

编号: ZHJL-DPRSWM-03

东方日升乌海 50MW 光伏发电项目

监理实施细则（电气）

编 制: 王明官
审 核: 刘士俊

东方日升乌海 50MW 光伏发电项目监理项目部

2018 年 4 月

目 录

1 工程概况.....	1
1.1 工程名称.....	1
1.2 建设地点.....	1
1.3 工程概况.....	1
1.4 参建单位	1
2 编制依据.....	1
2.1 法律法规	1
2.2 国家或行业标准	2
2.3 其它依据.....	2
3 专业特点、难点和薄弱环节.....	2
3.1 工程特点.....	2
3.2 难点和薄弱环节.....	3
3.3 监理内容.....	3
4 专业监理工作流程.....	4
4.1 施工方案监理审查程序.....	4
4.2 特殊工种作业人员监理审查程序.....	4
4.3 主要材料监理控制程序.....	6
4.4 施工用电监理控制程序.....	7
4.5 物资采购与运输监理服务程序.....	8
4.6 图纸会审监理服务程序.....	9
4.7 工程开工监理控制程序.....	10

4.8 工程质量监理工作程序.....	11
4.9 工程进度监理工作程序.....	12
4.10 工程投资监理工作程序.....	13
5 施工质量控制的重点.....	14
5.1 质量控制重点.....	14
5.2 光伏组件串测试.....	22
5.3 逆变器调试.....	23
5.4 二次系统调试.....	24
6 监理控制的措施.....	26
6.1 施工质量控制措施.....	26
6.2 质量验收程序.....	27
6.3 进度控制的工作内容.....	28
6.4 进度控制的工作措施.....	28
7 安全文明施工要求.....	29
7.1 拼装、焊接安全施工要求.....	29
7.2 吊装就位调整焊接安全施工要求.....	29
7.3 现场文明施工要求.....	30

1 工程概况

1.1 工程名称

东方日升乌海 50MW 光伏发电项目

1.2 建设地点

内蒙古自治区乌海市

1.3 工程概况

乌海市是内蒙古太阳能资源丰富区域之一，水平面太阳能年总辐射量介于 1400～1750kWh/m² 之间，年日照时数在 2700～3200 小时之间，场址中心位置约：东经 106° 53′ 30″，北纬 39° 38′ 30″。项目建设场址位于海勃湾区矿区，占地约 1.26 平方公里，采用（全额上网）的方式建设规模为 50MW 的集中式地面光伏电站。项目选用 275WP 和 270WP 的多晶硅组件共 20.1 万块，电池组件规格为 1650×992×35MM 和 1640×992×35MM，采用主串式、集散式、集中式逆变器，建设光伏阵列、并网逆变器设备、交流配电柜等设施，以 110KV 电压等级接入电网。项目总投资 38543 万元，年平均上网电量为 5831 万千瓦时。

1.4 参建单位

建设单位：东方日升（宁波）电力开发有限公司

施工单位：包头青山电器设备有限公司

监理单位：常州正衡电力工程监理有限公司

2 编制依据

2.1 法律法规

1. 《中华人民共和国建筑法》
2. 《中华人民共和国电力法》
3. 《中华人民共和国安全生产法》
4. 《建设工程质量管理条例》
5. 《建设工程环境保护条例》
6. 《建设工程安全生产管理条例》
7. 《电力安全事故应急处理和调查处理条例》
8. 《电力建设工程监理规范》DL/T5434-2009

9. 《建设工程施工质量验收统一标准》 GB50300—2001

2.2 国家或行业标准

1. 《光伏电站设计规范》 GB50797-2012
2. 《光伏电站施工规范》 GB50794-2012
3. 《光伏发电工程验收规范》 GB50796-2012
4. 《晶体硅光伏（PV）方阵 I-V 特性的现场测量》（GB/T18210-2000）
5. 《电气装置安装工程质量检验及评定规程》 DL/T 5161.14-2002
7. 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》 GB50169-2006
9. 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》 GB50168-2006
10. 《光伏电站接入电力系统技术规定》 GB/T 19964-2012
11. 《光伏系统并网技术要求》 GB/T 19939-2005
12. 《光伏发电系统接入配电网设计规范》 GB/T50865-2013
13. 《光伏电站接入电网技术规定》 Q/GDW617-2011
14. 《分布式电源接入电网技术规定》 Q/GDW 480-2010
15. 《配电网规划设计技术导则》 Q/GDW 1738-2012
16. 《电力系统安全稳定导则》 DL 755—2001
17. 《光伏电站无功补偿技术规范》 GB/T 29321-2012
18. 《继电保护和安全自动装置技术规程》 GB14285-2006
19. 《电力系统调度自动化系统设计内容深度规定》 DL/T 5003-2005
20. 《电力系统通信系统设计内容深度规定》 DL/T 5447-2012

2.3 其它依据

1. 《建筑工程监理合同》
2. 《建筑工程施工合同》
3. 施工图设计图纸及相关文件
4. 批准的《监理规划》
5. 批准的《施工组织设计》

3 专业特点、难点和薄弱环节

3.1 工程特点

本项目位于内蒙古自治区乌海市内，项目用地属于沉陷区废弃土地。为响应国家光伏扶贫计划，提高土地资源的利用，在沉陷区废弃土地上建设光伏电站项目。

3.2 难点和薄弱环节

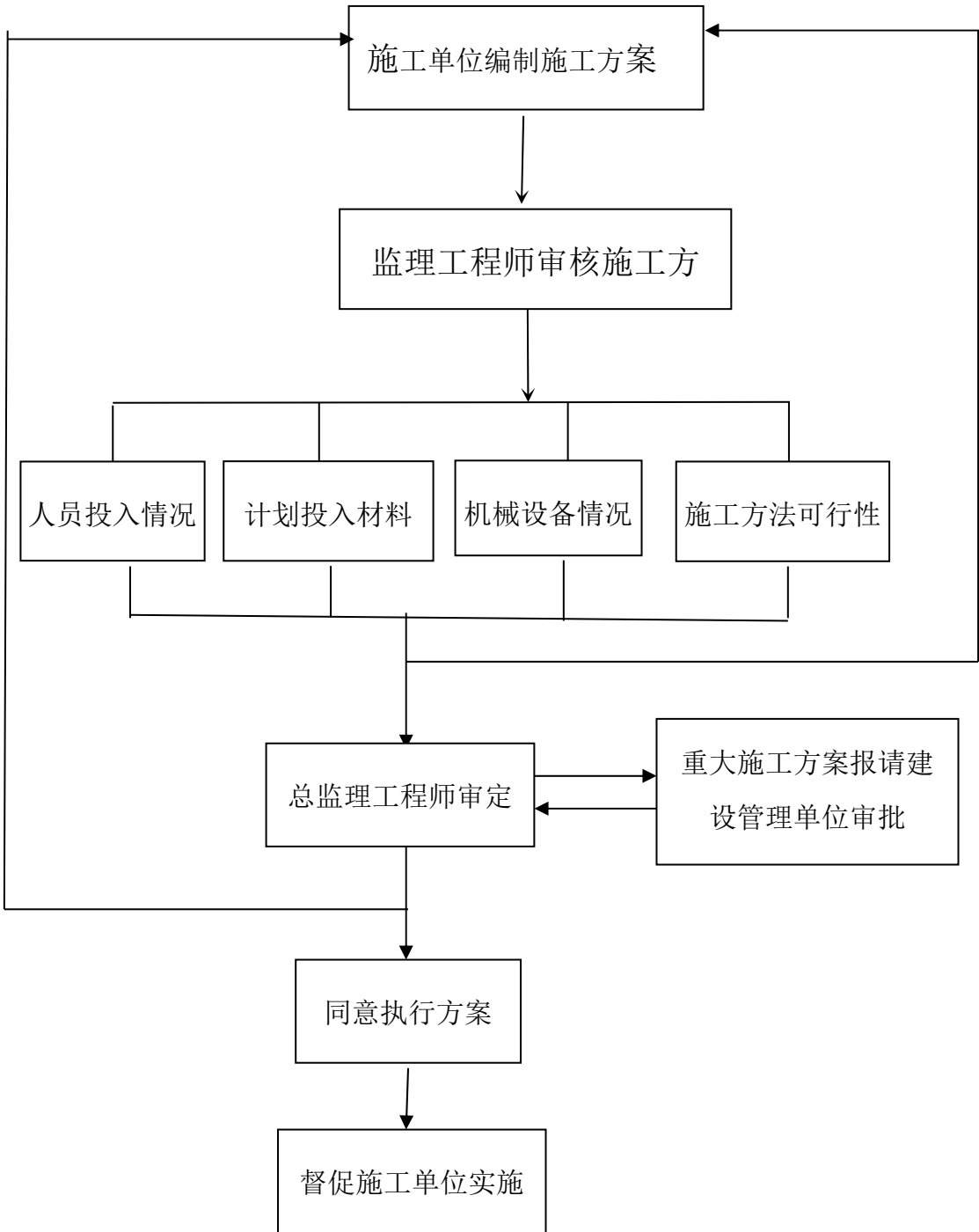
1. 拟建场地距离断裂较远，适宜建站。该场地 50 年超越概率 10%的 II 类场地地震动峰值加速度为 0.20g，其相应的地震基本烈度为Ⅷ度。
2. 场地土类型为中硬土，建筑场地类别为 II 类，属抗震有利地段，场地无液化现象。
3. 站址地貌为黄河古冲积阶地地貌，站址内 15.0m 勘探深度内地层主要有风积砂、圆砾、细砂及卵石构成。
4. 场地内最大勘探深度 15.0m 内未发现地下水，故可不考虑地下水对工程影响。
5. 根据地区经验，场地浅层土对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋及钢结构均具微腐蚀性。
6. 土壤的最大冻结深度为 1.78m，土壤标准冻结深度为 0.84m。最大冻结深度内的地基土可不考虑其冻胀性。
7. 本次勘测场地内未发现埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等其它影响场地及地基稳定性的地下埋藏物。
8. 站站址地形平坦开阔，周边未见不良地质作用。
9. 建议升压站采用天然地基，①层粉细砂力学性质差，厚度有限，建议清除；②层圆砾及以下各层可做为建（构）筑物天然地基基础持力层或下卧层。

