

东莞市新有能源投资有限公司

电化学储能电站

施工技术要求

2025年4月

一、施工技术规范

1.1 采用的技术规范

工程施工工作应执行下列标准和规范（不限于以下标准和规范），若国家出台最新技术规范，则以国家出台最新技术规范为准。以下列举部分主要规范供参考：

《电化学储能系统接入配电网运行控制规范》 NB/T 33014-2014

《电能质量 供电电压偏差》 GB/T12325-2008

《电能质量 电压波动和闪变》 GB/T12326-2008

《电能质量 三相电压不平衡》 GB/T15543-2008

《电能质量 公用电网谐波》 GB/T24337-2009

《电化学储能电站用锂离子电池管理系统技术规范》 GB/T 34131-2017

《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》 GB 50168-2018

《中国南方电网城市配电网导则》 Q/CSG10012-2005

《储能变流器检测技术规程》 GB/T 34133-2017

《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》 JGJ52—92

《普通混凝土用碎石和卵石质量标准及检验方法》 JGJ53—92

《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB50300-2013

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB50202-2018

《砌体工程施工质量验收规范》 GB50203-2011

《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204-2015

《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205-2001

《木结构工程施工质量验收规范》 GB50206-2012

《屋面工程质量验收规范》 GB50207-2012

《地下防水工程质量验收规范》 GB50208-2011

《建筑地面工程施工质量验收规范》 GB50209-2010

《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB50210-2018

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242-2002

《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2002

《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303-2015

《电力建设施工质量验收及评价规程》DLT5210-2012

《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB50150-2016

《电气装置安装工程母线装置施工及验收规范》GB 50149-2010

《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016

《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》GB 50148-2013

《电气装置安装工程电缆施工及验收规范》GB 50168-2006

《电气装置安装工程低压电气施工及验收规范》GB 50254-2014

《电气装置安装工程高压电气施工及验收规范》GB 50147-2010

《电气装置安装工程串联电容器补偿装置施工及验收规范》GB 50147-2010

国家、南方电网典型设计及标准设计

我司及集团关于电化学储能项目相关的建设规范标准。

1.2 电气设备安装调试

1.2.1 高压柜安装调试

1.2.1.1 高压并网柜安装

1.2.1.1.1 高压并网柜就位、柜体固定安装作业程序

(1) 高压并网柜就位

1) 核对图纸、确定柜的编号、摆放顺序和摆放位置，并检查高压柜附带配件及气压表气压正常。

2) 单体柜或组合式高压柜按指定位置摆放。

3) 组合高压柜在装卸的过程中，设专人负责统一指挥，指挥人员发出的指挥信号必须清晰、准确。

4) 由辅助移动工具或人力搬运，按编号顺序进行柜体就位，将首面柜或首组高压柜按扩展方向延伸摆放。

5) 高压柜搬运过程要固定牢靠，以防受力不均，柜体变形或损坏部件。

6) 柜体组立调整, 与基础间采用0.5~1mm补偿垫片进行调整, 每处垫片最多不能超过3片, 各组柜之间应用厂家配置专用螺栓进行紧固连接。

(2) 柜体固定安装

1) 柜体间紧固螺栓完好, 紧固螺栓表面有镀锌处理, 螺栓连接力矩符合不同产品型号规定要求。

2) 柜体与基础型钢连接牢固, 柜单面或成列安装时用螺栓连接牢固, 相邻两柜顶部水平误差 $<2\text{mm}$; 成列柜顶部水平误差 $<5\text{mm}$; 垂直误差 $<1.5\text{mm/m}$; 盘面误差: 相邻两柜边 $<1\text{mm}$, 成列柜面 $<5\text{mm}$; 柜间接缝 $<2\text{mm}$; 接缝间加密封胶。

3) 柜体接地牢固可靠, 每段柜有两点以上明显接地, 导通良好, 焊接长度符合相关要求。

4) 高压柜安装后, 用连接铜板将各高压柜之间的接地铜板连接起来。

5) 高压带电显示正常, 故障显示装置符合运行标准。

6) 带有气压表的全密封高压柜确认工作气压在正常绿色范围内。

7) 柜体间的连接插件接触良好。

8) 全密封高压柜安装注意不要破坏气箱防爆片。

9) 带高压熔断器的高压柜, 其熔丝安装方向箭头指向撞针位置。

10) 高压柜防电气误操作的“五防”装置动作灵活可靠

1.2.1.1.2 母线安装、高压柜调试作业程序

(1) 母线安装

1) 母线及固定装置无尖角、毛刺。

2) 硬母线表面光洁平整, 不应该有裂纹、皱褶、夹杂物及变形和扭曲现象。

3) 螺栓固定的硬母线搭接面应平整, 其镀银层不应有麻面, 起皮及未覆盖部分, 镀银层接触面不得任意研磨, 绝缘子应清洁无损伤。

4) 全密封高压柜虽各型号不同, 连接的屏蔽母线在硅橡胶绝缘材料中加入导电介质实现电场控制。

5) 插接式母线安装应在柜体就位后, 将两个柜体或两组柜体平衡, 插入三相屏蔽母线至柜体触头位置, 缓慢平行移动两柜体至母线完全插入、吻合。

6) 螺栓受力应均匀, 不应使电器的接线端子受到额外应力。

7) 母线固定金具与支柱绝缘子间的固定应平整固定，不应使其所支持的母线受到额外应力。

8) 母线在密封套管紧固的螺栓上加装均压罩及绝缘套。

9) 上下布置的交流母线由上到下排列为A、B、C相，水平布置的交流母线由柜后向柜面排列为A、B、C相。

10) 在高压柜侧面可扩展的套管口安装绝缘堵头和密封盖，防止灰尘侵入。（

2) 高压柜内设备调试

1) 检查确认操动机构的传动部分灵活，各连接螺栓无松动。

2) 检查确认弹簧储能完毕后，辅助开关应将电动机电源切除，合闸完毕后，辅助开关自动接通电动机电源。

3) 合闸弹簧储能后，牵引杆的下端或凸轮与各合闸锁扣可靠锁紧。

4) 分、合闸闭锁装置动作灵活、可靠，复位准确、迅速。

5) 机构合闸后，可靠保持在合闸位置，调整弹簧机构缓冲器行程，符合产品的技术规定。

6) 机械闭锁、电器闭锁动作准确可靠。

7) 检查和调整柜内“五防”装置元件的完整性，确保操作灵活可靠

1.2.1.2 高压并网柜调试

1.2.1.2.1 记录高压开关柜及柜内设备的铭牌、环境数据

对照高压开关柜合格证明文件、出厂试验报告以及设计图纸，核对高压开关柜铭牌技术参数，检查并记录铭牌的出厂编号等数据。记录现场的温度、湿度；现场环境温度不低于5℃，空气相对湿度一般不高于80%

1.2.1.2.2 将高压开关柜的进出线等拆除

将被试高压开关柜的进出线电缆拆除，使高压开关柜与系统其他设备隔离，应有足够的安全距离。将电压互感器一、二次线，避雷器的一次连接线拆除。

1.2.1.2.3 接取电源

正确接取电源，耐压试验必须使用带有过电流保护装置的电源箱，试验用电源应有断路明显的双刀开关和电源指示灯；试验仪器的接地端子、被试设备外壳的接地端均应与接地网连接可靠

