

# 河南许昌鄢陵陶城 110kV 输变电工程 电磁环境影响专题评价

湖北君邦环境技术有限责任公司

二〇二四年一月

# 目录

---

1 总论 .....	1
1.1 编制依据 .....	1
1.2 工程概况 .....	1
1.3 评价因子 .....	1
1.4 评价标准 .....	2
1.5 评价工作等级 .....	2
1.6 评价范围 .....	2
1.7 环境敏感目标 .....	3
2 电磁环境现状评价 .....	4
2.1 监测因子 .....	4
2.2 监测点位及代表性 .....	4
2.3 监测频次 .....	5
2.4 监测时间及监测条件 .....	5
2.5 监测方法及仪器 .....	6
2.6 监测结果及分析 .....	6
3 电磁环境影响预测与评价 .....	8
3.1 变电站类比评价 .....	8
3.2 间隔扩建工程 .....	12
3.3 架空输电线路 .....	13
3.4 220kV 巨桐线升高改造 .....	32
3.5 电磁环境影响预测评价结论 .....	33
4 电磁环境保护措施 .....	36
5 电磁环境影响评价专题结论 .....	37
5.1 主要结论 .....	37
5.2 电磁环境保护措施 .....	40
5.3 建议 .....	40

# 1 总论

## 1.1 编制依据

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；
- (3) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (4) 《110kV~750kV架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）；
- (5) 《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ1113-2020）；
- (6) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）（HJ681-2013）。

## 1.2 工程概况

本项目位于河南省许昌市鄢陵县只乐乡、望田镇、陶城镇、南坞镇、张桥镇，主要建设内容包括：

(1) 陶城 110kV 变电站新建工程：新建陶城 110kV 变电站采用户外布置，终期主变容量  $3 \times 50\text{MVA}$ ，110kV 出线 4 回，变电站围墙内占地面积  $4521\text{m}^2$ 。

(2) 树海—陶城110kV线路工程：新建线路起于树海220kV变电站，止于陶城110kV变电站，新建线路路径全长16.65km，其中单回架空线路路径长15.95km，同塔双回架空线路（双回挂线、一回备用）路径长0.7km。

(3) 张桥—陶城110kV线路工程：线路起于张桥110kV变电站，止于陶城110kV变电站，线路路径全长14.48km，其中新建单回架空线路路径长6.35km，利用原110kV安广升压站—张桥备用侧线路（前期已双回挂线）路径长8.13km。

(4) 220kV巨桐线升高改造工程：将220kV巨桐单回线路128#及129#塔进行升高改造，拆除直线水泥杆2基，新建单回角钢塔2基，导线利旧。

(5) 树海220kV变电站110kV间隔扩建工程：树海220kV变电站扩建110kV出线间隔1个，间隔扩建位于站内预留位置，不新征用地。

(6) 张桥110kV变电站110kV间隔扩建工程：张桥110kV变电站扩建110kV出线间隔1个，间隔扩建位于站内预留位置，不新征用地。

## 1.3 评价因子

本项目电磁环境影响评价因子详见表 1-1。

表 1-1 本项目电磁环境影响评价因子汇总表

评价阶段	评价项目	现状评价因子	单位	预测评价因子	单位
运行期	电磁环境	工频电场	V/m	工频电场	V/m
		工频磁场	$\mu\text{T}$	工频磁场	$\mu\text{T}$

#### 1.4 评价标准

本项目运行期工频电场、工频磁场执行《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众曝露控制限值，详见表1-2。

表 1-2 项目执行的电磁环境标准明细表

要素分类	标准名称	适用类别	标准值		评价对象
			参数名称	限值	
电磁环境	《电磁环境控制限值》 (GB 8702-2014)	50Hz	工频电场	4000V/m	评价范围内公众曝露控制限值
				10kV/m	架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所
			工频磁场	100 $\mu\text{T}$	评价范围内公众曝露控制限值

#### 1.5 评价工作等级

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），本项目新建陶城 110kV 变电站户外布置，变电站电磁环境按二级进行评价；新建 110kV 架空线路边导线地面投影外两侧各 10m 范围有电磁环境敏感目标，电磁环境评价等级按二级进行评价；220kV 巨桐升高改造架空线路边导线地面投影外两侧各 15m 范围无电磁环境敏感目标，电磁环境评价等级按三级进行评价；树海 220kV 变电站户外布置，变电站电磁环境按二级进行评价；张桥 110kV 变电站户外布置，变电站电磁环境按二级进行评价。

综上所述，确定本项目电磁环境影响评价工作等级为二级。

#### 1.6 评价范围

按照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），本项目电磁环境影响评价范围见表 1-3。

表 1-3 项目电磁评价范围一览表

项目	评价范围
110kV 变电站	陶城 110kV 变电站站界外 30m 范围内区域；张桥 110kV 变电站本期扩建间隔侧站界外 30m 范围内区域
220kV 变电站	树海 220kV 变电站本期扩建间隔侧站界外 40m 范围内区域
110kV 架空线路	边导线地面投影外两侧各 30m 的带状区域
220kV 架空线路	边导线地面投影外两侧各 40m 的带状区域

## 1.7 环境敏感目标

通过现场调查,本项目评价范围内涉及的电磁环境敏感目标主要是线路沿线的民房,共有9处,本项目评价范围内的电磁环境敏感目标见表1-4。

表 1-4 本项目电磁环境敏感目标一览表

编号	电磁环境敏感目标名称		方位及最近距离 <sup>①</sup>	评价范围内数量	最近建筑物楼层、高度	导线最低高度(m) <sup>②</sup>	功能	环境保护要求 <sup>③</sup>
<b>树海-陶城 110kV 线路工程</b>								
1	只乐乡刘英桥村	中药材合作社	线路东北侧约 23m	1 处	1F 坡顶,高 5m	单回架空线路, ≥7m	工厂	E、B
		新农合卫生室	线路西南侧约 30m	1 处	2F 坡顶,高 8m	单回架空线路, ≥7m	居住	E、B
2	望田镇孙屯村	张永奎住宅	线路西侧约 28m	1 处	2F 坡顶,高 8m	单回架空线路, ≥7m	居住	E、B
<b>张桥—陶城 110kV 线路工程</b>								
3	南坞镇秦岗村	刘保周住宅	线路东侧约 26m	1 处	2F 坡顶,高 8m	单回架空线路, ≥7m	居住	E、B
		粮食收购站	线路东侧约 20m	1 处	1F 坡顶,高 5m	单回架空线路, ≥7m	商业	E、B
4	南坞镇罗庄村	1F 养殖场	线路东南侧约 20m	1 处	1F 坡顶,高 4m	单回架空线路, ≥7m	养殖	E、B
		1F 民房	线路西北侧约 30m	1 处	1F 坡顶,高 4m	单回架空线路, ≥7m	居住	E、B
5	南坞镇程庄村	腾某住宅	线路西北侧约 30m	1 处	1F 坡顶,高 6m	单回架空线路, ≥7m	居住	E、B
6	南坞镇寺后刘村	王文静住宅	线路西侧约 29m	1 处	2F 坡顶,高 9m	双回架空线路, 22m	居住	E、B
7	张桥镇张庄村	2F 民房	线路东北侧 23m	1 处	2F 坡顶,高 9m	双回架空线路, 16m	居住	E、B
8	张桥镇沙滩村	鄢陵县维滋农牧农民专业合作社 <sup>④</sup>	线下	1 处	1F 平顶,高 3m	双回架空线路, 22m	养殖	E、B
9	张桥镇大宋村	鄢陵县弓虽园林绿化工程有限公司(闲置)	线路东侧 25m	1 处	1F 坡顶,高 3m	双回架空线路, 21m	办公	E、B
		1F 简易看护房	线路东侧 15m	1 处	1F 坡顶,高 3m	双回架空线路, 19m	看护	E、B
<b>陶城 110kV 变电站、张桥 110kV 变电站 110kV 间隔扩建侧、树海 220kV 变电站 110kV 间隔扩建侧、220kV 巨桐线升高改造段评价范围内无电磁环境敏感目标分布。</b>								

注: ①线路沿线环境敏感目标的相对位置根据目前初设阶段线路路径及环境敏感目标分布情况得出, 最终距离以实际建设情况为准;

②1~5 号为拟建导线最低高度, 6~9 为利用已建线路备用侧线路实际线高;

③E—工频电场; B—工频磁场;

④本期利用安广升压站-张桥备用侧线路跨越鄢陵县维滋农牧农民专业合作社, 线下无建筑物, 距最近 1F 坡顶办公室距离为 19m。

## 2 电磁环境现状评价

为了解本项目所在区域电磁环境质量现状，环评单位委托湖北君邦检测技术有限公司于 2023 年 11 月 18 日对变电站站址周围及线路沿线进行了现状监测。

### 2.1 监测因子

工频电场、工频磁场。

### 2.2 监测点位及代表性

#### 2.2.1 监测布点依据

监测布点及测量方法主要依据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）、《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）。

#### 2.2.2 监测布点原则

监测点位包括变电站站址、输电线路路径、电磁环境敏感目标。

##### （1）变电站

新建站址的布点方法以围墙四周均匀布点为主，如新建站址附近无其他电磁设施，可在站址中心布点监测。对于有竣工环境保护验收资料的变电站进行改扩建，可在扩建端补充测点。

##### （2）输电线路

对于无电磁环境敏感目标的输电线路，需对沿线电磁环境现状进行监测，尽量沿线路路径均匀布点，兼顾行政区、环境特征及各子工程的代表性。

##### （3）电磁环境敏感目标

对于电磁环境敏感目标，需在电磁环境敏感目标选择靠近项目侧进行布点。

#### 2.2.3 监测点位选取

##### （1）新建陶城 110kV 变电站

本次电磁环境监测选择在规划陶城 110kV 变电站站址四周厂界外距地面 1.5m 高处各设置 1 处监测点位。

##### （2）输电线路

本项目 110kV 输电线路沿线分布有电磁环境敏感目标，因此电磁环境敏感目标处

的电磁环境监测值可代表 110kV 输电线路沿线电磁环境；220kV 巨桐线升高改造段线路无电磁环境敏感目标，选择在 220kV 巨桐线升高改造段 128#~129#塔之间，弧垂最低处线下，距地面 1.5m 处设置 1 处监测点位。

### (3) 环境敏感目标

项目评价范围内电磁环境敏感目标监测点位布设在靠近项目侧最近的建筑物外 2m、距地面 1.5m 高处各布设 1 处监测点位。

### (4) 间隔扩建工程

在张桥 110kV 变电站及树海 220kV 变电站本期扩建间隔处及已建间隔处围墙外 5m，距地面 1.5m 高处各设置 1 处监测点位。

具体监测布点图见附图 6。

## 2.2.4 监测点位代表性分析

本评价所布置的点位涵盖了输电线路、电磁环境敏感目标、新建变电站站址及扩建变电站扩建侧，故本次监测点位具有代表性。

## 2.3 监测频次

工频电场、工频磁场在昼间各监测 1 次。

## 2.4 监测时间及监测条件

监测时间及监测环境条件见表 2-1，现场监测期间运行工况见表 2-2。

表 2-1 监测时间及监测环境条件

检测日期	天气	温度 (°C)	相对湿度 (%RH)	风速 (m/s)
2023.11.18	晴	7~17	34~48	1.2~3.4
2023 年 11 月 18 日：昼间 9:00~18:00				

