								
49	0.60	0.62	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.72
50	0.57	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.67	0.68
51	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65
52	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62
53	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59
54	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57
55	0.45	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54
56	0.43	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52
57	0.41	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50
58	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48
59	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46
60	0.37	0.38	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44
61 (边导线外 50m)	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41	0.42

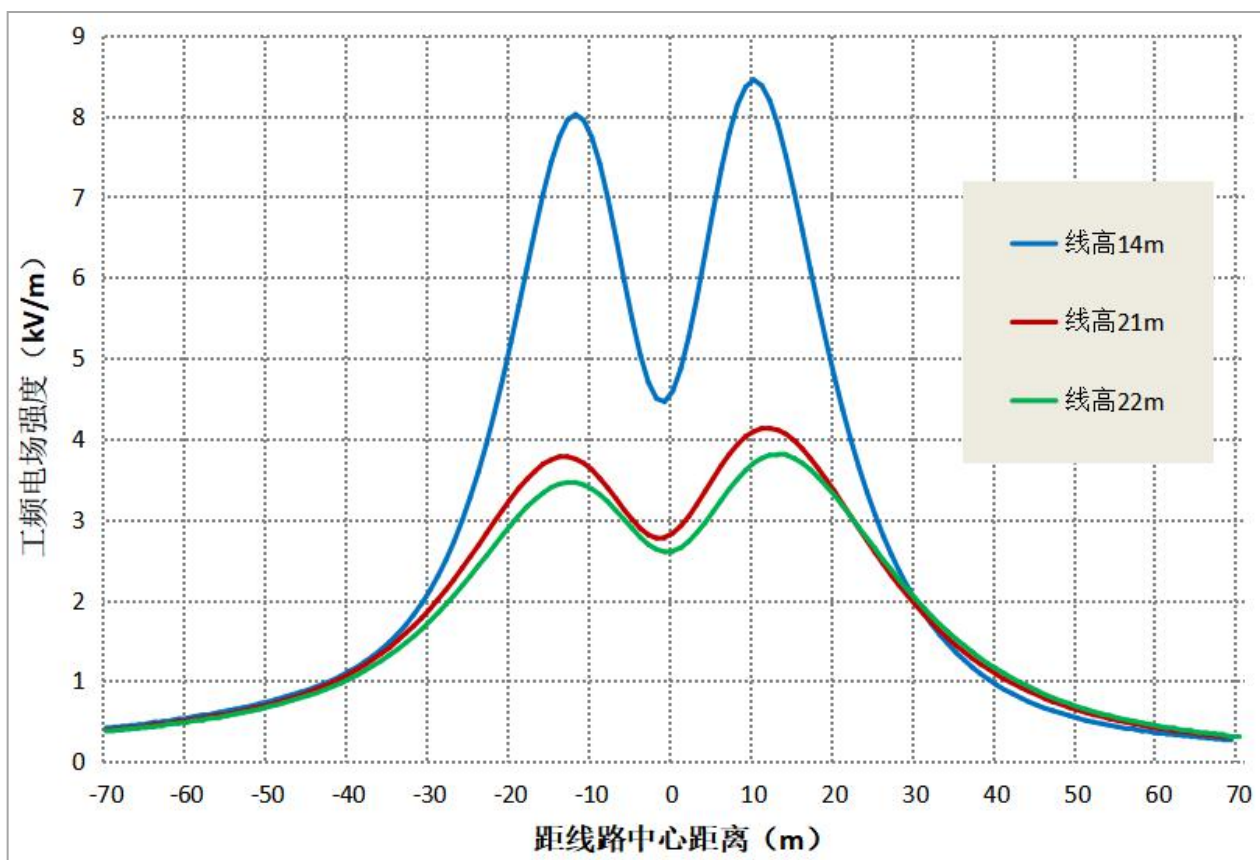


图 6-18 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 4.5m 高处）

表 6-26 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 7.5m 高处）
单位：kV/m

塔型	JGB262									
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)									
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
距线路中心距离 (m)	离地 7.5m 高处预测值									
0	6.43	5.95	5.49	5.05	4.65	4.28	3.95	3.65	3.37	3.13
1	6.56	6.06	5.58	5.13	4.72	4.34	4.00	3.69	3.41	3.16
2	6.84	6.29	5.77	5.29	4.85	4.45	4.10	3.77	3.49	3.23
3	7.28	6.65	6.06	5.53	5.05	4.62	4.23	3.89	3.58	3.31
4	7.84	7.10	6.42	5.82	5.29	4.81	4.40	4.03	3.70	3.41
5	8.51	7.62	6.83	6.15	5.55	5.03	4.58	4.18	3.83	3.52
6	9.23	8.17	7.26	6.49	5.82	5.25	4.76	4.33	3.96	3.63
7	9.97	8.71	7.68	6.81	6.08	5.46	4.93	4.48	4.09	3.74
8	10.65	9.20	8.04	7.09	6.30	5.65	5.09	4.61	4.20	3.84
9	11.17	9.57	8.31	7.30	6.48	5.79	5.21	4.71	4.29	3.92
10	11.45	9.76	8.46	7.42	6.58	5.88	5.29	4.78	4.35	3.98
11（边导线下方）	11.43	9.76	8.47	7.44	6.60	5.91	5.32	4.82	4.39	3.99
12	11.11	9.56	8.34	7.36	6.55	5.88	5.31	4.81	4.39	4.00
13	10.55	9.19	8.09	7.18	6.43	5.79	5.24	4.77	4.36	3.99
14	9.83	8.69	7.73	6.92	6.24	5.65	5.14	4.70	4.31	3.96
15	9.04	8.11	7.30	6.60	6.00	5.47	5.00	4.59	4.22	3.90
16（边导线外 5m）	8.24	7.50	6.84	6.25	5.72	5.25	4.83	4.45	4.12	3.82
17	7.46	6.89	6.36	5.87	5.42	5.01	4.63	4.30	3.99	3.71
18	6.75	6.31	5.89	5.48	5.10	4.75	4.43	4.13	3.85	3.60
19	6.09	5.76	5.43	5.10	4.79	4.49	4.21	3.94	3.70	3.47
20	5.50	5.26	5.00	4.74	4.48	4.23	3.99	3.76	3.54	3.34
21	4.97	4.79	4.59	4.39	4.18	3.97	3.76	3.57	3.38	3.20
22	4.50	4.37	4.22	4.06	3.89	3.72	3.55	3.38	3.21	3.06
23	4.07	3.99	3.88	3.75	3.62	3.48	3.34	3.19	3.05	2.91
24	3.70	3.64	3.56	3.47	3.36	3.25	3.13	3.01	2.89	2.77
25	3.36	3.33	3.27	3.21	3.12	3.03	2.94	2.84	2.74	2.63
26	3.06	3.05	3.01	2.96	2.90	2.83	2.75	2.67	2.59	2.50
27	2.79	2.79	2.77	2.74	2.70	2.64	2.58	2.51	2.44	2.37
28	2.55	2.56	2.56	2.54	2.51	2.47	2.42	2.36	2.30	2.24
29	2.34	2.36	2.36	2.35	2.33	2.30	2.26	2.22	2.17	2.12
30	2.15	2.17	2.18	2.18	2.17	2.15	2.12	2.09	2.05	2.00
31	1.97	2.00	2.02	2.02	2.02	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90
32	1.82	1.85	1.87	1.88	1.88	1.88	1.86	1.84	1.82	1.79
33	1.68	1.71	1.73	1.75	1.75	1.75	1.75	1.73	1.72	1.69
34	1.55	1.58	1.61	1.63	1.64	1.64	1.64	1.63	1.62	1.60
35	1.44	1.47	1.50	1.52	1.53	1.54	1.54	1.53	1.53	1.51
36	1.33	1.37	1.39	1.42	1.43	1.44	1.45	1.44	1.44	1.43
37	1.24	1.27	1.30	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	1.36	1.35
38	1.15	1.19	1.21	1.24	1.26	1.27	1.28	1.28	1.28	1.28
39	1.08	1.11	1.14	1.16	1.18	1.19	1.20	1.21	1.21	1.21
40	1.01	1.04	1.06	1.09	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15
41	0.94	0.97	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09
42	0.88	0.91	0.94	0.96	0.98	1.00	1.01	1.02	1.03	1.03
43	0.83	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.97	0.97	0.98
44	0.78	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93
45	0.74	0.76	0.78	0.81	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.88
46	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84
47	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80
48	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.75	0.76

塔型	JGB262									
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)									
导线高度 (m)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
距线路中心距离 (m)	离地 7.5m 高处预测值									
49	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72
50	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69
51	0.54	0.55	0.57	0.59	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65	0.66
52	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63
53	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60
54	0.47	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57
55	0.45	0.46	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55
56	0.43	0.44	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53
57	0.41	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.50
58	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47	0.48
59	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.46
60	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.44
61 (边导线外 50m)	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	0.42	0.43

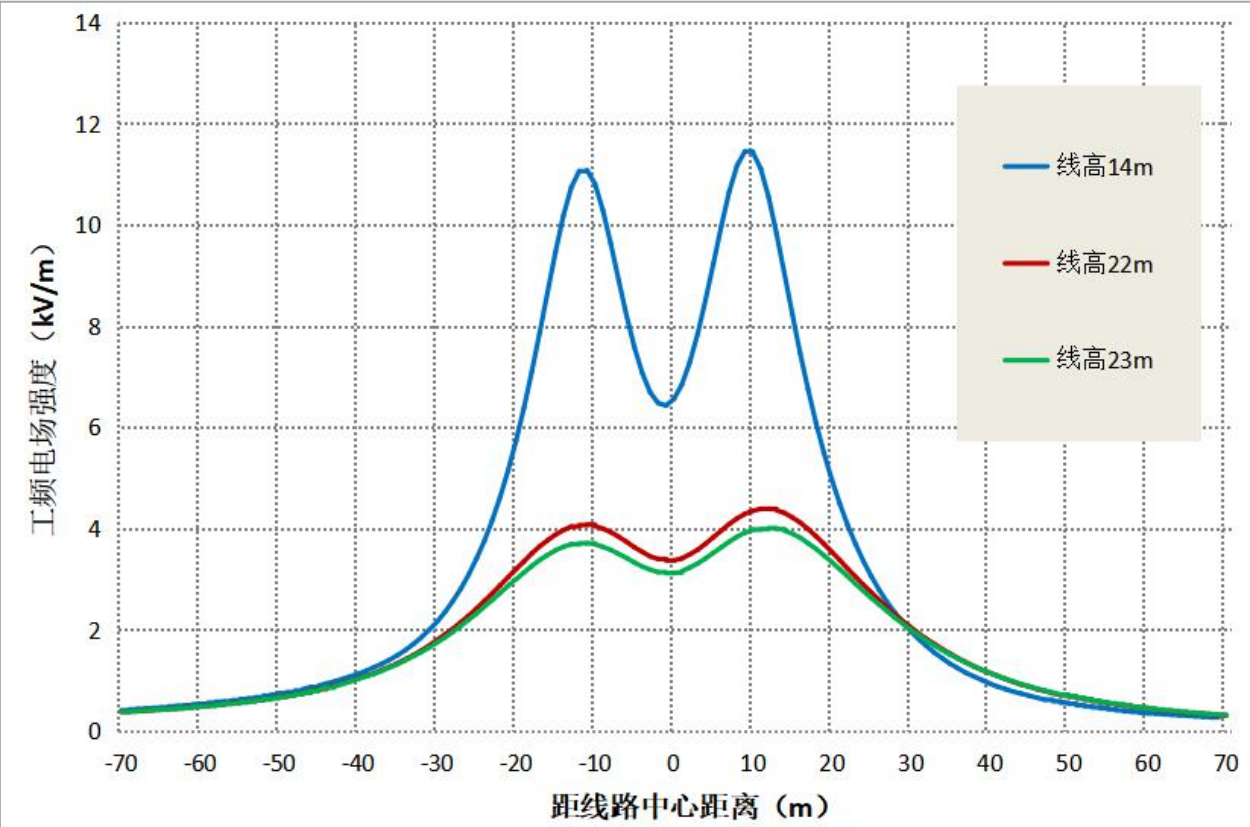


图 6-19 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频电场强度预测结果（距地面 7.5m 高处）

上述理论计算结果显示，单回线路（三角排列）工频电场强度随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距边导线地面投影越远工频电场强度越低，工频电场强度一般在边导线投影附近达到最大值。

本工程单回线路（三角排列）在经过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所最低线高为 10.5m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 11.37kV/m，不能满足工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

根据计算，当导线对地最低高度抬升至 11.5m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.92kV/m，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。随着距离的增加工频电场强度逐渐降低，在距离线路中心 24m（边导线外 13m）处，工频电场强度降到 4000V/m 以下。因此，本工程单回线路（三角排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所时，需提高导线对地高度至 11.5m 即可满足线下工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

本工程单回线路（三角排列）经过居民区时，导线最低对地高度 14m 时，边导线外 5m 离地 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频电场强度分别为 6.51kV/m、7.06kV/m、8.24kV/m，均不满足公众曝露限值 4000V/m 要求。根据逐步试算，当导线对地高度抬高到 21m 时，线下地面 1.5m 高处（1 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.76kV/m；当导线对地高度抬高到 22m 时，线下地面 4.5m 高处（1 层平顶及 2 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 3.81kV/m；当导线对地高度抬高到 23m 时，线下地面 7.5m 高处（2 层平顶及 3 层尖顶房屋）工频电场强度最大值为 4.00kV/m，均满足工频电场强度公众曝露控制限值（4000V/m）要求。

由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控制线路与房屋水平距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m。具体见表 6-27 及图 6-20。

表 6-27 居民敏感目标距单回线路（三角排列）边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距 边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对地高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	21	22	23
1	21	22	23
2	21	22	23
3	21	22	23
4	21	22	23
5	21	21	23
6	20	21	22
7	20	21	22
8	19	20	21
9	19	19	20
10	18	18	19
11	16	17	18
12	14	14	15
13	14	14	14
14	14	14	14

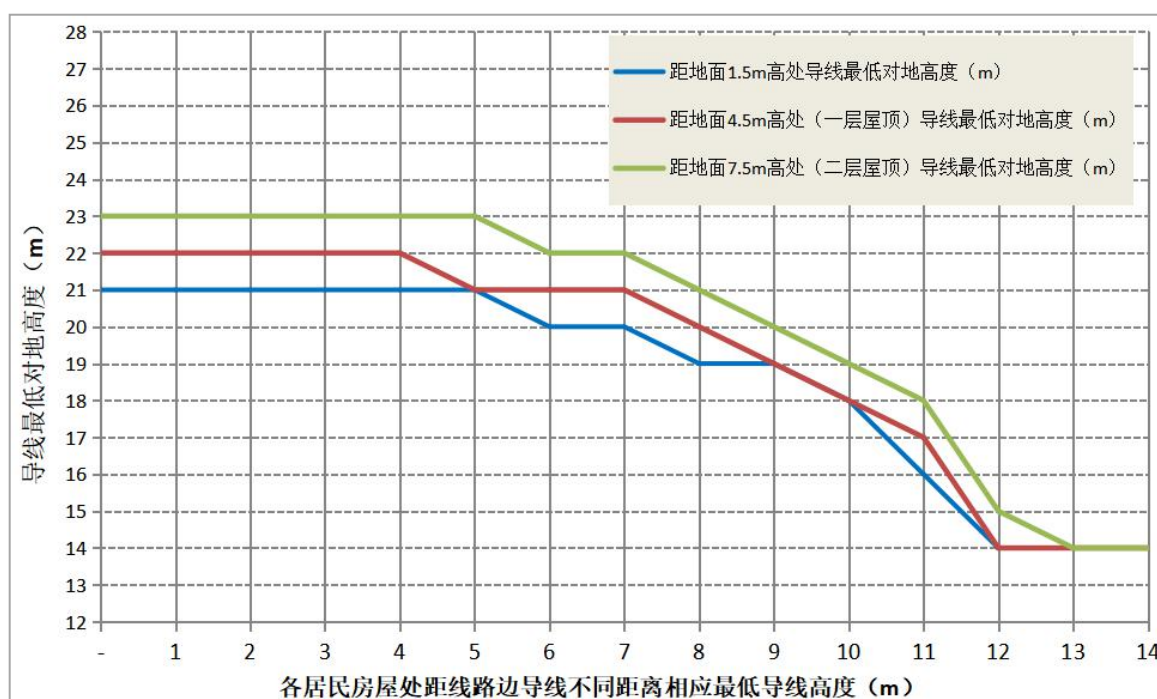


图 6-20 各居民房屋处距单回线路（三角排列）边导线不同距离相应最低导线高度关系图

由表 6-27 及图 6-20 可以看出，当本工程单回线路（三角排列）距不同层高的居民敏感目标水平距离大于 13m 时，导线对地高度为 14m 即可满足各敏感目标处工频电场强度公众曝露控制限值（4000V/m）要求。

根据初设阶段线路路径，结合现场调查情况，本工程单回线路（三角排列）距居民敏感目标的最近水平距离为 40m，因此，本工程单回线路（三角排列）导线对地高度为 14m 时可满足相应标准限值要求。

②工频磁场

本工程单回线路（三角排列）工频磁感应强度预测结果见表 6-28 及图 6-21。

表 6-28 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频磁感应强度预测结果（单位：μT）

塔型	JGB262			
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)			
导线高度 (m)	11.5	14		
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
-61	6.16	6.07	6.17	6.27
-60	6.26	6.17	6.28	6.38
-59	6.37	6.27	6.39	6.49
-58	6.48	6.38	6.50	6.61
-57	6.60	6.49	6.62	6.73
-56	6.72	6.61	6.74	6.86
-55	6.85	6.73	6.87	6.99
-54	6.97	6.85	7.00	7.13
-53	7.11	6.98	7.13	7.27
-52	7.25	7.11	7.27	7.42
-51	7.39	7.25	7.42	7.57
-50	7.54	7.39	7.57	7.73
-49	7.70	7.54	7.73	7.90
-48	7.86	7.69	7.89	8.07
-47	8.03	7.85	8.06	8.26
-46	8.21	8.01	8.24	8.45
-45	8.39	8.18	8.43	8.64
-44	8.58	8.36	8.62	8.85
-43	8.78	8.55	8.82	9.07
-42	8.99	8.74	9.04	9.30
-41	9.21	8.94	9.26	9.54
-40	9.44	9.15	9.49	9.79
-39	9.68	9.37	9.74	10.06
-38	9.93	9.60	9.99	10.34
-37	10.19	9.84	10.26	10.63
-36	10.47	10.10	10.55	10.94
-35	10.77	10.36	10.85	11.28
-34	11.08	10.64	11.16	11.63
-33	11.40	10.93	11.50	12.01
-32	11.75	11.23	11.85	12.41
-31	12.12	11.55	12.23	12.84
-30	12.51	11.89	12.63	13.30
-29	12.92	12.24	13.05	13.79
-28	13.36	12.61	13.51	14.33
-27	13.83	13.00	13.99	14.91
-26	14.33	13.41	14.51	15.55
-25	14.86	13.83	15.07	16.24
-24	15.43	14.28	15.66	17.00
-23	16.03	14.74	16.30	17.84
-22	16.67	15.22	16.98	18.77
-21	17.35	15.72	17.70	19.80
-20	18.07	16.22	18.46	20.94
-19	18.81	16.73	19.27	22.22
-18	19.57	17.23	20.10	23.63

塔型	JGB262			
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)			
导线高度 (m)	11.5	14		
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
-17	20.34	17.71	20.95	25.18
-16	21.10	18.17	21.79	26.85
-15	21.81	18.59	22.59	28.59
-14	22.44	18.95	23.31	30.32
-13	22.96	19.24	23.90	31.88
-12	23.33	19.44	24.33	33.08
-11 (边导线下)	23.52	19.54	24.55	33.71
-10	23.51	19.54	24.54	33.67
-9	23.31	19.44	24.30	32.95
-8	22.93	19.24	23.86	31.68
-7	22.41	18.96	23.26	30.08
-6	21.77	18.61	22.53	28.34
-5	21.07	18.20	21.74	26.60
-4	20.33	17.75	20.92	24.96
-3	19.58	17.28	20.09	23.46
-2	18.84	16.80	19.29	22.10
-1	18.12	16.31	18.51	20.88
0	17.44	15.83	17.78	19.80
1	16.79	15.35	17.09	18.83
2	16.18	14.89	16.44	17.96
3	15.61	14.45	15.84	17.18
4	15.07	14.03	15.28	16.47
5	14.56	13.62	14.75	15.82
6	14.09	13.23	14.26	15.23
7	13.64	12.86	13.80	14.68
8	13.22	12.50	13.37	14.17
9	12.83	12.16	12.96	13.70
10	12.45	11.84	12.57	13.26
11 (边导线下)	12.10	11.53	12.21	12.84
12	11.76	11.24	11.87	12.45
13	11.44	10.95	11.54	12.09
14	11.14	10.68	11.23	11.74
15	10.85	10.42	10.93	11.41
16	10.57	10.18	10.65	11.10
17	10.31	9.94	10.38	10.80
18	10.06	9.71	10.13	10.52
19	9.82	9.49	9.88	10.25
20	9.59	9.28	9.65	9.99
21	9.37	9.07	9.42	9.75
22	9.15	8.88	9.21	9.51
23	8.95	8.69	9.00	9.29
24	8.75	8.51	8.80	9.07
25	8.56	8.33	8.61	8.86
26	8.38	8.16	8.43	8.67
27	8.21	8.00	8.25	8.48
28	8.04	7.84	8.08	8.29
29	7.88	7.69	7.91	8.12
30	7.72	7.55	7.76	7.95
31	7.57	7.40	7.60	7.79