1.2.1.2.4 高压开关柜试验

(1) 断路器试验

1) 断路器的导电回路电阻；测试结果应符合产品技术条件规定

2) 测试断路器的机械特性；测量断路器的分、合闸的同期性，测量合闸时触头的弹跳时间；测试结果应符合产品技术条件的规定。

3) 断路器的绝缘电阻；测量断路器相间、相对地的绝缘电阻；绝缘电阻值参照制造厂的规定。

4) 断路器交流耐压试验；试验前后应测量绝缘电阻，前后测量出的绝缘电阻值相比较不应有明显降低；断路器的交流耐压试验在合闸时相对地和分闸时断口间进行；试验电压应按规程要求。

5) 测量绝缘电阻及交流耐压试验的过程中，设专人监护，禁止人员进入测试范围和触碰断路器及试验设备，试验操作人员要注意仪表的指示情况以及断路器的状况，如发现电压变化幅度很大，电流急剧增加，断路器有异常现象，应立即降压、切断电源，停止试验，查明原因并处理后再进行试验。

6) 在完成测量绝缘电阻及交流耐压试验后，均需用放电棒对断路器进行放电。

(2) 电压互感器试验

1) 电压互感器一、二次绕组的直流电阻；同型号、同规格的电压互感器绕组直流电阻不应有较大差异，一次绕组直流电阻值与出厂值比较相差不宜大于10%，二次绕组的直流电阻值与出厂值比较相差不宜大于15%

2) 电压互感器励磁特性；额定电压测量点测量出的励磁电流不宜大于其出厂试验报告和型式试验报告的测量值的30%，同批次、同型号、同规格的电压互感器在额定电压点的励磁电流不宜相差30%；一般情况下，励磁曲线测量点为额定电压的20%、50%、80%、100%和 120%

3) 电压互感器的误差测量；用于计量的电压互感器必须进行误差测量，且进行误差检测的机构必须是国家授权的法定计量检定机构。

4) 电压互感器绕组的绝缘电阻；电压互感器一次绕组对二次绕组及外壳、二次绕组对外壳的绝缘电阻值不宜低于1000M Ω ；对电压互感器进行交流耐压试验前后均测量绝缘电阻，前后测量出的绝缘电阻值相比较不应有明显降低

5) 电压互感器的交流耐压试验；电压互感器一次绕组对二次绕组及外壳的试验电压按规程要求，二次绕组对外壳的试验电压为2kV；在完成测量绝缘电阻及交流耐压试验后，均须用放电棒对电压互感器进行放电

6) 测量电压互感器的励磁特性、测量绝缘电阻及交流耐压试验的过程中，设专人监护，禁止人员进入测试范围和触碰电压互感器；试验操作人员要注意仪表的指示情况以及电压互感器的状况，交流耐压的试验如发现电压变化幅度很大，电流急剧增加，电压互感器有异常现象，应立即降压、切断电源，停止试验，查明原因并处理后再进行试验。

(3) 电流互感器试验

1) 电流互感器的误差测量；用于计量的电流互感器必须进行误差测量，且进行误差检测的机构必须是国家授权的法定计量检定机构。

2) 电流互感器绕组的绝缘电阻；电流互感器一次绕组对二次绕组及外壳、二次绕组对外壳的绝缘电阻值不宜低于1000MΩ；对电流互感器进行交流耐压试验前后均测量绝缘电阻，前后测量出的绝缘电阻值相比较不应有明显降低。

3) 电流互感器的交流耐压试验；电流互感器一次绕组对二次绕组及外壳的试验电压按规程要求，二次绕组对外壳的试验电压为2kV

4) 测量电流互感器的绝缘电阻及交流耐压试验的过程中，设专人看护，禁止人员进入测试范围和触碰电流互感器；试验操作人员要注意仪表的指示情况以及电流互感器的状况，交流耐压的试验如发现电压变化幅度很大，电流急剧增加，电流互感器有异常现象，应立即降压、切断电源，停止试验，查明原因并处理后再进行试验。

5) 在完成测量绝缘电阻及交流耐压试验后，均须用放电棒对电流互感器进行放电。

(4) 开关柜的整体试验

1) 交流耐压试验；对于整列开关柜，可以连同柜内设备，包括电压互感器、电流互感器、断路器、隔离开关、母线等，但必须将避雷器隔离开，交流耐压试验标准应采用连接的设备中最低的试验电压值为标准进行加压；全回路交流耐压试验应一相加压，其余两相接地，加压前后测量绝缘电阻，前后测量出的绝缘电阻值相比较不应有明显降低；手动绝缘电阻表摇到额定转速才可接上被试设备，测量完毕，先切开高压线，然后停止摇动绝缘电阻表。

2) 在试验升压期间, 任何人不得越过遮栏, 设专人监护, 交流耐压试验高压引出线应支持牢固可靠, 并有足够的安全绝缘距离。加压前, 必须认真检查试验接线, 调压器零位及仪表的开始状态, 均正确无误, 检查所有人员是否满足高压试验电压的距离要求, 采取呼唱应答的方式进行操作, 升压过程, 应观察仪表的指示, 监听整列柜的设备有没有异常现象, 根据这些现象来判断, 每次加压试验完或变更接线先将电压降至零位, 断开试验电源, 对被试设备及试验变压器高压部分放电、接地; 升压过程中如出现电压表指针摆动幅度大, 电流表指示急剧增加, 设备有异常现象, 应立即降压, 切断试验电源, 做好安全措施并进行检查, 根据检查情况确定重新试验或者终止试验。

(5) 避雷器试验

1) 避雷器的绝缘电阻; 金属氧化物避雷器的绝缘电阻不少于 $1000\text{M}\Omega$; 对避雷器进行直流参考电压和 0.75 倍直流参考电压下的泄漏电流试验前后测量绝缘电阻, 前后测量出的绝缘电阻值相比较不应有明显降低; 手动绝缘电阻表摇到额定转速才可接上被试绕组, 测量完毕, 先切开高压线, 然后停止摇动绝缘电阻表

2) 金属氧化物避雷器的直流参考电压和 0.75 倍直流参考电压下的泄漏电流; 直流参考电压实测值与出厂试验值相比较变化不大于 $\pm 5\%$, 0.75 倍直流参考电压下的泄漏电流不应大于 $50\mu\text{A}$ 或符合产品技术条件的规定

3) 试验高压引出线应支持牢固可靠, 并有足够的安全距离。试验的过程中, 设专人监护, 禁止人员进入测试范围和触碰避雷器; 试验操作人员要注意仪表的指示情况以及避雷器的状况, 如发现有不正常现象, 应立即降压, 切断试验电源, 做好安全措施并进行检查, 根据检查情况确定重新试验或者终止试验。

4) 在完成每项测试后, 均须用放电棒对避雷器进行放电。

(6) 恢复设备引线连接

将试验前拆除的电缆、引线恢复原状, 并确认连接牢固。

(7) 试验过程控制程序记录测试数据

试验数据与试验标准或者出厂试验报告比较, 分析判断是否合格。

1.2.2 低压柜安装调试

2.2.2.1 低压开关柜就位、柜体固定安装作业程序

(1) 低压开关柜就位

- 1) 核对图纸、确定柜的编号、摆放顺序和摆放位置。
- 2) 单体柜或组合式低压开关柜按指定位置摆放。
- 3) 组合低压柜在装卸的过程中，设专人负责统一指挥，指挥人员发出的指挥信号必须清晰、准确。
- 4) 单体柜按基础就位固定，按规定进行焊接接地处理。