表 2-2 现场监测期间运行工况一览表

项目		运行工况			
		电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率 (Mvar)
张桥 110kV 变电站	1 号主变	118.5~119.2	67.6~72.7	13.9~14.8	1.5~2.3
	2 号主变	115.5~116.6	60.1~67.8	5.2~7.1	1.8~2.5
树海 220kV 变电站	1 号主变	230.8~231.2	55.8~58.3	22.3~23.4	2.6~3.3
110kV 安张线		117.2~117.7	92.5~125.8	21.3~24.6	8.6~9.9
220kV 巨桐线		230.5~321.2	63.5~67.7	13.2~13.8	21.2~22.3

## 2.5 监测方法及仪器

### (1) 监测方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）。

### (2) 监测仪器

监测仪器情况见表 2-3。

表 2-3 监测仪器情况一览表

序号	仪器设备名称	设备编号	校准证书编号	校准单位	校准有效期
1	工频场强计	LF-04（探头） /SEM-600（主机）	CEPRI-DC（JZ） -2022-067	中国电力科学研究院 有限公司	2022.12.18~2023.12.17
频率范围：1Hz~400kHz； 测量范围：工频电场强度 0.01V/m~100kV/m，工频磁感应强度 1nT~10mT					

## 2.6 监测结果及分析

根据监测布点要求，对项目所在区域工频电场、工频磁场进行了监测，监测结果见表 2-4。

表 2-4 本项目工频电场强度、工频磁感应强度的监测结果

测点序号	测点位置	1.5m 高处工频 电场强度(V/m)	1.5m 高处工频磁 感应强度(μT)
<b>新建陶城 110kV 变电站工程</b>			
EB1	陶城 110kV 变电站站址东侧	5.79	0.033
EB2	陶城 110kV 变电站站址南侧	5.69	0.028
EB3	陶城 110kV 变电站站址西侧	8.16	0.063
EB4	陶城 110kV 变电站站址北侧	7.87	0.052
<b>树海-陶城 110kV 线路电磁环境敏感目标</b>			
EB5	刘英桥村中药材合作社	0.28	0.018
EB6	刘英桥村新农合卫生室	0.75	0.017
EB7	孙屯村张永奎住宅	0.86	0.017
<b>张桥—陶城 110kV 线路电磁环境敏感目标</b>			
EB8	秦岗村刘保周住宅	0.83	0.016
EB9	秦岗村粮食收购站	0.78	0.014
EB10	罗庄村 1F 养殖场	2.83	0.025
EB11	罗庄村 1F 民房	0.64	0.007
EB12	程庄村腾某住宅	18.54	0.086
EB13	寺后刘村王文静住宅	12.50	0.070
EB14	张庄村 2F 民房	102.44	0.178
EB15	鄢陵县维滋农牧农民专 业合作社	1F 办公室	34.68
EB16		线下	528.46
EB17	鄢陵县弓虽园林绿化工程有限公司（闲置）	22.40	0.116
EB18	大宋村 1F 简易看护房	97.28	0.165

220kV 巨桐线升高改造工程			
EB19	220kV 巨桐线 128#~129#塔	435.47	0.438
树海 220kV 变电站 110kV 间隔扩建工程			
EB20	110kV 配电装置区北数第十一出线间隔（本期扩建间隔处）	117.23	0.101
EB21	110kV 配电装置区北数第二出线间隔（至 110kV 沈寺风电场升压站）	221.37	0.187
张桥 110kV 变电站 110kV 间隔扩建工程			
EB22	110kV 配电装置区东数第一出线间隔（本期扩建间隔处）	101.77	0.109
EB23	110kV 配电装置区东数第五出线间隔（至 220kV 树海变）	235.43	0.203

注：测点 EB10、EB12 受 35kV 线路影响工频电磁场监测数据偏大；测点 EB13~EB18 位于利用已建线路备用侧，因此工频电磁场监测数据偏大。

#### （1）新建变电站工程

陶城 110kV 变电站站址所在区域工频电场强度在（5.69~8.16）V/m 之间，工频磁感应强度在（0.028~0.063） $\mu$ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）要求的 4000V/m 及 100 $\mu$ T 公众曝露控制限值要求。

#### （2）电磁环境敏感目标

本项目电磁环境敏感目标测点处工频电场强度在（0.28~528.46）V/m 之间，工频磁感应强度在（0.014~0.424） $\mu$ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

#### （3）220kV 巨桐线升高改造工程

220kV 巨桐线升高改造段工频电场强度为 435.47V/m，工频磁感应强度为 0.438 $\mu$ T，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 10kV/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

#### （4）间隔扩建工程

本期树海 220kV 变电站及张桥 110kV 变电站本期扩建间隔处及已建间隔处工频电场强度在（101.77~235.43）V/m 之间，工频磁感应强度在（0.101~0.203） $\mu$ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### 3 电磁环境影响预测与评价

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），确定本项目电磁环境影响评价工作等级为二级。本项目陶城 110kV 变电站采用类比监测的方法来分析、预测和评价变电站投运后产生的电磁环境影响；本项目架空线路采用模式预测来分析、预测和评价投运后产生的电磁环境影响。

#### 3.1 变电站类比评价

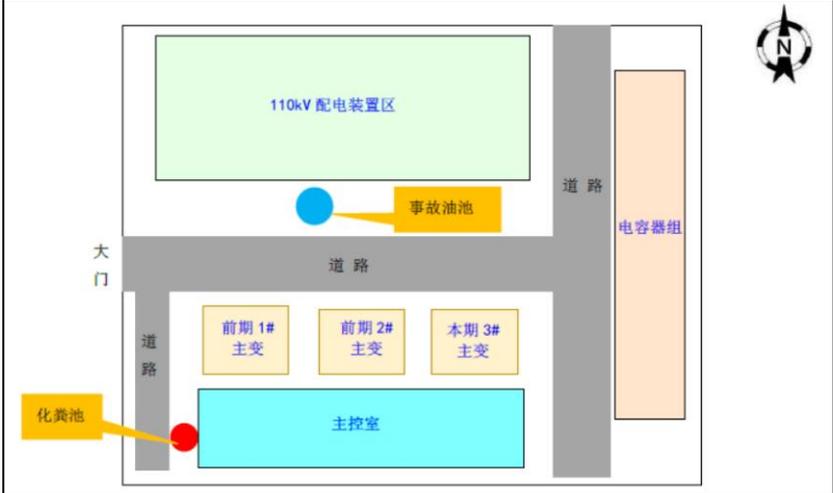
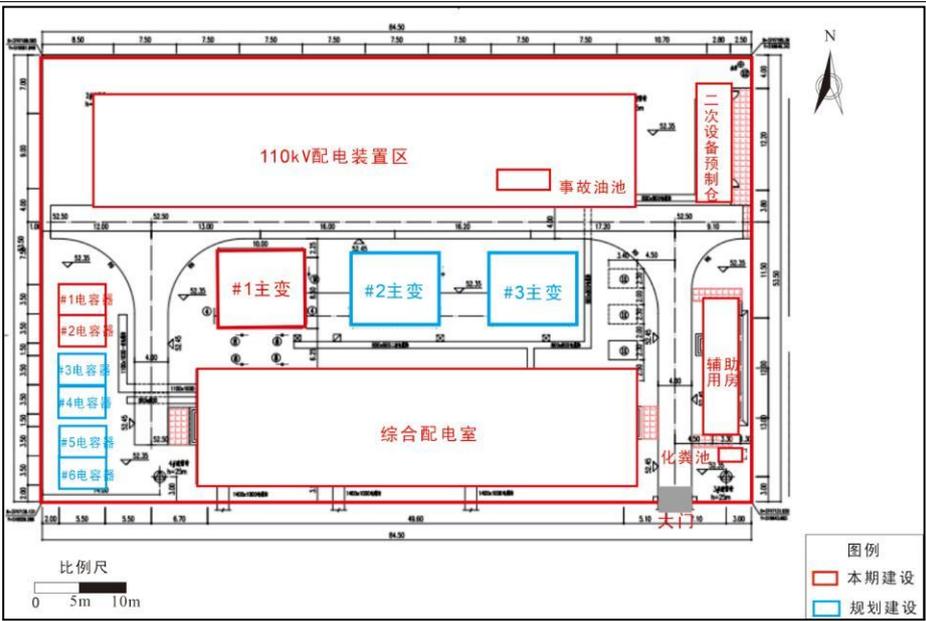
##### 3.1.1 选择类比对象

为预测本项目变电站运行后产生的工频电场、工频磁场对变电站周围的环境影响，需选取电压等级、容量和主接线形式、建设规模与本项目远景规模大致相同 110kV 变电站作为类比检测对象。

本次环评选择许昌襄城侯庄 110kV 变电站（该工程于 2021 年 11 月取得了国网河南省电力公司许昌供电公司的竣工环境保护验收意见，并在全国建设项目竣工环境保护验收信息系统进行了备案）进行类比分析。类比变电站与陶城 110kV 变电站的参数情况见表 3-1 所示。

表 3-1 侯庄 110kV 变电站与陶城 110kV 变电站对比情况

项目名称	侯庄 110kV 变电站 (类比监测规模)	陶城 110kV 变电站	可比性分析
电压等级	110kV	110kV	电压等级相同，电压等级是影响电磁环境的首要因素
主变容量	3×50MVA (现有规模)	终期规划 3×50MVA	主变终期容量相同，主变容量是影响电磁环境的主要因素
主变布置	户外布置	户外布置	主变布置方式相同，主变布置方式是影响电磁环境的主要因素
变电站面积	4500m <sup>2</sup>	4521m <sup>2</sup>	占地面积相似，站内电气设备对站界外的影响相似
110kV 出线方式及回数	架空出线 4 回 (现有规模)	终期架空出线 4 回	出线方式相同，终期出线回数相同，出线方式是影响电磁环境的重要因素
110kV 配电	户外 AIS 设备	户外 HGIS+AIS 设备	110kV 配电装置相似，对站界

装置			外的影响相似
母线接线方式	单母分段接线	单母分段接线	母线接线方式相同，对站界外的影响相似
所在地区	河南省许昌市襄城县	河南省许昌市鄢陵县	所在地区环境相似
数据来源	《许昌襄城侯庄 110kV 变电站 3 号主变扩建工程检测报告》(易道测字(2021)第 0057 号，河南易道测试科技有限公司)		
平面布置	 <p>侯庄 110kV 变电站</p>		
	 <p>陶城 110kV 变电站</p>		

由表 3-1 对比资料可以看出，侯庄 110kV 变电站与本项目陶城 110kV 变电站电压等级、主编容量、主变布置方式、110kV 出线方式、110kV 配电装置、母线接线方式相同，平面布置、变电站面积相似，且类比变电站运行电压已达到设计额定电压等级，运行正常，可以反映变电站正常运行情况下的电磁水平，因此具有较好的可比性。

### 3.1.2 类比监测因子

工频电场强度、工频磁感应强度。

### 3.1.3 监测方法

监测方法：《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ681-2013）；

### 3.1.4 监测仪器

表 3-2 监测仪器一览表

仪器名称	型号	出厂编号	检定证书编号	检定有效期
工频电磁 场探头/电 磁辐射分 析仪	EHP-50F /NBM550	000WX60223 /G-0520	(磁场) 校准字第 202105000504 号	2021.05.07~2022.05.06
			(电场) 校准字第 202104011121 号	2021.05.11~2022.05.10

### 3.1.5 监测布点

选择在没有进出线或远离进出线（距离边导线地面投影不少于 20m）的四周围墙外且距离围墙 5m，距地面 1.5m 处各布置 1 个监测点位；工频电磁场断面应以变电站围墙周围的工频电场和工频磁场监测最大值处为起点，在垂直于围墙的方向上布置，监测点间距为 5m，距地面 1.5m，顺序测至距离围墙 50m 处为止，类比变电站选取监测数据较大的东侧作为断面进行监测。