3.3 监理内容

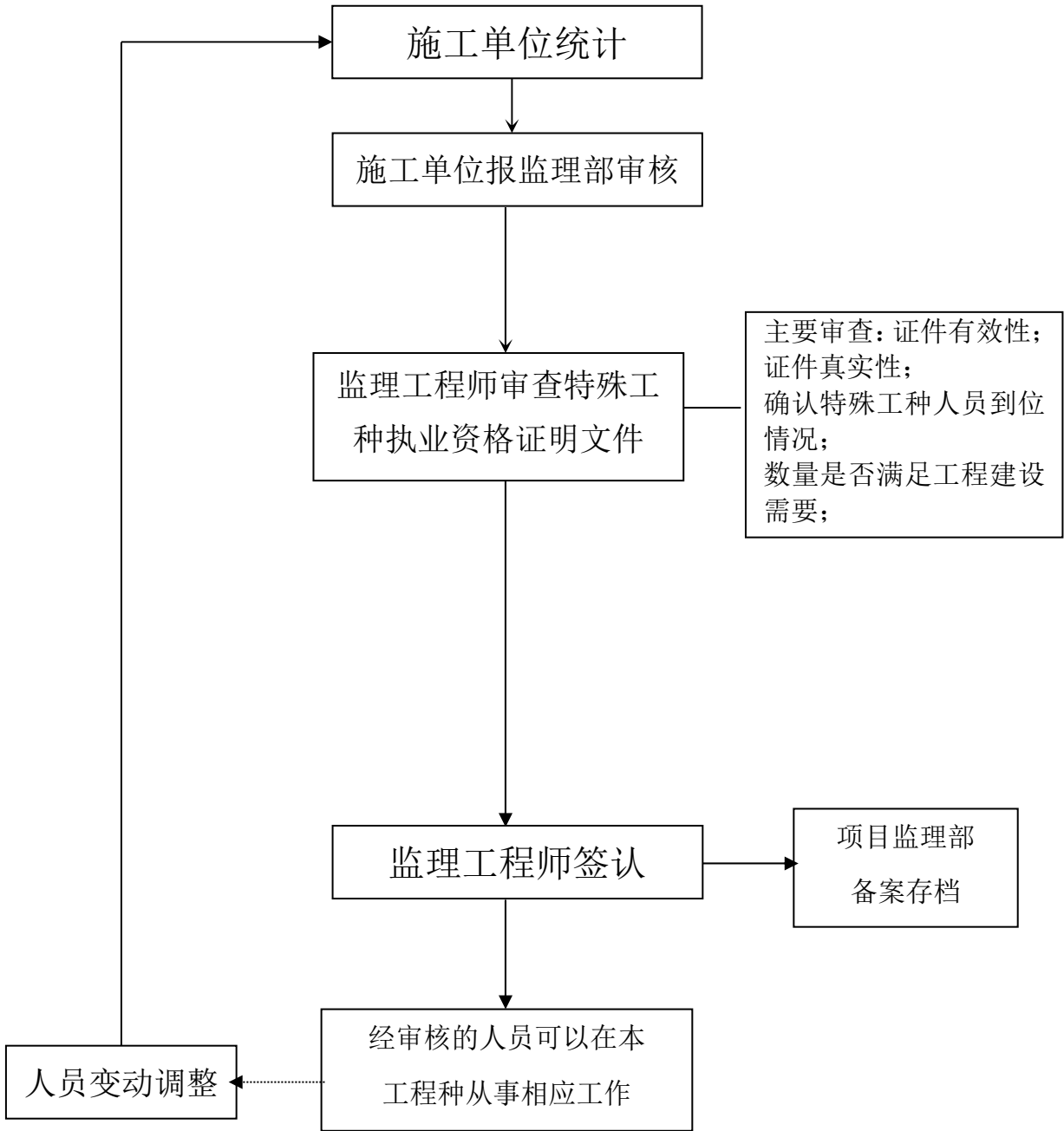
- 3.3.1 组件支架安装、光伏组件安装、逆变器的安装调试、汇流箱的安装调试；
- 3.3.2 电缆支架的制作及安装；光伏电缆和电力电缆及控制电缆安装调试；
- 3.3.3 接地的检测。

