第五章 发包人要求

甘肃汇优新能源开发有限公司

临泽板桥100MW/400MWh独立储能电站项目

工程总承包(EPC)

技术规范书

(注：本技术规范书仅供参考，中标方需进一步复核，并最终满足项目实际需求)

目 录

1 综合说明.....1
1.1 工程概况.....1
1.2 设计依据.....1
1.3 设计范围.....2
1.4 主要技术方案.....2
1.5 投资估算及财务评价.....3
1.6 项目建设必要性.....4
2 系统部分.....7
2.1 系统一次.....7
2.2 系统继电保护及安全自动装置.....9
2.3 系统通信.....11
2.4 系统远动.....11
3 工程地质、水文气象.....18
3.1 岩土工程.....18
3.2 水文气象.....24
4 储能部分电气设计.....29
4.1 储能技术发展现状及主要技术路线.....29
4.2 电池类型比选.....33
4.3 锂电池储能冷却方式比选.....37
4.4 锂电池储能系统设计方案.....38
4.5 储能站用电设计.....45
4.6 储能电站防雷接地.....47
4.7 储能电站二次部分设计.....47
4.8 废旧电池处理方案.....52
5 储能部分土建设计.....53
5.1 设计中采用的标准、规范.....53
5.2 站区规划和布置.....53
5.3 预制舱和构筑物.....55
5.4 水工部分.....57
5.5 采暖和通风部分.....57
5.6 储能电站消防设计.....58
6 升压站电气部分.....60
6.1 电气主接线.....60
6.2 短路电流水平.....61
6.3 绝缘配合及过电压保护.....61
6.4 主要电气设备选择.....64
6.5 电气设备布置及配电装置.....65
6.6 防雷与接地.....66
6.7 所用电.....66
6.8 照明及检修.....67
6.9 电缆敷设.....68
6.10 监控系统.....68

6.11 元件保护.....70
6.12 计算机监控系统布置方案.....71
6.13 抗干扰以及屏蔽措施.....71
6.14 操作电源系统.....72
6.15 图像监控系统.....73
6.16 全站同步时钟系统.....75
7 升压站土建设计.....76
7.1 设计中采用的标准、规范.....76
7.2 建设规模.....76
7.3 工程概况.....77
7.4 站区总布置及交通运输.....77
7.5 站区竖向布置.....77
7.6 交通运输.....78
7.7 建筑物及屋外构筑物.....78
7.8 采暖通风及空调.....79
7.9 给排水.....82
7.10 消防.....83
8 送出线路.....86
8.1 总述.....86
8.2 线路路径.....87
8.3 气象条件.....95
8.4 机电部分.....100
8.5 通信保护.....105
8.6 杆塔与基础.....105
8.7 在线监测.....109
8.8 对电信线路、无线电台站和油气管线的影响及其防护.....109
8.9 环境保护与水土保持.....109
8.10 抗灾设计方案及措施.....112
9 施工组织.....113
9.1 施工条件.....113
9.2 施工总布置方案.....113
9.3 土建施工方案.....114
9.4 电气施工方案.....117
9.5 特殊气象条件下的施工措施.....125
9.6 施工总进度.....127
10 工程管理.....128
10.1 工程管理机构.....128
10.2 主要管理设施.....129
10.3 电站运维.....130
11 环境保护和水土保持.....131
11.1 环境保护.....131
11.2 水土保持.....135
11.3 塔基自然环境保护和水土保持.....137
11.4 送出线路环境保护.....137

11.5 建议.....138
12 节能降耗.....139
12.1 设计原则.....139
12.2 设计依据.....139
12.3 主要节能降耗措施.....139
12.4 建设管理的节能措施建议.....141
13 劳动安全与职业卫生.....142
13.1 设计总则.....142
13.2 工程劳动安全与工业卫生危害因素分析.....143
13.3 劳动安全与工业卫生对策措施.....144
13.4 劳动安全与工业卫生机构设置、人员配备及管理制度.....147
13.5 预期效果评价.....150

1　综合说明

1.1　工程概况

临泽板桥 100MW/400MWh 独立储能电站项目位于甘肃省张掖市临泽县，规划建设电化学储能电站 100MW/400MWh，拟通过 330kV 建赛储能升压站扩建 1 台主变，汇集 100MW 储能项目。储能电站 4 回 35kV 集电线路接入 2#主变 35kV 侧，建赛储能升压站以 1 回 330kV 线路接入建晟升压站，导线型号为 JL/G1A-2×240，线路长度约 0.7km，建晟升压站以 1 回 330kV 线路接入 750kV 甘州变，导线型号为 JL/G1A-2×630，线路长度约 56km。

项目拟选站址位于张掖市临泽县板桥镇，距离临泽县直线距离约 32km。站址附近有修往矿区的公路，站址距离该公路约 2.5km，有施工便道与其相连，交通条件相对较好，站址区海拔在 1581.4~1584.6m 之间，现为戈壁荒滩。

项目选址如下图所示。



图 1.1-1　项目位置示意图

1.2　设计依据

(1) GB/T 51048-2025　电化学储能电站设计标准
(2) GB/T 36558-2023　电力系统电化学储能系统通用技术条件
(3) GB/T 36547-2024　电化学储能系统接入电网技术规定
(4) GB/T 36276-2023　电力储能用锂离子电池
(5) NB/T 31016-2019　电池储能功率控制系统 变流器 技术规范
(6) DL/T5222-2021　导体和电器选择设计技术规定
(7) GB50229-2019　火力发电厂与变电站设计防火标准
(8) DL/T5056-2024　变电所总布置设计技术规程
(9) GB50062-2024　电力装置的继电保护和自动装置设计规范
(10) DL/T5136-2012　火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程
(11) GB/T 14285-2023　继电保护和安全自动装置技术规程
(12) GB50064-2014　交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范

(13) DL/T5044-2014　　电力工程直流电源系统设计技术规程
(14) DL/T5390-2014　　发电厂和变电站照明设计技术规定
(15) GB50116-2013　　火灾自动报警系统设计规范
(16) DL/T544-2012　　电力系统通信管理规程
(17) DL/T547-2020　　电力系统光纤通讯运行管理规程
(18) DL/T598-2010　　电力系统通信自动交换网技术规范
(19) DL/T 5003-2017　　电力系统调度自动化设计规程
(20) GB50217-2018　　电力工程电缆设计标准
(21) GB/T50065-2011　　交流电气装置的接地设计规范
(22) DL/T795-2016　　电力系统数字调度交换机规范
(23) DL/T5137-2001　　电测量及电能计量装置设计技术规程
(24) DL/T5149-2020　　变电站监控系统设计规程
(25) DL/T5155-2016　　220kV～1000kV 变电所所用电设计技术规程
(26) GB50016-2014　　建筑设计防火规范
(27) DL/T5352-2018　　高压配电装置设计技术规程
(28) DL/T860　　变电站通信网络和系统系列标准
(29) DL/T5218-2015　　220kV-750kV 变电站设计技术规程
(30) DL/T860　　变电站通信网络和系统系列标准
(31) DL/T5860-2023　　电化学储能电站可行性研究报告内容深度规定

其它相关的国家、行业标准规范及电气设计手册等。

1.3　设计范围

（1）工程总体规划及总平面规划布置；
（2）电化学储能电站各系统设计方案；
（3）储能电站送出部分。
（4）厂区建（构）筑物设计方案；
（5）对周围环境的影响及环境治理措施、劳动安全与工业卫生防治措施；
（6）电化学储能电站消防设计；
（7）节约与合理利用资源情况；
（8）投资估算、经济效益分析及评价。

1.4　主要技术方案

（1）储能电站项目装机容量：100MW/400MWh。
（2）电池类型、设计使用寿命、储能电站能量效率：
储能元件选用磷酸铁锂电池，设计适用年限为 10 年，储能电池充放电深度 90%。
（3）电气设计：
1）储能部分
项目储能部分以 4 回 35kV 电缆线路接入建赛储能升压站。
磷酸铁锂储能由 16 个 6.25MW/25MWh 储能单元组成，每个 6.25MW/25MWh 储能单元由 1 套 6.25MW 的 PCS 变流升压舱和 4 套 6.25MWh 储能电池预制舱组成。
储能部分站用电设计 1 回电源。
2）升压站部分
在原 330kV 建赛储能升压站扩建 1 台主变（以下简称“2#主变”），主变容量 120MVA，

汇集100MW储能项目，建赛储能升压站330kV侧由线变组接线改造为单母线接线。储能电站4回35kV集电线路接入2#主变35kV侧，建赛储能升压站以1回330kV线路接入建晟升压站，导线型号为JL/G1A-2×240。

主变：新建2#主变1台，容量120MVA，电压等级345±8×1.25%/37/10.5kV（10kV侧作为平衡绕组）。

330kV出线：终期1回，本期1回；本期330出线间隔建设完成后，将站内原有线变组出线间隔调整为1#主变进线间隔，原有330kV送出线路改接至本期新建出线间隔构架处。

35kV出线：本期新上2#主变35kV侧出线终期4回，本期4回，均至储能电站。另外，新上主变35kV侧预留2回滤波支路。2#主变35kV侧出线同1#变。

无功补偿：本期新上2#主变35kV侧安装1台45Mvar全容量SVG。

调相机：本期新上2#主变预留调相机建设位置，35kV侧预留3回接入条件。

3）330kV线路部分

建赛储能升压站以1回330kV线路接入建晟升压站，其中新建线路长度约0.150km，利旧线路长度为0.44km，导线型号为JL/G1A-2×240。

（4）人员值守方式：少人值守。

（5）水源引接方式：

施工用水采用水管从已建成的临泽板桥羊台山300MW/1200MWh独立共享储能电站项目引接。

（6）地基处理方式；

地基土压缩性低，承载力较高，满足承载力和稳定性要求，无需地基处理。

（7）消防方式：

本工程设置站内消防给水系统，消防给水管网从已建成的临泽板桥羊台山300MW/1200MWh独立共享储能电站项目升压站消防给水管网引接。

储能预制舱内设置全氟己酮气体灭火系统，由厂家集成于储能预制舱内，全氟己酮气体灭火系统的流量、压力、浓度和灭火剂喷放时间等参数需要符合《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》规范要求。

（8）总用地面积：

储能部分呈矩形型布置，位于扩建330kV升压站东侧，西侧与升压站衔接。

储能部分（不含330kV扩建升压站）围墙东西长105.2m，南北宽123.2m，围墙内占地面积约1.2961公顷，围墙外设2m宽防（排）洪设施用地。

建赛储能升压站扩建部分东西方向长108.3m，南北方向宽106.8m，围墙内占地面积约为1.1564h㎡。站内主要布置：主变位于升压站西北侧，35kV配电室位于北侧，330kV出线由西侧架空出线。

储能电站总用地面积约2.2471h㎡（合33.69亩）。

（9）拆迁工程量。

无。

1.5 投资估算及财务评价

（1）工程投资

临泽板桥100MW/400MWh独立储能电站项目工程静态总投资46644万元，动态投资47306万元。

其中：100MW/400MWh独立储能电站静态投资41790万元，动态投资42383万元；110千伏临泽板桥主变扩建工程静态投资4353万元，动态投资4415万元；新建330千伏线路送出工程静态投资350万元，动态投资355万元。

（2）财务评价

本项目建设工期为 12 个月，项目投资财务内部收益率为 9.85%（税后，下同），资本金财务内部收益率为 34.52%，投资回收期为 7.75 年，总投资收益率为 6.39%，项目资本金净利润率为 20.47%。项目资本金财务内部收益率（34.52%）高于资本金基准收益率（8%），因此，该项目财务评价可行。

1.6 项目建设必要性

1.6.1 促进新能源消纳和经济发展

储能电站的建设有助于新能源的高效利用，特别是在风能和太阳能等间歇性能源的消纳方面具有重要作用。通过储能电站，可以更好地管理新能源发电的输出，减少弃风弃光现象，提高能源利用效率，促进当地经济发展

储能电站可以作为“蓄水池”，在能源需求高峰时释放储存的能量，满足用电需求，从而缓解电网压力，保障电力供应的连续性和稳定性。这对于应对突发情况或能源需求波动具有重要意义。

储能电站的建设符合国家推动新能源发展的战略目标，特别是在实现“碳达峰”和“碳中和”目标的过程中，储能电站起到了关键作用。通过高效利用新能源，减少碳排放，推动绿色低碳发展。

1.6.2 提升能源利用效率和稳定性

独立储能电站项目建成后将显著提升能源利用效率，减少碳排放，并为电网的安全稳定运行提供强有力的保障。储能电站能够平衡新能源发电的波动性，确保电力供应的稳定性和可靠性。

1.6.3 推动产业升级和经济发展

储能电站的建设不仅是一个独立的能源项目，还带动了相关产业的发展。例如，储能电站的建设需要大量的基础设施建设、设备采购和技术支持，这促进了当地相关产业的发展，增加了就业机会，推动了经济的整体发展。

1.6.4 电网测储能的作用

电网侧配置储能系统主要能够发挥以下几个方面的积极作用，从而提升了电网侧消纳新能源的能力。

(1)“高吸低放”解决弃光限电问题

储能系统在弃电时段进行储能，将原无法正常上网的电量进行电池储能。在非弃电时段，进行储能释放，缓解系统调峰、调频压力。具体示意如图 1.7-1 所示。

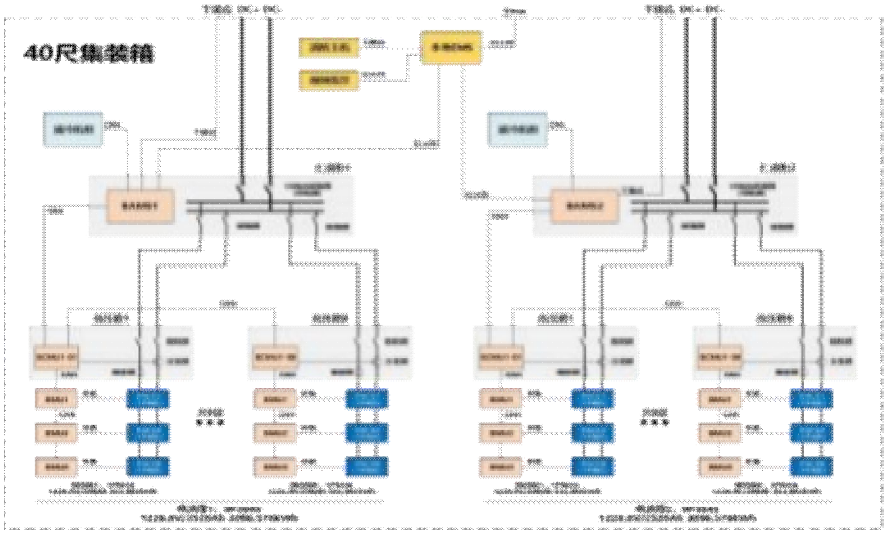


图 1.7-1　储能站“高吸低放 ”运行模式示意图

(2)平滑功率输出

储能系统在当地地区新能源(包含光伏电站和风电电站)非弃风光时段采取 AGC 运行模式，即对新能源电站的出力进行平滑，减少新能源出力曲线的随机波动性对电网的影响，提高储能电站上网电能质量。具体示意如图 1.7-2 所示。

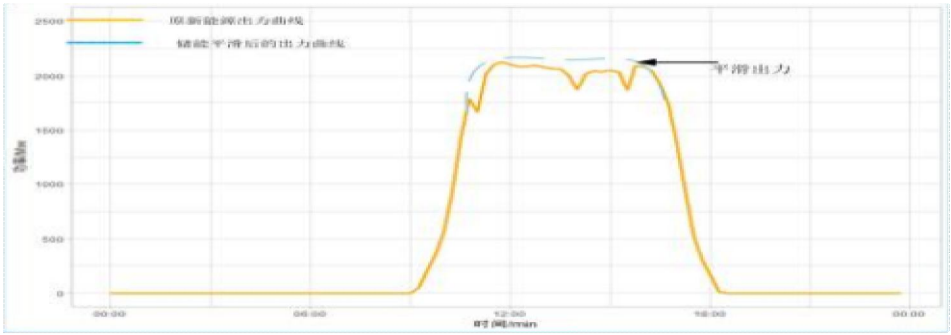


图 1.7-2　储能站的 AGC 运行模式示意图

(3)辅助调峰模式

储能系统在当地地区光伏电站早高峰来临之前的快速爬坡阶段采取辅助调峰运行模式，即在每天的低谷期进行电能存储，在早高峰来临之前，释放电能，从而减缓光伏电站的出力快爬升对系统调峰能力的冲击，减少新能源电站早高峰爬升阶段对电网的影响。具体示意如图 1.7-3 所示。

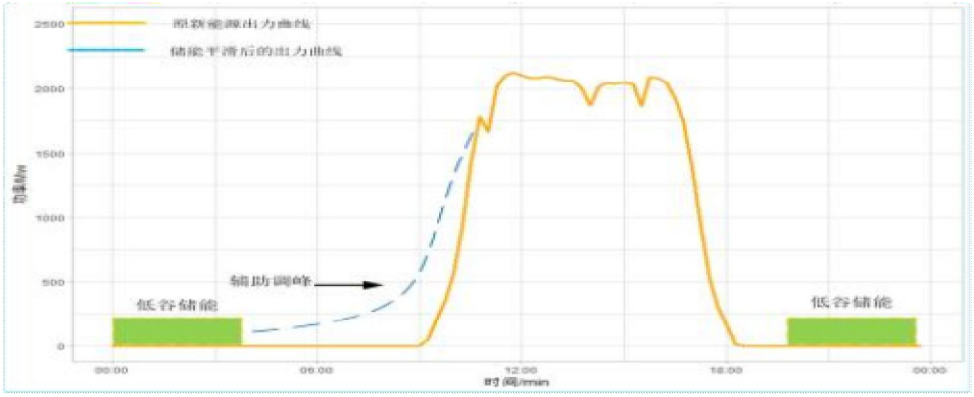


图 1.7-3　储能站的辅助调峰运行模式示意图

(4)快速响应，调频调压

储能电站可以接受电网调度，实现暂态有功出力紧急响应和暂态电压紧急支撑功能，参与电网的调频、调压辅助服务，提高电网质量和延缓传统发电设备老化和电网侧设备投资改造工作。具体示意如图 1.7-4 所示。

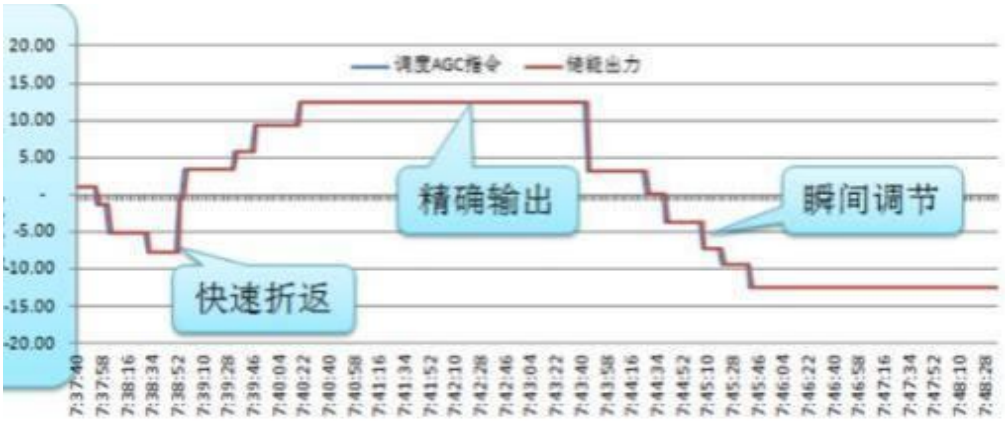


图 1.7-4　储能电站电网侧调频电压运行模式示意图

(5)储能系统的接入对于无功功率和电压也存在一定的提升作用，增强了系统的稳定性。

(6)当发生三相永久故障时，储能系统的接入可以有效地平抑故障功率波动，缩短过渡过程，有利于电网系统在较短时间内更快地达到新的稳定状态，增强了电网系统的暂态稳定性。

2　系统部分

2.1　系统一次

2.1.1　接入系统方案

330kV 建赛储能升压站扩建 1 台主变（以下简称“2#主变”），主变容量 120MVA，汇集 100MW 储能项目，建赛储能升压站 330kV 侧由线变组接线改造为单母线接线。储能电站 4 回 35kV 集电线路接入 2#主变 35kV 侧，建赛储能升压站以 1 回 330kV 线路接入建晟升压站，导线型号为 JL/G1A-2×240，线路长度约 0.7km，建晟升压站以 1 回 330kV 线路接入 750kV 甘州变，导线型号为 JL/G1A-2×630，线路长度约 56km。

项目接入系统最终方案根据接入系统报告及其批复意见确定。

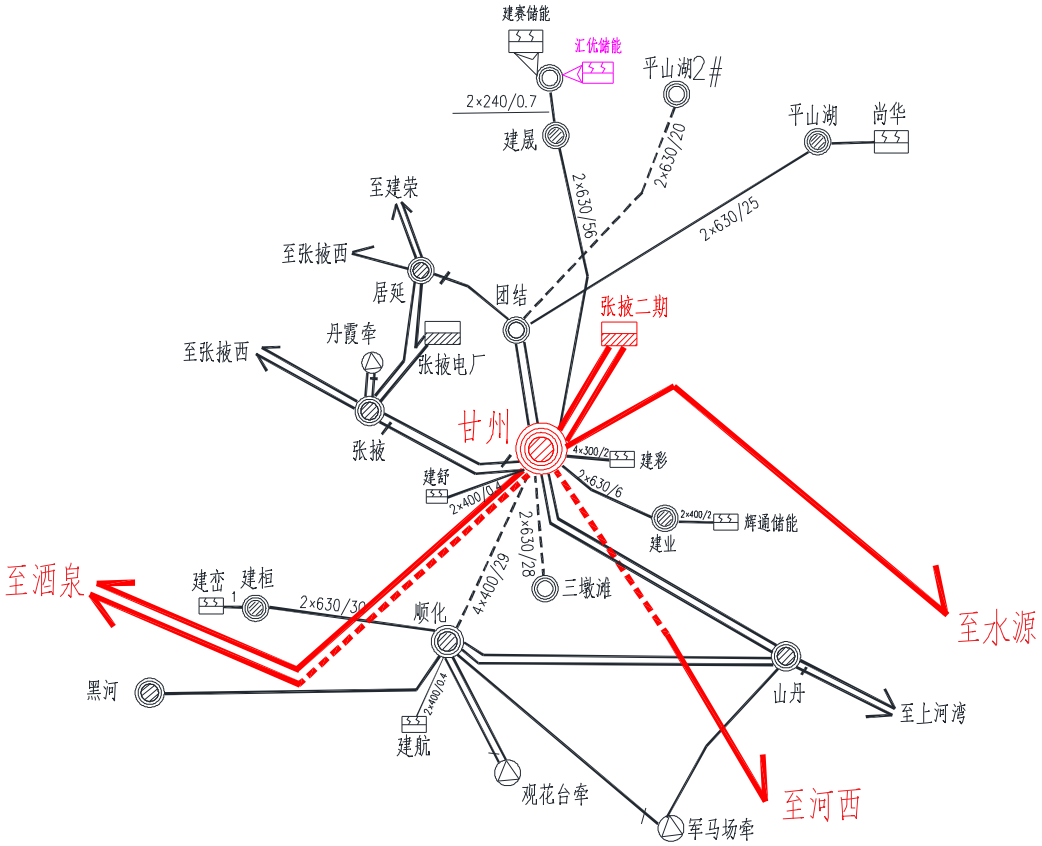


图 2.1-1　项目初步接入系统方案示意图

2.1.2　张掖地区电网现状

张掖地区 330kV 电网已覆盖全部县区，由地区 6 座 330kV 公网变电站、电厂、兰新铁路牵引站及相关线路组成，分属于甘州、酒泉两个 750kV 供电系统。其中甘州、山丹、临泽、肃南及民乐地区 330kV 电网是以 750kV 甘州变为支撑形成的供电网络，包括张掖、居延、山丹、顺化及黑河 4 座变电站。高台县 330kV 电网正常方式下由 750kV 酒泉变供电，现运行 330kV 骆驼城变电站 1 座。甘州、酒泉 2 个系统之间通过 2 回 330kV 线路相连、互为备用。

甘州区现运行张掖、居延 2 座 330kV 变电站，与张掖电厂及甘州变形成环网结构。肃南、民乐及山丹现运行黑河、顺化及山丹 3 座 330kV 变电站，形成黑河～顺化～山丹～甘州的链式供电结构。张掖电网通过山丹～上河湾双回 330kV 线路与金昌电网相连，目前通过 750/330kV 电磁环网运行。

2022 年新增 330kV 建康变(高崖子滩升压站)、建业变(东乐北滩升压站)，2023 年 330kV 建泽变（罗成滩升压站）、建荣变（平川升压站）、建晟变（板桥升压站）、建桓变（南滩升压站）均已建成投运。

为提高河西电网运行灵活性、满足地区负荷供电可靠性、为地区新能源发展提供上网条件，750kV 甘州变扩建第 2 台主变，已于 2024 年初建成投产。为满足民乐地区负荷供电可靠性、满足地区新能源发展需要，330kV 顺化变扩建第 2 台主变，已于 2024 年 5 月建成投产。

张掖地区主网 2025 年现状接线见图 2.1-2。

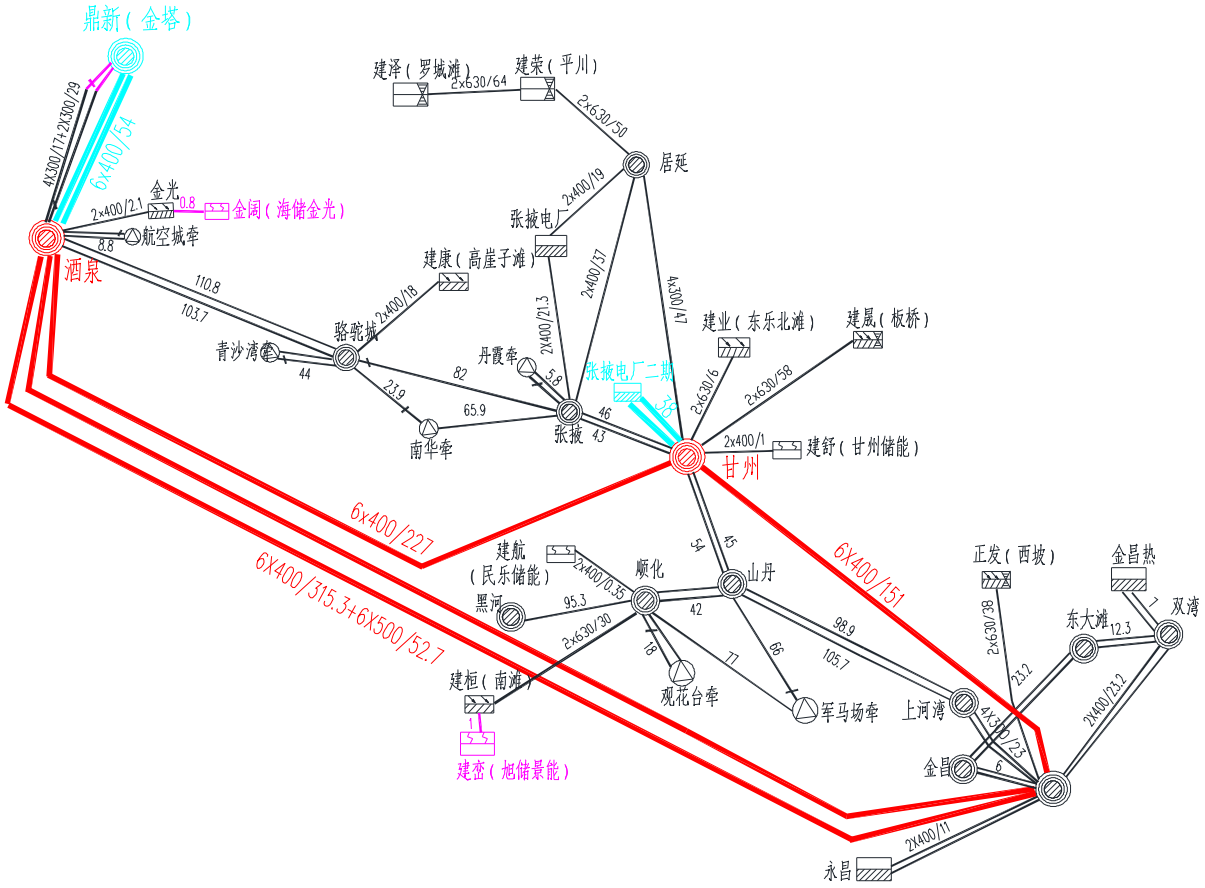


图 2.1-2　张掖地区主网 2025 年现状接线图

2.1.3　张掖地区电网发展

“十五五”期间，结合甘电入川直流配套新能源项目的送出的，张掖地区规划新建 750kV 高台西变；结合甘肃北通道的建设，在张掖地区规划建设 750kV 张掖西变，同时对地区 330kV 网架进行优化；为满足地区新增负荷供电需求与兰张三四线牵引变电站供电，张掖地区规划建设绣花庙变，同时新建 330kV 长山岭牵与山羊堡牵；为满足甘州经济技术开发区负荷发展需要，建设 330kV 团结输变电工程，建成后 π 入甘州～居延线路，同步新增 1 回甘州～团结线路；为满足张掖“十四五”第三批新能源项目汇集上网，张掖地区新建平山湖 2#升压站、三墩滩升压站。

张掖地区主网 2030 年电网规划接线见图 2.1-3。

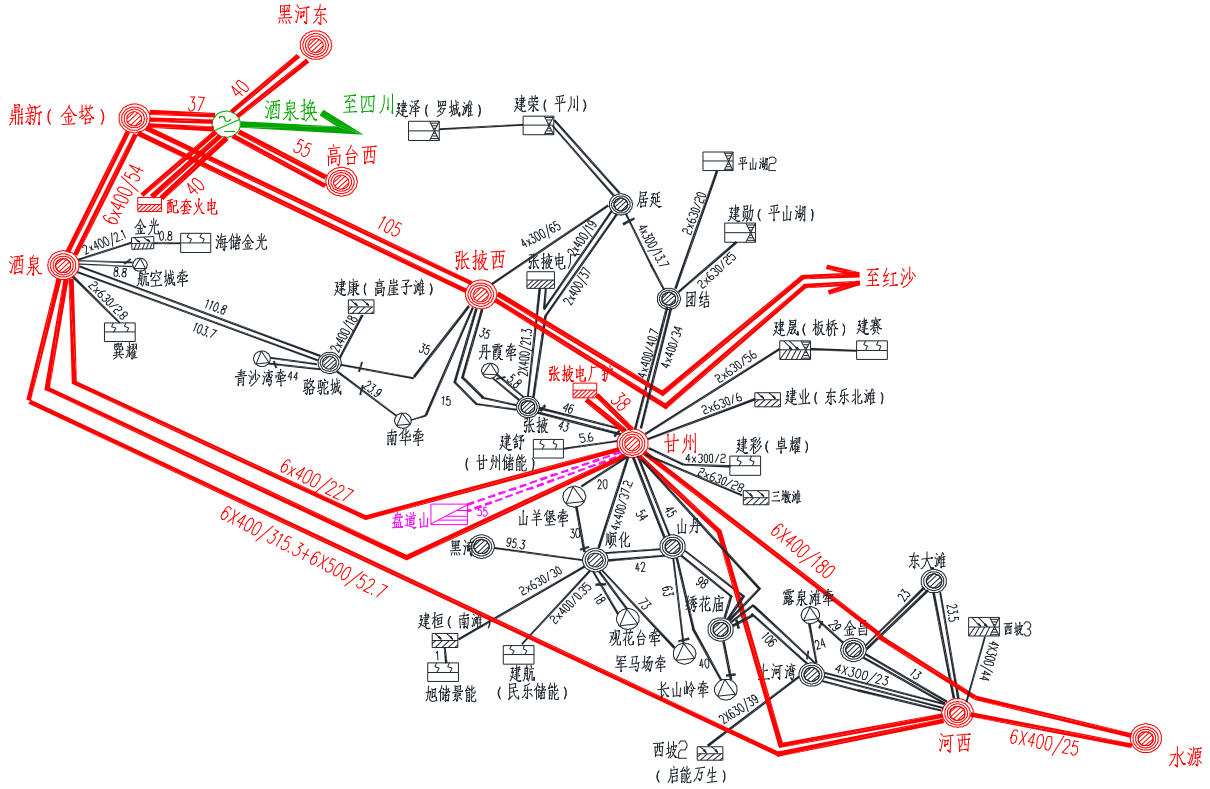


图 2.1-3　张掖地区主网 2030 年规划接线图

2.2　系统继电保护及安全自动装置

2.2.1　建赛变 330kV 侧系统继电保护配置方案

1）建赛变～建晟变 330 千伏线路保护

建赛变～建晟变 330 千伏线路保护现状配置了一套南瑞继保生产的 PCS-931A-GCN 型光纤分相电流差动保护 A+CZX-12G-H2 型分相操作箱、一套国电南自生产的 PSL603UA-GCN 型纤分相电流差动保护 B，本工程继续使用，但需升级改造完善重合闸相关功能。

2）建赛变～建晟变 330 千伏失灵远跳就地判别

失灵远跳就地判别的配置已双重化，其功能集成在 330 千伏线路保护装置中，不再单独配置。

3）330 千伏母差保护

建赛变本期电气 330 千伏主接线由线变组接线改为单母线接线，330 千伏母线新配置双重化的微机型母差保护，每套母差保护均含有一套断路器失灵保护及失灵启动的电流判别元件，失灵保护与母差保护共用出口。每套微机母差保护至少可用于 9 个单元。

共新上 2 面 330 千伏微机母差保护柜。组柜：微机母差保护装置+打印机。

4）330 千伏断路器保护

建赛变现状配置一套南瑞继保生产的 PCS-921A-GCN 型断路器保护、一套国电南自生产的 PSL-632UA-G 型断路器保护，本工程退出运行。

5）330 千伏线路故障录波

建赛变 330 千伏侧现状配置一面山东山大生产的 WDGL-VI 型微机故障录波柜，用于 330kV 线路及主变，本工程电气主接线由线变组改为单母线接线时，现有故障录波考虑用于主变，新上 1 面线路故障录波用于 330kV 线路保护及新上的母线保护，要求可录 96

路模拟量（含 20 路电压量、72 路电流量、4 路直流量）,128 路开关量，具有远传及测距功能。

共新上 1 面 330kV 线路微机故障录波柜。

6）继电保护信息子站

建赛变现状配置了一套南瑞继保生产的PCS-9700型保护及故障信息管理子站系统。本期新上的保护设备接入该系统，计列子站软件扩容及调试费用。

7）防孤岛保护

根据《DL / T2246-2021 电化学储能电站并网运行与控制技术规范》，储能电站应配置防孤岛保护，包括过频率、低频率，以及过电压、低电压保护功能，并网运行模式下，要求储能变流器应具备快速检测孤岛且立即断开与电网连接的能力，孤岛保护的动作时间应不大于 2S,且防孤岛保护还应与电网侧线路保护相配合。防孤岛保护在本体设计中统一考虑。

8）其它

①建赛变 330 千伏线路的两套保护均使用线路电压互感器的二次交流电压，要求 330 千伏线路装设三相电压互感器并给保护提供两个次级绕组；

②330 千伏母线配置的两套母差保护的交流电压取自母线 PT，要求 330 千伏母线装设三相电压互感器。

③建赛变～建晟变 330 千伏线路建赛变侧的电流互感器宜采用 TPY 级。建赛变主变高压侧应为稳控装置分配 2 个保护级 CT 绕组，该绕组不能与主变保护共用，可与故障录波共用。

2.2.2 建赛变 35kV 侧系统继电保护配置方案

1）35kV 线路保护及自动重合闸

35kV 储能线路保护在本体工程中统一设计，本工程只提技术要求，建议每回 35kV 线路配置一套微机线路保护装置，含三段式相间距离保护、三段式电流电压保护、两段式零序方向电流保护及三相操作插件。要求带有过负荷保护，动作于信号。

2）35kV 母差保护

本期新建的 35kV 母线配置一面微机母差保护柜，适用于单母线接线，考虑为 15 个单元。

共配置 1 面母差保护柜。

3）35kV 故障录波

本期主变下的 35kV 系统配置一面微机故障录波柜,可录 96 路模拟量（含 20 路电压量、72 路电流量、4 路直流量）,128 路开关量，具有远传及测距功能。

共新上 1 面 35kV 线路微机故障录波柜。

4）35kV 电流互感器

每回 35kV 线路电流互感器应有五个次级绕组：线路保护（稳控 A、录波）一组、稳控 B 一组、母差保护一组、测量一组、计量一组。

2.2.3 安全自动装置配置方案

330kV 建赛变配置双套南瑞继保公司生产的 PPC92-311A-H2 型汇集执行站。稳控装置主要功能为：

1）采集本地 1 回 330kV 线路、1 回主变高、12 回 35kV 储能线以及 2 回 SVG 线路的三相电压电流，判断 330kV 线路、主变、储能线运行信息；

1）与 330kV 建晟变通信：向其上送储能充、放电可切容量；接收其发来的切放电储能容量命令，按优先级最小过切本地放电储能线；接收切充电储能容量命令，按优先

级最小过切本地充电储能线。

3）判断 330kV 线路、35kV 储能线、SVG 的次超同步和中高频振荡故障(频率范围 2.5Hz~2500Hz)，分别采取不同的控制措施。

4）双套装置，其中稳控功能（接收 330kV 建晟变切储能线命令）双主独立运行，宽频振荡控制功能主辅运行。

本项目接入后建赛变需新上 2 套稳控从机，接入本期新增的 1 回主变高、35kV 储能线以及 SVG 线路的三相电压电流，对稳控系统进行策略调整、系统联调。

2.2.4 对相关专业的技术要求

1)本期330kV建赛变新建的35kV汇集线路保护和测控装置统一设计,由于主变35kV侧采用小电阻接地，线路应增配零序电流保护功能。

2）双重化配置的两套母差保护等设备应采用不同厂家。

3）工程新配置的继电保护装置出口压板、稳定控制装置硬压板均应采用双联压板，并将信息通过调度数据网上传调度端主站系统。

2.3 系统通信

2.3.1 调度管理体制

330kV 建赛变由张掖地调调度。

2.3.2 通信方式的组织

2.3.2.1 升压站通信方式的组织

330kV 建赛变-甘肃省调

主备用通道：光纤电路。

利用 330kV 建赛变-330kV 建晟变光通信电路以及省级主干环网电路将信息传至甘肃省调。

330kV 建赛变-张掖地调

主备用通道：光纤电路。

利用 330kV 建赛变-330kV 建晟变光通信电路以及张掖地区光环网将信息传至张掖地调。

2.3.3 设备配置

330kV 建赛变电站扩主变工程系统通信设计中，330kV 建赛变现运行光通信设备以及光缆能够满足本期工程对系统通信设计的要求，故本期没有新配置的通信设备及光缆部分，通信部分总投资为零。

2.3.4 结论

通过校核 330kV 建赛变电站通信设备以及信息通道完全能够满足系统调度电话、调度自动化等综合信息的传输要求。本期不再为其组织新的信息通道，不再配置新的通信设备。

2.4 系统远动

2.4.1 电力系统调度关系、范围及信息交互

2.4.1.1 电力系统调度关系、范围及信息交互

汇优临泽 100MW 独立储能项目、330kV 建赛储能升压站新扩主变及线路间隔均由甘肃省调调度。

汇优临泽 100MW 独立储能项目的信息送往甘肃省调(主/备调）。

330kV 建赛储能升压站新扩主变及线路间隔的远动信息送至甘肃省调(主/备调）与张掖地调(主/备调）。

至甘肃省调(主/备调）：主/辅用方式均采用电力调度数据网络。

至张掖地调(主/备调）：主/辅用方式均采用电力调度数据网络。

通过电力调度数据网络传输信息时，要求以两路不同路由的方式分别接入网络内的两个不同的汇集节点，单链路带宽不小于 2×2Mbit/s。其中远动信息采用 IEC60870-5-104 规约；电能量计量系统与调度端的通讯规约采用 DL/T634.5102 规约；至营销用电信息采集系统采用 Q/GDW 1376.1-2013 规约。

2.4.1.2 厂站自动化系统

2.4.1.2.1 远动系统技术功能要求

(1）功能要求

(1）功能要求

根据甘肃省调调度自动化系统的功能要求，汇优临泽 100MW 独立储能项目的储能监控系统、330kV 建赛储能升压站应能配合调度端实现 EMS 功能。具体要求如下：

- 实时准确采集并向调度端发送数据，接收调度中心下达的命令。
- 具有模拟量越限传送、遥信变位优先传送、事故信号优先传送的功能。
- 具有接收、返送校核和处理遥控命令的功能。
- 具有事件记录的功能。
- 具有人机接口功能。
- 具备与多个调度中心同时通信的功能，通信规约为 DNP 3.0 规约、DL/T634.5101 规约、DL/T634.5104 规约。
- 具备接入甘肃电力调度数据网的接口。
- 支持主辅双通道。

(2)技术要求

遥测精度：0.2 级。

遥信输入：无源接点方式。

遥控输出：无源接点方式。

事件顺序记录(SOE）分辨率可达 1~5ms，用户可选择。

远动系统可用率≥99.99%。

遥信正确率：100%。

遥控正确率：100%。2.4.1.2.2 自动化信息采集

2.4.1.2.2.1 信息采集原则

应实现电网稳态、动态和暂态数据的采集。

应实现设备运行状态数据的采集。

量测数据应带时标、品质信息。

采集的信息要考虑其完整性和实时性的要求。

至调度中心的信息交互内容按照《电力系统调度自动化设计技术规程》与《电网配置储能系统监控及通信技术规范》执行。

2.4.1.2.2.2 信息采集范围

汇优临泽 100MW 独立储能项目(储能本体）：

(1）稳态数据：

(a）状态数据

储能系统充放电状态

储能系统荷电状态

(b）量测数据

储能系统充放电的有功功率和无功功率

储能系统实发有功功率

有功功率变化限值

功率变换系统直流侧电压、电流、功率

功率变换系统交流侧三相电压、电流、有功、无功

储能系统实发无功功率

储能电站控制电压目标值

(c）统计计算数据

(2）设备运行状态数据：

功率变换系统动作信号

储能元件和变流器的越限报警

(3）网络安全信息：

主机设备：操作系统层面所有的用户登录、操作信息、外设设备接入信息及外联等安全事件信息。

网络设备：交换机相关的配置变更、流量信息、网口状态等安全事件信息。

安全防护设备：

纵向加密认证装置：装置的运行状态、安全事件及配置变更信息。

横向隔离装置：装置的运行状态、安全事件及配置变更等信息。

防火墙：装置的运行状态、安全事件、策略变更及设备异常等信息。

330kV 建赛储能升压站(本期新增，包含但不局限于以下范围)）：

（1）稳态数据：

（a）状态数据

新增断路器位置。

新增隔离开关位置。

新增接地刀闸位置。

新增主变分接头位置。

（b）量测数据

35kV 储能线路、变压器各侧电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数。

35kV 无功补偿设备的无功功率。

电能量数据：包括主变高压侧、330kV 线路双向有功/无功电量。

（c）统计计算数据

（2）动态数据主要包括：

主变各侧、35kV 储能线路的基波电压相量、基波电流相量。

动态无功补偿装置三条支路的基波电压相量、基波电流相量。

频率和频率变化率。

有功、无功计算量。

低频振荡信息；

次/超同步振荡信息。

（3）暂态数据主要包括：录波数据

（4）设备运行状态数据主要包括：

主变、35kV 汇集线路保护动作信号。

主变、35kV 汇集线路重合闸动作信号。

断路器控制回路断线信号。
断路器操作机构故障信号。
升压站无功补偿装置自动/手动信号

2.4.1.3 调度自动化设备配置

(1）设备配置原则

- 远动设备应能够满足规程规定的各项功能、技术要求。
- 应能采集并传送全部调度需要的信息。
- 采集的信息应能满足场站当地监控的需要。
- 采集的远动信息必须保证直采直送。即远动信息的采集、传送的整个过程不允许有其他的中间环节、以保证调度自动化系统的实时性要求。
- 测量数据应满足电网调度自动化遥测量精度的要求，应采用交流采样方式。

(2）设备配置

汇优临泽 100MW 独立储能项目

汇优临泽 100MW 独立储能项目应建设储能电站监控系统，实现对储能站内电池管理系统、功率变换系统等其他站内设备的信息采集、处理、监视、控制、运行管理。监控系统宜由站控层、间隔层两部分组成，并采用分层、分布、开放式网络结构实现连接。站控层的监控主站应能实现对储能系统的监控功能和自动化信息向调度主站远传的功能并满足电力监控系统安全防护要求的相关规定。间隔层的储能就地监控系统、电池管理系统、功率变换系统采集储能系统储能元件、变流器的运行状态及运行数据，再上传至站控层监控主站并接收和执行监控主站的控制命令。对储能电站远动系统要求如下：

- 储能电站监控系统应具备 AGC、AVC 功能。
- 储能电站监控系统中的远动工作站（或通讯服务器）作为远动信息传输设备应采用双重化配置方案，配置应充分考虑到传输信息的可靠性要求。
- 储能就地监控系统、电池管理系统、功率变换系统采集到的远动信息，应直接传输到远动工作站，以保证远动信息的实时性和可靠性。
- 应配置足够的通信接口，通讯接口应提供多个模拟、数字、网络口，支持以太网、光纤、RS232/485 通讯接口，具备 IEC60870-5-101、DNP3.0 等基于串口的远动通讯规约，IEC60870-5-104 网络通讯规约等多种通讯规约。
- 远动工作站通过数据网接入设备与电力调度数据网连接，实现数据的传输。
- 在网络通信方式下底层传输协议采用 TCP/IP 协议。
- 储能电站监控系统应具备与站内其他自动化系统（包括但不限于：交直流电源系统、视频及环境监控系统、火灾报警系统、电能量计量系统等）进行数据通讯的功能。

330kV 建赛储能升压站：

330kV 建赛变继续利用前期已配置的变电站计算机监控系统。本次工程新扩的主变及 35kV 储能线路配置与站内计算机监控系统相适应的测控装置，实现新扩设备信息的采集。

2.4.1.4 计算机监控系统网络安全防护要求

汇优临泽 100MW 独立储能项目的储能监控系统应按国家网络安全等级保护相关法规要求，开展安全等级保护定级与备案工作。系统建设与运行应满足对应等级的安全保护要求，并通过等级保护测评，确保符合电力监控系统安全防护规定。

2.4.2 厂站端电能计量装置

2.4.2.1 计量表计的配置

本期330kV建赛变原有主变330kV侧按主/副方案配置关口计量表计。

本期330kV建赛变新扩主变330kV侧按主/副方案配置贸易结算表计，主变35kV侧按单表方案配置考核用计量表计。

本期建设的4回35kV储能线路与一回储能站用变线路均设置按主/副方案配置关口计量表计。

配置的计量表计应为满足规程规范要求的、符合结算计量需要的、双向智能电度表，计量精度有功D级,无功1.0级。

2.4.2.2 电能量采集方案及设备配置

330kV建赛变已配置有一台电能采集终端与一台电能量数据采集终端，能够满足本期新扩主变及储能线路电量信息的接入要求，本期计列表计接入调试费。

2.4.2.3 对计量设备的技术要求

(1）对电能量计量表计的要求

配置的计量表计应为满足规程规范要求的、符合结算计量需要的、双向智能电度表。

采用结构模块化、测量组合化、电子式多功能电能量计量表，表内参数可当地和远方下载。

具备双向有功和四象限无功电能量的计量功能。

应能分别计量基波电能、谐波电能。

具备事件记录功能。

在标称值的0.05%~120%的测量范围内，应保持精度不变。

应具有两个且能够同时使用的RS-485串口输出，并具备脉冲输出方式，脉冲输出方式为无源接点。电能量输出为表底值。

电能表需具备存储96点分时底码、日冻结底码。

电能表数据需达到4位小数精度要求。

电能计量表计应具有就地显示窗口，设置方向显示。

电能计量表计应具有自检功能，能主动向主站和现场提供相应的报警信号输出，如PT失压、CT断线、电源失常、自检故障等。

电能量计量表应具有数据冻结命令的接收功能。

平均无故障工作时间(MTBF）不小于5x104h。

电能表有功精度为0.2S级，无功精度为2.0级。

(2）对电能量远方采集终端的功能要求

电能量采集终端应能满足甘电调控[2019]41号文件关于现货关口采集等相关技术要求。

电能量远方终端应能完成电能量数据的高精度采集、安全可靠地分时段存储、远传等功能。采集电能量数据点不应小于80个，内存容量不应小于256MB，应具有两种积分周期分别采集电能量，积分周期应为1min、5min、10min、20min、30min、60min。积分周期为1min时应能连续存储7-10天的数据。

电能量远方终端应采用RS-485串口方式与电能表连接，并具有脉冲输入功能。

电能量远方终端应配置不少于两个上行通信接口，可支持多种通信规约，实现与调度主站系统通信，并保证数据的完整性和一致性。

电能量远方终端应具有和监控后台通信的能力。

电能量远方终端应具有一定的数据预处理能力，能对电能量按人工设置的多个时段进行分时累计和存储。

电能量远方终端应同时支持电话拨号和数据网络通信功能。

电能量远方终端应具有自检功能及停电保护功能。

具有失电记录及报警功能。

电能量远方终端应具有当地数据显示窗口，从中可以读出各类运行参数和与电能表窗口值一致的电能量数据。

电能量远方终端可通过按键、便携式 PC 机或主站计算机设置和修改运行参数(电能量数据采集周期、脉冲常数等)，但应设置相应的保护措施(如铅封和口令等)，具用密码设计和权限重功能，防止非法设置和修改。

电能量采集终端能接收主站的时钟召测和对时命令，对时误差不大于 5s，亦可与站端时间同步系统对时。终端时钟 24h 内走时误差不应大于 0.5s。具备多个时钟源时，电能量采集终端应响应唯一的时钟源，优先采用站端统一时钟系统对时。

（3）对 CT、PT 的要求

依据 DL/T448《电能计量装置技术管理规程》的规定，本次设计涉及到的电能计量装置按Ⅰ类考虑。要求：

电流互感器、电压互感器应设置计量专用的二次绕组。计量专用二次回路不得接入与电能计量无关的设备。配置的电压互感器的精度为 0.2 级，电流互感器的精度为 0.2S 级。

电能计量专用电压、电流互感器或专用二次绕组及其二次回路应有计量专用二次接线盒及试验接线盒。电能表与试验接线盒应按一对一原则配置。

互感器实际二次负荷应在 25%~100%额定二次负荷范围内；电流互感器额定二次负荷的功率因数应为 0.8~1.0；电压互感器额定二次功率因数应与实际二次负荷的功率因数接近。

电流互感器额定一次电流的确定，应保证其在正常运行中的实际负荷电流达到额定值的 60%左右，至少应不小于 30%。

(4) 对二次回路的要求

电流回路：计量用电流互感器二次回路，导线截面应按电流互感器的额定二次负荷计算确定，至少应不小于 4mm2。三相四线制接线的电能计量装置，其电流互感器二次绕组与电能表之间应采用六线方式。

电压回路：计量用电压互感器二次回路，连接导线截面应按允许的电压降计算确定，至少应不小于 2.5mm2。

2.4.3 电能质量在线监测

经核，330kV 建赛变已配置 A 型多通道电能质量监测装置，本期可继续利用。

2.4.4 宽频相量测量装置

330kV 建赛变前期配置宽频相量测量系统一套，其数据集中处理器按双台配置。本次工程需将新扩主变各侧、新增 35kV 储能线路及动态无功补偿装置三支路的的基波电压相量、基波电流相量接入。本期需为 330kV 建赛变的相量测量系统扩容，暂计列相量采集屏一面(含相量测量装置一台)。