(2) 柜体固定安装

- 1) 柜体紧固螺栓完好，紧固螺栓表面有镀锌处理；螺栓紧固力矩符合安装技术要求。
- 2) 柜体接地牢固可靠，每段柜有前后各两点以上明显接地，导通良好，焊接长度符合相关要求。
- 3) 机械闭锁、电器闭锁动作准确可靠，二次回路辅助开关的切换接点动作准确，接触可靠。
- 4) 装有电器可开启的柜门用多股软铜导线与柜金属架构连接可靠，其截面 $>6\text{mm}^2$ ，多股导线的端部应绞紧，加终端附件或搪锡处理，不得松散、断股。
- 5) 柜体间的连接插件接触良好。
- 6) 安装在有震动场所的低压开关柜应采取防震措施，柜与基础型钢之间垫10mm防震胶垫。
- 7) 抽屉式低压柜推拉灵活，抽屉可互换，断路器分闸后，隔离触头才能分开，抽屉与柜体间的二次插件、柜体接触、框架接地良好

1.2.2.2 母线安装、低压开关调试作业程序

(1) 母线安装

- 1) 硬母线及固定装置无尖角、毛刺，表面光洁平整，包括弯曲部分不应该有裂纹、皱褶、夹杂物及变形和扭曲现象。
- 2) 螺栓固定的硬母线搭接面应平整，其镀银层不应有麻面、起皮及未覆盖部分，镀银层接触面不得任意研磨。
- 3) 母线平置时贯穿螺栓应由下往上穿，其余情况下螺母应置于维护侧。
- 4) 贯穿螺栓连接的母线两外侧均应有垫圈，相邻螺栓垫圈间应有3mm以上的净距，螺母侧应装弹簧垫圈锁紧螺母。

5) 母线固定金具与支柱绝缘子间平整，螺栓受力应均匀，不应使电器的接线端子受到额外应力。

6) 当母线平置时，母线支持夹板的上部压板应与母线保持1~1.5mm间隙，当母线立置时，上部压板应与母线保持1.5~2mm间隙，相间及对地距离应符合规范要求。

额定电压 (V)	最小电气间隙 (mm)
$U \leq 500$	10
$500 < U \leq 1200$	14

7) 上下布置的母线由上到下排列为A、B、C相，水平布置的母线，由柜后向柜面排列为A、B、C相，引下线的母线由左至右排列为A、B、C相，三相母线颜色分别为A、B、C相对应黄色、绿色、红色，中性汇流母线（PEN）或接地+中性线（PE+N）。

8) 双层母线的可见部分有相色标志，母线与电器的连接处及连接处10mm以内不应有相色标志或相色漆。

(2) 低压开关设备调试

1) 检查操动机构的传动部分灵活，各连接螺栓松动。

2) 检查弹簧储能完毕后，辅助开关将电动机电源切除，合闸完毕后，辅助开关自动接通电动机电源。

3) 隔离开关合闸后触头间的相对位置正确、接触紧密，两侧的接触压力均匀，在分闸状态，触头的净距或拉开角度符合产品技术要求。

4) 合闸弹簧储能后，牵引杆的下端或凸轮与各合闸锁扣可靠锁紧。

5) 分、合闸闭锁装置动作灵活、可靠、复位准确、迅速。

6) 机构合闸后，可靠保持在合闸位置，调整弹簧机构缓冲器行程，符合产品的技术规定。

7) 机械闭锁、电气闭锁动作准确可靠。

8) 检查和调整柜内五防装置元件的完整性，确保操作灵活可靠。

1.2.3 箱变安装调试

1.2.3.1 箱变安装

(1) 箱式变压器在装卸、就位的过程中，设专人负责统一指挥，指挥人员发出的指挥信号必须清晰、准确。

(2) 起重机具装卸、就位时，起重机具的支撑腿必须稳固，受力均匀。吊钩应对准箱式变压器重心，起吊时必须试吊，起吊过程中，在吊臂及吊物下方严禁任何人员通过或逗留，吊起的设备不得在空中长时间停留。

(3) 箱式变压器就位移动时不宜过快，应缓慢移动，不得发生碰撞及不应有严重的冲击和震荡。

(4) 箱式变压器就位后，外壳干净不应有裂纹、破损等现象，各部件应齐全完好，箱式变压器所有的门可正常开启。

(5) 箱体调校平稳后，与基础槽钢焊接牢固并做好防腐措施；

(6) 金属外壳箱式变压器及落地式配电箱，箱体应接地或接零可靠，且有标识。

(7) 悬挂标志、警告牌等参照设计图纸及上级单位验收相关标准及文件的要求设置。

1.2.3.2箱变调试

1.2.3.2.1记录变压器铭牌、环境数据

对照变压器合格证明文件、出厂试验报告以及设计图纸，核对变压器铭牌技术参数，检查并记录铭牌的出厂编号等数据。记录现场的温度、湿度；现场环境空气相对湿度一般不高于80%，温度不低于5℃

1.2.3.2.2将变压器与系统设备分隔

将被试变压器与系统设备连接的连线拆除，使变压器与其他设备隔离，应有足够的安全距离；将变压器二次绕组的中性点接地拆除，使变压器二次绕组中性点与接地网隔离；将干式变压器绕组感温探头从绕组中取出

1.2.3.2.3接取电源

正确接取电源，耐压试验必须使用带有过电流保护装置的电源箱，试验用电源应有断路明显的双刀开关和电源指示灯；试验仪器的接地端子、被试设备外壳的接地端均应与接地网连接可靠，接地线使用截面积不少于4mm²的多股软裸铜线

1.2.3.2.4变压器试验

变压器一、二次绕组直流电阻；1600kVA及以下容量等级变压器三相测量出的绕组直流电阻相间相互差值小于三相平均值的4%，线间相互差值小于三相平均值的2%；1600kVA以上容量等级变压器三相测量出的绕组直流电阻相间相互差值小于三相平均

值的2%，线间相互差值小于三相平均值的1%；测量变压器绕组直流电阻应将运行的分接头在最后一项进行测试（见图5-3-1）。

变压器有中性点引出的，测量各相绕组的直流电阻，没有中性点引出的，测量绕组线间的直流电阻。

变压器绕组直流电阻测量应在各个分接头的所有位置上进行测试。

变压器绕组电压比；测试出变压器绕组电压比的数据与制造厂铭牌数据相比应无明显差别，额定分接头测量出的绕组电压比误差小于 $\pm 0.5\%$ 。

测量变压器绕组电压比时，应保持电源电压的稳定，减少读数的偏差。

变压器绕组电压比测量应在各个分接头的所有位置上进行测试。

（7）变压器的三相接线组别；变压器的三相接线组别必须与铭牌上的标记符号相符。

（8）变压器铁芯绝缘电阻；将铁芯与外壳的接地连片解开，铁芯必须为一点接地；采用2500V绝缘电阻表测量，持续时间1min，应无闪络及击穿现象。

（9）变压器绕组绝缘电阻的测量及绕组交流耐压试验中，被试绕组应三相短接，非被试的绕组三相短接并接地，每次测试后均应对被试绕组进行放电、接地。

（10）变压器绕组绝缘电阻；变压器绕组绝缘电阻值不低于出厂试验值的70%；变压器绕组交流耐压试验前后均应测量绝缘电阻，前后测得的绝缘电阻值相比较不应有明显的降低；手动绝缘电阻表摇到额定转速才可接上被试绕组，测量完毕，先切开高压线，然后停止摇动绝缘电阻表。