4 专业监理工作流程

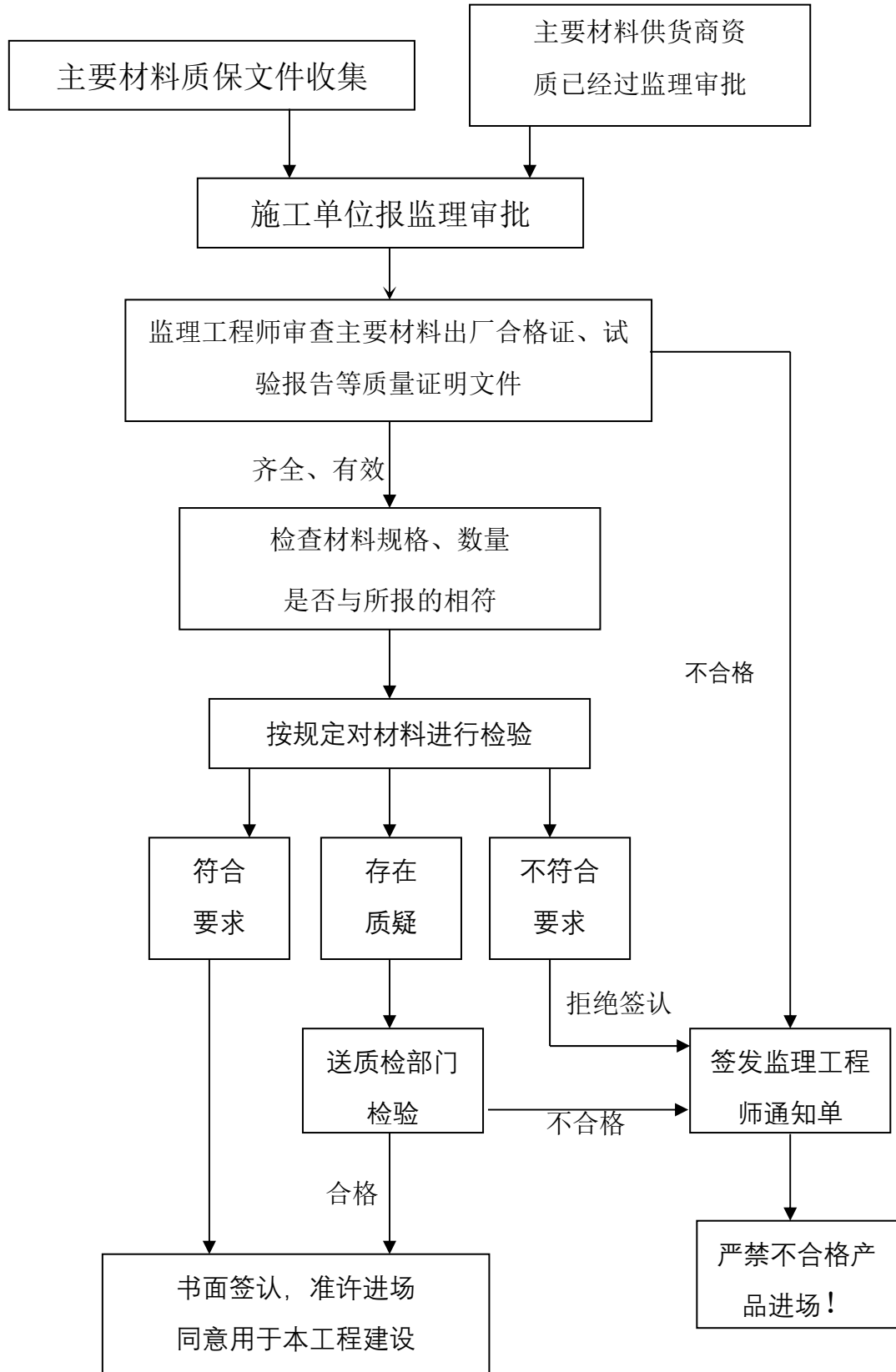
4.1 施工方案监理审查程序



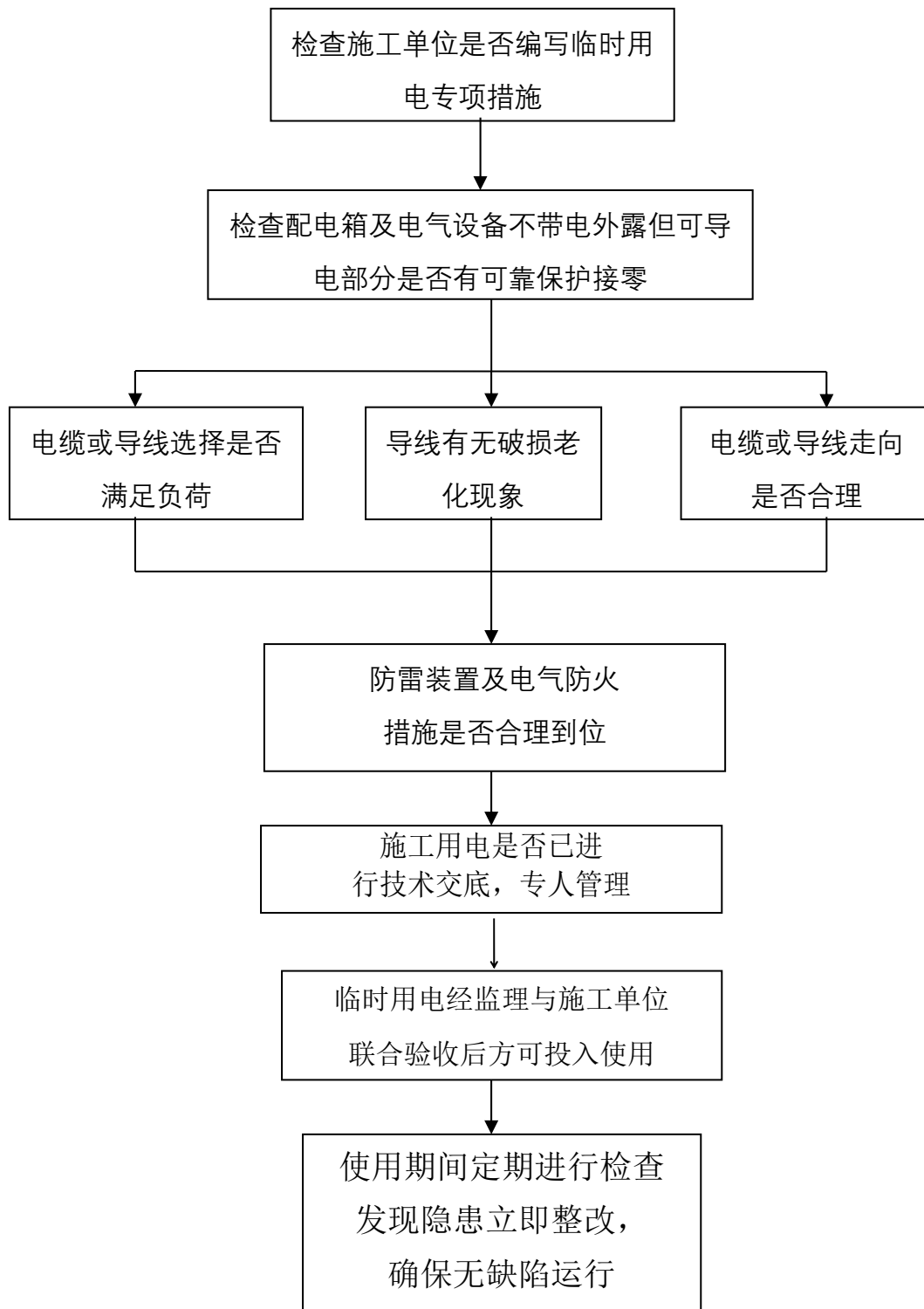
4.2 特殊工种作业人员监理审查程序



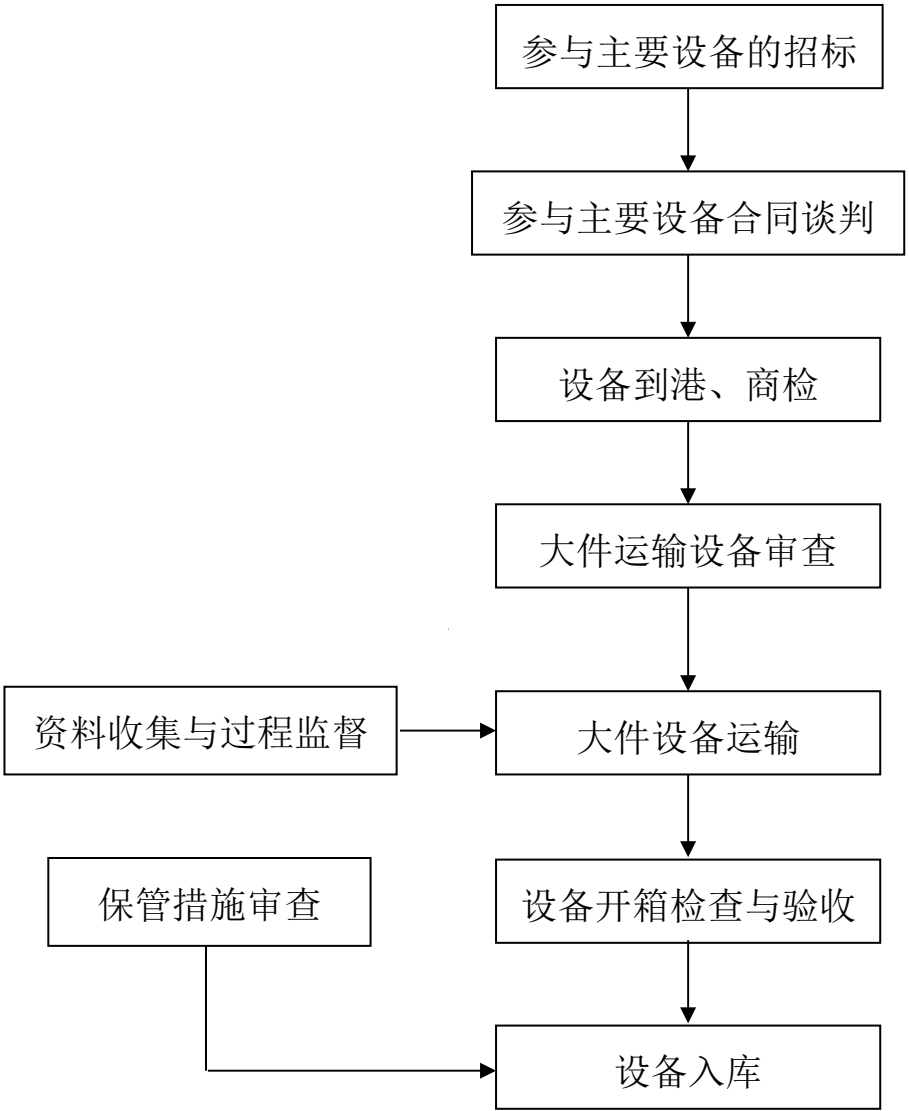
4.3 主要材料监理控制程序



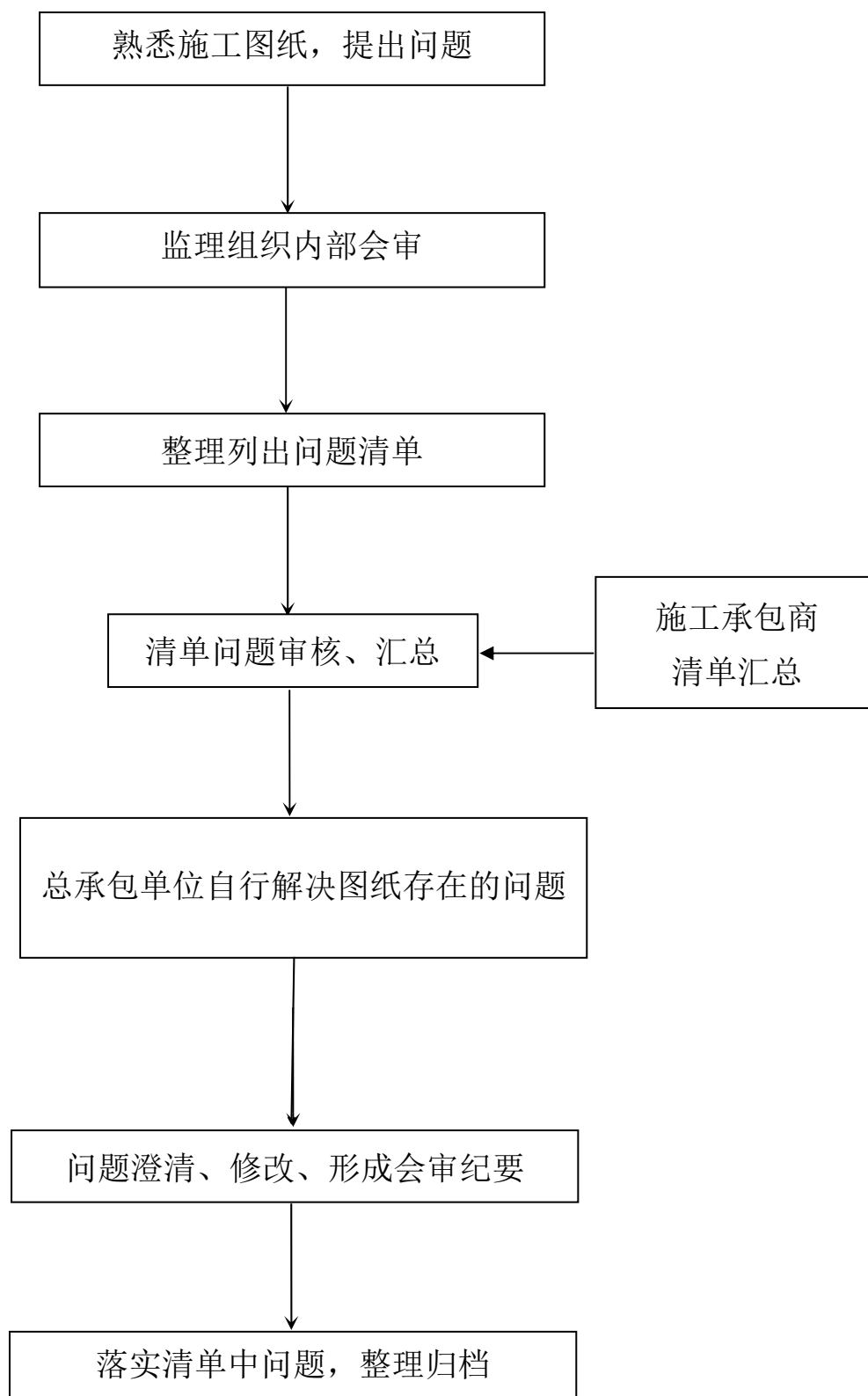
4.4 施工用电监理控制程序



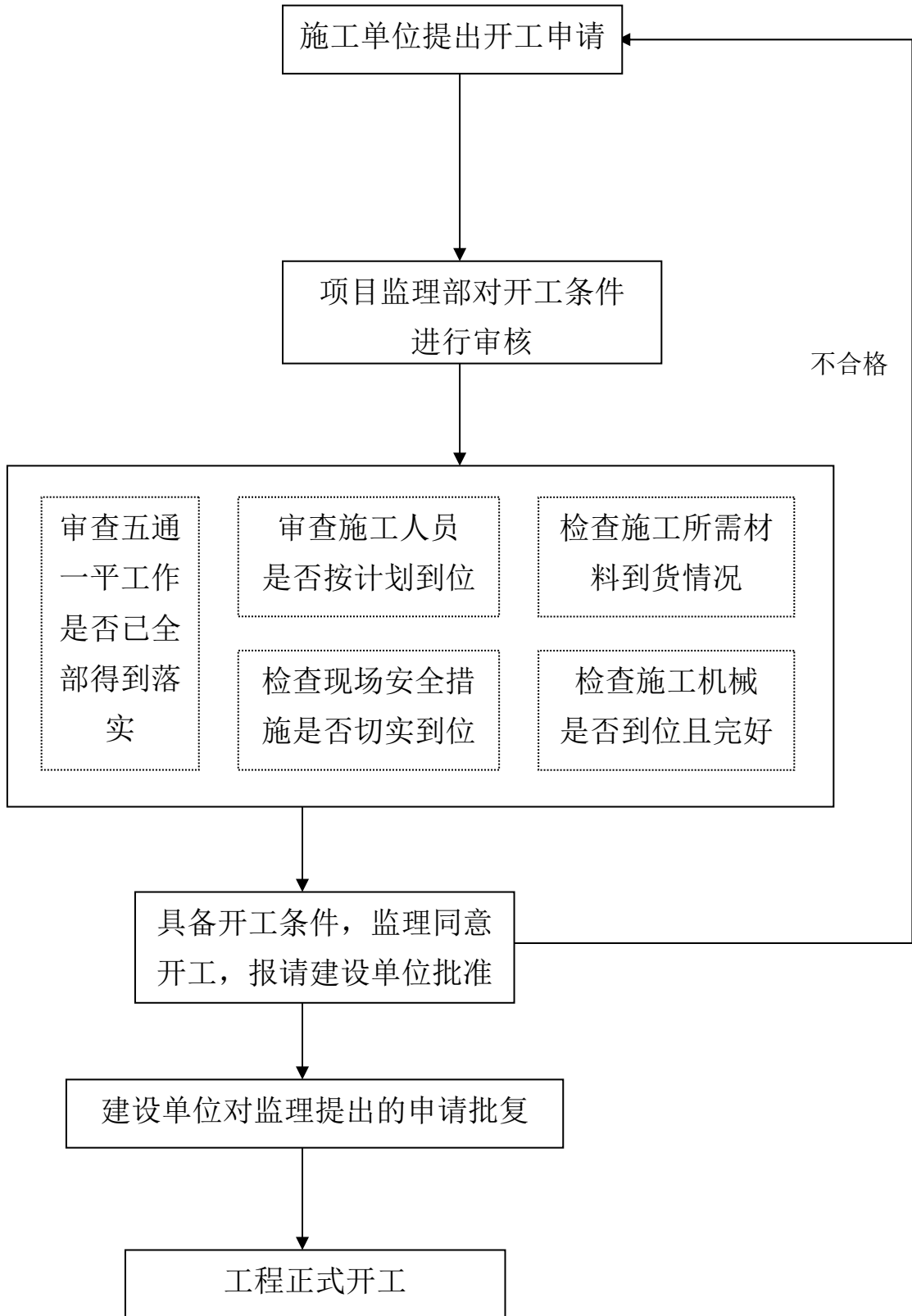
4.5 物资采购与运输监理服务程序



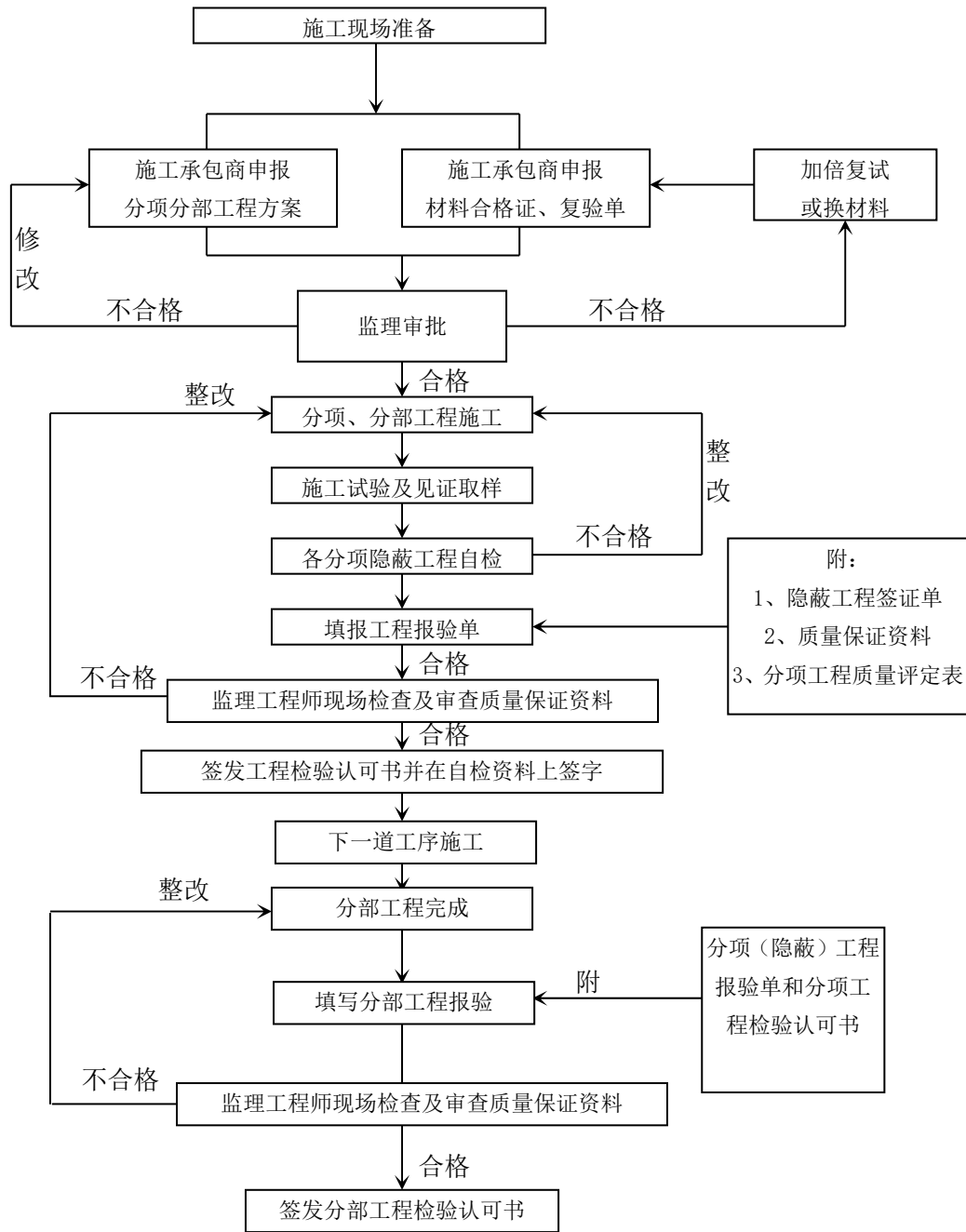
4.6 图纸会审监理服务程序



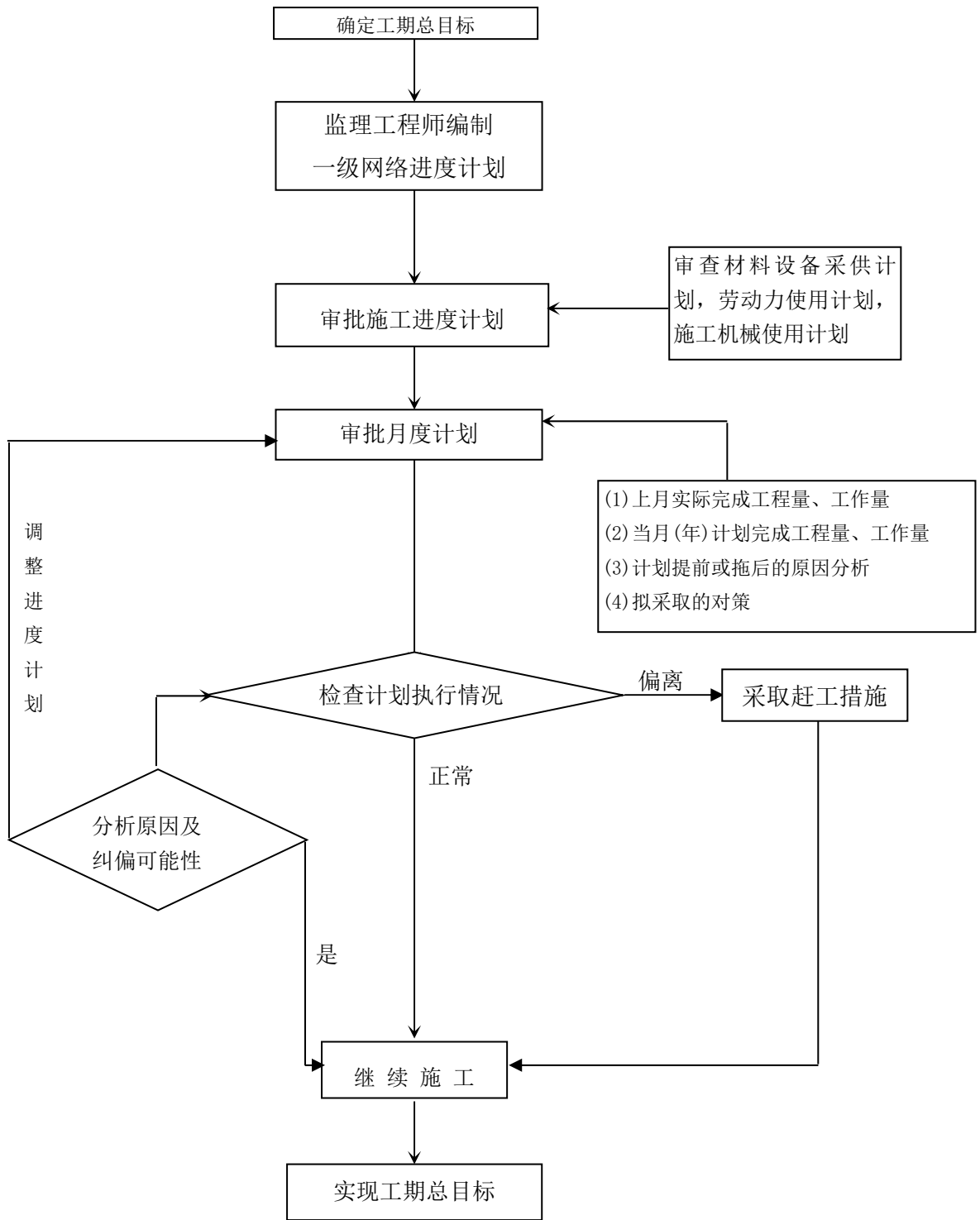
4.7 工程开工监理控制程序



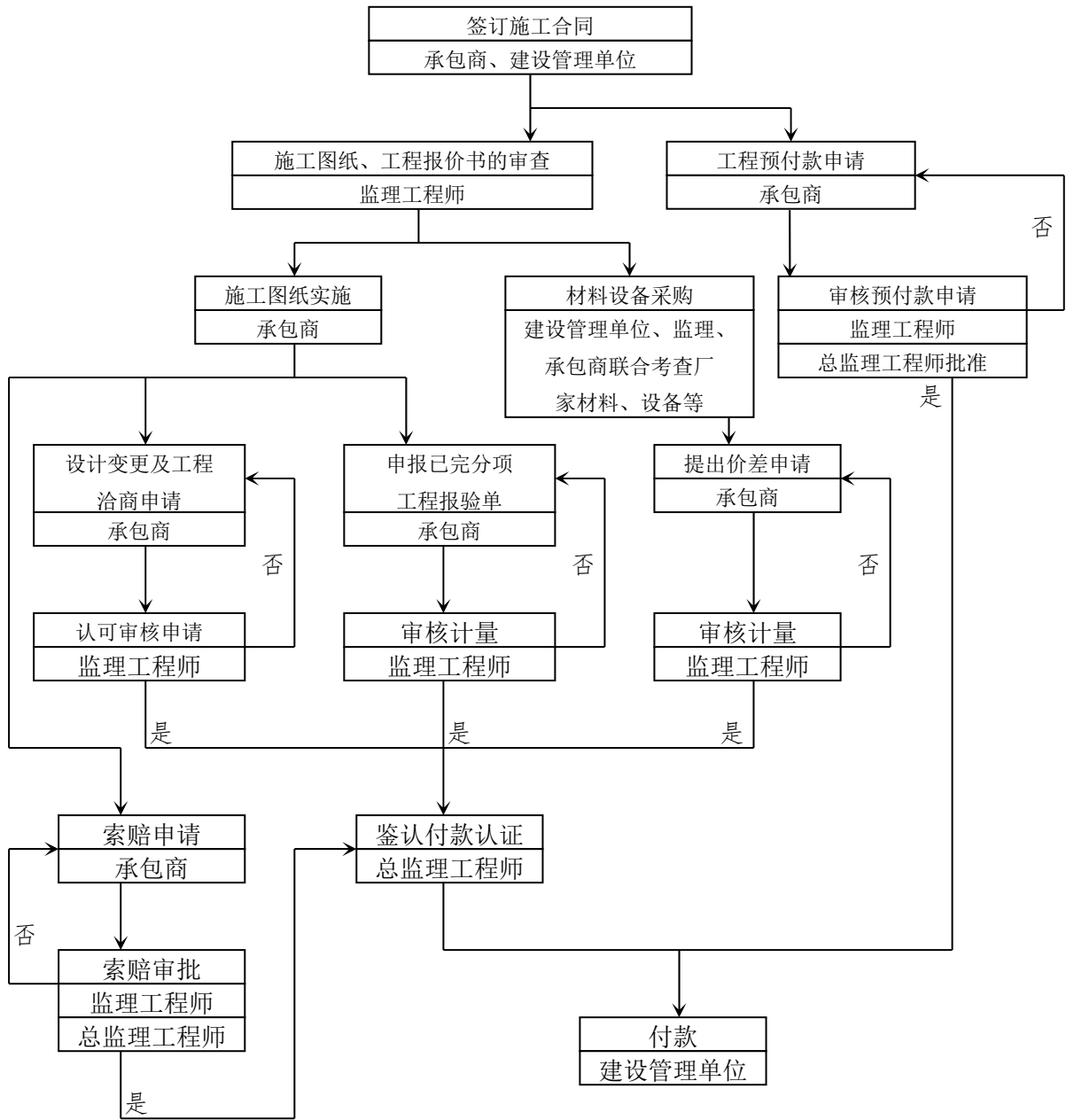
4.8 工程质量监理工作程序



4.9 工程进度监理工作程序



4. 10 工程投资监理工作程序



5 施工质量控制的重点

5.1 质量控制重点

5.1.1 光伏板构件及光伏板的安装质量控制：

1、支架安装前应做下列准备工作：

采用现浇混凝土支架基础时，应在混凝土强度达到设计强度的 70%后进行支架安装。

支架到场后应做下列检测：

1) 外观及防腐镀层应完好无损。

2) 型号、规格及材质应符合设计图纸要求，附件、备件应齐全。

对存放在滩涂、盐碱等腐蚀性强的场所的支架应做好防腐蚀工作。

支架安装前安装单位应按照“中间交接验收签证书”的相关要求对基础及预埋件（预埋螺栓）的水平偏差和定位轴线偏差进行查验。

2、固定式支架及手动可调支架的安装应符合下列规定：

1 支架安装和紧固应符合下列要求：

1) 采用型钢结构的支架，其紧固度应符合设计图纸的要求及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的相关规定。

2) 支架安装过程中不应强行敲打，不应气割扩孔。对热镀锌材质的支架，现场不宜打孔。

