

玉林（福绵）节能环保产业园南部污水处理厂及中水回用设施
建设项目（一期二标段 5 万吨天）

脚
手
架
工
程
专
项
施
工
方
案

编制单位：东莞市中泰建安工程有限公司

编制日期：2025 年 09 月 19 日

目 录	
第一章、工程概况	1
第一节、工程概况	1
第二节、方案说明	2
第三节、施工要求	5
第四节、技术保证条件	5
第二章、编制依据	6
第三章、施工计划	6
第一节、材料与设备计划	6
第二节、材料用量计划	8
第三节、主要机具配备计划	8
第四节、劳动力计划	8
第四章、施工工艺技术	9
第一节、技术参数	9
第二节、工艺流程	10
第三节、施工方法	11
第四节、检查验收	19
第五章、施工安全保证措施	24
第一节、组织架构	24
第二节、组织保障	25
第三节、技术措施	27
第四节、安全管理	29
第五节、避雷措施	30
第六章、应急预案	31
第七章、监测监控	34
第八章、计算书	35
第一节、J-01 钢管落地脚手架（24.8m）计算书	35
第二节、XD-01 斜道计算书	44
第三节、FB-01 防护棚计算书	52

第六节、钢管落地卸料平台(扣件式) 计算书	62
第九章、附图	75

玉林（福绵）节能环保产业园南部污水处理厂及中水回用设施建设项目 (一期二标段 5 万吨天) 脚手架工程专项施工方案

第一章、工程概况

第一节、工程概况

1、建设概况

工程名称：玉林（福绵）节能环保产业园南部污水处理厂及中水回用设施建设项目（一期二标段 5 万吨天）

建设单位：玉林溢丰环保科技有限公司

勘察单位：广西华南岩土工程集团有限公司

设计单位：广州中大环境治理工程有限公司

监理单位：东莞市昊宇工程建设监理有限公司

施工单位：东莞市中泰建安工程有限公司

2、建筑概况

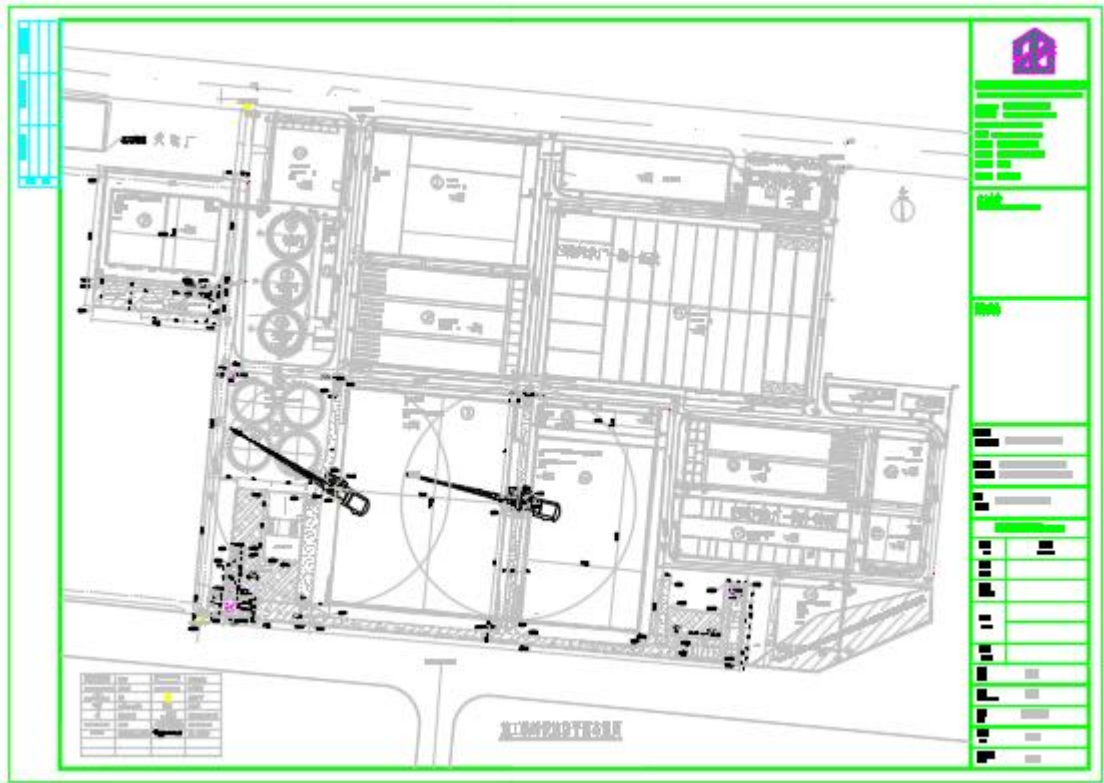
本工程位于广西玉林市福绵区樟木镇节能环保产业园内，总建筑面积 10112.58 m²。本工程包括玉林（福绵）节能环保产业园南部污水处理厂及中水回用设施建设项目（一期二标段 5 万吨天）生化组合池、生化沉淀（二级沉淀及臭氧组合池）、污泥浓缩池、综合设备间、污泥脱水间及事故应急池、清水池及反洗泵房和曝气生物滤池，其中生化组合池地上 1 层，规划高度 10 米；生化沉淀（二级沉淀及臭氧组合池）地上 1 层，规划高度 6.2 米，局部水池埋地 4.6 米；污泥浓缩池地上 1 层，规划高度 6 米；综合设备间地上 2 层，规划高度 11.4 米；污泥脱水间及事故应急池地上 2 层，规划高度 19.6 米；清水池及反洗泵房地上 1 层，地下 1 层，规划高度 7.2 米；曝气生物滤池地上 1 层，规划高度 3.8 米，水池埋地 3.3 米，最大建筑高度为 19.6m，屋面、外墙、地下室防水等级为二级，抗震设防类别为丙类，抗震设防烈度为 7 度，地面建筑耐火等级为二级，地下建筑耐火等级为一级，结构形式是钢筋混凝土结构，设计使用年限 50 年。

3、结构概况

本工程结构形式为钢筋混凝土结构，基础形式采用筏板基础，地基部分区域为强夯地基，部分区域为强风化页岩，以强风化页岩③层为基础持力层。钢筋采用 HRB400E。砼等级：垫层 C20，池体 C30P8、其余建（构）筑物部分 C30。

4、平面布置

本工程垂直运输设备设置两台塔吊，塔吊臂长均为 65m。塔吊未覆盖处采用汽车吊。



第二节、方案说明

本工程外架搭设采用落地式双排脚手架，本方案仅针对玉林（福绵）节能环保产业园南部污水处理厂及中水回用设施建设项目的落地式脚手架进行编制，各单体脚手架搭设高度明细如下表：

序号	工程范围栋号	地上（地下）层	脚手架最大高度	脚手架类型	论证审查
1	生化组合池	1F	11.2m	落地式	否
2	生化沉淀、二级沉淀及臭氧组合池	1F	7.4m	落地式	否
3	曝气生物滤池	1F/1D	7.7m	落地式	否
4	清水池及反洗泵房	1F(1D)	5.9m/6.7m/7.2m	落地式	否
5	综合设备间	2F	12.6	落地式	否
6	污泥浓缩池	1F	8.2	落地式	否
7	污泥脱水间及事故应急池	2F(1D)	24.8	落地式	否

1、行人通道在各出入口处设置，长度根据实际情况决定。

2、采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，钢管规格为 $\Phi 48 \times 3.0$ （足厚），架体内立杆距墙体距离不大于 300mm，立杆底部设置垫板（垫板规格 200x200mm 由木工班提供），操作层应满铺脚手板（一步一设），架体立杆纵向间距为 $\leq 1500\text{mm}$ ，立杆横向间距为 800mm，水平杆步距为 $\leq 1800\text{mm}$ ，距地面 200mm 设置扫地杆。

3、脚手架连墙件与结构连接采用直径 16mm 半预埋普通螺栓（在水池顶边梁/墙柱侧边上），连墙件与脚手架连接采用直角扣件，与脚手架立杆用扣件连接的方式，连墙件在池顶按每三步一设的布置方式。脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。由脚手架分包单位包工包料负责。

4、自下而上沿整个长度和高度满布剪刀撑，外侧满设密目安全网，脚手板采用钢笆片对接铺设，每跨均铺设脚手板。

5、各单体架体搭设范围

5.1 生化组合池

1）架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。A-C 交 1/6、A 交 1-6 轴架体底标高+1.2m，架体搭设总高度 9m（含 1.2m 防护栏杆）；D-G 交 1/6、G 交 1-6 轴架体底标高+1.2m，架体搭设总高度 11.2m（含 1.2m 防护栏杆）。

2）A-C 交 1/6、A 交 1-6 轴架体在池顶壁侧连墙件设置一道连墙件；D-G 交 1/6、G 交 1-6 轴架体在池壁标高 4.5m 和池顶壁侧设置两道连墙件。未设置连墙件时脚手架外侧设置抛撑一道，抛撑按每隔 6m 设置一道。

5.2 生化沉淀、二级沉淀及臭氧组合池

1）架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。A-B 交 1/13、A 交 1-13 轴架体底标高 $\pm 0.000\text{m}$ ，架体搭设总高度 7.4m（含 1.2m 防护栏杆）；B-E 交 1/13、E 交 1-13 轴架体底标高 $\pm 0.000\text{m}$ ，架体搭设总高度 6.7m（含 1.2m 防护栏杆）。

2）连墙件设置一道，在池顶壁侧设置。在未设置连墙件时，脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

5.3 污泥脱水间及事故应急池

1）架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。A/H 交 1-5 轴、A-H 交 1 轴架体底标高-4.3m，架体搭设总高度 24.8m（含 1.2m 防护栏杆）；A/H 交 5-8 轴、A-H 交 8 轴架体底标高-4.3m，架体搭设总高度 16.2m（含 1.2m 防护栏杆）。

2) A/H 交 1-5 轴、A-H 交 1 轴架体连墙件设置四道，在标高±0.000、6.5m、9.5m、18.7m 墙柱、边梁侧边设置；A/H 交 5-8 轴、A-H 交 8 轴架体设置连墙件三道，在标高±0.000、6.5m、9.5m 墙柱、边梁侧边设置。未设置连墙件时，脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

5.4 综合设备间

1) 架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。A-B 交 1/5 轴楼梯外落地式脚手架搭设高度 7.2m（含 1.2m 防护栏杆）；A-C 交 1/10 落地式脚手架从楼梯面开始搭设，搭设高度 6.3 至 12.6m（含 1.2m 防护栏杆），连墙件采用螺栓连接的方式，在标高 6.0m、10.5m 边梁侧边提前预埋 Φ16 螺栓套管，套管间距为 3.0m；A/C 交 1-10 轴落地式脚手架搭设高度 12.6m（含 1.2m 防护栏杆），连墙件采用螺栓连接的方式，在标高 6.0m、10.5m 边梁侧边提前预埋 Φ16 螺栓套管，套管间距为 3.0m。

2) 连墙件设置两道，在标高 6.0m、10.5m 边梁侧边设置连墙件。未设置连墙件时，脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

5.5 污泥浓缩池

1) 架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 150-300mm。水池架体底标高-1~1.5m，架体搭设总高度 8.2~8.48m（含 1.2m 防护栏杆）。

2) 连墙件设置一道，在池顶壁侧设置。在未设置连墙件时，脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

5.6 曝气生物滤池

1) 架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。架体底标高-2.7m，架体搭设总高度 7.7m（含 1.2m 防护栏杆）。

2) 连墙件在池顶设置一道。架体搭设时脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

5.7 清水池及反洗泵房

1) 地下水池架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。架体底标高-3.30m，架体搭设总高度 6.7m（含 1.2m 防护栏杆），脚手架外侧需设置抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

2) 地下水池架体沿建筑物外轮廓线搭设，内立杆离墙 300mm。A-B 交 6、A 交 1-6、1 交 A-G、

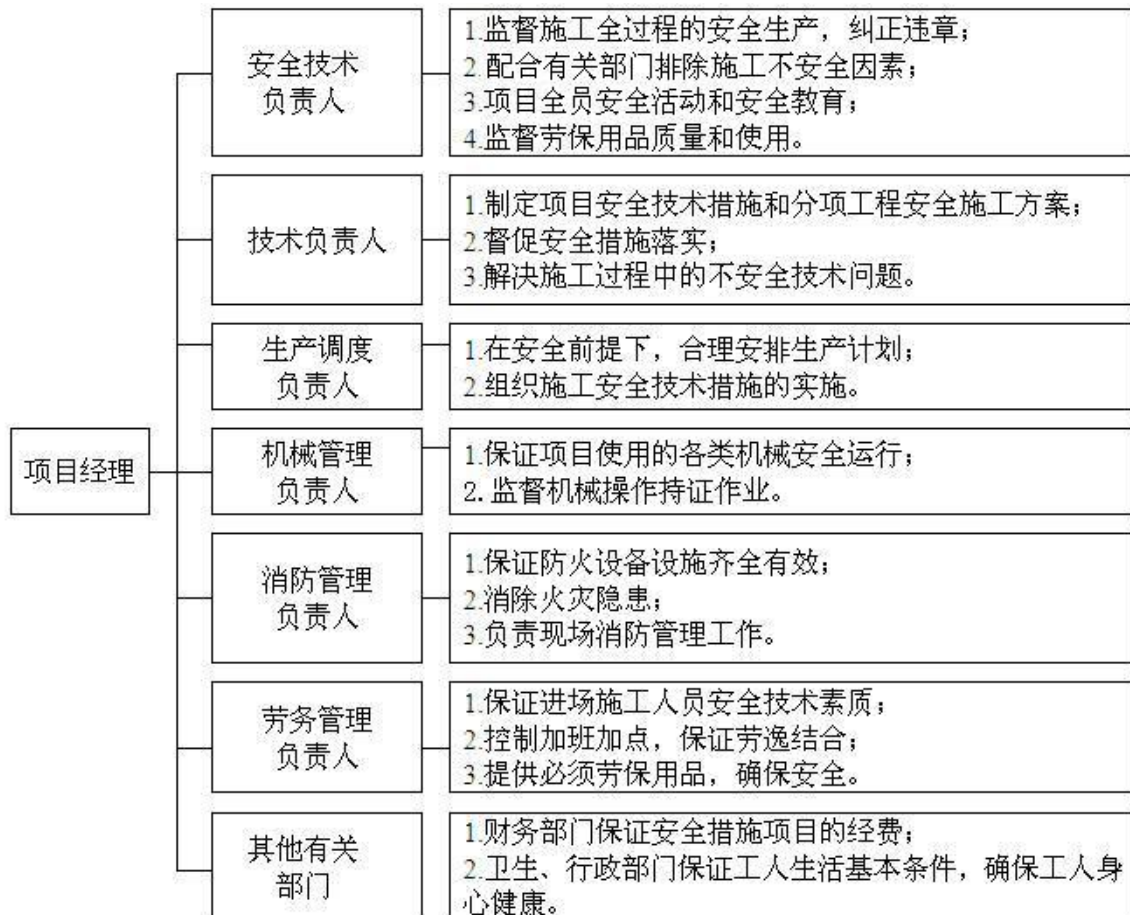
G 交 1-2 轴架体底标高-0.30m，架体搭设总高度 7.2m（含 1.2m 防护栏杆），连墙件采用螺栓连接的方式，在标高 6.4m 边梁侧边提前预埋 $\Phi 16$ 螺栓套管，套管间距为 3.0m，脚手架外侧需设置抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接；4、B-G 交 2、B 交 2-6 轴架体搭设高度 5.9m，脚手架外侧需设置抛撑，抛撑按每隔 6m 设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

第三节、施工要求

- 1、确保脚手架、卸料平台在使用周期内安全、稳定、牢靠。
- 2、脚手架在搭设及拆除过程中要符合工程施工进度要求。操作人员需取得特殊作业人员资格上岗证。

第四节、技术保证条件

1、安全网络



- 2、脚手架的搭设和拆除需严格执行该《专项施工方案》。

第二章、编制依据

类别	文件名称	文件编号
图纸	本工程设计图纸	
方案	本工程施工组织设计	
国家标准	《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》	JGJ130-2011
国家标准	《建筑与市政地基基础通用规范》	GB55003-2021
国家标准	《建筑结构荷载规范》	GB50009-2012
国家标准	《混凝土结构设计标准》	GB50010-2010（2015版）
国家标准	《钢结构设计规范》	GB50017-2017
国家标准	《建筑施工安全检查标准》	JGJ59-2022
国家标准	《建筑施工高处作业安全技术规范》	JGJ80-2016
国家标准	《施工脚手架通用规范》	GB 55023-2022

其它相关文件

类别	文件名称	文件编号
国家标准	《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》	住建部令第37号
国务院	《建设工程安全生产管理条例》	国务院令第393号

验算软件选择

类别	文件名称	软件版本
验算软件	品茗施工云安全计算软件	2025版V4.1

第三章、施工计划

第一节、材料与设备计划

1、搭设脚手架的钢管应采用现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T13793或《低压流体输送用焊接钢管》（GB/T 3091-2015）中规定的Q235普通钢管，其质量符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700中Q235A钢的规定，每根钢管的最大质量不应大于25kg。新用的钢管表面应平直光滑，不

应有裂缝、结疤、分层、错位、硬弯、毛刺、压痕和深的划道，钢管要有产品质量合格证、质量检验报告，钢管材质检验方法应符合现行国家标准《金属拉伸试验方法》GB/T228的有关规定，质量和钢管外径、壁厚、端面等的偏差应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011的有关规定，必须涂有防锈漆。旧钢管表面锈蚀深度、和钢管的弯曲变形应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011的有关规定。锈蚀检查应每年一次。检查时，应在锈蚀严重的钢管中抽取3根，在每根锈蚀严重部位横向截断取样检查，当锈蚀深度超过规定值时不得使用。钢管上严禁打孔。

2、扣件为可锻铸造扣件，其材质应符合建设部《钢管脚手扣件标准》GB15831的要求，由有扣件生产许可证的生产厂家提供，不得有裂纹、气孔、缩松、砂眼等锻造缺陷，扣件的规格应与钢管相匹配，贴和面应平整，活动部位灵活，夹紧钢管时开口处最小距离不小于5mm。钢管螺栓拧紧扭力矩达65N·m时不得破坏。旧扣件在使用前应进行质量检查，有裂缝、变形的严禁使用，出现滑丝的螺栓必须更换。新、旧扣件均应进行防锈处理。

3、水平悬挑梁，其钢材强度等级为Q235-A，型号见材料表，水平梁悬挑梁所使用的钢材必须表面平整，无锈蚀。截面有足够的抗弯抵抗距，在满载条件下其挠度变形应满足相应设计要求。

4、搭设架子前应进行保养，除锈并统一涂色，力求环保美观。

5、脚手板、脚手片采用符合有关要求。

（1）脚手板可用钢材料制作、单块脚手板的质量不大于30kg；

（2）冲压钢脚手板的材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700中Q235级钢的规定。新脚手板应有产品质量合格证，尺寸偏差应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011的有关规定，且不得有裂纹、开焊与硬弯。新、旧脚手板均应涂防锈漆，应有防滑措施。

6、安全网采用密目式安全网，网目应满足2000目/100cm²，做耐贯穿试验不穿透，1.6×1.8m的单张网重量在3kg以上，颜色应满足环境效果要求，选用绿色。要求阻燃，使用的安全网必须有产品生产许可证和质量合格证，以及由相关建筑安全监督管理部门发放的准用证。

7、连墙件材料采用钢管等型钢，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB700-88中Q235-A钢的要求。

8、水平加固杆、封口杆、扫地杆、剪刀撑及脚手架转角处的连接杆等宜采用 $\Phi 48 \times 2.5\text{mm}$ 焊接钢管，也可采用 $\Phi 48 \times 3.0\text{mm}$ 焊接钢管，其材质在保证可焊性的条件下应符合现行国家标准《碳

素结构钢》GB/T700中Q235A钢的规定，相应的扣件规格也应分 $\Phi 48\text{mm}$ 。

第二节、材料用量计划

材料名称	规格	数量(暂估)	备注
扣件式钢管	$\Phi 48 \times 3.0$	以实际用量为准	含外脚手架、水池内操作架、室内装修架、防护棚、临边防护用钢管等
扣件	一字扣、活动扣、十字扣	以实际用量为准	含外脚手架、水池内操作架、室内装修架、防护棚、临边防护用扣件等
钢笆网	$1000\text{mm} \times 750\text{mm}$	以实际用量为准	含水池内操作架、室内装修架
密目安全网(绿色)	$5\text{m} \times 1.8\text{m}$	以实际用量为准	

第三节、主要机具配备计划

序号	名称	数量	备注
1	架子板手	6 把	架子工搭设和拆除架子用
2	力矩板手	6 把	检查架子扣件拧紧力度是否达到要求
3	倒链	1 把	调整架子水平弯曲度

第四节、劳动力计划

（一）项目安全领导小组成员及职责

外脚手架搭设过程中，因处在施工高峰期，各施工班组存在交叉作业，故应加强安全监控力度，现场须设定1名专职安全员负责跟踪。水平和垂直材料运输前必须先设置临时警戒区域，用红白三角小旗设置围栏，谨防非施工人员进入临时警戒区域。同时成立以项目经理为组长的项目安全领导小组以加强现场安全防护工作，本小组机构组成、人员编制及责任分工如下：

项目经理：朱德林——组长，负责协调工作，全面负责现场生产施工工作；

施工员：罗专合——组员，负责现场施工指挥，技术交底；

专职安全员：莫龙——组员，负责现场安全检查工作；

架子工班长——组员，负责现场具体施工。

（二）施工作业人员计划

1、为确保工程进度的需要，同时根据本工程的结构特征和外脚手架的工程量，确定本工程外脚手架搭设按下表配置人力资源，架子工均须有上岗作业证书。

2、外脚手架的搭设和拆除，均应有项目技术负责人的认可，方可进行施工作业，并必须配备有足够的辅助人员和必要的工具。

序号	工种	数量	备注
1	架子工	20 人	主体外架、装修架搭设
2	油漆工	4 人	钢管防锈处理、扣件打油

第四章、施工工艺技术

第一节、技术参数

【J-01、钢管落地脚手架（24.8m）】

脚手架排数	双排脚手架	纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上
搭设高度(m)	11.54	钢管类型	Φ48×3.0
立杆纵距(m)	1.5	立杆横距(m)	0.8
立杆步距(m)	1.8	双立杆计算方法	不设置双立杆
挡脚板	1步1设	脚手板	1步1设
横向斜撑	6跨1设	连墙件布置方式	三步两跨
连墙件连接方式	螺栓连接	地区	广西玉林
基本风压(kN/m ²)	0.35	密目安全网	全封闭

【XD-01、斜道】

斜道附着对象	脚手架	斜道类型	之字型
斜道立杆纵距或跨距 l_a (m)	1	立杆横距 l_b (m)	1
立杆步距 h(m)	1.3	斜道每跑高度 H(m)	3.6
斜道水平投影长度 L(m)	7	平台宽度 L_{pt} (m)	1.5
斜道跑数 n	7	斜道钢管类型	Φ48×3.0
双立杆计算方法	不设置双立杆		

