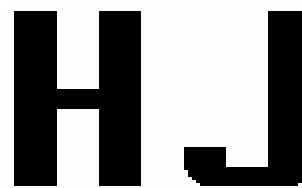


附件二：



中华人民共和国环境保护行业标准

HJ/T□□□-200□

代替 HJ/T24-1998

环境影响评价技术导则 输变电工程

Technical Guidelines for Environmental Impact Assessment

of Electric Power Transmission and Conversion Projects

（征求意见稿）

200□-□□-□□发布

20□-□□-□□实施

国家环境保护总局 发布

目 录

前 言	1
1 适用范围	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 总则	3
5 工程概况与工程分析	7
6 工程地区自然和社会环境现状调查	8
7 环境质量现状评价	9
8 建设期环境影响评价	11
9 运行期环境影响评价	13
10 环境保护目标影响分析	15
11 公众参与	16
12 环境保护措施及其技术、经济论证	17
13 环境影响损益简要分析	17
14 环境管理与监测计划	18
15 评价结论与建议.....	18
16 附件	19
附录 A（规范性附录）环境影响报告书框架.....	20
附录 B（规范性附录）高压架空送电线下空间工频电场强度的计算	21
附录 C（规范性附录）高压架空送电线下空间磁场强度的计算	28
附录 D（规范性附录）直流架空送电线路地面合成场强的简化理论计算程序和计算步骤 ..	29
附录 E（规范性附录）合成场强的测量及评价方法	30
附录 F（规范性附录）直流磁场的测量及评价方法	33

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》，规范输变电工程环境影响评价工作，防治输变电工程环境污染，制定本标准。

本标准规定了输变电工程环境影响评价的内容、方法等技术要求，适用于输变电工程及电力供应项目的环境影响评价工作。

本标准是对《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HJ/T24-1998)的修订，主要修订内容如下：

适用范围覆盖了 110kV~1000kV 交流输变电工程及 $\pm 400\text{kV}$ ~ $\pm 800\text{kV}$ 直流输电工程等电压等级，增加了直流输电工程的评价标准和评价内容要求，修订了电磁环境的评价标准，根据输变电工程的特点增加了生态、噪声、水、公众参与等环境因素的评价内容要求。

《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HJ/T24-1998)为首次发布，本次为第一次修订。自本标准实施之日起，《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HJ/T24-1998)废止。

本标准为指导性标准。

本标准由国家环境保护总局科技标准司提出。

本标准主要编制单位：国家电网公司、中国电力工程顾问集团中南电力设计院、国家电网公司武汉高压研究院、北京交通大学、北京市环境保护监测中心。

本标准国家环境保护总局 200□年□□月□□日批准。

本标准自 200□年□□月□□日起实施。

本标准由国家环境保护总局解释。

环境影响评价技术导则 输变电工程

1 适用范围

本标准规定了输变电工程环境影响评价工作的程序、内容和方法。

本标准适用于交、直流高压输变电工程建设项目环境影响评价工作，包括 110kV 及以上、1000kV 及以下交流输变电工程，以及 $\pm 400\text{kV}$ 及以上、 $\pm 800\text{kV}$ 及以下直流输电工程环境影响评价工作。

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。

GB12349 工业企业厂界噪声测量方法

GB/T14623 城市区域环境噪声测量方法

GB/T50297-2006 电力工程基本术语标准

HJ/T2.1 环境影响评价技术导则 总纲

HJ/T2.3 环境影响评价技术导则 地面水环境

HJ/T2.4 环境影响评价技术导则 声环境

HJ/T10.2 辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法

HJ/T19 环境影响评价技术导则 非污染生态影响

DL/T988 高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 输电

指从发电厂向用电地区输送电能。

3.2 变电站

指电力系统的一部分，它集中在一个指定的地方，主要包括输电或配电线路开关设备的终端和建筑物，也可能包括变压器。通常包括电力系统安全和控制所需的设施（例如保护装置）。

3.3 换流站

指安装有换流器且主要用于将交流变换成直流或将直流变换成交流的变电站。

3.4 电磁环境

指输变电工程运行中产生的所有电磁现象的总和。在本标准范围内，其特征因子主要是交流输变电工程周边的工频电场、工频磁场以及直流输电工程周边的合成场强、直流磁场。

3.5 电磁环境敏感目标

指电磁环境因子可能对其造成环境影响的对象。主要指民房，包括居民区、文教区、医院、办公楼等有人长时间居住或工作的建筑物。

3.6 工频电场

电场是电荷周围存在的一种物质形式，电量随时间作 50Hz 周期变化的电荷的电场称为

工频电场。电场强度在空间任意一点是一个矢量，其计量单位为 V/m，交流高压架空送电线路和变电站的电场单位一般用 kV/m 表示。

3.7 工频磁场

磁场是有规则地运行着的电荷（电流）周围存在的一种物质形式，随时间作 50Hz 周期变化的磁场称为工频磁场。磁感应强度是矢量，该矢量值在任一点的散度为 0，其计量单位为 T。磁场强度也是矢量，其计量单位为 A/m。在空气介质中， $1\mu\text{T}$ 相当于 0.8A/m 。

3.8 合成场强

指直流电晕产生的空间电荷形成的场强和标称场强合成后的电场强度，kV/m。

3.9 直流磁场

磁场是有规则地运行着的电荷（电流）周围存在的一种物质形式，直流导线上电荷形成的磁场为直流磁场。磁感应强度是矢量，该矢量值在任一点的散度为 0，其计量单位为 T。磁场强度也是矢量，其计量单位为 A/m。在空气介质中， $1\mu\text{T}$ 相当于 0.8A/m 。

4 总则

4.1 环评工作程序

输变电工程环境影响评价工作按 HJ/T2.1 中的规定大体分为三个阶段，如图 1 所示。

——第一阶段为准备阶段，主要工作为研究有关文件，进行初步的工程分析和环境现状调查，公众参与，识别环境影响因素，筛选评价因子，明确评价重点，确定各专项评价的范围和工作等级，编制工作方案或环境影响评价大纲；

——第二阶段为正式工作阶段，其主要工作为进一步做工程分析和环境现状调查与评价，进行环境影响预测与评价，分析环境保护措施的经济、技术可行性，公众参与，论证工程选线或选址的环境可行性；

——第三阶段为环境影响报告书编制阶段，其主要工作为汇总、分析第二阶段工作所得的各种资料、数据，给出评价结论，完成环境影响报告书的编制，公众参与。

——环评总负责单位在环评工作各个阶段中，均应对总体及各专题的工作内容、方案和进度有明确的指导思想、统一安排所要求达到的目标，对本单位和协作单位的工作成果进行认真的审查、反馈和汇总。环评总负责单位应对环评结果全面负责，协作单位应对所承担的专题内容及结果负责。

——各专题的评价单位应按总负责单位的统一安排和要求进行工作，提供相应的资料和分析及评价成果，并接受总负责单位的审核，对有关问题进行分析反馈。

——在输变电工程的环境影响评价中，如需进行多个选线或选址方案的优选，则应分别对各个选线或选址方案进行环境现状调查、影响预测和评价；如输变电工程已通过工程审查确定了选线或选址推荐方案，则应说明审查情况，简要分析工程方案比选的环境合理性，并针对具有环境合理性的推荐方案开展环境影响评价工作。

