

《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》

(送审稿)

编 制 说 明

《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》标准编制组

二〇二四年三月

目 录

1 目的意义	2
2 任务来源	3
3 编制过程	3
4 技术规范编制的基本原则和技术路线	5
5 技术规范主要内容的制定依据	6
6 本文件产生的绩效	42
7 与有关现行法律、法规和强制性标准规范的关系	43
8 重大分歧意见的处理经过和依据	45
9 标准性质的建议	45

《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》

编制说明

1 目的意义

1.1 电磁环境连续监测技术发展现状

当前，连续监测技术已经在环境监测方面普遍应用，如空气质量监测、环境噪声、电磁监测和水质监测等，对监管工作起到了积极的技术支持作用。此技术将连续监测污染源作为重要基础，实时监控环境要素，再利用无线传输技术对监测数据进行实时传送。但是由于仪器设备种类差异性较大，点位设置方式多样，如果没有统一规范，对于相同指标的测量由于使用不同的方法而造成结果不同。

意大利、希腊、瑞士、西班牙等是较早在主要大城市开展电磁环境自动监测工作的国家，监测方式以连续自动监测为主。监测布点主要针对广播、电视、移动通信基站以及变电站的电磁环境影响，自动监测数据通过网络平台向公众公开。

我国电磁环境连续监测系统的建设始于21世纪初。截至2022年底，全国已建成运行的电磁连续监测系统约350个，随着生态环境部对变电站开展排污许可登记试点工作，这一数量将进一步增加。按照区域来看，主要分布于全国20个省份，包括四川、广东、河南、北京、陕西、甘肃、贵州、江苏等地。江苏现有30个运行的电磁环境连续监测系统，其中20多个用于变电站连续监测。采用的设备大多出自森馥科技、四川电力、北京天创、杭州湘亭、瑞莱保（武高所）等公司。

1.2 标准制定的必要性分析

（1）电磁污染源管理的需要

生态环境部于2020年发布实施《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113-2020），鼓励位于城市中心区域的变电站开展电磁环境连续监测。同时根据全国人大环资委《关于第十三届全国人民代表大会第四次会议主席团交付审议的代表提出的议案审议结果的报告》中“制定电磁辐射污染防治法确有必要，建议加强论证起草工作，条件成熟时列入立法规划、年度立法工作计划”，积极推进电磁污染防治的立法工作，并将电磁污染源自动监测工作纳入其中。

（2）为化解“邻避效应”提供数据支撑

变电站建设过程中，由于群众对工频电磁场影响人体健康的担忧导致工程建设受

阻的事件时有发生，尤其是城区内新建变电站几乎全都受到周围群众的抵触，“邻避效应”明显。群众最大的担心就是变电站投运之后产生的工频电场、工频磁场，可能于无声无息之中对人体产生危害。前期实践表明，通过建设变电站工频电磁环境连续监测系统，实时显示变电站工频电场、工频磁场的数值，能够直观地向群众展示工频电磁环境，为解决“邻避效应”提供有力的数据支撑。

（3）缺乏变电站连续监测标准和规范

虽然生态环境部《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113-2020）鼓励位于城市中心区域的变电站开展电磁环境连续监测，而且在生态环境部正积极推进的电磁污染防治法中也明确提出了电磁污染源自动监测要求，但我国一直未出台变电站工频电磁环境连续监测标准，使得监测缺乏规范性。

1.3 意义

为进一步做好输变电管理工作，提升电磁污染源管理水平，减少“邻避效应”，健全江苏省高质量发展标准体系，根据江苏省市场监管局《省市场监管局关于下达2022年度江苏省地方标准项目计划的通知》（苏市监标〔2022〕192号），由江苏省核与辐射安全监督管理中心和江苏方天电力技术有限公司联合承担《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》的制定任务。

2 任务来源

为进一步做好输变电管理工作，提升管理水平，减少邻避效应，健全江苏省高质量发展标准体系，根据江苏省市场监管局《省市场监管局关于下达2022年度江苏省地方标准项目计划的通知》（苏市监标〔2022〕192号），由江苏省核与辐射安全监督管理中心和江苏方天电力技术有限公司联合承担《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》的制定任务。

3 编制过程

3.1 成立标准编制组

根据2022年度江苏省地方标准项目计划，江苏省核与辐射安全监督管理中心和江苏方天电力技术有限公司申请编制《变电站工频电磁环境在线监测技术规范》地方标准，成立了标准编制组，开展研究起草工作。编制组成员具有丰富的电磁环境监测和标准编制经验，编制组包括研究员级高工1名、高级工程师7人、工程师2人。

3.2 前期准备

2020—2021 年，标准编制组对国内外电磁环境在线监测的监测仪器、监测方法、研究现状进行了查询和收集，论证了变电站工频电磁环境在线监测技术规范制订的必要性，并根据前期相关课题的研究成果，确定了标准研究的技术路线，制定了详细的研究计划和实施步骤。

3.3 草案、开题报告及编制说明编写

2022 年 1 月，标准编制组根据调研和分析结果，编制了标准制定开题论证报告、规范草案及编制说明。

3.4 开题论证会议

2022 年 8 月，召开开题论证会议。专家组一致同意通过本标准的开题论证，认为开题报告编制依据较充分、技术路线可行，对下一步标准编制具有指导意义。

3.5 征求意见稿初稿与调研、座谈

在草案及调研的基础上，标准编制组对相关资料进行了深入分析研究，多次进行内部研讨，确定标准框架及主要内容。2022 年 8 月—9 月，根据开题论证会议的意见及对管理部门、群众、企业需求调研的结果，进一步修改和完善标准征求意见稿及编制说明。9 月初和 10 月中旬，两次召开座谈会，分别邀请 13 个设区市辐射安全监管人员、国家电网专职人员和行业专家代表对标准的内容和问题提出了进一步完善的意见。根据调研和座谈会的意见，完成了规范征求意见稿及编制说明。

3.6 征求意见稿技术审查会

2022 年 11 月，经江苏省生态环境厅法规科技处和核与辐射环境管理局同意，在南京组织召开了规范征求意见稿技术审查会。专家组听取了承担单位关于该标准文本及编制材料的汇报，经质询、讨论，认为编制单位提供资料齐全、内容完善，符合审查要求。

3.7 公开征求意见

2022 年 12 月，标准编制组根据征求意见稿审查会议的意见，进一步修改和完善规范征求意见稿及编制说明，并公开向社会征求意见。

3.8 送审稿初稿

2023 年 3 月初，标准编制组对照公开征求意见的结果，修改完成了《变电站工频电磁环境在线监测技术规范》（送审稿）及编制说明，并向江苏省生态环境厅和法规

科技处和核与辐射环境管理局汇报意见汇总处理情况，对修改采纳情况进行说明，根据专家和主管部门代表提出的意见进行补充完善，进一步形成送审稿并提请审议。

3.9 送审稿技术审查会

2023 年 3 月中旬，江苏省生态环境厅在南京组织召开了江苏省地方标准《变电站工频电磁环境在线监测技术规范（送审稿）》技术审查会，专家组听取了承担单位关于该标准文本及编制说明的汇报，经质询、讨论，认为标准适用范围明确，技术要求科学合理，可操作性强，规范了变电站工频电磁环境连续监测方法，可为生态环境管理部门变电站工频电磁环境在线监测管理提供技术支撑。

根据送审稿审查会专家意见，将标准名称修改为《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》，编制组对标准文本和编制说明进行修改完善，并报送江苏省生态环境厅。

（厅务会是否要写？）

4 技术规范编制的基本原则和技术路线

4.1 基本原则

4.1.1 科学性原则

本标准依据《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020），在总结现有文件资料及工频电磁环境连续监测的实际应用经验基础上，进一步从规范性、严谨性角度出发，考虑与已颁布的各有关标准、规范内容相适应，标准编写做到信息全面、迅速、准确，科学、及时、正确，方案齐全，相互独立。

4.1.2 系统性原则

对变电站工频电磁场环境连续监测系统的组成和功能做出明确界定。通过资料整合和统筹考虑，本标准能够给出科学的布点原则，监测数据能够真实地反映变电站工频电磁环境的实时数据，最大限度地保持监测数据与政策文件之间的有机联系，实现标准编制的指导价值。

4.1.3 实用性原则

标准编制过程中，注重解决实际问题，提高监测效率。本标准提出的监测方法方案详实、数据可靠，且具备可操作性和可重复性。此外，本标准还强化标准的运用转化，对降低环境影响、节约能源，提高经济效益、社会效益方面均具有积极作用。

4.2 技术路线

标准制定的技术路线见图 4.2-1。

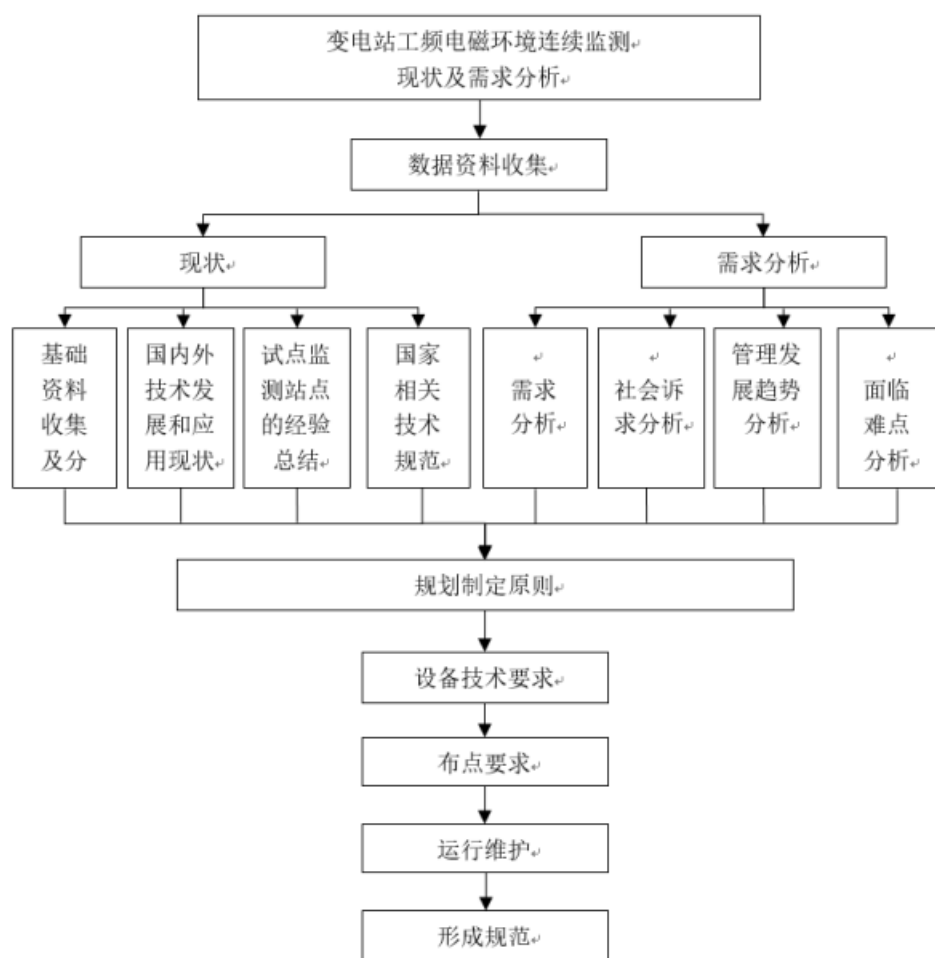


图 4.2-1 标准制定的技术路线

5 技术规范主要内容的制定依据

5.1 范围

本文件规定了变电站工频电场、工频磁场连续监测系统的布点原则、数据采集及传输、安装维护和质量控制的技术要求。

本文件适用于110kV及以上电压等级变电站或开关站、串补站等的工频电磁环境连续监测。其他电压等级变电站或开关站、串补站等的工频电磁环境连续监测可参照执行。

5.2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本标准。

GB 8702 电磁环境控制限值

GB 26860 电力安全工作规程发电厂和变电站电气部分

HJ/T 10.2 辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法

HJ 212 污染源在线监控（监测）系统数据传输标准

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

5.3 术语和定义

（1）变电站 **substation**

电力系统中联系发电厂和用户，具有汇集和分配电能、变换电压和交换功率等功能的装有多种电气设备的场所。

（2）工频电磁环境连续监测 **power frequency electromagnetic environment continuous monitoring**

采用连续自动监测设备对相关设施产生的工频电磁环境进行连续监测，并实时处理、分析和传输数据的过程。

（3）工频电场 **power frequency electric field**

电量随时间作50Hz周期变化的电流产生的电场。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）。

[来源：HJ 681-2013，3.2]

（4）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可以用磁感应强度或磁场强度，其单位分别为特斯拉（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 ）。

[来源：HJ 681-2013，3.3]

（5）电磁环境敏感目标 **electromagnetic environment-sensitive target**

电磁环境影响评价与监测重点关注的对象。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。

[来源：HJ 24-2020，3.8]

（6）工频电场和工频磁场连续监测单元 **power frequency electric field and power frequency magnetic field continuous monitoring unit**

可实现工频电场、工频磁场自动连续监测并实时传输数据的设备组合。

5.4 监测系统

系统一般由工频电场、工频磁场自动连续监测仪器、气象自动监测仪器、数据采集设备、数据传输设备、数据存储设备、电源系统和系统控制软件组成，可实现变电站工频电磁环境连续监测。通过自动连续采集监测数据，具备工频电场、工频磁场自动监测、数据传输、数据处理、数据统计、远程操作功能，可根据需要配套安装温度和湿度自动监测设备、监控视频探头、现场显示终端等。设备要求选取依据如表 5-1：