3) 支架安装过程中不应破坏支架防腐层。

4) 手动可调式支架调整动作应灵活，高度角调节范围应满足设计要求。

2 支架倾斜角度偏差度不应大于 $\pm 1^{\circ}$ 。

3 固定及手动可调支架安装的允许偏差应符合下表中的规定。

项 目 名 称	允许偏差（ mm ）
中心线偏差	≤ 2
立柱面偏差（同组）	≤ 3

3、光伏组件安装前应做下列准备工作：

1) 支架的安装应验收合格。

2) 宜按照光伏组件的电压、电流参数进行分类和组串。

3) 光伏组件的外观及各部件应完好无损。

4、光伏组件的安装应符合下列要求：

1) 光伏组件应按照设计图纸的型号、规格进行安装。

2) 光伏组件固定螺栓的力矩值应符合产品或设计文件的规定。

3 光伏组件安装允许偏差应符合下表规定。

项 目	允许偏差	
倾斜角度偏差	$\pm 1^{\circ}$	
光伏组件边缘高差	相邻光伏组件间	$\leq 2\text{mm}$
	同组光伏组件间	$\leq 5\text{mm}$

光伏组件之间的接线应符合下列要求：

1 光伏组件连接数量和路径应符合设计要求。

2 光伏组件间接插件应连接牢固。

3 外接电缆同插接件连接处应搪锡。

4 光伏组件进行组串连接后应对光伏组件串的开路电压和短路电流进行测试。

5 光伏组件间连接线可利用支架进行固定，并应整齐。

6 同一光伏组件或光伏组件串的正负极不应短接。

5.1.2 严禁触摸光伏组件串的金属带电部位。

5.1.3 严禁在雨中进行光伏组件的连接工作。

a 光伏板构件的基础应水平，且固定牢固；光伏板构件基础型钢应有可靠的接地，并做防腐处理；光伏板安装应符合现场安装图纸要求。

b 检查预埋的部件应牢固可靠，符合设计要求；安装光伏板构件的基础应与预埋件可靠固定；将光伏板构件的安装基础与主接地网进行可靠的焊接；光伏板的布置应整齐美观，不得有损坏现象。

5.1.4 电气一次设备安装质量控制

5.1.5 汇流箱安装前应符合下列要求：

1 汇流箱内元器件应完好，连接线应无松动。

2 汇流箱的所有开关和熔断器应处于断开状态。

3 汇流箱进线端及出线端与汇流箱接地端绝缘电阻不应小于 $20\text{M}\Omega$ 。

5.1.6 汇流箱安装应符合下列要求：