2.4.5 电力数据网络接入及监控系统安全防护

（1）电力调度数据网接入及设备配置

依据前述各套系统与调度端信息交互的设计方案，储能升压站配置两套甘肃电网调

度数据网接入设备。

在满足监控系统安全防护的要求下，相关远动数据、电能量计量数据等通过数据网传输时，应分别经过一台独立的交换机，共用一台路由器与电力调度数据网络连接。

每套数据网接入设备主要包括：两台交换机(一台用于安全 I 区、一台用于安全 II 区)、一台路由器(具有 MPLS VPN 功能）、一套数配单元组成(至少配置四个 2M 口）。

(2）监控系统安全防护及设备配置

根据国家发展改革委员会第 14 号令《电力监控系统安全防护规定》、国能安全【2015】36 号《电力监控系统安全防护总体方案等安全防护方案和评估规范》以及甘肃电力调度通信中心相关文件的要求，本设计提出如下监控系统安全防护方案：

电力调度监控系统安全防护工作应当坚持安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证的原则，保护安全等级较高的系统不受安全等级较低的系统的影响，保障电力监控系统和电力调度数据网络的安全。

继电保护及故障信息管理系统、电能量信息采集装置等在线运行但不具备控制功能的生产业务系统及装置应部署于生产控制大区的非控制区(安全 II 区)内，未经调度机构许可，不应与其它系统建立信息交换业务。

生产控制大区的控制区、非控制区(安全 I、II 区)间信息交换应通过防火墙实现；生产控制大区的控制区、非控制区(安全 I、II 区)与生产管理大区(安全 III 区)间信息交换应通过正/反向隔离装置实现。

生产控制大区在调度数据网入口的纵向边界，必须配备电力专用纵向加密认证装置，实现双向身份认证、访问控制和数据加密。

汇优临泽 100MW 独立储能项目应配置相应的监控系统安全防护设备。具体配置如下：

横向：安全 I 区与安全 II 区之间应配置硬件防火墙实现逻辑隔离。安全Ⅲ/Ⅳ区与安全 II 区之间应配置正、反向横向安全隔离装置。如当前储能升压站暂无跨区数据交互业务，正、反向隔离装置可暂不部署，但必须预留部署条件与网络接口；如后续业务扩展需要跨区数据传输时，再按规定要求配置相应设备。

纵向：配置国产化、国产芯片的纵向加密认证装置共 4 台。

2.4.6 网络安全监测装置

汇优临泽 100MW 独立储能项目应配置两台 II 型网络安全监测装置(监控系统 I 区、II 区各一台），监测厂站涉网部分所有主机设备、网络设备、安全防护设备的运行信息及安全告警信息。监测信息上传至调度中心网络安全管理平台。

3　工程地质、水文气象

3.1　岩土工程

3.1.1　勘察任务与勘察等级

根据我公司该工程勘测任务委托书（62-N0361K-T-JL07.11e-01）的要求，本次勘察工作的目的与任务如下：

1）搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产、当地的工程地质、岩土工程和当地建筑经验等资料，勘探建筑场地内及其邻近有无影响工程稳定性的不良地质现象等。

2）查明建筑场地内地层、构造、岩性、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力等土（岩）层的工程性质。

3）判明场地土类型、建筑场地类别、查明土层中是否有液化土层。

4）提供场地抗震设防烈度，地震加速度。应对场地和地基的地震效应做出评价。

5）建构筑物需进行沉降计算，提供地基变形计算参数。

6）查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度。

7）判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

8）建议天然地基持力层或地基处理的参考意见。

依据《勘测任务委托书》的要求，工程组于 2026 年 1 月对该工程进行了可行性研究阶段的岩土工程勘察工作。在现场主要以地质勘察、工程地质调查、测绘、搜资等工作，圆满完成了本阶段的岩土工程勘察工作。

3.1.2　勘察依据及技术标准

本次勘察工作，所依据的主要技术规程、规范及委托方提供的资料有：

1）《岩土工程勘察规范（2009 年版）》（GB50021-2001）；

2）《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）；

3）《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012）；

4）《建筑抗震设计规范》（2016 年版）（GB 50011-2010）；

5）甘肃省地方标准《建筑抗震设计规程》（DB62/T25-3055-2011）；

6）《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）；

7）《变电站岩土工程勘测技术规程》（DL/T 5170-2015）；

8）《盐渍土地区建筑技术规范》（GB/T50942-2014）；

9）《工程地质手册》 （第五版）；

10）《甘肃省构造体系图（1：100 万）》；

11）《勘测任务委托书》（62-N0361K-T-JL07.11e-01）。

3.1.3　区域地质构造与地震

3.1.3.1　区域地质构造

工程区在大地构造单元上属河西构造体系，其南部山区属北祁连褶皱带，北部山区属阿拉善台地隆起带，夹峙其间者为河西走廊沉降带，构造线的总体方向为北西 210° 左右。河西走廊盆地拗陷带南界为祁连山北缘逆冲断裂系，具有向盆地内部逆冲的特点；北界为以龙首山南缘断裂带为主的走廊北缘断裂系，也多具向盆地内部挤压逆冲的特点。祁连山-河西走廊地区的新构造活动是在青藏高

原大幅度整体抬升的背景下进行的，其运动方式以断块运动和拱曲运动为主。表现出继承性、新生性和间歇性活动的特点。现代垂直形变测量表明，河西走廊两侧主要山系仍以上升运动为主，盆地仍以下降运动为主，说明了新构造运动的继承性。然而该区的新构造运动还表现出一定的新生性。

根据所收集到的资料对以上断裂的活动特征及其对工程场地稳定性影响简述如下：

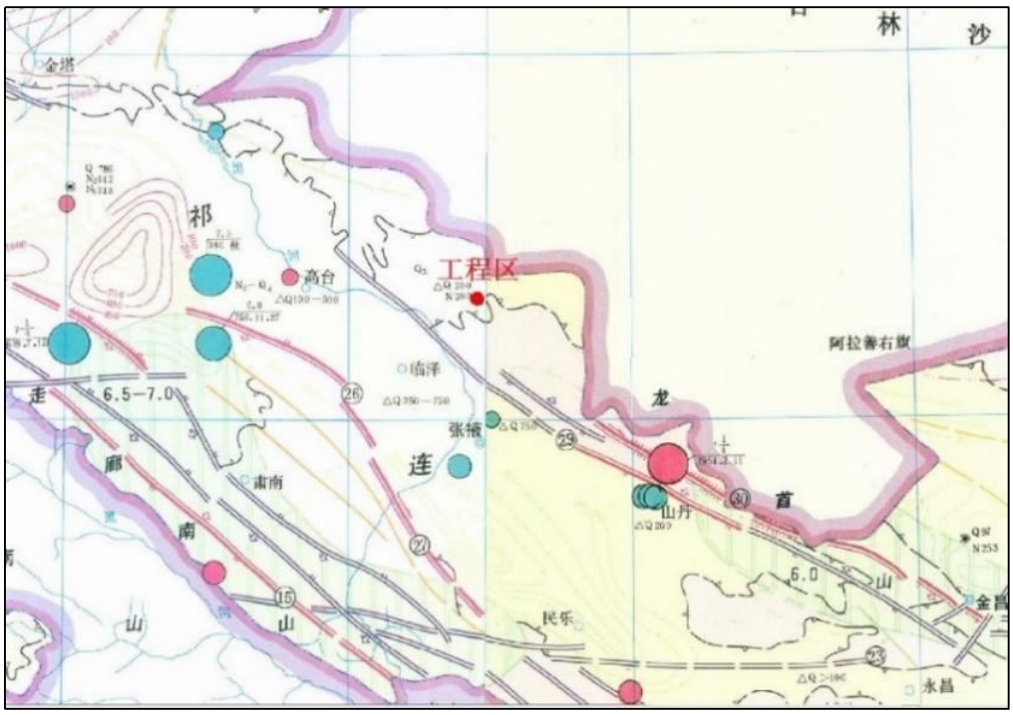


图 3.1-1 工程区活动断裂示意图

（1）龙首山北缘断裂带（29）

东起金川的白家嘴，向西经哈哈泉、草大板、骟马湖、磨台湖、黑山头，沿斜坡山及桃花拉山南缘，延至平山湖一带，全长 140 余公里。总体呈北 60-70 度西方向展布，大致平行、产状各异的断层组成。由于近东西向、北北西向和北东向断裂的插入影响，使其组合十分复杂。

该断裂地处龙首山隆起带的北缘，形成于加里东期，切割并断错了不同时代的地层及侵入岩体，具有多期活动的特点。第四纪以来，断裂以继承性活动为主，表现为陡倾角向北逆冲的活动特征。但晚更新世以后其活动方式发生了明显的变化，表现为以右旋水平走滑为主，兼逆倾滑性质。在许多地段见有上更新统甚至全新统被断错的现象，断层三角面、断层槽地、断层陡坎以及由断层活动所导致两侧水系的位错等断裂新活动的证据随处可见。该断裂距离工程区大于 50km。

（2）龙首山南缘断裂带（30）

西起合黎山以南，向东经高台平川、山丹北、茂岭、最后延至金昌以南地区，全长约 250 公里。由数条斜列式或大致平行的断裂组成，在剖面上表现为迭瓦状构造。总体呈北 60-70 度西展布，倾向北东，倾角 60-80 度。除平川以西区段为隐伏外，其余各段出露良好。该断裂带形成于古生代早期，并伴有海西期花岗岩的侵入体，其长轴方向多与断裂一致。断裂断错了自前震旦纪以来的一系列不同时代的地层，破碎带一般宽达十几米-数十米不等，在东段可达数百米，局部达 1 公里。其中断层泥和泥砾的松散杂物和片岩透镜体糜棱岩等发育。该断裂晚更

新世以来活动强烈，并以逆倾滑为主兼有左旋走滑性质。

拟建站址地带区域地质构造稳定，站址内无活动断裂构造带通过，站址处在相对稳定的地块上，场地稳定性良好，可进行工程建设。

3.1.3.2　地震

（1）地震历史

本地区属祁连山地震带，地震活动主要集中分布在晚更新世以来断裂活动比较强烈的地段，它们是 1709 年中卫南 7.5 地震，1888 年景泰 6.5 级地震，1920 年海原 8.5 级地震，1927 年古浪 8.0 级地震和 1932 年昌马 7.6 级地震。(分别称做中卫-同心断层、海原断层、古浪断层和昌马断层等)。龙首山南缘断层也是一条现代活动的断层，1954 年曾发生过山丹 7.25 级地震。至于祁连山北缘大断层，曾一度被认为是一条多地震的断层，1927 年古浪 8 级地震和 1609 年红崖 7.25 级地震，都曾被认为是这条断层活动的结果。民乐-永昌隐伏断裂西段可能已开始复活，2003 年 10 月 25 日民乐-山丹 6.1、5.8 级地震是这条隐伏断层重新活动的结果。说明该区域地震活动频繁。根据《甘肃省地震危险区划研究》及相关资料，本区域仍属地震空区，存在未来发生震级相当的地震的可能性。

（3）站址地震动参数

根据《中国地震动参数区划图》、《建筑抗震设计规范》及地方规程《建筑抗震设计规程》综合判定，本地区地震基本烈度为 8 度，地震动峰值加速度为 0.20g，设计地震分组为第三组，地震动反应谱特征周期为 0.45s。

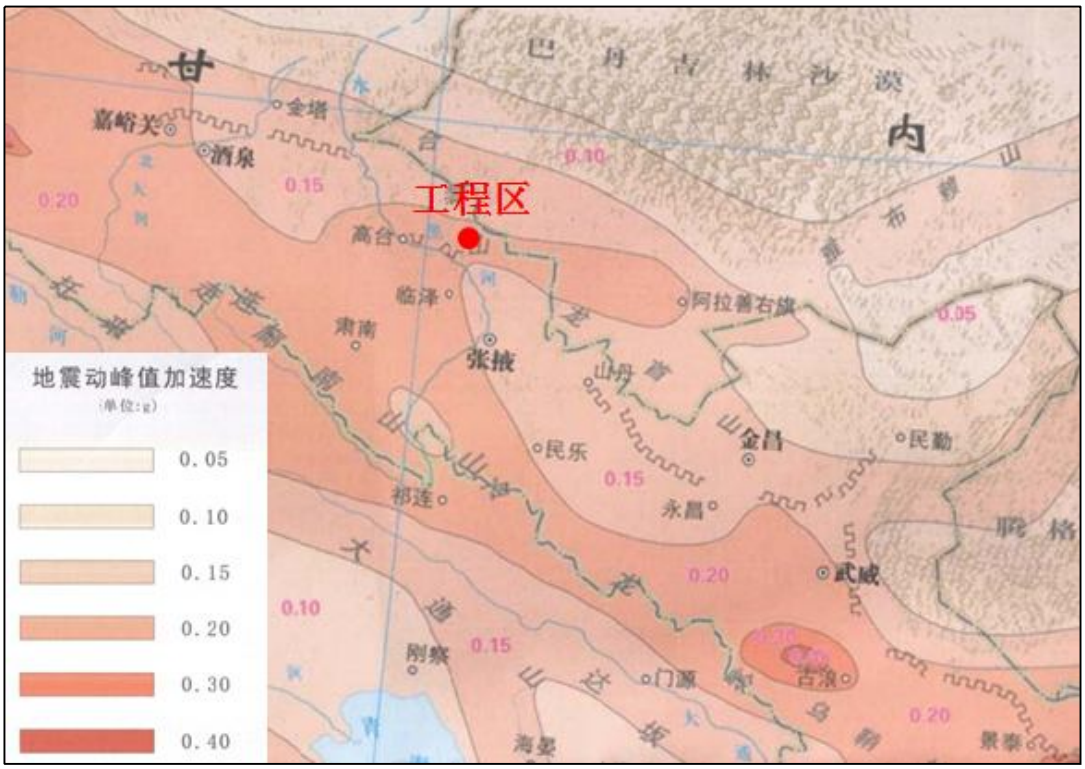


图 3.1-2　工程区地震动值加速度区划图

3.1.4　工程地质条件

本次现场工作，根据现场勘察、踏勘与搜资调查，现将站址的工程地质条件具体叙述如下：

3.1.4.1　地形地貌

拟建升压站位于甘肃省张掖市板桥镇境内，距离临泽县城东北约 32km 处，站址地貌单元为冲洪积平原地貌，地形起伏较小，地势较为开阔，海拔高程在 1581.4~1584.6m 之间，现为戈壁荒滩。



图 3.1-3　站址地形现状示意图

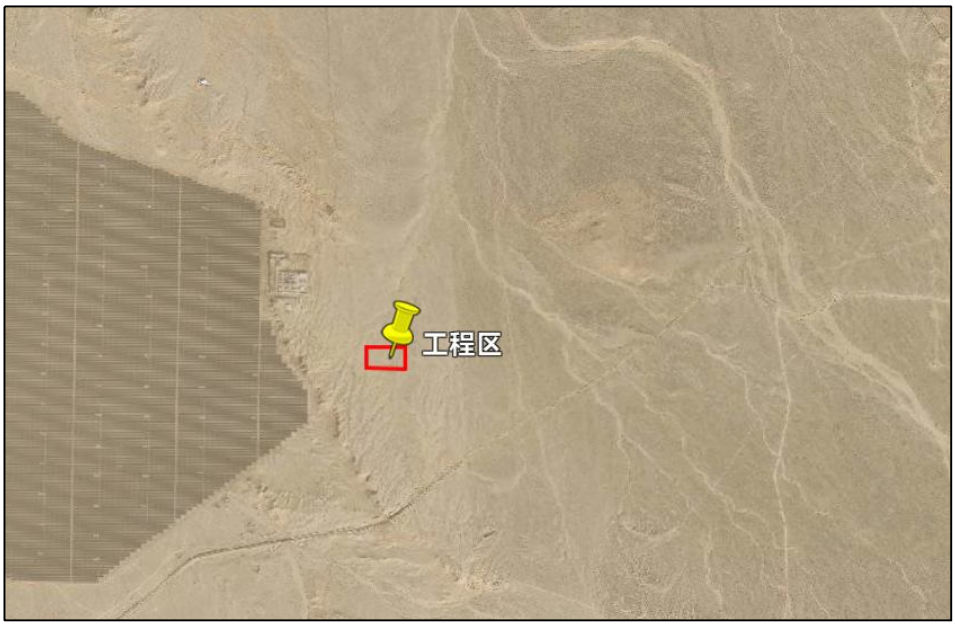


图 3.1-4　站址地形地貌影像图

3.1.4.2　地层结构

根据现场勘察及调查，同时参考临近工程勘察设计资料，按照地基土的工程特性、埋藏分布条件，场地地基土从原始地面算起自上至下依次描述如下：

细砂（Q4al+pl）：灰黄色，松散~稍密，稍湿，主要成分为石英、长石组成，砂质不纯，级配不良，底部夹有角砾、砾砂薄层。该层厚度为 1.0~1.5m。

粗砂（Q3pl）：红褐色~灰绿色，稍湿，稍密，以石英、长石为主，混零星

砾石，夹有细砂与砾砂薄层。该层层厚在 3.0~4.5m。

泥岩（N）：青灰色~红褐色，泥质结构，层状构造，主要成份为粘土矿物，岩质较软，遇水易膨胀、软化，岩芯呈短柱状，与砂岩互层形式分布，该层全风化层厚约 1.5m，强风化层厚约 1.0m，以下为中等风化层，层厚大于 10.0m。

3.1.4.3　地下水

据现场调查，同时结合附近已建工程，站址区附近地下水埋深大于 10m，地下水对本工程无影响。

3.1.4.4　不良地质作用

本工程站址位于冲洪积平原地貌，工程区地形平坦、地势开阔，站址远离南侧丘陵出山口处，南侧丘陵无风化堆积物，无形成泥石流条件，故工程区无滑坡、崩塌、泥石流等大的不良地质作用发育。

但工程区部分地势较低，且上游坡面汇水散流至站址，存在内涝情况。建议根据水文报告进行相应的工程处理。

3.1.5　地基物理力学参数

根据现场调查结果，结合当地建筑经验成果综合评价，现将场地内所揭露的各层地基土的有关物理、力学指标参数推荐如表 3.1-1。

表 3.1-1　站址岩土物理力学参数建议值

岩土名称		重力密度	压缩模量 Es（变形模量 Eo）	抗剪强度		地基承载力特征值
				内聚力	内摩擦角	
		γ (kN/m3)	(MPa)	C(kPa)	φ(°)	fak(kPa)
细砂		16.0	-	23	12.0	
粗砂		17.0	-	25	15.0	
泥岩	全风化	17.0	20	19		8.0
	强风化	17.5	22	20		15.0
	中风化	18.0	30	21		18.0

3.1.6　场地岩土工程条件分析与评价

3.1.6.1　场地稳定性与适宜性评价

站区区域地质构造稳定，附近无全新活动断裂构造带通过，处于相对稳定的地块上，场地稳定性良好。场地地形较平坦、开阔、完整，地貌单一，无大的不良地质作用发育，场地内分布细砂、粗砂、泥岩层，层位连续稳定，天然地基条件相对较好，适宜建站。

3.1.6.2　场地抗震分析与评价

1）站址区地层主要为细砂、粗砂和泥岩，地下水埋深大于 10m，无软土与饱和土存在，故不存在发生地基震陷与地震液化的可能。

2）根据《中国地震动峰值加速度区划图》及《建筑抗震设计规范》判定，本地区二类标准场地地震基本烈度为 8 度，地震动峰值加速度为 0.20g。

3）据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）及场地区内地层岩性等条件判定：场址区场地地基土的类型为中软土和基岩，建筑场地类别按 II 类场地考虑，属抗震一般地段。

3.1.6.3　地基土腐蚀性评价

根据《岩土工程勘察规范（2009 版）》（GB50021-2001）第 12.2.1、第 12.2.4、第 12.2.5 条款及附录 G 中第 G.0.1，站址场地环境类型为III类。参考临近多个工程地基土腐蚀性评价结果，综合判定工程场地地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土中的钢筋具有中腐蚀性，对钢结构具有弱腐蚀性。

3.1.6.4　季节性冻土

根据工程区附近气象站观测的最大冻土深度为 119cm。另据现场实地勘察及《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）附录 F-中国季节性冻土标准冻深图，工程区地基土的标准冻结深度为 120cm。根据现场勘察成果，沿线地基土主要以细砂、粗砂、泥岩为主，工程区干旱少雨，地基土含水量少，在冻土深度范围内，地基土冻胀等级为Ⅰ级，地基土冻胀类型为不冻胀。

3.1.6.5　地基方案分析与评价

（1）基础持力层建议

拟建站址区地层结构相对简单，地基土为上覆细砂层（厚度为 1.0~1.5m）、粗砂（厚度为 3.0-4.5m），下伏泥岩。

①细砂层松散~稍密，分布在场区表层，工程地质条件一般；

②粗砂层层位连续，分布均匀，呈稍密状态，承载力较高，是良好的天然地基持力层，可作为构筑物的地基基础持力层；

③泥岩分布连续、稳定，厚度较大，具有较高承载力，是良好的持力层，可作为天然地基，一般建筑物可优先选用浅基础方案。

（2）地基处理建议

本工程勘察主要采用开挖探井作业方法勘察，因开挖探井深度较大，且面积也较大，探井区域地基土为回填土，如构架物基础或重要建构筑物置于探井上，须将该区域地基土夯实后可作为建筑物地基持力层。

通过现场探井开挖，表层细砂、粗砂有轻微的坍塌，建议基坑开挖过程中做好放坡处理。

3.1.6.6　土壤电阻率建议值

变电站地层主要为细砂、粗砂。现阶段土壤电阻率可按 1500~2000Ω•m 考虑。

3.1.7　结论与建议

1）拟建站址地带区域地质构造稳定，站址内无活动断裂构造带通过，站址处在相对稳定的地块上，场地稳定性良好，可进行工程建设。

2）根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）和《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306-2015）判定，本地区二类标准场地地震基本烈度为 8 度，地震动峰值加速度为 0.20g。

3）参考附近工程，本工程地下水埋深大于 10m，地下水对本工程无影响。

4）站址区地层主要为细砂、粗砂和泥岩，地下水埋深大于 10m，无软土与

饱和土存在，故不存在发生地基震陷与地震液化的可能。根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）及场地区内地层岩性等条件判定场地土类型为中软土和基岩，建筑场地类别按 II 类场地考虑，属抗震一般地段。

5）本工程地基土对混凝土具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土中的钢筋具有中腐蚀性，对钢结构具有弱腐蚀性。

6）场地地基土主要以细砂、粗砂、泥岩为主，工程区干旱少雨，地基土含水量少，在冻土范围内，建议地基土冻胀等级为Ⅰ级，地基土冻胀类型为不冻胀。

7） 拟建站址区地层结构相对简单，地基土为上覆细砂层（厚度为1.0~1.5m）、粗砂（厚度为3.0-4.5m），下伏泥岩，①细砂层松散~稍密，分布在场区表层，工程地质条件一般；②粗砂层层位连续，分布均匀，呈稍密状态，承载力较高，是良好的天然地基持力层，可作为构筑物的地基基础持力层；5.0m以下的③泥岩分布连续、稳定，厚度较大，具有较高承载力，是良好的持力层，可作为天然地基，一般建筑物可优先选用浅基础方案。

8）本地区气象站观测最大冻土深度为119cm，工程区标准季节性冻土深度为120cm。

3.2 水文气象

3.2.1 勘测工作概述

3.2.1.1 勘测目的与任务

本次勘测工作的目的与任务如下：

1）复核落实站址的水文气象条件；

2）在可行性研究基础上，通过进一步补充水文、气象查勘和必要的专题研究，对可行性研究阶段的水文气象勘测成果进行补充与复核论证；

3）全面提供站址的水文气象参数。

3.2.1.2 勘测依据及技术标准

本次勘测工作，依据的主要技术规程、规范及委托方提供的资料有：

（1）《建筑结构荷载规范》 （GB 50009-2012）

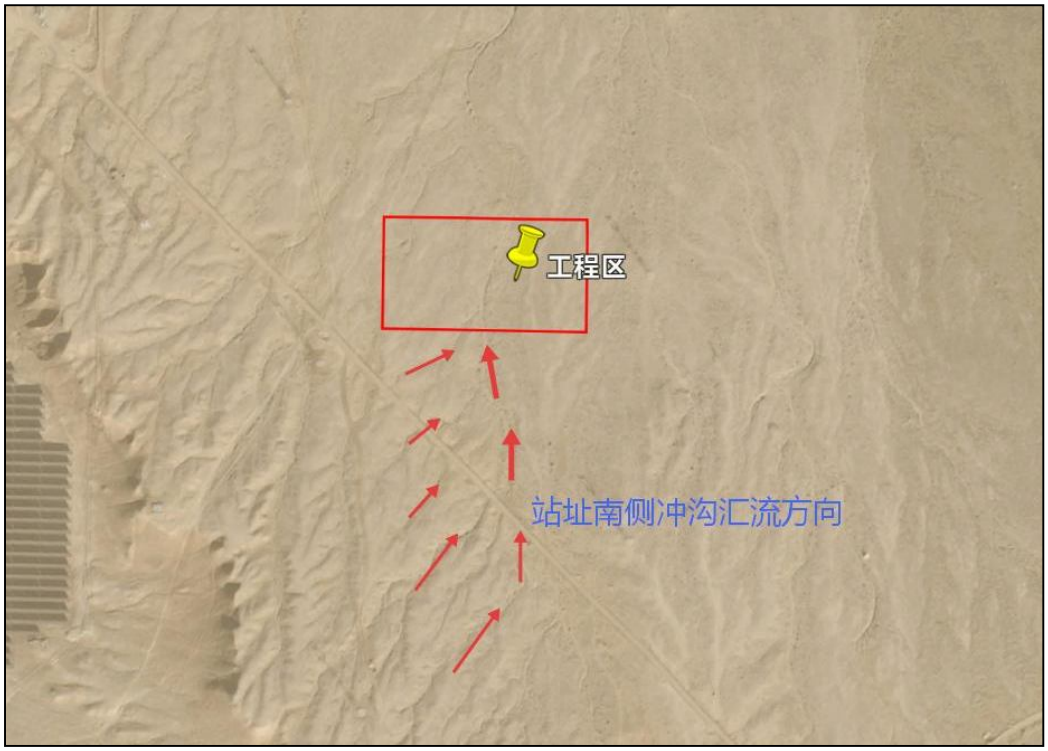
（2）《电力工程气象勘测技术规程》 （DL/T5158-2012）

（3）《电力工程水文技术规程》 （DL/T5084-2012）

（4）《勘测任务委托书》 62-N0361K-T-JL07.11e-01。

3.2.2 工程水文条件

如图所示，发育于丘陵南侧的季节性汇水冲沟，在站址上游（南侧）向站址方向产生汇流，在站址上游围墙位置处，泄洪通道宽约20~30m，以散流形式流向下游，无集中冲刷，站址处南北方向比降约为0.9%，且站址附近有风积小沙丘，容易产生内涝，内涝深度为0.3m。如图所示，发育于丘陵南侧的季节性汇水冲沟，在站址上游（南侧）向站址方向产生汇流，在站址上游围墙位置处，泄洪通道宽约20~30m，以散流形式流向下游，无集中冲刷，站址处南北方向比降约为0.9%，且站址附近有风积小沙丘，容易产生内涝，内涝深度为0.3m。



综上分析，本工程站址区域受南侧季节性汇水冲沟散流的影响，因此建议站址南侧围墙冲刷深度为0.5m，场区整体淹没深度为0.3m。

3.2.3 气象条件

3.2.3.1 气候特征

临泽县属大陆性荒漠草原气候。气候干燥，降雨稀少，蒸发量大，多风。气候特征是四季分明，冬季寒冷而漫长，夏季炎热而短暂，春季升温快，秋季降温较慢。四季云量少，晴天多，光照充足，太阳辐射强。年平均日照时数为3048.2小时，气温日较差大，县城年平均日较差14℃，年平均气温为8.4℃。年均霜日数94.3天。年均降水量113mm，蒸发量2074.3mm。常年以西北风和东风为主。主要灾害性天气有大风、沙尘暴、干旱、低温冻害、干热风、局地暴雨、霜冻等。

3.2.3.2 基本气象要素值

拟建站址位于临泽县境内，距离临泽县较近且海拔高程相当，故以临泽气象站有关基本气象要素值作为本工程的参证值，提供如下，供设计参考使用。资料年限为1985～2025年。

临泽气象站位于临泽县城南“郊外”，东经100° 10′，北纬39° 09′，观测场海拔高度1453.7m。

表3.2-1 临泽气象站基本气象要素值统计表

历年平均气压(mb)	854.7
历年平均气温(℃)	8.4
历年极端最高气温(℃)	39.1
历年极端最低气温(℃)	-29.1
历年平均水汽压(mb)	6.2
历年平均相对湿度(%)	48
历年一日最大降水量(mm)	37.1

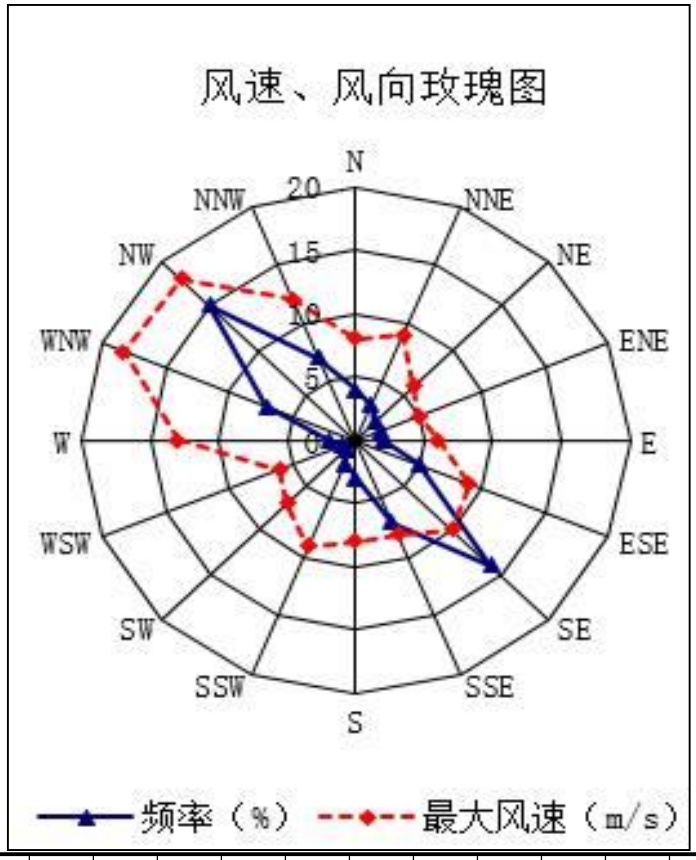
历年平均降水量(mm)	113.0
历年平均蒸发量(mm)	2074.3
历年平均风速(m/s)	1.9
最多风向及频率	SE，15%
历年最大风速(m/s)	18.3
历年最大风速对应风向	WNW
历年平均沙尘暴日数(D)	2.3
历年平均大风日数(D)	5.3
历年平均冰雹日数(D)	0.2
历年平均雾日数(D)	0.5
历年平均雷暴日数(D)	7.0
历年平均晴天日数(D)	96.2
历年平均阴天日数(D)	96.6
最大积雪深度(cm)	11
最大冻土深度(cm)	119

3.2.3.3　10m 高 50 年一遇 10min 平均最大风速、风压

根据临泽气象站 1985～2025 年历年 10min 平均最大风速观测资料，采用极值Ⅰ型法统计计算，得 10m 高 50 年一遇 10min 平均最大风速为 21.8m/s。近地层风受地理及地表状况的影响很大，站址区地形平坦空旷，有利于空气流动，故大风较多，临泽气象站的风资料不能完全代表站址的风况；另一方面，气象站在上世纪 50 年代设站时虽处于“郊外”，但随着城市发展，观测场受周围建筑屏蔽、树木遮挡等人类活动的影响越来越大，势必使气象站观测值较站址实际风速偏小。另外，随着我省河西地区风能资源的开发利用和风电厂的建设，沿河西走廊设立了许多测风塔，这些测风塔均处于戈壁荒滩，地形平坦开阔，几乎不受周围环境和人类活动的影响，但观测序列较短（一般仅 1-2 年），不具备概率统计的条件。我们收集了部分对站址代表性较好的测风塔资料，对测风塔日最大 10min 平均风速与气象站同步观测资料进行相关性分析。根据相关性分析结果，并参考大风调查资料，将风压调整系数按 1.3 取值。将临泽气象站风速统计资料修正后为：24.9m/s。

依据《建筑结构荷载规范》（GB 50009－2012）全国基本风压分布图，建议 10m 高 50 年一遇最大风速 32.3m/s，相应基本风压为 0.55kN/m2。

3.2.3.4　风速风向玫瑰图



风向 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
频率（%）	4	3	2	2	2	5	14	7	3	2	1	1	2	7	15	7	24
最大风速（m/s）	8	9	6	5	6	9	10	8	8	9	7	6	13	18.3	18	12	

3.2.3.5　地区暴雨强度

张掖地区的暴雨强度公式：$$q=\frac{88.4\times P^{0.623}}{t^{0.621}}$$

式中：q－设计暴雨强度（$L/s\times hm^2$）；P－重现期（a）；

t－设计降水历时（min）。

3.2.3.6　覆冰

站址区位于河西走廊内的荒漠戈壁区，属于干旱半干旱气候区，雨雪稀少，蒸发强烈，空气干燥，即使有寒潮过境，湿冷空气也很难在走廊区停留积聚，不具备产生重冰区的微气象和微地形环境。

站址区内已运行线路设计覆冰多为5mm，未发生因覆冰断线或倒杆事故。建议本工程10m高50年一遇设计基本冰厚按5mm取值。

3.2.4 结论与建议

1）本工程站址区域受站址南侧汇水冲沟的影响，因此建议站址南侧围墙冲刷深度为0.5m，场区整体淹没深度为0.3m。

2）本工程站址10m高50年一遇平均最大风速按32.3m/s考虑，相应基本风压为0.55kN/m2。

3）本工程站址10m高50a一遇基本冰厚按5.0mm取值。

4）本地区最大冻土深度为119cm。

4　储能部分电气设计

4.1　储能技术发展现状及主要技术路线

储能技术是智能电网、能源互联网、可再生能源接入、分布式发电、微网系统等发展必不可少的支撑技术之一。储能系统能够将电能转换为化学能、势能、电磁能等形式进行储存，并在需要时重新转换为电能予以释放。在电网中采用储能系统能够有效实现需求侧管理、消除峰谷差、平滑负荷及提高电网运行的可靠性和稳定性等功能。

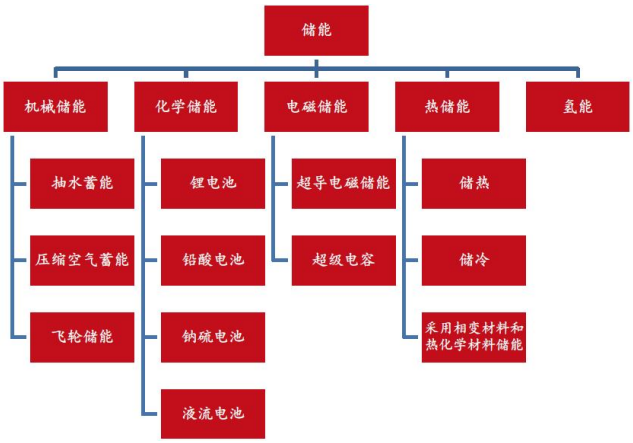


图 4.1-1　储能系统分类图

截至目前，不同储能技术特点不同，在电力系统中取得了不同程度的应用。电能可以转化为多种形式的能量进行存储，如机械能、化学能、势能、电磁能等。根据电能转化后的形态，可以将储能分为电化学、机械、电磁、相变储能四大类。电化学储能主要指电池储能，主要有锂离子电池、铅酸电池、液流电池和钠硫电池四种类型；机械储能主要指抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能三种形式；电磁储能包括超级电容储能和超导储能两种形式；相变储能主要指冰蓄冷储能，主要应用于建筑领域，在电力领域的应用相对还不够成熟。

从技术发展水平来看，抽水蓄能和压缩空气储能技术已经实用化。对于化学储能技术，铅酸电池、锂离子电池早已普遍实用化，氧化还原液流储能电池已经达到了商业化示范阶段，而超导储能和飞轮储能技术离实际应用还有相当大的距离。

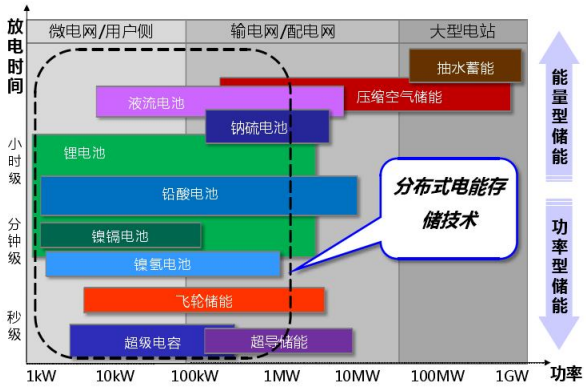


图 4.1-2　储能应用图

各种储能技术在其能量密度和功率密度方面均具有不同的表现，而同时电力系统也对储能系统不同应用场景提出了不同的技术要求，很少能有一种储能技术可以完全胜任电力系统的各应用场景。因此，必须兼顾双方需求，选择匹配的储能方式与电力应用。

4.1.1 机械储能

机械储能主要有抽水蓄能、压缩空气储能以及飞轮储能等。

（1）抽水蓄能

抽水蓄能电站一般利用电力负荷低谷期的电能把水抽至上游水库，在电力负荷高峰期再放水至下游水库发电。抽水蓄能的效率在 70%～85%之间，响应时间在 10s～4min 之间，具有大容量低成本的特点。但是，由于抽水蓄能电厂的建设需要特殊地理条件，建设周期需要 4-5 年，目前主要用于大规模电网调峰领域。此外，抽水蓄能电厂响应时间为分钟级，对于功率波动频繁或需要紧急提供电力的场景并不适用。

我国于 20 世纪 90 年代开始抽水蓄能电站建设，兴建了广州抽蓄一期、北京十三陵、浙江天荒坪等一批大型抽水蓄能电站。截至 2021 年底，我国已投运电力储能项目累计装机规模 46.1GW，占全球市场总规模的 22%，同比增长 30%；其中抽水蓄能的累计装机规模最大为 39.8GW。

（2）压缩空气储能

压缩空气储能电站主要由压气机、储气室、电动机/发电机等部分组成。压缩储能电站是一种调峰用燃气轮机发电厂，主要是利用电网负荷低谷期剩余的电力压缩空气，将其储存在高压密封的容器内，在用电高峰期再释放空气来驱动燃气轮机发电。

（3）飞轮储能

飞轮储能系统一般主要由以下几部分组成：转子系统、轴承系统和电动机/发电机系统、真空、外壳及控制系统等。飞轮储能主要优点是高充放电率、高循环次数，并且转换效率大于 90%及响应速度快，几乎不需要运行维护。由于充放电率对循环次数没有影响，飞轮的循环次数可以达到 105～107 次，寿命一般为 20 年。目前飞轮储能在新能源中的应用是研究热点之一，主要将飞轮储能应用在平滑出力、调节电能质量等方面。

4.1.2 电磁储能

电磁储能主要包括超导储能和超级电容储能。

（1）超导储能

超导储能主要由 3 部分组成：超导单元、低温恒温器和转换系统。超导储能系统利用由超导体制成的线圈，将电能转变为磁场能量存储起来，在需要的时候再将能量送回电网。超导储能具有长期无损存储能量的优点，能快速释放储存能量，易于实现电网电压、频率、有功和无功的调节。大规模可再生能源接入电网会使得电力系统出现严重的波动问题，为了抑制功率波动，可以应用超导磁储能系统。

（2）超级电容储能

超级电容是根据电化学双电层理论研制而成，可提供强大的脉冲功率，充电时处于理想极化状态的电极表面，电荷将吸引周围电解质溶液中的异性离子，使其赋予电极表面，形成双电荷层，构成双层电容。超级电容储能的比功率非常高，

达到 10kW/kg，而蓄电池的比功率一般只有几百 W/kg，但是因为比能量低，高功率只能持续很短的一段时间。由于高功率和高快速放电能力，并且每天的储存损耗在 20%～40%之间，超级电容储能适合作为能量暂时存储单元。就目前的应用而言，主要制约因素依然是较小的容量和相对高昂的成本。

4.1.3 电化学储能

电化学储能技术是指通过一种介质或者设备，把电能转换成电池的化学能存储起来，基于应用需要以电能形式释放出来的循环过程。在充电时，电网电压经过变流器整流转换为直流电压对电池进行充电；放电时，电池电压经过变流器转换为与电网匹配的交流电压供给负载。

电化学储能由于安装环境及移动都较为便利、模块化结构组成灵活、可靠性高、寿命长、响应速度快（20ms）以内、技术成熟、成本相对较低等特点，具有广阔的应用前景，成为目前研究热点和未来重点发展方向。

目前，全球处于商业和示范应用、实验室研究或概念设计阶段的电化学储能电池已达 30 余种。传统铅酸电池已很难满足未来大规模储能应用的需求，而铅碳电池、锂离子电池、钠硫电池和全钒液流电池等较为成熟的技术已逐步进入示范或产业化应用阶段。根据化学物质的不同，可以分为锂离子电池、铅酸电池、液流电池及钠硫电池等。

（1） 锂离子电池

锂离子电池由于具有高的比能量、优异的循环性能和绿色环保等优势，已基本占据便携式电子产品市场，如手机、笔记本电脑、照相机等。锂离子电池的工作原理主要依靠锂离子在正极材料（金属氧化物）和负极（石墨）之间嵌入和脱出来实现能量的储存和释放。

磷酸铁锂电池技术特点如下：

安全性：安全可靠、全密封、不怕火烧、不爆炸；

循环寿命长：在@25 ℃室温、1C 系统、80%DOD 工况下，电芯循环寿命不小于 5000 次；

性能价格比高：普通常用材料、充电（放电）效率≥98.5%；

一致性好：目前国内的磷酸铁锂电池厂家均采用自动化生产线，保证了电池产品的一致性。

（2） 铅酸电池

铅酸电池用作储能系统时间较早，因而世界各地都建成了许多基于铅酸电池的储能系统，目前中国已经成为世界铅酸电池的主要产地。铅酸电池可以做到容量大，成本低，技术成熟，但其充放电次数较短，特别是进行了多次深度充放电后会对电池寿命有影响。目前铅酸电池储能电站主要用来进行可再生能源的功率波动平抑以及黑启动等。

铅酸电池较之其他电池成本较低，能量密度则在各类电池中适中。在环境影响上，基于密封阀控型的铅酸电池较高的运行可靠性，其劣势已不甚明显，但与新型电池相比，仍有体积较大的缺点。

（3） 液流电池

液流电池一般称为氧化还原液流电池，是一种新型的大型电化学储能装置，根据活性物质的不同，液流电池可分为全钒、锌/溴、多硫化钠/溴、铁/铬等多种技术路线。从目前技术成熟度和工程应用效果看，全钒液流电池技术进入工程应用、市场开拓阶段，开始实现商业化；锌溴液流电池技术进入应用示范、市场

开拓阶段；其他液流电池仍处于研究阶段。其中应用最为广泛，前景最为明朗的是全钒液流电池，它有如下技术特点：

循环寿命长：全钒液流储能电池的充放电循环寿命可达 13000 次以上，寿命超过 15 年。充放电特性良好：全钒液流电池储能系统具有快速、深度充放电而不会影响电池的使用寿命的特点，且各单节电池均一性良好。另外，钒离子的电化学可逆性高，电化学极化也小，因而非常适合大电流快速充放电。安全、环保：全钒液流电池储能系统是在常温、常压条件下工作，这不但延长了电池部件的使用寿命，并且表现出非常好的安全性能。另外电解质溶液可循环使用和再生利用，环境友好，节约资源。电池部件多为廉价的碳材料、工程塑料，使用寿命长，材料来源丰富，加工技术成熟，易于回收。但液流电池能量密度低，占用空间大，目前还刚刚处于商业化阶段。

（4） 钠硫电池

钠硫电池是一种以金属钠为负极、硫为正极、陶瓷管为电解质隔膜的二次电池。在一定的工作度下，钠离子透过电解质隔膜与硫之间发生的可逆反应，形成能量的释放和储存。钠硫电池比能量高，并且可大电流、高功率放电。电池在350℃下的工作电压为1.78～2.076V。钠硫电池储能密度高，建设周期短，但由于电池工作时温度较高，因而其运行安全性需要进一步提高。

表 4.1-1　不同储能技术应用能力对比

储能类型		典型额定功率	额定容量	特点	应用场合
机械储能	抽水蓄能	100～2000MW	4～10h	适于大规模，技术成熟，响应慢，需要地理资源	日负荷调节，频率控制和系统备用
	压缩空气储能	10～300MW	1～20h	适于大规模，响应慢，需要地理资源	调峰，系统备用
	飞轮储能	5kW～1.5MW	15s～15min	比功率较大、成本高、噪音大	调峰、频率控制、UPS 和电能质量
电磁储能	超导储能	1～100kW	2s～5min	响应快，比功率高、成本高、维护困难	电能质量控制、输配电稳定
	电容器	1～100kW	1s～1min	响应快，比功率高、比能量太低	输电系统稳定、电能质量控制
	超级电容	10kW～1MW	1～30s	响应快，比功率高、成本高、储能量低	与 FACTS 结合
电化学储能	铅酸电池	kW～ 50MW	1min～3h	技术成熟，成本低、寿命短，环保问题	电能质量、频率控制、电站备用、黑启动、可再生储能
	液流电池	5kW～100MW	1～20h	寿命长，可深放，适于组合，效率高，环保性好，储能密度低	电能质量、备用电源、调峰填谷、能量管理、可再生储能
	钠硫电	100kW～	数小时	比能量与比功率较	电能质量、备用电源、调

	池	100MW		高、高温条件、运行安全问题有待改进	峰填谷、能量管理、可再生储能
	锂离子电池	kW～MW	分钟～数小时	比能量高、成组寿命长、运行安全问题有待改进	电能质量、备用电源、UPS

4.2 电池类型比选

4.2.1 电池类型选择

在现有储能技术中，抽水蓄能和压缩空气储能可实现大功率、大容量电能储存，但是对建站选址要求较高，随之对建设场址要求灵活的电化学储能技术应市场需求而产生。当前电池储能技术众多、技术性能迥异，即使是同一种储能技术在不同应用领域中也有一定差异，实际工程中需根据不同的应用情景要求，综合比较选择适宜的储能技术。本工程定位电网侧储能系统，主要功能包括削峰填谷、调频调压等辅助服务。接入电网侧大规模储能对储能系统有其特殊要求：

（1） 循环寿命长。储能电池的循环寿命对于系统的可靠运行有重要影响。储能电池循环寿命长可减少电池的更换，对于节约投资建设成本、提高系统经济性意义重大。电池储能系统要求使用寿命能够达到 10-15 年，在放电深度为 80%时，循环寿命在 5000 次以上。

（2） 响应速度快。电池储能系统间歇性运行要求系统有较好的启动特性，储能电池在充放电状态之间转换频繁，要求电池具有较快的响应速度。

（3） 充放电效率高。提高储能系统在存储过程中能量转化率将有助于提高系统整体效率，进而影响系统的单位瓦时造价成本

（4） 安全性好。由于电网的特殊性，运行安全作为电网运行需要考虑的首要问题，安全性不高的设备不能进入电网 。储能系统的目的就是保证电力系统安全、高效、稳定运行。

（5） 成本适中。成本是储能电池选择的重要参考依据，是储能系统能否大规模推广应用的决定因素。

（6） 配置灵活，安装建设便捷。储能系统应配置灵活、可扩容性好等。

本期工程储能系统规划建设规模较大，铅酸及铅炭电池系统充放电倍率较低，无法完全满足本工程应用需求。全钒液流电池能量密度低，占地面积大，属能量型电池，系统配置容量很大才具有经济性，故本工程不适合采用全钒液流电池储能。

锂离子电池国内技术成熟，厂家众多，可以满足本工程应用条件和应用目的。现阶段，主流的锂电池储能技术有磷酸铁锂电池、三元锂电池、钛酸锂电池、钴酸锂电池、钛酸锂电池。

表 4.2-1 各类锂电池优缺点对比表

类型	优点	缺点	应用
钴酸锂电池	比容量高性能稳定	安全性差价格高	便携式设备动力电池
锰酸锂电池	价格便宜低温性能好	稳定性差耐高温性差循环寿命低	大中型号电芯动力电池

三元锂电池	能量密度高	耐高温性差	便携式设备动力电池
磷酸铁锂电池	安全性好、高温性能好、循环性能好	单位体积容量低低温放电性能差	动力电池储能电池
钛酸锂电池	循环性能很好安全性好	价格非常高能量密度低	动力电池储能电池

钴酸锂电池具有高比能量，其缺点是寿命相对较短，热稳定性低和负载能力有限（比功率），所以其一般用于手机，笔记本电脑和数码相机等便携式设备电池。锰酸锂电池是锰酸锂为阴极材料的锂离子电池，形成三维尖晶石结构，可改善电极上的离子流动，从而降低内部电阻并改善电流承载能力，电池内阻可实现快速充电和大电流放电。尖晶石的另一个优点是热稳定性高，安全性提高，但循环寿命和日历寿命有限。锰酸锂的容量大约比钴酸锂低三分之一。锰酸锂用于电动工具，医疗器械，以及混合动力和纯电动汽车。

从以上比较可以看出，三元锂电池、磷酸铁锂电池、钛酸锂电池相比之下较适合作为储能电池。

（1）磷酸铁锂电池

磷酸铁锂电池，是指用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池，不含钴等贵重金属，磷、铁等原料价格低且储量丰富。磷酸铁锂具有良好的电化学性能和低电阻，电池具有长循环寿命和良好的热稳定性，安全性较好。

LiFePO4 作为电池的正极，由铝箔与电池正极连接，中间是聚合物的隔膜，它把正极与负极隔开，但锂离子 Li 可以通过，而电子 e-不能通过，由碳（石墨）组成的电池负极，由铜箔与电池的负极连接。电池的上下端之间是电池的电解质，电池由金属外壳密闭封装。

LiFePO4 电池在充电时，正极中的锂离子 Li 通过聚合物隔膜向负极迁移；在放电过程中，负极中的锂离子 Li 通过隔膜向正极迁移。锂离子电池就是因锂离子在充放电时来回迁移而命名的。

比较于其它锰酸锂、钴酸锂和三元锂离子电池，磷酸铁锂晶体中的 P-O 键稳固，难以分解，即便在高温或过充时也不会像钴酸锂一样结构崩塌发热或是形成强氧化性物质，因此拥有良好的安全性。有报告指出，实际操作中针刺或短路实验中发现有小部分样品出现燃烧现象，但未出现一例爆炸事件，但过充实验中若使用超出自身放电电压数倍的 高电压充电，依然会有爆炸现象。虽然如此，其过充安全性较之普通液态电解液钴酸锂电池，已有较大改善。

