

杭政储出 2023-141 号地块项目设计采购施工 (EPC) 工程总承包项目

吊篮搁置平台专项施工方案



中国交建

CHINA COMMUNICATIONS CONSTRUCTION

编制：

审核：

审批：

中交三公局华东建设工程有限公司

杭政储出 2023-141 号地块项目

设计采购施工 (EPC) 工程总承包项目经理部

2024 年 6 月 9 日

目录

1 工程概况	5
1.1 工程概况和特点	5
1.1.1 工程概况	5
1.1.2 子项工程概况	6
1.2 周边环境条件	6
1.3 施工平面布置	8
1.4 施工要求	9
1.5 技术保证条件	9
1.6 施工地的气候特征和季节性天气	10
1.7 风险辨识与分级	11
1.8 参建各方责任主体单位	17
2 编制依据	17
2.1 法律依据	17
2.1.1 相关法律、法规、规范性文件	17
2.1.2 标准、规范、规程	17
2.2 项目文件	18
2.3 施工组织设计	18
3 施工计划	18
3.1 施工进度计划	18
3.2 材料与设备计划	19
3.3 劳动力计划	21
4 施工工艺技术	21
4.1 方案指导思想	21
4.2 技术参数	21
4.3 工艺流程	24
4.4 施工材料准备	24
4.5 施工方法及操作要求	24
4.5.1 悬挑梁定位	24
4.5.2 对拉螺栓套管预埋	24

4.5.3 悬挑梁安装	25
4.5.4 下斜撑安装	26
4.5.5 悬挑防护棚安装	27
4.5.6 悬挑防护棚安装注意事项	28
4.5.7 悬挑防护棚的使用	28
4.6 悬挑平台维护要求	28
4.7 悬挑平台拆除要求	29
5 施工保证措施	30
5.1 组织保障措施	30
5.1.1 安全组织机构	30
5.1.2 安全保证体系	30
5.1.3 安全生产职责	31
5.2 技术措施	32
5.2.1 安全保证措施	32
5.2.2 质量技术保证措施	33
5.2.3 文明施工保证措施	33
5.2.4 环境保护措施	34
5.2.5 季节性施工保证措施	35
5.3 监测监控措施	37
5.3.1 监测控制措施	37
5.3.2 监测仪器设备配置	37
5.3.3 监测人员	37
5.3.4 监测说明	37
6 施工管理及作业人员配备和分工	38
6.1 施工管理人员	38
6.2 专职安全管理人员	38
6.3 特种作业人员	38
7 验收要求	39
7.1 验收标准	39
7.2 验收程序及人员	41
7.2.2 验收人员	41

7.3 验收内容	42
7.3.1 型钢主梁验收要求	42
7.3.2 原材料检查	42
7.3.3 悬挑型钢梁螺栓验收	43
8 应急处置措施	45
8.1 应急处置组织体系	45
8.1.1 应急处置领导小组组成与职责	45
8.1.2 应急救援小组组成与职责	47
8.2 应急救援工作程序	47
8.2.1 应急救援工作程序	47
8.3 应急事件及其应急措施	48
8.3.2 坍塌事故应急措施	52
8.3.3 高空坠落事故应急措施	53
8.3.4 机械伤害事故应急措施	53
8.3.5 触电伤亡事故应急措施	54
8.4 应急救援信息	54
8.4.1 通信与信息保障	54
8.4.2 应急救援线路	54
8.5 应急物资准备	55
8.5.2 其他应急物资保障	56
9 计算书及相关施工图纸	56
9.1 型钢悬挑防护棚计算书	56
9.1.1 基本参数	56
9.1.2 主梁布置及锚固参数	57
9.1.3 荷载参数	57
9.1.4 次梁验算	58
9.1.5 主梁验算	60
9.1.6 节点详图	67
9.2 型钢悬挑防护棚(阳角整体计算)算书	68
9.2.1 基本参数	68
9.2.2 联梁布置	69

9.2.3 主梁布置及锚固参数	70
9.2.4 联梁验算	71
9.2.5 1号主梁验算	100
9.2.6 2号主梁验算	110
9.2.7 3号主梁验算	120
9.2.8 4号主梁验算	131
9.2.9 5号主梁验算	140
9.3 相关人员证书	151
9.3.1 安全员	151
9.3.2 特种作业操作资格证书	153
9.4 相关施工图纸	161

吊篮搁置平台专项施工方案

1 工程概况

1.1 工程概况和特点

1.1.1 工程概况

项目位于杭州市临平区荷禹路五洲路西南地块，东临规划河道，南临王家桥港水系，西临顺意路，北临五洲路。

地块占地面积 3.12 万 m²，建筑面积 9.6799 万 m²，其中地下 2.81 万 m²、地上 6.87 万 m²，由 9 栋 16 层、1 栋 17 层（18#楼）住宅构成。

表 1.1.1-1 工程信息表

工程名称	杭政储出（2023）141 号地块项目			
工程地点	杭州市临平区五洲路南侧，顺意路东侧（规划），绿洲路北侧。			
结构类型	高层为剪力墙结构、基础采用桩基筏板基础			
建筑情况	本工程车库地下室一层，10 栋住宅楼（11#-20#楼）及配套用房。			
建筑面积	总建筑面积	96799.80 m ²	占地面积	31249 m ²
	地下建筑面积	28052 m ²	地上建筑面积	68747.80 m ²
工程造价	地上层数	16 层（18#楼 17 层）	地下层数	1 层
	地下层高	地下 1 层	5.3m	
	地上部分层高	首层	4m	
		标准层	3.05m	
	11#、19#、20#楼	49.75m	12#-18#楼	53.4m
基坑情况	场平标高	-1.1m	基底标高	-5.88m
	基坑开挖面积	28500 m ²	基坑周长	737m
	基坑深度	4.78m	坑中坑深度	7.65m
	基坑安全等级为二级，重要性系数为 1.0，支护结构使用期限为 2 年。			
地下室底板	地下室底板高程为-5.3，底板厚度为 450mm。			
工程桩	采用预应力管桩			
工期	合同工期：600 日历天			
	计划开工日期：2024 年 1 月 11 日计划竣工日期：2025 年 9 月 2 日			



项目效果图

1.1.2 子项工程概况

本工程建筑物情况详见下表：

序号	楼栋号	±0.000 绝对标高	层数		房屋高度 (m)	层高 (m)	结构类型
			地下	地上			
1	14#16#楼	5.300m	1	17	52.800	3.05	剪力墙结构
2	15#17#楼		1	17	52.800	3.05	剪力墙结构
3	11#19#20#楼		1	16	49.750	3.05	剪力墙结构
4	12#13#18#楼		1	17	52.800	3.05	剪力墙结构
5	地下室		1	/			框架结构

1.2 周边环境条件

本工程北侧为五洲路，距基坑边线 15~25m；项目红线北侧有直径 800 供水管道距离基坑边约 7m、10KV 高压电缆及电线杆距离基坑边约 12m、沿项目红线附近有光纤距离基坑约 1-4m，另外基坑边 20cm 外有一高压箱变，距基坑边 2m 有 5 根 1030KVA 高压杆变立杆。沿线存在有雨、污水管道路、给水及电力管线。



图 1.2-1 场地北侧周边环境图

西侧为规划顺意路（规划道路），晚于本基坑施工，现状为空地。



图 1.2-2 场地西侧周边环境图

南侧为王家桥港河，距基坑边线 20~25m。河道宽约 12m，水位高程约 1.5m，水深约 1~1.5m，20 年一遇洪水位为 3.52m，50 年一遇洪水位为 3.71m。



图 1.2-3 场地南侧周边环境图

东侧为东阳门河，距基坑边线 20~25m。河道宽约 12m，水位高程约 1.5m，水深约 1~1.5m，20 年一遇洪水位为 3.52m，50 年一遇洪水位为 3.71m。



图 1.2-4 场地东侧周边环境图

1.3 施工平面布置

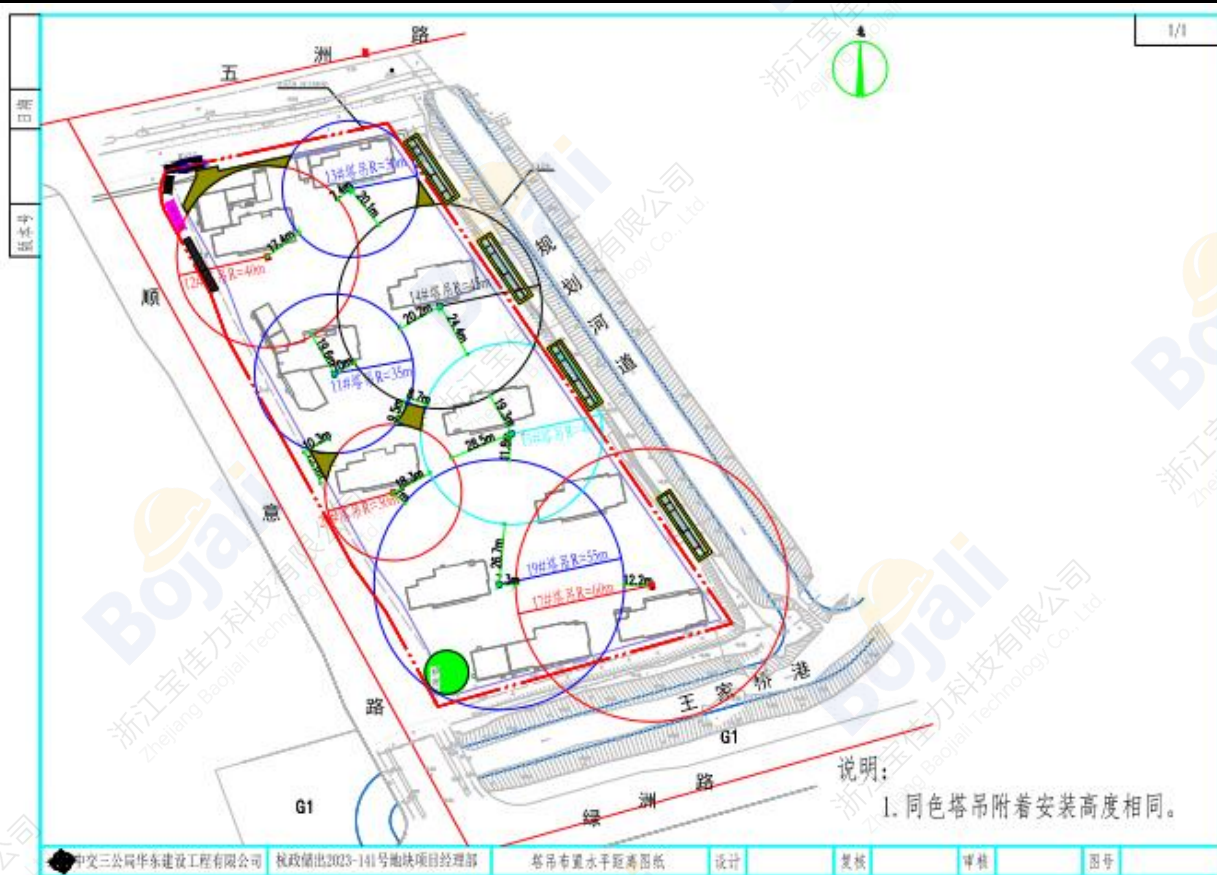


图 1.3-1 施工总平面布置图

1.4 施工要求

序号	内容	指标
1	安全要求	1.杜绝发生一般及以上生产安全责任事故 2.杜绝发生职业病危害事故
2	质量要求	1.零重大质量问题、零质量事故 2.分部分项工程一次验收合格率达 95%以上
3	环保要求	1.杜绝发生一般及以上突发环境事件 2.杜绝发生被省级及以上生态环境保护督察组通报或因生态环境保护问题在设区的市级及以上被联合惩戒、环保信用评价降级等造成负面影响的事件
4	工期要求	2025.7-2025.7 (本施工方案计划开始时间与结束时间)

1.5 技术保证条件

- 1.收集本工程适用的国家及地方规范规程，了解各项参数指标和有关施工强制性规定。
- 2.组织施工人员熟悉图纸，了解工程施工内容，理解施工图设计技术要求和各项指标。
- 3.选择具有丰富经验的施工班组，对施工人员进行安全、技术交底和培训。安全、技术交底应详细、全面，培训应针对性强、效果显著。
- 4.对材料进行严格的质量控制，包括采购、验收、存储和使用等环节。应选用符合标准要求材料，并对其进行必要的检验和测试。
- 5.确保设备和机械的状态良好，并定期进行维护和保养。

1.6 施工地的气候特征和季节性天气

杭州春季 3~6 月为梅雨季，气候潮湿多雨。夏季 7~9 月为台风雨季，气候火热，暴雨量大。秋季气候凉爽宜人。冬季 12 月至次年 2 月，受西北高压气流控制，气温较低，湿度较大，呈阴冷天气为多。

1.7 风险辨识与分级

表 1.7-1 吊篮搁置平台工程施工风险辨识与分级表

风险评价及分级管控清单								
A—很可能发生；B—可能，但不经常发生；C—可能性小，完全意外；D—很不可能，可以设想；E—极不可能发生。 I—灾难，可能发生重特大事故；II—严重，可能发生较大事故；III—轻度，可能发生一般事故；IV—轻微，可能发生人员轻伤事故。								
工作内容	编号	危险源	事故类型	事故发生的可能性(L)	事故后果严重程度(S)	风险等级	控制措施	管控层级
施工方案编审	1	施工前未编制施工方案或结构设计未经计算。	坍塌	B	II	重大风险	建立健全方案编制审核制度，确立有效奖惩措施。施工方案设置专人编制、专人审核，开工前对方案进行核查。	企业级
	2	施工方案未按照相应规定进行审核、审批。	坍塌	B	II	重大风险	开工前对方案进行核查，审查通过后开始施工。	企业级
	3	施工方案未按照相应规定进行专家论证。	坍塌	B	II	重大风险	根据工程规模，按照规定对施工方案进行专家论证。开工前对工程信息复核，做好相关论证准备工作。	企业级
	4	架体高度、形式或参数等发生变化时，专项施工方案未重新进行审核、论证、审批。	坍塌	B	II	重大风险	对照施工前现场实际条件和设计要求，对施工方案进行复核。工程部门与技术部门及时沟通与协调，如条件有变，及时对方案进行调整。	企业级
构配件进场验收	5	钢管材质、外径、壁厚、外形允许偏差	坍塌	B	III	较大风险	1、指定专人负责，做好材料进场验收，不符合要求的不得进场；2、对不合格品应及时报废，不得使用带有裂纹、折痕、表面明显凹陷、严	项目部级



		不符合要求。					重锈蚀的钢管。3、脚手架钢管宜采用 $\phi 48.3 \times 3.6\text{mm}$ 钢管；4、具有产品质量证明文件；5、钢管外径、壁厚、外形允许偏差应符合《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210 的规定；6、钢管在使用前应涂刷防锈漆。	
	6	扣件技术性能不符合规范要求。	坍塌	B	III	较大风险	1、扣件进场应经复试合格后使用；2、具有产品质量证明文件；3、表面应光滑，不得有砂眼、气孔、裂纹、浇冒口残余等缺陷，表面粘砂应清除干净。	项目部级
	7	构配件材质、规格不符合要求。	坍塌	B	III	较大风险	指定专人负责，做好材料进场验收，不符合要求的不得进场。	项目部级
	8	底座和托座的规格、尺寸、材质等不满足方案要求。	坍塌	B	III	较大风险	底座的钢板厚度不得小于 6mm，托座 U 型钢板厚度不得小于 5mm，钢板与螺杆应采用环焊，焊缝高度不应小于钢板厚度，并宜设置加劲板。指定专人负责，做好材料进场验收，不符合要求的不得进场。	项目部级
架体与建筑结构拉结	9	架体与建筑结构拉结方式或间距不符合要求。	坍塌 高处 坠落	B	II	重大风险	连墙件的设置位置、数量按照经审核通过的方案施工，连接强度需要经过验算，最大间距应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130 的要求，应靠近主节点设置，偏离主节点的距离不应大于 300mm。1、施工前对作业人员进行安全技术交底；2、专职安全管理人员根据方案与交底进行安全检查，发现连墙件设置不符现象立即要求整改。	企业级
	10	架体未按规定设置连墙件或采用其他可靠措施固定。	坍塌 高处 坠落	B	II	重大风险	设置连墙件，当暂不能设连墙件时应采取防倾覆措施，若搭设抛撑时，抛撑应采用通长杆件，并用旋转扣件固定在脚手架上，与地面的倾角应控制在 45°~60°之间。1、施工前对作业人员进行安全技术交底；2、专职安全管理人员根据方案与交底进行安全检查，发现连墙件或抛撑设置不符现象立即要求整改。	企业级
	11	搭设超过一定高度的双排	坍塌 高处	B	II	重大风险	对搭设高度超过 24m 的双排脚手架，按照方案采取刚性连墙件与建筑结构可靠拉结。1、做	企业级



		脚手架，未采用刚性连墙件与建筑结构可靠连接。	坠落				好搭设前的交底；2、检查是否采用刚性连接，未采用的立即整改。	
架体参数及构造设置	12	立杆、纵向水平杆、横向水平杆间距不符合设计或规范要求。	坍塌	B	II	重大风险	立杆、纵向水平杆、横向水平杆间距按经审核通过的方案设计进行搭设。根据方案与交底进行杆件间距检查，不符合要求的拆除后重新搭设。	企业级
	13	未按规定设置纵向剪刀撑或横向斜撑。	坍塌	B	II	较大风险	双排脚手架应设剪刀撑与横向斜撑，单排脚手架应设剪刀撑。检查剪刀撑设置是否符合方案或规范要求，不符合要求的限期整改。	项目部级
	14	剪刀撑未连续设置，角度不符合规范要求。	坍塌	B	II	较大风险	高度在 24m 及以上的双排脚手架应在外侧立面连续设置剪刀撑，高度在 24m 以下的单、双排脚手架，均必须在外侧立面两端、转角及中间间隔不超过 15m 的立面上，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。检查剪刀撑设置是否符合方案或规范要求，不符合要求的限期整改。	项目部级
	15	剪刀撑斜杆的接长或剪刀撑斜杆与架体杆件固定不符合要求。	坍塌	C	II	一般风险	剪刀撑斜杆的接长不少于 1m，并应采用不少于 2 个扣件固定。检查剪刀撑斜杆的接长和固定是否符合要求，不符合要求的立即整改。	班组级
	16	在立杆与纵向水平杆交点处未设置横向水平杆	坍塌	B	III	较大风险	专职安全员检查交点处是否设置横向水平杆，未设置的立即设置。	项目部级
	17	未按脚手板铺设的需要增加设置横向水平杆。	高处坠落	B	III	较大风险	1、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；2、脚手板搭接铺设时，接头必须	项目部级

							支在横向水平杆上，搭接长度不应小于200mm，其伸出横向水平杆的长度不应小于100mm。专职安全员负责进行检查，发现脚手板处横向水平杆设置不符合要求的进行整改。	
	18	双排脚手架横向水平杆固定不满足规范要求。	坍塌	B	III	较大风险	1、做好层间防护；2、坠落半径内进行防护。专职安全员负责进行检查，发现脚手板处横向水平杆设置不符合要求的进行整改。	项目部级
	19	单排脚手架横向水平杆插入墙内长度不满足规范要求。	坍塌	B	III	较大风险	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，双排脚手架横向水平杆的靠墙一端至墙装饰面的距离不应大于100mm。检查双排脚手架横向水平杆的固定，若不符合要求立即整改。	项目部级
	20	纵向水平杆搭接长度不满足规范要求。	坍塌	B	III	较大风险	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。检查单排脚手架横向水平杆插入墙内长度，若不符合要求立即整改。	项目部级
	21	立杆接长采用搭接。	坍塌	B	III	较大风险	单排、双排与满堂脚手架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。检查立杆除顶层顶步外是否存在搭接现象，若存在应立即整改。	项目部级
	22	杆件对接扣件的布置不符合规范要求。	坍塌	B	III	较大风险	1、立杆的对接扣件应交错布置，两根相邻立杆的接头不应设置在同步内，同步内隔一根立杆的两个相隔接头在高度方向错开的距离不宜小于500mm；2、各接头中心至主节点的距离不宜大于步距的1/3。检查杆件对接扣件的布置，若不符合要求立即整改。	项目部级
	23	扣件紧固力矩不满足规范要求。	坍塌	B	III	较大风险	对扣件紧固力矩进行抽查，抽查数量符合规范要求。扣件紧固力矩不小于40N·m且不大于65N·m。	项目部级
架体防护	24	架体外侧密目式安全网设置不符合规范要求。	物体打击	B	II	较大风险	1、密目网进场复试验合格后使用；2、安全立网的网目密度不应低于2000目/100cm²。3、密目网应符合《安全网》GB5725的有关规定。4、	项目部级



		求。					安装完毕后进行验收，使用过程定期检查，发现缺失时及时补设。	
	25	作业层防护栏杆不符合规范要求。	高处坠落物体打击	B	III	较大风险	作业层在高度 12m 和 0.6m 处设置上、中两道防护栏杆。安装完毕后进行验收，使用过程定期检查，发现缺失时及时补设。	项目部级
	26	作业层未设置挡脚板。	物体打击	B	III	较大风险	作业层设置高度不小于 180mm 的挡脚板。安装完毕后进行验收，使用过程定期检查，发现缺失时及时补设。	项目部级
层间防护	27	作业层脚手板下未设置安全平网兜底，作业层以下未设置安全平网封闭。	物体打击	B	III	较大风险	作业层脚手板下采用安全平网兜底，以下每隔 10m 采用安全平网封闭；安装完毕后进行验收，使用过程定期检查，发现缺失时及时补设；设置警戒区和隔离区。	项目部级
	28	作业层与建筑物之间未按规定进行封闭。	物体打击	B	II	较大风险	作业层里排架体与建筑物楼板之间>15cm 应采用脚手板或安全平网封闭；安装完毕后进行验收，使用过程定期检查，发现缺失时及时补设；设置警戒区和隔离区。	项目部级
脚手板铺设、固定	29	脚手板铺设不符合方案要求。	高处坠落物体打击	B	I	较大风险	按专项方案施工，检查脚手板铺设是否严密，不严密应进行整改。	项目部级
	30	脚手板规格、材质不符合规范要求。	高处坠落物体打击	B	II	较大风险	1、木脚手板厚度不应小于 50mm，两端宜各设直径不小于 4mm 的镀锌钢丝箍两道；2、钢脚手板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；3、冲压钢板脚手板的钢板厚度不宜小于 1.5mm，板面冲孔内切圆直径应小于 25mm。4、脚手板应满足强度、耐久性要求；5、控制脚手板材料进场验收，验收不合格不得进场。	项目部级
	31	采用钢脚手板时挂钩挂扣不在水平杆	高处坠落物体	B	III	较大风险	挂扣式钢脚手板的挂钩必须完全挂扣在水平杆上，挂钩处于锁住状态；逐个检查挂钩是否锁住。	项目部级



		上，挂钩没有处于锁住状态。	打击					
通道设置	32	未设置人员上下专用通道。	高处坠落物体打击	B	III	较大风险	经审核通过的脚手架搭设方案中需要明确通道设置要求，并按方案进行施工；检查是否设置人员上下专用通道，未设置的按要求设置。	项目部级
	33	通道设置不符合要求。	高处坠落物体打击	C	III	一般风险	按照脚手架施工方案中所要求的标准进行设置；检查设置的通道宽度、坡度、栏杆、脚手板等是否严密、牢固，不符合要求的不得使用。	作业人员

1.8 参建各方责任主体单位

表 1.8-1 参建各方责任主体单位

序号	责任主体	单位名称
1	建设单位	杭州中宜杭城置业有限公司
2	勘察单位	浙江中材工程勘测设计有限公司
3	设计单位	上海天华建筑设计有限公司
4	施工单位	中交三公局华东建设工程有限公司
5	监理单位	浙江明康工程咨询有限公司

2 编制依据

2.1 法律依据

2.1.1 相关法律、法规、规范性文件

表 2.1.1-1 相关法律、法规、规范性文件一览表

序号	名称	编号
1	中华人民共和国建筑法	主席令第 29 号
2	建设工程质量管理条例	国务院令 第 279 号 (2019 修订)
3	建设工程安全生产管理条例	国务院令 第 393 号
4	危险性较大的分部分项工程安全管理规定	建设部第 37 号令

2.1.2 标准、规范、规程

表 2.1.2-1 表标准、规范、规程一览表

序号	名称	编号
1	建筑地基基础设计规范	GB50007-2011
2	建筑结构荷载规范	GB50009-2012
3	混凝土结构设计标准(2024 版)	GB/T 50010-2010
4	建筑施工脚手架安全技术统一标准	GB51210-2016
5	钢结构设计标准	GB50017-2017
6	木结构设计标准	GB50005-2017
7	施工脚手架通用规范	GB55023-2022
8	混凝土结构通用规范	GB55008-2021
9	钢结构通用规范	GB55006-2021
10	工程结构通用规范	GB55001-2021
11	建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范	GB55034-2022
12	建筑与市政工程施工质量控制通用规范	GB55032-2022

序号	名称	编号
13	消防设施通用规范	GB55036-2022
14	建筑防火通用规范	GB55037-2022
15	建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范	JGJ130-2011
16	建筑施工临时支撑结构技术规范	JGJ300-2013
17	建筑施工安全检查标准	JGJ59-2011
18	建筑施工高处作业安全技术规范	JGJ80-2016
19	住房和城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知	建办质(2018) 31 号
20	住房和城乡建设部办公厅关于印发《危险性较大的分部分项工程专项施工方案编制指南》的通知	建办质(2021) 48 号
21	房屋市政工程生产安全重大事故隐患判定标准(2022 版)	建质规(2022) 2 号
22	建筑施工手册	第五版
23	建筑施工脚手架实用手册	
24	《建筑施工拉杆式悬挑脚手架安全技术规程》	DBJ33/T1321-2024

2.2 项目文件

表 2.2-1 项目文件

序号	文件名称	备注
1	杭政储出(2023) 141 号地块项目工程施工合同	
2	杭政储出(2023) 141 号地块项目工程设计图纸	

2.3 施工组织设计

表 2.3-1 施工组织设计

序号	文件名称	备注
1	杭政储出(2023) 141 号地块项目工程实施性施工组织设计	

3 施工计划

3.1 施工进度计划

根据本工程的特点和以往类似工程的施工经验,本工程计划开始时间 2025 年 7 月 15 日,结束时间 2025 年 7 月 25 日,共计 20 个日历天。

表 3.1.1-1 施工进度计划

分布区域	主体施工 (一层至四层)	型钢安装	平台搭设	使用工期 (天)
13#	2025 年 6 月 1 日- 2025 年 6 月 28 日	2025 年 7 月 15 日- 2025 年 7 月 17 日	2025 年 7 月 18 日- 2025 年 7 月 25 日	55

14#	2025 年 6 月 11 日- 2025 年 7 月 3 日	2025 年 7 月 18 日- 2025 年 7 月 20 日	2025 年 7 月 20 日- 2025 年 7 月 25 日	43
-----	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----

3.2 材料与设备计划

表 3.2.1-1 主要材料投入计划表

名 称	规格	用途	数量	投入时间
安全网	3*2m	外架四面全面围护	21000 m²	开工后进场
安全带	自动锁紧式	作业人员	10 付	开工后进场
安全帽	/	作业人员	100 个	开工后进场
扭力扳手	100N.M	螺帽紧固	10 把	
钢垫片	60*60*6	/	3300 套	陆续进场
脚手板	宽 250	/	31000 m²	陆续进场
模板	/	连接拉杆	31000 m²	陆续进场
销栓	直径 20	连接拉杆	1750 个	陆续进场

表 3.2.1-2 悬挑防护棚主要材料投入计划表

序号	材料	规格	长度	数量
1	Q235工字钢	18#（主梁）	4.00M	94根
2	Q235工字钢	18#（主梁）	3.30M	2根
3	Q235工字钢	18#（阳角）	5.00M	6根
4	Q235工字钢	18#（阳角）	5.657M	3根
5	Q235工字钢	18#（阳角）	5.573M	2根
6	Q235工字钢	18#（阳角）	4.847M	1根
7	Q235工字钢	18#（阳角）	4.851M	1根
8	Q235工字钢	18#（联系梁）	11.45M	1根
9	Q235工字钢	18#（联系梁）	10.80M	6根
10	Q235工字钢	18#（联系梁）	9.30M	7
11	Q235工字钢	18#（联系梁）	9.00M	41根
12	Q235工字钢	18#（联系梁）	8.70M	3根
13	Q235工字钢	18#（联系梁）	7.60M	7根
14	Q235工字钢	18#（联系梁）	7.55M	3根
15	Q235工字钢	18#（联系梁）	7.50M	14根

16	Q235工字钢	18#（联系梁）	7.30M	11根
17	Q235工字钢	18#（联系梁）	6.60M	24根
18	Q235工字钢	18#（联系梁）	6.30M	7根
19	Q235工字钢	18#（联系梁）	5.70M	3根
20	Q235工字钢	18#（联系梁）	5.10M	2根
21	Q235工字钢	18#（联系梁）	4.50M	6根
22	Q235工字钢	18#（联系梁）	4.50M	6根
23	8.8级螺栓	M22	0.32	654个
24	连墙件螺栓	M14	/	109个

表 3.2.1-3 机械设备投入计划表

设备规格	型号	数量
手持电锯(台)	M-651A	8
扭力扳手	100N.M	10
塔吊(台)	ZJT6018	8
切断机(台)	ZC/GQ40	3
电焊机(台)	BX1-500	3
对讲机		8

表 3.2.1-4 测量仪器设备投入计划表

设备规格	型号	数量
电子经纬仪	ET-02	1
水准仪	DS05	1
全站仪一台	RXT—232	1
自动安平水准仪	DS3	2
红外线水准仪	LS639S-3	1

激光垂直仪	DZJ2	2
电子经纬仪	TC-320	1

3.3 劳动力计划

表 3.3.1-1 劳动力投入计划表

序号	工种	暂定数量	计划拟进场时间	计划退场时间
1	安全员	3	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
2	测量	3	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
3	普工	8	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
4	木工	10	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
5	焊工	1	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
6	架子工	5	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
7	电工	1	2025 年 4 月 15 日	竣工验收
合计		31		

4 施工工艺技术

4.1 方案指导思想

本工程 13#楼、14#楼、15#楼设置悬挑 4000mm 的一个双层防护棚用来搁置吊篮与防护作用。悬挑架防护棚主梁采用 18 号工字钢悬挑长度=4000mm，间距 1500 设置。主梁与建筑连接方式采用穿墙锚固螺栓连接，螺栓采用承压型高强螺栓 M22；联系梁采用 18 号工字钢间距 300mm 设置；设置两道下撑，下撑采用 120*120*8 方钢管。设置两层隔离层，隔离层采用模板隔离，两层隔离层间距 500mm。外围设置 1500mm 高防护围栏。该平台仅做为首开区防护棚和吊篮班后停放用，不做材料堆放场地使用。

4.2 技术参数

【型钢悬挑防护棚】

一、基本参数			
悬挑防护棚类型	双层悬挑防护棚	防护棚两层之间间距 h(mm)	500
防护栏高度 h ₁ (mm)	1500	主梁上是否设置悬挑脚手架	否
主梁间距 L _a (mm)	1500	纵向次梁间距 L _b (mm)	600
主梁之间添加横向次梁的根数 n	0	主梁与建筑物连接方式	锚固螺栓
主梁建筑物外悬挑长度 L _X (mm)	4000	纵向次梁离墙水平距离 a(mm)	360

梁/楼板混凝土强度等级	C35		
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
防护层内材料类型	木脚手板	防护层内材料自重标准值 $g_{k1}(\text{kN/m}^2)$	0.3
栏杆与挡脚板类型	栏杆、冲压钢脚手板挡板	栏杆与挡脚板自重标值 $g_{k2}(\text{kN/m})$	0.16
安全网自重 $g_{k3}(\text{kN/m}^2)$	0.01	冲击荷载 $p_k(\text{kN})$	10
三、次梁参数			
次梁材料类型	工字钢	次梁材料规格	18号工字钢
次梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	次梁截面惯性矩 $I_y(\text{cm}^4)$	1660
次梁截面抵抗矩 $W_y(\text{cm}^3)$	185	次梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
次梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215	次梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125
次梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000		
四、主梁参数			
主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/400
五、牛腿参数			
牛腿肋个数	2	牛腿板伸出墙面长度 $l(\text{mm})$	120
牛腿板厚 $t_1(\text{mm})$	10	牛腿板宽 $b(\text{mm})$	150
牛腿肋板厚 $t_2(\text{mm})$	10	牛腿肋高 $h_1(\text{mm})$	100
牛腿焊缝	单面焊		
六、锚板锚筋参数			
预埋件锚筋直径 $d(\text{mm})$	20	预埋件锚筋根数	4
预埋件锚筋层数	2层	锚筋强度等级	HPB300

锚板厚 $t_3(\text{mm})$	10	沿剪力作用方向最外层锚筋中心线 距离 $z(\text{mm})$	200
七、下撑参数			
下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	$\square 120 \times 120 \times 8$
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	33.642	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	676.88
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	4.49

型钢悬挑防护棚(阳角整体计算)界面参数表

一、基本参数			
建筑物阳角处角度 β	90	建筑物 B 向是否有悬挑主梁	有
建筑物 A 向立杆排数 n_1	7	建筑物 A 向是否有联梁	有
建筑物 B 向立杆排数 n_2	7	建筑物 B 向是否有联梁	有
梁/楼板混凝土强度等级	C30	混凝土的实测抗压强度 $f_c(\text{N/mm}^2)$	14.3
混凝土的实测抗拉强度 $f_t(\text{N/mm}^2)$	1.43		
二、联梁参数			
纵向钢梁材料类型	工字钢	纵向钢梁材料规格	18 号工字钢
纵向钢梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	纵向钢梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
纵向钢梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	纵向钢梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
纵向钢梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215	纵向钢梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125
纵向钢梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000		
三、主梁参数			
主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/400

四、下撑参数			
下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	□120×120×8
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	33.642	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	676.88
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	4.49

4.3 工艺流程

预埋件设置→安装下层悬挑主梁→悬挑主梁上下支撑杆件设置→下层次梁→下层脚手板、安全网铺设→上层主梁→上层次梁→外沿栏杆→上层模板铺设→警示标志、底层安全网

4.4 施工材料准备

在下料后的型钢一端部，焊接预先加工好的开孔附着钢板，连接孔一个为圆型，一个为椭圆型，主要用于可调节。另外加一块呈三角型的支撑钢板，加强牢固性。也可委托加工厂进行成品加工。