塔型	JGB262			
线间距离	(7.3)+(10.5/10.5)			
导线高度 (m)	11.5	14		
距线路中心距离 (m)	离地 1.5m	离地 1.5m	离地 4.5m	离地 7.5m
32	7.43	7.27	7.46	7.63
33	7.28	7.13	7.31	7.48
34	7.15	7.01	7.18	7.33
35	7.02	6.88	7.04	7.19
36	6.89	6.76	6.92	7.06
37	6.77	6.64	6.79	6.92
38	6.65	6.53	6.67	6.80
39	6.53	6.42	6.55	6.68
40	6.42	6.31	6.44	6.56
41	6.31	6.21	6.33	6.44
42	6.21	6.11	6.23	6.33
43	6.11	6.01	6.13	6.23
44	6.01	5.92	6.03	6.12
45	5.91	5.83	5.93	6.02
46	5.82	5.74	5.84	5.92
47	5.73	5.65	5.75	5.83
48	5.64	5.57	5.66	5.74
49	5.56	5.49	5.57	5.65
50	5.47	5.41	5.49	5.56
51	5.39	5.33	5.41	5.48
52	5.32	5.25	5.33	5.40
53	5.24	5.18	5.25	5.32
54	5.17	5.11	5.18	5.24
55	5.09	5.04	5.10	5.17
56	5.02	4.97	5.03	5.09
57	4.96	4.90	4.97	5.02
58	4.89	4.84	4.90	4.95
59	4.82	4.77	4.83	4.88
60	4.76	4.71	4.77	4.82
61 (边导线外 50m)	4.70	4.65	4.71	4.76

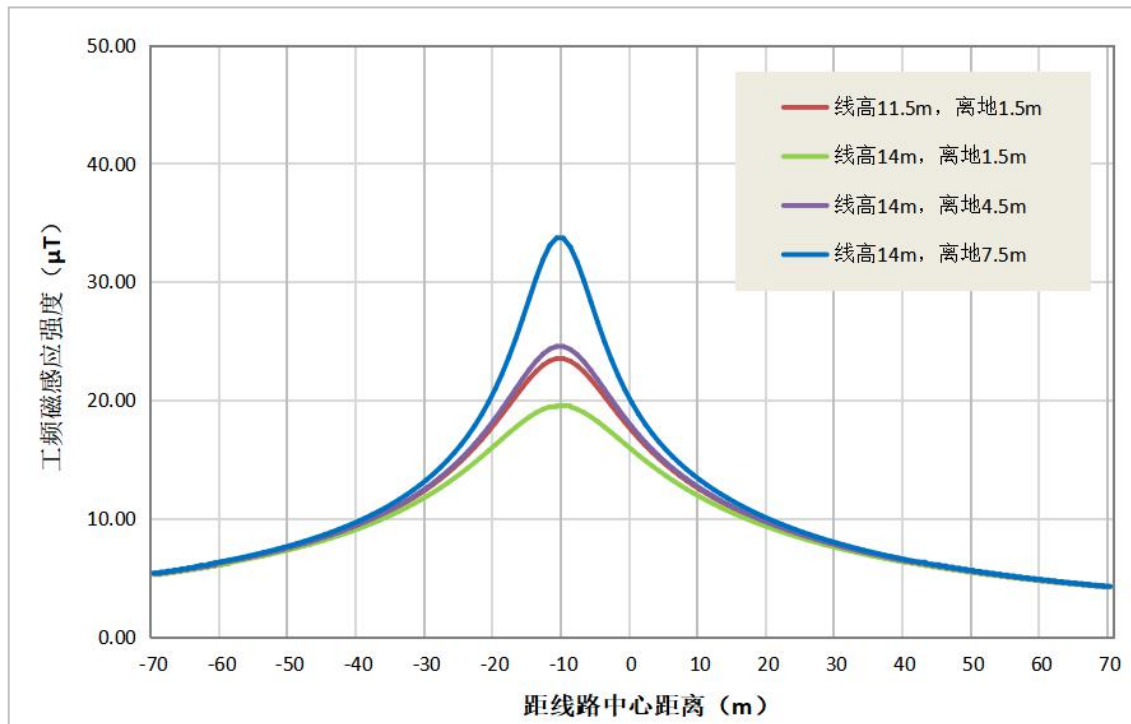


图 6-21 单回路（三角排列）典型塔型 JGB262 塔线路工频磁感应强度分布图

从图 6-21 和表 6-28 可见，本工程单回线路（三角排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线对地高度提升至 11.5m 时，线下 1.5m 高处工频磁感应强度最大值出现在距线路中心 11m 处（即边导线下），为 23.52μT，满足公众曝露控制限值（100μT）要求。

本工程 500kV 单回线路（三角排列）临近居民住房，导线最低对地高度为 14m 时，线下 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频磁感应强度最大值分别为 19.54μT、24.55μT、33.71μT，均满足公众曝露控制限值（100μT）要求。

因此，本工程单回线路（三角排列）工频磁感应强度均能满足公众曝露控制限值要求，工频磁场不会成为本线路建设的环境制约因素。

6.1.3.3 输电线路和其它工程交叉跨越或并行时的影响分析

（1）与其它电力线交叉跨越的影响分析

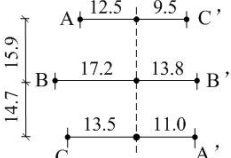
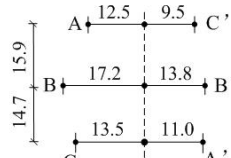
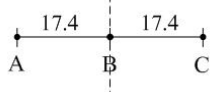
本工程输电线路与已建输电线路交叉跨越时相互间距按照《110～750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）的要求设计。由于 35kV 及其以下电压等级线路产生的电磁环境影响很小，本工程线路与其交叉跨越时不考虑电磁环境叠加影响。

本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路跨越 110kV 输电线路 3 次，具体交叉跨越情况见表 3-5。

本次环评将对本工程线路与被跨越的既有线路的叠加电磁环境影响进行分析，预测的具体方法为：采用本工程线路工频电场强度、工频磁感应强度的理论计算最大值与被跨越线路在交叉跨越点处的现状监测值相加得出。

交叉跨越点及现状监测点位置详见附图 2，具体预测参数见表 6-29，预测结果见表 6-30。

表 6-29 本工程线路与其它已建线路交叉跨越时预测参数

序号	被跨越线路		本工程线路		
	名称	塔型及排列方式	导线型号	塔型、架设方式及导线排列方式	对地高度 (m)
1	110kV 牛螺 1 回线	单回架设 水平排列	JL/G1A-630/45	SJC29154, 垂直逆相序排列 	24
2	110kV 牛螺 2 回线	单回架设 三角排列	JL/G1A-630/45	SJC29154, 垂直逆相序排列 	30
3	110kV 龙拖线	单回架设 三角排列	JLHA1/G1A-725/90	 ZBB263, 水平排列	35

本工程线路与其他已建线路交叉跨越时的电磁环境影响预测结果

编号	位置	数值类别	电磁环境	
			工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1	跨越 110kV 牛螺 1 回线	被跨越线路现状监测值	235.7	1.222
		本工程线路理论计算值	2760	17.37
		预测值	2995.7	18.592
2	跨越 110kV 牛螺 2 回线	被跨越线路现状监测值	272.9	0.280
		本工程线路理论计算值	1800	15.29
		预测值	2072.9	15.570
3	跨越 110kV 龙拖线	被跨越线路现状监测值	267.0	0.155
		本工程线路理论计算值	1660	8.26
		预测值	1927.0	8.415

根据现场踏勘,在本工程线路与其他已建线路交叉跨越点处无居民敏感目标分布。因此,本工程输电线路与其它已建线路交叉跨越不存在对居民敏感目标的影响。

由表 6-30 可以看出,本工程线路与其他工程线路交叉跨越点处的工频电场强度满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所电场强度控制限值(10kV/m)要求,工频磁感应强度满足公众曝露控制限值(100 μ T)要求。

(2) 与其它电力线并行的影响分析

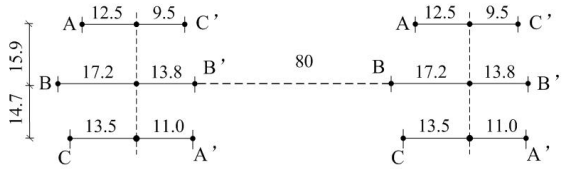
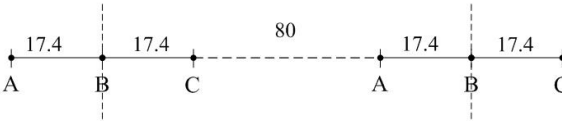
1) 本工程白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路从白鹤滩水电站左岸构架以 2 回同塔双回线路出线,在避开出线处宁南县跑马镇新田村居民集中房屋后,2 回同塔双回线路右转向北,并行走线至布拖县包谷坪乡洛觉村,并行走线长度约 30.0km,并行段两线间距大多在 120m 以上(仅布拖县龙潭镇胜利村附近并行线路间最近距离约 80m)。

2) 线路继续向北走线,至布拖县拖觉镇阿省日达村附近后进入重冰区,按 4 回单回线路并行走线至布拖县特木里镇阿地阿普附近,并行走线长度约 15.5km,并行段两两相邻的线路间距大多在 110m 以上(仅布拖县补尔乡竹尔苦村处相邻线路间最近距离约 80m)。由于 4 回单回线路不相邻的 2 回间距大于 120m,相互叠加的电磁影响很小,因此本段并行段的电磁环境影响仅对 2 回单回线路的理论计算值相叠加进行分析。

本环评对并行段线路预测的具体方法为:根据并行线路之间的最近间距,对两条线路在线下同一位置处的电磁环境影响进行叠加。对相同类型铁塔,采用线间距离较大的塔型下的工频电磁场预测结果,反映并行线路可能产生的最不利环境影响。本工程并行段双回线路选择线间距较大的 SJC29154 塔进行预测,单回线路选择线间距较大的 ZBB263 塔进行预测。

根据现场调查,在工程拆迁后,本工程并行线路间共同评价范围内无居民类敏感目标分布,故本环评仅对并行线路通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所进行电磁环境影响预测。并行线路叠加影响预测参数详见表 6-31。

本工程并行段输电线路预测参数

线路参数		500kV 输电线路
分裂间距(mm)		500
本工程 2 回双回线路 并行段	预测塔型	同塔双回 SJC29154+同塔双回 SJC29154
	导线型式	JL/G1A-630/45+JL/G1A-630/45
	外径(mm)	33.8
	导线最低对地高度 (m)	11.5
	导线排列方式及 相间距 (m)	
本工程 4 回单回线路 并行段	预测塔型	单回水平 ZBB263+单回水平 ZBB263
	导线型式	JLHA1/G1A-725/90+JLHA1/G1A-725/90
	外径(mm)	37.4
	导线最低对地高度 (m)	12
	导线排列方式及 相间距 (m)	
导线电压等级/单根导线电流		500kV/1000A

(1) 本工程 2 回双回线路并行段

本段并行线路预测分析,本工程 2 回双回线路均采用 SJC29154 塔进行预测。选取 2 回双回线路的中心点为坐标 0 点,并行线路在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所,保证线下工频电场小于 10kV/m 相应导线高度提升至 11.5m 时,线下地面 1.5m 高处叠加电磁环境影响预测结果见表 6-32,叠加工频电场强度分布曲线见图 6-22,叠加工频磁感应强度分布曲线见图 6-23。

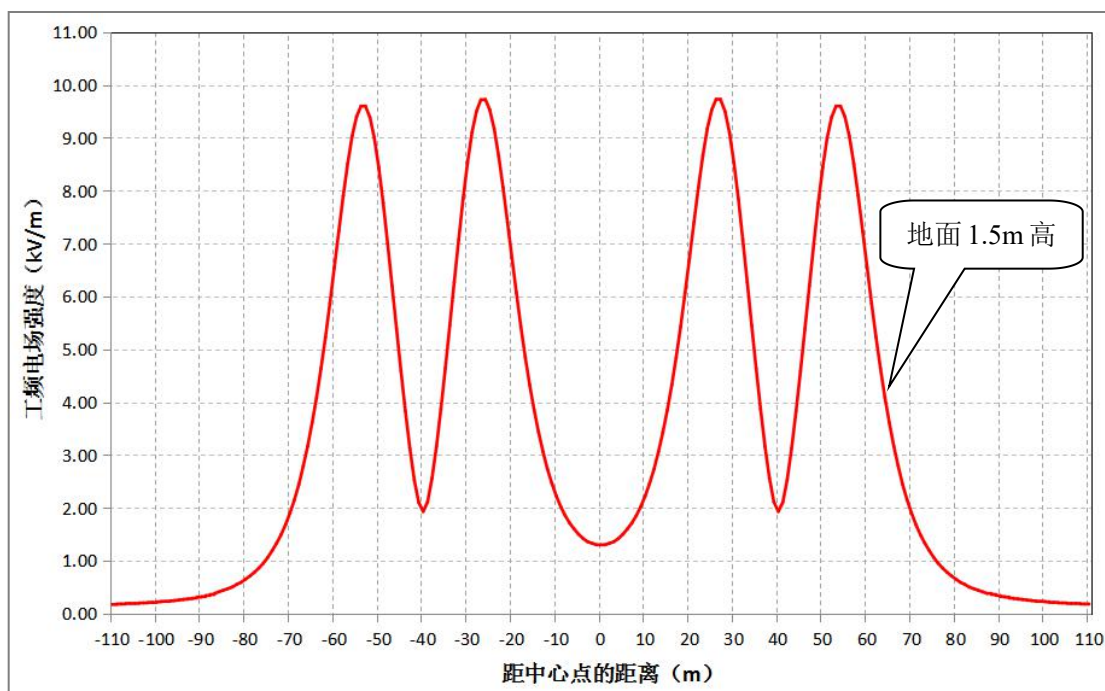


图 6-22 SJC29154 塔导线高度为 11.5m 时并行线下工频电场强度分布曲线

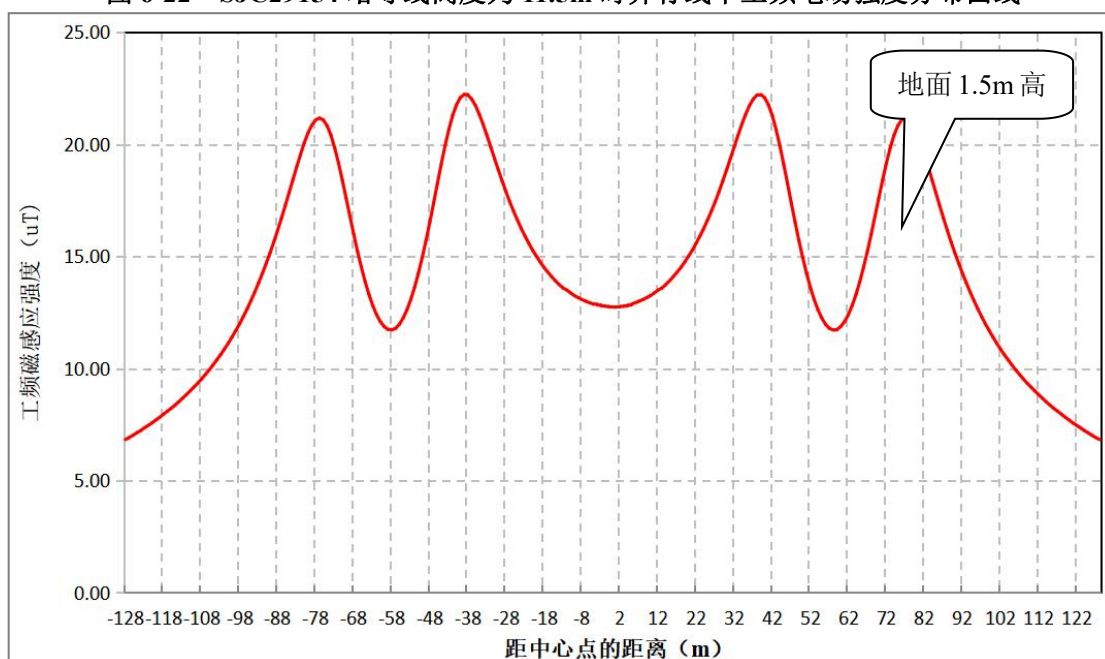


图 6-23 SJC29154 塔导线高度为 11.5m 时并行线下工频磁感应强度分布曲线

表 6-32 本工程 2 回双回线路并行段叠加电磁环境影响预测结果

预测塔型	SJC29154	
并行线路最小间距 (m)	80	
导线高度 (m)	11.5	
预测点高度	离地 1.5m	
测点距中心点距离 (m)	工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)
-110	0.17	13.62
-100	0.22	15.22
-90	0.32	17.29
-80	0.65	20.15
-70	1.90	24.55
-60	6.55	31.78

-50	8.44	32.90
-40	1.93	28.06
-30	8.53	34.73
-20	6.73	35.57
-10	2.22	30.62
0	1.30	29.14
10	2.22	30.62
20	6.73	35.57
30	8.53	34.73
40	1.93	28.06
50	8.44	32.90
60	6.55	31.78
70	1.90	24.55
80	0.65	20.15
90	0.32	17.29
100	0.22	15.22
110	0.17	13.62
最大值及出现位置	9.73 (边导线内侧 2m 处)	37.39 (边导线内侧 1m 处)

①工频电场环境影响

从图 6-22 及表 6-32 可以看出，本工程 2 回双回线路并行段在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线高度为 11.5m 时，线下地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.73kV/m（出现在边导线内侧 1m 处），满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所电场强度控制限值（10kV/m）要求。

②工频磁场环境影响

从图 6-23 及表 6-32 可以看出，本工程 2 回双回线路并行段在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线高度为 11.5m 时，线下地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 37.39 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

（2）本工程 4 回单回线路并行段

本段并行线路预测分析，本工程相邻 2 回单回线路均采用 ZBB263 塔进行预测。选取相邻 2 回单回线路的中心点为坐标 0 点，并行线路在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，保证线下工频电场小于 10kV/m 相应导线高度提升至 12m 时，线下地面 1.5m 高处叠加电磁环境影响预测结果见表 6-33，叠加工频电场强度分布曲线见图 6-24，叠加工频磁感应强度分布曲线见图 6-25。