磷酸铁锂电池主要优势包括以下几个方面：

1）循环使用寿命长，电芯循环寿命现已可达 6000 次以上；

2）电池能量转换效率高，可达 95%；

3）高温性能好，磷酸铁锂电池工作温度范围宽广（-30℃~50℃），有耐高温特性磷酸铁锂电热峰值可达 350℃~500℃，而锰酸锂、钴酸锂和三元锂只在 200℃左右；

4）能量密度高，体积小，重量轻，同等规格容量的磷酸铁锂电池的体积是铅酸电池体积的 2/3，重量是铅酸电池的 1/3；

5）功率密度高；

6）成本相对较低；

7）环境友好度高，磷酸铁锂电池一般被认为是不含任何重金属与稀有金属（镍氢电池需稀有金属），无毒（SGS 认证通过），无污染，符合欧洲 RoHS 规

定，为绝对的绿色环保电池。

磷酸铁锂电池主要存在能量密度不高缺点，如振实密度与压实密度很低，导致锂离子电池的能量密度较低、低温性能较差，即使将其纳米化和碳包覆也没有解决这一问题，因此等容量的磷酸铁锂电池体积要大于钴酸锂、三元锂材料等锂离子电池。磷酸铁锂电池虽然不适合在微型电池领域的应用，但在大规模电储能领域，能量密度较低的缺点是可以通过其他手段进行克服的。

另外磷酸铁锂电池具有比其他锂离子电池更高的自放电，这将会引起老化进而带来均衡问题。虽然可以通过选用高质量的电池或使用先进的电池管理系统来弥补，但都会增加电池组的成本。

磷酸铁锂电池对制造过程中的杂质非常敏感，不能承受水分的掺杂，如存在水分杂质，电池循环寿命急剧缩短，甚至只有 50 个循环。

另外，磷酸铁锂电池标称电压一般只有 4.2V，单体电池容量低，当大规模成组时存在电池一致性问题。

（2）钛酸锂电池

钛酸锂电池是一种以钛酸锂为负极材料，正极材料可为锰酸锂、三元材料或磷酸铁锂的锂离子电池。

钛酸锂材料在电池中作为负极材料使用，由于其自身特性的原因，材料与电解液之间容易发生相互作用并在充放循环反应过程中产生气体析出，因此普通的钛酸锂电池容易发生胀气，导致电芯鼓包，电性能也会大幅下降，极大地降低了钛酸锂电池的理论循环寿命。测试数据表明，普通的钛酸锂电池在经过 1500~2000 次左右的循环就会发生胀气的现象，导致无法正常使用，这也是制约钛酸锂电池大规模应用的一个重要原因。

钛酸锂电池性能改进是单个材料的性能的提升以及各关键材料的有机整合的综合体现。针对快速充电与长使用寿命的要求，除负极材料以外，还要针对锂离子电池的其他关键原材料（包括正极材料、隔膜、以及电解液），同时结合特殊的工程化工艺经验，最终形成了“不胀气”的钛酸锂电池产品，并首先实现了在电动公交客车上的批量应用。

测试数据表明，在 6C 充电，6C 放电，100%DOD 的条件下，钛酸锂单体电池的循环寿命超过 25000 次，剩余容量超过 80%，同时电芯产生的胀气现象不明显，不影响其寿命；在重庆市快速充电纯电动公交的实际应用情况也表明， 在电池成组以后，电性能的表现也相当优异，可以保证纯电动公交客车的日常商业化运营。

钛酸锂电池属于功率型的储能装置，在安全性能、充放电以及循环寿命等方面的显著优势。主要优势包括以下几个方面：

1）钛酸锂为零应变材料，循环性能好，全寿命充放电循环次数达到 1 万次以上；

2）放电电压平稳，而且电解液不致发生分解，提高锂电池安全性能；

3）与炭负极材料相比，钛酸锂具有高锂离子扩散系数，可高倍率充放电；

4）钛酸锂的电势比纯金属锂高，不易产生锂枝晶，安全性高；

5）能量转化效率高，高达 90%；

6）功率密度高，充放电速度快；

7）环境友好度高。

钛酸锂电池主要存在以下几点问题：

1）相对其他类型的锂离子动力电池能量密度较低；

2）胀气问题一直阻碍着钛酸锂电池的应用；

3）相对其他类型的锂离子电池，电池价格偏高，将近磷酸铁锂电池价格的四倍。

4）电池一致性仍存在差异，随着充放电次数的增加电池一致性差异会逐渐增大。

尽管钛酸锂电池还存在一些不足，但它在安全性能、充放电以及循环寿命等方面的显著优势，直指当今市面上其它类型动力电池的痛点。目前，国内从事研发钛酸锂电池的企业有银隆、微宏动力等，随着这些企业对钛酸锂研发力度的加大，一些技术难题也将会被陆续突破。

（3）三元锂电池

三元锂电池是指正极材料使用镍钴锰酸锂或镍钴铝酸锂三元材料的锂电池，三元复合正极材料是以镍盐、钴盐、锰盐（铝盐）为原料，里面三者的比例可以根据实际需要调整。

三元材料动力锂电池主要有镍钴铝酸锂电池、镍钴锰酸锂电池等，由于镍钴铝的高温结构不稳定，导致高温安全性差，且 PH 值过高易使单体胀气，进而引发危险，目前造价较高。最成功的三元聚合物锂离子体系是镍钴锰酸锂的正极组合。

三元聚合物材料综合了钴酸锂、镍酸锂和锰酸锂三种材料的优点，形成了三种材料三相的共熔体系，由于三元协同效应其综合性能优于任一单组合化合物。

三元材料做正极的电池相对于钴酸锂电池安全性高，但是电压较低，目前三元材料的电芯代替了之前广泛使用的钴酸锂电芯，在笔记本电池、动力电池领域广泛使用。

三元锂电池能量密度高，现在技术已可以达到 250wh/kg，远高于磷酸铁锂的 150wh/kg。电压平台是电池能量密度的重要指标，决定着电池的基本效能和成本，电压平台越高，比容量越大，所以同样体积、重量，甚至同样安时的电池，电压平台比较高的三元材料锂电池续航时间更长。单体三元锂电池放电电压平台高达 3.7V，磷酸铁锂为 4.2V，而钛酸锂仅为 2.3V，因此从能量密度角度来说，三元锂电池比磷酸铁锂，锰酸锂或者钛酸锂具有绝对优势。

相对于正常钴酸锂电池，三元锂电池循环性能更好，能量转化效率也较高。目前，随着配方的不断改进和结构完善，三元锂电池的标称电压已达到 3.7V，在容量上已经达到或超过钴酸锂电池水平。

安全性较差和循环寿命较短是三元锂电池的主要短板，尤其是安全性能，是一直限制其大规模配组，和大规模集成应用的一个主要因素。大量实测表明，容量较大的三元电池很难通过针刺和过充等安全性测试。

三元锂电池在储能领域的应用主要受制于其安全性，三元材料热稳定性较差，在 200 度左右将发生分解，并且会释放氧分子，发生燃烧联锁反应。山西某燃储联合调频项目，采用三元锂电池，曾两次发生自燃事故。另外采用三元锂电池的特斯拉电动汽车，也曾多次报道发生自燃事故。

储能系统由大量电池单体组成，电池单体的安全性能是整个储能系统安全性与可靠性最基本的保证。所以对于大规模电储能商业化项目，在三元聚合物锂电池未彻底解决安全性问题之前，不推荐使用三元聚合物锂电池。

综上所述，磷酸铁锂电池初期投资最低，综合性能较优，现阶段储能领域应用多选用磷酸铁锂电池。

4.2.2　电芯容量选择

中国新增投运电化学储能项目中，装机规模排名前十的储能技术（主要指电池技术）提供商中磷酸铁锂电池的主要供应商有宁德时代、中天科技、力信能源、海博思创、科陆电子、信义电源、圣阳电源和中航锂电等。

目前国内生产磷酸铁锂电池厂家众多、供货量充足、技术也较为成熟。针对不同的电池容量，其标称电压和工作电压范围大致相同，但最大充电倍率和最大放电倍率存在不同，且电池容量越大，其重量能量密度和体积能量密度越大。

目前用于储能电站的磷酸铁锂电池单体容量有 280Ah、314Ah、500+Ah 多种，本项目拟采用不低于 314Ah 的电池单体，以 0.25C 充放电设计。相较于第一代 280Ah、第二代 314Ah 电芯，大容量电芯具有更高的能量密度、更优的集成效率、更低的系统成本，可有效提升储能资产投资回报率，全方位适配大型储能电站规模化、高效化运营需求。

4.3　锂电池储能冷却方式比选

4.3.1　液冷系统方案和风冷系统方案的对比

风冷系统是以空气为冷却介质，利用对流换热降低电池温度的一种冷却方式。风冷系统具有结构简单、易维护及成本低等优点。而缺点在于空气的比热容低，导热系数也很低。目前风冷系统主要的优化因素在：（1）风速（2）电池分布（3）空气流向。

液冷系统是以液体为冷却介质，通过对流换热将电池产生的热量带走。目前常用介质有水、乙二醇水溶液、纯乙二醇、空调制冷剂和硅油等。整体上液冷系统的换热系数高、比热容大、冷却速度快，且液体比热容不受海拔和气压的影响适用范围较广，同时液冷系统的结构较为紧凑，使得空间占比较小。液冷系统 根据液体冷却介质与电池的接触方式分为直接和间接两种：（1）直接接触指电池单体或者模块沉浸在液体中，让液体直接冷却电池；（2）间接接触指在电池间设置冷却通道、冷板。

（1）电池包温度：在相同的入口温度和极限风速及流速下，液冷电池包的温度在 30-40 摄氏度，而风冷电池包的温度要在 37-45 摄氏度。液冷的温度均有性更好。

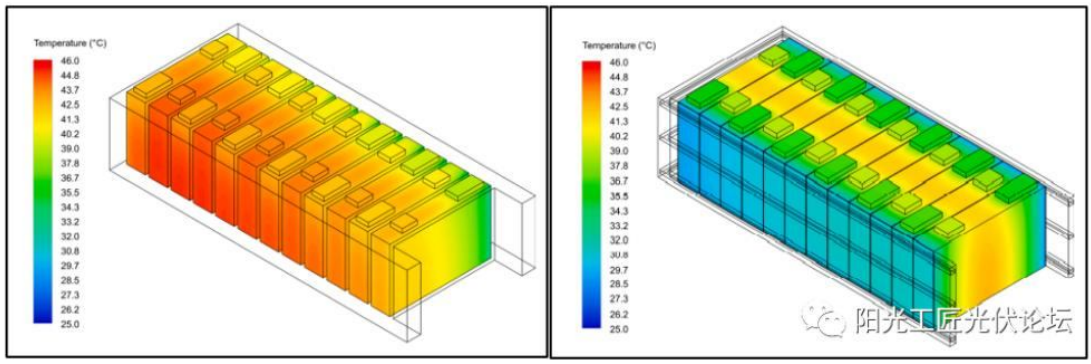


图 4.3-1　风冷液冷温度对比

（2）运行能耗：经试验研究，为了达到相同的电池平均温度，风冷需要比液冷高 2- 3 倍的能耗。相同功耗下电池包的最高温度，风冷比液冷要高 3-5 摄氏度。液冷的功耗更低。

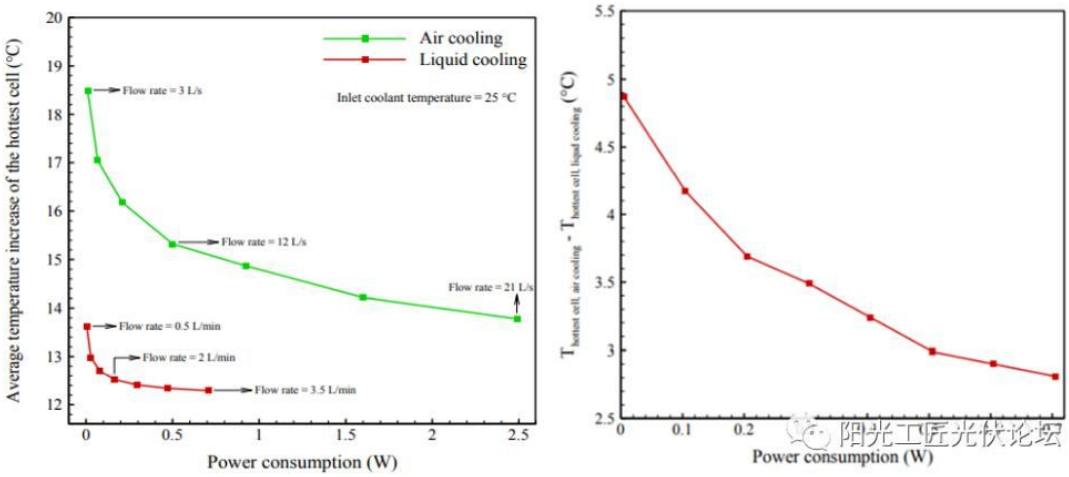


图 4.3-2　风冷和液冷的功耗对比

4.3.2　方案选择

液冷产品在温度控制、运行能耗、冷却速度及空间占比方面较风冷产品具有明显优势，。

本项目推荐采用冷却方式为液冷的储能系统设计方案。

4.4　锂电池储能系统设计方案

4.4.1　总体方案设计

（1）本方案采用 6250kW 的 PCS 升压一体机 16 座，6250kWh 液冷电池舱 64 座。每个储能单元由 1 个 PCS 升压一体机和 4 个电池舱组成，共 16 个储能单元。

（2）16 个储能单元分为 4 回集电线路接入，每回集电线路汇集 4 个储能单元。

（3）本期每个储能单元自用电不超过 150kW，由 PCS 升压一体机配置的辅助变提供。储能设备重要负荷用电容量不超过 320kW。与升压站站用电统一考虑。

4.4.2　储能电池舱设计

4.4.2.1　系统简介



图 4.4-1　设备外观效果图

储能锂电池柜采用一体化设计，柜内集成有储能锂电池组、配电系统、温控系统、自动消防系统等。电池系统系统集成化程度高，环境适应性强，有效减少现场安装调试及后期维护的工作量。

4.4.2.2　设备配置

表 4.4-1　储能电池舱设备配置表

序号	设备名称	型号规格	数量	单位	备注
1	储能电池柜	6250kWh	64	套	额定容量 6250kWh，1P104S*4S*8P
1.1	锂电池	6250kWh	1	套	采用 3.2V 587Ah（1878.4Wh）磷酸铁锂电芯，持续放电倍率≤0.25C，含开关盒、BMS 系统等。
1.2	电池接线柜	——	1	台	集成接线铜排，集成辅助配电功能
1.3	电池供电柜	——	1	台	集成辅助配电功能，含 24Vdc 电源模块等设备，自供电，双电源切换
1.4	箱体及附件	6058×2438×2896mm（长×宽×高），重量 45t	1	套	C4 防腐，非步入式设计，含液冷系统、视频监控、消防系统（可燃气体检测+全氟己酮自动灭火系统+水消防）及箱内设备间连接线缆等。

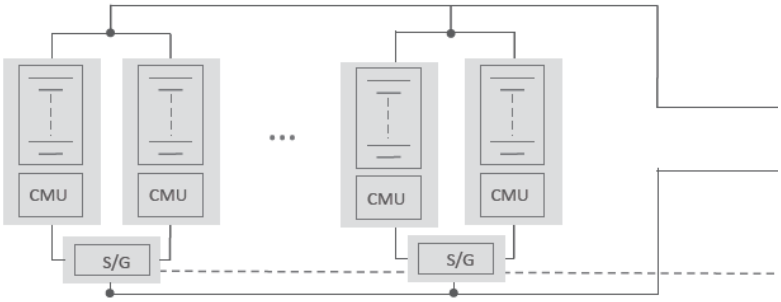


图 4.4-2　储能电池舱电路框图

4.4.2.3　系统参数

表 4.4-2　储能电池舱技术参数表

名称	技术参数
电芯	
型号	LFP 587Ah
额定容量(Ah)	587
恒功率倍率	≤0.5P
系统	
串、并联	1P104S*4S
额定能量@BOL	6250kWh

额定电压	1331.2V
工作电压范围	1040～1500V
工作温度范围	-35℃~+55℃

4.4.2.4　电池管理系统

储能的电池系统累计由电池组+BMS 组成。电池配置的 BMS 系统，包括三层架构，组串式系统中二层 BCMU 主要负责与 PCS 通讯、三层 BAMU 负责与 EMS 通讯，如下图所示。

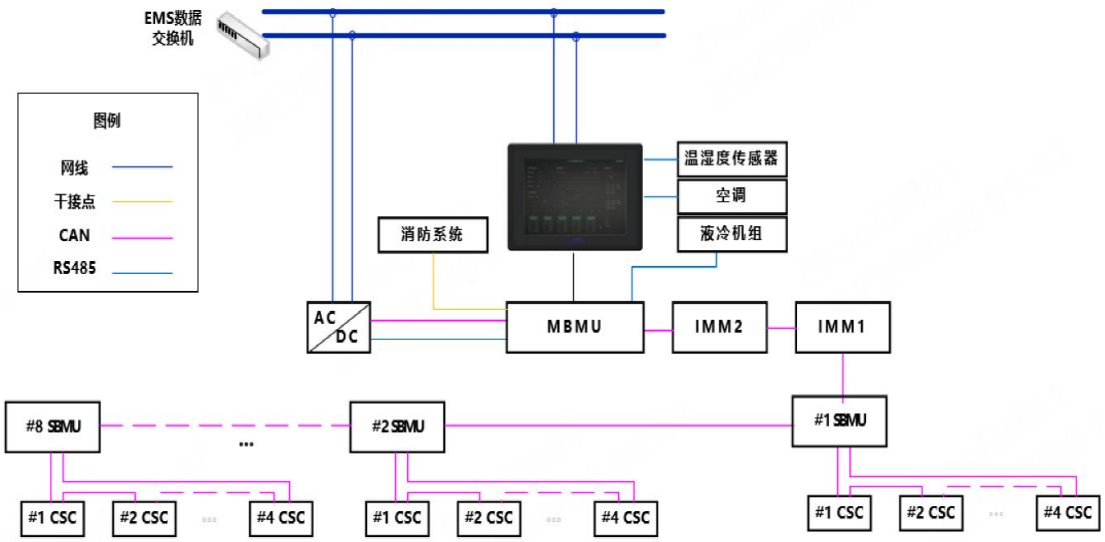


图 4.4-3　BMS 系统控制及通信框图

1、 BMS 功能说明

电池管理系统是由电子电路设备构成的实时监测系统，有效地监测电池电压、电池电流、电池簇绝缘状态、电池 SOC、电池模组及单体状态（电压、电流、温度、SOC 等），对电池簇充、放电过程进行安全管理，对可能出现的故障进行报警和应急保护处理，对电池模块及电池簇的运行进行安全和优化控制，保证电池安全、可靠、稳定的运行。

2、BMS 电池管理系统构成及功能描述

电池管理系统由电池模组管理单元 BMU 和电池簇管理单元 BCMU 及其电流、电压、温度检测单元组成。BMS 系统具有模拟信号高精度检测及上报，故障告警、上传和存储，电池保护，参数设置，均衡，电池组 SOC 标定和与其它设备信息交互等功能。

3、BMS 对外通信

EMS 对 BMS 通过双以太网通讯，采用 IEC104 协议或 IEC61850 协议，具体参考厂家提供的 BMS 现有协议。

PCS 对 BMS 采用 CAN 通信+1 路干接点，具体参考我方提供的 PCS 现有协议。

BMS 可采集热管理、温湿度的信号，预留通信接口，通信方式为 RS485，协议为 MODBUS。

4、BMS 报警

BMS 拥有三级软件保护功能，具体项目如下表：

表 4.4-5　告警等级表

一级报警（请求降功率）	二级报警（PCS 待机）	三级保护（继电器切断）
单体电芯过充/过放告警；单体电芯电压差异大告； 单体电芯充放电高温/低温告警；温差过大告警；总压高/低告警；充放电电流高告警；绝缘低告警；	单体电芯过充/过放； 单体电芯电压差异大； 单体电芯充放电高温/低温；温差过大；总压高/低；充放电电流高； 绝缘低；	单体电芯过充/过放单体电芯电压差异大单体电芯充放电高温/低温；温差过大保护总压过压/欠压充电/放电过流。绝缘低 BMU 通讯超时 BCU 通讯超时与 EMS 或 PCS 通讯超时电芯故障 NTC 故障。

4.4.2.5　温湿度监测系统

集装箱内部环境温湿度对设备正常运行有重要影响。因此在集装箱的设备走廊上方位置，分别安装一个温湿度传感器，实时监测集装箱内的温度和湿度值，一旦发现温度和湿度超过设定的数值将启动空调进行温湿度的控制。

通过在集装箱重要部位安装温湿度传感器对环境温湿度实现监测，既可在温湿度传感器界面实时看到当前的温度和湿度数值，亦可通过电池管理系统将数据上传远程监控平台，进行温湿度的远程实时监测。

4.4.2.6　热管理系统

热管理系统采用液冷液热，由液冷机组、PTC、管路、温度、湿度传感器等组成。

整个热管理系统采用主动液冷、液热对储能系统进行温度控制。根据电池系统的运行工况进行热性能分析，分析整个系统的制冷制热需求，利用合理液冷管道设计，以及每个电池箱内部的液冷流道优化设计，实现对储能系统内部电芯以及关键部件的有效温度、湿度的控制，使储能系统的工作环境适宜，延长整个系统的使用寿命以及运行的安全可靠。

本项目采用集中式一体化设计的液冷机组，集成制冷、制热和除湿，根据电池温度实时调节机组运行状态，待机、制冷、制热、自循环模式根据电池温度实时切换。

制冷：有制冷需求则开启制冷，内循环水泵、压缩机运行，水泵以高转速运行；无制冷需求时，内循环水泵低俗运行，压缩机关闭；

制热：有加热需求时开启制热，内循环水泵、电加热管运行，水泵以高转速运行；无加热需求时，内循环水泵低速运行，电加热管关闭；

自循环：液冷机组工作于自循环模式时只运行内循环水泵，水泵以低转速运行，其它器件均不运行；

停止：液冷机组工作于停止模式时，除电子控制部分保持运行外，内循环水泵等其他器件均不运行。

电池预制舱采用自动温控系统。在每个电池箱内均流流道设计，通过冷却剂的换热，将工作热量带出。预制舱内设计的液冷机组及流道保证电池工作环境温度始终维持在最佳温度 18℃~30℃范围内，系统温差≤5℃，保证储能电池系统高效、稳定、安全运行。

4.4.3　储能变流升压舱设计

本项目共有 16 台 6250kW 的变流升压一体机，每台变流升压一体机集成有储能变流器、升压变等，集成系统采用 4 台 1565kW 储能变流器交流侧直接并联方式，通过 1 台双绕组变压器升压后到 35kV 电网。整个储能变流器系统采用一体化设计，系统集成化程度高，环境适应性强，有效减少现场安装调试及后期维护的工作量。

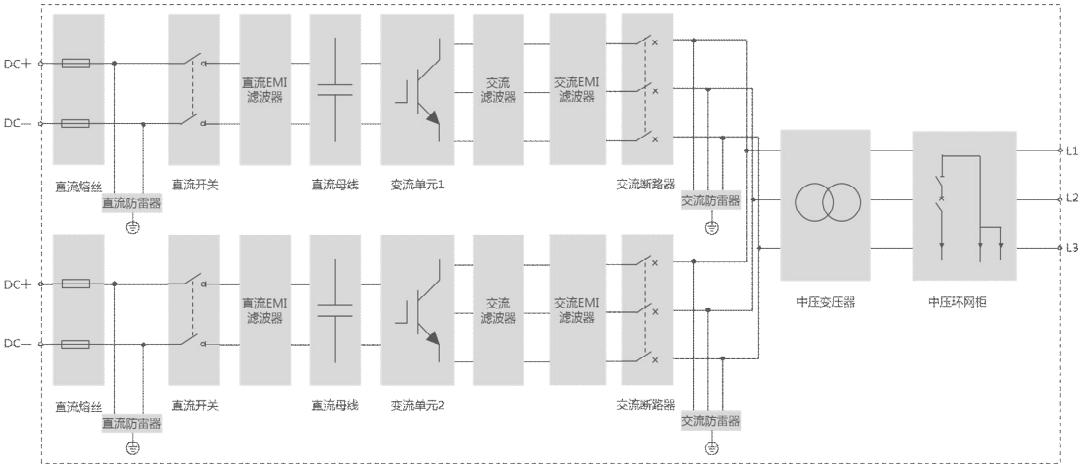


图 4.4-4　变流升压一体机电路框图

表 4.4-6　PCS 一体机参数

序号	设备名称	型号规格	数量	单位	备注
1	储能变流升压一体机	6250kW	16	套	额定功率 6250kW，并网电压等级 37kV
1.1	储能变流器	1565kW	4	台	额定功率 1565kW，交流输出 690V/50Hz，直流输入范围 1000～1500V，三相三线
1.2	升压变压器	37±2×2.5%/0.69kV，Dy11，6600kVA	1	台	干变，双绕组，SCB14
1.3	环网柜	35kV	1	台	断路器方案
1.4	智能控制柜		1	台	外供电；含 LC300，UPS，交换机等
1.5	箱体及附件	（长×宽×高）8300×3200×3500 mm	1	套	含箱内设备间连接线缆等

4.4.3.1　升压变流一体机

本项目采用双向储能变流器，以实现能量的双向变换。变流器参数如下表所示。

表 4.4-7　储能变流器技术参数表

直流参数	
直流电压范围	1000~1500V
稳压精度	±1%
稳流精度	±3%
交流参数	
交流输出功率	1565kW
最大交流电流	1309A
额定电网电压	690V 可适应±10%波动
额定电网频率	50Hz
电流总谐波失真	<2%(额定功率时)
直流电流分量	<0.5%
额定功率下的功率因数	>0.99
功率因数可调范围	1(超前)~1(滞后)
效率	
最大效率	99%
系统参数	
功率响应速度	＜20ms
充放电转换时间	＜20ms
海拔	0~5000m
工作环境温度	-40~60℃
冷却方式	智能风冷
通讯接口	RS485，Ethernet

储能双向变流器能够与监控系统协调配合，完成能量管理和电网辅助服务；

具备 PQ、VF、SVG、VSG 等功能，支持高/低压穿越、快速功率调度、离网运行，电网适应能力强。

根据 GB/T 36547-2024《电化学储能系统接入电网技术规定》中要求储能电站通过 10kV 及以上电压等级接入电网时应具备一定的耐受电压异常的能力，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电源的损失。所选储能变流器具有高低电压耐受能力，具体如下：

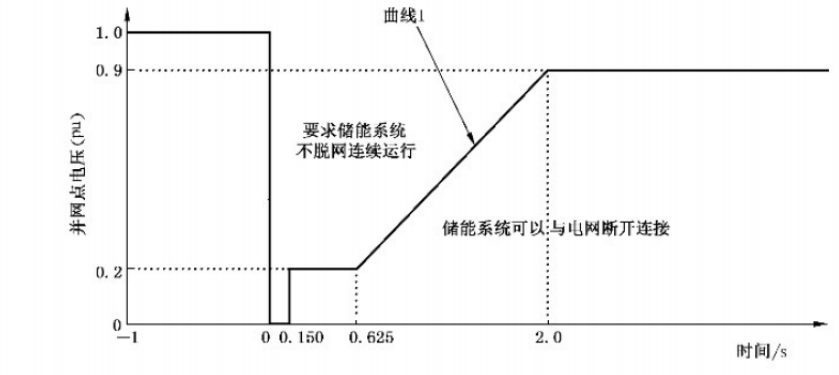


图 4.4-5　储能系统低电压穿越要求

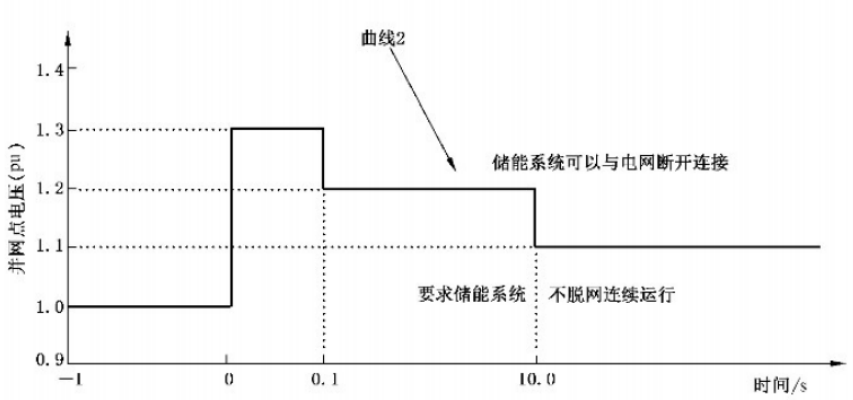


图 4.4-6　储能系统高电压穿越要求

根据 GB/T 36547-2024《电化学储能系统接入电网技术规定》中要求储能电站应具备一定的耐受系统频率异常的能力，PCS 频率异常时的响应特性至少能保证储能电站在下表所示电网频率偏离下运行：

表 4.4-8　储能电站在电网频率异常时的运行时间要求

频率范围	运行要求
低于 49.5Hz	不应处于充电状态
49.5Hz～50.2Hz	连续运行
高于 50.2Hz	不应处于放电状态

孤岛检测及防孤岛保护：

PCS 可实现储能系统对于电网故障或者掉电等孤岛情况的快速检测，一旦检测到孤岛可以根据设定实现并网切离网运行，或者停至储能系统电能输出进行防孤岛保护，从而提高系统供电的可靠性和安全性。

4.4.3.2　箱变

本项目共有 16 套箱变（含中压室、变压器室、计量室），与 PCS 一起构成变流升压一体机。变压器参数如下表所示。

表 4.4-9　变压器参数表

名称	参数值
变压器型号	SCB14-6600/37/0.69
变压器性能	干式、自冷、全密封、低损耗、铜制绕组
额定容量	6600kVA
额定电压	37±2×2.5%/0.69kV(暂定 PCS 出口电压）
设备最高电压	40.5kV
额定频率	50Hz
联结组标号	Dy11
阻抗电压	8%
海拔	≥3000m
防腐等级	C4
冷却方式	AN/AF

绝缘耐热等级	H
损耗	满足国标
温升	125K
绕组材质	铜

变流升压一体机舱体防腐等级 C4，防护等级 IP54。

4.4.3.3　安防系统

高压室门加装电磁锁和带电显示器，带电显示器用于指示高压室内是否带电，当 35kV 侧带电时高压室门不能打开，箱变外门加装机械锁，并提供与门的行成开关联锁的照明回路。箱变内有足够照明设施满足运行和检修的需要。变压器需按照预装式变电站结构形式的要求制造，整个箱体无外露可拆卸的螺钉、螺栓、铰链或其他构件，不应留任何缺口，以防棍棒或线材等物体进入其内部，触及带电部位。

4.5　储能站用电设计

根据《电化学储能电站设计标准（GB/T51048-2025）》，大型电化学储能电站宜采用双回路供电，双回路宜互为备用。储能站符合统计如下：

表 4.5-1　负荷统计表

序号	负荷类型	功率（K ）	数量	总功率 CKW)	备注
辅助设备					
I	液冷机	35	1	35	
2	空调(电功率)	2	1	2	
3	插座等辅助设备	1	2	2	
小计 1				39	
消防设备(需双电源)					
1	消防	2.401		2.401	
1.1	储能控制主机	0.075	1	0.075	
1.2	储能显控主机	0.5	1	0.5	
1.3	储能中继模块	0.02	1	0.02	
1.4	输入输出模块	0.002	1	0.002	
1.5	监测模块	0.01	1	0.01	
1.6	消防备用电源	0.6	1	0.6	
1.7	放气匆入指示灯牌	0.002	1	0.002	
1.8	声光报警灯	0.002	1	0.002	
1.9	烟感探测器	0.01	1	0.01	
1.10	非编码型温感火灾探测器	0.01	1	0.01	
1.11	电动球阀	0. 01	1	0.01	
1.12	防爆排风机	0.5	2	1	
1.13	电动百叶送风箱	0.03	2	0.06	
1.14	风机控制箱	0.1	1	0.1	
2	检修照明	0.02	12	0.24	

3	汇流柜	3.13	1	3.13	
3.1	柜内照明	0.01	1	0.01	
3.2	柜内风扇	0.06	2	0.12	
3.4	UPS	3	1	3	
小计 2				5.771	
合计				44.771	

本项目规模为 100MW/400MWh，全站布置 6.25MWh 电池舱 64 套，6.25MW 的 PCS 升压一体机 16 套，根据储能厂家提供资料，按照电池舱不超过 35kW/台，PCS 升压一体机 10kW/台估算，每个储能单元总负荷需要变电容量 150kW，由各单元 PCS 升压一体机中的辅助变压器提供。

每个储能单元重要负荷（消防、排风通气、BMS）需要负荷容量不超过 20kW，全站重要负荷共需约 320kW。

4.5.1 独立站用变

根据《电化学储能电站设计标准（GB/T51048-2025）》，大型电化学储能电站宜采用双回路供电，双回路宜互为备用。

每个储能电池舱重要负荷用电设备主要有消防、照明、火灾报警等设备，每套储能单元自用电按不超过 20kW 考虑，全站按 250kVA 配置站用变压器。

储能部分站用电与升压站站用合并设计，与一体机中辅助变两回路互为备用为重要负荷供电。

4.5.2 辅助站用变

储能升压舱内配置一台小容量干式变压器，变压器高压侧接在 PCS 交流侧和升压变之间，变压器低压侧电压为 400/230V，高压侧电压为 PCS 交流侧（集装箱内升压变低压侧）电压。为电池预制舱和升压变流舱内的辅助用电设备供电。电池直流系统取自变流舱内复制变压器。储能系统空调、风扇、照明等用电设备采用单电源供电。另外控制系统、消防系统等重要负荷采用 UPS 供电。

干式变压器给储能集装箱内的空调和照明、检修负荷供电。干式变高压侧可配置多功能电能表，用于计量系统损耗。干式变高压侧与连接点之间配置断路器，具备过载、过流、短路保护等功能。通讯动力柜主要含有 UPS、EMU、交换机、变压器测控、各种配电输出。

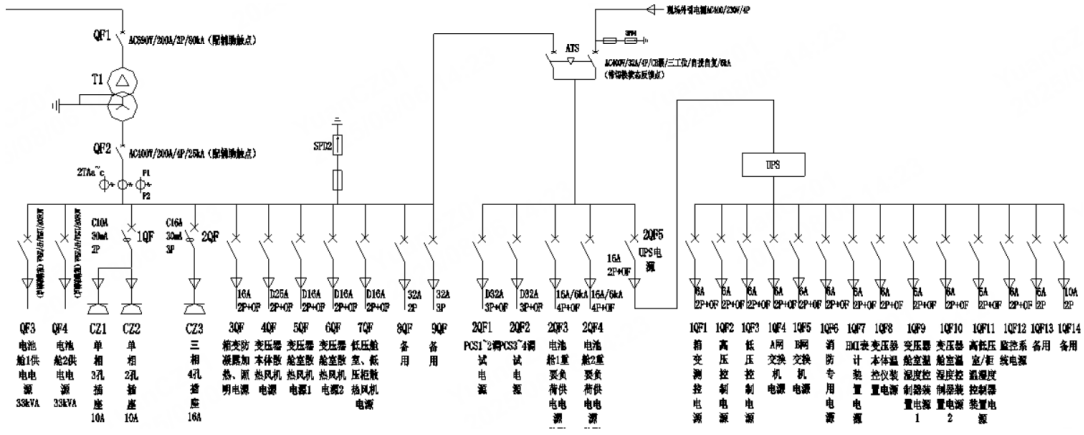


图 4.6-1 辅助系统配电示意图

4.6 储能电站防雷接地

储能设置 3 根 40m 避雷针，与升压站的避雷针形成联合保护。

储能部分接地网需与升压站主接地网可靠连接。站内接地采用以水平接地体为主，垂直接地极为辅的复合接地方式，水平接地体选用 60*8 热镀锌扁钢，垂直接地极选用长度为 2.5 米的 DN38 热镀锌圆钢。储能电站所有舱体都应与主接地网可靠连接，连接点不小于 2 处，连接处采用搭接焊接方式，焊接点做好防腐处理。构架避雷针接地装置与主接地网连接，并应在其附近装设集中接地装置。

在储能集装箱设计中，所涉及的接地主要有一次接地和二次部分接地。集装箱外部提供 2 个接地点，一二次分开接地。

一次接地主要是机柜外壳保护接地和防雷接地，其中的保护接地主要是机壳安全接地，它是将系统中平时不带电的金属部分（机柜外壳，操作台外壳等)与地之间形成良好的导电连接，以保护设备和人身安全。

二次接地主要是集装箱内控制器件、端子、测量设备、屏蔽电缆等接地。可提高储能系统二次设备的抗干扰能力，降低其产生异常状况的机率，保障储能箱内相关二次回路的安全可靠性。

4.7 储能电站二次部分设计

4.7.1 储能接入电网规定

根据《电化学储能系统接入电网技术规定》（GB/T 36547-2024）：

（1）通过 10（6）kV 及以上电压等级接入公用电网的电化学储能系统宜装设满足 GB/T 19862 要求的电能质量监测装置；当电化学储能系统的电能质量指标不满足要求时，应安装电能质量治理设备。

本工程电能质量监测系统由升压站配置，需考虑储能电站的接入需求。

（2）有功功率控制

1）具备就地和远程充放电功率控制功能，且具备能够自动执行电网调度机构下达指令的功能。

2）具有参与一次调频的能力，并具备自动发电控制（AGC）功能。

3）动态响应特性满足以下要求：储能系统功率控制的充/放电响应时间不大于 2s，充/放电调节时间不大于 3s，充电到放电转换时间、放电到充电转换时间不大于 2s；调节时间后，系统实际出力曲线与调度指令或计划曲线偏差不大于±2%额定功率。

本项目储能功率变换系统已符合上述功能要求。

（3）无功功率控制

具备就地和远程无功功率控制和电压调节功能。本项目储能功率变换系统已符合此功能要求。

4.7.2 EMS 系统

本工程配置一套储能能量管理系统（EMS），对储能系统进行能量调度和管理，负责收集全部电池管理系统数据、储能变流器数据及配电柜数据，向各个部分发出控制指令，控制整个储能系统的运行，合理安排储能变流器工作。同时，系统既可以按照预设的充放电时间、功率和运行模式自动运行，也可以接受操作员的即时指令运行。EMS 将储能电站的相关信息进行上传，同时获取远方调度指令，实现储能电站的多种复杂功能。

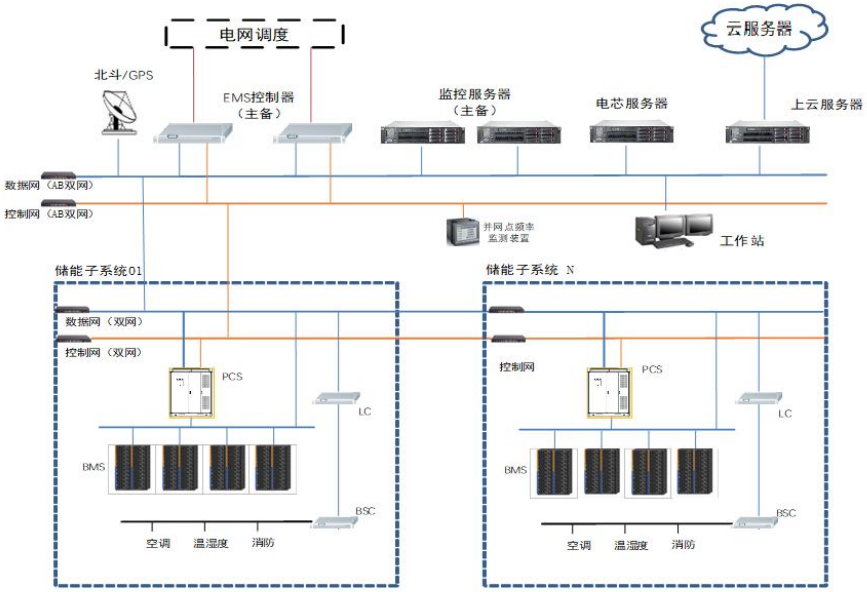


图 4.8-1　能量管理系统拓扑示意图

4.7.2.1　储能能量管理系统运行策略

1）储能电站运行模式

本项目属于电网侧储能项目，建设模式为独立储能模式，收益主要来源于参与电网辅助服务、现货交易。

2）储能优化调度

EMS 负责执行储能站内控制策略和能量管理策略，根据实时监测数据与历史运行数据，可以按照既定的能量管理策略进线储能系统充放电的实时管控，也可以接受电网 AGC 指令运行。

3）电池动态维护策略

EMS 系统可以根据电池的运行状况或定期对电池进行充放电动态维护。电池维护充放电方法根据电池厂家提供的电池维护指导意见和现场运行条件来制定。电池维护的控制参数和运行流程需由电池厂提供。通过动态维护来维持电池良好的运行工作状态。

4.7.2.2　储能能量管理系统（EMS）配置原则

基于项目情况，本站 EMS 系统采用开放式分层分布结构，PCS 控制网和数据网各自采用双网星型网络结构。站控层包括监控主机兼操作工作站、数据采集服务器、数据库服务器等设备。间隔层包括电池管理系统（BMS）、功率变换系统（PCS）等设备，完成本间隔设备的就地监视、信息远传等功能，与站控层之间通过 IEC61850/104 规约进行通讯，采用网线或光缆进行连接。能量管理系统接调度指令能实现跟踪计划、平抑波动、补偿预测曲线功能。

4.7.2.3　站控层配置

1）监控主机兼操作员工作站：工作站采用工控机，一般情况摆放在调度台内，方便维护管理。监控主机同时兼做操作员及工程师站，运行人员可通过操作员兼工程师工作站对站内设备进行运行监测和操作控制，对能量管理系统的维护仅允许在操作员兼工程师工作站上进行，并具有可靠的登录保护。

2）数据采集和数据库服务器：完成对整个储能系统的数据采集、处理、显示和监视、存储功能，并在满足权限和逻辑时，对相应的设备进行控制，还为运行人员提供各种控制管理功能，并提供多种外部系统接入接口，可进行系统维护工作时须有可靠的登录保护，同时还兼具数据服务器的硬件配置，满足大容量历史数据存储的需求。

3）AGC/AVC 控制服务器：能够快速响应有功/无功控制目标，采用优化的控制策略和分配算法，实时控制各 PCS 设备，从而快速、精确调整并网点有功/无功功率。电网频率过低或有功严重不足时，可响应调度紧急控制放电需求。具备 SOC 自动维护、异常监测触发调节、闭锁调节等功能。

4.7.2.4 间隔层配置

1）就地监控装置：每个储能单元需配置 1 套就地监控系统，该系统能够完成与储能电池系统及变流器相关设备的状态监控，数据采集，具有遥测、遥控、遥信功能，对电池、变流器及其他配套辅助设备等进行全面完善的监测，实时采集有关设备运行状态及工作参数并上传至储能电站储能监控及能量管理系统，实时传递关键系统数据。故障信息实时存储、传送，并留与储能电站储能监控及能量管理系统的通讯端口。

2）间隔层交换机：PCS 控制网根据规模双网配置双套千兆接入交换机，接入各个分区的测控、变流器、电池管理系统；若干个接入交换机接入 1 对汇聚交换机，用于接入站控层网络。信息网根据规模单网配置百兆接入交换机，若干个电池舱接入 1 对汇聚交换机，用于接入站控层网络。

4.7.2.5 EMS 系统功能

1）监测及控制功能

能量管理系统对储能站内的主要设备进行运行监测，运行监测设备包括：

A. 储能系统的主要设备变流器（PCS）、电池管理系统(BMS)的电参数进行实时监测，监测参数包括 PCS 的主要电参数、电池管理系统的堆数据、组串数据、以及单体电压、电流、SOC 数据、以及设备运行中的故障与报警数据。

B. 储能系统的辅助监控设备，包括消防系统和温度控制系统，能量管理系统根据消防系统提供的信号进行联动，当消防报警启动时，系统停止所有设备的运行。能量管理系统通过空调系统检测集装箱的运行温度，并参考温度情况进行运行控制。

系统正常运行模式下，采用自动运行模式和手动运行模式，在自动运行模式下，根据运行策略对 PCS 进行自动控制，人工操作接口关闭。在手动运行模式下，提供设备的人口操作接口，接受人工置数控制。

系统工作站提供可视化的监测和操作界面，系统以拓扑结构图、设备数据列表、曲线图、柱状图、分布图等多种方式显示所有的测量信息。系统操作接口简洁、方便、高效。

2）告警和故障提示功能

系统提供分级别的告警和故障提示功能，支持根据用户需求和设备厂家的要求，设置告警的类型、级别以及告警方式。

系统支持的告警信号包括：设备自身提供的报警信息，以及能量管理系统主站提供的系统运行报警信息。

支持文字、语音、闪烁灯多种告警方式。支持告警信息的手动、自动的确认、

删除。支持历史告警信息按类型、按告警源分类查询。

系统提供对所有事件告警信息的历史储存。

3）历史数据查询

系统按照采集的时间间隔完备的储存所有设备的原始运行数据和系统历史运行数据，数据包括：设备数据、告警数据、系统运行数据、操作控制数据等。系统支持多种关系型数据库，用户可以根据系统情况自行选择数据库。

系统提供友好方便的人机界面，完成历史数据、历史警告和故障信息、操作事件记录的查询、显示。支持按日期、按类型、设备编号查询，并以表格、曲线、柱状图等方式显示查询的历史瞬时数据记录、实时统计数据、历史统计数据。

历史存储对于实时数据能够最少保存最近二年的实时数据（根据存储数据量的大小及存储间隔，配置合适的物理存储设备）。

4）统计分析功能

系统的分析统计功能包括储能系统的运行情况统计，包括每个储能单元的充放电量、最大最小功率、充放电循环情况统计等进行分时段统计，可以提供各个储能单元之间的数据对比。

同时，还包括对单个设备运行的情况统计，包括故障次数、安全运行累计时长等信息的统计。

5）报表功能

系统的报表功能包括：报表制作、报表显示、报表发布、报表打印。报表子系统可以非常方便灵活地生成日报、月报、年报。

报表中可显示的数据包括：储能系统的充放电量、充放功率等各种统计值和最大最小值。

4.7.3 储能电站保护配置

（1）35kV 就地升压变保护

35kV 就地升压变采用断路器保护。

（2）PCS 保护

PCS 应具备如下保护功能，确保各种故障情况下的系统和设备安全。

本体保护：功率模块过流、功率模块过温、功率模块驱动故障；

直流侧保护：直流过压/欠压保护、直流过流保护、直流输入反接保护；

交流侧保护：交流过压/欠压保护、交流过流保护、频率异常保护、交流进线相序错误保护、电网电压不平衡度保护、输出直流分量超标保护、输出直流谐波超标保护、防孤岛保护；其它保护：冷却系统故障保护、通讯故障保护。

（3）电池本体保护

电池本体的保护主要由电池管理系统（BMS）实现，BMS 应具备过压保护、欠压保护、过流保护、过温保护和直流绝缘监测等功能。

（4）其他保护

直流连接单元是指电池本体与 PCS 之间的连接部分，主要包括直流电缆和直流断路器（隔离开关），电池出口侧应装设断路器，PCS 直流侧可装设隔离开关。该段保护不独立设置，主要由电池本体的保护实现跳开电池出口侧断路器。

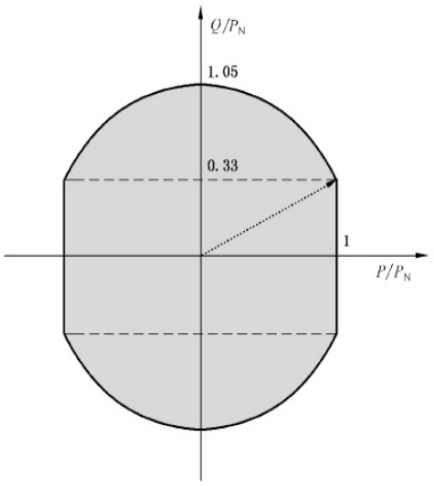
4.7.4 功率控制和调节

储能项目应接入调度端储能集中控制 AGC 系统与 AVC 系统。

依据《电化学储能系统接入电网技术规定》，电化学储能系统应具备恒功率

控制、恒功率因数控制和恒充电/放电电流控制功能，能够按照计划曲线和下发指令方式连续运行。

电化学储能系统在其变流器额定功率运行范围内应具备四象限功率控制功能，有功功率和无功功率应在如图所示的阴影范围内可调。



注：P_N为电化学储能系统的额定功率，P 和 Q 分别为电化学储能系统当前运行的有功功率和无功功率。

（1）有功功率控制

储能项目应具备就地和远程自动发电控制(AGC)功能，且具备能够自动执行电网调度机构下达指令的功能。储能系统的动态响应特性应满足以下要求：

储能系统的充/放电响应时间不大于 2s，充放电调节时间不大于 3s，充电到放电转换时间，放电到充电转换时间不大于 2s；

调节时间后，系统实际出力曲线与调度指令或计划曲线偏差不大于±2%额定功率。

本项目装设一套有功功率控制系统，接入调度端储能集中控制 AGC 系统。

（2）电压/无功调节

储能项目应具有电压/无功调节能力，本项目装设一套独立的无功电压控制系统，储能系统同时具备就地和远程无功功率控制和电压调节功能，能够按照调度中心指令自动调节 SVG 发出(或吸收)的无功功率，实现对并网点电压的控制。

4.7.5 智能辅助控制系统

储能电站配置智能辅助控制系统 1 套，含储能视频子交换机、火灾报警及消防联动控制器、门禁主机、环境监测主机、电子围栏等，屏柜布置于升压站二次设备室。

电池预制舱、逆变升压预制舱和配电预制舱均按要求配置火灾报警系统，通过总线方式接入二次设备舱内的智能辅助控制柜中的区域火灾报警及消防联动控制器内，形成火灾报警联动控制系统，可实现远程消防启动。

电池预制舱、逆变升压预制舱、配电预制舱的智辅系统随舱配置，并全部接入到升压站二次设备室的智能辅助控制系统屏内。

最终配置方案以系统接入方案为准。

4.7.6 组网方案

储能电站监控通信是指对储能功率转换系统及电池系统控制及运行监视的通信网络，设计范围包括储能电站每台 PCS 升压舱之间以及每组储能单元至 EMS

监控设备的网线、光缆选型和线路设计等。光缆沿 35kV 汇集线路敷设，并根据储能单元分布情况和控制方式构成光纤网络方式，以保证各储能单元在运行控制、维护管理及故障信息上传等方面的通信需求。

本项目将储能电池舱及对应的 PCS 升压舱机分为 12 组，与储能电站汇集线路分组方式相同。每组储能单元共用 1 条光缆线路与升压站二次室的 EMS 监控设备连接，每套控制、信息交换机利用不同纤芯，形成各自独立的光纤环网，实现监控后台对每套 PCS、电池舱的监控。

4.8 废旧电池处理方案

随着储能产业的迅速发展，废旧动力电池大量报废，势必造成资源的巨大浪费和环境的严重污染。因此，从降低成本以及环境保护和提高资源利用率等方面考虑，回收利用废旧磷酸铁锂动力电池，对于实现我国新能源产业的可持续发展，具有重要意义。