5-1 设备要求选取依据

序号	参数	要求	依据
1	频带宽度	10Hz~1000Hz	根据 IEC 61786-2: 2014《关于人类接触的 1Hz 至 100kHz 的直流磁场,交流磁场以及交流电领域的测量 基本测量标准》，工频电磁场测量时应考虑工频 50Hz 及其谐波，其谐波可至 800Hz。结合目前市场主要监测设备性能，定为 10Hz~1000Hz。
2	探测灵敏度	电场强度 0.1V/m,磁感应强度 0.01 μ T	GB8702-2014《电磁环境控制限值》对工频电场和工频磁感应强度的公众暴露控制限值分别是 4000V/m 和 100 μ T,根据实际监测需要,确定电场强度灵敏度为 0.1V/m 和磁感应强度灵敏度为 0.01 μ T。
3	量程	电场强度（不小于） 0.1V/m~15000V/m; 磁感应强度（不小于） 0.01 μ T~200 μ T	GB8702-2014《电磁环境控制限值》规定：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，其频率 50Hz 的电场强度控制限值为 10kV/m，考虑留有余量，因此将量程上限定为不小于 15kV/m；GB8702-2014《电磁环境控制限值》工频磁感应强度的公众暴露控制限值，100 μ T，考虑留有余量，因此将量程上限定为不小于 200 μ T；为与探测灵敏度保持一致，将探测下限定为不小于 0.1V/m 和 0.01 μ T。
4	工作环境温度	-20℃~+60℃	根据我省气温和室外工作温度考虑确定。
5	相对湿度	0~95%	根据我省湿度范围，并参考文献《实验室中环境湿度对工频电场测量设备准确度的影响及改进措施研究》，要求相对湿度范围是 0~95%，且工频电场、工频磁场探头应满足支撑物不会因湿度变化而对监测结果产生影

			响。
6	温度漂移	<5%(-20°C~+60°C)	参考 DL/T 988-2005《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》对工频电场、工频磁场偏差要求。
7	各向同性	轴向偏差≤3%	根据 IEC 61786-1-2013《关于人体暴露于 1 Hz 至 100 kHz 直流电磁场、交流电磁场及交流电场的测量.第 1 部分：测量仪器的要求》轴向偏差不超过 3%。
8	抗雷击浪涌等级	监测单元浪涌试验等级 3，电压 2kV	GB/T 17626.5《电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验》。
9	抗扰度	工频磁场抗扰度达到 30A/m； 脉冲磁场抗扰度达到 100A/m	GB/T 17626.8《电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验》； GB/T 17626.9《电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验》。
10	数据传输	支持有线、无线传输通讯 且具有远程查看和控制 功能、存储功能	/
11	供电方式	采用直流供电、激光供电、 电池供电或其他不会引起其他感应误差的供电方式	/
12	故障自检	具备系统运行状态故障自检功能，当监控到系统中断时，可使系统自动重启、恢复运行并报警	/
13	外壳防护等级	IP65	GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

5.5 布点原则

根据《交流输变电工程电磁环境测量方法》（HJ 681）要求，应避开进出线导线 20m、在距离变电站四周围墙外 5m 处布点进行测量。从监测数据的代表性和连续监测系统的建设成本考虑，本标准要求选择在距离变电站四周围墙外 5m 处（避开进出线导线 20m）工频电场、工频磁场数值最大的位置布点。

对于变电站围墙外不具备架设条件情况，采取理论分析和实际监测对比的方式，提供一个在变电站内布点的原则。通过调研国内外环境连续监测布点现状，结合电气、环保、统计等专业知识，确定了影响布点的三个因素：变电站类型、进出线类型、电气类型。根据上述影响因素，将变电站划分为 9 种不同类型，依据变电站的总平面布

置图、立面图等设计图纸，利用 EFC400 LF 软件对变电站厂界内区域及边界外侧进行建模及仿真变电站工频电场、工频磁感应强度分布，并得到电场强度等值线图、磁感应强度等值线图。结合气象因素、背景环境、人为干扰等多方面影响因素进行综合分析，通过现场测试验证建模仿真结果的相关性，进一步找出站内电磁环境水平与变电站围墙外 5m 处（避开进出线导线 20m）工频电场、工频磁场最高水平相一致的区域，使得该监测点位的数据与变电站围墙外 5m 处工频电场、工频磁场数值最大的监测数据具有可替代性。

5.5.1 仿真计算与现场监测对比分析

按照《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）要求进行人工监测找出变电站厂界外高压侧工频电场强度和工频磁感应强度最大值区域。采用 EFC400-LF 软件对变电站进行仿真计算生成变电站厂界内外工频电场强度和工频磁感应强度等值线图，对比分析现场监测最大值区域和仿真等值线图的相符性。最后，根据变电站内等值曲线图，找出与变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度最大值区域的相对应区域来确定电磁环境连续监测装置点位。

选取江苏电网在运的 500kV、220kV 及 110kV 三种电压等级共 9 座具典型代表性的变电站，进行现场监测和建模仿真，所选类型涵盖了主变户内/户外布置方式；电气设备采用 AIS 或 GIS 布置；进出线类型采用架空或电缆等。

5.5.1.1 现场监测

变电站周围工频电场和工频磁感应强度监测按照《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）中变电站监测布点要求（监测仪器探头架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处，监测点应选择在无进出线或远离进出线（距离边导线地面投影不少于 20m）的围墙外且距离围墙 5m 处布置），按照《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）中布点方法并选出最大值位置。输变电工程产生的工频电场强度与电压有关，工频磁感应强度与电流有关，本编制说明选择了 2 个典型工况，不同工况只有电流发生变化，电压基本保持不变，因此工频电场强度只测试一次，工频磁感应强度测试两次。

5.5.1.2 建模仿真

以变电站地平面为基础，选取地面上某一点为坐标原点，划定 X 方向与 Y 方向，垂直于地面向上为 Z 方向，建立三维空间模型。模型中绘制主变压器、500kV、220kV

和 110kV 设备区。变电站电场场强会受到导电物体的影响，所以在绘制模型时需要将所有仿真考虑范围内的房屋、围墙等物体一并绘制到模型中以保障仿真数据的准确性。同时为保障 500kV、220kV 和 110kV 设备区进、出线位置的仿真数据的准确，需绘制 500kV、220kV 和 110kV 设备区进、出线模型到变电站外离变电站最近的一个铁塔处。在建模过程中，对变电站进行了如下简化处理：模型中将母线、进出线、隔离开关及断路器等看成直线型导线，母线上的电位等于导线对地电压，忽略绝缘子瓷套、钢筋混凝土支柱等一些绝缘介质对电场分布的影响。为了提高效率，不对避雷器、电压互感器和电流互感器等复杂设备建模分析。

模型创建完成后，对各线路和设备进行参数设置，按变电站实际情况设置完参数后，使用 EFC400-LF 软件进行仿真计算，得到设置范围内的变电站的低频电磁场数据，同时生成电场强度等值线图、磁感应强度等值线图。

5.5.1.3 现场监测及仿真相关参数

9 座变电站仿真与监测的 2 组工况表见表 5.5.1.1-1 至表 5.5.1.1-2，相关参数及平面布置图如图 5.5.1.1-1~图 5.5.1.1-9 所示。由于工频电场由电压决定、工频磁感应强度由电流决定，而工况一和工况二的主要区别是电流变化，因此仿真只预测工况一对应的工频电场，工频磁感应强度则分别预测工况一和工况二对应的情况。

表 5.5.1.1-1 变电站运行工况况表（工况一）

序号	变电站名称	主变	电压（kV）	电流（A）	有功（MW）
1	三官殿 500kV 变电站	#1	509.3	699.9	613.4
		#2	513.3	718.6	618.9
2	青洋 500kV 变电站	#1	515.5	820.3	743.5
		#2	514.6	590.5	535.7
3	射阳 500kV 变电站	#2	513.8	710.1	362.9
4	高桥 220kV 变电站	#1	227.8	154.7	61.1
		#2	227.5	188.4	74.3
5	东大 220kV 变电站	#1	227.4	138.4	62.3
		#2	227.1	147.2	57.9
6	淳西 220kV 变电站	#1	232.4	167.9	67.6
7	高桥 110kV 变电站	#1	114.1	83.5	16.6
		#2	114.3	57.1	11.2
8	龙池 110kV 变电站	#1	112.2	61.3	11.9
		#2	112.2	85.9	16.3
9	仓储 110kV 变电站	#1	110.6	121.1	23.2

表 5.5.1.3-2 变电站运行工况况表（工况二）

序号	变电站名称	主变	电压（kV）	电流（A）	有功（MW）
1	三官殿 500kV 变电站	#1	509.1	559.9	496.8
		#2	513.2	574.8	501.3

2	青洋 500kV 变电站	#1	515.1	656.2	602.2
		#2	514.3	472.4	433.9
3	射阳 500kV 变电站	#2	513.2	568.1	293.9
4	高桥 220kV 变电站	#1	227.1	123.7	49.4
		#2	227.3	150.7	60.1
5	东大 220kV 变电站	#1	227.4	110.7	50.4
		#2	227.2	117.7	46.9
6	淳西 220kV 变电站	#1	232.3	134.3	54.6
7	高桥 110kV 变电站	#1	114.2	66.8	13.4
		#2	114.4	45.8	9.2
8	龙池 110kV 变电站	#1	112.3	49.4	9.6
		#2	112.1	68.7	13.2
9	仓储 110kV 变电站	#1	110.7	96.8	18.8

9 座典型变电站电气平面布置图：

①三官殿 500kV 变电站

三官殿 500kV 变电站位于江苏省南通市，主变户外布置，500kV 和 220kV 配电装置采用全户外 AIS 布置，进出线采用架空方式。500kV 场区进出线导线类型为 $4 \times \text{LJG-630/45}$ ，500kV 进出线高度为 26m；220kV 场区进出线导线类型为 $2 \times \text{LJG-400/35}$ ，220kV 进出线高度为 14m。现场布置图如图 5.5.1.1-1；

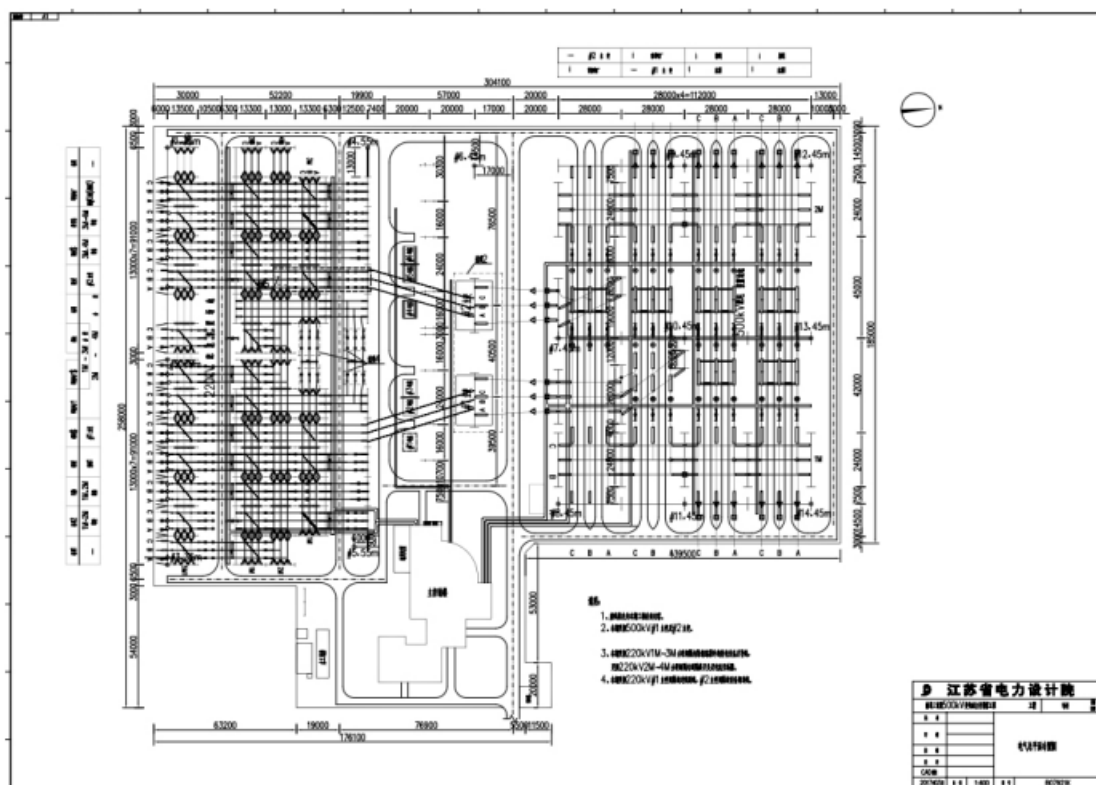


图 5.5.1.1-1 三官殿 500kV 变电站电气平面布置图

②青洋 500kV 变电站

青洋 500kV 变电站位于江苏省常州市，主变户外布置，500kV 和 220kV 配电装置采用全户外 GIS 布置，进出线采用架空方式。500kV 场区进出线导线类型为 $4 \times \text{LJG-630/45}$ ，500kV 进出线高度为 26m；220kV 场区进出线导线类型为 $2 \times \text{LJG-400/35}$ ，220kV 进出线高度为 14m。现场布置图如图 5.5.1.1-2：