围墙四周及监测断面监测布点图见图 3-1。

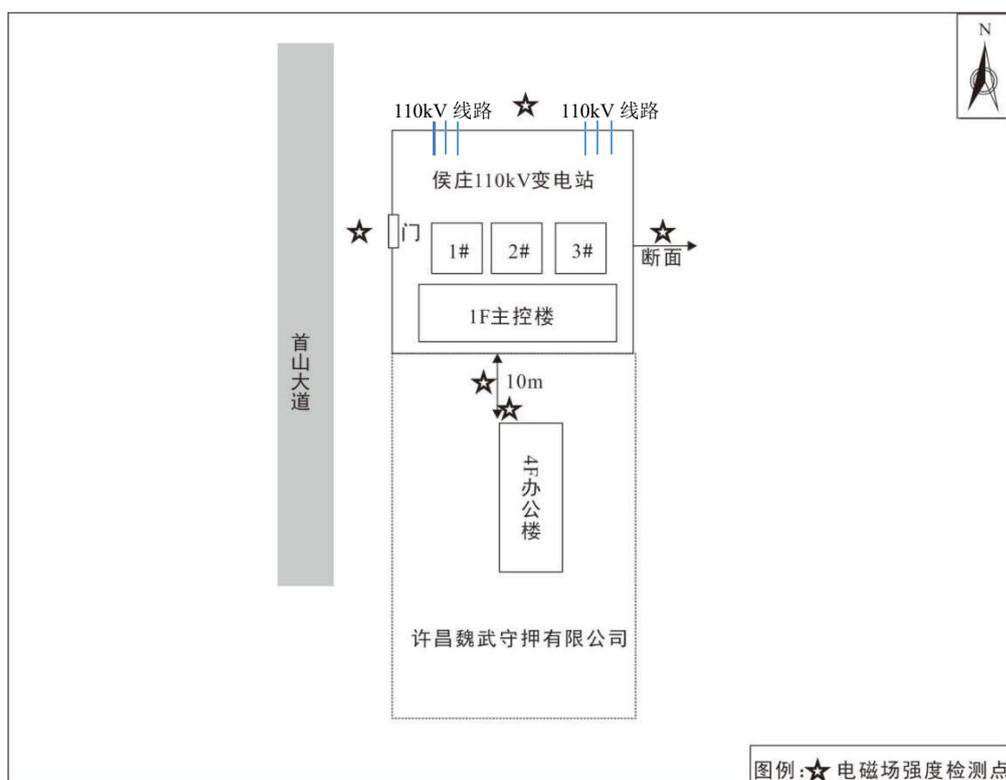


图 3-1 侯庄 110kV 变电站工频电磁场监测布点示意图

### 3.1.6 监测条件及运行工况

监测条件见表 3-3，运行工况见表 3-4。

表 3-3 侯庄 110kV 变电站监测条件

日期	天气	温度 (°C)	相对湿度(%RH)	风速 (m/s)
2021.5.27	晴	21~31	29~51	0.6~1.6

表 3-4 侯庄 110kV 变电站监测期间工况负荷

变电站名称		监测时间	电压 (kV)	电流 (A)	有效功率 (MW)	无功功率 (MVar)
侯庄 110kV 变电站	#1 主变	2021.5.27	115.6	64.5	12.8	0.86
	#2 主变		115.4	56.5	11.1	0.42
	#3 主变		115.3	146.4	28.6	4.5

### 3.1.7 类比监测结果

侯庄 110kV 变电站类比监测结果见表 3-5。

表 3-5 侯庄 110kV 变电站工频电场强度、工频磁感应强度监测结果

序号	测点名称		1.5m 高度处工频电场强度(V/m)	1.5m 高度处工频磁感应强度 (μT)	
EB1	侯庄 110kV 变电站	东侧厂界外 5m	82.9	2.390	
EB2		南侧厂界外 5m	4.3	0.2272	
EB3		西侧厂界外 5m	46.2	0.3541	
EB4		北侧厂界外 5m	90.6	0.3879	
EB5		东侧厂界外	5m	82.9	2.390
EB6			10m	42.4	0.8382
EB7			15m	35.0	0.3149
EB8			20m	28.2	0.2006
EB9			25m	25.3	0.1272
EB10			30m	23.3	0.0968
EB11			35m	19.2	0.0816
EB12			40m	16.2	0.0768
EB13			45m	10.2	0.0533
EB14			50m	5.3	0.0294

备注：侯庄 110kV 变电站北侧厂界外有出线干扰，故选择东侧厂界进行断面监测。

#### (1) 变电站

由表3-5可知，根据类比监测结果，侯庄110kV 变电站四周围墙外各监测点位处工频电场强度在4.3V/m~90.6V/m 之间，最大值为90.6V/m，出现在变电站北侧围墙外5m 处，工频磁感应强度在0.2272μT~2.390μT 之间，最大值为2.390μT，

出现在变电站东侧围墙外5m处，所有测点均小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中4kV/m、100 $\mu$ T的公众暴露控制限值。

## （2）监测断面

侯庄110kV变电站断面监测结果中工频电场强度在5.3V/m~82.9V/m之间，最大值为82.9V/m，出现在变电站东侧围墙外5m，工频磁感应强度在0.0294 $\mu$ T~2.390 $\mu$ T之间，最大值为2.390 $\mu$ T，出现在变电站东侧围墙外5m，工频电场强度及工频磁感应强度监测值随与围墙距离的增大而呈递减趋势，所有测点均小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中4kV/m、100 $\mu$ T的公众暴露控制限值。

### 3.1.8 类比结果分析

根据类比监测结果可知，侯庄110kV变电站的四周围墙外工频电场强度在4.3V/m~90.6V/m之间，工频磁感应强度在0.2272 $\mu$ T~2.390 $\mu$ T之间，监测结果远远小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场强度4000V/m及工频磁感应强度100 $\mu$ T的公众暴露控制限值；因此可以预测陶城110kV变电站建成投运后，变电站四周的工频电场强度和工频磁感应强度现状值也将小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场强度4000V/m及工频磁感应强度100 $\mu$ T的公众暴露控制限值。

## 3.2 间隔扩建工程

张桥110kV变电站及树海220kV变电站本期分别扩建1个110kV出线间隔，扩建工程不新增主变压器，间隔扩建在变电站围墙内进行，在站内预留场地上新建基础和支架，装设相应的电气设备等，不会改变站内的主变、主母线等主要电气设备。增加的电气设备对围墙外的工频电场、工频磁场基本上不构成增量影响，扩建工程完成后变电站区域电磁环境水平与变电站前期工程建成后的电磁环境水平相当。

根据前期工程验收结论及本次扩建现状监测结果，本期张桥110kV变电站及树海220kV变电站本期扩建间隔处及已建间隔处工频电场强度在（101.77~235.43）V/m之间，工频磁感应强度在（0.101~0.203） $\mu$ T之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中4000V/m及100 $\mu$ T的公众暴露控制限值要求；因此，通过类比该工程前期验收及现状监测结果，张桥110kV变电站及树海

220kV 变电站本期扩建 110kV 间隔完成后，变电站围墙外的工频电场强度和工频磁感应强度仍满足相应的限值要求。

### 3.3 架空输电线路

#### 3.3.1 预测因子

工频电场、工频磁场。

#### 3.3.2 预测模式

本次评价所采取的预测模型引用自《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）中附录 C 高压交流架空输电线路下空间工频电场强度的计算、附录 D 高压交流架空输电线路下空间工频磁感应强度的计算进行预测。

#### 3.3.3 工频电场强度的计算

(1) 计算单位长度导线上等效电荷

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

设输电线路为无限长并且平行于地面，地面可视为良导体，利用镜像法计算输电线上的等效电荷。

为了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：

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

… (C1)

式中： $U$ —各导线对地电压的单列矩阵；

$Q$ —各导线上等效电荷的单列矩阵；

$\lambda$ —各导线的电位系数组成的  $n$  阶方阵( $n$  为导线数目)。

$[U]$ 矩阵可由输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。

由三相 110kV（线间电压）回路（图 C.1 所示）各相的相位和分量，则可计算各导线对地电压为：

$$|U_A| = |U_B| = |U_C| = \frac{110 \times 1.05}{\sqrt{3}} = 66.7(kV)$$

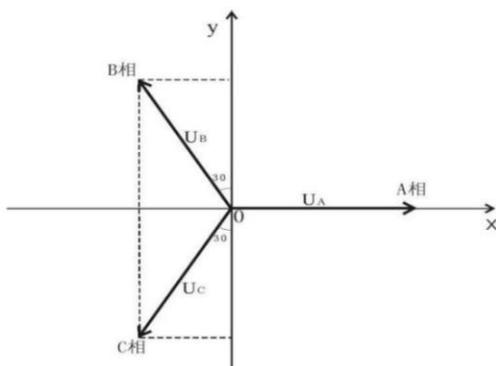


图 C.1 对地电压计算图

对于 110kV 三相导线各导线对地电压分量为：

$$\begin{aligned}
 U_a &= (66.7+j0)kV \\
 U_b &= (-33.3+j57.8)kV \\
 U_c &= (-33.3-j57.8)kV
 \end{aligned}$$

[λ]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  $i, j, \dots$  表示相互平行的实际导线，用  $i', j', \dots$  表示它们的镜像，如图 C.2 所示，电位系数可写为：

$$\lambda_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{R_i} \dots\dots\dots (C2)$$

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L'_{ij}}{L_{ij}} \dots\dots\dots (C3)$$

$$\lambda_{ij} = \lambda_{ji} \dots\dots\dots (C4)$$

式中：  $\epsilon_0$ ——真空介电常数，  $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} F/m$ ；

$R_i$ ——输电导线半径，对于分裂导线可用等效单根导线半径代入，  $R_i$ 的计算式为：

$$R_i = R \cdot \sqrt[n]{\frac{nr}{R}} \dots\dots\dots (C5)$$

式中：  $R$ ——分裂导线半径， m； （如图 C.3）

$n$ ——次导线根数；

$r$ ——次导线半径， m。

由[U]矩阵和[λ]矩阵，利用式（C1）即可解出[Q]矩阵。

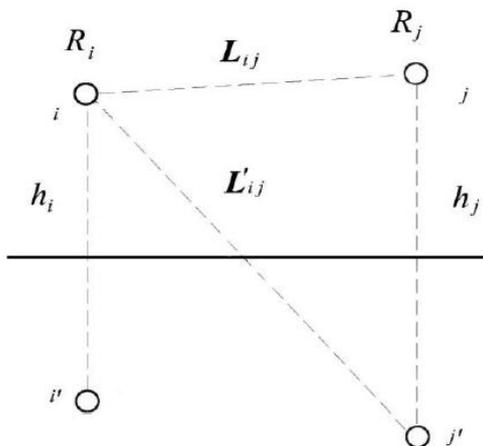


图 C.2 电位系数计算图

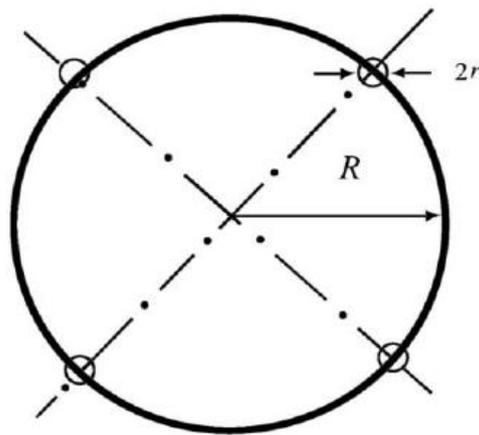


图 C.3 等效半径计算图

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：

$$\bar{U}_i = U_{iR} + jU_{iI} \dots \dots \dots (C6)$$

相应地电荷也是复数量：

$$\bar{Q}_i = Q_{iR} + jQ_{iI} \dots \dots \dots (C7)$$

式 (C1) 矩阵关系即表示了复数量的实部和虚部两部分：

$$[U_R] = [\lambda][Q_R] \dots \dots \dots (C8)$$

$$[U_I] = [\lambda][Q_I] \dots \dots \dots (C9)$$

(2) 计算由等效电荷产生的电场

为计算地面电场强度的最大值，通常取设计最大弧垂时导线的最小对地高度。

当各导线单位长度的等效电荷量求出后，空间任意一点的电场强度可根据叠加原理计算得出，在 (x, y) 点的电场强度分量  $E_x$  和  $E_y$  可表示为：

