

西北地区 750 kV 变电站周边电磁环境暴露分析

负彦祺¹ 宋伟宏¹ 茜强¹ 毛洁¹ 蔡奥²

¹(甘肃省核与辐射安全中心 兰州 730020)

²(酒泉市生态环境综合事务中心 酒泉 735000)

摘要 通过对西北地区已投运的60余座750 kV变电站站外工频电场强度及工频磁感应强度的系统性监测与数据采集,本研究获取了具有代表性的实测数据集。经多维度统计分析与综合评估表明:750 kV变电站厂界工频电场强度分布于0.6~3 840.0 V/m之间,工频磁感应强度介于0.014~24.330 μ T范围,二者均符合国家规定的公众暴露限值要求(工频电场强度4 000 V/m、工频磁感应强度100 μ T)。值得注意的是,工频电场强度标准限值占比相对较高,且强度最大值普遍出现在750 kV出线侧厂界区域。因此,在750 kV变电站选址过程中,需统筹考虑进出线侧方位布局与周边居民区的空间关系。本研究成果具有双重应用价值:一方面,可为《中华人民共和国生态环境法典》中输变电工程排污许可管理制度的实施提供一定的基础数据支撑;另一方面,可为750 kV变电站的规划选址、工程设计与优化、运行维护及电磁环境监管提供科学可靠的实测依据与理论支持,进而提升超高电压等级变电站的环境兼容性及公众接受度。

关键词 750 kV变电站, 电磁环境, 工频电场强度, 工频磁感应强度

中图分类号 X837

DOI: 10.11889/j.1000-3436.2026-0029

CSTR: 32195.14.j.JRRRP.1000-3436.2026-0029

引用该文:

负彦祺,宋伟宏,茜强,等.西北地区750 kV变电站周边电磁环境暴露分析[J].辐射研究与辐射工艺学报,2026,44(4): 040602. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2026-0029.

YUN Yanqi, SONG Weihong, QIAN Qiang, *et al.* Analysis of electromagnetic environment exposure around 750 kV substations in Northwest China[J]. Journal of Radiation Research and Radiation Processing, 2026, 44(4): 040602. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2026-0029.



Analysis of electromagnetic environment exposure around 750 kV substations in Northwest China

YUN Yanqi¹ SONG Weihong¹ QIAN Qiang¹ MAO Jie¹ CAI Ao²

¹(Gansu Nuclear and Radiation Safety Center, Lanzhou 730020, China)

²(Jiuquan City Comprehensive Ecological Environment Affairs Center, Jiuquan 735000, China)

ABSTRACT By conducting systematic monitoring and data collection on power frequency electric field strength and power frequency magnetic field strength outside over 60 operational 750 kV substations in Northwest China,

第一作者: 负彦祺,男,1988年11月出生,2019年6月毕业于兰州理工大学,获得工程硕士学位,主要从事核与辐射类环评文件技术审评和电磁环境监测与评价

通信作者: 宋伟宏,正高级工程师, E-mail: 248993915@qq.com

收稿日期: 初稿 2026-02-26; 修回 2026-06-22

First author: YUN Yanqi (male) was born in November 1988, graduated from Lanzhou University of Technology in June 2019 with a master's degree in engineering, mainly engaged in technical review of nuclear and radiation environmental impact assessment documents, as well as electromagnetic environment monitoring and evaluation

Corresponding author: SONG Weihong, senior engineer, E-mail: 248993915@qq.com

Received 26 February 2026; accepted 22 June 2026

this study established a representative measured dataset. Multivariate statistical analysis and comprehensive assessment show that the power frequency electric field strength at the substation boundaries ranges from 0.6 to 3 840.0 V/m, while the power frequency magnetic field strength varies from 0.014 to 24.330 μT . Both parameters comply with the public exposure control limits specified in the Mandatory national standard, which stipulates a limit of 4 000 V/m for power frequency electric field and 100 μT for power frequency magnetic field. Notably, the maximum measured electric field values approach the standard limit with a small safety margin, and the peak field strength generally appears at the boundary near the 750 kV outlet side. Therefore, the layout of incoming and outgoing lines and their spatial correlation with surrounding residential areas shall be comprehensively considered during site selection for 750 kV substations. The research results carry dual practical value. On the one hand, they can provide fundamental data support for implementing the pollutant discharge permit system for power transmission and transformation projects under the "Environmental Protection Law of the People's Republic of China". On the other hand, they offer scientific, reliable measured data and theoretical support for the planning, site selection, design optimization, operation & maintenance, and electromagnetic environment supervision of 750 kV EHV substations, thus improving the environmental compatibility and public acceptance of extra-high voltage substations.

