

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 24-2020
代替 HJ 24-2014

环境影响评价技术导则 输变电

Technical guidelines for environmental impact assessment of electric
power transmission and distribution

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2020-12-14 发布

2021-03-01 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本规定.....	3
5 建设项目概况与分析.....	8
6 环境现状调查与评价.....	9
7 施工期环境影响评价.....	11
8 运行期环境影响评价.....	12
9 环境保护设施、措施分析与论证.....	15
10 环境管理与监测计划.....	15
11 环境影响评价结论.....	16
附录 A（规范性附录） 输变电建设项目环境影响报告书专项设置和编制要求.....	17
附录 B（规范性附录） 输变电建设项目环境影响报告表的格式和要求.....	19
附录 C（资料性附录） 高压交流架空输电线路下空间工频电场强度的计算.....	21
附录 D（资料性附录） 高压交流架空输电线路下空间工频磁场强度的计算.....	29
附录 E（资料性附录） 直流架空输电线路合成电场强度的简化理论计算程序和计算步骤.....	30

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，规范输变电建设项目环境影响评价工作，制定本标准。

本标准规定了输变电建设项目环境影响评价的内容、方法等技术要求。

本标准是对《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）的修订。

本标准首次发布于 1998 年，本次为第二次修订。修订的主要内容：

——标准名称修改为《环境影响评价技术导则 输变电》；

——规范性引用文件中增加了《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220）和《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113），删除了《直流换流站与线路合成场强、离子流密度测量方法》（DL/T 1089）和《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发〔2006〕28号）等规范性引用文件；按规范性引用文件的最新版本对标准内容进行了更新；

——术语和定义中增加了“环境保护设施”和“环境保护措施”；

——增加了“地表水环境影响评价范围”和“初步设计环境保护措施”评价内容，删除“公众参与”和“社会环境”评价内容；

——删除了生态环境影响评价工作等级向下调整一个级别内容和与国家产业政策相符性内容，增加了“随桥等敷设的电缆，气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）”适用电磁环境评价等级内容。

自本标准实施之日起，《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）废止。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录，附录 C~附录 E 为资料性附录。

本标准由生态环境部辐射源安全监管司、法规与标准司组织修订。

本标准起草单位：生态环境部辐射环境监测技术中心。

本标准由生态环境部 2020 年 12 月 14 日批准。

本标准自 2021 年 3 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境影响评价技术导则 输变电

1 适用范围

本标准规定了输变电建设项目环境影响评价工作的内容和方法。

本标准适用于 110kV 及以上电压等级的交流输变电建设项目、±100kV 及以上电压等级的直流输电建设项目环境影响评价工作。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3096 声环境质量标准

GB 8702 电磁环境控制限值

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 39220 直流输电工程合成电场限值及其监测方法

HJ 2.1 建设项目环境影响评价技术导则 总纲

HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境

HJ 2.4 环境影响评价技术导则 声环境

HJ 19 环境影响评价技术导则 生态影响

HJ 681 交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）

HJ 1113 输变电建设项目环境保护技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 输变电建设项目 electric power transmission and distribution construction project

将电能的特性（主要指电压、电流）进行变换并从电能供应地输送至电能需求地的建设项目。

本标准所指输变电建设项目可以分为交流输变电建设项目和直流输电建设项目，其中交流输变电建设项目包括输电线路和变电站（或开关站、串补站），直流输电建设项目包括输电线路、换流站和接地极系统。

3.2 输电线路 transmission line

用于电力系统两点间输电的导线、绝缘材料、杆塔等组成的设施，形式通常包括架空输电线路、电缆线路、气体绝缘金属封闭输电线路。

3.3 变电站 substation

电力系统的一部分，其功能是变化电压等级、汇集配送电能，主要包括变压器、母线、线路开关设备、建筑物及电力系统安全和控制所需的设备。

3.4 开关站 switching substation

有开关设备，通常还包括母线，但没有主变压器的变电站。

3.5 串补站 series compensator station

实现电力系统输电线路串联补偿的电力设施。站内安装有串联补偿成套装置和相关辅助设施及建筑物、构筑物。

3.6 换流站 converter substation

安装有换流器且主要用于将交流转换成直流或将直流转换成交流的变电站。一般由安装在一个地点的一个或多个换流器，与相应的建筑物、变压器、电抗器、滤波器、无功补偿设备、控制、监视、保护、测量设备和辅助设备组成。

3.7 接地极系统 earth electrode system

在直流输电建设项目中，为实现正常运行或故障时以大地或海水作为电流回路运行而专门设计和建造的一组装置的总称。它主要由接地极线路、接地极馈流线和接地极组成。

3.8 电磁环境敏感目标 electromagnetic environment-sensitive target

电磁环境影响评价与监测需重点关注的对象。包括住宅、学校、医院、办公楼、工厂等有公众居住、工作或学习的建筑物。

3.9 工频电场 power frequency electric field

随时间作 50Hz 周期变化的电荷产生的电场。度量工频电场强度的物理量为电场强度，其单位为伏特每米 (V/m)，工程上常用千伏每米 (kV/m)。

3.10 工频磁场 power frequency magnetic field

随时间作 50Hz 周期变化的电流产生的磁场。度量工频磁场强度的物理量既可以用磁感应强度也可以用磁场强度，它们的单位分别为特斯拉 (T) 和安培每米 (A/m)，工程上磁感应强度单位常用微特斯拉 (μT)。

3.11 合成电场 total electric field

直流带电导体上电荷产生的电场和导体电晕引起的空间电荷产生的电场合成后的电场。度量合成电场强度的物理量为电场强度，其单位为伏特每米 (V/m)，工程上常用千伏每米 (kV/m)。

3.12 标称电场 nominal electric field

直流带电导体上电荷产生的电场（不包括空间电荷形成的电场）。度量标称电场强度的物理量为电场强度，其单位为伏特每米 (V/m)，工程上常用千伏每米 (kV/m)。

3.13 环境保护设施 environmental protection facilities

指防治环境污染和生态破坏以及开展环境监测所需的装置、设备和工程设施等。

3.14 环境保护措施 environmental protection measures

指为保护环境所采取的预防或减轻对环境产生不良影响的管理或技术等措施。

4 基本规定

4.1 工作程序

输变电建设项目环境影响评价工作一般分为三个阶段：调查分析和工作方案阶段、分析论证和预测评价阶段、环境影响评价文件编制阶段。编制环境影响报告书的输变电建设项目环境影响评价工作程序及各阶段主要工作内容如图 1 所示。编制环境影响报告表的输变电建设项目环境影响评价各阶段工作内容较编制报告书工作内容可适当简化。

4.2 评价依据

4.2.1 输变电建设项目环境影响评价应依据国家与地方生态环境相关法律法规、国家与地方生态环境相关部门规章与规范性文件、国家与地方生态环境相关标准、行业规范、生态环境规划资料、建设项目资料等相关资料。