——如通过评价对输变电工程原选线或选址给出否定结论时，应按环境影响评价程序对新的选线或选址方案进行重新评价。

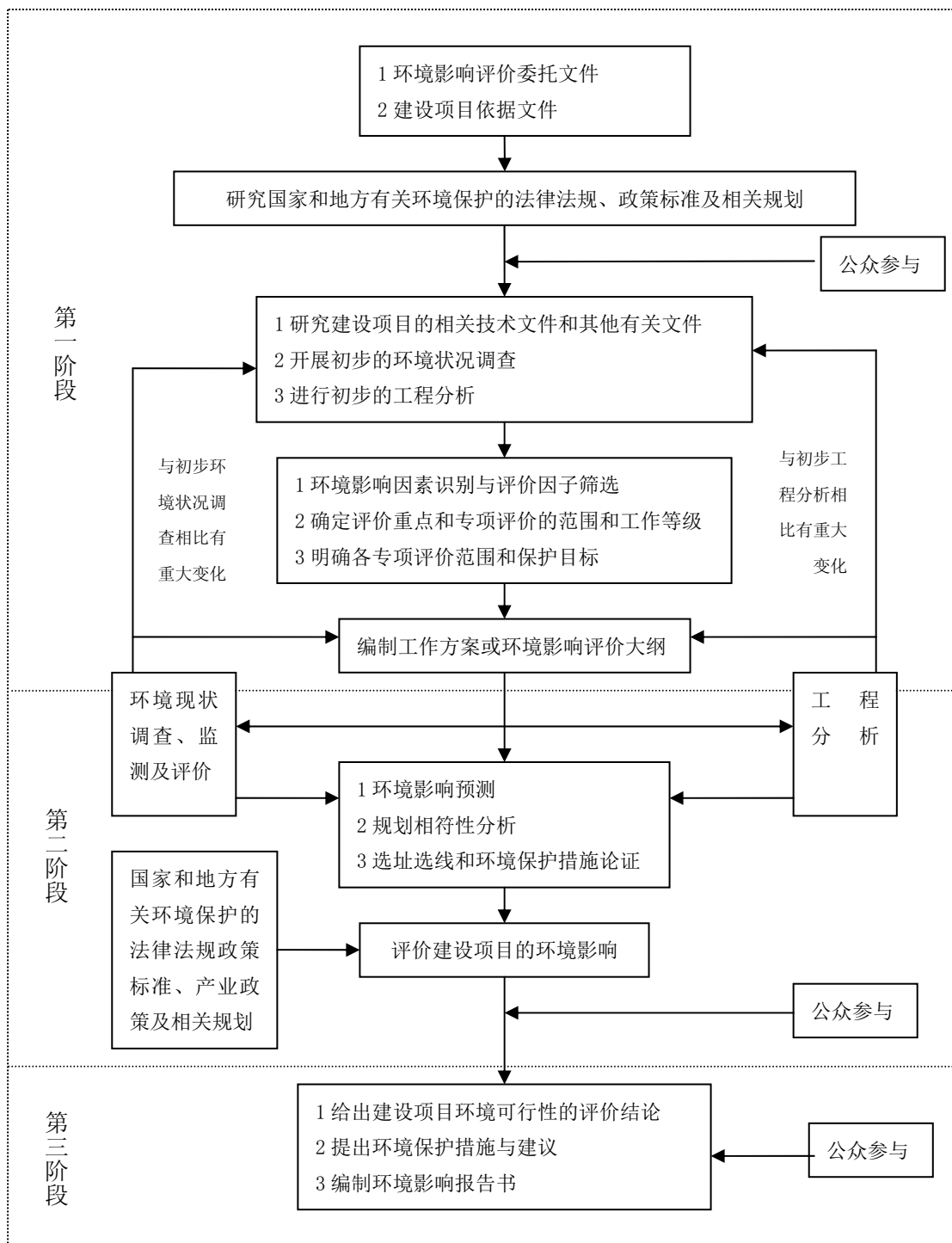


图 1 输变电工程环境影响评价的工作程序

4.2 环境影响报告书

输变电工程环境影响报告书框架见附录 A。本标准按环境影响报告书框架规定了相应章节的内容、评价方法等技术要求。

包含在已批复的规划环评中的项目，在进行项目环评时原则上可依据规划环评及其批复文件对环境影响报告书适当简化。

4.3 前言及编制依据

a).前言：简要说明工程建设的必要性、前期工作进展情况、工程特点及环境影响评价的工作过程。

b).项目组成：列表给出项目组成情况，可包括项目名称、建设单位、设计单位、系统组成、规模、杆塔数量、主变数量、投资额等特征参数；

c).相关法律法规；

d).相关标准及技术规范；

e).相关政策及规划；

f).有关技术文件；

g).有关工作文件。

4.4 评价标准

4.4.1 选择原则

环境质量评价应根据输变电工程所在地区的环境功能区划及环境保护规划的要求执行相应环境要素的现行国家标准（包括行业标准中的推荐标准以及本标准中的推荐标准）。在缺乏对应的环境功能区划要求时，应征求地方环保部门的意见，并应以地方环保部门的批复为准。

污染物排放标准应执行国家排放标准和地方排放标准，并优先执行地方排放标准。

4.4.2 交流输变电工程电磁环境评价推荐标准

交流输变电工程电磁环境评价推荐标准参照表 1。待相应的国家标准发布后，以其规定限值为准。

表 1 交流输变电工程电磁环境评价推荐标准

电磁环境评价因子	电压等级	评价标准	监测位置	测量方法
工频电场	110kV~1000kV	$\leq 4\text{kV/m}$	邻近民房时，房屋所在位置离地1.5m处	DL/T988
		$\leq 10\text{kV/m}$	线路下方离地1.5m处	DL/T988
工频磁场	110kV~1000kV	$\leq 0.1\text{mT}$	邻近民房时，房屋所在位置离地1.5m处	DL/T988
		$\leq 0.1\text{mT}$	线路下方离地1.5m处	DL/T988

4.4.3 直流输电工程电磁环境评价推荐标准

直流输电工程电磁环境评价推荐标准参照表 2。待相应的国家标准发布后，以其规定限值为准。

表 2 直流输电工程电磁环境评价推荐标准

电磁环境评价因子	电压等级	评价标准	监测位置	测量方法
合成场强	$\pm 400\text{kV} \sim \pm 800\text{kV}$	$\leq 25\text{kV/m}$, 且80%的测量值不超过 15kV/m	邻近民房时, 房屋所在位置的地面处	见附录E
		$\leq 30\text{kV/m}$	线路下方或换流站围墙外地面处	
直流磁场	$\pm 400\text{kV} \sim \pm 800\text{kV}$	$\leq 10\text{mT}$	线路下方或换流站围墙外地面处	见附录F

4.5 环境影响评价工作等级

4.5.1 电磁环境影响评价工作等级

4.5.1.1 电磁环境影响评价工作等级划分的主要依据

- a) 输变电工程的电压等级;
- b) 电磁环境评价范围内是否有电磁环境敏感目标。

4.5.1.2 电磁环境影响评价工作等级分为三级

a).一级: 对于直流输电线路工程、换流站工程以及评价范围内存在电磁环境敏感目标的500kV 及以上的交流输变电工程, 其电磁环境影响评价应按一级评价进行工作;

b).二级: 对于评价范围内存在电磁环境敏感目标的 500kV 以下、110kV 及以上的交流输变电工程, 其电磁环境影响评价应按二级评价进行工作;

c).三级: 对于评价范围内不存在电磁环境敏感目标的 110kV 及以上的交流输变电工程, 其电磁环境影响评价应按三级评价进行工作。

4.5.1.3 进行评价工作等级划分时, 如工程涉及多个电压等级或涉及到交、直流的组合时, 应以最高电压等级或最高评价等级为准。对于在变电站、换流站的围墙内进行的改扩建工程可按三级评价进行工作。

4.5.2 生态影响评价工作等级

生态评价工作等级划分应符合 HJ/T19 中的规定。

依据 HJ/T19 划分生态评价工作等级, 输变电工程直接影响范围的面积计算应以实际扰动面积为基准, 实际扰动面积包括永久占地面积和施工临时性占地面积。

对间接的、累积的影响, 应以保护目标的需要来确定其影响面积。

考虑到输变电工程中线路工程对生态保护目标的影响是点位间隔式的特点, 根据 HJ/T19 中 4.1.6 条及 4.1.3 条, 对线路工程的生态评价工作级别可向下调整不超过一级的幅度, 即对实际扰动范围包括 HJ/T19 中确定的敏感区时, 应进行 2 级生态评价; 对实际扰动范围不包括但生态评价范围内存在 HJ/T19 中确定的敏感区时, 应进行 3 级评价; 对生态评价范围内不存在 HJ/T19 中确定的敏感区时, 可只进行简单的生态影响分析。

4.5.3 噪声影响评价工作等级

噪声评价工作等级划分应符合 HJ/T2.4 中的规定。

4.5.4 地表水影响评价工作等级

地表水评价工作等级划分应符合 HJ/T2.3 中的规定。

4.6 环境影响评价范围

4.6.1 电磁环境评价范围

电磁环境评价范围参见表 3。

表 3 输变电工程电磁环境评价范围

电压等级	评价范围	
	线路	变电站或换流站
110kV	边导线地面投影外两侧各30m	围墙外30m
220~330kV	边导线地面投影外两侧各40m	围墙外40m
500kV及以上	边导线地面投影外两侧各50m	围墙外50m
直流工程	极导线地面投影外两侧各50m	围墙外50m

如变电站或换流站没有专设围墙，则以征地红线代替。

4.6.2 生态评价范围

生态评价范围应遵照 HJ/T19 中的规定确定。

对影响到 HJ/T19 中确定的敏感区时，生态评价范围的确定原则是能够说明该敏感区的生态整体性特点；如不影响到敏感区，生态评价范围为电力线路两侧各 100m 带状区域或围墙外 100m 的区域。