KEYWORDS 750 kV substation, Electromagnetic environment, Power frequency electric field intensity, Power frequency magnetic field intensity

CLC X837

近年来,随着中国电网建设的全面推进,投入运行的750 kV变电站数量显著增加。鉴于中国电网网架结构特点,这些750 kV变电站主要分布于西北地区的陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区及新疆维吾尔自治区等5个省级行政区。随着《中华人民共和国生态环境法典》颁布以及生态环境保护要求的日益严格,公众环保意识持续提升,变电站运行产生的电磁环境问题愈发受到社会关注,对建设单位和生态环境主管部门均构成了新的挑战。林旗力等^[1]对3座220 kV户内变电站站外电磁环境进行了分析;黄轶康等^[2]对500 kV变电站站外电磁环境开展了仿真研究;姜梅等^[3]对甘肃省内7座750 kV变电站站内电磁环境进行了测量分析(未涉及站外环境);王建国等^[4]仅对新疆境内3座750 kV变电站围墙单侧实施了电磁环境断面监测分析;李晔等^[5]亦仅对宁夏境内的银川东750 kV变电站进行了电磁环境影响分析;有研究对110~1 000 kV变电站单个样本或少量样本电磁环境分布情况进行分析^[6-8];有研究针对220 kV城区变电站等输变电设备周围电磁环境进行了监测分析^[9-11]。上述研究所选变电站部分属于低于750 kV的电压等级,所涉750 kV电压等级变电站的样本数量及区域代表性均显不足。本文基于对西北地区60余座变电站站外工频电场强度与工频磁感应强度监测数据的系统统计分析,

旨在掌握750 kV变电站站外电磁环境的总体水平,为750 kV变电站的设计、运行、电磁环境管理及排污许可制度的实施提供可靠的数据支撑与理论依据。

1 样本选取

结合西北五省的具体情况,选取已投运且通过竣工环保验收的有监测数据的750 kV变电站,750 kV变电站数量统计见表1。

表1 750 kV变电站统计一览表
Table 1 Statistical table of 750 kV substation

省(自治区)	数量/个	占比/%
Province (autonomous region)	Quantity	Percentage
陕西省	9	14.3
Shaanxi province		
甘肃省	10	15.9
Gansu province		
青海省	10	15.9
Qinghai province		
宁夏回族自治区	9	14.3
Ningxia Hui Autonomous Region		
新疆维吾尔自治区	25	39.6
Xinjiang Uygur Autonomous Region		
合计	63	100.0
Total		

2 评价标准

我国交流输变电工程的工作频率为 50 Hz，依据国家标准 GB 8702—2014^[12]，对应公众暴露控制限值分别为工频电场强度 4 000 V/m，工频磁感应强度 100 μ T。

3 监测点位、指标、方法及仪器

3.1 监测点位

变电站工频电场强度、工频磁感应强度的监测点位主要依据 HJ 681—2013^[13] 的要求布设，具体包括场界、断面和电磁环境敏感目标，本次开展的监测点位示意图见图 1。