4.2.2 生态环境法律法规，主要包括国家、行业、地方已颁布的生态环境、环境影响评价、污染防治等相关法律法规。

4.2.3 生态环境部门规章与规范性文件，主要包括国家、地方已发布的环境政策、生态环境规划、生态保护红线、环境功能区划、生态功能区划等。

4.2.4 生态环境标准，主要包括环境质量标准、污染物排放标准、环境监测标准、环境基础标准和环境管理标准。

4.2.5 行业规范，主要包括输变电项目建设、设计、施工等技术规范及与环境保护相关的要求等。

4.2.6 建设项目资料，包括建设项目可行性研究报告、设计报告、相关勘察报告、环境影响评价工作委托书（或协议）等。

4.2.7 对于已经列入电网规划或其它相关规划的建设项目，应收集电网规划或其它相关规划环境影响评价报告书及其审查意见，特别是涉及建设项目选址选线、线路走向、架线方式等规划方案的指导性意见。

4.2.8 输变电建设项目选址选线应避让《建设项目环境影响评价分类管理名录》规定的环境敏感区。确实因自然条件等因素限制无法避让上述环境敏感区时，应满足相关法律法规的管控要求和技术规范要求。

4.2.9 当建设项目进入尚未划定环境功能区的区域，由地方人民政府生态环境主管部门确认相关环境要素应执行的环境质量标准和相应的污染物排放标准。

4.3 评价内容

4.3.1 输变电建设项目环境影响评价应包括施工期和运行期，覆盖施工与运行的全部过程、范围和活动。

4.3.2 输变电建设项目施工期和运行期的环境影响评价应考虑电磁、声、废水、固体废物，以及生态等方面的内容。报告书的专项设置及编制要求见附录 A，报告表的具体格式和要求见附录 B。

4.3.3 在进行输变电建设项目环境影响评价时，应按评价工作程序对建设项目推荐方案进行评价，从环境保护的角度论证建设项目选线选址、架设方式、设备选型与布局，以及建设方案的环境可行性。

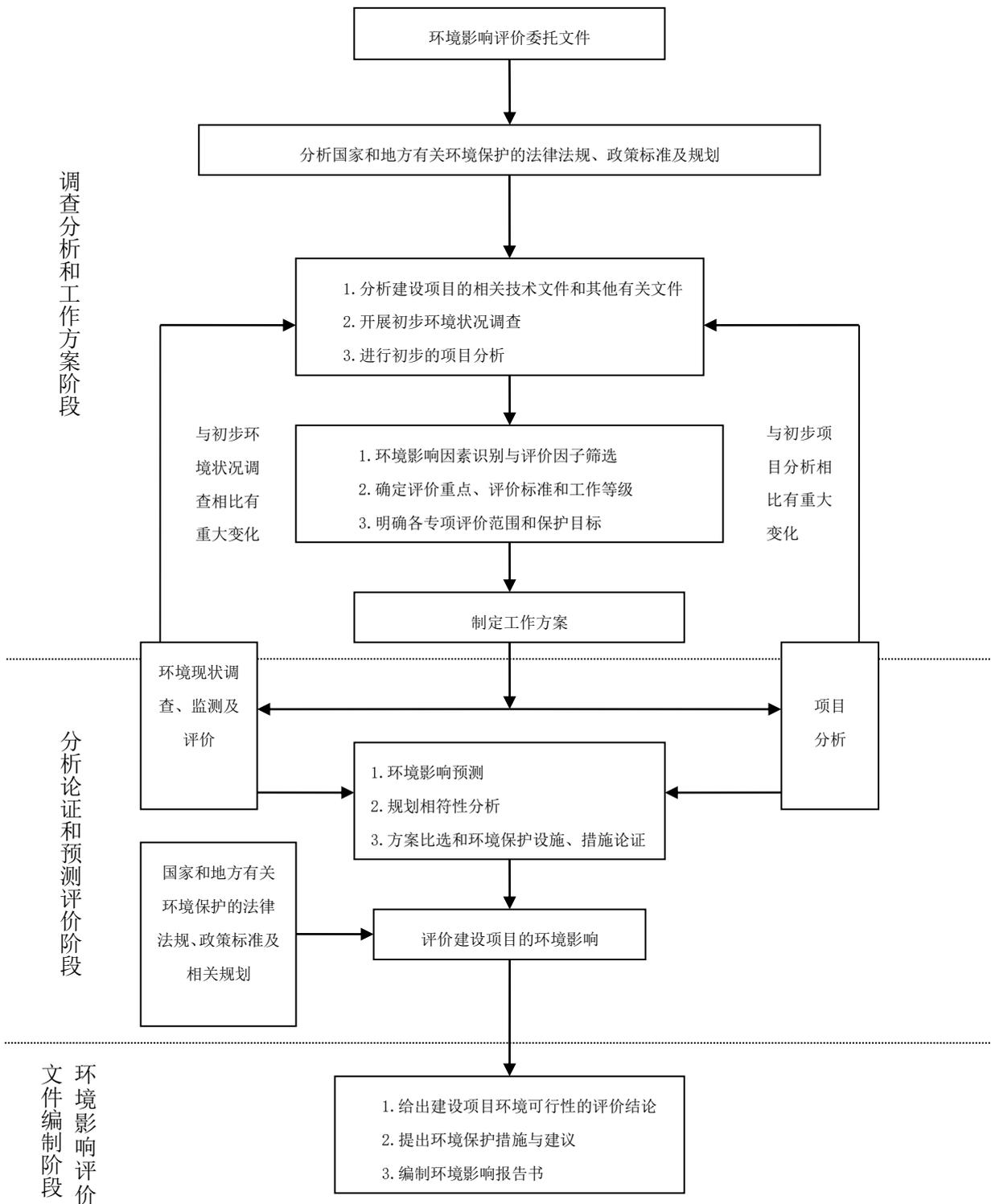


图 1 输变电建设项目环境影响评价的工作程序及内容

4.3.4 当输变电建设项目进入《建设项目环境影响评价分类管理名录》规定的环境敏感区时，报告书中需增加选址、选线方案比选的内容。通过工程造价、环保投资、土地利用等方面的综合对比，进行生态规划符合性、环境合理性、建设项目可行性分析。必要时提出替代方案，并进行替代方案环境影响评价。

4.3.5 对于已经列入电网规划或其它相关规划的建设项目，应说明电网规划或其它相关规划环境影响评价报告书审查意见及其落实情况，并根据规划环评的审查意见进行项目建设方案的符合性分析。

4.3.6 改扩建输变电建设项目环境影响评价应按评价工作程序的基本要求，说明本期建设项目与已有项目的关系。报告书应包括前期项目的环境问题、影响程度、环保措施及实施效果，以及主要评价结论、最近一期建设项目竣工环境保护验收的主要结论等回顾性分析的内容。

4.3.7 输变电建设项目环境影响报告书评价结论与建议是全部评价工作的结论与建议，需概括和总结全部评价工作。

4.3.8 包含在已批复的规划环评中的输变电建设项目，在进行建设项目环评时，可依据规划环评及其审查意见适当简化建设项目环境影响评价内容。

4.4 评价因子

输变电建设项目的主要环境影响评价因子见表 1。

表 1 输变电建设项目主要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
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)
	生态环境	生态系统及其生物因子、非生物因子	--	生态系统及其生物因子、非生物因子	--
	地表水环境	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、石油类	mg/L	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、石油类	mg/L
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
		合成电场	kV/m	合成电场	kV/m
	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)
	地表水环境	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、石油类	mg/L	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、石油类	mg/L
注：1 pH值无量纲。					
2 换流站外排冷却水如作为农业用途时，需对全盐量 (mg/L)、水温 (°C) 等进行分析。					