目前，动力电池回收主要存在三种回收方式：物理回收、湿法回收、热法回收，各回收方式对比如下：

工艺方式	概述	优点	缺点
物理回收	精细拆解技术；可将正负极材料修复再生，重新回到生产环节。	全组分、全自动、无污染拆解，可回收磷酸铁锂电池，经济性好。	人工强度大，其他有价金属回收困难。
湿法回收	对锂电池进行破碎分选-溶解浸出分离回收的处理过程，主要包括化学沉淀、溶剂萃取以及离子交换等三种方法。	对设备和操作要求低，化学反应选择多，产品纯度高，对于电池重金属物质回收效率高。	工艺流程较长，回收过程设计腐蚀性溶剂，存在废液污染等问题。
热法回收	不通过溶液等媒介，直接实现各类电池材料或者金属的回收，主要包括机械分选法和高温热解法。	工艺简单，可回收汞、镍、锌等更多重金属。	收率较低，能耗较高，且产生一定的废弃污染。

本工程使用的磷酸铁锂电池中主要包含的金属元素为锂元素，含量占比约 1%，当电池寿命达到设计年限后，可采用物理回收方式，对电芯进行回收。

5 储能部分土建设计

5.1 设计中采用的标准、规范

《电化学储能电站设计标准》GB/T 51048-2025
《电化学储能电站安全规程》GB/T 42288-2022
《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008
《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
《消防设施通用规范》GB 55036-2022
《建筑防火通用规范》GB 55037-2022
《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
《钢结构设计标准》GB 50017-2017
《建筑工程抗震设防分类标准》GB/T 50223-2008
《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2012
《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010（2024 年版）
《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010（2024 年版）
《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046-2018
《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ118-2011
《室外给水设计标准》GB 50013-2018
《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014
《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）
《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140-2005
《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457-2012
《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035-2016
《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013
《外壳防护等级（IP 代码）》GB 4208-2017

5.2 站区规划和布置

5.2.1 站区规划

临泽板桥 100MW/400MWh 独立储能电站项目，项目规划建设总容量为 100MW/400MWh，建设 6.25MWh 磷酸铁锂电池舱 64 座，6.25MWPCS 升压舱 16 座，40m 高避雷针 4 座。

土建建设内容：建设储能电池舱基础共 64 座；PCS 升压舱基础 16 座；钢管式避雷针及基础 4 座；围墙、站内道路、水消防及其配套设施、电缆沟等。

5.2.2 站区总平面布置

（1）总平面布置主要设计原则

站区总平面布置根据总体规划、工艺布置，遵循总平面布置设计原则，结合地形特点进行布置。

本项目总体规划是在满足工艺要求的前提下，综合考虑电力系统规划、进出线规划、地形和工程地质条件、防排洪、进站道路引接方向等外部条件，并结合站址的实际情况进行储能电站设计。

考虑以下要求：出线方向适应线路走廊要求，尽量避免线路交叉；工程征地按规划容量一次规划、一次征地；站内建构筑物防火间距满足规范要求；尽量节省用地；减少拆迁和对当地现有设施的影响。

（2）站区总平面布置

储能部分呈矩形型布置，位于扩建330kV升压站东侧，西侧与升压站衔接。

储能部分（不含330kV扩建升压站）围墙东西长105.2m，南北宽123.2m，围墙内占地面积约1.2961公顷，围墙外设2m宽防（排）洪设施用地。

站内主要布置储能电池舱64座，PCS升压舱16座，避雷针4座，环形站内道路等。储能电站站内由道路划分为3个分区，储能电站设备间的空地做100mm厚碎石垫层。

5.2.3 大门、道路、围墙、沟道

进站大门位于站址南侧。

站内道路呈环形布置，宽4.0m，转弯半径9m，混凝土路面，城市型，面层厚180mm。进站道路宽5.5m，转弯半径9m，混凝土路面，城市型，面层厚220mm。

站区围墙采用带壁柱实体砖墙，高2.5m，墙厚240mm，内外侧墙面均以20mm厚水泥砂浆抹面，并刷外墙防水涂料；围墙每隔20m设伸缩缝一道；壁柱截面尺寸为370×370mm，间距3.3m；围墙基础埋深1.5m。

电缆沟采用素混凝土结构，下穿道路电缆沟采用钢筋混凝土结构。电缆沟采用清水模施工，不再抹面，配无机复合成品盖板，盖板下设橡胶条，伸缩缝处设橡胶止水带。

5.2.4 主要建筑材料

①现浇钢筋混凝土结构如下；

混凝土：C30、C20。

钢筋：HPB300级、HRB400级。

型钢：Q235-B。

水泥：普通硅酸盐水泥。

②砌体结构如下：

砌块：MU15

砂浆：Mb7.5

工程建设所需要的水泥、砖、砂石、钢材等均可以就近采购。

5.2.5 站区竖向布置

（1）竖向布置主要设计原则

储能电站站区竖向布置主要设计原则如下：根据《电化学储能电站设计标准》，本项目储能电站为大型，站区标高应满足100年一遇防洪要求。站区采用平坡式布置，竖向布置设计结合站址自然地形条件，考虑工艺布置的影响、站区防洪要求、进站道路的衔接、站区排水便利等因素。

站区场地平整按征地规模一次完成。

（2）竖向布置方案

储能电站站址所在区域地势南高北低，地形较为平坦。站区竖向布置结合自然地势条件采用平坡式设计，即站区由南向北采用1.0%的设计坡降，雨水采用散排方式，经围墙底部排水孔排至站外。

设计标高综合考虑土方平衡、配电装置布置、升压站标高、进站道路布置、防洪要求进行设计。站区综合土方平衡后，场地局部高度加高，场平施工过程中应对填土按《建筑地基基础设计规范》、《建筑地基处理技术规范》相关要求分层填筑，分层碾压，压实系数不小于0.94。

站址挖填方边坡设浆砌块石护坡，围墙外围设散水及混凝土排水沟。

5.3 预制舱和构筑物

5.3.1 预制舱技术要求

（1）舱体主要技术指标应满足以下要求：

舱体能够适应项目地干旱、风沙大、昼夜温差大等气象环境。

1）舱体防护等级：IP54；

2）舱体耐火极限：≥1.0h；

3）舱体荷载能力：地面活载 4kN/㎡，不上人屋面荷载不低于 0.5kN/㎡，最大雪压应满足当地雪荷载数值；稳定风速 40m/s，阵风 60m/s 条件下不倾覆。

4）舱体防腐蚀要求：舱承载骨架涂覆处理，外墙为瓦楞板，内墙为保温复合板，实际使用环境条件下，预制舱的外观、机械强度、腐蚀程度等确保满足 25 年实际使用的要求；

5）环境温度：储存温度-50℃~+70℃，工作温度-45℃~+55℃下正常工作；

6）舱内相对湿度：任何情况下无凝露；

7）阻沙性：预制舱必须具有阻沙功能，在自然通风状态下新风进风量≥20%，阻沙率≥99%；

8）单台空调噪音：设备 1m 处小于 80dB；

9）舱体使用寿命：不小于 25 年，寿命期限内具备无限次满载吊装强度。

10）舱内巡视通道宽度不小于 700mm。

（2）结构要求

1）舱体的重要性系数应根据结构的安全等级设计，设计使用年限按 25 年考虑，25 年内具备无限次满载吊装强度。

2）舱体采用钢结构预制舱。

3）钢结构舱体的主体框架以槽钢或矩形管焊接而成。底部为 t=5mm 花纹钢板，焊接平整，能满足电池架安装的强度和平整度要求。侧板外壳采用有效厚度不低于 2.0mm 的高耐候钢板经成型加强后焊接而成，内壁采用有效厚底不低于 0.8mm 的镀锌彩钢板制作。钢结构舱体骨架应整体焊接，保证足够的强度与刚度。舱体在起吊、运输和安装时不应产生永久变形、开裂或覆盖件脱落。

4）结构自重、检修集中荷载、屋面雪荷载和积灰荷载等，应按现行国家标准 GB 50009 的规定采用，悬挂荷载应按实际情况取用。

5）地震作用应符合现行国家标准 GB 50011-2010 的规定。舱体抗震性能按下列方法评估：

①舱体抗震性能试验按照 GB 50260—2013 中 6.4 抗震试验的方法进行。在设计的地震作用下，按规定方法试验后，舱体防护性能不降低、舱体外立面装饰构件不应脱落、舱内辅控设备完好、舱门无损坏；

②对于由于尺寸原因不具备试验条件的舱体，舱体框架本身的抗震性能可采用仿真分析验证。

6）舱门设置应满足舱内设备运输、巡视和逃生的要求，宜在舱体两侧各设一个舱门，应至少具备 1 个逃生门（开门方向朝外，不带锁具，一推即开）。舱体不宜设窗户，采用风机及空调实现通风。

7）舱体与基础应牢固连接，宜焊接于基础预埋件上。舱体下场地应具备排水、防潮措施。舱体底部与基础应紧密贴合，不应有突出的柱脚。

8）舱底板上应沿每排电池柜（架）布置两根扁钢，与底板焊接作为电池柜（架）安装基础，电池柜（架）底盘通过地脚螺栓与扁钢固定。

9）舱体应采取有效的防腐蚀措施，构造上应考虑便于检查、清刷、油漆及避免积水。经过防腐处理的零部件，在中性盐雾试验最少 144h 后应无金属基体腐蚀现象。

10）舱墙体内应采用保温材料，保温材料的厚度根据热力学计算确定。在舱内外温差大时（舱外温度低、舱内温度高），舱内部不应产生凝露。

11）舱体必须具备良好的防腐、防火、防水、防尘（防风沙）、防震、防紫外线等功能，必须保证箱体 25 年内不会因腐蚀、防火、防水、防尘和紫外线等因素出现故障，要求如下：

① 防腐功能必须保证 25 年内预制舱的外观、机械强度、腐蚀程度等满足实际使用的要求(集装箱外表面（四周加顶部）涂层总厚度不小于 110um，其中，油漆组成不低于如下：富锌底漆（厚度≥30um）＋环氧中间漆（厚度≥40um）＋聚氨酯面漆（厚度≥40um），环境防护等级不低于 C3)。

② 防火功能必须保证预制舱外壳结构、隔热保温材料、内外部装饰材料等全部使用不燃材料。

③ 防水功能必须保证箱体顶部不积水、不渗水、不漏水，箱体侧面不进雨，箱体底部不渗水。

④ 防尘（防风沙）功能必须保证在的进、出风口和设备的进风口加装可方便更换的标准通风过滤网或过滤棉，同时，在遭遇大风扬沙天气时可以有效阻止灰尘进入预制舱内部；必须保证预制舱防尘（防风沙）功能的长期有效性。

⑤ 防震功能必须保证运输和地震条件下预制舱及其内部设备的机械强度满足要求，不出现变形、功能异常、震动后不运行等故障。

⑥ 防紫外线功能必须保证预制舱内外材料的性质不会因为紫外线的照射发生劣化、不会吸收紫外线的热量等。

5.3.3 构筑物基础

（1）电池舱基础、PCS 升压舱基础均采用 PHC 管桩基础，桩采用 PHC300-AB-70，基础埋深 2.3m，露出地面 300mm。

（2）避雷针采用钢管结构，钢材为 Q235B，拼接方式为法兰连接，采用热镀锌防腐，镀锌层厚度不小于 85μm。

（3）避雷针基础采用钢筋混凝土杯型基础，基础埋深 3m，二次灌浆采用 C35 细石混凝土。

（4）照明、监控立杆基础采用块式素混凝土基础，基础预埋地脚螺栓。

5.3.4 地基处理

根据现场勘察及调查，同时参考临近工程勘察设计资料，按照地基土的工程特性、埋藏分布条件，场地地基土从原始地面算起自上至下依次描述如下：

细砂（Q4al+pl）：灰黄色，松散~稍密，稍湿，主要成分为石英、长石组成，砂质不纯，级配不良，底部夹有角砾、砾砂薄层。该层厚度为 1.0~1.5m。

粗砂（Q3pl）：红褐色~灰绿色，稍湿，稍密，以石英、长石为主，混零星砾石，夹有细砂与砾砂薄层。该层层厚在 3.0~4.5m。

泥岩（N）：青灰色~红褐色，泥质结构，层状构造，主要成份为粘土矿物，岩质较软，遇水易膨胀、软化，岩芯呈短柱状，与砂岩互层形式分布，该层全风化层厚约 1.5m，强风化层厚约 1.0m，以下为中等风化层，层厚大于 10.0m。

构筑物基础以粗砂（Q3pl）为基础持力层，粗砂（Q3pl）地基土压缩性低，承载力较高，满足承载力和稳定性要求。

5.3.5 防腐蚀

根据岩土勘察报告，场地地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中等腐蚀性，对钢结构具有弱腐蚀性。

根据《工业建筑防腐蚀设计标准》，本项目混凝土强度采用C30，最小胶凝材料用量300kg/m³，最大水胶比0.50，胶凝材料中最大氯离子质量比0.10%，最大碱含量3.0kg/m³。基础表面刷沥青胶泥涂层，厚度≥300μm。

5.4 水工部分

5.4.1 给水系统

（1）储能站区生活给水系统

储能站区无生活给水系统，生活区设在临泽板桥羊台山300MW/1200MWh独立共享储能电站项目围墙内。

（2）储能站区消防给水系统

①消防给水设计条件

临泽板桥羊台山300MW/1200MWh独立共享储能电站项目站内设消防给水系统，消防水池容量216m³，消火栓泵流量为25L/S，压力0.70MPa，稳压泵流量为1.0L/S，压力0.80MPa满足本站最大一次消防用量，储能电站消防用水通过消防管网引接。

临泽板桥羊台山300MW/1200MWh独立共享储能电站项目站内共设置1座一体化消防给水泵房、消防水池，容量按全站一次火灾所需的用水量配置。

②消防用水量

根据《电化学储能电站设计标准》要求，储能电站应设置消防给水系统，储能站区室外消火栓一起火灾所需最大用水量20L/s，火灾延续时间不小于3h。经计算，一次消防最大用水量为216m³。经对比临泽板桥羊台山300MW/1200MWh独立共享储能电站项目330kV升压站消防用水量，满足储能电站消防用水。

5.4.2 排水系统

（1）全站雨水随场地坡度散排至站外。

（2）电缆沟少量雨水汇入渗井。

5.5 采暖和通风部分

（1）预制舱的采暖、通风及空调设计，应满足以下要求。

1）各舱内应根据项目所在地气候条件设置空调、风机、风口等设施，储能电池舱采用液冷方案，舱体设置满足设备运行环境要求：

配置带故障告警输出功能的工业空调，空调应具备相关通信接口，具备远程控制功能。

2）所有空调设备采用高效设备，选用节能型空调，降低舱内能耗。各舱体内设置独立的空调自动控制系统。应带故障告警输出功能的工业空调一体机。

3）设备机架宜自支撑独立安装，并应能满足抗震设防烈度8度地震而无构造损坏。

4）储能预制舱内应有完整的热管理设计方案。

5）热管理系统应能够对电池组的运行和待机温度进行严格控制，能够根据不同工况，启动不同热管理控制模式，将预制舱内所有电池温差控制在10℃以内，预制舱内部环境温度控制在15℃~35℃。

6）热管理系统内部温度控制模式应包含高温冷却模式、低温加热模式，相

应控制模式在储能系统运行、待机等不同状态应采用不同阈值参数。

7）预制舱内部需具备环境温度测量功能，其中温度信号用来参与热管理控制。热管理功能可自动实现。

8）空调掉电关机后，恢复供电时能够自动启动。空调应具备相关通信接口，故障、告警等信号应上传，具备远程控制功能。

9）预制舱的内、外部风道采用与预制舱外壳相同的材料和工艺处理。

5.6 储能电站消防设计

5.6.1 设计原则

储能电站消防设计贯彻“预防为主，防消结合”的设计原则，针对工程的具体情况，积极采用先进的防火技术，做到保障安全，使用方便，经济合理。

在遵守国家有关消防规范的基础上，根据本电站“无人值班，少人值守”的设计原则，合理确定各系统的自动化水平，使火灾报警、监测及系统自动化水平满足本电站的具体使用要求，做到及早发现和通报火警，防止和减少火灾危害，保护人身和财产安全。

5.6.2 消防总体设计方案

电站消防设计与电站总体布置统筹考虑，保证消防车道的布置、安全出口的布置及有关消防设施如消防供水、应急照明、自动报警、通风防排烟、灭火器配置等满足有关消防规范的要求。

根据《电化学储能电站设计标准》要求，预制舱式储能电站应设置消防给水系统，消防给水管网从临泽板桥羊台山 300MW/1200MWh 独立共享储能电站项目升压站消防给水管网引接。

在储能电池预制舱内设置固定式气体灭火系统，并在储能电池预制舱内设置可燃气体探测器、感温探测器和感烟探测器；其他预制舱内设置感温探测器和感烟探测器；电站内应建立防火安全责任制，对电站职工进行消防训练和防火安全教育，定期对消防设施进行安全检查试验，以确保消防系统及其设备的完好性，保证电站安全运行。

5.6.3 消防设计方案

（1）消防道路

储能电站站内设置宽 4m 的环形道路，转弯半径 9m，道路净空高度大于 4m，保证消防车辆的通行。

（2）自动灭火系统

储能预制舱内设置全氟己酮气体灭火系统，由厂家集成于储能预制舱内，布置于 pack 级电池模块中，全氟己酮气体灭火系统的流量、压力、浓度和灭火剂喷放时间、喷头间距等参数应符合《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》和《电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》规范要求。

自动灭火系统的启动应根据“先断电、后灭火”的原则，先行断开舱级储能变流器断路器和簇级继电器后，方可启动灭火系统进行灭火。

（3）火灾自动报警系统

在储能电池舱内设置氢气等可燃气体探测器、感温探测器和感烟探测器，探测器由厂家集成安装于 pack 级电池模块。

火灾自动报警及其联动控制系统，具备对本站所有消防设备实行监控管理、

故障报警、信息显示、查询打印及信息上传等功能；火灾报警信号、故障报警信号和固定自动灭火系统运行状态信息应上传消防控制室；控制室应设置消防监控系统，对本地区储能电站全部火灾报警系统和消防设备实施集中图形显示，实现实时监视、火警处置、故障报警、远程应急操作、设备状态信息显示和查询打印等功能。

（4）消防供电

火灾自动报警系统设置交流电源和蓄电池备用电源。

消防用电设备应采用专用的供电回路，消防设备应急电源输出功率大于火灾自动报警及联动控制系统全负荷功率的 120% ，蓄电池组的容量保证火灾自动报警及联动控制系统在火灾状态同时工作负荷条件下连续工作 3h 以上。

（5）消防器材配置

全站设消防沙箱（1㎥）5 座，消防柜 5 个，含消防斧、消防铲、消防桶若干，35kg 推车式灭火器 12 个，正压式呼吸器 2 个。

6 升压站电气部分

6.1 电气主接线

6.1.1 建设规模

330kV 建赛储能升压站扩建 1 台主变（以下简称“2#主变”），主变容量 120MVA，汇集 100MW 储能项目，建赛储能升压站 330kV 侧由线变组接线改造为单母线接线。储能电站 4 回 35kV 集电线路接入 2#主变 35kV 侧，建赛储能升压站以 1 回 330kV 线路接入建晟升压站，导线型号为 JL/G1A-2×240，线路长度约 0.7km，建晟升压站以 1 回 330kV 线路接入 750kV 甘州变，导线型号为 JL/G1A-2×630，线路长度约 56km。

主变：新建 2#主变 1 台，容量 120MVA，电压等级 345±8×1.25%/37/10.5kV（10kV 侧作为平衡绕组）。

330kV 出线：终期 1 回，本期 1 回；本期 330 出线间隔建设完成后，将站内原有线变组出线间隔调整为 1#主变进线间隔，原有 330kV 送出线路改接至本期新建出线间隔构架处。

35kV 出线：本期新上 2#主变 35kV 侧出线终期 4 回，本期 4 回，均至储能电站。另外，新上主变 35kV 侧预留 2 回滤波支路。2#主变 35kV 侧出线同 1#变。

无功补偿：本期新上 2#主变 35kV 侧安装 1 台 45Mvar 全容量 SVG。

调相机：本期新上 2#主变预留调相机建设位置，35kV 侧预留 3 回接入条件。

中性点接地方式：本期新上主变 35kV 侧中性点经小电阻接地，电阻值为 202Ω。

母线改造：建赛储能升压站 330kV 侧由线变组接线改为单母线接线。

6.1.2 电气主接线形式的确定

电气主接线形式应根据变电所在电力系统中的地位、变电所的规划容量、负荷性质、线路、变压器连接元件总数、设备特点等条件确定。

6.1.2.1 330kV 配电装置的接线形式

根据《220kV～750kV 变电站设计技术规程》的规定“当 330kV~750kV 配电装置最终连接元件总数不大于 6 个，且变电站为终端变电站时，在满足运行要求的前提下，可采用线路变压器组、桥型、单母线或线路有 2 台断路器、变压器直接与母线连接的“变压器母线组”等接线” 。根据系统确定的建设规模，本站 330kV 配电装置远期进出线共 3 个元件(1 线 2 变)，综合考虑供电可靠、运行灵活、操作检修方便、投资节约和便于过渡或扩建等因素，本工程确定 330kV 配电装置采用单母线接线方案。

6.1.2.2 35kV 配电装置的接线形式

综合考虑供电可靠、运行灵活、操作检修方便、投资节约和便于过渡等因素，本期主变 35kV 配电装置主接线本期及终期，采用单母线接线，不装设分段开关。

6.1.3 变电所主变中性点的接地方式

主变 35kV 侧中性点安装 1 套小电阻接地装置，阻值暂按 202Ω考虑，本期一次性建成。

6.2　短路电流水平

适用年限为2030年，系统基准容量为100MVA，330kV基准电压363kV，35kV基准电压为38.5kV。河西、甘州、张掖西各750kV系统电磁解环、独立运行，对端330kV建晟升压站按照3×360MVA并列运行计算。

通过计算得出，330kV建赛储能升压站330kV母线短路电流水平按63kA考虑。35kV母线短路电流水平按31.5kA考虑。

6.3　绝缘配合及过电压保护

6.3.1　330kV配电装置的过电压保护及绝缘配合

6.3.1.1　330kV配电装置的过电压保护

1）本变电站采用金属氧化物避雷器限制330kV系统过电压水平。经过系统计算，本站工频过电压满足规定要求，330kV断路器可不安装合闸电阻。

2）330kV配电装置避雷器的配置

330kV配电装置避雷器的配置：

架空线路入口处装设一组氧化锌避雷器。

变压器回路靠近变压器处设一组氧化锌避雷器。

330kV架空线路入口避雷器的Ur1>1.4×363/√3=293kV.

330kV变压器侧避雷器的Ur1>1.4×363/√3=293kV。

金属氧化物避雷器参数见表6.3-1

表6.3-1　330kV系统用氧化锌避雷器的保护水平

额定电压（有效值）	持续运行电压（有效值）	8/20us、10kA下雷电残压（峰值）	30/60us、2kA下操作残压（峰值）
300	228	727	618

6.3.1.2　330kV设备的绝缘配合

1）绝缘子串选择

经计算，选择23×（U160BP/155D）型耐张绝缘子串可满足本汇集站的运行要求。

2）外绝缘爬电距离

设备外绝缘爬电距离L（cm）按6.3-1计算：

$L \geqslant Kd \lambda Um=907.5Kd$　　式6.3-1

L—电气设备户外电瓷绝缘的几何爬电距离，cm；

Kd—电气设备户外电瓷绝缘爬电距离增大系数。

Kd与瓷件平均直径Dm有关，对于不同的Dm采用如下的爬电距离增大系数：

Dm<300mm　　Kd=1.0

300mm≤ Dm≤500mm　　Kd=1.1

Dm>500mm　　Kd=1.2

3）330kV设备的额定绝缘水平

330kV设备绝缘配合计算数值见表6.3-2

表6.3-2　330kV设备绝缘配合计算值

	要求的操作冲击耐受电压计算值	要求的雷电冲击耐受电压
相-地	1.15×618=711	1.4×727=1018
相-相	1.5×711=1067	1.4×727=1018

断口	1.15×618+$\sqrt{2}$ ×363/$\sqrt{3}$ =1007	1050+363/$\sqrt{3}$ =1260

由上表可知：330kV 设备内绝缘额定操作冲击耐受电压选择相-地 950kV、相-相 1425kV 和断口（850+295）kV 即可满足要求；相应额定雷电冲击电压选择相-地 1175kV 和断口（1175+295）kV 也可满足要求。

330kV 设备的额定绝缘水平，见表 6.3-3。

表 6.3-3　　330kV 设备的额定绝缘水平（kV）

标称电压	最高电压	额定雷电冲击耐受电压（峰值）		额定操作冲击耐受电压（峰值）			工频 1min 耐受电压（有效值）	
		相对地	断口	相对地	相间	断口	相对地	断口
330	363	1175	1175+295	950	1425	850+295	510	510+210

本站 330kV 设备的外绝缘水平，（按海拔 2000 米计算）见表 6.3-4：

表 6.3-4　330kV 设备的绝缘水平（kV）

标称电压	最高电压	额定雷电冲击耐受电压（峰值）		额定操作冲击耐受电压（峰值）			工频 1min 耐受电压（有效值）	
		相对地	断口	相对地	相间	断口	相对地	断口
330	363	1329	1329＋334	1074	1611	961＋334	577	577+238

6.3.2　35kV 配电装置的绝缘配合

6.3.2.1　35kV 配电装置的过电压保护

(1).35kV 配电装置避雷器如下配置：

主变压器低压侧靠近变压器处装设一组氧化锌避雷器。

(2).35kV 金属氧化物避雷器参数见表 6.3-5：

表 6.3-5　35kV 系统用氧化锌避雷器的保护水平

额定电压（有效值）	持续运行电压（有效值）	8/20us、5kA 下雷电残压（峰值）	30/60us、2kA 下操作残压（峰值）
51	40.8	134	114

6.3.2.2　35kV 设备外绝缘爬电距离

35kV 设备外绝缘爬电距离 L（mm）按式 6.3-2 计算：

$$L \geqslant Kd\,\lambda\,Um/\sqrt{3}=125.55Kd \qquad （式 6.3\text{-}2）$$

λ—电气设备户外电瓷绝缘的统一爬电比距，mm/kV；

L—电气设备户外电瓷绝缘的几何爬电距离，mm；

Kd—电气设备户外电瓷绝缘爬电距离增大系数。

6.3.2.3　35kV 设备的额定绝缘水平

35kV 设备的额定绝缘水平见表 6.3-6：

表 6.3-6　35kV 设备的额定绝缘水平

标称	最高电压	设备	雷电冲击耐受电压（峰值）			工频 1min 耐受电压(有效值)		
			相对	相间	断口	相	相	断口

电压		类型	地		断路器	隔离开关	对地	间	断路器	隔离开关
35	40.5	变压器	185/200	185/200	-	-	80/85	80/85	-	-
		开关	185	185	185	215	95	95	95	118

35kV 设备的绝缘水平，（按海拔 2000m 进行修正计算）见表 6.3-7：

表 6.3-7　35kV 设备的额定绝缘水平

标称电压	最高电压	设备类型	雷电冲击耐受电压（峰值）				工频 1min 耐受电压（有效值）			
			相对地	相间	断口		相对地	相间	断口	
					断路器	隔离开关			断路器	隔离开关
35	40.5	变压器	209/226	209/226	-	-	90/96	90/96	-	-
		开关	209	209	209	243	106	106	106	134

6.3.3　主变压器的过电压保护

本变电所主变压器的低压侧均装设氧化锌避雷器。

6.3.4　屋外配电装置最小安全净距

本变电所（按照 2000m 修正）屋外配电装置最小安全净距见表 6.3-8

表 6.3-8　配电装置最小安全净距（mm）

符号	适用范围	35kV 户外	35kV 户内	330kV
A1	带电导体至接地构架	427	327	2950
A2	带电导体相间	427	327	3250
B1	带电导体至栅栏 运输设备外廓线至带电导体 不同时停电检修的垂直交叉导体之间	1177	1077	3700
B2	网状遮栏至带电部分之间	527	427	3050
C	带电导体至地面	2927		5450
D	不同时停电检修的两行回路之间水平距离 带电导体至围墙顶部 带电导体至建筑物边缘	2427	2327	4950

6.4 主要电气设备选择

6.4.1 环境条件

见本报告水文气象章节。

污秽等级：变电 d 级，外绝缘统一爬电比距 43.3mm/kV。

6.4.2 系统概况

1）系统标称电压：330kV， 35kV

2）系统最高运行电压：363kV， 40.5kV

3）系统额定频率：50Hz

4）系统中性点接地方式：330kV 系统：本期新上主变直接接地，预留小电抗接入位置和隔直接入位置；主变 35kV 系统：经小电阻接地。

(5). 回路工作计算电流见表 6.4-2。

表 6.4-2 回路最大工作电流

电压等级（kV）	回路名称	计算依据	最大工作电流（A）
330	主变进线	1.05 倍的主变额定电流	221
	母线	穿越功率 600MVA	1050
35	主变进线	1.05 倍的主变额定电流	2079

6.4.3 主变压器选择

2#主变采用户外，三相，油浸风冷，有载调压，铜线圈，低损耗三绕组变压器。

型号：SZ20-120000kVA /330kV

容量比：100/100/35

额定电压：345±8×1.25%/37/10.5kV（10kV 侧作为平衡绕组）

接线组别：YN，yn0+d

调压方式：有载调压

阻抗电压： $UK_{12}\%=14$

冷却方式：油浸风冷

能效等级：二级能效

6.4.4 330kV 设备

330kV 配电装置拟选形式为：GIS 设备：

1）330kV GIS

额定电压：363kV

额定电流：4000A

额定开断电流：63kA

2）330kV 电压互感器

型式：电容式电压互感器

额定电压比：330/ ： 0.1/ ：0.1/ ：0.1/ ：0.1kV

准确级：0.2/0.5（3P）/0.5（3P）/3P

3）330kV 避雷器

型式：氧化锌避雷器
额定电压（有效值）：300kV
持续运行电压（有效值）：228kV
8/20us、10kA 下雷电残压（峰值）：727kV
30/60us、2kA 下操作残压（峰值）：618kV

6.4.5 35kV 设备

1）35kV 配电装置拟选用气体绝缘 SF6 充气式开关柜，配真空断路器（SVG 开关柜配 SF6 断路器）
额定电压：40.5kV
额定电流： 1250A（出线）、2500A（主变进线）
额定开断电流：40kA
额定短路持续时间：4S
主变进线柜差动保护的电流互感器绕组为 TPY 级
2）SVG 动态无功补偿装置
额定频率：50Hz
额定容量：±45Mvar
额定电压：35kV
冷却方式：水冷
3）小电阻
额定频率：50Hz
电阻值：202Ω
额定电压：35kV
4）35kV 避雷器
型式：氧化锌避雷器
额定电压（有效值）：51kV
持续运行电压（有效值）：40.8 kV
标称冲击电流残压（峰值）：134 kV
操作冲击电流残压（峰值）：114 kV

6.4.6 导体选择

根据导体选择规程规范，经计算各配电装置导体选择如下：

6.4.6.1 330kV 配电装置

1）主变间隔内选用 JL/G1A-400/35
2）线路间隔内选用 2×JL/G1A-240

6.4.6.2 35kV 户外配电装置

主变进线间隔选用绝缘管型铜母线 2500A。

6.5 电气设备布置及配电装置

根据升压站扩建部分和储能站的建设规模、进出线方向，本次可行性研究布置方案如下：
本期升压站扩建部分和储能站联合布置，共用一个围墙。升压站扩建部分布

置在储能站西北侧。升压站330kV配电装置采用户外GIS配电装置，布置在升压站西侧，以架空方式向西出线；35kV配电装置采用户内充气开关柜，布置在升压站东侧，以全电缆方式出线；主变布置在升压站中部，其330kV进线采用架空进线，35kV进线采用户外绝缘管型母线；SVG布置在升压站东部。整个升压站功能分区明了，布置合理，建设施工方便。

（1）330kV配电装置

330kV配电装置采用户外GIS配电装置布置，出线采用架空方式。主变进线方向和出线方向相反，具有设备布置整齐清晰，运行、维护方便，构架少等优点。

（2）35kV配电装置

升压站35kV配电装置采用户内布置形式，使用SF6充气式开关柜配真空断路器（SVG开关柜配SF6断路器），单列布置，采用电缆出线。35kV配电室长18.2米，宽7.5米，内置35kV继电器小室。

6.6 防雷与接地

6.6.1 防雷

本期升压站扩建部分和新建100MW/400MWh储能部分直击雷保护由新建330kV构架避雷针、新建独立避雷针及330kV建赛升压站内原有避雷针联合保护。线路避雷线引接到330kV配电装置出线门型架的地线柱上。

本期330kV配电装置防雷设1座构架避雷针，构架避雷针的高度均为35米。

6.6.2 接地

变电所接地网考虑采用以水平接地体为主，垂直接地体为辅的人工接地装置，并在构架避雷针和独立避雷针处设集中接地装置。构架避雷针接地装置与主接地网连接，并应在其附近装设集中接地装置。独立避雷针和避雷线设独立的接地装置。

独立避雷针、避雷线及其接地装置与道路或出入口、带电体等空气中距离及地中距离满足《GB/T50064-2014　交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》的规定。经计算本变电所跨步电压满足《GB/T50065-2011　交流电气装置的接地设计规范》的要求,而接触电势超过允许值,需在设备附近设置绝缘地坪。

户外水平接地体选用-60×6镀锌扁钢，垂直接地体选用DN40镀锌钢管，每根长L=2500mm。室内接地干线选用-60×6镀锌扁钢，并与户外主接地网相连，以保证室内电气设备可靠接地。二次小室采用-25×4接地铜排首尾相连布置于保护屏底，并在一点与室外主接地网相连。

本站接地装置与330kV建赛升压站内原接地网并接，经计算，可满足变电站接地电阻、接触电位差、跨步电位差要求，接地材料可满足耐腐蚀和热稳定计算。

6.7 所用电

6.7.1 所用电设计原则

《220kV~1000kV变电站站用电设计技术规程》DL/T5155-2016第3.1.2条规定：330kV~750kV变电站站用电源应从不同主变压器低压侧分别引接2回容量相同，可互为备用的工作电源，并从站外引接1回可靠站用备用电源。变电站初期只有1台主变压器时，除从其引接1回电源外，还应从站外引接1回可靠电源，终期需2回站用电源。

330kV 建赛升压站内已有两台工作变压器，其中#1 站用变由 1#主变低压引接；#2 站用变引接自站外 10kV 电源，电源容量均为 1000kVA。本期新上 1 台同容量 3#站用变，由 2#主变 35kV 侧引接，用满足升压站双电源切换要求。

6.7.2　所用变容量选择

新增所用负荷统计见表 6.7-1。

表 6.7-1　所用负荷统计表

序号	名称	额定容量(kW)	安装台数	运行方式	工作容量(kW)	备注
1	UPS 及逆变器	10	1	经常、连续	10	
2	通风机	10	1	不经常、短时	10	
	小计 P1				20	
1	330kV 配电装置	10	1	经常、连续	10	
2	35kV 配电装置	10	1	经常、连续	10	
3	SVG 配电装置	40	1	经常、连续	40	
4	升压站电暖电源	2.5	2	经常、连续	5	
5	升压站空调机	5	3	经常、连续	15	
	小计 P2				80	
1	屋外照明	0.4	10	经常、连续	4	
2	35kV 配电室照明	2	1	经常、连续	2	
	小计 P3				6	

根据站用电负荷计算，$\Sigma P=0.85\times P1+P2+P3=103kW$，经核实，原站内站用变剩余容量可满足要求。

6.7.3　备用站用电源

330kV 建赛升压站内已有可满足本期扩建要求的备用电源，本期不再新建。

6.7.4　所用电接线及所用布置

根据规范要求，本用户站站用电低压系统采用三相四线制，系统的中性点直接接地。系统额定电压为 380/220V。

站用电接线采用单母线分段接线。交流电源柜选用 MNS 型抽屉式低压开关柜，进线及联络开关配置智能开关。

本期新上一面交流进线柜，接入站内一体化电源系统。

6.8　照明及检修

照明设计范围：所区、道路及所内建筑物照明设计。

6.8.1　照明电源系统

照明电源系统主要根据运行的需要及事故处理时照明的重要性而定。其电源系统分交流电源和直流电源。交流电源来自所用交流配电屏，主供正常照明使用；全站停电时，在需要人员通行的通道处及二次设备室等重要场所装设 220V 直流

事故照明，事故照明正常时由交流供电，停电时经自动切换装置切换到直流系统，直流电源是由 220V 直流蓄电池供电。

6.8.2　照明方式

配电室采用 LED 荧光灯及 LED 壁灯照明；屋外配电装置采用以高效 LED 为光源的高效节能投光灯；站区道路照明高杆路灯。

6.8.3　检修系统设计

根据不同设备的检修需要，在主变区、屋外配电装置区、储能设备区设检修箱。

6.9　电缆敷设

6.9.1　电缆设计原则

二次设备室采用活动地板；配电区内采用电缆沟。

6.9.2　电缆型式及规格

6.9.2.1　电力电缆

采用聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套铜芯电力电缆，电缆截面不小于 2.5㎜²。

6.9.2.2　控制电缆

采用聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜带屏蔽的铜芯控制电缆，电缆截面不小于 2.5㎜²。

6.9.2.3　电缆敷设原则

电缆在同一通道中位于同侧的多层支架上敷设时，排列顺序由高至低依次为通信电缆、控制电缆和信号电缆、电力电缆。

6.9.2.4　电缆防火

在建筑物进出口处的电缆沟及所区电缆沟的适当位置设置防火墙，并在防火墙两侧各 1m 范围内涂防火涂料；对配电屏及端子箱等的孔洞采用防火堵料封堵。

6.10　监控系统

6.10.1　概述

330kV 建赛升压站已配置目前较先进的分层分布、开放式计算机监控系统，取消常规的控制与信号屏，间隔层的控制及继电保护装置下放布置。本期扩建部分接入站内已有监控系统

6.10.2　计算机监控系统监控新增范围

120MVA 主变压器	1 台
330kV 线路	1 回
35kV 储能汇集线路	4 回
35kV SVG 进线	1 回

330kV 所有断路器、隔离开关及接地刀
35kV 所有断路器、隔离开关及接地刀
站用变压器　　1 台
直流系统扩建部分
逆变电源装置扩建部分
火灾报警系统扩建部分
其它站内公用系统扩建部分

6.10.3　计算机监控系统设计原则

（1）遵循“安全可靠、经济实用、符合国情”的原则，选用成熟先进、可靠。具有良好的开放性、扩展性、满足工程需要、抗干扰能力强的产品。

（2）计算机监控系统为开放式分层分布式网络结构，间隔层设备分散布置。

（3）变电所内由计算机监控系统完成对全所设备的监控，不再另设其它常规的控制屏及模拟屏。

（4）变电所内的数据统一采集，资源共享。

（5）计算机监控系统的电气模拟量采用交流采样，取消常规变送器。在非关口点设有一般电度表，在各电量计费关口点设有电能计量关口表，分别接入单独的电能计费系统。

（6）保护设备采用微机型装置。

（7）故障录波不占用监控系统网络资源，故障录波信息单独组网。

（8）本变电所设置远动数据传输设备，通过光纤以太网同各种测控和保护装置通信，将各测控单元采集的数据送入远动设备库中，经规约转换后分别送到不同的调度端。计算机监控主站于远动数据传输设备信息资源共享，不重复采集，节省投资。

（9）防误操作采用间隔内防误与站级防误相结合的方式。测控单元按间隔配置实现本间隔内的防误操作，它与站级防误系统互相交换信息即可实现全部防误闭锁功能。

（10）变电所内 GPS 时钟系统按分散式设置，各继电器室设 GPS 装置，对本继电器室的保护、故障录波装置、监控单元、计量仪表等设备统一授时。

6.10.4　计算机监控系统方案

6.10.4.1　概况

本工程已有一套微机监控装置，采用双机双网（主网）配置。变电所的控制、信号、测量等均由计算机完成。主控制室取消常规的控制及测量仪表，值班人员利用计算机进行控制操作。

6.10.4.2　微机监控系统网络配置

监控系统采用现场总线网和计算机数据网(以太网)相结合的三层设备两层结构方案，采用分层分布式结构，整个系统分后台主机层,前置层和数据处理层三层设备。后台主机层由操作员工作站，远动主机及工程师站组成，设在主控制室内。数据采集处理层设备由 I/O 单元组成，设在靠近配电装置的各继电保护小室内，它对相关设备进行测量和控制，并将数据送至前置层。

6.10.4.3 五防系统

330kV 建赛升压站内已配置一套微机“五防”闭锁系统，该系统和微机监控系统结合实施，本期对扩建的配电装置扩容接入该系统。

6.11 元件保护

6.11.1 变压器保护

主变压器保护按照《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T14285-2023进行配置，为二主二备保护。保护配置应为两套不同原理的保护。

主保护功能如下：

（1）第一套：二次谐波制动的比率制动原理的差动保护，为防止 CT 断线差动误动；任一相电流互感器断线均能闭锁差动，并能投退；保护动作跳开变压器各侧断路器，要求有频率跟踪功能。第二套：波形比较的比率制动原理的差动保护，为防止 CT 断线差动误动，任一相电流互感器断线均能闭锁差动，并能投退；保护动作跳开变压器各侧断路器。

（2）无制动的差流速断保护

（3）CT 断线

后备保护功能如下：

（1）高压侧：

a.相间阻抗

b.零序方向保护

c.反时限过激磁保护

d.CT、PT 断线

e.过负荷

（2）中压侧：

a.相间阻抗

b.零序保护

6.11.2 所用变保护

（1）速断保护，装于所用变高压侧，瞬时动作断开变压器各侧开关。

（2）过电流及低压零序保护，作为所用变的后备保护，动作断开变压器各侧开关。

（3）所用 380 伏系统装设一套备用电源自动投入装置。

6.11.3 35kV SVG 保护

本工程为 SVG 支路配置以下保护。

（1）过电流保护，反应电容器组引出线间故障，保护瞬时动作于信号和跳闸。

（2）过负荷保护，反应电容器组的过负荷，延时动作于信号。

SVG 本体出线短路、过流、接地、过负荷等所有故障和事故情况，由 SVG 成套装置应能够快速判断故障类型，并作出切除 SVG、延时切除 SVG、发出告警等满足电网要求和设备要求的动作。

6.12 计算机监控系统布置方案

根据计算机监控系统和微机保护装置的特点以及一次设备的选择情况，本工程监控和保护装置拟采用分散式布置方案。

监控和保护装置拟采用分散式布置方案。

监控系统站控层设备布置在主控制室内，布置有操作员工作站，远动主机及工程师站、打印机等设备。数据采集处理层设备设置在主控室内。

330kV 建赛升压站内已配置一个整站二次设备舱，布置本期扩建的 330kV 出线和主变的保护和监控设备，新上一个 35kV 继电器小室布置本期 35kV 公用保护和监控设备。35kV 出线及 SVG 设备的保护测控装置下放安装在开关柜上。

6.13 抗干扰以及屏蔽措施

超高压变电所内的电磁兼容问题一直令人关注，当间隔层设备布置下放到配电装置就地的继电器室内时，这个问题就显得更为突出。在强调监控、保护设备自身的抗干扰能力的情况下，还必须采取屏蔽、滤波、限幅、接地等一系列抗干扰措施，以限制阻抗耦合产生的传导类干扰和空间电磁波产生的辐射类干扰，保证设备和系统的安全可靠运行。

根据近年国内对超高压变电所内的电磁兼容问题进行的大量研究测试所提出的解决继电器室电磁干扰措施，本变电所采用的抗干扰措施如下：

6.13.1 对传导类干扰采取的措施

布置于就地继电器室的所有敏感电子设备均应采用输入/输出回路隔离、硬件滤波、限幅等干扰措施，其具体措施及指标应满足相关国家标准以及电力行业标准的要求；

进入继电器室的直流电源应在设备角度考虑电源滤波装置，小室内不再另设独立的电源滤波器；

涉及到高压配电装置的电缆应采用辐射状敷设，尽量避免与高压导线并行敷设；

二次回路电缆采用屏蔽电缆，屏蔽层良好接地；

所有敏感电子装置的工作接地实现“一点接地”，不得与安全地或保护地混接；

测控屏及保护屏内装设截面不小于 100㎜²、且对屏体绝缘的专用接地铜排，相互连同和首末端连接后与地网一点连接；

结合滤波器置保护屏的高频同轴电缆应两端接地，并紧靠高频同轴电缆敷设截面不小于 100㎜²、两端接地的铜导体。

6.13.2 对辐射类干扰采取的措施

控制室应，应尽可能避开强电磁场、强振动源和强噪声源的干扰，还应考虑防尘、防潮、防噪声、并符合防火标准；

保护小室采用普通砖混结构，墙体内层衬铺屏蔽网，小室屋面板采用钢筋混凝土现浇面板，面板的钢筋网要求焊接，并与小室四角构造柱内的钢筋焊接，与墙体内层衬铺的屏蔽网焊接，最后与地网一点连接，从而形成一个屏蔽网，同时依靠继电器本身的屏蔽作用来有效地抑制来自继电器室各方面辐射性的电磁干扰。

6.14　操作电源系统

6.14.1　直流系统

330kV 建赛升压站内已配置一套 220V 直流系统，采用动力与控制电源混合供电方式。直流负荷包括整个变电所的控制、保护、应急照明、交流不停电电源等控制、动力负荷。

采用内阻小，放电特性好，自放电损失小，寿命长，安装、维护简单方便等优点的阀控式密封免维护铅酸蓄电池。

采用智能高频开关电源为充电整流设备，N+1 模块备用方式。

蓄电池容量选择原则按照《电力工程直流电源系统设计技术规程》（DL/T-5044-2014）中要求，已配置两组 800AH 的免维护蓄电池组，每组蓄电池装设一套充电装置作为浮充电源，直流系统接线方式采用单母线分段接线，两组充电设备分别接在两段母线上。

直流系统采用分层辐射型供电方式，分直流主屏和直流分屏两级供电，直流主屏安装于直流配电室，蓄电池安装于蓄电池室，在各保护小室分别设有直流供电分屏。

直流系统设置微机绝缘监测装置，对每个单体电池进行监测，信号传输到计算机监控系统，直流系统的母线电压、浮充电流等模拟量以及各馈线空开状态信号也传输到计算机监控系统。

本期新增直流负荷统计见表 6.14-1。

表 6.14-1　直流负荷统计表

序号	负荷名称	负荷性质	装置容量 kW	负荷系数	计算电流 A	经常负荷电流	事故放电时间及放电电流(A)		
							初期	持续时间	随机或末期
							0～1 min	1～120 min	
						Ijc	Icho	Cs.1.0	Ichm
1	控制、保护回路电源	经常负荷	2	1.0	9.09		9.09	9.09	
2	330kV 保护	事故性负荷	2	0.6	5.45		5.45	5.45	
3	35kV 保护		2	0.6	5.45		5.45	5.45	
4	断路器跳闸		1	0.6	2.73		2.73	2.73	
5	交流不停电电源		10	0.6	27.27		27.27	27.27	
11	断路器合闸	冲击负荷	2	1.0	9.09				9.09
12	合计：		19				49.99	49.99	9.09

经核实，已有蓄电池容量可满足本期扩建需求，本期不再新增蓄电池，仅增加一套直流分电柜。

6.14.2 逆变电源

本工程新增置一套 10kVA 交流逆变电源，不设单独的电池，直流电源由直流系统提供。

6.15 图像监控系统

330kV 建赛升压站内已配置一套图像监控系统，本期不再新上，增加部分摄像头接入原系统。

智能监测与辅助控制系统主要考虑对全站主要电气设备、关键设备安装地点以及周围环境进行全天候的状态监视，以满足电力系统安全生产所需的监视设备关键部位的要求，同时，该系统可满足变电站安全警卫的要求。

智能监测与辅助控制系统综合监控平台由视频监控子系统、环境监测子系统、安全警卫子系统等组成。平台预留和消防子系统的通信接口。

变电站智能监测与辅助系统以网络通信（IEC61850 协议）为核心，完成站端音视频、环境数据、安全警卫信息的采集和监控，并将以上信息远传到监控中心或调度中心。

在视频系统中应采用智能视频分析技术，从而完成对现场特定监视对象的状态分析，并可以把分析的结果（标准信息、图片或视频图像）上送到统一信息平台；通过划定警戒区域，配合安防装置，完成对各种非法入侵和越界行为的警戒和告警；

通过和站内自动化系统、其他辅助子系统的通讯，应能实现用户自定义的设备联动，包括现场设备操作联动，门禁、环境监测、报警等相关设备联动。并可以根据变电站现场需求，完成自动的闭环控制和告警，如自动启动/关闭空调、自动启动/关闭风机、自动启动/关闭排水系统等。

6.15.1 监视范围及监视对象

(1)监视变电站区域内场景情况；

(2)监视变电站内常规敞开式刀闸的分、合状态；

(3)监视变电站内变压器、断路器、CT、PT、避雷器和瓷绝缘子等重要运行设备的外观状态；

(4)监视变电站内主要室内（主控室、继电器室、高压室、电缆层、SVG 室、独立通信室等）场景情况，并实现双向通话；

(5) 实现变电站防盗自动监控，可进行周界、室内、门禁的报警及安全布/撤防；

6.15.2 图像监控及安全警卫系统设计基本原则

（1）各设备的安装、使用应不影响和妨碍站内一、二次电气设备及其它装置的独立性、正确性、可靠性。

（2）布置在室内的每台摄像机需要自带灯光控制器和照明设备，根据智能辅助系统的指令进行开关。

（3）彩色监视器、站端视频处理单元、总控电源、刻录设备、网络交换机、网桥、门禁主机等均应组屏安装。

（4）系统电源故障、摄像机故障、站端视频处理单元、刻录设备等装置故障报警信号应能以硬接点信号传送至其他系统。告警信号硬接点 2 路输出。

6.15.3　图像监控及安全警卫系统基本功能

视频显示功能
图像储存回放功能
视频分析与互动功能
设备控制功能
报警功能

6.15.4　图像监控及安全警卫系统配置

1）站端视频处理单元：采用嵌入式操作系统，支持不同厂家的前端模拟或网络摄像机，实现视频监控。支持以网络通信方式（DL/T860 通信协议）与信息一体化平台直接通讯，上送分析数据以及告警信号，接受信息一体化平台的控制。

2）摄像机：全站室外配置(模拟/网络)高速球机、(模拟/网路)云台机、(模拟/网路)固定机；室内配置(模拟/网路)中速球机、(模拟/网路)固定机，对站内视频图像进行数据采集，采集的监控数据送到站端视频处理单元。

3）视频光端机：摄像机到站端视频处理单元传输距离超过 300m的，采用单模光纤、视频光端机传输。

4）站端视频工作站：变电站端配置一台图像工作站，具备视频系统客户端的一切功能。

5）主动红外线对射及相关设备：红外防盗报警器：在一定距离范围内检测外来人员的入侵，根据不同的有效距离要求选用不同型号的红外报警器；当报警时能自动打开站内照明和录像，平时也可以由操作人员手动打开、关闭。警铃：可作为报警联动设备，警情发生时启动，发出声音警告，同时应有打印输出。

6）门禁系统：变电站设备室、通信室、蓄电池室、二次设备室、控制室均应配置门禁系统。应具备多种开门方式，如刷卡开门、密码开门、卡和密码开门、多卡开门、远程控制开门等。

6.15.5　环境监测系统

6.15.5.1　环境监测系统实施范围

监测变电站内主要室内（主控室、继电器室、蓄电池室、独立通信室等）温度、湿度和高压场地风力以及开关场地电缆沟的水浸情况。

6.15.5.2　环境监测系统设计基本原则

环境监测包括温湿度采集、水浸传感器、风速传感器等，前端传感器采集的环境数据通过环境数据采集单元传输到视频系统，从而在视频画面上显示所监视的环境数据，同时对环境参数越限启动的设备进行自动联动监视。