【FB-01、防护棚】

立杆纵距 l_a (mm)	1500	立杆横距 l_b (mm)	4000
立杆步距 h(mm)	1800	防护棚高度 H(mm)	4600

防护层层数 n	2	上下防护层间距 h_1 (mm)	600
斜撑与立杆连接点到地面的距离 h_2 (mm)	2000	顶层水平钢管搭设方式	钢管沿纵向搭设
水平钢管间距 a (mm)	500	横向斜撑与顶层防护层连接点到立杆的距离 l_1 (mm)	2000
纵向外侧防护布置方式	剪刀撑	钢管类型	$\Phi 48 \times 3.0$
扣件连接方式	单扣件	立杆布置	单立杆

【LDPT-01、钢管落地卸料平台】

卸料平台名称	钢管落地卸料平台	卸料平台布置方式	沿纵向
平台长度 A (m)	6	平台宽度 B (m)	3
平台高度 H (m)	10.8	立杆纵距 l_a (m)	1
立杆步距 h (m)	1.5	立杆横距 l_b (m)	1
板底支撑间距 s (m)	0.25	竖向封闭栏杆高度 H_m (m)	1.2
材料堆放最大荷载 Q_{1k} (kN/m ²)	6	施工均布荷载 Q_{2k} (kN/m ²)	2

第二节、工艺流程

1、钢管落地脚手架：

场地平整、夯实→基础承载力实验、材料配备→定位设置通长脚手板、底座→纵向扫地杆→立杆→横向扫地杆→小横杆→大横杆→剪刀撑→连墙件→铺脚手板→安装防护栏杆→扎安全网。

2、斜道：

场地平整、夯实→基础承载力实验、材料配备→定位设置通长脚手板、底座→纵向扫地杆→立杆→横向扫地杆→横向水平杆→纵向水平杆→剪刀撑→连墙件→铺脚手板→扎防护栏杆→扎安全网。

3、落地式卸料平台：

立杆定位→摆放扫地杆→竖立杆并与纵向扫地杆扣紧→装扫地横向杆，并与立杆和扫地杆扣

紧→装第一步横向杆并与各立杆扣紧→安第一步纵向杆→安第二步横向杆→安第二步纵向杆→加设临时斜撑杆→接立杆→加设剪力撑→铺设脚手板，绑扎防护及档脚板、立挂安全网

第三节、施工方法

（一）、钢管落地脚手架

定距定位。根据构造要求在建筑物四角用尺量出内、外立杆离墙距离，并做好标记；用钢卷尺拉直，分出立杆位置，并用小竹片点出立杆标记；垫板、底座应准确地放在定位线上，垫板必须铺放平整，不得悬空。

在搭设首层脚手架过程中，沿四周每框架格内设一道斜支撑，拐角处双向增设，待该部位脚手架与主体结构的连墙件可靠拉结后方可拆除。当脚手架操作层高出连墙件以上两步时，宜先立外排，后立内排。其余按以下构造要求搭设。

1、地基基础

本工程脚手架地基基础部位应在地下室回填土完后夯实，采用强度等级C20的混凝土进行硬化，混凝土硬化厚度不小于10cm。地基承载能力能够满足外脚手架的搭设要求（具体计算数据参阅脚手架计算书）。

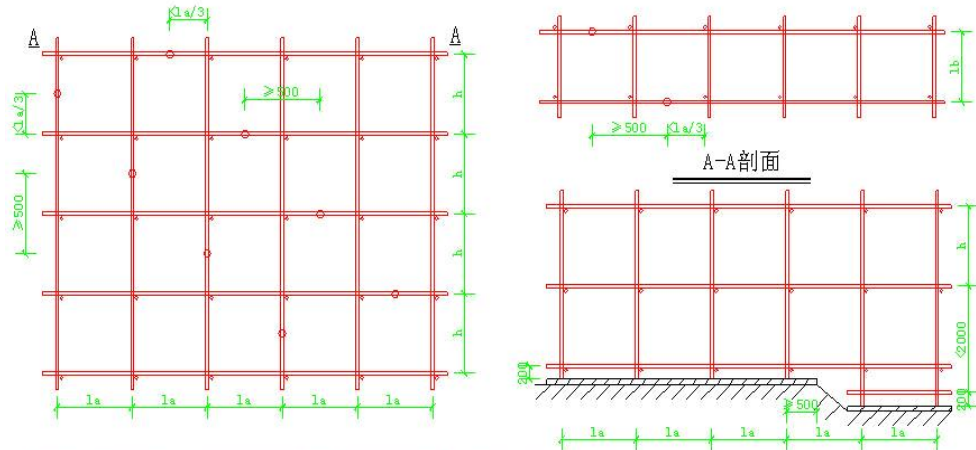
2、立杆设置

（1）立杆接长除顶层顶步外，其余各层各步接头必须采用对接扣件连接，立杆与大横杆采用直角扣件连接。接头位置交错布置，两个相邻立杆接头避免出现在同步同跨内，并在高度方向错开的距离不小于50cm；各接头中心距主节点的距离不大于步距的1/3，顶层顶步采用搭接连接时，搭接部位扎结不少于2道，立杆顶端亦高出女儿墙上皮1.2m，高出檐口上皮1.5m。

（2）上部单立杆与下部双立杆交接处，采用单立杆与双立杆中的一根对接连接。主立杆与辅立杆采用旋转扣件连接，扣件数量不应少于2个。每根立杆底部应设置垫块，并且必须设置纵、横向扫地杆。纵横向扫地杆应采用直角扣件固定在距底座上皮不大于200mm处立杆上。横向扫地杆应采用直角扣件固定在紧靠纵向扫地杆下方立杆上。当立杆基础不在同一高度上时，必须将高出的纵向扫地杆向低处延长两跨与立杆固定，高低差不应大于1m。靠边坡上方的立杆轴线到边坡的距离不应小于500mm。

（3）立杆的垂直偏差应控制在不大于架高的1/400。

（4）立杆及纵横向水平杆构造要求见下图。



脚手架必须设置纵向扫地杆。纵向扫地杆应采用直角扣件固定在距底座上皮不大于200mm处的立杆上。横向扫地杆亦应采用直角扣件固定在紧靠纵向扫地杆下方的立杆上。当立杆基础不在同一高度上时，必须将高处的纵向扫地杆向低处延长两跨与立杆固定，高低差不应大于1m。靠边坡上方的立杆轴线到边坡的距离不应小于500mm。

3、大横杆、小横杆、剪刀撑设置

(1) 纵向水平杆亦设置在立杆内侧，其长度不宜小于3跨，纵向水平杆接长宜采用对接扣件连接，也可采用搭接其要求如下：当采用对接时，对接扣件应该交错布置，两根相邻纵向水平杆接头不宜设置在同步或同跨；不同步或不同跨两相邻接头在水平方向错开距离里不应小于500mm；各接头中心至最近主节点的距离不宜大于纵距的1/3。当采用搭接时；搭接长度不应小于1m，应等间距设置3个旋转扣件固定，端部扣件盖板边缘至搭接纵向水平杆杆端的距离不应小于100mm。

(2) 当使用冲压钢脚手板、木脚手板、竹串片脚手板时，纵向水平杆应作为横向水平杆的支座，用直角扣件固定在立杆上；当使用竹笆脚手板时，纵向水平杆应采用直角扣件固定在横向水平杆上，并应等间距设置，间距不应大于400mm；

(3) 外架按立杆与大横杆交点处设置小横杆，两端固定在立杆，以形成空间结构整体受力。主节点处必须设置一根横向水平杆，用直角扣件扣接且严禁拆除；并且作业层上非主节点处的横向不平杆，宜根据支承脚手板的需要等间距设置，最大间距不应大于纵距的1/2；

(4) 当使用冲压钢脚手板、木脚手板、竹串片脚手板、竹笆脚手板时，双排脚手架的横向水平杆两端均应采用直角扣件固定在纵向水平杆上；单排脚手架的横向水平杆的一端，应用直角扣件固定在纵向水平杆上，另一端应插入墙内，插入长度不应小于180mm。

(5) 高度在24m以下的单、双排脚手架均必须在脚手架外侧立面的两端各设置一道剪刀撑，并应由底至顶连续设置；每道剪刀撑宽度不应小于4跨，且不应小于6m，斜杆与地面的倾角宜在45° -60° 之间。

(6) 高度在24m以上的双排脚手架应在外侧立面整个长度和高度上连续设置剪刀撑。剪刀撑斜杆的接长宜采用搭接，搭接长度不小于1m，应采用不少于2个旋转扣件固定。剪刀撑斜杆应用

旋转扣件固定在与之相交的横向水平杆的伸出端或立杆上，旋转扣件中心线离主节点的距离不宜大于150mm。

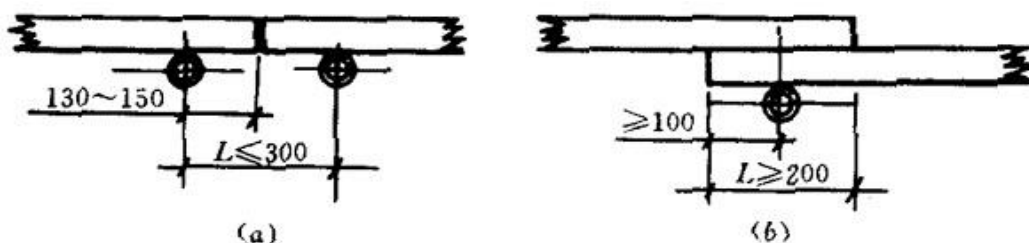
4、脚手板、脚手片的铺设要求

(1) 作业层脚手板应铺满、铺稳，离开墙面120~150mm；

(2) 冲压钢脚手板、木脚手板、竹串片脚手板等，应设置在三根横向水平杆上。当脚手板长度小于2m时，可采用两根横向水平杆支承，但应将脚手板两端与其可靠固定，严防倾翻。此三种脚手板的铺设可采用对接平铺，亦可采用搭接铺设。脚手板对接平铺时，接头处必须设两根横向水平杆，脚手板外伸长应取130~150mm，两块脚手板外伸长度的和不应大于300mm（如图）；脚手板搭接铺设时，接头必须支在横向水平杆上，搭接长度应大于200mm，其伸出横向水平杆的长度不应小于100mm（如图）。

(3) 竹笆脚手板应按其主竹筋垂直于纵向水平杆方向铺设，且采用对接平铺，四个角应用直径1.2mm的镀锌钢丝固定在纵向水平杆上。

(4) 作业层端部脚手板探头长度应取150mm，其板长两端均应与支承杆可靠地固定。脚手板探头应用直径3.2mm镀锌钢丝固定在支承杆件上；



(a) 脚手板对接；

(b) 脚手板搭接

(5) 在拐角、斜道平台口处的脚手板，应与横向水平杆可靠连接，防止滑支；

(6) 自顶层作业层的脚手板下计，宜每隔12m满铺一层脚手板。

5、防护栏杆

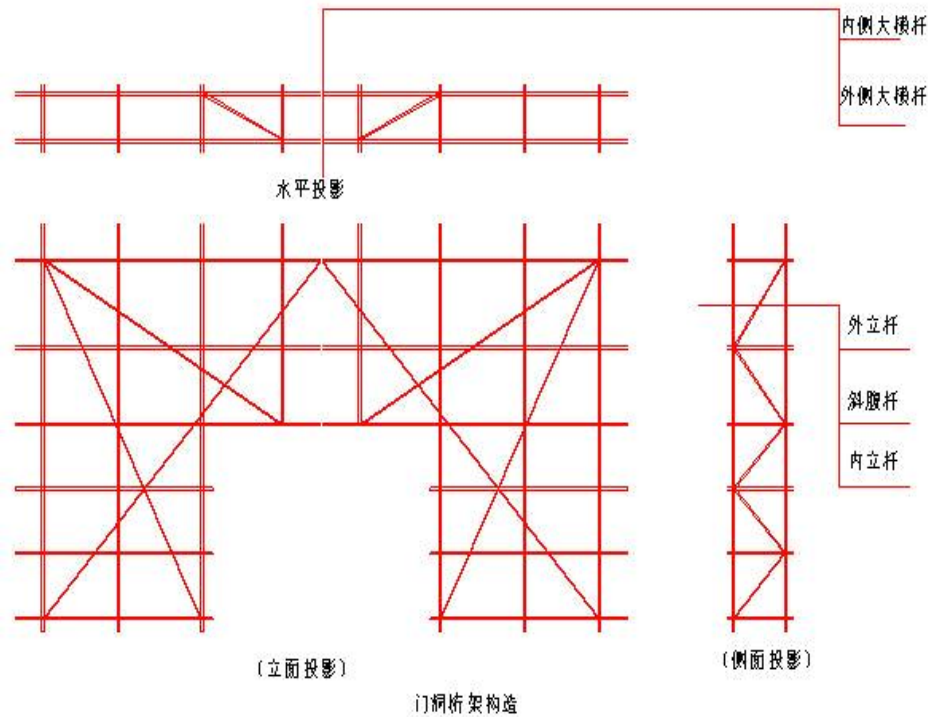
(1) 脚手架外侧使用建设主管部门认证的合格绿色密目式安全网封闭，且将安全网固定在脚手架外立杆里侧。

(2) 选用18#铅丝张挂安全网，要求严密、平整。

(3) 脚手架外侧必须设1.2m高的防护栏杆和30cm高踢脚杆，顶排防护栏杆不少于2道，高度分别为0.9m和1.3m。

(4) 脚手架内侧形成临边的(如遇大开间门窗洞等)，在脚手架内侧设1.2m的防护栏杆和30cm高踢脚杆。

(5) 脚手架上门洞、出入口构造示意图



6、连墙件

(1) 连墙件数量的设置除应满足本规范计算要求外，尚应符合表6.1的规定。

表6.1 连墙件布置最大间距

脚手架高度		竖向间距 (h)	水平间距 (l_a)	每根连墙件覆盖 面积 (m^2)
双 排	≤50m	3h	$3l_a$	≤40
	>50m	2h	$3l_a$	≤27
单 排	≤24m	3h	$3l_a$	≤40

注：h——步距； l_a ——纵距。

(2)连墙件的布置应符合下列规定：

- ①宜靠近主节点设置，偏离主节点的距离不应大于150mm；
- ②应从底层第一步纵向水平杆处开始设置，当该处设置有困难时，应采用其它可靠措施固定；
- ③宜优先采用菱形布置，也可采用方形、矩形布置；
- ④一字型、开口型脚手架的两端必须设置连墙件，连墙件的垂直间距不应大于建筑物的层高，

并不应大于4m（2步）。

(3) 对高度在24m以下的单、双排脚手架，宜采用刚性连墙件与建筑物可靠连接。严禁使用仅有拉筋的柔性连墙件。对高度24m以上的双排脚手架，必须采用刚性连墙件与建筑物可靠连接，亦可采用 $\Phi 16$ 螺杆外包塑料套管，先预埋进边梁中，外部采用短钢管与钢板（100mm长 \times 60mm宽 \times 5mm厚）进行焊接，钢板上需冲孔 $\Phi 18$ 孔洞，采用 $\Phi 16$ 螺杆与已预埋的塑料套管进行螺栓连接。

(4) 连墙件的构造应符合下列规定：

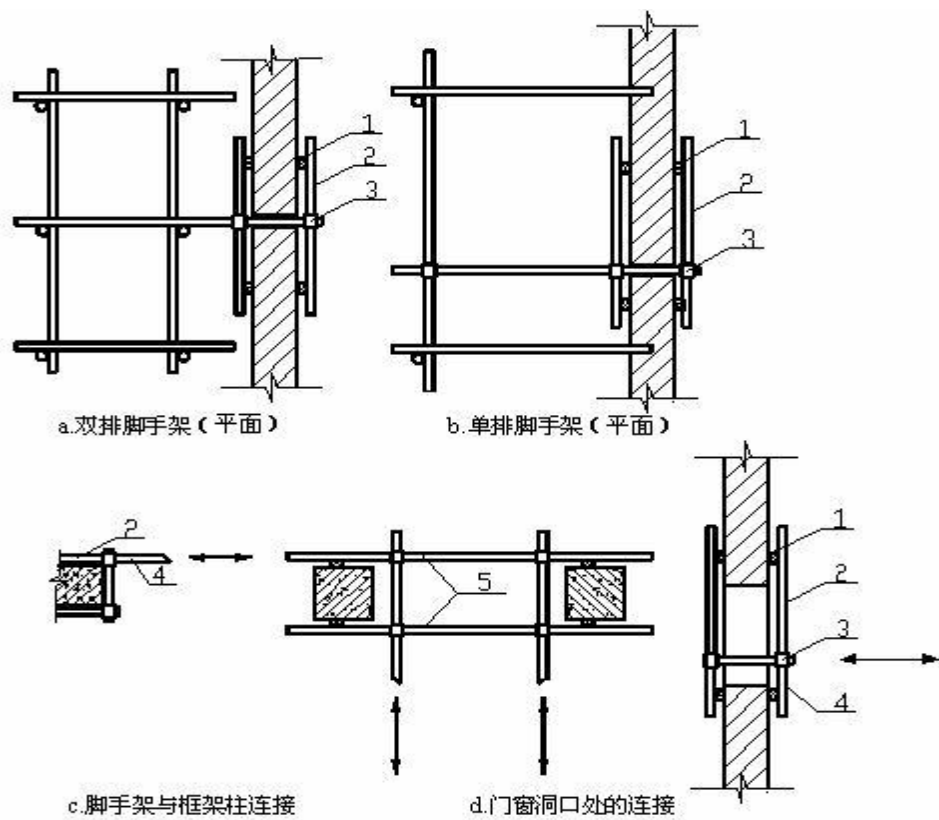
①连墙件中的连墙杆宜呈水平设置，当不能水平设置时，与脚手架连接的一端应下斜连接，不应采用上斜连接；

②连墙件必须采用可承受拉力和压力的构造。采用拉筋必须配用顶撑，顶撑应可靠地顶在混凝土圈梁、柱等结构部位。拉筋应采用两根以上直径4mm的钢丝拧成一股，使用的不应少于2股；亦可采用直径不小于6mm的钢筋。

(5) 当脚手架下部暂不能设连墙件时可搭设抛撑。抛撑应采用通长杆件与脚手架可靠连接，与地面的倾角应在 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间；连接点中心至主节点的距离不应大于300mm。抛撑应在连墙件搭设后方可拆除。架高超过40m且有风涡流作用时，应采取抗上升翻流作用的连墙措施。

(6) 当作业层高处其连墙件2步或4m以上，且其上部无连接件时，应采取撑拉措施。

(7) 连墙件构造示意图



脚手架刚性连墙件构造示意图

1—垫木；2—短钢管；3—直角扣件；4—横向水平杆；5—附加钢管



连墙件照片

7、架体内封闭

脚手架的架体里立杆距墙体净距为200-300mm，如因结构设计的限制大于300mm的必须铺设站

人板，站人板设置平整牢固。脚手架施工层内立杆与建筑物之间的封闭措施，可在施工层梁侧设置一条单横杆用于封闭措施所需的固定模板或水平兜网。

8、横向斜撑

横向斜撑由架体底部到顶部全高设置，且每个角点设置，中间间隔6m设置一道。

9、安全通道及洞口处需将此部位的脚手架两端断开，其两侧均需做斜撑加固，由架体底部到顶部全高设置。

10、水池内操作架和室内装修双排钢管操作架

采用扣件式钢管搭设落地式双排架，架体内立杆距墙体距离不大于300mm，操作层应满铺脚手板，架体立杆纵向间距为1500mm，立杆横向间距为800mm，水平杆步距为1800mm，装修脚手架顶部加设水平钢管高为1200mm的防护栏杆，脚手架外侧在一步架内设一道防护栏杆，高度为离操作层0.9m。另需在脚手架外侧按每隔6m距离设置抛撑，抛撑应采用通长杆件与脚手架可靠连接，与地面的倾角应在45°—60°之间，连接点中心至主节点的距离不应大于150mm。

10.1、生化组合池

1) A-C交1-3、A-C交4-6轴水池内操作架和防护架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，用于模板安装、钢筋绑扎、螺杆洞处理、混凝土浇筑。池壁、走道板、水沟周边操作架和操作架每步铺设钢筋网片脚手板，独立梁混凝土浇筑操作架仅在站人位置铺设钢筋网片脚手板。独立梁搭设高度5.5m（不含1.2m防护栏杆），池壁、走道板、水沟处脚手架搭设高度7.5m和8.8m（不含1.2m防护栏杆），脚手架每隔6m设置一道抛撑。

10.2、生化沉淀、二级沉淀及臭氧组合池

1) 1-2/4-7/7-10/12-13交A-E轴水池内操作架和防护架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，用于模板安装、钢筋绑扎、螺杆洞处理、混凝土浇筑。脚手架搭设高度5.5m和6.2m（不含1.2m高防护栏杆），脚手板采用钢筋网片脚手板，每步一设，每隔6米设抛撑一道。

2) A-E交1/13轴外墙抹灰贴砖、顶棚涂料操作架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，搭设高度5.5m和6.2m，脚手板采用钢筋网片脚手板，每步一设。架体搭设时脚手架外侧需设置一道抛撑，抛撑按每隔6m设置一道，抛撑需与内外立杆和横杆连接。

3) 详见附图：生化沉淀、二级沉淀及臭氧组合池池内操作架及防护架及装饰架平面图。

10.3 污泥脱水间及事故应急池

1) 标高0.000至6.5m楼层，污泥调理间、低压配电室、变压器室、高压配电室、风机房、污

泥堆场内装饰架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，用于砌体工程、抹灰工程、涂料工程、二次结构，搭设高度6.5m。架体连墙件采用抱柱的方式，设置两道，垂直方向上的间距不宜大于4m，水平方向上根据柱子的分布情况进行布置，确保每个柱子都能起到有效的支撑，脚手板采用钢筋网片脚手板，每步一设。

2) 标高0.000至9.5m楼层，污泥干化及污泥备用储存间内装饰架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，用于砌体工程、抹灰工程、涂料工程、二次结构，搭设高度9.5m。架体连墙件采用抱柱的方式，设置两道，垂直方向上的间距不宜大于4m，水平方向上根据柱子的分布情况进行布置，确保每个柱子都能起到有效的支撑，脚手板采用钢筋网片脚手板，每步一设。

3) 标高9.5至19m楼层，污泥脱水间、空压机房、值班室和楼梯间室内装饰架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，用于砌体工程、抹灰工程、涂料工程、二次结构，搭设高度9.5m。架体连墙件采用抱柱的方式，设置两道，垂直方向上的间距不宜大于4m，水平方向上根据柱子的分布情况进行布置，确保每个柱子都能起到有效的支撑，脚手板采用钢筋网片脚手板，每步一设。

10.4 污泥浓缩池

1) 水池外墙抹灰贴砖、顶棚涂料操作架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，搭设高度7m，脚手板采用钢筋网片脚手板每步一设。