4.5 评价标准

4.5.1 环境质量标准应根据建设项目所在地区的要求执行相应环境要素的国家和地方环境质量标准。

4.5.2 污染物排放标准应执行相应的国家和地方污染物排放标准，并优先执行地方污染物排放标准。

4.5.3 当建设项目执行的环境保护标准国内尚未制定，在经生态环境主管部门同意后可参照执行国际通用标准或国外相关标准。

4.6 评价工作等级

4.6.1 电磁环境影响评价工作等级

电磁环境影响评价工作等级划分为三级，一级评价对电磁环境影响进行全面、详细、深入评价；二级评价对电磁环境影响进行较为详细、深入评价；三级评价可只进行电磁环境影响分析。工作等级的划分见表 2。

开关站、串补站电磁环境影响评价等级根据表 2 中同电压等级的变电站确定；换流站电磁环境影响评价等级以直流侧电压为准，根据表 2 中的直流建设项目电压等级确定；随桥等敷设的电缆，气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）电磁环境评价等级根据表 2 中同电压等级的地下电缆确定。如建设项目包含多个电压等级，或交、直流，或站、线的子项目时，按最高电压等级确定评价工作等级。

表 2 输变电建设项目电磁环境影响评价工作等级

分类	电压等级	工程	条件	评价工作等级
交流	110kV	变电站	户内式、地下式	三级
			户外式	二级
		输电线路	1.地下电缆 2.边导线地面投影外两侧各10m范围内无电磁环境敏感目标的架空线	三级
			边导线地面投影外两侧各10m范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级
交流	220~330kV	变电站	户内式、地下式	三级
			户外式	二级
		输电线路	1.地下电缆 2.边导线地面投影外两侧各15m范围内无电磁环境敏感目标的架空线	三级
			边导线地面投影外两侧各15m范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级
	500kV及以上	变电站	户内式、地下式	二级
			户外式	一级
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		
直流	±400kV及以上	--	--	一级
	其他	--	--	二级

4.6.2 生态环境影响评价工作等级

生态环境影响评价工作等级划分按照HJ 19的规定执行。

4.6.3 声环境影响评价工作等级

声环境影响评价工作等级划分按照 HJ 2.4 的规定执行。

4.6.4 地表水环境影响评价工作等级

地表水环境影响评价工作等级划分按照 HJ 2.3 的规定执行。

4.7 评价范围

4.7.1 电磁环境影响评价范围

电磁环境影响评价范围见表3。

表3 输变电建设项目电磁环境影响评价范围

分类	电压等级	评价范围		
		变电站、换流站、 开关站、串补站	线路	
			架空线路	地下电缆
交流	110kV	站界外30m	边导线地面投影外两侧各30m	
	220~330kV	站界外40m	边导线地面投影外两侧各40m	
	500kV及以上	站界外50m	边导线地面投影外两侧各50m	
直流	±100kV及以上	站界外50m	极导线地面投影外两侧各50m	

4.7.2 生态环境影响评价范围

变电站、换流站、开关站、串补站、接地极生态环境影响评价范围为站场边界或围墙外500m内；进入生态敏感区的输电线路段或接地极线路段生态环境影响评价范围为线路边导线地面投影外两侧各1000m内的带状区域，其余输电线路段或接地极线路段生态环境影响评价范围为线路边导线地面投影外两侧各300m内的带状区域。

4.7.3 声环境影响评价范围

变电站、换流站、开关站、串补站的声环境影响评价范围应按照HJ 2.4的相关规定确定；架空输电线路建设项目的声环境影响评价范围参照表3中相应电压等级线路的评价范围；地下电缆线路可不进行声环境影响评价。

4.7.4 地表水环境影响评价范围

地表水环境影响评价范围应按照HJ 2.3的相关规定确定。

4.8 环境敏感目标

附图并列说明评价范围内各要素相应环境敏感区的名称、功能、与建设项目的地理位置关系以及应达到的环境保护要求。

应给出电磁环境、声环境敏感目标的名称、功能、分布、数量、建筑物楼层、高度、与项目相对位置、导线对地高度等情况。

应给出生态、水环境敏感区的名称、级别、审批情况、分布、规模、保护范围、具体保护对象，说明与建设项目的地理位置关系，并附生态、水环境敏感区的功能区划图。

4.9 评价重点

各要素评价等级在二级及以上时，应作为评价重点。

4.10 电磁环境影响评价的基本要求

4.10.1 一级评价的基本要求

对于输电线路，其评价范围内具有代表性的电磁环境敏感目标和典型线位的电磁环境现状应实测，对实测结果进行评价，并分析现有电磁源的构成及其对电磁环境敏感目标的影响；电磁环境影响预测应采用类比监测和模式预测结合的方式。

对于变电站、换流站、开关站、串补站，其评价范围内临近各侧站界的电磁环境敏感目标和站界的电磁环境现状应实测，并对实测结果进行评价，分析现有电磁源的构成及其对电磁环境敏感目标的影响；电磁环境影响预测应采用类比监测的方式。

4.10.2 二级评价的基本要求

对于输电线路，其评价范围内具有代表性的电磁环境敏感目标的电磁环境现状应实测，非电磁环境敏感目标处的典型线位电磁环境现状可实测，也可利用评价范围内已有的最近3年内的电磁环境现状监测资料，并对电磁环境现状进行评价。电磁环境影响预测一般采用模式预测的方式，输电线路为地下电缆时，可采用类比监测的方式。

对于变电站、换流站、开关站、串补站，其评价范围内临近各侧站界的电磁环境敏感目标的电磁环境现状应实测，站界电磁环境现状可实测，也可利用已有的最近3年内的电磁环境现状监测资料，并对电磁环境现状进行评价。电磁环境影响预测应采用类比监测的方式。

4.10.3 三级评价的基本要求

对于输电线路，重点调查评价范围内主要电磁环境敏感目标和典型线位的电磁环境现状，可利用评价范围内已有的最近3年内的电磁环境现状监测资料；若无现状监测资料时应进行实测，并对电磁环境现状进行评价。电磁环境影响预测一般采用模式预测的方式。输电线路为地下电缆时，可采用定性分析的方式。

对于变电站、换流站、开关站、串补站，重点调查评价范围内主要电磁环境敏感目标和站界的电磁环境现状，可利用评价范围内已有的最近3年内的电磁环境现状监测资料，若无现状监测资料时应进行实测，并对电磁环境现状进行评价。电磁环境影响预测可采用定性分析的方式。

5 建设项目概况与分析

5.1 项目概况

5.1.1 项目一般特性

包括项目名称、建设性质、建设地点、建设内容、建设规模、线路路径、站址、电压、电流、布局、塔型、线型、设备容量、跨越情况、职工人数等内容，并应附区域地理位置图、总平面布置示意图、线路路径示意图（应明确线路与环境敏感区相对位置关系）等。建设项目组成中应包括相关装置、公用工程、辅助设施等内容。直流建设项目应说明接地极系统情况。