（11）变压器绕组交流耐压试验；干式变压器交流耐压试验电压，高压侧按电压等级要求标准施压；油浸式变压器交流耐压试验电压，高压侧按电压等级标准施压。在试验升压期间，任何人不得越过遮栏，设专人监护，交流耐压试验高压引出线应支持牢固可靠，并有足够的安全距离。加压前，必须认真检查试验接线，调压器零位及仪表的开始状态，均正确无误，检查所有人员是否满足高压试验电压的距离要求，采取呼唱应答的方式进行操作，升压过程，应观察仪表、仪器的指示，人员动态，监听变压器有没有异常现象，根据这些现象来判断；每次加压试验完先将电压降至零位，断开试验电源，对被试绕组及试验变压器高压部分放电、接地；升压过程中如出现电压表指针摆动幅度大，电流表指示急剧增加，变压器有异常现象时，应立即降压，切断试验电源，做好安全措施并进行检查，根据检查情况确定重新试验或者终止试验。

1.2.3.2.5恢复变压器一、二次连接

将变压器一、二次绕组与系统设备的连线正确、牢固地连接，确认变压器的中性点接地、铁芯接地连接牢固。将干式变压器绕组感温探头放回绕组中。

1.2.3.2.6试验过程控制程序，记录测试数据

试验数据与试验标准或出厂试验报告比较，分析判断是否合格。

1.2.4电缆敷设调试

1.2.4.1电缆敷设

1.2.4.1.1一般规定

(1) 电缆盘就位可用起重机或人工将电缆盘放置指定位置，电缆在装卸的过程中，设专人负责统一指挥，指挥人员发出的指挥信号必须清晰、准确。

(2) 采用吊车装卸时，装卸电缆盘孔中应有盘轴，起吊钢丝绳套在轴的两端，不应直接穿在盘孔中起吊。人工移动电缆盘前，应检查线盘是否牢固，电缆两端应固定，线圈不应松弛，电缆盘只允许短距离滚动，滚动时滚动方向必须与线盘上箭头指示方向一致。

(3) 根据电缆长度和截面，选用的牵引绳长度比电缆长30~50m。牵引绳连接必须牢固。其连接点应选用防捻器。布放电缆滑轮，直线部分应每隔2.5~3m设置直线滑轮，确保电缆不与地面摩擦，所有滑轮必须形成直线。弯曲部分采用转弯滑轮，并控制电缆弯曲半径和侧压力。电缆允许最小弯曲半径应符合下表规定。在关键部位应有专人监视（如转弯位、管口、与其他管道交叉的部位）。

电缆类型			允许最小弯曲半径	
			单 芯	多 芯
交联聚乙烯绝 缘电缆	无铠装		20D	15D
	有铠装		15D	12D
油浸纸绝 缘电缆	铝包		30D	
	铅 包	有铠装	20D	15D
		无铠装	20D	

注：D表示电缆直径，mm。

(4) 电缆敷设时，不应损坏电缆沟、隧道、电缆井和人井的防水层。

(5) 电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度。

(6) 并联使用的电力电缆，如设计没要求时，其长度、型号、规格应相同。

(7) 电缆敷设时，可用人力拉引或机械牵引，电缆应从电缆盘的上端引出，不应使电缆在支架上及地面磨擦拖拉。对于较重的电缆盘，应考虑加装电缆盘制动装置。电缆走动时，严禁用手搬动电缆及滑轮。

(8) 敷设电缆时，机械敷设电缆速度不宜超过15m/min，并监测侧压力和拉力不超过允许强度。在较复杂的路径上敷设电缆时，其速度应适当放缓。机械敷设时电缆最大允许牵引强度不宜大于下表数值。

牵引方式	牵引头		钢丝网套		
受力部拉	钢导 体	铝导 体	铅护 套	铝护 套	塑料 护套
允许牵引 强度N/mm2	70	40	10	40	7

(9) 垂直敷设或超过45° 倾斜敷设的电缆在每个支架及桥架上每隔2m处；水平敷设的电缆，在电缆首末两端及转弯、电缆头的两端处；当对电缆间距有要求时，每隔5~10m处；应将电缆加以固定。

(10) 电缆敷设后，应及时排列整齐，避免交叉重叠，并在电缆终端、中间接头、电缆拐弯处、管口等地方的电缆上装设标志牌，标志牌上应注明电缆编号、电缆型号、规格与起讫地点。

(11) 沿电气化铁路或有电气化铁路通过的桥梁上明敷电缆的金属护层或电缆金属管道，应沿其全长与金属支架或桥梁的金属构件绝缘。

(12) 敷设完毕后，应及时清除杂物，盖好盖板。必要时，还要将盖板缝隙密封。在施工完的隧道、电缆沟、竖井、电房出入口、管口进行密封。

1.2.4.1.2 敷设方式分解

各种敷设方式的特点、技术要求如下：

2.2.4.1.3 直埋敷设

电缆直埋敷设施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 沟底距地面的距离应满足设计要求。

(2) 电缆沟底应平整，并按设计要求铺上软土或沙。

(3) 电缆之间，电缆与其他管道、道路、建筑要求，不得将电缆平行敷设于管道的上方或下方，最小允许净距。

(4) 电缆与铁路、公路等交叉以及穿过建筑物时，可将电缆穿入电缆管中，以防止电缆受到机械损伤，同时也便于日后拆换电缆。

(5) 在电缆路径的土壤中，如发现有化学腐蚀、电解腐蚀、白蚁危害等，应采取相应的保护措施。

(6) 人工敷设电缆。电缆的人工拉引一般是人力、滚轮和人工相结合的方法，这种方法需要施工人员较多，特别注意的是人力分布要均匀合理，负载适当，并要统一指挥。电缆敷设时，在电缆盘两侧须有协助推盘及负责刹盘滚动的人员。为避免电缆拖伤，可把电缆放在滚轮上，敷设电缆的速度要均匀。

1.2.4.1.4排管敷设

排管敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 对设计图纸规定的管孔进行疏通检查，清除管道内可能漏浆形成的水泥结块或其他残留物，并检查管道连接处是否平滑，以确保电缆传入排管时不遭受伤。必要时应用管道内窥镜探测检查。

(2) 电缆进入排管前，可在其表面涂上与其护层不起化学作用的润滑物。管道口应套以光滑的喇叭管，井坑口应装有适当的滑轮组，以确保电缆敷设牵引时的弯曲半径，减小牵引时的磨擦阻力。

(3) 一条管道只能敷设一条电缆

1.2.4.1.5电缆沟敷设

电缆沟敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 电缆沟敷设电缆可用人力或机械牵引，见表5-3中6直埋敷设。

(2) 敷设前，要用抽风机进行排气。

(3) 电缆在支架敷设时，电力电缆间距和不同电压等级电力电缆间及控制电缆间的最小净距应符合设计要求。

(4) 电缆敷设完后，在电缆沟支条排列时按设计要求排列，金属支架应加塑料衬垫。如设计没有要求时应遵循电缆从下向上、从内到外的顺序排列原则

1.2.4.1.6桥梁敷设

桥梁敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 桥梁敷设应取得桥梁管理部门认可，电缆和附件的全部重量在桥梁设计允许承载范围之内。