10.5 曝气生物滤池

1) A-B/E-F交1-7轴水池内操作架和防护架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，用于模板安装、钢筋绑扎、螺杆洞处理、混凝土浇筑。脚手架搭设高度7.7m（不含1.2m高防护栏杆），脚手板采用钢筋网片脚手板，每步一设，每隔6米设抛撑一道。

10.6 清水池及反洗泵房

1) 泵房、反洗泵房、电控室和曝气滤池风机房室内装修（砌砖、抹灰、墙面涂料）所需操作架采用扣件式钢管架搭设双排脚手架，每步铺设钢筋网片脚手板，由总承包单位负责搭设，装修架搭设高度为6.4m和7m。

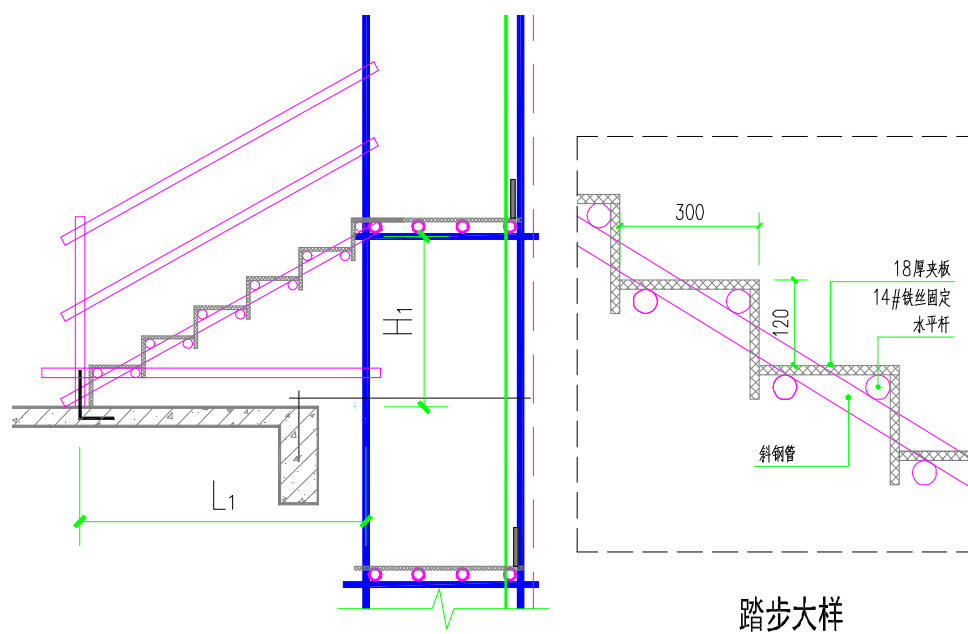
11、落地式卸料平台

拟在污泥脱水间及事故应急池和综合设备间南侧各搭设一个落地式卸料平台，采用扣件式钢管架搭设，立杆纵横向间距为 1m，水平杆步距为 1.5m，落地式卸料平台由首层搭设至二层板面，平台宽度 3.00m，长度6m，搭设高度为10.8m和6.3m。

（二）、施工斜道

【本工程设置施工斜道至屋面，采用结构楼梯上下，脚手架高于结构面等处设置斜梯上下脚手架，

见下图】



A、人行斜道的形式宜按下列要求确定：

- 1、高度大于 6m 的脚手架，宜采用之字型斜道。

B、斜道的构造应符合下列规定：

- 1、斜道宜附着外脚手架或建筑物设置；
- 2、运料斜道宽度不宜小于 1.5m，坡度宜采用 1:6；人行斜道宽度不宜小于 1m（本工程采用 1m 宽，采用踏步式斜道）；
- 3、拐弯处应设置平台，其宽度不应小于斜道宽度（本工程采用 1.5m）；
- 4、斜道两侧及平台外围均应设置栏杆及挡脚板。栏杆高度应为 1.2m，挡脚板高度不应小于 180mm，内侧应挂密目网封闭；

C、斜道脚手板构造应符合下列规定：

- 1、脚手板横铺时，应在横向水平杆下增设纵向支托杆，纵向支托杆间距不应大于 500mm；
- 2、脚手板横铺时，接头宜采用搭接；下面的板头应压住上面的板头，板头的凸棱处宜采用三角木填顺；
- 3、人行斜道和运料斜道的脚手板上应每隔 250~300mm 设置一根防滑木条，木条厚度宜为 20~30mm。本工程踏步采用 14 厚夹板用铁丝固定在钢管上。

第四节、检查验收

（一）脚手架验收

1、外脚手架的验收时间

- （1）作业层上施加荷载前；
- （2）搭设完成后；
- （3）达到设计高度后；
- （4）遇到六级大风与大雨后；
- （5）停用超过一个月。

2、外脚手架的检查验收

（1）脚手架的验收依据

- ①《建筑施工安全检查标准JGJ59-2022》；
- ②《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011；
- ③《本工程外脚手架施工方案》；
- ④有关技术交底文件。

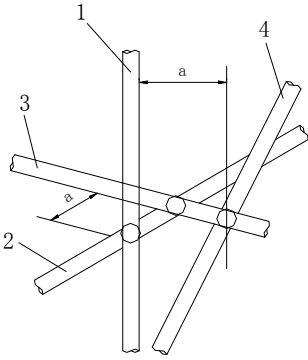
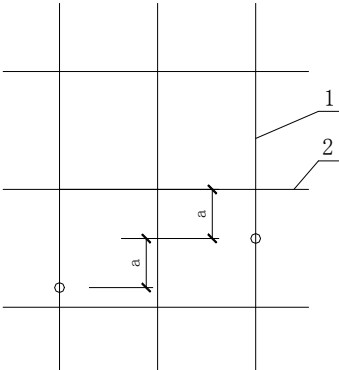
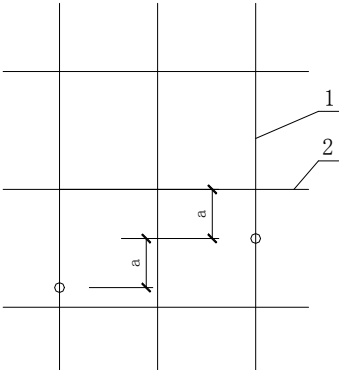
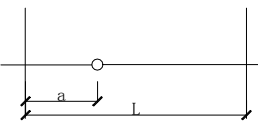
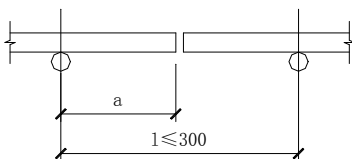
（2）外脚手架的技术要求与允许偏差

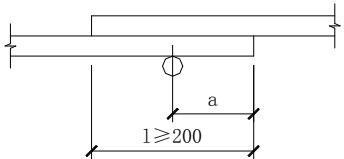
脚手架技术要求及允许偏差表

序号	项目		技术要求	允许偏差（mm）	检查方法与工具	
1	立杆垂 直度	最后验收垂直度		—	±100	经纬仪
		搭设 中检 查的 垂直度	H=2		±7	
			H=10		±14	
			H=20		±28	
			H=30		±42	
			H=40		±55	
			H=50		±70	
		中间档次采用插值法				
2	间距	步距		±20	钢板尺	
		纵距		±50		
		横距		±20		
	纵向水	一根杆的两端	—	±20		

3	平杆高 差	同跨内两根纵向水平杆高差	—	± 10	水平仪
4	双排脚手架横向水平杆外伸长度偏差		外伸 200mm	-50	钢板尺

外脚手架检查项目一览表

序号	项目		技术要求	示意图	检查方法与工具
1	扣件安装	主节点处各扣件中心点相互距离	$a \leq 150\text{mm}$		钢卷尺
		同步立杆上两个相隔对接扣件的高差	$a \geq 500\text{mm}$		钢卷尺
		立杆上的对接扣件置主节点的距离	$a \leq h/3$ (600mm)		钢卷尺
		纵向水平杆的对接扣件置主节点的距离	$a \leq la/3$ (150mm)		钢卷尺
		扣件螺栓拧紧扭矩	40~65Nm	—	扭力扳手
2	剪刀撑斜杆与地面的倾角		$45^\circ \sim 60^\circ$	—	角尺
3	脚手板外伸长度	对接	$a = 130 \sim 150\text{mm}$ $l \leq 300\text{mm}$		钢卷尺

		搭接	$a \geq 100\text{mm}$ $l \geq 200\text{mm}$		钢卷尺
--	--	----	--	--	-----

3、外脚手架验收要求

（1）脚手架搭设完毕或分段搭设完毕，应按规定对脚手架工程的质量进行检查，经检查合格后方可交付使用。

（2）高度在24m及以下的脚手架，应由栋号施工员组织监理单位进行检查验收。高度大于24m的脚手架，应由项目技术负责人随工程进行分阶段组织监理单位、建设单位及有关的技术人员进行检查验收。

（3）验收时应具备下列文件

- ①根据编制依据相关文件法规要求所形成的施工组织设计文件。
- ②脚手架构配件的出厂合格证或质量分类合格标志。
- ③脚手架工程的施工记录及质量检查记录。
- ④脚手架搭设过程中出现的重要问题及处理记录。
- ⑤脚手架工程的施工验收报告。

（4）脚手架工程的验收，除查验有关文件外，还应进行现场检查，检查应着重以下各项，并记入施工验收报告。

- ①构配件和加固件是否齐全，质量是否合格，连接和挂扣是否紧固可靠。
- ②安全网的张挂及扶手的设置是否齐全。
- ③地基是否积水，底座是否松动，立杆是否悬空。
- ④杆件的设置和连接，连墙件、支撑、门洞桁架等的构造是否符合要求。
- ⑤垂直度、水平度及立杆的沉降是否合格，垂直度采用经纬仪测量。
- ⑥扣件螺栓是否松动，是否超载。

（5）本工程的外架只能作围护架和操作架使用，不允许将其作为主体结构施工模板加固和支撑架使用。转料平台的搭设应与外脚手架完全分离，不得利用外脚手架作为转料平台。在特殊情况需要在外脚手架上搭设转料平台时应请技术部门出书面的通知及方案。转料平台上料时，须轻放堆载物，并保证转料平台的受力均衡，不得随意超负荷使用。

（6）施工人员必须严格执行《建设工程施工安全技术操作规程》。

4、连墙件

连墙件采用预埋短钢管（预埋在边梁、剪力墙顶上）与脚手架立杆进行扣件连接的方式，根据连墙件三步两跨布置方式，预埋完毕后在混凝土浇筑前再次检查位置及预埋的埋入尺寸及外伸尺寸。本工程当脚手架无法设置连墙件时，可增设抛撑（与地面夹角 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ），抛撑间距 $\leq 6\text{m}$ ，且每道抛撑应连接3~4根立杆。

（二）脚手架使用注意事项

1、作业层每 1m^2 架面上使用的施工荷载(人员、材料和机具重量)不得超过以下的规定值或施工设计值；施工荷载(作业层上人员、器具、材料的重量)的标准值，结构脚手架采取 $3\text{kN}/\text{m}^2$ ，装修脚手架取 $2\text{kN}/\text{m}^2$ 。

2、砂浆和容器总重不得大于 1.5kN ；施工设备单重不得大于 1kN ，使用人力在架上搬运和安装的构件的自重不得大于 2.5kN 。结构施工时作业的施工步数不得超过二层，每层作业荷载不得大于 $3\text{kN}/\text{m}^2$ 。装饰施工时脚手架施工荷载必须严格控制，同时作业的施工步数不得超过三层，每层作业荷载不得大于 $2\text{kN}/\text{m}^2$ 。

3、在架面上设置的材料应码放整齐稳固，不影响施工操作和人员通行。

4、作业人员在架上的最大作业高度应以可进行正常操作为度，禁止在架板上加垫器物或单块脚手板以增加操作高度。

5、在作业中，禁止随意拆除脚手架的基本构架杆件、整体性杆件、连接紧固件、安全网和连墙件。确因操作要求需要临时拆除时，必须经栋号施工员及专职安全员同意，采取相应临时加固措施，并在作业完毕后，及时予以恢复。

6、工人在架上作业中，应注意自我安全保护和他人的安全，避免发生碰撞、闪失和落物。严禁在架上戏闹和坐在栏杆上等不安全处休息。不要在架面上急匆匆地行走或去办某件事情，相互躲让时应避免身体失衡。

7、人员上、下脚手架必须走设安全防护的出入通(梯)道，严禁攀援脚手架上下。

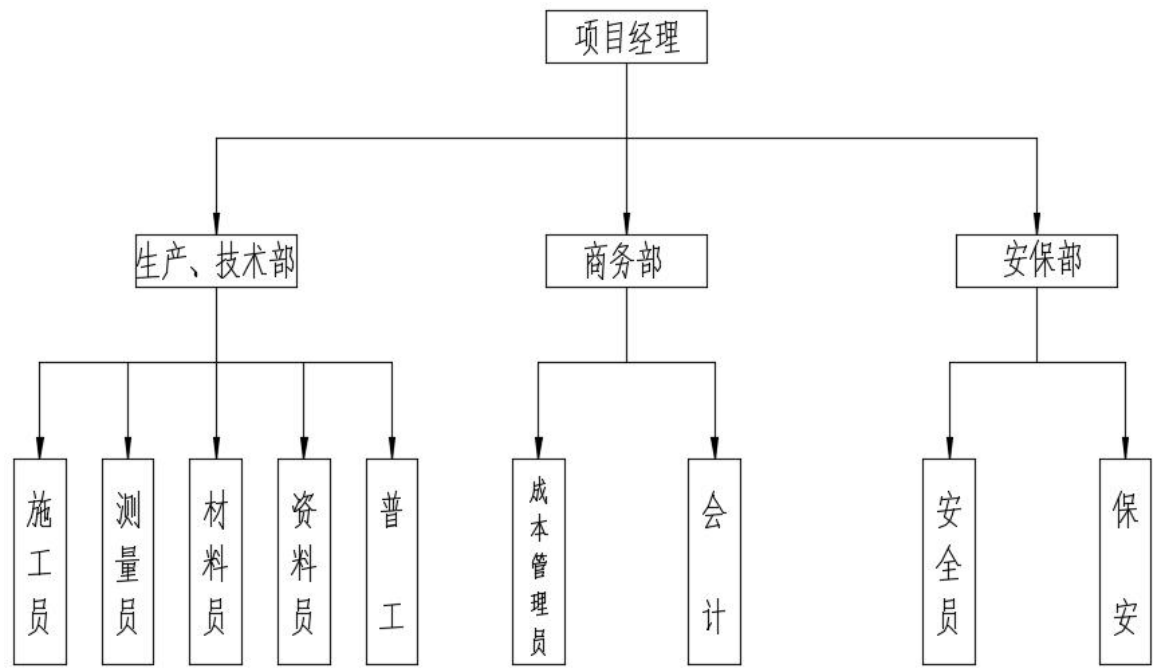
8、每班工人上架作业时，应先行检查有无影响安全作业的问题存在，在排除和解决后方许开始作业。在作业中发现有不安全的情况和迹象时，应立即停止作业进行检查，解决以后才能恢复正常作业；发现有异常和危险情况时，应立即通知所有架上人员撤离。

9、架上作业时应注意随时清理落到架面上的材料，保持架面上规整清洁，不要乱放材料工具，以免影响自己作业的安全和发生掉物伤人。

- 10、在进行撬、拉、推、拔等操作时，要注意采取正确的姿势，站稳脚跟，或一手把持在稳固的结构或支持物上，以免用力过猛时身体失去平衡或把东西甩出。在脚手架上拆除模板时，应采取必要的支托措施，以免拆下的模板材料掉落架外。
- 11、在脚手架上进行电气焊作业时，要铺铁皮接着火星或移去易燃物，以免火星点着易燃物。并同时准备防火措施，一旦着火时，及时予以扑灭。
- 12、在每步架的作业完成之后，必须将架上剩余材料物品移至上（下）步架或室内；每日收工前应清理架面，将架面上的材料物品堆放整齐，垃圾清运出去；在作业期间，应及时清理落入安全网内的材料和物品。在任何情况下，严禁自架上向下抛掷材料物品和倾倒垃圾。
- 13、六级及六级以上大风和雨、雪天应停止脚手架作业；雨、雪之后上架作业时，应把架面的积雪、积水清除掉，避免发生滑跌。
- 14、在架上运送材料经过正在作业中的人员时，要及时发出“请注意 ”“请让一让 ”的信号。材料要轻搁稳放，不许采用倾倒、猛磕或其它匆忙卸料方式。

第五章、施工安全保证措施

第一节、组织架构



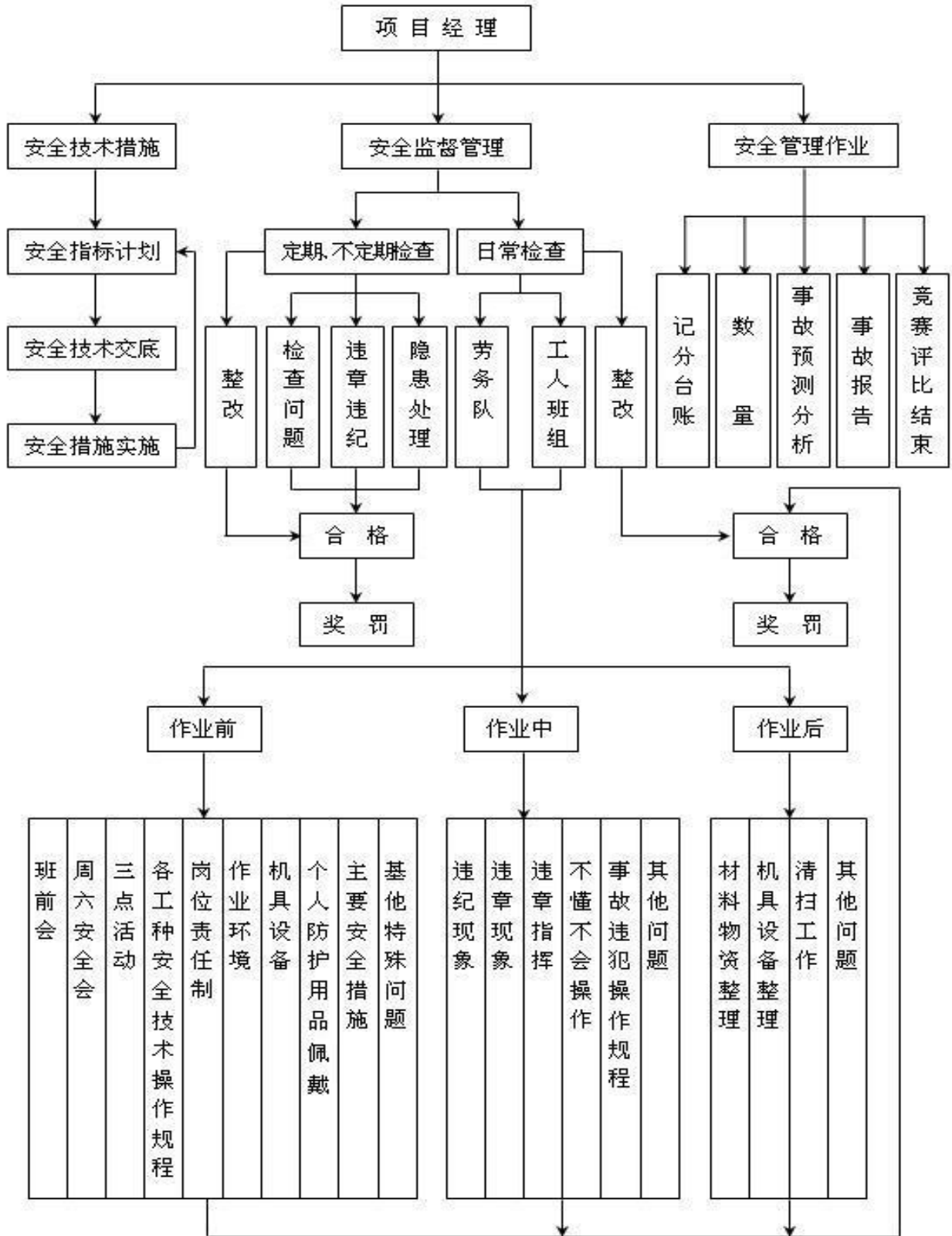
- 注： 1. 商务部由成本管理员、会计组成，办公地点在我司总部，协助管理。
2. 技术负责人兼管生产、技术部，施工员兼任质量员。

序号	职务	姓名	联系方式
----	----	----	------

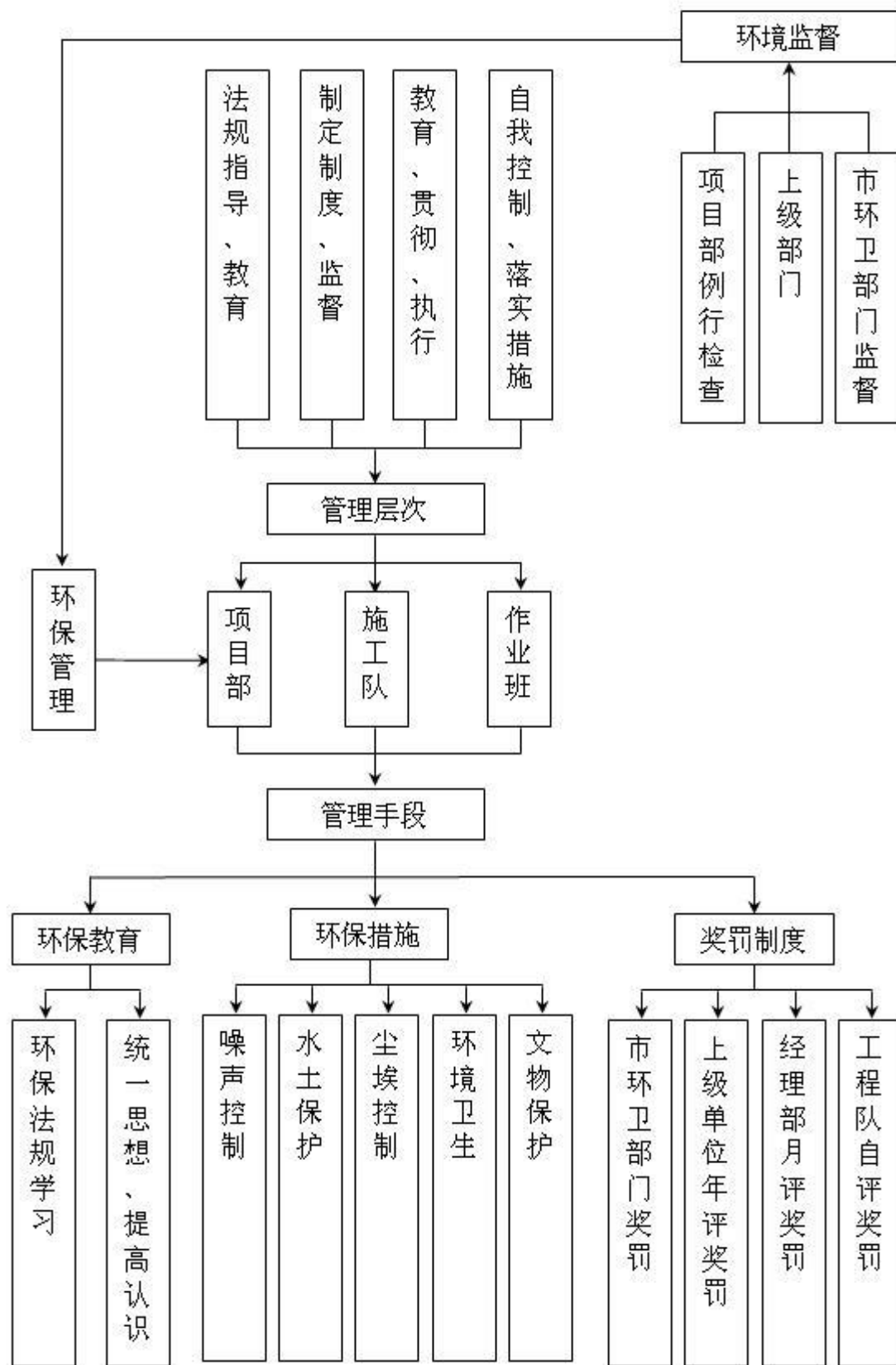
1	项目经理	彭余萌	13751400863
2	项目技术负责人	古访人	13580962802
3	安全员	李康金	13751400863
4	安全员	韦仕茂	18877878118
4	资料员	林建飞	13790341952
5	施工员	杨书杰	15856387962
6	质量员	李赛华	15190925117
7	测量员	李康金	19120406529