5.1.2 项目占地

包括永久和临时占地面积及类型。

5.1.3 施工工艺和方法

包括施工组织、施工工艺和方法等。

5.1.4 主要经济技术指标

包括投资额、建设周期、环保投资等。

5.1.5 已有项目情况

按本标准 4.3.6 条要求，说明已有项目情况。

5.2 选址选线环境合理性分析

按照 HJ 1113 的规定进行选址选线环境合理性分析。

5.3 环境影响因素识别与评价因子筛选

对建设项目在施工期的噪声、废水、扬尘、弃渣、生态影响等环境影响因素进行分析。

运行期的环境影响因素分析以正常工况为主。分析各环境影响因素，包括电磁、生态、噪声、废水等的产生、排放、控制情况。

对电磁及噪声源应说明其源强及分布，对废水排放源应说明种类、数量、处理方式、排放方式与去向等。

在环境影响因素识别的基础上，进行施工期和运行期的评价因子筛选，明确评价参数。

5.4 生态环境影响途径分析

对施工期，主要从选线选址、施工组织、施工方式、对环境敏感区的影响等方面分析建设项目生态影响途径。

对运行期，主要从运行维护角度分析建设项目的生态影响途径。

5.5 初步设计环境保护措施

按照 HJ 1113 和其他相关规定，主要对环境保护专项设计进行分析，重点说明防治环境污染和生态破坏的措施以及相应资金情况。

6 环境现状调查与评价

6.1 区域概况

包括行政区划、地理位置、区域地势、交通等，并附地理位置图。

6.2 自然环境

6.2.1 地形地貌

根据现有资料，概要说明建设项目所涉区域的地形特征、地貌类型（山地、丘陵、平原、河网等）。若无可查资料，应做必要的现场调查。

6.2.2 地质

根据现有资料，概要说明建设项目所涉区域的地质状况。

6.2.3 水文特征

根据现有资料，概要说明输变电建设项目所涉水体与建设项目的关系及其水文特征。

6.2.4 气候气象特征

利用建设项目所在地气象台（站）的现有统计资料，概要说明所涉区域的气候、气象特征。

6.3 电磁环境现状评价

6.3.1 监测因子

- a) 交流输变电：工频电场、工频磁场；
- b) 直流输电线路：合成电场；
- c) 换流站：工频电场、工频磁场、合成电场。

6.3.2 监测点位及布点方法

监测点位包括电磁环境敏感目标、输电线路路径和站址。

——电磁环境敏感目标的布点方法以定点监测为主；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；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。

——监测点位附近如有影响监测结果的其他源项存在时，应说明其存在情况并分析其对监测结果的影响。

——有竣工环境保护验收资料的变电站、换流站、开关站、串补站进行改扩建，可在扩建端补充测点；如竣工验收中扩建端已进行监测，则可不再设测点；若运行后尚未进行竣工环境保护验收，则应以围墙四周均匀布点监测为主，并在高压侧或距带电构架较近的围墙外侧以及间隔改扩建工程出线端适当增加监测点位，并给出已有工程的运行工况。

——给出监测布点图。

——电磁环境敏感目标监测点位的要求见本标准 4.10 条；线路沿线无电磁环境敏感目标时，线路电磁环境现状监测的点位数量要求见表 4。

——分析监测布点的代表性。

表 4 输电线路沿线电磁环境现状监测点位数量要求

线路路径长度 (L) 范围	$L < 100\text{km}$	$100\text{km} \leq L < 500\text{km}$	$L \geq 500\text{km}$
最少测点数量	2 个	4 个	6 个

6.3.3 监测频次

各监测点位监测一次。

6.3.4 监测方法及仪器

按照 HJ 681、GB 39220 的规定选择。

6.3.5 监测结果

列表给出监测结果，同时可辅以图、线形式说明，并附质量保证的相关资料。

6.3.6 评价及结论

对照评价标准进行评价，并给出评价结论。

6.4 声环境现状评价

声环境现状调查和评价的内容、方法、监测布点参照 HJ 2.4 中声环境现状调查和评价工作要求执行。声环境现状监测的方法按照 GB 3096、GB 12348 中的规定执行。

6.5 生态环境现状评价

参照 HJ 19 的要求，开展生态现状调查和评价。

6.6 地表水环境现状评价

参照 HJ 2.3 的要求，概要说明输变电建设项目污水接纳水体的环境功能及现状。

7 施工期环境影响评价

7.1 生态环境影响评价

按照 HJ 19、HJ 1113 和其他相关规定开展生态环境影响评价。对于直流输电建设项目，生态环境影响评价应包含其接地极系统。

7.2 声环境影响分析

按照 HJ 2.4、HJ 1113 和其他相关规定执行。主要从对周边声环境敏感目标产生的不利影响的时间分布、时间长度及控制作业时段、优化施工机械布置等方面进行分析。

7.3 施工扬尘分析

按照 HJ 1113 和其他相关规定执行。主要从文明施工、防止物料裸露、合理堆料、定期洒水等施工管理及临时预防措施方面进行分析。

7.4 固体废物影响分析

按照 HJ 1113 和其他相关规定执行。主要从弃渣、施工垃圾、生活垃圾等处理措施方面进行分析。

7.5 地表水环境影响分析

按照 HJ 1113 和其他相关规定执行。主要从文明施工、合理排水、防止漫排等施工管理及临时预防措施方面进行分析。

8 运行期环境影响评价

8.1 电磁环境影响预测与评价

8.1.1 类比监测及评价

8.1.1.1 选择类比对象

类比对象的建设规模、电压等级、容量、总平面布置、占地面积、架线型式、架线高度、电气形式、母线形式、环境条件及运行工况应与本建设项目相类似，并列表述其可比性。

选定的类比对象如已进行电磁环境监测，且其结果符合相关质量保证要求，能够反映其周围电磁环境实际，该监测结果也可以用作类比评价。

如国内没有同类型项目，可通过搜集国外资料、模拟试验等手段取得的数据、资料进行评价。

8.1.1.2 类比监测因子

- a) 交流输变电：工频电场、工频磁场；
- b) 直流输电线路：合成电场；
- c) 换流站：工频电场、工频磁场、合成电场。

8.1.1.3 监测方法及仪器

按照 HJ 681、GB 39220 的规定选择。

8.1.1.4 监测布点

对于涉及电磁环境敏感目标的类比对象，为定量说明其对电磁环境敏感目标的影响程度，也可对相关电磁环境敏感目标进行定点监测。

选择监测路径时应考虑结果是否能反映主要源项的影响。给出监测布点图。

8.1.1.5 类比结果分析

类比结果应以表格、趋势图线等方式表达。

分析类比结果的规律性、类比对象与本建设项目的差异；分析预测输变电建设项目电磁环境的影响范围、满足对应标准或要求的范围、最大值出现的区域范围，并对其正确性及合理性进行论述。

对于架空输电线路的类比监测结果，必要时进行模式复核并分析。

8.1.2 架空线路电磁环境模式预测及评价

8.1.2.1 预测因子

- a) 交流输电线路：工频电场、工频磁场；
- b) 直流输电线路：合成电场。

8.1.2.2 预测模式

根据交流架空输电线路的架线型式、架设高度、相序、线间距、导线结构、额定工况等参数，计算其周围工频电场、工频磁场的分布及对电磁环境敏感目标的贡献。交流架空输电线路工频电场强度的预

测模式参见附录 C；交流架空输电线路工频磁场强度的预测模式参见附录 D。

根据直流架空输电线路的架线型式、架设高度、线间距、导线结构、额定工况等参数，计算其周围合成电场的分布及对电磁环境敏感目标的贡献。双极直流架空线路合成电场强度的预测参见附录 E 中的计算方法。