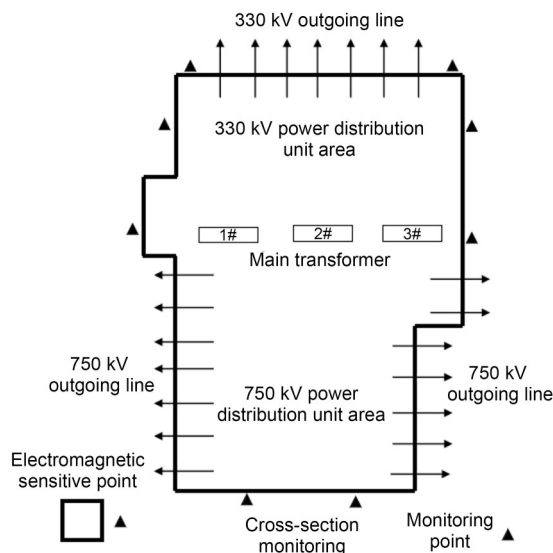


图1 750 kV 变电站监测点位示意图
Fig.1 Schematic diagram of monitoring points at 750 kV substation

3.1.1 厂界监测

厂界监测点主要考虑站内电气设备分布情况和周围电磁环境敏感目标的位置，监测点覆盖各侧厂界，监测点原则上选择在远离进出线（距离边导线地面投影不少于 20 m）的围墙外且距离围墙 5 m 处，如在其他位置监测，应记录监测点与围墙的位置关系以及周围的环境情况。

3.1.2 断面监测

断面监测以变电站围墙周围的工频电场和工频磁场强度监测最大值处为起点（在其他位置监测时，应说明原因），在垂直于围墙的方向上布

置，监测点间距为 5 m，顺序测至距离围墙 50 m 处为止。

3.1.3 电磁环境敏感目标监测

电磁环境敏感目标监测点选择在距变电站最近的厂界位置处，如果环境条件不满足布点要求，按代表性原则在其他位置布点，但需记录原因和实际测点位置。

3.2 监测指标

确定各监测点位测量工频电场强度、工频磁感应强度。

3.3 监测方法及仪器

工频电场、工频磁场的监测方法及仪器按照 HJ 681—2013^[13] 的规定，且监测仪器监测期间均在有效期内，监测期间运行工况均正常。

4 监测结果及分析

4.1 厂界监测结果及分析

750 kV 变电站厂界电磁监测统计结果见表 2。由表 2 可知，750 kV 变电站厂界工频电场强度分布于 0.6~3 840.0 V/m 区间，其最大值占公众暴露控制限值（4 000 V/m）的 96.0%，满足规范要求；工频磁感应强度范围为 0.014~24.330 μ T，最大值占标准限值（100 μ T）的 24.3%，显著低于限值要求。

为探究厂界工频电场强度分布特征，将各 750 kV 变电站厂界工频电场强度最大值按 < 500 V/m、500~1 000 V/m、1 000~2 000 V/m、2 000~3 000 V/m、3 000~3 500 V/m、3 500~4 000 V/m 及 $\geq$ 4 000 V/m 7 个区间进行统计分析（图 2）。统计结果表明：各区间占比分别为 6.3%、14.3%、36.5%、30.2%、7.9%、4.8% 和 0.0%。其中 87.3% 的变电站工频电场强度最大值低于 3 000 V/m，12.7% 的变电站分布于 3 000~4 000 V/m 区间，无变电站超过 4 000 V/m 限值。分析显示，750 kV 变电站厂界工频电场强度最大值基本符合正态分布特征，经查阅监测点位与监测值的对应关系可知，分布于 3 000~4 000 V/m 区间的监测点位均位于 750 kV 出线侧。

表2 750 kV变电站厂界电磁监测结果统计表
Table 2 Statistical table of electromagnetic results at the boundary of 750 kV substation