第二节、组织保障

1、安全保证体系



2、环境保护体系



第三节、技术措施

（一）脚手架搭设技术措施

- 1、钢管架应设置避雷针，分置于主楼外架四角立杆之上，并联通大横杆，形成避雷网络，并检测接地电阻不大于 30Ω 。
- 2、外脚手架不得搭设在距离外架空线路的安全距离内，并做好可靠的安全接地处理。
- 3、定期检查脚手架，发现问题和隐患，在施工作业前及时维修加固，以达到坚固稳定，确保施工安全。
- 4、外脚手架严禁钢竹、钢木混搭，禁止扣件、绳索、铁丝、竹篾、塑料篾混用。
- 5、外脚手架搭设人员必须持证上岗，并正确使用安全帽、安全带、穿防滑鞋。
- 6、严禁脚手板存在探头板，铺设脚手板以及多层作业时，应尽量使施工荷载内、外传递平衡。
- 7、保证脚手架体的整体性，不得与井架、升降机一并拉结，不得截断架体。
- 8、结构外脚手架每支搭一层，支搭完毕后，经项目部安全员验收合格后方可使用。任何班组长和个人，未经同意不得任意拆除脚手架部件。
- 9、严格控制施工荷载，脚手板不得集中堆料施荷，施工荷载不得大于 3kN/m^2 ，确保较大安全储备。
- 10、结构施工时不允许多层同时作业，装修施工时同时作业层数不超过两层，临时性用的悬挑架的同时作业层数不超过两层。
- 11、当作业层高出其下连墙件 3.6m 以上、且其上尚无连墙件时，应采取适当的临时撑拉措施。
- 12、各作业层之间设置可靠的防护栅栏，防止坠落物体伤人。

（二）脚手架拆除技术措施

- 1、拆架前：
 - （1）应全面检查脚手架的扣件连接、连墙件、支撑体系等是否符合构造要求；
 - （2）应根据检查结果补充完善施工组织设计中的拆除顺序和措施，经主管部门批准后方可实施；
 - （3）应由单位工程负责人进行拆除安全技术交底；
 - （4）应清除脚手架上杂物及地面障碍物。
- 2、拆架时应划分作业区，周围设绳绑围栏或竖立警戒标志，地面应设专人指挥，禁止非作业人员进入。当脚手架采取分段、分立面拆除时，对不拆除的脚手架两端，应先按《建筑施工扣

件式钢管脚手架安全技术规范》的规定设置连墙件和横向斜撑加固。

3、拆架的高处作业人员应戴安全帽、系安全带、扎裹腿、穿软底防滑鞋。

4、拆架程序应遵守“由上而下，先搭后拆”的原则，即先拆拉杆、脚手板、剪刀撑、斜撑，而后拆小横杆、大横杆、立杆等，并按“一步一清”原则依次进行。严禁上下同时进行拆架作业。

5、拆立杆时，要先抱住立杆再拆开最后两个扣件，拆除大横杆、斜撑、剪刀撑时，应先拆除中间扣件，然后托住中间，再解端头扣件。

6、连墙件必须随脚手架逐层拆除，严禁先将连墙件整层或数层拆除后再拆脚手架；分段拆除高差不应大于2步，如高差大于2步，应增设连墙件加固；当脚手架拆至下部最后一根长立杆的高度（约6.5m）时，应先在适当位置搭设临时抛撑加固后，再拆除连墙件。

7、拆除时要统一指挥，上下呼应，动作协调，当解开与另一人有关的结扣时，应先通知对方，以防坠落。

8、拆架时严禁碰撞脚手架附近电源线，以防触电事故。

9、在拆架时，不得中途换人，如必须换人时，应将拆除情况交代清楚后方可离开。

10、拆下的材料要徐徐下运，严禁抛掷。运至地面的材料应按指定地点随拆随运，分类堆放，“当天拆当天清”，拆下的扣件和铁丝要集中回收处理。

11、高层建筑脚手架拆除，应配备良好的通讯装置。

12、输送至地面的杆件，应及时按类堆放，整理保养。

13、当天离岗时，应及时加固尚未拆除部分，防止存留隐患造成复岗后的人为事故。

14、如遇强风、大雨、雪等特殊气候，不应进行脚手架的拆除，严禁夜间拆除。

15、翻掀垫铺竹笆应注意站立位置，并应自外向里翻起竖立，防止外翻将竹笆内未清除的残留物从高处坠落伤人。

第四节、安全管理

1、脚手架搭设人员必须是经过按现行国家标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》（GB 5036）考核合格的专业架子工。上岗人员应定期体检，合格者方可持证上岗。

2、搭设脚手架人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋。

3、脚手架的构配件质量与搭设质量，应按本规范第 8 章的规定进行检查验收，合格后方准使用。

4、作业层上的施工荷载应符合设计要求，不得超载。不得将模板支架、缆风绳、泵送混凝

土和砂浆的输送管等固定在脚手架上；严禁悬挂起重设备。

5、当有六级及六级以上大风和雾、雨、雪天气时应停止脚手架搭设与拆除作业。雨、雪后上架作业应有防滑措施，并应扫除积雪。

6、脚手架的安全检查与维护，应按本规范的规定进行。安全网应按有关规定搭设或拆除。

7、在脚手架使用期间，严禁拆除下列杆件：

（1）主节点处的纵、横向水平杆，纵、横向扫地杆；

（2）连墙件。

8、不得在脚手架基础及其邻近处进行挖掘作业，否则应采取安全措施，并报主管部门批准。

9、临街搭设脚手架时，外侧应有防止坠物伤人的防护措施。

10、在脚手架上进行电、气焊作业时，必须有防火措施和专人看守。

11、工地临时用电线路的架设及脚手架接地、避雷措施等，应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ46）的有关规定执行。

12、搭拆脚手架时，地面应设围栏和警戒标志，并派专人看守，严禁非操作人员入内。

第五节、避雷措施

（一）避雷装置

搭设的钢管脚手架在雷雨季节应设避雷装置，避雷装置包括接闪器、接地极、接地线。

1、脚手架顶部高于 2m，每个阳角设置避雷针。

2、接地装置的接地线应采用三根导体，在不同点与接地体作电气连接，垂直接地体应采用 5×50 角钢、Φ48 钢管或 Φ22 圆钢，长度 2.2m，不得采用螺纹钢，接地电阻不大于 10 Ω。

（二）接闪器

即避雷针，可用直径 25~32 毫米、壁厚不小于 3 毫米的镀锌管或直径不小于 12 毫米的镀锌钢筋制作，设在房屋四角的脚手架立杆上，高度不小于 1 米，并应将最上层所有的横杆连通，形成避雷网络。在垂直运输架上安装避雷针时应将一侧的中间立杆接高出顶端不小于 2 米，在该立杆下端设置接地线。

（三）接地线应尽可能采用钢材

垂直接地极可用长 1.5~2 米，直径 25~30 毫米、壁厚不小于 2.5 毫米的钢管，直径不小于 20 毫米的圆钢或 50*5 角钢。水平接地极可选用长度不小于 3 米直径 8~14 毫米的圆钢或厚度不小于 4 毫米宽 25~40 毫米的扁钢。另外也可用埋设在地下的金属管道、金属桩、钻管、吸水进

管以及与大地有可靠连接的金属结构作为接地极。接地极按脚手架上的连续长度在 50 米之内设置一个，并应满足离接地极最远点内脚手架上的过渡电阻不超过 10 欧姆的要求。接地电阻不得超过 20 欧姆。接地极埋入地下的最高点，并在地面下并不浅于 50 厘米，埋设时应将新填土夯实。蒸汽管道或烟囱风道附近经常受热的土层内，位于地下水位以上的砖石焦渣或砂子内，以及特别干燥的土层内不得埋设接地线。

（四）接地线即引下线

可采用截面不小于 16 平方毫米的铝导线或截面不小于 12 平方毫米的铜导线，为了节约有色金属可在连接可靠的前提下采用直径不小于 8 毫米的圆钢或厚度不小于 4 毫米的扁钢。接地线的连接要绝对接触可靠，连接时应将接触表面的油漆及氧化层清除，露出金属光泽，并涂中性凡士林。接地线与接地极的连接最好用焊接，焊接点的长度应为接地线直径的 6 倍以上或扁钢宽度的 2 倍以上。如用螺栓连接，接触面不得小于接地线截面积的 4 倍，拼接螺栓直径不小于 9 毫米。

（五）设置避雷装置还要注意下列事项

1、接地装置在设置前要根据接地电阻限值、土的湿度和导电特性等进行设计，对接地方式和位置选择，接地及和接地线的布置、材料选用、连接方式、制作和安装要求等作出具体规定。装设完成后要用电阻表测定是否符合要求。

2、接地线的位置应选择人们不易走到的地方，以避免和减少跨步电压的危害，防止接地线遭受机械损伤，接地极应和其他金属或电缆之间保持 3 米或以上的距离。

3、接地装置的使用期在 6 个月以上时，不宜在地下利用裸铝导线作为接地极或接地线。在有强腐蚀性土壤中，应使用镀锌或镀铜的接地极。

4、施工期间遇有雷击时，钢脚手架上的操作人员应立即撤离。

（六）卸料平台的防雷接地

考虑到卸料平台的使用时间在与脚手架的使用期间内，故防雷系统利用架体架的防雷系统连接为一整体。

第六章、应急预案

1、目的

提高整个项目组对事故的整体应急能力，确保意外发生的时候能有序的应急指挥，为有效、及时的抢救伤员，防止事故的扩大，减少经济损失，保护生态环境和资源，把事故降低到最小程度，制定本预案。

2、应急领导小组及其职责

应急领导小组由组长、成员等构成。

- （1）领导各单位应急小组的培训和演习工作，提高应变能力。
- （2）当发生突发事故时，负责抢险的人员、器材、车辆、通信和组织指挥协调。
- （3）负责准备所需要的应急物资和应急设备。
- （4）及时到达现场进行指挥，控制事故的扩大，并迅速向上级报告。

3、应急反应预案

（1）事故报告程序

事故发生后，作业人员、班组长、现场负责人、项目部安全主管领导应逐级上报，并联络报警，组织抢救。

（2）事故报告

事故发生后应逐级上报：一般为现场事故知情人员、作业队、班组安全员、施工单位专职安全员。发生重大事故时，应立即向上级领导汇报，并在24小时内向上级主管部门作出书面报告。

（3）现场事故应急处理

施工过程中可能发生的事故主要有：机具伤人、火灾事故、雷击触电事故、高温中暑、中毒窒息、高空坠落、落物伤人等事故。

①火灾事故应急处理：及时报警，组织扑救，集中力量控制火势。消灭飞火疏散物资减少损失控制火势蔓延。注意人身安全，积极抢救被困人员，配合消防人员扑灭大火。

②触电事故处理：立即切断电源或者用干燥的木棒、竹竿等绝缘工具把电线挑开。伤员被救后，观察其呼吸、心跳情况，必要时，可采取人工呼吸、心脏挤压术，并且注意其他损伤的处理。局部电击时，应对伤员进行早期清创处理，创面宜暴露，不宜包扎，发生内部组织坏死时，必须注射破伤风抗菌素。

③高温中暑的应急处理：将中暑人员移至阴凉的地方，解开衣服让其平卧，头部不要垫高。用凉水或50%酒精擦其全身，直至皮肤发红，血管扩张以促进散热，降温过程中要密切观察。及时补充水分和无机盐，及时处理呼吸、循环衰竭，医疗条件不完善时，及时送医院治疗。

（4）坍塌事故应急处理：

①立即对受伤人员进行急救，挖掘被掩埋伤员，及时脱离危险区。清除伤员凝血块、呕吐物等，对昏迷伤员将舌拉出以防窒息。进行简易的包扎，止血或简易固定骨折。

②设立危险警戒区域，设专人把守，除抢救人员可以进出外，禁止任何无关人员进入事故发生区域，防止事故进一步扩大。

③迅速确定事故发生的准确位置、可能波及的范围、脚手架损坏的程度、人员伤亡情况等，以根据不同情况进行应急处置。

④组织人员尽快解除重物压迫，减少伤员挤压综合症发生，并将其转移至安全地方。

⑤对未坍塌部位进行抢修加固或者拆除，封锁周围危险区域，防止进一步坍塌。

⑥迅速核实脚手架上作业人数，如有人员被坍塌的脚手架压在下面，要立即采取可靠措施加固四周，然后拆除或切割压住伤者的杆件，将伤员移出。

⑦其他人身伤害事故处理：当发生如高空坠落、被高空坠物击中、中毒窒息和机具伤人等人身伤害时，应立即向项目部报告、排除其他隐患，防止救援人员受到伤害，积极对伤员进行抢救。

4、应急各小组人员名单

（1）指挥组：由现场项目经理负责组织、指挥各专业小组按照应急预案迅速开展安全可靠的救援行动；并在事故发生后，立即向上级部门报告。

项目经理：彭余萌

（2）现场抢救组：组织实施抢险救援行动方案；协调有关部门的抢险救援工作；及时向项目部应急救援领导小组报告抢险救援进展情况。

成员：杨书杰

（3）安全保卫组：控制事故现场，做好施工人员的疏散工作；负责事故现场的警戒，对危险区域进行有效的隔离，阻止非抢险救援人员进入现场；负责现场车辆疏通，维持治安秩序；负责保护抢险人员的人身安全，并将获救人员转至安全地带。

成员：韦仕茂

（4）医疗救护组：负责现场伤员的医疗抢救工作，根据伤员受伤程度做好转运工作。

成员：林建飞

（5）后勤保障组：负责调集抢险器材、设备，负责全体参加抢险救援工作人员的食宿等后勤保障工作，以及伤员的转运工作。

成员：滕繁深

（6）善后工作组：负责对现场的清理指挥工作，以及事后施工恢复工作；妥善安置伤亡人员和接待伤亡人员的家属，按有关规定做好理赔工作。

成员：李康金

5、应急通信联络

序号	职务	姓名	联系方式
1	项目经理	彭余萌	13751400863
2	项目技术负责人	古访人	13580962802
3	安全员	李康金	13751400863
4	安全员	韦仕茂	18877878118
4	资料员	林建飞	13790341952
5	施工员	杨书杰	15856387962
6	质量员	李赛华	15190925117
7	测量员	李康金	19120406529
8	仓管员	滕繁深	13977165304

6、相关联系方式：

报警电话：110（公安）、120（急救）、119（火警），也可以用下表联系方式

序号	名称	地址	电话
1	玉林市中医院	玉林市人民东路805号	0775-2580008
2	玉林市第一人民医院	玉林市教育中路495号	0775-2683288

通信联系方式应在施工现场和营地的显要位置张贴，以便紧急情况下使用。

第七章、监测监控

1、监测控制

采用经纬仪、水准仪对支撑体系进行监测，主要监测体系的水平、垂直位置是否有偏移。

2、监测点设置

观测点设置在立杆1.2m标高处，用“+”字标出对比点，固定观测标准点在砼楼板上设置，宜采用钢钉或钢筋头在软件中预埋，柱或砼墙边监测点直接在浇筑好的砼上用钢钉钉入砼中作为固定对比观测点。

3、监测措施

混凝土浇筑过程中，派专人检查支架和支撑情况，发现下沉、松动、变形和水平位移情况的应及时解决。

4、仪器设备配置

名称	规格	数量	精度
----	----	----	----

电子经纬仪	DT202C	1	
精密水准仪		1	$\pm 2''$
全站仪一台	RXT—232	1	$\pm 2''$ ，最大允许误差 $\pm 20''$
自动安平水准仪		2	千米往返 $\pm 3\text{mm}$
红外线水准仪		1	
激光垂直仪	DZJ2	1	$h/40000$
对讲机		6	
检测板手		5	

5、监测说明

（1）班组每日进行安全检查，项目部进行安全周检查，公司进行安全月检查；

（2）模板工程日常检查重点部位：

①杆件的设置和连接，连墙件、支撑，剪刀撑等构件是否符合要求；

②连墙件是否松动；

③架体是否有不均匀沉降，垂直度偏差；

④施工过程中是否有超载现象；

⑤安全防护措施是否符合规范要求；

⑥支架与杆件是否有变形现象；

6、监测频率

在重大工程施工工序过程中应实时监测，一般监测频率不宜超过 20~30 分钟一次，其它普通的监测频率为每天一次。

（1）本工程立杆监测预警值为 8mm，立柱垂直偏差 $\leq 1/400H$ 。

（2）监测数据超过预警值时必须立即停止施工，疏散人员，并及时进行加固处理。

第八章、计算书

第一节、J-01 钢管落地脚手架（24.8m）计算书

计算依据：

1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011

2、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012

- 3、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 4、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011
- 5、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018
- 6、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 7、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 8、《工程结构通用规范》GB 55001-2021
- 9、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021

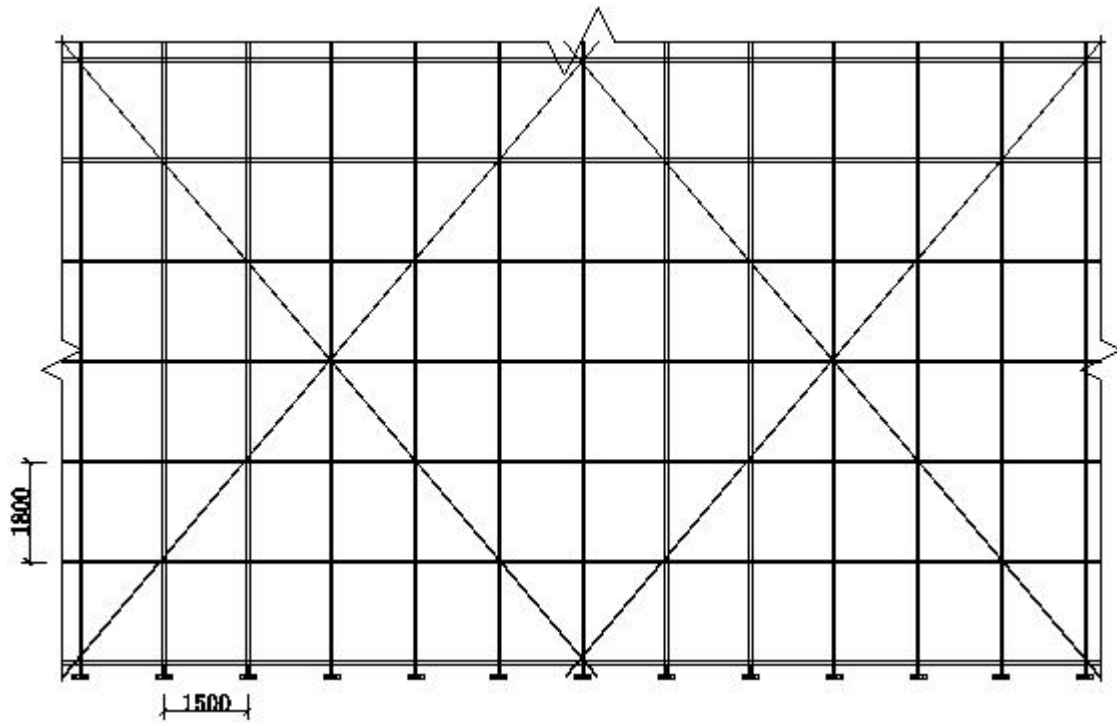
一、脚手架参数

结构重要性系数 γ_0	1	可变荷载调整系数 γ_L	0.9
脚手架搭设排数	双排脚手架	脚手架钢管类型	$\Phi 48 \times 3$
脚手架架体高度 $H(m)$	11.54	步距 $h(m)$	1.8
立杆纵距或跨距 $l_a(m)$	1.5	立杆横距 $l_b(m)$	0.8
内立杆离建筑物距离 $a(m)$	0.3	双立杆计算方法	不设置双立杆

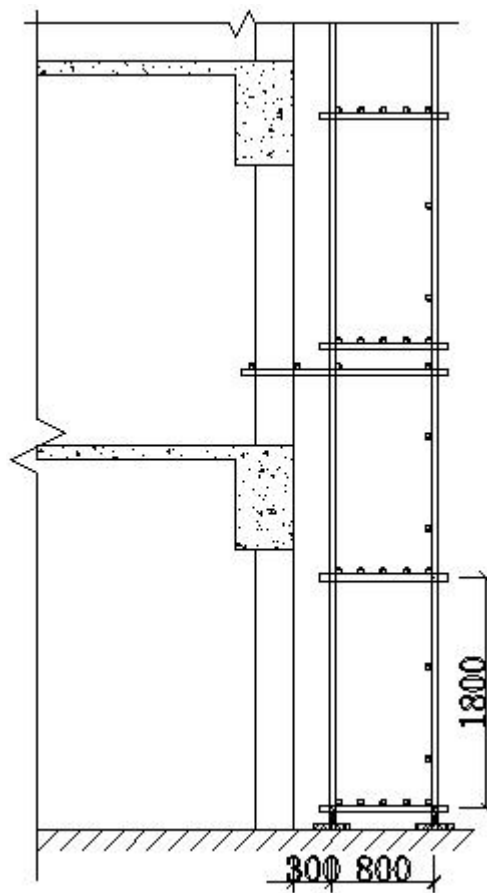
二、荷载设计

脚手架设计类型	结构脚手架	脚手板类型	钢笆脚手板
脚手板自重标准值 $G_{kjb}(kN/m^2)$	0.1	脚手板铺设方式	1 步 1 设
安全防护网自重标准值 (kN/m^2)	0.01	挡脚板类型	木挡脚板
栏杆与挡脚板自重标准值 $G_{kdb}(kN/m)$	0.17	挡脚板铺设方式	1 步 1 设
每米立杆承受结构自重标准值 $g_k(kN/m)$	0.129	横向斜撑布置方式	6 跨 1 设
结构脚手架作业层数 n_{jj}	1	结构脚手架荷载标准值 $G_{kjj}(kN/m^2)$	3
地区	广西玉林	安全网设置	全封闭
基本风压 $\omega_0(kN/m^2)$	0.2	风荷载体型系数 μ_s	0.8
风压高度变化系数 μ_z (连墙件、单立杆稳定性)	0.81, 0.81	风荷载标准值 $\omega_k(kN/m^2)$ (连墙件、单立杆稳定性)	0.13, 0.13