4.5 施工方法及操作要求

4.5.1 悬挑梁定位

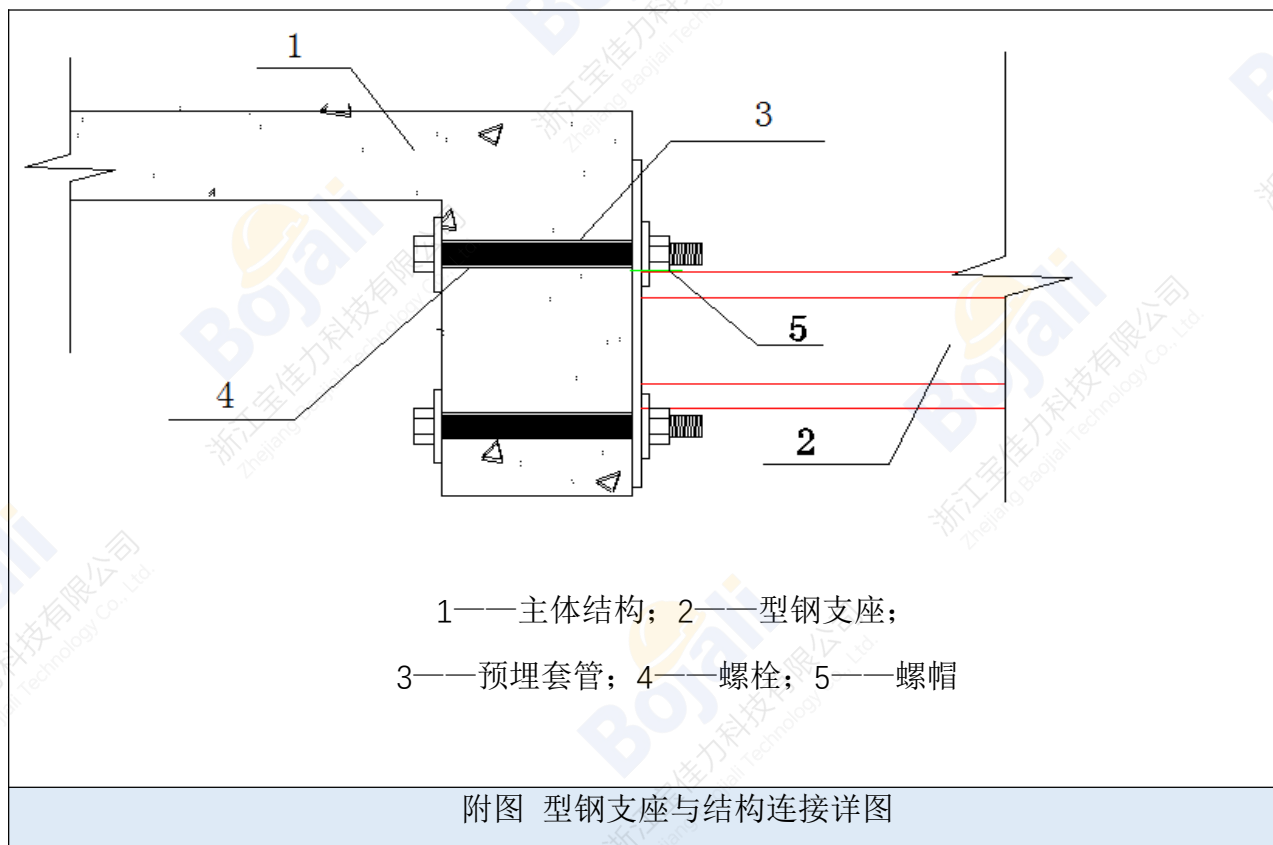
定距定位，放样悬挑梁位置并做好标记。悬挑梁必须保证有足够的锚固强度和截面抗屈曲能力，悬挑长度应按设计确定。普通主梁悬挑时，立杆直接支承在悬挑梁上，水平悬挑梁的纵向间距与上部脚手架立杆的纵向间距相同；上部脚手架立杆与挑梁支承结构应有可靠的定位连接措施，以确保上部架体的稳定。通常采用在挑梁或纵向联梁上焊接150-200mm、外径 $\Phi 40\text{mm}$ 的钢管或外径 $\Phi 25\text{mm}$ 的钢筋，立杆套在其外，同时在立杆下部设置扫地杆，并应间断设置水平剪刀撑或水平斜撑杆。

4.5.2 对拉螺栓套管预埋

套管在现场集中加工棚按设计要求加工成定型化半成品预埋件，后在现场预埋。在悬挑层楼面边梁或剪力墙结构混凝土浇筑前，对照型钢布置图，复核穿墙螺栓位置。套管预埋时，使用套管固定工具，保证预埋套管的精度。

4.5.3 悬挑梁安装

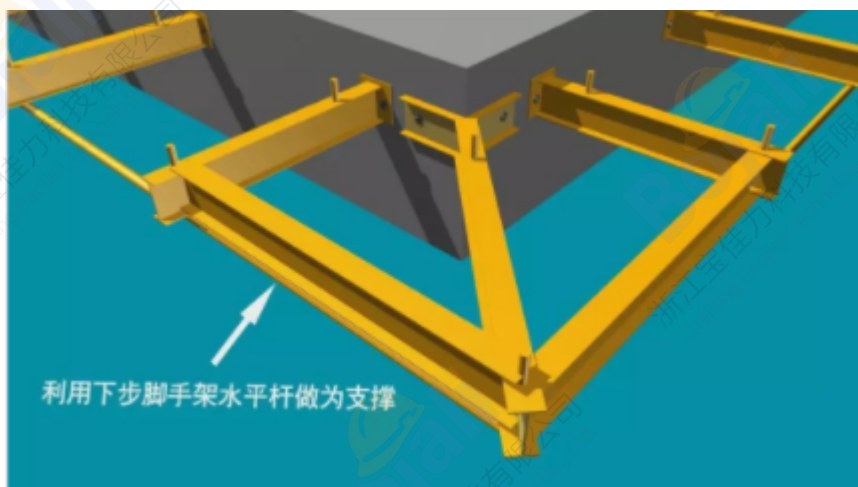
1. 悬挑梁内端支撑点应设置于主体结构的梁、柱上。
2. 悬挑梁采用双轴对称截面的热轧型钢，以 18# 普通工字钢为主件，焊接底座板、三角加强板、U 型上拉件，材质均为 Q235。
 - (1) 直线梁：安装于结构为直线面的悬挑梁，长度有 4000mm 型号规格。
 - (2) 阳角梁和斜角梁：安装于建筑结构阳角处的悬挑梁。钢梁悬挑长度大于 4 米时，需设置二道斜撑杆。
 - (3) 悬挑梁内端连接端板的厚度不宜小于 12mm；
 - (4) 悬挑梁上应设置固定脚手架架体立杆的定位件。立杆定位件可采用焊接短钢管、焊接短钢筋或工具式卡扣等。
 - (5) 立杆定位件距悬挑梁外端不应小于 100mm。
 - (6) 立杆底端应设置纵向大横杆。



3. 在墙体或梁终凝后，即可安装悬挑钢梁，按照技术交底和现场实际定位位置对悬挑工

字钢进行安装，高强螺栓的紧固是挑梁安装重要控制点，紧固应初拧 50%、复拧 50%、终拧依次进行在 24 小时内完成，具体操作如下：

- (1)、在外墙梁的内侧模板拆除后，拆除悬挑层脚手架防护栏杆，将钢梁外端搁置于下层落地架的外侧纵向水平杆上；
- (2)、先由 1 人在墙内安装锚固螺栓，将螺栓穿出墙外后，1 人在墙外安装主竖向杆，尺寸垂直度矫正后，预紧螺母。全部螺栓拧紧检查无误后，悬挂钢梁安装完成；
- (3)、转角处采用 Y 型工字钢悬挑梁，并增设连系梁，确保不利转角部位的安全。待转角两侧悬挑梁安装完成后，测量钢梁的间距并下料，随后将外侧钢梁与悬挑梁进行焊接。



- (4)、挑架搭设及使用时，钢梁设置楼层的阳台、露台等悬挑部位的排架不得拆除。

4.5.4 下斜撑安装

(1)、斜撑吊装前，要在斜撑的两端分别焊好钢板，其中与主悬挑梁连接端的钢板还应打磨螺栓连接孔，位置与主梁上的钢板对应。

(2)、斜撑起吊前，用相应的工字钢夹夹在斜撑的两头，要保证不会出现工字钢夹滑落现象。再用一组长钢丝绳连接电动葫芦，两个电动葫芦同时进行起吊作业，在吊离地面时要进行试吊，把斜撑梁的一头吊的高一点，一头吊的低一点，与地面成45度角，观察工字钢夹和起吊情况，如发生工字钢夹滑动要立即停止。如果一切正常，就可以开始起吊了，起吊过程中要保持斜撑梁的水平。

(3)、在铺好的台平上方架设两台电动葫芦，一台放在拟安装斜撑的悬挑梁的外端（1#葫芦），一台放在旁边间隔一根悬挑梁的外侧（2#葫芦），电动葫芦要分别架设在两根主梁上方，电动葫芦在放置前要在电葫芦的基础底面上焊接一个槽钢底座，用于稳定电动葫芦。斜撑工字钢用两台电动葫芦慢慢起吊，在接近平台下方约5米处，2#葫芦放慢起吊速度，使斜梁发生倾斜，1#葫芦把斜梁吊到平台下方后，斜梁端部的钢板对准主悬挑梁的钢板，并用1根螺栓连接，但不是拧紧，只作为定位用。再放松另一端的2#电动

葫芦的钢丝绳，楼层上的作业人员用铁钩钩住斜撑后，把斜撑的另一头拉到楼层上，使斜梁转动90°，斜撑的下端与楼层中的预埋钢板对齐。

(4)、把主梁与斜撑连接的螺栓全部拧紧，拧紧时要对称分步拧紧，如不能对准螺栓孔时用铁钩进行调整。螺栓全部拧紧后，再焊接下端与楼层连接处的钢板。钢板要四面焊接，焊缝高度不小于8mm。

(5)、下端焊好后，斜撑中位置的扶墙角钢与楼层的预埋钢板进行焊接。如果角度有偏差可以增加钢垫块的方式进行焊接。焊连接好后松掉两根钢丝绳，完成一根斜梁的安装，斜梁上的工字钢夹不松掉，用于拆除时的吊运，如此重复吊装完成斜梁的安装。

(6)、斜撑安装完成后，就可以搭设上一层的支模架了，上层支模架从非悬挑楼层内部向外部搭设，悬挑平台搭设支模架时，同时完成钢平台的外围围护栏杆，围护栏杆与支模架拉结。

(7)、悬挑平台支模架与非悬挑支模架要整体一起搭设，拉结长度不小于2跨立杆。并且要与柱子进行拉结，用抱箍的方式与柱子进行拉结。

4.5.5 悬挑防护棚安装

(1) 吊装就位：悬挑防护棚的吊装采用塔吊吊运，人工协作进行安装的方式。

悬挑防护棚吊装时由持特种操作证的塔吊司机开塔吊，专职司索工进行司索，专职塔吊指挥工进行指挥，悬挑平台吊装时设置四个吊点、异型板块设置6个吊点，用四根（异型防护棚六根）钢丝绳挂在吊环上，起吊时使防护棚处于水平状态。起吊时悬挑防护棚与楼层结构边保持在2米左右。距离太近容易碰撞楼层结构，距离太远在吊运过程中不好控制防护棚的稳定性。

起吊时在悬挑防护棚的两对角绑两根麻绳，由人工拉绳调节控制防护棚在上升过程中的摇摆及水平角度。悬挑防护棚吊升至使用楼层后，用人工拉麻绳及由塔吊指挥工指挥塔吊司机缓慢调整塔吊吊勾的上下升降及水平位置，使防护棚安放至准确位置及端部标高一致。

(2) 悬挑防护棚固定：悬挑防护棚吊装就位后，防护棚未固定之前，不得松动吊在防护棚上的钢丝绳。在防护棚就位后，用成品U形卡将主梁与楼板固定，每根主梁锚固端设置一道。

将已安装在悬挑防护棚吊环上的钢丝绳的另一端穿过平台上层边梁梁侧在板上的洞口，成环状并固定。在确认钢丝绳收牢并产生承载力后，缓慢放松塔吊吊勾钢丝绳，使悬挑防护棚拉吊钢丝强完全受力。

4.5.6 悬挑防护棚安装注意事项

(1) 工人在架上进行搭设作业时，必须戴安全帽和佩挂安全带。楼层上安装防护棚时，必须系紧安全带，安全带可挂于周圈临边防护及锚环上，不得单人进行装设较重杆配件和其它易发生失衡、脱手、碰撞、滑跌等不安全的作业。

(2) 在搭设中不得随意改变悬挑防护棚构架设计。确有实际情况，需要对构架作调整和改变时，应提交技术人员解决。

(3) 防护棚安装时确保外高内低，外侧应高于内侧 300-400mm。

4.5.7 悬挑防护棚的使用

悬挑防护棚的使用应遵守以下规定：

(1) 悬挑防护棚上的施工荷载（人员、材料重量）不得超过设计的规定值或施工设计值。

(2) 工人在悬挑防护棚安装作业中，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。

(3) 每班工人上施工完毕后，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。在作业中发现在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，应立即通知所有人员撤离。

4.6 悬挑平台维护要求

4.6.1 防护棚使用过程中，需定期对防护棚进行检查：

(1) 悬挑防护棚搭设的施工负责人，必须按方案的要求，拟定书面操作要求，向班组进行技术交底和安全技术交底，班组必须严格按操作要求和各工长交底施工。

(2) 在使用期间，不得随意拆悬挑防护棚上的钢管、木方等材料。

(3) 班组安全人员要经常检查悬挑防护棚的工作情况，一旦发现异常应及时停止作业，上报项目部，进行检查和处理。项目安全员每周进行一次检查，每次检查均要做记录。

(6) 吊索（钢丝绳、夹具）经常检查和保养。不用时妥善保管存放，有磨损的钢丝绳不得继续使用。

4.6.2 根据悬挑防护棚的设计荷载，并考虑到上人操作，为满足安全，特对防护棚的安装拆除做如下规定：

(1) 在防护棚安装前，特针对吊装时的特殊要求，对吊装及指挥人员进行一次安全

交底，严禁违章操作，违章指挥。安装悬挑防护棚，固定专业人员操作，安装后需经安全全部验收合格后方可使用。

(2) 安装防护棚时，在检查所有固定防护棚构件均固定牢固后，方允许摘除塔吊吊钩。严禁违章作业。悬挑防护棚安装时，建筑物锐角口围系钢丝绳处应加补软垫物，防护棚外口应略高于内口；

(3) 悬挑防护棚拆除时，应首先用塔吊吊钩将防护棚吊稳，然后在拆除固定防护棚构件。检查确已将所有固定件拆除，防护棚上无人后，方允许提升防护棚。

(4) 对钢丝绳的要求：

钢丝绳使用绳卡固定，为与绳匹配同一规格的绳卡；绳卡的 U 形部应卡在钢丝绳的短端侧，螺栓一侧为钢丝绳通长端，绳卡不得交错布置。扭紧螺栓后，圆弧部分应将钢丝绳压下 $1/3 \sim 2/5$ 直径为止，且在短端留出卡接安全弯的余量。每天必须对钢丝绳拉接点和悬挑防护棚进行观测检查，发现钢丝绳有锈蚀损坏应及时调换，焊缝脱焊应及时修复，减少安全隐患。

4.7 悬挑平台拆除要求

悬挑防护棚的拆除作业应按确定的程序进行，在拆除过程中，应作好配合、协调动作，禁止单人进行拆除较重杆件等危险性的作业。

拆卸防护棚时，在防护棚上的四个吊环穿入钢丝绳，钢丝绳上端挂在塔吊吊钩上，缓缓升起塔吊，使吊钩上的钢丝绳受力后，松动悬挑防护棚拉吊钢丝绳上的螺栓，在塔吊吊钩上的钢丝绳上完全受力后，将防护棚拉吊钢丝绳的上端拆除下来。最后将在楼层与主梁锚固的成品 U 形卡与主梁分割开。悬挑防护棚与建筑完全分离后，将塔吊小车缓缓向处移动，在悬挑防护棚移动至距结构边约 2 米的水平位置后，将悬挑防护棚吊下地面。

(1) 斜撑拆除时，也采用这时一台电动葫芦，即采用安装时的葫芦就可，钢丝绳绑在斜撑的最上端，预焊钢板内侧，可以防止滑动，斜撑的另一个用粗麻绳拉住，与室内的结构柱子拉住，松掉与主悬挑梁的连接螺栓，用气割割掉楼层上的连接处，1#葫芦慢慢往下放了，操作人员在楼层内拉到麻绳，把斜撑拉到楼层内。操作时，平台上的操作人员可以在铺设的钢平台模板上操作，另外一组人员可以在楼层中进行操作。全部拉进楼层后，放掉钢丝绳。

(2) 斜撑拆除后根据搭设时的顺序逆向拆除钢平台即可，先模板，再联梁，再主梁。钢管和模板拆下后放回楼层内，联梁、斜撑用钢丝绳拉回楼层内，通过设在楼层上的卸料台，采用塔吊吊在地面上，主梁拆除时要用塔吊在悬挑端吊牢，松掉压环后再用拉回

楼层内，进入人工搬运到卸料台平处，用塔吊吊到地面上。

- (3) 在拆除模板时，不能一次全部拆完，要把外侧的联梁一起拆除，这样可以保证操作人员的作业位置。

5 施工保证措施

5.1 组织保障措施

5.1.1 安全组织机构

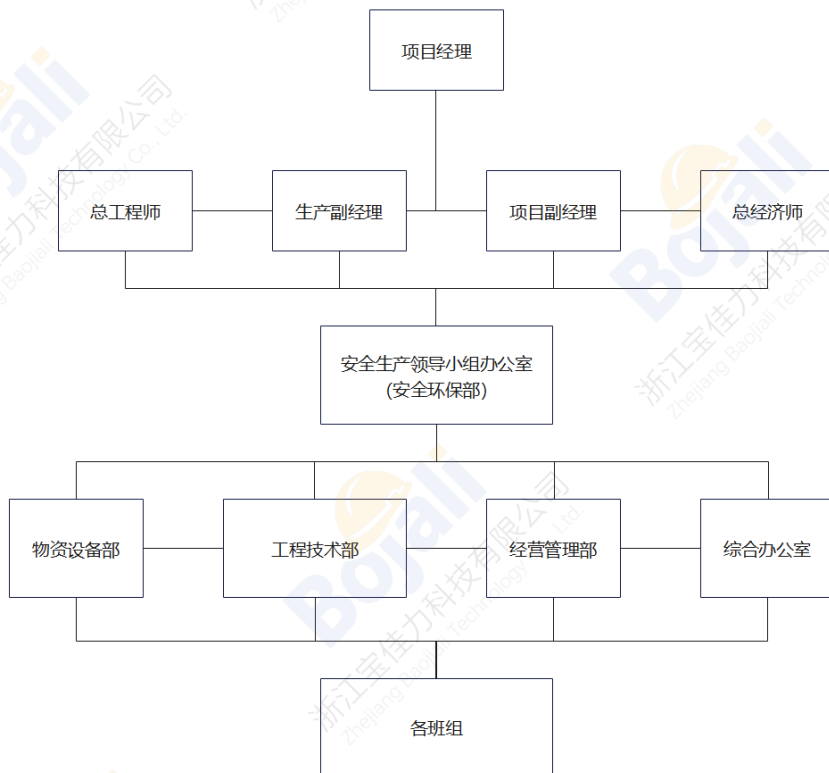


图 5.1.1-1 安全组织机构图

5.1.2 安全保证体系

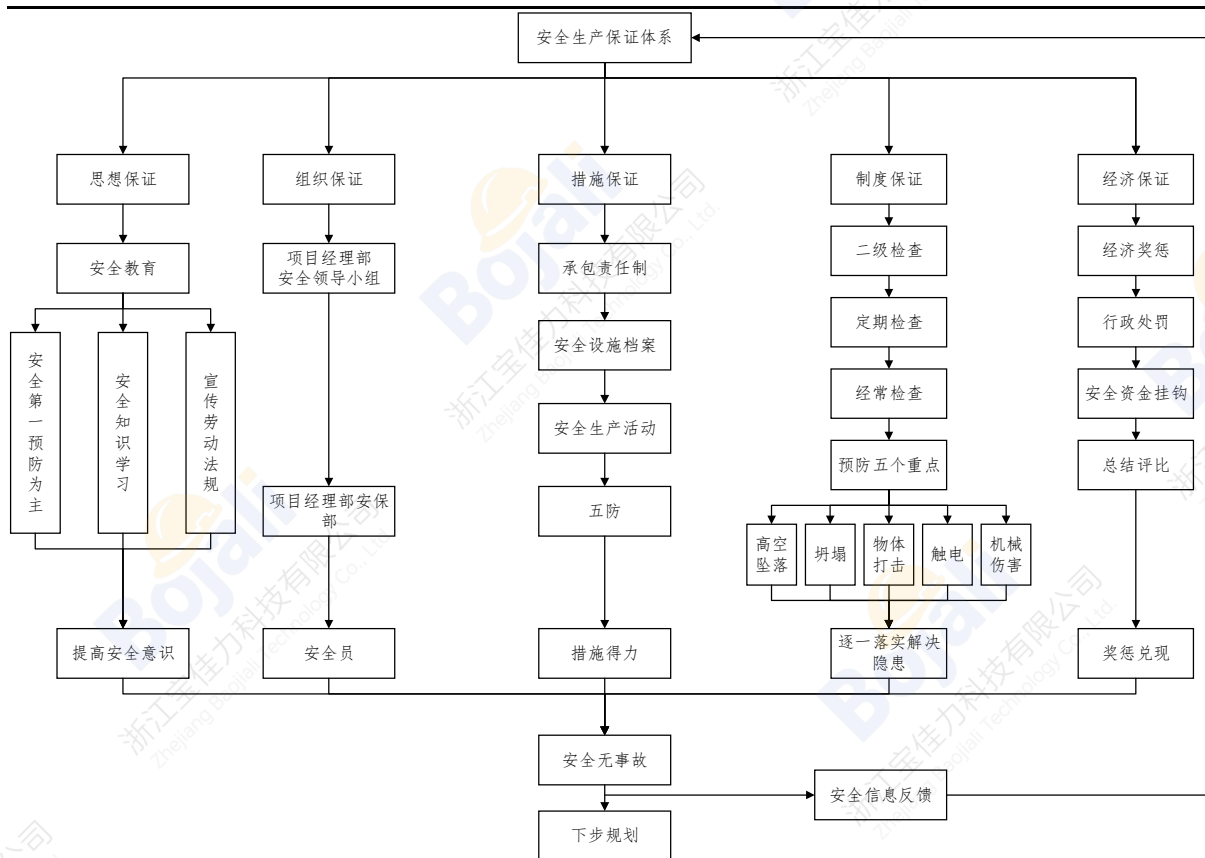


图 5.1.2-1 安全保证体系图

5.1.3 安全生产职责

表 5.1.3-1 项目领导班子主要安全生产职责

序号	姓名	职务	主要安全生产职责
1	王铁成	项目经理	项目职业健康安全工作的第一责任人，对项目的职业健康安全全面负责。
2	古劲松	总工程师	总工程师是本项目技术负责人，施组、方案、交底中制定可靠的安全保障措施，对分管范围内的职业健康安全负直接领导责任。
3	陈杨杨	总经济师	审核队伍安全生产资质条件，签订合同、协议中明确双方职业健康安全职责，对分管范围内的职业健康安全负直接领导责任。
4	段鹏飞	项目副经理	统筹组织生产过程中各项安全生产制度和措施的落实，改善安全生产条件，对项目安全生产工作负直接领导责任。
5	修艳丰	项目副经理	统筹组织项目物资调拨、进出场等工作。

表 5.1.3-2 项目各部门主要安全生产职责

序号	部门	主要安全生产职责
1	安监部	安全生产工作的综合监督管理部门，对其他职能部门的安全生产管理工作进行综合协调和监督，发挥统筹、协调、指导和监督作用。
2	工程部	负责制定项目施组、策划、施工技术方案、安全操作规程，落实安全技术交底和安全保障措施，组织现场安全条件验收，改善安全生产环境。
3	物设部	负责自有、租赁、分包商设备管理和特种设备的报检和日常的管养工作，负责危险品安全管理和安全物资装备和应急物资装备管理。

4	经营部	及时对安全防护设施费用进行审定，合理追加或削减，及时向业主提报有关安全生产投入的资料，落实相关费用的审批手续。
5	综合办	定期更新花名册，组织体检，负责驻地、办公区的安全保卫、消防安全、交通安全、卫生防疫等职业健康安全管理工作，营造良好的生活、办公环境。

5.2 技术措施

5.2.1 安全保证措施

- (1) 操作人员必须持有登高作业操作证方可上岗。
- (2) 悬挑防护棚在搭设（拆卸）过程要做到文明作业，不得从悬挑防护棚上掉落工具、物品；同时必须保证自身安全，高空作业需穿防滑鞋，佩戴安全帽、安全带，未佩戴安全防护用品不得施工。
- (3) 在悬挑防护棚上施工的各工种作业人中应注意自身安全，不得随意向下、向外抛、掉物品，不得随意拆除安全防护装置。
- (4) 雨天及六级以上大风等天气严禁进行悬挑防护棚搭设、拆除工作。
- (5) 应设专人负责对悬挑防护棚进行经常检查和保修。
- (6) 在下列情况下，必须对悬挑防护棚进行检查：
 - (7) （1）在六级大风和大雨后
 - (8) （2）停用超过二个月，复工前。
- (9) 检查保修项目：
 - (10) （1）防护棚位置、钢丝绳、卡扣等构件是否符合施工方案的要求；
 - (11) （2）悬挑防护棚卡扣是否松动、钢丝绳是否完好；
 - (12) （3）安全防护措施是否符合要求。
- (13) 搭拆悬挑防护棚期间，地面应设置围栏和警戒标志，严禁非操作人员入内。
- (14) 搭设时用起重机械吊装到相应位置后，将防护棚与建筑物连接牢固不得滑动，将钢丝绳与防护棚连接平稳后方可撤出其中机械。
- (15) 每天必须对防护棚的钢丝绳，吊环铺设的脚手板等进行全面的检查，发现问题必须及时处理。
- (16) 悬挑防护棚上不得堆放材料。
- (17) 防护棚上的防护栏杆不得任意拆除。
- (18) 起吊时必须设专人指挥，扶平稳不能碰撞防护棚，其他人员不得在防护棚上逗留。
- (19) 夜间施工防护棚上必须保持足够的照明。
- (20) 在防护棚上操作的人员必须系好安全带，确保高空临边操作绝对安全，安全带高挂低用，可在操作面上一层设引出绳（钢丝绳或棕绳），安全带系在引出绳上。

5.2.2 质量技术保证措施

1. 质量保证体系

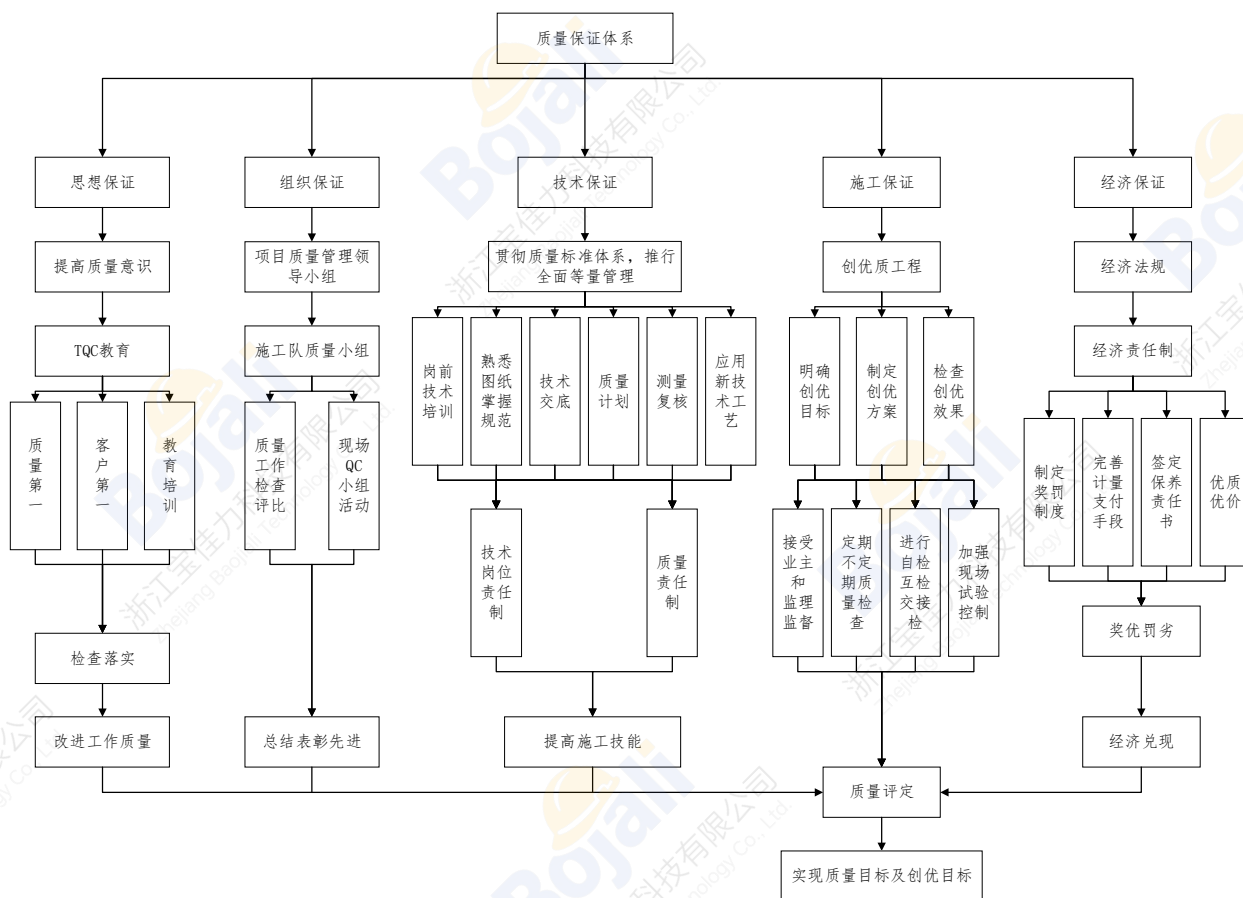


图 5.2.2-1 质量保证体系图

2. 质量控制目标分解

- (1) 操作人员作业前必须进行岗位技术培训与安全教育。
- (2) 技术人员在悬挑防护棚搭设、拆除前必须给作业人员下达安全技术交底，并传达至所有操作人员。
- (3) 悬挑防护棚必须严格依据本施工方案进行搭设，搭设时，技术人员必须在现场监督搭设情况，保证搭设质量达到设计要求。
- (4) 悬挑防护棚搭设完毕，依据施工方案与单项作业验收表对悬挑防护棚进行验收，发现不符合要求处，必须限时或立即整改。

5.2.3 文明施工保证措施

1. 施工现场周围应设置连续围挡，保证安全通道，避免行人进入施工现场。
2. 确保施工现场的清洁，及时清理垃圾和渣土，保持道路的畅通。
3. 在施工现场设置警示标志，明确指示施工区域和禁止入内的区域。
4. 施工现场应设置临时围栏，防止坍塌和堆放材料等意外事故的发生。

5. 施工人员应统一着装，佩戴安全帽和其他必要的防护用品。
6. 施工现场应设置临时厕所和洗手设施，保障施工人员的卫生条件。
7. 施工现场应设置临时休息区域，为施工人员提供休息和饮用水等基本设施。
8. 项目部应加强对施工人员的培训，提高其安全意识和文明施工素养。

5.2.4 环境保护措施

1. 危险品储存及固废、危废处置

- (1) 设置专用油、漆料等危险品储存库，并设立警示标识。
- (2) 库房地面应做防渗漏处理，储存、使用、保管由专人负责，防止油料跑、冒、滴、漏污染土壤或水体。
- (3) 及时清运工程施工过程中产生的固体废物，按照相关规定进行利用或者处置。制定固体废物贮存处置措施，封闭分类存放，设置醒目标识，并由符合要求的专业机构消纳处置。
- (4) 弃渣、建筑垃圾等固体废弃物，采取防扬散、防流失、防渗漏或者其他防止污染环境的措施，按相关规定收集、储存、运输、利用或处置，不得擅自倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物。严禁在农田、耕地、河流、湖泊、湿地随意弃渣。

2. 噪声及光污染控制

- (1) 周围有环境敏感点时，对施工场界噪声实施监测，施工场界声强限值符合相关标准规定。
- (2) 针对性实施隔声、吸声、消音等措施，强噪声机具采取封闭或消音措施。
- (3) 周围有环境敏感点时，采取限时施工、遮光和全封闭等措施，避免或减少施工过程的光污染。
- (4) 电焊作业采取遮挡措施，避免电焊弧光外泄。

3. 大气污染控制

- (1) 对施工场地空气质量实施监测，按照地方重污染天气响应相关要求作业安排。
- (2) 设置硬质围挡，并采取道路硬化、裸土覆盖、分段作业、择时施工、洒水抑尘、冲洗地面和车辆等有效防尘降尘措施。
- (3) 钢筋焊接等电焊烟尘及废气设置收集装置，集中收集并有效处置。
- (4) 渣土、建筑垃圾及时清运；在场地内堆存的，采用密闭式防尘网遮盖；现场运送土石方、弃渣及易引起扬尘的材料时，车辆采取封闭或遮盖措施，无抛洒滴漏现象。

4. 水污染控制

(1) 厕所设置化粪池、厨房设置隔油池，定期清理。施工污水、生活污水处理合格后排放或利用，排放满足相关标准规定要求，污水输送及贮存按规定采取防护性措施。

(2) 搅拌站、预制厂、隧道、桥梁施工、车辆及机具冲洗等污水设沉淀池、截排水沟。

(3) 驻地、场站进行地面硬化，周边设置排水沟，定时清除沟内的杂物。在雨污分流地区按照雨污分流原则设置，雨水管网、污水管网不得相互混接。

(4) 涉水、临水（桥梁、路基）施工泥浆、固废、污水等污染物，采取泥浆循环、泥水分离固化、设置废弃泥浆堆存池等有效控制措施并集中处置，禁止排放、倾倒至水体。

5.2.5 季节性施工保证措施

(1) 风季施工保证措施

- 1) 施工期间，安排专人负责收集，发布气象资料，及时通报全体施工人员，以便安排工作时及时采取措施。
- 2) 在台风来临前，对架体进行全方位检查加固，撤离所有架体搭设人员至安全区域。
- 3) 为减小迎风面积，在台风来临前应将安全网卷起，尽量较小风荷载的不利影响。
- 4) 转移架体上对方的材料，减小不均匀受力的不利情况。
- 5) 台风过后，立即组织相关人员对架体进行整体检查。

(2) 雨季施工保证措施

- 1) 经常检查防护棚等有无生锈现象，及时对生锈钢管、型钢补刷防锈漆，发现生锈腐蚀严重钢管、扣件须立即更新。
- 2) 经常检查防护棚上的电器、线路和设施，电器、线路和设施与架子的固定必须采取可靠的绝缘措施。
- 3) 雷、雨、大风天气禁止进行防护棚架搭设作业，禁止任何人员在防护棚上作业。
- 4) 大风大雨后必须对架子进行全面检查，并做好记录，经施工负责人确认后方可使用。
- 5) 大风雨天气后检查脚手架是否倾斜，锚固是否松动。出现问题及时整改。
- 6) 防护棚应做好避雷接地措施。

(3) 高温施工保证措施

- 1) 制定防暑工作预案，合理安排施工，防止因高温天气引发工人中暑和各类生产安全事故。
- 2) 妥善安排高温期间施工生产，合理的调整作业时间，安排工人作息时间，合理的劳动

休息制度,根据本工程具体情况在气温较高的条件下作息时间为,早上4时~9时下班,下午4时~9时(根据天气气温可在进行合理调整),严格控制加班加点,高温时段项目部停止室外露天和高处作业,防止工人疲倦乏力、劳累过度导致伤亡事故发生。