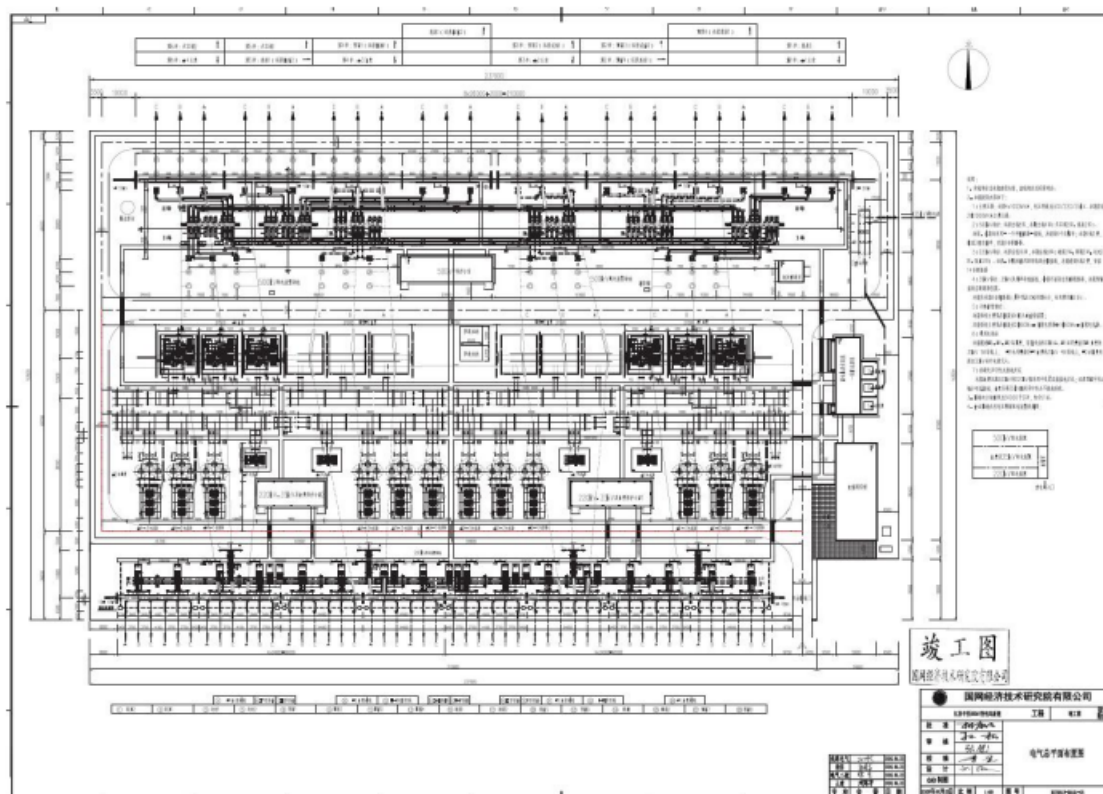


图 5.5.1.1-2 青洋 500kV 变电站电气平面布置图

③射阳 500kV 变电站

射阳 500kV 变电站位于江苏省盐城市，主变户外布置，500kV 和 220kV 配电装置采用全户内 GIS 布置，进出线采用架空方式。500kV 场区进出线导线类型为 $4 \times \text{LJG-630/45}$ ，500kV 进出线高度为 26m；220kV 场区进出线导线类型为 $2 \times \text{LJG-400/35}$ ，220kV 进出线高度为 14m。现场布置图如图 5.5.1.1-3：

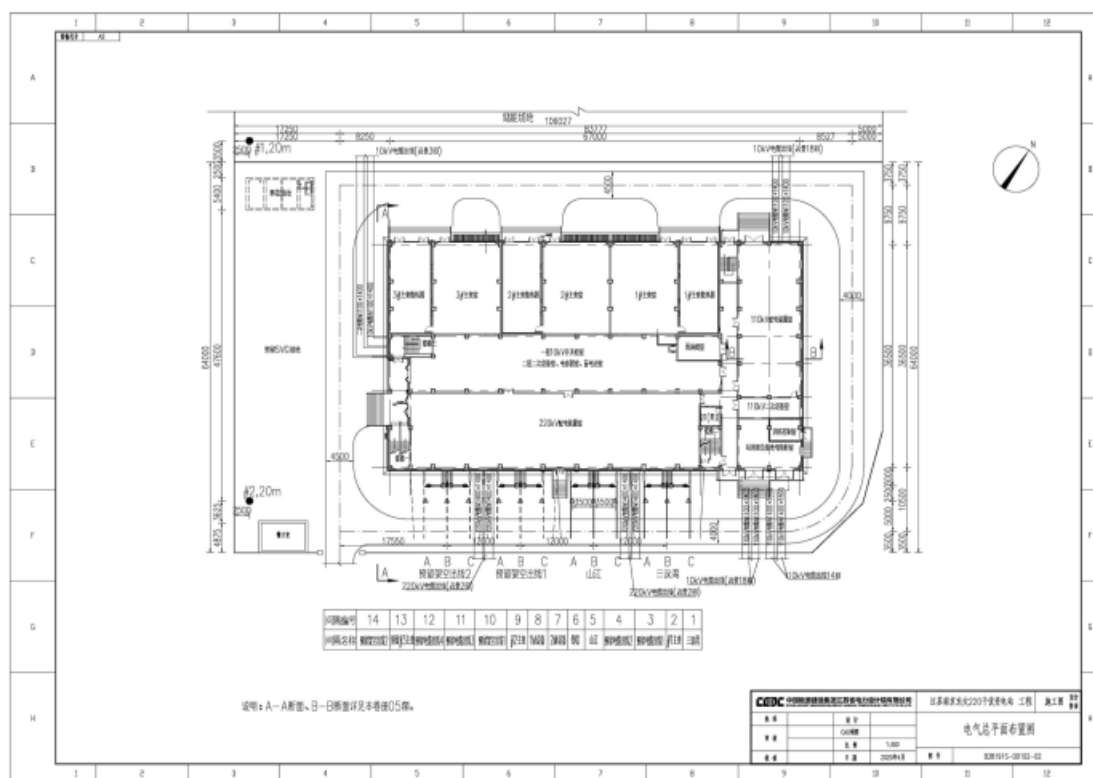


图 5.5.1.1-5 东大 220kV 变电站电气平面布置图

⑥淳西 220kV 变电站

淳西 220kV 变电站位于江苏省南京市，主变户外布置，220kV 和 110kV 配电装置采用户内 GIS 布置，220kV 进出线采用架空和地下电缆 2 种方式，110kV 进出线采用地下电缆，220kV 场区进出线导线类型为 $2 \times \text{LJG-400/35}$ ，220kV 进出线高度为 15m。现场布置图如图 5.5.1.1-6：

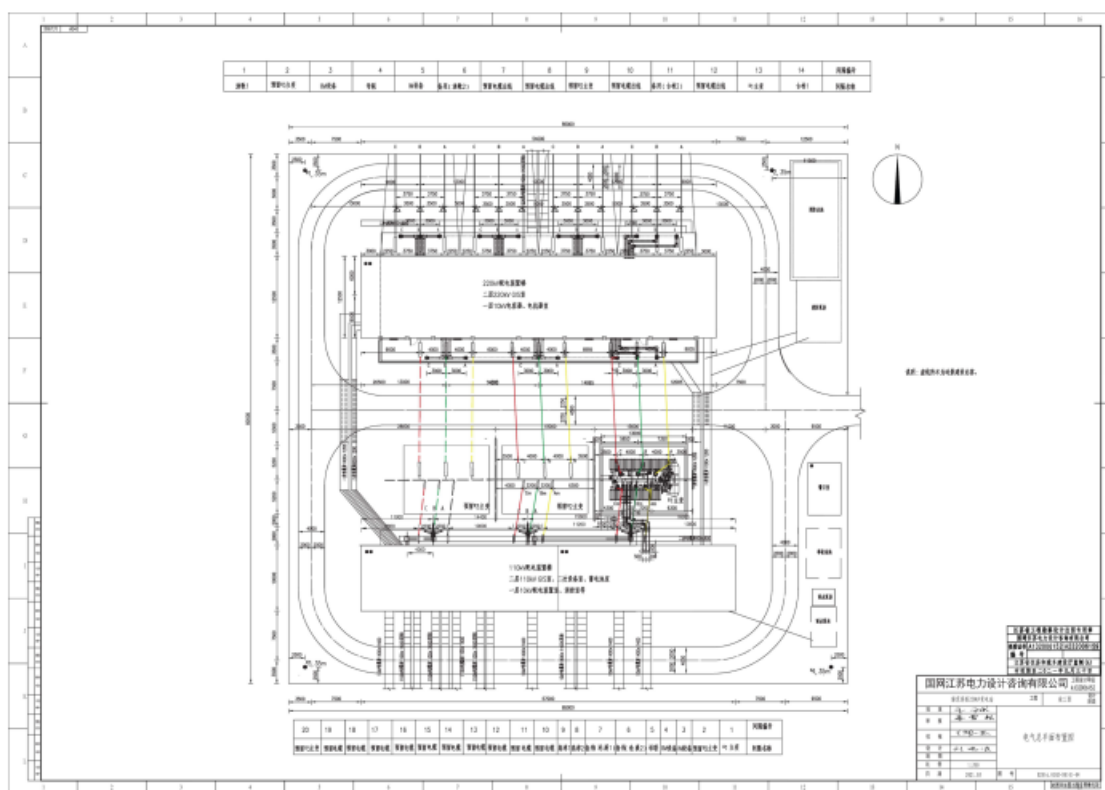


图 5.5.1.1-6 淳西 220kV 变电站电气平面布置图

⑦高桥 110kV 变电站

高桥 110kV 变电站位于江苏省镇江市，主变户外布置，110kV 配电装置采用户外 AIS 布置，110kV 进出线采用架空方式，110kV 场区进出线导线类型为 LJG-300/25，110kV 进出线高度为 11m。现场布置图如图 5.5.1.1-7：

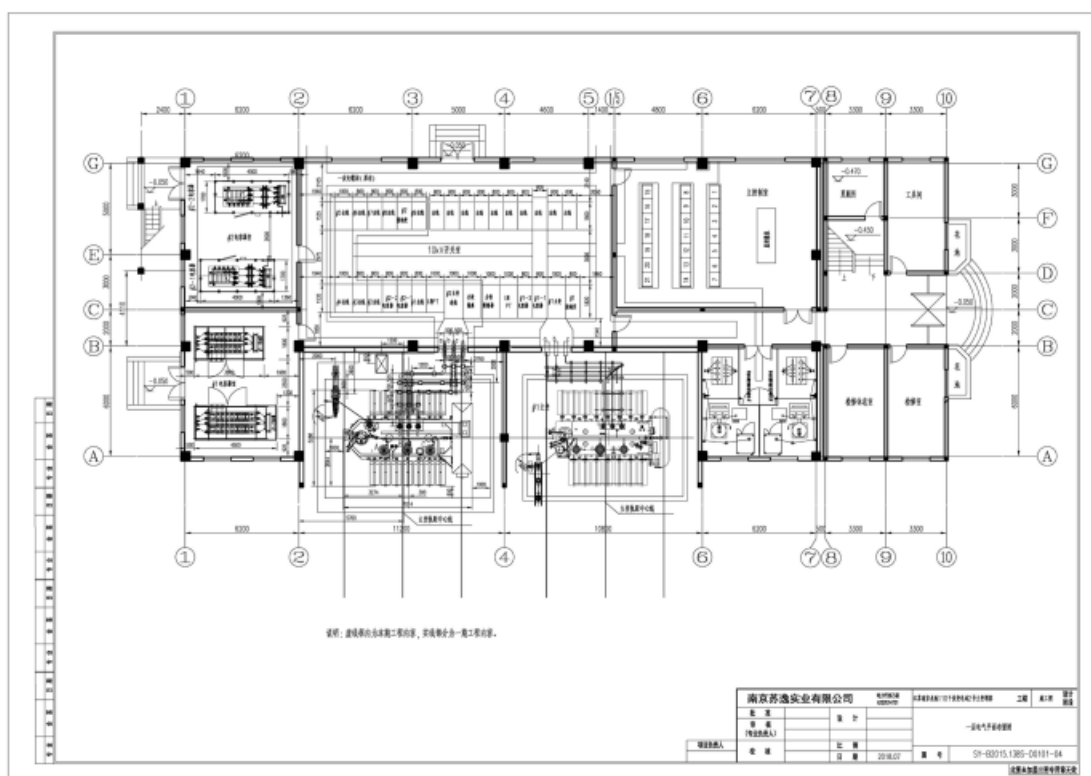


图 5.5.1.1-8 龙池 110kV 变电站电气平面布置图

⑨仓储 110kV 变电站

仓储 110kV 变电站位于江苏省镇江市，主变户内布置，110kV 配电装置采用户内 GIS 布置，110kV 进出线采用架空方式，110kV 场区进出线导线类型为 LJG-300/25，110kV 进出线高度为 12m。现场布置图如图 5.5.1.1-9；

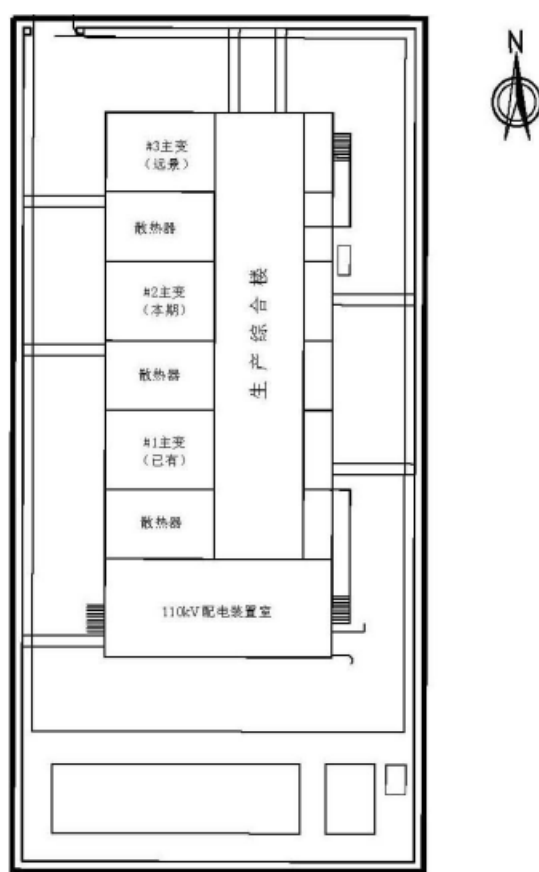


图 5.5.1.1-9 仓储 110kV 变电站电气平面布置图

5.5.1.4 对比分析

①三官殿 500kV 变电站

三官殿 500kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频磁感应强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.1~图 5.5.1.2.3，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