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left( \frac{x-x_i}{L_i^2} - \frac{x-x_i}{(L_i')^2} \right) \dots \dots \dots (C10)$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left( \frac{y-y_i}{L_i^2} - \frac{y+y_i}{(L_i')^2} \right) \dots \dots \dots (C11)$$

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

$m$ —导线数目；

$L_i$ 、 $L'_i$ —分别为导线  $i$  及其镜像至计算点的距离， $m$ 。

对于三相交流线路，可根据式 (C8) 和 (C9) 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：

$$\bar{E}_x = \sum_{i=1}^m E_{ixR} + j \sum_{i=1}^m E_{ixI} = E_{xR} + jE_{xI} \dots \dots \dots (C12)$$

$$\bar{E}_y = \sum_{i=1}^m E_{iyR} + j \sum_{i=1}^m E_{iyI} = E_{yR} + jE_{yI} \dots \dots \dots (C13)$$

式中： $E_{xR}$ ——由各导线的实部电荷在该点产生场强的水平分量；

$E_{xI}$ ——由各导线的虚部电荷在该点产生场强的水平分量；

$E_{yR}$ ——由各导线的实部电荷在该点产生场强的垂直分量；

$E_{yI}$ ——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：

$$\bar{E} = (E_{xR} + jE_{xI})\bar{x} + (E_{yR} + jE_{yI})\bar{y} = \bar{E}_x + \bar{E}_y \dots \dots \dots (C14)$$

式中：

$$E_x = \sqrt{E_{xR}^2 + E_{xI}^2} \dots \dots \dots (C15)$$

$$E_y = \sqrt{E_{yR}^2 + E_{yI}^2} \dots \dots \dots (C16)$$

在地面处 ( $y=0$ ) 电场强度的水平分量，即  $E_x=0$ 。

### 3.3.4 工频磁场计算公式

根据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020) 的附录 D 计算高压送电线路下空间工频磁感应强度。

由于工频电磁场具有准静态特性，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。

和电场强度计算不同的是关于镜像导线的考虑，与导线所处高度相比这些镜像导线位于地下很深的距离  $d$ ：

$$d = 660 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \text{ (m)} \dots \dots \dots (D1)$$

式中： $\rho$ ——大地电阻率， $\Omega \cdot m$ ；

$f$ ——频率，Hz。

在一般情况下，可只考虑处于空间的实际导线，忽略它的镜像进行计算，其结果已足够符合实际。如图 D.1，不考虑导线  $i$  的镜像时，可计算其在 A 点产生的磁场强度：

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2+L^2}} \text{ (A/m)} \dots\dots\dots \text{ (D1)}$$

式中： $I$ ——导线  $i$  中的电流值，A；

$h$ ——导线与预测点的高差，m；

$L$ ——导线与预测点水平距离，m。

对于三相线路，由相位不同形成的磁场强度水平和垂直分量都应分别考虑电流的相角，按相位矢量来合成。合成的旋转矢量在空间的轨迹是一个椭圆。

为了与环境标准相对应，需要将磁场强度转换为磁感应强度。磁感应强度为矢量场量，用“B”表示，其作用在具有一定速度的带电粒子上的力等于速度与 B 矢量积，再与粒子电荷的乘积，其单位为特斯拉（T）。在空气中，磁感应强度等于磁场强度乘以磁导率  $\mu_0$ ，即  $B = \mu_0 H$ 。

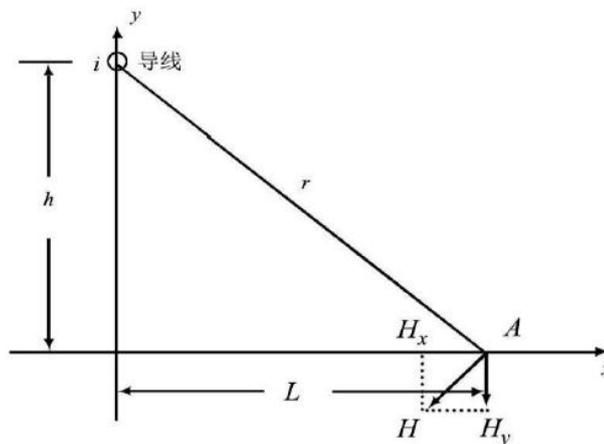


图 D.1 磁场向量图

### 3.3.5 预测参数选择

①根据可研资料，本项目110kV 线路新建69基杆塔，其中新建单回线路选用110-EC21D-ZM1、110-EC21D-ZM2、110-EC21D-ZM3等模块塔型，新建同塔双回线路选用110-EC21S-Z2、110-EC21S-ZK 等模块塔型，本项目利用110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路选用110-EC21S-Z2、110-EC21S-ZK 等模块塔

型。结合杆塔使用数量以及对环境的影响程度，本次选取110-EC21D-ZM2作为新建单回路预测塔型，选取110-EC21S-ZK 作为新建同塔双回路预测塔型，选取110-EC21S-ZK 作为利用110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路预测塔型。

②本次新建110kV 同塔双回线路预测选取对环境影响程度最大的同相序挂线方式进行电磁环境影响预测；利用110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路采用同相序挂线。

③本次新建110kV 线路导线型号为 $2\times\text{JL3/G1A-240/30}$ 型钢芯铝绞线；利用110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路导线型号为 $2\times\text{JL/G1A-240/30}$ 型钢芯铝绞线。

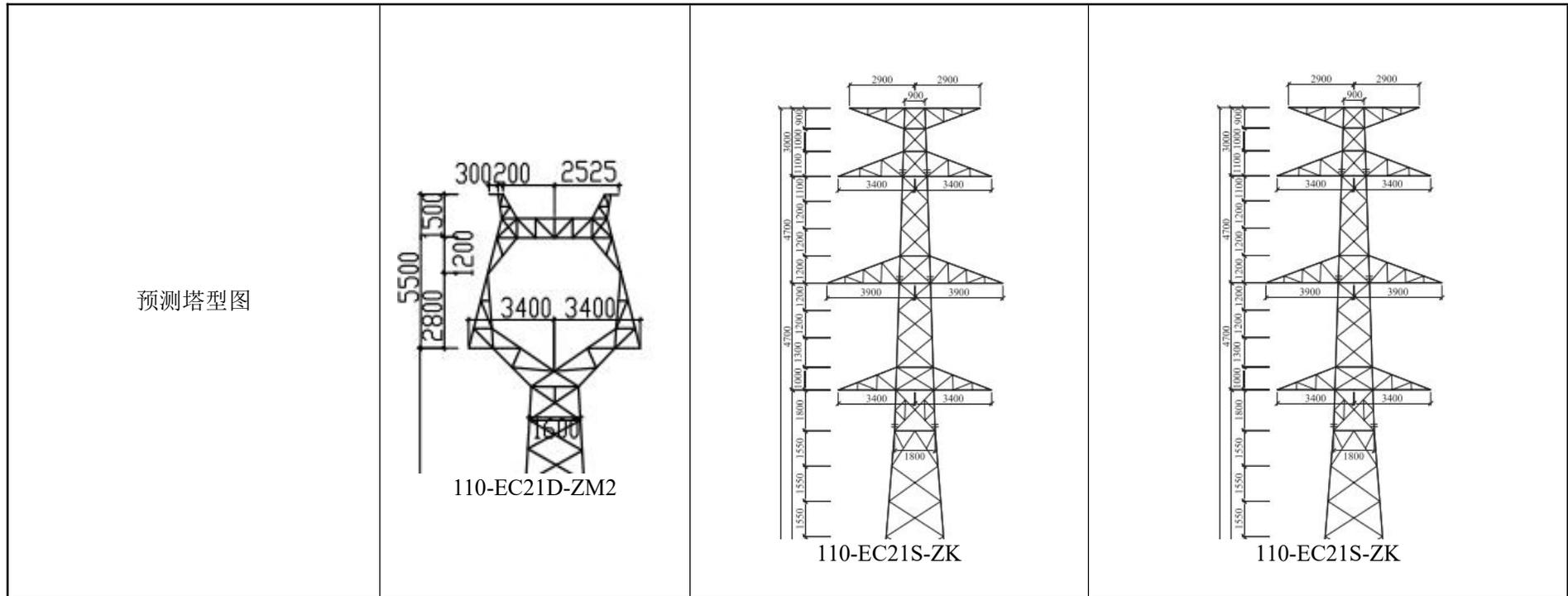
④根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）的要求，本项目新建110kV 输电线路按最大弧垂在耕养区和公众暴露区的最小对地距离分别为6m 和7m 的高度来预测，利用110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路按最小对地距离为16m 的高度来预测。

⑤本项目无跨越房屋现象，故本次预测无需对跨越房屋现象进行预测。

本项目线路预测参数见表3-6。

表 3-6 本项目线路预测参数

线路名称	新建 110kV 单回线路	新建 110kV 同塔双回线路	利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路
线路电压	115.5kV (根据导则附录 C, 计算电压为额定电压 1.05 倍)		
走线方式	架空		
回路数 (终期)	单回	双回	双回
预测塔型	110-EC21D-ZM2	110-EC21S-ZK	110-EC21S-ZK
导线排列方式	三角排列	垂直排列	垂直排列
相序	/	同相序	同相序
底相导线对地最小距离(m)	耕养区 6.0/公众暴露区 7.0	耕养区 6.0/公众暴露区 7.0	16 <sup>①</sup>
导线型号	2×JL3/G1A-240/30	2×JL3/G1A-240/30	2×JL/G1A-240/30
导线半径 (mm)	10.8	10.8	10.8
计算电流(A)	<u>2×552</u>	<u>2×552</u>	<u>2×552</u>
分裂数	2	2	2
分裂间距 (m)	0.4	0.4	0.4
相序排列 (H 表示下相线导线对地最低距离 m)	B (0.0, H+4), C (-3.4, H), A (3.4, H)	A1 (-3.4, H+9.4), A2 (3.4, H+9.4) B1 (-3.9, H+4.7), B2 (3.9, H+4.7) C1 (-3.4, H), C2 (3.4, H)	A1 (-3.4, 25.4), A2 (3.4, 25.4) B1 (-3.9, 20.7), B2 (3.9, 20.7) C1 (-3.4, 16), C2 (3.4, 16)
导线垂直线间距 (由上至下 m)	4.0	4.7/4.7	4.7/4.7



注：①利用已建线路备用侧线路经过耕养区及公众暴露区的最低线高均为 16m。

### 3.3.6 预测结果及分析

#### ①新建单回110kV 架空线路段

以弧垂最大处线路中相导线的地面投影为预测原点，沿垂直于线路方向进行，预测点间距为5m（线路中相导线地面垂直投影外10m 内预测点间距为1m），顺序至线路中相导线地面投影外55m 处，分别预测导线对地6m 和7m 时，离地面1.5m 处的工频电场强度及工频磁感应强度。预测结果见表3-7，图3-2~图3-5。