线路工程生态评价范围的确定应掌握“点线结合、以点带线、以点为主、重点突出”的原则。

4.6.3 噪声评价范围

变电站、换流站的噪声评价范围应遵照 HJ/T2.4 中的规定确定；线路工程的评价范围参照表 3 中的线路部分。

4.7 环境保护目标

附图并列表分要素说明评价范围内各环境要素的保护目标、功能及其与工程的相对位置关系，对重要的保护目标应给出照片。对各环境要素的环境敏感目标应分别说明。

4.8 电磁环境影响评价工作内容

输变电工程不同电磁环境评价工作等级的工作内容参见表 4。

表 4 输变电工程不同电磁环境评价工作等级的工作内容

电磁环境 评价工作 等级	输电线路			变电站、换流站		
	电磁环境 现状评价	电磁环境 类比评价	电磁环境 模式预测	电磁环境 现状评价	电磁环境 类比评价	电磁环境 模式预测
一级	覆盖全部 敏感目标	√	√	覆盖全部 敏感目标	√	×
二级	典型敏感 目标	√	√	典型敏感 目标	√	×
三级	可利用资 料数据	×	√	可利用资 料数据	简要分析	×

注：表格中“√”表示进行该项评价工作，“×”表示不进行。

4.9 资料引用

列表说明环境影响报告书编制中引用的资料清单。

对引用的资料，应对其可用性进行审核，并说明资料的名称、来源、编制单位、编制时间、测量单位、测量时间、测量条件等各项内容。所参考的主要文献应按引用的先后顺序列出目录。原始数据、全部计算过程等不必在报告书中列出，必要时可编入附录。

5 工程概况与工程分析

5.1 工程概况

a).工程一般特性简介

包括工程名称、建设性质、建设地点、建设规模、组成、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、总平面布置图、线路工程路径图等，并附工程所属的电网规划图。工程组成中应包括相关装置、公用工程、辅助设施等内容。

b).物料、资源等消耗及工程占地

包括占地面积及类型，对工程占用基本农田、基本草原的情况也应列表说明。可选择包括主要物料、资源的数量、来源、储运方式及其他说明。

c).施工工艺和方法

包括施工组织、施工工艺和方法等。

d).主要经济技术指标

包括投资额、建设期、效益指标等。

e).如为扩建工程应同时介绍相关的现有工程：说明现有工程环境影响评价及环境保护设施竣工验收情况，污染物达标分析、与本期新建工程的关系，目前存在的环境保护问题等。

5.2 选线选址与产业政策及规划的相容性

根据国家产业政策及所涉地区的相关规划，包括国家和省、市的产业政策、社会发展规划、电力规划、城市规划、生态功能区规划、环境保护规划等，从可持续发展战略角度出发，分析评价输变电工程与相关产业政策及相关规划是否相容，是否满足环保、规划、土地等相关部门对工程提出的基本要求，并对工程的线路形式（单回路或双回路等）比选、线路路径、站址及总图方案布置的环境合理性、是否尽量避开居民区、开发区、自然保护区、名胜古迹、重要军事设施及通讯设施等环境保护目标以及可能存在的问题做出定性的分析评价，对市区内的输变电工程，应明确评价变电站的结构型式或线路的敷设方式是否符合 GB50293 的规定，给出措施建议，必要时提出工程线路或站址选择或调整的避让距离要求。

5.3 环境影响因子分析

对工程在建设期的噪声、废水、扬尘、弃渣、植被破坏、水土流失、生态破坏等环境影响因子进行分析。

运行期的环境影响因子分析以正常工况为主。分析各环境影响因子，包括电磁环境、生态、噪声、废水、水土流失等的产生、排放、控制情况。

对电磁环境因子及噪声源应表明其源强及分布，对废水排放源应说明种类、数量、成分、浓度、处理方式、排放方式与去向等。

5.4 生态影响途径分析

主要从选线选址、施工组织、施工方式、敏感目标的诱导影响等方面分析输变电工程在建设期的生态影响途径。

对运行期应主要从运行维护角度分析输变电工程的生态影响途径。

5.5 环境保护措施

对工程设计、建设和运行的全过程拟采取的环境保护和恢复措施按环境要素分类予以描述。

6 工程地区自然和社会环境现状调查

6.1 区域概况

包括行政区划、地理位置、区域地势、交通等，应分市、区、县进行描述，并应附地理位置图。

6.2 自然环境

a).地形地貌

包括所涉区域的海拔高度、地形特征、地貌类型（山地、丘陵、平原、河网等），以及岩溶地貌、冰川地貌、风成地貌等特殊地貌特征。

若无可查资料，应做一些必要的现场调查。

应附输变电工程区域地形图、现场地形地貌照片等资料。

b).地质

根据现有资料，概要说明工程所涉区域的地质状况，可选择包括如下内容：地层概况，地壳构造的基本形式（岩层、断层及断裂等）以及与其相应的地貌表现、物理与化学风化情况、地震烈度等。特别是有危害的地质现象，如崩塌、滑坡、泥石流、冻土等有危害的地质现象，应加以说明。若不直接或间接危害到输变电工程时，可仅概要说明其发生情况。

c).水文特征

根据现有资料，概要说明输变电工程所涉水体与工程的关系及其水文特征。

d).气候气象特征

利用工程所涉地区当地气象台（站）的现有统计资料，概要说明所涉区域的气候、气象特征，可选择包括如下内容：气候特征、气压、气温（平均、最高、最低）、相对湿度、降水量、蒸发量、雨雪、冰冻、风速（平均、最大）、主导风向等。

6.3 生态环境

6.3.1 生态完整性

从区域生态环境的功能与稳定状况概要说明区域生态完整性现状情况。

6.3.2 生物多样性

6.3.2.1 野生植被

根据现有资料和调查，概要说明所涉区域的野生植被覆盖率、植被类型、基本组成、分布、利用及功能等，可分类说明。如涉及国家级和省级保护植物及珍稀植物和地方特有植物，应逐个或逐类说明其类型、分布、保护级别、保护状况等。

生态评价工作等级 2 级及以上时，应附生态敏感区植被图。

6.3.2.2 野生动物

根据现有资料和调查，概要说明所涉区域的野生动物种类、利用等，可分类说明。如涉及国家级和省级保护及珍稀野生动物栖息地、地方特有野生动物，应逐个或逐类说明其种类、分布、种群状况、保护级别、保护状况等。

6.3.3 土地利用

列表给出土地资源的开发利用情况。生态评价工作等级 3 级及以上时，应附土地利用现状图。

6.4 社会环境

根据现有资料，概要说明所涉地区人口数量；居民区（村庄）名称、人口数量；医院、学校、福利院和特殊社会经济敏感目标的名称、规模、分布及与工程的关系；交通运输和其他社会经济活动情况。

7 环境质量现状评价

7.1 电磁环境现状评价

7.1.1 测量指标

- a).交流工程：离地面 1.5m 高度处的工频电场强度、工频磁场强度。
- b).直流工程：地面合成场强、直流磁场。
- c).换流站工程测量项目包括交流工程和直流工程测量项目。

7.1.2 测量点位及布点方法

测量点位包括电磁环境敏感目标和站址。

——敏感目标或环境保护目标的布点方法以定点测量为主；新建站址的布点方法以围墙四周均匀布点测量为主，如站址附近无其他电磁环境干扰源，则布点可简化，视情况在围墙四周布点或仅在站址中心布点监测即可。

——测量点位附近如有其他影响测量结果的源强存在时应说明其存在情况并分析其对测量结果的影响。

——变电站或换流站改扩建工程如有工程竣工环境保护验收资料则布点可简化，仅在扩建端补充测点即可；若运行后尚未进行工程竣工环境保护验收，则应以围墙四周均匀布点测量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测量点位。

——给出测量布点图。

——测量点位的数量要求：如线路工程同一环境要素涉及较多的电磁环境保护目标时，可依据保护目标的规模、地形、行政区域、与工程的距离等因素选择位于评价范围内的具有代表性的典型环境保护目标。电磁环境影响评价工作等级为一级时，对典型环境保护目标均应进行现状测量；电磁环境影响评价工作等级为二级时，应根据涉及到的电磁环境保护目标的数量选择有代表性的典型环境保护目标进行现状测量。对于居民区类别的环境保护目标，可只选择与工程的距离最小的未拆迁的民房进行测量。

7.1.3 测量频次

确定的测量点位应测量一次。

7.1.4 测量方法及仪器

工频电场、工频磁场的监测应遵照 HJ/T10.2 及 DL/T988 中的规定。

——测量工作进行之前应确保所用仪器处于有效校正期内，并处于良好的使用状态。测量工作应在无雨、无雾、无雪的好天气条件下进行，测量过程中应详细记录包括测量点位地形地貌、周边电气设施情况、气象条件（天气、风、温、湿、大气压力等）、测量时间等数据。

——如使用有方向性探头时，应调整探头方向以测量最大工频电场、工频磁场和合成场强、地面直流磁场。

——合成场强的测量应在无雨、无雾、无雪的好天气下进行，风速在 5m/s 以下，测量的时间段为 30 分钟。应同时记录测量时的气象条件（天气、风、温、湿、大气压力等）。