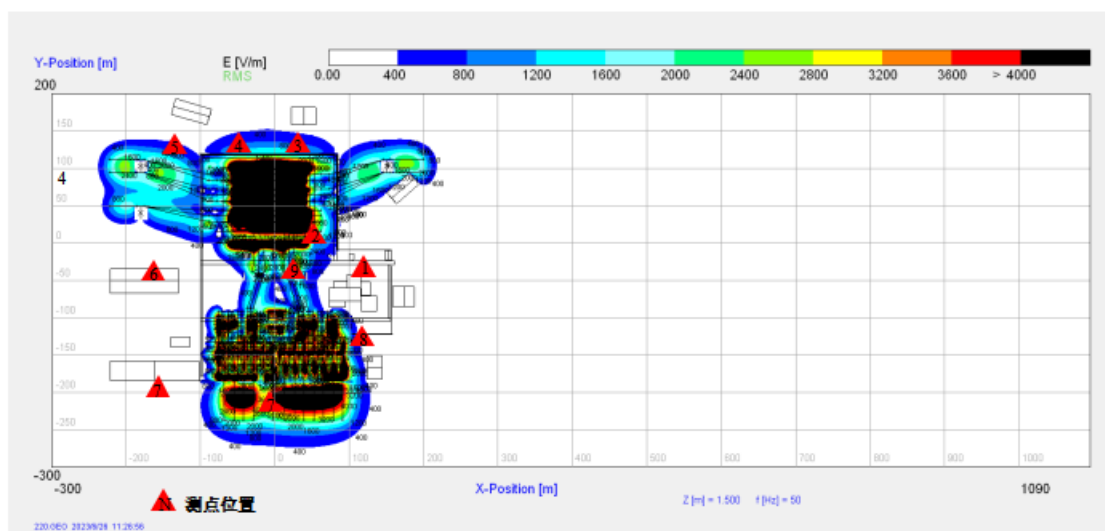


图 5.5.1.2-1 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

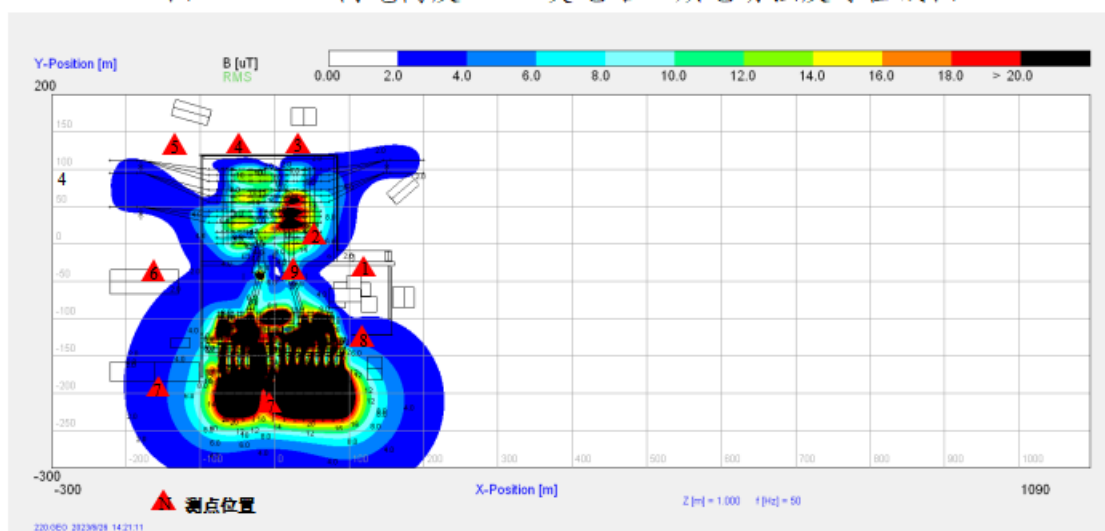


图 5.5.1.2-2 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

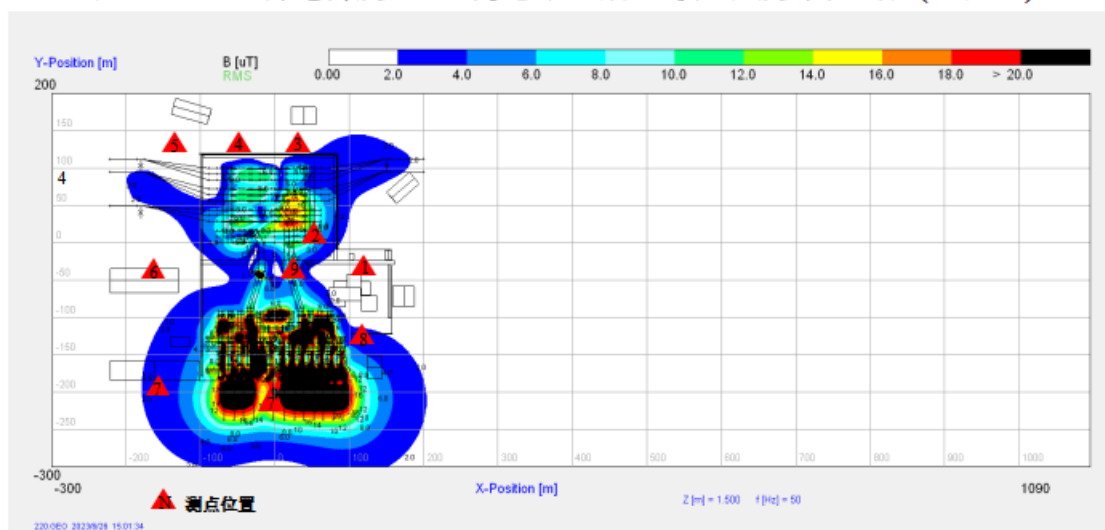


图 5.5.1.2-3 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

三官殿 500kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-1 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	20.39	0.052	0.048
2	28.84	2.155	2.069
3	687.1	1.992	1.767
4	735.5	2.031	1.838
5	689.5	1.989	1.761
6	36.47	2.395	1.453
7	449.3	4.013	3.918
8	64.95	2.396	1.684

注：7 号点位工频磁感应强度受到 220kV 侧出线线路影响。

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4 号测点）与仿真结果基本一致。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，9 号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与 4 号测点区域基本一致，因此对 9 号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-2。

表 5.5.1.2-2 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
9	703.9	2.083	1.847

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 2.1%至 4.9%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

②青洋 500kV 变电站

青洋 500kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.4~图 5.5.1.2.6，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

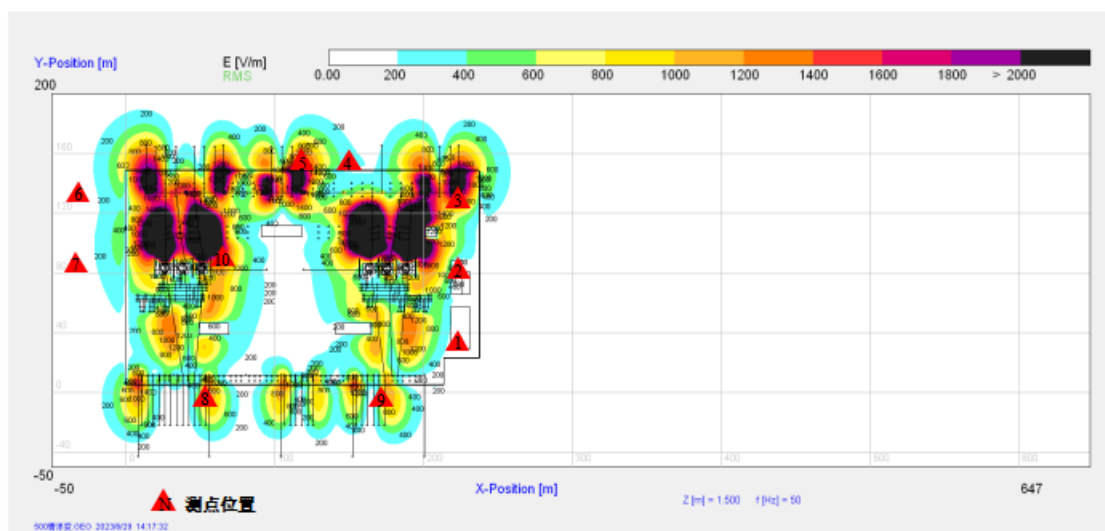


图 5.5.1.2-4 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

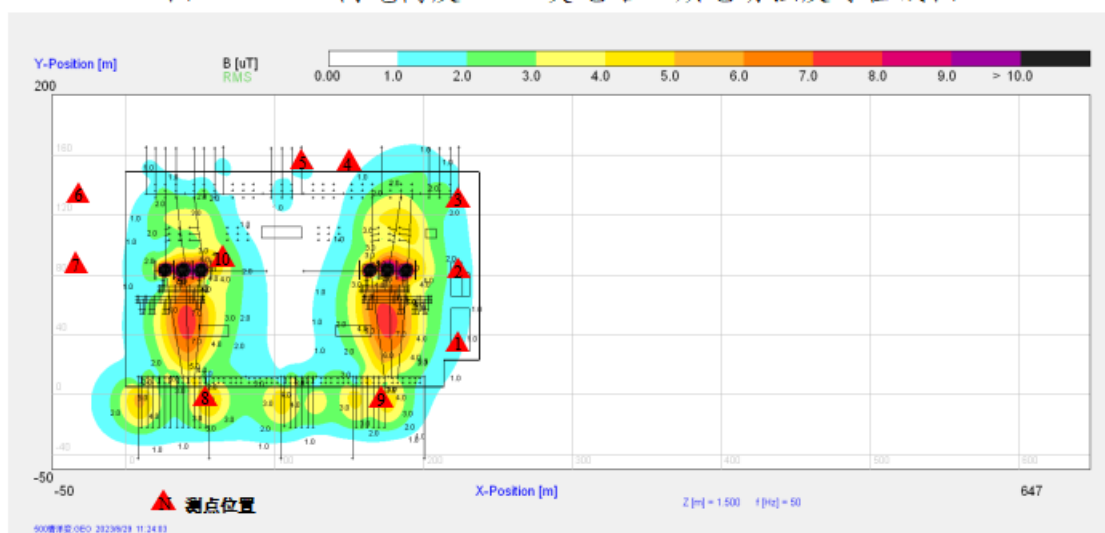


图 5.5.1.2-6 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

青洋 500kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-3 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	88.33	0.264	0.244
2	86.98	0.353	0.331
3	323.8	0.316	0.274
4	397.6	1.161	1.076
5	644.6	0.373	0.323
6	356.4	0.393	0.354
7	301.2	0.546	0.644
8	172.4	1.453	1.263
9	263.5	1.344	1.212

注：5 号点磁场小是因为临近线路处于热备用状态，8 和 9 号点磁场大是因为 220kV 侧线路多。

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4 号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，10 号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与 4 号测点区域基本一致，因此对 10 号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-4。

表 5.5.1.2-4 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
10	415.9	1.203	1.041

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 3.2%至 4.6%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

③射阳 500kV 变电站

射阳 500kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.7~图 5.5.1.2.9，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