**表3-7 110-EC21D-ZM2型单回塔线路离地6m 和7m 时工频电磁场预测结果**

**（单位：工频电场强度 kV/m、工频磁感应强度 $\mu$ T）**

预测点	距边导线距离 (m)	耕养区导线对地 6m		公众曝露区导线对地 7m	
		地面 1.5m		地面 1.5m	
		工频电场 强度	工频磁感 应强度	工频电场 强度	工频磁感 应强度
距原点 0 米	边导线内	1.900	<b>20.607</b>	1.537	<b>15.818</b>
距原点 1 米	边导线内	2.143	20.483	1.682	15.683
距原点 2 米	边导线内	2.648	20.013	1.996	15.250
距原点 3 米	边导线内	3.075	18.990	2.281	14.475
距原点 4 米	0.6	<b>3.226</b>	17.320	<b>2.419</b>	13.361
距原点 5 米	1.6	3.077	15.191	2.383	12.003
距原点 6 米	2.6	2.729	12.953	2.208	10.552
距原点 7 米	3.6	2.308	10.889	1.957	9.151
距原点 8 米	4.6	1.900	9.126	1.684	7.886
距原点 9 米	5.6	1.546	7.675	1.424	6.790
距原点 10 米	6.6	1.255	6.501	1.194	5.862
距原点 15 米	11.6	0.493	3.209	0.511	3.052
距原点 20 米	16.6	0.250	1.873	0.261	1.819
距原点 25 米	21.6	0.153	1.219	0.158	1.196
距原点 30 米	26.6	0.104	0.855	0.107	0.843
距原点 35 米	31.6	0.076	0.631	0.078	0.625
距原点 40 米	36.6	0.059	0.485	0.059	0.482
距原点 45 米	41.6	0.046	0.384	0.047	0.382
距原点 50 米	46.6	0.038	0.312	0.038	0.310
距原点 55 米	51.6	0.031	0.258	0.031	0.257
标准限值		10	100	4	100

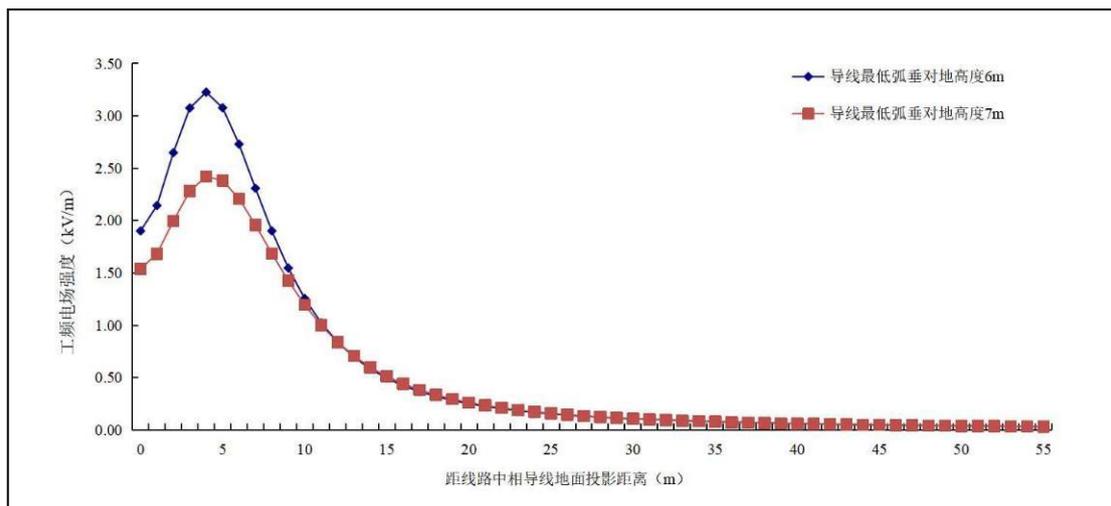


图3-2 110-EC21D-ZM2型单回塔工频电场强度随距原点距离变化曲线

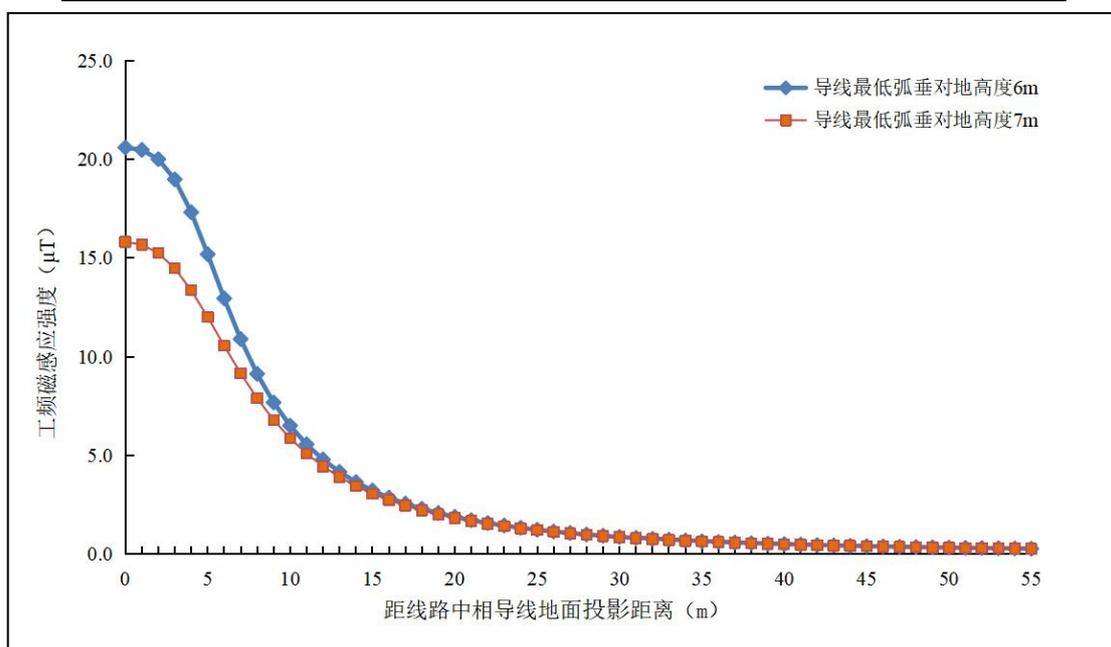


图3-3 110-EC21D-ZM2型单回塔工频磁感应强度随距原点距离变化曲线

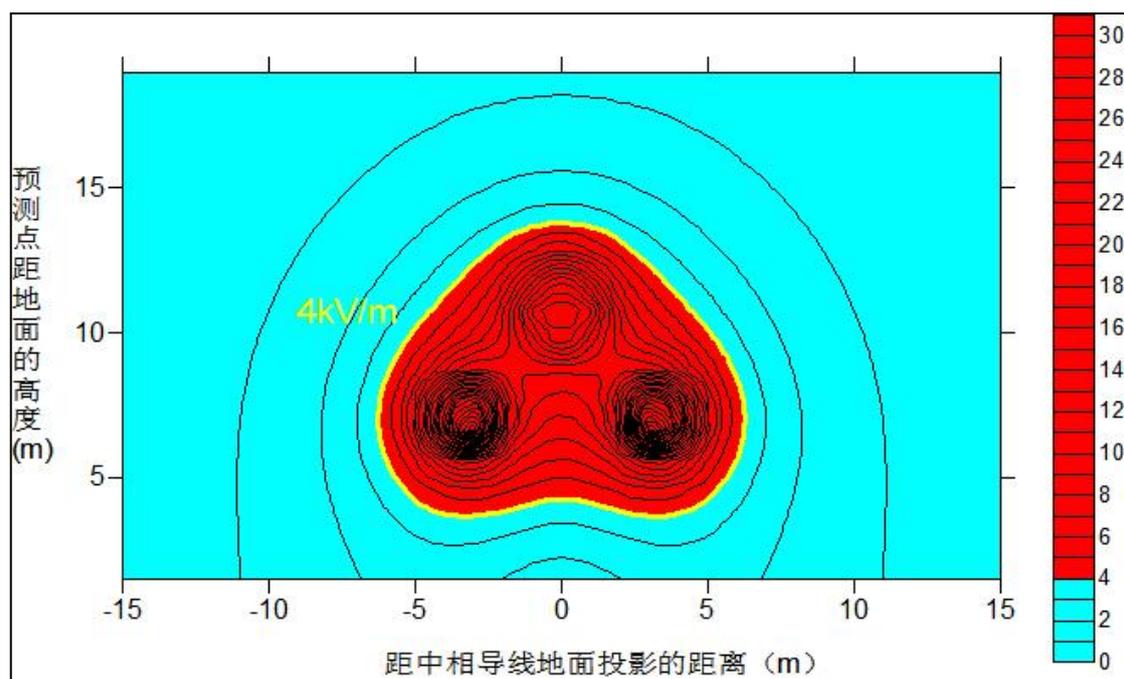


图 3-4 110-EC21D-ZM2 型单回塔导线对地 7m 时工频电场强度等值线图

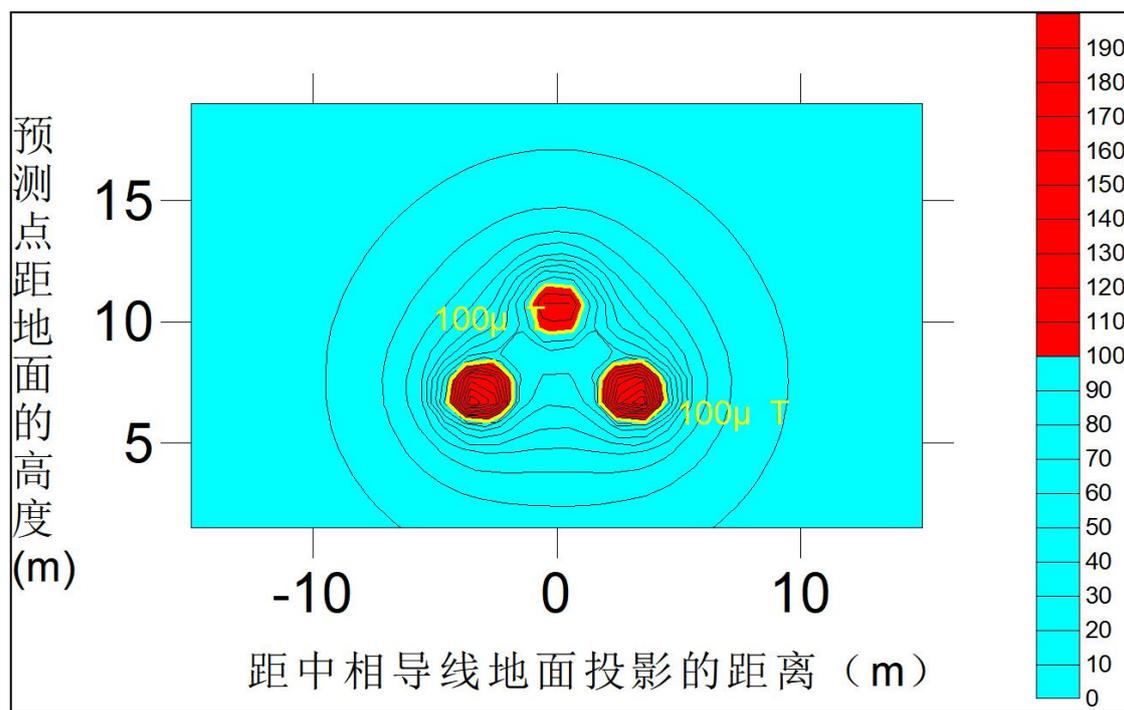


图 3-5 110-EC21D-ZM2 型单回塔导线对地 7m 时工频磁场强度等值线图

耕养区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21D-ZM2 型单回塔、 $2 \times$  JL3/G1A-240/30 型导线、下相导线对地高度为 6m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 3.226kV/m（最大值出现在中相导线地面垂直投影 4m 处），工频磁感应强度最大值为 20.607 $\mu$ T（最大值出现在中相导线地面垂直投影处），