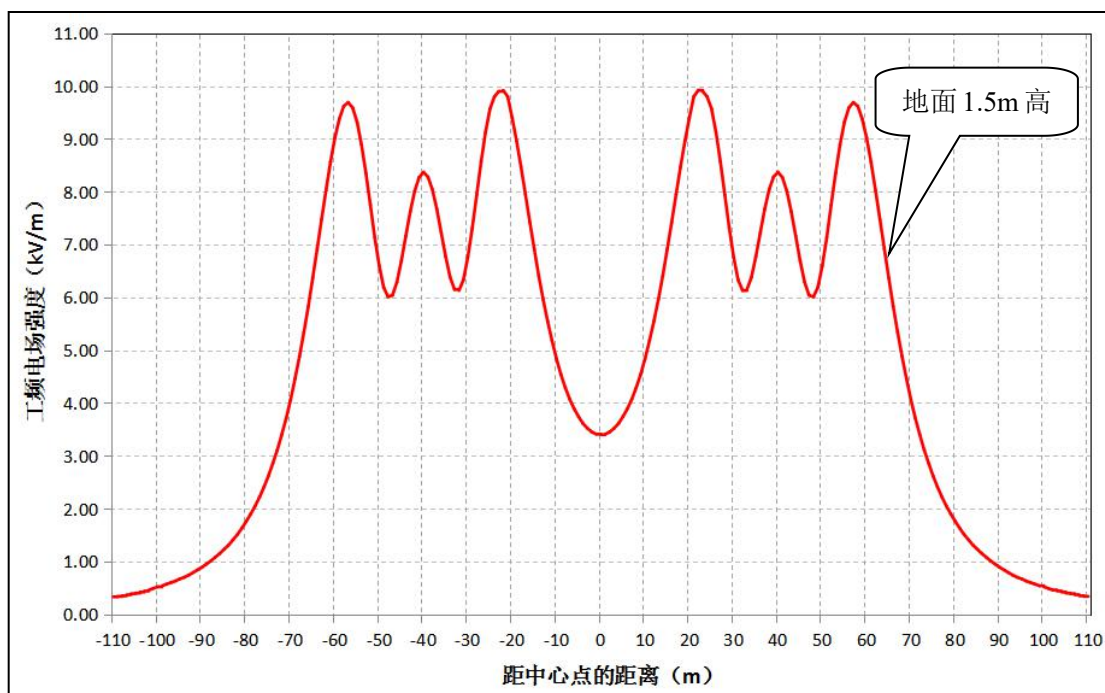


图 6-24 ZBB263 塔导线高度为 12m 时并行线下工频电场强度分布曲线

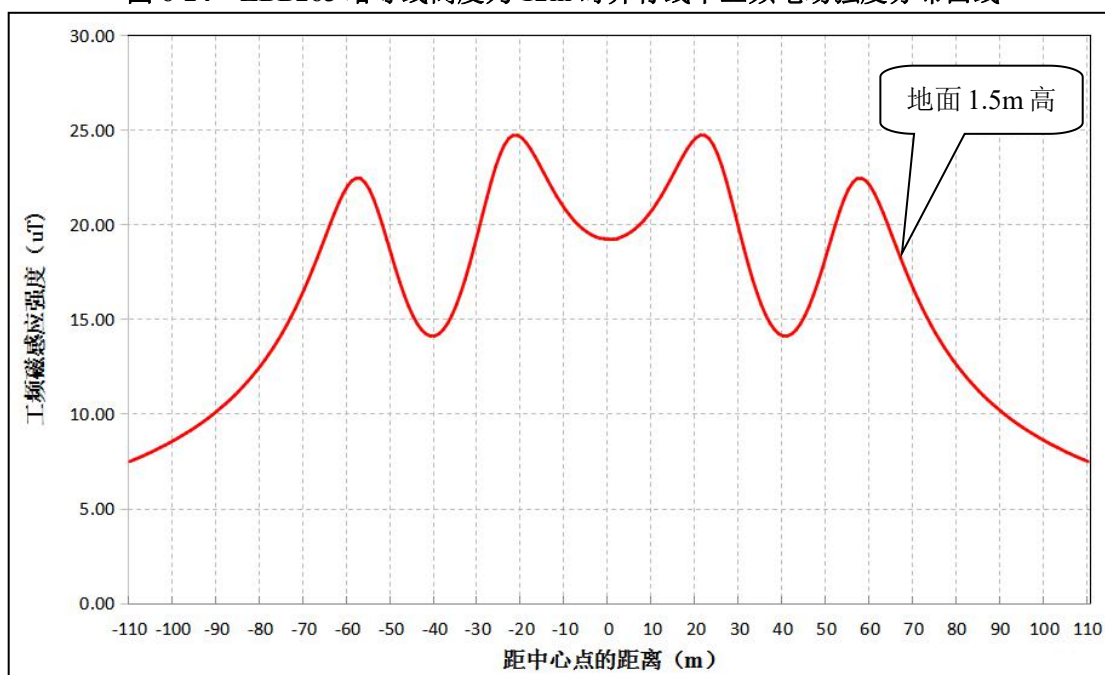


图 6-25 ZBB263 塔导线高度为 12m 时并行线下工频磁感应强度分布曲线

表 6-33 本工程 4 回单回线路并行段叠加电磁环境影响预测结果

预测塔型	ZBB263	
并行线路最小间距 (m)	80	
导线高度 (m)	12	
预测点高度	离地 1.5m	
测点距中心点距离 (m)	工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)
-110	0.33	7.47
-100	0.52	8.57
-90	0.89	10.13
-80	1.76	12.52
-70	4.06	16.54

-60	9.02	22.02
-50	6.60	18.42
-40	8.37	14.10
-30	6.76	19.62
-20	9.40	24.56
-10	4.84	20.77
0	3.40	19.20
10	4.84	20.77
20	9.40	24.56
30	6.76	19.62
40	8.37	14.10
50	6.60	18.42
60	9.02	22.02
70	4.06	16.54
80	1.76	12.52
90	0.89	10.13
100	0.52	8.57
110	0.33	7.47
最大值及出现位置	9.92（边导线外侧 1m 处）	24.70（边导线外侧 2m 处）

①工频电场环境影响

从图 6-24 及表 6-33 可以看出，本工程 4 回单回线路并行段在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线高度为 12m 时，线下地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.92kV/m（出现在边导线外侧 1m 处），满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所电场强度控制限值（10kV/m）要求。

②工频磁场环境影响

从图 6-25 及表 6-33 可以看出，本工程 4 回单回线路并行段在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线高度为 12m 时，线下地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 24.70 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

6.2 声环境影响预测与评价

6.2.1 类比分析

500kV 输电线路运行时，导线的电晕放电会产生一定的噪声。

（1）噪声类比监测

为了预测本工程输电线路运行后的噪声水平，对线路运行产生的噪声进行了类比监测。

1) 类比监测资料

①500kV 单回线路

本工程单回路线路类比分析选取四川地区已投运的 500kV 蜀山一线作为本工程线路单回段类比线路。

本次类比引用 2009 年《成都市城市发展远景电力设施规划环境监测报告》（报告编号：SDY/131/BG/002-2008），四川省电力环境监测研究中心站对已运行的 500kV 蜀山一线进行了监测，本工程线路类比分析利用其监测断面的噪声监测资料。

②500kV 双回线路

本工程双回线路采用同塔双回垂直逆相序排列，本期双回线路类比分析选取四川地区已投运的 500kV 雅安~尖山双回线路作为本工程双回段类比线路。

根据 2015 年《四川新津 500kV 输变电工程环境监测报告》（报告编号：CHDS 字[2015]第 0075 号），四川省创晖德盛环境检测有限公司对已运行的 500kV 500kV 雅安~尖山双回线路进行了监测，本工程线路类比分析利用其监测断面的噪声监测资料。

2) 类比线路监测环境

表 6-34 类比线路监测环境一览表

监测项目	500kV 雅安~尖山双回线路	500kV 蜀山一线
线路电压	500kV	525.81kV
线路电流	500kV 雅安~尖山一线：161.32A 500kV 雅安~尖山二线：163.91 A	245.16A
导线对地高度	39m	23m
气象条件	环境温度：15~17℃；环境湿度：65~71%；天气状况：晴；风速：0.8~1.1m/s	环境温度：22.5℃；环境湿度：56.1%；天气状况：晴；风速：1.2m/s

2) 监测方法

按《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的监测方法，评价线路运行时产生的噪声对周围环境的影响。

3) 监测结果

类比线路运行产生的噪声类比监测结果见表 6-35a 和 6-35b。

①500kV 单回线路

表 6-35a 单回线路噪声类比监测结果

测点 编号	测点位置	测量结果 (dB(A))	
		昼间	夜间
1	距线路中心 0m	33.9	31.5
2	距线路中心 5m	35.1	33.8
3	距线路中心 10m	39.2	37.4
4	距线路中心 15m	37.1	35.8
5	距线路中心 20m	36.9	24.8
6	距线路中心 25m	38.3	36.5
7	距线路中心 30m	33.3	31

②500kV 双回线路

表 6-35b 双回线路噪声类比监测结果

测点 编号	测点位置	测量结果 (dB(A))	
		昼间	夜间
1	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点处	47.4	36.5
2	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 5m	45.2	37.4
3	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 10m	44.8	37.8
4	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 15m	45.6	37.5
5	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 20m	44.5	36.9
6	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 25m	43.6	36.4
7	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 30m	43.2	37.4
8	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 35m	44.3	36.2
9	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 40m	42.7	36.8
10	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 45m	42.6	37.1
11	500kV 雅安~尖山一回线路 237#~238#杆塔边导线投影点外 50m	41.4	36.3

5) 输电线路噪声类比结果预测评价

①500kV 单回线路

根据监测数据，500kV 蜀山一线监测断面昼间噪声最大值为 39.2dB(A)，夜间噪声最大值为 37.4dB(A)，昼、夜间噪声均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准限值（昼间 60dB（A），夜间 50dB（A））要求，监测断面噪声值随着距离增加变化趋势不明显。

②500kV 双回线路

根据监测数据，500kV 雅安~尖山双回线路监测断面昼间噪声最大值为 47.4 dB(A)，夜间噪声最大值为 37.8dB(A)，昼、夜间噪声均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准（昼间 60dB（A），夜间 50dB（A））要求，监测断面噪声值随着距离增加变化趋势不明显。

6.2.2 输电线路噪声理论预测

输电线路噪声理论预测模式采用美国 BPA（邦维尔电力局）的预测公式，该预测公式是根据各种不同的电压等级、分裂方式的实际试验线路上长期实测数据推导出来的，并经与实测结果比较，比较结果表明，预测值与实测值非常接近。因此，认为该公式具有较好的代表性和准确性。具体预测公式如下。

$$SLA = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{\frac{PWL_i - 11.4 \lg R_i - 5.8}{10}}$$

式中： SLA ——A 计权声级（dBA）

R_i ——预测点到被测相导线的距离（m）

N ——相数

PWL_i ——相导线声功率级(dB)

其中， PWL_i 按下式计算：

$$PWL(i) = -164.6 + 120 \lg E + 55 \lg deq$$

式中： E ——某相导线的表面电位梯度（kV/cm）

deq ——导线等效半径， $deq = 0.58n^{0.48}d$ (mm)

n ——分裂导线数目

d ——次导线直径（mm）

该预测公式对于分裂间距为 30-50cm，导线表面梯度为 10-25kV/cm 的常规对称分裂导线有效。本工程输电线路分裂间距 50cm，导线表面电位梯度在 13-18kV/cm，因此符合使用该公式要求。

（1）双回线路（垂直逆相序排列）

本工程双回线路（垂直逆相序排列）不同线高离地 1.2m 处的噪声预测结果见图 6-26 和表 6-36。

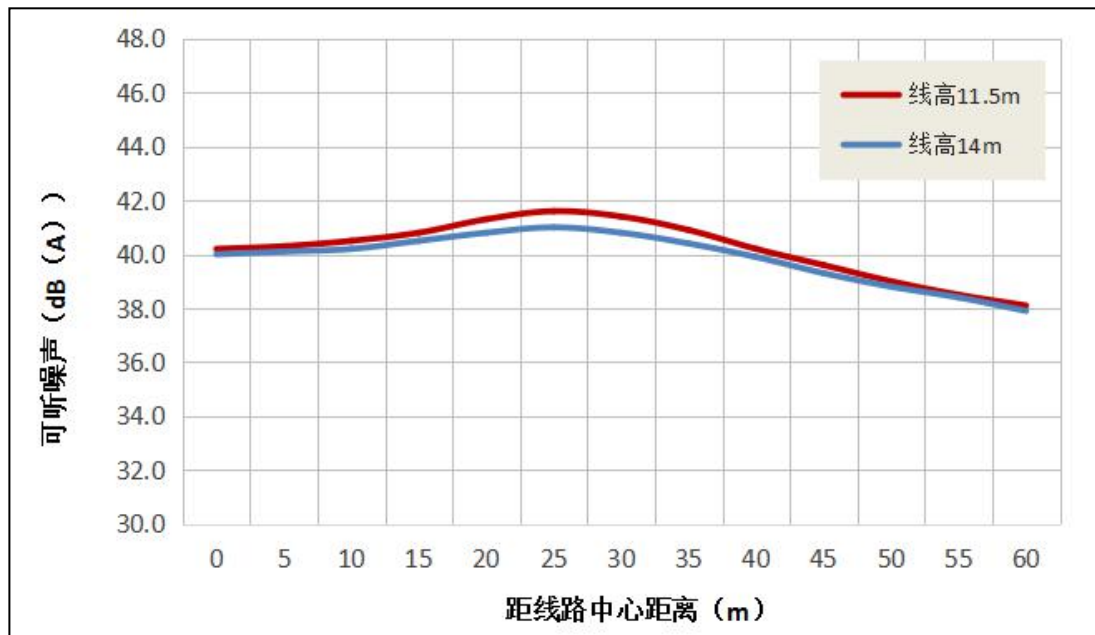


图 6-26 双回线路（垂直逆相序排列）噪声预测结果

表 6-36 本工程双回线路（垂直逆相序排列）可听噪声预测结果

预测项目	可听噪声 (dB (A))	
预测塔型及导线排列方式	SJC29154、垂直逆相序排列	
导线对地高度 (m)	11.5	14
距线路中心距离 (m)		
0	40.2	40.0
5	40.3	40.1
10	40.5	40.2
15	40.8	40.5
20	41.3	40.8
25	41.6	41.0
30	41.4	40.8
35	40.9	40.4
40	40.2	39.9
45	39.6	39.3
50	39.0	38.8
55	38.5	38.4
60	38.1	37.9
边导线处	41.4	40.8
距离边导线 5m 处	40.8	40.4
距离边导线 10m 处	40.1	39.8
距离边导线 15m 处	39.5	39.3
距离边导线 20m 处	39.0	38.8

由图 6-26 和表 6-36 可见，本工程双回线路（垂直逆相序排列）可听噪声随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距边导线距离越远可听噪声越低。导线对地高度为 11.5m、14m 时，线下可听噪声最大值分别为 41.6dB (A) 和 41.0dB (A)；边导线 5m 处的可听噪声分别为 40.8dB (A) 和 40.4dB (A)。与环境现状值叠加后，预测值均低于相应评价标准限值。

(2) 单回线路（水平排列）

本工程单回线路(水平排列)不同线高离地 1.2m 处的噪声预测结果见图 6-27 和表 6-37。

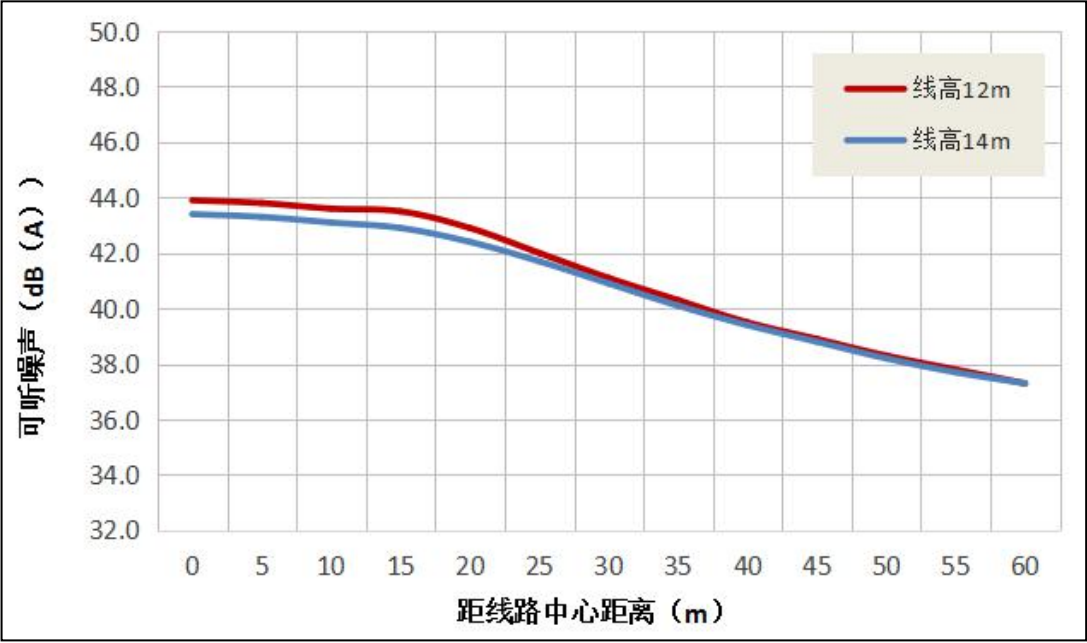


图 6-27 单回线路（水平排列）噪声预测结果

表 6-37 本工程单回线路（水平排列）可听噪声预测结果

预测项目	可听噪声（dB（A））	
预测塔型及导线排列方式	ZBB263、水平排列	
导线对地高度（m）	12	14
距线路中心距离（m）		
0	43.9	43.4
5	43.8	43.3
10	43.6	43.1
15	43.5	42.9
20	42.9	42.4
25	42.0	41.7
30	41.1	40.9
35	40.3	40.1
40	39.5	39.4
45	38.9	38.8
50	38.3	38.2
55	37.8	37.7
60	37.3	37.3
边导线处	43.4	42.8
距离边导线 5m 处	42.7	42.3
距离边导线 10m 处	41.8	41.5
距离边导线 15m 处	40.9	40.7
距离边导线 20m 处	40.1	39.9

由图 6-27 和表 6-37 可见，本工程单回线路（水平排列）可听噪声随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距线路中心距离越远可听噪声越低。导线对地高度为 12m、14m 时，线下可听噪声最大值分别为 43.9dB（A）和 43.4dB（A）；边

导线 5m 处的可听噪声分别为 42.7dB（A）和 42.3dB（A）。与环境现状值叠加后，预测值均低于相应评价标准限值。

（3）单回线路（三角排列）

本工程单回线路(三角排列)不同线高离地 1.2m 处的噪声预测结果见图 6-28 和表 6-38。

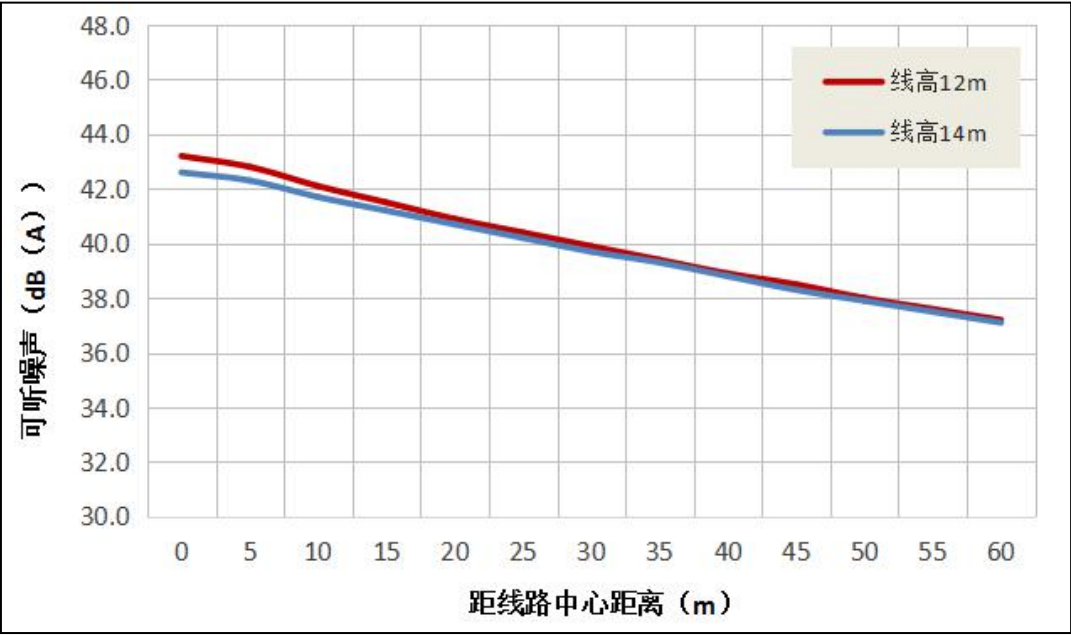


图 6-28 单回线路（三角排列）噪声预测结果

表 6-38 本工程单回线路（三角排列）可听噪声预测结果

预测项目	可听噪声（dB（A））	
预测塔型及导线排列方式	JGB262、三角排列	
导线对地高度（m）	11.5	14
距线路中心距离（m）		
0	43.2	42.6
5	42.8	42.3
10	42.1	41.7
15	41.5	41.2
20	40.9	40.7
25	40.4	40.2
30	39.9	39.7
35	39.4	39.3
40	38.9	38.8
45	38.5	38.3
50	38.0	37.9
55	37.6	37.5
60	37.2	37.1
边导线处	40.8	40.6
距离边导线 5m 处	40.3	40.1
距离边导线 10m 处	39.8	39.7
距离边导线 15m 处	39.4	39.2
距离边导线 20m 处	38.9	38.7

由图 6-28 和表 6-38 可见，本工程单回线路（三角排列）可听噪声随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距线路中心距离越远可听噪声越低。导线对地高度为 11.5m、14m 时，线下可听噪声最大值分别为 43.2dB（A）和 42.6dB（A）；边导线 5m 处的可听噪声分别为 40.3dB（A）和 40.1dB（A）。与环境现状值叠加后，预测值均低于相应评价标准限值。

6.3 居民敏感目标环境影响预测

本工程输电线路评价范围内共有 19 处居民敏感点，本次环评对其中 8 个居民敏感点的电磁环境、声环境现状进行了监测。

本工程所经地段均为乡村自然型环境，沿线电磁环境和声环境现状差异不大。根据现场踏勘，本工程输电线路沿线分布有 1 层~2 层不同高度、不同距离的房屋，本次环评对各敏感点处工频电场强度、工频磁感应强度的预测值按不同楼层距线路边导线不同距离的理论计算值与现状监测值相叠加，噪声预测值则采用理论计算值与现状监测值叠加。对于未能进行监测的居民敏感点处，工频电磁场、噪声现状监测值采用同一行政乡镇、具有代表性的敏感目标处的工频电磁场、声环境监测值代替。