变电 站	工频电场强度 /(V·m ⁻¹)	工频磁感应强 度/μT	变电 站	工频电场强度 /(V·m ⁻¹)	工频磁感应强 度/μT	变电 站	工频电场强 度/(V·m ⁻¹)	工频磁感应强 度/μT
Sub- station	Power frequen- cy electric field intensity	Power frequen- cy magnetic in- duction intensi- ty	Sub- station	Power frequen- cy electric field intensity	Power frequen- cy magnetic in- duction intensi- ty	Sub- station	Power fre- quency elec- tric field inten- sity	Power fre- quency mag- netic induc- tion intensity
1#	25.0~2 146.3	0.032~2.043	22#	25.2~2 972.4	0.174~2.365	43#	33.5~2 250.0	0.052~1.905
2#	1.5~922.8	0.080~13.900	23#	37.0~1 862.0	0.054~1.775	44#	84.2~1 393.0	0.116~0.808
3#	78.3~2 558.0	0.181~6.770	24#	11.0~1 243.0	0.144~24.330	45#	6.7~1 195.5	0.173~1.766
4#	7.1~1 329.3	0.079~1.408	25#	724.2~820.7	0.446~0.512	46#	21.7~906.3	0.038~0.509
5#	10.1~3 055.8	0.075~6.065	26#	19.7~2 112.0	0.062~1.125	47#	98.4~1 567.3	0.191~0.930
6#	48.1~3 719.5	0.246~5.557	27#	43.2~415.5	0.044~0.618	48#	63.0~1 878.0	0.032~0.263
7#	3.6~2 021.0	0.323~3.329	28#	392.9~2 261.0	0.228~0.435	49#	21.3~1 183.2	0.023~0.588
8#	15.2~362.1	0.018~1.106	29#	3.8~3 098.9	0.068~2.449	50#	25.4~1 283.6	0.023~0.327
9#	10.2~2 624.0	0.242~1.670	30#	37.3~3 067.0	0.043~1.036	51#	31.0~850.0	0.236~2.093
10#	50.6~1 984.0	0.014~3.277	31#	63.5~2 354.0	0.109~2.884	52#	22.7~668.7	0.113~0.347
11#	62.4~1 014.6	0.177~0.732	32#	20.8~1 439.0	0.120~6.036	53#	13.4~1 240.0	0.190~0.935
12#	55.4~1 569.7	0.083~1.577	33#	99.6~1 083.0	0.076~1.176	54#	62.0~3 381.0	0.030~0.566
13#	30.8~2 749.0	0.103~3.512	34#	109.7~2 461.0	0.151~0.432	55#	75.6~1 287.0	0.250~2.050
14#	450.4~1 928.4	0.131~0.837	35#	79.2~2 756.0	0.197~0.927	56#	61.6~896.6	0.170~2.530
15#	127.9~1 542.0	0.148~0.359	36#	114.2~2 102.0	0.100~0.332	57#	61.8~537.2	0.200~0.860
16#	1.6~1 366.0	0.181~2.283	37#	48.6~1 903.1	0.054~1.503	58#	42.4~1 501.0	0.170~3.840
17#	19.7~2 498.2	0.027~2.228	38#	29.2~2 003.6	0.029~1.527	59#	30.1~748.3	0.036~0.899
18#	3.5~3 182.0	0.057~1.142	39#	38.4~3 565.2	0.086~0.958	60#	20.1~484.5	0.119~0.585
19#	323.1~2 852.6	0.192~0.826	40#	5.5~409.2	0.054~0.743	61#	7.2~2 003.0	0.035~3.460
20#	16.5~1 271.7	0.053~2.555	41#	72.2~668.7	0.134~0.295	62#	26.2~1 039.6	0.057~2.011
21#	0.6~2 775.7	0.015~2.213	42#	23.0~3 840.0	0.131~0.848	63#	34.6~2 225.0	0.234~2.426

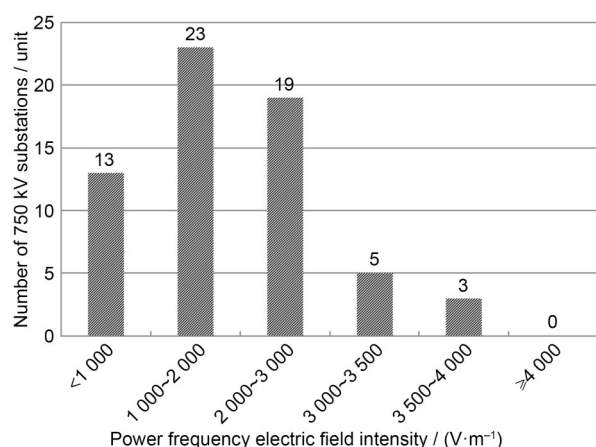


图2 750 kV变电站厂界工频电场强度最大值统计一览图
Fig.2 Statistical diagram of the max PFEF intensity at the boundary of 750 kV substation