(2) 在桥梁上敷设的电缆和附件，不得低于桥底距水面的高度，不得有损桥梁结构和外观。悬吊架设的电缆与桥梁架构之间的净距应符合设计要求。

(3) 敷设在长跨距桥梁上的电缆与附件，应具有适应安装环境性能，如耐震动、耐热机械力、耐腐蚀、外护套具有一定的绝缘性能。

(4) 在敷设牵引时，在桥堍处应有必要技术措施，使电缆承受的牵引力、侧压力、弯曲半径，都在允许值范围内，并经计算确认。

(5) 电缆桥梁敷设，除填砂和穿管外，应在桥墩两端和伸缩缝部位电缆应留有裕度

1.2.4.1.7隧道敷设

隧道敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 敷设前，要用抽风机进行排气。

(2) 使用机械敷设时，应有可靠的通信联络措施、（如在隧道增设对讲差转机）照明设施、通风设施。

(3) 使用机械敷设时，电缆从工作井引入时，搭建适当的滚轮支架，确保电缆不与地面及井口摩擦，并控制电缆弯曲半径、扭转力和侧压力。防止电缆铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂、绝缘破损等机械损伤。

(4) 牵引钢丝绳如需用滑车转向，可选择隧道内位置合适的拉环。

(5) 除以上四点，隧道敷设电缆可参照电缆沟敷设方式。

(6) 在电缆隧道中应有必要的防火措施

1.2.4.1.8水底敷设

水底敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 根据该项目设计要求和实际确定电缆登陆点和路径中心线。在两岸竖立标示路径中心线 and 设计偏移幅度的道标。确定过河或过江电缆长度及接头位置，并计算电缆牵引力制定牵引方向及牵引方式。并办理封航手续。

(2) 按设计要求在河两岸选择适当位置作为电缆出入水点。通常浅滩较长的岸边为始端登陆处，末端登陆长度越短越好。

(3) 在水域不太宽且流速小的河道施工，可将电缆盘放在岸上，将电缆浮悬在水面上，由对岸钢丝绳牵引敷设；在江面宽、流速大、航行船频繁处施工，应将电缆盘放在敷设船上，边航行边敷设。

(4) 中间水域敷设时要控制三个环节：

1) 控制好消除铠装钢丝的退扭力。在牵引端上应装防捻器，散装敷设施工船上装退扭架。

2) 控制好敷设船按设计路径航行，航行轨迹不应超过设计允许的偏离范围。

3) 控制好电缆敷设速度、入水角和电缆张力，以确保电缆敷设过程中不打小圈。

(5) 水底电缆引到岸上的部分应穿或加保护盖板等保护措施，其保护范围，下端应为最低水位时船只搁浅及撑篙达不到之处；上端高于最高洪水位。在保护范围的下端，电缆应固定。

(6) 水底电缆敷设后，应作潜水检查，电缆应放平，河床起伏处电缆不得悬空。并测量电缆的确切位置。在两岸必须按设计设置标志牌。

1.2.4.1.9 架空敷设

架空敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 为保护电缆的外护层不受到伤害及减少摩擦力，在钢绞线上吊装电缆滑轮。其间距与电缆单位长度的重量有关，一般每隔2~3m距离安装一个，以不使电缆下垂碰地为原则，电缆滑车成直线安装。牵引电缆时电缆网套与钢丝绳间必须加装防捻器。

(2) 电缆敷设分人工敷设和机械敷设两种。架空电缆线路均比较短，放线时可在地面将电缆放开量好长度把电缆锯断，再分段将电缆挂至吊线上。吊挂电缆时防止电缆弯曲半径过小，当地面障碍物较多无法采用此法时，可采用定滑轮法，放线时，防止挂住定滑轮或其他障碍物。

(3) 架空电缆一般用挂钩托挂在吊线下，也可绑扎。对于铠装电缆可每隔0.4m加以固定，若为无铠装电缆则挂钩距离应缩短。

(4) 架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时应符合下表架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时最小允许距离。

交叉设施	最小允许距离m	备 注
铁路	7.5	
公路	6	
电车路	3/9	至承力索或接触线/至路面
弱电流线路	1	
电力线路	2	电压：6～10kV

(5) 钢绞线应满足荷载要求，并全线有良好接地，在转弯处需打拉线或顶杆。

(6) 架空敷设的电缆不宜设置电缆接头

1.2.4.1.10 桥架敷设

桥架敷设电缆施工除符合一般规定外，还应注意以下几点：

(1) 敷设电缆可用人力或机械牵引，见直埋电缆牵引方式。

(2) 桥架水平敷设时，应将电缆单层敷设，排列整齐。不得有交叉，拐弯处应按电缆允许弯曲半径为准。

(3) 不同等级电压的电缆应分层敷设，高压电缆应敷设在最上层。

(4) 同等级电压的电缆沿桥架敷设时，电缆水平净距不得小于35mm。

(5) 电缆敷设排列整齐，水平敷设的电缆，首尾两端、转弯两侧及每隔5～10m处设固定点。

(6) 垂直敷设前，选好位置，架好电缆盘，电缆的向下弯曲部位用滑轮支撑电缆，在电缆轴附近和部分楼层应设制动和防滑措施；敷设时，同截面电缆应先敷设低层，再敷设高层。

(7) 如需自下而上敷设，低层小截面电缆可用滑轮绳索人力牵引敷设；高层大截面电缆宜用机械牵引敷设。

(8) 对于敷设于垂直桥架内的电缆，每敷设一根应固定一根，全塑型电缆的固定点为1m，其他电缆固定点为1.5m。

1.2.4.2 电缆调试

1.2.4.2.1 记录电缆的铭牌、环境数据

对照电缆合格证明文件、出厂试验报告以及设计图纸，核对电缆铭牌技术参数，检查并记录铭牌的出厂编号等数据。记录现场的温度、湿度；现场环境温度不低于5℃，空气相对湿度一般不高于80%。

1.2.4.2.2 将电缆从设备上拆卸

将电缆从开关柜或环网柜内的开关、母线等设备上拆卸下来，使电缆与其他设备隔离，并做好记号；应有足够的安全距离。

1.2.4.2.3 接取电源

正确接取电源，耐压试验必须使用带有过电流保护装置的电源箱，试验用电源应有断路明显的双刀开关和电源指示灯；试验仪器的接地端子、被试设备外壳的接地端均应与接地网连接可靠，接地线使用截面积不少于4mm²的多股软裸铜线。

1.2.4.2.4 电缆测试

(1) 检查电缆两端的相位：电缆两端的对应相相位应一致。

(2) 电缆的绝缘电阻：应各相间、相对地及金属屏蔽层间测量；耐压前后均应测量电缆的绝缘电阻，前后的绝缘电阻应无明显变化。

(3) 直流耐压试验和泄漏电流测试：分别在每一相上进行，对一相试验时，其他两相、屏蔽层、铠装层一起接地；试验电压可分4段均匀升压，每段停留1min，并读取泄漏电流，升至试验电压值后维持15min，读取1min和15min时的泄漏电流。