输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所处 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

公众曝露区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21D-ZM2 型单回塔、2 $\times$  JL3/G1A-240/30 型导线、下相导线对地高度为 7m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 2.419kV/m（最大值出现在中相导线地面垂直投影 4m 处），工频磁感应强度最大值为 15.818 $\mu$ T（最大值出现在中相导线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### ②新建 110kV 同塔双回线路段

以弧垂最大处杆塔中央连线地面垂直投影为预测原点，沿垂直于线路方向进行，预测点间距为 5m（杆塔中央连线地面垂直投影外 10m 内预测点间距为 1m），顺序至线路中央投影外 55m 处，分别预测导线对地 6m 和 7m 时，离地面 1.5m 处的工频电场强度及工频磁感应强度。预测结果见表 3-8，图 3-6~图 3-9。

**表 3-8 110-EC21S-ZK 型双回塔线路离地 6m 和 7m 时工频电磁场预测结果**

（单位：工频电场强度 kV/m、工频磁感应强度 $\mu$ T）

预测点	距边导线距离 (m)	耕养区导线对地 6m		公众曝露区导线对地 7m	
		地面 1.5m		地面 1.5m	
		工频电场 强度	工频磁感 应强度	工频电场 强度	工频磁感 应强度
距原点 0 米	边导线内	4.011	14.340	3.509	13.230
距原点 1 米	边导线内	4.060	14.817	<b>3.511</b>	13.408
距原点 2 米	边导线内	<b>4.147</b>	15.958	3.493	13.829
距原点 3 米	边导线内	4.126	17.094	3.398	14.224
距原点 4 米	0.1	3.875	<b>17.590</b>	3.178	<b>14.329</b>
距原点 5 米	1.1	3.395	17.210	2.835	14.017
距原点 6 米	2.1	2.789	16.139	2.411	13.330
距原点 7 米	3.1	2.177	14.717	1.967	12.400
距原点 8 米	4.1	1.634	13.216	1.549	11.366
距原点 9 米	5.2	1.187	11.786	1.183	10.328
距原点 10 米	6.1	0.836	10.492	0.879	9.343
距原点 15 米	11.1	0.157	6.065	0.129	5.682
距原点 20 米	16.1	0.240	3.817	0.186	3.663

距原点 25 米	21.1	0.241	2.585	0.210	2.514
距原点 30 米	26.1	0.210	1.854	0.193	1.817
距原点 35 米	31.1	0.176	1.389	0.166	1.368
距原点 40 米	36.1	0.147	1.077	0.141	1.065
距原点 45 米	41.1	0.123	0.859	0.119	0.851
距原点 50 米	46.1	0.104	0.700	0.101	0.695
距原点 55 米	51.1	0.089	0.581	0.087	0.577
标准限值		10	100	4	100

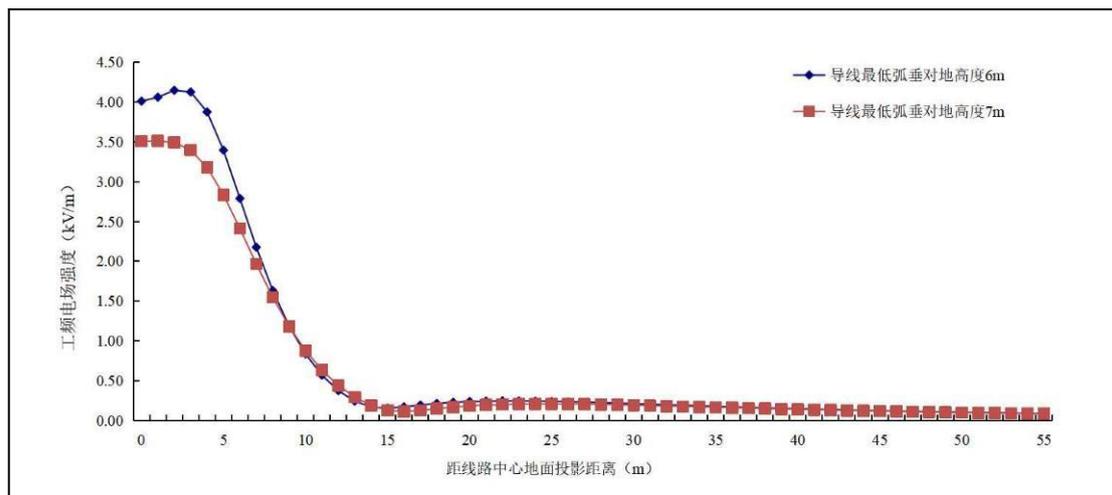


图3-6 110-EC21S-ZK 型同塔双回线路工频电场强度随距原点距离变化曲线

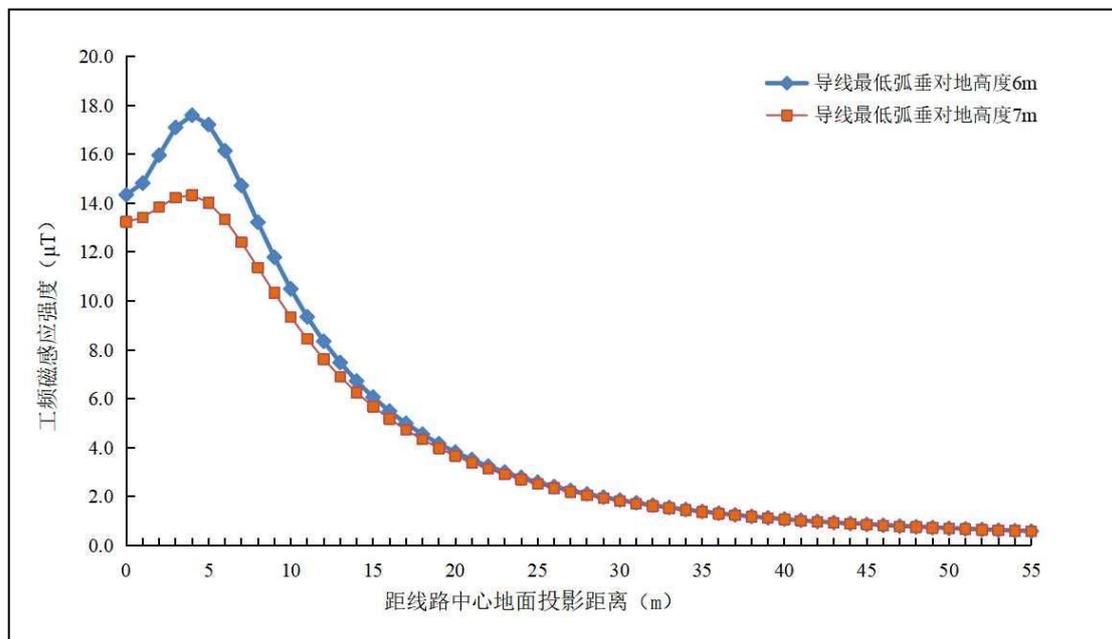


图3-7 110-EC21S-ZK 型同塔双回线路工频磁感应强度随距原点距离变化曲线

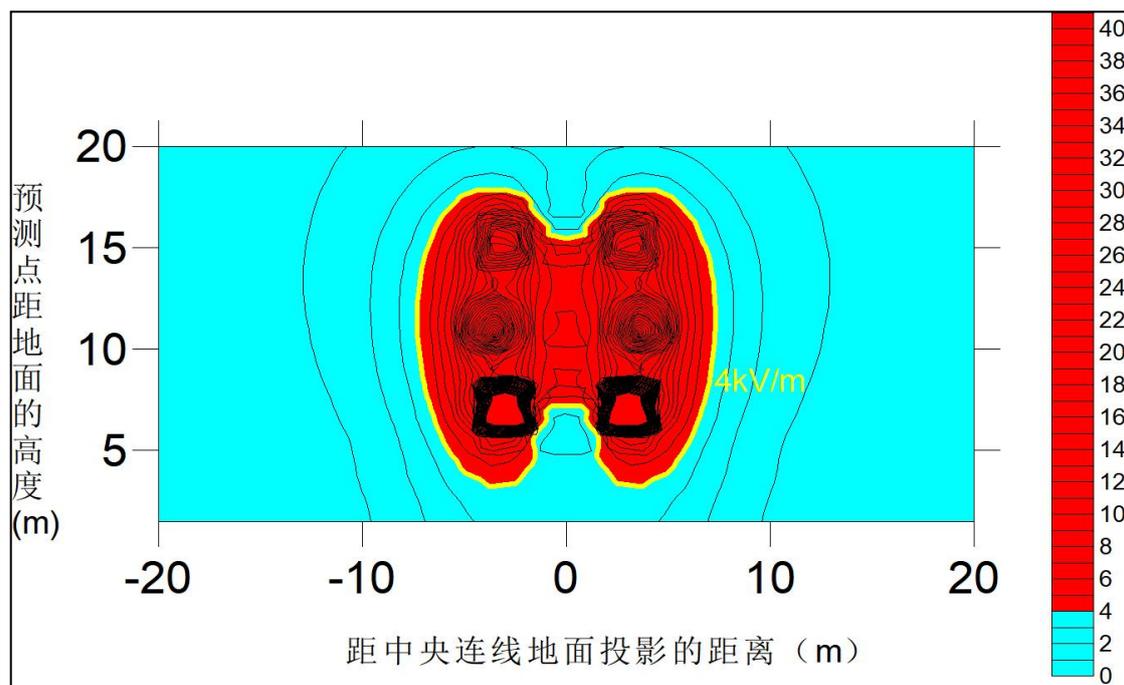


图 3-8 110-EC21S-ZK 型同塔双回线路导线对地 7m 时工频电场强度等值线图

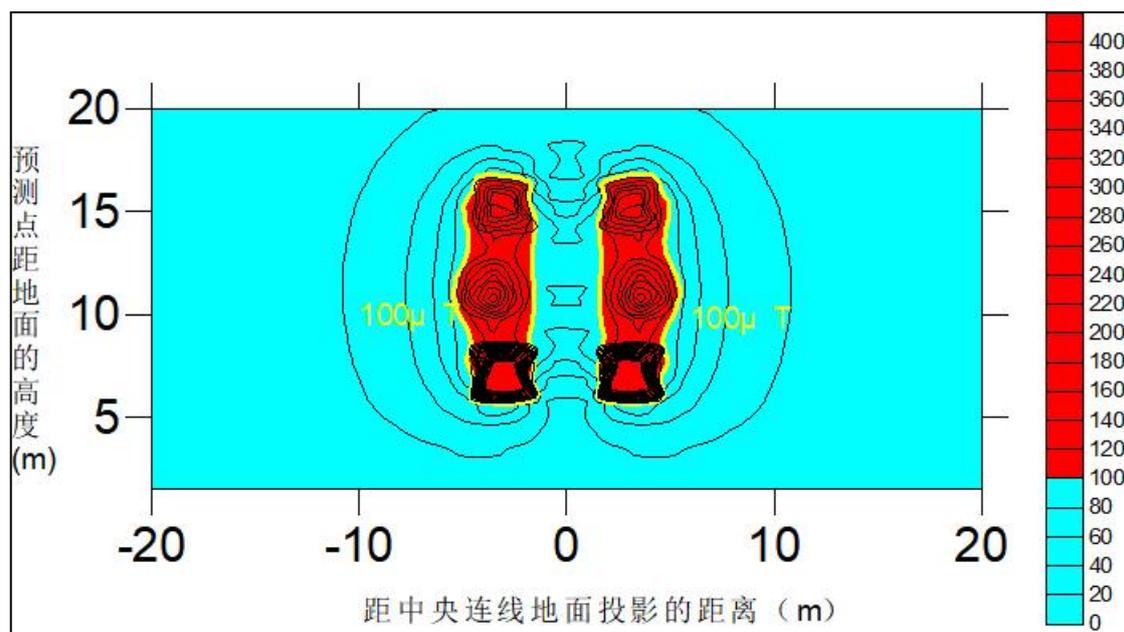


图 3-9 110-EC21S-ZK 型同塔双回线路导线对地 7m 时工频磁场强度等值线图

耕养区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、 $2 \times$  JL3/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 6m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 4.147kV/m（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 2m 处），工频磁感应强度最大值为 17.590 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 4m 处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满