本工程输电线路对附近居民敏感点的影响预测结果见表 6-39。

表 6-39 本工程输电线路对敏感点的环境影响预测结果

序号	敏感点名称		导线排列方式	房屋类型	与边导线的最近距离	导线高度（m）	数据来源	E(V/m)	B(μT)	N（dB（A））	
										夜间	昼间
1	宁南县跑马镇	新田村 4 组	同塔双回垂直逆相序排列	1 层平顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33
							理论值	960	15.65	38.8	
							预测值	960.538	15.66	41.9	39.8
2		新田村 3 组	同塔双回垂直逆相序排列	1 层平顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33
							理论值	470	12.87	37.8	
							预测值	470.538	12.88	41.5	39.0
				2 层平顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33
							理论值	1650	18.28	39.3	
							预测值	1650.538	18.29	42.2	40.2
3		菲地村 6 组▲	同塔双回垂直逆相序排列	2 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33
							理论值	230	10.20	36.3	
							预测值	230.538	10.21	40.9	38.0
4		菲地村 7 组	双回路垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33
							理论值	190	9.40	35.8	
							预测值	190.538	9.41	40.7	37.6
5	菲鲁村 2 组	同塔双回垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33	
						理论值	1450	16.90	39.3		
						预测值	1450.538	16.91	42.2	40.2	
6	菲鲁村 1 组	同塔双回垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.538	0.010	39	33	
						理论值	920	15.15	38.8		
						预测值	920.538	15.16	41.9	39.8	
7	布拖县合井乡	合井村 4 组▲	同塔双回垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.506	0.010	36	31
							理论值	2450	19.09	39.8	
							预测值	2450.506	19.10	41.3	40.3
8		合井村 10 组	同塔双回垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.506	0.010	36	31
							理论值	450	12.57	37.8	
							预测值	450.506	12.58	40.0	38.6

序号	敏感点名称		导线 排列方式	房屋类型	与边导线的 最近距离	导线高度 (m)	数据来源	E(V/m)	B(μT)	N (dB (A))	
										夜间	昼间
9	布拖县 龙潭镇	胜利村 2 组	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	1.793	0.013	45	33
							理论值	2450	19.09	39.8	
							预测值	2451.793	19.10	46.1	40.6
10		胜利村 3 组	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	1.793	0.013	45	33
							理论值	270	10.76	36.8	
							预测值	271.793	10.77	45.6	38.3
				1 层平顶房屋	**	14	现状值	1.793	0.013	45	33
							理论值	280	10.95	37.2	
							预测值	281.793	10.96	45.7	38.6
				2 层平顶房屋	**	14	现状值	1.793	0.013	45	33
							理论值	290	11.13	37.8	
							预测值	291.793	11.14	45.8	39.0
11		胜利村 5 组	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	1.793	0.013	45	33
							理论值	190	9.40	35.8	
							预测值	191.793	9.41	45.5	37.6
12		红旗村 9 组▲	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	1.793	0.013	45	33
							理论值	450	12.57	37.8	
							预测值	451.793	12.58	45.8	39.0
13	布拖县 包谷坪乡	洛觉村 2 组▲	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	5.516	0.009	41	33
							理论值	450	12.57	37.8	
							预测值	455.516	12.58	42.7	39.0
				2 层斜顶房屋	**	14	现状值	5.516	0.009	41	33
							理论值	1520	17.65	39.3	
							预测值	1525.516	17.66	43.2	40.2
14	布拖县 美撒乡	俄觉村 2 组▲	单回三角排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	4.698	0.011	43	36
							理论值	540	7.25	36.7	
							预测值	544.698	7.26	43.9	39.4
15	布拖县 觉撒乡	马依包村 1 组▲	单回三角排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.709	0.010	36	31
							理论值	540	7.25	36.7	

序号	敏感点名称		导线排列方式	房屋类型	与边导线的最近距离	导线高度(m)	数据来源	E(V/m)	B(μT)	N (dB (A))	
										夜间	昼间
							预测值	540.709	7.26	39.4	37.7
16		补基村 1 组	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.709	0.010	36	31
							理论值	2450	19.09	39.8	
							预测值	2450.709	19.10	41.3	40.3
17		补基村 4 组	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.709	0.010	36	31
							理论值	620	13.74	38.3	
							预测值	620.709	13.75	43.0	39.0
				2 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.709	0.010	36	31
							理论值	650	14.11	39.5	
							预测值	650.709	14.12	43.0	39.0
18	布拖县 拖觉镇	老鸠规村 2 组▲	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.546	0.010	41.1	40.1
							理论值	620	13.74	38.3	
							预测值	620.546	13.75	39.2	38.9
19	布拖县 特木里镇	先锋村 5 组▲	同塔双回 垂直逆相序排列	1 层斜顶房屋	**	14	现状值	0.515	0.011	34	30
							理论值	270	10.76	36.8	
							预测值	270.515	10.77	38.6	37.6

注：1.▲—环境现状监测点位；

2. E—工频电场、H—工频磁场、N—噪声；

3. 1~13、16~19 号敏感目标为双回线路敏感目标，14、15 号敏感目标为单回线路敏感目标；

4. 表中与边导线的最近距离为工程拆迁民房后，估算的敏感目标距线路边导线的最近距离，工程拆迁范围内的居民，不纳入本工程环境敏感点；

5. 工程拆迁后本工程两两相邻的线路之间无居民敏感目标分布。

6. 根据现场调查情况，本次统计的电磁环境及声环境类环境保护目标根据初设阶段线路路径确定，上述保护目标可能会因为工程设计的深入和优化而有所调整。建议下阶段线路路径设计时尽量优化，线路离保护目标距离不应小于上述保护目标距离。

从表 6-27 的预测结果可以看出，线路沿线居民敏感目标处工频电场强度最大预测值为 **2451.793V/m**，满足公众曝露控制限值（4000V/m）要求；工频磁感应强度最大预测值为 **19.10 μ T**，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求；噪声最大预测值昼间为 **46.1dB（A）**，夜间为 **40.6dB（A）**，声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准要求。

因此本工程建成投运后，输电线路对沿线居民敏感目标处的环境影响均能满足相应评价标准的要求。

6.4 地表水环境影响分析

输电线路运行期间无废污水产生。本工程输电线路主要跨越交际河、依补河等，线路跨越上述河流时采用一档跨越，不在水中立塔，线路运行不会影响河道生态环境。因此，本工程运行期对当地水环境不会产生影响。

6.5 环境风险

输电线路无重大危险源，本工程在运行期间无环境风险。

7 生态评价专章

7.1 评价范围、内容、重点

7.1.1 评价等级

根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发〔2018〕24号），本工程白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，输电线路穿越生态保护红线长度约 27.2km，立塔约 63 基，在红线内永久占地面积约 2.52hm²。

本工程新建输电线路总长66km，根据收资及现场踏勘，本工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）中对于相关评价工作分级的要求（见表2-4），本工程生态影响评价工作等级应为三级，评价时以线路穿越生态保护红线区段作为生态评价重点。

7.1.2 评价范围

本工程属于线性工程项目，其主要生态影响在于输电线路塔基建设过程中的影响。考虑到该建设项目的特点，本次生态影响评价的范围主要为500kV输电线路其周边300m的范围，涉及生态保护红线的线路段扩大到线路边导线地面投影外两侧各1000m以内的带状区域。

7.1.3 评价内容和重点

评价内容包括现状调查、现状评价、影响预测、恢复措施等内容。根据资料收集情况和实地调查概况确定评价区的评价重点为：

（1）项目区范围内的植物种类和天然植被；（2）项目区范围内的野生动物种类；（3）输电线路穿越的生态保护红线。

7.2 评价方法

参照卫星影像资料，结合实地调查，分析评价范围内土地利用、植被分布情况，同时调查了解生态敏感目标现状及其主要保护对象，以及主要生态环境与建设项目的关系，收集重要物种的相关资料。

对项目实施区的动植物资源种类，在调查过程中记录工程沿线的主要物种种类，同时结合以往在凉山州地区的调查和研究结果，对动物种类的分布范围、生态习性等方面的情况进行综合分析。野生动物的数量，采用典型地点观测数据推

算的方法获取。

根据工程的环境影响因子及可能受影响的环境要素，采用类比分析法、图形叠置法等基本方法，预测工程建成后对周围生态环境的影响程度，提出相应的生态保护措施。

7.3 生态环境现状调查及评价

7.3.1 植被类型调查及评价

7.3.1.1 植被调查方法

(1) 资料收集

根据评价区域综合考察资料及近几年有关植物的专业研究资料，明确评价区植物区系组成特点（区系地理分布，维管植物名录）以及评价范围内国家和地方重点保护植物种类，保护等级、分布范围和种群数量特征。

(2) 野外调查

结合项目评价区现状查勘信息，进行植被调查。植被与景观生态调查包括影响植被的自然环境特征（气候、土壤、地貌、水文）、植被类型及特征（具体到群系）、植被类型、面积及现存量（包括生物量、数量或密度）、分布规律、景观生态结构；陆生植物资源调查包括植物区系组成特点，珍稀濒危及特有物种生态特点、分布环境等。

植物植被调查重点：植物区系组成特点、植被群落类型、优势种、面积、平均净生产力、近年植物种类变化情况、列入国家级保护的植物类型和栖息环境；重点落实评价区内国家或省级重点保护植物的分布、生长环境。

(3) 3S技术综合

在以上样地调查的基础上，结合现场拍摄相关照片，GPS定位数据，采用传统生物调查与最新现代遥感技术结合的方法，应用ETM遥感影像进行专题解译，在GIS平台上建立土地利用、植被类型、土壤侵蚀等数据库，进行生态现状制图。

7.3.1.4 评价区的植被类型

本项目评价区的植被类型包括自然植被和人工植被，其中自然植被可以分为6个植被型（包含人工植被），13个群系纲，30个群系；人工植被划分出1个植被型2种栽培类型。见表7-4。

表 7-4 评价区植被类型

被型	群系纲	群系组	群系
阔叶林	(一) 亚热带常绿阔叶林	1. 中山常绿阔叶林	(1) 黄青冈林
			(2) 高山栲林
			(3) 多变石栎林
	(二) 亚热带落叶阔叶林	2. 栎类林	(4) 栓皮栎、麻栎林
			(5) 槲栎林
	(三) 亚热带落叶阔叶林	3. 桦木林	(6) 桦木林
		4. 山杨林	(7) 杨树林
	(四) 亚热带山地硬叶常绿阔叶林	5. 高山栎类林	(8) 川滇高山栎林
			(9) 铁橡栎林
II 针叶林	(五) 亚热带中山常绿针叶林	6. 松林	(10) 云南松林
		7. 柏木林	(11) 干香柏林
		8. 松林	(12) 高山松林
	(六) 亚热带高山常绿针叶林	9. 铁杉林	(13) 云南铁杉林
		10. 云杉林	(14) 丽江云杉林
		11. 冷杉林	(15) 长苞冷杉林
	(七) 亚热带落叶针叶林	12. 落叶松林	(16) 大果红杉林
III 灌丛	(八) 山地灌丛	13. 落叶阔叶灌丛	(17) 蔷薇、悬钩子、构子灌丛
			(18) 白刺花、羊蹄甲、木蓝杂类灌丛
	(九) 亚高山-高山灌丛	14. 落叶阔叶灌丛	(19) 柳灌丛
		15. 栎类灌丛	(20) 绣线菊灌丛
			(21) 高山栎类灌丛
			(22) 杜鹃灌丛
			(23) 香柏灌丛
	(十) 干旱河谷灌丛	16. 常绿阔叶灌丛	(24) 箭竹灌丛
		17. 常绿针叶灌丛	(25) 仙人掌灌丛
IV 稀树草丛	(十一) 稀树灌木草丛	20. 干旱河谷稀树灌木草丛	(26) 清香木、小马鞍羊蹄甲、猫乳、香茶菜灌草丛
			(27) 铁橡栎、清香木、金合欢稀树灌草丛
	(十二) 山地草丛	21. 禾草草丛	(28) 须芒草、芸香草、扭黄茅草丛
V 草甸	(十三) 亚高山草甸	22. 亚高山禾草草甸	(29) 糙野青茅、野古草禾草草甸
		23. 亚高山杂类草草甸	(30) 柳兰、银莲花、紫花碎米荠等杂类草草甸
VI 人工植被	(31) 小麦、玉米、马铃薯一年一熟类型		
	(32) 玉米(水稻)-蔬菜一年两熟(三熟)套作间作类型		

7.3.1.5 评价区的植被水平分布规律

评价区所处地段的植被类型为中国西南特有的干旱河谷植被的主要分布地，这种河谷植被类型是在西南季风气候控制的焚风效应和独特的高原河谷地形条件下形成的，属非地带性植被。干旱河谷植被指的就是在干旱河谷底部上下大约 500m 的海拔范围内的带状植被，其中含有许多热带的植物成分。

评价区所在的南北走向的金沙江河谷属典型的干旱河谷。“干”的环境表示全年蒸发量大于降水量 3~6 倍。此段南北走向的干热河谷基本上连续分布，现有干旱河谷植被主要为干旱稀树灌草丛和落叶阔叶灌丛，以须芒草、白刺花等最为常见。评价区内的河谷植被南北差异不大，水平差异主要表现在局部地形、支流等引起水分条件变化造成的植被变化。沿河流两侧有相对较好水分状况的局部地

段，可见条状、线状的落叶常绿阔叶林分布，以杨树、桦木、高山栎等为优势，但比较稀少。

7.3.1.6 评价区的植被垂直分布规律

工程区域地质构造复杂，地形地貌多样，海拔高差悬殊，气候垂直梯度明显，因此植被垂直分布带谱也十分明显。

(1) 在海拔800~1900m（最高者可达2200m）的河谷分布有白刺花、仙人掌、金合欢、余甘子、清香木、西南杭子梢、黄背草、黄茅等组成的亚热带、热带灌丛及灌草丛。植被类型主要为亚热带干旱河谷灌丛，次为云南松疏林。这个海拔还分布有含栎类、旱冬瓜、南烛等的云南松林，基本都是次生林。

(2) 海拔2200~3200m的阳坡分布有混交川滇高山栎、匙叶栎、黄背栎、光叶高山栎的云南松林；北部边缘地段则由高山松代替云南松而与高山栎类混交；在阴坡分布有混交华山松的云南松林，并有滇西青冈分布。植被类型主要为云南松林，局部阴湿谷地残存亚热带常绿阔叶林。

(3) 海拔2900~3200m，分布亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林带：植被类型主要为铁杉、桦木、槭树针阔叶混交林，上接云杉林。

(4) 海拔3200~3900m的地段，属亚热带和热带针叶林（暗针叶林）带。海拔3100~3400m为丽江云杉林，其上段以丽江云杉为优势，下段混生有少数川滇冷杉和黄果冷杉。海拔3000~3950m为长苞冷杉林，上段多为纯林，下段混生有少量丽江云杉、川滇冷杉和黄果冷杉。这个海拔还分布有川白桦林、高山栎林、川滇高山栎林。在木里山原面和高山顶部海拔3600m以上的阳坡还分布有高山禾草、杂类草草甸。

(5) 海拔3500~4000m地段的砾石坡上有稀疏的长苞冷杉、大果红杉纯林林，属亚热带和热带山地针叶林带，点缀在各个崎岖的山峰上部。

(6) 海拔3600m以上，分布有嵩草、杂类草草甸和亚热带高山灌丛、草甸带。

7.3.1.7 陆生植物

(1) 植物种类组成

通过对评价区所涉及植物资源的实地调查和对历年积累的植物区系资料的系统整理，得出该区域维管束植物共有123科442属661种（包括栽培种和外来种），包括蕨类13科19属25种；种子植物95科318属472种（其中，裸子植物3科4属4种，

被子植物92科314属468种），详见表7-5。

表 7-5 评价区野生维管束植物统计表

项 目	蕨类植物			种子植物					
				裸子植物			被子植物		
	科	属	种	科	属	种	科	属	种
评价区	13	19	25	3	4	4	110	423	636
四川	52	141	880	9	27	88	182	1474	8453
云南	59	182	1443	10	29	93	256	2018	10755
全国	63	228	2600	10	34	238	291	2940	25000
评价区占四川 (%)	25.00	13.48	2.84	33.33	14.81	4.55	50.55	21.30	5.54
评价区占全国 (%)	20.63	8.33	0.96	30.00	11.76	1.68	31.62	10.68	1.87

(2) 植物区系分布特点

评价区共有维管束植物含1-4属的有92科，占科总数的85.19%，包括松科、杨柳科、灯心草科等。这些科的存在对于评价本地区种子植物区系的特点具有重要的意义。含5-10属的有12科，占科总数的11.11%，如马鞭草科、兰科、玄参科等。含10属以上的有4科，占科总数的3.70%，其中菊科、禾本科是世界性大科，蝶形花科，蔷薇科等是中等大小的科。这些科数量不多，但科内属种丰富，是本区系物种多样性的重要来源。评价区维管束植物可分为14个类型，详见表7-6。

表 7-6 评价区种子植物属的分布区类型

分布区类型	属	占属总数 (%)
1.世界分布	31	—
2.泛热带分布	76	31.28
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	10	4.12
4.旧世界热带分布	21	8.64
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	6	2.47
6.热带亚洲至热带非洲分布	23	9.47
7.热带亚洲分布	10	4.12
8.北温带分布	43	17.70
9.东亚和北美洲间断分布	9	3.70
10.旧世界温带分布	15	6.17
11.温带亚洲分布	4	1.65
12.地中海、西亚至中亚分布	3	1.23
13.中亚分布	0	0.00
14.东亚分布	18	7.41
15.中国特有分布	5	2.06
总 计	274	100

7.3.2 陆生动物调查与评价

7.3.2.1 陆生动物评价方法

(1) 实地考察

到评价现场进行实地考察，主要考察项目区的各种主要生境。按照可变距离

样线法等传统动物生态学方法对草地、灌丛、林地、残存的原生植被等各种生境中的动物进行统计调查。调查中主要采用样方统计法、样地哄赶法、样点统计法等，针对鸟类、大型兽类、小型兽类、两栖类、爬行类等不同陆生动物的特点分别采用不同的数量统计法，调查了陆栖野生动物（哺乳类、鸟类、两栖类和爬行类）种类和数量、生态习性、分布范围等指标，以及栖息地环境条件。调查范围与陆生植物调查范围相同，重点内容是珍稀濒危保护和狭域性分布动物种类、数量、分布范围、生态习性、历史变化情况及其原因等。

（2）访问调查

在项目区及其周边地区通过对当地有野外经验的农牧民、林业工作者等进行访问和调查，与当地林业部门和林场的管理人员的有关同志进行交谈，了解当地动物的种类分布，数量情况。

（3）查阅相关资料

①查阅与该地的有关科学研究和野外调查资料；

②比照相应的地理纬度和海拔高度，对照相关的研究资料，核查和收集该地及相邻近地区相关资料。

综合实地调查、访问调查和资料汇总，通过分析归纳和总结，从而得出项目实施地及其周边地区的动物物种、种群数量和分布的资料，为评价和保护提供科学依据。

7.3.2.2 评价范围内的动物种类、大致数量及动物区系特征

本项目位于四川凉山州，地处横断山区，根据现场调查和历史资料记载，评价区共有陆生脊椎动物170种，其中两栖类2种，爬行类4种，鸟类72种，兽类15种。根据现阶段现场踏勘及收资情况，本工程评价范围内没有珍稀濒危及国家和四川省重点保护的野生动物分布。

表 7-7 工程评价区陆生动物一览表

类别	目	科	种
兽类	6	13	15
鸟类	11	33	72
爬行类	1	4	4
两栖类	2	3	2

（1）兽类多样性现状

①物种组成

在项目评价区共有兽类4目9科15种，其中啮齿目物种数最多，有3科9种。

从兽类的区系分布来看，工程评价区兽类以东洋界种类占优势，共有14种，包括喜马拉雅-横断山区型、南中国型和东洋型3种分布型，占评价区兽类总种数的56.00%；古北界种类有11种，含全北型、季风型、高地型、古北型和东北-华北型5种分布型，占评价区兽类总种数的44.00%。

②生态类群及分布特征

从生境特征来看，工程评价区兽类分为干旱河谷区兽类、阶地农田区兽类和高山森林-灌丛-草地区兽类3大生态类群。其中，以高山森林-灌丛-草地区兽类资源作为丰富，常见种有黄鼬、大林姬鼠、大耳姬鼠等；阶地农田区兽类数量较多的有大林姬鼠、社鼠等啮齿动物，野猪可能偶尔到此区域觅食；干旱河谷区兽类基本上是中小型种类，主要是啮齿类动物，如社鼠、大耳姬鼠和大林姬鼠等。