- 1 安装位置应符合设计要求。支架和固定螺栓应为防锈件。
- 2 汇流箱安装的垂直偏差不应小于 1.5mm。

汇流箱内光伏组件串的电缆接引前，必须确认光伏组件侧和逆变器侧均有明显断开点

(1) 汇流箱的安装调试

安装汇流箱支架，螺栓连接牢固，与组件支架焊接牢固；将汇流箱安装就位，且调整整齐，安装牢固；汇流箱其它附件的安装按照要求按图施工。汇流箱及辅助设备投运前的试验项目应符合标准。验收合格后进行设备通电。核对极性，依次对汇流箱进行冲流，观察应无异常现象；对汇流箱进行加负荷，观察应无异常现象。对汇流箱进行加负荷 72 小时试运行。

(2) 逆变器的安装调试

- 3 混凝土基础及构件应达到允许安装的强度，焊接构件的质量应符合要求。
- 4 预埋件及预留孔的位置和尺寸，应符合设计要求，预埋件应牢固。
- 5 检查安装逆变器的型号、规格应正确无误；逆变器外观检查完好无损。

逆变器的安装调试严格按图纸及厂家技术要求执行，厂家技术代表现场提供指导。

5.1.7 逆变器的安装与调整应符合下列要求：

- 1 采用基础型钢固定的逆变器，逆变器基础型钢安装的允许偏差应符合下表的规定。

逆变器基础型钢安装的允许偏差

项 目	允许偏差	
	mm/m	mm/ 全长
不直度	< 1	< 3
不平度	< 1	< 3
位置误差及不平行度	—	< 3

- 2 基础型钢安装后，其顶部宜高出抹平地面 10mm。基础型钢应有明显的可靠接地。

- 3 逆变器的安装方向应符合设计规定。

- 4 逆变器与基础型钢之间固定应牢固可靠。

5.1.8 逆变器交流侧和直流侧电缆接线前应检查电缆绝缘，校对电缆相序和极性。

5.1.9 逆变器直流侧电缆接线前必须确认汇流箱侧有明显断开点。

5.1.10 电缆接引完毕后，逆变器本体的预留孔洞及电缆管口应进行防火封堵。

(1) 柜体安装调试

柜体成列安装时，其垂直度、水平偏差以及盘、柜面偏差和盘、柜间接缝的允许偏差应符合以下表格内容的规定：

项 目		允许偏差
垂直度（每米）		小于 1.5mm
水平偏差	相邻两盘顶部	小于 2 mm
	成列盘顶部	小于 5 mm
盘面误差	相邻两盘面	小于 1 mm
	成列盘面	小于 5 mm
盘间接缝		小于 2 mm