6.15.5.3　环境监测系统基本功能

(1) 能对站内的温度、湿度、风力、水浸等环境信息进行实时采集、处理和上传；
(2) 可设置不同级别的环境信息告警值；
(3) 环境信息数据的变化以 IEC61850 协议上传数据采集单元、一体化平台；
(4) 支持本地/远程控制空调、排风扇、抽水泵的启动和关闭。

6.15.6.4 环境监测系统配置

（1）各类前端传感变送器将被测量转变成标准的电信号输入数据采集单元；

（2）数据采集单元是专门化设计的监控设备，具有信号调理、信号采集、数据存贮、数据上报等功能，数据采集单元采集到的监控数据经 IP 串口进行转换，转换成 IP 数据包接入到智能辅助系统。

6.16 全站同步时钟系统

330kV 建赛升压站内已配置一套时间同步系统，本期不再新上。

时间同步系统的主要功能就是为用户站用时设备提供全站统一的时间基准。

时间同步系统由主钟时钟单元、时钟扩展单元、传输介质组成。按照 DL/T860 标准建模，具备完善的自描述功能，以 MMS 机制与站控层设备通信，相关自检信息经 MMS 接口直接上送站控层设备。采用通过站控层 SNTP 对时端口实现 MMS 通讯。

在二次小室设置主钟时钟单元一套，由于主钟的时间信号输出路数有限，时钟扩展单元按继电器小室配置。继电器小室内对时用传输介质采用屏蔽控制电缆，时钟扩展单元至主钟时钟单元采用光纤。

变站主钟时钟单元按双主钟配置，同时接收北斗基准时间信号、GPS 基准时间信号。时间输出信号方式有：脉冲信号、IRIG-B 码、串行口时间报文、SNTP 网络时间报文。站控层采用 SNTP 网络对时，间隔层设备优先采用 IRIG-B 对时方式。

时钟扩展单元的时间信号由主钟通过光接口输入，支持主钟时钟单元两路输入且能够自动切换。

7 升压站土建设计

7.1 设计中采用的标准、规范

《工程结构通用规范》GB 55001-2021
《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021
《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003-2021
《组合结构通用规范》GB 55004-2021
《钢结构通用规范》GB 55006-2021
《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
《消防设施通用规范》GB55036-2022
《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021
《建筑给水排水与节水通用规范》GB55020-2021
《建筑防火通用规范》GB55037-2022
《变电站总布置设计技术规程》DL/T 5056-2007
《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457-2012
《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008
《电力设施抗震设计规范》GB50260-2013
《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010（2024 年版）
《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010（2024 年版）
《砌体结构设计规范》GB 50003-2011
《钢结构设计标准》GB 50017-2017
《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011
《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046-2018
《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ118-2011
《电力工程地基处理技术规程》DL/T 5024-2005
《工业建筑采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019-2015
《变电站和换流站给水排水设计规程》DL/T 5143-2018
《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）
《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229-2019
《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014
《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140-2005
《电力设备典型消防规程》DL 5027-2015
《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013
《变电所给水排水设计规程》 DL/T 5143-2002
《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019-2003
《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035-2016
《变电站和换流站给水排水设计规程》DL/T 5143-2018

7.2 建设规模

临泽板桥 100MW/400MWh 独立储能电站项目配套扩建 330kV 主变间隔 1 个，主变建设容量 1x120MVA。330kV 出线终期 1 回，本期 1 回。

土建本期建设内容：35kV 配电室、SVG 预制舱、事故油池、构支架及设备基础。征地按最终规模一次完成，由储能电站部分统一考虑。

7.3 工程概况

工程地质与水文详见第 3 章节。

7.4 站区总布置及交通运输

7.4. 1站区总体规划

扩建间隔在原有 330kV 汇力建赛储能变电站南面围墙外进行，拆除建赛变南面围墙，并在原建赛变主变间隔南面新扩建一个主变间隔。新扩建间隔在满足工艺要求的前提下，综合考虑电力系统规划、进出线规划、地形和地质条件、防排洪、进站道路引接方向等外部条件，并结合本期新建储能电站统一考虑进行设计。

7.4.2 站区总平面布置

临泽板桥 100MW/400MWh 独立储能电站项目配套扩建 330kV 主变间隔按最终规模与储能电站一次征地建设，总平面布置与原有建赛变统一协调布置，考虑节约用地原则，平面布置紧凑，功区布置分明、合理。站区场平与储能电站一次建设规划。

站区围墙详见第五章节，与储能电站共用。

站内主要布置：扩建主变间隔位于原有 330kV 汇力建赛储能电站围墙外南侧，330kV 出线由西侧架空出线。

7.4.3 站内道路、围墙、大门、沟道

站内道路由储能电站部分统一一并考虑。

新建围墙由储能电站部分统一一并考虑。

新建大门由储能电站部分统一一并考虑。

电缆沟采用采用钢筋混凝土浇筑，成品沟盖板，盖板下设通长柔性垫块。伸缩缝处设橡胶止水带。

给排水检漏管沟采用钢筋混凝土浇筑。

7.4.4 主要建筑材料

1）现浇混凝土结构

混凝土：C20、C30、C35、C40；钢筋：HPB300、HRB400。

2）砌体结构

块体：MU10，砂浆：M7.5。

3）钢结构

钢材：Q235-B、Q355B、Q355C；螺栓：6.8C 级、8.8C 级。

4）建设需要的水泥、砖、砂石、钢材等建筑材料可张掖市采购。

7.5 站区竖向布置

7.5.1 站区竖向布置主要设计原则

站区竖向布置设计时，结合站址地形条件，考虑进站道路的衔接、站区防洪要求、便于站区排水、工艺布置的影响。

本次扩建主变间隔与新建储能电站统一考虑，采用平坡式布置，配电装置、道路的布置配合场地标高进行设计。站址地势较为平坦，场地自然地坪的坡度较小，竖向设计排水坡度考虑站内场地自然排水，整个站区内的雨水通过围墙排水口及道路排出站外。

7.5.2 站区竖向布置

站区竖向布置设计时，结合站址地形条件，考虑进站道路的衔接、站区防洪要求、便于站区排水、工艺布置的影响。

地形整体平缓、开阔，场地南高北低，西高东低，相对高差较大。

站区竖向布置采用平坡式布置，由储能电站部分统一考虑。

7.6 交通运输

1）主变压器运输（本期 1 台）

主变压器运输重量 100 吨（充氮运输），不考虑主变含油运输。

主变运输外形尺寸：长×宽×高=8600×3400×3600mm。

运输车辆：100 吨全挂车。

运输装车地点：主变压器生产厂家

运输卸车地点：330kV 储能电站站址

本变电站的大件设备主要是主变压器等。站址临近混凝土硬化乡道，交通条件便利，能满足主变运输的要求。

主变和大件设备可由用汽车经公路运输至站址。主变和大件设备运输道路为 G30 连霍高速、S301 省道及乡道面。高速公路、省道及乡道全线路段平坦、宽阔，无限高 4m 的公路、铁路涵洞，路况满足主变运输的要求，但在主变和大件设备运输前必须分别到各路政管辖地区相关部门办理超限、超载运输手续。

7.7 建筑物及屋外构筑物

7.7.1 建筑物

站区内建筑物：35kV 配电室。

1）35kV 配电室为单层矩形布置，共 1 座，长 18.7m、宽 8.0m，层高 5.2m，建筑面积为 149.60m2。建筑物火灾危险性分类为丁类，耐火等级为二级。屋面采用有组织排水非上人屋面，防水等级为 I 级。

建筑装修见下表：

35kV 配电室及交流配电室装修一览表

序号	项 目 名 称	备　　注
一	地面工程	
1	电缆沟地面（刷环氧自流平漆）	35kV 配电室、35kV 继电器室
2	混凝土散水	内掺抗裂纤维
二	屋面	
1	屋面保温	120mm 厚挤塑聚苯板保温层
2	屋面防水	4+4 厚 SBS 改性沥青防水卷材+2.0 厚聚合物水泥防水涂料
3	顶棚	丙稀酸涂料
三	墙身工程	
1	外墙面层	硅酸盐岩棉保温一体板，保温层厚度 50mm，面层喷涂真石漆
2	内墙面层	乳胶漆
3	外墙门窗	
	门	钢制乙级防火门

	窗	断热铝合金固定窗，单框双玻；钢制电动百叶窗

配电室均采用钢筋混凝土框架结构，屋面为钢筋混凝土现浇梁板，填充墙为加气混凝土轻质砌体。该建筑物抗震设防烈度为 8 度，抗震设防类别为乙类，按 9 度采取抗震措施。

7.7.2 变电构支架及设备基础

（1）构架

构架柱分别采用Φ450×10 直缝焊接圆钢管组成的人字柱，每组出线架及中央架单侧设端撑。梁采用三角形断面格构式钢梁，梁主材为无缝钢管，主材与腹杆之间采用螺栓连接。梁柱之间为铰接，采用螺栓连接。采用混凝土基础螺栓连接，基础埋深 3.0m。钢结构均热镀锌防腐。

（2）其它支架及设备基础

支架采用Φ350×6、Φ300×6、Φ250×6 直缝焊接圆钢管柱、型钢横梁及板材，混凝土基础螺栓连接。

其他支架、设备的基础均采用混凝土结构。

（3）防腐及其他

1）所有外露铁件均采用热浸镀锌防腐。

2）电缆埋管采用镀锌钢管，埋入地下部分外刷环氧沥青厚浆型涂料，厚度≥300μm。

3）设备区 100mm 厚碎石垫层。

4）构支架安装完毕后，需在钢结构表面涂刷 T919 防腐漆。

7.7.3 地基处理

根据现场勘察及调查，同时参考临近工程勘察设计资料，按照地基土的工程特性、埋藏分布条件，场地地基土从原始地面算起自上至下依次描述如下：

细砂（Q4al+pl）：灰黄色，松散~稍密，稍湿，主要成分为石英、长石组成，砂质不纯，级配不良，底部夹有角砾、砾砂薄层。该层厚度为 1.0~1.5m。

粗砂（Q3pl）：红褐色~灰绿色，稍湿，稍密，以石英、长石为主，混零星砾石，夹有细砂与砾砂薄层。该层层厚在 3.0~4.5m。

泥岩（N）：青灰色~红褐色，泥质结构，层状构造，主要成份为粘土矿物，岩质较软，遇水易膨胀、软化，岩芯呈短柱状，与砂岩互层形式分布，该层全风化层厚约 1.5m，强风化层厚约 1.0m，以下为中等风化层，层厚大于 10.0m。

构筑物基础以粗砂（Q3pl）为基础持力层，粗砂（Q3pl）地基土压缩性低，承载力较高，满足承载力和稳定性要求。

7.7.4 防腐蚀

根据岩土勘察报告，场地地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中等腐蚀性，对钢结构具有弱腐蚀性。

根据《工业建筑防腐蚀设计标准》，本项目混凝土强度采用 C30，最小胶凝材料用量 300kg/m³，最大水胶比 0.50，胶凝材料中最大氯离子质量比 0.10%，最大碱含量 3.0kg/m³。基础表面刷沥青胶泥涂层，厚度≥300μm。

7.8 采暖通风及空调

7.8.1 设计范围

包括项目新建 35kV 配电室建筑物的采暖、通风及空调设计。

7.8.2 设计原始资料

供暖室外计算温度：－9.0℃

冬季通风室外计算温度：-5.3℃

冬季空气调节室外计算温度：-11.5℃

夏季空气调节室外计算干球温度：31.2℃

夏季空气调节室外计算湿球温度：20.1℃

夏季通风室外计算温度：26.5℃

日平均温度≤＋5℃的天数：159 天

极端最低温度：－28.2℃

极端最高温度：38.6℃

冬季空气调节室外计算相对湿度：52%

夏季通风室外计算相对湿度：37%

冬季室外平均风速：1.8m/s

夏季室外平均风速：2.0m/s

冬季日照百分率：78%

冬季室外大气压力：855.5hPa

夏季室外大气压力：846.5hPa

以上数据摘抄自《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50019－2015）中甘肃省张掖市临泽县室外空气计算参数。

7.8.3 室内空气计算参数

室内设计参数按《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T5035-2016 和《220kV～750kV 变电站设计技术规程》DL/T5218-2012 等执行，详见表 7.8-1。

表 7.8-1 室内空气设计参数表

建筑物名称	房间名称	夏季		冬季		通风换气次数（次/h）
		温度（℃）	相对湿度（%）	温度（℃）	相对湿度（%）	
35kV 配电室	35kV 继电器室	26~28	40~65	18~22	40~65	6
	35kV 配电室	30	/	18	/	6

7.8.4 采暖部分

考虑本项目站区附近无可靠热源，考虑到运行方便并不发生大气污染，新建建筑物对冬季有温度要求，房间设置电暖器分散采暖方式，电暖器可分组控制，能自动调节室内温度，电暖器表面平均温度不超过 75℃。全站各房间采暖选型见表 7.8-2。

表 7.8-2　站区新建建筑物电暖器选型表

序号	设置位置	房间名称	电暖器型号	性能参数	数量（台）	备注
1	35kV 配电室	35kV 继电器室	对流辐射式电暖器	电源及功率：220V/50Hz/2.5kW	1	常规型
		35kV 配电室	对流辐射式电暖器	电源及功率：220V/50Hz/2.5kW	4	常规型

7.8.5 通风部分

根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019-2015 相关规定，电气设备间配备风机均为事故后通风风机（兼做平时通风降温用）。根据工艺房

间的性质不同，新建建筑物35kV配电室设备按自带排风设备设计，其中各房间采用自然进风、机械排风的通风方式，消除室内热量，同时兼作事故通风，换气次数按不小于6次/小时事故通风设计。新建建筑物通风机型号数量等见表7.8-3、7.8-4。

表7.8-3新建建筑物通风量及通风设备选型表

序号	建筑物名称	房间名称	通风换气量(m³/h)	通风设备主要参数				数量
				型号	通风量(m³/h)	风机全压(Pa)	电机功率(kW)	
1	35kV配电室	35kV继电器室	918	轴流风机 YT-35-No3.15	972	42.5	0.025	1台
		35kV配电室	3259	轴流风机 YT-35-No3.15	3418	189.2	0.37	1台

表7.8-4百叶窗材料表

序号	房间名称		百叶窗规格及型号	单位	数量	备注
1	35kV配电室	35kV 配电室	1500×600mm	个	1	防雨防风沙双层电动百叶

表7.8-5通风风管主要通风材料表

序号	名称	规格及型号	单位	数量	备注
1	风管	450×250mm	m	20	1.0mm厚镀锌钢板，含90°弯头
2	耐火软接头	450×250mm	个	3	
3	喇叭口	450×450（450×250）mm	个	3	放样制作
4	排风口	450×450mm	个	2	格栅式
5	进风口	450×450mm	个	1	格栅式

7.8.6 空调部分

站区建筑物空调有人的办公室、值班室、电气设备机房等房间采用普通风冷分体空调，夏季可以制冷，冬季可以制热。夏季室内温度保持在26℃～28℃，夏季室内温度保持在26℃~28℃。新建建筑物各房间空调选型见表7.8-6。

表7.8-6全站建筑空调系统设备表

序号	建筑物名称	房间名称	空调型号	性能参数	数量（台）	备注
1	35kV配电室	35kV继电器室	柜式冷暖分体空调	制冷量7.2kW、制热量8.4kW 电源380V/50Hz/5.25kW	1	常规型
		35kV配电室	柜式冷暖分体空调	制冷量：12000W，制热量：13300W， 电源：380V/50Hz/5.25kW	2	常规型

7.8.7 暖通空调系统的节能措施

1）工程设计时尽量选用热效率较高的电暖气。

2）通风设备选用节能高效型风机，并能自动启、停控制。

3）空调选用能效比不大于 3 级的节能空调，通过选用节能设备，并通过自动控制实现节能要求。

7.9 给排水

7.9.1 供水系统

1）生产、生活给水系统

本工程生产、生活给水水源一期已建成。

2）站区消防给水系统

按照国家电网有限公司的相关要求，另根据《火力发电厂与变电所设计防火标准》（GB50229-2019）第 11.5.4 条规定“单台容量为 125MVA 及以上的油浸变压器、200MVar 及以上的油浸电抗器应设置水喷雾灭火系统或其他固定式灭火装置。其他带油电气设备宜配置干粉灭火器”。根据上述规范条文，本项目主变容量 120MVA，主变同一期建成采用排油注氮灭火系统，另外配备推车式灭火器、消防砂箱、消防铲、消防斧以及消防铅桶等设施作为主变压器的辅助消防措施。

（1）消防用水量

本项目主变灭火采用排油注氮的灭火方式，同时配置推车式灭火器、消防沙箱。

消防系统同一期建成系统，用水量一期满足新建工程需要。

（3）站区消火栓系统

消火栓系统同一期建成系统。

（4）消防给水系统配置为：

一期基础上新建建筑物和主变周围设环状管网，消火栓供水管管径 DN150，采用钢丝网骨架复合塑料管，并设井下消火栓，消火栓供水主干管采用直埋敷设。

7.9.2 排水系统

本工程现有围墙内排水系统已建成，新增部分排水方式同一期，采用分流制排水系统，雨水散排至站外。

本期工程新建电缆沟雨水通过渗井排入地下。

本期扩建主变的事故排油经事故排油管（接入一期预留的排油检查井）收集后，排入站区现有事故排油系统。

7.9.3 管道敷设

1）新建消防给水管采用直埋敷设，180°砂垫层带状基础。

2）新建排水（油）主干管等均采用直埋敷设，180°混凝土带状枕基。

3）给水阀门井、消火栓井、排水（油）检查井均采用钢筋混凝土结构。

4)站内外给水排水管道及附属水工构筑物基础下地基处理及防腐详见地基处理部分。

7.9.4 给排水（油）设备材料表

表 7.9-1 站区给水排水及事故排油设备材料表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	电缆沟排水系统				
1.1	沟道渗井	深 2.0m	座	22	

序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
2	事故排油系统				
2.1	雨水口		座	4	混凝土结构
2.2	排油管	DN300	m	48	钢筋混凝土排水管
2.3	排油检查井	1.0×1.0×3.0m	座	1	钢筋混凝土结构

7.10 消防

7.10.1 消防设计范围及设计原则

（1）消防设计范围

本扩建新建主变压器 1 台及主变三侧的配电装置，新建 35kV 配电室一座，故需进行消防及火灾自动报警系统设计。本项目消防设计的范围主要包括总图布置、建筑、电气、水工及暖通等专业，对变电站内的工艺系统和新建建构筑物应采取的消防措施。主要包括：

1）扩建总平面布置与交通。

2）新建建构筑物的安全疏散和建筑物构造。

3）扩建部分电气等工艺系统的消防措施。

4）新建部分灭火装置。

5）新建部分消防供电及照明。

（2）消防设计主要原则

本项目依据国家有关消防条例、规范进行设计，本着贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针，消防系统的设置以加强自身防范力量为主，立足于自救，同时与消防部门联防，做到“防患于未然”，从积极的方面预防火灾的发生及蔓延。本变电站内的电气设备较多，消防设计的重点是防止电气火灾。

各专业根据工艺流程特点，在设备与器材的选择及布置上充分考虑预防为主的措施。在建筑物的防火间距及建筑结构设计上采取有效措施，预防火灾的发生与蔓延。

灭火器选择的基本原则，主要从环境因素、毒性、灭火性能、适用火灾类别及典型场所等方面考虑。

在一般电气设备及公共场所设置灭火器材，对主要电气设备要采取两种以上的灭火手段。建立全所的火灾探测、报警及控制系统。以便早期发现通报火灾，并及时采取有效措施，控制和扑灭火灾。消防设施的管理与使用考虑值班人员与消防专业人员相结合，消防设施的维护与监视及建筑内早期火灾的扑灭以值班人员为主。要制定有关火灾预防、消防组织、火灾扑救及消防监督的各项具体制度，加强和重视消防管理工作。

本项目按同一时间火灾次数为一次设计。

7.10.2 总图布置及交通运输

主变压器设置在升压站的西南部，采用一期配套设置事故油池。变电站内主变运输及消防环形道路为混凝土路面，路宽 4.5m 和 4.0m，主干道及进站道路转弯半径为 12.0m，消防车道转弯半径为 9.0m，满足消防要求。

7.10.3 升压站内建构筑物火灾危险性分类

本项目站区内建构筑物的分类、火灾危险分类、最低耐火等级均按《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 年版）、《火力发电厂与变电所设计防火标准》（GB50229-2019）规定的火灾危险分类和最低耐火等级要求进行设计。

站区内建构筑物的火灾危险性分类及耐火等级如下。

（1） 35kV 配电室的火灾危险性为丁类，耐火等级为二级。

7.10.4 消防措施及消防供电

（1）主变压器消防

《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB50229-2019 第 11.5.4 条规定“单台容量为 125MV·A 及以上的油浸变压器应设置水喷雾灭火系统或其他固定式灭火装置”。本工程容量为 120MV·A 的主变采用消火栓推车式干粉灭火器、消防砂箱、消防铲、消防斧及消防铅桶等设施作为主变压器的消防措施。

（2）其它设备的防火措施

①主变压器的主保护按双重化的原则进行设置，采用微机变压器保护装置，以最快速度切断通向故障区的电源。

②主变压器设置事故油坑，内铺阻火卵石层，并与事故油水分离池相通，且主变压器采用固定式灭火装置。

③电缆的防火措施按规程要求执行。电缆沟分段分隔，封堵电缆孔洞，涂刷防火阻燃涂料等。

④根据不同场所，配置相应的消防器材。

⑤加强全站防雷措施，避免设备因雷击破坏造成火灾等次生灾害。

（3）变电站消防设施配置

变电站建构筑物内灭火器按《电力设备典型消防规程》DL5027-2015 及《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005 的有关规定配置。对设有电器仪表设备的房间（35kV 配电室等），为使灭火后仪表设备不无损，采用手提式干粉灭火器作为主要灭火手段。其它带油设备附近配置推车式干粉灭火器，用于该类设备的灭火。按扩建主变压器台数，每台配置砂箱一个，砂箱容积为 1m³。此外，还配置一定数量的手提式干粉灭火器、消防铲、消防斧、消防铅桶等作为变电站公用消防设施。

7.10.5 火灾报警控制系统

火灾探测报警系统设置执行《火力发电厂与变电所设计防火标准》GB50229-2019 的有关规定，本期扩建设置火灾自动报警子系统一套。火灾报警系统由报警主机、智能感烟探测器、控制模块、手动按钮、声光讯响器及消防电话等组成。

本期新建 35kV 配电室设火灾自动报警子系统，由智能感烟探测器、控制模块、手动按钮、声光讯响器等组成，并接入站内现有的火灾自动报警系统中。本期扩建需对原有火灾报警系统（火灾报警控制器）进行核对，必要时进行升级改造。

7.10.6 消防供电

火灾探测报警与火灾应急照明均按二级负荷供电。消防用电设备采用单独的供电回路，并配备可自动切换的双电源（交流 220V、直流 24V）设备。

户内主要房间和通道装设事故照明，以便事故处理和人员疏散。消防应急照明、疏散指示标志采用蓄电池直流系统供电，疏散通道应急照明、疏散指示标志的连续供电时间不少于 30min，继续工作应急照明连续供电时间不少于 3h。

7.10.7 采暖通风及空调设施的防火措施

本期新建 35kV 配电室建筑物不涉及排烟系统设计。

新建35kV配电室设有事故后通风兼作平时通风用风机，换气次数按不小于6次/h事故通风设计。排风机的开关装在门口便于操作的地点。

新建35kV配电室的火灾报警系统具有在火灾状态下切断采暖、通风及空调等非消防电源的功能。

7.10.8 消防及火灾自动报警材料表

建构筑物内灭火器按《电力设备典型消防规程》DL5027-2015的有关规定配置。消防及火灾自动报警材料表见表7.10-1。

表7.10-1　　消防及火灾自动报警材料表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	火灾报警子系统		套	1	
4	推车式干粉灭火器	50kg	个	2	
5	消防砂箱	1m^3	个	1	304级不锈钢
6	消防铲		把	2	
7	消防斧		5	10	
8	消防桶		只	3	
9	户外灭火器柜		面	1	
10	手提式干粉灭火器	5kg	个	4	
11	灭火器箱		个	2	
注：新增火灾报警子系统接入现有报警系统；本期扩建需对原有火灾报警系统（火灾报警控制器）进行核对，必要时进行升级改造。其余消防设施一期已完善，并能满足本期扩建的需要。					

8 送出线路

8.1 总述

8.1.1 设计依据

（1）规程、规范

1）《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）；

2）《架空输电线路电气设计规程》（DL/T 5582-2020）；

3）《架空输电线路荷载规范》（DL/T 5551-2018）；

4）《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》（DL/T 5486-2020）；

5）《架空输电线路基础设计规程》（DL/T 5219-2023）；

6）《重覆冰架空输电线路设计技术规程》（DL/T 5440-2020）

7）《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（GB/T 50064-2014）；

8）《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）；

9）《交流架空输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》（DL/T 5033-2023）；

10）《交流架空输电线路对无线电台影响防护设计规范》（DL/T 5040-2017）；

11）《架空电力线路、变电站（所）对电视差转台、转播台无线电干扰防护间距标准》（GB 50143-2018）；

12）《交流高压架空输电线路对短波无线电测向台（站）保护间距要求》（DL/T 1840-2018）；

13）《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）；

14）《钢结构设计标准》（附条文说明）（GB 50017-2017）；

15）《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；

16）《混凝土结构设计规范（2015 年版）》（GB 50010-2010）；

17）《电力工程水文技术规程》（DL/T 5084-2021）；

18）《电力工程气象勘测技术规程》（DL/T 5158-2021）；

19）《电力工程水文地质勘测技术规程》（DL/T 5034-2023）；

20）《架空输电线路覆冰勘测规程》（DL/T 5509-2015）；

21）《电力建设安全工作规程 第 2 部分电力线路》（DL 5009.2-2013）。

（2）有关企业标准技术要求

1）《国家电网有限公司关于印发十八项电网重大反事故措施（修订版）的通知》（国家电网设备〔2018〕979 号）；

2）《国家电网有限公司关于印发架空输电线路“三跨”反事故措施的通知》（国家电网设备〔2020〕444 号）；

3）《国家电网有限公司关于印发电网设备技术标准差异条款统一意见的通知》（国家电网科〔2023〕78 号）；

4）《国家电网有限公司差异化规划设计导则》（Q/GDW 11721-2022）

5）《国家电网公司输变电工程质量通病防治手册（2020 版）》

6）《国家电网公司关于印发<输电线路工程地脚螺栓全过程管控办法>（试行）的通知》（国家电网基建〔2018〕387 号）

7）《国家电网有限公司关于印发输电线路防高坠重点任务措施的通知》（国家电网安监〔2023〕663 号）

8）国网甘肃省电力公司电网建设事业部关于印发人工掏挖桩基坑护壁设置强制性措施要求的通知（建设事业〔2023〕45 号）

9）《输变电工程建设施工安全风险管理规程》Q／GDW 12152-2025

10）架空输电线路防舞设计规范（Q/GDW 10829-2021）

11）《输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程》（Q/GDW 10248.6-2016）；

（3）设计遵循的主要法律、法规

1）《中华人民共和国土地管理法》（2019 年修正，2020 年 1 月 1 日实施）；

2）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修正，2015 年 1 月 1 日实施）；

3）《中华人民共和国文物保护法》（2017 修订，2017 年 12 月 07 日实施）；

4）《中华人民共和国森林法》（2019 年修订，2020 年 7 月 1 日实施）；

5）《中华人民共和国水土保持法》（2010 年修正，2011 年 3 月 1 日实施）；

6）《中华人民共和国矿产资源法》（2009 修订，2009 年 8 月 27 日实施）；

7）《中华人民共和国公路法》（2017 修订，2017 年 11 月 5 日实施）；

8）《中华人民共和国铁路法》（2015 修订，2015 年 4 月 24 日实施）；

9）《中华人民共和国民用航空法》（2021 修订，2021 年 4 月 29 日实施）；

10）《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 修订，2017 年实施）；

11）《中华人民共和国石油天然气管道保护法》（2010 修订，2010 年 10 月 1 日实施）

12）其他行业法规

13）其它地方性规定。

8.1.2 设计范围

1) 330kV 线路本体可行性研究设计；

2) OPGW 光通信工程可行性研究设计；

3) 与本项目有关的投资估算及经济评价。

8.1.3 工程概况

本工程为已建 330kV 板桥储能升压站～330kV 建晟变新建 1 回 330kV 送出线路，其中新建线路长度约 0.15km，利旧线路长度 0.44km,曲折系数 1.13，沿线海拔高度 1500～1550m 之间，地形为平地。

基本风速、覆冰：27m/s、10mm；

污秽等级：b 级；

导地线型号：导线为 2×JL3/G1A-240/30 型高导电率钢芯铝绞线，地线架设 2 根 OPGW 光缆(24 芯)；

线路经过的行政区为张掖市临泽县。全线有利用的进站道路和施工道路，交通条件良好。

8.2 线路路径

本工程线路路径方案，根据电力系统总体规划设计的要求，结合地方城市规划及建设情况，自然保护及文物保护情况，军事设施及通信设施的布置情况、林业情况、矿产情况、水文及地质情况、交通及沿线污秽情况，统筹兼顾，相互协调，按下述原则进行选择；

1) 尽可能利用现有公路及乡村道路，方便施工运行；

2) 调查沿线矿产资源分布，尽量避免线路路径压矿；

3) 结合远期线路统一规划线路走廊；

4) 避开对线路安全运行构成严重威胁的不良地质地段；

5) 尽量避开和缩短重污秽区段，提高线路可靠性、降低建设投资；

6）在路径选择中，充分体现以人为本、保护环境的意识，尽量避免大面积拆迁民房；

7）按照国家电网公司“两型三新”输电线路建设的要求，结合出线规划、矿藏分布，减少对自然环境的影响，节约走廊，减少占地。

8）充分征求沿线政府的意见，综合协调本线路路径与沿线已建、在建、拟建送电线路、公路、铁路及其它设施之间的矛盾，统筹考虑线路路径方案。

8.2.1 变电所进出线

临泽板桥 100MW/400MWh 独立储能电站项目在已建临泽板桥羊台山 300MW/1200MWh 独立共享储能电站项目升压站南侧扩建 1 个间隔，向西出线。



8.2.2 线路路径方案

8.2.2.1 线路路径描述

本工程由于路径长度较短，路径方案唯一。

本期新建线路将在已建 330kV 晟赛线铁塔 2#-3#档下方新建一基铁塔，改接至扩建间隔。

线路总长度为 0.69km，其中新建 330kV 线路长度约 0.15km，利旧线路长度约 0.44km，全部为单回路。曲折系数 1.13，沿线海拔高度 1500～1550m 之间。具体路径详见下图：

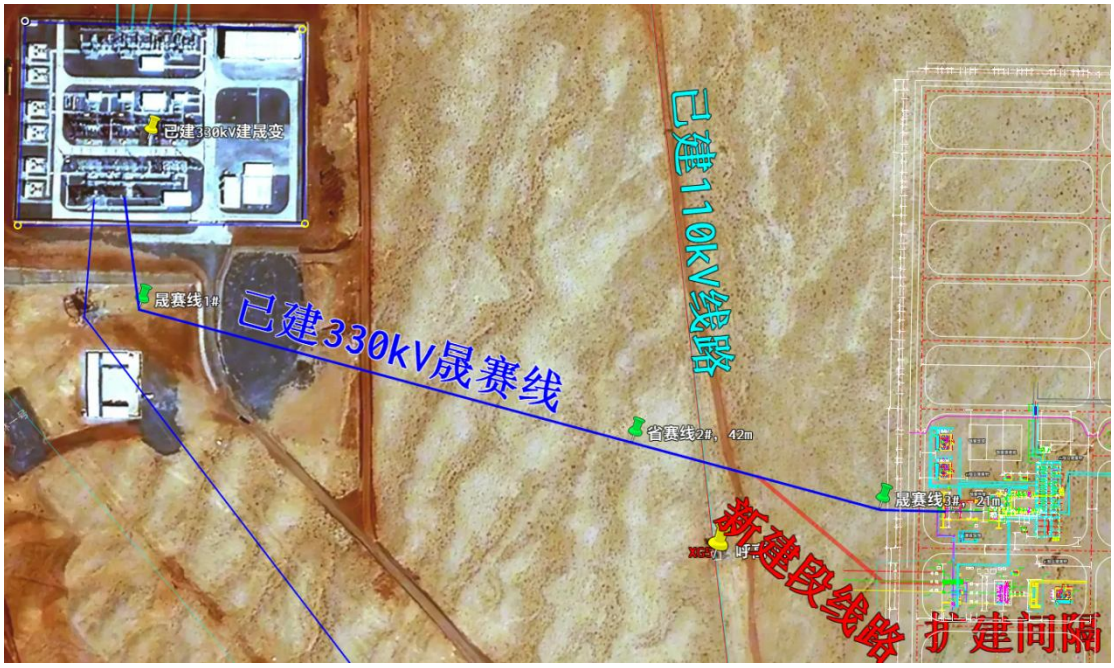


图 8.2.2.1-1　路径图

8.2.2.2 工程地质条件

1）地形地貌：

本工程线路路径位于张掖市临泽县境内，该工程从已建 330kV 升压站扩建间隔出线，进已建 330kV 变电站，海拔高程约为 1500~1550m，地貌单元主要为冲洪积平原，地形地貌示意图如图 8.2.2.2-1 所示，具体描述如下：

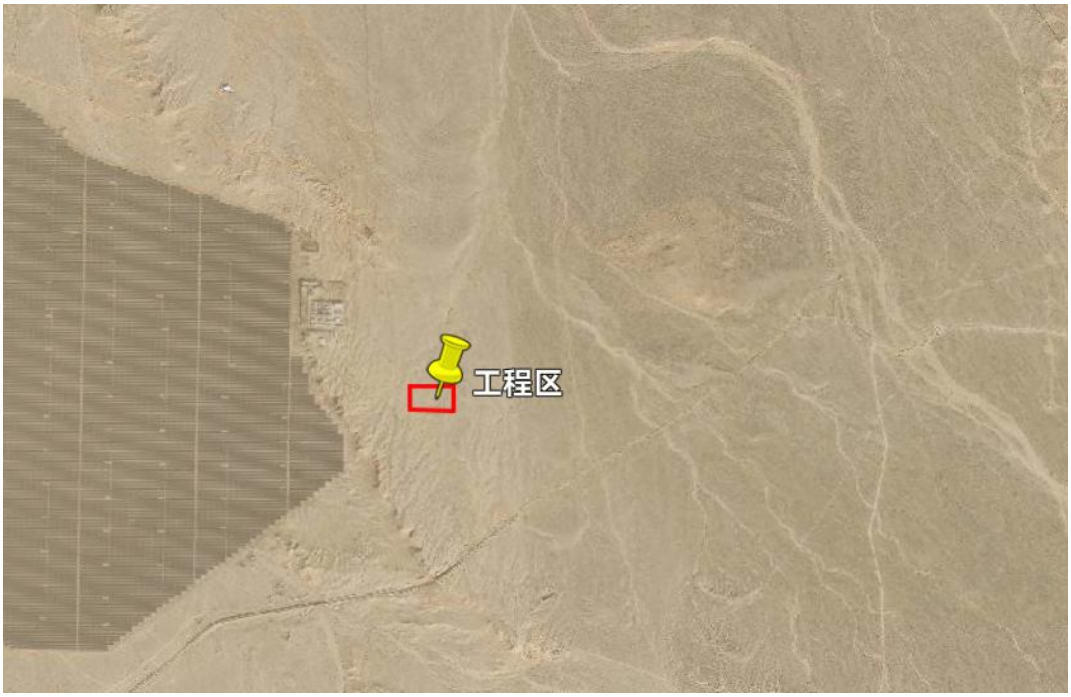


图 8.2.2.2-1　线路沿线地形地貌示意图

2）地层岩性：

线路沿线地层主要为砂土、泥岩，具体描述如下：

细砂（Q4al+pl）：灰黄色，松散~稍密，稍湿，主要成分为石英、长石组成，砂质不纯，级配不良，底部夹有角砾、砾砂薄层。该层厚度为 1.0~1.5m。

粗砂（Q3pl）：红褐色~灰绿色，稍湿，稍密，以石英、长石为主，混零星砾石，夹有细砂与砾砂薄层。该层层厚在3.0~4.5m。

泥岩（N）：青灰色~红褐色，泥质结构，层状构造，主要成份为粘土矿物，岩质较软，遇水易膨胀、软化，岩芯呈短柱状，与砂岩互层形式分布，该层全风化层厚约1.5m，强风化层厚约1.0m，以下为中等风化层，层厚大于10.0m。

3）地下水：

据现场调查，同时结合附近已建工程，站址区附近地下水埋深大于10m，地下水对本工程无影响。

4）不良地质作用：

本工程站址位于冲洪积平原地貌，工程区地形平坦、地势开阔，站址远离南侧丘陵出山口处，南侧丘陵无风化堆积物，无形成泥石流条件，故工程区无滑坡、崩塌、泥石流等大的不良地质作用发育。

本工程地基土主要为砾砂、中粗砂、基岩等，沿线不存在饱和砂土与饱和粉土，因此不存在地基震陷与地震液化的可能。

5）地基土、水腐蚀性：

根据现场踏勘，及搜集已有工程相关资料，本工程，地基土的腐蚀性划分如下表所示：地基土对混凝土结构具有中腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中腐蚀性；对钢结构具有弱腐蚀性；

6）岩土物理力学指标：

根据本地区已有工程勘察设计经验，提出各（岩）土层物理力学指标（表8.2.2.2-1）。

表8.2.2.2-1　沿线岩土体物理力学指标建议值

地基土名称		天然重度 γ(kN/m3)	粘聚力 c(kPa)	内摩擦角 φ(°)	承载力特征值 fak(kPa)
细砂		16.0	-	23	120
粗砂		17.0	-	25	140
泥岩	全风化	17.0	20	19	140
	强风化	17.5	22	20	200
	中风化	18.0	30	21	250

同时给出干作业人工挖孔桩与泥浆护壁钻孔桩作业桩的极限侧阻力标准值与极限端阻力标准值，见表8.2.2.2-2所示。

表8.2.2.2-2　沿线地基土桩基参数

土层	状态	干作业人工挖孔桩	
		极限侧阻力标准值 qsk(kPa)	极限端阻力标准值 qpk(kPa)
细砂	稍密	40	/
粗砂	稍密	60	/
泥岩	-	100	2000

7）特殊土：

1 季节性冻土

本工程区分布有季节性冻土，标准冻土深度为1.4m。工程区地基土主要为细砂、泥岩。根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）附录G表G.0.1并结合现场岩土条件，判定：地基土其冻胀等级为Ⅰ级，冻胀类别为不冻胀。

2 盐渍土

根据现场踏勘及附近工程资料，沿线较少发生溶陷现象。本工程盐渍土主要分布在冲洪积平原地貌，另外根据本地区建筑经验，盐渍化较严重的土层基本在1.0m以内，1.0m以下的含盐量较低，本工程土层可不考虑盐渍土的溶陷性，同时结合已建工程资料，本工程不考虑盐渍土的盐胀性影响。

8.2.2.3 沿线水文条件

1） 区域自然地理条件

工程沿线区域隶属于甘肃省张掖市临泽县，临泽县属大陆性荒漠草原气候。气候干燥，降雨稀少，蒸发量大，多风。气候特征是四季分明，冬季寒冷而漫长，夏季炎热而短暂，春季升温快，秋季降温较慢。四季云量少，晴天多，光照充足，太阳辐射强。年平均日照时数为3048.2小时，气温日较差大，县城年平均日较差14℃，年平均气温为8.4℃。年均霜日数94.3天。年均降水量113mm，蒸发量2074.3mm。常年以西北风和东风为主。主要灾害性天气有大风、沙尘暴、干旱、低温冻害、干热风、局地暴雨、霜冻等

2） 区域水文特征

工程区域属黑河水系，全线位于黑河右岸（北侧）的龙首山或山前地带。地貌单元部分为龙首山低中山地貌，部分属北部龙首山的南部山前冲洪积扇地带。黑河干流自南向北流经张掖电厂附近时，山丹河在东南部汇入黑河干流，同时受北部龙首山阻挡，干流转向西北方向流向临泽盆地。

黑河：甘肃省最大的内陆河。曾名合黎水、羌谷水、鲜水、覆表水、副投水、张掖水、甘州河。流经河西地区中段，源于祁连山脉之走廊南山，东南流经走廊南山与陶赖山之间，沿途接纳许多源于冰川脚下的小支流。至青海省祁连县黄藏寺，汇东南来的八宝河（又名俄博河)后，折向北流入甘肃省境，切穿走廊南山，出鹰落峡，入河西走廊。再东北流至张掖市北，山丹河由东南来会。再转向西北，经临泽县，有梨园河由南岸注入。再西北过高台，出正义峡，过合黎山，经金塔县东，入内蒙古额济纳旗。合黎山以北称弱水，亦称额济纳旗河。西北流至西湖新村以北，分为东西两河：西河名木林河，北流入居延海的西湖嘎顺诺尔；东河名纳林河，北流注居延海的东湖索果诺尔。

黑河全长948km，流域面积4.44万km2，甘肃省境长345km，主要支流有山丹河、民乐洪水河、童子坝河、大都麻河、酥油河、梨园河、摆浪河、马营河、丰乐河、洪水坝河、陶赖河等。其中除梨园河常有洪水注入外，其他支流的下游早已干涸，无水流汇入，干流鹰落峡以上的祁连山区，流域面积1.1万km2，是河流水量主要补给区，年径流量15.7亿m3为河西诸河之冠。黑河是张掖市、临泽县、高台县及下游金塔东部和额济纳旗绿洲等地城市工业、生活用水的主要水源。

3） 工程水文条件评价

本工程线路多位于龙首山北侧的冲洪积平原及丘陵地带，未跨越黑河干流，且距离黑河干流大于20km，地势远高于黑河河床，不受黑河干流30a一遇洪水冲刷的影响。

8.2.3.4 区域地质构造及地震

（1） 区域地质构造及新构造运动

在区域构造上工程建设场地南北方向上被河西走廊南北两侧的深大断裂所围限(图8.2.3.4-1中F1、F2、F3、F4、F5）。河西走廊盆地拗陷带南界为祁连

山北缘逆冲断裂系(F4、F5)，具有向盆地内部逆冲的特点；北界为以龙首山南缘断裂带(F1、F2、F3)为主的走廊北缘断裂系，也多具向盆地内部挤压逆冲的特点。祁连山-河西走廊地区的新构造活动是在青藏高原大幅度整体抬升的背景下进行的，其运动方式以断块运动和拱曲运动为主。表现出继承性、新生性和间歇性活动的特点。现代垂直形变测量表明，河西走廊两侧主要山系仍以上升运动为主，盆地仍以下降运动为主，说明了新构造运动的继承性。然而该区的新构造运动还表现出一定的新生性。在祁连山-河西走廊地区，许多规模较大的断裂晚第三纪-第四纪早期主要为逆倾滑性质，但自中更新世以后运动性质发生了改变，区内北西西、北北西和北东东向大断裂多被水平走滑所代替，形成多条大型走滑断裂带，如祁连山北缘的海原-祁连断裂带、昌马断裂带等。除河西走廊南北两侧的深大断裂以外，工程场地区域附近再无其它断裂（见图 8.2.3.4-1）。

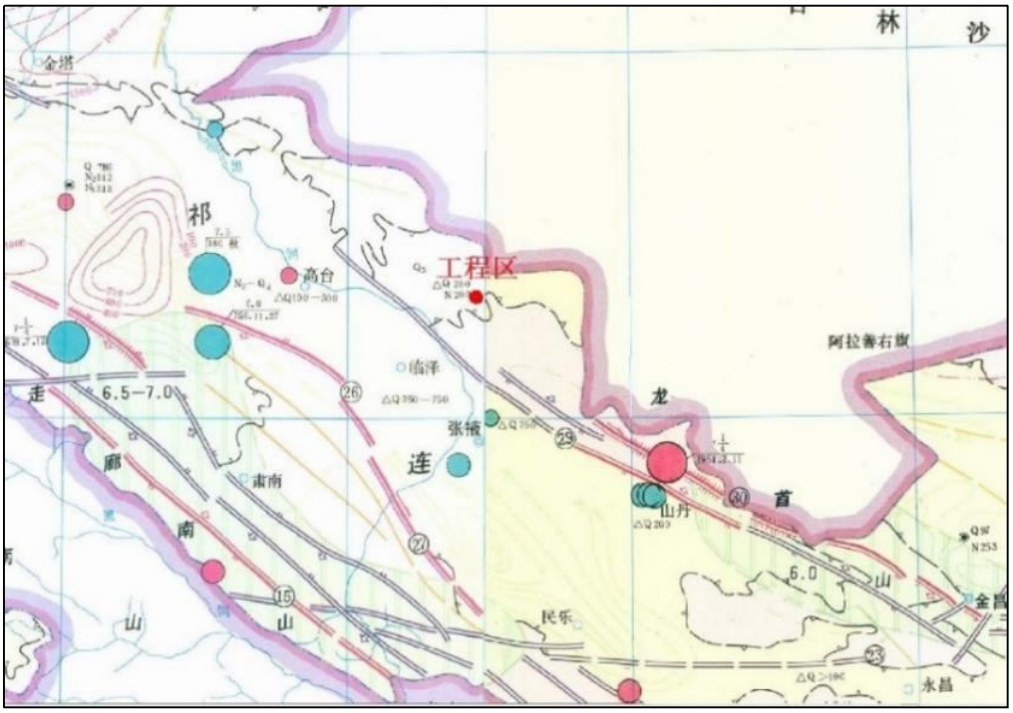


图 8.2.3.4-1　主要活动构造及断裂展布图

根据所收集到的资料对以上断裂的活动特征及其对工程场地稳定性影响简述如下：

1）　龙首山南缘活动断裂

该断裂沿合黎山、龙首山的南缘呈北西西向展布，西被阿尔金山南缘断裂带所截，东在贺兰山南端、六盘山-陇山东侧分布，为大型右行走滑断裂。是祁连造山带与阿拉善地块的分界断裂。该断裂在高台榆木山以西到嘉峪关榆树沟山北，和早古生代碰撞带合并，以榆木山附近为界，以西断裂南侧是火山-沉积建造，属于早古生代活动型沉积，以东断裂南侧发育稳定的被动陆缘沉积。古生代以来沉积格局受该断裂控制，北侧为剥蚀区，南侧为沉积区。侏罗纪时，北侧由剥蚀区转为沉积区。新近纪北侧又复转为剥蚀区，而成为河西走廊北部边界。线路跨越断裂。

综上所述，线路路径未跨越活动断裂，区域构造地质稳定，适宜建线。

（2）　地震

1）　工程区历史地震

工程建设站址区处在河西走廊中端，这一地区北西西向的构造居统治地位，

长达数百公里的北西西向断层，控制了这里的地形、地貌和地震活动，它们均于元古代就已形成，但是各自在不同的地质历史时期显示了不同的活动性。特别

是中生代以来，北、中、南祁连山联合成为祁连山地块，河西走廊进一步强烈拗陷，强烈的垂直差异运动地带转移到河西走廊沉降带的周边。这样北祁连断层、祁连山前断层及走廊北山断层，构成河西地区大地震活动的主要构造格局。这个区域内的历史大地震几乎全部集中在这几条断层上。众多断层中，祁连山北缘断层的规模最大，地震活动性最高。该断层西起昌马向东经祁连、鄂博延到古浪附近，分为南北两支，北支为中卫-同心断层，南支即为海原断层，全长达1100km。野外查明的历史大地震的破裂带分布表明，一系列的历史大地震都是这条断层重新活动的结果。它们是 1709 年中卫南 7.5 地震，1888 年景泰 6.5 级地震，1920 年海原 8.5 级地震，1927 年古浪 8.0 级地震和 1932 年昌马 7.6 级地震。(分别称做中卫-同心断层、海原断层、古浪断层和昌马断层等)。龙首山南缘断层也是一条现代活动的断层，1954 年曾发生过山丹 7.25 级地震。至于祁连山北缘大断层，曾一度被认为是一条多地震的断层，1927 年古浪 8 级地震和 1609 年红崖 7.25 级地震，都曾被认为是这条断层活动的结果。民乐-永昌隐伏断裂西段可能已开始复活，2003 年 10 月 25 日民乐-山丹 6.1、5.8 级地震是这条隐伏断层重新活动的结果。

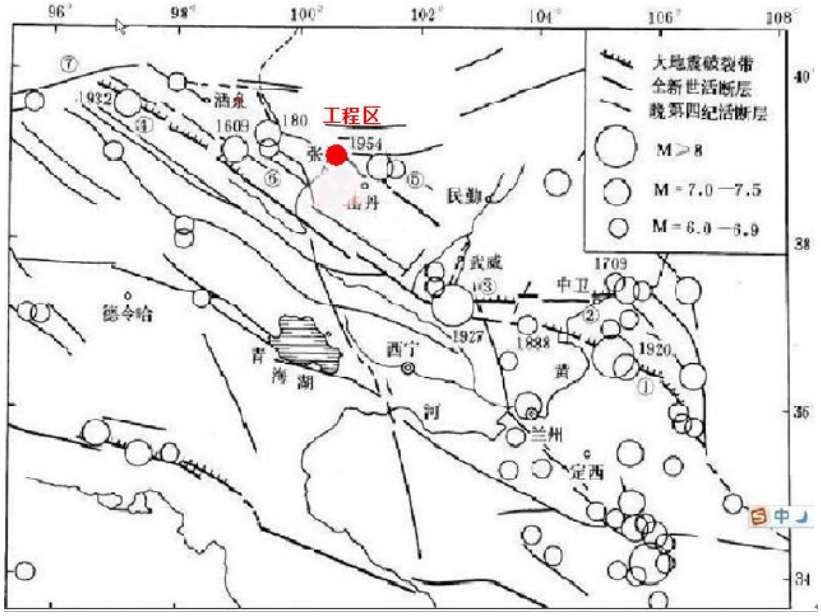


图 8.2.3.4-2　区域历史地震情况示意图

本工程建设站址区处在河西走廊内部，避开了河西走廊南北两侧的大型活动断裂，跨越龙首山南缘断层，图 2-2 为场地区域历史地震情况及震中分布示意图，可看出，工程场地区域东北约 40km 处在 1954 年曾发生过山丹 7.25 级地震。至于祁连山北缘大断层，曾一度被认为是一条多地震的断层，由此可判断，工程场地地震危险主要来自于周边强震的影响，就近的首山南缘断层曾一度被认为是一条多地震的断层为现代地震带。因此，受其影响，场区域附近尚不能排除发生 7 级及以上地震的可能。设计上需考虑以上特点，加强抗震设计。

2）　地震动参数

依据《建筑抗震设计规范》（2016 年版）（GB50011-2010）和《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306-2015），本工程线路全线走径区地震动峰值加速度为 0.20g，地震基本烈度为 8 度区，设计地震分组为第三组。地震动峰值加速度区划图与工程区位置关系图如图 8.2.3.4-3 所示：