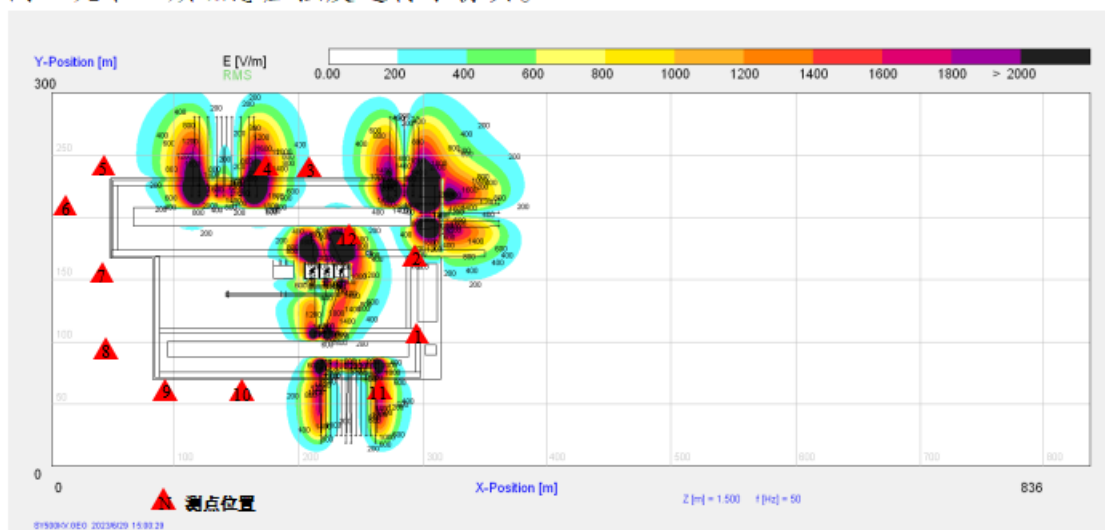


图 5.5.1.2-7 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

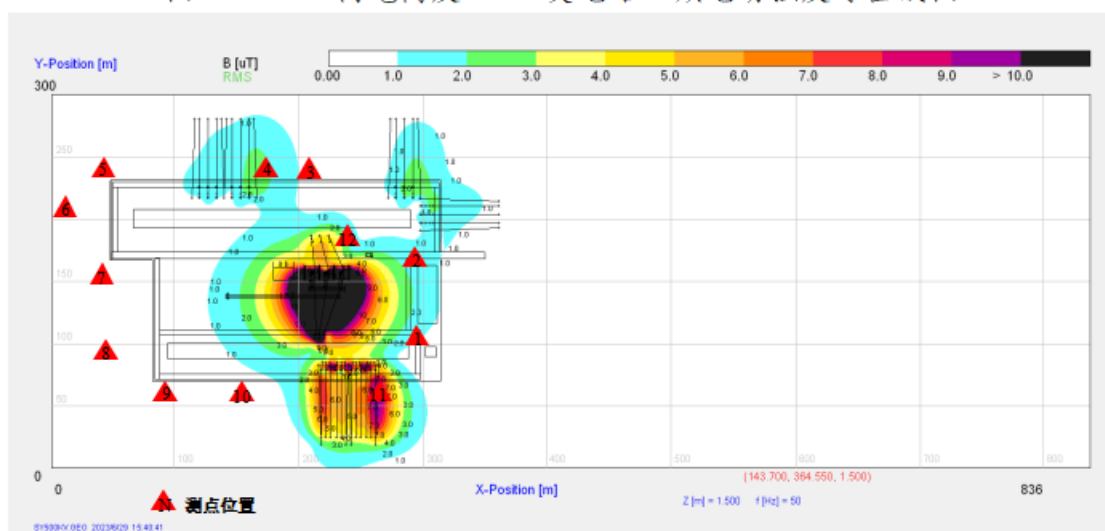


图 5.5.1.2-8 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

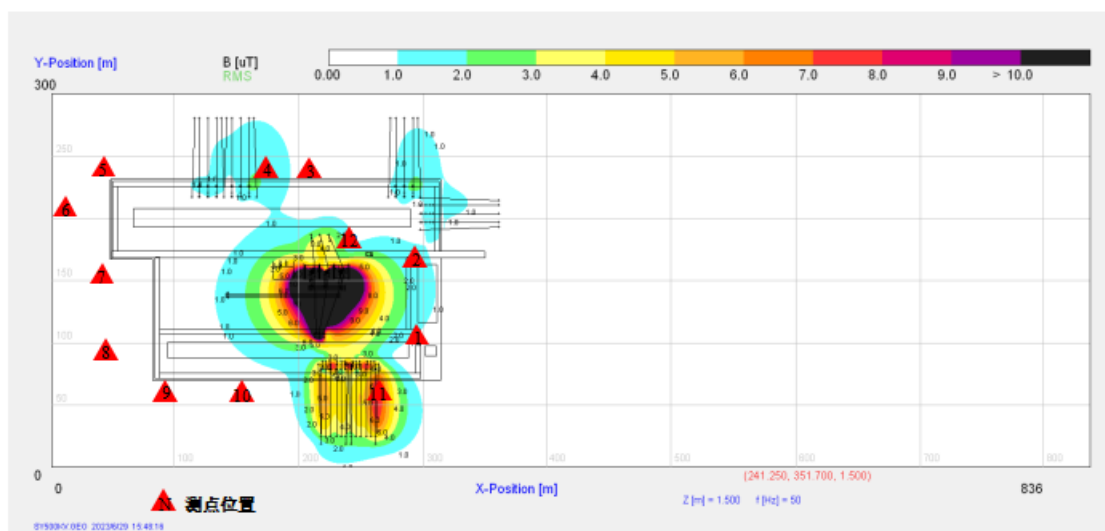


图 5.5.1.2-9 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

射阳 500kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-5 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	22.91	0.443	0.337
2	421.5	0.182	0.125
3	254.8	0.835	0.753
4	530.6	1.503	1.414
5	302.5	0.915	0.849
6	71.3	0.894	0.764
7	54.5	0.626	0.479
8	67.1	0.819	0.657
9	74.9	0.908	0.727
10	145.5	1.317	0.946
11	241.7	1.229	1.213

注：10 和 11 号点磁场受 220kV 侧出线影响。

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4 号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，12号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号测点区域基本一致，因此对12号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-6。

表 5.5.1.2-6 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
12	556.7	1.573	1.454

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 2.8%至 4.9%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

④高桥 220kV 变电站

高桥 220kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.10~图 5.5.1.2.12，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

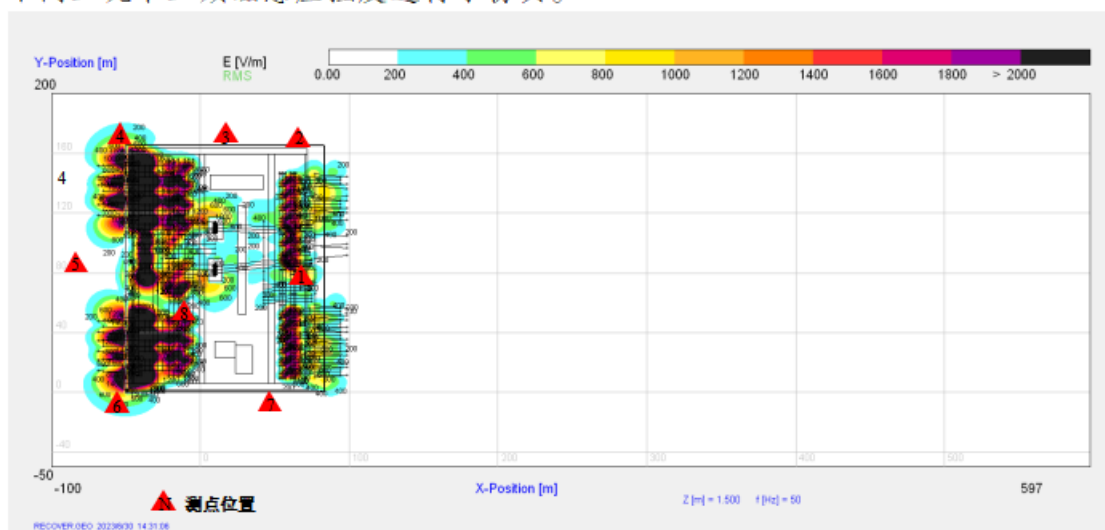


图 5.5.1.2-10 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

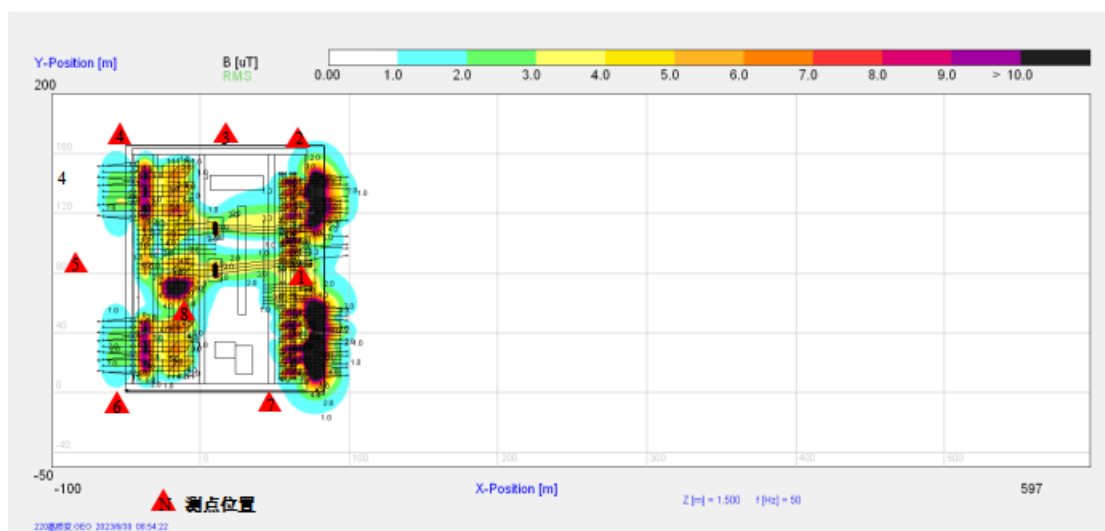


图 5.5.1.2-11 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

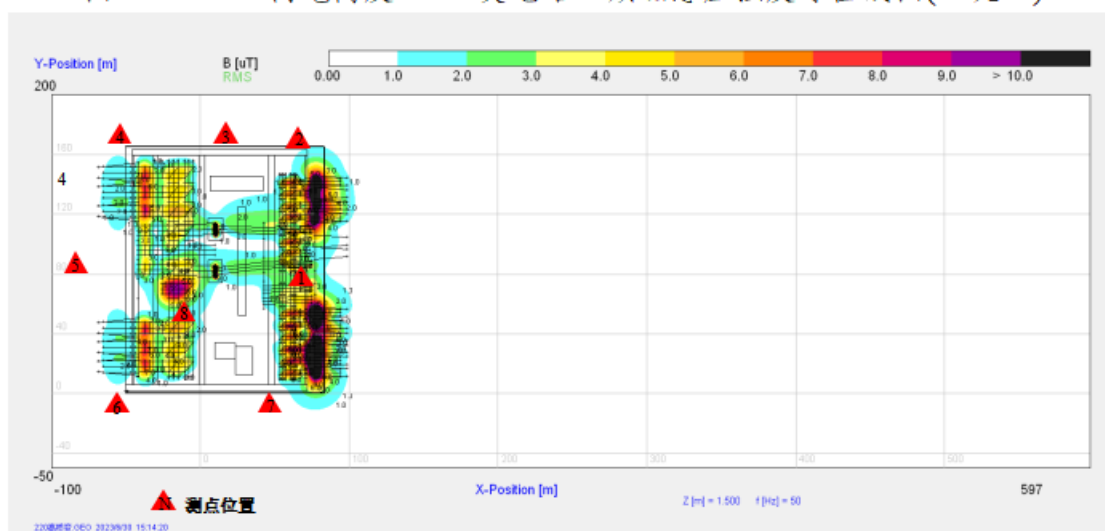


图 5.5.1.2-12 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

高桥 220kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-7 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	82.39	1.550	0.891
2	171.7	1.212	0.883
3	56.86	0.321	0.227
4	296.2	0.435	0.391
5	216.5	0.562	0.487
6	261.8	0.727	0.554
7	216.3	1.469	1.147

注：1、2 和 7 号点磁场受 110kV 侧出线影响。

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，8号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号测点区域基本一致，因此对8号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-8。

表 5.5.1.2-8 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
8	308.4	0.452	0.408

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 3.9%至 4.3%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

⑤东大 220kV 变电站

东大 220kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.13~图 5.5.1.2.15，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

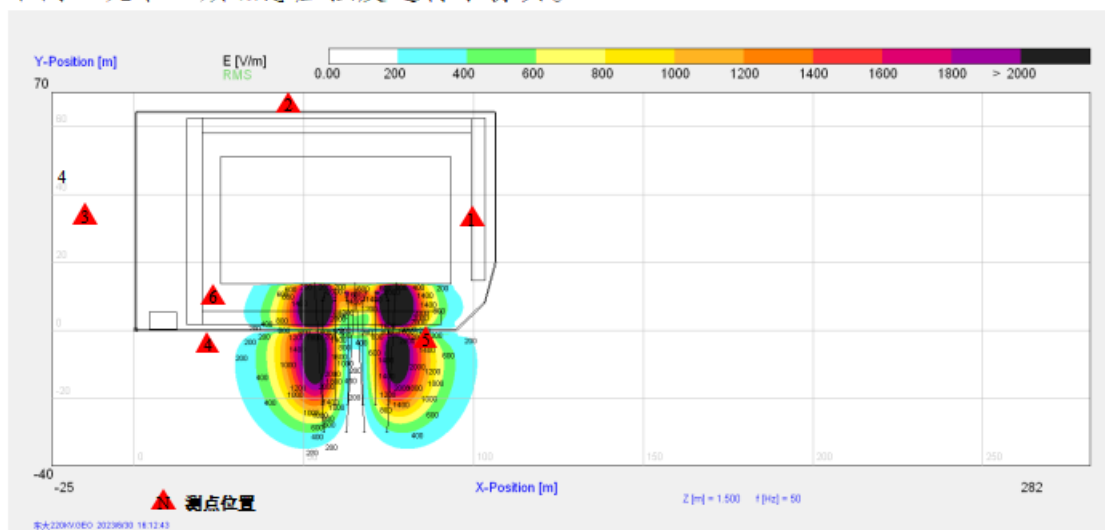


图 5.5.1.2-13 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

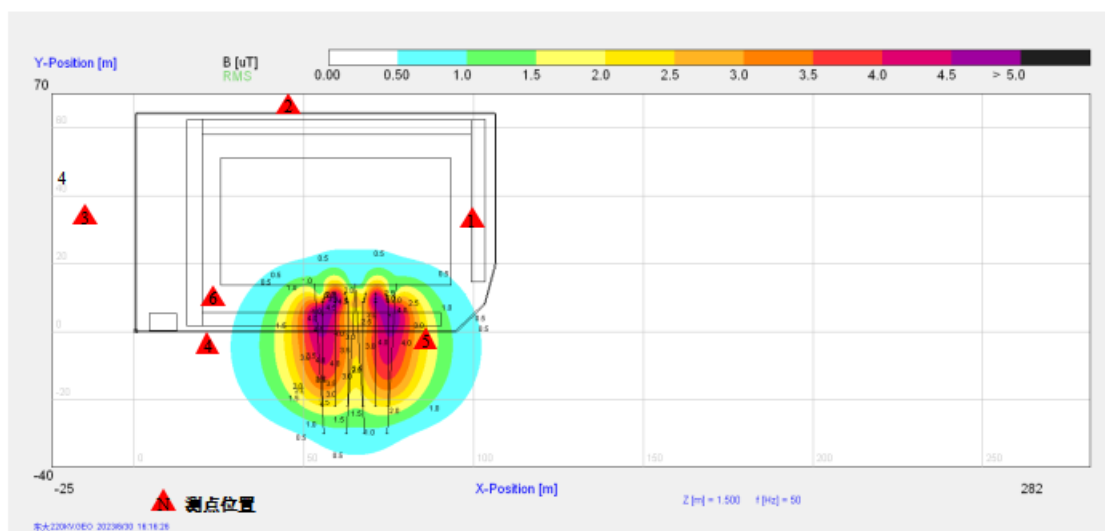


图 5.5.1.2-14 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

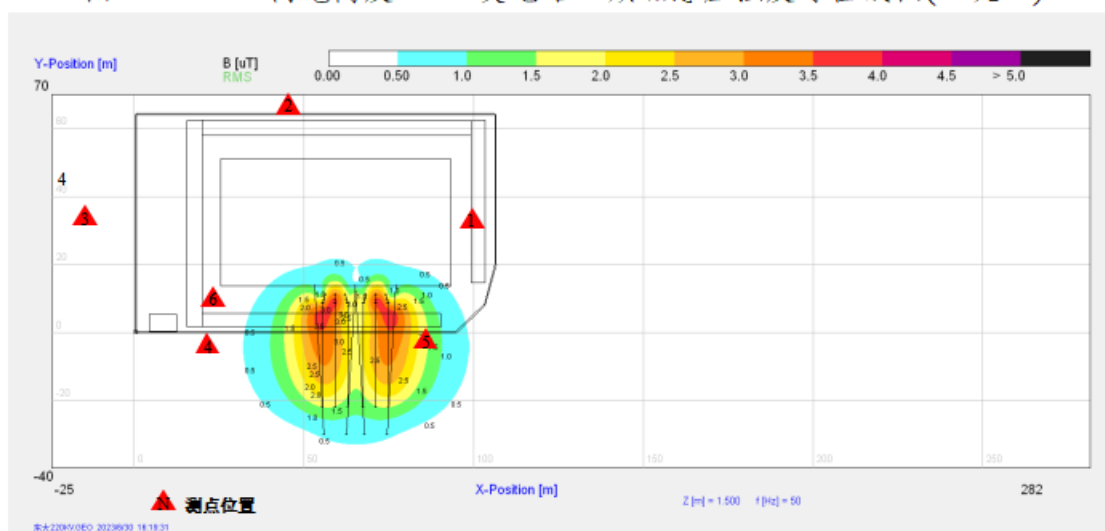


图 5.5.1.2-15 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

东大 220kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-9 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	32.47	0.174	0.142
2	23.65	0.169	0.137
3	36.39	0.183	0.152
4	306.1	0.873	0.719
5	314.3	0.887	0.727