4.2 断面监测结果及分析

750 kV变电站断面监测结果见表3。由表3可

以看出, 44座750 kV变电站监测断面的工频电场强度在5.2~3 627.0 V/m之间, 满足公众曝露控制限值4 000 V/m的要求, 工频磁感应强度在0.015~13.900 μT之间, 满足公众曝露控制限值100 μT的要求, 随着距围墙距离的增加, 工频电场、工频磁场均呈衰减趋势, 其中变电站30#测点工频电场、磁场的最大值与最小值相差不大, 主要原因是监测断面平行于线路走向, 受既有线路叠加影响, 工频电场衰减规律不显著。

为分析监测断面工频电场的影响, 将各750 kV变电站监测断面工频电场强度最大值按<500 V/m、500~1 000 V/m、1 000~2 000 V/m、2 000~3 000 V/m、3 000~3 500 V/m、3 500~4 000 V/m、≥4 000 V/m七档进行统计, 统计结果见图3。从统计结果看, 750 kV变电站监测断面工频电场强度最大值七档占比分别为25.0%、34.1%、

18.2%、20.5%、0.0%、2.3%、0.0%，其中 97.7% 的 750 kV 变电站监测断面工频电场强度最大值在 3 000 V/m 以下，3 000~4 000 V/m 仅占调查 750 kV 变电站总数的 2.3%。并且通过分析可知，监测断

面工频电场强度最大值统计与厂界最大值不一致，主要原因是监测断面受地形条件、线路出线的影响，断面展开点不一定是厂界工频电场强度最大值点。

表3 750 kV 变电站监测断面电磁监测结果统计表
Table 3 Statistical table of electromagnetic results for monitoring section of 750 kV substation

变电 站	工频电场强度 / (V·m ⁻¹)	工频磁感应强 度 / μT	变电 站	工频电场强度 / (V·m ⁻¹)	工频磁感应强 度 / μT	变电 站	工频电场强度 / (V·m ⁻¹)	工频磁感应强 度 / μT
Sub- station	Power frequen- cy electric field intensity	Power frequen- cy magnetic in- duction intensi- ty	Sub- station	Power frequen- cy electric field intensity	Power frequen- cy magnetic in- duction intensi- ty	Sub- station	Power frequen- cy electric field intensity	Power frequen- cy magnetic in- duction intensi- ty
1#	54.3~542.2	0.043~0.445	30#	2 441.0~2 783.0	0.845~1.036	46#	205.6~735.8	0.066~0.210
2#	19.5~138.0	0.267~13.900	31#	26.4~221.9	0.059~0.209	47#	48.2~668.1	0.059~0.245
3#	13.4~135.0	0.119~6.770	32#	161.7~1 258.0	0.064~0.285	48#	93.4~1 515.6	0.023~0.157
5#	10.6~134.6	0.074~0.200	33#	559.8~924.0	0.018~0.092	49#	56.6~864.9	0.046~0.074
6#	67.9~2 308.1	0.206~4.099	34#	227.2~2 849.0	0.097~0.436	50#	56.3~1 054.6	0.046~0.072
9#	220.0~645.0	0.200~0.452	35#	277.3~2 710.0	0.147~0.542	52#	255.9~588.2	0.186~0.286
10#	20.0~37.0	0.206~0.418	36#	173.3~802.2	0.073~0.280	54#	147.0~1 736.0	0.061~0.394
12#	410.7~2 571.7	0.068~0.116	37#	32.0~71.1	0.056~0.072	55#	25.5~1 287.0	0.310~2.050
18#	70.7~799.9	0.060~0.404	38#	142.8~428.7	0.018~0.092	56#	7.7~896.6	0.175~1.746
19#	76.4~2 974.8	0.108~0.828	39#	307.0~2841.2	0.115~0.343	57#	5.2~537.2	0.015~0.860
21#	192.8~514.1	0.077~0.318	41#	255.9~588.2	0.186~0.286	59#	6.1~748.3	0.015~0.218
22#	258.3~2 320.1	0.221~0.981	42#	337.9~3627.0	0.141~0.424	60#	26.2~484.5	0.048~0.585
23#	42.8~903.5	0.177~0.745	43#	31.57~183.3	0.048~0.429	61#	45.5~1 335.8	0.123~3.416
24#	43.3~1 204.4	0.092~0.166	44#	15.2~234.0	0.044~0.106	63#	12.4~2 225.0	0.106~2.372
26#	5.7~164.2	0.018~0.151	45#	12.7~1 150.9	0.058~3.973			