(4) 测试绝缘电阻、直流耐压试验进行的过程中，严禁人员进入试验范围及触碰正在试验的电缆；设专人监护，直流耐压试验高压引出线应支持牢固，并有足够的安全绝缘距离。加压前，必须认真检查试验接线，调压器零位及仪表的开始状态，均正确无误，通知有关人员离开被试电缆，包括电缆两侧，被试电缆的另一侧也应有人看护，采取呼唱应答的方式进行操作，升压过程，应观察仪表的指示，监视电缆的状况，根据现象来判断，每次加压试验完或变更相接线先将电压降至零位，断开试验电源，对被试电缆相及试验变压器高压部分放电、接地；升压过程中如出现电压表指针摆动幅度大，电流表指示急剧增加，有闪络、击穿、绝缘体发热冒烟等现象，应立即降压，断开试验电源，对被试电缆相及试验变压器高压部分放电、接地，视现象情况检查分析，判断再次试验或者停止试验。

1.2.4.2.5 恢复设备引线连接

将试验前拆除的电缆恢复原状，并确认连接牢固。

1.2.4.2.6 试验过程控制程序记录测试数据

试验数据与试验标准或者出厂试验报告比较，分析判断是否合格。

1.2.5 储能装置安装

1.2.5.1 磷酸铁锂电池安装

(1) 在良好的光线条件下，用目测法检查电池模块的外观，外观不得有变形及裂纹，表面平整、干燥、无外伤、无污物，且标志清晰、连接正确。

(2) 磷酸铁锂电池舱内应装设温控制器并有报警上传功能。

(3) 磷酸铁锂电池舱内的蓄电池应摆放整齐并保证足够的空间：电池间不小于15mm，蓄电池与上层隔板间不小于150mm。

(4) 磷酸铁锂电池舱结构应有良好的通风、散热。

(5) 磷酸铁锂电池组在同一层或同一台上的锂电池间宜采用有绝缘的或有护套的连接条连接，连接线无挤压。不同一层或不同一台上的锂电池间采用电缆连接。

(6) 系统应设有专用的磷酸铁锂电池放电回路，其直流空气断路器容量应满足磷酸铁锂电池容量要求。

(7) 电池应离开热源和易产生火花的地方，并避免阳光直射及置于大量有机溶剂气体和具有腐蚀性气体的环境中；其安全距离应大于0.5m。

(8) 磷酸铁锂电池舱内的锂电池组应有抗震加固措施。

(9) 磷酸铁锂电池舱门应向外开，舱门严密，舱体无渗、漏水。

(10) 磷酸铁锂电池舱的照明应使用防爆灯。

(11) 布线应排列整齐，极性标志清晰、正确。

(12) 电池编号应正确，外壳清洁。

1.2.5.2 PCS柜安装

(1) 柜体外形尺寸应与设计标准符合。柜体内紧固连接应牢固、可靠，所有紧固件均具有防腐镀层或涂层，紧固连接应有防松措施。

(2) 装置应完好无损，设备屏、柜的固定及接地应可靠，门应开闭灵活，开启角不小于90°，门与柜体之间经截面不小于4mm²的裸体软导线可靠连接。

(3) 元件和端子应排列整齐、层次分明、不重叠，便于维护拆装。长期带电发热元件的安装位置在柜内上方。

(4) 二次接线应正确，连接可靠，标志齐全、清晰，绝缘符合要求。

(5) 设备柜及电缆安装后，孔洞封堵和防止电缆穿管积水结冰措施检查。

(6) 柜内各表计正常、断路器无脱扣，接线无松动发热及变色现象。

1.2.5.3 EMS电池管理系统

(1) 系统机柜无有生锈、变形、腐蚀等情况。

(2) 设备指示灯、按钮等元器件无损坏。

(3) 所有电源连接器和电气连接件连接可靠，电气线路的绝缘性良好，电缆线、导电铜排无破损和老化情况。

(4) 系统放置室附近配备的灭火装置满足配置要求。

(5) 系统放置室内空间环境温度及湿度满足运行条件。

(6) 系统接地可靠，接地极无腐蚀，连接无松动、脱落现象。

1.3 土建工程

1.3.1 设备基础

1.3.1.1 钢结构基础

1.3.1.1.1 模板安装

(1) 基础支模前，基坑已经过设计及监理验收，验收手续已完备，并按设计图要求做好基坑垫层处理。

(2) 模板拼装可在坑外的地面进行，当基坑较大，吊装模板易引起变形时，可在坑内逐片组装，组装模板场地应平整、坚实。

1.3.1.1.2 钢筋绑扎

(1) 钢筋规格、型号、间距、搭接长度、焊接长度等应符合设计及规范有关要求。

(2) 焊缝表面平整，不凹陷，无焊瘤、无裂纹。

(3) 钢筋保护层要严格控制，厚度必须符合设计要求。

(4) 钢筋焊接的网格和骨架不得有变形、松脱。

1.3.1.1.3 地脚螺栓安装

(1) 地脚螺栓必须有出厂合格证，外观检测时如有严重腐蚀、变形的禁止使用。

(2) 地脚螺栓的安装必须有辅助件配合，如井字架、法兰盘、限位板等，地脚螺栓间距误差必须在设计要求之内。

(3) 地脚螺栓必须严格按设计图纸要求施工。对地脚螺栓的控制内容包括地脚螺栓间距、外露高度、同组地脚螺栓对中心偏移、拉杆长度等必须满足设计图纸要求。安装时应保持垂直，并固定可靠，防止浇制时摆动。

1.3.1.1.4混凝土振捣、浇筑

(1) 混凝土浇筑过程不得产生离析现象，自由下落高度不应超过2m，浇筑高度超过2m时，应采取安装溜槽、溜管等措施。

(2) 混凝土浇筑过程中，应设专人监视模板、钢筋、地脚螺栓等保证其位置不移动。如螺栓发生位移必须及时更正。

(3) 混凝土振捣宜采用插入式振捣器。

(4) 使用振捣器时，应快插慢拔，插点均匀，逐点移动，移动间距不大于振捣器作用半径的1.5倍。

(5) 振捣器应避免碰撞钢筋、模板、地脚螺栓。

1.3.1.1.5养护拆模

(1) 浇筑后，应在12h内开始浇水养护，当天气炎热、干燥有风时，应在3h内进行浇水养护。必要时可采用覆盖措施。

(2) 拆模时，应认真注意地脚螺栓的保护。

(3) 拆模后，应清除地脚螺栓上的残余水泥。

(4) 模板拆除后，基础外观质量不应有严重缺陷。对已经出现的严重缺陷，应由施工方提出技术处理方案，并经监理及设计认可后进行处理，对经处理的部位，应重新检查验收；模板拆除后，基础外观质量如出现一般缺陷，应由施工方按技术处理方案进行处理，以满足规范要求。

1.3.1.2设备基础

1.3.1.2.1确定开挖顺序、坡度

(1) 基础开挖坡度的确定，应先测量定位，找平放线，定出开挖宽度，按放线分块（段）分层挖土。根据土质和水文情况，采取四侧或两侧直立开挖或放坡，以保证施工操作安全。

(2) 当土质在天然湿度、构造均匀、水文地质条件良好（即不会发生坍塌、滑动、松散或下沉）且无地下水时，开挖基坑可不放坡，采取直立开挖且不加支护。基坑（槽）和管沟不加支撑的允许深度详情见下表。