——对于民房处的测量点位，应在距离墙壁和其他固定物体 1.5m 外的区域测量；如不能满足上述距离要求，则取测量点位处的空间平面中心作为测量点位，并说明相关点位与周边固定物体的距离情况。

7.1.5 测量结果

列表给出测量结果，可同时用图线形式给出测量结果。附质量保证的相关文件。

7.1.6 评价方法和结论

采用与评价标准进行比较的方法进行评价并给出评价结论。

7.2 声环境现状评价

7.2.1 测量指标

等效连续 A 声级。

7.2.2 测量点位及布点方法

测量点位主要是噪声敏感目标、站址等。如线路工程涉及较多的同类噪声敏感目标时，可依据目标的规模、距离、地形、行政区域等因素适当选择具有代表性的典型敏感目标。

敏感目标的布点方法以定点测量为主，新建站址的布点可在中心及四周各布一个点进行测量，如站址附近无其他噪声源，则布点可简化，视情况在围墙四周布点或仅在站址中心布点监测即可。改扩建工程如有工程竣工环境保护验收资料则布点可简化，仅在扩建端补充测点即可；若运行后尚未进行工程竣工环境保护验收，则应以围墙四周均匀布点测量为主，并在主声源侧适当增加测量点位，测量厂界噪声，并给出原有工程的运行工况。

7.2.3 测量时间及频次

确定的测量点位应在昼、夜各测量一次。

7.2.4 测量方法、仪器及实施过程

测量方法应遵照 GB/T14623、GB12349 的规定。并应给出测量仪器及实施过程的记录。在室外测量时，声级计的传声器应加防风罩。室外测量的气象条件应无雨、无雪、风力小于四级（5.5m/s）。

7.2.5 测量结果

列表给出测量结果。

7.2.6 评价方法和结论

采用与评价标准进行比较的方法进行评价并给出评价结论。

7.3 生态环境现状评价

根据生态评价工作等级，按照 HJ/T19 的规定，在自然环境和社会环境现状调查的基础上，对生态环境现状进行评价。

——生态现状评价要有大量数据支持评价结果，也可以应用定性定量相结合的方法进行。常用的方法有图形叠置法、系统分析法、生态机理分析法、质量指标法、景观生态学法、数学评价方法等。

——现状评价结论要明确回答区域环境的生态完整性、区域主要生态环境问题、生态敏感区状态、土地和植被的生产能力受到破坏等与工程相关的重大环境问题，要回答自然资源的特征及其对干扰的承受能力，并用可持续发展的观点对生态环境质量进行评价。

7.4 水环境现状评价

概要说明输变电工程污水受纳水体的环境功能及现状。

8 建设期环境影响评价

8.1 生态环境影响预测、防护与恢复措施及替代方案

8.1.1 生态环境影响预测与评价

遵照 HJ/T19 中的规定, 根据生态评价工作等级, 采取类比分析、生态机理分析、景观生态学等方法, 对工程的生态环境影响(包括有利影响与不利影响、可逆影响与不可逆影响、近期影响与长期影响、一次影响与累积影响、明显影响与潜在影响、局部影响与区域影响等)进行文字分析与描述, 必要时附图表说明。可分为两个层次进行预测和评价, 即整体生态系统影响预测与评价和生态敏感区影响预测和评价。

生态环境影响预测一般应定量核算永久占用和施工临时性占用土地的类型与数量、净占地量、可恢复利用量、可恢复植被面积、植被损失面积及植被恢复或补偿面积等。

输变电工程中的线路工程属于点位间隔式占地, 对生态环境的连通程度不构成不可逆的影响, 且其中的大部分占地属于施工临时性占地, 其对生态环境的影响分为直接影响和间接影响。线路工程生态环境影响预测与评价宜对此进行区分。

8.1.2 生态影响的防护与恢复措施

针对工程对生态环境(整体生态系统和生态敏感区)的不利影响, 包括对生态环境的长期不利影响、潜在不利影响和复合不利影响, 制定具体的生态监测措施、绿化规划、防护与恢复措施。

防护措施包括避免(选线选址、施工方式、保护措施等)、消减影响、生态补偿等方式; 恢复包括数量、种子资源等方面。保护和恢复的重点应放在施工期的监督和监理上。

要明确生态影响防护与恢复费用的数量及使用的科目, 同时论述必要性。要具体编制恢复和防护方案, 绿化原则是因地制宜、尽量利用当地物种, 仿照当地自然植被结构, 建造相对稳定和生态功能较高的生态系统。对植被, 尤其是森林, 应做到损失多少补充多少, 原地补充或异地补充。

8.1.3 替代方案

替代方案主要指工程的规模、选线选址的可替代方案, 也包括工程环境保护措施的多方案比较, 这种替代方案原则上应达到与原拟建工程或方案同样目的和效益, 并在评价工作中应描述替代方案的优点和缺点。

生态评价工作等级 1 级以上的工程要对关键的单项问题进行替代方案比选, 并对环境保护措施进行多方案比较, 这些替代方案应该是环境保护决定的最佳选择。

8.2 噪声影响评价

8.2.1 变电站和换流站工程建设期噪声影响预测与评价

变电站和换流站工程建设期噪声影响预测与评价应遵照 HJ/T2.4 中的规定。

8.2.2 线路工程建设期噪声影响分析

线路工程建设期噪声影响主要从对周边噪声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等方面进行分析。

8.3 施工扬尘

变电站和换流站工程建设期长、施工区域集中、开挖面积大、施工堆料多，因此易产生扬尘影响。而线路工程则不易产生扬尘影响。

建设期扬尘影响主要从文明施工、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。

8.4 建设期污水

变电站和换流站工程由于建设期长、施工人员多、物料冲洗多，建设期会产生污水。线路工程在跨越地表水体时施工期可能对被跨越的地表水体产生环境污染。

建设期污水影响主要从文明施工、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。

8.5 拆迁影响

拆迁对象主要是指民房。

宜根据工程设计文件给出工程拆迁及环保拆迁的原则，给出拆迁面积、拆迁户数等情况。对规模较大且较为集中的拆迁应首先从避让措施上分析评价。

8.6 水土保持

根据水行政主管部门审查同意的水土保持方案，说明工程涉及区域的水土流失和水土保持现状，给出输变电工程采取的水土保持措施及其治理效果等内容。

9 运行期环境影响评价

9.1 电磁环境影响预测与评价

9.1.1 类比评价

9.1.1.1 选择类比目标

类比目标应选择类似拟建工程的建设规模、电压等级、容量、总平面布置、架线型式、架线高度、环境条件及运行工况的工程，列表论述其可比性。

类比评价时，如国内没有同类型工程，可通过搜集国外资料、模拟试验等手段取得数据资料进行评价。

9.1.1.2 类比项目

交流工程：工频电场、工频磁场；

直流线路工程：地面合成场强、直流磁场；

换流站工程：工频电场、工频磁场；地面合成场强、直流磁场。

9.1.1.3 测量方法及仪器

同“7.1 电磁环境现状评价”中的“测量方法及仪器”。

9.1.1.4 测量布点

对于类比目标涉及到的电磁环境敏感目标，为定量说明其对敏感目标的影响程度，也可对相关敏感目标进行定点测量。测量因子根据类比目标的特征影响因子确定。

选择测量路径时应考虑结果能反映主要源强的影响。给出测量布点图，并给出测量现场照片。

a). 交流线路

以导线弧垂最大处线路中心的地面投影点为测量原点，沿垂直于线路方向进行，测点间距在距原点 10m 内为 2m、之外为 5m，依次测至评价范围边界止，测量离地面 1.5m 高度处

的工频电场强度、工频磁场强度。

b).变电站

应在围墙四周均匀布点进行类比测量,高压侧或距带电构架较近的围墙外侧适当增加测量点位,并在测量值较高点位(避开进出线)选择一条测量路径,垂直于围墙方向并以距离围墙 1m 处为起点进行衰减断面监测,测点间距在距围墙 20m 内为 2m、距围墙 20m 外为 5m,依次测至评价范围边界止。测量离地面 1.5m 高度处的工频电场强度、工频磁场强度。

c).直流线路

以导线弧垂最大处线路中心的地面投影点为测量原点,沿垂直于线路方向进行,测点间距为 2m,依次测至评价范围边界止,测量地面合成场强、直流磁场强度。

d).换流站

应在围墙四周均匀布点进行类比测量,高压侧或距带电构架较近的围墙外侧适当增加测量点位,并在测量值较高点位(避开进出线)选择一条测量路径,垂直于围墙方向并以距离围墙 1m 处为起点进行衰减断面监测,测点间距在距围墙 20m 内为 2m、距围墙 20m 外为 5m,依次测至评价范围边界止。测量离地面 1.5m 高度处的工频电场强度、工频磁场强度、地面合成场强、直流磁场强度。