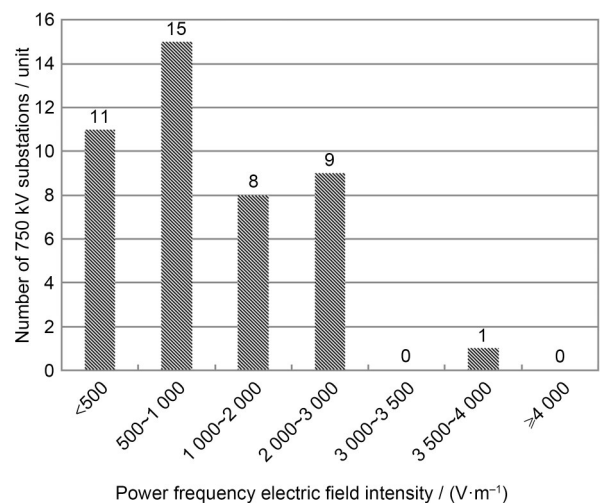


图3 750 kV 变电站监测断面工频电场强度最大值统计
—览图

Fig.3 Statistical diagram of the max PFEF intensity at the
monitoring section of 750 kV substation

4.3 电磁环境敏感目标监测结果及分析

通过统计，63 座 750 kV 变电站中仅有 11 座站外电磁评价范围有环境敏感目标分布，占比为 17.5%，站外电磁环境敏感目标监测结果见表 4。由表 4 可知，站外存在电磁环境敏感目标的 750 kV 变电站占比相对较低，且近半数变电站仅分布 1 处环境敏感目标，其主要原因在于变电站选址过程中已主动规避敏感区域，优先选择远离环境敏感目标的 建设位置。监测数据表明，环境敏感目标处的工频电场强度分布于 1.5~2 608.3 V/m 区间，符合公众暴露控制限值 4 000 V/m 的规定；工频磁感应强度介于 0.013~3.026 μT 之间，满足公众暴露控制限值 100 μT 的要求。除 23# 变电站环境敏感目标的工频电场强度较高外，其余 750 kV 变电站站外工频电场强度最大值均低于 1 000 V/m（即占标率<25.0%）。该异常敏感目标主要受邻近 750 kV 架空线路的电磁影响。

表4 750 kV变电站环境敏感目标电磁监测结果统计表
Table 4 Statistical table of electromagnetic results for environment-sensitive targets of 750 kV substation

变电 站	工频电场强 度 / ($\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$)	工频磁感应强 度/ μT	变电 站	工频电场强度 / ($\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$)	工频磁感应强度 / μT	变电 站	工频电场强 度 / ($\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$)	工频磁感应强 度 / μT
Sub- station	Power fre- quency elec- tric field in- tensity	Power frequen- cy magnetic in- duction intensi- ty	Sub- station	Power frequency electric field in- tensity	Power frequency magnetic induc- tion intensity	Sub- station	Power fre- quency elec- tric field inten- sity	Power fre- quency mag- netic induc- tion intensity
1#	15.5	0.037	21#	20.3	0.041	29#	9.5~30.4	0.031~0.335
7#	932.5	0.721	22#	8.3~54.1	0.057~0.795	32#	1.5~13.4	0.047~0.133
8#	12.0	0.111	23#	1 545.5~2 608.3	0.803~3.026	55#	24.4	0.013
19#	26.1~233.8	0.034~0.194	24#	165.5~812.1	0.570~2.271			