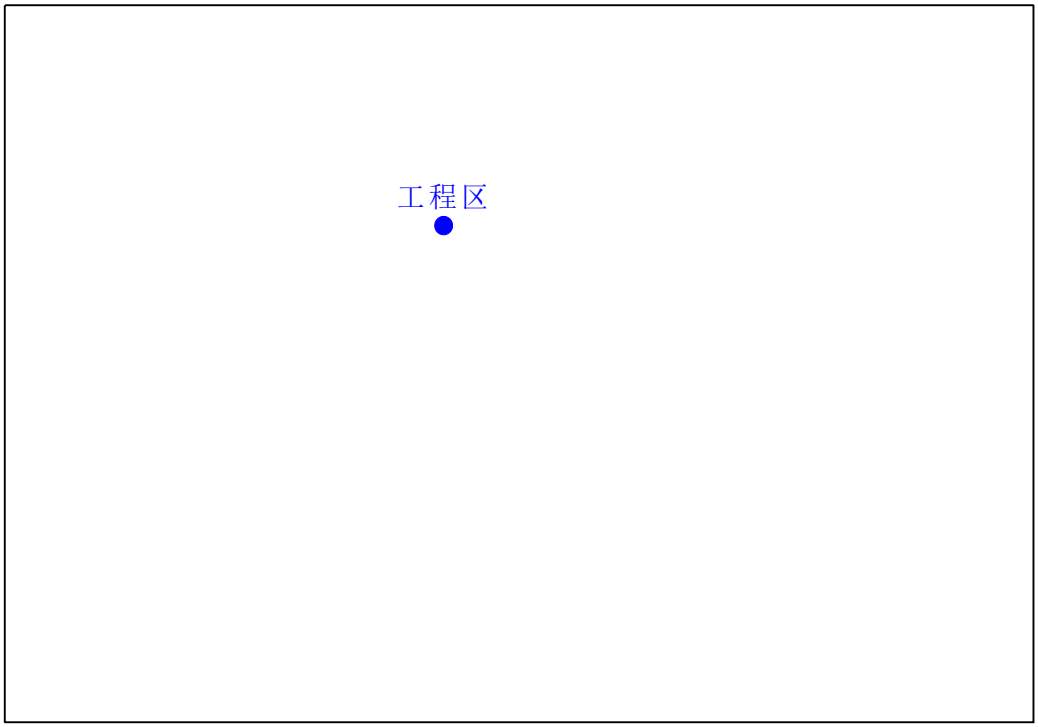


图 8.2.3.4-3　地震动峰值加速度区划图

8.2.3.5 交通条件

线路经过的行政区为张掖市临泽县。全线有利用的进站道路和施工道路，交通条件良好。

8.2.3.6 重要交叉跨越

表 8.2.3.6-1　主要交叉跨越表

临泽板桥 100MW/400MWh 独立储能电站项目			
交叉跨越			
序号	跨越物名称	交叉次数	备注
1	330kV 线路	1 次	跨越
2	10KV 及下线路	1 次	跨越
3	通信线	1 次	跨越
4	砂石路	2 次	跨越
5	土路	1 次	跨越

8.2.2.7 走廊清理

（1） 房屋拆迁

根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）的要求，本工程线路走廊内无法避让的房屋拆迁原则为：

1)线路正下方且屋顶为可燃材料的建筑物，无论是否有人居住均应拆迁；

2)对于边线以外 3 米的屋顶为可燃材料的建筑物，以及线下或边线外屋顶为非可燃材料的建筑物，当满足下列条件时，可不拆迁，否则均应拆迁；

a)在最大计算弧垂情况下，边导线与建筑物之间的最小垂直距离不小于 7.0m；

b)在最大计算风偏情况下，边导线与建筑物之间的最小净空距离不小于

6.0m。

本工程无房屋拆迁工程量。

（2）树木砍伐

根据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》GB50545-2010 第 13.0.6 条、《110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB50233-2014 附录 A 安全距离要求、《架空和输电线路运行规程》DL/T 741-2010 第 10.1 条及附录 A。本工程线路经过经济作物和集中林区时，采用高跨设计不砍伐通道的设计方案，并符合下列规定：

1)导线与非经济树木（考虑自然生长高度）之间的最小垂直距离为 5.5 米。

2)最大计算风偏情况下，导线与树木之间的最小净空距离为 5.0 米。

3)导线与果树、经济树、城市绿化灌木以及街道行道树之间的最小垂直距离为 4.5 米。

4)线路档中的经济树木按高跨进行设计，不应砍伐，若个别树木高于自然生长高度且与导线的不满足安全间距时则需采取截头修枝，且高度需小于自然生长高度，在满足安全间距的前提下，留有裕度；对于高于自然生长高度的个别非经济树木，且与导线不满足安全间距时则需砍伐。

本工程无零星砍伐树木。

（3） 三线迁改

本工程不涉及三线迁改。

（4） 厂矿搬迁大额赔偿

本工程无厂矿搬迁及大额赔偿工程量。

8.2.3 路径协议办理情况

本工程线路路径协议尚未办理。

8.3 气象条件

8.3.1 气象条件

工程所在区域地处欧亚大陆腹地，属典型的大陆性温带干旱气候。具有寒冷、干燥、昼夜温差大、日照时间长、降水少、蒸发大等特点。本次搜集了张掖市、临泽气象站 1985～2025 年的基本气象要素观测资料，代表性相对较好。气象站观测项目齐全，精度可靠，连续资料序列均超过 30 年，能够满足统计精度要求。

气象站 项目		张掖气象站	临泽气象站
气压	平均气压(hb)	853.9	854.7
气温	平均气温(° C)	8.0	8.4
	极端最高气温(° C)	39.8	39.1
	出现时间	2001.7.14	-
	极端最低气温(° C)	-28.2	-29.1
	出现时间	1991.12.27	-
湿度	平均相对湿度(%)	51	48
	平均水汽压(hb)	6.3	6.2
降水	平均降水量(mm)	129.3	113.0
	日最大降水量(mm)	40.8	37.1
风	平均风速(m/s)	2.0	1.9

	最多风向及频率(%)	SSE，12	SE，15%
	最大风速(m/s)及风向	19.0，NNW	18.3，WNW
积雪	最大积雪深度(cm)	8	11
冻土	最大冻土深度(cm)	150	119
天气日数	平均雾日数	0.9	0.5
	平均雷暴日数	7.8	7.0
	平均沙尘暴日数	45	2.3
	平均大风日数	7.6	5.3
	平均冰雹日数	1	0.2

8.3.2 设计基本风速

（1） 气象站风速分析计算

1）风速次数时距换算

本工程收集了张掖与临泽气象站1985～2025年近40年最大观测风速记录资料。由于我国许多气象台站以往多采用定时观测4次的2min平均风速，显然会漏掉不少大风风速。因此，对于定时观测风速，必须经过观测时距和观测次数的换算修正，才能将2min平均风速换算为连续自记10min平均风速。根据《电力工程气象勘测技术规程》(DL/T 5158—2021)，本工程参考风速次时换算公式如下：

$$y=ax+b$$

式中：

y—自记10min平均风速（m/s）；

x—定时2min平均风速（m/s）。

2）风速仪器高度换算

所收集到的风速资料，其台站风速仪的安装高度均需与基准高度进行换算。我国位于空旷地区（B类区）的气象台站风速感应器的安装高度以往多在距离地面以上8～12m，根据国标《建筑结构荷载规范》，风速随高度的变化采用指数公式计算。

$$V_{10}=V_H\left(\frac{10}{Z_H}\right)^{\alpha}$$

式中：

V_{10} — 距地10m高处的风速 m/s；

Z_H — 观测仪器距地面高度 m；

V_H — 仪器观测风速值 m/s；

α —与地面粗糙度有关的系数。本工程地面粗糙指数按B类地区取α=0.16。

3）基本风速概率统计结果

基本风速的概率统计方法，国内外有极值Ⅰ型(耿贝尔)和皮尔逊Ⅲ型两种方法。根据《电力工程气象勘测技术规程》（DL／T 5158-2021），分别采用极值Ⅰ型(耿贝尔)和皮尔逊Ⅲ型两种方法进行气象站的设计风速统计计算，330kV输电线路工程基本风速重现期应按30年考虑。本工程基本风速按当地气象台站年最大风速为样本，经次时换算和高度换算后，采用极值Ⅰ型和皮尔逊Ⅲ型分布作为概率模型，计算出张掖站、临泽站30年一遇离地10m高10min最大风速分别为22.1m/s与20.7m/s。

因本工程线路走径区地貌单元主要为冲洪积平原及丘陵地貌，而两气象站位于走廊中部，且自上世纪 90 年代以来，城市建设快速发展，使得原本处于郊区的气象站逐渐被城市建筑所包围，气象站实测风速相对实际风速明显偏低，对于线路所在的山区地段的代表性具有明显的局限性，不能将统计结果直接应用线路工程设计基本风速取值中去。因此，依据《电力工程气象勘测技术规程》中山区地形条件风压调整的研究成果和国内有关山区风速研究成果，山区送电线路工程移用参证气象站的设计风速时如气象站处在较为闭塞的谷底，风压调整系数取 1.20-1.50，本工程中风压调整系数按 1.3 取值。经风压调整系数修正后，张掖站、临泽站 10m 高 30 年一遇最大风速分别为 28.7m/s 与 26.9m/s。

（2） 风压推算风速

根据《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012），查得线路地区部分城市重现期为 50 年的风压值，由风压推算相应的设计风速，计算得张掖地区 10m 高 30 年一遇最大风速为 28.7m/s。

与气象站统计计算的最大风速成果比较，由《建筑结构荷载规范》推算的气象站最大风速大于气象站计算的最大风速，这主要是上世纪 90 年代以来气象站周边受人类活动的影响，所测风速小于实际风速所致，与气象站统计计算的最大风速成果比较，计算成果是合理的，可靠的。

（3） 临近已建线路设计风速与运行情况

在张掖市区域内，线路附近已运行的 330kV 金山一回线和二回线，一回线于 1985 年投产运行，二回线于 2002 年投产运行，两条线路 15m 高 15a 一遇的设计风速均为 30m/s（换算成 10m 高度处 30 年一遇的设计基本风速为 28.2m/s），一回线运行至今已有二十年，从未发生因大风而引起的倒塌断线事故。此外近年来新建的西气东输三线供电工程 110kV 上气一、二线，110kV 张气线，330kV 张掖电厂送出、330kV 上河湾送电线路等所有 330kV 及以下架空送电线路设计风速均按 29m/s 设计，各线路自运行以来，未发生因风灾引起的事故。

本线路附近河西 750kV 变电站出线的 750kV 河泉Ⅰ、Ⅱ回于 2010 年投产运行，以及新建的张掖 750kV 送电线路在张掖境内的 10m 高 50 年一遇设计风速亦为 30m/s（换算成 10m 高度处 30 年一遇的设计基本风速为 28.6m/s）。另已建三条特高压线路（±800kV 天中线与酒湖线、±1100kV 准华线）在本段 10m 高百年一遇设计风速为 32m/s（换算成 10m 高度处 30 年一遇的设计基本风速为 29.0m/s），亦未发生因大风而引起的倒塌断线事故。

据现场收资调查，35kV 以下电力线路以前在大风季节时有倒杆断线等风灾事故发生，在农网改造之前，由于电杆老化、导线型号过小等原因，风灾事故较多；农网改造之后，由于更换电杆、更换大型号导线、更好的施工工艺及照明线入地等原因，风灾事故明显减少，主要发生在极个别的微地形区。

（4） 设计基本风速

根据气象站实测大风资料的频率计算结果，结合现场踏勘和大风调查，并考虑输电线路走径与气象站周围环境的差异与已建线路的设计资料，同时参考《建筑结构荷载规范》中的基本风压，以及《甘肃电网风区分布图（30a 一遇）》（2024 年版），经综合分析，建议本工程全线设计基本风速（10m 高 30a 一遇）按 27.0m/s 取值。

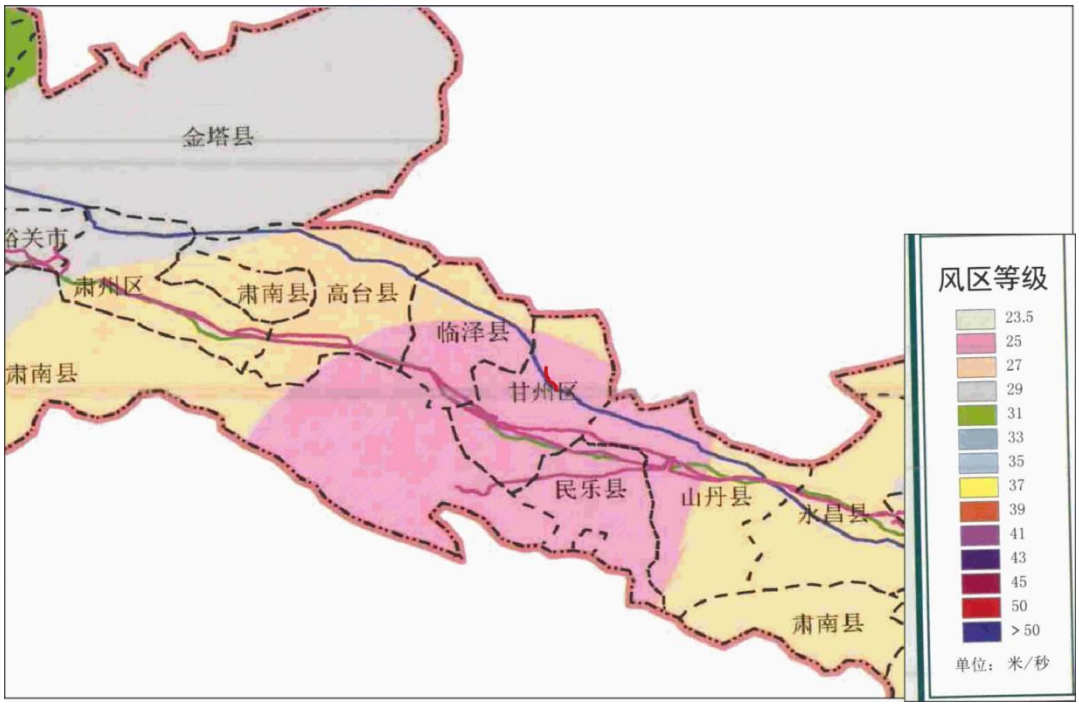


图 8.3.2-1 甘肃电网风区分布图 30a 一遇（2024 年版）

8.3.3 设计基本冰厚

（1） 覆冰调查

本工程沿线地貌类型以山前洪积扇、低中山为主。山前洪积扇地段地形较平缓、开阔；低中山区，地形较起伏，相对高差较小。沿线深居内陆腹地，距海洋遥远，降水稀少，冬季寒冷、干燥。鉴于以上气候条件和地形条件的特殊性，本包段线路走径区几乎不发生严重覆冰，发生轻微覆冰的概率也很小。本线路所涉及到的气象站未设观测雨雾凇项目，只记录雨雾凇天气现象，没有厚度和重量观测资料，如处在统一气候区的酒泉气象站海拔高度为 1478.6m，90 年代初设立电线覆冰观测项目，但至今从未观测到覆冰厚度和重量的有效资料。

现场踏勘期间，对线路所经地区的覆冰情况进行了调查，通过对当地已投运线路运行现状，及有关线路的覆冰设计标准、线路运行过程中出现的覆冰情况等进行了调查、分析，并对张掖气象站的雨凇和雾凇资料进行了统计分析。

根据雨凇和雾凇统计资料分析，张掖段没有出现过雨凇现象。雾凇现象相对较多。从雨、雾凇的季节分布来看，主要发生在秋、冬季，在 10 月～次年 3 月均可出现，各月的分布差异不大，从年代际变化来看，在上世纪 80 年代出现偏多。根据气象部门的规定，当单纯的雾凇达 15mm，雨凇、湿雪冻结物或包括雾凇在内的混合结冰达 8mm 时尚须测定结冰最大重量。而沿线气象站雨、雾凇观测资料中均没有此记录，也就是说厚度不足 15mm 或 8mm。

另据沿线当地村民反映，该段几乎未见过浓霜、冻雨天气，多年间可见雾凇天气，多发生于秋、冬两季，一般发生于早晨 5：00-10：00，至 12 时前全部融化消失，白色，质地疏松，最大覆冰直径 40mm。据当地村民李永军、马步箭、詹国虎、马兴强等人回忆、描述，该地区多年来基本未见导线覆冰现象，亦未见在树枝、照明线、电话线上有覆冰现象，仅在 2002 年 12 月 22 日至 25 日几天，由于下雪后不久气温很低（最低气温达-20℃）且早上有薄雾，在树枝、照明线、电话线及电力线上有结霜现象，肉眼直观厚度 10-15mm；另据酒泉超高压输变电公司和张掖供电公司的线路运行人员介绍，近十多年来，2008 年 1 月曾发现过

线路覆冰现象，雪松，白色、蓬松，约 10-15mm 厚。

（2） 已建线路设计冰厚与运行情况

为进一步查明线路走径区的导线覆冰情况，对该地区邻近工程的导线覆冰情况做了详细的调查了解，整个张掖地区有 110kV 火源线、110kV 山马牵线、330kV 山张一二回线 10m 高 30a 一遇设计冰厚为 5mm；甘州 330kV~张掖 750 变电站 330kV 送电线路工程 10m 高 30a 一遇设计冰厚为 5mm，750kV 河泉一二回线以及新建张掖 750kV 线路等，10m 高 50 年一遇设计覆冰厚度为 5mm；该地区特高压线路（±800kV 天中线与酒湖线、±1100kV 准华线）10m 高百年一遇在本段设计冰厚为 10mm。以上线路均未发生过由于导线覆冰而引发的断线及倒杆事故。

（3） 设计冰厚取值

根据本工程沿线附近已建线路的设计冰厚及运行情况、覆冰调查及分析计算资料，结合线路所经地区的地形、地貌、海拔、植被、气候特征，并考虑了覆冰时的主导风向，同时参考《甘肃电网冰区分布图 30a 一遇》（2024 年版）（图 8.3.3-1），综合分折确定沿线 30a 一遇的设计基本冰厚取值为 10mm。

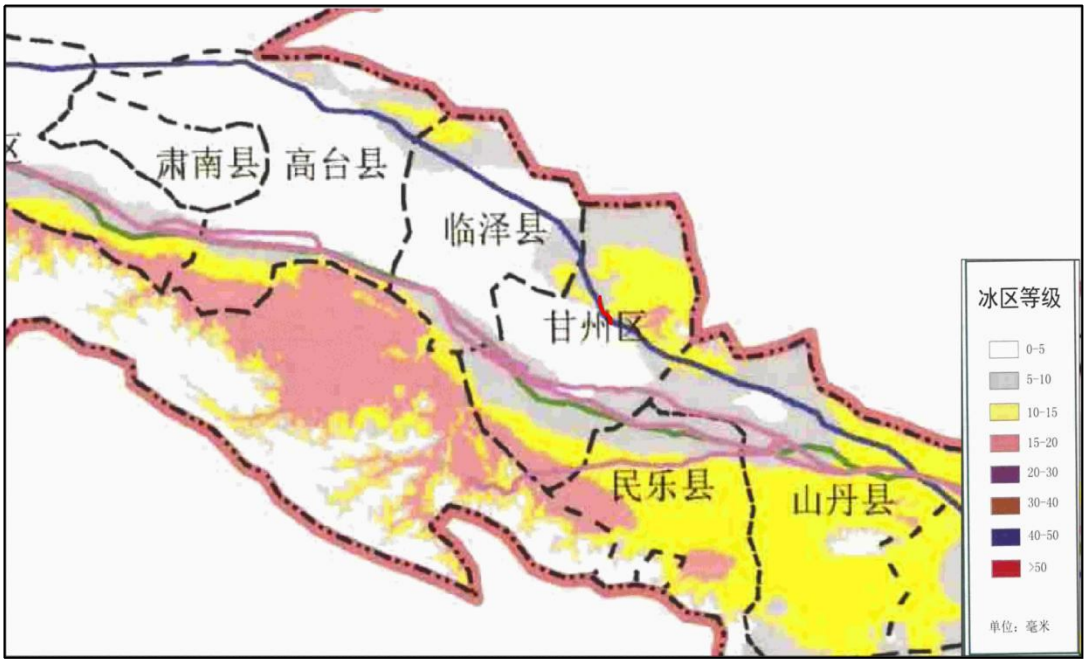


图 8.3.3-1 甘肃电网冰区分布图 30a 一遇（2024 年版）

8.3.4 设计气象条件

根据水文气象勘测报告资料，本工程基本设计风速为 27m/s、覆冰厚度 10mm，具体设计气象条件见下表。

表 8.3-2 设计气象条件一览表

气象条件	气温(℃)	风速(m/s)	冰厚(mm)
最高气温	40	0	0
最低气温	-30	0	0
基本风速	-5	27	0
覆冰情况	-5	10	10
安装情况	-15	10	0
外过电压(有风)	15	10	0
外过电压(无风)	15	0	0

气象条件	气温(℃)	风速(m/s)	冰厚(mm)
内过电压	10	15	0
年平均气温	10	0	0
冰比重	0.9 克/厘米^3		
设计风速为 10m 高 30 年一遇；根据《110～750kV 架空输电线路设计规范》(GB50545 - 2010)要求，地线设计覆冰厚度较导线冰厚增加 5mm。			

8.4 机电部分

8.4.1 导地线选择

导线作为输电线路的主要元件，担负着在各种恶劣自然环境中远距离传输电能的重任，必须具有良好的电气性能、机械性能和经济性能，保证运行安全可靠，满足电磁环境保护的要求，具有合理的技术经济指标和良好的社会效益。导线在工程造价中占有较大比重，截面选择过大将会显著增加工程投资，截面选择过小将使传输效率和运行性能变差，因此正确选择导线截面，对环境保护及电网的安全、可靠、经济运行具有重要意义。本工程导线选型主要原则如下。

a) 满足电力系统要求。导线的输送容量应满足系统的要求，事故潮流时导线温度保持在 70℃以下。

b) 满足电气性能要求。导线应具有较小的直流电阻，尽量降低电能损失，且导线表面电场强度满足规程规范要求。

c) 满足机械性能要求。导线设计安全系数不小于 2.5，年平均运行应力小于破坏应力的 25%，在验算工况下，导线弧垂最低点的应力应满足规程要求。

d) 导线型号宜选用具有成功运行经验的国网公司招标目录范围内的定型产品。

导线采用 2×JL3/G1A-240/40 型高导电率钢芯铝绞线，分裂间距 400mm。导线安全系数取值为 2.5。

本工程随新建线路敷设 2 根 24 芯 OPGW 光缆。

8.4.1.1 导线

导线推荐采用 2×JL3/G1A-240/40 型高导电率钢芯铝绞线。

导线安全系数取值为 2.5。

表 8.4.1.1-1　导线参数表

项　　目			单　位	要 求 值
产品型号规格			JL/G1A-240/40-26/7	
结构	铝单线	股数/直径	根/mm	26/3.42
	镀锌钢线	股数/直径	根/mm	7/2.66
计算截面积		合计	mm^2	277.74
		铝	mm^2	238.84
		钢	mm^2	38.90
外径			mm	21.70
单位长度质量			kg/km	962.8
20℃时直流电阻			Ω/km	≤0.1209
额定抗拉力			kN	≥83.76
弹性模量			GPa	76.0

项　　目	单　位	要 求 值
线膨胀系数	1/℃	18.9×10-6

8.4.1.2 地线

根据系统通信要求，本工程敷设 2 根 24 芯 OPGW 光缆。光缆参数见表 8.4.1.2-1。

表 8.4.1.2-1　OPGW 光缆参数表

型号	单位	OPGW-15-120-1
计算截面积	mm2	≈121.14
外层单丝直径	mm	3.0
光纤类型	G.652/G.655	G.652
光纤芯数	芯	24
光缆外径	mm	15.2
光缆单位长度重量	kg/km	832
计算拉断力(RTS)	kN	147
20℃直流电阻	Ω/km	≤0.76
允许短路电流容量（40℃～200℃）	kA2·s	≥76
弹性模量	GPa	109
线膨胀系数	10-6/℃	15.5

8.4.1.3 导线防舞

由于本工程线路路径所经区域的气象条件、地形情况相对单一，根据甘肃电网舞动区分布图（2024 版），线路所经区域舞动区等级划分为 0 级舞动区。根据当地电力公司多年的运行经验，未发现导线大风舞动的情况，因此本工程线路不考虑导线防舞的措施。

8.4.2 绝缘配合

依据《甘肃电力系统交流污区分布图》（2024 版），本工程沿线为 b 级污区，沿线海拔高度在 1500-1550m 之间。

根据《国家电网有限公司关于印发十八项电网重大反事故措施（修订版）的通知》（国家电网设备〔2018〕979 号）7.1.1 条“新、 改（扩）建输变电设备的外绝缘配置应以最新版污区分布图为基础，综合考虑附近的环境、气象、污秽发展和运行经验等因素确定。线路设计时，交流 c 级以下污区外绝缘按 c 级配置；c、d 级污区按照上限配置；e 级污区可按照实际情况配置，并适当留有裕度。”

考虑线路周边的发展，污染有增重趋势，故本工程全线绝缘配置均按 c 级上限配置绝缘。

表 8.4.2-1　各污秽等级的爬电比距

现场污秽度	c 级
等值盐密 mg/cm^2	0.05—0.1
统一爬电比距范围 mm/kV	31.5—39.4
统一爬电比距取值 mm/kV	39.4
爬电比距取值 mm/kV	25

虽然绝缘子的单项投资只占工程总造价的 3%左右，但从绝缘子的重要性中可以看出其型式选择是否合理，对线路的运行工作将产生很大影响。它直接关系

到电网的稳定和安全运行。目前我国超高压电力系统中，架空送电线路通常采用瓷质盘型绝缘子、钢化玻璃绝缘子、棒式合成绝缘子。三种绝缘子的特性如下。

（1）瓷质绝缘子

瓷绝缘子距今已有 100 多年的生产历史，已经形成较完整的系列，在我国的线路中得到普遍使用，有着丰富的生产及运行经验。瓷绝缘子成本低，原料充足，加工生产工艺成熟，具有良好的绝缘性能、耐气候性、耐热性和组装灵活等特点，无疑是一种较好的绝缘介质。分普通型和耐污型两种。对于 C 级及以上的污秽区，必须使用大爬距的耐污型绝缘子。目前，国内外大量应用的大爬距的耐污型绝缘子伞裙结构多为钟罩伞和双伞两种，两种结构各有其特点。

钟罩伞型：这种绝缘子伞下的棱槽比较深，具有较大的爬电距离。伞下棱深处受潮缓慢，能有效抑制电弧发展。从国内几家试验单位对不同造型悬式绝缘子人工污闪试验结果看，单片爬电距离相同的绝缘子，钟罩伞绝缘子污秽闪络电压最高。但它的伞形结构复杂，积污量远大于双层伞绝缘子，为普通绝缘子的 1.5～2 倍，且风雨自洁性较差，清扫困难。

双层伞型：它的结构简单，气流通过阻力小，不易积污。风雨自洁性好，清扫方便。但双层伞绝缘子的人工耐污性能不及钟罩绝缘子。

国产瓷绝缘子生产历史已有 70 余年，总体来说，生产质量和各方面的技术水平在不断提高。

盘形瓷绝缘子属于可击穿型，随着运行时间的延长，其绝缘性能会逐渐降低，即存在绝缘子“老化”现象。运行人员要定期检测零值绝缘子。现今国产绝缘子生产质量和各方面的技术水平在不断提高，平均老化率保证值可达 2 / 万。

瓷绝缘子的造型十分丰富，特别是防污型绝缘子，外开口式的双伞和三伞型较传统的钟罩型，具有自清洗性能好、积污量少、污耐压高的特点，适用于各种地区使用。

（2）钢化玻璃绝缘子

钢化玻璃绝缘子的绝缘件为玻璃，它是由高温熔融体经冷凝而形成的一种均质非晶体，经钢化处理后，表层获得均匀分布的压应力，同时具有高的机械强度和热稳定性。钢化玻璃绝缘子具有优良的机电性能和抗拉强度、耐振动疲劳、耐电弧烧伤、耐冷热冲击和耐电击穿性能。此外钢化绝缘子还具有零值自爆的特性，因而无需对其进行绝缘测试，但也有易被外力击碎及自爆落地引发的环保投诉等特点。国内外的运行实践证明，钢化玻璃绝缘子具有长期稳定的机电性能，即具有较长的使用寿命。

钢化玻璃绝缘子的缺点是因制造工艺所限，防污型只能做成钟罩式。若要提高防污性能，就必须增加棱的数量和高度。因此导致棱槽深、易积污、难清扫、自洁性能差。比较适合于灰尘少、雾天多的沿海污秽地区。对于少雨水地区，不容易浸入湿润，其局部干区，可起阻碍泄漏电流和抑制电弧的发展的作用。

总之，采用优质瓷和玻璃绝缘子能控制到很低的老化率(自爆率)，达到满意的运行效果，尺寸相同的型号一般认为具有相同的污耐压特性。

（3）复合绝缘子

复合绝缘子是一种新型的防污绝缘子，其伞裙材料目前普遍采用硅橡胶，该种材料具有很强的憎水性，自洁能力特强，污物很难附着，由于这一特性，湿润时复合绝缘子表面不会形成水膜，而是水株，很难形成导电通路。又由于其合理的伞裙设计能减小甚至避免空气涡流的形成，从而大大减小了污秽物附着的几率，可长时间运行不需清扫。在相同的泄漏比距下，复合绝缘子污闪电压与玻璃或瓷

绝缘子相比有较大的提高,即具有良好的抗污闪特性。综合其它因素，通常认为复合绝缘子的污闪电压可比瓷或玻璃绝缘子提高 30%。而且体积小,重量轻(约为瓷绝缘子的 1/7)，尤其适用于山区线路。

复合绝缘子的最大缺陷是它的机电强度随着运行时间增长而下降,若伞裙老化，其憎水性下降或消失，而在运行中难于监测，并有断串情况发生。在运行中也出现过鸟害、鼠害等问题，另外由于护套材料容易在运输和架线当中受到坚硬物体或利器的损伤。其次,运行以后的机械强度下降，复合绝缘子由多种材料组成,两端金具与绝缘子芯棒连接,各厂家无统一成熟的技术工艺,据国外资料,曾经发生过金具与绝缘子芯棒脱离导致导线坠地的事故。当发生雷击危害时，一旦电弧建立，硅橡胶制品在高温下可能发生永久性损坏而无法恢复绝缘强度。但复合绝缘子有优异的耐污性能,爬电距离仅为盘型绝缘子的 3 / 4 即可达到相应的耐污秽能力，可以降低工程造价。

考虑到线路长度较短且结合以往工程经验，本工程悬垂串、跳线串采用复合绝缘子串，耐张串采用瓷质绝缘子。

8.4.3 绝缘子选型

（1）绝缘子机械强度选择

绝缘子机械强度的安全系数按下式计算：

$$K=\frac{T}{T_{max}}$$

式中：

T—绝缘子机电(机械)破坏荷载(kN)

Tmax—绝缘子最大使用荷载、常年运行荷载或事故情况荷载(kN)。

本工程绝缘子使用的安全系数不小于下列数值：

最大使用荷载：合成绝缘子 3.0，玻璃绝缘子 2.7。

根据本工程导线型号及沿线的气象条件，经过强度计算:

导线耐张串采用 160kN 瓷质绝缘子双联串；

导线悬垂串采用 120kN 复合绝缘子成双串和单串；

跳线采用 120kN 复合绝缘子成单串（加重锤片）。

地线选用国网标准物料库中的 UE70CN 型瓷绝缘子。

（2）绝缘子爬电距离的选择

绝缘子片数的选择通常采用泄漏比距法,由工频电压统一爬电比距离要求的线路每串绝缘子片数应符合下式要求：

$$n \geq \frac{\lambda Um}{K_e L_o}$$

式中：n__每串绝缘子片数；

Um__系统运行最高相电压，kV；

λ__统一爬电比距，mm/kV，爬电比距，cm/kV。

LO__每片悬式绝缘子的几何爬电距离，cm；

Ke__绝缘子爬电距离的有效系数。

根据《110～750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)规定，“在轻、中污区复合绝缘子的爬电距离不宜小于盘型绝缘子;在重污区其爬电距离不应小于盘型绝缘子最小要求值的 3/4 且不小于 2.8cm/kV。”

本工程按 c 级上限进行绝缘配置，采用复合绝缘子时，爬电比距取 3.2cm/kV

的 3/4 倍，值为 2.4cm/kV，依据规程要求，爬电比距取 2.8cm/kV，即爬电距离不小于 9240mm。

本工程所选用耐张瓷质绝缘子 U160BP/155，片数 23 片；悬垂复合绝缘子选用 FXBW-330/120-3，爬电距离为 10560mm。

交流复合绝缘子技术参数详见表 8.4.3.1-1。

表 8.4.3.1-1　复合绝缘子技术参数一览表

绝缘子型号	FXBW-330/120-3
额定电压（kV）	330
额定机械拉伸负荷（kN）	120
结构高度（mm）	3350
最小公称爬电距离（mm）	≥10560
伞裙结构	一大一小
连接结构标记	16
均压环配置	带电侧配一均压环
雷电全波冲击耐受电压 kV（峰值）	＋1425

交流瓷质绝缘子技术参数详见表 8.4.3.1-2。

表 8.4.3.1-2　瓷质绝缘子技术参数一览表

参数	瓷质绝缘子
绝缘子型号	U160BP/155
额定电压	330
公称盘径（mm）	320
公称结构高度（mm）	155
公称爬电距离（mm）	550
连接标记	20
额定机械破坏负荷（kN）	160
工频击穿电压(kV)	/

8.4.4 空气间隙

本工程海拔在 1500-1550m 之间，带电部分与塔构件(包括塔身、横担、脚钉)的空气间隙，应满足雷电过电压，内过电压，运行电压的要求。根据规程规定，在海拔超过 1000 米的地区，空气间隙须按海拔高度进行修正。本工程空气间隙按 2000m 海拔修正，修正后的空气间隙见表 8.4.4-1。

表 8.4.4-1　塔头空气间隙表

海拔(米)	<2000
运行电压间隙(米)	1.0
内过电压间隙(米)	2.15
外过电压间隙(米)	2.65
带电作业间隙(米)	2.45

注：对操作人员需要停留工作的部位，还应考虑人体活动范围 0.5 米。

8.4.5 金具

本工程金具使用标准为国家电网公司输变电工程通用设计 330kV 输电线路金具分册(2024 版)，金具使用的安全系数不小于下列数值：

运行情况：2.5；断线情况：1.5。

8.4.6 导地线的防振措施

本工程导线的平均运行张力按其瞬时拉断力的 25%设计，导线全线采用防振锤和防晕阻尼间隔棒进行防振，2×JL3/G1A-240/40 导线间隔棒采用国网标准物料库中的 FJZ-240/222 间隔棒(档内用)及 FJR-240/22 间隔棒(引流用)；防振锤采用国网标准物料库中的非对称音叉式预绞式线夹防振锤 FRYJ-2/4。

本工程 OPGW 光缆的平均运行张力按其额定拉断力的 18%设计。OPGW 光缆采用与之配套的预绞式防振锤。

8.4.7 防雷

根据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）中的规定，同时参照已建 330kV 输电线路的设计运行经验，本工程采用如下防雷保护措施：

1）全线架设双地线作为防雷保护的主要措施；

2）单回路架设段，地线保护角不大于 15 度；

3）单回路架设段，地线保护角不大于 10 度；

4）杆塔上两地线间的距离不超过导线与地线间垂直距离的 5 倍；

5）档距中央导线与地线间的净空距离（S），在+15℃无风时，满足 S≥0.012L+1（L 为档距长度 m）的规定。

6）杆塔逐基装设接地装置。所有杆塔均应接地，在雷季干燥时，每基杆塔不连地线的工频接地电阻应满足规程要求。

8.4.8 接地

沿线地貌单元主要以洪积扇地貌地貌为主，地层主要为薄层粉土、角砾、砾岩、泥岩、砂岩，细砂及素填土为主，土壤电阻率按 500～2700Ω•m 考虑。本工程接地装置采用Φ12 镀锌圆钢方框加射线加接地模块的方式。

居民区及耕地接地体埋设深度不小于 0.8 米，本线路平丘段按照埋设深度不小于 0.8 米执行。

8.5 通信保护

本工程全线无平行接近的通信线，不存在通信保护问题。

8.6 杆塔与基础

8.6.1 杆塔

8.6.1.1 铁塔选型原则

根据电气规划的要求和工程实际地形地貌、工程地质、施工运输等情况，作到经济合理、安全可靠，在满足工程实际需要的基础上兼顾工程工期安排，积极吸收以往工程的先进经验，扬长避短，力争在质量、工期、造价控制上综合平衡。所以，本工程杆塔选型遵循以下原则：

(1) 在满足电气规划要求并结合本工程实际需要的前提下追求耗材指标最优；

(2) 技术先进、安全可靠、经济实用、运行便利；

(3) 所选杆塔型式在满足全线各地形要求的前提下尽量减少杆塔种类，以便施工、运行管理；

8.6.1.2 铁塔选型

根据《国网基建部关于发布输变电工程通用设计通用设备应用目录(2026 版)的通知》基建技术〔2026〕4 号文要求，在新建工程中尽可能应用通用设计成果。

本工程导线采用 2×JL3/G1A-240/34 型高导电率钢芯铝绞线，风速为 27m/s，覆冰 10mm，海拔为 1580～1590m 之间，根据工程设计条件，选用最接近本工程使用条件的国家电网公司通用设计 330-FC22D 模块。

8.6.1.3 铁塔使用情况

本工程选用的塔型如下：

杆塔型号	呼高(m)	水平档距(m)	垂直档距(m)	转角度数	使用基数
330-FC22D-JC1	30.0	600	900	0°-20°	1
330-FC22D-DJC	24.0	350	500	0°-90°	1

8.6.1.4 杆塔材料

1) 本工程的杆塔均为角钢型自立塔，铁塔钢材采用 Q235、Q355，节点板一般采用 Q235，重要节点板采用 Q355、Q420，其质量标准应符合《碳素结构钢》和《低合金高强度结构钢》的要求。

2) 除底脚板等局部构件采用焊接外，其余构件间相互连接采用螺栓。连接螺栓采用 6.8 级和 8.8 级普通粗制螺栓，其质量标准应符合《紧固螺栓机械性能》GB/T3098.1～3098.3-82 的要求。

8.6.1.5 杆塔荷载

本工程的杆塔严格按照《架空输电线路荷载规范》DL/T5551-2018、《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》(DL/T5486-2020)的要求，计算了正常运行工况(大风、低温、覆冰)、不均匀冰、事故及安装工况。

8.6.1.6 抗震验算

依据本工程《岩土工程及水文勘测报告》，本工程沿线路径所经地区地震烈度为 8 度。

根据《电力设施抗震设计规范》(GB50260-2013)及《110～750kV 架空输电线路设计规范》第 10.1.16 条规定，位于地震烈度 7 度及以上地区的混凝土高塔和位于地震烈度 9 度及以上地区的各类杆塔均应进行抗震验算。由于本工程经过地区基本地震烈度为 8 度，所以全线铁塔可不进行抗震验算。

8.6.1.7 铁塔与基础的连接方式

本工程铁塔与基础的连接方式选用地脚螺栓与基础进行连接。

8.6.1.8 杆塔防腐、防盗及防松

杆塔的所有构件均采取热镀锌防腐措施。

所有铁塔短腿离地 8.0 米以内的螺栓采用防盗型螺栓。防盗螺栓型式由建设单位确定。

全塔除防盗螺栓外的所有螺栓均采用等厚双螺帽的防松措施。

8.6.1.9 铁塔登塔设施

本工程可采用常规脚，钉按 45 度弯钩(朝上)防滑式，如下图所示。按 400mm

间距从下(距塔脚板 1500mm)往上沿主材正侧面均匀交错排列,如若因塔材接头影响，不能满足 400mm 间距时，需满足三个脚钉间距满足 1200mm(400mm 间距倍数)要求。

8.6.1.10 铁塔接地眼孔

铁塔的四条腿均需预留两个直径 17.5mm 的接地眼孔，孔距 50mm，并将接地眼孔设置在距塔脚板下端 700mm～1000mm 高处，使保护帽的浇制不影响接地引下联板的安装。

8.6.1.11 铁塔防坠落装置

防坠落设置根据《国网设备部关于印发架空输电线路固定式防坠导轨完善提升三年工作方案的通知》设备输电〔2024〕6 号、《Q/GDW10162－2025 输电杆塔固定式防坠落装置技术规范》和《国家电网有限公司关于印发输电线路防高坠重点任务措施的通知》（国家电网安监〔2023〕663 号）中关于“钢管杆塔、30 米及以上杆塔（全高）和 220 千伏及以上线路杆塔应设置作业人员上下塔和水平移动的防坠落安全保护装置”要求执行。本工程铁塔均考虑加装防坠落装置（垂直刚性防坠落、水平柔性防坠落装置）。

8.6.2 基础

8.6.2.1 地形、地质条件概述

（1）地形、地貌

根据《岩土工程勘查报告书》，本工程线路本工程线路路径位于张掖市临泽县境内，地貌单元主要为冲洪积平原，现为戈壁滩，地形较为平坦，地势开阔，相对高差较小，海拔高程约为 1500~1550m。

（2）地层岩性

线路沿线地层主要为砂土、泥岩，具体描述如下：

细砂（Q4al+pl）：灰黄色，松散~稍密，稍湿，主要成分为石英、长石组成，砂质不纯，级配不良，底部夹有角砾、砾砂薄层。该层厚度为 1.0~1.5m。

粗砂（Q3pl）：红褐色~灰绿色，稍湿，稍密，以石英、长石为主，混零星砾石，夹有细砂与砾砂薄层。该层层厚在 3.0~4.5m。

泥岩（N）：青灰色~红褐色，泥质结构，层状构造，主要成份为粘土矿物，岩质较软，遇水易膨胀、软化，岩芯呈短柱状，与砂岩互层形式分布，该层全风化层厚约 1.5m，强风化层厚约 1.0m，以下为中等风化层，层厚大于 10.0m。

（3）地下水

本工程地下水埋深大于 10.0m。

8.6.2.2 基础设计方案选择的基本原则

(1) 技术合理性；

(2) 施工技术的可行性；

(3) 经济性；

(4) 符合环境保护和可持续发展的要求。

8.6.2.3 基础选型

基础选型应结合本线路地形、地质特点及运输条件，综合分析比较，选择适宜的基础型式；并在安全、可靠的前提下，尽量做到经济、环保，减少施工对环

境的破坏；且应对不良地基提出合理的基础型式和地基处理措施。

下面将结合本工程的基础作用力及地形地质条件，通过对基础型式的优化比较以及以往的工程经验分析，确定适合本工程的基础型式：

①钢筋混凝土板式基础：

基础底板台阶的高宽比大于 1.0（且一般小于 2.5），底板内配置受力钢筋的混凝土基础。本基础形式计算理论清晰、工程经验丰富，但由于混凝土耗量较大，特别对于交通运输条件差的输电线路而言经济性较差，对不易成孔大的塔位可采用该类基础型式。

②人工挖孔桩基础

挖孔基础是利用人工挖出桩孔，灌注混凝土而成。挖孔桩基础由于采用人力成孔，桩径可达 2.6m 左右，避免了出现多桩承台型式，同时不需要大型的机械，受地形限制较小，在输电线路工程中一般在地形复杂、场地狭窄、高差较大，基础外露较高、基础负荷较大的塔位广泛使用。本工程在受地形及其他因素影响，基础设计外露值较高时，采用该类基础型式。

本线路依据《岩土工程勘察报告书》、《水文气象勘测报告书》并结合具体地形的特点，综合考虑方便运输、节约投资等因素。根据工程的实际情况，主要推荐的基础型式为挖孔基础。

8.6.2.4 基础材料

基础： C35。

基础保护帽：C20。

基础配筋：主筋采用 HRB400 钢筋，箍筋及构造筋采用 HPB300 钢筋。

地脚螺栓：性能等级 5.6 级。

8.6.2.5 防腐设计

依据本工程《岩土工程报告》的描述，线路沿线地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中腐蚀性；对钢结构具有弱腐蚀性；针对以上腐蚀性描述，本工程采取以下防腐处理原则：

① 基础混凝土采用 C35（护壁与本体混凝土同等级），最大水胶比为 0.45，最小水泥用量 320kg/m³；

②基础混凝土中添加钢筋阻锈剂；

③基础表层涂刷防腐蚀涂层，防腐涂料工艺为底层、面层均为改性高氯化聚乙烯(HCPE)，底层涂刷一遍，面层两遍，涂层总厚度大于 200um；

④加大基础混凝土保护层厚度。

8.6.2.6 抗震设计

依据本工程《岩土工程及水文勘测报告》，本工程沿线路径所经地区地震烈度为 8 度。

依据《架空输电线路基础设计技术规程》(DL/T 5219-2023)第 3.1.2 规定，位于地震烈度 7 度及以上地区的杆塔基础，当场地为饱和砂土或饱和粉土时，均应考虑地基液化的可能性，并应采取必要的抗震措施，本工程沿线路径内地震烈度均为 8 度且沿线内无滑坡、塌陷、崩塌等不良地质构造，沿线场地在地震作用下的稳定性较好，因此，基础设计中不再考虑特殊的抗震措施。

8.6.2.7 基础抗冻设计

根据地勘报告，本工程走径区为季节性冻土，且无冻胀性，故基础设计不考虑特殊的防冻措施。

8.6.2.8 不良地质现象及处理

本工程站址位于冲洪积平原地貌，工程区地形平坦、地势开阔，站址远离南侧丘陵出山口处，南侧丘陵无风化堆积物，无形成泥石流条件，故工程区无滑坡、崩塌、泥石流等大的不良地质作用发育。本工程地基土主要为砾砂、中粗砂、基岩等，沿线不存在饱和砂土与饱和粉土，因此不存在地基震陷与地震液化的可能。

8.6.2.9 基础护壁设置

本工程挖孔基础均采用钢筋混凝土护壁，以最大程度确保基坑施工安全及坑口的稳定性。

8.7 在线监测

本工程新建段线路，无运行巡视、应急抢险困难的地段，且目前不存在很大跨越、重覆冰、易发生舞动地区、微地形、微气象、采空区和地质不良等可能影响线路安全运行的地区，因此无需安装在线监测设备。

8.8 对电信线路、无线电台站和油气管线的影响及其防护

本工程沿线无长距离平行接近的通信线路，沿线没有无线电台基站，故本工程不存在通信保护问题。

本工程沿线未平行和交跨油气管线。

8.9 环境保护与水土保持

8.9.1 环境保护

《架空输电线路基础设计技术规程》要求线路基础设计和施工过程中需认真贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和《开发建设项目水土保持方案技术规范》及相关的地方规定，合理设计塔位施工基面，做到少开塔位施工基面，以减少弃土，防护边坡，降低工程造价，加强环境保护，实现国家经济建设的可持续发展。

本线路位于西北地区，在国家实施西部大开发战略中，西北环境保护正在进一步改善。环境保护越来越受重要，结合工程情况设计进行了环保考虑，主要体现在以下几方面：

(1) 路径与塔位选择：在选线和定位时，尽量平行已有线路走线，减小开辟线路走廊对环境的影响；尽量避让不良地质现象发育的地段，如冲沟、崩塌、陡坎、低洼地等，尽量将塔位布置在排水通畅、地势较高且较平缓处；

(2) 细化塔基断面的测量，提高塔位地形测量精度，为基础设计提供准确的现场数据；

(3) 合理选择基础型式：根据沿线地形及地质情况尽量选择适宜的基础，减少基坑开方量，对水土流失具有重要的意义。

(4) 完善基坑开挖方法，无论是开挖类基础还是掏挖类基础，均应尽量不降或少降基面，尽可能直接开挖基坑。开挖类基础在开挖基坑时应在采取安全措施的情况下尽量减少放坡，基面高侧由于无法回填到原始高度，必须按要求放坡，并且一次放够，如果无法放坡应考虑护坡措施。

(5) 做好基面排水、防水：基础施工完成后根据塔位地形、地势合理设置基

面排水路径。

(6) 运行维护：运行阶段应及时修补基面的排水、防水等措施由于人类活动或自然的冲刷、剥蚀等造成的损坏，确保其功能发挥。

(7) 塔基排水措施

加强排水是基础设计中不可或缺的重要部分，对每个塔位都要提出具体要求，并要求施工单位严格按图施工，并将其作为基础验收的要部分。以往工程中往往忽视这一点，容易造成线路基建移交不久后，就出现塔位处排水不畅而出现塌陷、水土流失的现象，进而危及塔位的安全稳定和长期运行。

(8) 线路工程施工中，塔位基面挖方边坡易产生剥落或塌方。塔位处基面开挖后，若塔基内外边坡土质松散或为强风化岩石，无植被或植被稀疏，在自然雨水作用下，极易引起水土流失，影响塔基的安全稳定，需做护坡。

(9) 塔位基降余土不允许随意倾倒，在塔基范围内平摊堆放。

总之，通过以上措施，将环境破坏减少到最小，满足工程设计的要求。

8.9.2 水土保持

8.9.2.1 水土保持原则

本工程水土保持以保护生态环境为出发点，以防治新增水土流失为目标，促进经济与环境的协调发展。在遵守水土保持法律法规、技术标准和环境保护总体要求原则的同时，根据工程建设生产特点，须遵循以下原则：

(1) 坚持责任明确的原则。按“谁开发、谁保护”、“谁造成水土流失、谁负责治理”的原则，明确建设单位关于水土流失防治责任的时间和空间范围。本方案在收集资料和现场踏勘的基础上，查清项目区水土流失现状及特征，根据工程特点，界定项目在建设期的水土流失防治责任范围。

(2) 坚持预防为主的原则。针对主体工程和新增水土流失的特点，按照“预防为主、保护优先”的基本要求，选用先进的施工工艺，优化主体工程的设计及施工组织。

(3) 坚持生态与主体并重的原则。以控制和治理水土流失、保护和改善生态环境为主要目标，在服务主体工程的同时，对项目区环境和周边的生态系统负责，对工程建设可能造成较大影响的，应进行比选方案的水土保持分析，明确水土保持意见，并作为主体设计比选方案筛选的依据。

(4) 坚持综合防治的原则。方案布设的各种防治措施要紧密结合，并与主体设计中已有措施相互衔接，提出切实可行的水土流失防治对策和具体措施，确保水土保持工程发挥作用。

(5) 坚持因地制宜的原则。根据各项目区的具体情况，坚持因地制宜、因害设防的原则，合理布局水土流失防治措施。

(6) 坚持景观协调的原则。建设项目主体工程及水土保持措施的配置应与周边的环境相协调。

(7) 坚持经济合理的原则。水保措施应选择取料方便、易于建造的水保措施，在保障水土保持功能的同时减少建设期的投入和运营期间的养护工作量。

(8) 坚持综合利用的原则。合理安排施工时序和土石方的调配，尽量减少余土。

(9) 坚持“三同时”的原则。水土保持工程与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用，水土保持工程与主体工程建设协调一致，要兼顾工程建设与水土保持两方面的需求，合理安排水土保持措施的工期，大的开挖工程宜避开大风及

暴雨天气。

8.9.2.2 水土保持措施

遵守国家和地方政府有关水土保持的规定，切实落实最大限度减少水土流失。各参建单位熟悉和掌握当地建设行政主管部门和水行政主管部门有关水土保持方面的规章制度，技术规程，建立健全水土保持管理体系，规章制度，责任到人。

合理规划临时工程，节约用地，尽可能减少工程施工引起的水土流失范围，施工结束后对塔基表面进行砾石压盖。

合理安排工序，施工尽量避开雨季和汛期，缩短施工周期，及时清运开挖的土方，减少疏松地面的裸露时间；施工用料的堆放应远离水源和其他水体，选择暴雨径流难以冲刷的地方。

路径选择

本工程在选择线路路径时，对沿线地方政府、水利、环保、城市规划、国土、文物管理等部门进行工程汇报、征询意见、调查研究、资料收集、协调路径等工作，根据相关部门的意见对线路路径进行优化，避让了相关的生态敏感区域。