（2）鸟类多样性现状

①物种组成

根据现场调查，并结合四川现有鸟类物种多样性资料，工程评价区共有鸟类6目24科72种，现场调查中共记录鸟类18种，从物种构成来看，以雀形目为主。

②区系组成特点

从动物地理分布上，工程评价区鸟类以古北界和东洋界占优。各种分布型的鸟类混杂，东洋界分布和古北界分布的物种数接近，显示了评价区所处横断山脉中段动物地理区系的特点。

表 7-8 工程评价区鸟类分布型组成

动物地理区	分布型	物种数
东洋界	喜马拉雅-横断山区型	18
	南中国型	3
	东洋型	8
	合计	29
古北界	全北型	4
	中亚型	1
	季风型	2
	东北型	4
	高地型	3
	古北型	17
	合计	31
	广布种	12
合 计		72

③生态类群

从生境特征来看，工程评价区鸟类分为干旱河谷区鸟类、阶地农田区鸟类和高山森林-灌丛-草地区鸟类3种生态类群，其中以阶地农田区鸟类和高山森林-灌丛-草地区鸟类最多，详见表7-9。

表 7-9 工程评价区鸟类生态类群组成情况统计表

生态类群	鸟类种数	物种	种群数量
干 旱 河 谷 区	20	池鹭、白鹭、赤麻鸭、岩鸽、白腰雨燕、戴胜、岩燕、烟腹毛脚燕、白鹡鸰、黄头鹡鸰、黑卷尾、大嘴乌鸦、河乌、鹈鹕、棕胸岩鹟、褐岩鹟、红尾水鸲、白顶溪鸲、蓝矶鸫、紫啸鸫、山鹡鸰、斑胸短翅莺、黄腹柳莺、棕眉柳莺、戴菊、红翅旋壁雀	金沙江干流两岸常见鸟类有大嘴乌鸦、橙翅噪鹛、岩鸽、烟腹毛脚燕、山斑鸠、戴胜、白鹡鸰等
阶 地 农 田 区	54	山斑鸠、大杜鹃、白腰雨燕、戴胜、黑枕绿啄木鸟、大斑啄木鸟、小云雀、岩燕、烟腹毛脚燕、黄鹡鸰、黄头鹡鸰、白鹡鸰、灰背伯劳、黑卷尾、喜鹊、松鸦、达乌里寒鸦、大嘴乌鸦、小嘴乌鸦、河乌、棕胸岩鹟、褐岩鹟、红胁蓝尾鸲、蓝额红尾鸲、金色林鸲、黑喉红尾鸲、白喉红尾鸲、红尾水鸲、白顶溪鸲、蓝矶鸫、紫啸鸫、灰头鸫、锈脸钩嘴鹛、锈脸钩嘴鹛、大噪鹛、橙翅噪鹛、白眉雀鹛、山鹡鸰、斑胸短翅莺、黄腹柳莺、褐柳莺、棕眉柳莺、黄眉柳莺、黄腰柳莺、乌嘴柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、戴菊、大山雀、黑冠山雀、褐冠山雀、沼泽山雀、黑眉长尾山雀、旋木雀、高山旋木雀、麻雀、山麻雀、白眉朱雀、灰头灰雀	森林灌丛鸟类种类和数量最多
高山森林-灌丛-草地区	46	山斑鸠、大杜鹃、黑枕绿啄木鸟、大斑啄木鸟、小云雀、烟腹毛脚燕、黄鹡鸰、白鹡鸰、灰背伯劳、长尾山椒鸟、黑卷尾、松鸦、达乌里寒鸦、小嘴乌鸦、黑头噪鸦、河乌、金色林鸲、红胁蓝尾鸲、蓝额红尾鸲、黑喉红尾鸲、白喉红尾鸲、灰头鸫、大噪鹛、橙翅噪鹛、白眉雀鹛、高山雀鹛、斑胸短翅莺、黄腹柳莺、褐柳莺、黄腰柳莺、乌嘴柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、山鹡鸰、大山雀、褐冠山雀、沼泽山雀、黑眉长尾山雀、林岭雀、白眉朱雀、普通朱雀、红交嘴雀、白斑翅拟蜡嘴雀、红眉松雀、长尾雀、灰头灰雀	雀形目的小型鸟类种数较多，个体较小，在森林、灌丛和草地生境中都有分布

(3) 爬行类多样性现状

工程评价区有爬行动物1目3科4种，均属有鳞目，其中鬣蜥科1种，游蛇科2种，蝾螈科1种。

从区系组成来看，工程评价区4种爬行动物除白条锦蛇为古北界物种外，其余3种均为东洋界物种。从生态类群来看，主要为阶地农田类群（如草绿攀蜥）和高山森林-灌丛-草地（如双斑锦蛇）类群。各种类所属动物区系、分布类型及生境特征详见表7-10。

表 7-10 工程评价区爬行动物区系组成及特点一览表

种类名称	分布海拔(m)	生境特征
白条锦蛇 <i>Elaphe dione</i>	中低海拔	生活于田野、树林、斜坡、潮湿处
草绿攀蜥 <i>Japalura flaviceps</i>	1200~2520	河谷稀疏灌丛及岩石
高原蝮 <i>Gloydius strauchi</i>	1500~4320	农田、路边、向阳草坡和乱石堆
双斑锦蛇 <i>Elaphe bimaculata</i>	中低海拔	路边、草丛

工程评价区未发现国家和省级重点保护爬行动物，但有3种中国特有物种（草绿攀蜥、双斑锦蛇和高原蝮）分布。

（4）两栖动物多样性现状

工程评价区分布有两栖动物1目2科2种，均为无尾目。从区系组成看，2种两栖动物都属于喜马拉雅-横断山区型。

表 7-11 工程评价区两栖类动物区系组成及特点一览表

种类名称	分布海拔(m)	生境特征
刺胸猫眼蟾 <i>Scutiger mammatus</i>	2600~3600	山区平缓的中、小型山溪或泉水石滩地及其附近乔木稀少的杂草或灌丛处
圆疣蟾蜍 <i>Bufo tuberculatus</i>	2500~2700	河谷的水沟或静水坑附近的杂草丛中、石块下、土隙内及农作物丛下

工程评价区两栖动物主要有干旱河谷区、阶地农田区两大类群。其中圆疣蟾蜍分布海拔较低，主要生活在金沙江干流的支沟和阶地农田区内溪沟、水塘或旁边。刺胸猫眼蟾则生活在溪流旁边有石头、灌丛的生境中。

工程评价区未发现珍稀保护与特有两栖类分布。

7.4 生态类保护目标

根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发〔2018〕24号），本工程无法完全避让生态保护红线，白鹤滩左岸电站~布拖换流站一期 500kV 线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线。

根据收资及现场踏勘，本工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区，输电线路避让了沿线评价范围内的布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水源地等生态类保护目标。

7.4.1 生态保护红线

7.4.1.1 四川省生态保护红线概况

根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府

发〔2018〕24号），四川省生态保护红线总面积 14.80 万 km²，占全省幅员面积的 30.45%。空间分布格局呈“四轴九核”，分为 5 大类 13 个区块，主要分布在川西高原山地、盆周山地的水源涵养、生物多样性维护、水土保持生态功能富集区和金沙江下游水土流失敏感区、川东南石漠化敏感区。

四川省生态保护红线主要分布于川西高山高原、川西南山地和盆周山地，分布格局为“四轴九核”。“四轴”指大巴山、金沙江下游干热河谷、川东南山地以及盆中丘陵区，呈带状分布；“九核”指若尔盖湿地（黄河源）、雅砻江源、大渡河源以及大雪山、沙鲁里山、岷山、邛崃山、凉山—相岭、锦屏山，以水系、山系为骨架集中成片分布。

7.4.1.2 本工程涉及的生态保护红线

根据《四川省生态保护红线方案》，本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线。

该区位于川西南山地南部，属于川滇干热河谷土壤保持重要区，行政区涉及攀枝花市东区、攀枝花市西区、攀枝花市仁和区、盐边县、会理县、会东县、宁南县、布拖县、金阳县、雷波县，总面积 0.40 万 km²，占生态保护红线总面积的 2.73%，占全省幅员面积的 0.83%。

区内地貌以中山峡谷为主，受山地地形和干热气候影响，区域生态脆弱，水土流失敏感性高，是四川省乃至全国水土保持极重要区域，植被类型以亚热带松栎混交林和暖温带阔叶栎林为主。

该区保护重点为保护现有植被；加强退化生态区的自然恢复和生态修复；加强干热河谷区地质灾害防治和水土流失治理；加强金沙江及其支流水生生态系统保护。

7.4.1.3 生态保护红线区域水土流失现状

工程区域属于以水力侵蚀为主的西南岩溶区。本工程所处的布拖县和宁南县属金沙江下游国家级水土流失重点治理区，区域土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，宁南县侵蚀强度以微度、中度侵蚀为主，布拖县侵蚀强度以中度、强度侵蚀为主。

7.4.1.4 本工程与生态保护红线相对位置关系

本工程白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期500kV线路在宁南县、布拖县穿越金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线约27.2km，立塔约63基，永久占地面积约2.52hm²，具体相对位置关系详见附图5。

本工程输电线路穿越生态保护红线区域环境概况见下图：



穿越生态保护红线区域环境现状

7.4.2 布拖县拖觉镇集中式饮用水源地

（1）地理位置及范围

根据凉山彝族自治州人民政府《关于撤销、调整、划定乡镇集中式饮用水源保护区的批复》（凉府函〔2019〕23号），同意布拖县拖觉镇集中式饮用水源地划定方案，将水源保护区划分为一级保护区、二级保护区。

布拖县拖觉镇集中式饮用水源地类型为地下水型，位于布拖县拖觉镇老吉村5组依奎清。各保护区位置如下：

- 1）取水口：东经 102°50′28.09″，北纬：27°35′45.07″；
- 2）一级保护区：以取水口为中心，34m 为半径的圆形区域，面积为 0.0035km²；
- 3）二级保护区：以取水口为中心，340m 为半径的圆形区域（一级保护区范围除外），面积为 0.3402km²。

（2）与本工程相对位置关系

根据上述水源地划定方案，本工程不涉及布拖县拖觉镇集中式饮用水源地保护区范围，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距边界最近距离约 0.27km。

7.4.3 宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地

(1) 地理位置及范围

根据凉山彝族自治州人民政府《关于撤销、调整、划定乡镇集中式饮用水源保护区的批复》（凉府函〔2019〕23号），同意宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地划定方案，将水源保护区划分为一级保护区、二级保护区。

宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地类型为地下水型，位于宁南县跑马镇菲地村。各保护区位置如下：

1) 取水口：东经 102°49'56.63"，北纬：27°13'29.85"；

2) 一级保护区：以取水口为中心，70m 为半径的圆形区域，面积为 0.0274km²；

3) 二级保护区：以取水口为中心，700m 为半径的圆形区域（一级保护区范围除外），面积为 1.9566km²。

(2) 与本工程相对位置关系

根据上述水源地划定方案，本工程不涉及宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水水源地保护区范围，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路东侧距该水源地边界最近距离约 90m。

7.5 生态影响预测分析评价

7.5.1 对植物生态影响分析与评价

7.5.1.1 施工期对植被的影响

工程施工期对植被的影响包括永久占用植被和临时占用植被两大类型。

本线路工程占地包括塔基占地、塔基施工临时占地、牵张场占地、施工道路占地、人抬道路占地，总的占地面积约 57.18hm²，详见表 3-2。

1) 工程永久占地的影响

本工程永久占用面积约为 17.76hm²，其中，占用的林地植被面积最大（11.55hm²）；灌丛草地面积次之（2.66hm²）。占用林地的类型从面积大到小依次是云南松林、高山栲林、黄青冈林、多变石栎林，地盘松灌丛、杜鹃灌丛、扭黄茅草丛、白茅草丛等，这些植被分布在线路沿途各地，为工程区域生长的典型植被。

本区的自然植被受人为长期干扰、破坏，其林分质量、生物多样性程度以及生态价值已经大大降低。所以本工程建设对直接影响区的自然植被的永久影响从质和量上看都很小。

线路工程永久占地仅限于其铁塔四个支撑脚，只砍伐少量的塔基范围内树木，并将向林业部门缴纳植被补偿费，由林业部门采取异地造林等补偿措施，最大程度的减少林地损失，因此工程将不会对森林资源造成大的影响。

2) 工程临时占地的影响

施工临时占地如塔基施工临时占地、牵张场、跨越场、人抬道路等，累计占地约 39.42hm²。临时占用各类植被面积的大小的程度，与永久占用的各类植被基本一致，同样以占用的为林地植被面积最大（18.40hm²），灌丛草地面积次之（6.67hm²），所占用的植被在线路沿途区域都有分布。

临时占用各种植被，在工程施工期会使线路沿线各植被类型的面积有所减少，但是减少的数量很小，其影响的区域是分散的，是典型的点状影响。这些临时影响的各种植被类型，在现场施工结束后，会通过植被的人工恢复措施及自然恢复过程，得到逐渐恢复。也就是说，线性工程临时占地对植被的影响是临时的、短暂的和可逆的，工程竣工后可以逐步得到恢复。

线路工程施工中，对于林草植被较密的地段采用高塔跨越、飞艇架线等较先进的施工工艺，不用人工牵引以减少对树木的砍伐和压占灌丛；施工结束后，将根据当地的土壤及气候条件，选择当地的乡土种进行恢复。因此本工程临时占地对植被的影响较小，并且影响是短期的、可恢复的。

7.5.1.2 施工期对植物资源的影响

据现场生态调查，工程影响范围内主要分布有亚热带常绿针叶林、亚热带阔叶林、山地灌丛和杂草类草丛，亚热带常绿针叶林的主要树种是为云南松、高山松、青冈树等；亚热带阔叶林的主要树种是高山栲、桦木、杨树等；山地灌丛包括蔷薇、悬钩子、栒子、白刺花、羊蹄甲、木蓝等。

线性工程的永久占地，将砍伐以上论述到的乔灌木树种的部分个体，这些树种均为评价区常见的种类，它们分布广、资源丰富，由于线路长，且单塔塔基占用林地面积约为 400m²，砍伐量较少，不会因此降低群落的生物多样性，也不会造成大幅度的森林面积、森林蓄积量、生物量的减少。虽然在林区中砍伐了一些乔灌木树种，在林区内部形成“林窗”，使塔基周围的微环境如光照、

温度、湿度等因素发生变化，有利于喜光植物的定居和生长。但由于砍伐面积小，这些植物种均为常见的种类，它们分布广、资源丰富，适应性强，不会促使森林群落的演替发生改变，也不会导致地带性植被的改变。

7.5.1.3 施工期对名木古树的影响

本工程评价区没有名木古树分布，不存在对名木古树的影响问题。

7.5.1.4 运行期对植物的影响

线路工程在运行期内，主要是定期对输电线路下方的森林植被进行检查，发现高度有可能碰到高压电线的乔木，要进行断梢和修枝，以避免高大林木的树梢碰及高压线而发生事故。

根据输电线路相关规程的要求，线路运行过程中，要定期对线路下方高大的乔木进行剪修，定期修剪导线与树木垂直距离小于 7m 的树木的树冠，保证输电导线与林区树木之间的垂直距离足够大，以满足输电线路的正常运行的需要。但是，铁塔塔位一般选择在山腰、山脊或山顶，这些区域树木高度一般低于 15m，由于山腰、山脊或山顶等有利地形形成的高差原因，在塔位附近，树冠与导线之间的垂直距离大多超过 10m，基本不需要修剪树冠。山坳中的林木高度较半山、山脊和山顶处虽然更高，但是由于所处的位置低凹，导线与山坳处的乔木树冠之间的垂直距离更大，故对山坳出的林木不需砍伐。并且设计中已考虑了沿线树木的自然生长高度，采取在林区加高杆塔高度的措施，以最大程度地保护线路附近树木与导线的垂直距离超过 7m 的安全要求。因此可以预测，工程运行期砍伐树木的量很少且为局部砍伐，对森林植物群落组成和结构影响微弱，对植物生态系统环境影响程度较小。

7.5.2 对动物的影响分析与评价

工程建设对陆生动物的影响主要发生在施工期，故在施工期间对陆生动物的影响是相对较大的，而在运行期间对陆生动物的整体影响很小。

7.5.2.1 对兽类可能造成影响的分析和评估

输电线路施工人员的施工活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏，主要表现在塔基区域的施工和放线施工，以及临时性施工道路等；施工人员的生活活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏；施工机械噪声对兽类的栖息地声环境的破坏和机械噪声对兽类的驱赶；施工人员可能对兽类的猎杀。对兽类的主要影响，

其结果将使得大部分兽类迁移它处，远离施工区范围；小部分小型兽类由于栖息地的散失而可能从项目区消失。总的结果是项目区范围内兽类的种类和数量将减少。

总之由于兽类会通过迁移来避免项目施工对其造成伤害，所以项目施工对兽类总的影响不大。

7.5.2.2 对鸟类可能造成影响的分析和评估

主要是输电线路施工人员的施工活动对鸟类栖息地生境的干扰和破坏，如塔基施工和放线的施工，临时性施工道路等均有可能破坏生境和干扰灌丛栖息鸟类的小生境；施工人员的生活活动对鸟类栖息地生境的干扰和破坏；施工机械噪声对鸟类栖息地声环境的破坏和机械噪声对鸟类的驱赶；施工人员对鸟类的捕捉；施工中对鸟类的栖息地小生境如由于施工中砍伐树木对鸟类巢穴的破坏。对鸟类的主要影响，其结果将使得大部分鸟类迁移它处，远离施工区范围；小部分鸟类地栖和灌木林栖鸟类由于栖息地的散失而从项目区消失；一部分鸟类的种群数量由于巢穴被破坏而减少，特别是当施工期正在鸟类的繁殖季节中时（夏季）。总的结果是项目区范围内鸟类的种类和数量将减少。

由于大多数鸟类会通过飞翔、短距离的迁移来避免项目施工对其造成伤害，故项目施工对鸟类总的影响不大。

7.5.2.3 对两栖爬行类可能造成影响的分析和评估

输电线路工程在施工期对两栖和爬行类的影响主要表现为：输电线路施工人员的施工活动对两栖和爬行类栖息地生境的干扰和破坏，对两栖动物的影响最为严重；施工人员的生活活动对两栖和爬行类栖息地生境的干扰和破坏，特别是对两栖动物的交配活动，产卵和卵的孵化以及蝌蚪的生长等影响更大；施工机械噪声对两栖和爬行类的栖息地声环境的破坏和机械噪声对两栖和爬行类的驱赶；施工人员对两栖和爬行类的捕捉；施工中对两栖和爬行类的栖息地小生境的破坏，特别是对两栖类小生境的破坏。对两栖和爬行类的主要影响，其结果将使得大部分爬行动物迁移它处，远离施工区范围；大部分两栖类由于栖息地的破坏和散失而在项目区消失，特别是在繁殖季节；一部分两栖和爬行类由于巢穴的被破坏而减少。总的结果是项目区范围内特别是在因繁殖季节施工种类和数量将减少。

由于大多数爬行动物会通过迁移来避免项目施工对其造成伤害，所以项目

施工对爬行动物的影响不会太大。但是两栖动物的活动范围相对狭小和有限，因此项目的施工可能对两栖动物的交配活动、产卵和卵的孵化以及蝌蚪的生长等产生一定的影响。

7.5.3 对生态保护红线的影响分析及评价

本工程输电线路穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，穿越区域位于属干热气候的山丘区，生态脆弱，水土流失敏感性高。因此对该生态保护红线区来说，重点是保护现有植被，加强区域水土流失治理，使其水土保持功能不受影响。

线路工程对生态保护红线的影响主要发生在施工期。由于塔基建设土石方开挖等施工活动可能对生态保护红线产生的影响主要包括：塔基建设时，需要清理占地区域地表，会破坏部分原地貌和地表植被，扰动原土层和岩层，降低地表植被覆盖度；临时堆放的开挖土方或开挖面如未及时采取防护措施，雨水冲刷后易造成水土流失；如不进行必要的防护治理，可能影响地表植被生长，加剧区域水土流失。

本工程线路为架空输电线路，永久占地仅为塔基占地，在空间中的分布为点位间隔式。设计中通过增加线路档距，尽可能减少了在生态保护红线内的塔基数量；经过多次现场调查区域水土流失现状、植被覆盖情况及植被类型，及时调整塔基位置；对于不得不在定位在生态保护红线内的塔基，也尽量避开了易引起水土流失和生态恶化的地带，选择了植被稀疏处，从而最大化减小了对生态保护红线的影响。