- 3) 严格落实工人防暑降温物品和药品,在饮水室设置茶炉和保温桶,保证不间断供应开水和应供给足够的合乎卫生要求的大麦茶,食盐饮料(包括盐汽水茶水,中药,各种汤类等)其含盐浓度一般为0.1‰~0.3‰,防止工人脱水、中暑;医务室配备人丹、十滴水等防暑必要的药品,配备医疗箱。定时足量发放给各班组及一线工人防暑药物。
- 4) 针对夏季炎热、天气干燥,火灾事故易于发生的实际情况,要进一步加强预防火灾措施,对配电箱、仓库、木工房等易燃场所进行定期检查,发现问题立即处理,同时按规定配备有效的灭火器材。
- 5) 加强施工现场临时用电管理。高温季节施工,作业人员身体裸露部位较多,身体易出汗,极易造成触电事故,各施工现场应严格执行施工用电规范,加强安全用电管理,严禁私拉乱接电线,各项目部要加强工地临时用电日常检查制度,发现问题,及时整改落实。

(4) 冬季施工保证措施

- 1) 不得在未经处理的冻结土上架设脚手架,必要时冻结土要经过处理。脚手架基础周围必须设置排水沟。
- 2) 冬季施工时,要采取防滑措施,在冰冻及积雪时,应及时清除路面冰块和积雪,始终保持道路畅通。
- 3) 大雪后及时清除脚手板的积雪和冻块。施工区的人行通道应加设防滑条,各部件应绑扎牢固,防止化冻而造成事故。
- 4) 经常检查斜道平台,如有松动现象,务必及时处理。
- 5) 现场严禁采用明火取暖,室内采用煤炉取暖时,应有专人负责。下班后将余火熄灭。
- 6) 严禁使用大功率照明灯具取暖,工具房、维修场不得采用大灯泡,碘钨灯、电炉明火取暖。
- 7) 电源开关,控制箱等设施要加锁,并设专人负责管理,防止漏电触电。所有用电动机均要有安全接地。
- 8) 对消防器具进行全面检查并加强用火管理,对消防设施做好保温防冻措施。对租赁站生活用水做好保温防冻措施。
- 9) 对取暖设施进行全面检查并加强用火管理,及时清除火源周围的易燃物。

10) 各班组长应利用站班会加强员工的安全和消防意识，交代作业内容，明确作业环境和注意事项。

5.3 监测监控措施

5.3.1 监测控制措施

- 1) 监测控制：采用经纬仪、水准仪、卷尺对架体进行监测，主要监测支架的倾斜、位移和变形。
- 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，固定观测标准点在坚固基础上设置，宜采用钢钉或钢筋头在砼中预埋，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。监测点设置间距不超过 20m。
- 3) 监测措施：架体搭设、使用直至完全拆除过程中，派专人检查支架和支撑情况，发现倾斜、松动、变形和水平位移情况的应及时解决。

5.3.2 监测仪器设备配置

表 5.3-1 监测仪器设备配置表

名称	规格	数量	精度
电子经纬仪	DT202C	1	
精密水准仪		1	±2"
全站仪一台	RXT—232	1	±2"，最大允许误差±20"
自动安平水准仪		2	千米往返±3mm
红外线水准仪		1	
激光垂直仪	DZJ2	1	h/40000
对讲机		3	
卷尺	5m	5	
检测扳手	DLX80n.m	1	

5.3.3 监测人员

根据监测工程量，本工程配备监测人员 4 人，其中 2 人负责对各个观测点的测量，一个人负责记录数据，最后一人负责处理和分析每日的观测数据。

5.3.4 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) 日常检查、巡查重点部位如下：

- 1) 杆件的设置和连接，支撑，斜杆等构件是否符合要求；
- 2) 架体是否有不均匀沉降，垂直度偏差；
- 3) 施工过程中是否有超载现象；
- 4) 安全防护措施是否符合规范要求；
- 5) 架体与杆件是否有变形现象；

6 施工管理及作业人员配备和分工

6.1 施工管理人员

表 6.1-1 总承包单位管理人员名单及岗位职责

序号	姓名	职务	岗位职责
1	王铁成	项目经理	统一领导和管理项目的施工生产，确保项目安全、质量、工期、成本、效益等各项目的全面实现。
2	古劲松	技术负责	对项目的技术质量工作全面负责，对项目的质量问题负技术责任。
3	段鹏飞	生产负责	负责生产进度、安全质量、文明施工、环境保护、计划统计等工作。
4	修艳丰	物资负责	负责组织项目物资调拨、进出场等工作。
5	杨帅罡	工程部长	负责本项目的工程施工进度、质量和技术管理工作。
6	张华宇	安监部长	建立健全项目安监体系；负责本项目安全环保监督管理检查工作。
7	杜兴旺	物设部长	贯彻执行上级部门下发的各项规章制度，全面负责物设部的各项工作。
8	田耀	技术员	参与编制和制定施组、方案，负责向班组长进行安全、技术交底工作。
9	陆奇帅	质量员	协助领导建立和实施项目的质量管理体系，制定并落实质量保证措施。

6.2 专职安全管理人员

表 6.2-1 专职生产管理人员名单及岗位职责

序号	姓名	职务	岗位职责
1	蒙诗培	专职安全生产管理人员	对项目职业健康安全工作负综合协调管理职责，督促“一岗双责”得到有效落实。
2	陈钱炜	专职安全生产管理人员	及时排查生产安全事故隐患，制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为；督促落实安全生产整改措施。

6.3 特种作业人员

表 6.3-1 特种作业人员持证人员名单及岗位职责

序号	姓名	工种	特种作业证号	岗位职责
1	薛大友	架子工	苏J022025005828	架体搭设

2	陈康	架子工	鲁A022022000665	架体搭设
3	葛玉松	架子工	苏F022021022839	架体搭设
4	王宏全	架子工	苏J022022024944	架体搭设
5	高鑫元	架子工	苏J022021024897	架体搭设
6	赵斌	电工	苏E012022007731	临时用电管理
7	汪海林	电焊工	浙G992023030167	电焊作业
8	赵官友	电焊工	浙K992023051709	电焊作业

7 验收要求

悬挑防护棚验收按照《钢结构工程施工质量验收规范》进行验收。

操作平台的搭设质量控制主要在于操作平台搭设原材料的质量控制及平台主联梁及斜撑的焊接质量上。具体内容包括

- 1) 原材料合格证明材料，复试报告、验收记录；
- 2) 工字钢悬挑平台焊接质量，工字钢与建筑物的连接质量，工字钢位置、型号、尺寸，螺栓连接质量；斜撑的位置和拉结质量。

7.1 验收标准

- 1) 悬挑防护棚应严格按施工方案进行搭设；钢丝绳应提供合格证；钢丝绳卡具的位置数量型号等均应符合设计要求；焊接位置必须满焊，焊缝均匀密实；工字钢的规格应符合设计要求。
- 2) 由安全员组织对悬挑防护棚进行 100%检查验收，验收合格后方可使用。
- 3) 成立悬挑防护棚质量验收小组，由质安部组织，项目经理、项目技术负责人、质检员、安全员、监理工程师共同对悬挑防护棚进行检查验收，检查项目参照下表：
- 4) 防护棚在投入使用之前必须进行验收，合格后方准使用。

表 7.1-1 悬挑防护棚验收（检查）记录表

序号	检查验收内容	检查（实测）情况	验收结果
1	施工方案及验算		
2	防护棚搭设前是否进行技术交底并签字		



3	是否使用型钢搭设悬挑防护棚		
4	悬挑防护棚型钢根部是否与建筑物锚固		
5	是否采用两组钢丝绳绳进行悬挂并绕过型钢主梁，锐角处是否加软垫物		
6	钢丝绳是否与建筑物可靠锚固，回转留置长度不得少于 1 米，绳卡不得少于 4 个		
7	脚手板是否满铺且牢固		
8	防护棚两侧防护栏杆、档脚板是否牢固		
9	防护棚前缘是否设置安全网		
10	是否张挂警示牌和验收牌		

表 7.1-2 悬挑防护棚安、拆作业安全专项控制记录

风险级别：公司级 ☐ 项目级 ☐ 编号

项目名称:		施工部位:		
施工单位:		施工时间:		
施工内容:				
安全管理控制点		检查结果		存在问题
		是 (√)	否 (×)	
施 工 方 案	★方案是否审批、论证			
人 员 资 质	★按、拆人员持证是否符合要求			
作 业 前 检 查	★制作完成后是否有验收			
	★天气是否满足施工要求			
	★对参与该项作业人员进行安全技术交底			
	★作业人员防护用品佩戴			
	★旁站人员落实			
	防护是否到位（栏杆）、标识是否到位			

作 业 控 制	★连接是否可靠			
	★警戒区域设立			
	禁止交叉作业			
	施工人员配戴安全带、安全帽、防滑鞋等			
	钢丝绳是否有防剪措施			
完 工 检 查	★定位支撑架是否可靠			
	撤除警戒区域			
验 收	清理现场			
	必须按验收程序达到合规使用，未经验收合格，必须张挂“未经验收合格禁止使用”警示牌。			
过程问题及处理措施:				
施工单位(签字): _____ 施工旁站人(签字): _____ 旁站安全员(签字): _____ 生产经理(签字): _____ 年 月 日				

注：1.表中★项为作业进程单项否决项，出现任一否决项，作业进程立即停止（或不得作业），其他项为过程整改项。2.此表由旁站人填写，项目安全部归档。

7.2 验收程序及人员

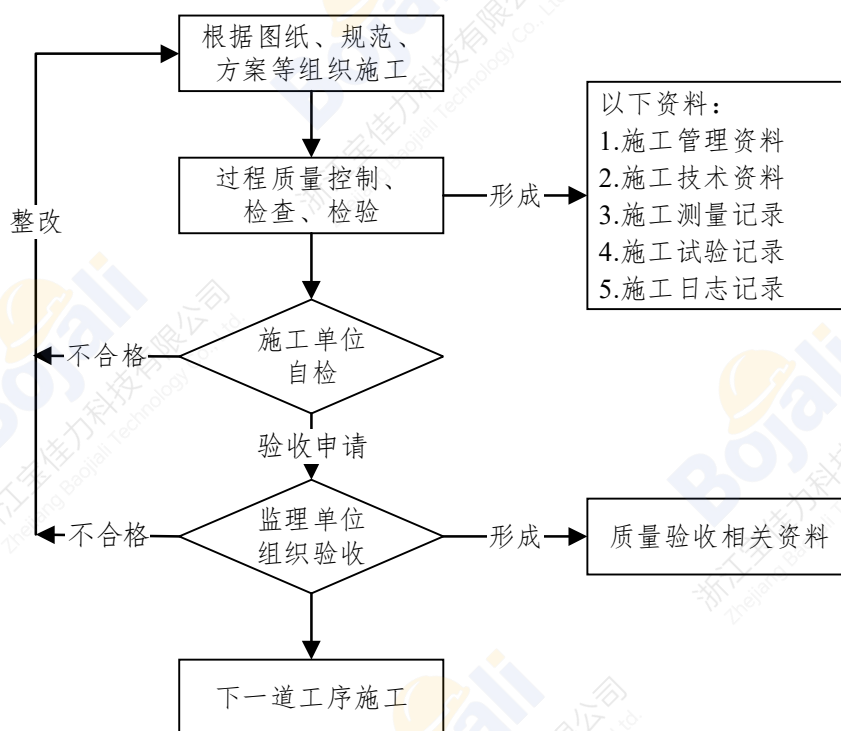


图 7.2-1 验收程序图

7.2.2 验收人员

表 7.2.2-1 验收人员表

职务/岗位	姓名	职务/岗位	姓名
总包单位技术负责人或授权委派的技术人员	马斌	分包单位技术负责人或授权委派的技术人员	/
项目经理	王铁成	项目总工程师	古劲松
专项施工方案编制人员	李帆	专职安全生产管理人员	张华宇
项目总监理工程师	孙凯凯	项目专业监理工程师	彭公欢

7.3 验收内容

7.3.1 型钢主梁验收要求

1) 型钢主梁验收由项目技术负责人组织，首先应查看原材料的质量保证资料，合格后，验收工字钢型号、规格，位置。

2) 检查工字钢主梁与联梁的牢固性，工字钢梁与钢管的连接牢固性，用扭矩扳手检测主梁与下撑的螺栓连接拧紧程度，拧紧力矩都要控制在 45-60N.m，检验扭矩系数和紧固轴力。

3) 检查量主梁与楼板的 U 型压环的连接质量，是否有松动情况。查看隐蔽工程验收记录。

4) 检查量斜梁下端和中部与楼层上的预埋钢板的焊接质量，要求四面进行焊接，焊缝高度不小于 8mm。

5) 检查防护栏杆、防坠网安装牢固性。

6) 检查监测点设置情况，是否设置到位，是否方便过程中进行监测。

7.3.2 原材料检查

(1) 搭设操作平台所用的材料质量均应符合国家现行规范的要求。所有材料均应具有厂家质量证明书或合格证，需进行复试的材料均应进行复试合格后方能使用。

(2) 钢材的表面外观质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

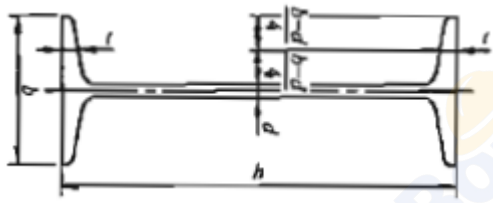
1) 当钢材的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负允许偏差值的 1/2；

2) 钢材表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 规定的 C 级及 C 级以上；

3) 钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

(3) 工字钢夹应有出厂合格证，表面表锈蚀、裂缝。工字钢每米弯曲度应 $\leq 2\text{mm}$ ，总弯曲度应 $\leq$ 总长度的 0.2%。

工字钢尺寸、外形允许偏差表

项 目	范 围	允许偏差	图示
高度 (h)	200~<400	± 3.0	
腿宽度 (b)	150~<200	± 2.5	
腰厚度 (d)	<100	± 0.4	

(4) 高强度螺栓连接副，应按包装箱配套供货，包装箱上应标明批号、规格、数量及生产日期。螺栓、螺母、垫圈外观表面应涂油保护，不应出现生锈和沾染赃物，螺纹不应损伤。

检查数量:按包装箱数抽查 5%，且不应少于 3 箱。

检验方法:观察检查。

(5) 对建筑结构安全等级为一级，其连接高强度螺栓应进行表面硬度试验，对 8.8 级的高强度螺栓其硬度应为 HRC21~29；10.9 级高强度螺栓其硬度应为 HRC32~36，且不得有裂纹或损伤。

检查数量:按规格抽查 8 只。

检验方法:硬度计、10 倍放大镜或磁粉探伤

(6) 焊条、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料与母材的匹配应符合设计要求及国家现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81-2002 的规定。焊条、焊剂、药芯焊丝、熔嘴等在使用前，应按其产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

7.3.3 悬挑型钢梁螺栓验收

(1) 钢板螺栓孔验收，A、B 级螺栓孔(I 类孔)应具有 H12 的精度，孔壁表面粗糙度 Ra 不应大于 $12.5 \mu\text{m}$ 。其孔径的允许偏差应符合下表的规定。

螺栓长度的选择：扭剪型高强螺栓的长度为螺栓头根部至螺栓梅花卡头切口处的长度。选用螺栓的长度应为紧固连接板厚度加上一个螺母和一个垫圈子的厚度，并且紧固后要露出不少于两扣螺纹的余长，一般按连接板厚加长度，M16, 加长 25mm, M22, 30mm。

C 级螺栓孔(II 类孔)，孔壁表面粗糙度 Ra 不应大于 $25 \mu\text{m}$ ，其允许偏差应符合下表的规定。

检查数量:按钢构件数量抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法:用游标卡尺或孔径量规检查。

A、B 级螺栓孔径的允许偏差(mm)

序号	螺栓公称直径、螺栓孔直径	螺栓公称直径允许偏差	螺栓孔直径允许偏差
1	10~18	0.00, -0.18	+0.18, 0.00
2	18~30	0.00, -0.21	+0.21, 0.00
3	30~50	0.00, -0.25	+0.25, 0.00

C 级螺栓孔的允许偏差(mm)

项目	允许偏差
直径	+1.0, 0.0
圆度	2.0
垂直度	0.03t, 且不应大于 2.0

- (2) 钢结构连接用高强度螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副、钢网架用高强度螺栓、普通螺栓、地脚锚栓等紧固标准件及螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副出厂时应分别随箱带有扭矩系数和紧固轴力(预拉力)的检验报告。
- (3) 高强度螺栓连接副应按本标准附录 B 的规定检验其扭矩系数，其检验结果应符合本标准附录 B 的规定。
- (4) 扭剪型高强度螺栓连接副应按本标准附录 B 的规定检验预拉力，其检验结果应符合本标准附录 B 的规定。

附录 B 紧固件连接工程检验项目

B.0.1 螺栓实物最小载荷检验。

目的:测定螺栓实物的抗拉强度是否满足现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB3098.1-2010 的要求。

检验方法:用专用卡具将螺栓实物置于拉力试验机上进行拉力试验，为避免试件承受横向载荷，试验机的夹具应能自动调正中心，试验时夹头张拉的移动速度不应超过 25mm/min。

螺栓实物的抗拉强度应根据螺纹应力截面积(A_s)计算确定，其取值应按现行国家标

准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB3098.1-2010 的规定取值。

进行试验时，承受拉力载荷的末旋合的螺纹长度应为 6 倍以上螺距；当试验拉力达到现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB3098.1-2010 中规定的最小拉力载荷 ($A_s \cdot \sigma_b$) 时不得断裂。当超过最小拉力载荷直至拉断时，断裂应发生在杆部或螺纹部分，而不应发生在螺头与杆部的交接处。

B.0.2 扭剪型高强度螺栓连接副预拉力复验。

复验用的螺栓应在施工现场待安装的螺栓批中随机抽取，每批应抽取 8 套连接副进行复验。

连接副预拉力可采用经计量检定、校准合格的轴力计进行测试。

试验用的电测轴力计、油压轴力计、电阻应变仪、扭矩扳手等计量器具，应在试验前进行标定，其误差不得超过 2%。

采用轴力计方法复验连接副预拉力时，应将螺栓直接插入轴力计。紧固螺栓分初拧、终拧两次进行，初拧应采用手动扭矩扳手或专用定扭电动扳手；初拧值应为预拉力标准值的 50% 左右。终拧应采用专用电动扳手，至尾部梅花头拧掉，读出预拉力值。

每套连接副只应做一次试验，不得重复使用。在紧固中垫圈发生转动时，应更换连接副，重新试验。

复验螺栓连接副的预拉力平均值和标准偏差应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 扭剪型高强度螺栓紧固预拉力和标准偏差(kN)

螺栓直径(mm)	16	20	(22)	24
紧固预拉力的平均值 P	99~120	154~186	191~231	222~270
标准偏差 σP	10.1	15.7	19.5	22.7

8 应急处置措施

8.1 应急处置组织体系

项目成立应急处置领导小组，负责领导生产安全事故的应急救援工作，应急处置领导小组办公室设在安全环保监督部。预案启动后，应急处置领导小组应立即成立现场应急救援小组，负责领导应急救援工作。

8.1.1 应急处置领导小组组成与职责

1.项目应急处置领导小组组成

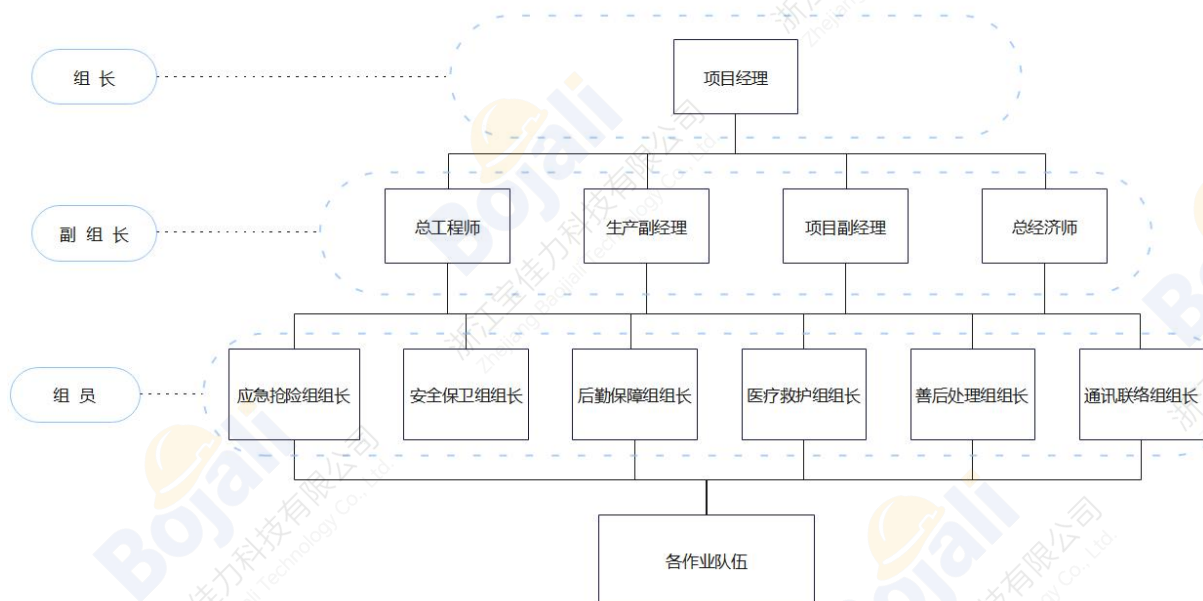


图 8.1.1-1 应急处置领导小组组织机构图

职务	姓名	联系电话
组 长	王铁成	15940815353
副组长	段鹏飞	15123331693
	古劲松	13810920954
	陈杨杨	17803405828
组 员	孙辽	13165952817
	黄儒	17300148312
	张林	18076239579

2.领导小组主要职责

(1) 组长

- 1) 全面领导项目应急准备及项目应急救援工作。
- 2) 及时通报危险源或现场的危险物质的变化情况，以利于及时修改、补充和更新事故应急救援计划。
- 3) 负责维持事故现场秩序，定期组织本单位事故应急预案的演练。
- 4) 发生安全生产事故后，负责第一时间向监理单位进行汇报，并在规定的时限内向公司和建设单位主管部门或政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告事故情况。

(2) 副组长

- 1) 负责事故现场指挥。
- 2) 组织制定事故应急预案并负责。

3) 协调、组织和获取应急所需的各项资源。

4) 负责和事故的主管部门联系, 随时通报事故现场的态势。

8.1.2 应急救援小组组成与职责

1. 应急救援小组的组成

表 8.1.2-1 项目经理部应急救援小组组成表

小组名称	组长及联系方式		组员及联系方式	
应急救援组	王铁成	15940815353	孙辽	13165952817
安全保卫组	修艳丰	18522837021	黄儒	17300148312
医疗救护组	古劲松	13810920954	张林	18076239579
后勤保障组	陈杨杨	17803405828	张浩	13096576987
善后处理组	张华宇	16627792323	陆奇帅	15977470071
通讯联络组	彭滔滔	13618494049	杜兴旺	15010032157

2. 应急救援各小组主要职责

(1) 现场抢险组: 事先组成由施工队部分人员组成救援队, 现场有序疏散, 组织协调现场紧急抢险和处置工作。

(2) 技术处理组: 当紧急情况发生时, 提供正确的技术支持, 提出抢险抢修及避免事故扩大的临时应急方案和措施。

(3) 安全保卫组: 现场有序疏散。安全撤离后, 防止员工未经许可重返事故现场。

(4) 医疗救护组: 组织有关医疗人员对受伤人员实施救援及救治, 联系医疗机构单位予以帮助。

(5) 后勤保障组: 保障应急资金投入, 紧急组织协调调配交通车辆及相关物资。

(6) 善后处理组: 组织有关人员为抢险救援工作提供技术支持, 与各部门及时沟通, 会同有关部门处理善后工作。

8.2 应急救援工作程序

8.2.1 应急救援工作程序

1. 遇突发事件后, 应迅速汇集报告信息, 判断性质严重程度, 确定是否启动应急系统。

2. 确定启动应急预案后, 各级应急人员进入应急状态并实施如下行动: 通知有关人员到位, 开通信息与通讯网络, 调配应急资源, 明确向上级报告内容、组织发布信息、内部通报等。

3. 行动完成后, 进入应急恢复阶段。

4.应急响应结束后，根据实际情况进行分析、评价制订的应急响应预案，提供报告为修订应急响应预案做参考。

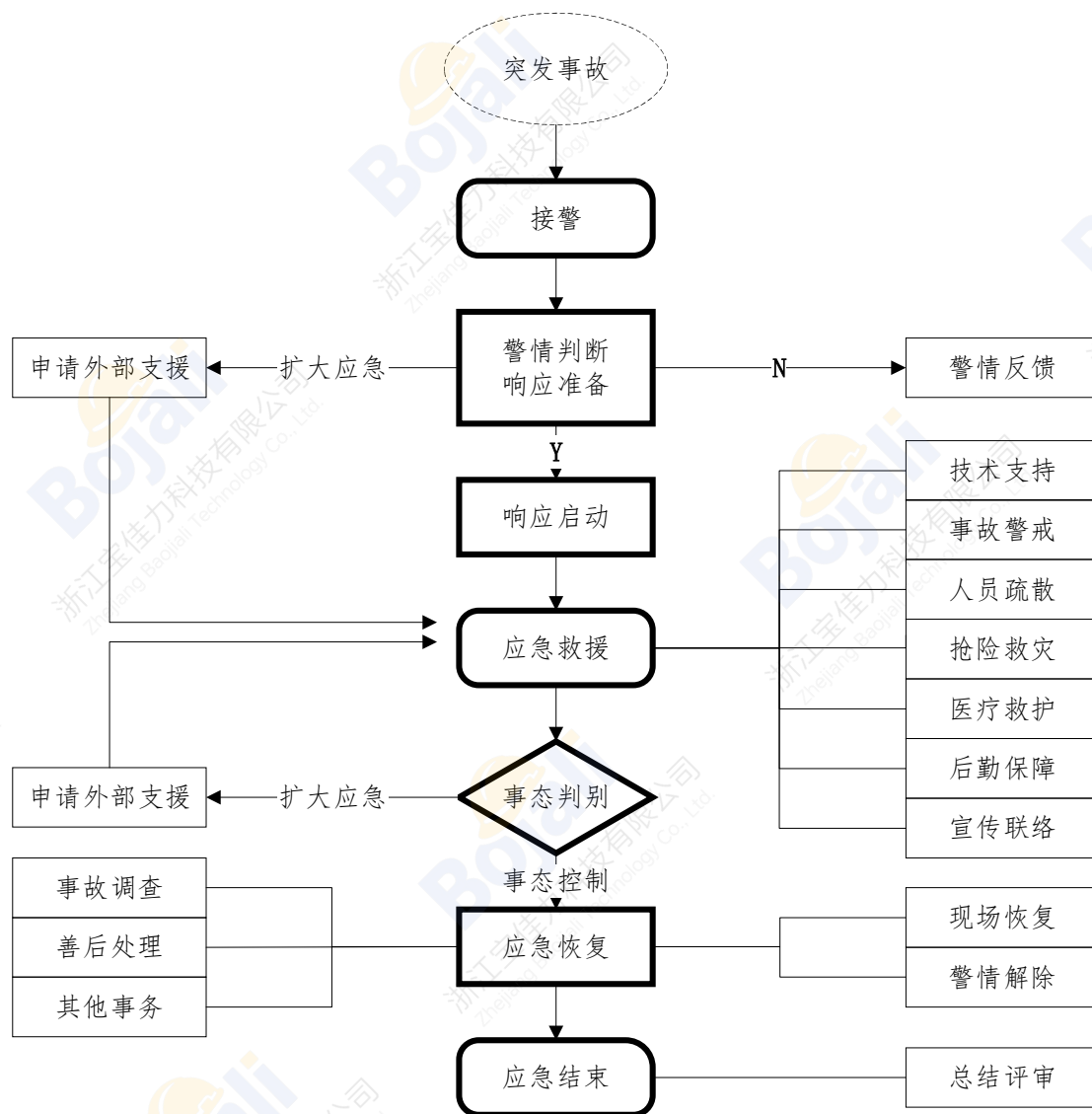


图 8.2.1-1 应急救援工作程序图

8.3 应急事件及其应急措施

表 8.3.1-1 危险源辨识结果列表

作业项目	危险源	对策	伤害类型
施工准备	脚手架施工无专项方案或脚手架方案未审批，高大脚手架未经计算	项目经理部管理人员编制脚手架专项施工方案，并经过上级审批通过，高大脚手架方案经过专家评审通过后方可施工	倒塌
	脚手架方案编制人员、验算人员、审批人员的资格、能力达不到要求	对编审人员进行培训，合格后方可上岗	坍塌



	脚手架方案确定时，未进行计算，无验算结果，导致脚手架支撑设计错误	专项方案编制人员进行编审，并经上级审批通过	坍塌
	脚手架与墙柱拉结点间距设计超过规范要求	严格按照JGJ130-2001标准进行纠正，检查符合要求后方可使用	坍塌
材料储存运输	脚手架钢管现场存放时，码放高度超过规定，或未码放整齐	项目经理部管理人员对脚手架加工操作人员的安全培训和交底培训；	坍塌
	脚手架钢管及扣件起重吊装人员未正确掌握材料起吊技术要求	由取得吊装资格证的专人负责脚手架材料起吊	高处坠落
	脚手架钢管及扣件运输及起吊过程中，无人看护	设专人看护	高处坠落
人员	进行脚手架搭拆作业的人员无证上岗操作，未取得架子工特种作业资格人员进行架子操作	检查队伍资质和人员上岗证，证、人同一、有效	综合事故
	脚手架搭拆作业的人员未受过相关安全培训和技术交底，操作人员不了解脚手架搭设方法，脚手架搭设不符合规范要求	项目经理部管理人员对脚手架搭设操作人员进行安全培训和交底；	坍塌
	脚手架搭拆作业的人员不正确使用安全带等防护设施	项目经理部管理人员对脚手架搭设操作人员进行安全培训和交底；	高处坠落
材料	脚手架钢管外径，壁厚达不到规范要求，承载力达不到设计要求	材料进场入库执行严格的检验制度，不合格的材料不得进场	坍塌
	脚手架钢管存在变形裂纹、压扁和锈蚀等缺陷，导致受力后失稳	材料进场入库执行严格的检验制度，不合格的材料不得进场	坍塌
	脚手架材料不合格，材质性能达不到《可锻铸铁分类及技术条件》的规定；扣件无出厂合格证，造成受力后扣件脆断	现场检查及查厂家提供和现场抽样送检的检验报告、合格证，不合格材料严禁进场	坍塌
	脚手架扣件表面存在裂纹变形、锈蚀等质量问题，造成受力后扣件脆断	材料进场入库执行严格的检验制度，不合格的材料不得进场	坍塌
	扣件有夹沙现象	及时清理沙尘，对不符合要求的扣件及时更换	坍塌
	扣件的螺栓无垫片或垫片不符合国家标准的要求	对不符合要求的扣件及时更换，进场的扣件应具备产品合格证	坍塌
	焊接钢管作为立杆	现场检查，焊接钢管不得作为立杆使用	坍塌
	脚手架用钢制脚手板表面存在扭曲变形、锈蚀等质量问题，造成临时堆放材料或人员操作时断裂	材料进场入库执行严格的检验制度，不合格的材料不得进场	坍塌
	脚手架用木制脚手板厚度或宽度达不到规范要求，造成	材料进场入库执行严格的检验制度，	高处



	临时堆放材料或人员操作时断裂，人员高处坠落或坠物伤人	不合格的材料不得进场	坠落
	脚手架用木制脚手板表面存在孔洞、结疤等缺陷	材料进场入库执行严格的检验制度，不合格的材料不得进场	高处坠落
	脚手架防护用安+B53全网未采用国家指定监督检验部门鉴定许可生产的厂家产品，或无工厂检验合格证，材料达不到规范要求	现场检查及查厂家提供和现场抽样送检的检验报告、合格证，不合格材料严禁进场	高处坠落
施工过程	脚手架搭设前地基未作验收，地基承载力达不到设计要求	现场检查验收，按照JGJ130-2001标准要求，夯实地基。如无法夯实，应增加扫地杆加固并经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	脚手架搭设完成后未进行验收即使用	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	落地脚手架高度超过30m未经计算	项目经理部管理人员编制脚手架专项施工方案，并经过专家评审通过后方可施工	坍塌
	未按设计及规范规定搭设脚手架，立杆、横杆、纵横向剪刀撑间距不符合规定	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	未按设计及规范规定搭设脚手架，剪刀撑设置欠缺、不连续，剪刀撑角度不正确	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	落地脚手架基础未经夯实不平整，落地脚手架基础无排水措施	按照JGJ130-2001标准及相关标准，增设排水沟	坍塌
	脚手架各杆件扣件紧固力矩达不到规范要求，造成在使用过程中松脱	配备扭矩扳手，抽样检查，重要部位和构件逐个检查，不合格产品及时替换	坍塌
	落地脚手架拉结点设置间距不符合规定	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	脚手架使用过程中将局部拉结点拆除	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	立杆的接头间隔不符合规范要求	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	立杆的间隔不符合安全要求	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	横杆的端头与扣件的中心小于10cm	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	水平杆搭接间隔不符合安全要求	按照JGJ130-2001标准要求，经过检查	坍塌

		符合安全要求后方可投入使用	
	脚手架7m以上拉结少于规定的要求	按照JGJ130-2001标准要求，重点部位重点检查，符合要求后方可投入使用	坍塌
	落地脚手架搭设未按要求设置防雷击设施	按照JGJ46-2005设置避雷措施	综合事故
	脚手架操作面未满铺脚手板，或存在未牢固固定探头板	按照JGJ130-2001标准要求，铺满脚手板。经过检查符合安全要求后方可投入使用	高处坠落
	脚手架外侧密目网设置不符合规定	对安全网进行检测，经过检查合格后方可投入使用	高处坠落
	脚手架外侧未按规范要求设置水平安全网	对安全网进行检测，经过检查合格后方可投入使用	高处坠落
	脚手架操作面防护栏杆设置高度不符合要求，施工层脚手架缺1.2m防护栏杆，或防护栏杆搭设缺失	按照《建筑施工高处安全技术规范》（JGJ80-91），增设加不少于1.2m的防护栏杆，搭设完毕，检查合格后方可投入使用。	高处坠落
	脚手架操作层缺少挡脚板	按照JGJ130-2001标准的要求，增设挡脚板。经过检查符合安全要求后方可投入使用	高处坠落
	脚手架内立杆与建筑物之间防护不到位	按照JGJ130-2001标准要求，增设封条板并挂设安全网，检查合格后方可投入使用	高处坠落
	脚手架立柱采用搭接（顶排除外）	按照JGJ130-2001标准要求，改为对接。经过检查符合安全要求后方可投入使用	坍塌
	脚手架使用时，操作面堆放荷载超过设计规定	按照JGJ130-2001标准，卸除超标荷载。经过检查符合要求后方可投入使用。	坍塌
	脚手架搭设未设置专门上人马道	按规定要求搭设专门上人马道，经检查合格后方可投入使用	高处坠落
	脚手架搭设上人马道，马道未设置防滑条，或防滑条材质和布置间距不符合要求	马道设置防滑条，经检查合格后方可投入使用	高处坠落
	脚手架使用时，人员攀爬脚手架钢管	及时制止并搭设专用上人马道	高处坠落
	脚手架搭设入口护头棚搭设不符合规范要求，护头棚搭设宽度或防护措施不符合要求	现场检查及查相关资料	物体打击