8.1.2.3 预测工况及环境条件的选择

模式预测应给出预测工况及环境条件，应针对电磁环境敏感目标和特定的工程条件及环境条件，合理选择典型情况进行预测。塔型选择时，可主要考虑线路经过居民区时的塔型，也可按保守原则选择电磁环境影响最大的塔型。

8.1.2.4 预测结果及评价

预测结果应以表格、趋势线图的方式表述。预测结果应给出最大值，并给出最大值、符合限值的对应位置，给出典型线路段的电磁环境预测达标等值线图。

对于电磁环境敏感目标，应根据建筑物高度，给出不同楼层的预测结果。

通过对照评价标准，评价预测结果，提出治理、减缓电磁环境影响的工程措施，必要时提出避让电磁环境敏感目标的措施。

8.1.3 交叉跨越和并行线路环境影响分析

多条 330kV 及以上电压等级的架高输电线路出现交叉跨越或并行时，可采用模式预测或类比监测的方法，从跨越净空距离、跨越方式、并行线路间距、环境敏感特性等方面，对电磁环境影响评价因子进行分析。并行线路中心线间距小于 100m 时，应重点分析其对电磁环境敏感目标的综合影响，并给出对应的环境保护措施。

8.1.4 电磁环境影响评价结论

根据现状评价、类比评价、模式预测及评价结果，综合评价输变电建设项目的电磁环境影响。

8.2 声环境影响预测与评价

8.2.1 线路类比评价

8.2.1.1 选择类比对象

线路的噪声影响可采用类比监测的方法确定，并以此为基础进行类比评价。类比对象应选择与本项目建设规模、电压等级、容量、架线型式、线高、环境条件及运行工况类似的项目，并充分论述其可比性。

8.2.1.2 监测方法及仪器

按照 GB 12348 的规定选择。

8.2.1.3 监测布点

a) 类比线路噪声贡献值。对类比对象应以导线弧垂最大处线路中心的地面投影点为监测原点，沿垂直于线路方向进行，测点间距不大于 5m，依次监测至评价范围边界处。

b) 类比声环境敏感目标。在类比对象周边的声环境敏感目标适当布点进行定点监测，并记录监测点与类比对象的相对位置。

8.2.1.4 类比分析评价结论

类比结果应以表格或图线等方式表达。

根据线路噪声影响的类比监测结果，分析线路噪声贡献值，预测线路噪声的影响范围、满足对应标准的范围、最大值出现的区域范围，并对其正确性及合理性进行论述。预测线路对周边声环境敏感目标的影响程度，必要时提出采取的减缓和避让措施。

8.2.2 模式预测及评价

8.2.2.1 预测模式

对于变电站、换流站、开关站、串补站的声环境影响预测，可采用 HJ 2.4 中的工业声环境影响预测计算模式进行。主要声源的源强可选用设计值，也可通过类比监测确定。

进行厂界声环境影响评价时，新建建设项目以噪声贡献值作为评价量；改扩建建设项目以噪声贡献值与受到现有建设项目影响的厂界噪声值叠加后的预测值作为评价量。

进行敏感目标声环境影响评价时，以声环境敏感目标所受的噪声贡献值与背景噪声值叠加后的预测值作为评价量。

8.2.2.2 预测结果及评价

预测结果应以表格和等声级线图的方式表达。

对照标准，评价预测结果。

8.2.3 声环境影响评价结论

在现状评价、类比评价、模式预测及评价的基础上，综合评价建设项目的声环境影响，提出噪声治理、减缓的工程措施，必要时提出避让声环境敏感目标的措施。

8.3 地表水环境影响分析

根据评价工作等级的要求和现场调查、收集资料以及区域水体功能区划，主要从生活污水水量、处理方式、排放去向、接纳水体以及处理达标情况等方面对变电站、换流站、开关站、串补站污水回用量、排放量、排放或污水清运情况的分析。

换流站存在冷却水外排时，应结合其主要影响因子分析对受纳水体的影响；外排冷却水如作为农业用途时，需对全盐量（mg/L）、水温（℃）等进行分析。

8.4 固体废物影响分析

对变电站、换流站、开关站、串补站内废蓄电池、废矿物油和工作人员生活垃圾等固体废物来源、数量进行分析，并按照固体废物相关法律法规和技术规范的要求明确处置、处理要求。

8.5 环境风险分析

对变压器、高压电抗器、换流器等设备在突发性事故情况下漏油产生的环境风险进行简要分析，主要分析事故油坑、油池设置要求，事故油污水的处置要求。

9 环境保护设施、措施分析与论证

9.1 环境保护设施、措施分析

针对环境影响或建设项目内容提出明确、具体的环境保护设施、措施。对输变电建设项目产生的废弃物（如污水、固体废物等）的收集、管理和处置提出相应的环境保护要求。

各项环境保护设施、措施应明确责任单位、环境保护职责和完成期限。

9.2 环境保护设施、措施论证

根据同类或相同设施、措施的实际运行效果，论证建设项目采取环境保护设施、措施的可行性、有效性和可靠性。没有实际运行经验的，可提供相关实验数据。

9.3 环境保护设施、措施及投资估算

在设计、施工、运行阶段，分别列出环境保护设施、措施的具体内容、责任主体、实施方案，并估算其投资金额，明确资金来源。

环境保护投资应包括为预防和减缓建设项目不利环境影响而采取的各项环境保护设施、措施的建设费用、运行维护费用，还应包括直接为建设项目服务的管理费用、监测费用、科研费用及其他必要费用等。

10 环境管理与监测计划

10.1 环境管理

环境管理应从环境管理机构、施工期环境管理、竣工环境保护验收、运行期环境管理、环境保护培训、与相关公众的协调等方面做出规定。

环境管理的任务应包括：环境保护法规、政策的执行，环境管理计划的编制，环境保护措施的实施管理，提出设计、施工和设备采购文件的环境保护内容及要求，环境质量分析与评价，环境保护科研和技术管理等。

应根据建设项目管理体制与环境管理任务设置环境管理体制、管理机构和人员。

应提出降低或减缓因临近线路，由静电引起的电场刺激等实际影响的具体要求，并建立该类影响的应对机制。

10.2 环境监测

10.2.1 环境监测任务

- a) 制定监测计划，监测建设项目施工期和运行期环境要素及评价因子的动态变化；
- b) 对建设项目突发性环境事件进行跟踪监测调查。

10.2.2 监测点位布设

监测点位布设应针对施工期和运行期受影响的主要环境要素及因子。监测点位应具有代表性，并优先选择已有监测点位。

10.2.3 监测技术要求

- a) 监测范围应与建设项目环境影响区域相符；
- b) 监测位置与频次应根据监测数据的代表性、生态环境质量的特征、变化和环境影响评价、建设项目竣工环境保护验收的要求确定；
- c) 监测方法与技术要求应符合国家现行的有关环境监测技术规范和环境监测标准分析方法；
- d) 监测成果应在原始数据基础上进行审查、校核、综合分析后整理编印；
- e) 应对监测提出质量保证要求。

11 环境影响评价结论

对输变电建设项目的建设概况、环境现状与主要环境问题、污染物排放情况、主要环境影响、公众意见采纳情况、环境保护措施、设施、环境管理与监测计划等内容进行概括总结，结合环境质量目标要求，明确给出建设项目的环境可行性结论。