9.1.1.5 类比分析

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、类比对象与本工程的差异,分析预测输变电工程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,必要时可进行模式验证。

9.1.2 架空线路工程模式预测及评价

9.1.2.1 预测的环境影响因素

根据交流架空输电线路的架线型式、架设高度、线距、导线结构、额定工况等参数,可计算其工频电场、工频磁场及其影响范围,从而预测其环境影响。根据直流架空线路工程的架线型式、架设高度、线距、导线结构、额定工况等参数,可计算其合成场强、直流磁场及其影响范围,从而预测其环境影响。

9.1.2.2 预测模式

交流架空输电线路非畸变工频电场的预测模式列于本标准附录 B;

交流架空输电线路工频磁场、直流架空输电线路直流磁场的预测模式列于本标准附录 C;

双极直流架空线路合成场强的预测建议采用附录 D 中的计算步骤。

9.1.2.3 预测工况及环境条件的选择

交流架空输电线路工程电压(额定电压、最高电压)、电流(额定电流、最高电流)等参数在两个变电站之间是基本固定的,但导线型号、排列、塔高、档距、线间距离、线高、分裂间距、地线高度等参数则随着环境条件而变化。直流线路工程电压(额定电压、最高电压)、电流(额定电流、最高电流)、导线排列等参数在两个换流站之间是基本固定的,但导线型号、塔高、档距、线间距离、线高等参数则随着环境条件而变化。

模式预测应给出预测工况及环境条件,应考虑针对电磁环境敏感目标而特定的工程条件及环境条件合理选择预测的典型情况,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范围最大的塔型,选择工程能稳定连续运行 24 小时以上的额定工况,预测交流架空输电线路工程工频电场、工频磁场以及直流架空线路工程合成场强、直流磁场的最大、最小、典型及满足相应标准的影响范围。

9.1.2.4 预测结果及评价

预测结果应以表格和等值线图、趋势线图的方式表述。预测结果应给出最大值、符合标准的值以及对应位置，结出典型线路段的电磁环境预测达标等值线图。

通过对照标准，评价预测结果，提出治理、减缓和回避措施以及拆迁范围控制典型曲线，并评价其合理性。

9.1.3 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，综合评价输变电工程的电磁环境影响。

9.2 噪声环境影响预测与评价

9.2.1 线路工程类比评价

9.2.1.1 选择类比目标

对于线路工程的噪声源强可采取类比测量的方法确定，并以此为基础进行类比评价。类比目标应选择类似本工程规模、电压等级、容量、架线型式、线高、环境条件及运行工况的工程，并充分论述其可比性。

9.2.1.2 测量方法及仪器

执行 GB/T14623 中的规定。

9.2.1.3 测量布点

线路工程噪声源强：对类比目标应以导线弧垂最大处线路中心的地面投影点为测量原点，沿垂直于线路方向进行，测点间距 5m，依次测量至评价范围外侧 1m 止。

环境噪声敏感目标：在类比目标周边的环境噪声敏感目标适当布点进行定点测量，并记录测量点与类比目标的相对位置。

9.2.1.4 类比分析评价结论

类比结果应以表格或图线等方式表达。

根据线路工程噪声源强类比测量结果，分析线路工程噪声源强，预测线路工程噪声的影响范围、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。分析预测工程对周边环境噪声敏感目标的影响程度及可能采取的减缓和回避措施。

9.2.2 模式预测及评价

9.2.2.1 预测模式

对于变电站、换流站的噪声评价，可采用 HJ/T2.4 中的室外工业噪声预测模式预测其噪声影响。主要声源的源强可选用设计值，也可通过类比测量确定。

按照 HJ/T2.4 的要求，结合工程的具体运行工况和总平面布置，先计算各倍频程声压级的距离衰减，合成后确定厂界噪声的声级值、或与现状值叠加后确定敏感点的声级值。

9.2.2.2 预测结果及评价

预测结果应以表格或等声级图的方式表述。

通过对照标准，评价预测结果。

9.2.3 噪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，综合评价工程的噪声环境影响，提出噪声治理、减缓和回避措施，并评价其合理性和可行性。

9.3 工程占地影响分析

对输变电工程占地、占用农田以及占用基本农田的环境影响进行简要分析，并对占用基

本农田的情况依据法规提出保护、征用手续等要求。

9.4 交叉跨越和邻近线路影响分析

对于线路工程与 110kV 及以上其他输电线路之间出现交叉跨越和邻近,可采用模式预测或类比测量的方法,从跨越净空距离、跨越方式、邻近距离、环境敏感特性等方面,对主要环境影响因素进行分析,重点应分析线路邻近时对夹在线路工程之间的环境敏感点的综合影响,并给出对应的环境保护措施。

9.5 直流接地极环境影响分析

对直流接地极的环境影响,应主要从接地极运行的概率、跨步电压对人畜安全的影响进行分析。跨步电压指当直流接地极运行时,接地极环内外 10m 范围内地表面处水平距离为 1m 的任意两点间的电位差。可主要采用参照工程设计规范通过工程分析和类比分析的方法进行分析说明。

9.6 水环境影响预测或分析评价

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,主要从水量、处理方式、排放去向以及受纳水体情况等方面对变电站、换流站工程的水环境影响进行预测或分析评价。

10 环境保护目标影响分析

针对列出的环境保护目标及对应的环境保护因子给出影响分析的结论。如有工程拆迁或环保拆迁则应给出拆迁后最近的未拆迁居民点的各项环境要素的预测值,并分析其达标或满足标准的情况。

11 公众参与

11.1 公众参与的对象和形式

公众参与的对象应具有广泛性、代表性、区域均衡性和随机性,包括直接受影响的居民、单位、拆迁对象、利益相关公众等。应列出公众参与对象的名单及其基本情况。

公众参与可根据输变电工程的实际需要和具体条件,选择采取公告、调查公众意见、咨询专家意见、座谈会、论证会、听证会等形式,公开征求公众意见。公众参与过程中宜根据国家及世界卫生组织等法规、文件,正确宣传、引导公众全面、正确地理解输变电工程的环境影响。

11.2 公告环境信息及征求意见的主要事项

公告环境信息的方式包括发布公告、公开环境影响报告书简本等。

公告环境信息的内容应包括建设的必要性、建设地点、线路路径、主要污染因子(电磁环境、噪声、占地等)的影响范围、所采取的环保措施及预期效果、对公众的环保承诺、与工程相关的其他环境问题、环评的初步结论等,并应说明公众参与的方式、方法、时限等。

征求公众意见的主要事项应包括对工程的态度、对选线选址的态度、对主要环境影响的认识、对环境保护措施的建议与要求等。

11.3 选线选址过程中的相关单位意见及咨询专家意见

相关单位以法人形式参与输变电工程的选线选址或对输变电工程发表意见也是一种公众参与形式。

在工程审批、技术评估或其他过程中环境保护专家、特定专业的专家、关心工程建设的专家,对工程的意见和建议也是一种公众参与形式。咨询专家意见主要以文件或会议纪要为

主。

11.4 调查公众意见

11.4.1 方法

调查公众意见的方法主要有问卷调查、访谈或者座谈会、论证会、听证会等其他便利形式。调查公众意见宜使用统一的调查问卷，以便于对调查对象的意见作统计分析。调查问卷应简洁明了，以选项为主，辅以必要的意见与建议的征询内容。

11.4.2 样本数

根据直接涉及到的人口数量，调查样本总数一般不小于 100 份、单个换流站或变电站一般不少于 50 份，对于人口稀少地区可适当减少。同时，调查样本中评价范围内的样本数应不少于总数的 70%。

11.4.3 调查内容

调查应包括对工程实施的态度，还可包括如下内容：对工程的了解程度、对当地环境问题的认识与评价、对工程选线选址的态度、对工程主要环境影响（包括相关特征因子对自然环境、生态环境、土地占用、景观等因素的影响）的认识及态度、对工程采取环境保护措施的建议、对工程拆迁、扰民问题的态度与要求、不支持工程建设的原因等。

调查问卷中还应包含工程基本情况简介、调查对象的基本资料搜集（如姓名、年龄、性别、文化程度、职业、地址、与工程的关系）、调查人员的联系方式等内容。

11.4.4 调查结果

简述调查样本数、有效样本数、调查对象的数量、基本资料统计情况、相关团体及基层组织的数量、受调查的单位名称和数量等。可用统计表的形式表示。

统计调查对象对各调查内容表达意见的人数及其比例、提出意见和建议的情况。

11.5 公众参与结果

按有关单位、咨询专家意见、调查公众意见、公告反馈意见等进行归类与统计分析，并在归类分析的基础上进行综合评述。对每一类意见，均应进行认真分析、给出采纳或未采纳的建议并说明理由。对公众不支持工程建设的要给出原因分析，并给出处理建议。