此外在生态保护红线内施工需采取相关针对性的保护措施，如严格限制施工活动区域，在生态保护红线内不得设材料堆场、弃渣场、拌合场等；杆塔设计时采用全方位高低腿铁塔，尽量减少占地、土石方开挖量；塔位有坡度时考虑修筑护坡、排水沟，减少水土流失，保护生态环境；合理组织施工，减少施工临时占地；开挖面及时平整，临时堆土采取拦挡、防护等措施安全堆放；施工完成后对扰动面进行恢复，对破坏的部分按规定进行补偿。

综上所述，在施工期采取严格的生态管理措施、开展更全面的生态修复后，将极大减轻本工程对生态保护红线的影响，线路工程施工与运行不会对生态保护红线的生态功能产生显著影响。

7.6 生态影响防护与恢复措施

7.6.1 设计阶段生态影响防护措施

(1) 线路路径选择时应尽量避让生态保护红线、自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等生态敏感区。对于无法避让的金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线部分范围，设计中尽量将塔基定位在生态保护红线以外的区域，尽可能避开红线范围立塔。对不得不定位在红线内的塔基，尽量避开易引起水土流失和生态恶化的地带。

(2) 对未能避让的林区设计上采用高跨的方式通过。本工程沿线林地分布范围较广，为最大程度的减少工程建设对当地生态环境的影响，工程在路径选择阶段对森林等林区分布较集中的地段采取尽量避让的原则，对于无法避让的成片林，工程设计时采用高跨方式通过，尽量减少砍伐通道，并尽可能采用飞艇架线等较先进的施工工艺。采取以上生态减缓措施后，本工程对林地的影响主要为工程塔基占地砍伐植被造成的影响。

(3) 设计上线路采用全方位高低腿铁塔、改良型基础，尽量少占土地、减少土石方开挖量及水土流失，保护生态环境。

7.6.2 对植物的保护措施

(1) 对施工人员进行防火宣传教育，对可能引发火灾的施工活动严格按照规程规范施工，确保区域植被安全。

(2) 对施工人员加强环保教育、生物多样性保护教育及有关法律、法规的宣传教育，严禁施工人员肆意破坏当地自然植被。

(3) 在施工红线范围内尽量保留乔木、灌木植株，减小生物量损失。

(4) 施工人抬便道应尽可能利用已有乡间小路，避免新建施工道路，施工过程中应固定施工便道的线路，不能随意下道行驶或另开辟便道，以降低施工活动对周围地表和植被的扰动。

(5) 施工人抬便道避让林木生长茂盛区域，以免运输过程中设备材料刮擦林木。

(6) 施工用地（包括永久用地、临时用地）尽可能选择在植被稀疏的荒草地，以减少对区域林地、灌丛草甸的永久破坏或临时占压。

(7) 按照林地管理相关规定办理林地使用许可证、林木采伐证等相关手续，

严格按照林业主管部门下发的林地使用许可证规定的占地范围和林木采伐证规定的林木采伐数量进行采伐作业，严禁超范围、超数量采伐林木，并缴纳植被恢复费，由当地林业部门进行异地造林，减少植被的损失。

（8）施工采取张力放紧线等方式进行架线，减少林木破坏。

（9）塔材、金具等材料输运到施工现场需及时进行组装，减少现场堆放时间，减少对草地植被的占压。

（10）施工结束后，应及时清理施工现场，对施工过程中产生的生活垃圾等固体废物，应集中收集装袋，并在结束施工时带出施工区域，不得随意丢弃于施工区域的天然草丛中，避免对植被的正常生长发育产生不良影响。

（11）对于立地条件较好的塔位及临时占地区域植被恢复尽可能利用植被自然更新，对确需进入人工播撒草籽进行植被恢复的区域，应采用当地物种，严禁带入外来物种。

（12）施工临时占地（如牵张场、土石方临时堆放场地等）应铺设彩条布或其他铺垫物。

（13）加强施工人员管理教育，施工运输及作业严格控制在划定的运输路线和作业区域，禁止施工人员超出施工区域踩踏当地作物。

（14）施工时尽可能避开农作物收获期，减少对栽培植被的影响。

（15）施工临时占地尽量避免占用耕地。

7.6.3 对动物的保护措施

本工程对野生动物的影响主要是对小型兽类和鸟类的影响，应采取如下保护措施：

（1）施工时，应严格限定范围，尽量减少对野生动物生境的破坏；

（2）对工程废物和施工人员的生活垃圾进行彻底清理，尽量避免生活垃圾为鼠类等疫源性兽类提供生活环境，避免疫源性兽类种群爆发。

（3）施工活动要集中时间快速完成，避开兽类繁殖季节施工。

（4）禁止偷猎、下夹、设置陷阱的捕杀行为，违者严惩。

（5）尽量减少施工对鸟类活动环境的破坏，极力保留临时占地内的灌木、草本植物，条件允许时边施工边进行植被快速恢复，缩短施工裸露面。

（6）应加强水土保持，促进临时占地区植物群落的恢复，为鸟类提供良好

的栖息、活动环境。

(7) 应加强施工人员宣传教育,若施工过程中发现珍稀野生保护动物,施工人员严禁捕猎。

7.6.4 水土保持措施

(1) 主体工程措施

1) 根据地形特点采用全方位高低腿铁塔,尽量减少占地、土石方开挖量,降低水土流失影响。

2) 施工用房租用沿线现有房屋设施,减少施工临时占地。

3) 塔基基位应尽可能避开不良地质段,基础类型应根据地质条件选择适宜的基础,在条件许可时应优先采用原状土基础。

4) 能开挖成型的基坑,均采用以“坑壁”代替基础底模板方式开挖,减少开挖量。

5) 基坑回填后应在地面堆筑防沉土堆,其范围同基坑上口尺寸。

6) 对个别岩层裸露、表面破碎、极易产生水土流失的塔位,在清除表层破碎岩屑后,需进行砂浆抹面防护。

7) 位于斜坡的塔基表面应做成斜面,恢复自然排水。对可能出现汇水面的塔位要求塔位上方修浆砌块石排水沟,以利于排水。

8) 塔基施工前应对塔基单位内的表土进行剥离并装袋,剥离的表土堆放于塔基施工临时占地区域,以备施工结束后覆土绿化所用。

9) 施工结束后应对临时占地区域及时清除杂物和土地整治。

(2) 临时工程措施

1) 在塔基平台、基础、挡土墙等土石方施工时,剥离的表土,开挖出的土石方需要在堆土坡脚品字形堆码土袋进行挡护,顶面用塑料布遮挡,用剥离的表土装入编织袋,挡护基础开挖出的土石方,待施工完成后,倒出用于其区域覆土绿化。

2) 对处于一定坡度上的塔基,在其上坡面开挖永临结合的截水沟、排水沟,防治新增水土流失。

3) 施工期过雨季的,临时堆土需加以密目网遮盖,减小降雨对临时堆土的冲刷。

4) 线路沿线塔基区少量弃方采取堆放在杆塔下方夯实。

(3) 植物措施

临时占地及塔基区除复耕外均采用植被恢复措施，植被恢复尽可能利用自然更新，对需人工撒播草籽进行植被恢复的区域，根据当地的物种分布特征，选用适生的乡土物种，严禁引入外来物种。

本工程水土保持措施总体布局图见附图 8。

7.6.5 跨越水体采取的生态保护措施

(1) 合理选择架线位置，采取一档跨越，不在水中立塔，塔基位置应尽可能远离河岸，减小塔基对河流的影响。

(2) 禁止向水体排放油类，禁止在水体装贮油类车辆，禁止向水体排放、倾倒废水、垃圾等。

(3) 施工人员不得在靠近河流等水体附近搭建临时施工生活设施，严禁施工废水、生活污水、生活垃圾排入河流，影响河流水质。

(4) 在河流附近塔基施工时应加强水土保持，产生的弃渣应外运合理处置，禁止土石方下河。

(5) 严禁堆放生活垃圾，生活垃圾及时清运，以免产生垃圾渗滤液污染土壤及水体。

(6) 施工结束后应及时全面清理废弃物，避免留下难以降解的物质；对临时施工便道、施工扰动区域等施工影响区域按原有土地类型进行恢复。

7.6.6 穿越生态保护红线的生态保护措施

7.6.6.1 一般性保护要求

(1) 在生态保护红线内施工时应加快施工进度。

(2) 不在生态保护红线内设置材料堆场、弃渣场、拌合场等，牵张场等临时占地应尽量避免红线内易引起水土流失和生态恶化的地带，选择植被稀疏处。

(3) 严格控制作业区域和运输路线，并划定明确的施工范围，不得随意扩大。

(4) 做好在生态保护红线内施工的相关环境保护教育培训工作，加强对施工人员的教育，使施工人员了解到对生态保护红线保护的重要性。

7.6.6.2 不利影响减免措施

在生态保护红线内修建线路时还应注意以下几点：

(1) 输电线路通道在生态保护红线内走线时应尽量避开林区，无法避让的林区，尽量避让密林区，并采取适当提高塔位增加架空线路对地高度的措施，以减少林木的砍伐。

(2) 尽量利用附近现有道路作为施工便道，或采用索道等方式运输施工材料，以减少生态保护红线内的新增水土流失。对于必须修建便道的地段，应选择裸地和植被稀疏处设置。

(3) 合理协调安排施工工序与工期，避免暴雨频发季节施工，及时根据天气预报调整施工工序，雨天禁止开挖施工。

(4) 因地制宜选用合适的铁塔和基础，减少基面开方量，以适应现场的地形地貌。塔基开挖土石方优先回填，塔基处表层所剥离的耕植土及水坑淤泥临时堆放，采取水土膜覆盖等措施，后期用于塔基边坡的覆土并进行绿化。

(5) 塔基开挖后根据地形修建护坡和排水沟，防止雨水冲刷导致水土流失。

(6) 塔基区开挖多余的土方，在施工完工后应尽可能回填至塔基征地范围内，无法就地消纳的应及时运出处理，不得在生态保护红线内设弃土处置点。

(7) 对开挖、回填的山体、沟壑的土层裸露面要及时加固，塔基土石方工程结束后应立即植草护坡，完善生态恢复措施。

(8) 提高水土流失防治标准、优化施工工艺，尽量减少对生态保护红线区域的地表扰动和植被损坏范围。

(9) 采用对植被和环境破坏较小的电线架设的方法架设电线，包括张力放线、飞艇放线等，避免砍伐架线通道。

(10) 施工结束后，对一些地表土体比较松散、水土容易流失的塔位，要尽快恢复地表植被，尽早修复对塔基周围的影响。优先选用当地适生植物。

(11) 加强施工期的生态环境监理与监测工作，严格按照已经批准的水土保持方案报告及生态环境保护要求进行施工。

(12) 在基础施工完成后，对于占用的林地，要根据相关规定进行补偿。依据财政部、国家林业局颁发的《森林植被恢复费征收使用管理暂行办法》向相关部门交纳植被恢复费用，专门用于森林恢复，便于植被恢复。

7.6.7 对工程附近饮用水水源保护区采取的生态保护措施

本工程选线时已避让了沿线的布拖县龙潭镇集中式饮用水源地、布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水源地、宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水源地等，但在施工过程中还应采取以下措施：

（1）在保护区周围设置警示牌，提醒施工人员要注意保护当地生态环境，禁止施工人员在保护区范围内取土。

（1）在上述饮用水水源保护区附近施工时，施工生活及机械检修应充分利用现有社会设施，禁止在水源地内建设施工营地，从源头上减少干扰与破坏。

（2）禁止施工人员及施工车辆进入水源地范围内。

（3）施工过程中要加强水土保持，控制开挖面，禁止在水源保护区内设置取弃土场、材料堆放场等。

（4）加强管理与教育，禁止施工工人进入水源保护区，禁止施工工人在水源保护区的滥捕、滥猎、滥采行为。

（5）施工过程中要设置临时围挡，控制临时占地，减少植被破坏。

7.7 生态影响评价结论

本工程输电线路穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，在提高水土流失防治标准、优化施工工艺，并采取严格的生态影响防护和恢复措施后，不会改变区域生态功能，项目的实施不会对生态保护红线的生态功能产生显著影响。**从生态保护角度分析，该建设项目的建设可行。**

8 环境保护措施及其经济、技术论证

8.1 污染控制措施分析

8.1.1 环境保护措施设置原则

本工程在设计、施工、运行阶段均采取了相应环保措施，具体参见本报告第 3.6 节“可研环境保护措施”。这些措施符合环境影响评价技术导则中环境保护措施“预防、减缓、补偿、恢复”的基本原则，并体现了“预防为主、环境友好”的设计理念。本报告书将根据工程环境影响特点、工程区域环境特点、环境影响评价过程中发现的问题，补充相应的环境影响预防、减缓、补偿、恢复及环境管理措施，以保证本工程的建设符合国家环境影响评价、环境保护的法律法规、环境保护技术政策、国家环境保护产业政策的要求。

8.1.2 电磁环境保护措施分析

本工程电磁环境因素主要为交流输电线路运行时产生的工频电场、工频磁场。

对于输电线路工程，可通过下列措施减小电磁环境影响：（1）优化线路路径，尽量避让城镇规划区、学校、居民密集区等；（2）合理选择导线直径及导线分裂数，并提高线路的加工工艺；（3）选定导线对地距离时应考虑其电磁环境影响水平，使其满足相应的环保标准要求。

8.1.3 声环境保护措施分析

输电线路运行噪声主要来源于恶劣天气条件下，导线、金具产生的电晕放电噪声。

对于输电线路工程，其声环境保护措施与电磁环境保护措施基本一致。

8.2 环境保护措施

8.2.1 规划设计阶段采取的环境保护措施

（1）电磁环境、声环境

1) 工程选线时充分征求沿线政府及规划等相关职能部门的意见，优化了路径，尽量避让城镇规划区、学校、居民密集区。

2) 严格按照相关规程及规范，结合项目区周围的实际情况和工程设计要求，确保评价范围内常年住人的房屋电磁环境、声环境满足标准限值要求。

（2）电磁、声环境影响控制措施

1) 线路下阶段进行定位时, 应尽量向远离居民点的方向调整, 确保线路产生的电磁、噪声影响满足相应标准要求。

2) 在满足工程对导线机械物理特性要求和系统输送容量要求的前提下, 合理选择导线、子导线分裂间距及绝缘子串组装型式等, 以减小线路的电磁、噪声影响。

3) 双回线路并行段在经过耕作、畜牧养殖及道路等场所导线高度提升至 11.5m 时, 才能满足工频电场强度控制限值 (10kV/m) 要求; 单回线路并行段在经过耕作、畜牧养殖及道路等场所导线高度提升至 12m 时, 才能满足工频电场强度控制限值 (10kV/m) 要求。

4) 在确保环境敏感目标环保达标的前提下, 进一步优化导线最低对地距离。

①本工程双回线路 (垂直逆相序排列) 在经过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所导线高度提升至 11.5m 时, 才能满足工频电场强度控制限值 (10kV/m) 要求。

本工程双回线路 (垂直逆相序排列) 经过居民区时, 由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋, 为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标, 按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同, 相应的控制线路与房屋水平距离, 或优化导线对地高度, 来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m。具体见表 8-1。

表 8-1 居民敏感目标距双回线路边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对地高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	19	20	22
1	19	20	21
2	18	19	21
3	17	18	20
4	16	17	19
5	15	16	18
6	14	14	16
7	14	14	14
8	14	14	14
9	14	14	14
10	14	14	14

根据初设阶段线路路径，结合现场调查情况，本工程双回线路距居民敏感目标的最近水平距离为 10m，因此，本工程双回线路导线对地高度为 14m 时可满足相应标准限值要求。

②本工程单回线路（水平排列）在经过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所导线高度提升至 12m 时，才能满足工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

本工程单回线路（水平排列）经过居民区时，由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控制线路与房屋水平距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m。具体见表 8-2。

表 8-2 居民敏感目标距单回线路（水平排列）边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距边导线水平距离（m）	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对低高度（m）		
	距地面 1.5m 高度 （1 层尖顶房屋）	距地面 4.5m 高度 （1 层平顶及 2 层尖顶房屋）	距地面 7.5m 高度 （2 层平顶及 3 层尖顶房屋）
0	22	23	24
1	22	23	24
2	22	23	24
3	22	23	24
4	22	23	24
5	22	22	24
6	21	22	23
7	21	22	23
8	20	21	22
9	20	20	22
10	19	19	21
11	18	18	19
12	16	17	18
13	14	14	14
14	14	14	14

③本工程单回线路（三角排列）在经过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所导线高度提升至 11.5m 时，才能满足工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

本工程单回线路（三角排列）经过居民区时，由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控制线路与房屋水平

距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m。

具体见表 8-3。

表 8-3 居民敏感目标距单回线路（三角排列）边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距 边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对地高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	21	22	23
1	21	22	23
2	21	22	23
3	21	22	23
4	21	22	23
5	21	21	23
6	20	21	22
7	20	21	22
8	19	20	21
9	19	19	20
10	18	18	19
11	16	17	18
12	14	14	15
13	14	14	14
14	14	14	14

根据初设阶段线路路径现场调查情况，本工程单回线路（三角排列）距居民敏感目标的最近水平距离为 40m，因此单回线路（三角排列）导线对地高度为 14m 即可满足相应标准限值要求。

5) 对当地群众进行有关高压输电线路和设备方面的环境宣传工作，帮助群众建立环境保护意识和自我安全防护意识。

6) 合理选择导线直径及导线分裂数以降低线路电磁环境水平，要求导线、母线、均压环、管母线终端球和其它金具等提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕，降低电磁环境影响。

7) 合理选择导线截面和极导线结构以降低线路的电晕噪声水平。

8) 线路下阶段进行微调时，应尽量向离开居民点的方向调整；如果不能远离，应重新确认居民点的距离和环境影响情况，确保各项环境因子满足标准要求。

(3) 生态环境保护措施

1) 尽量避让、远离特殊及重要生态敏感区。

2) 下阶段设计时，应继续优化线路路径及塔位，尽量选择植被稀疏处及生态价值较低的土地立塔，最大限度减轻植被破坏，降低生态影响。

3) 进一步优化塔型及基础设计，减少线路走廊宽度，减少永久占地。

8.2.2 施工期环境保护措施

(1) 施工扬尘

线路塔基基础开挖过程中，应定时、及时洒水使施工区域保持一定的湿度，对施工场地内松散、干涸的表土，也应定时、及时洒水或采取临时覆盖措施防止起尘。

(2) 施工废水

1) 施工人员一般临时租用当地民房居住，生活污水可利用当地的污水处理设施进行处理。线路施工时在施工场地的外围设置围挡设施和修建临时排水沟，妥善排放施工废水，做到文明施工。

2) 线路跨越水体时尽量采用高跨一档方式通过，不在水体中立塔。

3) 施工期应尽量避免雨季，最大程度地减少雨季水力侵蚀；如无法完全避开雨季，则采取临时挡护和覆盖措施。

4) 施工中的临时堆土点应远离水体。

5) 采用苫布对开挖的土方及砂石料等施工材料进行覆盖，避免水蚀和风蚀的发生。

6) 施工机具应避免漏油，如发生漏油应收集后外运至具有相应危废处理资质的专业单位妥善统一处置。

(3) 施工噪声

1) 使用低噪声的施工方法、工艺和设备，最大限度降低噪声影响。

2) 依法限制夜间施工，施工尽量安排在白天进行。如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，取得县区级以上人民政府或者其有关主管部门的证明，并公告附近居民；同时禁止高噪音设备（如装载机、切割机、打桩机等）作业。

(4) 固体废弃物

布拖换流站外搭接线路在过渡期结束后需拆除该段搭接线路段的导地线和铁塔，拆旧的导地线、金具、绝缘子等材料将统一由国网四川省电力公司进行回收处置，搭接线路段拆除施工不产生固体废弃物。

为避免施工及生活垃圾对环境造成影响，在工程施工现场应作好施工机构及施工人员的环保培训；明确要求施工过程中产生的生活垃圾、拆迁建筑垃圾

分开收集，严禁混堆；生活垃圾应采用垃圾桶收集，集中收集后运至当地垃圾转运站；建筑垃圾应及时清运出施工场地；委托专门的垃圾清运单位，落实环保责任；严禁施工单位将生活垃圾、建筑垃圾作为农田区土方回填，使工程建设产生的垃圾处于可控状态。

（5）生态保护措施

详见报告书第7章。

8.2.3 运行期环境保护措施

（1）运行管理和宣传教育

- 1) 加强对当地群众进行有关高压送电线路和设备方面的环境宣传工作。
- 2) 建立各种警告、防护标识，避免意外事故发生。
- 3) 依法进行运行期的环境管理和环境监测工作。
- 4) 生态类保护目标附近尽量减少线路巡检和维护时的人员和车辆，减少对生态环境的影响。

（2）竣工环境保护验收

输电线路建成投运后，应进行竣工环境保护验收调查工作，确保居民生活环境满足相关标准要求。

8.3 环保措施的经济、技术可行性分析

本工程输电线路通过优化路径和导线设计，提高导线加工工艺水平，控制导线对地高度等措施，尽量减小其电磁、声环境影响。同时采取一系列生态保护措施，最大程度降低工程建设对当地生态环境的影响。