对存在重大环境制约因素、环境影响不可接受或环境风险不可控、环境保护措施经济技术不满足长期稳定达标及生态保护要求的输变电建设项目，应提出环境影响不可行的结论。

附录 A (规范性附录)

输变电建设项目环境影响报告书专项设置和编制要求

A.1 专项设置内容

输变电建设项目环境影响报告书一般应包括工程分析、环境现状调查与评价,施工期环境影响评价(其中生态影响评价等级为三级以上时设专题,声、大气、固废、地表水作一般性分析,振动、地下水、电磁的内容不涉及),运行期环境影响评价(其中电磁、声设专题,地表水、固废、环境风险作一般性分析,大气、振动、地下水的内容不涉及),环境保护设施、措施分析与论证,环境管理与监测计划,环境影响评价结论等专项。

各专项内容除 A.2 中已进行单独说明外,均按本标准正文中相应内容编写。

A.2 编制内容

A.2.1 前言

简要说明建设项目的特点、环境影响评价的工作过程、关注的主要环境问题及环境影响报告书的主要结论。

A.2.2 总则

A.2.2.1 编制依据

A.2.2.2 评价因子与评价标准

分列现状评价因子和预测评价因子,给出各评价因子所执行的环境质量标准、排放标准或控制限值。评价因子可按本标准 4.4 中表 1 要求选用;评价标准可按本标准 4.5 节要求选用。

A.2.2.3 评价工作等级

A.2.2.4 评价范围

A.2.2.5 环境敏感目标

A.2.2.6 评价重点

A.2.3 建设项目概况与分析

A.2.3.1 项目概况

A.2.3.2 环境影响因素识别

A.2.3.3 生态影响途径分析

A.2.4 环境现状调查与评价

A.2.4.1 区域概况

A.2.4.2 自然环境

A.2.4.3 电磁环境

A.2.4.4 声环境

A.2.4.5 生态

A.2.4.6 地表水环境

- A. 2. 5 施工期环境影响评价
 - A. 2. 5. 1 生态影响预测与评价
 - A. 2. 5. 2 声环境影响分析
 - A. 2. 5. 3 施工扬尘分析
 - A. 2. 5. 4 固体废物环境影响分析
 - A. 2. 5. 5 地表水环境影响分析
- A. 2. 6 运行期环境影响评价
 - A. 2. 6. 1 电磁环境影响预测与评价
 - A. 2. 6. 2 声环境影响预测与评价
 - A. 2. 6. 3 地表水环境影响分析
 - A. 2. 6. 4 固体废物环境影响分析
 - A. 2. 6. 5 环境风险分析
- A. 2. 7 环境保护设施、措施分析与论证
 - A. 2. 7. 1 环境保护设施、措施分析与论证
 - A. 2. 7. 2 环境保护设施、措施及投资估算
- A. 2. 8 环境管理与监测计划
 - A. 2. 8. 1 环境管理
 - A. 2. 8. 2 环境监测
- A. 2. 9 环境影响评价结论
- A. 2. 10 附件和附录

附件应包括环境影响评价委托书（或合同、或中标通知书等）、环境现状及类比监测质量保证文件；还可包括输变电建设项目依据文件、相关主管部门批文或意见、引用文献资料及其他必要文件、资料等。

附录 B

(规范性附录)

输变电建设项目环境影响报告表的格式和要求

B.1 报告表的格式

B.1.1 封面格式

建设项目环境影响报告表

项目名称：

建设单位（盖章）：

编制单位：

编制日期：

XXXX 年 XX 月

B.1.2 编制单位和编制人员情况

按照《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号）中的规定执行。

B.1.3 报告表正文格式

按照国务院生态环境主管部门提出的建设项目环境影响报告表的内容与格式要求，填写输变电建设项目环境影响报告表正文相关表格内容。

B.2 专题评价及附件附图

B.2.1 专题评价

应设电磁环境影响专题评价，其评价等级、评价内容与格式按照本标准有关电磁环境影响评价要求进行。

进入生态敏感区时，应设生态专题评价，其评价等级、评价内容与格式按照本标准有关输变电建设项目生态影响评价要求进行。

B.2.2 环境影响报告表应附以下附件、附图

附件1 可研或初步设计批复

附件2 其他与环境影响评价有关的文件

附图3 地理位置图（含站和线路，反映行政区划、水系等）

附图4 变电站（或开关站、串补站、换流站）总平面布置示意图

附图5 线路路径示意图

附图6 环境保护设施、措施布置图

附图7 各专题评价所需图件

……

附录 C
(资料性附录)

高压交流架空输电线路下空间工频电场强度的计算

C.1 单位长度导线上等效电荷的计算

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心。

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：

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \cdots & \lambda_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_m \end{bmatrix} \dots\dots\dots (C1)$$

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；

λ ——各导线的电位系数组成的 m 阶方阵 (m 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 500kV (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：

$$\begin{aligned} |U_A| &= |U_B| = |U_C| \\ &= \frac{500 \times 1.05}{\sqrt{3}} \\ &= 303.1 \text{ (kV)} \end{aligned}$$

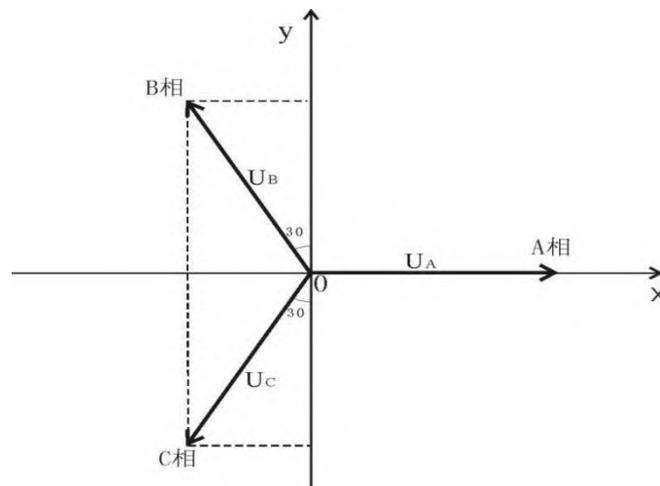


图 C.1 对地电压计算图

各导线对地电压分量为：

$$\begin{aligned}
 U_A &= (303.1+j0) \text{ kV} \\
 U_B &= (-151.6 + j262.5) \text{ kV} \\
 U_C &= (-151.6 - j262.5) \text{ kV}
 \end{aligned}$$

[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： ϵ_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。

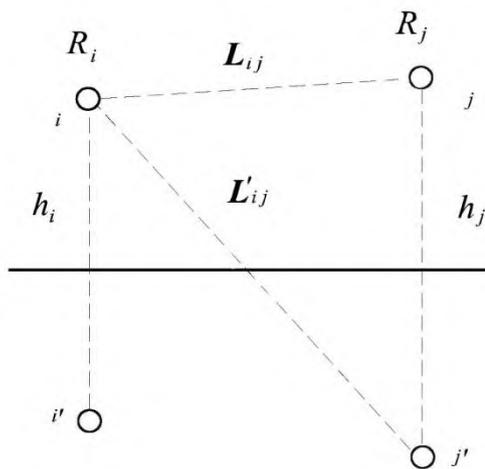


图 C.2 电位系数计算图

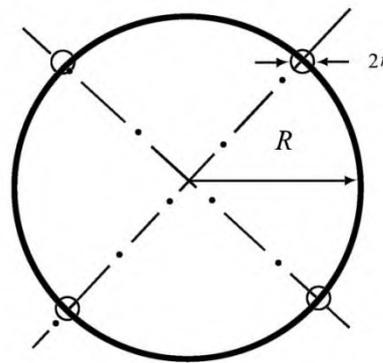


图 C.3 等效半径计算图

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：

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

相应地电荷也是复数量:

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

式 (C1) 矩阵关系即分别表示了复数量的实部和虚部两部分:

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

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

C.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:

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

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

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。

该点的合成的电场强度则为：

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

式中：

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

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

在地面处 ($y=0$) 电场强度的水平分量：

$$E_x = 0$$

C.3 计算举例

C.3.1 计算条件

如图 C.4 所示结构的单回路 500kV 三相架空输电线路，导线水平状架设，采用 $n=4$ 的分裂导线，求 P 点 ($x=15m$, $y=1m$) 处工频电场强度值。

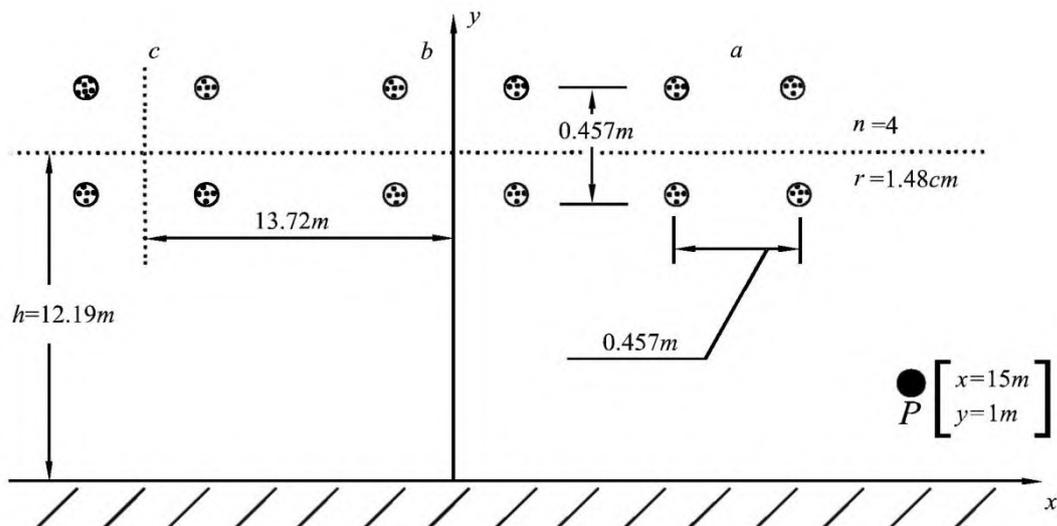


图 C.4 计算例图

C.3.2 单位长度导线上等效电荷计算

$$\text{分裂导线半径 } R = 0.457 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.323 \quad (\text{m})$$

$$\text{等效导线半径 } R_i = 0.323 \times \sqrt[4]{\frac{4 \times 0.0148}{0.323}} = 0.211 \quad (\text{m})$$

$$\text{导线对地电压 } U_a = (303.1 + j0) \quad \text{kV}$$

$$U_b = (-151.6 + j262.5) \quad \text{kV}$$

$$U_c = (-151.6 - j262.5) \quad \text{kV}$$

依此可写成实部和虚部两个矩阵:

$$[U_R] = \begin{bmatrix} 303.1 \\ -151.6 \\ -151.6 \end{bmatrix} \quad [U_I] = \begin{bmatrix} 0 \\ 262.5 \\ -262.5 \end{bmatrix}$$

电位系数:

$$\lambda_{11} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h}{R_i} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \times (4.75)$$

$$\lambda_{12} = \lambda_{21} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L'_{12}}{L_{12}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \times (0.71)$$

$$\lambda_{13} = \lambda_{31} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L'_{13}}{L_{13}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \times (0.29)$$

根据导线的对称关系, 可知:

$$\lambda_{22} = \lambda_{33} = \lambda_{11}$$

$$\lambda_{23} = \lambda_{32} = \lambda_{12}$$

依此写出电位系数矩阵:

$$[\lambda] = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \begin{bmatrix} 4.75 & 0.71 & 0.29 \\ 0.71 & 4.75 & 0.71 \\ 0.29 & 0.71 & 4.75 \end{bmatrix}$$

则按式 (C1) 可得:

$$[U_R] = [\lambda][Q_R]$$

$$[U_I] = [\lambda][Q_I]$$

即:

$$\begin{bmatrix} 303.1 \\ -151.6 \\ -151.6 \end{bmatrix} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \begin{bmatrix} 4.75 & 0.71 & 0.29 \\ 0.71 & 4.75 & 0.71 \\ 0.29 & 0.71 & 4.75 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_{1R} \\ Q_{2R} \\ Q_{3R} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 262.5 \\ -262.5 \end{bmatrix} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \begin{bmatrix} 4.75 & 0.71 & 0.29 \\ 0.71 & 4.75 & 0.71 \\ 0.29 & 0.71 & 4.75 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_{1I} \\ Q_{2I} \\ Q_{3I} \end{bmatrix}$$

对上述两矩阵方程求解，可得等效电荷的矩阵值：

$$[Q_R] = 2\pi\epsilon_0 \begin{bmatrix} 71.359 \\ -38.008 \\ -30.590 \end{bmatrix} \times 10^3 (\text{C/m})$$

$$[Q_I] = 2\pi\epsilon_0 \begin{bmatrix} -5.886 \\ 65.819 \\ -64.742 \end{bmatrix} \times 10^3 (\text{C/m})$$

C.3.3 计算 P 点处工频电场强度的水平分量和垂直分量

各导线的坐标如图 C.5 所示，则由 P 点 ($x=15\text{m}$, $y=1\text{m}$) 坐标可得：

$$r_1^2 = (h-y)^2 + (x-d)^2 = 126.855 \text{ m}^2$$

$$r_2^2 = (h-y)^2 + x^2 = 350.22 \text{ m}^2$$

$$r_3^2 = (h-y)^2 + (x+d)^2 = 950.05 \text{ m}^2$$

$$r_4^2 = (h+y)^2 + (x-d)^2 = 175.61 \text{ m}^2$$

$$r_5^2 = (h+y)^2 + x^2 = 398.98 \text{ m}^2$$

$$r_6^2 = (h+y)^2 + (x+d)^2 = 998.81 \text{ m}^2$$

实部电荷 Q_R 在 P 点产生的场强水平分量：

$$E_{xR} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left\{ \left[\frac{Q_{1R}(x-d)}{r_1^2} - \frac{Q_{1R}(x-d)}{r_4^2} \right] + \left[\frac{Q_{2R}x}{r_2^2} - \frac{Q_{2R}x}{r_5^2} \right] + \left[\frac{Q_{3R}(x+d)}{r_3^2} - \frac{Q_{3R}(x+d)}{r_6^2} \right] \right\}$$