序号	土 的 种 类	允许深度 m
1	密实、中密的砂子和碎石类土（充填物为砂土）	1.00
2	硬塑、可塑的粉质黏土及粉土	1.25
3	硬塑、可塑的黏土和碎石类土（充填物为黏土）	1.50
4	坚硬的黏土	2.00

（3）当土质略为松散，或超过上表规定的深度，但不大于2.5m时，应根据土质和施工具体情况进行放坡处理，以保证不塌方，其放坡坡度选用值应按下表实施。放坡后基坑上口宽度是由基坑深度及边坡坡度值来确定，坑底宽度每边应比基础底宽出20~25cm，以便于施工操作。

深度在2.5m内的基槽管沟坡的最陡坡度如下表所示。

土的类别	边坡坡度容许值（高:宽）		
	坡顶无 荷载	坡顶有 静载	坡顶有动 载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.5
中密的碎石类土 （填充物为砂土）	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土 （填充物为砂土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.5
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土（经井点降水后）	1:1.00	—	—

1.3.1.2.2 基坑开挖

（1）开挖基坑（槽）或管沟时，应合理确定开挖顺序、路线及开挖深度，分段分层均匀开挖。

（2）采用挖土机开挖基坑（槽）时，应从上而下按照坡度线向下开挖，严禁在不稳定土体之下作业，每层的中心地段应比两边稍高一些，以防积水。

(3) 在挖方边坡上如发现有软弱土、流砂土层，或地表面出现裂缝时，应停止开挖，并及时采取相应补救措施，以防止土体崩塌与下滑。

(4) 挖土机沿挖方边缘移动时，机械距离边坡上缘的宽度不得小于基坑（槽）和管沟深度的1/2。

(5) 机械开挖基坑（槽）和管沟，应采取措施防止基底超挖；机械开挖至接近设计标高时，应预留200~300mm厚土层，用人工开挖，以防发生超挖影响持力层的质量要求。

(6) 施工过程中严格按设计图施工，严禁超挖。如发生超挖，应首先将松动部分清除，然后妥善处理：超挖深度小于100mm时，采用原状土或石屑（或粗砂）回填压实至设计标高并夯实；超挖深度再大时，应报设计及建设单位处理。

(7) 机械挖不到的土方，应配以人工挖掘。挖出的土方应随挖随清，槽边1.0m以内不得堆土，并不得堆料和停置机具。槽边2m以外堆土不得大于1.5m。距槽边0.5m应搭设防护措施。

1.3.1.2.3基坑支护

配电房工程中，基坑支护形式一般采用连续式水平支撑支护，挡土板与被支护土方水平放置，相互紧靠，不留间隔，然后两侧同时对称立上竖木枋，上下各顶一根撑木，撑木的排列位置选择以减少影响后面工序施工为宜，端头木楔要加钉子固定

1.3.1.2.4排（降）水

(1) 土方开挖一般不宜在雨期施工，如必须在雨期施工时，开挖工作面不宜过大，一旦开挖即应连续快速进行。

(2) 雨期施工开挖的基坑（槽）或管沟，应注意边坡稳定及对沟底持力层的保护。

(3) 在基础外侧挖集水井，将基坑的地下水引入集水井，用潜水泵排走。

1.3.1.2.5修坡和清底

在距基槽底实际标高500mm槽侧处，抄出水平线，钉上小木橛，然后用人工将暂留土层挖走。同时由两端轴线（中心线）引桩拉通线（用小线或铅丝），检查距槽边尺寸，确定槽宽标准。以此修整槽边，最后清理槽底土方。

1.3.2电缆通道

1.3.2.1管道敷设

1.3.2.1.1土方开挖

沟体开挖出土方应及时外运，不得随意堆放。

(2) 沟体开挖时，密切注意地下管线、构筑物分布情况，发现问题，应立即停止开挖，并通知设计及监理人员，问题解决后继续施工。

1.3.2.1.2人工平整沟基

土方开挖完成后，按现场土质的坚实情况进行必要的沟底夯实处理及沟底整平。

1.3.2.1.3填碎石、石粉或粗砂垫层

管沟填碎石、石粉或粗砂垫层必须控制好高度，并压实填平，使管沟保持平直，回填的密实度应符合设计要求

1.3.2.1.4浇捣混凝土板基础

(1) 浇筑的混凝土板基础要平直，浇灌过程中用平板振动器振捣。

(2) 混凝土自由下落度应不大于2m，且不得集中于一点，尽量分散布置。

1.3.2.1.5支承墩

(1) 在高密度聚乙烯管（HDPE）接头及每隔3m处，可构筑高密度聚乙烯管（HDPE）支承墩；在缠绕玻璃钢管（DBW-R）接头及每隔2m处，可构筑缠绕玻璃钢管（DBW-R）支承墩。

(2) 在底层先砌砖，根据剖面图要求用砖包底层电缆管，再砌第二层，依此类推，逐层施工。

(3) 根据设计要求，采用混凝土支承墩等做法。

1.3.2.1.6管道敷设

(1) 管道敷设时对于中心线、高程严格控制，保证管道直顺，接口无错位，导管器试通合格。

(2) 管必须保持平直，管与管之间要有20mm的间距。

(3) 施工中防止水泥、砂石进入管内，出现该种情况必须马上清理干净。电缆管管口应排列整齐并不小于0.1%的排水坡度。施工完毕要用管盖盖住两端管。

1.3.2.1.7铺设石粉（管底铺设、管间、顶、冲填）

为确保铺设石粉的质量，石粉要分层冲填，保证管底、管间、管顶石粉层的密实度。

1.3.2.2非开挖管道

1.3.2.2.1钻沟、下管沟开挖

开挖应严格按挖沟断面分级开挖，沟体开挖应连续进行，挖出土方应及时外运，不得随意堆放。

1.3.2.2.2导向孔施工

(1) 导向孔施工应按事先设计好的钻孔轨迹进行导向施工，并做好导向孔施工的记录。

(2) 导向孔施工时，通过地面上的手持式导向仪，随时测量出孔底钻头深度和角度等参数，掌握孔内情况，随时进行控制和调整。每钻完一根钻杆要测量一次钻头的实际位置，以保证导向孔符合设计要求。导向钻孔轨迹与既有地下管线的最小安全距离如下表所示。

地下管线 名称	平行净距 m		交叉净距 m	
	扩孔直径 ≤ 500mm	500mm ≤扩孔直 径 ≤ 1000mm	扩孔直径 ≤ 500mm	500mm ≤扩孔直 径≤ 1000mm
给水管	1.5	2.0	1.5	2.0
排水管	1.0	1.5	1.0	1.5
热力管	2.0	2.5	1.5	2.0
煤气管	3.5	4.0	2.0	2.0
输油管	3.5	4.0	2.0	2.5
电力电缆	3.0	3.5	1.5	2.5
通信电（光） 缆	3.0	3.5	1.5	2.0