计算简图:



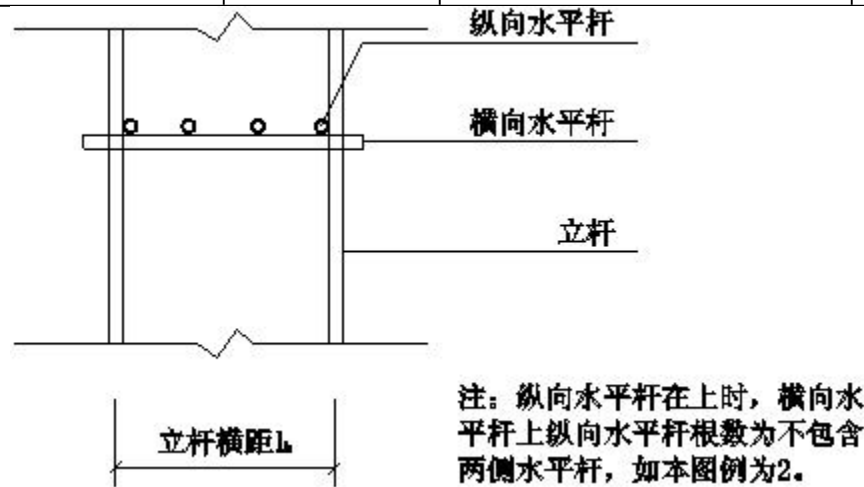
立面图



侧面图

三、纵向水平杆验算

纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上	横向水平杆上纵向水平杆根数 n	3
横杆抗弯强度设计值 [f] (N/mm ²)	205	横杆截面惯性矩 I (mm ⁴)	107800
横杆弹性模量 E (N/mm ²)	206000	横杆截面抵抗矩 W (mm ³)	4490



纵、横向水平杆布置

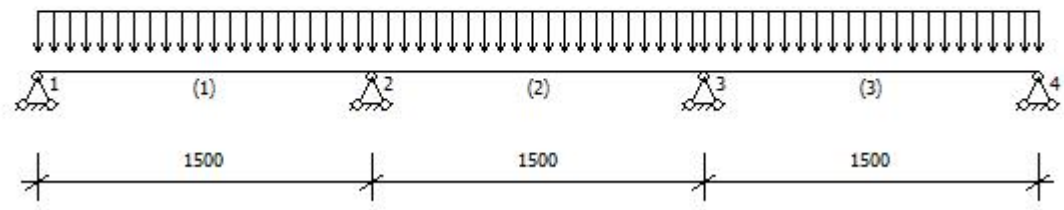
承载能力极限状态

$$q=1.3 \times (0.033+G_{kjb} \times l_b/(n+1))+0.9 \times 1.5 \times G_k \times l_b/(n+1)=1.3 \times (0.033+0.1 \times 0.8/(3+1))+0.9 \times 1.5 \times 3 \times 0.8/(3+1)=0.879\text{kN/m}$$

正常使用极限状态

$$q'=(0.033+G_{kjb} \times l_b/(n+1))+G_k \times l_b/(n+1)=(0.033+0.1 \times 0.8/(3+1))+3 \times 0.8/(3+1)=0.653\text{kN/m}$$

计算简图如下：



1、抗弯验算

$$M_{\max} = 0.1q l_a^2 = 0.1 \times 0.879 \times 1.5^2 = 0.198 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = \gamma_0 M_{\max} / W = 1 \times 0.198 \times 10^6 / 4490 = 44.062 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2、挠度验算

$$v_{\max} = 0.677 q' l_a^4 / (100EI) = 0.677 \times 0.653 \times 1500^4 / (100 \times 206000 \times 107800) = 1.008 \text{ mm}$$

$$v_{\max} = 1.008 \text{ mm} \leq [v] = \min[l_a/150, 10] = \min[1500/150, 10] = 10 \text{ mm}$$

满足要求！

3、支座反力计算

承载能力极限状态

$$R_{\max} = 1.1q l_a = 1.1 \times 0.879 \times 1.5 = 1.451 \text{ kN}$$

正常使用极限状态

$$R_{\max}' = 1.1q' l_a = 1.1 \times 0.653 \times 1.5 = 1.078 \text{ kN}$$

四、横向水平杆验算

承载能力极限状态

$$\text{由上节可知 } F_1 = R_{\max} = 1.451 \text{ kN}$$

$$q = 1.3 \times 0.033 = 0.043 \text{ kN/m}$$

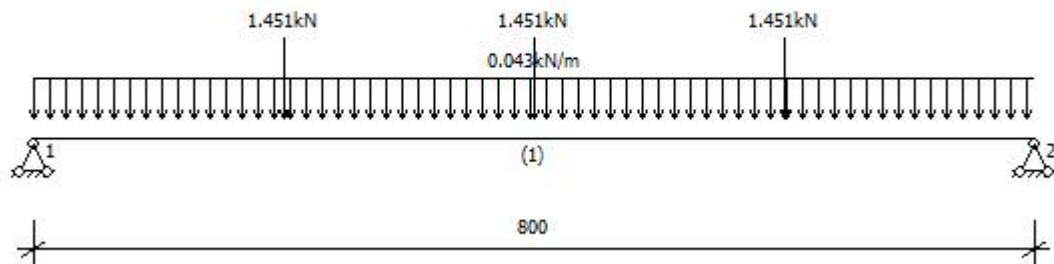
正常使用极限状态

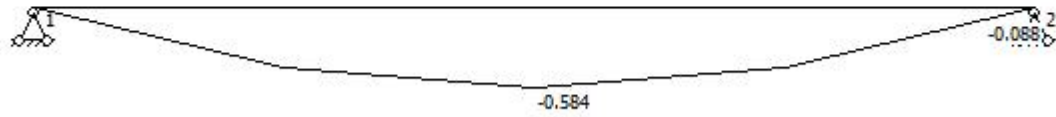
$$\text{由上节可知 } F_1' = R_{\max}' = 1.078 \text{ kN}$$

$$q' = 0.033 \text{ kN/m}$$

1、抗弯验算

计算简图如下：





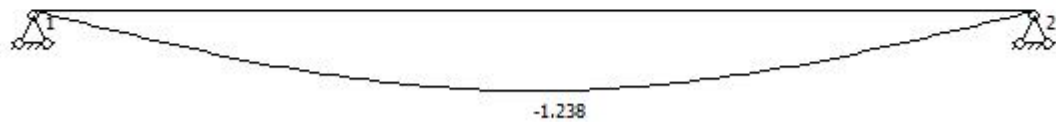
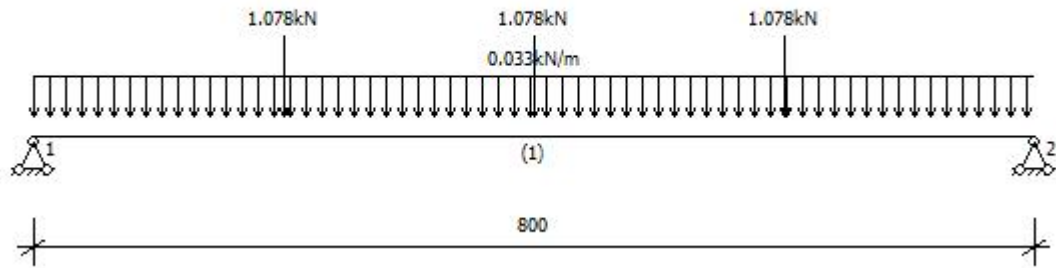
弯矩图 (kN · m)

$$\sigma = \gamma_0 M_{\max} / W = 1 \times 0.584 \times 10^6 / 4490 = 130.031 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2、挠度验算

计算简图如下：



变形图 (mm)

$$v_{\max} = 1.238 \text{ mm} \leq [v] = \min[l_b/150, 10] = \min[800/150, 10] = 5.333 \text{ mm}$$

满足要求！

3、支座反力计算

承载能力极限状态

$$R_{\max}=2.194\text{kN}$$

五、扣件抗滑承载力验算

横杆与立杆连接方式	单扣件	扣件抗滑移折减系数	0.85
-----------	-----	-----------	------

扣件抗滑承载力验算：

$$\text{纵向水平杆：} R_{\max}=1 \times 1.451/2=0.725\text{kN} \leq R_c=0.85 \times 8=6.8\text{kN}$$

$$\text{横向水平杆：} R_{\max}=1 \times 2.194=2.194\text{kN} \leq R_c=0.85 \times 8=6.8\text{kN}$$

满足要求！

六、荷载计算

脚手架架体高度 H	11.54	脚手架钢管类型	Φ48×3
每米立杆承受结构自重标准值 gk (kN/m)	0.129		

立杆静荷载计算

1、立杆承受的结构自重标准值 N_{G1k}

$$\text{单外立杆：} N_{G1k}=(g_k+1_a \times n/2 \times 0.033/h) \times H=(0.129+1.5 \times 3/2 \times 0.033/1.8) \times 11.54=1.969\text{kN}$$

$$\text{单内立杆：} N_{G1k}=1.969\text{kN}$$

2、脚手板的自重标准值 N_{G2k1}

$$\text{单外立杆：} N_{G2k1}=[(H/h)_{\text{取整}}+1] \times l_a \times l_b \times G_{kjb} \times 1/1/2=[(11.54/1.8)_{\text{取整}}+1] \times 1.5 \times 0.8 \times 0.1 \times 1/1/2=0.42\text{kN}$$

1/1 表示脚手板 1 步 1 设

$$\text{单内立杆：} N_{G2k1}=0.42\text{kN}$$

3、栏杆与挡脚板自重标准值 N_{G2k2}

$$\text{单外立杆：} N_{G2k2}=[(H/h)_{\text{取整}}+1] \times l_a \times G_{kdb} \times 1/1=[(11.54/1.8)_{\text{取整}}+1] \times 1.5 \times 0.17 \times 1/1=1.785\text{kN}$$

1/1 表示挡脚板 1 步 1 设

4、围护材料的自重标准值 N_{G2k3}

$$\text{单外立杆：} N_{G2k3}=G_{kmw} \times l_a \times H=0.01 \times 1.5 \times 11.54=0.173\text{kN}$$

5、构配件自重标准值 N_{G2k} 总计

$$\text{单外立杆: } N_{G2k} = N_{G2k1} + N_{G2k2} + N_{G2k3} = 0.42 + 1.785 + 0.173 = 2.378\text{kN}$$

$$\text{单内立杆: } N_{G2k} = N_{G2k1} = 0.42\text{kN}$$

立杆施工活荷载计算

$$\text{外立杆: } N_{Q1k} = 1a \times 1_b \times (n_{jj} \times G_{kjj}) / 2 = 1.5 \times 0.8 \times (1 \times 3) / 2 = 1.8\text{kN}$$

$$\text{内立杆: } N_{Q1k} = 1.8\text{kN}$$

单立杆轴向力:

$$\text{单外立杆: } N = 1.3 \times (N_{G1k} + N_{G2k}) + 0.9 \times 1.5 \times N_{Q1k} = 1.3 \times (1.969 + 2.378) + 0.9 \times 1.5 \times 1.8 = 8.081\text{kN}$$

$$\text{单内立杆: } N = 1.3 \times (N_{G1k} + N_{G2k}) + 0.9 \times 1.5 \times N_{Q1k} = 1.3 \times (1.969 + 0.42) + 0.9 \times 1.5 \times 1.8 = 5.536\text{kN}$$

七、立杆稳定性验算

脚手架架体高度 H	11.54	立杆计算长度系数 μ	1.5
立杆截面抵抗矩 $W(\text{mm}^3)$	4490	立杆截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9
立杆抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205	立杆截面面积 $A(\text{mm}^2)$	424
连墙件布置方式	三步两跨		

1、立杆长细比验算

$$\text{立杆计算长度 } l_0 = K \mu h = 1 \times 1.5 \times 1.8 = 2.7\text{m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0 / i = 2.7 \times 10^3 / 15.9 = 169.811 \leq 210$$

满足要求!

轴心受压构件的稳定系数计算:

$$\text{立杆计算长度 } l_0 = K \mu h = 1.155 \times 1.5 \times 1.8 = 3.119\text{m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0 / i = 3.119 \times 10^3 / 15.9 = 196.132$$

查《规范》JGJ 130-2011 表 A 得, $\phi = 0.188$

2、立杆稳定性验算

不组合风荷载作用

$$\text{单立杆的轴心压力设计值 } N = 1.3(N_{G1k} + N_{G2k}) + 0.9 \times 1.5 N_{Q1k} = 1.3 \times (1.969 + 2.378) + 0.9 \times 1.5 \times 1.8 = 8.081\text{kN}$$

$$\sigma = \gamma_0 N / (\phi A) = 1 \times 8081.246 / (0.188 \times 424) = 101.381\text{N/mm}^2 \leq [f] = 205\text{N/mm}^2$$

满足要求！

组合风荷载作用

单立杆的轴心压力设计值 $N=1.3(N_{G1k}+N_{G2k})+0.9\times 1.5N_{Q1k}=1.3\times (1.969+2.378)+0.9\times 1.5\times 1.8=8.081\text{kN}$

$M_w=0.9\times 0.9\times 1.5\times M_{wk}=0.9\times 0.9\times 1.5\times \omega_k l_a h^2/10=0.9\times 0.9\times 1.5\times 0.13\times 1.5\times 1.8^2/10=0.077\text{kN}\cdot\text{m}$

$\sigma=\gamma_0[N/(\phi A)+M_w/W]=1\times [8081.246/(0.188\times 424)+76763.7/4490]=118.477\text{N/mm}^2\leqslant [f]=205\text{N/mm}^2$

满足要求！

八、脚手架架体高度验算

不组合风荷载作用

$H_{s1}=(\phi Af-(1.3\times N_{G2k}+1.5N_{Q1k}))/(1.3\times g_k)=(0.188\times 424\times 205\times 10^{-3}-(1.3\times 2.378+1.5\times 1.8))/(1.3\times 0.129)=62.907\text{m}$

组合风荷载作用

$H_{s2}=(\phi Af-(1.3\times N_{G2k}+0.9\times 1.5N_{Q1k}+M_w\phi A/W))/(1.3\times g_k)=(0.188\times 424\times 205\times 10^{-3}-(1.3\times 2.378+0.9\times 1.5\times 1.8+0.077\times 1000\times 0.188\times 424/4490))/(1.3\times 0.129)=56.39\text{m}$

$H_s=56.39\text{m}>H=11.54\text{m}$

满足要求！

九、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	三步两跨	连墙件连接方式	扣件连接
连墙件约束脚手架平面外变形轴向力 N_0 (kN)	3	连墙件计算长度 l_0 (mm)	600
连墙件截面类型	钢管	连墙件型号	$\Phi 48\times 3$
扣件抗滑移折减系数	0.85	连墙件截面面积 A_c (mm ²)	424
连墙件截面回转半径 i (mm)	15.9	连墙件抗压强度设计值 $[f]$ (N/mm ²)	205
连墙件为扣件连接方式	单扣件		

$N_{lw}=1.5\times \omega_k\times 3\times h\times 2\times l_a=1.5\times 0.13\times 3\times 1.8\times 2\times 1.5=3.159\text{kN}$

长细比 $\lambda = l_0 / i = 600 / 15.9 = 37.736$ ，查《规范》表 A.0.6 得， $\phi = 0.896$

$$(N_{1w} + N_0) / (\phi A_c) = (3.159 + 3) \times 10^3 / (0.896 \times 424) = 16.212 \text{ N/mm}^2 \leq 0.85 \times [f] = 0.85 \times 205 = 174.25 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

扣件抗滑承载力验算：

$$N_{1w} + N_0 = 3.159 + 3 = 6.159 \text{ kN} \leq 0.85 \times 8 = 6.8 \text{ kN}$$

满足要求！

十、立杆地基承载力验算

地基土类型	素填土	地基承载力特征值 f_g (kPa)	140
地基承载力调整系数 m_f	0.4	垫板底面积 A (m^2)	0.25

$$\text{立柱底垫板的底面平均压力 } p = N / (m_f A) = 8.081 / (0.4 \times 0.25) = 80.812 \text{ kPa} \leq \gamma_u f_g = 1.254 \times 140 = 175.56 \text{ kPa}$$

满足要求！

第二节、XD-01 斜道计算书

计算依据：

- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 2、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011
- 3、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 4、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 5、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018
- 6、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 7、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 8、《工程结构通用规范》GB 55001-2021
- 9、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021

一、基本参数

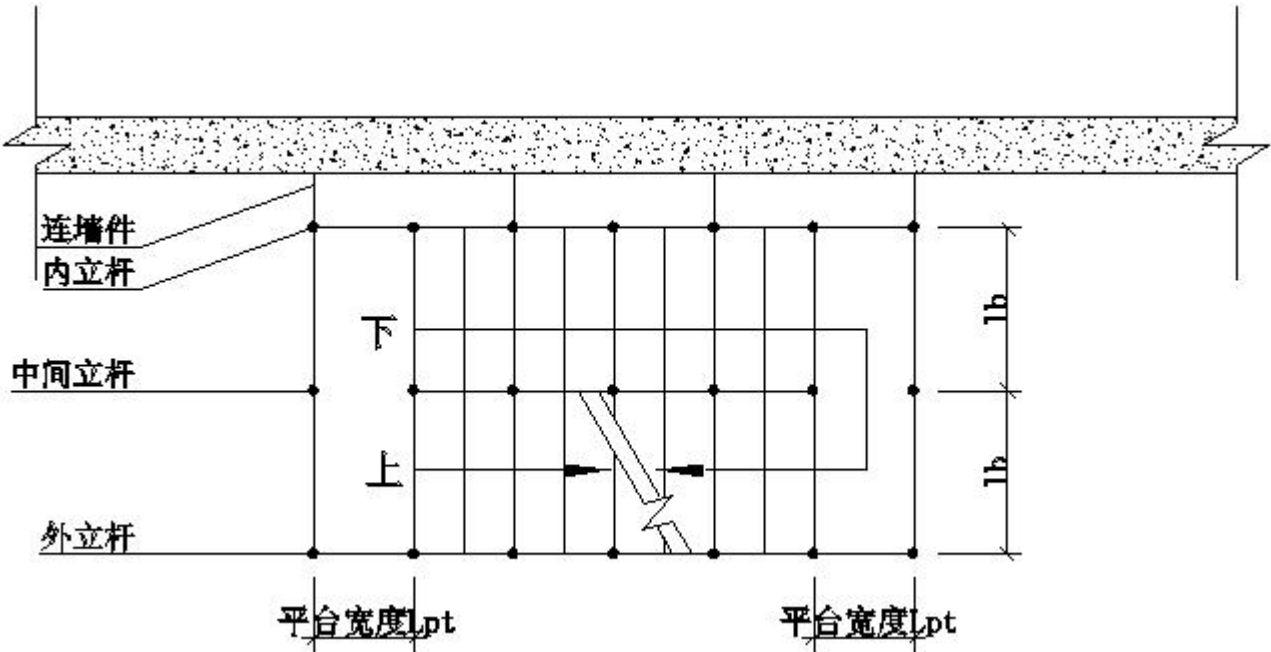
斜道附着对象	建筑物	斜道类型	之字形
--------	-----	------	-----

斜道立杆纵距或跨距 l_a (m)	1	立杆横距 l_b (m)	1
立杆步距 h (m)	1.3	斜道每跑高度 H (m)	3.6
斜道水平投影长度 L (m)	7	平台宽度 L_{pt} (m)	1.5
斜道跑数 n	2	斜道钢管类型	$\Phi 48 \times 3$
双立杆计算方法	不设置双立杆		

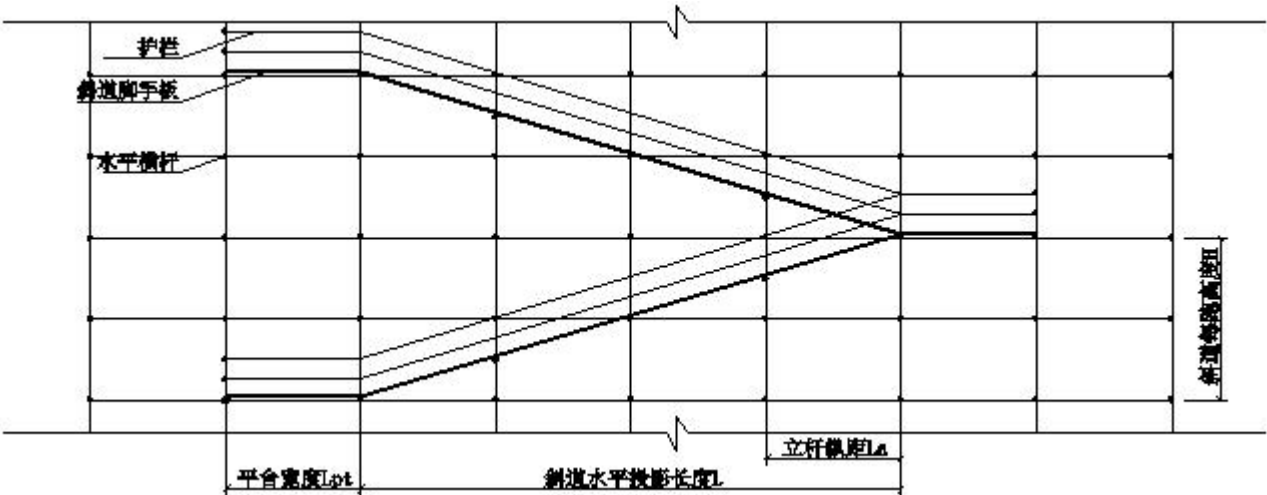
二、荷载参数

结构重要性系数 γ_0	1	可变荷载调整系数 γ_L	0.9
脚手板类型	冲压钢脚手板	脚手板自重标准值 G_{kjb} (kN/m ²)	0.3
挡脚板类型	冲压钢挡脚板	栏杆与挡脚板自重标准值 G_{kdb} (kN/m)	0.16
每米立杆承受结构自重标准值 g_k (kN/m)	0.35	斜道均布活荷载标准值 G_{kq} (kN/m ²)	3
斜道施工作业跑数 n_j	2		
风荷载标准 ω_k (kN/m ²) (连墙件、单立杆)	基本风压 ω_0 (kN/m ²)	0.2	0.237、0.226
风荷载体型系数 μ_s	1.128	风荷载高度变化系数 μ_z (连墙件、单立杆)	1.052、1