	进行脚手架搭拆作业人员不正确佩戴安全带，或安全带未正确使用	按照《职业健康安全管理规定》的规定进行教育和处理，加强管理力度和安全教育	高处坠落
	搭拆脚手架未设置安全警戒线，搭拆作业未设专门监护人员	增设安全警戒线，挂警示标志并设专人进行监护	物体打击
	脚手架拆除作业未按拆除顺序进行	严格按照JGJ130-2001标准进行纠正。加强管理力度、安全教育和专业知识培训。	综合事故
	拆除脚手架时未做到一步一清	严格按照拆除标准，对拆除构件及时清理	高处坠落
	脚手架拆除作业未按规定传送架料及扣件，并未设置警戒区域，架料抛仍	及时制止并进行教育和处理，加强管理力度和安全教育	高处坠落
环境	大雾、雨、雪及六级以上大风天气进行脚手架搭拆作业	遇到大雾雨、雪及六级以上大风天气，停止搭拆作业	综合事故
	夜间进行脚手架搭拆作业	尽量避免夜间进行搭拆作业，需要时保障现场照明条件	高处坠落
	搭设或拆除外架时，有人在外架下通行	搭设或拆除外架时，项目部派专人进行监护，设警戒区，挂设警示标志并加强现场的管理	高处坠落

8.3.2 坍塌事故应急措施

- (1) 如果外架在搭设或使用过程中出现垮塌，应紧急在事故现场周围设警戒线。
- (2) 统一指挥、密切协同的原则。坍塌事故发生后，参战力量多，现场情况复杂，各种力量需在现场总指挥部的统一指挥下，积极配合、密切协同，共同完成。
- (3) 以快制快、行动果断的原则。鉴于坍塌事故具有突发性，在短时间内不易处理，处置行动必须做到调度快、到达快、准备快、疏散救人快，达到以快制快的目的。
- (4) 讲究科学、稳妥可靠的原则。解决坍塌事故要讲科学，避免急躁行动引发连续坍塌事故发生。
- (5) 救人第一的原则。当现场遇有人员受到威胁时，首要任务是抢救人员。
- (6) 伤员抢救：立即与急救中心和医院联系，请求出动急救车辆并做好急救准备，确保伤员得到及时医治。
- (7) 事故现场取证：救助行动中，安排人员同时做好事故调查取证工作，以利于事故处理，防止证据遗失。
- (8) 自我保护：在救助行动中，抢救机械设备和救助人员应严格执行安全操作规程，

配齐安全设施和防护工具，加强自我保护，确保抢救行动中人身安全和财产安全。

8.3.3 高空坠落事故应急措施

(1) 紧急事故发生后，发现人应立即报警。一旦启动本预案，相关责任人要以处置重大紧急情况为压倒一切的首要任务，绝不能以任何理由推诿拖延。各部门之间、各单位之间必须服从指挥、协调配合，共同做好工作。因工作不到位或玩忽职守造成严重后果的，要追究有关人员的责任。

(2) 项目在接到报警后，应立即组织送附近医院。

(3) 疏通事发现场道路，保证救援工作顺利进行。

(4) 安全工程师为紧急事务联络员，负责紧急事务的联络工作。

(5) 紧急事故处理结束后，安全总监应填写记录，并召集相关人员研究防止事故再次发生的对策。

(6) 平日里加强对施工人员的高空作业安全教育，工人每日上岗前，应在现场穿衣镜前检查自身佩戴的安全用具是否齐整、牢固。

8.3.4 机械伤害事故应急措施

(1) 机械事故发生之后，应第一时间向领导小组报告，项目部应急领导小组、职能部门、职能个人按职责迅速进入抢救状态；事故现场负责人要随时向项目应急领导小组报告事故现场救援进展情况和已采取的应急措施，需要时启动应急救援预案。

(2) 若无人员伤亡情况，则通知项目部安全主管领导，由安全主管领导组织人员进行事故急救；若有人人员伤亡情况，应该在第一时间拨打 112、119 等社会急救援助部门的电话求助，之后按照事故报告程序进行事故报告。

(3) 事故影响较大时，应该在第一时间通知应急救援领导小组，组织人员展开救援活动，尽量保护参建员工的生命安全和项目部财产安全，应该按照事故严重程度等级和有关法律法规及企业相关要求规定上报业主、监理单位及有关政府部门。

(4) 事故调查小组应该对事故现场情况进行拍照留底，留做事故定性及责任划分以及上级领导部门事故调查的依据。

(5) 组织有关部门和人员妥善做好伤亡人员的处置和身份确认，对伤亡人员家属做好相应的接待和安抚解释工作。

(6) 按照实事求是、尊重科学的原则，在特种设备管理部门、指挥部、政府安全管理部门查明事故原因和责任、对事故进行处理的基础上，项目部编写事故报告，总结事故教训，制定防范措施，并上报业主、监理单位及相关政府部门。

8.3.5 触电伤亡事故应急措施

(1) 迅速关闭开关，切断电源，使触电者尽快脱离电源，确认自己无触电危险再进行救护。可用绝缘物品挑开或切断触电者身上的电线、灯、插座等带电物品。

(2) 绝缘物品：干燥的竹竿、木棍、扁担、塑料棒等，带木柄的铲子、电工用绝缘钳子。抢救者可站在绝缘物体上如胶垫，穿着绝缘的鞋、塑料鞋、胶底鞋等。

(3) 触电者脱离电源后，立即将其抬至通风较好的地方，解开病人衣扣、裤带。轻型触电者在脱离电源后，应就地休息 1~2 小时后再活动。

(4) 如果呼吸、心跳停止，必须争分夺秒进行口对口人工呼吸和胸外心脏按压。触电者必须坚持长时间的人工呼吸和心脏按压。

(5) 立即拨打 120，急救医生到现场救护。并在不间断抢救的情况下护送到医院进一步急救。

8.4 应急救援信息

8.4.1 通信与信息保障

表 8.4.1-1 社会救援力量应急保障

序号	单位名称	地址	联系电话	备注
1	临平区应急管理局	杭州市临平区世纪大道西 928 号 世纪大厦 B 座	0571-89183990	
2	杭州市临平区环保局	杭州市临平区临平街道星火南路 23 号	0571-89181775	
3	杭州市公安局临平区分局	杭州市临平区南苑街道人民大道 360 号	0571-86222110	
4	杭州市临平区气象局	杭州市临平区南苑街道玩月街 96 号	0571-86151055	
5	杭州市临平区第五人民医院	杭州市临平区保健路 15 号	0571-86102832	
6	临平区消防救援大队	浙江省杭州市临平区藕花洲大街 西段与宝幢路交叉口西北方向 120 米	0571-86224582	

8.4.2 应急救援线路

为应对突发事件对人员造成伤害，在项目临近医院建立绿色通道，相关医院信息及路线图如下。

1. 救援医院

表 8.4.2-1 应急救援医院一览表

序号	单位	等级	特长	联系电话
----	----	----	----	------

序号	单位	等级	特长	联系电话
1	临平区第一人民医院	三级乙等	骨科、骨外科综合性医院	0571-89369917

2.救援路线

路线 1: 沿五洲路向东走到东湖北路, 再沿着东湖北路向南 (向左转) 走邱山大街, 后沿着邱山大街向西 (向右转) 走到保健路, 最后沿着保健路向南 (向左转) 走 200m, 医院位于道路左侧



图 8.4.2-2 临平区人民医院路线图

8.5 应急物资准备

表 8.5.1-1 应急物资设备清单

名称	规格	数量	单位	存放地点	备注
急救药品		4	套	仓库	配备齐全常规急救药品
急救箱		4	个	仓库	配备齐全常规简易急救器具
担架		2	副	仓库	
氧气袋		4	个	仓库	
铁锹		20	把	仓库	
编织袋		1000	个	仓库	
雨衣		20	套	仓库	
手电筒		20	把	仓库	

名称	规格	数量	单位	存放地点	备注
对讲机		4	对	仓库	
灭火器		16	套	工区	

表 8.5.1-2 应急机械设备配备表

机械名称	规格型号	额定功率 (kw) 容量 (m3) 吨位 (t)	数量 (台)	存放地点
空压机	LG-22/7	22m3/min	2	仓库
通风机	88-1	37KW	2	仓库
污水泵	XQY-5	30m3/h	8	仓库
注浆泵	CZJ-30	5MPa120L/min	1	仓库
发电机组	GF200	200KW	1	仓库
挖掘机	EC360LC	1.8	1	工区
装载机	ZLC40B	1.7	1	工区
汽车吊		25T	1	工区

8.5.2 其他应急物资保障

项目经理部根据自身生产经营场所地理位置、周边环境和危险源的情况确定交通运输保障：项目和协作队的车辆保证随时可用。

- 1.经费保障：由项目财务部将应急经费列入预算，做好应急救援必要的资金准备。
- 2.交通运输保障：应急救援工作需要配备交通运输工具，发生应急事故时，项目部所有车辆由领导小组统一指挥安排。
- 3.治安保障：项目部或者协作队相关人员组成，必要时及时聘用保安或者求助于当地派出所。
- 4.技术保障：根据实际情况采取可行的技术措施。
- 5.医疗保障：项目部和临平区第一人民医院签订应急救援协议。
- 6.后勤保障：由项目物设部和协作队伍材料、机械调度一起做好保障后勤物质。

9 计算书及相关施工图纸

9.1 型钢悬挑防护棚计算书

9.1.1 基本参数

悬挑防护棚类型	双层悬挑防护棚	防护棚两层之间间距 h(mm)	500
防护栏高度 h ₁ (mm)	1500	主梁上是否设置悬挑脚手架	否

主梁间距 $L_a(\text{mm})$	1500	纵向次梁间距 $L_b(\text{mm})$	600
主梁之间添加横向次梁的根数 n	0		

9.1.2 主梁布置及锚固参数

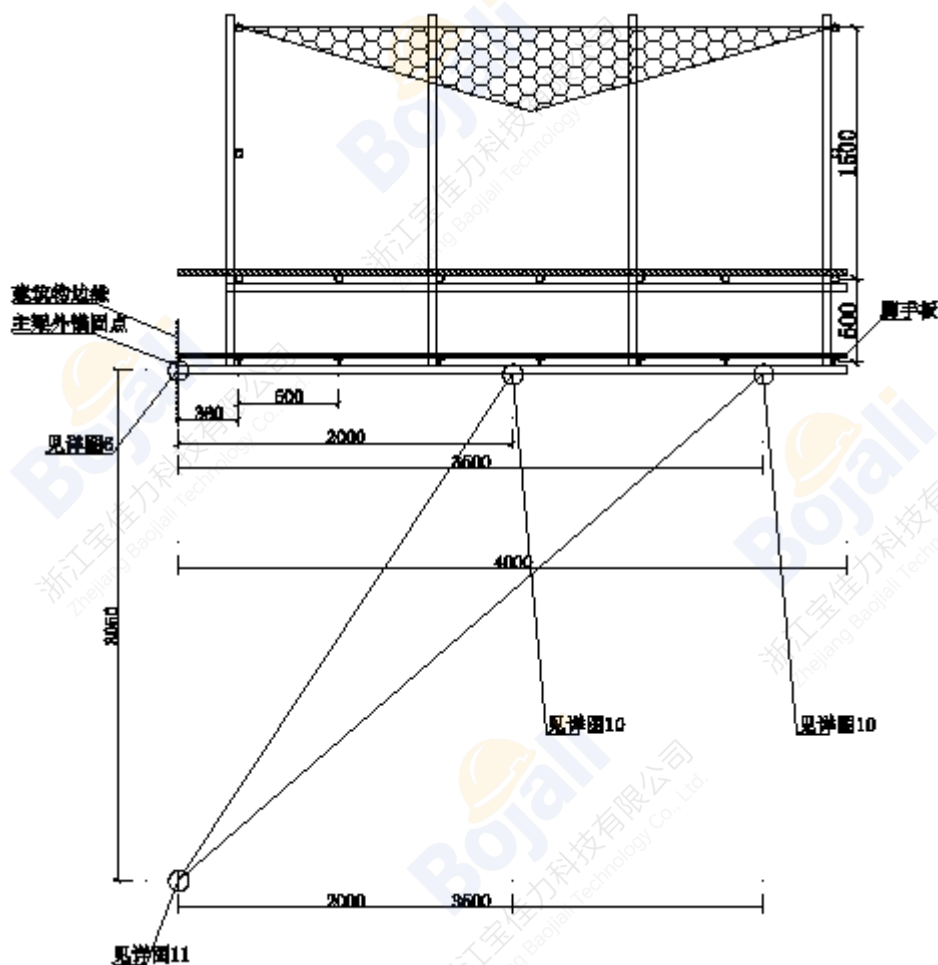
主梁与建筑物连接方式	锚固螺栓	主梁建筑物外悬挑长度 $L_X(\text{mm})$	4000
纵向次梁离墙水平距离 $a(\text{mm})$	360	梁/楼板混凝土强度等级	C35

9.1.3 荷载参数

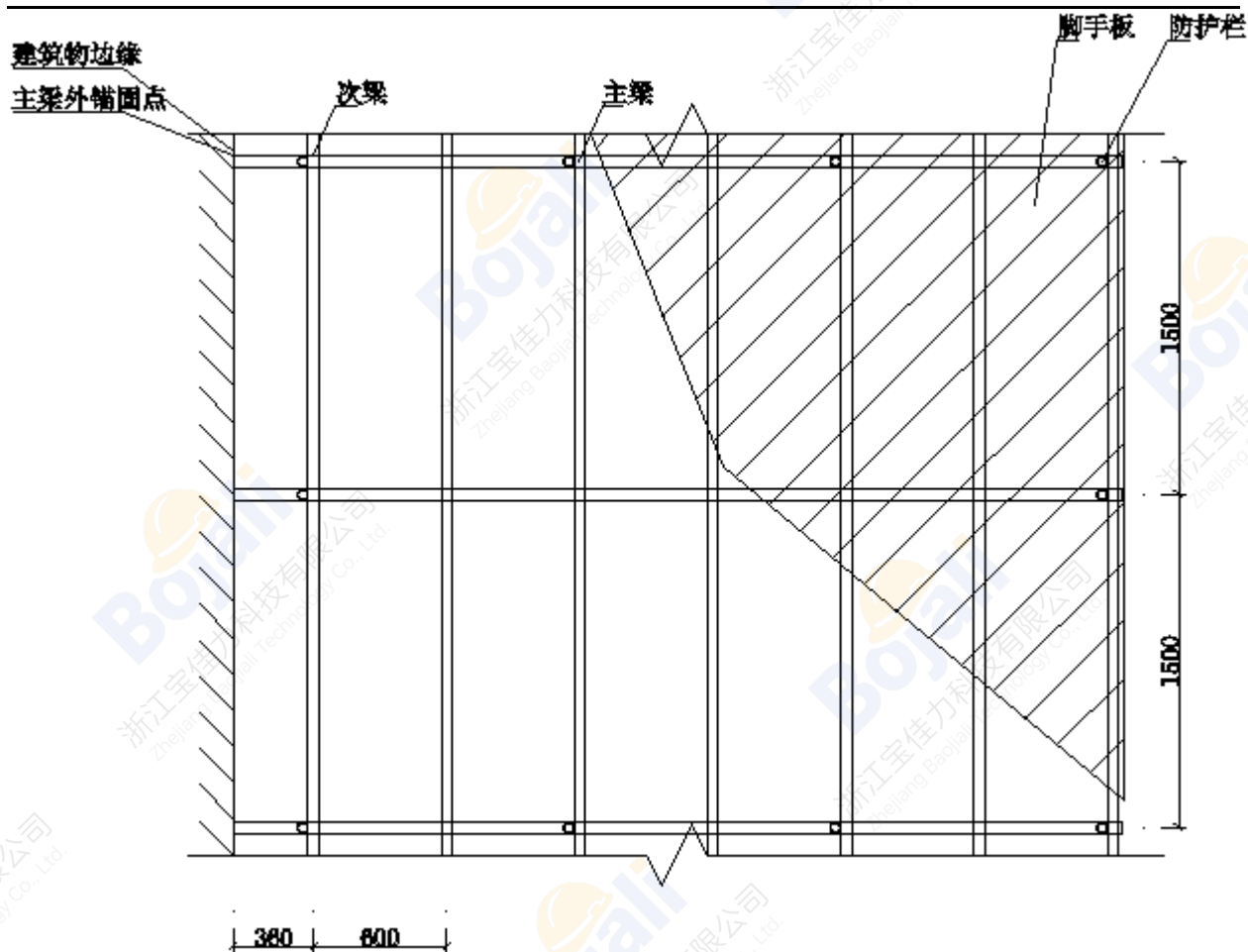
防护棚荷载基本参数

结构重要性系数 γ_0	1	可变荷载调整系数 γ_L	0.9
防护层内材料类型	木脚手板	防护层内材料自重标准值 $g_{k1}(\text{kN/m}^2)$	0.3
栏杆与挡脚板类型	栏杆、冲压钢脚手板挡脚板	栏杆与挡脚板自重标准值 $g_{k2}(\text{kN/m})$	0.16
安全网自重 $g_{k3}(\text{kN/m}^2)$	0.01	冲击荷载 $p_k(\text{kN})$	10

示意图:



剖面示意图



平面图

9.1.4 次梁验算

次梁材料类型	工字钢	次梁材料规格	18 号工字钢
次梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	次梁截面惯性矩 $I_y(\text{cm}^4)$	1660
次梁截面抵抗矩 $W_y(\text{cm}^3)$	185	次梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
次梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215	次梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125
次梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	次梁计算方式	二等跨连续梁

承载力极限状态:

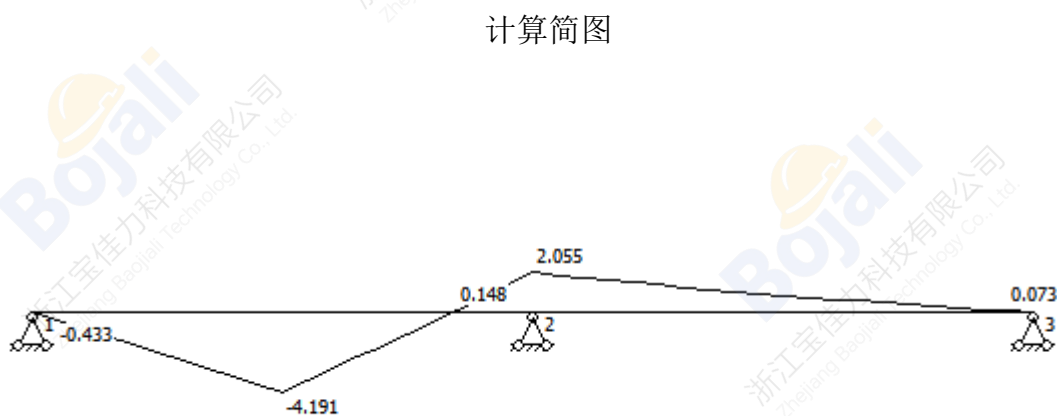
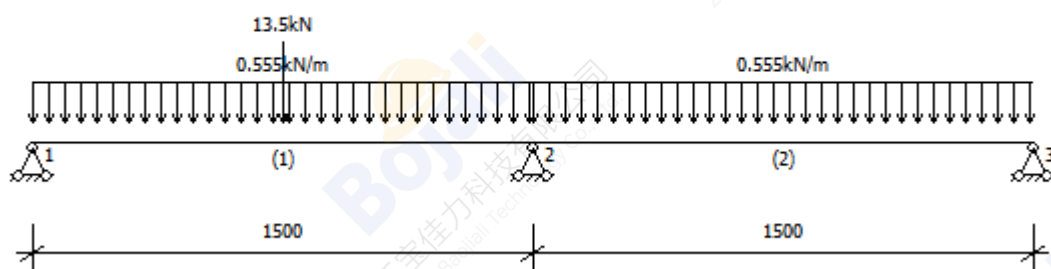
$$q = \gamma_0 \times [1.3 \times (g_{k1} + g_{k3}) \times L_b + 1.3 \times g_k] = 1 \times [1.3 \times (0.3 + 0.01) \times 0.6 + 1.3 \times 0.241] = 0.555 \text{ kN/m}$$

$$P_k = \gamma_0 \times 1.5 \times \gamma_L \times p_k = 1 \times 1.5 \times 0.9 \times 10 = 13.5 \text{ kN}$$

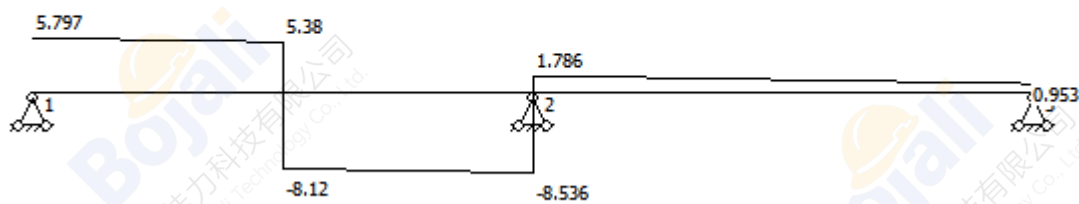
正常使用极限状态:

$$q' = (g_{k1} + g_{k3}) \times L_b + g_k = (0.3 + 0.01) \times 0.6 + 0.241 = 0.427 \text{ kN/m}$$

$$P_k' = 10 \text{ kN}$$



最大弯矩: $M=4.191\text{kN}\cdot\text{m}$



最大剪力: $V=8.536\text{kN}$



变形图(mm)

最大挠度: $v=0.312\text{mm}$

1、抗弯验算

$$M_{\max}=4.191\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma=M_{\max}/W_X=4.191\times 10^6/(185\times 10^3)=22.656\text{N}/\text{mm}^2\leq [f]=215\text{N}/\text{mm}^2$$

次梁强度满足!

2、抗剪验算

$$V_{\max}=8.536\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_Z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=8.536\times 1000\times [94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=8.352\text{N}/\text{mm}^2\leq [\tau]=125\text{N}/\text{mm}^2$$

满足要求!

3、挠度验算

$$\text{跨中 } v_{\max}=0.312\text{mm}\leq [v]=L/250=1500/250=6\text{mm};$$

满足要求!

4、支座反力计算

极限状态下支座反力:

$$R_{\text{次梁}}=R_{\max}=10.322\text{kN}$$

正常使用状态下支座反力:

$$R'_{\text{次梁}}=R'_{\max}=7.676\text{kN}$$

9.1.5 主梁验算

1、主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_X(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_X(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN}/\text{m})$	0.241

主梁材料抗弯强度设计值 $f(N/mm^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(N/mm^2)$	125
主梁弹性模量 $E(N/mm^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](mm)$	1/400
主梁上面的集中荷载		标准值 $F'_{下排}(kN)$	设计值 $F_{下排}(kN)$
连接两层短立杆的自重荷载	$h \times g_k$	$0.5 \times 0.241 = 0.12$	$1.2 \times 0.5 \times 0.241 = 0.145$
下层纵向次梁的自重荷载	$L_a \times g_k$	$1.5 \times 0.241 = 0.361$	$1.2 \times 1.5 \times 0.241 = 0.434$
下层横向次梁的自重荷载	$0 \times L_b \times g_k$	$0 \times 0.6 \times 0.241 = 0$	$1.2 \times 0 \times 0.6 \times 0.241 = 0$
防护层内材料自重	$L_a \times L_b \times g_{k1}$	$1.5 \times 0.6 \times 0.3 = 0.27$	$1.2 \times 1.5 \times 0.6 \times 0.3 = 0.324$
安全网自重荷载	$L_a \times L_b \times g_{k3}$	$1.5 \times 0.6 \times 0.01 = 0.009$	$1.2 \times 1.5 \times 0.6 \times 0.01 = 0.011$
合计		0.761	0.913

承载力极限状态:

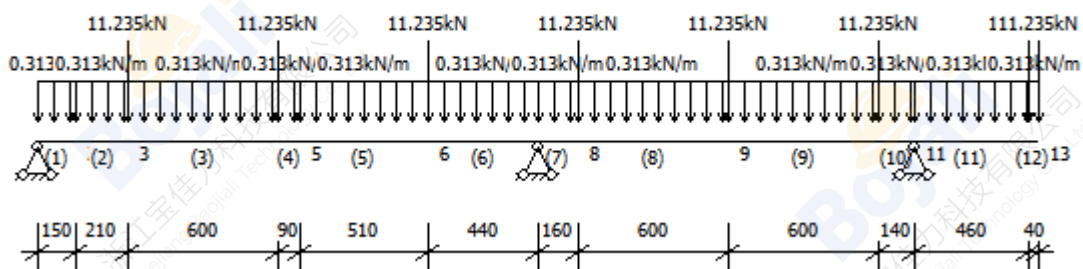
$$q = \gamma_0 \times 1.3 \times g_k = 1 \times 1.3 \times 0.241 = 0.313 kN/m$$

$$F_1 = \dots = F_n = R_{次梁} + F_{下排} = 10.322 + 0.913 = 11.235 kN$$

正常使用极限状态:

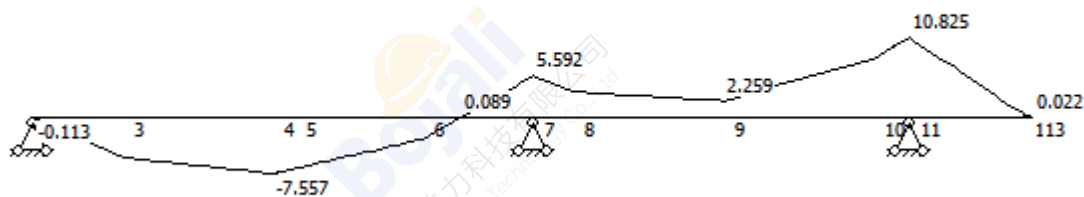
$$q' = g_k = 0.241 kN/m$$

$$F'_1 = \dots = F'_n = R'_{次梁} + F'_{下排} = 7.676 + 0.761 = 8.437 kN$$



计算简图

1) 抗弯验算



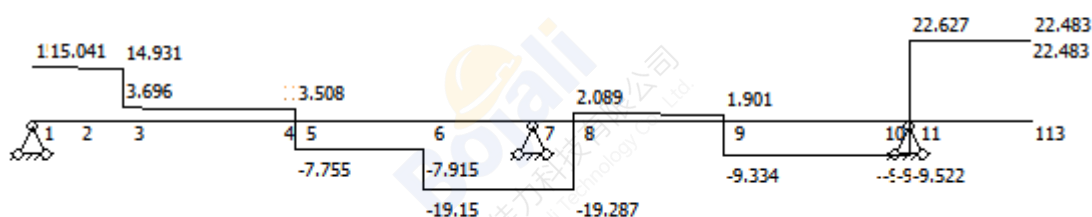
弯矩图(kN·m)

$$M_{\max}=10.825\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma=M_{\max}/W=10.825\times 10^6/(185\times 10^3)=58.512\text{N}/\text{mm}^2\leq [f]=215\text{N}/\text{mm}^2$$

主梁抗弯度满足！

2) 抗剪验算



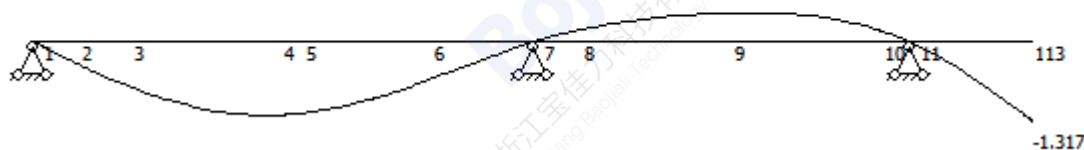
剪力图(kN)

$$V_{\max}=22.627\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=22.627\times 1000\times [94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=22.14\text{N}/\text{mm}^2\leq [\tau]=125\text{N}/\text{mm}^2$$

满足要求！

3) 挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=1.317\text{mm}\leq[v]=2\times1/400=2\times500/400=2.5\text{mm}$$

主梁挠度满足要求!

4) 支座反力计算

设计值:

$$R_1=15.044\text{kN};$$

$$R_2=32.661\text{kN};$$

$$R_3=43.427\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固点水平距离(mm)	支撑件上下固定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固定点的水平距离 m(mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	下撑	方钢管	2000	3050	2000	3647	是
2	下撑	方钢管	3500	3050	3500	4642	是

3、下撑杆件验算

1) 下撑杆件稳定性验算

下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	□120×120×8
下撑杆截面积 A(cm ²)	33.642	下撑杆截面惯性矩 I(cm ⁴)	676.88
下撑杆截面抵抗矩 W(cm ³)	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 f(N/mm ²)	205
下撑杆弹性模量 E(N/mm ²)	206000	下撑杆件截面回转半径 i(cm)	4.49

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(3050/2000)=56.746^\circ$$

$$\beta_2=\arctan(n_2/m_2)=\arctan(3050/3500)=41.07^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1}=R_2=32.661\text{kN}$$

$$R_{X2}=R_3=43.427\text{kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1}=R_{X1}/\tan\beta_1=32.661/\tan(56.746^\circ)=21.417\text{kN}$$

$$N_{XZ2}=R_{X2}/\tan\beta_2=43.427/\tan(41.07^\circ)=49.834\text{kN}$$

下撑杆件轴向力:

$$N_{X1}=R_{X1}/\sin\beta_1=32.661/\sin(56.746^\circ)=39.057\text{kN}$$

$$N_{X2}=R_{X2}/\sin\beta_2=43.427/\sin(41.07^\circ)=66.101\text{kN}$$

$$\text{下撑杆件的最大轴向压力: } N_X=\max(N_{X1}, N_{X2})=\max(39.057, 66.101)=66.101\text{kN}$$

下撑杆长细比:

$$\lambda_1 = L_1 / i = 3647 / 44.9 = 81.225 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_1 = 0.681$

$$\lambda_2 = L_2 / i = 4642 / 44.9 = 103.385 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_2 = 0.536$

轴心受压稳定性计算:

$$N_{X1} / (\varphi_1 A f) = 39057 / (0.681 \times 3364.2 \times 205) = 0.083 \leq 1$$

符合要求!

$$N_{X2} / (\varphi_2 A f) = 66101 / (0.536 \times 3364.2 \times 205) = 0.179 \leq 1$$

符合要求!

2) 下撑杆与建筑物下撑部位节点验算

① 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 d_t (mm)	10
高强螺栓公称直径	M24	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径(mm)	21.19	高强螺栓承压强度设计值 f_c^b (N/mm ²)	405
高强螺栓抗剪强度设计值 f_v^b (N/mm ²)	250	高强螺栓抗拉强度设计值 f_t^b (N/mm ²)	400

② 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受下撑杆传来的剪力均相等。

下撑杆 1:

$$V = 32.661 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 32.661 / 4 = 8.165 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 21.19^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 88.164 \text{ kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 24 \times 10 \times 405 / 1000 = 97.2 \text{ kN}$$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(8.165 / 88.164)^2]^{0.5} = 0.093 \leq 1$$

$$N_v = 8.165 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 97.2 / 1.2 = 81 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

下撑杆 2:

$$V = 43.427 \text{ kN}$$

单个高强螺栓所受的剪力值 $N_v = V/n = 43.427/4 = 10.857\text{kN}$

单个高强螺栓抗剪承载力设计值 $N_v^b = n_v \pi d_e^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 21.19^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 88.164\text{kN}$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 24 \times 10 \times 405 / 1000 = 97.2\text{kN}$

$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5} = [(10.857/88.164)^2]^{0.5} = 0.123 \leq 1$

$N_v = 10.857\text{kN} \leq N_c^b / 1.2 = 97.2 / 1.2 = 81\text{kN}$

承压承载力满足要求。

3) 下撑杆与主梁节点验算

下撑与主梁连接板长 L(mm)	200	下撑与主梁连接板宽 B(mm)	120
连接板厚 t4(mm)	10	角焊缝焊角尺寸 h _f (mm)	6
角焊缝强度设计值 f _f ^w (N/mm ²)	160		

角焊缝长度取连接板长度 L 的 2 倍

焊缝所受剪力 $V_1 = N_{\text{主梁}} = N_{x1} = 21.417\text{kN}$

焊缝所受剪力 $V_2 = N_{\text{主梁}} = N_{x2} = 49.834\text{kN}$

焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 $N_1 = R_{x1} = R_2 = 32.661\text{kN}$

焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 $N_2 = R_{x2} = R_3 = 43.427\text{kN}$

下撑杆 1:

焊缝正应力:

$\sigma_f = N_1 / (h_e l_w) = N_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 32.661 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 20.682\text{N/mm}^2$

焊缝剪应力:

$\tau_f = V_1 / (h_e l_w) = V_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 21.417 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 13.562\text{N/mm}^2$

角焊缝验算:

$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(20.682 / 1.22)^2 + 13.562^2]^{0.5} = 21.71\text{N/mm}^2 \leq f_f^w = 160\text{N/mm}^2$

符合要求!

下撑杆 2:

焊缝正应力:

$\sigma_f = N_2 / (h_e l_w) = N_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 43.427 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 27.499\text{N/mm}^2$

焊缝剪应力:

$\tau_f = V_2 / (h_e l_w) = V_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 49.834 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 31.556\text{N/mm}^2$

角焊缝验算:

$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(27.499 / 1.22)^2 + 31.556^2]^{0.5} = 38.779\text{N/mm}^2 \leq f_f^w = 160\text{N/mm}^2$

符合要求!

4、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = N_{xz1} + N_{xz2} = 71.251 \text{ kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 10.825 \times 10^6 / (1.05 \times 185000) + 71.251 \times 10^3 / 3074 = 78.904 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 0.99$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附录 C，得到 ϕ_b' 值为 0.785。

$M_{\max} / (\phi_b' W_x f) = 10.825 \times 10^6 / (0.785 \times 185 \times 10^3 \times 215) = 0.347 \leq 1$

符合要求！

5、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	405
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$V = 15.044 \text{ kN}$

单个高强螺栓所受的剪力值 $N_v = V / n = 15.044 / 4 = 3.761 \text{ kN}$

单个高强螺栓抗剪承载力设计值 $N_v^b = n_v \pi d^2 \epsilon f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(3.761 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.05 \leq 1$

$N_v = 3.761 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$

承压承载力满足要求。

3)、连接端板焊缝计算

由主梁验算章节可知，悬挑主梁建筑物端轴力 $N = 71.251 \text{ kN}$ ，建筑物端剪力 $V = 15.044 \text{ kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度:

$$L_1=2b+2(b-t_w-0.7h_f)=2\times 94+2\times(94-6.5-0.7\times 6)=354.6\text{mm}$$

计算竖向角焊缝总长度:

$$L_2=2(h-2t)=2\times(180-2\times 10.7)=317.2\text{mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度:

$$L=L_1+L_2=354.6+317.2=671.8\text{mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算:

在竖向力作用平面内, 假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配, 所有水平焊缝(正面角焊缝)的正应力相同, 所有竖向焊缝(侧面角焊缝)的剪应力相同, 则有 $N_{\text{正}}+N_{\text{侧}}=V$, $N_{\text{正}}:N_{\text{侧}}=L_1\beta_f:L_2$

得出水平焊缝总受力为 $N_{\text{正}}=8.619\text{kN}$, 竖向焊缝总受力为 $N_{\text{侧}}=6.425\text{kN}$

在竖向力作用下, 水平角焊缝应力为:

$$\sigma_1=N_{\text{正}}/(0.7h_fL_1)=8.619\times 10^3/(0.7\times 6\times 354.6)=5.787\text{N/mm}^2$$

在竖向力作用下, 竖向角焊缝应力为:

$$\tau_1=N_{\text{侧}}/(0.7h_fL_2)=6.425\times 10^3/(0.7\times 6\times 317.2)=4.823\text{N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算:

在水平力作用平面内, 假定水平力由所有焊缝共同承担, 则水平力对所有焊缝产生的压应力为:

$$\sigma_2=N/(0.7h_fL)=71.251\times 10^3/(0.7\times 6\times 671.8)=25.252\text{N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

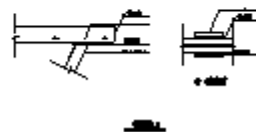
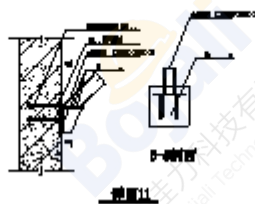
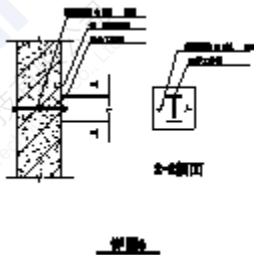
$$[(\sigma_1+\sigma_2)/\beta_f]^{0.5}=[((5.787+25.252)/1.2)^2]^{0.5}=25.442\text{N/mm}^2\leq f_f^w=160\text{N/mm}^2$$

竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_2/\beta_f)^2+\tau_1^2]^{0.5}=[(25.252/1.2)^2+4.823^2]^{0.5}=21.253\text{N/mm}^2\leq f_f^w=160\text{N/mm}^2$$

符合要求!