12 环境保护措施及其技术、经济论证

12.1 污染控制措施分析

明确输变电工程拟采取的具体环境保护措施，应充分体现可持续发展战略思想，满足法律法规、产业政策、环保政策、资源政策要求。针对环境影响或工程内容提出明确的建议，如选线的要求、避让具体居民区的要求、抬高线高的要求等。如需划定规划控制范围，应论述其合理性与必要性。生态环保措施应落实到具体时段和具体点位上，并特别注意施工建设期的环保措施。依据 GB18484 和 GB18597，对变电站、换流站等产生的危险废物（如蓄电池、变压器油等）的收集、管理和处置，规定相应的环保措施。

12.2 环境保护措施及其经济、技术可行性分析

输变电工程环境保护措施按照技术先进、可靠、可行和经济合理的原则，进行多方案比选，推荐最佳方案。对于关键性、创新性的环境保护设施，应调查国内外同类措施实际运行结果，分析、论证该环境保护设施的有效性与可靠性。结合环境影响评价结果，论证工程拟采取环境保护措施实现达标、满足环境质量要求的可行性。

12.3 环境保护措施建议

指出可能存在的潜在环保问题，并给出对策建议。如需划定规划控制范围或拆迁控制范围，应论述其合理性与必要性，并给出输变电工程依据法规和标准确定的规划保护范围的图示。

对工程的环境保护措施给出补充建议。各项环保措施应明确责任人和完成期限，对于承包工程的单位应明确其环保职责。

12.4 环境保护投资估算

按工程实施不同时段，分别列出其环保投资额，并分析其合理性。给出各项措施及投资估算一览表，计算环保投资占工程总投资的比例。

——环保拆迁费用、绿化费用、基本农田补偿费用、避让环保目标增加的工程费用、生态恢复补偿费用、污水处理设施费用等项目均应包括在环境保护投资之中。

——环境影响评价完成后新增加的环保投资应补充列入工程投资概估算之中。

13 环境影响损益简要分析

从输变电工程产生的正负两个方面影响，以定性定量结合方式，简要分析输变电工程环境影响所造成的环境损失与效益。

14 环境管理与监测计划

14.1 环境管理

环境管理应从环境管理机构、建设期环境管理与环境监理、环境保护设施竣工验收、运行期环境管理、环境保护培训、与相关公众的环保关系协调等方面做出规定。

——环境管理应列为工程管理的组成部分，并贯穿工程设计、建设与运行全过程。

——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、监理、招投标文件的环境保护内容及要求，环境质量分析与评价以及环境保护科研和技术管理等。

——应根据工程管理体制与环境管理任务设置环境管理体制及管理机构和人员。大型工程可联合建立环境管理信息系统。

14.2 环境监测

14.2.1 环境监测任务

- a).制定监测计划，监测工程建设期和运行期环境要素及环境影响因子的动态变化。
- b).对工程突发性环境事件进行跟踪监测调查。

14.2.2 监测点位布设

监测点位布设应针对建设期和运行期受影响的主要环境要素及因子设置。监测点位应具有代表性，并优先利用已有监测点位。

14.2.3 监测技术要求

- a).监测范围应与工程影响区域相适应。
- b).监测位置与频率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、工程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).对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,并提交环境保护主管部门。

15 评价结论与建议

15.1 编写原则

编写评价结论时要在概括和总结全部评价工作的基础上,客观地总结输变电工程实施过程各阶段的生产、生活活动与当地环境的关系,并提出环保措施的改进建议。

15.2 编写要求

编写结论与编写报告书其他部分一样,应文字简洁、准确,宜分条叙述,以便阅读。

15.3 内容

评价结论一般应包括下列内容:

a).概括地描述环境现状,同时要说明环境中现已存在的主要环境质量问题,例如某些污染因子超过了标准,某些重要的生态破坏现象等。

b).根据工程分析结果,简要说明输变电工程的影响源和污染源的位置、数量,污染因子的种类、浓度、强度、量、产生或排放方式、去向等。

c).概括总结工程选线选址与产业政策及规划的相容性。

d).概括总结环境影响预测和评价结果:结论中要明确说明输变电工程实施过程各阶段对环境的影响及其评价结果、对环境保护目标的影响及其评价结果。

e).环保措施:对环保措施(包括污染防治措施、环境管理措施、环境监测措施、替代方案等)进行总结。结合环保措施的改进要求或建议及其执行结果,说明输变电工程在实施过程的不同阶段能否满足环境质量的具体情况。

f).概括总结公众参与结果。

g).总体结论:明确评价输变电工程的环境可行性。

16 附件

给出输变电工程环境影响评价的附件。

附件应包括环评委托书、规划部门批文或协议文件,可包括评价标准的批复文件、重要的专项规划批文、相关主管部门批文、输变电工程依据文件、引用文献资料及其他必要文件、资料等。

附 录 A
（规范性附录）
环境影响报告书框架

- A.1 总则**
- A.2 工程概况与工程分析**
- A.3 工程地区自然和社会环境现状调查**
- A.4 环境质量现状评价**
- A.5 建设期环境影响评价**
- A.6 运行期环境影响评价**
- A.7 环境保护目标影响分析**
- A.8 公众参与**
- A.9 环境保护措施及其技术、经济论证**
- A.10 环境影响损益简要分析**
- A.11 环境管理与监测计划**
- A.12 评价结论与建议**
- A.13 附件**

附录 B

(规范性附录)

高压架空送电线下空间工频电场强度的计算

B.1 单位长度导线上等效电荷的计算

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。

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

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：

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \cdots & \lambda_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_m \end{bmatrix} \quad \text{..... (B1)}$$

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 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。由三相 500kV（线间电压）回路（图 B1 所示）各相的相位和分量，则可计算各导线对地电压为：

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

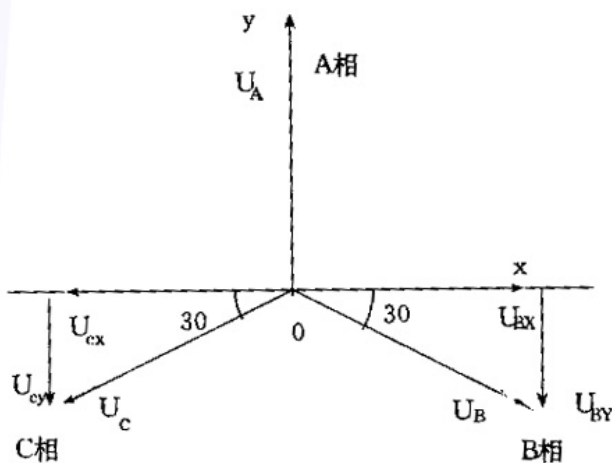


图 B1 对地电压计算图

各导线对地电压分量为：

$$U_A = (303.1 + j0) \text{ kV}$$

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

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

[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 B2 所示，电位系数可写为：

$$\lambda_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{R_i} \dots\dots\dots (B2)$$

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L'_{ij}}{L_{ij}} \dots\dots\dots (B3)$$

$$\lambda_{ij} = \lambda_{ji} \dots\dots\dots (B4)$$

式中： ϵ_0 ——空气介电常数， $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{ F/m}$ ；

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

$$R_i = R \sqrt[n]{\frac{nr}{R}} \dots\dots\dots (B5)$$

式中： R ——分裂导线半径；（如图 B3）

n ——次导线根数；

r ——次导线半径。

由[U]矩阵和[λ]矩阵，利用式（B1）即可解出[Q]矩阵。

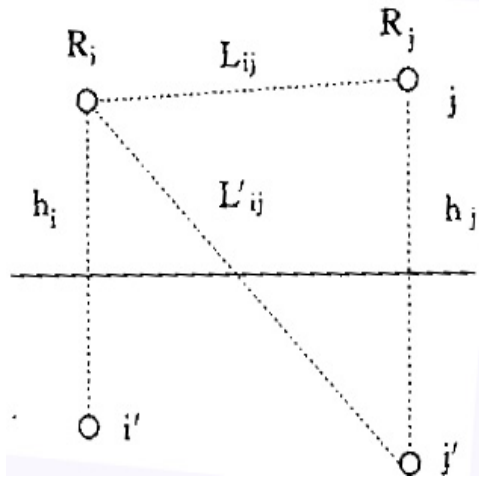


图 B2 电位系数计算图

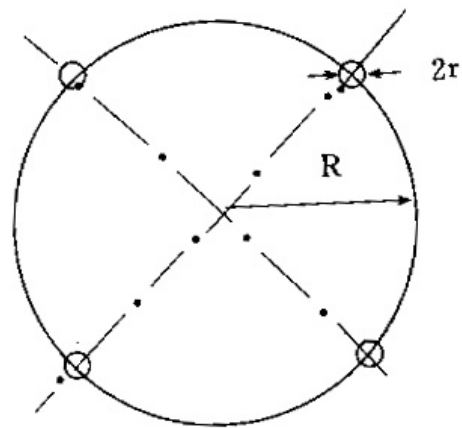


图 B3 等效半径计算图

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：

$$\overline{U}_i = U_{iR} + jU_{iI} \dots\dots\dots (B6)$$

相应地电荷也是复数量：

$$\overline{Q_i} = Q_{iR} + jQ_{iI} \quad \dots\dots\dots (B7)$$

式 (B1) 矩阵关系即分别表示了复数量的实数和虚数两部分:

$$[U_R] = [\lambda][Q_R] \quad \dots\dots\dots (B8)$$

$$[U_I] = [\lambda][Q_I] \quad \dots\dots\dots (B9)$$

B.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:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left(\frac{x-x_i}{L_i^2} - \frac{x-x_i}{(L'_i)^2} \right) \quad \dots\dots\dots (B10)$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left(\frac{y-y_i}{L_i^2} - \frac{y+y_i}{(L'_i)^2} \right) \quad \dots\dots\dots (B11)$$