足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所处 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

公众曝露区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2 $\times$  JL3/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 7m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 3.511kV/m（最大值出现在杆塔中央连线地面垂直投影 1m 处），工频磁感应强度最大值为 14.329 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 4m 处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### ③利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路（前期已双回挂线）

以弧垂最大处杆塔中央连线地面垂直投影为预测原点，沿垂直于线路方向进行，预测点间距为 5m（杆塔中央连线地面垂直投影外 10m 内预测点间距为 1m），顺序至线路中央投影外 55m 处，预测导线对地 16m 时，离地面 1.5m 处的工频电场强度及工频磁感应强度。预测结果见表 3-9，图 3-10~图 3-11。

**表 3-9 利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路时**

**工频电磁场预测结果（单位：工频电场强度 kV/m、工频磁感应强度  $\mu$ T）**

预测点	距边导线距离 (m)	导线对地 16m	
		地面 1.5m	
		工频电场强度	工频磁感应强度
距原点 0 米	边导线内	<b>1.160</b>	<b>4.710</b>
距原点 1 米	边导线内	1.153	4.701
距原点 2 米	边导线内	1.134	4.671
距原点 3 米	边导线内	1.103	4.621
距原点 4 米	0.1	1.060	4.553
距原点 5 米	1.1	1.008	4.467
距原点 6 米	2.1	0.948	4.363
距原点 7 米	3.1	0.882	4.245
距原点 8 米	4.1	0.811	4.114
距原点 9 米	5.2	0.739	3.973
距原点 10 米	6.1	0.666	3.824
距原点 15 米	11.1	0.343	3.049
距原点 20 米	16.1	0.135	2.361
距原点 25 米	21.1	0.040	1.826
距原点 30 米	26.1	0.054	1.429

距原点 35 米	31.1	0.072	1.137
距原点 40 米	36.1	0.077	0.919
距原点 45 米	41.1	0.076	0.755
距原点 50 米	46.1	0.071	0.630
距原点 55 米	51.1	0.066	0.532
标准限值		4	100

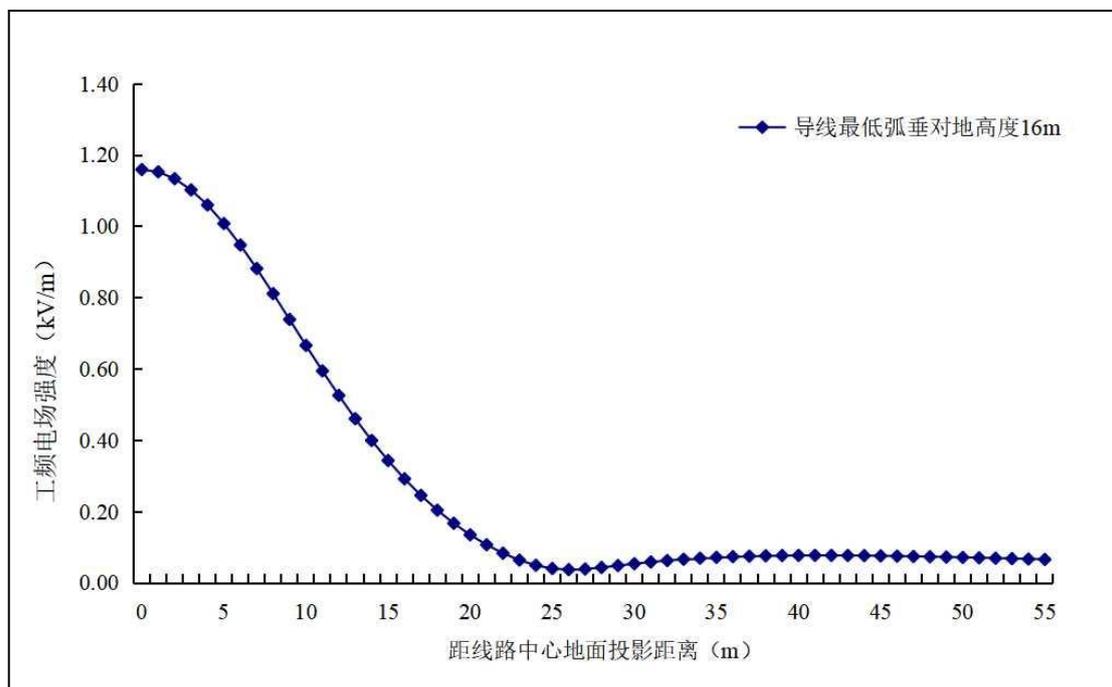


图3-10 利用同塔双回备用侧线路工频电场强度随距原点距离变化曲线

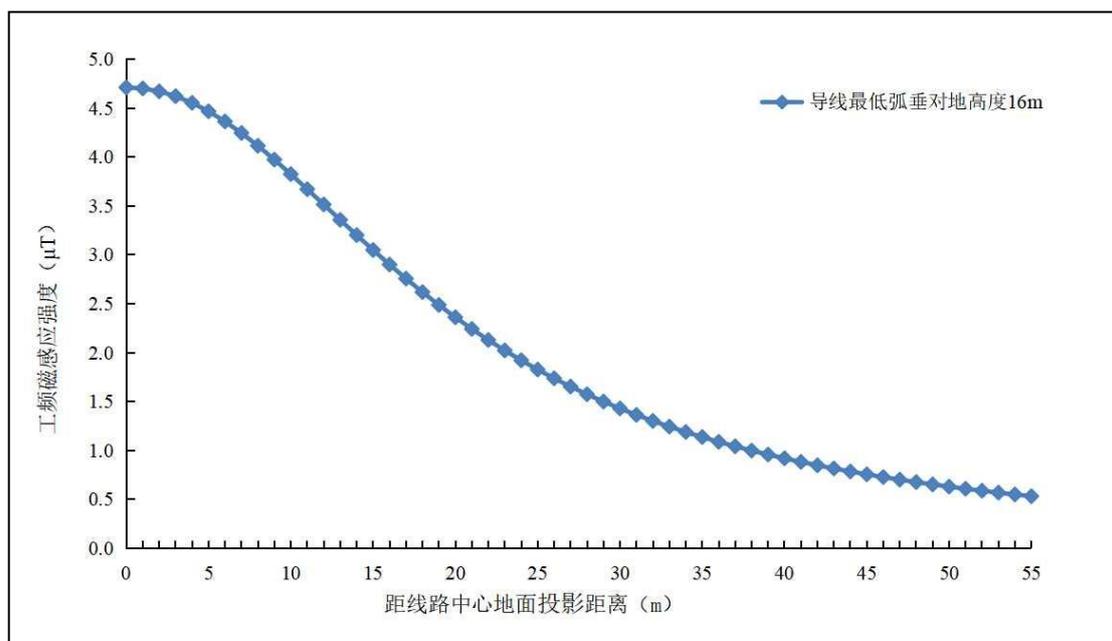


图3-11 利用同塔双回备用侧线路工频磁感应强度随距原点距离变化曲线

本项目利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路在采用

110-EC21S-ZK 型双回塔、2×JL/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 16m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 1.160kV/m（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影处），工频磁感应强度最大值为 4.710 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### 3.3.7 电磁环境敏感目标

本次预测对线路沿线环境敏感目标处电磁环境也进行了预测，对于运行期输电线路评价范围内环境敏感目标电磁环境，本评价根据章节3.2中模式计算进行预测。

表 3-10 电磁环境敏感目标的预测结果一览表

序号	电磁环境敏感目标	距本工程最近水平距离	最近建筑情况	对地最低线高 (m)	预测点高度 (m)	最近建筑物预测结果		评价结论	
						工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 ( $\mu$ T)		
<b>新建树海-陶城 110kV 线路工程</b>									
1	只乐乡刘英桥村	中药材合作社	线路东北侧约 23m	1F 坡顶, 高 5m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.140	1.078	满足标准
		新农合卫生室	线路西南侧约 30m	2F 坡顶, 高 8m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.085	0.685	满足标准
	4.5					0.085	0.704	满足标准	
2	望田镇孙屯村	张永奎住宅	线路西侧约 28m	2F 坡顶, 高 8m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.097	0.772	满足标准
						4.5	0.096	0.796	满足标准
<b>张桥—陶城 110kV 线路工程</b>									
3	南坞镇秦岗村	刘保周住宅	线路东侧约 26m	2F 坡顶, 高 8m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.111	0.877	满足标准
						4.5	0.110	0.908	满足标准
	粮食收购站	线路东侧约 20m	1F 坡顶, 高 5m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.183	1.356	满足标准	
4	南坞镇罗庄村	1F 养殖场	线路东南侧约 20m	1F 坡顶, 高 4m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.183	1.356	满足标准
		1F 民房	线路西北侧约 30m	1F 坡顶, 高 4m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.107	0.843	满足标准

5	南坞镇程庄村	腾某住宅	线路西北侧约 30m	1F 坡顶, 高 6m	新建单回架空线路段, 最低线高 7m	1.5	0.085	0.685	满足标准
6	南坞镇寺后刘村	王文静住宅	线路西侧约 29m	2F 坡顶, 高 9m	利用同塔双回备用测线路, 线高 22m	1.5	0.033	1.052	满足标准
						4.5	0.043	1.149	满足标准
7	张桥镇张庄村	2F 民房	线路东北侧 23m	2F 坡顶, 高 9m	利用同塔双回备用测线路, 线高 16m	1.5	0.039	1.661	满足标准
						4.5	0.066	1.845	满足标准
8	张桥镇沙滩村	鄢陵县维滋农牧农民专业合作社 1F 办公室	线路东侧 19m	1F 坡顶, 高 3m	利用同塔双回备用测线路, 线高 22m	1.5	0.125	1.557	满足标准
9	张桥镇大宋村	鄢陵县弓虽园林绿化工程有限公司 (闲置)	线路东侧 25m	1F 坡顶, 高 3m	利用同塔双回备用测线路, 线高 21m	1.5	0.043	1.272	满足标准
		1F 简易看护房	线路东侧 15m	1F 坡顶, 高 3m	利用同塔双回备用测线路, 线高 19m	1.5	0.200	2.126	满足标准

通过表 3-10 可知，本项目建成投运后，输电线路沿线评价范围内的电磁环境敏感目标处的工频电场强度在（0.033~0.200）kV/m 之间，工频磁感应强度在（0.685~2.126） $\mu$ T 之间，分别满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m 和 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### 3.3.8 架空线路电磁环境影响预测小结