9.1.6 节点详图



节点详图

9.2 型钢悬挑防护棚(阳角整体计算)算书

9.2.1 基本参数

1、基本参数

建筑物阳角处角度 β	90	建筑物 B 向是否有悬挑主梁	有
建筑物 A 向立杆排数 n_1	7	建筑物 A 向是否有联梁	有
建筑物 B 向立杆排数 n_2	7	建筑物 B 向是否有联梁	有
梁/楼板混凝土强度等级	C30	混凝土的实测抗压强度 $f_c(N/mm^2)$	14.3
混凝土的实测抗拉强度 $f_t(N/mm^2)$	1.43		

2、立杆荷载参数

建筑物 A 向各排立杆荷载及离墙距离:

	荷载标准值 $F_k(kN)$	荷载设计值 $F(kN)$	离墙距离(m)
A 向第 1 排立杆	5.5	7.2	0.358
A 向第 2 排立杆	5.5	7.2	0.958
A 向第 3 排立杆	5.5	7.2	1.558
A 向第 4 排立杆	5.5	7.2	2.158
A 向第 5 排立杆	5.5	7.2	2.758
A 向第 6 排立杆	5.5	7.2	3.358
A 向第 7 排立杆	5.5	7.2	3.958

建筑物 B 向各排立杆荷载及离墙距离:

	荷载标准值 $F_k(kN)$	荷载设计值 $F(kN)$	离墙距离(m)
B 向第 1 排立杆	5.5	7.2	0.36
B 向第 2 排立杆	5.5	7.2	0.96
B 向第 3 排立杆	5.5	7.2	1.56
B 向第 4 排立杆	5.5	7.2	2.16
B 向第 5 排立杆	5.5	7.2	2.76
B 向第 6 排立杆	5.5	7.2	3.36
B 向第 7 排立杆	5.5	7.2	3.96

转角处的立杆荷载根据转角部位的立杆间距与普通部位的立杆间距进行折减,折减后该根立杆荷载设计值为 $F=1.8kN$, 标准值为 $F'=1.375kN$ 。

3、立杆坐标

建筑物 A 向各排立杆最左侧立杆坐标:

	最左侧立杆坐标(m)(X _{Bi} , Y _{Bi})
A 向第 1 排立杆	(-3.96, 0.358)
A 向第 2 排立杆	(-3.96, 0.958)
A 向第 3 排立杆	(-3.96, 1.558)
A 向第 4 排立杆	(-3.96, 2.158)
A 向第 5 排立杆	(-3.96, 2.758)
A 向第 6 排立杆	(-3.96, 3.358)
A 向第 7 排立杆	(-3.96, 3.958)

建筑物 B 向最上部各排立杆坐标:

	最上部立杆坐标(m)(X _{Bi} , Y _{Bi})
B 向第 1 排立杆	(-0.36, 0.358)
B 向第 2 排立杆	(-0.96, 0.358)
B 向第 3 排立杆	(-1.56, 0.358)
B 向第 4 排立杆	(-2.16, 0.358)
B 向第 5 排立杆	(-2.76, 0.358)
B 向第 6 排立杆	(-3.36, 0.358)
B 向第 7 排立杆	(-3.96, 0.358)

4、立杆间距参数

建筑物 A 向各排立杆依次纵距:

依次纵距/排数	A 向第 1 排	A 向第 2 排	A 向第 3 排	A 向第 4 排	A 向第 5 排	A 向第 6 排	A 向第 7 排
La1(mm)	/	600	600	600	600	600	600
La2(mm)	/	600	600	600	600	600	600
La3(mm)	/	600	600	600	600	600	600
La4(mm)	/	600	600	600	600	600	600
La5(mm)	/	600	600	600	600	600	600
La6(mm)	/	600	600	600	600	600	600
La7(mm)	/	1500	1500	1500	1500	1500	1500

建筑物 B 向各排立杆依次纵距:

依次纵距/排数	B 向第 1 排	B 向第 2 排	B 向第 3 排	B 向第 4 排	B 向第 5 排	B 向第 6 排	B 向第 7 排
La1(mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200

9.2.2 联梁布置

A 向联梁:



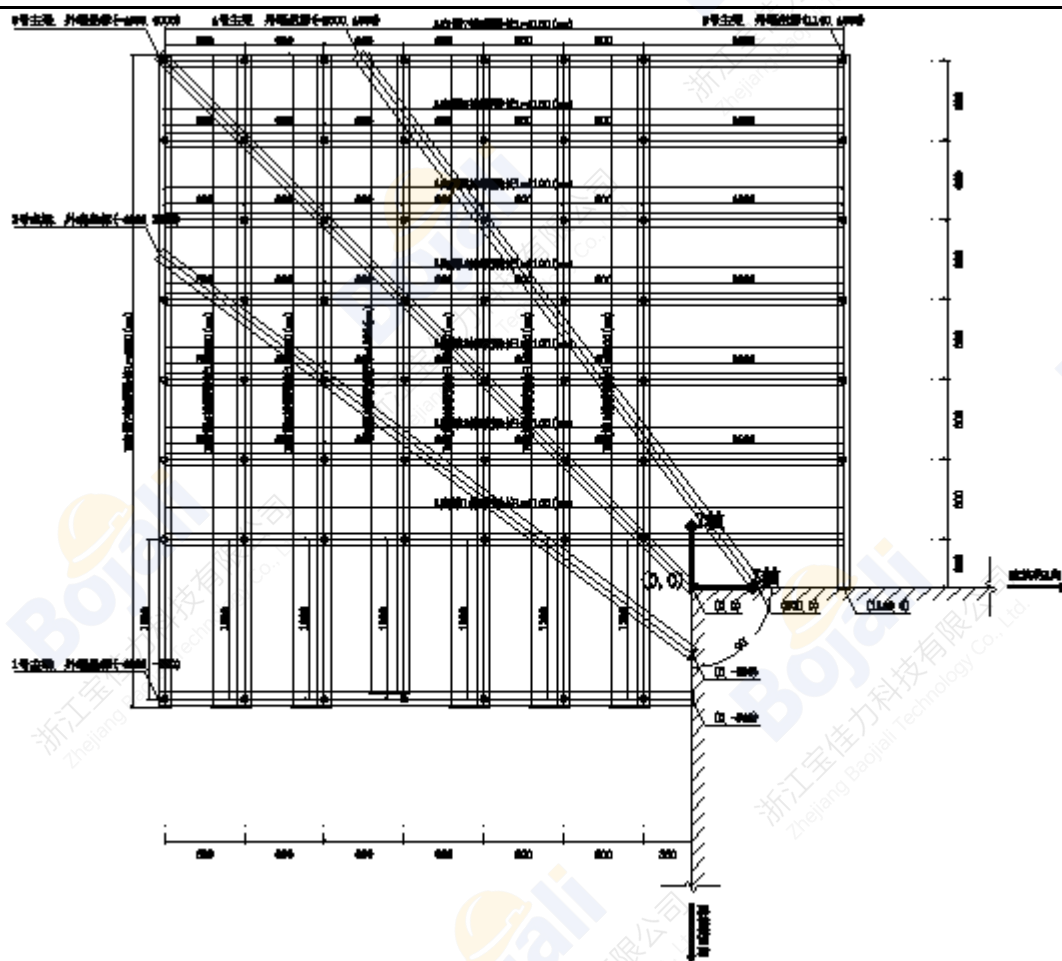
A 向	是否有联梁	左端坐标(m)(X _左 , Y _左)	长度 L(m)
第 1 排	是	(-3.96, 0.358)	5.1
第 2 排	是	(-3.96, 0.958)	5.1
第 3 排	是	(-3.96, 1.558)	5.1
第 4 排	是	(-3.96, 2.158)	5.1
第 5 排	是	(-3.96, 2.758)	5.1
第 6 排	是	(-3.96, 3.358)	5.1
第 7 排	是	(-3.96, 3.958)	5.1

B 向联梁:

B 向	是否有联梁	上端坐标(m)(X _上 , Y _上)	长度 L(m)
第 1 排	是	(-0.36, 4)	4.9
第 2 排	是	(-0.96, 4)	4.9
第 3 排	是	(-1.56, 4)	4.9
第 4 排	是	(-2.16, 4)	4.8
第 5 排	是	(-2.76, 4)	4.9
第 6 排	是	(-3.36, 4)	4.9
第 7 排	是	(-3.96, 4)	4.9

9.2.3 主梁布置及锚固参数

序号	主梁外端点坐标(X ₁ ,Y ₁)	主梁外锚固点坐标(X ₂ ,Y ₂)	主梁锚固方式	主梁内外锚固点的距离 s(m)
1	(-4, -0.84)	(0, -0.84)	锚固螺栓	/
2	(-4, 2.502)	(0, -0.5)	锚固螺栓	/
3	(-4, 4)	(0, 0)	锚固螺栓	/
4	(-2.5, 4)	(0.5, 0)	锚固螺栓	/
5	(1.14, 4)	(1.14, 0)	锚固螺栓	/



平面图

9.2.4 联梁验算

纵向钢梁材料类型	工字钢	纵向钢梁材料规格	18号工字钢
纵向钢梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	纵向钢梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
纵向钢梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	纵向钢梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
纵向钢梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215	纵向钢梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125
纵向钢梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000		

1、A向第1排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

$$F_1' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' =$$

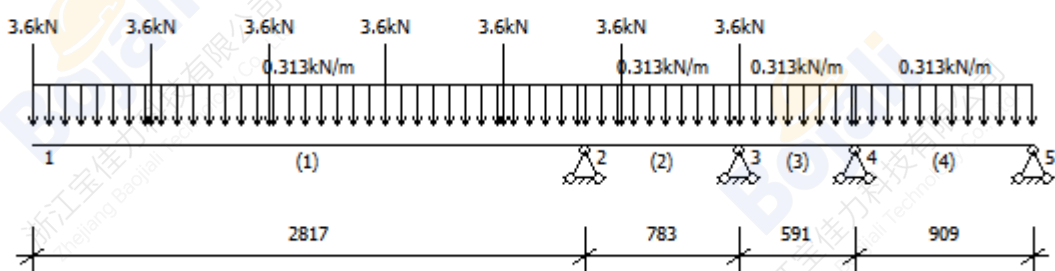
$$5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}$$

荷载设计值:

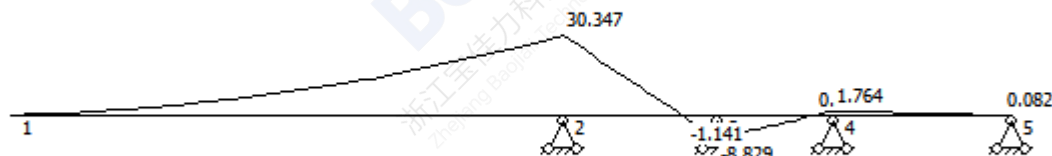
$$q=1.3 \times g_k=1.3 \times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}$$

计算简图如下:



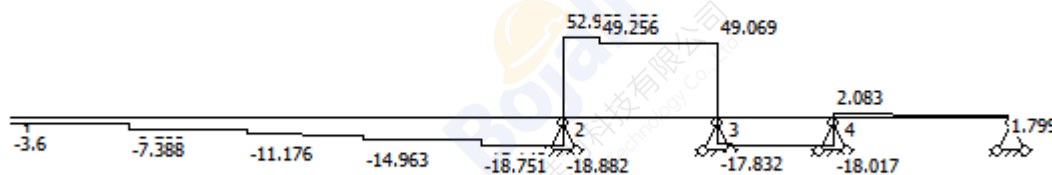
1) 抗弯验算



$$\sigma=M_{\max}/W=30.347 \times 10^6/(185 \times 10^3)=164.038 \text{ N/mm}^2 \leq [f]=215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

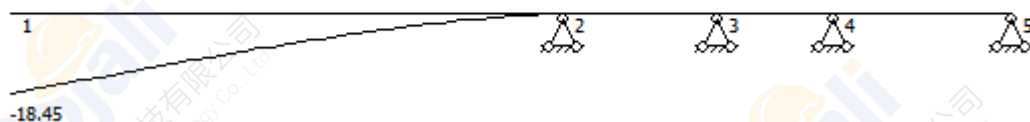


$$V_{\max}=52.914\text{kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 52.914 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 51.776 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.193 \text{ mm} \leq [v] = L/250 = 783/250 = 3.132 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 18.45 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1/250 = 2 \times 2817/250 = 22.536 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1' = 54.862 \text{ kN};$$

$$R_2' = -48.371 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3' = 15.361 \text{ kN};$$

$$R_4' = -1.374 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

承载能力极限状态下:

$$R_1 = 71.795 \text{ kN};$$

$$R_2 = -63.301 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3 = 20.1 \text{ kN};$$

$$R_4 = -1.799 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

2、A 向第 2 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上, 在计算当前联梁时, 此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

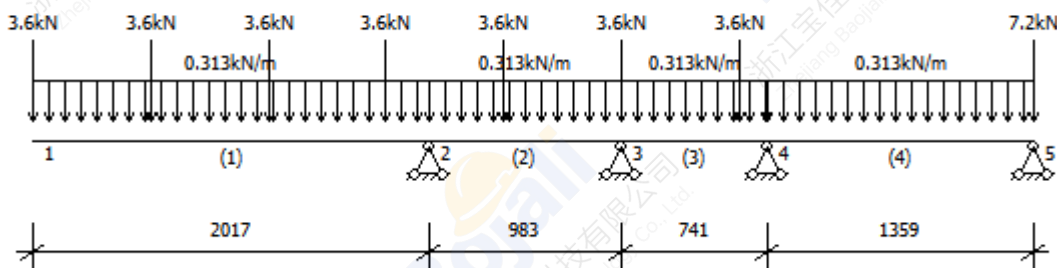
$$F_1' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值:

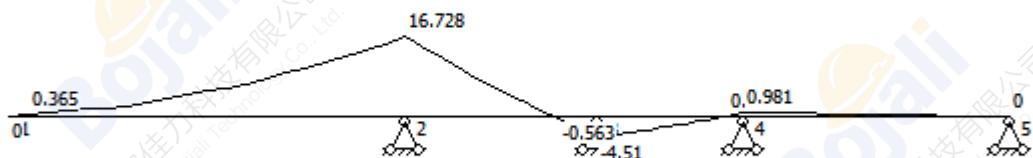
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下:



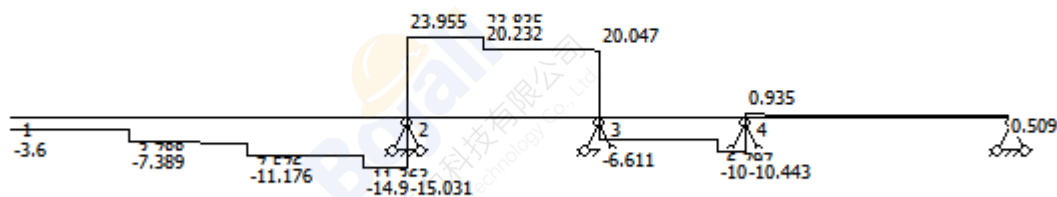
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 16.728 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 90.422 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max}=23.955\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=23.955\times 1000\times[94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=23.44\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求！

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max}=0.162\text{mm}\leq[v]=L/250=983/250=3.932\text{mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max}=6.131\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 2017/250=16.136\text{mm};$$

满足要求！

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下：

$$R_1'=29.791\text{kN};$$

$$R_2'=-17.619\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时，该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3'=8.696\text{kN};$$

$$R_4'=5.112\text{kN};$$

承载能力极限状态下：

$$R_1=38.986\text{kN};$$

$$R_2=-23.058\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时，该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3=11.378\text{kN};$$

$$R_4=6.691\text{kN};$$

3、A 向第 3 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q'=g_k=0.241\text{kN/m}$$

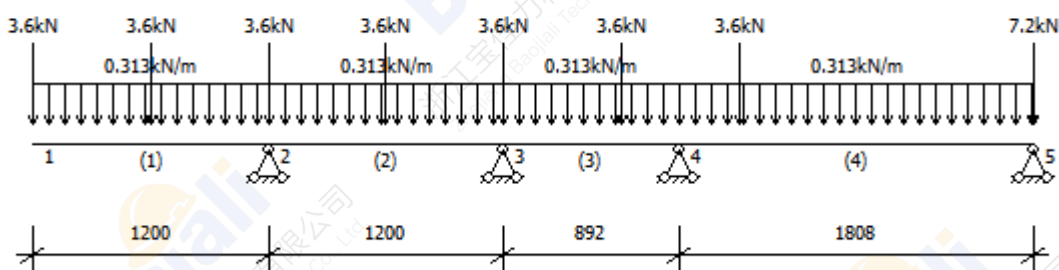
$$F_1'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_2'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_3'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_4'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_5'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_6'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_8'=5.5\text{kN}$$

荷载设计值：

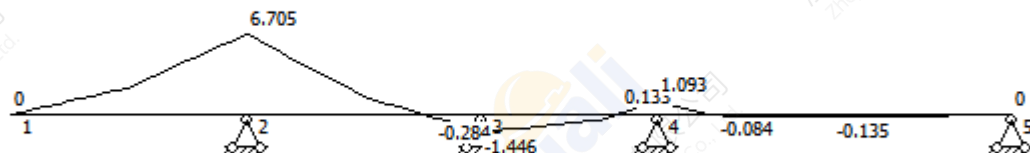
$$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}, F_8=7.2\text{kN}$$

计算简图如下：



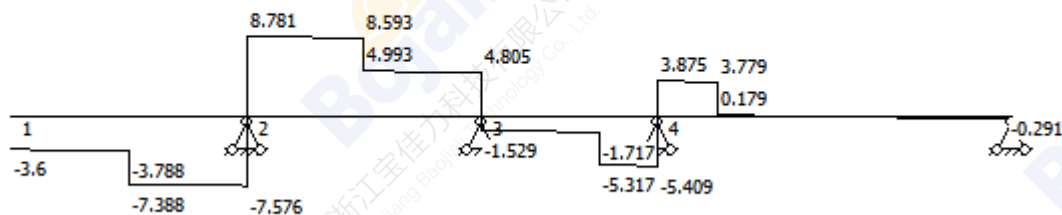
1) 抗弯验算



$$\sigma=M_{\max}/W=6.705\times 10^6/(185\times 10^3)=36.243\text{ N/mm}^2\leq [f]=215\text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算



$$V_{\max}=8.781\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=8.781\times 1000\times[94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=8.592\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max}=0.084\text{mm}\leq[v]=L/250=1200/250=4.8\text{mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max}=1.175\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 1200/250=9.6\text{mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=15.249\text{kN};$$

$$R_2'=-2.089\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3'=7.096\text{kN};$$

$$R_4'=5.723\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=19.956\text{kN};$$

$$R_2 = -2.734 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时，该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3 = 9.284 \text{ kN};$$

$$R_4 = 7.491 \text{ kN};$$

4、A 向第 4 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

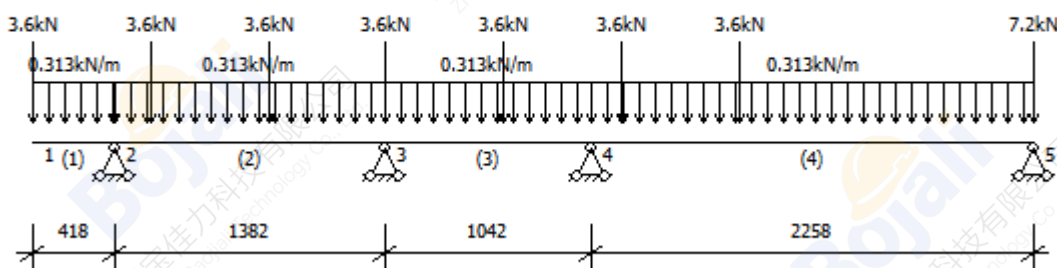
$$F_1' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值：

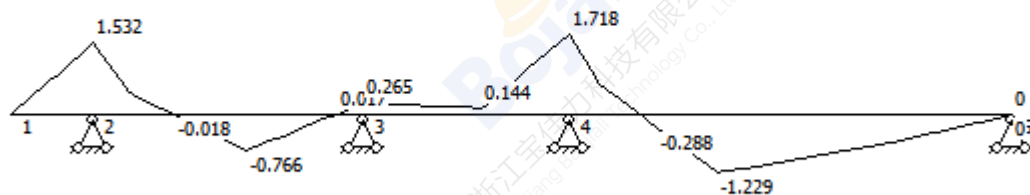
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下：



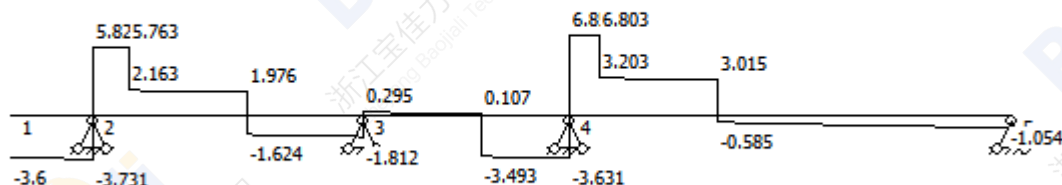
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 1.718 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 9.286 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算

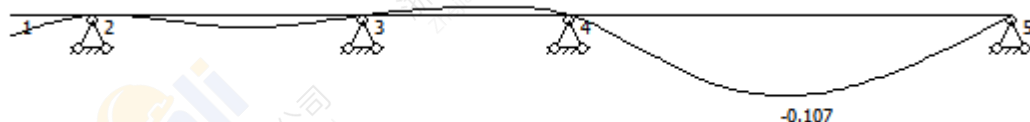


$$V_{\max} = 6.853 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 6.853 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 6.706 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.107 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 2258 / 250 = 9.032 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 0.028 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 418 / 250 = 3.344 \text{ mm};$$

满足要求！

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下：

$$R_1' = 7.298 \text{ kN};$$

$$R_2' = 4.361 \text{ kN};$$

$$R_3' = 8.013 \text{ kN};$$

$$R_4' = 6.307 \text{ kN};$$

承载能力极限状态下：

$$R_1=9.551\text{kN};$$

$$R_2=5.707\text{kN};$$

$$R_3=10.484\text{kN};$$

$$R_4=8.254\text{kN};$$

5、A 向第 5 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q'=g_k=0.241\text{kN/m}$$

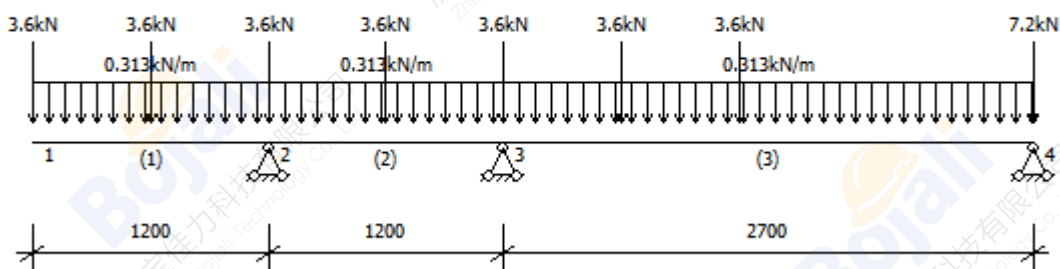
$$F_1'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_2'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_3'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_4'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_5'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_6'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_8'=5.5\text{kN}$$

荷载设计值：

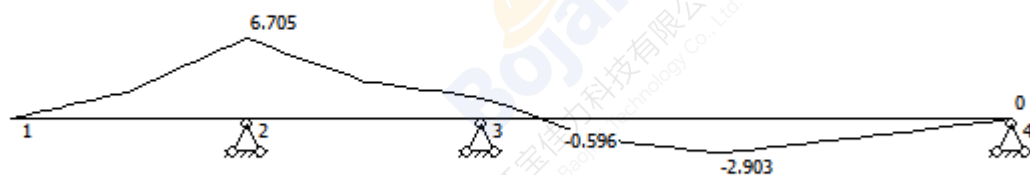
$$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}, F_8=7.2\text{kN}$$

计算简图如下：



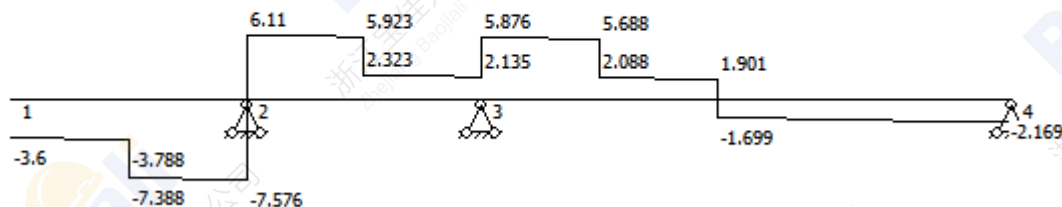
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 6.705 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 36.243 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

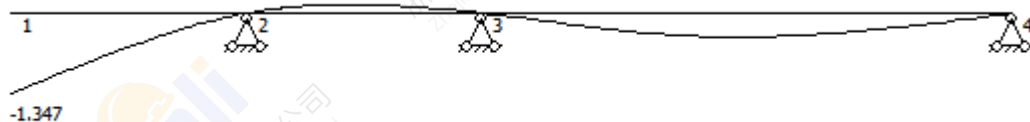


$$V_{\max} = 7.576 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 7.576 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 7.413 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.399 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 2700 / 250 = 10.8 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 1.347 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 1200 / 250 = 9.6 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1' = 13.208 \text{ kN};$$

$$R_2' = 5.612 \text{ kN};$$

$$R_3' = 7.159 \text{ kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1 = 17.286 \text{ kN};$$

$$R_2=7.341\text{kN};$$

$$R_3=9.369\text{kN};$$

6、A 向第 6 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q'=g_k=0.241\text{kN/m}$$

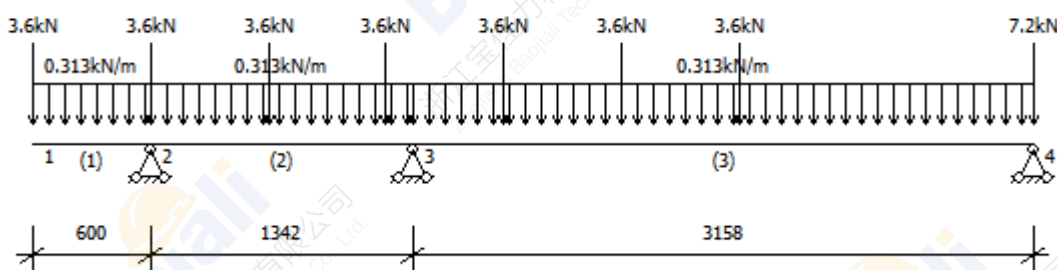
$$F_1'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_2'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_3'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_4'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_5'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_6'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_8'=5.5\text{kN}$$

荷载设计值：

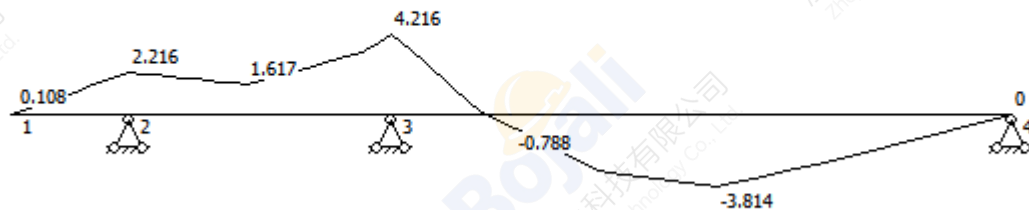
$$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}, F_8=7.2\text{kN}$$

计算简图如下：



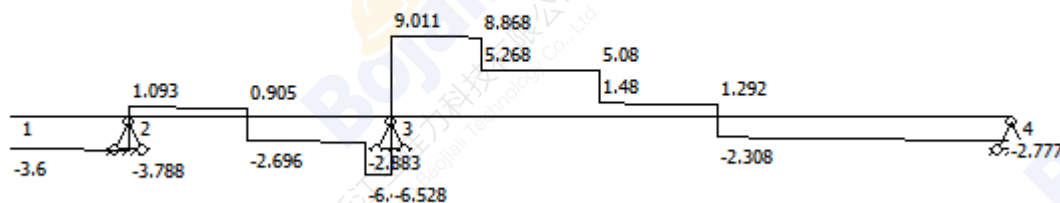
1) 抗弯验算



$$\sigma=M_{\max}/W=4.216\times 10^6/(185\times 10^3)=22.789\text{ N/mm}^2\leq [f]=215\text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算

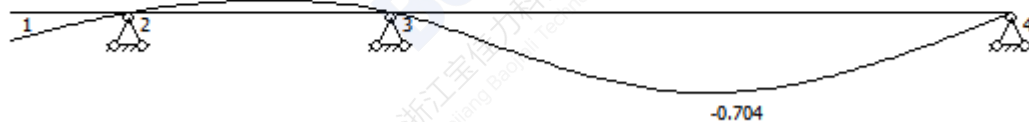


$$V_{\max}=9.011\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=9.011\times1000\times[94\times180^2-(94-6.5)\times158.6^2]/(8\times16600000\times6.5)=8.817\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max}=0.704\text{mm}\leq[v]=L/250=3158/250=12.632\text{mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max}=0.243\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times600/250=4.8\text{mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=6.479\text{kN};$$

$$R_2'=11.876\text{kN};$$

$$R_3'=7.624\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=8.48\text{kN};$$

$$R_2=15.539\text{kN};$$

$$R_3=9.977\text{kN};$$

7、A 向第 7 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

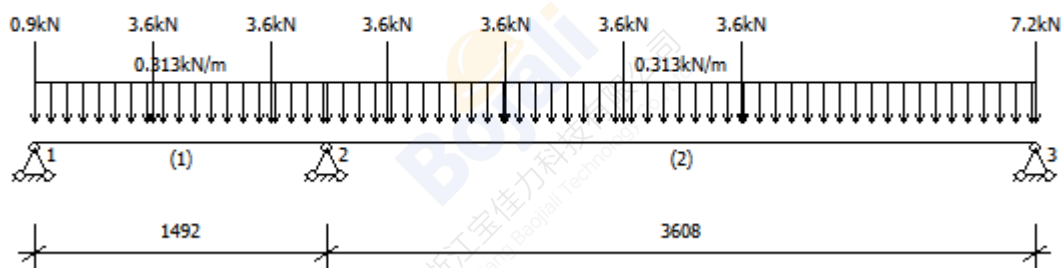
$$F_1' = 1.375/2 = 0.688 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值：

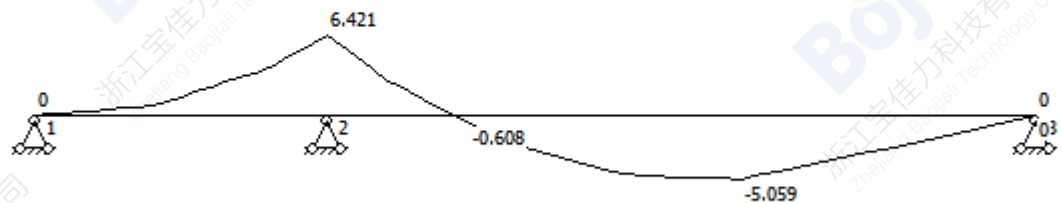
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 1.8/2 = 0.9 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下：



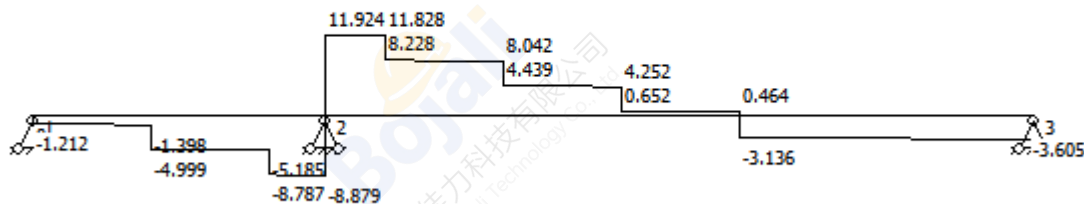
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 6.421 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 34.708 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算



$$V_{\max}=11.924\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=11.924\times1000\times[94\times180^2-(94-6.5)\times158.6^2]/(8\times16600000\times6.5)=11.667\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max}=1.248\text{mm}\leq[v]=L/250=3608/250=14.432\text{mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=-0.238\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_2'=15.898\text{kN};$$

$$R_3'=8.257\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=-0.312\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_2=20.802\text{kN};$$

$$R_3=10.805\text{kN};$$

8、B 向第 1 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

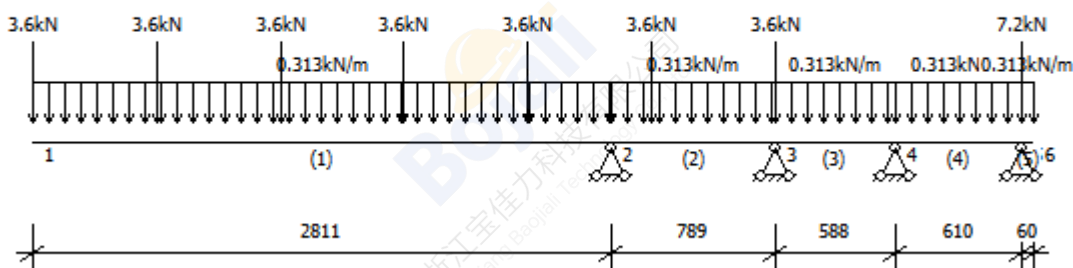
$$F_1' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值：

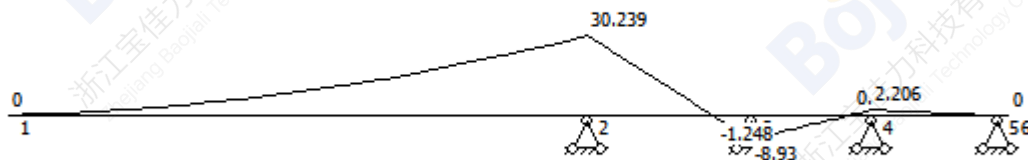
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下：