$$= -0.044 \text{ kV/m}$$

虚部电荷 Q_I 在 P 点产生的场强水平分量为：

$$E_{xI} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left\{ \left[\frac{Q_{1I}(x-d)}{r_1^2} - \frac{Q_{1I}(x-d)}{r_4^2} \right] + \left[\frac{Q_{2I}x}{r_2^2} - \frac{Q_{2I}x}{r_5^2} \right] + \left[\frac{Q_{3I}(x+d)}{r_3^2} - \frac{Q_{3I}(x+d)}{r_6^2} \right] \right\}$$

$$= 0.233 \text{ kV/m}$$

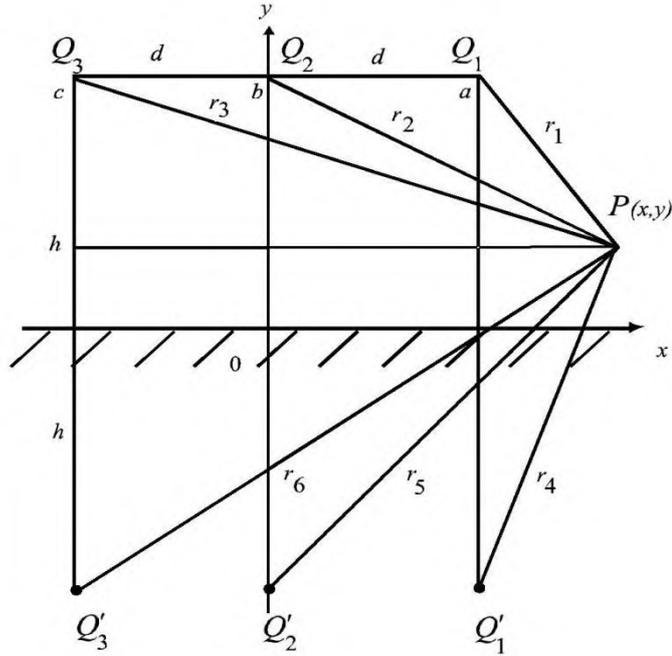


图 C.5 各导线坐标图

所以，P 点的场强水平分量为：

$$\overline{E}_x = (-0.044 + j0.233) \text{ kV/m}$$

$$E_x = \sqrt{0.044^2 + 0.233^2} = 0.24 \text{ (kV/m)}$$

实部电荷 \$Q_R\$ 在 P 点产生的场强垂直分量：

$$E_{yR} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left\{ \left[\frac{Q_{1R}(y-h)}{r_1^2} - \frac{Q_{1R}(y+h)}{r_4^2} \right] + \left[\frac{Q_{2R}(y-h)}{r_2^2} - \frac{Q_{2R}(y+h)}{r_5^2} \right] + \left[\frac{Q_{3R}(y-h)}{r_3^2} - \frac{Q_{3R}(y+h)}{r_6^2} \right] \right\}$$

$$= -8.420 \text{ kV/m}$$

虚部电荷 \$Q_I\$ 在 P 点产生的场强垂直分量：

$$E_{yI} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left\{ \left[\frac{Q_{1I}(y-h)}{r_1^2} - \frac{Q_{1I}(y+h)}{r_4^2} \right] + \left[\frac{Q_{2I}(y-h)}{r_2^2} - \frac{Q_{2I}(y+h)}{r_5^2} \right] + \left[\frac{Q_{3I}(y-h)}{r_3^2} - \frac{Q_{3I}(y+h)}{r_6^2} \right] \right\}$$

$$= -1.698 \text{ kV/m}$$

所以，P 点的场强垂直分量为：

$$\overline{E}_y = (-8.420 - j1.698) \text{ kV/m}$$

$$E_y = \sqrt{8.420^2 + 1.698^2} = 8.59 \text{ (kV/m)}$$

附录 D
(资料性附录)

高压交流架空输电线路下空间工频磁场强度的计算

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 ：

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

式中： ρ ——大地电阻率， $\Omega \cdot \text{m}$ ；
 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：

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2 + L^2}} \quad (\text{A/m}) \dots\dots\dots (\text{D2})$$

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。

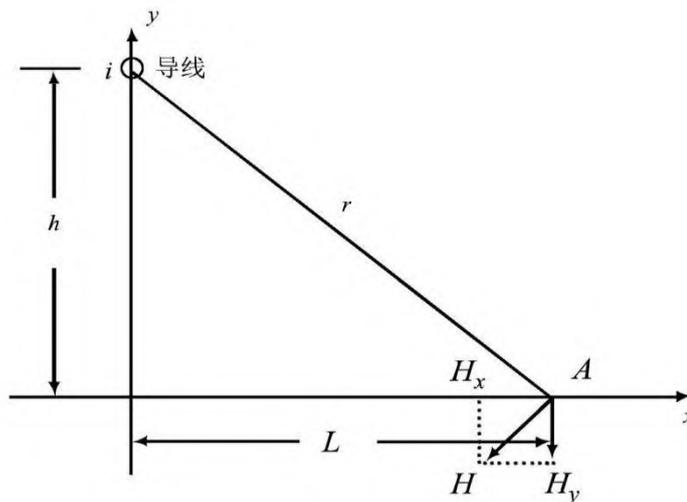


图 D.1 磁场向量图

附录 E
(资料性附录)

直流架空输电线路合成电场强度的简化理论计算程序和计算步骤

E.1 方法来源

决定直流输电线路环境影响的重要参数是离子流密度和由导线上电荷、空间电荷共同产生的合成电场强度。由于线下整个空间存在因电晕产生的大量空间电荷，使这种计算变得相当复杂。

本标准推荐采用解析计算办法，采用 Deutsch 假设，认为空间电荷不影响场的方向，仅影响其大小。

E.2 基本假设

E.2.1 空间电荷只影响场强幅值而不影响其方向，即 Deutsch 假设。

$$E_s = A \cdot E \dots \dots \dots (E1)$$

式中：

- E_s ——空间电荷存在时合成电场强度，kV/m；
- A ——合成电场强度与标称电场强度的比值，标量函数；
- E ——标称电场强度，kV/m。

E.2.2 电晕后导线表面电位保持在起晕电压值 V_0 ，当导线对地电位为 V 时，导线表面的 A 值为 A_e ：

$$A_e = V_0/V \dots \dots \dots (E2)$$

采用逐步镜像法或模拟电荷法，沿无空间电荷场强的电力线计算无空间电荷下场强 E 。

E.3 标量函数 A 的计算

$$A^2 = A_e^2 + \frac{2\rho_e A_e}{\epsilon_0} \int_{\varphi}^V \frac{d\varphi}{E^2} \dots \dots \dots (E3)$$

$$\rho_m = \epsilon_0 (V - V_0) / \int_0^V \int_{\varphi}^V \frac{d\eta}{E^2} d\varphi \dots \dots \dots (E4)$$

式中：

- ρ_e ——导线表面电荷密度，nC/m³，可用弦截迭代法求出；
- ϵ_0 ——真空介电常数，pF/m；
- φ ——无空间电荷时空间某点的电位，kV；
- ρ_m ——导线表面平均电荷密度，nC/m³，为弦截迭代法求出 ρ_e 的初值；
- η ——积分变量。

E.4 合成电场强度 E_s 的计算

E_s 按 (E1) 式计算。