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（5号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，6号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号测点区域基本一致，因此对6号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-10。

表 5.5.1.2-10 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

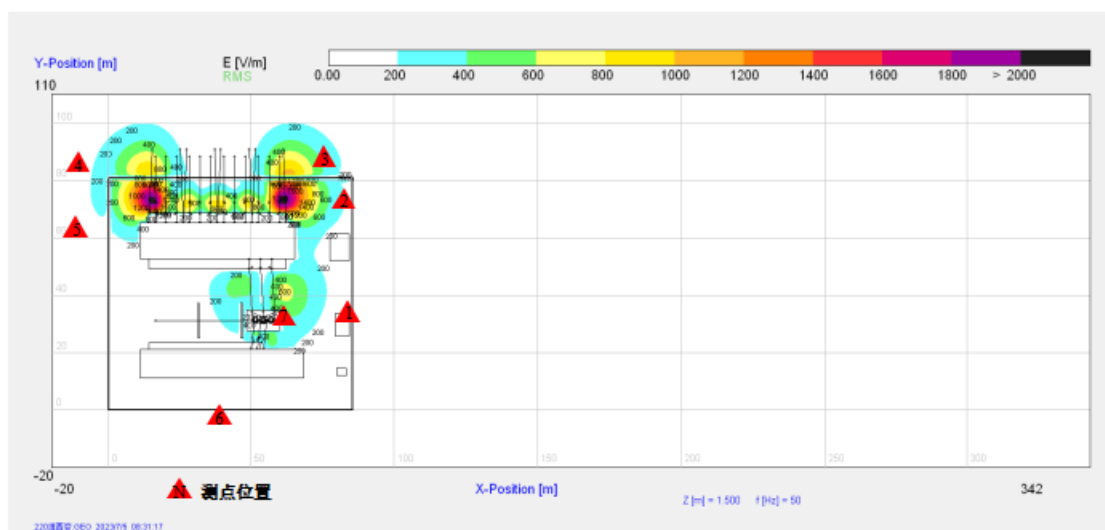
序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
6	321.1	0.913	0.754

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 2.2%至 4.9%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

⑥淳西 220kV 变电站

淳西 220kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.16~图 5.5.1.2.18，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。



图

5.5.1.2-16 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

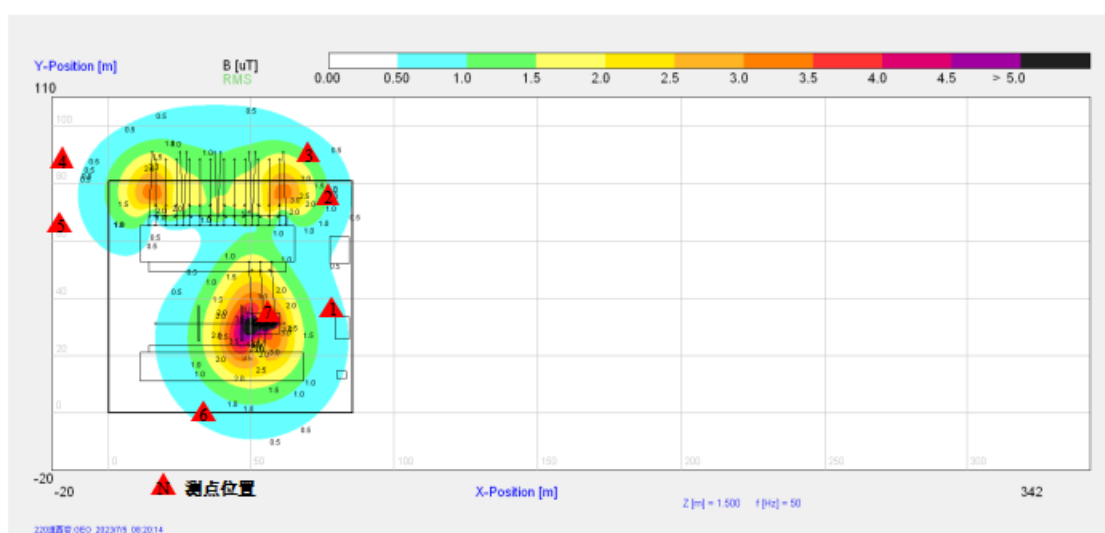


图 5.5.1.2-17 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

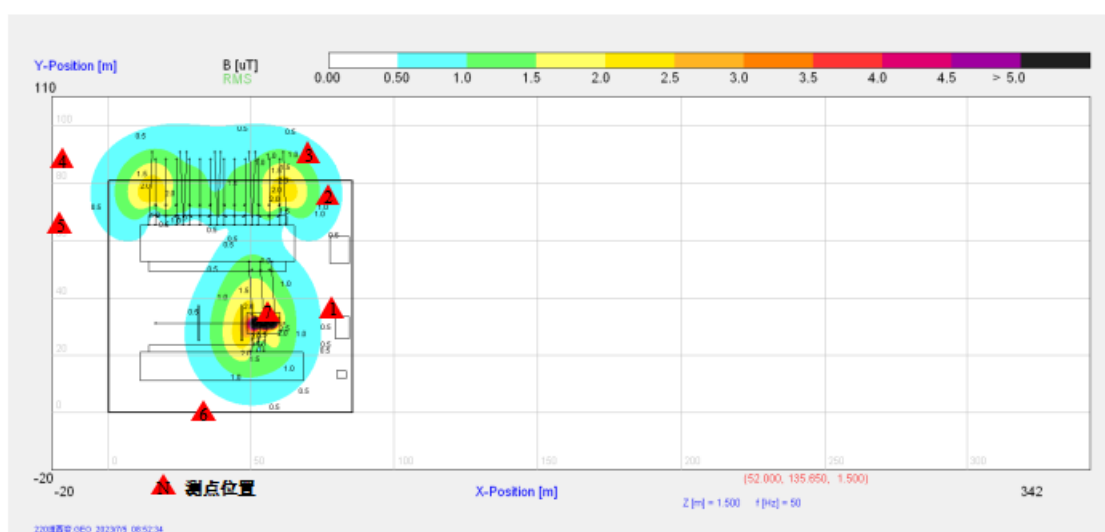


图 5.5.1.2-18 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

淳西 220kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-11 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	146.2	0.172	0.134
2	173.4	0.391	0.237
3	287.9	0.498	0.362
4	313.5	1.081	0.875
5	212.7	0.784	0.481
6	53.34	0.219	0.145

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，7号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号测点区域基本一致，因此对7号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-12。

表 5.5.1.2-12 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
7	328.4	1.126	0.912

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 4.2%至 4.8%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

⑦高桥 110kV 变电站

高桥 110kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.19~图 5.5.1.2.21，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

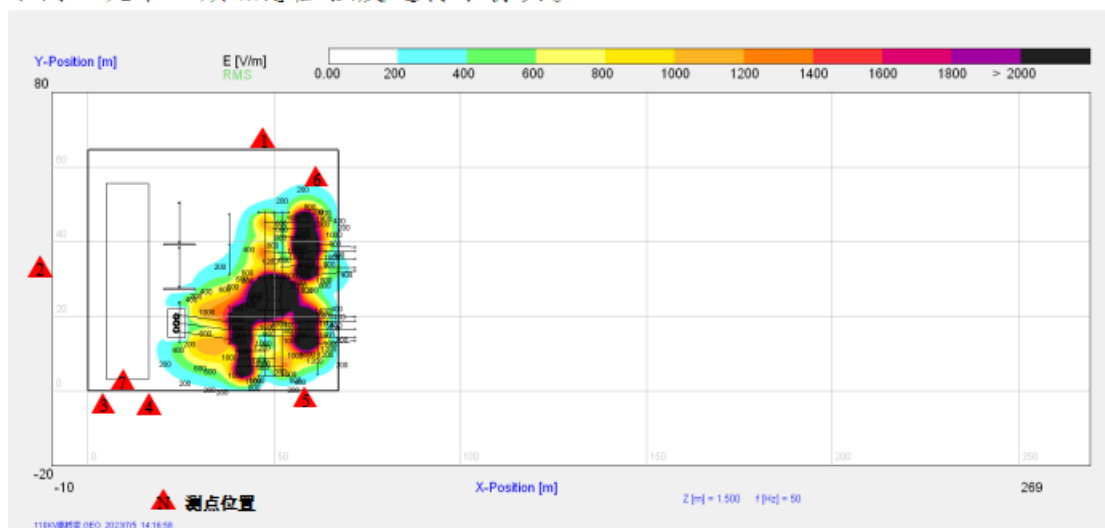


图 5.5.1.2-19 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

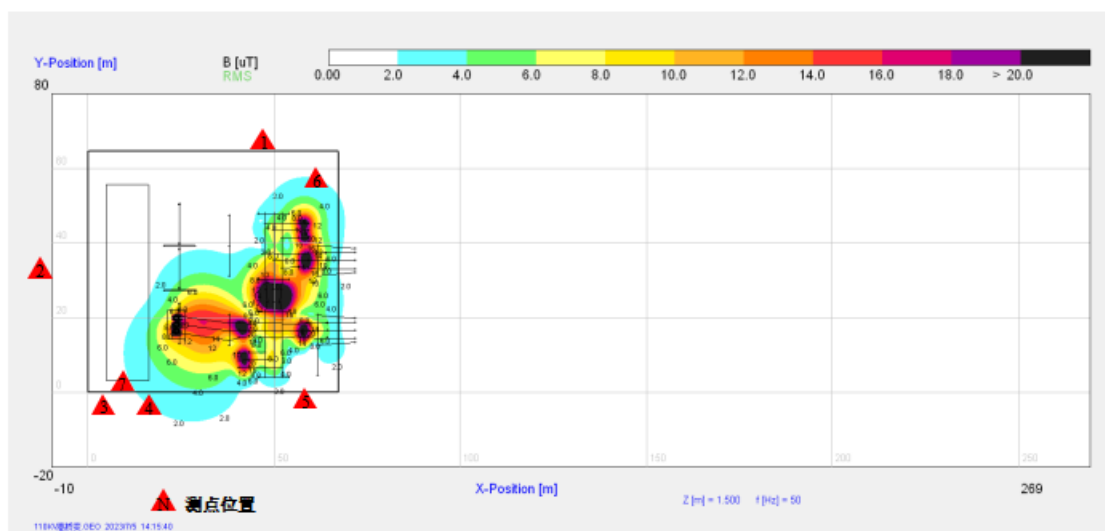


图 5.5.1.2-20 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

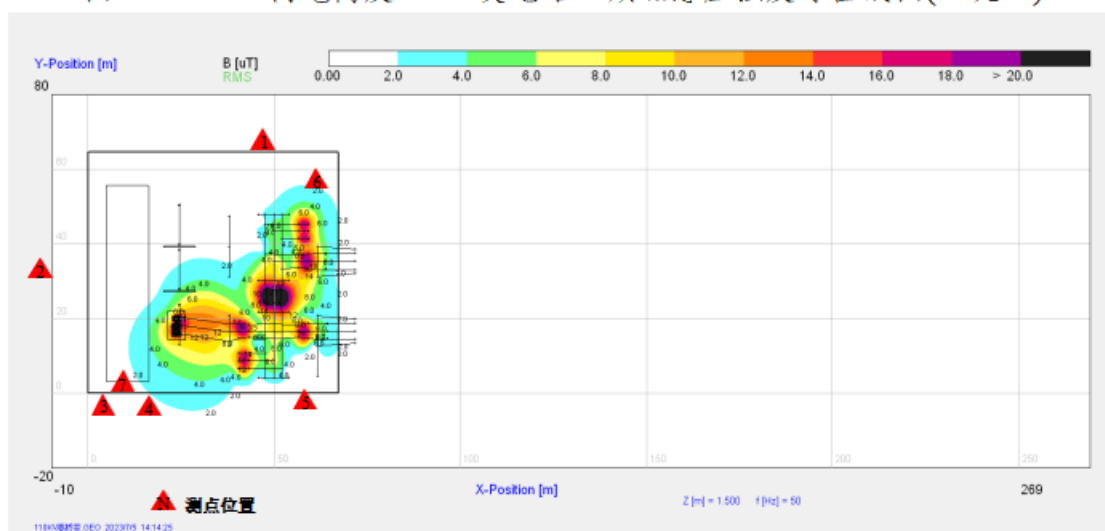


图 5.5.1.2-21 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

高桥 110kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-13 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	75.36	0.274	0.219
2	32.13	0.118	0.101
3	98.21	2.314	2.105
4	183.8	2.498	2.219
5	146.2	1.684	1.625
6	168.5	1.043	1.017