搭设示意图：



平面图

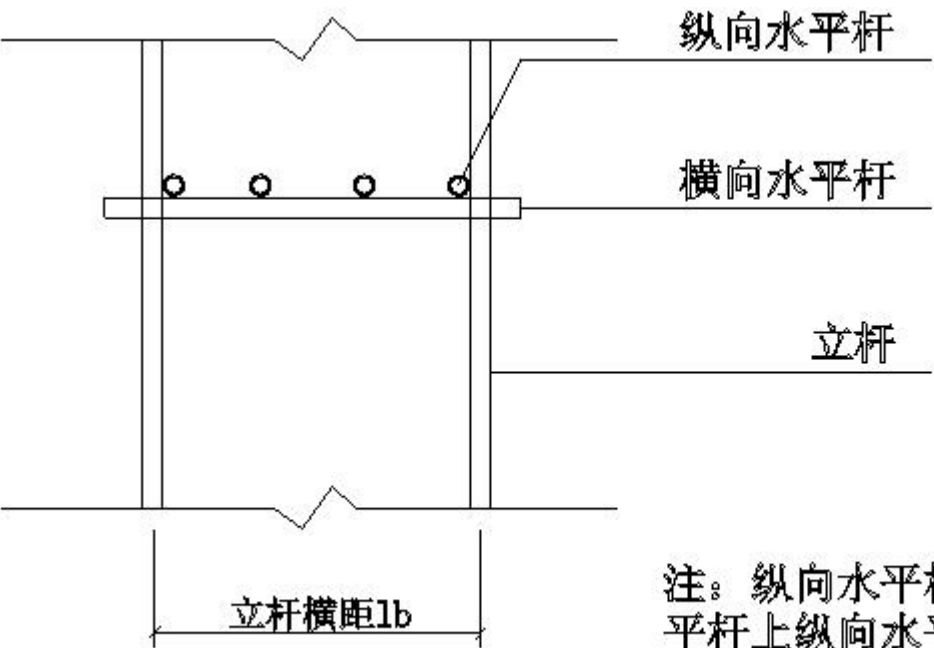


立面图

三、纵向水平杆验算

纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上	横向水平杆上纵向水平杆根数 m	2
横杆抗弯强度设计值 [f] (N/mm ²)	205	横杆截面惯性矩 I (mm ⁴)	107800
横杆弹性模量 E (N/mm ²)	206000	横杆截面抵抗矩 W (mm ³)	4490

计算简图如下：



注：纵向水平杆在上时，横向水平杆上纵向水平杆根数为不包含两侧水平杆，如本图例为2。

水平杆布置方式

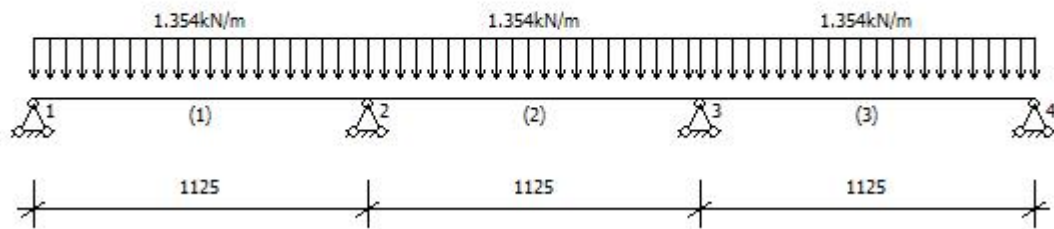
承载力使用极限状态

$$q = \gamma_0 \times [(1.3 \times (0.033 + G_{kjb} \times l_b / (m+1)) + 1.5 \times \gamma_L \times G_{kq} \times l_b / (m+1)) \times \cos \theta] = 1 \times [(1.3 \times (0.033 + 0.3 \times 1 / (2+1)) + 1.5 \times 0.9 \times 3 \times 1 / (2+1)) \times 0.889] = 1.354 \text{ kN/m}$$

正常使用极限状态

$$q' = ((0.033 + G_{kjb} \times l_b / (m+1)) + G_{kq} \times l_b / (m+1)) \times \cos \theta = ((0.033 + 0.3 \times 1 / (2+1)) + 3 \times 1 / (2+1)) \times 0.889 = 1.007 \text{ kN/m}$$

计算简图如下：



1、抗弯验算

$$M_{\max} = 0.1q(l_a / \cos \theta)^2 = 0.1 \times 1.354 \times (1 / 0.889)^2 = 0.171 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = M_{\max} / W = 0.171 \times 10^6 / 4490 = 38.085 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2、挠度验算

$$v_{\max} = 0.677q'(l_a / \cos \theta)^4 / (100EI) = 0.677 \times 1.007 \times (1000 / 0.889)^4 / (100 \times 206000 \times 107800) = 0.492 \text{ mm} \leq [v] = \min[l_a / \cos \theta / 150, 10] = \min[1000 / 0.889 / 150, 10] = 7.499 \text{ mm}$$

满足要求！

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$$R_{\max} = 1.1 \times q l_a / \cos \theta = 1.1 \times 1.354 \times 1 / 0.889 = 1.675 \text{ kN}$$

正常使用极限状态

$$R_{\max}' = 1.1 \times q' l_a / \cos \theta = 1.1 \times 1.007 \times 1 / 0.889 = 1.246 \text{ kN}$$

四、横向水平杆验算

承载力使用极限状态

$$F_1 = R_{\max} / \cos \theta = 1.675 / 0.889 = 1.884 \text{ kN}$$

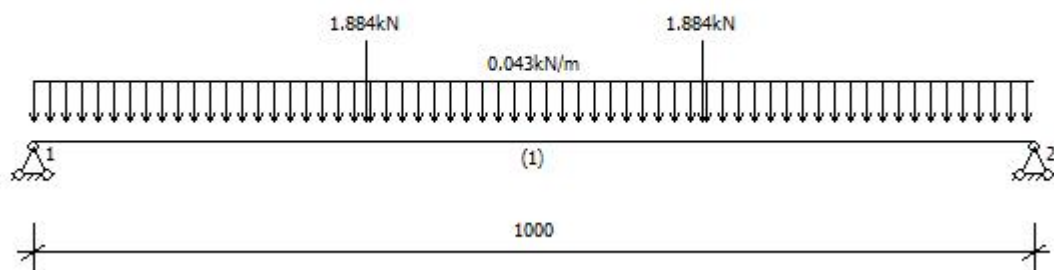
$$q = \gamma_0 \times 1.3 \times 0.033 = 0.043 \text{ kN/m}$$

正常使用极限状态

$$F_1' = R_{\max}' / \cos \theta = 1.246 / 0.889 = 1.402 \text{ kN}$$

$$q' = 0.033 \text{ kN/m}$$

计算简图如下：



1、抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 0.633 \times 10^6 / 4490 = 140.98 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2、挠度验算



$$v_{\max} = 2.259 \text{ mm} \leq [v] = \min[l_b/150, 10] = \min[1000/150, 10] = 6.667 \text{ mm}$$

满足要求！

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$$R_{\max} = 1.906 \text{ kN}$$

五、扣件抗滑承载力验算

横杆与立杆连接方式	单扣件	扣件抗滑移折减系数	0.8
-----------	-----	-----------	-----

$$\text{横向水平杆: } R_{\max} = 1.906 \text{ kN} \leq R_c = 0.8 \times 8 = 6.4 \text{ kN}$$

$$\text{纵向水平杆: } R_{\max} = 1.675 / 0.889 / 2 = 0.942 \text{ kN} \leq R_c = 0.8 \times 8 = 6.4 \text{ kN}$$

满足要求！

六、荷载计算

斜道跑数 n	2	斜道每跑高度 H(m)	3.6
斜道钢管类型	Φ48×3	每米立杆承受结构自重标准值 g_k (kN/m)	0.35
斜道均布活荷载标准值 G_{kq} (kN/m²)	3	斜道施工作业跑数 n_j	2

立杆静荷载计算

1、立杆承受的结构自重荷载 N_{G1k}

每米内立杆承受斜道新增加杆件的自重标准值 g_{k1}'

$$g_{k1}' = (l_a / \cos \theta + (l_a / \cos \theta) \times m / 2) \times 0.033 \times n / 2 / (n \times H) = (1 / 0.889 + (1 / 0.889) \times 2 / 2) \times 0.033 \times 2 / 2 / (2 \times 3.6) = 0.01 \text{ kN/m}$$

$$\text{单内立杆: } N_{G1k} = (g_k + g_{k1}') \times (n \times H) = (0.35 + 0.01) \times (2 \times 3.6) = 2.592 \text{ kN}$$

每米中间立杆承受斜道新增加杆件的自重标准值 g_{k1}'

$$g_{k1}' = (l_a / \cos \theta + (l_a / \cos \theta) \times m/2) \times 0.033/H = (1/0.889 + (1/0.889) \times 2/2) \times 0.033/3.6 = 0.021 \text{ kN/m}$$

$$\text{单中间立杆: } N_{G1k} = (2 \times g_k - 0.033 + g_{k1}') \times (n \times H) = (2 \times 0.35 - 0.033 + 0.021) \times (2 \times 3.6) = 4.954 \text{ kN}$$

2、立杆承受的脚手板及挡脚板荷载标准值 N_{G2k}

每米内立杆承受斜道脚手板及挡脚板荷载标准值 g_{k2}'

$$g_{k2}' = [G_{kjb} \times (l_a / \cos \theta) \times l_b/2 + G_{kdb} \times (l_a / \cos \theta)] \times (n/2) / (n \times H) = [0.3 \times (1/0.889) \times 1/2 + 0.16 \times (1/0.889)] \times (2/2) / (2 \times 3.6) = 0.048 \text{ kN/m}$$

$$\text{单内立杆: } N_{G2k} = g_{k2}' \times (n \times H) = 0.048 \times (2 \times 3.6) = 0.346 \text{ kN}$$

每米中间立杆承受斜道脚手板及挡脚板荷载标准值 g_{k2}'

$$g_{k2}' = [G_{kjb} \times (l_a / \cos \theta) \times l_b/2 + G_{kdb} \times (l_a / \cos \theta)] / H = [0.3 \times (1/0.889) \times 1/2 + 0.16 \times (1/0.889)] / 3.6 = 0.097 \text{ kN/m}$$

$$\text{单中间立杆: } N_{G2k} = g_{k2}' \times (n \times H) = 0.097 \times (2 \times 3.6) = 0.698 \text{ kN}$$

立杆施工活荷载计算

$$N_{Q1k} = [G_{kq} \times (l_a / \cos \theta) \times l_b/2] \times n_j = [3 \times (1/0.889) \times 1/2] \times 2 = 3.375 \text{ kN}$$

七、立杆稳定性验算

斜道每跑高度 H(m)	3.6	斜道跑数 n	2
立杆计算长度系数 μ	1.5	立杆截面抵抗矩 $W(\text{mm}^3)$	4490
立杆截面回转半径 i(mm)	15.9	立杆抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205
立杆截面面积 A(mm^2)	424		

1、立杆长细比验算

$$\text{立杆计算长度 } l_0 = k \mu h = 1 \times 1.5 \times 1.3 = 1.95 \text{ m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0 / i = 1950 / 15.9 = 122.642 \leq 210$$

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

$$\text{立杆计算长度 } l_0 = k \mu h = 1.155 \times 1.5 \times 1.3 = 2.252 \text{ m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0/i = 2252/15.9 = 141.635$$

查《规范》JGJ130-2011 表 A.0.6 得, $\phi = 0.344$

2、立杆稳定性验算

不组合风荷载作用下的单立杆轴心压力设计值:

单立杆的轴心压力设计值:

$$\text{单内立杆: } N_1 = \gamma_0 \times [1.3 \times (N_{G1k} + N_{G2k}) + 1.5 \times \gamma_L \times N_{Q1k}] = 1 \times [1.3 \times (2.592 + 0.346) + 1.5 \times 0.9 \times 3.375] = 8.376 \text{ kN}$$

$$\text{单中间立杆: } N_2 = \gamma_0 \times [1.3 \times (N_{G1k} + N_{G2k}) + 1.5 \times \gamma_L \times N_{Q1k}] = 1 \times [1.3 \times (4.954 + 0.698) + 1.5 \times 0.9 \times 3.375] = 11.904 \text{ kN}$$

$$N = \max \{N_1, N_2\} = 11.904 \text{ kN}$$

$$\sigma = N / (\phi A) = 11904 / (0.344 \times 424) = 81.615 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

组合风荷载作用下的单立杆轴向力:

单立杆的轴心压力设计值:

$$\text{单内立杆: } N_1 = \gamma_0 \times [1.3 \times (N_{G1k} + N_{G2k}) + 1.5 \times \gamma_L \times N_{Q1k}] = 1 \times [1.3 \times (2.592 + 0.346) + 1.5 \times 0.9 \times 3.375] = 8.376 \text{ kN}$$

$$\text{单中间立杆: } N_2 = \gamma_0 \times [1.3 \times (N_{G1k} + N_{G2k}) + 1.5 \times \gamma_L \times N_{Q1k}] = 1 \times [1.3 \times (4.954 + 0.698) + 1.5 \times 0.9 \times 3.375] = 11.904 \text{ kN}$$

$$N = \max \{N_1, N_2\} = 11.904 \text{ kN}$$

$$M_w = \gamma_0 \times \gamma_L \times \phi_c \times 1.5 \times M_{wk} = 1 \times 0.9 \times 0.9 \times 1.5 \times \omega_k \times l_a^2 h^2 / 10 = 1 \times 0.9 \times 0.9 \times 1.5 \times 0.226 \times 1 \times 1.3^2 / 10 = 0.046 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = N / (\phi A) + M_w / W = 11904 / (0.344 \times 424) + 0.046 \times 10^6 / 4490 = 91.86 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

八、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	三步两跨	连墙件连接方式	扣件连接
连墙件约束脚手架平面外变形轴向力 N_0 (kN)	2	连墙件计算长度 l_0 (mm)	600
连墙件截面面积 A_c (mm ²)	489	连墙件截面回转半径 i (mm)	15.8

连墙件抗压强度设计值 $[f]$ (N/mm ²)	205	连墙件与扣件连接方式	单扣件
扣件抗滑移折减系数	0.8		

$$N_{1w}=1.5 \times \omega_k \times 3 \times h \times 2 \times l_a = 1.5 \times 0.237 \times 3 \times 1.3 \times 2 \times 1 = 2.773 \text{ kN}$$

长细比 $\lambda = l_0 / i = 600 / 15.8 = 37.975$ ，查《规范》JGJ130-2011 表 A.0.6 得， $\phi = 0.896$

$$(N_{1w} + N_0) / (\phi A_c) = (2.773 + 2) \times 10^3 / (0.896 \times 489) = 10.894 \text{ N/mm}^2 \leq 0.85 \times [f] = 0.85 \times 205 \text{ N/mm}^2 = 174.25 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

扣件抗滑承载力验算：

$$N_{1w} + N_0 = 2.773 + 2 = 4.773 \text{ kN} \leq 0.8 \times 8 = 6.4 \text{ kN}$$

满足要求！

九、立杆地基承载力验算

地基土类型	素填土	地基承载力特征值 f_g (kPa)	160
地基承载力调整系数 k_c	0.4	垫板底面积 A (m ²)	0.25

单立杆的轴心压力标准值：

$$\text{单内立杆: } N_1 = (N_{G1k} + N_{G2k}) + N_{Q1k} = (2.592 + 0.346) + 3.375 = 6.313 \text{ kN}$$

$$\text{单中间立杆: } N_2 = (N_{G1k} + N_{G2k}) + N_{Q1k} = (4.954 + 0.698) + 3.375 = 9.027 \text{ kN}$$

$$N = \max \{N_1, N_2\} = 9.027 \text{ kN}$$

$$\text{立杆底垫板平均压力 } P = N / (k_c A) = 9.027 / (0.4 \times 0.25) = 90.27 \text{ kPa} \leq f_g = 160 \text{ kPa}$$

满足要求！

第三节、FB-01 防护棚计算书

计算依据：

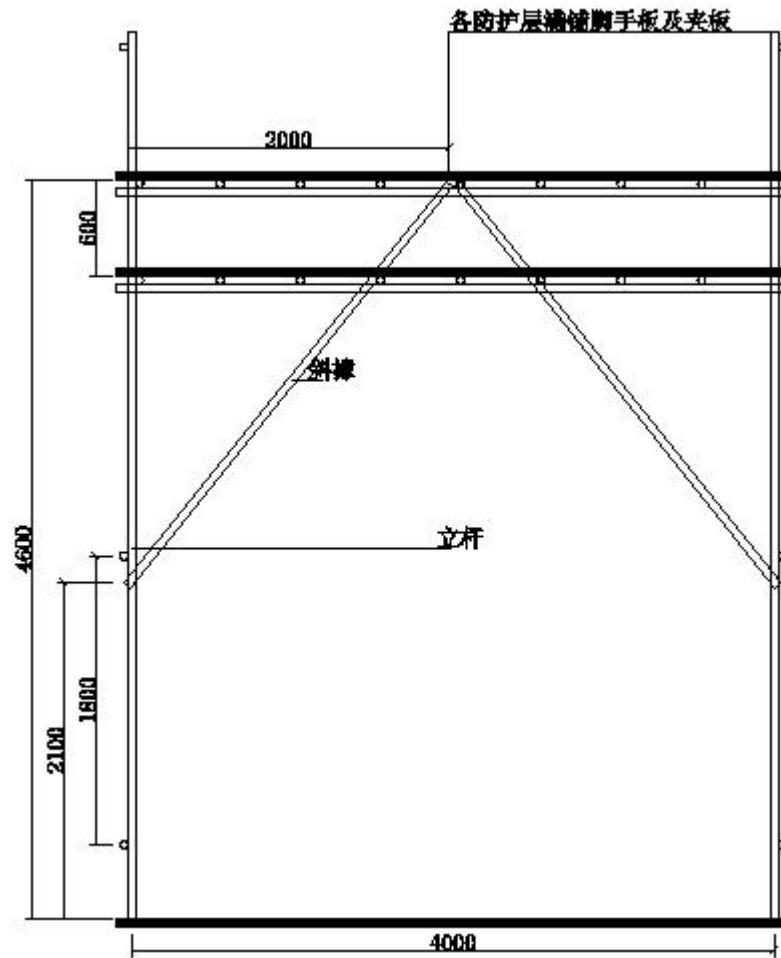
- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 2、《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80-2016
- 3、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011
- 4、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 5、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 6、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018

- 7、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 8、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 9、《工程结构通用规范》GB 55001-2021
- 10、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021

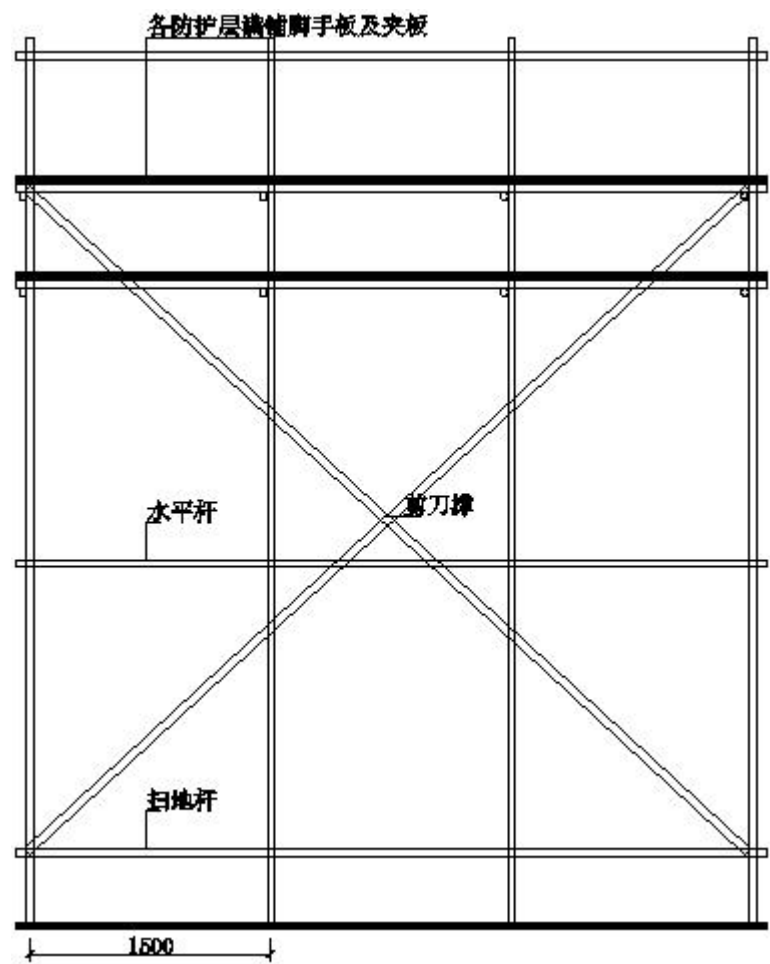
一、搭设参数

结构重要性系数 γ_0	1	可变荷载调整系数 γ_L	0.9
立杆纵距 l_a (mm)	1500	立杆横距 l_b (mm)	4000
立杆步距 h (mm)	1800	防护棚高度 H (mm)	4600
防护层层数 n	2	上下防护层间距 h_1 (mm)	600
斜撑与立杆连接点到地面的距离 h_2 (mm)	2100	顶层水平钢管搭设方式	钢管沿纵向搭设
水平钢管间距 a (mm)	500	横向斜撑与顶层防护层连接点到立杆的距离 l_1 (mm)	2000
纵向外侧防护布置方式	剪刀撑	钢管类型	$\Phi 48 \times 3$
扣件连接方式	单扣件	扣件抗滑移折减系数	0.8
立杆布置	单立杆	纵向水平杆计算方式	简支梁

计算简图：



扣件钢管防护棚 正面图



扣件钢管防护棚 侧面图

二、荷载设计

防护层防护材料类型	脚手板	防护层防护材料自重标准值 g_{k1} (kN/m ²)	0.3
栏杆与挡脚板类型	竹串片脚手板	栏杆与挡脚板自重标准值 g_{k2} (kN/m)	0.16
纵向外侧防护荷载标准值 g_{k3} (kN/m)	0.2	高空坠落物最大荷载标准值 P_k (kN)	1

三、纵向水平杆验算

钢管抗弯强度设计值 $[f]$ (N/mm ²)	205	钢管截面惯性矩 I (mm ⁴)	107800
钢管弹性模量 E (N/mm ²)	206000	钢管截面抵抗矩 W (mm ³)	4490

承载力使用极限状态

非格构柱

$$q = \gamma_0 \times 1.3 (g_{k1} \times a + 0.033) = 1 \times 1.3 \times (0.3 \times 0.5 + 0.033) = 0.238 \text{ kN/m}$$