(2) 电力电缆的安装调试

电缆敷设前，应根据电缆长度对电缆廊道长度的实地测量校对。电缆敷设速度根据制造厂家要求进行，电缆允许最大牵引力的大小要符合制造厂技术要求。电缆在敷设过程中其弯曲半径不小于 2m，电缆摆放后，各电缆夹固定距离按厂家和设计图纸要求进行放置，加固牢靠。敷设电缆时留有足够的备用长度，作为温度变化而引起变形的补偿和事故检修时使用。

电缆敷设过程中，注意对电缆外护层的保护，防止刮伤、碰伤。电缆敷设完成后进行电缆摆放固定，各相间排列整齐、美观，没有交叉。电缆与电缆卡子接触处垫有橡胶垫。现场电缆终端头制作按合同文件执行，严格遵照厂家制定的工艺规程进行电缆终端头制作、导体连接、电缆终端吊装、附件安装等。准备临时保护棚，以满足防尘、防潮、场地清洁无污染的要求；

电缆保护管安装：横平竖直、间距均匀一致、排管排列整齐、弯管弯度一致，固定牢固、附件齐全，接地可靠，与金属软管过渡要圆滑美观。

电缆敷设：型号、规格符合设计，按层施放，排列整齐，弯曲弧度一致，松紧适度，电缆进入设备前应用过渡支架，电缆层清洁、无杂物；

电缆固定：电缆绑扎用扎带，电缆在拐弯处两侧、在中间头两侧、进入设备前等处均要固定，固定间距：水平段 $\leq 3m$ ，垂直段(倾斜 45°) $\leq 1.5m$ ，且均匀绑扎，方向一致，固定牢固。

电缆标示牌：字迹清晰、工整，不褪色，绑扎牢固，标示牌齐全，规格统一，两端及转弯处设有标示牌。

电缆头制作：端头面要平齐且垂直电缆轴线，成型后为圆筒型，长度为 26mm~28mm，直径大于电缆外径 2mm，电缆头高度应一致，且距最下面的一个端排一般不大于 20cm。

电缆芯线绑扎：电缆芯线应顺直绑扎，间距应均匀，一般 10~15cm。成型流畅。

屏、柜、箱内电缆排列及布线弧度应一致、排列整齐、不交叉、线鼻子压接紧固，接线紧固可靠。不得有中间接头。电缆屏蔽层的接地应符合有关规定。

直埋电缆埋设深度为 0.8 米，上下保护层应大于 100mm，无可能损坏电缆的杂物，回填后表面应平整充实。

电缆接引：所有电缆均使用接线鼻子，且使用镀锡材料，接引时在接触面涂抹导电膏，且接线牢固可靠，相序正确。

所有电缆穿越隔墙的孔洞、电缆桥架与套管之间的缝隙，应采用防火材料进行封堵，无遗漏。封漏要密实，表面工艺美观。保证电缆之间位置符合防火要求，按设计刷防火涂料。

5.1.11 电气二次设备安装质量控制

（1）设备开箱验收

设备开箱验收由施工单位提出申请，监理人组织建设单位、安装单位技术人员、施工人员、制造厂家代表参加，检查设备外观有无明显破损。按装箱单清点资料、合格证、附件、备品备件等是否齐全。开箱后检查设备固定螺丝、元器件、端子、线头、标签等有无脱落，结构有无裂纹。如开箱检查中发现问题应要求制造厂处理。验收合格后，进行签字认可。为确保安装到施工现场的设备的完好性，安装承包人应按合同的要求在设备安装前，必须进行设备的常规检查。

（2）电缆、光缆敷设：

- 1) 敷设前根据设计图纸核对电缆型号、敷设路径、长度是否与设计规定相符。
- 2) 检查存放的电缆应平直，不得产生扭绞、打圈等现象，不应受到外力挤压和损伤。
- 3) 用统一规格的电缆牌，上面标明电缆型号、总芯数及起止地点，字迹要清楚、耐久。
- 4) 电缆敷设前，将电缆盘在平稳坚实的盘架上，电缆要从盘的上端引出且不能与支架及地面有摩擦，不能有铠装压扁、电缆、光缆绞拧、护层折裂等机械损伤。

5) 电缆的敷设要专人负责,并在统一指挥下有序的进行。

6) 电缆按设计要求分层整齐布置,型号规格符合设计,按层布设,电缆的弯曲半径应符合要求或大于其外径的 20 倍。

7) 敷设电缆的牵引力,应小于电缆允许张力的 80%。

10) 电缆穿管敷设时,注意不得损伤绝缘。穿管敷设完后,管口要封堵严实。大容量单芯交流电缆不得单独穿入钢管内。

11) 电缆水平敷设时,在其首末两端、转弯处两侧及接头处用电缆卡子或卡带固定,垂直敷设时每隔 1.5 米用电缆卡子固定。

12) 电缆敷设完并整理好后,按规程规范的要求进行固定,电缆的固定件不能构成闭合磁路。

(3) 电缆配线

1) 电缆插接,位置正确,接触紧密、牢靠,插接端子完好无损。

2) 电缆芯线要标明电缆编号、回路号、端子号,字迹清晰,不褪色。芯线标识管与电缆芯线大小相对应,长度一致,标识内容同设计图纸一致。电缆备用芯也应有标识,方便查找。电缆芯线用接线鼻子压接时,导线与鼻子必需压接牢固紧密。

(4) 配合调试

1) 承包人在完成安装工作后,应根据合同规定、设计单位提供的图纸和设备供应商提供的技术资料等进行检查和试验。现场接收试验应有监理人目击。

5.1.12 继电保护系统安装质量控制

(1) 设备安装质量控制要点:

1) 盘柜安装的垂直偏差每米小于 1mm、相邻两盘(柜)顶部高差小于 1mm、成列盘盘顶最大高差小于 3mm、相邻盘(柜)盘面偏差小于 1mm、盘间接缝小于 1.5mm,盘、台、箱、柜的门开关灵活、关闭紧密,其余指标均符合《电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》(GB50171—92)要求。成列盘组屏安装时,盘柜顺序需同图纸一致,盘间用螺栓连接。

2) 盘柜水平度、垂直度调整合格后,按照图纸要求,将盘柜进行螺接或焊接固定,盘柜固定牢固可靠。

3) 盘柜与基础的接地连接,采用不小于 25mm²的接地线或铜编织线与基础槽钢可靠连接。盘内接地铜排同接地网可靠连接。

(2) 配线:

1) 继电保护系统应按设计图纸规定的程序和工艺进行安装，其质量要求应符合设计图纸、文件、系统合同文件和系统制造承包方所采用标准的规定，同时还应符合 GB、SDJ、DL 标准和国内其他有关标准的规定。

2) 电缆头制作工艺美观，400V 电力电缆头制作完成后进行绝缘检查及相位核对。电力电缆相色标识齐全正确。

3) 电缆插接位置正确，接触紧密、牢靠，插接端子完好无损。电缆芯线在盘内走线美观接线正确。

4) 电缆芯线要标明电缆编号、回路号、端子号，字迹清晰，不褪色，禁止用手写体进行标识。芯线标识管大小适中，长度一致，标识内容同设计图纸一致。电缆备用芯有标识，方便查找。电缆芯线用接线鼻子压接时（用专用压线钳压接），导线与鼻子必需压接牢固紧密。

5) 盘内导线不得有接头。盘柜内设备间连线不允许“T”接。电缆接线时，其芯线留有适当裕度，以便修改。

6) 强弱电端子要分开布置；正负电源之间以及经常带电的正电源与合闸或跳闸回路之间要用空端子隔开。端子接线，每个端子原则上每侧只接一根导线，端子接线压接牢固紧密，若接线鼻子带有护套，严禁端子压接在护套上。

7) 盘柜及现地元件配线时均应留有适当裕度，便于修改及改造，现地元件接线压接紧密，不得有松动现象或虚接情况发生，除特殊要求外不允许焊接接线。

8) 盘内配线注意芯线截面要与流过的电流相适应，电流回路应采用电压不低于 500V 的铜芯绝缘导线，其截面大于或等于 2.5mm^2 ；其它回路截面大于或等于 1.5mm^2 ；微电子回路导线截面大于或等于 0.75mm^2 。靠近高温元件的导线要采用阻燃绝缘导线。全场继电保护现场试验：按照国家规范及设计要求严格执行。

5.1.13 交直流系统质量控制

盘柜的安装质量控制

(1) 盘、柜单独或成列安装时，其垂直度、水平偏差以及盘、柜面偏差和盘、柜间接缝的允许偏差应符合下表的规定

盘柜安装的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	项目	允许偏差 (mm)

垂直度（每米）		<1.5	盘面偏差	相邻盘面	<1
水平偏差	相邻两盘顶部	<2		成列盘面	<5
	成列盘顶部	<5	盘间接缝		<2

（2）盘柜采用螺栓固定，根据盘柜底座安装孔的尺寸，在盘柜基础槽钢上钻孔，以便于将盘柜与基础连接固定。或在基础槽钢上稍偏位置焊螺栓，用压板将盘柜与基础连接。

3、盘柜与基础要良好连接，采用不小于 25mm² 的接地线或铜编织线与基础槽钢可靠连接。

（3）电缆头制作及接线：

1）高压电力电缆端头制作：按电缆端头生产设备供应商说明书要求进行；

2）低压电力电缆端头制作：端头面要平齐且垂直电缆轴线，铠装要接地，成型后为圆锥型，长度为 26~28mm，直径大于电缆外径 2mm，且距最下面的一个端排一般不大于 20cm。电缆头高度一致，制作工艺美观，电缆头制作完成后进行绝缘检查及相位核对，电力电缆相色标识齐全正确。