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，7号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号测点区域基本一致，因此对7号测点进行检测，检测结果如下表 5.5.1.2-14。

表 5.5.1.2-14 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
7	190.2	2.565	2.319

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在 2.7%至 4.5%之间，因此当变电站外无法无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

⑧龙池 110kV 变电站

龙池 110kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.22~图 5.5.1.2.24，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

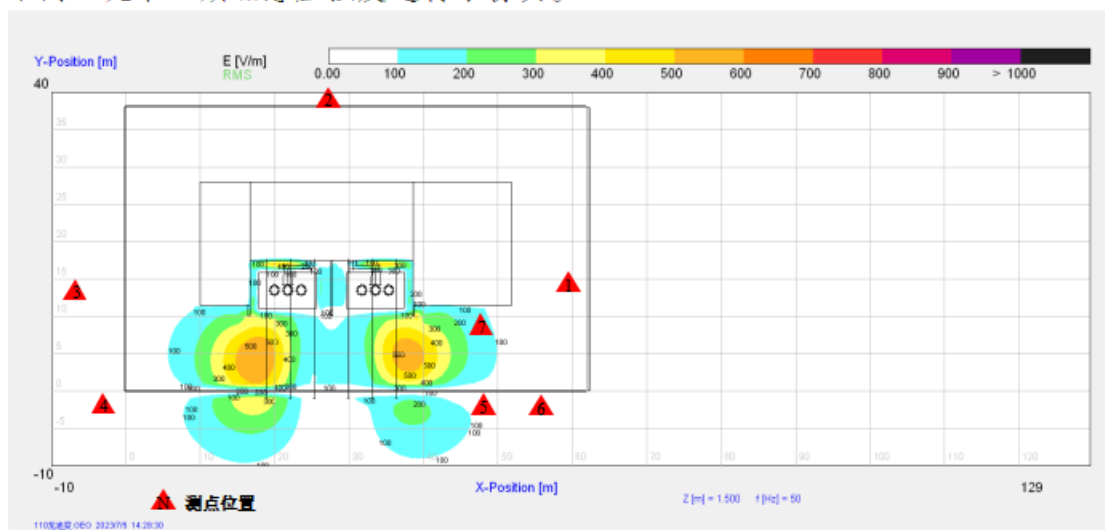


图 5.5.1.2-22 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

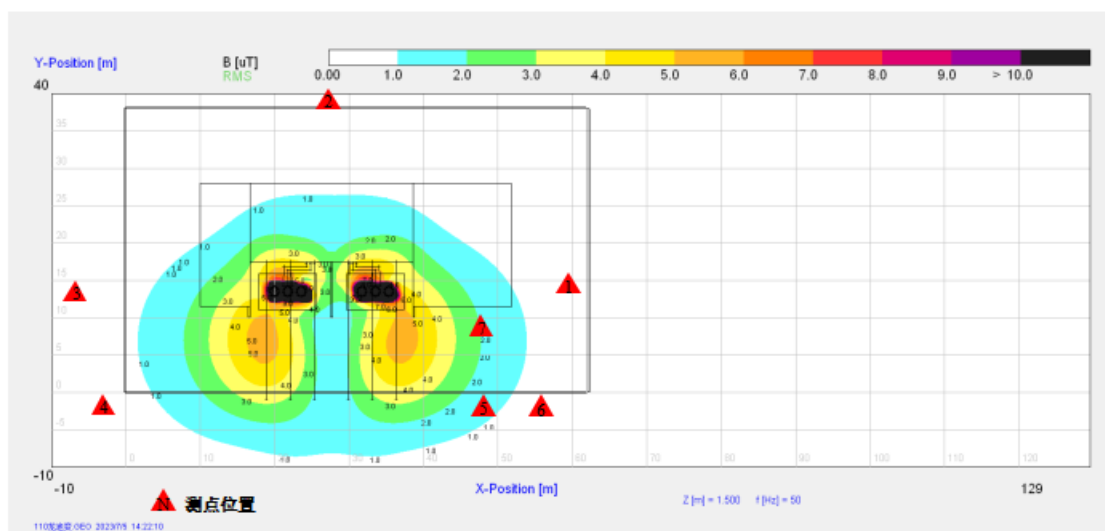


图 5.5.1.2-23 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

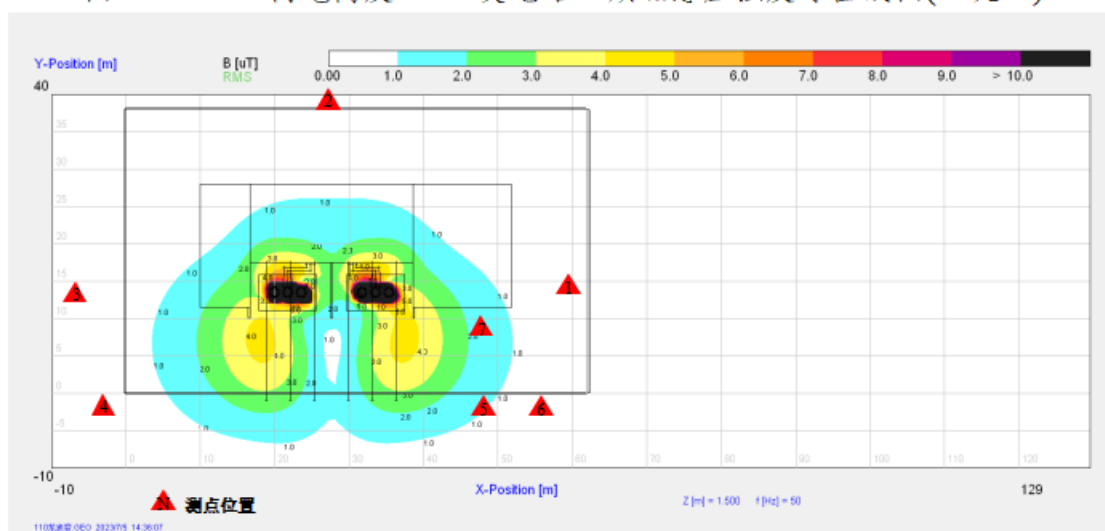


图 5.5.1.2-24 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

龙池 110kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-15 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	24.44	0.174	0.135
2	14.16	0.127	0.101
3	28.63	0.241	0.202
4	51.29	0.982	0.795
5	51.32	0.967	0.784
6	30.27	0.563	0.521

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4号或5号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，7号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号或5号测点区域基本一致，因此对7号测点进行检测，检测结果如下表5.5.1.2-16。

表 5.5.1.2-16 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
7	53.76	1.011	0.821

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在3.0%至4.8%之间，因此当变电站外无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

⑨仓储 110kV 变电站

仓储 110kV 变电站仿真得到的地面上方 1.5m 工频电场强度和工频电场强度（两个工况）分布图如图 5.5.1.2.25~图 5.5.1.2.27，各工况变化的主要是电流，因此增加了对不同工况下工频磁感应强度进行了仿真。

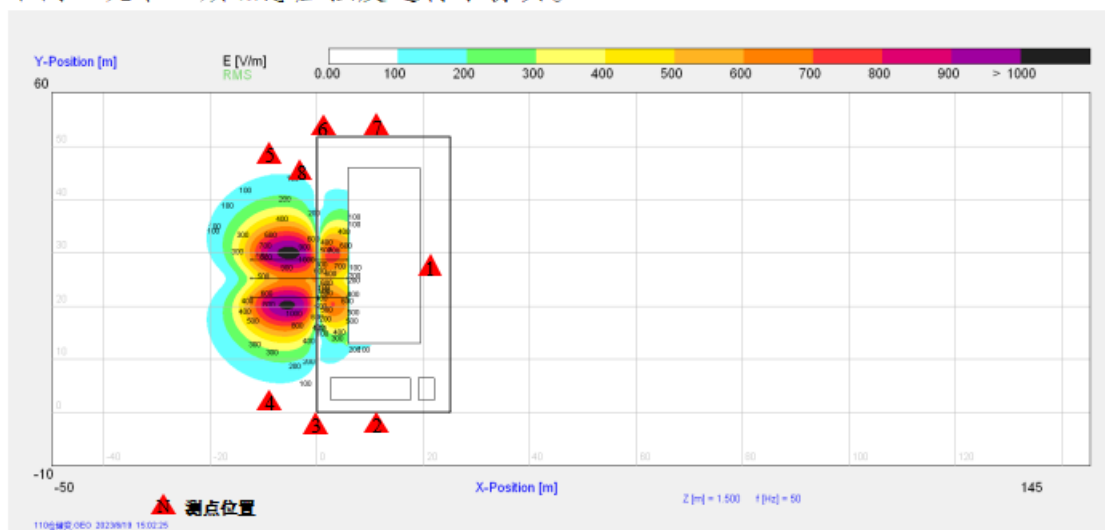


图 5.5.1.2-25 离地高度 1.5m 变电站工频电场强度等值线图

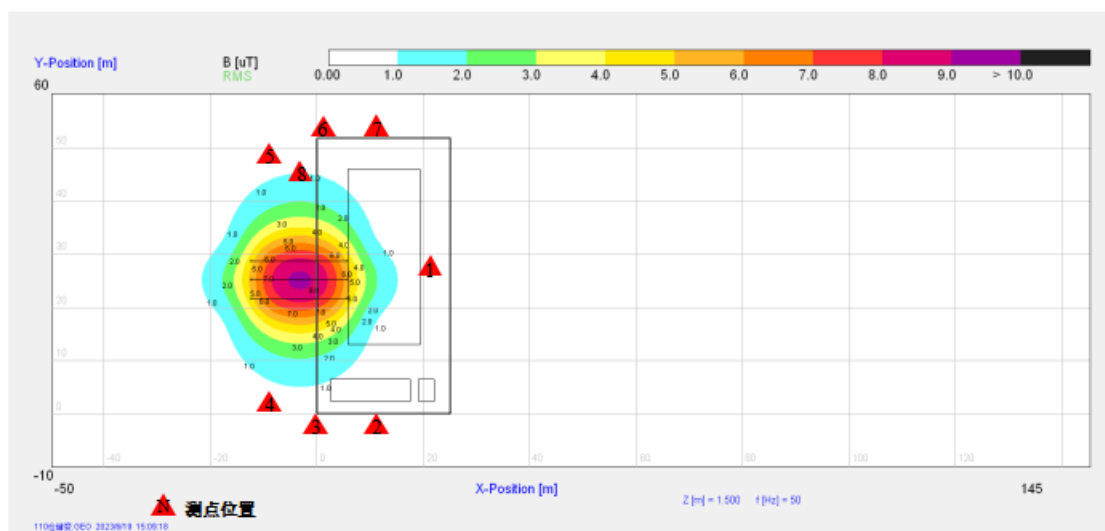


图 5.5.1.2-26 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况一)

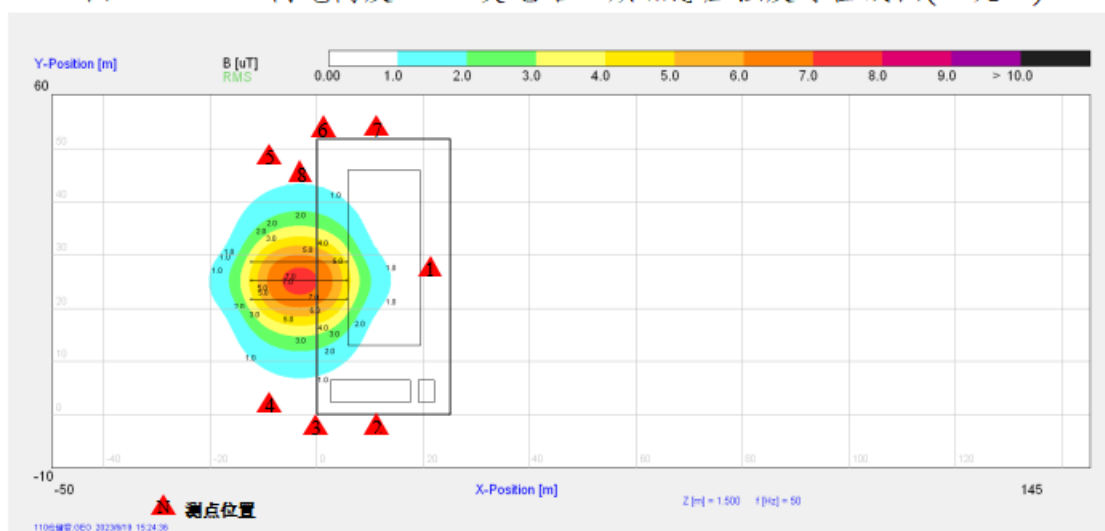


图 5.5.1.2-27 离地高度 1.5m 变电站工频磁感应强度等值线图(工况二)

仓储 110kV 变电站厂界内外监测结果如下表：

表 5.5.1.2-17 厂界外工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
1	7.64	0.112	0.109
2	10.51	0.137	0.124
3	12.91	0.165	0.153
4	28.89	0.598	0.471
5	23.83	0.527	0.415
6	13.56	0.159	0.141
7	9.98	0.117	0.105