5 结论

(1) 通过对 60 余座 750 kV 变电站站外电磁环境的监测数据进行统计分析, 结果表明: 西北地区现有投运的 750 kV 变电站周边电磁环境整体处于较低水平, 对周边公众的电磁暴露符合国家标准要求。基于本调查所获数据, 后续研究可借鉴黄汇益等^[14-15]的研究, 开展针对特高压输变电设施电磁暴露的降低措施及空间分析研究。(2) 工频电场强度最大值主要出现在 750 kV 出线侧厂界区域。建议在后续变电站设计与建设过程中, 适当提升 750 kV 出线门型构架及首基铁塔的架设高度, 以降低出线侧对周边电磁环境的影响。(3) 现有 750 kV 变电站选址总体合理, 站外电磁环境影响评价范围内存在环境敏感目标的站点占比为 17.7%。除邻近 750 kV 出线侧监测点位的占标率较高外, 其余点位占标率均低于 25.0%, 且敏感目标处的电磁环境最大值仍满足相关标准要求, 现有变电站选址阶段主动规避环境敏感目标的优化方案效果显著, 可在后续同等级变电站的规划建设中继续推广应用, 后续工程建设中, 需进一步优化站址选择及总平面布置, 优先选择避让电磁环境敏感目标, 确因其他原因无法避让的, 应将出线侧布置远离电磁环境敏感目标, 从而降低其受电磁影响的潜在风险。在后续电磁环境管理及排污许可工作中, 重点加强对 750 kV 变电站出线侧电磁环境影响的监测与管控。

作者贡献声明 贡彦祺主要负责论文构思和材料汇总、数据处理与分析及论文的撰写; 宋伟宏负责技术指导; 茜强负责数据处理与分析、部分数据调查; 毛洁负责部分数据调查及论文整体修改; 蔡奥负责数据处理与分析。所有作者均已阅读并

认可该论文最终版的所有内容。

参考文献

- 林旗力, 余飞, 宋凯. 基于实测的城市 220 kV 户内变电站站界电磁环境分析[J]. 电力科技与环保, 2022, **38**(1): 56-64.
LIN Qili, YU Fei, SONG Kai. Field measurements study on electromagnetic environment at boundaries of 220 kV indoor substations in urban areas[J]. Electric Power Technology and Environmental Protection, 2022, **38**(1): 56-64.
- 黄铁康, 祁建民, 杨晓梅, 等. 变电站电磁环境监测布点建模仿真研究[J]. 中国环境监测, 2023, **39**(4): 221-228. DOI: 10.19316/j.issn.1002-6002.2023.04.22.
HUANG Yikang, QI Jianmin, YANG Xiaomei, *et al.* Study the monitoring location of power frequency electric and magnetic field automatic monitoring station of substation by modeling and simulation[J]. Environmental Monitoring in China, 2023, **39**(4): 221-228. DOI: 10.19316/j.issn.1002-6002.2023.04.22.
- 姜梅, 李炜, 高世刚, 等. 甘肃地区 750 kV 变电站内电磁环境分析研究[J]. 电力科技与环保, 2012, **28**(2): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8069.2012.02.002.
JIANG Mei, LI Wei, GAO Shigang, *et al.* Study on the electromagnetic environment level of 750 kV substation in Gansu territory[J]. Electric Power Environmental Protection, 2012, **28**(2): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8069.2012.02.002.
- 王建国. 新疆 750kV 变电站周围电磁环境水平及其特征分析[J]. 干旱环境监测, 2012, **26**(2): 104-107.
WANG Jianguo. The level and characteristic of Xinjiang 750 kV substation electromagnetic environment[J]. Arid Environmental Monitoring, 2012, **26**(2): 104-107.