本工程采取的各项环境保护措施在该地区已投运输变电工程中得到了较好地应用，具有技术、经济可行性。

9 环境管理和监测计划

工程的建设会对所经地区的社会经济和自然环境造成一定影响。在施工期间，建设单位应加强环境管理，协调组织设计单位和施工单位落实各项环保措施与要求。工程正式投运后，根据国家有关建设项目竣工验收的管理规定，建设单位需委托专业机构进行工程的环境保护设施竣工验收和环境监测工作。

9.1 环境管理

9.1.1 环境管理机构

本工程不单独设立环境管理机构，但是建设单位或负责运行的单位应在其管理机构内配备必要的专职和兼职人员，负责环境保护管理工作。

9.1.2 设计、施工招标阶段的环境管理

(1) 主体工程设计单位应在下阶段设计中，将环评报告中提出的措施纳入工程设计中。设计中应统筹安排施工时序，合理安排环保措施的实施进度。

(2) 设计单位应遵循有关环保法规，严格按有关规程和法规进行设计。设计施工文件中详细说明施工期应注意的环保问题，按设计文件执行并同时作好记录。

(3) 建设单位应将施工环保措施纳入施工招标文件中，明确验收标准和细则。

9.1.3 施工期环境管理

(1) 在工程的承包合同中明确环境保护要求，承包商应严格执行设计和环境影响评价中提出的各项污染防治措施，遵守环境保护方面的法律法规。

(2) 施工期的环境管理由施工单位具体负责，建设单位和监理单位负责监督。施工单位在施工前应组织施工人员学习《中华人民共和国环境保护法》等环保法律、法规，做到施工人员知法、懂法、守法。

(3) 环境管理机构及工程监理人员应对施工活动进行全过程环境监督，通过严格检查确保施工中的每一道工序满足环保要求，使施工期环境保护措施得到全面落实。

(4) 施工参与各方要积极收集、整理、推广和实施工程建设中各项环境保护的先进经验和技術。

(5) 施工单位要做好施工中各种环境问题的收集、记录、建档和处理工作，并根据问题严重程度及时或定期向各有关部门汇报。

9.1.4 环境保护设施竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，本工程的建设应执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。主要内容应包括：（1）建设期、运行期环境保护措施落实情况；（2）工程试运行中的工频电场强度、工频磁感应强度、噪声对环境的影响情况；（3）工程运行期间环境管理所涉及的内容。建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

环境保护设施竣工验收的内容见表 9-1。

表 9-1 环境保护设施竣工验收一览表

序号	验收对象	验收内容
1	相关资料、手续	项目是否经四川省发改委核准，相关批复文件(包括环评批复、用地批复、水保批复、林木砍伐、压矿、文物等)是否齐备，项目是否具备开工条件，环境保护档案是否齐全。
2	与法规、规划的相符性	本工程输电线路是否通过城镇规划区，是否避让沿线特殊及重要生态敏感区域；如通过法律允许的敏感区域，是否按照规定办理了相关的手续。
3	各类环境保护设施是否按报告书中要求落实	工程设计及本环评提出的设计、施工、运行阶段的电磁环境、水环境、声环境保护措施落实情况及实施效果。
4	环境保护设施安装质量	环境保护设施安装质量是否符合国家和有关部门规定，包括电磁环境保护设施、声环境保护设施。例如，线路架设时是否按照设计选定的导线、子导线分裂间距及绝缘子串组型式，是否按照规范要求确定架线高度。与环评阶段相比，线路是否远离居民点，若没有，线路附近居民点处电磁环境是否满足标准要求。
5	环境保护设施正常运转条件	各项环保设施是否有合格的操作人员、操作制度。
6	污染物排放及总量控制	电磁环境和声环境敏感目标处工频电场是否满足公众曝露控制限值 4000V/m，工频磁感应强度能否满足公众曝露控制限值 100 μ T，如不能，提出相应整改措施。 线路附近噪声水平能否满足相应声环境功能区类别标准。如不能，提出相应整改措施。
7	生态保护措施	是否落实本环评中提出的各项生态保护措施，各项生态保护措施的实施效果。
8	环境监测	落实环境影响报告书中环境管理内容，实施环境影响报告

序号	验收对象	验收内容
		书监测计划。竣工验收中，应该对所有的环境影响因子如工频电场、工频磁场和环境噪声进行监测。
9	环境保护敏感点环境影响验证	监测线路附近环境敏感点的工频电磁场和噪声等环境影响指标是否与预测结果相符。

9.1.5 运行环境管理

运行主管单位宜设环境管理部门，配备相应专业的管理人员。环保管理人员应在各自岗位责任制中明确所负环保责任。监督国家法规、条例的贯彻执行情况，制订和贯彻环保管理制度，监控本工程主要污染源，对各部门、操作岗位进行环境保护监督和考核。

环境管理的职能为：

（1）制定和实施各项环境管理计划。

（2）建立电磁环境监测、生态环境现状数据档案，并定期向当地环境保护行政主管部门申报。

（3）掌握项目所在地周围的环境特征和重点环境保护目标情况。建立环境管理和环境监测技术文件，做好记录、建档工作。技术文件包括：污染源的监测记录技术文件；污染控制、环境保护设施的设计和运行管理文件；导致严重环境影响事件的分析报告和监测数据资料等。并定期向当地环保主管部门申报。

（4）检查治理设施运行情况，及时处理出现的问题，保证治理设施的正常运行。

（5）不定期地巡查线路各段，特别是各环境保护对象，保护生态环境不被破坏，保证保护生态与工程运行相协调。

（6）协调配合上级环保主管部门所进行的环境调查，生态调查等活动。

9.1.6 环境管理培训

应对与工程项目有关的主要人员进行宣传教育，减少施工和运行产生的不利环境影响，并且能够更好地参与和监督本项目的环保管理；提高人们的环保意识，加强公众的环境保护和自我保护意识。具体的环保管理培训计划见下表。

表 9-2 环保管理宣传培训计划

项目	参加对象	宣传或培训内容
环境保护知识和政策宣传	线路沿线的居民	1.电磁环境影响的有关知识 2.声环境质量标准 3.电力设施保护条例 4.其他有关的国家和地方的规定
环境保护管理培训	建设单位或负责运行的单位、施工单位、其他相关人员	1.中华人民共和国环境保护法 2.中华人民共和国水土保持法 3.中华人民共和国野生动物保护法 4.中华人民共和国野生植物保护条例 5.建设项目环境保护管理条例 6 四川省风景名胜区管理条例 7 四川省自然保护区管理条例 8.其他有关的管理条例、规定
水土保持和野生动植物保护要求培训	施工及其他相关人员	1.中华人民共和国水土保持法 2.中华人民共和国野生动物保护法 3.中华人民共和国野生植物保护条例 4.国家重点保护野生植物名录 5.国家重点保护野生动物名录 6.其他有关的地方管理条例、规定

9.2 环境监理

工程进行环境监理的目的是确保国家和地方有关环境保护的法律法规和地方规章及主体设计、环境影响报告书、施工承包合同中的环境保护要求得到全面落实。

建设单位将环境监理纳入主体工程监理过程中，向监理单位明确工程环境监理范围、时间及职责，在工程施工现场对监理单位提交的有关环境问题及建议及时反馈给相关建设方并协调处理解决。

施工单位应按照环境影响评价文件及相关设计资料，落实各项环境保护措施和要求，配合监理单位完成现场检查，并对监理单位提出的不符合环保要求整改意见及时反馈并进行纠正。

监理单位按照“守法、诚信、公正、科学”的准则，管理勘测设计、科学试验合同和施工图纸供应协议；全面管理工程承建合同，审查承包人选择的分包单位资格及分包项目，并报业主批准；检查落实施工准备工作，审批施工组织设计、进度计划、技术措施和作业规程、工艺试验效果、使用的原材料；对施工期环保措施和要求的落实进行监督。

监理内容主要包括：①依据环境影响报告书及批复要求，核实工程污染防治、生态防护和水土保持等措施的相符性，监督其建设情况；②检查并监督工

程建设期间废污水、噪声等污染因子的排放情况；③对环境风险防范措施、各项环境风险对策情况进行检查，评价环境风险对策的执行情况；④检查是否有遗漏的环境风险，协助处理突发环境污染事件等。监理内容详见下表。

表 9-3 环境监理内容一览表

序号	监理对象	监理内容
1	相关批复文件	项目是否经四川省发改委核准或审批，相关批复文件（包括环评批复、用地批复、水保批复、文物、林木砍伐、压矿等）是否齐备，项目是否具备开工条件。
2	项目变化情况	项目设计和施工过程中，项目的性质、规模、选址、平面布置、工艺及环保措施是否发生重大变动。
3	明确塔位	在工程施工前，监理人员和施工单位人员一同实地调查各塔基处及其附近 5m 内植被状况，特别是可能有珍稀动植物分布地段塔位的植被类型、植物种类、植物郁闭度、有无珍稀植物、对珍稀植物采取的具体保护措施等。
4	线路走廊清理	在满足设计净空高度要求的情况下，线路走廊内的树木均不需要砍伐，对部分超高需砍伐的树木，应取得林业部门许可后才能砍伐；并根据核定的砍伐数量、面积及是否满足相关法规要求进行现场监理。
5	施工临时场地确定	临时道路、材料场、牵张场位置确定是否满足生态要求，临时占地范围是否超出设计要求，表土存放及养育。
6	铁塔基础施工	铁塔基础施工前剥离表土装袋情况；基础开挖情况；施工机具和砂石、水泥、塔材、金具的搬运情况；基础回填后，废弃土石方处置情况；塔基处挡土墙、护坡挡护情况。
7	铁塔高度及导线净空高度	根据环保要求，复核设计资料上位于不同功能区的铁塔高度和最低允许高度能否满足要求。
8	“三同时”制度	主要环保设施与主体工程建设的同步性。
9	环境风险防范	环境风险防范与事故应急设施与措施。
10	生态类保护目标附近施工	线路与沿线各生态类保护目标位置关系变化情况；在生态类保护目标附近施工临时场地布置情况、施工时间、架线方式；附近施工机械停放、清洗情况；附近临时堆土环保措施、建筑垃圾及生活垃圾处理情况等。
11	野生动植物保护措施	项目施工时遇有野生动植物时的保护措施。
12	植被恢复	施工场地清理及土地整治，表土层覆盖，植被抚育管理情况。

9.3 环境监测

运行期输电线路沿线的工频电场、工频磁场、噪声环境监测工作可委托具有相应资质的单位完成，各项监测内容如下：

（1）监测点位布置：人类活动相对频繁线路段处。输电线路例行监测断面可布置在线路跨越重点公路处、两输电线路交叉或平行接近处。

（2）监测项目：工频电场、工频磁场、噪声。

（3）监测方法：执行国家相关的监测技术规范、方法。

（4）监测频次及时间：本工程投运后一年内结合竣工验收监测一次。

环境监测计划详见表 9-4。

表 9-4 环境监测计划一览表

监测项目	监测点位	监测频次及时间	监测方法
工频电场强度 工频磁感应强度 噪声	输电线路附近人类活动相对频繁线路段，线路例行监测断面可布置在线路跨越重点公路处、两输电线路交叉或平行接近处。	结合竣工环境保护验收监测一次。	《交流输变电工程电磁环境监测方法》 《声环境质量标准》

10 评价结论与建议

10.1 工程概况

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程建设内容包括：白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程、布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程。本工程位于四川省凉山州宁南县和布拖县境内。

(1) 白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期 500kV 线路工程

线路从宁南县白鹤滩水电站左岸构架出线，自宁南县北上进入布拖县，接入布拖±800kV 换流站一期，共建设 4 回 500kV 线路。新建线路长度约 4×66km，其中轻中冰区采用两个同塔双回路架设，长度约 2×2×41.75km；重冰区采用四个单回路架设，长度约 4×24.25km，分裂间距为 500mm，输送电流为 1000A。线路途经凉山州宁南县（14km）和布拖县（52km）。

(2) 布拖换流站外搭接和终期拆改线路工程

在布拖换流站一期工程建成投运前的过渡期，本工程将白鹤滩左岸电站 1、2 回 500kV 线路在布拖换流站外临时搭接月城～布拖换流站一期 2 回 500kV 线路，新建搭接线路长 2×0.5km，新建铁塔 1 基，导线截面为 4×630mm²。过渡期结束后拆除该段搭接线路的导线和铁塔。搭接线路位于凉山州布拖县。

本工程将白鹤滩左岸水电站通过 4 回 500kV 线路接入四川电网，涉及的布拖换流站一期 500kV 出线构架及相应间隔电气设备，已在布拖换流站一期工程中建设，不属于本工程建设内容和评价内容。

本工程 4 回 500kV 线路架设 3 根 OPGW，与拟建线路同塔架设，鉴于配套的光纤通信工程产生的环境影响较小，故本“报告书”不对其进行介绍和评价。

10.2 工程建设的符合性及必要性

白鹤滩左岸水电站 500kV 送出工程是白鹤滩水电站接入系统及外送交流配套工程，工程建成后将白鹤滩电站电力送电江苏和浙江两省消纳，有利于改善我国能源结构，满足华东地区日益增长的电力需求，实现节能减排，促进我国社会经济低碳发展，因此本工程的建设十分必要。

本工程属国家发展和改革委员会第 21 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“第一类 鼓励类”中第四条“电力”中的“500 千伏及以上交、直流输变电”项目，符合国家现行产业政策。线路选线取得了工程所在地宁南县、布拖县自然资源局等相关部门同意

意见，符合地方规划要求。

10.3 环境概况

(1) 本工程所在区域的电磁环境、声环境现状良好，监测结果满足相应评价标准要求。

(2) 生态环境

1) 植物

根据现场实地调查、询访当地居民和查阅资料，工程区域植被类型分为自然植被和人工植被两大类。其中自然植被包括云南松、高山松、青冈树等亚热带常绿针叶林，高山栲、桦木、杨树等亚热带阔叶林，蔷薇、悬钩子、栲子、白刺花、羊蹄甲、木蓝等山地灌丛、香柏等针叶灌丛，以及柳兰、银莲花、紫花碎米荠等杂类草草甸。人工植被以核桃树、花椒树、烟叶等经济林木为主，主要粮食作物有小麦、玉米、马铃薯等。工程区域属人类活动频繁的区域，根据现场踏勘及收资，**本工程评价范围内没有珍稀濒危及国家和四川省重点保护的野生植物及名木古树分布。**

2) 动物

根据现场实地调查、询访当地居民和查阅资料，工程区域野生动物主要是适合栖息于林地、草地的种类，包括兽类、鸟类、两栖类、爬行类。其中兽类有黄鼬、大林姬鼠、大耳姬鼠等，偶有野猪可能到此区域觅食；鸟类在金沙江干流两岸常见有大嘴乌鸦、山斑鸠、烟腹毛脚燕等，在阶地农田区以大杜鹃、白腰雨燕、大斑啄木鸟、小云雀等森林灌丛鸟类为主；在金沙江干流的支沟和阶地农田区内溪沟、水塘或旁边分布有圆疣蟾蜍等两栖类；爬行类主要为阶地农田类群（如草绿攀蜥）和高山森林-灌丛-草地类群（如双斑锦蛇）；人工饲养动物主要有鸡、鸭、狗、猪等家禽家畜。根据现场踏勘及收资，**本工程评价范围内没有珍稀濒危及国家和四川省重点保护的野生动物分布。**

3) 生态类敏感目标

根据四川省人民政府《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发〔2018〕24号），本工程无法完全避让生态保护红线，白鹤滩左岸电站～布拖换流站一期500kV线路在宁南县、布拖县穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线。线路路径已取得宁南县、布拖县自然资源局的原则同意意见。根据中共中央办公厅、国务院办公厅《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（厅字〔2019〕48号）

以及环环评〔2016〕150号、环规财〔2018〕86号等相关文件，本工程不违背现行生态保护红线管理要求。

根据收资及现场踏勘，本工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊及重要生态敏感区，输电线路避让了沿线评价范围内的布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水源地等生态类保护目标。

（3）水土流失：工程区域属于以水力侵蚀为主的西南岩溶区。工程区域土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，宁南县侵蚀强度以微度、中度侵蚀为主，布拖县侵蚀强度以中度、强度侵蚀为主。

10.4 主要环境影响

10.4.1 施工期环境影响

10.4.1.1 大气环境影响

本工程施工对大气环境的影响主要为施工扬尘，主要来源于线路塔基基础开挖和临时堆土，在短期内将使施工区域局部空气中的 TSP 增加。线路工程施工集中在塔基处，施工位置分散、各施工位置产生扬尘量很小。

施工过程中，建设单位及施工单位建立施工环境保护管理工作责任制，落实施工环境管理责任人，加强施工扬尘防治监管。采取以上施工扬尘防治措施后，施工扬尘不会对区域大气环境产生明显影响。

10.4.1.2 地表水环境影响

输电线路施工废污水产生量很少，施工生产废水经沉淀处理后用于浇洒路面降尘。施工人员产生的生活污水排入居民点化粪池进行处理后用作农肥，不外排。因此，施工期废污水不会对地表水环境造成影响。

本工程输电线路跨越河流时利用两岸地形采用一档跨越，不在水中立塔，也不在水中施工活动，不向河流排入施工废水，不会影响跨越河流水质。

10.4.1.3 固体废物影响

本工程拆除布拖换流站外搭接线路时，拆旧的导地线、金具、绝缘子等材料将统一由国网四川省电力公司进行回收处置，线路拆除施工不产生固体废弃物。

本工程施工期产生的固体废物主要是施工人员的生活垃圾，利用租住房屋既有设施收集后转运至附近垃圾处理站，交由当地环卫部门处理，对环境不会产生新的影响。

10.4.1.4 生态环境影响分析

输电线路工程除各塔基长期占用土地以外，施工期仍需临时占用部分土地，使部分植被遭到损坏，尤其是塔基施工和道路施工对植被的砍伐。

（1）对植被及森林资源的影响

本工程输电线路新建铁塔 486 基，塔基占地面积 17.76hm²。此外，工程在施工过程中施工临时占地、人抬道路、牵张场等临时占地 39.42hm²，会造成一定程度植被破坏、或被临时占压和干扰。但线路工程铁塔实际占地仅限于其四个支撑脚，只砍伐少量的塔基范围内树木，并将向林业部门交纳植被恢复费，由林业部门采取异地造林等补偿措施，最大程度的减少林地损失，因此工程将不会对森林资源造成影响。

线路工程在通过林区时不砍伐运行通道，而以高塔跨越，砍伐树木主要位于塔基及其附近。本工程线路在工程上采取了加高塔身、飞艇架线等措施，尽量减少对树木的砍伐。在临时占地区，工程完建后将植树种草，在一定程度上会减轻线路建设对植被资源的影响。

工程影响范围内植被主要是针叶林、阔叶林、灌丛和农业植被。施工过程中将砍伐一些上述乔灌木树种，这些植物种均为工程区域常见的种类，它们分布广、资源丰富，适应性强，工程占地和砍伐不会造成区域植物种类的减少，不会减少当地生物的多样性。

（2）对兽类的影响分析

施工活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏，主要发生在塔基施工、放线施工和其它施工区域；施工人员的生产和生活对兽类栖息地生境造成干扰和局部破坏；施工机械噪声对兽类的驱赶。这些影响将使部分兽类迁移它处，远离施工区范围，结果是项目区范围内兽类的种类和数量可能减少。但由于兽类对生活环境具有一定的自我调节能力，会通过迁移来避免项目施工对其造成伤害，所以项目施工对兽类总的直接影响很小。

（3）对鸟类动物的影响分析

线路工程施工期间对鸟类的影响将使得部分鸟类迁移它处，远离施工区范围；一部分鸟类的种群数量可能由于巢穴被破坏而减少，总的结果是项目区范围内鸟类的数量将减少。但由于线路工程施工不采用大型机械，施工噪声影响不大，且大多数鸟类具有较强的迁移能力和躲避干扰的能力，会通过飞翔、短距离的迁移来避免项目施工对其造成伤害，因此本工程建设对鸟类没有明显影响。

（4）对两栖和爬行动物的影响分析

本工程施工期对两栖和爬行类的影响将使得大部分爬行动物迁移它处，远离施工区范围；大部分两栖类由于栖息地的破坏和散失而在项目区消失，特别是在繁殖季节；一部分两栖和爬行类由于巢穴的被破坏而减少，总的结果是项目区范围内两栖和爬行类种类和数量将减少。由于大多数爬行动物会通过迁移来避免项目施工对其造成伤害，在加强施工人员的管理、杜绝捕猎蛇类的行为前提下，项目施工对爬行动物的影响不会太大。