3）电缆两端要挂电缆牌，标明电缆编号、型号规格、端子号，字迹清晰，不褪色，禁止用手写体进行标识。标识内容应同设计图纸一致。

4）盘内导线不得有接头。盘柜内设备间连线不允许“T”接。电缆接线时，其芯线应留有适当裕度，以便修改。

5）盘柜及现地设备配线时均应留有适当裕度，便于修改及改造，现地设备接线压接紧密，不能有松动现象及虚接情况发生，除特殊要求外不允许焊接接线。

6）电缆绑扎顺直，间距均匀，成型流畅。

7）接线完后，盘柜恢复底板、侧板和顶盖。

5.1.14 电缆防火封堵

（1）施工准备

1）防火封堵材料应严格按照 IS09001—2000 质量管理体系运行，WXY-I 阻火包、WXY-II 无机防火堵料、WXY-III 有机防火料、WBJ 无机防火隔板、981 系列电缆防火涂料均通过国家防火建筑材料质量监督检验中心检测，获得中国消防产品认证委员会的消防产品型式认可证书。

2) 施工技术、施工质量及工程验收全面执行电力行业部颁的《电力建设施工及验收技术规定》和《电缆防火措施设计和施工验收标准》。

5.1.15 接地系统质量控制

(1) 所有接地线、接地体的固定及连接型式，将按照设备供应商和设计图纸的要求进行施工。

接地体（线）的焊接采用搭接焊时，搭接长度将按如下规定：

- 1) 扁钢为其宽度的 2 倍（至少 3 个棱角边焊接）。
- 2) 圆钢为其直径的 6 倍。
- 3) 圆钢与扁钢连接时，其长度为圆钢直径的 6 倍。
- 4) 扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时，为了连接可靠，除在接触部位两侧进行焊接外，应以钢带弯成的弧形（或直角形）卡子与钢管（或角钢）补强焊接。

扁钢与扁钢之间连接采用电焊焊接，扁钢与扁钢或扁钢之间连接采用火泥熔接的方法进行熔接。

(2) 焊接工艺

1) 焊接工艺主要用于扁钢、圆钢与接地体或设备、设备构架的连接，其焊接工艺如下：

a 连接时应先清除连接件表面的氧化层和脏污。并确定好搭接长度。先点焊固定。经检查后再施焊。焊接完毕后清除氧化层。按要求刷漆和标识。

b 接地的涂色规定, 明敷的接地线表面应涂以 15~100mm 宽度相等的绿色和黄色相间的条纹。中性点的明设接地导线及扁钢应涂以淡蓝色标志。

5.2 光伏组件串测试

5.2.1 光伏组件串测试前应具备下列条件：

- 1 所有光伏组件应按照设计文件数量和型号组串并接引完毕。
- 2 汇流箱内各回路电缆应接引完毕，且标示应清晰、准确。
- 3 汇流箱内的熔断器或开关应在断开位置。
- 4 汇流箱及内部防雷模块接地应牢固、可靠，且导通良好。
- 5 辐照度宜在高于或等于 $700\text{W}/\text{m}^2$ 的条件下测试。

5.2.2 光伏组件串的检测应符合下列要求：

- 1 汇流箱内测试光伏组件串的极性应正确。
- 2 相同测试条件下的相同光伏组件串之间的开路电压偏差不应大于 2%，但最大偏差不

应超过 5V。

3 在发电情况下应使用钳形万用表对汇流箱内光伏组件串的电流进行检测。相同测试条件下且辐照度

不应低于 $700\text{W}/\text{m}^2$ 时，相同光伏组件串之间的电流偏差不应大于 5%。

4 光伏组件串电流温度应无超常温等异常情况。

5 光伏组件串测试完成后，应按照本规范附录 B 的格式填写记录。

5.2.3 逆变器投入运行前，宜将接入此逆变单元内的所有汇流箱测试完成。

5.2.4 逆变器在投入运行后，汇流箱内的组串的投、退顺序应符合下列要求：

1 汇流箱的总开关具备灭弧功能时，其投、退应按下列步骤执行：

1) 先投入光伏组件串小开关或熔断器，后投入汇流箱总开关。

2) 先退出汇流箱总开关，后退出光伏组件串小开关或熔断器。

2 汇流箱总输出采用熔断器，分支回路光伏组件串的开关具备灭弧功能时，其投、退应按下列步骤执行：

1) 先投入汇流箱总输出熔断器，后投入光伏组件串小开关。

2) 先退出箱内所有光伏组件串小开关，后退出汇流箱总输出熔断器。

3 汇流箱输出和分支回路的光伏组件串均采用熔断器时，则投、退熔断器前，均应将逆变器解列。

5.3 逆变器调试

5.3.1 逆变器调试前，应具备下列条件：

1 逆变器控制电源应具备投入条件。

2 逆变器直流侧、交流侧电缆应接引完毕，且极性（相序）正确、绝缘良好。

3 方阵接线应正确，具备给逆变器提供直流电源的条件。

5.3.2 逆变器调试前，应对其做下列检查：

1 逆变器接地应牢固可靠、导通良好。

2 逆变器内部元器件应完好、无受潮、放电痕迹。

3 逆变器内部所有电缆连接螺栓、插件、端子应连接牢固，无松动。

4 当逆变器本体配有手动分闸装置时，其操作应灵活可靠、接触良好，开关位置指示正确。

5 逆变器本体及各回路标识应清晰准确。

6 逆变器内部应无杂物，并经过清灰处理。

5.3.3 逆变器调试应符合下列要求：

1 逆变器控制回路带电时，应对其做下列检查：

- 1) 工作状态指示灯、人机界面屏显示应正常。
- 2) 人机界面上各参数设置应正确。
- 3) 散热装置工作应正常。

2 逆变器直流侧带电而交流侧不带电时，应进行下列工作：

- 1) 测量直流侧电压值和人机界面显示值之间偏差应在允许范围内。
- 2) 检查人机界面显示直流侧对地阻抗值应符合要求。

3 逆变器直流侧带电、交流侧带电，具备并网条件时，应进行下列工作：

- 1) 测量交流侧电压值和人机界面显示值之间偏差应在允许范围内；交流侧电压及频率应在逆变器额。

定范围内，且相序正确。

- 2) 具有门限位闭锁功能的逆变器，逆变器盘门在开启状态下，不应做出并网动作。

4 逆变器并网后，在下列测试情况下，逆变器应跳闸解列：

- 1) 具有门限位闭锁功能的逆变器，开启逆变器盘门。
- 2) 逆变器交流侧掉电。
- 3) 逆变器直流侧对地阻抗低于保护设定值。
- 4) 逆变器直流输入电压高于或低于逆变器的整定值。
- 5) 逆变器直流输入过电流。
- 6) 逆变器交流侧电压超出额定电压允许范围。
- 7) 逆变器交流侧频率超出额定频率允许范围。
- 8) 逆变器交流侧电流不平衡超出设定范围。

5.3.4 逆变器停运后，需打开盘门进行检测时，必须切断直流、交流和控制电源，并确认无电压残留后，在有人监护的情况下进行。

5.3.5 逆变器在允许状态下，严禁断开无灭弧能力的汇流箱总开关或熔断器。

5.4 二次系统调试

5.4.1 二次系统的调试内容主要可包括：计算机监控系统、继电保护系统、远动通信系统、电能量信息管理系统、不间断电源系统、二次安防系统等。

5.4.2 计算机监控系统调试应符合下列规定：

- 1 计算机监控系统设备的数量、型号、额定参数应符合设计要求，接地应可靠。

- 2 通信、遥测、遥控、遥调功能应准确、可靠。
 - 3 计算机监控系统防误操作功能应完备可靠。
 - 4 计算机监控系统定值调阅、修改和定值组切换功能应正确。
 - 5 计算机监控系统主备切换功能应满足技术要求。
 - 6 站内所有智能设备的运行状态和参数等信息均应准确反映到监控画面上，对可远方调节和操作的设备，远方操作功能应准确、可靠。
- 5.4.3 继电保护系统调试应符合下列要求：
- 1 调试时可按照现行行业标准《继电保护和电网安全自动装置检验规程》DL/T995 的相关规定执行。
 - 2 继电保护装置单体测试时，应检查开入、开出、采样等元件功能正确；开关在合闸状态下模拟保护动作，开关应跳闸。且保护动作应准确、可靠，动作时间应符合要求。
 - 3 保护定值应由具备计算资质的单位出具，且应在正式送电前仔细复核。
 - 4 继电保护整组调试时，应检查实际继电保护动作逻辑与预设继电保护逻辑策略一致。
 - 5 站控层继电保护信息管理系统的站内通信、交互等功能实现应正确；站控层继电保护信息管理系统与远方主站通信、交互等功能实现应正确。
 - 6 调试记录应齐全、准确。
- 5.4.4 远动通信系统调试应符合下列要求：
- 1 远动通信装置电源应稳定、可靠。
 - 2 站内远动装置至调度方远动装置的信号通道应调试完毕，且稳定、可靠。
 - 3 调度方遥信、遥测、遥控功能应准确、可靠。
 - 4 远动系统主备切换功能应满足技术要求。
- 5.4.5 电能量信息采集系统调试应符合下列要求：
- 1 光伏电站关口计量的主、副表，其规格、型号及准确度应符合设计要求，且应通过当地电力计量检测部门的校验，并出具报告。
 - 2 光伏电站关口表的电流互感器、电压互感器应通过当地电力计量检测部门的校验，并出具报告。
 - 3 光伏电站投入运行前，电能表应由当地电力计量部门施加封条、封印。
 - 4 光伏电站的电量信息应能实时、准确地反应到后台监控画面。
- 5.4.6 不间断电源系统调试应符合下列要求：
- 1 不间断电源的主电源、旁路电源及支流电源间的切换功能应准确、可靠，且异常告警