（1）根据模式预测结果，本项目新建架空线路经过非居民区时导线对地高度 6m 时，耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所处地面 1.5m 高度工频电磁场强度满足 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。新建架空线路经过居民区时导线对地高度不小于 7m 时，地面 1.5m 高度工频电磁场强度均可满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的 4kV/m、10 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路导线对地高度 16m 时，地面 1.5m 高度工频电磁场强度均可满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的 4kV/m、10 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

（2）根据预测结果，按照设计规范的线路高度进行架设的前提下，各电磁环境敏感目标处工频电场强度预测值在（0.033~0.200）kV/m 之间、工频磁感应强度预测值在（0.685~2.126） $\mu$ T 之间；工频电磁场强度分别满足 4kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

## 3.4 220kV 巨桐线升高改造

根据本期监测结果可知，在 220kV 巨桐升高改造段线下监测点工频电场强度为 435.47V/m，工频磁感应强度为 0.438 $\mu$ T，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所处 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的控制限值要求。根据输电线路电磁环境模式预测中工频电场强度、工频磁感应强度预测结果与导线架设高度的关系，本项目 220kV 输电线路导线架设高度抬升后，导线对地的影响将会减小，线路抬升后，输电线路线下距地面 1.5m 高处的工频电场强度、工频磁感应强度仍可满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所处 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

### 3.5 电磁环境影响预测评价结论

#### (1) 陶城 110kV 变电站

本项目选用候庄 110kV 变电站作为类比对象，类比结果具有可比性。根据类比监测结果表明，本项目陶城 110kV 变电站建成运行后，变电站厂界处的工频电场强度和工频磁感应强度均低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

#### (2) 输电线路

##### ①新建 110kV 单回线路

耕养区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21D-ZM2 型单回塔、2 $\times$ JL3/G1A-240/30 型导线、下相导线对地高度为 6m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 3.226kV/m（最大值出现在中相导线地面垂直投影 4m 处），工频磁感应强度最大值为 20.607 $\mu$ T（最大值出现在中相导线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

公众曝露区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21D-ZM2 型单回塔、2 $\times$ JL3/G1A-240/30 型导线、下相导线对地高度为 7m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 2.419kV/m（最大值出现在中相导线地面垂直投影 4m 处），工频磁感应强度最大值为 15.818 $\mu$ T（最大值出现在中相导线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

##### ②新建 110kV 同塔双回线路

耕养区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2 $\times$ JL3/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 6m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 4.147kV/m（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 2m 处），工频磁感应强度最大值为 17.590 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 4m 处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

公众曝露区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2×JL3/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 7m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 3.511kV/m（最大值出现在杆塔中央连线地面垂直投影 1m 处），工频磁感应强度最大值为 14.329 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 4m 处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

③利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路（前期已双回挂线）

本项目利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2×JL/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 16m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 1.160kV/m（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影处），工频磁感应强度最大值为 4.710 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### （3）电磁环境敏感目标

本项目建成投运后，输电线路沿线评价范围内的电磁环境敏感目标处的工频电场强度在（0.033~0.200）kV/m 之间，工频磁感应强度在（0.685~2.126） $\mu$ T 之间，分别满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m 和 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### （4）220kV 巨桐线升高改造工程

根据本期监测结果可知，在 220kV 巨桐升高改造段线下监测点工频电场强度为 435.47V/m，工频磁感应强度为 0.438 $\mu$ T，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的控制限值要求。根据输电线路电磁环境模式预测中工频电场强度、工频磁感应强度预测结果与导线架设高度的关系，本项目 220kV 输电线路导线架设高度抬升后，导线对地的影响将会减小，线路抬升后，输电线路线下距地面 1.5m 高处的工频电场强度、工频磁感应强度仍可满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

### （5）间隔扩建工程

根据前期工程验收结论及本次扩建现状监测结果，本期张桥 110kV 变电站及树海 220kV 变电站本期扩建间隔处及已建间隔处工频电场强度在（101.77~235.43）V/m 之间，工频磁感应强度在（0.101~0.203） $\mu$ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求；因此，通过类比该工程前期验收及现状监测结果，张桥 110kV 变电站及树海 220kV 变电站本期扩建 110kV 间隔完成后，变电站围墙外的工频电场强度和工频磁感应强度仍满足相应的限值要求。

## 4 电磁环境保护措施

为尽可能减小本项目变电站及输电线路对周边电磁环境的影响，本评价提出以下措施：

(1) 将变电站内新建电气设备接地，用截面较大的主筋进行连接；同时辅以增加接地极的数量，增加接地金属网的截面等，此措施能够经济有效地减少工频电场、工频磁场。

(2) 变电站内新建电气设备的金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等应做到表面光滑，尽量减少毛刺的出现，以减小尖端放电产生火花。

(3) 保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均应连接紧密，以减小因接触不良而产生的火花放电。

(4) 架空线路需严格按照《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）设计高度进行设计，本项目 110kV 输电线路经过耕养区时，导线对地高度不得低于 6m，距离地面 1.5m 高度处预测值满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的 10kV/m 和 100 $\mu$ T 标准要求。线路经过公众曝露区时，导线对地高度不得低于 7m，距离地面 1.5m 高度处预测值满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的 4000kV/m 和 100 $\mu$ T 标准要求。

(5) 运行期做好环境保护设施的维护和运行管理，加强巡查和检查。

(6) 按照《许昌市人民政府关于印发许昌市“十四五”生态环境保护和生态经济发展规划的通知》（许政〔2022〕32 号），落实电磁辐射设施监督性监测的要求。

采取上述措施后，本项目产生电磁环境影响是可控的。

## 5 电磁环境影响评价专题结论

### 5.1 主要结论

#### 5.1.1 电磁环境现状评价结论

##### (1) 新建陶城 110kV 变电站工程

陶城 110kV 变电站站址所在区域工频电场强度在 (5.69~8.16) V/m 之间, 工频磁感应强度在 (0.028~0.063)  $\mu$ T 之间, 满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 要求的 4000V/m 及 100 $\mu$ T 公众曝露控制限值要求。

##### (2) 电磁环境敏感目标

本项目电磁环境敏感目标测点处工频电场强度在 (0.28~528.46) V/m 之间, 工频磁感应强度在 (0.014~0.424)  $\mu$ T 之间, 满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

##### (3) 220kV 巨桐线升高改造工程

220kV 巨桐线升高改造段工频电场强度为 435.47V/m, 工频磁感应强度为 0.438 $\mu$ T, 满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 中 10kV/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

##### (4) 间隔扩建工程

本期树海 220kV 变电站及张桥 110kV 变电站本期扩建间隔及已建间隔处工频电场强度在 (101.77~235.43) V/m 之间, 工频磁感应强度在 (0.101~0.203)  $\mu$ T 之间, 满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

#### 5.1.2 电磁环境影响预测评价结论

##### (1) 陶城 110kV 变电站

本项目选用候庄 110kV 变电站作为类比对象, 类比结果具有可比性。根据类比监测结果表明, 本项目陶城 110kV 变电站建成运行后, 变电站厂界处的工频电场强度和工频磁感应强度均低于《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

## (2) 输电线路

### ①新建 110kV 单回线路

耕养区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21D-ZM2 型单回塔、2×JL3/G1A-240/30 型导线、下相导线对地高度为 6m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 3.226kV/m（最大值出现在中相导线地面垂直投影 4m 处），工频磁感应强度最大值为 20.607 $\mu$ T（最大值出现在中相导线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

公众曝露区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21D-ZM2 型单回塔、2×JL3/G1A-240/30 型导线、下相导线对地高度为 7m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 2.419kV/m（最大值出现在中相导线地面垂直投影 4m 处），工频磁感应强度最大值为 15.818 $\mu$ T（最大值出现在中相导线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### ②新建 110kV 同塔双回线路

耕养区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2×JL3/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 6m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 4.147kV/m（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 2m 处），工频磁感应强度最大值为 17.590 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 4m 处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

公众曝露区：本项目 110kV 线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2×JL3/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 7m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 3.511kV/m（最大值出现在杆塔中央连线地面垂直投影 1m 处），工频磁感应强度最大值为 14.329 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影 4m 处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满

足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

③利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路（前期已双回挂线）

本项目利用 110kV 安广升压站-张桥变同塔双回备用侧线路在采用 110-EC21S-ZK 型双回塔、2 $\times$ JL/G1A-240/30 型导线、同相序、下相导线对地高度为 16m 时，地面 1.5m 高处的工频电场强度最大值为 1.160kV/m（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影处），工频磁感应强度最大值为 4.710 $\mu$ T（最大值出现在距杆塔中央连线地面垂直投影处），输电线路运行产生的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### （3）电磁环境敏感目标

本项目建成投运后，输电线路沿线评价范围内的电磁环境敏感目标处的工频电场强度在（0.033~0.200）kV/m 之间，工频磁感应强度在（0.685~2.126） $\mu$ T 之间，分别满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m 和 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

### （4）220kV 巨桐线升高改造工程

根据本期监测结果可知，在 220kV 巨桐升高改造段线下监测点工频电场强度为 435.47V/m，工频磁感应强度为 0.438 $\mu$ T，满足耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的控制限值要求。根据输电线路电磁环境模式预测中工频电场强度、工频磁感应强度预测结果与导线架设高度的关系，本项目 220kV 输电线路导线架设高度抬升后，导线对地的影响将会减小，线路抬升后，输电线路线下距地面 1.5m 高处的工频电场强度、工频磁感应强度仍可满足架空输电线路线下耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所 10kV/m 和 100 $\mu$ T 的限值要求。

### （5）间隔扩建工程

根据前期工程验收结论及本次扩建现状监测结果，本期张桥 110kV 变电站及树海 220kV 变电站本期扩建间隔处及已建间隔处工频电场强度在（101.77~235.43）V/m 之间，工频磁感应强度在（0.101~0.203） $\mu$ T 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4000V/m 及 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求；因此，通过类比该工程前期验收及现状监测结果，张桥 110kV 变电站及树海

220kV 变电站本期扩建 110kV 间隔完成后，变电站围墙外的工频电场强度和工频磁感应强度仍满足相应的限值要求。

## 5.2 电磁环境保护措施

为尽可能减小本项目对周边电磁环境的影响，本评价提出以下措施：

(1) 将变电站内新建电气设备接地，用截面较大的主筋进行连接；同时辅以增加接地极的数量，增加接地金属网的截面等，此措施能够经济有效地减少工频电场、工频磁场。

(2) 变电站内新建电气设备的金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等应做到表面光滑，尽量减少毛刺的出现，以减小尖端放电产生火花。

(3) 保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均应连接紧密，以减小因接触不良而产生的火花放电。

(4) 架空线路需严格按照《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010) 设计高度进行设计，本项目 110kV 输电线路经过耕养区时，导线对地高度不得低于 6m，距离地面 1.5m 高度处预测值满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 规定的 10kV/m 和 100 $\mu$ T 标准要求。线路经过公众曝露区时，导线对地高度不得低于 7m，距离地面 1.5m 高度处预测值满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 规定的 4000kV/m 和 100 $\mu$ T 标准要求。

(5) 运行期做好环境保护设施的维护和运行管理，加强巡查和检查。

(6) 按照《许昌市人民政府关于印发许昌市“十四五”生态环境保护 and 生态经济发展规划的通知》(许政〔2022〕32 号)，落实电磁辐射设施监督性监测的要求。

## 5.3 建议

(1) 建设单位应加强对项目所在地居民的科普宣传和解释工作；

(2) 建设单位应加强输电线路日常的运行维护和管理。