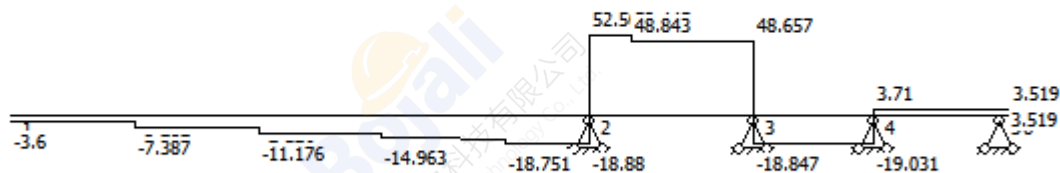
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 30.239 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 163.454 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算



$$V_{\max}=52.504\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=52.504\times 1000\times[94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=51.374\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中}v_{\max}=0.194\text{mm}\leq[v]=L/250=789/250=3.156\text{mm};$$

$$\text{悬臂端}v_{\max}=18.335\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 2811/250=22.488\text{mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=54.548\text{kN};$$

$$R_2'=-48.831\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3'=17.378\text{kN};$$

$$R_4'=2.826\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=71.384\text{kN};$$

$$R_2=-63.904\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3=22.741\text{kN};$$

$$R_4=3.7\text{kN};$$

9、B 向第 2 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q'=g_k=0.241\text{kN/m}$$

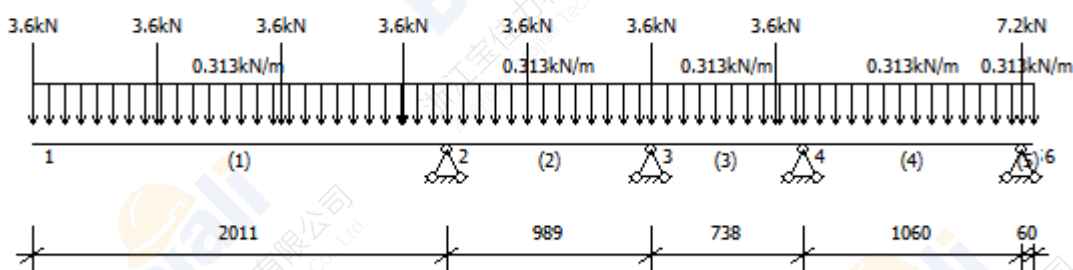
$$F_1'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_2'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_3'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_4'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_5'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_6'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_8'=5.5\text{kN}$$

荷载设计值：

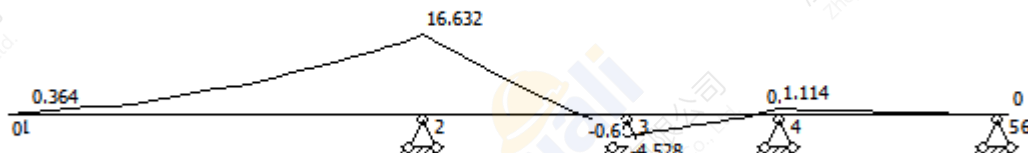
$$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}, F_8=7.2\text{kN}$$

计算简图如下：



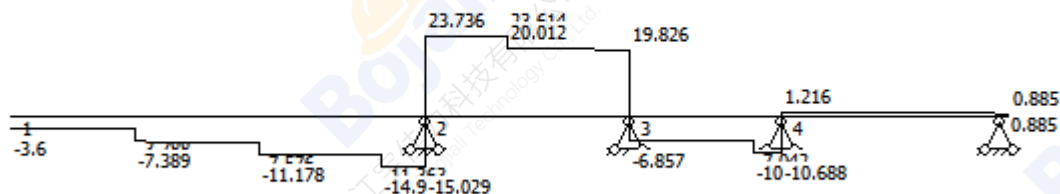
1) 抗弯验算



$$\sigma=M_{\max}/W=16.632\times 10^6/(185\times 10^3)=89.903\text{ N/mm}^2\leq [f]=215\text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算



$$V_{\max}=23.736\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=23.736\times 1000\times[94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=23.225\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max}=0.162\text{mm}\leq[v]=L/250=989/250=3.956\text{mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max}=6.075\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 2011/250=16.088\text{mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=29.622\text{kN};$$

$$R_2'=-17.638\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3'=9.097\text{kN};$$

$$R_4'=4.839\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=38.765\text{kN};$$

$$R_2 = -23.083 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时，该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3 = 11.904 \text{ kN};$$

$$R_4 = 6.334 \text{ kN};$$

10、B 向第 3 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

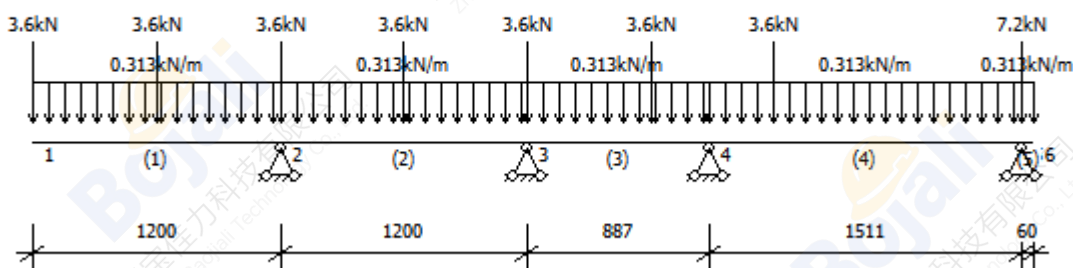
$$F_1' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值：

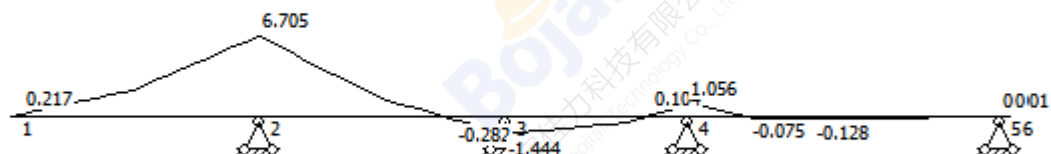
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下：



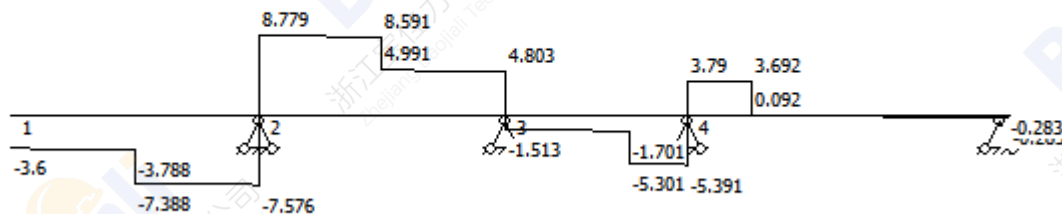
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 6.705 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 36.243 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

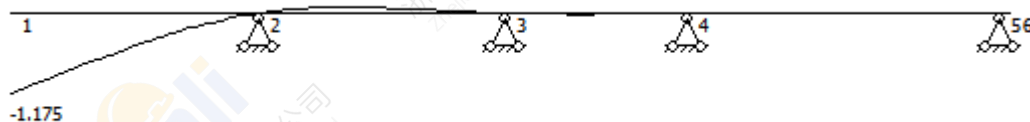


$$V_{\max} = 8.779 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 8.779 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 8.59 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.084 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 1200 / 250 = 4.8 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 1.175 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 1200 / 250 = 9.6 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1' = 15.248 \text{ kN};$$

$$R_2' = -2.075 \text{ kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3' = 7.016 \text{ kN};$$

$$R_4' = 5.732 \text{ kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=19.955\text{kN};$$

$$R_2=-2.716\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时, 该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3=9.18\text{kN};$$

$$R_4=7.502\text{kN};$$

11、B 向第 4 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上, 在计算当前联梁时, 此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值:

$$q'=g_k=0.241\text{kN/m}$$

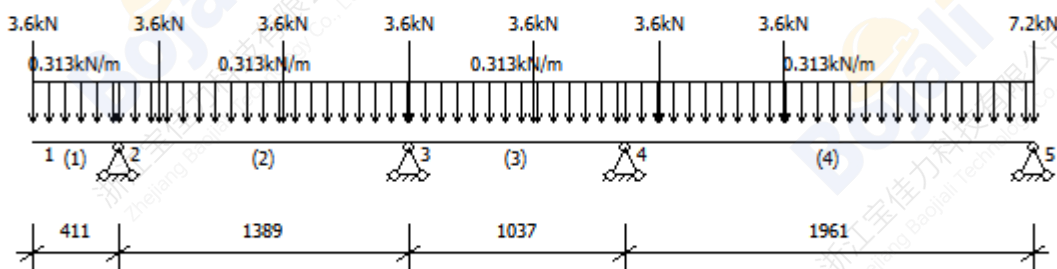
$$F_1'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_2'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_3'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_4'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_5'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_6'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_8'=5.5\text{kN}$$

荷载设计值:

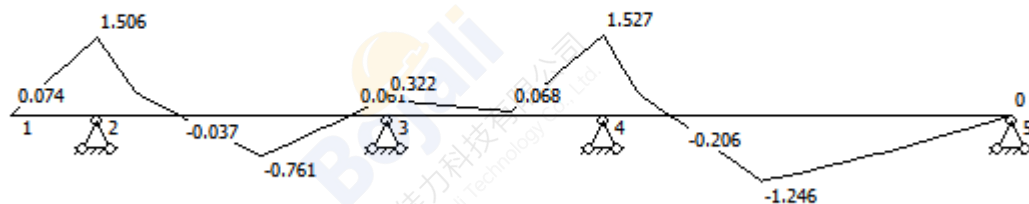
$$q=1.3 \times g_k=1.3 \times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}, F_8=7.2\text{kN}$$

计算简图如下:



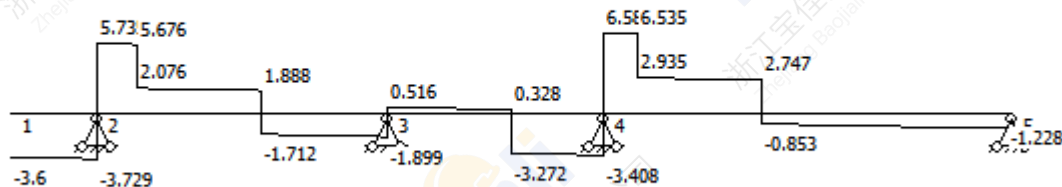
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 1.527 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 8.254 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 6.586 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 6.586 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 6.444 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.08 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 1961 / 250 = 7.844 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 0.026 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 411 / 250 = 3.288 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=7.232\text{kN};$$

$$R_2'=4.597\text{kN};$$

$$R_3'=7.638\text{kN};$$

$$R_4'=6.439\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=9.464\text{kN};$$

$$R_2=6.015\text{kN};$$

$$R_3=9.995\text{kN};$$

$$R_4=8.428\text{kN};$$

12、B 向第 5 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上, 在计算当前联梁时, 此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值:

$$q'=g_k=0.241\text{kN/m}$$

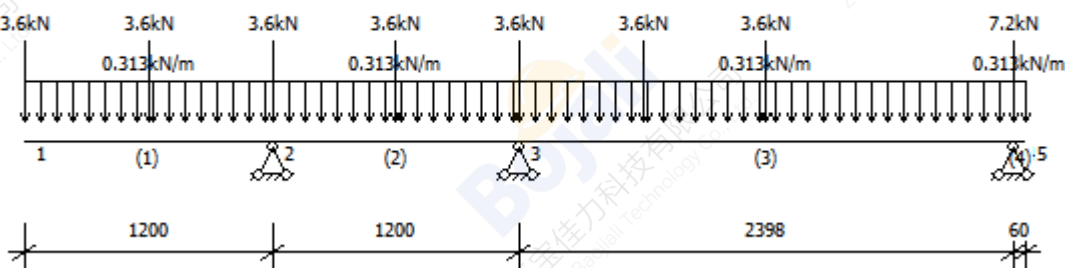
$$F_1'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_2'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_3'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_4'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_5'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_6'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_7'=5.5/2=2.75\text{kN}, F_8'=5.5\text{kN}$$

荷载设计值:

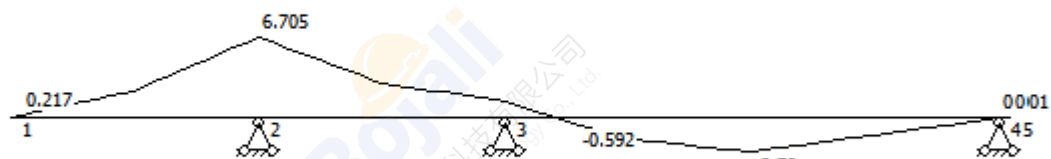
$$q=1.3 \times g_k=1.3 \times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=7.2/2=3.6\text{kN}, F_2=7.2/2=3.6\text{kN}, F_3=7.2/2=3.6\text{kN}, F_4=7.2/2=3.6\text{kN}, F_5=7.2/2=3.6\text{kN}, F_6=7.2/2=3.6\text{kN}, F_7=7.2/2=3.6\text{kN}, F_8=7.2\text{kN}$$

计算简图如下:



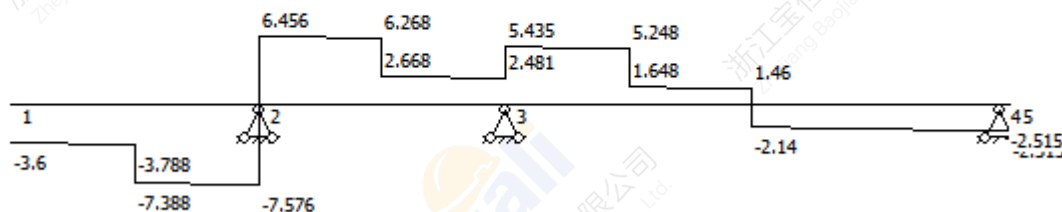
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 6.705 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 36.243 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 7.576 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 7.576 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 7.413 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.312 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 2398 / 250 = 9.592 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 1.325 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 1200 / 250 = 9.6 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1' = 13.473 \text{ kN};$$

$$R_2' = 5.01 \text{ kN};$$

$$R_3' = 7.438 \text{ kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1 = 17.632 \text{ kN};$$

$$R_2 = 6.555 \text{ kN};$$

$$R_3 = 9.734 \text{ kN};$$

13、B 向第 6 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上, 在计算当前联梁时, 此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

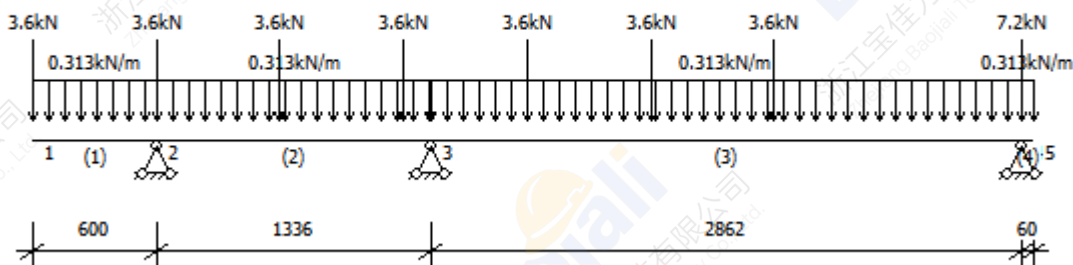
$$F_1' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值:

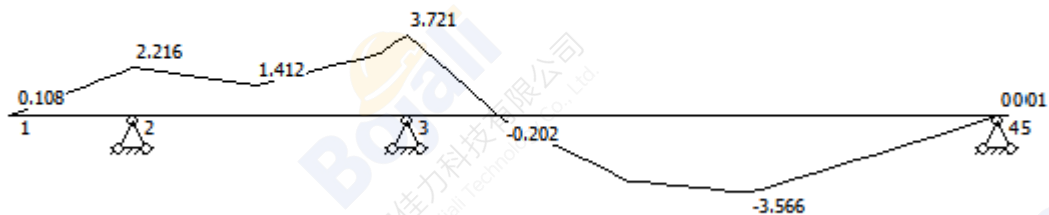
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下:



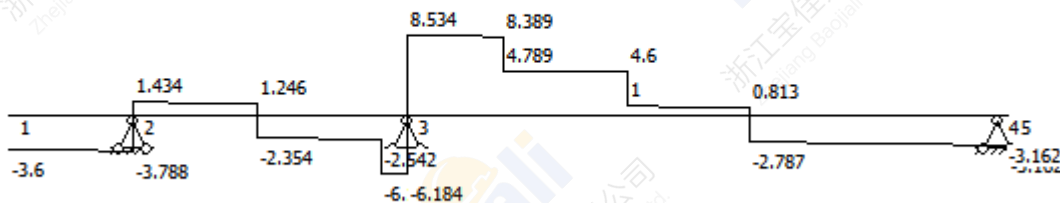
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 3.721 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 20.114 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

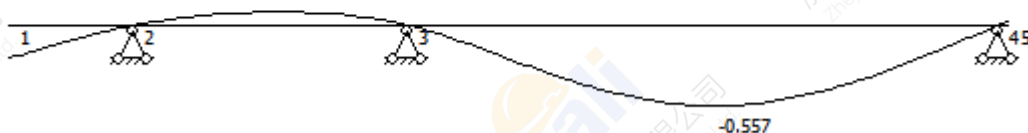


$$V_{\max} = 8.534 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 8.534 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 8.35 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 0.557 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 2862 / 250 = 11.448 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 0.229 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 600 / 250 = 4.8 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1' = 6.74 \text{ kN};$$

$$R_2' = 11.248 \text{ kN};$$

$$R_3' = 7.932 \text{ kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1 = 8.822 \text{ kN};$$

$$R_2 = 14.718 \text{ kN};$$

$$R_3 = 10.381 \text{ kN};$$

14、B 向第 7 排联梁计算

该联梁上有立杆同时在另外联梁上，在计算当前联梁时，此立杆传递至该联梁荷载取实际立杆荷载的一半。

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

$$F_1' = 1.375/2 = 0.688 \text{ kN}, F_2' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_3' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_4' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_5' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN},$$

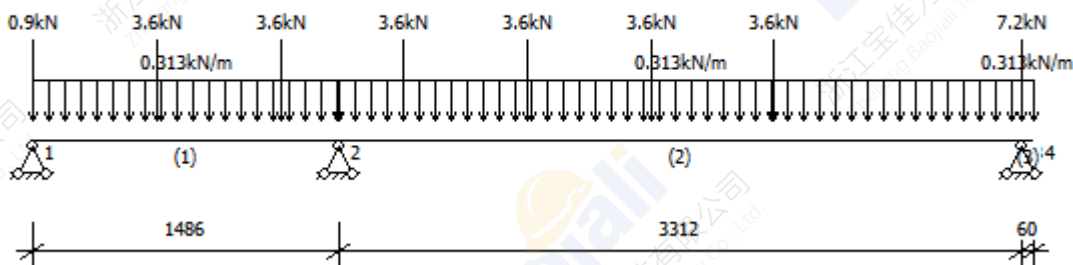
$$F_6' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_7' = 5.5/2 = 2.75 \text{ kN}, F_8' = 5.5 \text{ kN}$$

荷载设计值:

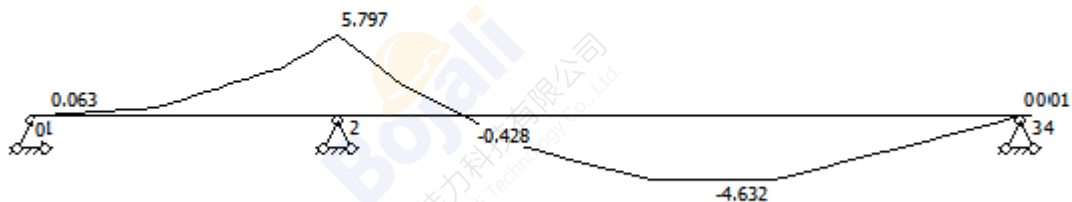
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 1.8/2 = 0.9 \text{ kN}, F_2 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_3 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_4 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_5 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_6 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_7 = 7.2/2 = 3.6 \text{ kN}, F_8 = 7.2 \text{ kN}$$

计算简图如下:



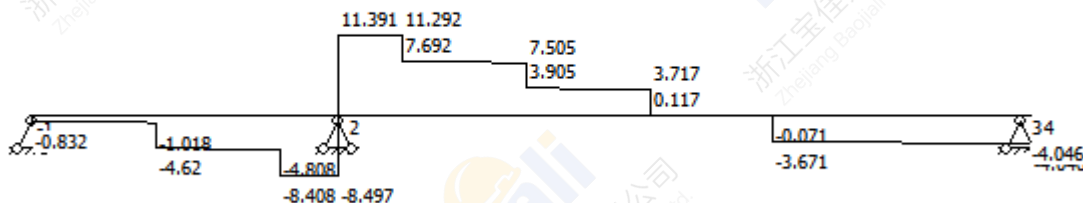
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 5.797 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 31.335 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

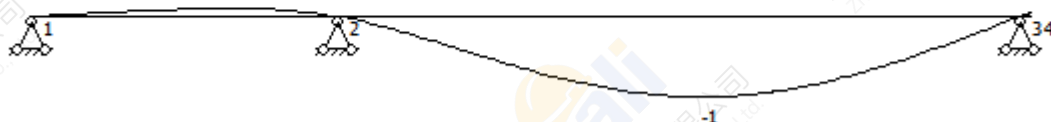


$$V_{\max} = 11.391 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8 I_z \delta) [b h_0^2 - (b - \delta) h^2] = 11.391 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 11.146 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max} = 1 \text{ mm} \leq [v] = L / 250 = 3312 / 250 = 13.248 \text{ mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max} = 0.06 \text{ mm} \leq [v] = 2 \times l_1 / 250 = 2 \times 60 / 250 = 0.48 \text{ mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=0.053\text{kN};$$

$$R_2'=15.199\text{kN};$$

$$R_3'=8.608\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=0.068\text{kN};$$

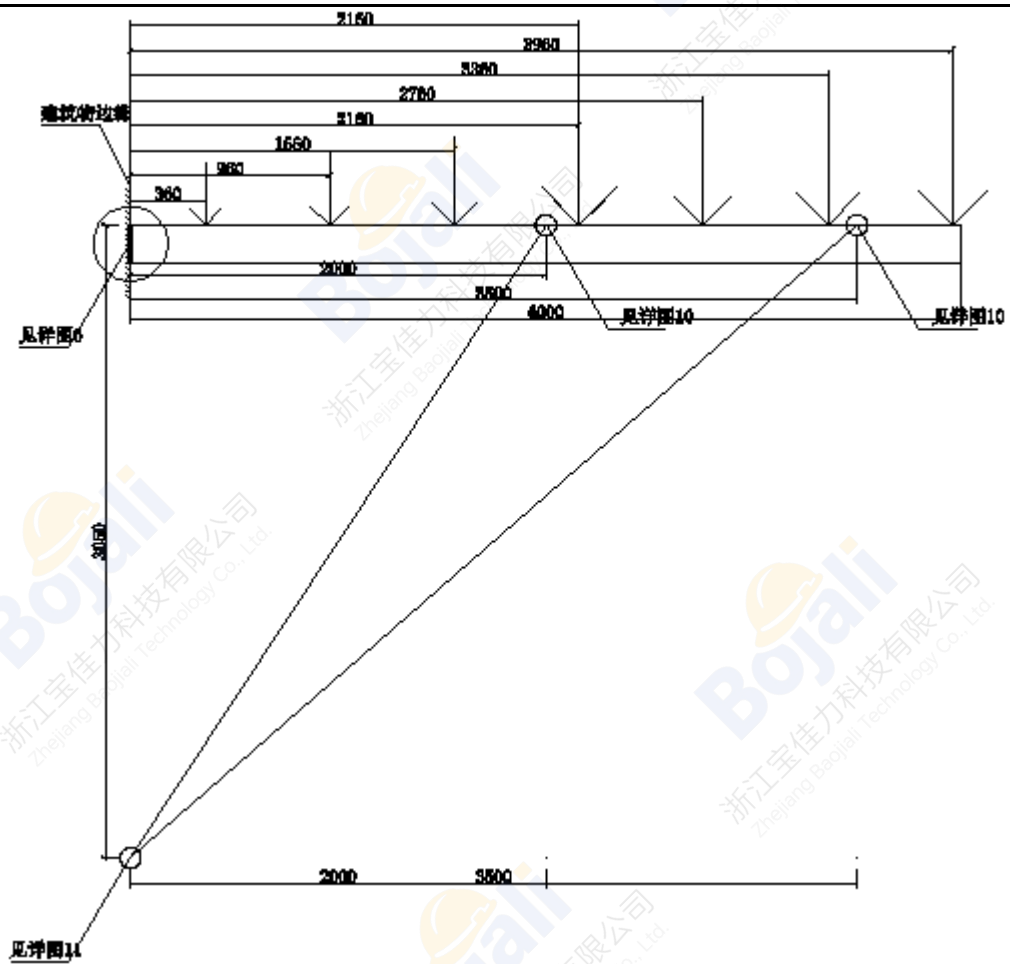
$$R_2=19.888\text{kN};$$

$$R_3=11.265\text{kN};$$

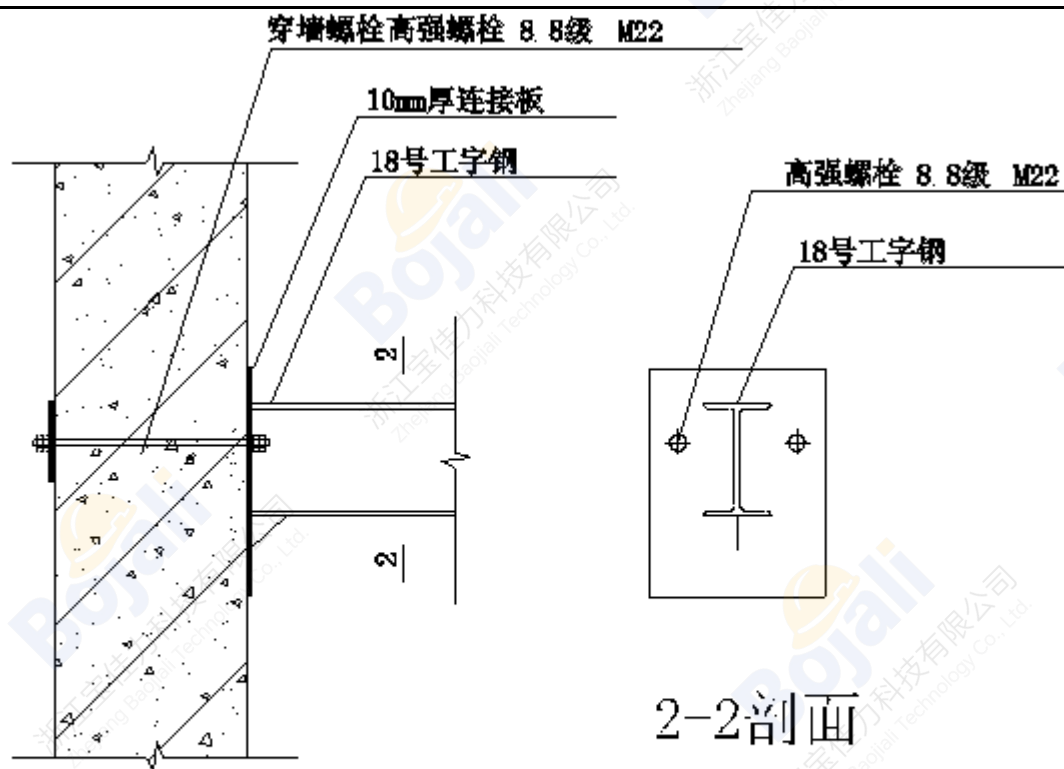
9.2.5 1 号主梁验算

1、1 号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/400

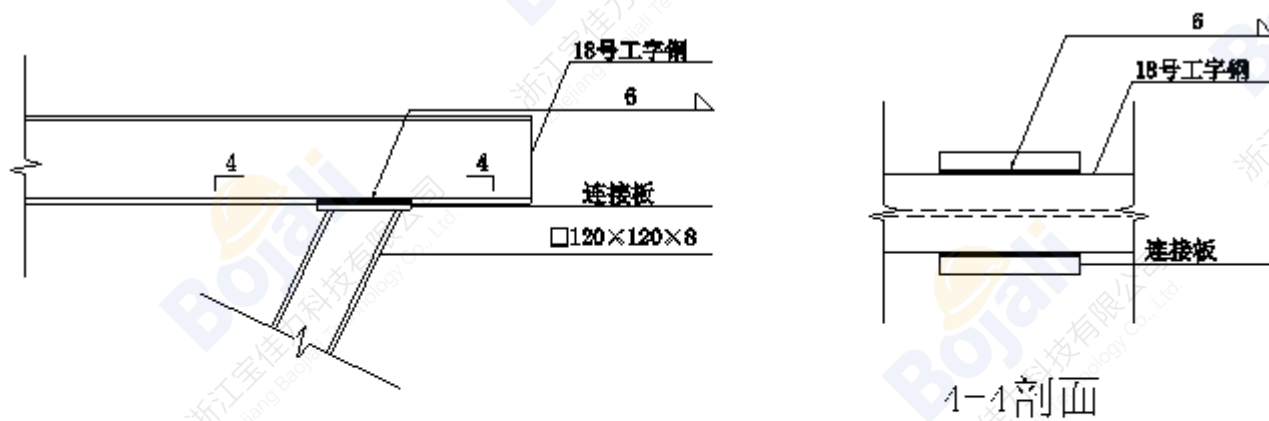


1号主梁图



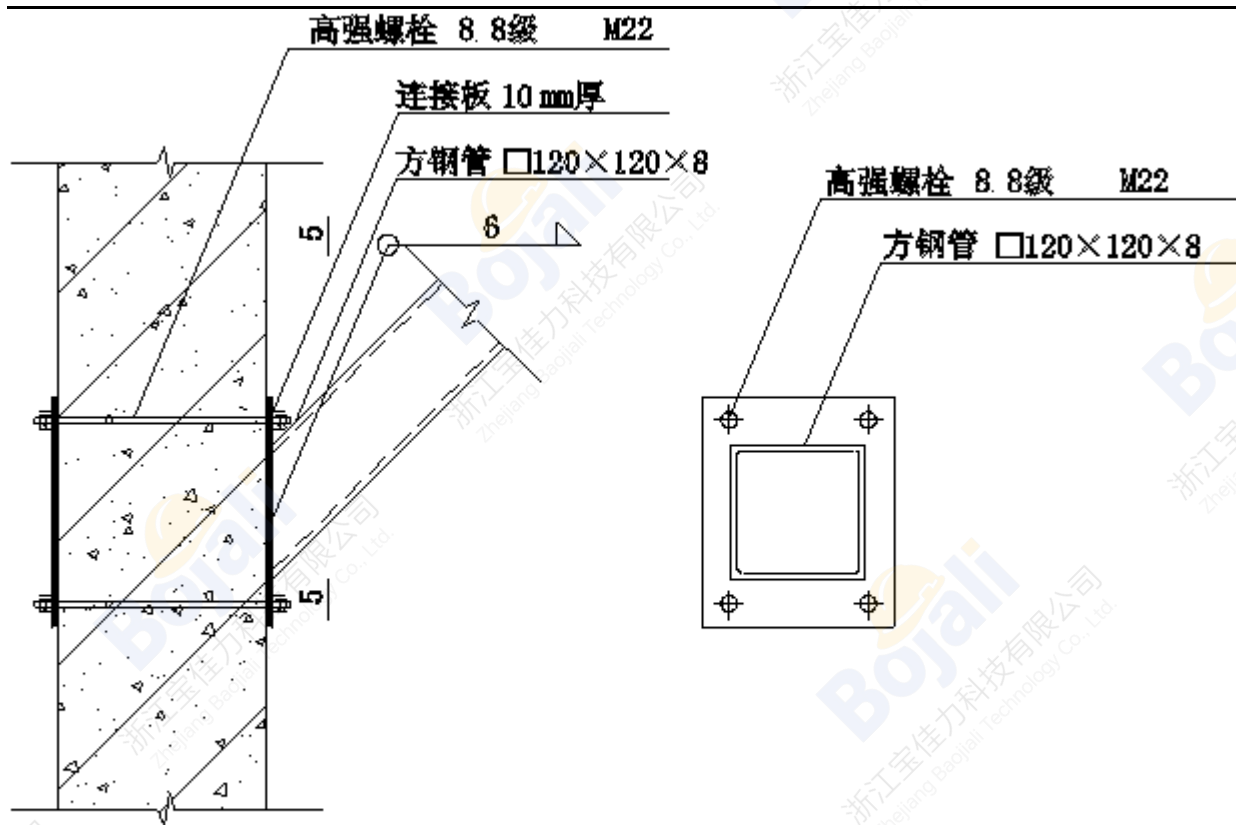
详图6

详图 6



详图10

详图 10



详图11

详图 11

主梁 1 与 B 向第 1 排联梁、B 向第 2 排联梁、B 向第 3 排联梁、B 向第 4 排联梁、B 向第 5 排联梁、B 向第 6 排联梁、B 向第 7 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为：

$$R_1' = 2.826 \text{ kN}; R_2' = 4.839 \text{ kN}; R_3' = 5.732 \text{ kN}; R_4' = 6.439 \text{ kN}; R_5' = 7.438 \text{ kN}; R_6' = 7.932 \text{ kN}; R_7' = 8.608 \text{ kN};$$

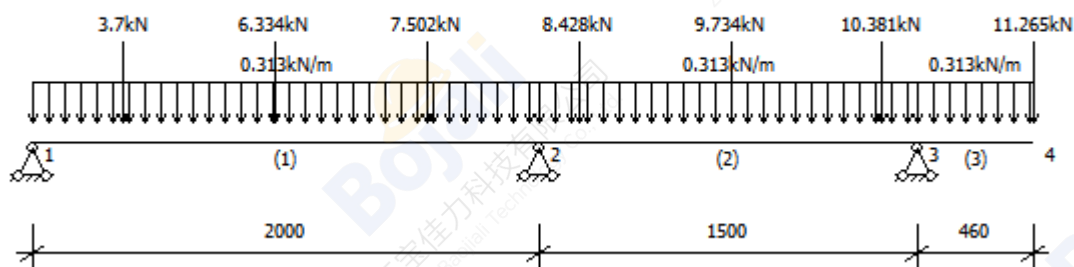
荷载设计值：

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

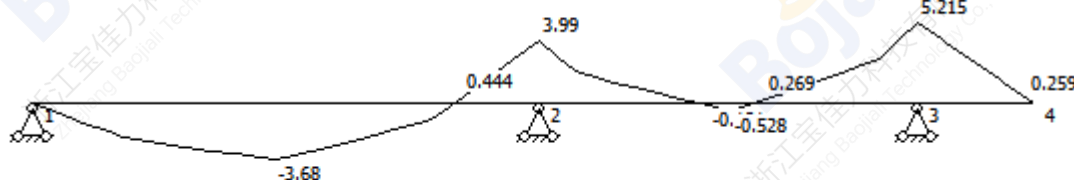
联梁传递的支座反力为：

$$R_1 = 3.7 \text{ kN}; R_2 = 6.334 \text{ kN}; R_3 = 7.502 \text{ kN}; R_4 = 8.428 \text{ kN}; R_5 = 9.734 \text{ kN}; R_6 = 10.381 \text{ kN}; R_7 = 11.265 \text{ kN};$$

计算简图如下：



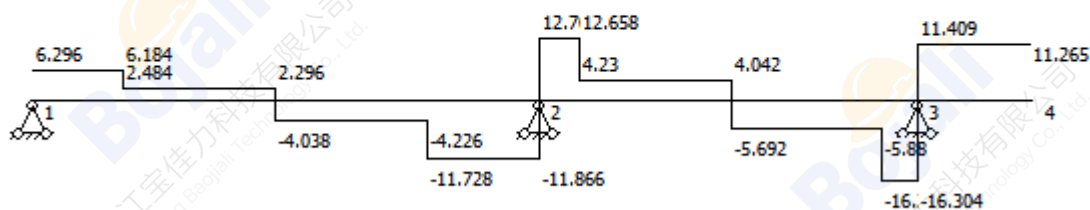
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 5.215 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 28.189 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 16.304 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 16.304 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 15.953 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.272 \text{ mm} \leq [v]=l/400=2000/400=5\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=6.296\text{kN};$$

$$R_2=24.574\text{kN};$$

$$R_3=27.713\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固点水平距离(mm)	支撑件上下固定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固定点的水平距离 m(mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	下撑	方钢管	2000	3050	2000	3647	是
2	下撑	方钢管	3500	3050	3500	4642	是

3、下撑杆件验算

1) 下撑杆件稳定性验算

下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	□120×120×8
下撑杆截面积 A(cm ²)	33.642	下撑杆截面惯性矩 I(cm ⁴)	676.88
下撑杆截面抵抗矩 W(cm ³)	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 f(N/mm ²)	205
下撑杆弹性模量 E(N/mm ²)	206000	下撑杆件截面回转半径 i(cm)	4.49

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(3050/2000)=56.746^\circ$$

$$\beta_2=\arctan(n_2/m_2)=\arctan(3050/3500)=41.07^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1}=R_2=24.574\text{kN}$$

$$R_{X2}=R_3=27.713\text{kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1} = R_{X1} / \tan \beta_1 = 24.574 / \tan(56.746^\circ) = 16.114 \text{ kN}$$

$$N_{XZ2} = R_{X2} / \tan \beta_2 = 27.713 / \tan(41.07^\circ) = 31.802 \text{ kN}$$

下撑杆件轴向力：

$$N_{X1} = R_{X1} / \sin \beta_1 = 24.574 / \sin(56.746^\circ) = 29.386 \text{ kN}$$

$$N_{X2} = R_{X2} / \sin \beta_2 = 27.713 / \sin(41.07^\circ) = 42.183 \text{ kN}$$

$$\text{下撑杆件的最大轴向压力： } N_X = \max(N_{X1}, N_{X2}) = \max(29.386, 42.183) = 42.183 \text{ kN}$$

下撑杆长细比：

$$\lambda_1 = L_1 / i = 3647 / 44.9 = 81.225 \leq 200$$

符合要求！

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得， $\varphi_1 = 0.681$

$$\lambda_2 = L_2 / i = 4642 / 44.9 = 103.385 \leq 200$$

符合要求！

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得， $\varphi_2 = 0.536$

轴心受压稳定性计算：

$$N_{X1} / (\varphi_1 A f) = 29386 / (0.681 \times 3364.2 \times 205) = 0.063 \leq 1$$

符合要求！

$$N_{X2} / (\varphi_2 A f) = 42183 / (0.536 \times 3364.2 \times 205) = 0.114 \leq 1$$

符合要求！

2) 下撑杆与建筑物下撑部位节点验算

①计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	405
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

②高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受下撑杆传来的剪力均相等。

下撑杆 1：

$$V = 24.574 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 24.574 / 4 = 6.143 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d_e^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(6.143 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.081 \leq 1$$

$$N_v = 6.143 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

下撑杆 2:

$$V = 27.713 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 27.713 / 4 = 6.928 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d^2 e f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(6.928 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.091 \leq 1$$

$$N_v = 6.928 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

3) 下撑杆与主梁节点验算

下撑与主梁连接板长 L(mm)	200	下撑与主梁连接板宽 B(mm)	120
连接板厚 t ₄ (mm)	10	角焊缝焊角尺寸 h _f (mm)	6
角焊缝强度设计值 f _f ^w (N/mm ²)	160		

角焊缝长度取连接板长度 L 的 2 倍

$$\text{焊缝所受剪力 } V_1 = N_{\text{主梁}} = N_{x1} = 16.114 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受剪力 } V_2 = N_{\text{主梁}} = N_{x2} = 31.802 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_1 = R_{x1} = R_2 = 24.574 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_2 = R_{x2} = R_3 = 27.713 \text{ kN}$$

下撑杆 1:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_1 / (h_e l_w) = N_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 24.574 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 15.561 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_1 / (h_e l_w) = V_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 16.114 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 10.204 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(15.561 / 1.22)^2 + 10.204^2]^{0.5} = 16.334 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

下撑杆 2:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_2 / (h_e l_w) = N_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 27.713 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 17.549 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_2 / (h_e l_w) = V_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 31.802 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 20.138 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(17.549 / 1.22)^2 + 20.138^2]^{0.5} = 24.748 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

4、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力: $N = N_{xz1} + N_{xz2} = 47.916 \text{ kN}$

压弯构件强度: $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 5.215 \times 10^6 / (1.05 \times 185000) + 47.916 \times 10^3 / 3074 = 42.434 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求!