(3) 定向钻铺管工程应符合国家及地方有关城市规划、土地管理、环境保护等法律法规的规定。

1.3.2.2.3管材焊接

(1) 热熔对接是将待连接的管材(件)两端面刨平,用加热板加热,使塑管端面熔化,在一定的压力作用下,使熔化端面接触,熔融体互融,从而完成管道连接。

(2) 一般情况下,对接熔的整个过程分为五个阶段:预热阶段(即卷边阶段);吸热阶段;转换阶段(即加热板抽出阶段);熔接阶段;冷却阶段。

1) 预热阶段:即卷边过程,该过程中管材截面将根据控制设定产生一个卷边,卷边的高度因管材的规格不同而不同,卷边的高度将决定最终焊环的环形。

2) 吸热阶段:在这个阶段中,热量在所要连接的管材内扩散,这个阶段需要施加一个较小的压力。

3) 加热板取出阶段:这个阶段用来在将所连接的管材或管件接触之前,取出加热板。取出加热板和使连接管材相接触的时间越短越好,以避免热量损失或熔融端面被污染(灰尘、沙)氧化等。

4) 熔接阶段:即纯粹的熔接,将要连接的管材熔化端面相互接触,按所选择的标准逐渐建立和保持对接压力。

5) 冷却阶段:冷却过程按标准规范施以特定压力,注意不能有张力和机械应力,否则会影响熔接质量。冷却阶段所施加的压力有时与焊接压力相同,但主要依据使用标准而定。

6) 高密度聚乙烯管(HDPE)的加热熔接温度为220℃,各阶段所用时间T和压力P取决于所使用的管材标准,施工中,主要采用SHD—250塑料管道热熔对接机。

1.3.2.2.4 扩孔、清孔施工

(1) 在导向孔施工完成后,进行扩孔施工。扩孔的直径一般为所要敷设管道的外包络直径的1.2~1.5倍。当扩孔的直径较大时,需要用不同直径的扩孔钻头从小到大逐级将导向孔扩大至设计终孔直径(例如,设计扩孔终孔直径为用 650mm时,那么在扩孔施工时就要分别用直径 250mm、 350mm、 450mm、 550mm、 650mm的扩孔钻头进行分级扩孔)。扩孔时,不停地在扩孔钻头后方接上钻杆,使整个钻孔内始终都有钻杆。当某一级扩孔钻头回扩到入钻沟后,将扩孔钻头拆卸后,在出钻沟一端再接上下一级扩孔钻头,进行回扩,依此反复直到设计孔径。

(2) 在扩孔的同时要不断向孔内注入化学泥浆,以便排出扩孔时所切削下来的泥土、钻屑,防止孔壁坍塌以及减小回拖阻力。

1.3.2.2.5 回拉放管

(1) 将钻杆、扩孔钻头和被安装管线依次连接好，回拖入孔内。由于孔内充满泥浆，所以管线是处于悬浮状态的，管与孔壁之间由于泥浆润滑作用，减少了回拖阻力，当管道全部被拖入孔内后，拖管完成。

1.3.3室内电缆沟

1.3.3.1电缆沟

1.3.3.1.1土方开挖

(1) 沟体挖出的土方应及时外运，不得随意堆放。槽边1.0m以内不得堆土，并不得堆料和停置机具。槽边2m以外堆土高度不得大于1.5m。距槽边0.5m应搭设防护措施。

(2) 施工过程中严格按设计图施工，严禁超挖。如发生超挖，应首先将松动部分清除，然后妥善处理：超挖深度小于100mm时，采用原状土或石粉（或粗砂）回填压实至设计标高并夯实；超挖深度再大时，应报设计、建设单位处理。

(3) 沟体开挖时，密切注意地下管线、构筑物分布情况，发现问题，应立即停止开挖，并通知设计及监理人员，问题解决后才能继续施工。

(4) 如出现沟底持力层达不到设计要求时，应报设计、建设单位处理。

1.3.3.1.2人工平整沟底

土方开挖完成后，按现场土质的坚实情况进行必要的沟底夯实处理及沟底整平

1.3.3.1.3浇捣混凝土垫层

(1) 混凝土浇捣前根据设计要求做好钢筋绑扎，经监理验收合格后才能浇捣混凝土。浇筑的混凝土板要平直，浇灌过程中用平板振动器振捣，确保混凝土密实度，并人工找平。

(2) 混凝土浇筑方法：混凝土自由下落度应不大于2m，且均匀铺开。

(3) 已浇筑的混凝土强度等级达到1.2N/mm²后，方可允许人员在其上走动和进行其他工序

1.3.3.1.4电缆沟砌筑

(1) 砖砌筑前要复测量，确定方向后进行砌筑，砌筑240mm墙厚，宜采用灰砂砖，用水泥砂浆砌筑；砖砌筑前应提前24h浇水湿润，一般以水进入砖面15mm为宜，含水率为10%~15%，不宜使用含水率达饱和状态的砖砌筑。砌筑砂浆要充分搅拌均匀，

确保砂浆质量，砂浆应随拌随用，水泥砂浆必须在拌成3h内使用完毕，当施工期间最高温度超过30℃时，应在拌成后2h内使用完毕。超过上述时间的砂浆，严禁使用。

(2) 砖砌体要横平竖直，竖缝要错开，灰缝饱满均匀，水平灰缝宜为10mm，不应小于8mm，也不应大于12mm。

(3) 砌筑宜采用挤浆法，或者采用“三一砌砖法”，即：一铲灰、一块砖、一挤揉并随手将挤出的砂浆刮去。操作时砌块要找平、跟线，如发现有偏差，应随时纠正，严禁事后采用撞砖纠正。砌墙应边砌边将溢出砖墙面的灰浆刮除。

(4) 电缆支架常采用固定于电缆沟侧墙用于支撑电缆的悬臂式层状型混凝土结构，通过预埋与墙体固定

1.3.3.1.5压顶梁混凝土浇注

(1) 制安模板应托架牢固、模板平直、支撑合理、稳固及拆卸方便，模板宜采用18mm建筑夹板，压脚及支撑采用木方条，为保证电缆沟压顶梁顺直，压顶梁内侧模板可采用槽钢做内模。

(2) 钢筋绑扎：钢筋规格、品种、间距、搭接、焊接、保护层等应满足设计要求并经监理验收合格。

1.3.3.1.6拆模养护

(1) 非承重构件的混凝土强度达到1.2MPa且构件不缺棱掉角，方可拆除模板。

(2) 在混凝土浇筑完毕后的12h内淋水养护并加以覆盖，淋水次数可根据气温高低作适当调整。在气温较高时，尤其应注意混凝土外露表面不要脱水，普通混凝土养护时间不少于7天

1.3.3.1.7电缆沟内抹灰

(1) 抹灰工程必须在砌体结构及压顶梁施工完成，并经有关部门验收合格后才能施工。

(2) 抹灰工程施工的环境温度不宜低于5℃。在低于5℃的气温下施工时，应有保证工程质量的有效措施。

(3) 抹灰前，应检查抹灰面上的预埋件安装的位置是否正确，与墙体连接是否牢固

1.3.3.1.8盖板铺设

(1) 预制混凝土盖板的原材料、配合比、强度应符合规范要求。盖板表面不得有露筋、蜂窝、麻面、裂缝、破损等现象，外表面光滑、色泽一致。

(2) 盖板就位时，应调整构件位置，使其缝宽均匀，保证板与板之间的缝隙按设计要求的尺寸内正反面位置正确、平稳、整齐

1.3.3.1.9沟槽土方回填

采用人工回填，宜采用原状土、石粉、粗砂分层夯实，每层厚度不应大于300mm。严禁机械直接推填，防止损坏电缆沟结构。