(2) 铁塔及基础型式

本工程铁塔采用自立式角钢塔，均按长短腿设计。

本工程地形为平原，根据沿线地质和水文状况，按照安全可靠、技术先进、经济适用、因地制宜的原则设计基础型式，本工程选用的基础型式为原状土基础。

(3) 工程措施

输电线路塔基挖方除基坑回填的土方外，其余可均匀铺设在塔基区域，将塔基区平均垫高 20cm，塔基区垫高后不仅可充分利用余土，且对线路的安全运行不产生影响。

(4) 临时措施

施工场地开挖土方的临时拦挡、苫盖、设置彩条旗限界、牵张场铺垫彩条布等临时措施均可有效的防护施工过程引起的水土流失。

(5) 塔基施工

施工时应在工期安排上合理有序，先设置围栏措施，后进行工程建设，尽量减少对地表及生态环境的破坏。

塔基开挖土方临时堆放在塔基施工场地内，用于施工结束后基坑回填，临时堆土采取四周拦挡、下铺上盖的措施，回填后及时整平。施工中要严格控制临时占地，减少破坏原地貌的面积。

基坑开挖尽量保持坑壁成型完好，并做好临时堆土的挡护及苫盖，基础坑开挖好后应尽快浇筑混凝土。

严格控制施工范围，应尽量控制作业面，施工结束后加强土地整治。

在塔基迎水面设置挡水墙，确保排水通畅及塔基的稳定性。

(6) 塔基开挖余土堆放

塔基开挖回填后，尚余一定量的土方，可均匀铺设在塔基区域，将塔基区平均垫高不足 20cm，塔基区垫高后不仅可充分利用余方，且对线路的安全运行不产生影响。

(7) 塔基施工场地

塔基施工时需设临时施工场地，主要用于基础开挖临时堆土、施工临时堆料及立塔过程中的锚坑用地等。一般情况下，平原区布置在塔基周围，施工场地会占压和扰动原有地表。施工完成后应清理场地，以消除砂石及混凝土残留，恢复

原地貌。

(8) 牵张场地

牵张场平面布置包括施工通道、机械布置区、导线集放区、锚线区、压接区、工具集放区、工棚布置区、休息区、油料区和标志牌布置区。各区域四周采用硬围栏封闭，区域之间用红白三角旗隔开。

(9) 铁塔组立施工

工程铁塔安装施工采用分解组塔的施工方法。铁塔组立过程中，塔材堆放应严格控制在塔基施工区内，注意减少对原地貌的扰动；地面组装应在规定的作用场地内，避免扰动场地以外的地貌。

(10) 材料来源及防治责任

本工程输电线路所需建筑材料主要有钢材、水泥、木材、砂料、石料等，主要通过市场采购解决，由有资质的专供企业提供，材料生产期间的水土流失防治责任由生产单位负责，运输期间的水土流失防治责任由运输单位负责。

建筑材料应在施工招投标阶段由施工方与供应方签定有关供需及运输协议，取用当地有关部门统一指定地点的石料。并明确取料场水土流失防治责任范围属供应方，供应方应该在供应石料过程中采取临时防护等措施防治水土流失。《架空送电线路基础设计技术规程》(DL/T5219－2014)要求线路基础设计和施工过程中需认真贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和《开发建设项目水土保持方案技术规范》及相关的地方规定，合理设计塔位施工基面，做到少开塔位施工基面，以减少余土，防护边坡，降低工程造价，加强环境保护，实现国家经济建设的可持续发展。

8.10 抗灾设计方案及措施

8.10.1 抗冰灾

根据 2008 年初我国南方地区覆冰灾害情况的分析结果，对输电线路基本覆冰划分为轻、中、重三个等级，并采用不同的设计标准。本次设计依据《110～750kV 架空输电线路设计规范》进行设计。本工程所经地段覆冰为轻冰区，10㎜覆冰。本工程铁塔依据相关规范自行规划设计，能够满足本工程覆冰要求。

8.10.2 抗震灾

根据本工程《岩土工程勘察报告书》，根据现场调查结果，沿线出露地层岩性主要有黄土、角砾及卵石，依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010(2016年版))判定场地土类型：全线属Ⅱ类场地。沿线环境工程地质条件较好，亦不存在地震作用下诱发滑坡、崩塌、采空区塌陷等地震灾害的可能，属抗震有利地段。

沿线地表出露地层岩性主要为黄土、角砾，卵石，且全线大部分地下水埋深均大于 10.0m，沿线不存在饱和粉土(砂土)，故不存在地震液化及地基震陷的可能，可不考虑地基土的液化问题。

9 施工组织

9.1 施工条件

9.1.1 地理位置及自然条件

本项目建设地点位于张掖市，距离张掖市县城约 45km，站址处有砂土路与乡道相连贯通，交通较为便利。

9.1.2 物资供应

本项目所需的主要材料为砂石料、水泥、钢材、木材、油料等。主要建筑材料来源充足，砂石料可以从附近砂石料厂采购；水泥和钢材、生活及小型生产物资，其它建筑材料（木材、油料）可从张掖市购买。

9.1.3 对外交通运输

本项目电池舱等大件设备的公路运输路线：设备厂家经全国高速公路网-G30 连霍高速-S301 省道-乡道-站址。

9.1.4 施工用水用电

（1）施工用水采用水管网引接，距离 200m。

（2）施工电源施工用电考虑永临结合，由附近 10kV 线路引接，引接距离约 500m。

9.1.5 施工特点

(1) 储能电站地区较干旱、多风沙，施工养护难度较大；

(2) 各类设备支架和安装工作量较大，工期紧，土建与安装需紧密配合。

(3) 项目区冬季较为寒冷，施工困难，施工期主要集中在春夏秋季。

9.2 施工总布置方案

9.2.1 施工总平面布置的原则

根据电站工程建设投资大、工期紧、建设地点集中等特点，结合工程具体情况，本着充分利用、方便施工的原则进行场地布置，合理的布置施工现场不但可以满足施工需要，加速工程进度，减少现场混乱，还可以促进文明施工目标的实现，减少临时设施，节省施工费用，对办公区、生活区、施工现场加工区、原材料及半成品堆放场地、大型设备等科学合理的进行布置，以规范布置体现出一流的管理，以一流的现场布置创出一流的工程产品。因此布置施工现场应遵循以下基本原则：

（1）施工场、临建设施布置应当紧凑合理，符合工艺流程，方便施工，保证运输方便，尽量减少二次搬运，充分考虑各街道的施工过程，做到前后照应，左右兼顾，以达到合理用地，节约用地的目的。

（2）路通为先，电站的道路包括进站道路、站内环道、站内纵横道路。进站道路内接站内道路，外连附近的公路，混能土路面；站内环道位于生产区的外围，粒料路面；站内干道，纵横设置于生产区内，粒料路面；其余道路为场地原状土。所有道路的纵向坡度结合地形设计，横向坡度为 1.5%～2%。为满足设备运输及运行管理的需要。

（3）机械布置合理，施工用电充分考虑其负荷能力，合理确定其服务范围，做到既满足生产需要，又不产生机械的浪费。

（4）总平面布置尽可能做到永久、临时相结合，节约投资，降低造价。

（5）材料堆放场地应与加工场地保持合理距离，既方便运输又要考虑防止施工过程带来的火险可能性。

9.2.2 施工总平面布置

施工临时分区主要有施工生活区、综合加工场、综合仓库、混凝土搅拌站等生产、生活分区。

本项目施工工期较短，考虑施工区按集中原则布置，从安全及环保角度出发，生活区靠近仓库，远离混凝土搅拌站。综合考虑升压站、储能电站的建设，初步估算工程临时设施总占地 7700 ㎡，建筑面积 4500 ㎡。

9.3 土建施工方案

项目主要施工方案及技术措施（含钢筋、回填土、防腐、安装工程等隐蔽工程）。

根据工程范围、施工进度等要求，结合对电站现场区域的地形特点、现场实际情况，以重点工程为主要控制点，合理安排施工顺序，按期完成施工任务。

9.3.1 场地平整施工方案

土方开挖前，应根据施工图确定场地位置和定位控制线（桩）、标准水平桩及场地边沿灰线。夜间施工时，应有足够的照明设施；在危险地段应设置明显标志，并要合理安排开挖顺序，防止错挖或超挖。在机械施工无法作业的部位和修整边坡坡度等，均应配备人工进行。填土前，应将基土上的洞穴或基底表面上的树根、垃圾等杂物都处理完毕，清除干净。

（1）工艺流程

挖土：确定开挖的顺序→按图纸标高分段分层下挖→修边和清底

回填：地坪上清理→运土分层铺填→分层碾压密实→修整找平

（2）施工方法

施工前应根据核对无误的控制桩和水准点，完成测量放线工作。布设好现场方格网桩；并根据图纸算出的挖、填的土方量，制定土方平衡，调配计划，编制施工方案。

对定位标准桩、标准水准点等，挖运土时要留有余地不得撞碰，等验收完开挖土方量后再整平。

应经常测量和校核其平面位置、水平标高和坡度是否符合设计要求。定位标准桩也应复测和检查是否正确。如现场地面标高与图纸设计标高误差较大时，必须及时报总包单位施工管理人员到现场处理。

（3）质量要求

场地平整表面标高允许偏差值正负 25mm，检验方法用水准仪检查。长度、宽度允许偏差值正负 100mm，用经纬仪、拉线和尺量检查。

回填土必须按规定分层碾压密实。

9.3.2 测量放线

测量基准控制点选择除考虑建（构）筑物的放线方便外，同时考虑到便于长期保存、通视良好、随时检测。其控制桩按照《电力建设施工及验收技术规范》的要求。

所有测量用的全站仪、水平仪、经纬仪等测量工具均经过校验，并在有效期内使用。

其余建构筑物±0.000m 以下轴线投测：首先使用全站仪校测基础的平面控

制网桩位，经过校测无误后，方可投测，接着根据布置图采用全站仪向基底投测主要轴线控制线，再用全站仪对所投测的控制线校测，最后请监理和业主验线，合格后进行下一道工序。

±0.000m 以上轴线投测：采用外校内控法，首层放线后，使用经纬仪在建筑物的四角按照流水段的划分分别建立内控点（结构施工前预埋，其位置距四角 1m 左右），接下来测量内控点的坐标，请监理验线后作为轴线投测的依据，首层放线验收后，将控制轴线引测到结构外立面上作为所投测轴线校核的依据。

高程控制测量：按国家三等水准进行测量并根据业主提供的水准点（至少两个），用 S1 水准仪附合测法进行校测，检查高程是否正确。使用附合测法把高程引测到施工现场，至少三个点，其精度为±5mm，并计算出调整后的高程，作出明显标识，再根据施工部署的需要加密，建立高程控制网。

9.3.3 基坑开挖

开挖范围：根据厂区现有的地质情况以及设计要求，根据主轴线用石灰撒出基坑底边线和挖土上口线。基坑四周开挖放坡系数定为 1：1，施工操作面宽度为 0.6 米开挖过程中应随时观察基坑边坡稳定性，如局部土质较差，应相应将边坡放缓，基坑土方开挖采用人工配合机械进行，人工配合清理基坑及修整边坡。

开挖深度：根据设计交底，对于小条基础，开挖深度控制，挖至石头或原土以下 50cm，开挖至原土或离设计垫层底部标高 150~200mm 厚的土方由人工清除，避免扰动地基土。土方工程施工时，应经常测量和校核其平面位置、水平标高和边坡坡度，平面控制桩和水准控制点必须采取可靠的保护措施，并定期复测和检查。

9.3.4 钢筋工程

钢筋采用加工厂集中配料，所用钢筋应有出厂合格证及复试报告，并经外观检验合格。焊条焊剂应有出厂合格证。钢筋焊接人员必须持证上岗。焊接前应按同规格、同条件做焊接试件，合格后方可正式施焊。钢筋焊接后应按规范随机抽样检验。

钢筋进场必须分批分类堆放，便于使用。钢筋下料成型后应挂标识牌，注明钢筋规格、数量及工程使用部位。

钢筋在下料、成型、绑扎时应严格按设计图纸及施工验收规范进行。

梁、柱直径 20mm 以下螺纹钢筋采用对焊连接，20mm 以上钢筋采用直螺纹连接。截面接头数量及接头位置符合设计及规范要求。

板上孔洞加固钢筋，应按设计严格执行，当孔洞的直径 D<300mm 时，板的主筋绕过孔洞，不必加固。

钢筋如需代换时，必须遵循规范规定，并经设计、监理单位同意。

所有部位的钢筋保护层均采用预制水泥砂浆块，砂浆块内部埋件用 22#镀锌铅丝进行绑扎，绑扎完毕后应及时进行验收，合格后方可进行下道工序施工。

9.3.5 模板工程

本项目模板工程主要是设备基础等，除特别说明外，基础拟采用木模板，外露混凝土均采用木模板。模板施工一般流程如下：

（1）基础模板

基础模板表面应平整、光洁，模板加工尺寸准确、拼缝严密，支模时模板下部应预留清扫孔。

（2）柱模板

柱模板为15mm厚木模板按尺寸配制，模板采用竖向拼装，为保证柱模板刚度达到要求模板采用100×50mm木方子，间距≯150mm，并在模板大面设对拉螺栓孔，螺栓孔用台钻钻孔，以保证砼外观质量。对拉螺栓采用Φ16，水平间距为800mm，竖向间距为600mm，加固采用双螺母。

支模时，底层模板必须水平，如底模不平，应在底部加刨光木条进行调平，然后方可支设上部模板。支模时底部四面均应留设清扫孔。

柱模板遵循支一步、校正一步的原则。模板采用经纬仪及调节螺栓进行校正。

（3）梁模板

梁模板应按配模图进行支设，采用水平拼装。支设时梁与柱、梁与板连接处应按放样尺寸配置小模板，并应保证大模板面拼接平整，连接牢固，相临模板对接处采用5mm厚密封条密封，配模时有预埋铁件的部位应根据图纸实际尺寸用铁钉将铁件紧密固定在模板内侧。

梁底模支设时应起拱，起拱时采用水平仪抄平，排尺起拱，起拱高度1‰～3‰。

板底模应在梁模板支设完成后进行支设，支设时模底铺设木方，水平仪抄平。

（4）模板拆除

模板应在砼强度达到规定要求后方可拆除。侧模应在砼强度能保证其表面及棱角不因拆除模板而受损或达到设计强度的30%时方可拆除；承重梁底模应在砼强度（跨度≥8m）达到设计强度的100%时方可拆除。

拆模时应由上向下，从一端开始按顺序进行，避免交叉作业。拆下的模板及脚手管应由上向下传递，不得向下抛掷。梁底模板拆除时应加临时支撑，防止大片模板脱落伤人，拆下的模板及钢管及时运走，做到“工完料净场地清”。

所有模板均应刷成品好机油做为隔离剂。模板支设完成并经三级验收合格后，方可进行下一道工序的施工。

9.3.6 混凝土工程

（1）混凝土的供应和浇筑

混凝土根据现场实际情况采用商品混凝土，砼浇筑前应对搅拌站工作能力、设备状况进行评价，以保证砼浇筑能够连续进行，并对可能出现的情况作出预案。浇筑砼时合理搭配砼罐车数量，保证能够连续作业。砼在运输过程中防止产生离析现象及塌落度损失，浇筑时如产生泌水、离析现象，应加入原水灰比的水泥砂浆复拌均匀。浇筑前还应先与供应商签订合同，合同中注明混凝土数量、等级、水泥品种、坍落度、外加剂、初凝时间、供应速度，明确技术要求，规范各方职责，包括严格控制原材料质量，定期进行原材料检验和试验，提供各种原材料质量和性能的原始证明和定期检测证明，并周期核定搅拌站计量设备、器具等。

混凝土相应材料应有材质证明及复试报告，以上资料及开盘申请、开盘鉴定随第一车混凝土送到现场，原材料质量应符合相应规范要求，混凝土的合格证和28天强度报告在一个月内交给项目部，混凝土的生产及其质量应符合相关规范要求。为适应泵送的需要，主体工程混凝土的坍落度要求120—160mm，混凝土的砂率宜控制在40—45%之间，水灰比0.4—0.6，主体结构混凝土中掺加混凝土泵送剂。混凝土的初凝时间：气温25℃以下时初凝时间大于3.5h。

浇砼前应将砼接触面凿毛清理，剔除表面浮灰和松散骨料，并提前1～2小时浇水湿润。浇筑时，先在底部浇筑20～50mm厚与砼成分相同的水泥砂浆，然后开始浇筑砼，砼浇筑厚度不应超过振捣器作用部分长度的1.25倍，最大不超过50cm。采用插入式振捣器振捣，插点均匀，逐点移动，移动间距不大于振捣

棒作用半径的 1.5 倍。再振捣上一层砼时，振捣棒应插入下层砼 5～10cm。浇筑时布料均匀，严禁集中下料。

砼浇筑时自由下落高度不得超过 4m，超过时可在浇筑口搭设一溜槽（或串筒）下料。砼的浇筑分层厚度及浇砼速度应严格进行控制，并应有专人看护模板、脚手架、铁件和钢筋，发现问题及时处理。

留设施工缝的位置，在下一次混凝土施工前凿毛，并清理干净。

砼浇筑后应用木抹子搓平，砼终凝后，采用覆盖麻袋片洒水养护，撒水次数应保证砼表面湿润为宜，混凝土初凝后应用塑料布覆盖养护，防止表面水分损失过快而产生裂缝。养护时间不少于 7 天。

（2）养护

混凝土浇筑时，要加强混凝土的振捣检查，避免混凝土质量缺陷的发生。

混凝土浇筑完毕，要及时采用覆盖养护法进行养护。

9.4　电气施工方案

9.4.1 电气设备吊装

本项目设备吊装以厂家提供的相关设备资料及设计院设计施工图、设备资料及其他项目同类产品的设备吊装方案制定本项目专项吊装方案报经评审后由监理批准实施，吊装作业必须遵照有关的起重安装操作规程、技术规范。

由于现场场地限制，现场开辟一个独立区域用于储存即将安装的部件，并作为零星部件的制作堆放场所。

吊装前的装备工作：

场地平整，道路畅通；

对吊装口周边进行清理，对道路进行平整，利于吊车进入吊装现场，安全、可靠的就位；

对设备基础进行清理，保证施工空间及现场清洁；

表 9.4-1　吊装工具准备

序号	工 具	规 格	数 量
1	电焊机		2 台
2	焊把线		60m
3	气割		1 套
4	冲击钻		2 把
5	配电箱		1 个
6	电缆线		100M
7	无齿锯		1 台
8	随车吊	20t	1 台
9	汽车吊	100t	1 台

表 9.4-2　吊装材料准备

序号	材 料	规 格	数 量
1	槽钢	10＃	36m
2	钢板	δ＝10mm 6mx6m	1 块
3	垫木	600X200X600	16 块
4	膨胀栓		100 个

5	电焊条	7422-3.2	40kg
6	无齿锯片		10

9.4.2 技术要求

1）根据设计图纸，结合土建基础图复查土建基础位置。

2)设备安装根据设计的位置进行安装,保证箱底部距 0m 地面高度达到要求,（也可根据实际情况进行调节）。将箱体用 M12 的螺栓固定在事前安装的支架上（支架的垂直度偏差小于 1.5mm/m），安装过程轻抬轻放，避免划伤油漆。

3）电气设备外壳应有明显可靠的 PE 保护地线（PE 为黄绿相间的双色线），但 PE 保护地线不允许利用箱体或盒体串连。

4）设备安装标高及箱体正面朝向必须符合设计图纸要求一致。

检验方法：观察检查。允许垂直度偏差：箱体高 1m 以下，允许偏差 1.5mm；箱体高 1m 以上，允许偏差 3mm。

9.4.3 方案交底、加强检查、进行试吊

吊装方案经批准后下发给有关单位和人员，在初步了解方案内容后，在施工准备阶段由吊装技术负责人向全体有关人员进行技术交底。交底以吊装方案的各项内容和设计图纸为内容，重点讲解工程特点，吊装程序，工艺方法，技术关键和安全措施。通过交底使全体人员了解吊装方案的基本内容，便于在操作中贯彻实施。技术交底以讲解方式为主，并辅以书面方式。技术交底后，要认真做好交底记录，并做好保存、归档工作。

从准备工作开始到吊装结束,重要的施工和作业均应在检查人员的严格监督下进行。日常的检查工作应贯彻始终，对重要的技术环节和涉及吊装安全的重大技术措施，应按有关要求逐项检查，项项通过。尤其对一些隐蔽工程，吊装场地的夯实、加固等，应在检查人员的监督下隐蔽，并填写隐蔽工程记录。

吊装机械和索具是吊装作业的主要工具,应在对其进行检查并确认合格后方可进入安装位置（检查项目可参阅有关的规程、规范和设备使用说明书）。除上述检查机具状态应完好外，还应对其设置是否规范进行检查。

试吊装是一项重要的吊装工序，是在正式吊装前对吊装工作的一次总检验。通过试吊装既能检验所使用的机索具的安全性和设置的正确性,又是对吊装组织工作的全面考核，还可试验信号和指挥系统的灵活可靠性。应把试吊装当成吊装的总演习，全体吊装人员，均需按分工就位，并各负其责。在试吊中对一些重要的吊装环节均需设专人观察和监护，特别要注意一些异常情况的发生。试吊装的时间不宜过长，一般控制在 10min 左右。离开地面的距离应在 10cm 以下，扳吊角度在 5°-10° 之间。试吊后要对各吊装机索具进行一次全面的检查。对所发生的异常情况，应采取措施加以解决，必要时应再进行一次试吊装。

9.4.4 实施设备吊装

设备开箱验收和检查

设备到现场后，组织业主、供应商、监理及施工单位对设备进行外观检查，主要内容为：

检查设备是否有损伤、是否缺少零部件；

设备外观是否有碰撞、掉漆现象；

参阅随机资料或厂家人员进行现场介绍各装置的配备数量及安全保护注意事项。

结合图纸及订货合同，核实设备生产厂家、设备型号、技术参数是否与合同

和设计要求相符合。

开箱检查各设备及备用附件是否与随机样本相一致，且进行妥善保管。

收集好随机文件、随机清单、随机样本、合格证、说明书等。

签订验收进场报告单一式四份，业主、供应商、监理及施工单位各一份。

9.4.5 设备垂直吊装

1）设备试吊后无异常时即可正式吊装，设备吊装时必须有供应商代表在场指导吊装，吊装作业人员必须首先看清有关说明，注意操作安全，并严格按照说明书的要求进行。

2）设备在吊装、搬运过程中，千万不能损伤设备，特别不能碰伤制冷系统的元件及管道、电气柜等。

3）结合现场实际情况，设备的外型尺寸、重量、吊装高度、起重（回转）半径和施工现场条件，拟选用汽车起重机，根据起重量、起重高度和起重半径选择计算起重机，采用 25 吨汽车起重机吊装。

4）根据吊车自身的标点，现场进行摆放，检查承重机体着力点是否牢固、坚实。

5）伸起吊臂，且进行反时针 360 度旋转，观看吊臂的夹角度和相对应的承吊重量，是否与所需承重量相一致。

6）吊装前，观看吊钩垂直吊点与装卸点是否有偏差。

7）吊装前详细检查钢丝绳是否有损残，每个卸口绳卡及滑轮是否良好。

8）以设备顶部为着力点，在保持设备水平状态的情况下，其张角不应大于 90 度，调节钢丝绳的相应长度，紧固各绑扎点，以防脱滑。

9）吊装时由专人统一指挥，作好隔离和防护，吊臂下及附近严禁行人停留和通过。

9.4.6 设备水平移动、就位

1）设备就位采用滚筒移动的安装方式进行设备水平搬运，采用斜面和滚轮牵引索具穿入设备上的安装孔进行移动就位。在移动时，吊环和缆绳必须绑扎在设备重心位置，并作用于安装孔或设备底座上。

2）在运输过程中，若发现设备左右偏移，分别利用承挂点进行调整，使之保持相应的方向进行水平移动。

3）在运输过程中，由专人指挥，统一口号，速度不宜过快，随时观察设备运行状态。

4）在移动的过程中，统一口号，统一行动，随时注意运行状态进行相对应处理。

9.4.7 设备就位和收尾工作

1）设备就位前，在基础平面上定好十字线，确定主机就位方向和各方距离。

2）根据设备的精密要求，对基础进行找平，按纵横方向尺寸，使之保持在同一平面上。

3）按设计厂家或规范要求配备防振垫块和相应减震措施。

4）设备就位后，进行校正，在未经许可的情况下，不得对其进行焊接，焊接时严禁利用设备作为电焊地线，焊点部分刷红色防锈漆和与主机配套的面漆两遍。

5）设备就位固定完毕后，应对主机进行全机检查，作好防潮、防碰、防污物进入主机等各项保护措施。

通知业主、供应商、监理共同签办相关的工作手续。

9.4.8 吊装安全注意事项

1）吊装孔四周清理干净，严禁有乱石和其它物品坠落，滑落伤人。

2）吊装孔地面周围在影响吊车吊臂正常旋转和吊装的范围内，其他作业人员通知停工待时，以免影响吊装工作的顺利进行。

3）在吊装孔周围 1m-1.5m 处搭设安全防护带，贴安全标示，严禁闲杂人员进入，以免产生落石或其它现象发生，确保吊装和人身安全。

4）在设备吊装中应设专职安全管理人员，并和基层兼职安全人员一起工作，形成安全管理网；

5）设吊装起重工，起重机械操作人员必须持有政府劳动部门发给的操作证，方可上岗操作；

6）进行设备吊装的其中机械必须有完好的状态，严禁带病作业；

7）工作前，应了解在机械工作范围内，无妨碍起重机械回转及行走的障碍物，并应确认可能危及机械安全的架空输电线路已停电；

8）其中作业中应做到设备质量不明不吊，重心位置不明不吊，捆绑不牢不吊，超载荷不掉，视线不明不吊和指挥手势不清不吊。

9）操作人员应按指挥人员的旗语、手势或哨音进行操作，若指挥信号不清或将引起事故时，操作人员可拒绝执行，并应立即通知指挥人员，但对有关人员方发生的危险信号均应听从。

10）起重机械不得超负荷起吊设备。如必须超负荷起吊，是应经过计算、试验，采取有效的安全措施，并经技术负责人批准后才可进行。

11）起重机工作时，禁止无关人员进入操作室，操作人员应集中精力，不得与旁人谈笑，吸烟。未经指挥人员许可不得擅自离开起重机械。

12）起重吊装时，一般不允许同时操作两个动作，尤其在接近满负荷或满负荷时，更不允许同时操作两个动作。

13）起重机的主、副钩换用时，应在两个钩达到相同高度之后，一个钩一个钩地开动。

12）吊钩上升的极限位置，应距臂杆顶部不得小于 1 米。吊车顶用后，空钩上不得挂钢丝绳。

15）起重机工作时，臂杆的最大仰角不得超过规定值，一般不得超过 78°，若必须超过时，应采取安全措施，并由技术负责人批准。

16）起重机必须在各限制器的限制范围内工作，严禁利用安全装置去代替正规操作。

17）吊钩钢丝绳不垂直时，不得进行起吊，不得用起重机吊装埋在地下或冻结在地面的重物。

18）重物提升时速度应均匀平稳，落下时应低速轻放，不得忽快忽慢或突然制动。

19）吊着重物行走或回转，速度应均匀平稳，不得突然制动或在没停稳前作方向行走和回转。不得在斜坡上吊着重物回转。

20）起重机工作过程中发生故障而不能放下中午时，应采取适当措施，以保安全。

21)在起吊过程中若起吊机械发生故障或出现不正常现象时,必须放下重物，停止运转，进行排除，严禁在运转中进行保养、调整及检修。

22）起重机吊运重物时，一般应走吊运通道，不得从人头上越过，吊起的重

物不得在空中厂时间停留，操作人员和指挥人员不得离开工作岗位。

23）起重工作区域内无关人员不得停留或通行。吊起重物的消防，任何人员不得通过或逗留。

24）司机在起重机开动及起吊过程的每一个动作前，均须发出戒备信号。起吊物件时任何人不得站在被吊起的物件上或吊臂上。

25）计划安排

由于场地及工期紧张问题，部件吊装以设备安装进度为基准，保证现场安装工作的连续，参照设备的安装进度，安排模块等设备的进场工作。

9.4.9 电气控制、保护、直流屏安装

（1）主要工作内容

工序名称	主要工作内容
设备安装	基础验收、运输及现场搬运、屏台找正固定
装置安装	屏顶小母线安装、屏柜接地、电气组件的检查校验

（2）主要采取的施工方法

工序名称	主要施工方法
基础验收	采用经纬仪打出主控室基础型钢测量标高，用墨线弹出每列柜的中心准线，采用水平仪测量水平误差并记录。
运输及现场搬运	采用 8 吨汽车吊将屏吊装至控制室内，采用车架运输人工就位。
屏台找正固定	采用人工方式进行安装。
屏顶小母线安装	按设计图纸采用人工安装，成列布置。
屏柜接地	按设计要求将柜体可靠接地。
电气组件的检查校验	按出厂说明书逐项检查、测量记录。

（3）施工要点

1）基础验收要点:

室内土建已达交付安装的条件，对微机保护、UPS 等有特殊要求的屏台，要求空调及通风设施完好，室内照明充足；基础槽钢验收合格，用墨线打出每列屏台的中心线及边线;作业指导书已编制并审批完毕及已交底;准备拖板卡车一辆、汽车吊一辆。

2）运输及现场搬运施工要点:

按安装顺序用卡车、吊车装车运输并卸至厂房合适处，拆除包装，用专用移动架把屏台移至基础槽钢上。在运输进屏台前，室内的门窗要齐全、密封、完好，地面垫橡胶垫、墙面 2 米以下敷塑料布，以此保护地面、墙面、开关柜。

3）屏台找正固定施工要点:

将每列屏台端部第一块屏台边完全与墨画基础边线重合，用线锤确定屏台的垂直度，将屏台与基础固定；把本列末端屏台找正，适当固定但不要固定死，找正方法同首端上；在首末两屏台前面中部拉线，使线与屏台面隔开 4-5㎜，然后把本列每块屏台找正并边连接边固定。做好防潮、防尘、防污损等措施。

4）屏顶小母线连接施工要点:

将屏台之间的小母线或母线进行连接安装，连接安装方法严格按设计图及厂家安装说明书的要求进行。屏台上有模拟母线时应对齐，标识、编号正确、统一、整齐，且完整，安装牢固。

5）屏柜接地施工要点:

将屏台与屏台之间、门与屏台之间、每列屏台与地网之间按设计图及厂家安装说明书的要求进行接地连接。

6）电气组件的检查、校验施工要点:

检查屏台上各设备型号及规格符合设计要求，检查各电气组件要齐全完好，接点接触良好，接线正确，按设计、规程及厂家安装说明书的要求对各电气组件进行校验、调试。对屏台内所有仪表、继电器微机装置均进行校验，并出据校验报告。

9.4.10 电气控制二次接线安装

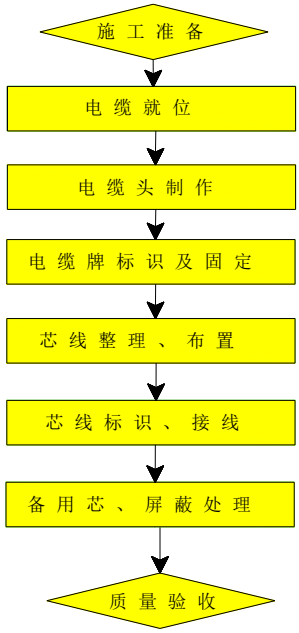
（1）主要工作内容

工序名称	主要工作内容
二次接线	施工准备、绝缘防护、二次接线、挂牌封堵

（2）主要采取的施工方法

工序名称	主要施工方法
施工准备	线芯布设完毕，在屏柜内部左右分好，位置排列整齐，固定绑扎牢固。
绝缘防护	二次线芯装设黄蜡管或缠绝缘相色带后外包软护套。
二次接线	按照图纸要求将线芯排列整齐后接入端子。
挂牌封堵	将电脑打印好的号码管整理排列一致。核对无误后进行封堵。

（3）电缆二次接线流程图



（4）施工要点

1）施工准备要点:

屏台已固定好，相关的电缆线敷设完毕；熟悉图纸及屏台实际状况，制定每块屏台电缆的上盘整理及二次接线计划，统一制作二次接线号头。在每块屏台内，张贴上本屏台的电缆上盘整理、接线、检查、验收专责人名卡。首先在桥架或支架与屏台之间安装好过渡支吊架，然后将每根电缆逐一进盘、排列、绑扎、固定；

电缆上盘的弯度、弧度应一致，排列整齐，尽量避免交叉。

2）电缆头制作施工要点:

电缆进盘后才能切剥做头，用专用卡卡紧，高度一致，固定牢固；切剥后用橡胶带包缠密实紧固，同一盘内应一致，美观整齐；剥出的芯线绑扎成束并在盘内横平竖直地沿走向固定，随时将到位的芯线分出。备用芯线预留长度至最远处。

3）接线施工要点:

在做头及接线前，对每根电缆的每根芯线均用摇表检查绝缘、用试灯进行对线。确保查线正确，线头顺时针方向弯圈且弯曲大小、弧度、余量一致，平滑美观，紧固件配置齐全完好，号头齐全、方向正确。

4）挂牌封堵施工要点:

将正式电缆牌挂在每个电缆头下，高度一致、整齐、内容正确，用专用绑扎带绑牢。将进盘电缆孔洞按要求进行封堵，做到严密、光滑、平整、美观。在每个盘内的封堵处均安装上一段短管，以作电缆穿入的备用预留孔，此管口也要封堵。

9.4.11 接地装置安装施工

（1）主要采取的施工方法

工序名称	主要施工方法
户外接地装置安装	依据图纸设计采用挖掘机开挖接地沟，人工打入垂直接地体，人工敷设焊接水平接地扁钢，人工防腐。
户内接地母线安装	焊接接地带至予埋件后，焊接接地端子。
设备接地引线安装	-60×6 的扁铁垂直引入接地体，并刷接地色标志漆。

（2）接地施工流程：施工准备→接地沟开挖→垂直接地体安装→主接地网敷设、安装→主接地网防腐→隐蔽工程验收签证→接地沟土回填→设备接地安装→刷接地标示漆→接地网测试→质量验收。

（3）施工要点

A、施工准备

编制作业指导书并进行交底，组织人力，准备好工器具；领取相应规格、数量的材料，制作接地极。特别注重与各专业的密切配合，了解和掌握安装工作的进展情况，及时开展接地施工工作。

B、户外接地装置施工要点：根据设计，用白粉标示出接地沟与接地极的开挖、打入位置，挖深符合设计要求；按确定的位置将相应数量、规格的接地极打入地下规定的深度；将接地母线沿接地沟敷设，依次进行母线之间、母线与接地极之间的焊接，搭接面的长度与焊接质量要符合规范要求；对焊口、镀锌损伤处、接地极被打埠进行防腐处理。

C、户内接地母线施工要点：接地母线的敷设方式、位置、规格要符合设计；接地母线的连接采用焊接方式，搭接面的长度与焊接质量要符合规范要求；固定支持点牢固可靠符合规定，整齐美观；对焊口、镀锌损伤处进行防腐处理。

D、设备接地引线施工要点：将各设备、避雷针的接地引下线按设计、规范要求安装上。接地装置属隐蔽工程，各部位接地装置施工好，在隐蔽之前，及时请监理工程师验收合格后，方可回填隐蔽，回填土质无杂物并符合规范要求。每一处的室内接地网与室外接地网之间连接不少于两点，连接可靠；明敷接地母线要横平竖直、排列整齐，一律用膨胀螺栓、专用固定夹固定牢固，拐角处弯度一致、美观，防腐层完好；暗敷接地母线完好、无遗漏，埋深、防腐、焊接符和要求；全部达到设计、规程、规范中标准的要求。对焊工进行专项培训，焊接试样，

经考试、检测合格后，持证上岗。

9.4.12 电缆施工

（1）主要采取的施工方法

工序名称	主要施工方法
施工准备	电缆敷设完毕核对清册无误，在屏柜内部左右分好排列整齐，固定绑扎牢固。
电缆支、托架、保护管的制安	批量下料，按设计图纸制作模具后依模具焊接成型。
电缆运输	采用 8 吨汽车吊，选择宽广的场地摆放，予留临时道路，便于人工二次倒运。
电缆敷设	采用人工敷设，单根展放便于排列。
头挂牌及接线	使用专用剥电缆钳环切外层防护层，抽取屏蔽接地线，装设热缩头热缩或缠绝缘相色带后外包电缆装饰头。将电脑打印好的 PVC 标牌挂齐，整理排列一致。
电缆试验	采用 500V-1000V 绝缘摇表对电缆绝缘进行检测并记录。
防火封堵	核对无误后进行防火封堵，封堵完毕盖电缆沟盖板。

（2）流程：施工准备→电缆布置设计→电缆敷设→电缆固定和就位→质量验收

（3）施工要点

A、施工准备要点：编制作业指导书，准备所用的工器具，熟悉图纸、资料及施工现场，制定详细的电缆敷设、排列固定方式，打印制做电缆牌，进行技术、安全交底。

B、电缆支、托架、保护管制安的施工要点：组织专人进行专项负责，配备专用工器具和设备，分部、分批制安，特别注重与土建密切配合，了解和掌握建筑、安装工作的进展情况，及时开展电缆支、托架、保护管的制安敷设，做到早安排、早施工，为敷设电缆创造条件；明敷电缆管要横平竖直、排列整齐，一律用膨胀螺栓、专用固定夹固定牢固，拐角处弯度一致、美观。

C、电缆运输施工要点：对现场进行检查，要求电缆敷设路经符合设计、电缆附属设施齐全完整、现场照明充足、安全设施齐全，选定运输敷设方便、地面平整、不属交叉作业区的施放场地；按电缆清册进行领料，用汽车吊、卡车将电缆盘运至施放场地，按敷设顺序放置并做出明确标记。在领料前对所需电缆全部进行绝缘检查测量，合格后将电缆运到施放场地。

D、电缆敷设施工要点

a 采用人工敷设方法，用电缆架支撑起电缆盘按正向转动施放；在敷设过程中防止划破、扭伤电缆。

b 合理配备敷设人员，设专人负责安排、预告所敷电缆的序号、起止点、规格型号及挂牌，在电缆终点、转弯点、竖井两端、交叉点、分界点等处派对现场比较熟悉的专人负责，确保电缆走向合理、排列整齐、固定牢固正确。

c 电缆敷设时，每放完一根，就整理、挂牌、绑扎固定好一根，经质检人员验收合格，方可施放下一根。

d 电缆的排列布置，按设计及规程，电缆要分层布置，从上到下为高压动力电缆、低压动力电缆、控制电缆、通讯电缆、计算机电缆，电缆排列要整齐、交叉少、弯度一致。

e 电缆穿管时检查管内无杂物，穿管时为避免护层损伤，采用无腐蚀性润滑

剂,每根电缆单独穿入一根管内,交流单芯电力电缆不能单独穿入一根金属管内,裸铠装电缆不宜与其它外层性电缆穿入同一根管内。

f 直埋电缆敷设时，在全长留少量裕度，作波浪敷设，埋深 0.7m 以下，敷上砂及砖；在回填土后，沿线路应设标志桩。

g 在垂直敷设或超过 45 度倾斜角的每一个支点处、水平敷设电缆的首末两端、转弯处及中间接头的两端，均用专用绑扎带绑扎固定。

h 在电缆的起点、终点、沿途等处，在每根电缆上各挂设可长期识别的电缆标志牌。

i 所有的电缆敷设按设计的路径进行，电缆充裕度或备用长度要符合设计要求。

E 电缆做头及接线施工要点

a 动力电缆、控制电缆采用粘胶带包缠工艺；动力电缆采用专用液压压线钳压接接线鼻子；控制电缆、计算机电缆如为多股芯线，根据接线端子情况选择相应的压线钳及接线端子压接，如为单股芯线，则可直接压接；动力电缆相色标识采用包缠不同相色带形式，控制电缆相色标识可使用购买的芯线号头成品；电缆试验、对线合格后，对各电缆进行一一对应接线，电缆外护层及屏蔽层应按要求进行接地。

b 尽可能做到动力电缆和控制电缆无中间接头；如不得已有中间接头时，要将接头处拉出，使其离开其它平行电缆，在其接头范围内加装一定强度的槽盒捆紧；对接头的位置等要做好标识、记录，并会同监理方对其进行验收，有关资料也要移交。

c 在电缆做头之前的电缆运输、存放、敷设时，确保所有的电缆头始终用塑料薄膜及密封带密封，对敷设时切出的新电缆头要及时密封。

F 电缆试验施工要点:

电缆作头完成后根据电缆的绝缘等级及规范的要求对每根电缆进行绝缘试验和校验，以检验电缆的完好程度。

（4）防火封堵施工要点：

全部电缆敷设完后，按设计及规程进行防火封堵施工。对电缆穿越电缆沟、竖井、建筑物、楼板、墙体、设备、盘柜以及穿入管时的出入管口均进行防火封堵；每隔 40m 长度段的电缆桥架或沟道之间也进行防火封堵；电缆封堵、防火墙的制做、防火涂料的粉刷及防火盖板的安装要符合规范和设计要求，做到密实、平整、美观。电缆敷设、防火封堵均施工完后，分部、分区地对电缆沟、路径内的杂物进行彻底的清理，在对电缆隐蔽之前，须经监理工程师全面验收合格后，方可盖上沟盖板和桥架盖板。

9.5 特殊气象条件下的施工措施

9.5.1 雨季节施工措施

（1）现场总平面布置，应考虑生产、生活临建设施、施工现场、基础等排水措施。

（2）雨季前，应做好排洪准备，施工现场排水系统应完整畅通。

（3）做好道路维护，保证运输畅通。

（4）加强施工物资的储存和保管，在库房四周设排水沟且要疏通，准备足够量的防雨材料，满足施工物资的防雨要求及雨天施工的防雨要求，防止物品淋

雨浸水而变质。

（5）雨季施工砼工程时，应随时调整施工配合比，并避开雨天，在浇筑中遇到下雨应设挡雨棚后覆盖塑料薄膜以免雨水冲刷砼，雨较大时应停止砼施工并合理留置施工缝。

（6）雨期施工砌体时，砂浆的稠度应适当减小，每天砌筑高度不宜超过1.2m，收工时覆盖砌体上表面，若雨较大时则停止施工。

（7）脚手架等要安装避雷装置，接地电阻不大于10Ω。雨过后要复工先检查现场临时用电线路、机电设备、外脚手架的安全情况，无隐患后方可复工作业。

（8）堆放水泥的仓库四周应用防水砂浆抹面，地面铺一层油毡，并将水泥用架板支垫；屋面保温材料不得露天放置，进场堆放应有防水措施，保温层不得雨天施工。

（9）加强雨期质量安全意识教育，制定有效的值班制度，责任落实到人。

9.5.2 冬季施工措施

连续5天日平均气温稳定在5℃以下，或日最低气温低于0℃时，即进入冬期施工，拟采取冬期施工措施。

（1）钢筋负温下闪光对焊宜采用：预热→闪光焊工艺，焊接参数宜采用弱参数，保证一定长度的见红区，减小温度梯段和延缓冷却速度，焊接时应严防地热、烧伤、咬口和裂纹等缺陷。焊接时应注意：焊接前必须清除焊接部位及电极和钢筋接触部位的铁锈、污物，端部若有弯曲应予以切断或校正；焊接在室外时应搭设棚子，焊后接头严禁接触冰雪、冷水，应用干砂使其缓慢冷却。

（2）砼工程进入冬季施工后，砼要按新配合比添加防冻剂，另外根据现场实际情况对原材料加热，一般为对水加热，采用一次投料顺序，水温不超过80℃，适当延长搅拌时间，避免水泥与水直接接触，混凝土从搅拌站集中搅拌、运输直至入模需要一段时间， 为减少混凝土在浇筑及运输过程中的热量损失，应尽量缩短混凝土的运输时间及空气中停放时间，保证砼的入模温度不低于10℃。浇筑后立即进行覆盖，先覆盖一层塑料布，再覆盖两层草袋。

（3）砌体工程中的砂浆宜用普通硅酸盐水泥拌制，石灰膏等掺合料应有防冻措施，如遇冻，必须融化后方可使用。砂中不得含有大于10mm的冻块。砖应清除冰霜，冬期不浇水，应适当增大砂浆的稠度。砌砖一般采用掺盐砂浆，砌体加筋按有关规定应进行防腐处理。

（4）钢结构工程的冬期施工

钢结构施工时除编制施工组织设计外，还应对取得合格焊接资格的焊工进行负温下焊接工艺的培训，经考试合格后，方可参加负温下钢结构施工。

在负温下焊接时，针对不同的结构，焊接用的焊条、焊缝在满足设计强度前提下，普通结构应选用屈服强度较低，冲击韧性较好的低氢型焊条，重要结构可采用高韧性超低氢型焊条。

（5）钢结构安装

编制安装工艺流程图，构件运输时要清除运输车箱上的冰、雪，注意防滑垫稳；构件外观应检查与矫正，负温下安装使用的机具及设备等使用前应进行调试，必要时需低温下试运转，发现问题应及时修整。

负温下安装用的吊环必须用韧性好的钢材制作，防止低温脆断。

9.6 施工总进度

9.6.1 进度设计编制原则

（1）遵守国家关于储能电站的基本建设程序。

（2）在坚持合理施工顺序的前提下，宜将各施工阶段有效衔接起来。

（3）宜使同一工种的施工班组连续施工。

（4）根据关键路径安排进度，其余的施工过程应结合关键路径进行安排。

（5）编制时将各分项工程联系起来汇总成单位工程进度计划，形成进度计划的初步方案。

9.6.2 施工进度安排

本项目初拟施工总工期为 12 个月。工期具体安排如下：

第一个月到第二个月底为施工准备期，主要完成水、电、场内道路、场地平整及临时建筑等设施的修建。

第三个月开始到第六个月月底进行建筑物、设备基础施工（包括地基处理和基础浇筑）。

第七个月月底进行基础养护。

第八个月开始到第十个月月底完成电气设备吊装，同时进行设备调试，到第十二个月月底全部设备调试完成投产。

本项目建设地点分散、分部工程建设没有交叉干扰，项目业主可根据各主要设备进场时间合理安排分项工程施工顺序，按照上述施工进度编制原则，遵循合理有序、管理方便、尽早并网的原则安排项目施工，保证项目实施的质量、进度。

10　工程管理

10.1　工程管理机构

10.1.1 工程管理机构的组成和编制

为了充分利用人才和管理资源，实现工程建设管理的专业化、标准化、规范化和现代化，提高本项目总体经营管理水平和经济效益，本项目建设管理由建设方对工程实施全面管理。

建设期间，根据项目目标，以及针对项目的管理内容和管理深度，工程将成立项目公司。项目公司建设期计划设置 4 个部门：综合管理部、财务部、工程管理部、安全管理部，约 20 人，组织机构采用直线职能制，互相协调分工，明确职责，开展项目管理各项工作。项目公司的主要权限及职责为：

负责向政府及有关部门的请示汇报，取得项目建设批准文件；

负责协调项目建设安全、质量、进度、造价控制工作；

负责合同的签订和履行；

负责协调、组织项目招标、合同谈判、签约工作；

负责项目建设资金的筹措，并按工程建设合同向合同方及时拨付工程款；

负责生产准备工作；

负责组织储能电站投产后工程的竣工决算、竣工验收和项目后评价；

负责项目投产后的运营、还贷和拆除工作。

电站项目公司人员及部门具体职责分配见表 10.1-1。

表 10.1-1　电站项目公司人员及部门具体职责分配表

岗　位		职　能
总经理（1 人）		代表项目公司全面履行管理职责，负责整个项目内、外的协调与管理；主管项目的经营、财务、公共关系。
副总经理（1 人）		协助总经理管理项目及项目公司。
计划部（4 人）	部门职责	管理与控制项目的工期、造价、采购招标及合同管理，项目的范围管理，下达资金拨付计划。
	主任(1 人)	主持本部门工作。组织招标工作，负责合同谈判；审查项目费用和工程量清单；审查资金拨付管理。
	计划、合同、造价、管理(3 人)	计划的制订，调整与控制。制订费用结算和资金拨付计划。采购招标管理。合同管理，合同的执行，违约及纠纷处理。
综合管理部（4 人）	部门职责	项目公司的人力资源管理、沟通（信息）管理、风险管理，项目公司的集成管理。公司标准化建设、公共关系、政工及企业文化建设。
	主任(1 人)	主持本部门工作。管理与控制项目公司的人力资源、风险管理，项目公司的集成管理。
	信息管理人资管理(3 人)	文秘、接待工作，协助人力资源管理人员做好各项档案管理和信息管理。负责权限内的人事考察、任免、劳动力调配、工资管理、人事档案管理、劳动合同、劳动保险、劳动保护、社会保险、职工教育、培训等。

岗　位		职　能
设备管理部（4人）	部门职责	制订设备采购计划，参与设备物资的招标，负责设备及物资的采购合同的执行，配合工程管理部催交设备及物资。
	主任(1人)	全面负责本部门的工作；按照工程需要负责编制设备物资采购计划；参与设备物资的招标工作；负责设备及物资的采购合同的执行；配合工程管理部催交设备及物资。
	电气设备主管(3人)	参与设备选型，设备招标，设备合同谈判；按合同要求提出阶段性付款计划；落实到货情况；根据合同及现场情况提出监造及催交计划；组织大件设备的运输。
工程管理部（4人）	部门职责	项目的设计、施工、调试。落实进度、费用和质量/安全计划，将实施信息反馈至相关部门。
	主任(1人)	主持本部门全面工作，审核施工组织设计及施工方案，对施工过程的进度、质量、安全负责；协调各施工单位、监理、设计、调试、设备厂家等关系，负责配合计划编制标书的技术协议。
	土建(3人)	土建和总平面管理，控制专业间接口；协调各承包商的进度，控制关键路径；定期提交进度报告，反馈影响进度、质量、安全的因素并提出调整的意见。施工方案的审核；监督、检查本专业设备供货情况；定期提交进度报告，反馈影响进度、质量、安全的因素并提出调整的意见。
财务审计部（2人）	部门职责	负责项目公司财务预算，资金、资产和融资管理，公司审计。
	主任兼会计（1人）	主持本部门工作，审核财务预算和资金拨付计划。公司的审计。编制项目管理费用预算；根据凭证登记财务帐册；做好代收代付业务的帐务管理。
	出纳(1人)	办理现金、银行的结算业务；凭证报销；发放工资奖金等费用。

10.1.2 工程运营管理机构及人员定编

根据生产和经营需要，结合储能电站运行特点，遵循精干、统一、高效的原则，对运营机构的设置实施企业管理。参照原能源部颁发的能源人[1992]64号文“关于印发新型电厂实行新管理办法的若干意见的通知”，结合新建电站工程具体情况，本储能电站按“无人值班”（少人值守）的原则进行设计。

建设期结束后储能电站项目公司职能转变为项目运营，项目建设人员和精简人员承担项目运营管理工作。运营公司做好电站运行和日常维护及定期维护工作。

储能电站运营由项目公司负责运营，设4个部门，综合管理部、财务部、运维管理部、安全管理部。综合管理部由工程建设期间的计划部和综合管理部合并，负责综合计划、经理办公、文档管理；财务部负责财务收支、财务计划、工资福利管理；运维管理部负责运营公司生产运营以及安全管理；安全管理部负责设备技术监控、定期维护。