功能应正确。

2 计算机监控系统应实时、准确地反映不间断电源的运行数据和状况。

5.4.7 二次系统安全防护调试应符合下列要求：

1 二次系统安全防护应主要由站控层物理隔离装置和防火墙构成，应能够实现自动化系统网络安全防护功能。

2 二次系统安全防护相关设备运行功能与参数应符合要求。

3 二次系统安全防护运行情况应与预设安防策略一致。

6 监理控制的措施

6.1 施工质量控制措施

施工单位的施工技术措施及质量保证文件是工程建设的基本保证，在工程建设监理过程中，监理工程师始终把审查施工技术措施和质量保证文件作为施工质量控制措施之一，为施工质量控制起指导性的作用。

6.1.1 审查施工技术措施和质量保证文件

1. 在本工程的施工过程中，监理工程师应审查的文件包括以下：

(1) 审查施工单位的质量保证措施，监督施工单位建立质量保证体系；

(2) 审批由施工单位提交的施工组织设计、施工措施计划和施工工艺说明，保证工程施工质量有可靠的技术保障；

(3) 检查现场施工准备工作的落实情况，审批施工单位单项工程的开工申请报告；

(4) 审批施工单位提交的有关原材料、半成品和构配件的质量证明文件，确保工程质量有可靠的物质基础；

(5) 审查或查验现场作业人员的岗位操作资质；

(6) 审核施工单位提交的反映工序、半成品和成品质量的统计资料并采用数理统计的方法进行汇总分析；

(7) 审核有关新技术、新工艺、新材料的技术鉴定文件，审查其在本工程中的应用申请报告，根据具体情况批准其在本工程中的使用，确保工程质量；

(8) 审批有关工程质量缺陷或质量事故的调查报告、处理措施和处理报告，确保质量缺陷或质量事故得到满意的处理。

6.1.2 采用多种手段监督控制施工质量

(1) 对于施工质量有严重影响的工序、出现质量缺陷处理难度极大的工序、隐蔽工

程等工序的施工过程，监理工程师始终在现场观察、监督与检查，注意并及时发现质量问题以便立即制订措施、实施控制。

(2)采用复测的方法对施工放线进行检查，严格控制，发现偏差立即纠正，在进行工序的检查验收时，对于位置和几何尺寸的任何偏离在指令施工单位改正之后再签署验收确认。

(3)采用抽检的方法对每道工序中使用的原材料的性能和质量、现场配置的材料的配合比、半成品和成品的物理力学性能进行测试，通过抽检的试验数据评价和确认各种材料和工程成品的内在质量。

(4)对于施工单位的违章或违规作业、现场检查发现的质量问题以及工序或工艺控制的措施问题，监理工程师采用发布指令的方式指出施工中存在的问题，要求施工单位及时整改。

(5)严格要求施工单位按规定的质量监控程序进行工序作业的检查验收的申请、验收，确保每道工序的质量都得到监理工程师的检查验收和确认。

6.1.3 严格进行施工过程的质量检查

(1)在工程施工过程中，监理工程师将不断地进行现场巡视，加强现场监督与检查，对重要的工序进行全过程跟踪检查，保证施工过程中的任何工程对象始终全面地处于监理人员的监控之下，确保工程质量，避免工程质量缺陷或质量事故。在施工过程中监理工程师严格实施复核性检查；

(2)隐蔽工程在被遮蔽或被覆盖前，必须经过监理工程师的检查验收，确认其质量合格后，才允许加以覆盖；

(3)每道工序完工之后，经监理人员检查认可其质量合格并签字确认后，才能进行下一道工序；

(4)在每个单元工程施工之前，对该单元工程之前已经进行的一些与之密切相关的单元工程质量及正确性进行复核。预检并合格无误后监理人员给以书面确认，未经预检、复核或预检不合格或不符合时，不得开始下一个单元工程的施工。

6.2 质量验收程序

6.2.1 单元工程、分部工程完成后，安装单位应首先自行检查验收，根据施工图纸及有关文件、规范、标准等，从外观、几何尺寸、质量控制资料以及内在质量等方面进行检查、审核，确认符合设计文件及相关验收规范的规定，然后向监理工程师提交申请，由

监理工程师予以检查、确认。

6.2.2 监理工程师按机电安装合同文件的要求，予以确认验收。如有质量问题则指令安装单位进行处理，待质量合乎要求后再予以检查验收。对涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应进行抽样检测。

6.3 进度控制的工作内容

6.3.1 按月、周审核工程施工计划和报告；监督施工进度计划的实施；

6.3.2 组织现场协调会；

6.3.3 修正的安装进度计划及赶工措施报告的审批；

6.3.4 材料、物资、设备供货申请和采购计划的审批；

6.3.5 签发工程进度款支付报表；

6.4 进度控制的工作措施

6.4.1 组织设计

- 1) 组织进度控制协调会议。
- 2) 进行进度计划审核分析。
- 3) 做好图纸审查、工程变更和设计变更管理。

6.4.2 技术措施

- 1) 审查安装单位提交的进度计划，使安装单位能在合理的状态下施工。
- 2) 增加同时作业的施工面。

6.4.3 合同措施

- 1) 严格控制各方提出的工程变更和设计变更
- 2) 加强索赔管理，公正地处理索赔。

6.4.4 经济措施

- 1) 及时办理工程预付款及工程进度款支付手续。
- 2) 按合同规定，对工期提前者实行奖励。
- 3) 按合同规定，对工程延误进行处罚。

6.4.5 协调措施

1) 随施工进展，逐日、逐周、逐月检查施工准备、施工条件和工程进度计划的实施情况。

2) 与建设公司协调, 按合同规定的时间支付各项预付款或合同价款, 避免付款延误。

7 安全文明施工要求

7.1 拼装、焊接安全施工要求

7.1.1 所有进入施工场地的人员, 必须戴安全帽和必要的防护用品, 并进行安全技术交底, 严禁违章作业。

7.1.2 起重工必须是经过专门安全技术培训、考试合格, 持证上岗。

7.1.3 电气作业人员必须经过专业安全技术培训、考试合格、持特种作业操作证上岗操作, 非电工严禁从事电气作业。拼装现场要有足够的照明。施工现场电源应采用专用的电源接板, 并设专人看护, 电缆铺设要整齐, 检查是否有破损漏电现象, 并及时处理, 电源要有漏电保护装置。使用电动工具前, 必须对绝缘及其他防护装置进行检查, 避免触电和机械伤人。焊缝加热时, 电源电缆铺设整齐, 不得有漏电现象, 要有漏电保护装置, 设专人看护。

7.1.4 电焊作业人员必须经专业技术培训, 考试合格并经安全教育培训后持证上岗, 从事电焊作业。电焊作业现场周围 10 米范围内不得堆放易燃易爆品。作业完毕必须检查火种, 确认以熄灭方可离开现场。电焊机必须设单独的电源开关和漏电保护装置, 一次侧电源线长度不大于 5 米, 二次侧不大于 30 米, 接线应压接牢靠。多台焊机接线应保持三相负载平衡。作业前应检查焊机和工具, 如焊钳和焊接电缆的绝缘, 焊机外壳保护接地等。电焊作业应穿电焊工作服, 绝缘鞋, 戴电焊手套和防护面罩等安全防护用品。蜗壳、座环挂装、焊接时必须系安全带。清理焊渣应戴防护眼镜或面罩。

7.1.5 施工现场配备的灭火器材为 5kg 的 ABC 灭火器不少于 6 个, 严格执行消防制度。割除内吊耳, 焊接、切割作业前应清理周围现场, 易燃易爆物应采取隔离措施, 作业点应与氧气、乙炔保持安全距离, 正确操作避免回火。对乙炔瓶嘴存在漏气现象的必须及时处理或更换, 氧气瓶和乙炔瓶必须保持 5 米以上的安全距离, 乙炔瓶不得卧放。

7.1.6 在施工区域内设置一些必要的安全信号和安全标志, 在危险场地应设置醒目的安全警示牌。

7.2 吊装就位调整焊接安全施工要求

7.2.1 设备吊装就位时应对起重设备进行运行工况检查, 确保吊装安全进行。起重指挥

要经过专门安全技术培训、考试合格，持证上岗的人员担任。所有人员严禁在吊起的重物下面停留或行走。工作前应将任务（如吊运物件的大小重量，高度和周围环境，经过道路）等，了解清楚，确定安全可靠的工作方法，然后进行吊装。桥机操作司机要听从指挥人员的信号，信号不明或可能引起事故时，应暂停操作。吊装作业时，班组长应将工作交待清楚，妥善组织劳动力，明确分工，待参加本项工作人员进行确认后，方可开始工作。在工作中，必须听从统一指挥。吊装前应对钢绳和吊具进行严格的检查，确保完好无损。重物吊离地面 5—8 厘米时，要再次检查绳索及重物绑扎情况是否稳固可靠，然后才能继续起吊，起吊应均匀平衡以免重物发生摇晃和碰撞。。

7.2.2 焊接操作及配合人员必须按规定穿戴劳动防护用品，并必须采取防止触电高空坠落，火灾等事故的安全措施。焊接设备应设置在固定或移动式的工作台上，焊机各接触点应接触良好，并有可靠的独立接地。电焊把线必须采用橡皮导线，破损和接头处要接紧包好，不得有破漏打火现象。

7.2.3 进入施工现场电源电缆要严格按安全规范架设，不得有破损漏电现象，照明电压应为安全电压。从事电工作业人员必须穿戴好劳动防护用品，并遵守本岗位的安全操作规程，严禁违章操作。

7.3 现场文明施工要求

7.3.1 施工现场应设专人负责打扫卫生，并定期检查。施工场地干净、整洁，各种材料堆放整齐，临时管线整齐划一，随时做到工完料净场地清。施工现场统一规划，施工设备安装材料不得随意摆放，废弃物、施工垃圾及时清理，并运至指定的地点堆放和处理，保持施工面清洁。

施工现场禁止吸烟。场面清洁，无尘土，杂物和积水等。

7.3.2 设备包装箱板等旧物品及时回收，在施工过程中，采取合理有效的措施保护环境，加强对噪音、粉尘、废气、废水的控制和处理。焊条头应回收，不得随意丢弃，药皮、焊渣等应及时收集，统一处理。

7.3.3 严格遵循安装措施的施工要求，杜绝野蛮不文明施工和违章作业。