参考《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 8.2.1 条, 计算弯矩作用平面内外稳定性计算

1) 平面内稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{lx} (1 - 0.8 N / N_{EX}) f} \leq 1.0$$

$$N_{EX} = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_x^2)$$

2) 平面外稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_y A f} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_b W_{lx} f} \leq 1.0$$

式中:

φ_x 、 φ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数, 根据对应的构件长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定;

λ_x 、 λ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外长细比, $\lambda_x = l_{0x} / i_x$, $\lambda_y = l_{0y} / i_y$;

l_{0x} 、 l_{0y} -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度 (mm), 平面内取第一拉结点到附墙支座距离; 平面外考虑脚手架立杆、扫地杆的约束作用, 取附墙支座至内立杆间距以及立杆横向间距中的最大值;

β_{mx} -平面内等效弯矩系数, 按有横向荷载柱脚铰接的有侧移单层框架柱计算, 取 $\beta_{mx} = 1.0$;

β_{tx} -平面外等效弯矩系数, 按端弯矩作用平面外为悬臂构件计算, 取 $\beta_{tx} = 1.0$;

φ_b -均匀弯曲受弯构件整体稳定系数, 取 $\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 \varepsilon_k^2$, 当 φ_b 值大于 1.0 时, 取 $\varphi_b = 1.0$;

η -截面影响系数, 取 $\eta = 1$

故有:

$$l_{0x}=2000\text{mm}, l_{0y}=600\text{mm}; \lambda_x=l_{0x}/i_x=2000/73.6=27.174; \lambda_y=l_{0y}/i_y=600/20=30$$

查表得 $\varphi_x=0.968$, $\varphi_y=0.936$

$$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(30^2/44000)\times(235/235)=1.05>1, \text{取} \varphi_b=1$$

$$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times 206000\times 3074/(1.1\times 27.174^2)=7694382.662\text{N}$$

将各参数代入计算, 得:

$$N/(\varphi_xAf)+\beta_{mx}M_x/(\gamma_xW_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}'))f=47.916\times 10^3/(0.968\times 3074\times 215)+1\times 5.215\times 10^6/(1.05\times 185\times 10^3\times (1-0.8\times 47.916\times 10^3/7694382.662)\times 215)=0.2\leq 1$$

平面内稳定满足要求!

$$N/(\varphi_yAf)+\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_bW_{1x}f)=47.916\times 10^3/(0.936\times 3074\times 215)+1\times 1\times 5.215\times 10^6/(1\times 185\times 10^3\times 215)=0.209\leq 1$$

平面外稳定满足要求!

5、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	2
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	470
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=6.296\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=6.296/2=3.148\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n_v\pi d^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 470/1000=103.4\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(3.148/75.815)^2]^{0.5}=0.042\leq 1$$

$$N_v=3.148\text{kN}\leq N_c^b/1.2=103.4/1.2=86.167\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

3)、连接端板焊缝计算

由主梁验算章节可知, 悬挑主梁建筑物端轴力 $N=47.916\text{kN}$, 建筑物端剪力 $V=6.296\text{kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度:

$$L_1=2b+2(b-t_w-0.7h_f)=2\times 94+2\times(94-6.5-0.7\times 6)=354.6\text{mm}$$

计算竖向角焊缝总长度:

$$L_2=2(h-2t)=2\times(180-2\times 10.7)=317.2\text{mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度:

$$L=L_1+L_2=354.6+317.2=671.8\text{mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算:

在竖向力作用平面内, 假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配, 所有水平焊缝(正面角焊缝)的正应力相同, 所有竖向焊缝(侧面角焊缝)的剪应力相同, 则有 $N_{\text{正}}+N_{\text{侧}}=V$, $N_{\text{正}}:N_{\text{侧}}=L_1\beta_f:L_2$

得出水平焊缝总受力为 $N_{\text{正}}=3.607\text{kN}$, 竖向焊缝总受力为 $N_{\text{侧}}=2.689\text{kN}$

在竖向力作用下, 水平角焊缝应力为:

$$\sigma_1=N_{\text{正}}/(0.7h_fL_1)=3.607\times 10^3/(0.7\times 6\times 354.6)=2.422\text{N/mm}^2$$

在竖向力作用下, 竖向角焊缝应力为:

$$\tau_1=N_{\text{侧}}/(0.7h_fL_2)=2.689\times 10^3/(0.7\times 6\times 317.2)=2.018\text{N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算:

在水平力作用平面内, 假定水平力由所有焊缝共同承担, 则水平力对所有焊缝产生的压应力为:

$$\sigma_2=N/(0.7h_fL)=47.916\times 10^3/(0.7\times 6\times 671.8)=16.982\text{N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_1+\sigma_2)/\beta_f]^2=([(2.422+16.982)/1.2]^2)^{0.5}=15.905\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

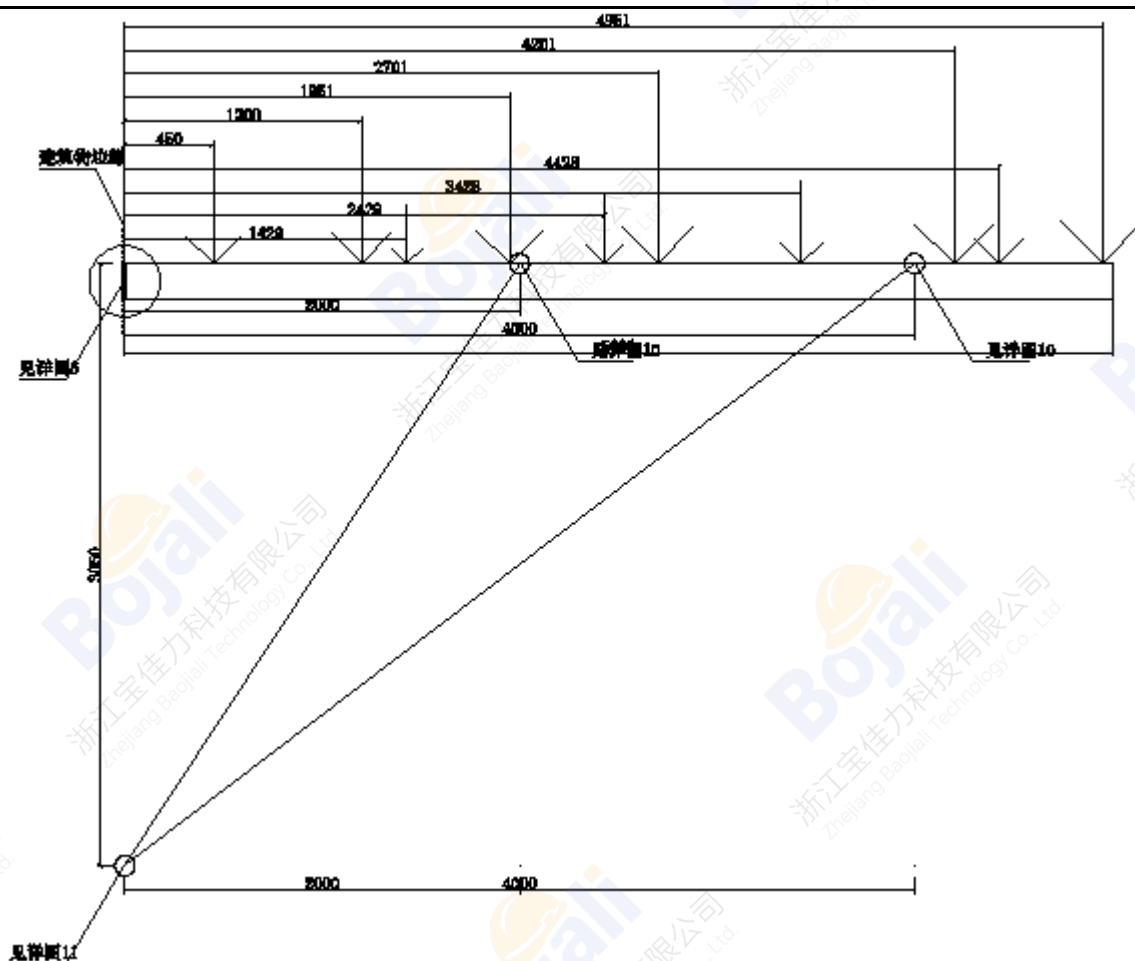
$$[(\sigma_2/\beta_f)^2+\tau_1^2]^{0.5}=[(16.982/1.2)^2+2.018^2]^{0.5}=14.065\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

符合要求!

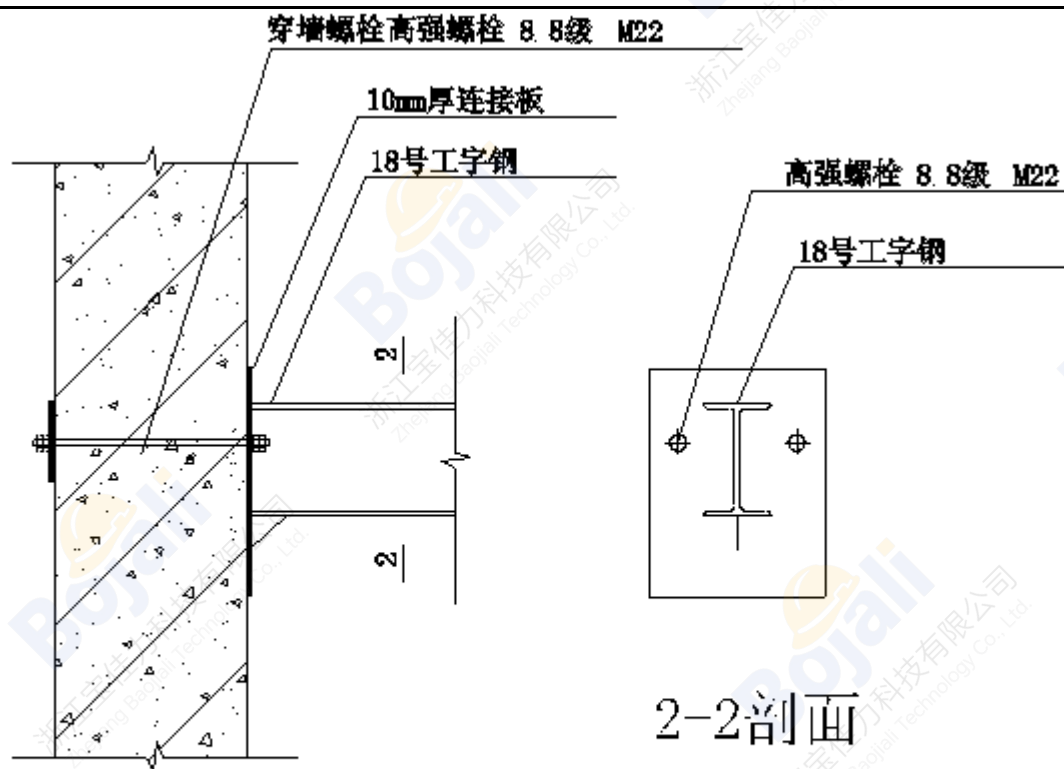
9.2.6 2号主梁验算

1、2号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/400

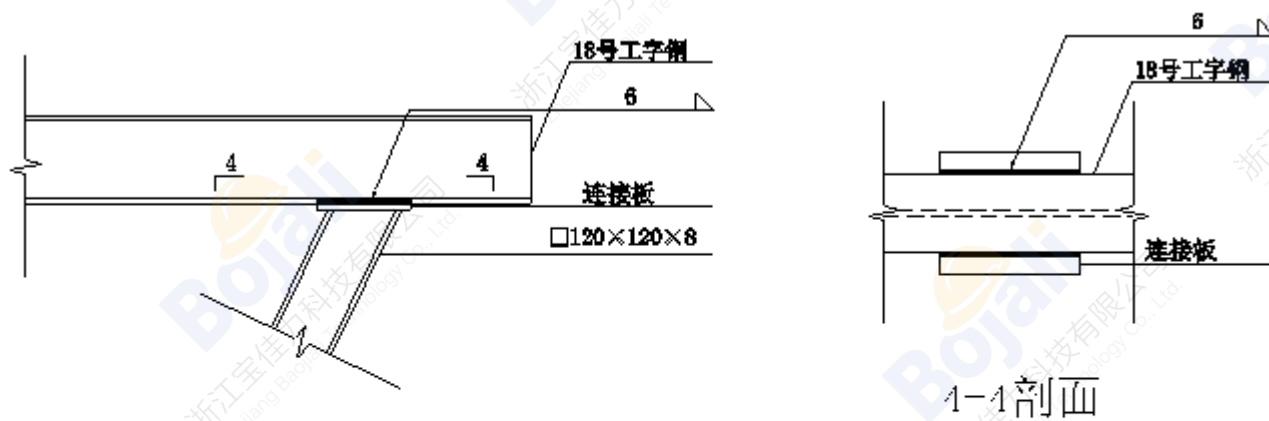


2号主梁图



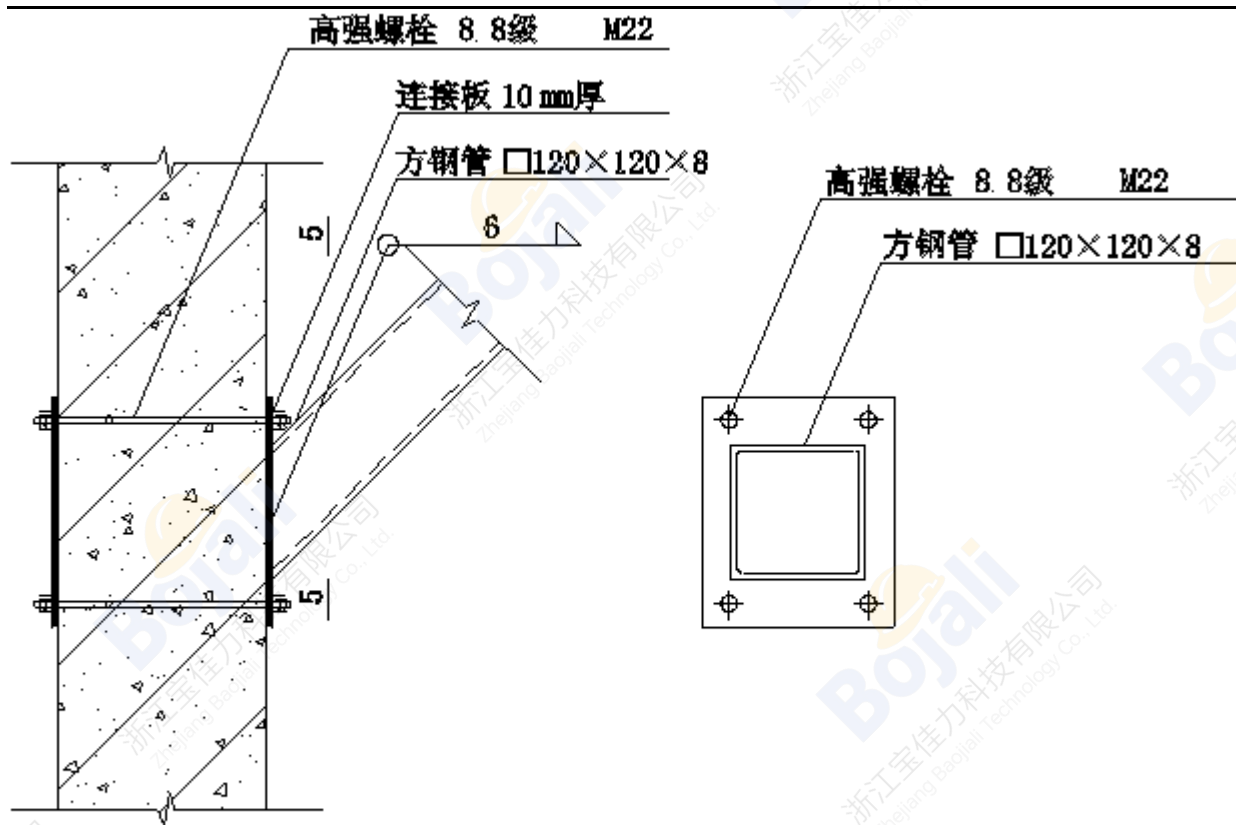
详图6

详图 6



详图10

详图 10



详图11

详图 11

主梁 2 与 B 向第 1 排联梁、B 向第 2 排联梁、A 向第 1 排联梁、B 向第 3 排联梁、A 向第 2 排联梁、B 向第 4 排联梁、B 向第 5 排联梁、A 向第 3 排联梁、B 向第 6 排联梁、A 向第 4 排联梁、B 向第 7 排联梁相交。

B 向第 3 排联梁与 A 向第 5 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为：

$$R_1' = 17.378 \text{ kN}; R_2' = 9.097 \text{ kN}; R_3' = 54.862 \text{ kN}; R_4' = 7.016 \text{ kN}; R_5' = 29.791 \text{ kN}; R_6' = 7.638 \text{ kN}; R_7' = 15.24$$

$$9 + 5.01 = 20.259 \text{ kN}; R_8' = 11.248 \text{ kN}; R_9' = 7.298 \text{ kN}; R_{10}' = 15.199 \text{ kN};$$

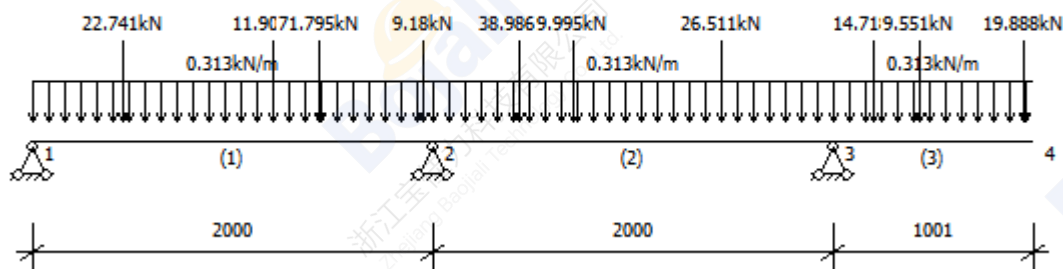
荷载设计值：

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

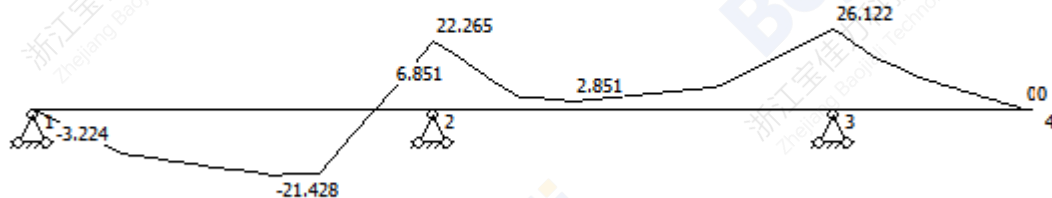
联梁传递的支座反力为：

$$R_1 = 22.741 \text{ kN}; R_2 = 11.904 \text{ kN}; R_3 = 71.795 \text{ kN}; R_4 = 9.18 \text{ kN}; R_5 = 38.986 \text{ kN}; R_6 = 9.995 \text{ kN}; R_7' = 19.956 + 6.555 = 26.511 \text{ kN}; R_8 = 14.718 \text{ kN}; R_9 = 9.551 \text{ kN}; R_{10} = 19.888 \text{ kN};$$

计算简图如下：



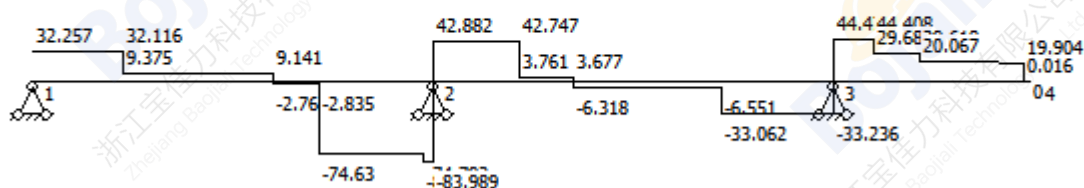
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 26.122 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 141.2 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 83.989 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 83.989 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 82.182 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

3) 挠度验算



$$v_{\max}=4.114\text{mm}\leq[v]=2\times l/400=2\times 1001/400=5.005\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=32.257\text{kN};$$

$$R_2=126.871\text{kN};$$

$$R_3=77.707\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固点水平距离(mm)	支撑件上下固定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固定点的水平距离 m(mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	下撑	方钢管	2000	3050	2000	3647	是
2	下撑	方钢管	4000	3050	4000	5030	是

3、下撑杆件验算

1) 下撑杆件稳定性验算

下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	$\square 120\times 120\times 8$
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	33.642	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	676.88
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	4.49

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(3050/2000)=56.746^\circ$$

$$\beta_2=\arctan(n_2/m_2)=\arctan(3050/4000)=37.326^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1}=R_2=126.871\text{kN}$$

$$R_{X2}=R_3=77.707\text{kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1} = R_{X1} / \tan \beta_1 = 126.871 / \tan(56.746^\circ) = 83.193 \text{ kN}$$

$$N_{XZ2} = R_{X2} / \tan \beta_2 = 77.707 / \tan(37.326^\circ) = 101.908 \text{ kN}$$

下撑杆件轴向力:

$$N_{X1} = R_{X1} / \sin \beta_1 = 126.871 / \sin(56.746^\circ) = 151.714 \text{ kN}$$

$$N_{X2} = R_{X2} / \sin \beta_2 = 77.707 / \sin(37.326^\circ) = 128.155 \text{ kN}$$

$$\text{下撑杆件的最大轴向压力: } N_X = \max(N_{X1}, N_{X2}) = \max(151.714, 128.155) = 151.714 \text{ kN}$$

下撑杆长细比:

$$\lambda_1 = L_1 / i = 3647 / 44.9 = 81.225 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_1 = 0.681$

$$\lambda_2 = L_2 / i = 5030 / 44.9 = 112.027 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_2 = 0.481$

轴心受压稳定性计算:

$$N_{X1} / (\varphi_1 A f) = 151714 / (0.681 \times 3364.2 \times 205) = 0.323 \leq 1$$

符合要求!

$$N_{X2} / (\varphi_2 A f) = 128155 / (0.481 \times 3364.2 \times 205) = 0.386 \leq 1$$

符合要求!

2) 下撑杆与建筑物下撑部位节点验算

①计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	405
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

②高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受下撑杆传来的剪力均相等。

下撑杆 1:

$$V = 126.871 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 126.871 / 4 = 31.718 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d_e^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(31.718 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.418 \leq 1$$

$$N_v = 31.718 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

下撑杆 2:

$$V = 77.707 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 77.707 / 4 = 19.427 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d^2 e f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(19.427 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.256 \leq 1$$

$$N_v = 19.427 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

3) 下撑杆与主梁节点验算

下撑与主梁连接板长 L(mm)	200	下撑与主梁连接板宽 B(mm)	120
连接板厚 t ₄ (mm)	10	角焊缝焊角尺寸 h _f (mm)	6
角焊缝强度设计值 f _f ^w (N/mm ²)	160		

角焊缝长度取连接板长度 L 的 2 倍

$$\text{焊缝所受剪力 } V_1 = N_{\text{主梁}} = N_{x1} = 83.193 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受剪力 } V_2 = N_{\text{主梁}} = N_{x2} = 101.908 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_1 = R_{x1} = R_2 = 126.871 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_2 = R_{x2} = R_3 = 77.707 \text{ kN}$$

下撑杆 1:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_1 / (h_e l_w) = N_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 126.871 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 80.338 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_1 / (h_e l_w) = V_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 83.193 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 52.68 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(80.338 / 1.22)^2 + 52.68^2]^{0.5} = 84.33 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

下撑杆 2:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_2 / (h_e l_w) = N_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 77.707 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 49.206 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_2 / (h_e l_w) = V_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 101.908 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 64.531 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(49.206 / 1.22)^2 + 64.531^2]^{0.5} = 76.099 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

4、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力: $N = N_{xz1} + N_{xz2} = 185.101 \text{ kN}$

压弯构件强度: $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 26.122 \times 10^6 / (1.05 \times 185000) + 185.101 \times 10^3 / 3074 = 194.691 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求!

参考《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 8.2.1 条, 计算弯矩作用平面内外稳定性计算

1) 平面内稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{lx} (1 - 0.8 N / N_{EX}) f} \leq 1.0$$

$$N_{EX} = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_x^2)$$

2) 平面外稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_y A f} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_b W_{lx} f} \leq 1.0$$

式中:

φ_x 、 φ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数, 根据对应的构件长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定;

λ_x 、 λ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外长细比, $\lambda_x = l_{0x} / i_x$, $\lambda_y = l_{0y} / i_y$;

l_{0x} 、 l_{0y} -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度 (mm), 平面内取第一拉结点到附墙支座距离; 平面外考虑脚手架立杆、扫地杆的约束作用, 取附墙支座至内立杆间距以及立杆横向间距中的最大值;

β_{mx} -平面内等效弯矩系数, 按有横向荷载柱脚铰接的有侧移单层框架柱计算, 取 $\beta_{mx} = 1.0$;

β_{tx} -平面外等效弯矩系数, 按端弯矩作用平面外为悬臂构件计算, 取 $\beta_{tx} = 1.0$;

φ_b -均匀弯曲受弯构件整体稳定系数, 取 $\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 \varepsilon_k^2$, 当 φ_b 值大于 1.0 时, 取 $\varphi_b = 1.0$;

η -截面影响系数, 取 $\eta = 1$

故有:

$$l_{0x}=2000\text{mm}, l_{0y}=600\text{mm}; \lambda_x=l_{0x}/i_x=2000/73.6=27.174; \lambda_y=l_{0y}/i_y=600/20=30$$

查表得 $\varphi_x=0.968$, $\varphi_y=0.936$

$$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(30^2/44000)\times(235/235)=1.05>1, \text{取} \varphi_b=1$$

$$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times 206000\times 3074/(1.1\times 27.174^2)=7694382.662\text{N}$$

将各参数代入计算, 得:

$$N/(\varphi_xAf)+\beta_{mx}M_x/(\gamma_xW_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}')f)=185.101\times 10^3/(0.968\times 3074\times 215)+1\times 26.122\times 10^6/(1.05\times 185\times 10^3\times (1-0.8\times 185.101\times 10^3/7694382.662)\times 215)=0.927\leq 1$$

平面内稳定满足要求!

$$N/(\varphi_yAf)+\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_bW_{1x}f)=185.101\times 10^3/(0.936\times 3074\times 215)+1\times 1\times 26.122\times 10^6/(1\times 185\times 10^3\times 215)=0.956\leq 1$$

平面外稳定满足要求!

5、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	2
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	470
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=32.257\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=32.257/2=16.128\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n_v\pi d^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 470/1000=103.4\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(16.128/75.815)^2]^{0.5}=0.213\leq 1$$

$$N_v=16.128\text{kN}\leq N_c^b/1.2=103.4/1.2=86.167\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

3)、连接端板焊缝计算

由主梁验算章节可知, 悬挑主梁建筑物端轴力 $N=185.101\text{kN}$, 建筑物端剪力 $V=32.257\text{kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度:

$$L_1=2b+2(b-t_w-0.7h_f)=2\times 94+2\times(94-6.5-0.7\times 6)=354.6\text{mm}$$

计算竖向角焊缝总长度:

$$L_2=2(h-2t)=2\times(180-2\times 10.7)=317.2\text{mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度:

$$L=L_1+L_2=354.6+317.2=671.8\text{mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算:

在竖向力作用平面内, 假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配, 所有水平焊缝(正面角焊缝)的正应力相同, 所有竖向焊缝(侧面角焊缝)的剪应力相同, 则有 $N_{\text{正}}+N_{\text{侧}}=V$, $N_{\text{正}}:N_{\text{侧}}=L_1\beta_f:L_2$

得出水平焊缝总受力为 $N_{\text{正}}=18.481\text{kN}$, 竖向焊缝总受力为 $N_{\text{侧}}=13.776\text{kN}$

在竖向力作用下, 水平角焊缝应力为:

$$\sigma_1=N_{\text{正}}/(0.7h_fL_1)=18.481\times 10^3/(0.7\times 6\times 354.6)=12.409\text{N/mm}^2$$

在竖向力作用下, 竖向角焊缝应力为:

$$\tau_1=N_{\text{侧}}/(0.7h_fL_2)=13.776\times 10^3/(0.7\times 6\times 317.2)=10.341\text{N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算:

在水平力作用平面内, 假定水平力由所有焊缝共同承担, 则水平力对所有焊缝产生的压应力为:

$$\sigma_2=N/(0.7h_fL)=185.101\times 10^3/(0.7\times 6\times 671.8)=65.602\text{N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_1+\sigma_2)/\beta_f]^2]^{0.5}=[((12.409+65.602)/1.2)^2]^{0.5}=63.944\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_2/\beta_f)^2+\tau_1^2]^{0.5}=[(65.602/1.2)^2+10.341^2]^{0.5}=54.758\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

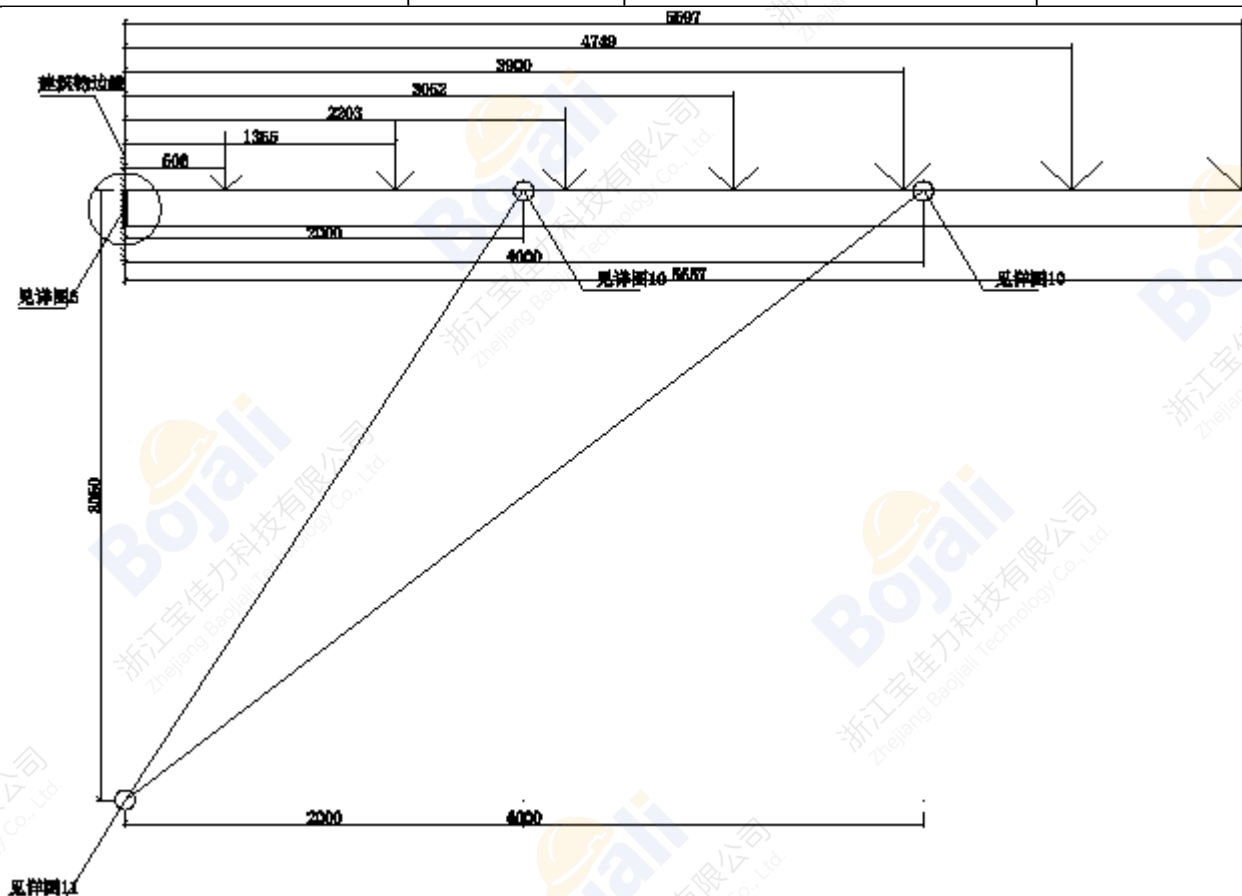
符合要求!