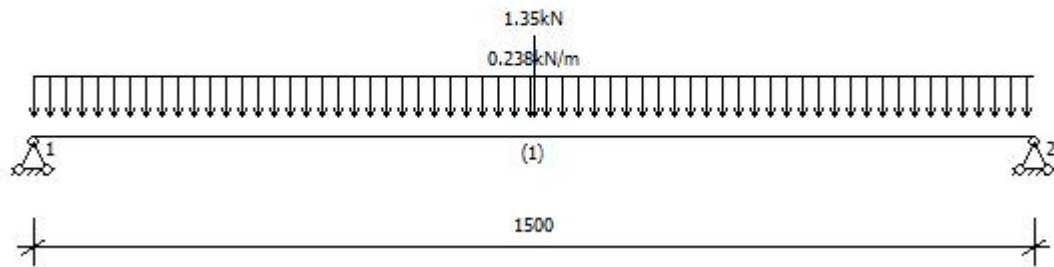
$$p = \gamma_0 \times 1.5 \times \gamma_L \times P_k = 1 \times 1.5 \times 0.9 \times 1 = 1.35 \text{ kN}$$

正常使用极限状态

非格构柱

$$q_1 = g_{k1} \times a + 0.033 = 0.3 \times 0.5 + 0.033 = 0.183 \text{ kN/m}$$

$$p_1 = P_k = 1 \text{ kN}$$



1、抗弯验算

$$M_{\max} = q l_a^2 / 8 + 0.25 p l_a = 0.238 \times 1.5^2 / 8 + 0.25 \times 1.35 \times 1.5 = 0.573 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = M_{\max} / W = 0.573 \times 10^6 / 4490 = 127.677 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2、挠度验算

$$v_{\max} = 5 q l_a^4 / (384 E I) + p l_a^3 / (48 E I) = 5 \times 0.183 \times 1500^4 / (384 \times 206000 \times 107800) + 1 \times 1500^3 / (48 \times 206000 \times 107800) = 0.547 \text{ mm}$$

$$[v] = \min[l_a / 150, 10] = \min[1500 / 150, 10] = 10 \text{ mm}$$

$$v_{\max} \leq [v]$$

满足要求！

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$$R_{\max} = q l_a / 2 + p / 2 = 0.238 \times 1.5 / 2 + 1.35 / 2 = 0.854 \text{ kN}$$

四、横向水平杆验算

钢管抗弯强度设计值 $[f]$ (N/mm^2)	205	钢管截面惯性矩 I (mm^4)	107800
钢管弹性模量 E (N/mm^2)	206000	钢管截面抵抗矩 W (mm^3)	4490

承载力使用极限状态

非格构柱：

$$F = \gamma_0 \times 1.3 (g_{kl} a + 0.033) l_a = 1 \times 1.3 \times (0.3 \times 0.5 + 0.033) \times 1.5 = 0.357 \text{ kN}$$

$$p = \gamma_0 \times 1.5 \times \gamma_L \times P_k = 1 \times 1.5 \times 0.9 \times 1 = 1.35 \text{ kN}$$

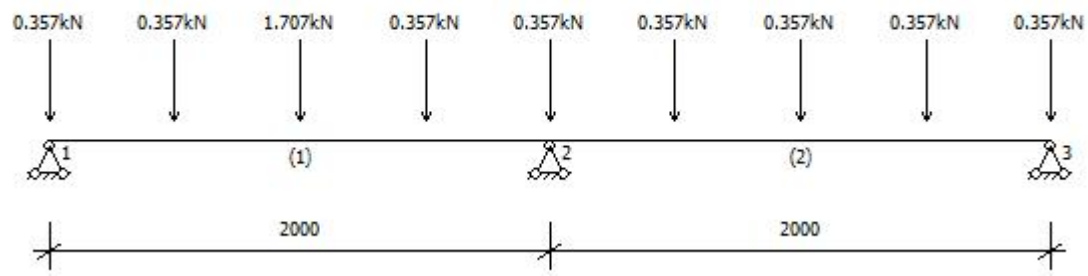
正常使用极限状态

非格构柱：

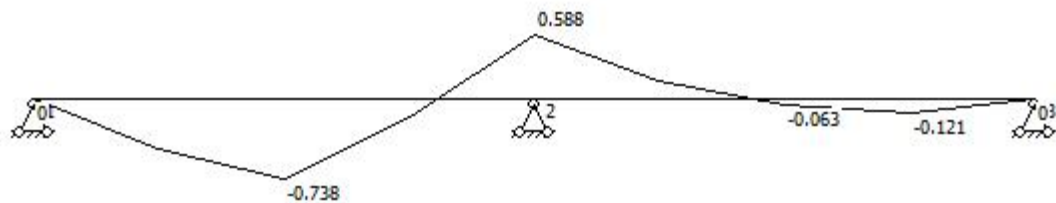
$$F_1 = (g_{kl} a + 0.033) l_a = (0.3 \times 0.5 + 0.033) \times 1.5 = 0.275 \text{ kN}$$

$$p_1 = P_k = 1 \text{ kN}$$

计算简图如下：



1、抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 0.738 \times 10^6 / 4490 = 164.386 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2、挠度验算



$v_{\max}=7.449\text{mm}\leq[\nu]=\min[\max(l_1, l_b)/150, 10]=\min[\max(2000, 4000)/150, 10]=10\text{mm}$

满足要求！

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$R_{\max}=2.691\text{ kN}$

五、扣件抗滑承载力验算

扣件连接方式	单扣件	扣件抗滑移折减系数	0.8
--------	-----	-----------	-----

$R_{\max}=2.691\text{ kN}\leq R_c=0.8\times 8=6.4\text{ kN}$

满足要求！

六、斜撑稳定性验算

斜撑计算长度系数 μ_2	1.5		
钢管抗弯强度设计值 $[f]$ (N/mm ²)	205	钢管截面惯性矩 I (mm ⁴)	107800
钢管弹性模量 E (N/mm ²)	206000	钢管截面抵抗矩 W (mm ³)	4490

$\alpha_1=\arctan(l_1/(H-h_2))=\arctan(2000/(4600-2100))=38.66^\circ$

第 1 层防护层传递给斜撑荷载计算

（1）横向斜撑验算

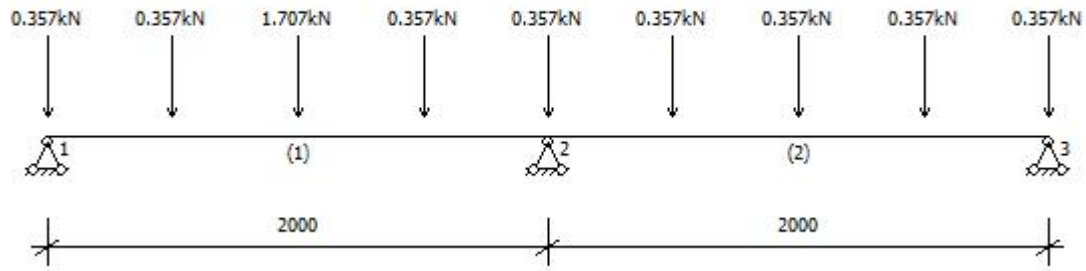
承载力使用极限状态

非格构柱：

$F=\gamma_0\times 1.3(g_{kl}a+0.033)l_a=1\times 1.3\times (0.3\times 0.5+0.033)\times 1.5=0.357\text{ kN}$

$p=\gamma_0\times 1.5\times \gamma_L\times P_k=1\times 1.5\times 0.9\times 1=1.35\text{ kN}$

横向斜撑计算简图如下：



横向斜撑最大支座反力： $R_{2\max} = 1.345 \text{ kN}$

横向斜撑轴向力：

$$N_{21} = R_{2\max} / \cos \alpha_1 = 1.345 / \cos 38.66^\circ = 1.723 \text{ kN}$$

$$N = N_{21} = 1.723 \text{ kN}$$

$$\text{斜撑自由长度: } h = h_1 / \cos \alpha_1 = 0.6 / \cos 38.66^\circ = 0.768 \text{ m}$$

$$\text{斜撑计算长度 } l_0 = k \mu_2 h = 1 \times 1.5 \times 0.768 = 1.153 \text{ m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0 / i = 1152.562 / 15.9 = 72.488 \leq 250$$

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

$$\text{斜撑计算长度 } l_0 = k \mu_2 h = 1.155 \times 1.500 \times 0.768 = 1.331 \text{ m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0 / i = 1331 / 15.9 = 83.72$$

查《规范》JGJ130-2011 表 A.0.6 得， $\phi = 0.704$

$$\sigma = N / (\phi A) = 1722.964 / (0.704 \times 424) = 5.772 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma \leq [f] = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

第 2 层防护层传递给斜撑荷载计算

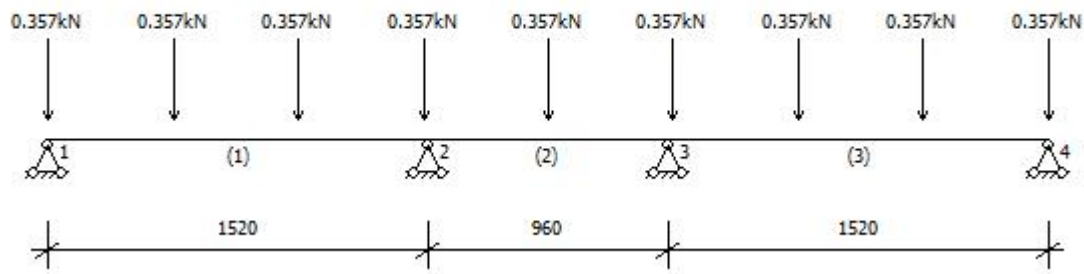
(1) 横向斜撑验算

承载力使用极限状态

非格构柱：

$$F = \gamma_0 \times 1.3 (g_{k1} a + 0.033) l_a = 1 \times 1.3 \times (0.3 \times 0.5 + 0.033) \times 1.5 = 0.357 \text{ kN}$$

横向斜撑计算简图如下：



横向斜撑最大支座反力： $R_{2max}=0.96\text{ kN}$

横向斜撑轴向力：

$N_{22}=R_{2max}/\cos\alpha_1=0.96/\cos38.66^\circ=1.23\text{ kN}$

$N=N_{21}+N_{22}=2.953\text{ kN}$

斜撑自由长度： $h=(H-(n-1)h_1-h_2)/\cos\alpha_1=(4.6-(2-1)\times0.6-2.1)/\cos38.66^\circ=2.433\text{ m}$

斜撑计算长度 $l_0=k\mu_2h=1\times1.5\times2.433=3.65\text{ m}$

长细比 $\lambda=l_0/i=3649.781/15.9=229.546\leq250$

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

斜撑计算长度 $l_0=k\mu_2h=1.155\times1.500\times2.433=4.215\text{m}$

长细比 $\lambda=l_0/i=4215/15.9=265.13$

查《规范》JGJ130-2011 表 A.0.6 得， $\phi=0.104$

$\sigma=N/(\phi A)=2952.827/(0.104\times424)=66.812\text{N/mm}^2$

$\sigma\leq[f]=205\text{N/mm}^2$

满足要求！

七、立杆稳定性验算

立杆布置	单立杆		
钢管截面惯性矩 $I(\text{mm}^4)$	107800	立杆计算长度系数 μ_1	1.5
钢管截面抵抗矩 $W(\text{mm}^3)$	4490	立杆截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9
钢管抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205	立杆截面面积 $A(\text{mm}^2)$	424

立杆荷载计算

1、防护棚结构自重 N_{G1k}

钢管长度：

$$L=n[l_a(l_b/a+1)/2+l_b/2]+(l_1^2+(H-h_2)^2)^{0.5}+H=2\times[1.5\times(4/0.5+1)/2+4/2]+(2^2+(4.6-2.1)^2)^{0.5}+4.6=25.302\text{m}$$

扣件数量：

$$m=n[(l_b/a-1)/2+1\times 2]=2\times[(4/0.5-1)/2+1\times 2]=11\text{ 个}$$

$$N_{G1k}=0.033L+0.015m=0.033\times 25.302+0.015\times 11=1.008\text{kN}$$

2、防护棚构配件自重 N_{G2k}

$$\text{防护层防护材料自重标准值 } N_{G2k1}=n\times g_{k1}\times l_a\times l_b/2=2\times 0.3\times 1.5\times 4/2=1.8\text{ kN}$$

$$\text{栏杆与挡脚板自重标准值 } N_{G2k2}=g_{k2}\times l_a=0.16\times 1.5=0.24\text{ kN}$$

$$\text{纵向外侧防护自重标准值 } N_{G2k3}=g_{k3}\times l_a=0.2\times 1.5=0.3\text{ kN}$$

$$N_{G2k}=N_{G2k1}+N_{G2k2}+N_{G2k3}=1.8+0.24+0.3=2.34\text{ kN}$$

$$\text{经计算得到，静荷载标准值：} N_{Gk}=N_{G1k}+N_{G2k}=1.008+2.34=3.348\text{ kN}$$

3、冲击荷载标准值 N_{Qk}

$$N_{Qk}=P_k=1\text{ kN}$$

$$\text{立杆荷载设计值：} N=\gamma_0\times[1.3\times N_{Gk}+1.5\times \gamma_L\times N_{Qk}]=1\times[1.3\times 3.348+1.5\times 0.9\times 1]=5.702$$

kN

立杆的稳定性验算

1、立杆长细比验算

防护棚不同于落地脚手架，一般的落地架在主节点处有横向水平杆支撑，故立杆自由长度取立杆步距；而防护棚在主节点处大多无横向水平杆支撑，立杆自由长度 h 取值如下：

$$\text{斜撑与立杆的连接点到地面的距离 } h_2=2.1\text{m}$$

$$\text{斜撑与立杆的连接点到下层防护层的距离 } H-(n-1)h_1-h_2=4.6-(2-1)\times 0.6-2.1=1.9\text{m}$$

立杆自由长度 h 取上述两者的最大值 2.1m

$$\text{立杆计算长度 } l_0=k\mu_1h=1\times 1.5\times 2.1=3.15\text{m}$$

$$\text{长细比 } \lambda=l_0/i=3150/15.9=198.113\leq 210$$

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

立杆计算长度 $l_0 = k \mu_2 h = 1.155 \times 1.500 \times 2.100 = 3.638\text{m}$

长细比 $\lambda = l_0 / i = 3638 / 15.9 = 228.82$

查《规范》JGJ130-2011 表 A.0.6 得, $\phi = 0.14$

2、立杆稳定性验算

$$\sigma = N / (\phi A) = 5701.805 / (0.14 \times 424) = 96.055 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma \leq [f] = 205 \text{N/mm}^2$$

满足要求!

八、立杆地基承载力验算

地基土类型	粘性土	地基承载力特征值 f_g (kPa)	140
地基承载力调整系数 k_c	1	垫板底面积 A (m^2)	0.25

立杆荷载标准值: $N = N_{Gk} + N_{Qk} = 3.348 + 1 = 4.348 \text{ kN}$

立杆底垫板平均压力 $P = N / (k_c A) = 4.348 / (1 \times 0.25) = 17.39 \text{ kPa}$

$$P \leq f_g = 140 \text{ kPa}$$

满足要求!

第六节、钢管落地卸料平台(扣件式)计算书

计算依据:

- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》T/CECS 699—2020
- 2、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 3、《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80-2016
- 4、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011
- 5、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 6、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 7、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 8、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 9、《工程结构通用规范》GB 55001-2021
- 10、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021

一、架体参数

卸料平台名称	1 卸料平台	卸料平台布置方式	沿纵向
平台长度 A(m)	2.7	平台宽度 B(m)	5.4
平台高度 H(m)	10.8	立杆纵距 l_a (m)	0.9
立杆步距 h(m)	1.5	立杆横距 l_b (m)	0.9
板底支撑间距 s(m)	0.45	竖向封闭栏杆高度 H_m (m)	1.2

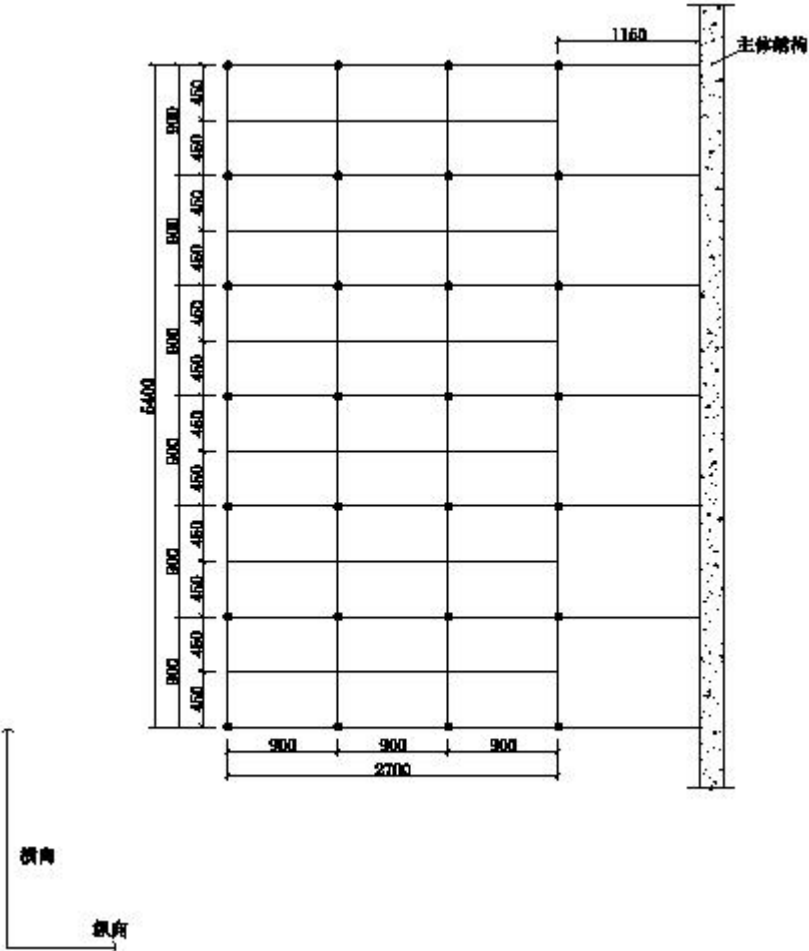
二、荷载参数

结构重要性系数 γ_0	1	脚手架安全等级	II 级
每米立杆承受结构自重标准值 g_k (kN/m)	0.163	每米钢管自重 g_{1k} (kN/m)	0.033
脚手板自重 g_{2k} (kN/m ²)	0.35	栏杆、挡脚板自重 g_{3k} (kN/m)	0.14
材料堆放最大荷载标准值 Q_{1k} (kN/m ²)	3	施工均布荷载标准值 Q_{2k} (kN/m ²)	2
平台集中荷载标准值 F_1 (kN)	2		

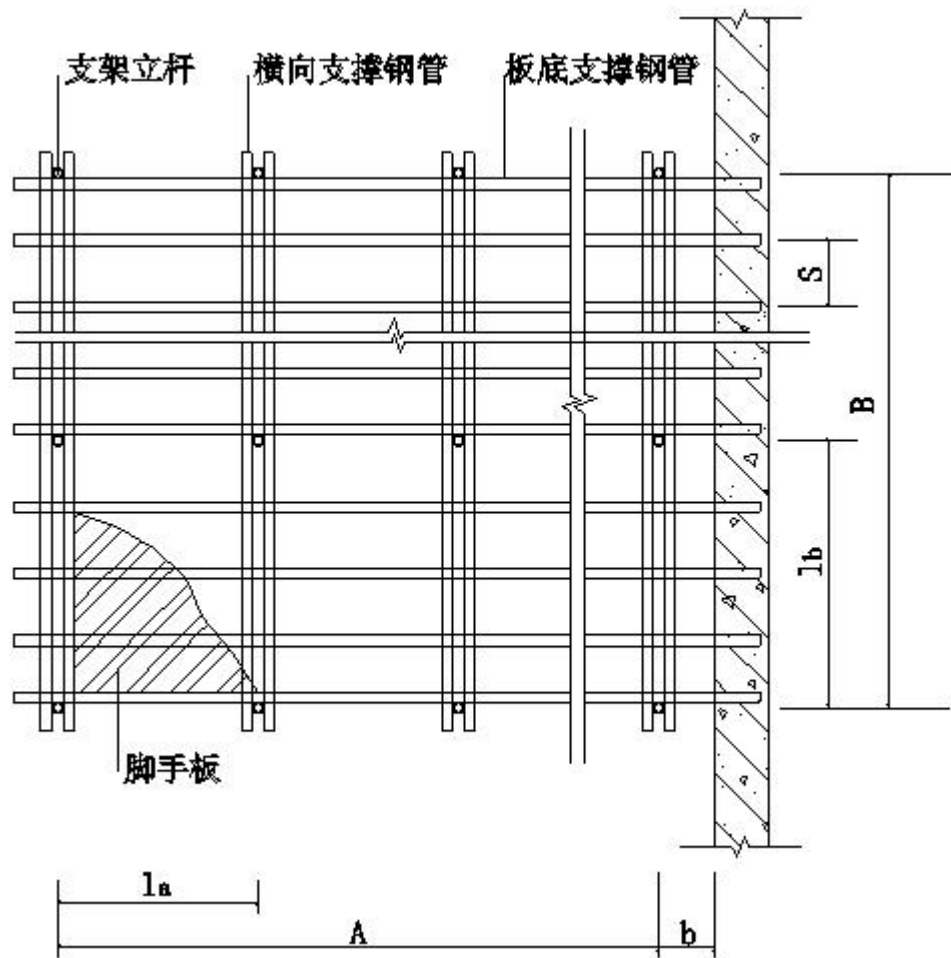
风荷载参数：

风荷载标准值 ω_k (kN/m ²)	基本风压 ω_0 (kN/m ²)	省份	广西	0.2	$\omega_k=\omega_0\mu_z\mu_{st}=0.03$
		地区	玉林		
	风荷载高度变化系数 μ_z	地面粗糙度	B类(城市郊区)	1.021	
		支架顶部离建筑物地面高度(m)	10.8		
		风荷载体型系数 μ_s	单榀支架 μ_{st}		