- 5 李晔. 银川东 750 kV 变电站电磁环境测试与分析[J]. 宁夏电力, 2008(6): 17-20. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2008.06.006.
LI Ye. Test and analysis of the electromagnetic environment at Eastern Yinchuan 750 kV Substation[J]. Ningxia Electric Power, 2008(6): 17-20. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2008.06.006.
- 6 周颖, 吴剑, 刘寅. 1 000 kV 特高压变电站周围电磁环境影响分析[J]. 环境与发展, 2017, **29**(10): 166. DOI: 10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2017.10.098.
ZHOU Ying, WU Jian, LIU Yin. Influence of electromagnetic environment around 1 000 kV UHV substation[J]. Environment and Development, 2017, **29**(10): 166. DOI: 10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2017.10.098.
- 7 韩利, 杨涛, 张庆霞, 等. 750 kV 变电站电磁环境监测分析探讨[J]. 电气应用, 2018, **37**(3): 14-17.
HAN Li, YANG Tao, ZHANG Qingxia, *et al.* Analysis of electromagnetic environment monitoring in 750 kV substation[J]. Electrotechnical Application, 2018, **37**(3): 14-17.
- 8 牟子策. 重庆某 500 kV 变电站电磁环境监测分析[J]. 科学咨询(科技·管理), 2011(28): 70-72.
MOU Zice. Electromagnetic environment monitoring and analysis of a 500 kV substation in Chongqing[J]. Science Consulting (Science and Technology Management), 2011(28): 70-72.
- 9 徐禄文, 侯兴哲. 重庆城市电网工频电磁环境现状及安全性分析[J]. 中国环境监测, 2008, **24**(6): 88-91. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6002.2008.06.021.
XU Luwen, HOU Xingzhe. Condition and security analysis of power frequency electromagnetic environment in the urban power grid of Chongqing[J]. Environmental Monitoring in China, 2008, **24**(6): 88-91. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6002.2008.06.021.
- 10 刘益军, 王岩, 任亚英, 等. 佛山地区典型变电站和输电线路电磁环境监测分析[J]. 中国电力, 2012, **45**(3): 18-22. DOI: 10.3969/j.issn.1004-9649.2012.03.005.
LIU Yijun, WANG Yan, REN Yaying, *et al.* Electromagnetic environment monitoring of typical transmission substation and transmission in Foshan area [J]. Electric Power, 2012, **45**(3): 18-22. DOI: 10.3969/j.issn.1004-9649.2012.03.005.
- 11 于丽新, 邵枫, 李超, 等. 500kV 户外型变电站作业场所电磁环境实测分析[J]. 环境工程, 2016, **34**(6): 168-172. DOI: 10.13205/j.hjgc.201606035.
YU Lixin, SHAO Feng, LI Chao, *et al.* Measurement and analysis of electromagnetic environment for workplaces in 500 kV outdoor substations[J]. Environmental Engineering, 2016, **34**(6): 168-172. DOI: 10.13205/j.hjgc.201606035.
- 12 邵海江. 电磁环境控制限值: GB 8702—2014[S]. 杭州: 环境保护部辐射环境监测技术中心, 2014.
SHAO Haijiang. Electromagnetic environment control limits: GB 8702—2014[S]. Hangzhou: Radiation Environment Monitoring Technology Center of the Ministry of Environmental Protection, 2014.
- 13 何俊. 交流输电工程电磁环境监测方法(试行): HJ 681—2013[S]. 杭州: 环境保护部辐射环境监测技术中心, 2013.
HE Jun. Monitoring methods for electromagnetic environment of AC power transmission and transformation projects (Trial): HJ 681—2013[S]. Hangzhou: Radiation Environmental Monitoring Technical Center of Ministry of Environmental Protection, 2013.
- 14 黄汇益, 逯迈. 植被对特高压交流输电线路电磁暴露的影响[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2022, **40**(3): 030601. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2022-0013.
HUANG Huiyi, LU Mai. Impact of vegetation on electromagnetic exposure of UHV AC transmission lines [J]. Journal of Radiation Research and Radiation Engineering, 2022, **40**(3): 030601. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2022-0013.
- 15 李欣鸿, 周文颖, 王盼盼, 等. 超表面天线对地下空间电磁环境的辐射安全分析[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2026, **44**(3): 030602. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2025-0118.
LI Xinhong, ZHOU Wenying, WANG Panpan, *et al.* Radiation safety analysis of metasurface antennas on the electromagnetic environment in underground spaces[J]. Journal of Radiation Research and Radiation Processing, 2026, **44**(3): 030602. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2025-0118.