对比厂界外电场强度和磁感应强度仿真数据与监测数据，可看出变电站厂界外工频电场强度和工频磁感应强度现场监测最大值所在区域（4号或5号测点）与仿真结果基本吻合。

而当站外无法设置长期检测点位需要在变电站内设置检测点位时，根据预测结果可知，8号测点区域的工频电场和工频磁感应强度与4号或5号测点区域基本一致，因此对8号测点进行检测，检测结果如下表5.5.1.2-18。

表 5.5.1.2-18 厂界内工频电场强度和工频磁感应强度监测结果表

序号	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT) (工况一)	工频磁感应强度 (μT) (工况二)
8	30.23	0.614	0.487

注：本表序号续上表。

通过在变电站内、外现场监测结果对比，两处测点的工频电场强度和工频磁感应强度偏差范围在2.7%至4.6%之间，因此当变电站外无法设置长期检测点时，可以在站内设置检测点。

5.5.2 试验结论

通过对9座典型变电站的电磁环境模拟仿真、实际监测，并综合考虑电力安全生产要求、现场设备安装可行性，可知：电压等级对电场强度、磁感应强度等值线图的形态影响较小；布点区域的选择主要与变电站的电气类型和总平面布置相关，主变附近区域的布点更具有可行性；站内导线对电磁环境分布影响较大。

具体布点原则如下：

- 变电站应至少选择一个具有代表性的点位开展工频电磁环境连续监测，监测点位应能客观反映变电站周边的工频电磁环境。可根据不同的监测目的和电磁环境敏感目标需要，在不同位置设置监测点位，每个监测点位上布设一组工频电场、工频磁场探头；
- 工频电场、工频磁场探头应尽量架设在地势平坦、远离树木的空地上，且应距离进出线边导线（含电缆）地面投影不少于20m；
- 工频电场、工频磁场探头应架设在距离变电站围墙外5m处工频电场、工频磁场数值最大的位置。当变电站围墙外不具备架设条件时，可选择在站内进行架设；

- 在站内架设变电站连续监测单元时，应综合考虑最终电气布置形式进行选点架设。不同电压等级和电气布置形式的工频电场、工频磁场探头架设点位距离要求见表5.3.2-1：

表 5.3.2-1 点位距离要求(m)

类型		与任一主变外壳(m)	AIS 设备区(m)	GIS 设备区(m)	母线地面投影(m)	建筑物(m)
主变户外布置	110kV	4~7	≥5	≥2	≥6	≥1
	220kV	4.5~8	≥8		≥7.5	
	500kV	5~10	≥13		≥10	
主变户内布置		/	/	/	/	

- 工频电场、工频磁场探头应架设在地面（或架设平台）上方1.5m高度处，或根据监测需求或目的选择高度。

5.5.3 试行结果

按照布点原则，分别选取了南通500kV三官殿变电站和南京110kV龙江变电站作为试验点，开展架设连续监测点试行工作。两处变电站分别是典型的500kV变电站（户外型）和110kV变电站（户内型），周围环境敏感目标较多，作为电磁环境连续监测试点站具有代表性。

根据以上布点原则在三官殿500kV变电站内确定了布点区域，经监测验证，该区域内工频电磁场监测数据与围墙外5m处工频电磁场监测数据最大值基本一致。结合现场情况，选择了合适的电磁环境连续监测点。同样在110kV龙江变电站按照以上布点原则和步骤开展点位架设和数据验证工作。两处站点的连续监测数据结果能够反映厂界外电磁环境水平。经过一年多的运行，两处电磁环境连续监测设备数据稳定，结果可信。

5.6 数据采集及传输

根据《电磁辐射在线监测系统的技术要求》（YD/T 2830-2015）确定了数据采集采样率不低于1次/秒。根据专家意见和变电站工频电磁场变化特性，将每小时连续采样时间定为不低于6分钟。采集及传输数据应包括站点名称、连续监测单元编号、监

测日期、监测时间、监测频率、测量仪器离地高度、仪器型号及编号、工频电场、工频磁场、温度、湿度及报警状态等。

变电站连续监测单元留有数据传输接口，通过网络传输单元名称、工频电场、工频磁场探头编号、监测日期、监测时间、监测频率、测量仪器离地高度、仪器型号及编号、监测数据、设备运行状况等信息，数据格式应满足 HJ 212 的要求。数据传输延时不高于 10 分钟，在本地存储不少于 120 日监测数据、设备运行状态等信息。

通过网络传输监测数据、设备运行状况等信息时，选择安全可靠的传输协议作为数据载体，利用 RSA 技术对数据进行加密，并通过身份鉴别、身份认证、权限策略、端口控制等方式对数据传输进行访问控制，确保数据的安全性。监测数据应采用加密或其他保护措施实现存储保密性、完整性并能够进行备份及恢复。

5.7 安装维护

变电站连续监测单元与地面应采取可靠的连接方式并具备一定的抗风性能，保证设备在使用期间牢固、稳定。设备安装外围设置警示标识，如现场架设显示终端，需保证其安全性，不得扰民。

作业现场的生产条件和安全设施等应符合有关标准、规范的要求，工作人员的劳动防护用品应合格、齐备。作业人员在现场工作过程中，凡遇到异常情况（如直流系统接地等）或断路器（开关）跳闸时，不论与本身工作是否有关，应立即停止工作，保持现状。

运行时检查监测仪器周围环境是否发生变化；查看连续监测单元外观，观察设备是否存在松动、破碎现象；查看工频电场、工频磁场探头是否存在污渍或遮挡，及时清洁；确认供电方式是否稳定；核实监测条件是否发生变化，检查频率不少于每月一次。

当监测数据达到标准限值（工频电场：4000V/m；工频磁场：100 μ T，下同）的 80%时，系统应自动报警，对该数据进行标注，并安排人员对情况进行核实。当监测数值回落到标准限值的 60%时，系统自动解除报警。如非仪器故障，调查引起监测数据异常的原因。

5.8 质量控制

变电站工频电磁环境连续监测系统建立后，应对系统进行质量控制。每年至少校准 1 次，应将监测设备送交具备资质的计量技术机构对工频电场、工频磁场等进行校准。

系统操作维护人员的专业技术背景、工作经历、监测能力等应与所开展的监测活动相匹配；从事监测的人员应接受相应的教育和培训，具备与其承担工作相适应的能力，掌握连续监测单元操作技术和质量控制程序。

全部监测活动都应有程序文件加以规定，并严格遵照执行。应建立对应的作业指导书和仪器设备操作维护规程，相关人员应熟练掌握，严格遵照执行。所有记录应及时存档备案。运行单位应对监测实施全过程质量管理。

6 施行本文件的经济技术可行性和绩效分析

6.1 经济可行性分析

工频电磁环境连续监测单元刚面世时，单个的建设费用为 50 余万元，使用寿命仅为 5 年左右。随着 10 多年来的技术发展，单个监测单元的建设费用下降至 20 余万元，使用寿命也延长至 20 年。随着技术的迭代创新，后续硬件制作成本将不断降低，使用寿命也将不断延长，从建设成本上来说是可以接受的。

6.2 技术可行性分析

变电站工频电磁环境连续监测系统实现了工频电磁环境实时监测、非现场监管及科普宣传等多项功能。其主要考虑因素为：

（1）工频电场探头、工频磁场探头

探头需要低频全频段覆盖，能同时测量三维空间各方向的工频电场强度、工频磁场强度分量，并进行合成显示；探头支架和供电方式不能影响测量结果的准确性。目前多款工频电场、工频磁场测量探头已经实现了一体化设计，测量频率范围覆盖了低频全频段，探头监测结果为方均根值读数。工频电场、工频磁场测量探头可以同时测量出某一点相互垂直方向（X、Y、Z）的工频电场和工频磁场强度分量；支持宽带监测和 50Hz 单频点监测，全面满足 HJ 681-2018 和 HJ 10.2-1996 对工频电场、工频磁场监测仪器的要求。配套专用的碳纤维支架为探头支架，探头供电方式采用太阳能、激光等方式，均不会对探头处的工频电场和工频磁场分布造成畸变，不影响探头测试准确度。

（2）连续监测

系统在性能上应满足每秒采集 1 个监测数据，每 5 秒上传一个数据，自动监测、自动存储及上传数据；自动数据处理及统计分析。现有大多数监测系统已实现每 1 秒采集 2 个监测数据，每 3 秒上传一个数据，监测数据自动采集，并实时传输到中央控制平台，也可根据需要把数据发送到指定的显示终端。在监测值超过所设限值时报警，同时信息上报监控平台。根据调研了解的数据，目前在用的工频电磁场在线监测系统，365 天连续监测的数据捕获率均达到 95% 以上，满足户外长时间监测要求。

（3）设备的稳定性

监测单元应在各种气象条件下稳定运行。根据调研情况，监测设备均露天架设，大多可抗十二级台风，适应雨雪、雷电、台风等天气条件，在 0~100% 的相对湿度条件、-20℃~+60℃ 的温度条件下均能进行监测。调研的站点中，稳定运行最长时间超过 10 年，数据有效捕获率均超过 95%。

6.3 绩效分析

（1）为化解“邻避效应”提供数据支撑

变电站项目的“邻避效应”突出，因变电站建设引发的环境投诉时有发生。以南京 110kV 淮海路变电站和盐城 110kV 城南变电站为代表，周围居民因担忧变电站产生的工频电场、工频磁场影响健康，引发了过激行为。为保障公众健康，化解群众疑虑，在两处变电站建成后均架设了连续监测设备，实时显示工频电场、工频磁场数值。工频电磁环境的长期监测结果显示，向周围群众科学解释了工频电磁影响，显著提升了周围群众的安全感，后期均再未收到投诉。因此，科学规范架设工频电磁环境连续监测设备，有助于化解公众对变电站与健康关系的误解和偏见，促进社会和谐。

（2）实现环境监测与信息公开

工频电场、工频磁场是一种看不见摸不着的能量流，只有通过专业设备环境监测才能准确反映真实环境情况。建设具有自动、实时、在线等特性的电磁污染源在线监控体系是实施环境管理的先进手段，可使管理部门能在第一时间掌握最新的污染源排放情况。加强环境监测并公开监测数据，可以实施远程环境预警和应急报警，为环境管理工作提供及时、准确、全面的数据支撑。同时通过连续监测系统，对监控数据整理分析，还可以为非现场执法提供基础支撑，有效提高环境管理效能。

7 与有关现行法律、法规和强制性标准规范的关系

7.1 国内相关法律法规

与变电站工频电磁环境连续监测相关的法律法规主要包括：《中华人民共和国环境保护法》，其第十七条规定：国家建立、健全环境监测制度。国务院环境保护主管部门制定监测规范，会同有关部门组织监测网络，统一规划国家环境质量监测站（点）的设置，建立监测数据共享机制，加强对环境监测的管理；有关行业、专业等各类环境质量监测站（点）的设置应当符合法律法规规定和监测规范的要求；监测机构应当使用符合国家标准的监测设备，遵守监测规范。监测机构及其负责人对监测数据的真实性和准确性负责。

7.2 国内相关标准规范

与变电站工频电磁环境连续监测相关的标准规范主要包括：《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2）、《交流输变电工程电磁环境测量方法（试行）》（HJ 681）、《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113），相关标准规范主要相关内容见表 7.2-1。本标准的编制与其它标准规定内容协调一致。

表 7.2-1 相关标准规范主要规定

序号	标准规范	主要相关内容及关系
1	《电磁环境控制限值》（GB 8702）	本标准中的工频电场和工频磁场限值与《电磁环境控制限值》（GB 8702）中表 1 规定的公共暴露控制限值相符
2	《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2）	本标准中的布点原则与《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2）规定的“考虑地形地物影响，实际测点应避开高层建筑物、树木、高压线以及金属结构等，尽量选择空旷地方测试”相符。
3	《交流输变电工程电磁环境测量方法（试行）》（HJ 681）	本标准中的布点原则与《交流输变电工程电磁环境测量方法（试行）》（HJ 681）规定的“监测点应选择在地势平坦、远离树木且没有其他电力线路、通信线路及广播线路的空地上；监测仪器的探头应架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处；监测点应选择在无进出线或远离进出线（距离边导线地面投影不少于 20m）的围墙外且距离围墙 5m 处布置”相符，本标准进一步规定

		“工频电场、工频磁场探头应架设在距离变电站围墙外 5m 处工频电场、工频磁场数值最大的位置”，并针对距离围墙外 5m 处没有合适布点位置时，提出了一个等效布点方法。
4	《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113）	本标准中的编制目的与《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113）规定的“鼓励位于城市中心区域的变电站开展电磁和声环境在线监测，监测结果以方便公众知晓的方式予以公开”相符。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

（1）名称

2023 年 3 月，规范送审稿技术审查会上专家均建议，将标准名称由《变电站工频电磁环境在线监测技术规范》变更为《变电站工频电磁环境连续监测技术规范》。主要原因为在线监测的表述不如连续监测准确，连续监测既体现出在线的含义，又体现了采样的方式。

（2）布点的兼顾性

规范送审稿技术审查会上，经与会专家讨论，结合征求意见，对布点原则进行了完善。监测点位应能客观反映变电站周边的工频电磁环境，可根据不同的监测目的和电磁环境敏感目标需要，在不同位置设置监测点位，每个监测点位上布设一组工频电场、工频磁场探头；工频电场、工频磁场探头应尽量架设在地势平坦、远离树木的空地上，且应距离进出线边导线（含电缆）地面投影不少于 20m。当监测目的是测量变电站工频电磁场排放情况时，工频电场、工频磁场探头应架设在距离变电站围墙外 5m 处工频电场、工频磁场数值最大的位置；如果变电站围墙外不具备架设条件时，通过一系列研究明确了在站内布点的可行性。对布点原则的修改兼顾了 HJ 681 的要求，又体现了标准的创新性。

9 标准性质的建议

本标准建议为推荐性标准，不属于强制性标准。

10 参考文献

[1] 《实验室中环境湿度对工频电场测量设备准确度的影响及改进措施研究》（《高压电器》2018 年第 54 卷第 2 期）