总的来说，由于本工程输电线路的施工场地分散，而且每个施工场地很小，工程施工无论是对兽类、鸟类还是两栖和爬行动物的影响都很小。

（4）对生态保护红线的影响

本工程输电线路穿越了金沙江下游干热河谷水土流失敏感生态保护红线，穿越区域位于属干热气候的山丘区，生态脆弱，水土流失敏感性高。线路工程对生态保护红线的影响主要发生在施工期，由于塔基建设土石方开挖等施工活动可能对生态保护红线产生影响，如不进行必要的防护治理，可能影响地表植被生长，加剧区域水土流失。

本工程线路为架空输电线路，永久占地仅为塔基占地，在空间中的分布为点位间隔式。设计中通过增加线路档距，尽可能减少了在生态保护红线内的塔基数量；经过多次现场调查区域水土流失现状、植被覆盖情况及植被类型，及时调整塔基位置；对于不得不定位在生态保护红线内的塔基，也尽量避开了易引起水土流失和生态恶化的地带，选择了植被稀疏处。在施工期采取严格的生态管理措施、开展更全面的生态修复后，将极大减轻本工程对生态保护红线的影响，线路工程施工与运行不会对生态保护红线的生态功能产生显著影响。

10.4.2 运行期环境影响预测

本工程运行期产生的环境影响主要有工频电场、工频磁场及噪声。

10.4.2.1 工频电场强度、工频磁感应强度

根据类比监测结果及预测计算结果分析，本工程输电线路运行对周围环境产生的电磁环境影响均满足相应评价标准限值要求。

（1）工频电场

①耕作、畜牧养殖及道路区域

a.同塔双回段

本工程双回线路（垂直逆相序排列）通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所最低线高为 11m 时，线下工频电场强度最大值为 10.13kV/m，大

于 10kV/m。经计算，将导线对地高度抬升至 11.5m 后，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.45kV/m，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

b.单回段（水平排列）

本工程单回线路（水平排列）通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所最低线高为 11m 时，线下工频电场强度最大值为 11.07kV/m，大于 10kV/m。经计算，当导线对地高度抬升至 12m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.73kV/m，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

c.单回段（三角排列）

本工程单回线路（三角排列）通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所最低线高为 10.5m 时，线下工频电场强度最大值为 11.37kV/m，大于 10kV/m。经计算，当导线对地高度抬升至 11.5m 时，线下 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.92kV/m，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值（10kV/m）要求。

②居民区

a.同塔双回段

本工程双回线路（垂直逆相序排列）通过居民区导线最低允许导线高度 14m 时，边导线外 5m 离地 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频电场强度分别为 4.13kV/m、4.40kV/m、4.95kV/m，均不满足公众曝露限值 4000V/m 要求。

b.单回段（水平排列）

本工程单回线路（水平排列）通过居民区导线最低允许导线高度 14m 时，边导线外 5m 离地 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频电场强度分别为 6.87kV/m、7.40kV/m、8.51kV/m，均不满足公众曝露限值 4000V/m 要求。

c.单回段（三角排列）

本工程单回线路（三角排列）通过居民区导线最低允许导线高度 14m 时，边导线外 5m 离地 1.5m、4.5m、7.5m 高处工频电场强度分别为 6.51kV/m、7.06kV/m、8.24kV/m，均不满足公众曝露限值 4000V/m 要求。

由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控

制线路与房屋水平距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于4000V/m。具体见表10-1~10-3。

（2）工频磁场

a.同塔双回线路

本工程双回线路（垂直逆相序排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线对地高度提升至11.5m时，线下1.5m高处工频磁感应强度最大值为28.33 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

双回线路临近居民住房，导线最低对地高度为14m时，线下1.5m、4.5m、7.5m高处工频磁感应强度最大值分别为24.78 μ T、29.25 μ T、37.53 μ T，均满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

b.单回段（水平排列）

本工程单回线路（水平排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线对地高度提升至12m时，线下1.5m高处工频磁感应强度最大值为18.58 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

单回线路（水平排列）临近居民住房，导线最低对地高度为14m时，线下1.5m、4.5m、7.5m高处工频磁感应强度最大值分别为16.14 μ T、20.20 μ T、28.10 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

c.单回段（三角排列）

本工程单回线路（三角排列）在通过耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，导线对地高度提升至11.5m时，线下1.5m高处工频磁感应强度最大值为23.52 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

单回线路（三角排列）临近居民住房，导线最低对地高度为14m时，线下1.5m、4.5m、7.5m高处工频磁感应强度最大值分别为19.54 μ T、24.55 μ T、33.71 μ T，满足公众曝露控制限值（100 μ T）要求。

10.4.2.2 声环境

本工程线路可听噪声随线高的增加而逐渐降低；线高不变时距边导线距离越远可听噪声逐渐降低；噪声在线路中心附近处达到最大值。

双回线路导线对地高度为11.5m、14m时，线下可听噪声最大值分别为45.5dB(A)和44.8dB(A)；单回线路（水平排列）导线对地高度为12m、14m时，线下可听噪声最大值分别为47.8dB(A)和47.2dB(A)；单回线路（三角排列）导线对地高度

为 11.5m、14m 时，线下可听噪声最大值分别为 47.1dB（A）和 46.5dB（A）。与环境现状值叠加后，噪声预测值均低于相应评价标准限值。

10.5 环境保护措施

（1）废水

输电线路工程施工期废污水产生量很少，在施工场地附近设置沉淀池，生产废水经沉淀处理后用于浇洒路面降尘。施工人员生活污水排入居民点化粪池进行处理后用作农肥，不外排，处理措施可行。

（2）噪声

输电线路塔基施工各施工点施工量小，施工时间短。施工单位要加强施工管理，施工过程中做好施工组织设计，合理安排施工时间，严格控制夜间施工。

（3）工频电磁场

1）线路选择时取得所在地区规划部门同意，并取得相关协议；线路选择时避开敏感点，在与其它电力线、通信线等交叉跨越时应严格按规程要求留有净空距离。

2）在经过耕作、畜牧养殖及道路等场所，双回线路并行段导线高度提升至 11.5m 时、单回线路并行段导线高度提升至 12m 时，才能满足 10kV/m 标准限值要求。

3）在确保线旁环境敏感目标环保达标的前提下，进一步优化导线最小对地距离。本工程双回线路在经过耕作、畜牧养殖及道路等场所导线高度提升至 11.5m 时，才能满足 10kV/m 标准限值要求；单回线路（水平排列）在经过耕作、畜牧养殖及道路等场所导线高度提升至 12m 时，才能满足 10kV/m 标准限值要求；单回线路（三角排列）在经过耕作、畜牧养殖及道路等场所导线高度提升至 11.5m 时，才能满足 10kV/m 标准限值要求。

由于本工程线路所经区域分布有 1~2 层尖顶、平顶房屋，为确保评价范围内各居民房屋不同楼层处达标，按敏感点距边导线水平距离的不同、楼层的不同，相应的控制线路与房屋水平距离，或优化导线对地高度，来确保各居民房屋工频电场强度小于 4000V/m，具体见表 10-1~10-3。

表 10-1 居民敏感目标距双回线路边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距边导线水平距离（m）	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对地高度（m）		
	距地面 1.5m 高度 （1 层尖顶房屋）	距地面 4.5m 高度 （1 层平顶及 2 层尖顶房屋）	距地面 7.5m 高度 （2 层平顶及 3 层尖顶房屋）
0	19	20	22
1	19	20	21
2	18	19	21

3	17	18	20
4	16	17	19
5	15	16	18
6	14	14	16
7	14	14	14
8	14	14	14
9	14	14	14
10	14	14	14

表 10-2 居民敏感目标距单回线路（水平排列）边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距 边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对低高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	22	23	24
1	22	23	24
2	22	23	24
3	22	23	24
4	22	23	24
5	22	22	24
6	21	22	23
7	21	22	23
8	20	21	22
9	20	20	22
10	19	19	21
11	18	18	19
12	16	17	18
13	14	14	14
14	14	14	14

表 10-3 居民敏感目标距单回线路（三角排列）边导线距离相应最低导线高度

居民敏感目标距 边导线水平距离 (m)	不同水平距离及层高的居民敏感目标 满足工频电场强度小于 4000V/m 相应导线对低高度 (m)		
	距地面 1.5m 高度 (1 层尖顶房屋)	距地面 4.5m 高度 (1 层平顶及 2 层尖顶房屋)	距地面 7.5m 高度 (2 层平顶及 3 层尖顶房屋)
0	21	22	23
1	21	22	23
2	21	22	23
3	21	22	23
4	21	22	23
5	21	21	23
6	20	21	22
7	20	21	22
8	19	20	21
9	19	19	20
10	18	18	19
11	16	17	18
12	14	14	15
13	14	14	14
14	14	14	14

10.6 生态环境保护措施

10.6.1 植物保护措施

(1) 对施工人员进行防火宣传教育，对可能引发火灾的施工活动严格按规程规范施工，确保区域植被安全。

(2) 对施工人员加强环保教育、生物多样性保护教育及有关法律、法规的宣传教育，严禁施工人员肆意破坏当地自然植被。

(3) 在施工红线范围内尽量保留乔木、灌木植株，减小生物量损失。

(4) 施工人抬便道应尽可能利用已有乡间小路，避免新建施工道路，施工过程中应固定施工便道的线路，不能随意下道行驶或另开辟便道，以降低施工活动对周围地表和植被的扰动。

(5) 施工人抬便道避让林木生长茂盛区域，以免运输过程中设备材料刮擦林木。

(6) 施工用地（包括永久用地、临时用地）尽可能选择在植被稀疏的荒草地，以减少对区域林地、灌丛草甸的永久破坏或临时占压。

(7) 按照林地管理相关规定办理林地使用许可证、林木采伐证等相关手续，严格按照林业主管部门下发的林地使用许可证规定的占地范围和林木采伐证规定的林木采伐数量进行采伐作业，严禁超范围、超数量采伐林木，并缴纳植被恢复费，由当地林业部门进行异地造林，减少植被的损失。

(8) 施工采取张力放紧线等方式进行架线，减少林木破坏。

(9) 塔材、金具等材料输运到施工现场需及时进行组装，减少现场堆放时间，减少对草地植被的占压。

(10) 施工结束后，应及时清理施工现场，对施工过程中产生的生活垃圾等固体废物，应集中收集装袋，并在结束施工时带出施工区域，不得随意丢弃于施工区域的天然草丛中，避免对植被的正常生长发育产生不良影响。

(11) 对于立地条件较好的塔位及临时占地区域植被恢复尽可能利用植被自然更新，对确需进入人工播撒草籽进行植被恢复的区域，应采用当地适生草种，严禁带入外来物种。

(12) 施工临时占地（如牵张场、土石方临时堆放场地等）应铺设彩条布或其他铺垫物。

(13) 加强施工人员管理教育，施工运输及作业严格控制在划定的运输路线和作业区域，禁止施工人员超出施工区域踩踏当地作物。

(14) 施工时尽可能避开农作物收获期，减少对栽培植被的影响。

(15) 施工临时占地尽量避免占用耕地。

10.6.2 动物保护措施

本工程对野生动物的影响主要是对小型兽类和鸟类的影响，应采取如下保护措施：

(1) 施工时，应严格限定范围，尽量减少对野生动物生境的破坏。

(2) 对工程废物和施工人员的生活垃圾进行彻底清理，尽量避免生活垃圾为鼠类等疫源性兽类提供生活环境，避免疫源性兽类种群爆发。

(3) 施工活动要集中时间快速完成，避开兽类繁殖季节施工。

(4) 禁止偷猎、下夹、设置陷阱的捕杀行为，违者严惩。

(5) 尽量减少施工对鸟类活动环境的破坏，极力保留临时占地内的灌木、草本植物，条件允许时边施工边进行植被快速恢复，缩短施工裸露面。

(6) 应加强水土保持，促进临时占地区植物群落的恢复，为鸟类提供良好的栖息、活动环境。

(7) 应加强施工人员宣传教育，若施工过程中发现珍稀野生保护动物，施工人员严禁捕猎。

10.6.3 水土保持措施

(1) 主体工程措施

1) 根据地形特点采用全方位高低腿铁塔，使用掏挖型基础，尽量减少土石方开挖量，降低水土流失影响。

2) 施工用房租用现有房屋设施，减少施工临时占地。

3) 塔基基位应尽可能避开不良地质段，基础类型应根据地质条件选择适应的基础，在条件许可时应优先采用原状土基础。

4) 能开挖成型的基坑，均采用以“坑壁”代替基础底模板方式开挖，减少开挖量。

5) 基坑回填后应在地面堆筑防沉土堆，其范围同基坑上口尺寸。

6) 对个别岩层裸露、表面破碎、极易产生水土流失的塔位，在清除表层破碎岩屑后，需进行砂浆抹面防护。

7) 位于斜坡的塔基表面应做成斜面，恢复自然排水。对可能出现汇水面的塔位要求塔位上方修浆砌块石排水沟，以利于排水。

8) 塔基施工前应对塔基单位内的表土进行剥离并装袋,剥离的表土堆放于塔基施工临时占地区域,以备施工结束后覆土绿化所用。

9) 施工结束后应对临时占地区域及时清除杂物和土地整治。

(2) 临时工程措施

1) 在塔基平台、基础、挡土墙等土石方施工时,剥离的表土,开挖出的土石方需要在堆土坡脚品字形堆码土袋进行挡护,顶面用塑料布遮挡,用剥离的表土装入编织袋,挡护基础开挖出的土石方,待施工完成后,倒出用于其区域覆土绿化。

2) 对处于一定坡度上的塔基,在其上坡面开挖临永结合的截水沟、排水沟,防治新增水土流失。

3) 施工期过雨季的,临时堆土需加以密目网遮盖,减小降雨对临时堆土的冲刷。

4) 线路沿线塔基区少量弃方采取堆放在杆塔下方夯实。

(3) 植物措施

临时占地及塔基区除复耕外均采用植被恢复措施,植被恢复尽可能利用自然更新,对需人工撒播草籽进行植被恢复的区域,根据当地的物种分布特征,选用适生的当地物种,严禁引入外来物种。

10.6.4 跨越水体采取的生态保护措施

(1) 合理选择架线位置,采取一档跨越,不在水中立塔,塔基位置应尽可能远离河岸,减小塔基对河流的影响。

(2) 禁止向水体排放油类,禁止在水体装贮油类车辆,禁止向水体排放、倾倒废水、垃圾等。

(3) 施工人员不得在靠近河流等水体附近搭建临时施工生活设施,严禁施工废水、生活污水、生活垃圾排入河流,影响河流水质。

(4) 在河流附近塔基施工时应加强水土保持,产生的弃渣应外运合理处置,禁止土石方下河。

(5) 严禁堆放生活垃圾,生活垃圾及时清运,以免产生垃圾渗滤液污染土壤及水体。

(6) 施工结束后应及时全面清理废弃物,避免留下难以降解的物质;对临时施工便道、施工扰动区域等施工影响区域按原有土地类型进行恢复。

10.6.5 穿越生态保护红线的生态保护措施

10.6.5.1 一般性保护要求

- (1) 在生态保护红线内施工时应加快施工进度。
- (2) 不在生态保护红线内尽量减少设置材料堆场、弃渣场、拌合场等，牵张场等临时占地应尽量避免红线内易引起水土流失和生态恶化的地带，选择植被稀疏处。
- (3) 严格控制作业区域和运输路线，并划定明确的施工范围，不得随意扩大。
- (4) 做好在生态保护红线内施工的相关环境保护教育培训工作，加强对施工人员的教育，使施工人员了解到对生态保护红线保护的重要性。

10.6.5.2 不利影响减免措施

在生态保护红线内修建线路时还应注意以下几点：

- (1) 输电线路通道在生态保护红线内走线时应尽量避开林区，无法避让的林区，尽量避让密林区，并采取适当提高塔位增加架空线路对地高度的措施，以减少林木的砍伐。
- (2) 尽量利用附近现有道路作为施工便道，或采用索道等方式运输施工材料，以减少生态保护红线内的新增水土流失。对于必须修建便道的地段，应选择裸地和植被稀疏处设置。
- (3) 合理协调安排施工工序与工期，避免暴雨频发季节施工，及时根据天气预报调整施工工序，雨天禁止开挖施工。
- (4) 因地制宜选用合适的铁塔和基础，减少基面开方量，以适应现场的地形地貌。塔基开挖土石方优先回填，塔基处表层所剥离的耕植土及水坑淤泥临时堆放，采取水土膜覆盖等措施，后期用于塔基边坡的覆土并进行绿化。
- (5) 塔基开挖后根据地形修建护坡和排水沟，防止雨水冲刷导致水土流失。
- (6) 塔基区开挖多余的土方，在施工完工后应尽可能回填至塔基征地范围内，无法就地消纳的应及时运出处理，不得在生态保护红线内设弃土处置点。
- (7) 对开挖、回填的山体、沟壑的土层裸露面要及时加固，塔基土石方工程结束后应立即植草护坡，完善生态恢复措施。
- (8) 提高水土流失防治标准、优化施工工艺，尽量减少对生态保护红线区域的地表扰动和植被损坏范围。
- (9) 采用对植被和环境破坏较小的电线架设的方法架设电线，包括张力放线、飞艇放线等，避免砍伐架线通道。

(10) 施工结束后,对一些地表土体比较松散、水土容易流失的塔位,要尽快恢复地表植被,尽早修复对塔基周围的影响,优先选用当地适生植物。

(11) 加强施工期的生态环境监理与监测工作,严格按照已经批准的水土保持方案报告及生态环境保护要求进行施工。

(12) 在基础施工完成后,对于占用的林地,要根据相关规定进行补偿。依据财政部、国家林业局颁发的《森林植被恢复费征收使用管理暂行办法》向相关部门交纳植被恢复费用,专门用于森林恢复,便于植被恢复。

10.6.6 对工程附近饮用水水源保护区采取的生态保护措施

本工程选线时已避让了沿线的布拖县龙潭镇集中式饮用水源地、布拖县拖觉镇集中式饮用水源地、宁南县跑马镇菲地村马劲子岔路口沟集中式饮用水源地、宁南县白鹤滩镇和平村尤家沟集中式饮用水源地等,但在施工过程中还应采取以下措施:

(1) 在保护区周围设置警示牌,提醒施工人员要注意保护当地生态环境,禁止施工人员在保护区范围内取土。

(1) 在上述饮用水水源保护区附近施工时,施工生活及机械检修应充分利用现有社会设施,禁止在水源地内建设施工营地,从源头上减少干扰与破坏。

(2) 禁止施工人员及施工车辆进入水源地范围内。

(3) 施工过程中要加强水土保持,控制开挖面,禁止在水源保护区内设置取弃土场、材料堆放场等。

(4) 加强管理与教育,禁止施工工人进入水源保护区,禁止施工工人在水源保护区的滥捕、滥猎、滥采行为。

(5) 施工过程中要设置临时围挡,控制临时占地,减少植被破坏。

10.7 公众参与调查

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部令第4号)规定组织了公众参与工作。环境影响评价信息发布后,至意见反馈截止日期,未收到与本项目环境影响和环境保护措施有关的建议和意见。

10.8 工程环保投资估算

本工程总投资***万元。其中,环境保护投资***万元,约占工程总投资的***。

10.9 评价结论

国家《电力发展“十三五”规划(2016-2020年)》明确:“十三五”期间,开工建设白鹤滩电站外送工程;2018年9月,国家能源局以《关于加快推进一批输变电重点

工程规划建设工作的通知》（国能发电力[2018]70号）明确：白鹤滩电站电力以2回 $\pm 800\text{kV}$ 直流输电工程分别送电江苏和浙江两省消纳。白鹤滩左岸水电站500kV送出工程是白鹤滩电站接入系统及外送交流配套工程，因此本工程的建设是非常必要的。

本工程为500kV输变电项目，建设及运营的技术成熟、可靠，工艺选择符合清洁生产要求；工程区域及评价范围的水、气、声、生态、电磁等环境质量现状较好，没有制约本项工程建设的环境要素。本项工程属国家发展和改革委员会第21号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》明确的鼓励类项目，符合国家现行产业政策。本工程施工期的环境影响较小，对工程运营期可能产生的工频电场、工频磁场和噪声等主要环境影响，可采取相应环保措施予以缓解或消除。通过认真落实“报告书”和项目设计中提出的各项环保措施要求，可缓解或消除工程建设可能产生的不利环境影响。“公众参与”调查结果显示，当地群众均普遍支持本项目的建设。**从环保角度分析，本工程的建设是可行的。**

10.10 建议

除严格按照本报告提出的环境保护措施外，建议还应加强以下管理措施：

（1）各项环保措施需用经费要随着工程设计的深入，分项仔细核算，确保环保经费到位用足。工程环保投资应设专帐管理，专款专用，确保工程各项环保措施的顺利实施。

（2）在下阶段设计和建设过程中，业主要进一步提高环境保护意识，充分重视和认真实施相关环保措施。

（3）业主单位在下阶段工程设计、施工及运营过程中，应随时听取及收集公众对本项工程建设的意见，充分理解公众对电磁环境影响的担心，及时进行科学宣传和客观解释，积极妥善地处理好各类公众意见，避免有关纠纷事件的发生。