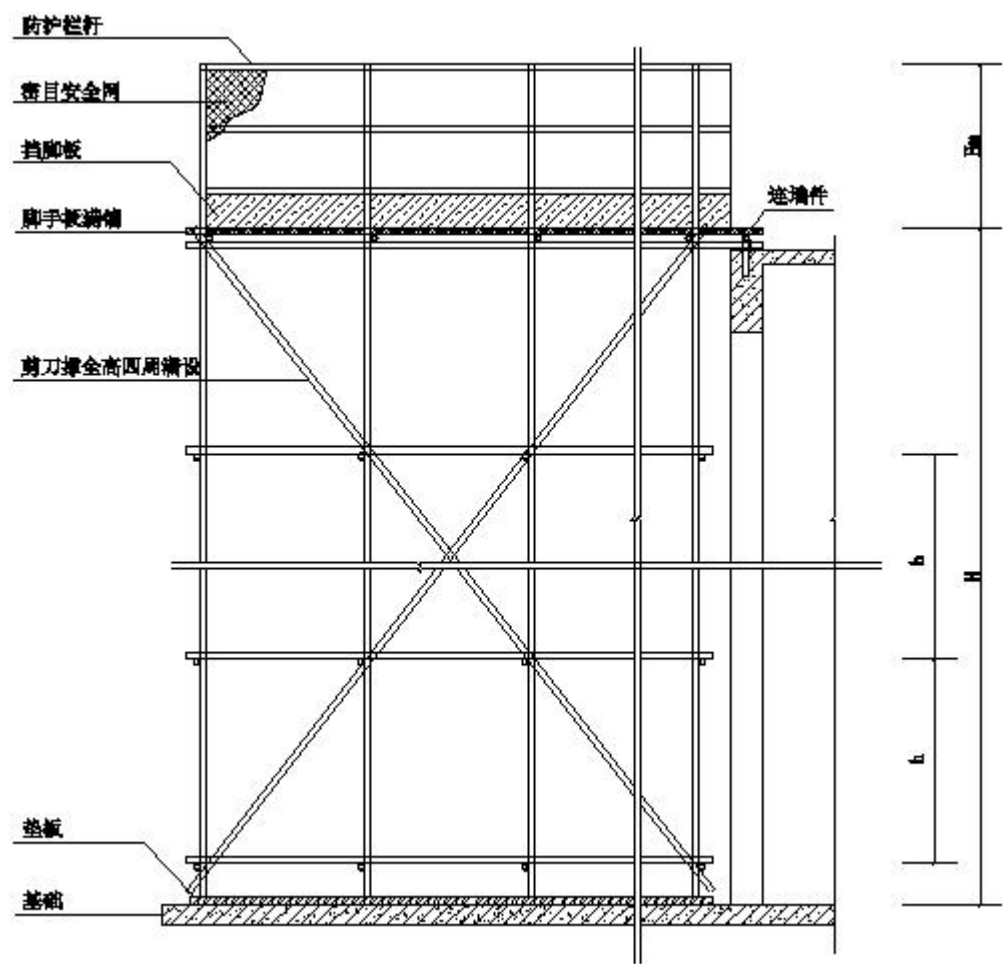
三、设计简图



平台水平支撑钢管布置图



卸料平台平面示意图



卸料平台侧立面示意图

四、板底支撑（纵向）钢管验算

钢管类型	Φ48×3	钢管截面抵抗矩 W(cm³)	4.49
钢管截面惯性矩 I(cm⁴)	10.78	钢管弹性模量 E(N/mm²)	206000
钢管抗压强度设计值 [f](N/mm²)	205		

钢管自重标准值： $G_{1k}=g_{1k}=0.033\text{kN/m}$;
脚手板自重标准值： $G_{2k}=g_{2k}\times s=0.350\times 0.45=0.158\text{kN/m}$;
材料堆放荷载标准值： $q_{1k}=Q_{1k}\times s=3.000\times 0.45=1.350\text{kN/m}$;
施工荷载标准值： $q_{2k}=Q_{2k}\times s=2.000\times 0.45=0.900\text{kN/m}$;
平台集中荷载标准值： $F_1=2\text{kN}$

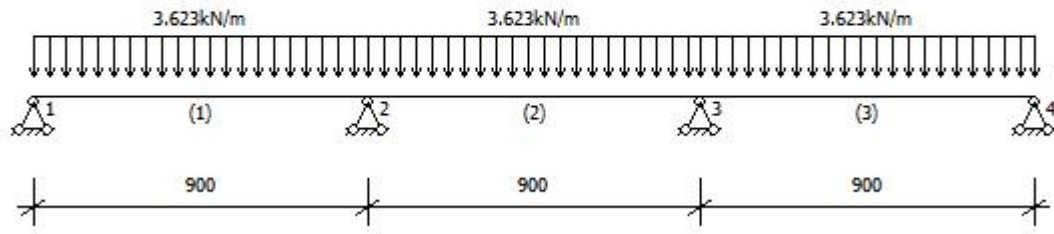
当平台同时作用施工荷载和材料堆放荷载工况下：

1、强度计算

板底支撑钢管按均布荷载作用下的三等跨连续梁计算。

$$q_1 = \gamma_0 \times 1.3 \times (G_{1k} + G_{2k}) = 1 \times 1.3 \times (0.033 + 0.158) = 0.248 \text{ kN/m};$$

$$q_2 = \gamma_0 \times 1.5 \times (q_{1k} + q_{2k}) = 1 \times 1.5 \times (1.350 + 0.900) = 3.375 \text{ kN/m};$$



板底支撑钢管计算简图

$$M_{\max} = (0.100 \times q_1 + 0.117 \times q_2) \times l^2 = (0.100 \times 0.248 + 0.117 \times 3.375) \times 0.90^2 = 0.340 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$\sigma = M_{\max} / W = 0.340 \times 10^6 / (4.49 \times 10^3) = 75.703 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 205.00 \text{ N/mm}^2;$$

满足要求！

2、挠度计算

$$q_1' = G_{1k} + G_{2k} = 0.033 + 0.158 = 0.191 \text{ kN/m}$$

$$q_2' = q_{1k} + q_{2k} = 1.350 + 0.900 = 2.250 \text{ kN/m}$$

$$v = (0.677 q_1' l^4 + 0.990 q_2' l^4) / 100EI = (0.677 \times 0.191 \times (0.90 \times 10^3)^4 + 0.990 \times 2.250 \times (0.90 \times 10^3)^4) / (100 \times 206000.00 \times 10.78 \times 10^4) = 0.696 \text{ mm} \leq \min \{900.00 / 150, 10\} \text{ mm} = 6.000 \text{ mm}$$

满足要求！

3、支座反力计算

$$\text{标准值: } R'_{1\max} = (1.100 \times q_1' + 1.200 \times q_2') \times l = (1.100 \times 0.191 + 1.200 \times 2.250) \times 0.90 = 2.619 \text{ kN};$$

$$\text{设计值: } R_{1\max} = (1.100 \times q_1 + 1.200 \times q_2) \times l = (1.100 \times 0.248 + 1.200 \times 3.375) \times 0.90 = 3.890 \text{ kN};$$

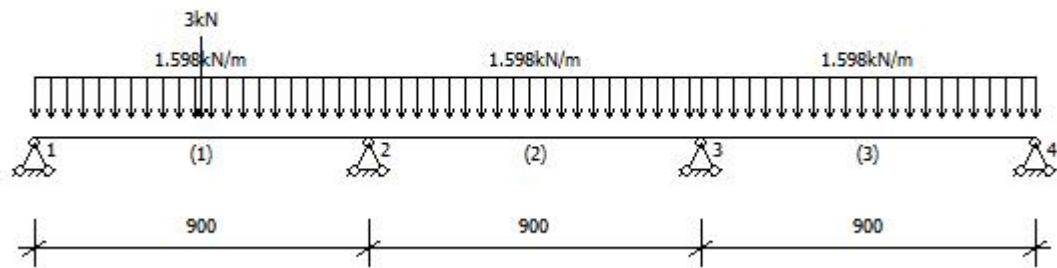
当平台同时作用施工荷载和集中荷载工况下:

1、强度计算

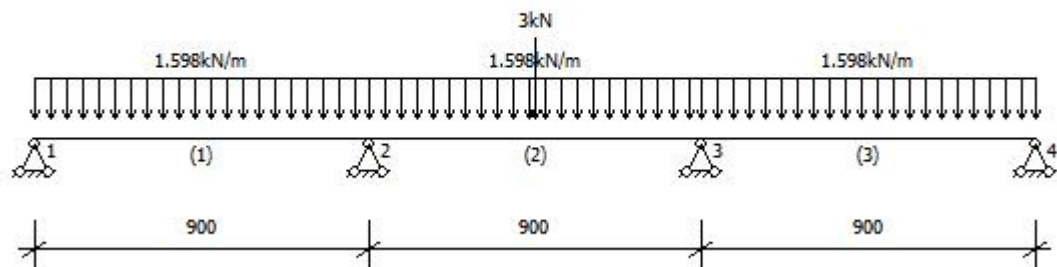
板底支撑钢管按施工均布荷载组合集中荷载下的三等跨连续梁计算。

$$\text{均布荷载设计值: } q = \gamma_0 \times 1.3 \times (G_{1k} + G_{2k}) + \gamma_0 \times 1.5 \times q_{2k} = 1 \times 1.3 \times (0.033 + 0.158) + 1 \times 1.5 \times 0.9 = 1.598 \text{ kN/m};$$

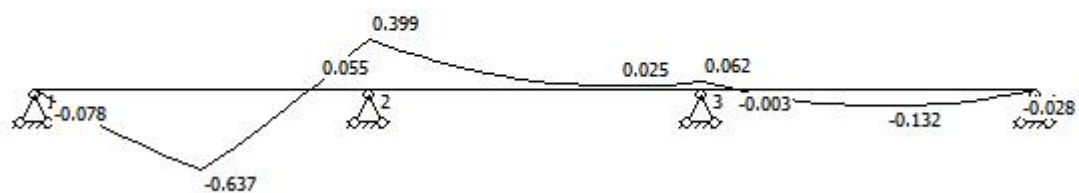
$$\text{平台集中荷载设计值: } F = \gamma_0 \times 1.5 \times F_1 = 3 \text{ kN}$$



板底支撑钢管计算简图 1

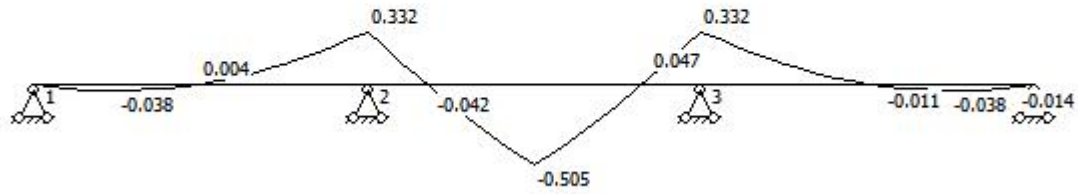


板底支撑钢管计算简图 2



板底支撑钢管计算弯矩图 1

$$M_{1\max}=0.637\text{kN}\cdot\text{m}$$



板底支撑钢管计算弯矩图 2

$$M_{2\max}=0.505\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max}=\max(M_{1\max}, M_{2\max})=\max(0.637, 0.505)=0.637\text{kN}\cdot\text{m}$$

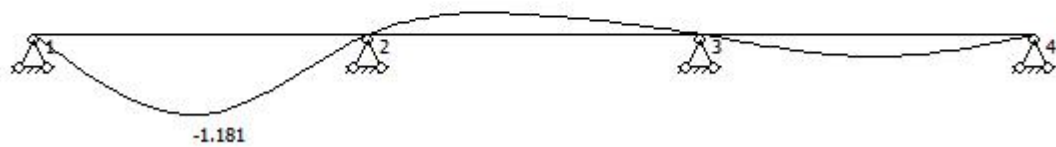
$$\sigma=M_{\max}/W=0.637\times 10^6/(4.49\times 10^3)=141.871\text{N}/\text{mm}^2\leq [f]=205.00\text{N}/\text{mm}^2;$$

满足要求！

2、挠度计算

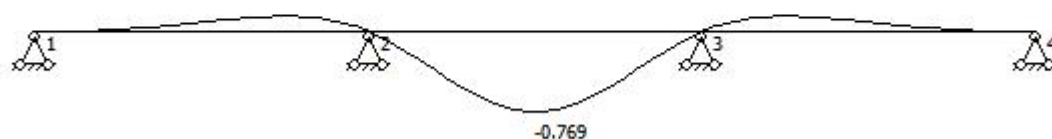
$$\text{均布荷载标准值: } q'=(G_{1k}+G_{2k})+q_{2k}=(0.033+0.158)+0.9=1.091\text{kN}/\text{m};$$

$$\text{平台集中荷载标准值: } F'=F_1=2\text{kN}$$



板底支撑钢管计算变形图 1

$$v_{1\max}=1.181\text{mm}$$



板底支撑钢管计算变形图 2

$$v_{2\max}=0.769\text{mm}$$

$$v_{\max}=\max(v_{1\max}, v_{2\max})=\max(1.181, 0.769)=1.181\text{mm}$$

$$v=1.181\text{mm}\leq\min\{900/150, 10\}\text{mm}=6\text{mm}$$

满足要求！

3、支座反力计算

$$\text{标准值: } R'_{2\max}=\max(2.53, 2.23)=2.53\text{kN};$$

$$\text{设计值: } R_{2\max}=\max(3.757, 3.307)=3.757\text{kN};$$

两种工况取不利得到:

$$\text{支座反力标准值 } R'_{\max}=\max(R'_{1\max}, R'_{2\max})=\max(2.619, 2.53)=2.619\text{kN}$$

$$\text{支座反力设计值 } R_{\max}=\max(R_{1\max}, R_{2\max})=\max(3.89, 3.757)=3.89\text{kN}$$

五、横向支撑钢管验算

平台横向支撑钢管类型	双钢管	钢管类型	Φ48×3
钢管截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	4.49	钢管截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	10.78
钢管弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	钢管抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205

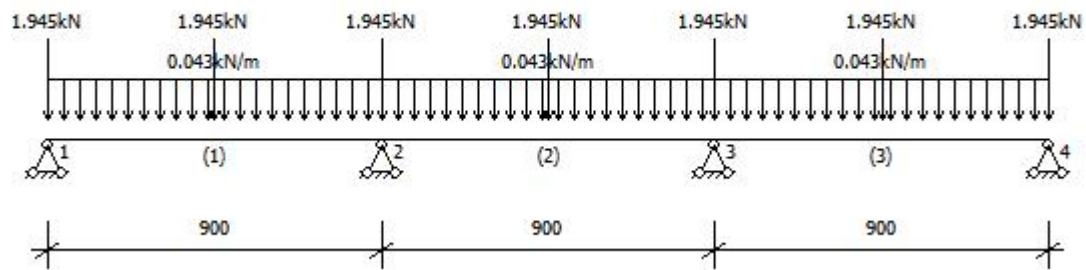
横向支撑钢管按照均布荷载和集中荷载下三等跨连续梁计算，由于横向支撑钢管为双钢管，因此集中荷载 P 取板底支撑钢管传递最大支座力的一半。

$$q'=g_{1k}=0.033\text{kN/m};$$

$$q=\gamma_0\times 1.3\times g_{1k}=0.043\text{kN/m};$$

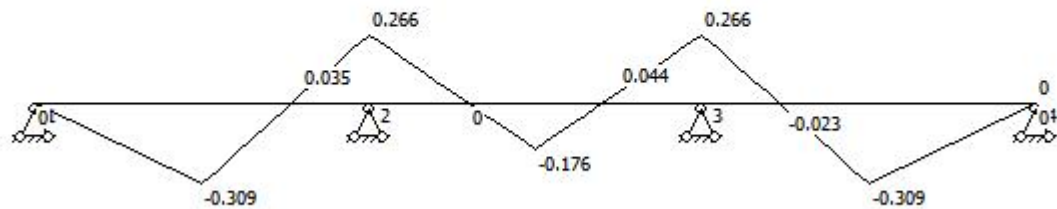
$$p=R_{\max}/2=3.89/2=1.945\text{kN};$$

$$p'=R'_{\max}/2=2.619/2=1.309\text{kN}$$



横向钢管计算简图

1、强度计算



横向钢管计算弯矩图

$$M_{\max}=0.309\text{kN}\cdot\text{m};$$

$$\sigma=M_{\max}/W=0.309\times 10^6/(4.49\times 10^3)=68.809\text{N}/\text{mm}^2\leq [f]=205.00\text{N}/\text{mm}^2;$$

满足要求！

2、挠度计算



横向钢管计算变形图

$$v_{\max}=0.503\text{mm};$$

$$v_{\max}=0.503\text{mm}\leq\min\{900.00/150, 10\}=6.00\text{mm};$$

满足要求！

3、支座反力计算

$$R_{\max}=4.224\text{kN};$$

六、立杆承重连接计算

横杆和立杆连接方式	单扣件	单扣件抗滑承载力(kN)	8
扣件抗滑移承载力系数	0.8		

$$R_c=8.0\times 0.80=6.400\text{kN}\geq R=4.224\text{kN}$$

满足要求！

七、立杆的稳定性验算

钢管类型	Φ48×3	钢管截面回转半径 i(cm)	1.59
钢管的净截面 A(cm ²)	4.24	钢管的截面抵抗矩 W(cm ³)	4.49
钢管抗压强度设计值[f](N/mm ²)	205	双立杆计算方法	不设置双立杆
立杆计算长度系数μ	2.208		

$$N_{G1}=g_k\times H+g_{1k}\times l_a\times 1.00/1.00=0.163\times 10.800+0.033\times 0.90\times 1.00/1.00=1.790\text{kN}$$

$$N_{G2}=g_{2k}\times l_a\times l_b/1.00=0.350\times 0.90\times 0.90/1.00=0.283\text{kN};$$

$$N_{G3}=g_{3k}\times l_a=0.14\times 0.9=0.126\text{kN};$$

$$N_{Q1}=Q_{1k}\times l_a\times l_b/1.00=3.000\times 0.90\times 0.90/1.00=2.430\text{kN};$$

$$N_{Q2}=Q_{2k}\times l_a\times l_b/1.00=2.000\times 0.90\times 0.90/1.00=1.620\text{kN};$$

立杆由架体结构及构配件自重产生的轴力标准值：

$$N_{G1k}=N_{G1}+N_{G2}+N_{G3}=1.79+0.283+0.126=2.2\text{kN}$$

立杆活荷载各工况组合取不利工况：

$$N_{Q1k}=\max(N_{Q1}+N_{Q2}, N_{Q2}+F_1)=\max(2.43+1.62, 1.62+2)=4.05\text{kN}$$

立杆的轴向压力设计值：

$$N=\gamma_0\times(1.3\times N_{G1k}+1.5\times N_{Q1k})=1\times(1.3\times 2.2+1.5\times 4.05)=8.934\text{kN};$$

支架立杆计算长度：

$$L_0=k\mu h=1\times 2.208\times 1.50=3.312\text{m}$$

$$\text{长细比}\lambda=L_0/i=3.312\times 10^3/(1.59\times 10)=208.302\leq[\lambda]=250$$

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

$$L_0 = k\mu h = 1.155 \times 2.208 \times 1.5 = 3.825 \text{m}$$

$$\text{长细比} \lambda = L_0 / i = 3.825 \times 10^3 / (1.59 \times 10) = 240.589$$

由 λ 查表得到立杆的稳定系数 $\varphi = 0.127$

满堂脚手架立杆由风荷载产生的弯矩标准值：

$$M_{wk} = l_a \omega_k h^2 / 10 = 0.9 \times 0.03 \times 1.5^2 / 10 = 0.006 \text{kN} \cdot \text{m}$$

满堂脚手架立杆由风荷载产生的弯矩设计值：

$$M_w = \gamma_0 \times 1.5 \times 0.6 \times M_{wk} = 1 \times 1.5 \times 0.6 \times 0.006 = 0.005 \text{kN} \cdot \text{m};$$

组合风荷载时的立杆稳定性计算：

$$\sigma = N / (\varphi A) + M_w / W = 8.934 \times 10^3 / (0.127 \times 4.24 \times 10^2) + 0.005 \times 10^6 / (4.49 \times 10^3) = 167.123 \text{N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{N/mm}^2$$

满足要求！

八、高宽比验算

《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》T/CECS 699—2020 第 6.8.7 条，满堂脚手架的高宽比不宜大于 3，当高宽比大于 2 时，应设置连墙件与建筑结构拉结，当无法设置连墙件时，应采取设置钢丝绳张拉固定等措施。

$$H/B = 10.8/5.4 = 2 \leq 2$$

已按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》T/CECS 699—2020 要求，架体与既有结构进行可靠连接。

满足要求！

九、连墙件验算

连墙件连接方式	扣件连接	连墙件布置方式	三步三跨
连墙件对卸料平台变形约束力 $N_0(\text{kN})$	3	内立杆离墙距离 $a(\text{m})$	1.15
连墙件截面类型	钢管	连墙件型号	$\Phi 48 \times 3$
连墙件截面面积 $A_c(\text{mm}^2)$	424	连墙件截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9
连墙件抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205	连墙件计算长度 $l_0(\text{mm})$	600
扣件抗滑移折减系数	0.85	扣件连接方式	双扣件

1、强度验算

$$A_w=1.50\times0.90\times3\times3=12.2m^2$$
$$N_w=1.5\times\omega_k\times A_w=1.5\times0.030\times12.2=0.547kN$$
$$N=N_w+N_0=0.547+3.00=3.547kN$$

长细比 $\lambda=L_0/i=600.00/15.9=37.736$ ，由 λ 查表得到立杆的稳定系数 $\varphi=0.896$ 。

$$N_f=0.85\varphi A_c[f]=0.85\times0.896\times424.000\times10^{-6}\times205.00\times10^3=66.198kN$$
$$N=3.547kN\leq N_f=66.198kN$$

满足要求！

2、连接计算

连墙件采用扣件方式与墙体连接。

双扣件承载力设计值 $R_c=12\times0.850=10.200kN$

$$N=3.547kN\leq R_c=10.200kN$$

满足要求！

十、立杆支承面承载力验算

地基基础	混凝土楼板	混凝土板厚度 h(mm)	100
砼设计强度等级	C30	立杆底座面积 A(mm ²)	100×100

1、抗冲切验算

楼板抗冲切承载力：

$\beta_h=1, f_t=1.43N/mm, \sigma_{pc,m}=1N/mm, \eta=0.4+1.2/\beta_s=0.4+1.2/2=1, h_0=100-15=85mm, \mu_m=4\times(100.00+h_0)=4\times(100.00+85)=740.00mm$

$$F_l=(0.7\beta_h f_t+0.25\sigma_{pc,m})\eta\mu_m h_0=(0.7\times1\times1.43\times10^3+0.25\times10^3\times1)\times1\times0.740\times0.085=78.688kN>N=8.934kN$$

满足要求！

2、局部受压承载力验算

楼板局部受压承载力：

根据《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010（2024 年版）第 6.6.1 条规定，见下表

公式	参数剖析	
$F_l\leq1.35\beta_c\beta_l f_c A_{ln}$	F_l	局部受压面上作用的局部荷载或局部压力设计值
	f_c	混凝土轴心抗压强度设计值；可按本规范表 4.1.4-1 取值

	β_c	混凝土强度影响系数，按本规范第 6.3.1 条的规定取用
	β_l	混凝土局部受压时的强度提高系数
	A_{ln}	混凝土局部受压净面积
$\beta_l=(A_b/A_l)^{1/2}$	A_l	混凝土局部受压面积
	A_b	局部受压的计算底面积，按本规范第 6.6.2 条确定

可得： $f_c=14.3\text{N/mm}^2$ ， $\beta_c=1$ ，

$$\beta_l=(A_b/A_l)^{0.5}=3$$

$$F=1.35\beta_c\beta_l f_c A_l=1.35\times 1\times 3\times 14.3\times 10^3\times 0.01=579.15\text{kN}\geq N=8.934\text{kN}$$

满足要求！

第九章、附图