式中: x_i, y_i ——导线 i 的坐标 (i=1、2、...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。

对于三相交流线路, 可根据式 (B8) 和 (B9) 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:

$$\begin{aligned} \overline{E_x} &= \sum_{i=1}^m E_{ixR} + j \sum_{i=1}^m E_{ixI} \\ &= E_{xR} + jE_{xI} \quad \dots\dots\dots (B12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{E_y} &= \sum_{i=1}^m E_{iyR} + j \sum_{i=1}^m E_{iyI} \\ &= E_{yR} + jE_{yI} \quad \dots\dots\dots (B13) \end{aligned}$$

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:

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

$$= \overline{E_x} + \overline{E_y} \quad \dots\dots\dots (B14)$$

式中：

$$E_x = \sqrt{E_{xR}^2 + E_{xI}^2} \quad \dots\dots\dots (B15)$$

$$E_y = \sqrt{E_{yR}^2 + E_{yI}^2} \quad \dots\dots\dots (B16)$$

在地面处 ($y=0$) 电场强度的水平分量

$$E_x = 0$$

B.3 计算举例

B.3.1 计算条件

如图 B4 所示结构的单回路 500kV 三相架空送电线路，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。

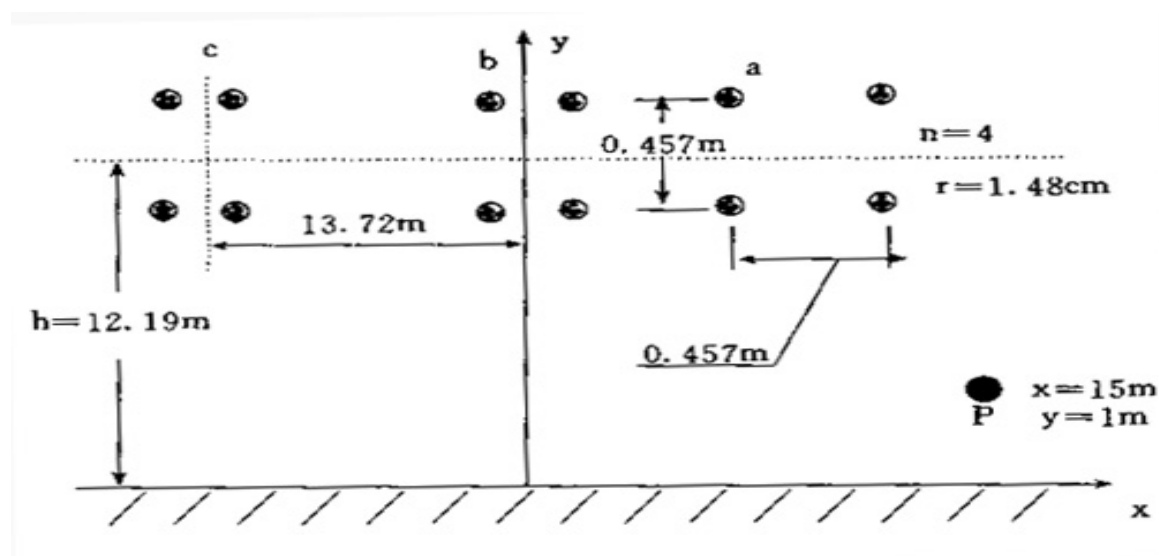


图 B4 计算例图

B.3.2 单位长度导线上等效电荷计算

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

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

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

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

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

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 (B1) 可得:

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

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

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

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

对上述两矩阵方程求解, 可得等效电荷的矩阵值:

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

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

B.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 B5 所示，则由 P 点 (x=15m, y=1m) 坐标可得：

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

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

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

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

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

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

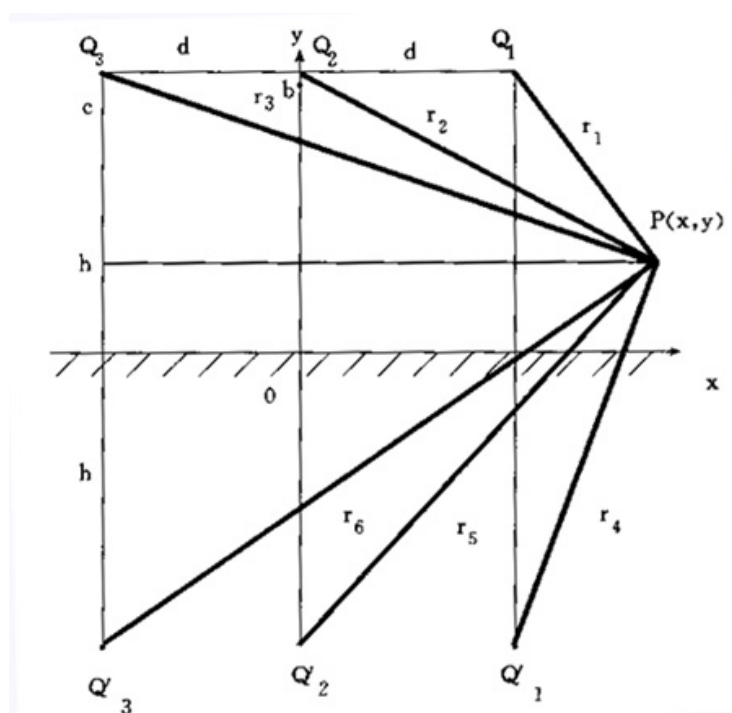


图 B5 各导线坐标图

实部电荷 Q_R 在 P 点产生的场强水平分量：

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

$$= -0.18 \text{ kV/m}$$

虚部电荷 Q_I 在 P 点产生的场强水平分量为：

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

$$= -0.15 \text{ kV/m}$$

所以，P 点的场强水平分量为：

$$\overline{E_x} = (-0.18 - j0.15) \text{ kV/m}$$

$$E_x = \sqrt{(0.044)^2 + (0.423)^2} = 0.237 \text{ kV/m}$$

实部电荷 Q_R 在 P 点产生的场强垂直分量：

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

$$= 5.69 \text{ kV/m}$$

虚部电荷 Q_I 在 P 点产生的场强垂直分量：

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

$$= -6.45 \text{ kV/m}$$

所以，P 点的场强垂直分量为：

$$\overline{E_y} = (5.69 - j6.45) \text{ kV/m}$$

$$E_y = \sqrt{(8.42)^2 + (4.938)^2} = 8.60 \text{ kV/m}$$

附录 C

(规范性附录)

高压架空送电线下空间磁场强度的计算

C.1 交流架空输电线路

由于工频情况下电磁性能具有准静态特性，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 ，

$$d = 660 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (\text{C1})$$

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

f ——频率 (Hz)。

在很多情况下，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 C1，不考虑导线 i 的镜像时，可计算在 A 点其产生的磁场强度：

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2 + L^2}} \quad \dots\dots\dots (\text{C2})$$

式中：I——导线 i 中的电流值。

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间的相角，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。