10.2　主要管理设施

根据储能电站的特点及电站的布置情况，储能电站为生产区，管理区与升压站同时考虑。

（1）管理区、生产区电源及备用电源

生产、生活主供电源从站用变引接。

（2）管理区、生产区供水设施

本项目生产、生活用水均均采用自来水管网引接的方式。

（3）道路交通设施

本电站的道路交通由对外道路和站内道路组成。对外道路内接站区及外联现有道路。站内道路分站内环形道路和站内横、纵向道路。

10.3 电站运维

根据生产和经营需要，结合现代化储能电站运行特点，遵循精干、统一、高效的原则，对运营机构的设置实施企业管理。结合电站工程具体情况，储能电站按“无人值班”的原则进行设计。

储能电站的运维工作与升压站综合考虑，采用无人值班，设置远程监控、定期巡检的运维方案，运维人员负责储能站日常的内外清洁打扫，对外来访人员的接待，保证储能站的安全；发现和处理异常情况，按储能站的运维要求进行定期运维，并负责电站的运营效益记录、水电费月结，负责组织电站的季度巡检，负责电站的月收益报表汇总，效益分析，负责电站维护物资采购、质保期内保修沟通，负责应急预案的实施。

储能电站需特殊考虑电池运行维护，在不影响整体系统正常运行和人员设备安全的前提下，发现并解决锂离子电池及其外部设备的异常运行状况，并通过对运行环境的优化和电池均衡、更换等措施，使储能电站锂离子电池处于良好状态，旨在延长电池使用寿命。

10.3.1 一般要求

（1）储能电站的运维管理必须符合国家法律法规的规定和相关标准的要求。

（2）电站运维人员必须接受安全生产教育和岗位技能培训，考核合格后上岗。

（3）储能电站的运维管理必须具备健全的管理制度和安全规范。

（4）电站运维人员必需按照巡检制度，对电站进行定期巡检。

（5）电站内环境必须保持卫生整洁，充电设备表面干净整洁，无锈蚀、无污渍。

（6）电站内电气设施（变流设备和变配电设备）周边应保证无易燃、易爆物品，污染和腐蚀介质。

10.3.2 状态监控

电站运维人员必须时时监控电站储能设施运行状态，对于可能出现的问题提前制定预防措施；对于已经出现的问题及时处理。

10.3.3 故障处理

（1）电站运维人员必须对充电站发生的故障及处理情况及时通报，避免影响充电站的正常运行。

（2）电站运维人员每次故障处理完毕后必须形成故障处理记录。

10.3.4 周期性巡检和维护

（1）电站运维人员必须按照要求对电站设施进行巡视、维修和保养，保障设施的性能和寿命；

（2）电站巡检必须形成书面记录，并整理成册

（3）巡检要求应按照《储能电站运行维护规程》（GB/T 40090-2021）执行。

11　环境保护和水土保持

11.1　环境保护

11.1.1 设计依据

（1）《中华人民共和国环境保护法》
（2）《中华人民共和国环境影响评价法》
（3）《中华人民共和国水污染防治法》
（4）《中华人民共和国水土保持法》
（5）《中华人民共和国可再生能源法》
（6）《环境影响评价技术导则》
（7）《环境影响评价技术导则声环境》
（8）《环境影响评价技术导则非污染生态环境》

11.1.2 污染源分析

（1）施工期

项目施工期间，将产生噪声、粉尘、废水和固体废物等污染物。

1）废气、粉尘。施工机械、运输车辆废气排放施工作业产生的扬尘对环境空气的污染影响。

2）噪声。施工阶段各种施工车辆、机械产生的噪声源强度在 70～90dB 之间。

3）废（污）水。

4）固体废物。项目建设工程，施工人员产生的生活垃圾按 0.5kg/人/天计，施工人数为 50 人，施工期 12 月，施工期的生活垃圾总量 9.1 吨。将生活垃圾定期清运至当地生活垃圾指定存放场进行妥善处理。

5）生态环境。施工期清理现场、土方升挖、填筑、机械碾压等施工活动占用地、破坏区域原有地貌、降低土壤抗蚀能力等。

6）对人群健康的影响。施工期基础设施可能相对简陋，如果饮食卫生、生活用水、环境卫生等管理措施不利情况下，可能增大一些传染病流行的可能性。

（2）运营期

1）本项目运行期升压站有少量的固、液体废物，采用集中处理的方式。

2）生产废水主要为清洗废水以及升压站生活用水，可收集之后用于绿化灌溉。

11.1.3 环境影响的防治、保护措施

（1）施工期

1）大气污染防治措施

本项目在施工期的主要大气污染物是扬尘，为了最大限度减少扬尘污染，施工单位应加强管理，文明施工，采取一定的抑尘措施，具体如下：

各类建筑材料应轻装轻卸，运输砂石料、水泥等易产生扬尘的车辆上应覆盖篷布进行有效遮掩。

进场道路修筑所用的各类砂石料应尽可能不要露天排放，如若敞开堆放，也应进行适当洒水。

施工车辆减速慢性。

施工现场在干燥天气时应适当洒水，大风天时，应增加洒水次数。

挖掘出的土方采取压实措施，并缩短土方的堆放时间，可以回填的应尽快回填，不能回填的则运至弃土场堆放。

2）水污染防治措施

产生的污水应回收集中处理。

3）声污染防治措施

目前作业机械尚无消声隔声措施，主要靠距离衰减噪音能量，因此在施工过程中应规范各种机械设备的操作，并尽可能选用低噪声设备，加强设备的维护和保养，并为施工人员配置耳塞，以避免噪声影响。

4）固体废物污染防治措施

将固体废物集中收集、分类堆放，统一管理，对于其中的水泥固体垃圾或砾石类垃圾应用于进场道路和场内道路的修建；对不能再利用的生活垃圾收集在封闭的垃圾收集筒内，按期运至垃圾填埋场卫生填埋。

5）施工期生态保护与恢复措施

永久占地处的植被在施工前移植至它处维护，并定期洒水，确保植被成活；临时占地处的植被在施工期要注意保护，避免长期占压植被，防止植被死亡。

避免大风天气和雨天进行土石方工程。

最大限度控制施工作业范围，减少施工扰动原地貌的面积，尽量减少对植被的破坏。

如果出现植被死亡，则采取一补二的原则，即毁坏多少面积植被，就在它处加倍补偿多少植被。

在建设期产生的挖方尽量避免堆放在植被表面，并严格控制其占地面积。

不易剥离的植被较难移植保护，因此如果在弃土点和取砂石场处的植被较难移植，应采用“毁一补二”的原则。

（2）营运期

1）水污染防治措施

建议项目营运期产生的清洗废水收集之后全部用于周围的绿化，无法使用的收集后定期清理。产生的生活污水排入污水池，定期进行处理。

2）固体废物防治措施

生活垃圾应集中收集后分类存放，对于可以再利用的应尽量再次利用，避免浪费资源。场区生活区附近固定位置设生活垃圾暂存点，设置两个生活垃圾收集容器，暂存点应有防风、防雨和防渗的三防措施。收集的生活垃圾定期运至垃圾填埋场卫生填埋。

3）电磁辐射标准及措施

根据电磁环境现状监测结果，工程变电站围墙外工频电场强度及工频磁感应强度满足无线电干扰评价标准，对站区外居民点没有影响。

4）废旧储能电池的处理

对废旧电池有专业团队回收处理。

储能电池系统使用年限为 10 年，到达使用年限后，需对储能电池进行回收。电池的回收利用主要分为梯次利用和拆解回收两个循环过程。梯次利用是指将退役的电池，运用在分布式光伏发电、低速电动车、备用电源等领域，发挥再利用价值。而当电池无法进行梯次利用时，则需要进行拆解回收。

通常储能电池退役后，梯次利用场景较少，主要用在备用电源场景。退役电池在没有找到其他接收用户时，一般找专业的电池厂家处理，通过拆解、破碎、分离、提纯、冶炼等处理，提取废电池中的镍、钴等金属，进行资源化利用，从而实现电池材料的循环再造。

更换后的废旧电池宜释放剩余电量后将其正负极做绝缘保护，并存放于通

风、防水、干燥处，并远离热源和腐蚀化工品，不得露天放置或置于潮湿环境，应由具备电池回收资质的专业机构进行回收。

5）变压器事故排油

升压站内设置事故油池，变压器事故排油后经排油管道流入事故油池，油水分离后污水流入升压站内污水管网，事故费油由专业回收人员进行回收处理。

11.1.4 环境管理与监测

（1）施工期环境保护宣传教育、培训与管理计划

1）宣传与教育计划

本项目施工前期生态环境保护宣传教育计划见表 11.1-1。

表 11.1-1 生态环境保护宣传教育计划

宣传目标	实施方式	实施时间	责任单位
让施工人员了解本项目施工环境保护有关规定	在施工区设立工程施工环保管理规定布告牌一座	工程施工前期完成	工程实施单位
让施工人员熟悉施工组织规划要求和有关环境保护的具体操作规定	聘请工程设计资深专家和环保专家在施工前期组织一次集中授课	工程施工前期完成	工程实施单位

2）培训计划

缺乏受过培训的施工人员是生态环境破坏的潜在主要因素，为了提高工程施工人员的环境意识和工程监督管理人员的管理水平，本项目在施工前期、施工期都需要对有关人员进行专门的培训。工程生态环境保护培训计划见表 11.1-2。

表 11.1-2 工程生态环境保护培训计划

培训对象	培训时间	培训内容	责任单位
施工人员	施工前期	1、施工组织设计要求； 2、施工队伍行为规范要求。	当地环保局、工程实施单位组织实施
工程监理人员	施工期	工程环境监理现场技术要求	当地环保局、工程实施单位组织实施
施工人员	施工后期	生境破坏带施工现场清理要求规定	当地环保局、工程实施单位组织实施

3）施工现场环境管理计划

施工现场的有效管理是防止生态无序破坏的前提基础和重要手段，本项目施工现场环境管理计划详见表 11.1-3。

表 11.1-3 施工现场环境管理计划

管理对象	管理措施	责任单位
施工便道管理	1、严格控制施工便道使用范围，严格将施工范围限制在工程预定范围内； 2、用彩旗和路标等标明施工便道的范围和方向，车辆、人员必须按指定线路行驶、行走，不能随意碾压、践踏。	工程实施单位组织实施；当地环保局现场监管

	3、指定专门的人力和设备进行维护； 4、施工便道在形成厚层泥土时，将厚土铲除并集中堆放在专门地区； 5、严禁非施工人员使用施工便道。	
施工现场管理	施工人员不经允许不得擅自到施工现场或临时站场以外地区活动，不许任意采集野生植物	工程实施单位组织实施；当地环保局现场监管
挖方管理	建设工程形成的挖方区在施工现场结合地貌恢复工作进行摊平、压实处理，然后按照不同地段的生态恢复需要进行地表恢复。	工程实施单位组织实施；当地环保局现场监管
合计		

（2）运营期生态环境监测与管理计划

1）生态环境监测

运营期生态环境监测计划详见下表 11.1-4。

表 11.1-4 运营期生态环境监测计划

监测对象	监测项目	监测计划	监测方法	监测单位
地表侵蚀	侵蚀量	春、秋雨季，2 次/年，连续 10 年	国颁标准方法	当地环保局
栽植植被	成活率、高度、盖度、多度	1 次/年，连续 10 年。	国颁标准方法	当地环保局
合计				

2）环境管理

运营期生态环境管理计划见表 11.1-5。

表 11.1-5 运营期生态环境管理计划

管理对象	管理计划	责任单位
年度地表植被恢复任务落实情况	每年 7 月中旬由当地环保局检查落实。	当地环保局
年度生态恢复资金使用情况	每年 7 月中旬由当地环保局检查落实。	当地环保局
恢复方案落实情况	每年 7 月中旬由当地环保局检查落实。	当地环保局
合计		

（3）环境监测

1）生态环境监测

该项目运行后，需要对工程影响区的植被覆盖率、生长情况进行定期观测。此外，还要为强化环境管理、编制环保计划、制订生态保护及污染防治对策提供科学依据。

2）声环境监测

为了掌握施工对评价区声环境质量的影响，应至少在工区共布设 6 个点，进行昼夜分 4 个时段监测。各个监测点大致分区布设在开挖区、施工生产生活区、附近村庄、交通道路口区等处。按照《噪声监测技术规范》（第三册）规定方法执行。

3）大气环境监测

大气环境分别位于典型的开挖区、施工生产生活区、周围居民区及集控中心等处各设 1 个监测点。按照《大气环境监测技术规范》规定方法执行。主要监测空气中的 TSP 指标以及电磁辐射的监测。

4）水质监测

储能电站和升压站排水采用分流排水方式，除地表雨水外其余污水进行收集后集中处理。按照《水质监测质量和安全管理办法》规定对周边水源、河流进行定期取样检测。

11.1.5 环保及综合效益

（1）环保效益

随着本项目的建设，大规模向负荷中心送电，相应减少周边煤电建设，提供清洁能源，有利于改善受电地区环保压力，有十分显著的环保效益。

（2）经济效益和社会效益

本项目建设经济效益主要表现为：通过提高供电质量，保障用电需求，促进经济的发展，其间接经济效益是十分显著的。

本项目建设社会效益主要表现为：本项目的建设推动了地方建材等需求，增加了所在地区的财政收入，促进了当地经济的发展。在工程施工中有大量的劳动力输入到工程经过的地方，这些人员的进入增加了当地对社会商品和服务业的消费和需求，促进当地服务业的发展。工程在当地建设，施工人员中有部分人员来自当地，他们参加一些技术要求不高的工作（如材料运输），实际上给当地创造了就业机会，促进了当地经济的发展和居民生活水平的提高。

11.2　水土保持

11.2.1 设计依据、设计任务及总体目标

（1）设计依据

《中华人民共和国水土保持法》

《中华人民共和国可再生能源法》

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》

（2）设计任务及总体目标

经过对本项目的水土保持设计，分析本项目水土流失现状及成因，并预测工程建设可能造成的水土流失，提出有效措施使不利影响因素减至最低程度，使场址区水土在本项目建设与运行期内都得到很好的保护。

11.2.2 水土流失现状及成因

水土流失是在水力、重力、风力等外应力作用下造成的水土资源和土地生产力的破坏和损失，包括土地表层侵蚀和水土损失。

水土流失的成因：水土流失是自然现象，其产生的原因既有自然因素，也有人为因素。自然因素主要有地形、降雨、土壤（地面物质组成）、植被四个方面。人为因素是人类对土地不合理的利用、破坏了地面植被和稳定的地形，以致造成严重的水土流失，最主要的有两个方面。一是毁林毁草、陡坡开荒，破坏了地面植被；二是开矿、修路等基本建设不注意水土保持破坏了地面植被和稳定的地形，同时，将废土弃石随意向河沟倾倒，造成大量新的水土流失。

本项目场址区的土地利用中存在的主要问题：一是施工过程中对土地的扰动大，涉及大量土石方倒运；二是植被稀少，生态环境恶劣。故在风沙大，植被少

的情况下，若地表受到扰动会形成风蚀，从而产生严重的水土流失问题。而水土流失不仅会形成表层土壤的丧失，也会污染大气、造成生态环境的恶化。因此在工程施工期和运行期都应减少甚至避免水土流失。

11.2.3 工程建设造成水土流失影响分析

（1）水土流失影响因素识别

1）施工期

本项目场地为国有建设用地，地表植被分布较少，在施工过程中要扰动地表，因此有水土流失产生。

2）运行期

本项目在运行期对地表的扰动较小，且站内道路采用混凝土硬化，设备间空地铺 100mm 厚机械破碎石，因此基本不存在水土流失问题。

（2）施工期的影响分析

项目建设将征占当地一定面积的土地，但均为国有建设用地，未侵占耕地、草地等农业用地。在工程施工过程中将进行土石方填挖，包括设备基础施工及生产楼基础施工等工程，不仅动用土石方，而且有施工机械及人员活动，也会产生土壤扰动。因此工程对当地生态环境的影响主要表现为：土壤扰动后，产生大量的扬尘，会增加土壤侵蚀及水土流失。

（3）运行期的影响分析

本项目在运行期基本不存在水土流失，且站内道路采用混凝土硬化，设备间空地铺 100mm 厚机械破碎石，因此基本不存在水土流失问题

（4）水土保持措施

水土流失防治措施主要采用工程措施、植物措施、临时措施和管理措施相结合的综合防护措施，在时间上、空间上形成水土保持措施体系。

1）工程措施：储能电站、施工生产生活区、弃渣场进行表土清理，施工结束后进行覆土平整。

2）临时措施：施工过程中，特别是下雨或刮风期施工时，为防止开挖填垫后的场地水蚀和风蚀，对设备区、施工生产生活区和堆土场场等部位布设排水、拦挡和遮盖等临时防护措施，考虑临时工程的短时效性，选择有效、简单易行、易于拆除且投资小的措施。

3）管理措施：工程施工时序和施工安排对水土保持工程防治水土流失的效果影响很大。若施工时序和施工安排不当，不但不能有效预防施工中产生的水土流失，而且造成施工中的水土流失无从治理，失去预防优先的意义。

11.2.4 水土保持设计评价结论

（1）水土保持设计评价

本项目场区处于国有建设用地，项目土建内容主要为基础的开挖及施工期产生的噪声、振动、扬尘，施工单位需严格执行环保部门有关规定，加强施工期的管理，控制施工扬尘、噪声污染，做到文明施工。施工期结束后，应及时对施工现场进行清理，种植适宜草类，恢复原有地貌。施工场地没有环境敏感点，对当地的自然生态系统基本无影响。

（2）水土保持设计结论

通过本项目的水土保持设计，对工程建设中可能造成的水土流失进行了分析，提出了有效的防治措施，使本项目建设中水土流失的影响减至最低，进而使工程与其周围环境之间达到相互和谐发展的目标。

11.3 塔基自然环境保护和水土保持

《架空送电线路基础设计技术规程》（DL/T5219－2014）要求线路基础设计和施工过程中需认真贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和《开发建设项目水土保持方案技术规范》及相关的地方规定，合理设计塔位施工基面，做到少开塔位施工基面，以减少弃土，防护边坡，降低工程造价，加强环境保护，实现国家经济建设的可持续发展。

(1)合理选择基础型式

基础选型应优先选用原状土基础。原状土基础使基坑开挖土石方量相对降低，减小基坑开挖对边坡水文地质条件和力学边界条件的破坏。对于保护自然环境，保护植被，减少水土流失具有重要意义。

(2)塔基排水措施

加强排水是基础设计中不可或缺的重要部分，对每个塔位都要提出具体要求，并要求施工单位严格按图施工，并将其作为基础验收的要部分。以往工程中往往忽视这一点，容易造成线路基建移交不久后，就出现塔位处排水不畅而出现塌陷、水土流失的现象，进而危及塔位的安全稳定和长期运行。

本项目塔位基面排水应利于基面散水外流，保证塔基排水畅通。对汇水面较大的塔位，应在塔位上方修建永久型排水沟，将上方汇水引向塔位较远的的下边坡。

11.4 送出线路环境保护

规范要求线路基础设计和施工过程中需认真贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和《开发建设项目水土保持方案技术规范》及相关的地方规定，合理设计塔位施工基面，做到少开塔位施工基面，以减少弃土，防护边坡，降低工程造价，加强环境保护，实现国家经济建设的可持续发展。

1）路径与塔位选择：在选线和定位时，尽量平行已有线路走线，减小开辟线路走廊对环境的影响；尽量避让不良地质现象发育的地段，如冲沟、崩塌、陡坎、低洼地、等，尽量将塔位布置在排水通畅、地势较高且较平缓处；

2）基础选型：根据沿线地形及地质情况尽量选在适宜的基础，尤其是在有条件的塔位优先选用掏挖原状基础，减少基坑开方量。

3）做好基面排水、防水：基础施工完成后根据塔位地形、地势合理设置基面排水路径。

4）运行维护：运行阶段应及时修补基面的排水、防水等措施由于人类活动或自然的冲刷、剥蚀等造成的损坏，确保其功能发挥。

5)细化塔基断面的测量，提高塔位地形测量精度，为基础设计提供准确的现场数据；

6)完善基坑开挖方法，无论是开挖类基础还是掏挖类基础，均应尽量不降或少降基面，尽可能直接开挖基坑。开挖类基础在开挖基坑时应在采取安全措施的情况下尽量减少放坡，基面高侧由于无法回填到原始高度，必须按要求放坡，并且一次放够，如果无法放坡应考虑护坡措施。

7)塔位基降弃土不允许随意倾倒，要装进编织袋，运到塔位附近沟叉等地砌筑浆砌块石保坎有组织堆放。

8）牵张场、施工道路敷设棕垫，施工完后及时清理棕垫,必要时恢复原始地形地貌。

总之，通过以上措施的运用，将环境破坏减少到最小，满足工程设计的要求。

11.5 建议

（1）为保证工程环境保护和水土保持措施能及时到位，以保护当地生态环境，建议建设单位要落实本项目的环保和水保费用，并做到专款专用。

（2）做好施工期的环境管理工作，做到文明施工，避免施工期噪声对周围环境产生污染，施工结束后施工场地应尽量恢复原貌。

（3）加强对设备的维护，确保其正常运转，避免设备带病运行产生高噪声对环境造成影响。

。

12　节能降耗

12.1　设计原则

（1）贯彻“安全可靠、先进适用、符合国情”的电力建设方针。本项目设计按照建设节约型社会要求，降低能源消耗和满足环保要求，以经济实用、系统简单、减少备用、安全可靠、高效环保、以人为本为原则。

（2）通过经济技术比较，采用新工艺、新结构、新材料。拟定合理的工艺系统，优化设备选型和配置，满足合理备用的要求。优先采用先进的且在国内外成熟的新工艺、新布置、新方案、新材料、新结构的技术方案。

（3）运用先进的设计手段，优化布置，使设备布置紧凑，建筑体积小，检修维护方便，施工周期短，工程造价低。

（4）严格控制电站用地指标、节约土地资源。

（5）电站水耗、污染物排放、定员、发电成本等各项技术经济指标，尽可能达到先进水平。

（6）贯彻节约用水的原则，积极采取节水措施，一水多用。

（7）提高电站综合自动化水平，实现全场监控和信息系统网络化，提高电站运行的安全性和经济性，为实现现代化企业管理创造条件。

（8）满足国家环保政策和可持续发展的战略：高效、节水、节能，控制各种污染物排放，珍惜有限资源。设计应满足各项环保要求，确保将该储能电站建成环保绿色工程。

12.2　设计依据

本项目在建设和运行中，将遵循如下用能标准和节能设计规范：

（1）《中华人民共和国节约能源法》

（2）《中华人民共和国建筑法》

（3）《机械行业节能设计规范》

（4）《公共建筑节能设计标准》

（5） 建科[2004]74 号《关于加强民用建筑工程项目建筑节能审查工作的通知》

（6） 国务院 国发[2006]28 号《国务院关于加强节能工作的决定》

（7） 国务院《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》；

（8） 国家发展和改革委员会发改投资[2006]2787 号《国家发展改革委关于加强固定资产投资项目节能评估和审查工作的通知》

（9） 国家发展和改革委员会发改环资[2007]21 号《国家发展改革委关于印发固定资产投资项目节能评估和审查指南（2006）的通知》

12.3　主要节能降耗措施

12.3.1 场址选择和电站布置

（1）场址选择及电站布置

本电站布置紧凑，占地面积小，土地利用率高，电缆和场内道路长度相对较小，有利于降低工程造价、降低场内线损。

（2）道路规划

站内道路及进站道路宽 4m，布局紧凑合理，满足运维及消防要求。

12.3.2 电气设计节能降耗措施

采用先进高效系统设计：1）电芯级精准温控，智能充放电管理，延长电池循环寿命。2）选用优质、高效的电池和 PCS 主设备，93%电池循环效率，98%PCS 效率，以提高系统循环效率。

高效节能设备选型：针对本项目，各专业在每个环节上研究分析，找出节能点，采取优化措施，降低电耗，力求将能耗降低到最低。1）主变压器采用低损耗变压器，升压变压器、站用变压器可选择干式非晶合金变压器，以降低变压器损耗。2）选用铜芯电力电缆，并在选择电缆截面时限制电流密度，以减小电缆损耗。3）选用高效、节能机电产品，杜绝淘汰产品。4）在建筑和工艺上采取措施，提高厂房、及建筑物的自然采光和通风率，以节约人工采光和机械通风电耗。

降低站用电措施：本项目用电量较大的经常性负荷主要有各储能单元集装箱内的空调、通风用电和站内照明用电。1）依据电池运行特性和项目气象参数，对电池预制舱的运行环境进行热仿真，优化空调选型和运行模式，降低站用电率，避免大马拉小车的浪费现象。2）设计时应采用变频节能型空调。综合考虑室内环境温度控制和因环境温度变化引起相对湿度变化对设备的影响，合理配置采暖、制冷和通风容量。站内应配置智能电控设备，根据现场室内环境温度湿度自动控制空调和通风设备的投切，从而降低能耗并延长设备的使用寿命和维护周期。3）室内外照明设计应尽量利用自然采光，并选用 LED 节能照明灯具。尽量做到小范围的开灯控制方式，根据建筑对照明的要求及不同电光源的特点，选择合理的照明方式，并选用光效高、显色性好的光源及配光合理、安全高效的灯具，工作场所的照度标准值应符合《建筑照明设计标准》（GB50034-2004）、《工业企业采光设计标准》（GB50033-2001）等有关标准。

降低电站变配电损耗率：储能电站的升压变压器无论运行在满载还是欠载状态，每组变压器均需消耗空载损耗电能，因而变压器选型时采用非晶合金变压器，最大限度降低空载损耗。另一方面，变压器温升越高，负载损耗越大，在变压器选型时，限制变压器温升等级，以降低负载损耗。在投入运行后，合理调度变压器运行方式，使总损耗最小。

12.3.3 土建设计节能降耗措施

（1）建筑节能设计原则

1）建筑规划充分满足工程生产工艺流程要求，结合场址的环境、地理位置、交通运输等条件，做到布局合理、出线顺畅、节约占地、减少土方等。

2）贯彻国家有关法律法规，改善公共建筑室内环境，提高居民生活质量，并提高能源利用效率，创造节约型社会。

3）采用节能设计后，与未采用节能设计的建筑物相比，全年采暖、通风、空气调节和照明的总能耗减少约 50%。

4）根据本项目所处气候分区，建筑必须充分满足冬季保温要求。

（2）建筑节能措施

5）建筑设计采取节能措施，减少土方量，减少对原生态环境的破坏。选用绝热性能好的保温材料，对保温结构进行优化设计，减少散热损失。

6）建筑总布置

建筑总平面的布置和设计，利用冬季日照并避开冬季主导风向，利用夏季自然通风。厂房的主朝向宜选择本地区最佳朝向或接近最佳朝向。

7）体型系数

本项目属寒冷地区，应按照《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015），对建筑体形系数进行控制，要求建筑体形系数小于或等于 0.4。

（3）电站布置中的节能降耗措施

场区设计的合理与否关键在规划，在本电站的规划中着重抓总体规划。规划设计配合电气工艺在设计过程中充分考虑了电站集电线路、送出线路的分布。结合场址的环境、地理位置、交通运输等条件，充分比较并优化了电气总平面布置方案，从而做到布局合理、出线顺畅、节约占地、减少土方等。

优化场区的道路、电缆沟及综合管线的布置，做到布局合理，电缆敷设路径最佳。

12.3.4 水资源节约

本项目运行期水消耗较少，主要为站内运行人员生活用水，本项目最大日用水量约 5.6m^3。

我国是一个缺水的国家，在设计中要本着节约用水的原则，使用节水节能型卫生器具。

本项目已将生活污水进行了处理，不会对环境造成危害。

12.3.5 油料节约

施工期和运行期所需油料均可由市场采购解决，对项目所在地区的能耗负荷影响很小。

12.4　建设管理的节能措施建议

本项目的能源消耗主要为施工期的能源消耗和运行期的能源损耗。从节能的角度看，本项目已经在工程设计中选择符合节能标准的电气设备，同时在工程布置、方案选择中考虑了节能措施。

在施工期，应制订能源管理措施和制度、防止能源无谓消耗；应对进场施工人员加强宣传，强化节能意识，注重节约成本；应对施工设备制订和工程施工特点相符合的能耗指标和标准、严格控制能源消耗；应加强对能源储存的安全防护、防止能源损失；应合理安排施工次序，做好施工设备的维护管理和优化调度。

在运行期，应对各耗能设备制定相应的能源消耗管理措施和制度，注重设备保养维修，降低能耗；应对管理人员和操作人员进行节能培训、操作人员要有节能上岗证，应制定用电、用油等燃料使用指标或定额，强化燃料管理。

总之，工程运行管理中，要注重总结运行管理经验，加强设备日常维修保养，提高运行人员技术水准，不断优化运行调度管理模式，以达到节能的目的。

13　劳动安全与职业卫生

13.1　设计总则

13.1.1 设计目的、基本原则

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针，做到项目投产后符合劳动安全与工业卫生的要求，保障劳动者在劳动过程中的安全与健康，为建设项目的设计、施工、监理、运行提供科学依据，推动工程项目安全程度的提高，根据国家有关设计标准、规程规范进行本项目劳动安全与工业卫生专项设计。

本项目劳动安全与工业卫生专项设计，必须遵循国家的有关方针、政策，并应结合工程的具体情况，积极采用先进的技术措施和设施，做到安全可靠、经济合理，设施符合国家规定的标准，为业主的工程招标管理、工程竣工验收和并网储能电站的安全运行管理提供参数依据，确保施工人员生命与财产的安全。

13.1.2 计范围和主要内容

本项目的劳动安全与工业卫生设计范围是对主要构筑物、生产设备及其储能电池作业岗位和场所的劳动安全与工业卫生进行分析评价，主要包括储能电池、PCS 舱等。

项目劳动安全与工业卫生设计的重点：分析评价项目运行过程中可能出现的劳动安全与工业卫生等方面的主要危险有害因素；从设计、运行、管理的角度提出相应的消除或减免措施；提出劳动安全与工业卫生建议。对施工过程中的主要危险有害因素只作一般性分析，不作具体评价说明。

13.1.3 主要依据文件

（1）国家有关主要法律、法规、条例

1）《中华人民共和国劳动法》（国家主席令第 28 号,2009 年修订）

2）《中华人民共和国安全生产法》（国家主席令第 13 号,2014 年修订）

3）《中华人民共和国消防法》（2009）中华人民共和国主席令第 6 号

4）《中华人民共和国职业病防治法》（中华人民共和国主席令第 81 号，2017 年 11 月 4 日修订）

5）《建设工程安全生产管理条例》（2003）中华人民共和国主席令第 393 号

6）《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》（国能安全[2014]161 号）

（2）设计采用的主要技术规范、规程和标准

1）《危险化学品重大危险源辨识》GB18218

2）《防止静电事故通用导则》GB12158

3）《机械安全防护装置固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》GB/T8196

4）《生产过程安全卫生要求总则》GB/T12801

5）《生产设备安全卫生设计总则》GB5083

6）《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》 GB7231

7）《图形符号 安全色和安全标志 第 1 部分；工作场所和公共区域中安全标志的设计原则》GB/T2893.1

8）《安全标志及使用导则》GB2894

9）《工业企业设计卫生标准》GBZ1

10）《工业场所有害因素职业接触限值》GBZ2
11）《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087
12）《电气设备安全设计导则》GB/T25295
13）《建筑采光设计标准》 GB/T50033
14）《变电站总布置设计技术规程》DL/T5056
15）《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T620
16）《交流电气装置的接地》DL/T621
17）《高压配电装置设计技术规程》DL/T5352
18）《导体和电器选择设计技术规定》DL/T5222
19）《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058
20）《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》GB4387
21）《工业建筑防腐蚀设计规范》GB/T50046
22）《继电保护和安全自动装置技术规程》GB14285
23）《3～110kV 高压配电装置设计规范》GB50060
24）《供配电系统设计规范》GB50052
25）《电力工程电缆设计规范》GB50217
26）《电力设施抗震设计规范》GB50260
27）《建筑防雷设计规范》GB50057
28）《建筑设计防火规范》GB50016
29）《建筑材料放射性核素限量》GB6566
30）《建筑灭火器配置设计规范》GB50140
31）《火灾自动报警系统设计规范》GB50116
32）《建筑照明设计标准》GB50034
33）《建筑抗震设计规范》GB50011
34）《建筑给水排水设计规范》GB50015
35）《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019
36）《工作场所物理因素测量第 5 部分微波辐射》GBZ189.5

13.2 工程劳动安全与工业卫生危害因素分析

13.2.1 工程施工期主要危害因素分析

（1）高处坠落

本项目线路出线系统及构架施工时存在高空坠落危险因素，可能导致人员伤残、死亡。

（2）坍塌

本项目坍塌危险主要存在于施工期的基础开挖过程中，施工中若基坑支护不当，地质情况不良等可能造成基坑壁坍塌。施工材料堆放过高、管理不当也存在坍塌的危险，能导致设备或材料损坏，人员伤残、死亡。

（3）物体打击和挤压伤害

本项目的各类施工作业活动中，均存在操作人员受到坠落物的打击、运动着的重型设备的打击（如吊车、吊臂等）等危险因素，可能导致人员伤残、死亡。

（4）机械伤害

本项目施工中使用的机械设备多，存在机械伤害因素，可能导致人员伤残、死亡。

（5）触电伤害

本项目施工中使用的用电设备多，存在触电伤害因素，可能导致人员伤残、死亡。

（6）交通事故

本项目施工、运输车辆多，可能由于施工现场内视野不良、疲劳作业、违章驾驶、车辆机械故障等因素引起的交通事故伤害危险，可能导致设备损坏或人员伤残、死亡。

（7）传染性疾病

本项目施工过程中，施工人员数量较多，且集体生活、集体用餐，存在发生传染性疾病的隐患。

13.2.2 工程运行期主要危害因素分析

（1）变压器、配电设备触电伤害、火灾及爆炸伤害

本项目布置变压器、电池舱和若干其他电气设备。这些设备的带电部位均存在触电伤害的危险，也存在火灾及爆炸的危险，可能导致人员窒息、烧伤、死亡。

（2）电气设备及电缆火灾及中毒伤害

本项目布置有若干电气设备，还有一些充油设备，易于着火。特别是布置有大量的电力电缆及控制电缆、光缆等，而且连接到工程各个部位。电缆易燃，着火后产生大量有害烟气，可能导致设备损坏或人员窒息、烧伤、死亡。

（3）通风机等设备的噪声污染

本项目逆变器室及生产楼布置有一些通风机，这些设备的低频噪声会引起运行人员的听力伤害。

（4）高处坠落及机械伤害

本项目没有出线导线架构及较高的建筑物等设施，高处坠落及机械伤害因素较少。

（5）雷击

储能电池布置位置地势开阔，且占地面积较大，遇雷暴发生时，存在雷击危险因素，能导致设备损坏，引起运行事故或人员伤残、死亡。

（6）电磁辐射危害

储能电站潜在的电磁环境影响主要是 PCS 和变压器产生的工频电场。工频磁场，可能对人体健康产生不良影响，以及信号干扰等种种危害。这种电磁环境影响的强弱与变压器等级选型和距变压器的距离等因素有关。

13.3　劳动安全与工业卫生对策措施

13.3.1 施工期劳动安全与工业卫生对策措施

（1）在工程施工期间，建设单位必须遵守“生产经管单位新建、改建、扩建工程项目的安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用”三同时的安全规定。

（2）建设单位应认真学习，严格贯彻执行《建设工程安全生产管理条例》（国务院 393 号令，2004 年 2 月 1 日施行），并对设计单位，施工单位、监理单位加强安全生产管理，按相关资质、条件和程度进行审查，明确安全生产责任，制定相应的施工安全管理方案，责成施工单位制定应急预案。

（3）加强施工监理，施工过程应严格按照相关规程、规范要求执行。

（4）加强施工单位资质管理。

（5）加强施工组织设计编制与审查管理，试运阶段的安全管理。

（6）加强施工营地生活设施建设，完善施工卫生建制，保障施工人员的安

全与健康。

13.3.2 运行期劳动安全与工业卫生对策措施

（1）防火及防爆

1）工程防火设计

工程防火采用综合消防技术措施，消防系统从防火、监测、报警、控制、疏散、灭火、事故通风、救生等方面进行整体设计。

本储能电站建筑物防火设计完全满足现行有关防火设计规范的要求。

2）工程防爆安全设计

储能电站内设备的选型和采购均符合现行相关规范。

3）防静电设计

通风设备等均接地；防静电接地装置与工程中的电气接地装置共用时，其接地电阻不大于 30Ω。

场外独立设置的易燃材料仓库，在直击雷保护范围内，其建筑物或设备上严禁装设避雷针，而用独立避雷针保护。并采取防止感应雷和防静电的技术措施。

（2）防电气伤害

1）所有可能发生电气伤害的电气设备均可靠接地，工程接地网的设计满足相关规程规范的要求。

2）对于可能遭遇雷击的建筑物屋顶、设备等采取避雷带或避雷针保护。

3）屋外开敞式电气设备，在周围设置高度不低于 1.5m 的围栏。

4）在远离电源的负荷点或配电箱的进线侧，装设隔离电器，避免能触电事故的发生。

5）用于接零保护的零线上，不装设熔断器和断路器。

6）对于误操作可能带来人身触电或伤害事故的设备或回路，设置电气联锁或机械联锁装置，或采取其它防护措施。

7）供检修用携带式作业灯，符合《特低电压（ELV）限值》（GB/T3805-2008）的有关规定。

8）电气设备的防护围栏应符合下列规定；

a）栅状围栏的高度不应小于 1.2m，最低栏杆离地面静距不应大于 0.2m；

b）网状围栏的高度不应小于 1.7m，网孔不应大于 40mm×40mm；

C）所有围栏的门均应装锁，并有安全标志。

（3）防机械及防坠落伤害

1）采用的机械设备的布置，设计中满足有关国家安全卫生标准的要求，在设备采购中要求制造厂家提供的设备符合《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-1999）等有关标准的规定。

2）所有机械设备防护安全距离，机械设备防护罩和防护屏的安全要求，以及设备安全卫生要求，均符合国家有关标准的规定。

3）需上人巡视的屋面设置净高不小于 1.05m 的女儿墙或固定式防护栏杆。

（4）防噪声及防振动

储能电站按“无人值班”（少人值守）方式设计，采用以计算机为基础的全厂集中监控方案，并设置图像监控系统，因而少量的值守人员的主要值守场所布置在生产楼的中控室内，其噪声均要求根据《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T50087-2013）规定，结合本电场的特点，限制在 60dB--70dB。

1）为确保各工作场所的噪声限制在规定值内，要求各种设备上的电动机、风机、水泵、变压器等主要噪声、振动源的设备设计制造厂家提供符合国家规定

的噪声、振动标准的设备。中控室等主要办公场所选用室内机噪声值小于 60dB 的空调机，并采取必要的隔振、减振处理。

2）在噪声源较大的设备房间采取必要的措施，如水泵等布置在单独的房间并采取吸声、隔声或更为有效的消音屏蔽以及相应的隔振、减振和阻尼措施。

3）选用噪声和振动水平符合国家有关标准规定的设备，必要时，对设备提出允许的限制值，或采取相应的防护措施，如在建筑上采用降噪材料等。

4）管道设计及其支吊架合理选择，以避免或减少流体高速流动及管道振动所产生的噪声。

5）为运行人员配备临时隔声的防护用县。

（4）防尘、防污染、防腐蚀、防毒

1）本储能电站机械通风系统的进风口位置，设置在室外空气比较洁净的地方，并设在排风口的上风侧。

2）本储能电站辅助生产建筑相关部位按消防设计原则设有事故排风、排毒措施。

3）设备支撑构件、水管和气管根据不同的环境采取经济合理的防腐蚀措施。除锈、涂漆、镀锌、喷塑等防腐处理工艺符合国家现行的有关标准的规定。电缆桥架采用热镀锌处理。

4）建筑材料的毒性、放射性均符合国家有关卫生标准规定，不得超标。

（5）防电磁辐射

本项目正常工作频率为 50Hz，属于工频和低压，电磁环境影响较小，不属于电磁辐射范畴（100kHz～30GHz）。根据以往电磁环境资料分析，本项目建成后，四侧围墙外的电场强度和磁感应强度均较低，均能满足相应标准限值要求。

（6）防大风、防沙尘暴

1）在选择储能电池、PCS 设备、输电线路及其辅助设备时，充分考虑这些设备在低温、超强大风荷载和沙尘暴、积雪覆冰等气象灾害状态下的工作情况。

2）在设备支架设计时充分考虑风荷载，在设备基础设计施工时考虑冻土问题。

3）在人员经常停留的室内场所或有防冻要求的设备间内设置采暖系统。

4）室外主要发电设备防护等级满足防沙尘暴的要求。

5）施工完后，尽快进行环境绿化，植树种草，防止水土流失和沙尘对作业环境的影响。

6）做好大风、沙尘暴等的事故应急预案。

（7）安全色和安全标志

根据《图形符号安全色和安全标志第 1 部分：工作场所和公共区域中安全标志的设计原则》（GB2893.1-2013），结合《中国石油天然气股份有限公司安全目视化管理规定》，对安全色和安全标志进行设计。

对工作场所进行色彩调节设计，有利于增强识别意识，精力集中，减少视力疲劳。调节人员在工作时的情绪，提高劳动积极性，达到提高劳动生产效率。降低事故发生率的目的。

表 13.3-1　安全色和安全标志设置的场所及类型

标志名称	安全色	设置场所	标志内容
禁止标志	红色	电缆密集处	禁止烟火
警告标志	黄色	电气设备的防护围栏	当心触电

		温度超过 65℃的设备外壳或构架	当心高温伤人
		超过 2.0m 的钢直梯上端	当心坠落
		主要交通道口	当心车辆
提示标志	绿色	消防设施	消火栓
			灭火器
			消防水带
		安全疏散通道	安全通道、太平门

13.3.3 储能电站公共安全防护措施

（1）选址与设计：在选址时，应充分考虑地形、地质、气候等自然条件，以及周边环境、人口密度、交通等因素。设计阶段要严格按照相关标准和规范进行，确保设计合理、安全可靠。

（2）选用优质设备：选购具有良好信誉和可靠性的设备供应商，并对设备进行严格检测和验收，确保设备质量达到相关标准。

（3）安全管理：建立健全安全生产责任制度，明确各级管理人员、技术人员和操作人员的安全生产职责。加强安全培训，提高员工安全意识，确保电站运行安全。

（4）电池管理系统（BMS）与监控系统：建立健全电池管理系统，实时监测电池组的状态，预防电池过充、过放、过温等现象。同时，安装完善的监控系统，实时监测电站运行状况，及时发现并处理安全隐患。

（5）火灾预警与应急处置：配置火灾预警装置，如烟雾报警器、温度报警器等，并与当地消防部门建立联动机制，确保火灾事故能够迅速得到处置。

（6）定期维护与检修：制定严格的维护检修计划，定期对电站进行巡检，确保设备设施处于良好状态，及时排除安全隐患。

（7）应急预案：针对可能发生的安全事故，制定应急预案，明确应急处理流程、责任人及应急资源配置，确保在突发情况下能够迅速启动应急预案，最大限度减少安全事故的损失。

（8）风险评估与防范：开展风险评估，识别潜在安全隐患，制定相应的防范措施，降低安全事故发生的风险。

（9）信息公开与宣传：加强对储能电站安全知识的宣传和普及，提高公众对储能电站安全的认识，增强周边居民的安全意识。

13.4　劳动安全与工业卫生机构设置、人员配备及管理制度

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针，加强劳动安全与工业卫生设施和技术措施的实施，以保护劳动者在劳动过程中的安全与健康，保障财产不受损失。就必须建立、健全安全生产责任制度；健全安全技术操作规程和安全规章制度；健全特种作业人员持证上岗和建档制度；完善安全生产条件，确保安全生产。实行全员、全方位、全过程的管理；根据法律法规制定相关职业安全卫生制度。制度的主要内容包括；目标、责任、承诺、奖惩规定、监督考核、总结等内容。

13.4.1 安全卫生机构设置、人员配备及管理制度

安全卫生管理机构必须和整个电站生产管理组织机构及人员配备统一考虑。工程施工期及投产后，设置安全卫生管理机构及安全卫生监测站，负责劳动安全与工业卫生方面的宣传教育和管理工作，保障电站顺利运行，达到安全生产的目的。从“安全生产、安全第一”的角度出发，管理和监测机构负责整个电站的消防、劳动安全卫生检查、日常的检测、劳动安全及职业卫生教育等，并设置医务

室。

储能电站运行人员在开始工作前，需进行必要的安全教育和培训，并经考试合格后方能进入生产现场工作，同时按国家标准为生产运行人员配备相应的劳动保护用品，以便生产运行人员有一个良好的身体条件，为电站的安全运行创造一个较好的软件基础，减少和预防由于生产运行人员的失误而导致生产事故。

建立巡回检查制度、工作监护制度、维护检修制度，对生产设备的相关仪器、仪表和器材进行安全的日常维护。安全卫生管理机构根据工程特点配置监测仪器设备和必要的安全宣传设备。

13.4.2 安全生产监督制度

工程投产后，设置安全卫生管理机构及安全卫生监测站，并制定有效的安全生产监督制度，以保证电站顺利运行，达到安全生产的目的。

13.4.3 消防、防止电气误操作、防高空作业坠落的管理制度

（1）消防管理制度主要内容包括：

a）设备防火安全规定；

b）防火检查制度；

c）消防水泵管理规定；

d）消防水池管理规定；

（2）防电气误操作管理制度主要内容包括：

a）落实责任制，明确防误工作负责人，形成防误工作网络；

b）贯彻执行"五防措施"；

c）熟练掌握相关设备的现场布置、系统联系、结构原理、性能作用、操作程序；

d）建立防误工作的激励约束机制；

e）严格执行《电业安全工作规程》、《电力事故调查规程》、《运行规程》和运行部的各种规章制度等。

（3）防高空作业坠落管理制度主要内容包括；

a）对实行高空作业的人员采取安全保护措施；

b）对实行高空作业人员进行安全教育，提高人员的安全意识和自我保护意识等。

13.4.4 工业卫生与劳动保护管理规定

各级行政正职是本单位（部门）的安全第一责任人，对安全生产负全面的领导责任。各级行政副职是自己分管工作范围内的安全第一责任人，对分管范围内的安全工作负有领导责任。各类人员必须认真落实规定中各自的安全职责，认真贯彻执行国家有关安全生产的方针、政策、法律及法规，并对所属部门人员履行安全职责的情况进行检查、考核。严禁违章指挥，违章作业，违反现场劳动纪律现象的发生。坚持“管生产必须管安全”的原则，做到计划、布置、检查、总结、考核生产工作和安全工作同步进行，落实好有关职业安全卫生制度的执行。

13.4.5 工作票、操作票管理制度

编制储能电站运行操作规程，建立工作票与操作票管理制度，保护运行人员在生产过程中的人身安全，保障设备财产不受损失。

工作票与操作票管理制度的主要内容包括：（1）工作票与操作票的类别；（2）工作票与操作票的内容、格式及填写人员、签发人员资格规定；（3）工作

票与操作票的执行；（4）工作票与操作票的终结；（5）工作票与操作票的考核等内容。

13.4.6 事故调查处理与事故统计制度

事故调查处理与事故统计制度按照国家电力监管委员会颁布的《电力生产事故调查暂行规定》（自 2005 年 3 月 1 日起施行）进行编制。

13.4.7 事故应急救援预案

根据《安全生产许可证条例》（中华人民共和国国务院令第 397 号）第六条规定，企业要取得安全生产许可证，应当具备的安全生产条件之一就是；有生产安全事故应急救搓预案、应急救援组织（或者应急救援人员）、配备必要的应急救援器材、设备。储能电站的突发事故应有一个系统的应急救援预案。应急救援预案须在储能电站投产前经有关部门的审批。

制订事故应急救援预案的目的主要有两个方面:（1）采取预防措施使事故控制在局部，消除蔓延条件，防止突发性重大或连锁事故发生；（2）能在事故发生后迅速有效地控制和处理事故，尽力减轻事故对人、财产和环境造成的影响。

13.4.8 事故应急预案的制定原则、基本要求和主要内容

储能电站生产安全是“人一机—环境”系统相互协调、保持最佳“秩序”的一种状态。事故应急救援预案应由事故的预防和事故发生后损失的控制两个方面构成，其原则是“以防为主，防救结合”。

在编写预案时，应分类、分级制定预案内容，上一级预案的编制应以下一级预案为基础。其基本要求是；具体描述可能的意外事故和紧急情况及其后果；若干确定应急期间负责人及所有人员在应急期间的职责；确定应急期间起特殊作用的人员（如消防员、急救人员）的职责、权限和义务；若干规定疏散程序；明确危险源的识别及其处置的应急措施:建立与外部应急机构的联系（消防部门、医院等）；若干定期与安全生产监督管理部门、公安部门、保险机构及相邻生产经营单位的交流；做好重要记录和设备（如装置布置图、危险物质数据、联络电话号码等）的保护。

应急预案是针对可能发生的重大事故所需的应急准备和应急行动而制定的指导性文件，其核心内容应包括:若干对紧急情况或事故灾害及其后果的预测、辩识、评价；应急各方的职责分配应急救援行动的指挥与协调；应急救援中可用的人员、设备、设施、物资、经费保障和其他资源，包括社会和外部援助资源等；在紧急情况或事故灾害发生时保护生命、财产和环境安全的措施；现场恢复；其他，如应急培训和演练规定，法律法规要求，预案的管理等。

预案应对储能电站在运行过程中出现的突发事故有一个较全面的处理手段，在事故发生的第一时间内及时做出反应，采取措施防止事故的进一步扩大并及时向有关领导汇报，在事故未查明之前，当班运行人员应保护事故现场和防止损坏设备，特殊情况例外（如抢救人员生命）等。

13.4.9 应急预案编制程序

（1）成立应急预案编制工作组
（2）资料收集
（3）危险源与风险分析
（4）应急能力评估
（5）应急预案编制

（6）应急预案评审与发布

13.4.10 主要事故应急救援预案项目

根据储能电站生产特点、危险因素情况，分析该工程可能发生的重特大事故类型、事故发生过程、破坏范围及事故后果，确定需要编制应急救援预案的类型。

建议本项目对以下重特大事故编制应急救援预案:

火灾、触电事故预案，恶劣天气事故预案，电气误操作事故预案，蓄电池损坏事故预案，继电保护事故预案，变压器损坏和互感器爆炸事故预案，开关设备事故预案，接地网事故预案等事故预案。

施工期基坑开挖、施工区内运输、施工及检修期大件吊装、高空作业、交叉作业等危险点的安全生产事故应急救援预案。

13.5 预期效果评价

13.5.1 劳动安全主要危害因素防护措施的预期效果评价

在采取了安全防范措施及对生产运行人员进行安全教育和培训后，为储能电站的安全运行提供了一个良好的生产条件，有助于减少生产人员错误操作而导致安全事故以及由于运行人员处理事故不及时而导致设备损坏和事故的进一步扩大，降低了经济损失，保障了生产的安全运行。

13.5.2 工业卫生主要有害因素防护措施的预期效果评价

由于储能电站的特殊性，对生产人员进行必要的防护措施，有利于生产人员的身体健康，降低了生产运行中由于没有防护措施和设备而导致生产运行人员和巡视人员受伤的几率，减少了安全事故隐患，低了经济损失，保障了生产的安全运行和人员的人身安全。

13.5.3 存在的问题及建议

建议建设单位应尽快完成本项目的安全预评价报告的编制及报批工作，以作为工程的设计依据。

建议储能电站建设全过程建立职业安全健康管理体系（OSHMS），以利于促进企业长效安全生产，创造最佳经济效益。