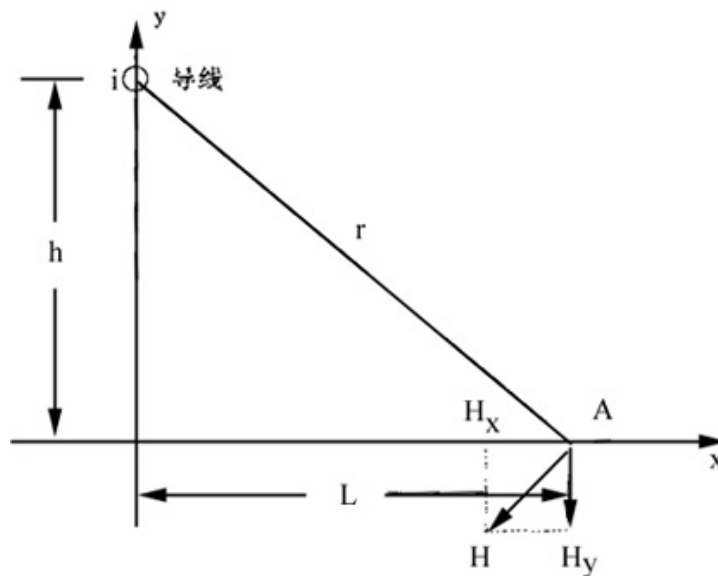


图 C1 磁场向量图

C.2 直流架空输电线路

参照“C1 交流架空输电线路”计算直流输电线路下的直流磁场强度。但是应该指出，双极直流输电线路的磁场强度是由两极导线中的正极和负极分别产生的磁场强度的矢量和。

附录 D

(规范性附录)

直流架空送电线路地面合成场强的简化理论计算程序和计算步骤

D.1 方法来源

决定直流输电线路环境影响的重要参数是地面离子电流密度和由导线上电荷、空间电荷共同产生的地面合成场强。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。

D.2 基本假设

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

$$E_s = AE \quad \dots\dots\dots (D1)$$

式中: E_s ——空间电荷存在时地面合成场强, kV/m;

E ——标称场强, kV/m;

A ——标量函数。

D.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 :

$$A_e = V_0/V \quad \dots\dots\dots (D2)$$

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 。

D.3 标题函数 A 的计算

$$A^2 = A_e^2 + \frac{2\rho_e A_e}{\epsilon_0} \int_{\varphi}^V \frac{d\varphi}{E^2} \quad \dots\dots\dots (D3)$$

$$\rho_m = \epsilon_0 (V - V_0) / \int_0^V \int_{\varphi}^V \frac{d\eta}{E^2} d\varphi \quad \dots\dots\dots (D4)$$

式中:

ρ_e ——导线表面电荷密度, 可用弦截迭代法求出;

ρ_m ——导线表面平均电荷密度, 为弦截迭代法求出 ρ_e 的初值;

φ ——无空间电荷时空间某点的电位;

ϵ_0 ——介电常数;

η ——积分变量。

D.4 合成场强 E_s 的计算

E_s 按 (D1) 式计算。

附录 E
（规范性附录）
合成场强的测量及评价方法

E.1 合成场强的测量仪器原理、测量仪器校准

E.1.1 测量仪器原理

直流电场测量方法，与工频电场测量方法不同。一般采用旋转式直流场强测量仪测量直流电场。

旋转式直流场强测量仪的基本原理是使测量用的旋转电极和感应电极所形成的电容周期性变化，从而感应电极上的感应电荷发生周期性的改变，形成与调制频率相同的电流信号，以测量方向不变的直流电场（如图 E1）：

$$i = 2\pi f \varepsilon_0 s E$$

式中： f ----调制频率

s ----旋转式直流场强测量仪的感应面积

ε_0 ----介电常数

E ----直流电场（如图 E1 中所示）。

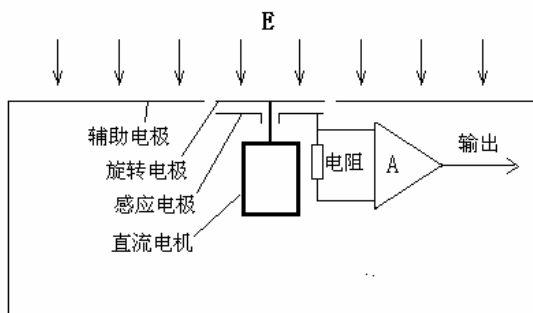


图 E1 旋转式直流场强测量仪器原理图

E.1.2 测量仪器校准

直流电场空间中还存在电荷，所以为旋转式直流场强测量仪的校准，不但要有直流电场源而且还要有相应的空间电荷发生装置。其原理是利用能确切计算其电场强度的场源和确切测量其空间电荷的空间电荷源为原值，对旋转式直流场强测量仪进行校准。校准装置见图 E2。

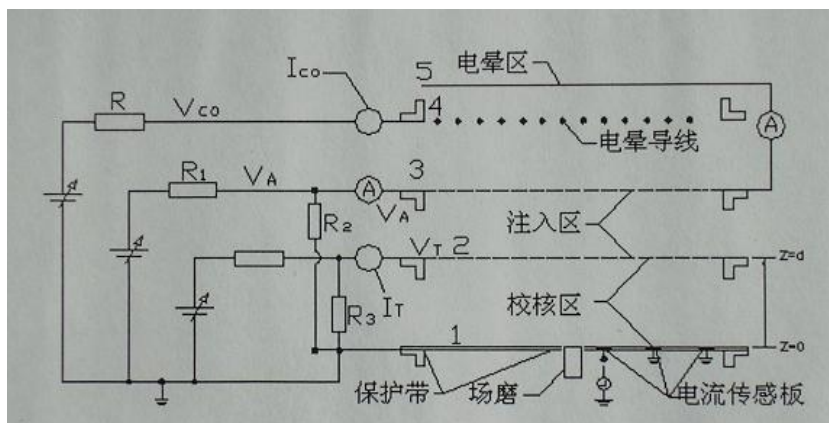


图 E2 旋转式直流场强测量仪器校准装置示意图

E.2 测量方法

E.2.1 测量高度选择

由于直流导线上电压极性不变,导线电晕放电产生的离子在空间形成相对稳定的两个区域:电离区和极间区。电离区只是导线表面的一个薄层,该区域内的电场强度很高。在电离区产生的与导线极性相同的离子因相斥作用进入极间区。极间区是正、负极导线之间,和正负两极导线与地面之间的广阔区域。

在极间区,离子受电场力的作用,向相反极性方向和地面漂移。极导线线下不同点的合成电场的大小、方向和极性可能不同,但合成电场的方向基本上垂直于地面。所以测量用旋转式直流场强测量仪放置于地面,以测量地面处合成场强。

E.2.2 测量条件及记录要求

地面合成场强测量的测试应在无雨、无雾、无雪,风速小于 5m/s 的好天气下进行。

应记录测试时的风速、温度、相对湿度、大气压等气象条件。同时应记录测量点的线路名称、运行电压、电流、导线型号、相导线根数、分裂间距(cm),测量档距内导线挂高(m),测量点导线对地高度(m);地线根数。被测档距两侧杆塔编号、塔型图和线路布置图。

同一区间的所有测点的测试应同时记录或测量统计。

E.2.3 测量记录

每个测量点测量记录间隔不小于 10s,测试数据不应小于 100 组,且测量的时间段不宜少于 30 分钟。

E.2.4 测量布点

线路、换流站的地面合成场强、离子流测量的测点间距为 5m,顺序测至极导线地面投影点外、换流站围墙外 50m 处止;邻近民房处合成场强的测试在距离民房墙体外 1m、距离线路极导线或换流站直流侧最近处地面设 1 个测点测试。

测量应选择在送电线路直线走向较长的线段内进行。在档距中央水平地面、以两极导线地面投影中心对称分布放置至少 10 个旋转式直流场强测量仪和离子流接收板,并使它们并

列与极导线垂直分布。换流站选择在直流场地、且避开直流出线的一侧，垂直围墙布置。

E.3 评价方法

在临近民房时，将地面合成场强测量结果（以 100 个数据为例）按照由小到大的顺序排列，第 50 个，即 50%测量数值小于或等于 15kV/m；第 95 个、即 95%的测量数值小于或等于 25kV/m 为满足要求。

线路、换流站的地面合成场强测量数据按测点统计，每个测点数据（以 100 个数据为例）按大小排列，第 95 个、即 95%的测量数值小于或等于 30kV/m 为满足要求。

附录 F

(规范性附录)

直流磁场的测量及评价方法

F.1 测量设备

直流线路附近的直流磁场由线路电流产生的磁场和地球磁场叠加形成。

采用高斯计、磁通计测量直流磁场。

F.2 测量方法

F.2.1 测量要求

测量地面处垂直于线路方向水平磁场分量和垂直地面的垂直分量。同时应测量线路停电时或距离线路 500m 以远处地磁场水平和垂直分量。

F.2.2 测量条件及记录要求

测试应在无雨、无雾、无雪的好天气下进行。

应记录测试时温度、相对湿度、大气压等气象条件。同时应记录测量点的线路名称、运行电压、电流、导线型号、相导线根数、分裂间距(cm)，测量档距内导线挂高(m)，测量点导线对地高度(m)；地线根数。被测档距两侧杆塔编号、塔型图和线路布置图。

F.2.3 测量布点

测点布置同合成场强一致。

F.3 评价方法

将每一测点的测量值求均方根值，作为该测点直流磁场的总量。以计算的总量作为评价依据。