9.2.7 3号主梁验算

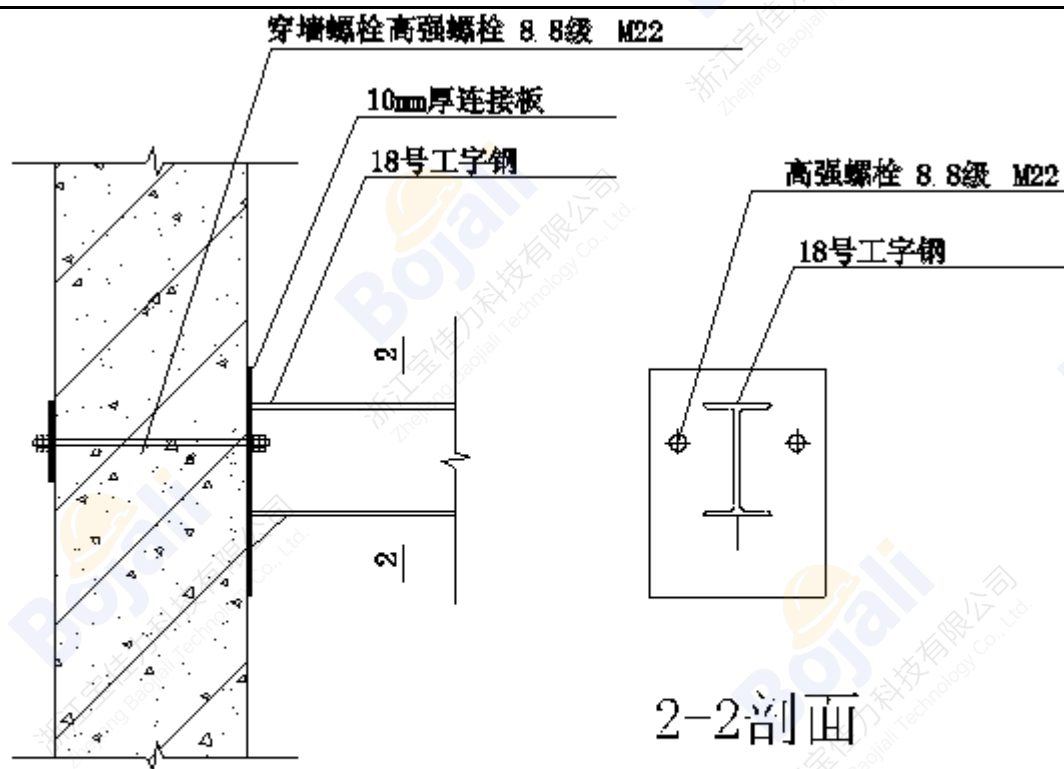
1、3号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125

主梁弹性模量 $E(N/mm^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](mm)$	1/400
--------------------	--------	------------------	-------

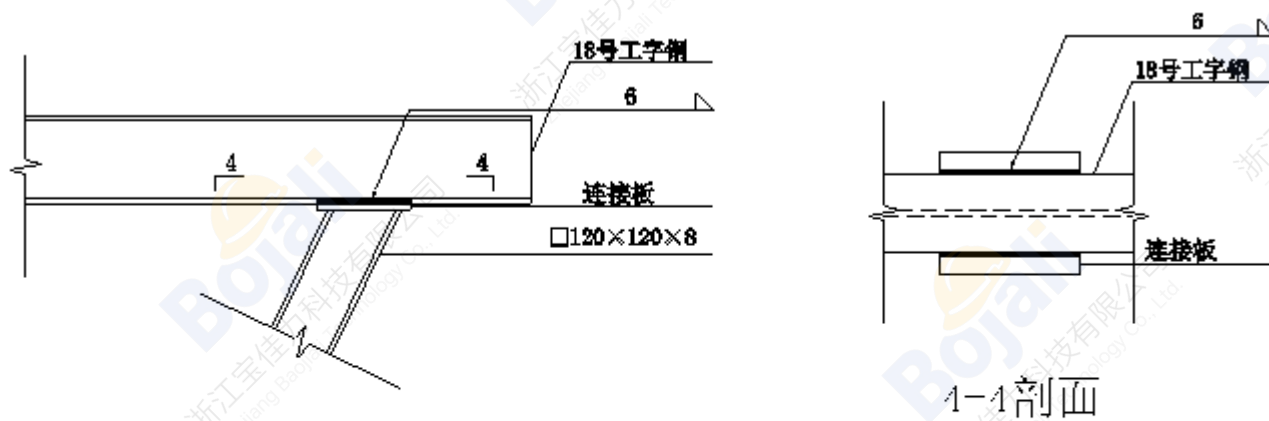


3号主梁图



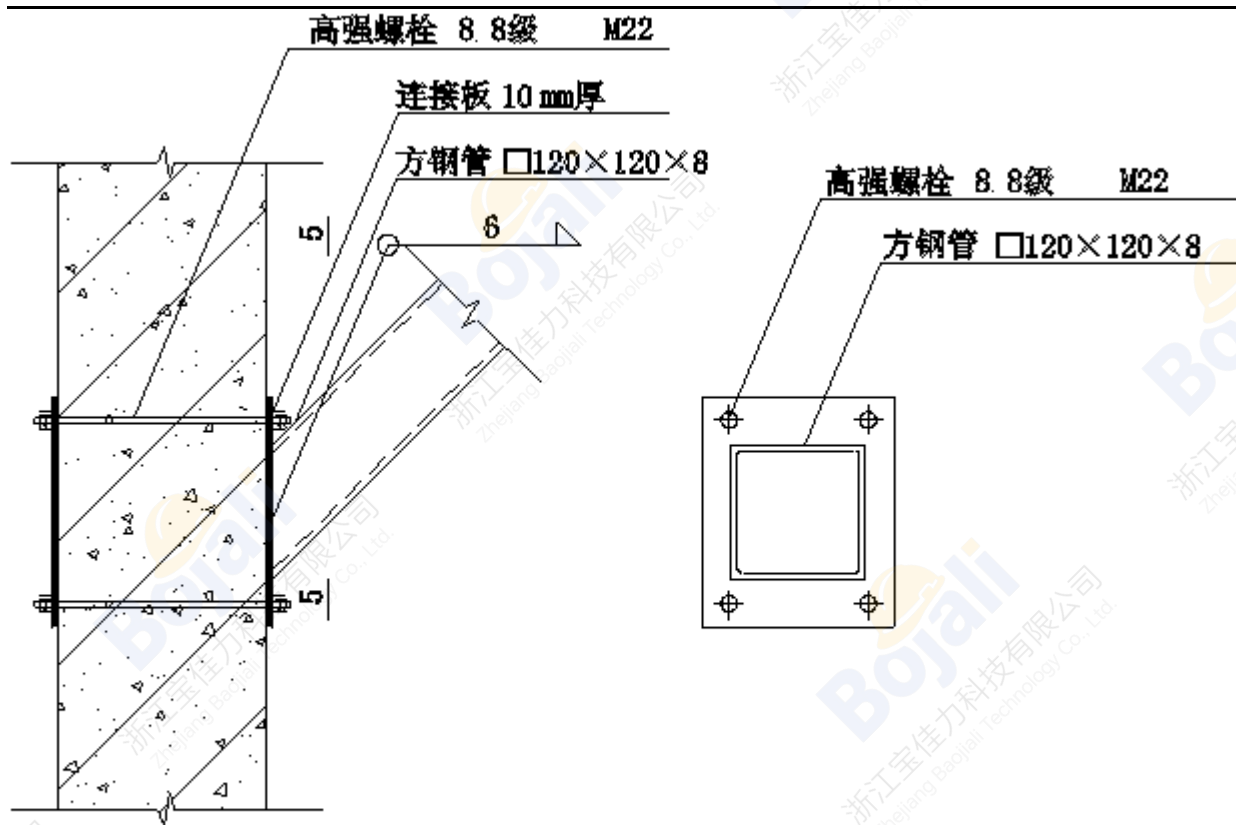
详图6

详图 6



详图10

详图 10



详图11

详图 11

主梁 3 与 B 向第 1 排联梁、A 向第 1 排联梁、B 向第 2 排联梁、A 向第 2 排联梁、B 向第 3 排联梁、A 向第 3 排联梁、B 向第 4 排联梁、A 向第 4 排联梁、B 向第 5 排联梁、A 向第 5 排联梁、B 向第 6 排联梁、A 向第 6 排联梁、B 向第 7 排联梁、A 向第 7 排联梁相交。

B 向第 1 排联梁与 A 向第 1 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

B 向第 2 排联梁与 A 向第 2 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

B 向第 3 排联梁与 A 向第 3 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

B 向第 4 排联梁与 A 向第 4 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

B 向第 5 排联梁与 A 向第 5 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

B 向第 6 排联梁与 A 向第 6 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

B 向第 7 排联梁与 A 向第 7 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为：

$$R_1' = 0 + 0 = 0 \text{ kN}; R_2' = 0 + 0 = 0 \text{ kN}; R_3' = 0 + 0 = 0 \text{ kN}; R_4' = 4.361 + 4.597 = 8.958 \text{ kN}; R_5' = 13.208 + 13.473 = 26.681 \text{ kN}; R_6' = 6.479 + 6.74 = 13.22 \text{ kN}; R_7' = 0 + 0.053 = 0.053 \text{ kN};$$

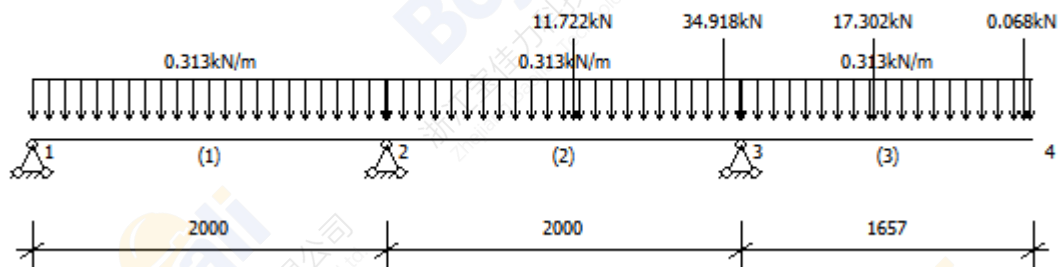
荷载设计值：

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

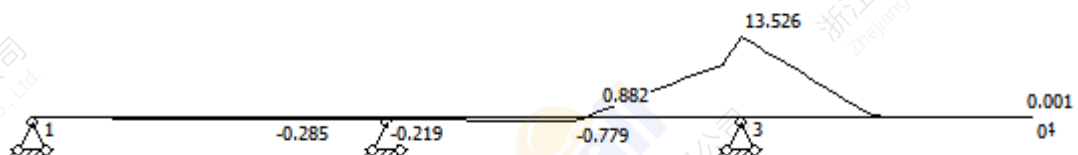
联梁传递的支座反力为：

$$R_1' = 0 + 0 = 0 \text{ kN}; R_2' = 0 + 0 = 0 \text{ kN}; R_3' = 0 + 0 = 0 \text{ kN}; R_4' = 5.707 + 6.015 = 11.722 \text{ kN}; R_5' = 17.286 + 17.632 = 34.918 \text{ kN}; R_6' = 8.48 + 8.822 = 17.302 \text{ kN}; R_7' = 0 + 0.068 = 0.068 \text{ kN};$$

计算简图如下：



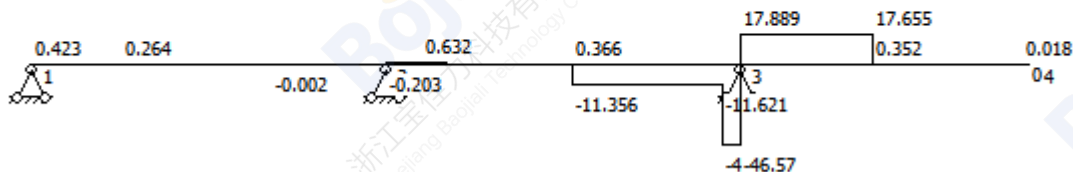
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 13.526 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 73.114 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

2) 抗剪验算



$$V_{\max}=46.57\text{kN}$$

$$\tau_{\max}=V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=46.57\times 1000\times[94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=45.568\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=3.01\text{mm}\leq[v]=2\times l/400=2\times 1657/400=8.285\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=0.423\text{kN};$$

$$R_2=0.899\text{kN};$$

$$R_3=64.459\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固点水平距离(mm)	支撑件上下固定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固定点的水平距离 m(mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	下撑	方钢管	2000	3050	2000	3647	是
2	下撑	方钢管	4000	3050	4000	5030	是

3、下撑杆件验算

1) 下撑杆件稳定性验算

下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	□120×120×8
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	33.642	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	676.88
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	4.49

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1 = \arctan(n_1/m_1) = \arctan(3050/2000) = 56.746^\circ$$

$$\beta_2 = \arctan(n_2/m_2) = \arctan(3050/4000) = 37.326^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1} = R_2 = 0.899\text{kN}$$

$$R_{X2} = R_3 = 64.459\text{kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1} = R_{X1}/\tan\beta_1 = 0.899/\tan(56.746^\circ) = 0.59\text{kN}$$

$$N_{XZ2} = R_{X2}/\tan\beta_2 = 64.459/\tan(37.326^\circ) = 84.535\text{kN}$$

下撑杆件轴向力:

$$N_{X1} = R_{X1}/\sin\beta_1 = 0.899/\sin(56.746^\circ) = 1.075\text{kN}$$

$$N_{X2} = R_{X2}/\sin\beta_2 = 64.459/\sin(37.326^\circ) = 106.306\text{kN}$$

下撑杆件的最大轴向压力: $N_X = \max(N_{X1}, N_{X2}) = \max(1.075, 106.306) = 106.306\text{kN}$

下撑杆长细比:

$$\lambda_1 = L_1/i = 3647/44.9 = 81.225 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_1 = 0.681$

$$\lambda_2 = L_2/i = 5030/44.9 = 112.027 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_2 = 0.481$

轴心受压稳定性计算:

$$N_{X1}/(\varphi_1 A f) = 1075/(0.681 \times 3364.2 \times 205) = 0.002 \leq 1$$

符合要求!

$$N_{X2}/(\varphi_2 A f) = 106306/(0.481 \times 3364.2 \times 205) = 0.32 \leq 1$$

符合要求!

2) 下撑杆与建筑物下撑部位节点验算

① 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	405
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

②高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受下撑杆传来的剪力均相等。

下撑杆 1:

$$V=0.899\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.899/4=0.225\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n\pi d^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 405/1000=89.1\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(0.225/75.815)^2]^{0.5}=0.003\leq 1$$

$$N_v=0.225\text{kN}\leq N_c^b/1.2=89.1/1.2=74.25\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

下撑杆 2:

$$V=64.459\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=64.459/4=16.115\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n\pi d^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 405/1000=89.1\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(16.115/75.815)^2]^{0.5}=0.213\leq 1$$

$$N_v=16.115\text{kN}\leq N_c^b/1.2=89.1/1.2=74.25\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

3) 下撑杆与主梁节点验算

下撑与主梁连接板长 $L(\text{mm})$	200	下撑与主梁连接板宽 $B(\text{mm})$	120
连接板厚 $t_4(\text{mm})$	10	角焊缝焊角尺寸 $h_f(\text{mm})$	6
角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160		

角焊缝长度取连接板长度 L 的 2 倍

$$\text{焊缝所受剪力 } V_1=N_{\text{主梁}}=N\times z_1=0.59\text{kN}$$

焊缝所受剪力 $V_2 = N_{\text{主梁}} = N_{xz2} = 84.535 \text{ kN}$

焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 $N_1 = R_{x1} = R_2 = 0.899 \text{ kN}$

焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 $N_2 = R_{x2} = R_3 = 64.459 \text{ kN}$

下撑杆 1:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_1 / (h_e l_w) = N_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 0.899 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 0.569 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_1 / (h_e l_w) = V_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 0.59 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 0.374 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(0.569 / 1.22)^2 + 0.374^2]^{0.5} = 0.598 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

下撑杆 2:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_2 / (h_e l_w) = N_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 64.459 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 40.817 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_2 / (h_e l_w) = V_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 84.535 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 53.53 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(40.817 / 1.22)^2 + 53.53^2]^{0.5} = 63.125 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

4、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力: $N = N_{xz1} + N_{xz2} = 85.125 \text{ kN}$

压弯构件强度: $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 13.526 \times 10^6 / (1.05 \times 185000) + 85.125 \times 10^3 / 3074 = 97.324 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求!

参考《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 8.2.1 条, 计算弯矩作用平面内外稳定性计算

1) 平面内稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{lx} (1 - 0.8 N / N_{EX}) f} \leq 1.0$$

$$N_{EX} = \pi^2 E A / (1.1 \lambda^2 x)$$

2) 平面外稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_y A f} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_b W_{lx} f} \leq 1.0$$

式中：

φ_x 、 φ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数，根据对应的构件长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定；

λ_x 、 λ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外长细比， $\lambda_x=l_{0x}/i_x$ ， $\lambda_y=l_{0y}/i_y$ ；

l_{0x} 、 l_{0y} -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度（mm），平面内取第一拉结点到附墙支座距离；平面外考虑脚手架立杆、扫地杆的约束作用，取附墙支座至内立杆间距离以及立杆横向间距中的最大值；

β_{mx} -平面内等效弯矩系数，按有横向荷载柱脚铰接的有侧移单层框架柱计算，取 $\beta_{mx}=1.0$ ；

β_{tx} -平面外等效弯矩系数，按端弯矩作用平面外为悬臂构件计算，取 $\beta_{tx}=1.0$ ；

φ_b -均匀弯曲受弯构件整体稳定系数，取 $\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2$ ，当 φ_b 值大于 1.0 时，取 $\varphi_b=1.0$ ；

η -截面影响系数，取 $\eta=1$

故有：

$l_{0x}=2000\text{mm}$ ， $l_{0y}=600\text{mm}$ ； $\lambda_x=l_{0x}/i_x=2000/73.6=27.174$ ； $\lambda_y=l_{0y}/i_y=600/20=30$

查表得 $\varphi_x=0.968$ ， $\varphi_y=0.936$

$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(30^2/44000)\times(235/235)=1.05>1$ ，取 $\varphi_b=1$

$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times206000\times3074/(1.1\times27.174^2)=7694382.662\text{N}$

将各参数代入计算，得：

$N/(\varphi_xAf)+\beta_{mx}M_x/(\gamma_xW_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}'))f=85.125\times10^3/(0.968\times3074\times215)+1\times13.526\times10^6/(1.05\times185\times10^3\times(1-0.8\times85.125\times10^3/7694382.662)\times215)=0.46\leq1$

平面内稳定满足要求！

$N/(\varphi_yAf)+\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_bW_{1x}f)=85.125\times10^3/(0.936\times3074\times215)+1\times1\times13.526\times10^6/(1\times185\times10^3\times215)=0.478\leq1$

平面外稳定满足要求！

5、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	2
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	470

高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400
------------------------------------	-----	------------------------------------	-----

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=0.423\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.423/2=0.211\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n_v\pi d_e^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 470/1000=103.4\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(0.211/75.815)^2]^{0.5}=0.003\leq 1$$

$$N_v=0.211\text{kN}\leq N_c^b/1.2=103.4/1.2=86.167\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

3)、连接端板焊缝计算

由主梁验算章节可知，悬挑主梁建筑物端轴力 $N=85.125\text{kN}$ ，建筑物端剪力 $V=0.423\text{kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度：

$$L_1=2b+2(b-t_w-0.7h_f)=2\times 94+2\times (94-6.5-0.7\times 6)=354.6\text{mm}$$

计算竖向角焊缝总长度：

$$L_2=2(h-2t)=2\times (180-2\times 10.7)=317.2\text{mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度：

$$L=L_1+L_2=354.6+317.2=671.8\text{mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算：

在竖向力作用平面内，假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配，所有水平焊缝（正面角焊缝）的正应力相同，所有竖向焊缝（侧面角焊缝）的剪应力相同，

$$\text{则有 } N_{\text{正}}+N_{\text{侧}}=V, N_{\text{正}}:N_{\text{侧}}=L_1\beta_f:L_2$$

$$\text{得出水平焊缝总受力为 } N_{\text{正}}=0.242\text{kN}, \text{ 竖向焊缝总受力为 } N_{\text{侧}}=0.181\text{kN}$$

在竖向力作用下，水平角焊缝应力为：

$$\sigma_1=N_{\text{正}}/(0.7h_fL_1)=0.242\times 10^3/(0.7\times 6\times 354.6)=0.163\text{N/mm}^2$$

在竖向力作用下，竖向角焊缝应力为：

$$\tau_1=N_{\text{侧}}/(0.7h_fL_2)=0.181\times 10^3/(0.7\times 6\times 317.2)=0.136\text{N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算：

在水平力作用平面内，假定水平力由所有焊缝共同承担，则水平力对所有焊缝产生的压应力为：

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

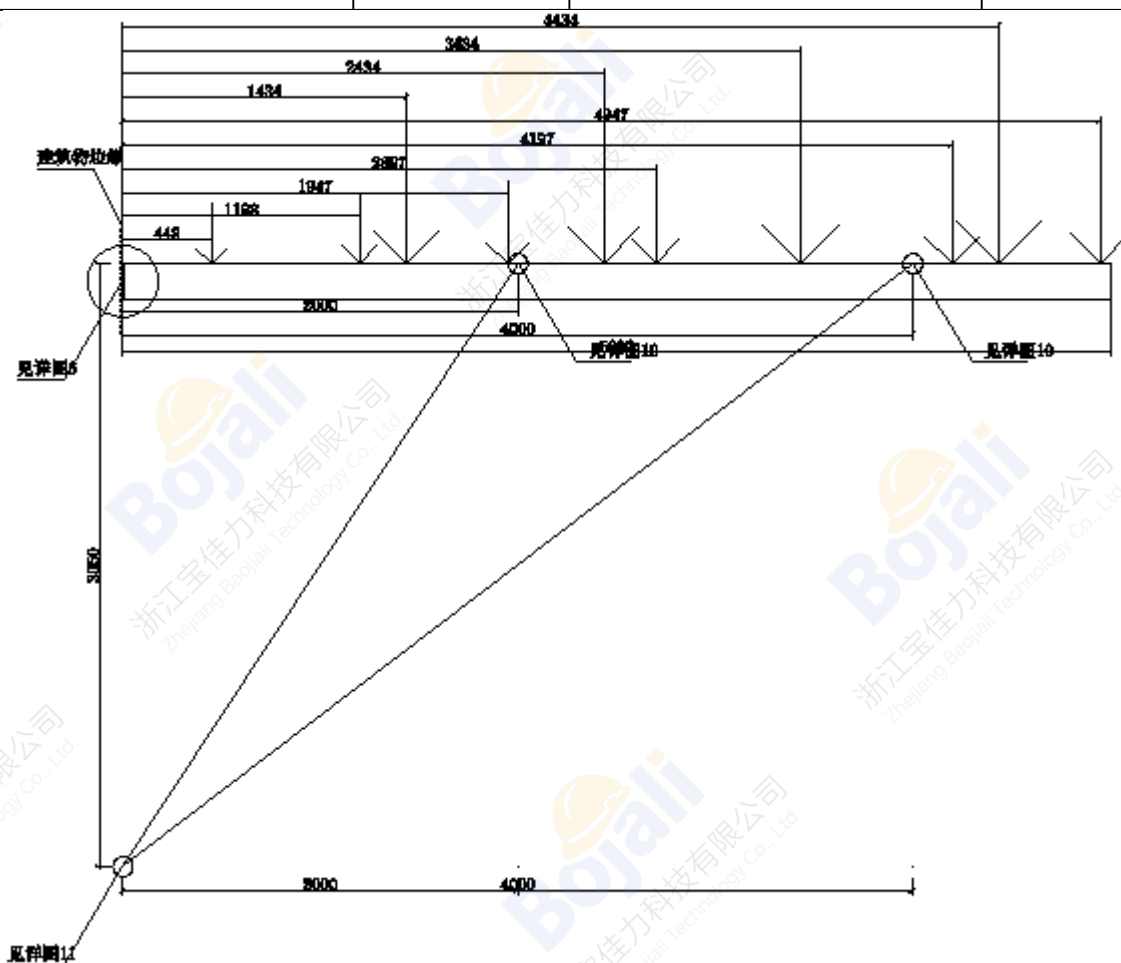
竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

符合要求！

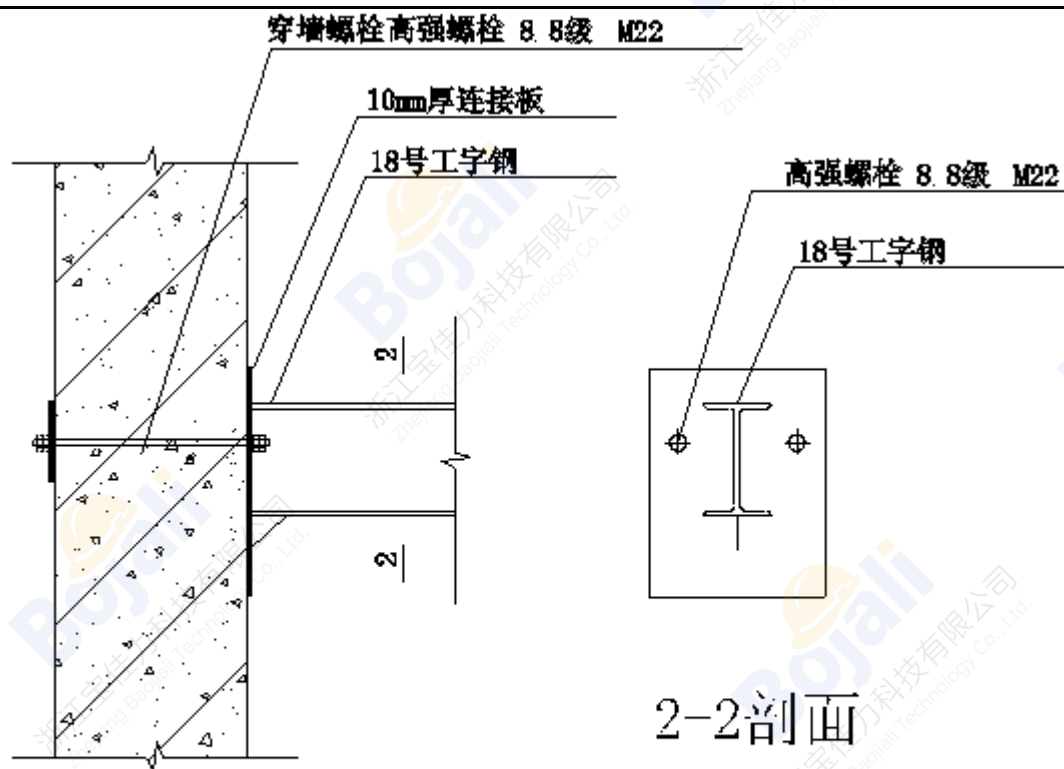
9.2.8 4号主梁验算

1、4号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/400

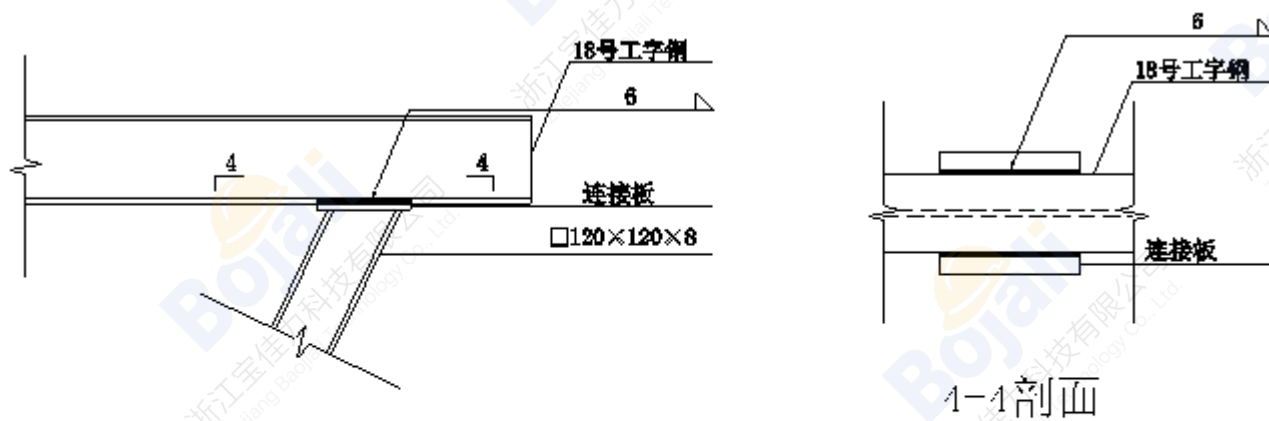


4号主梁图



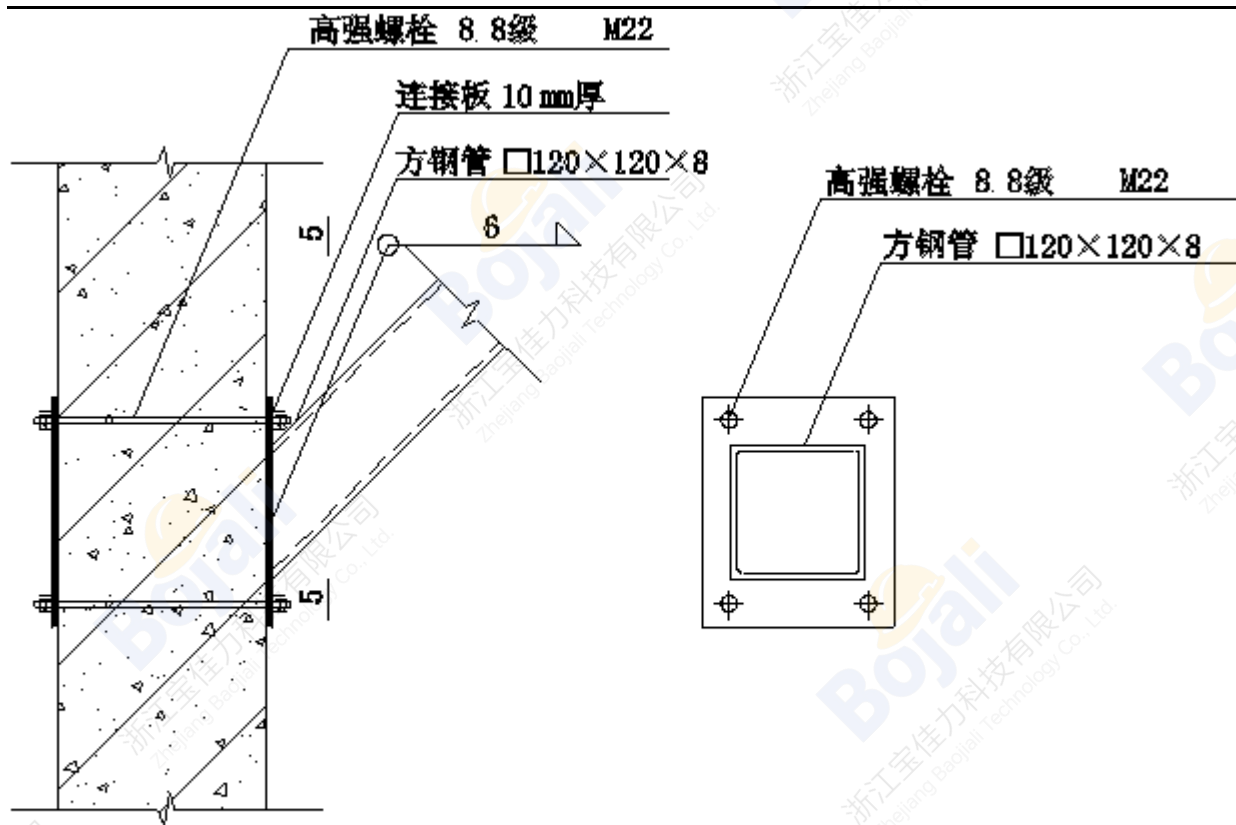
详图6

详图 6



详图10

详图 10



详图11

详图 11

主梁 4 与 A 向第 1 排联梁、A 向第 2 排联梁、B 向第 1 排联梁、A 向第 3 排联梁、B 向第 2 排联梁、A 向第 4 排联梁、B 向第 3 排联梁、A 向第 5 排联梁、A 向第 6 排联梁、B 向第 4 排联梁、A 向第 7 排联梁相交。

B 向第 5 排联梁与 A 向第 3 排联梁的交点在该主梁上，交点处对主梁的支座反力应为此两根联梁在此处的支座反力之和。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为：

$$R_1' = 15.361 \text{ kN}; R_2' = 8.696 \text{ kN}; R_3' = 54.548 \text{ kN}; R_4' = 7.096 \text{ kN}; R_5' = 29.622 \text{ kN}; R_6' = 8.013 \text{ kN}; R_7' = 5.612 + 15.248 = 20.86 \text{ kN}; R_8' = 11.876 \text{ kN}; R_9' = 7.232 \text{ kN}; R_{10}' = 15.898 \text{ kN};$$

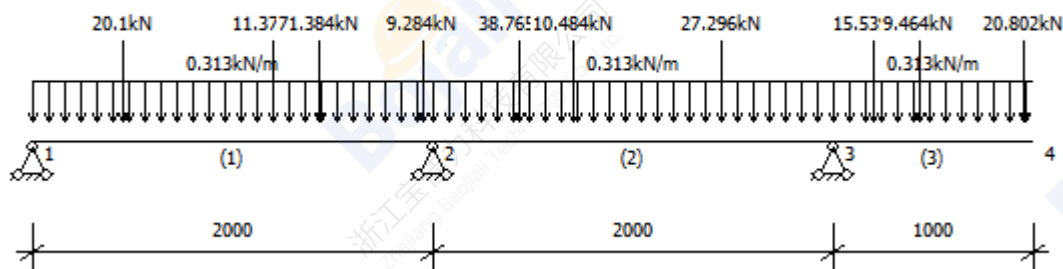
荷载设计值：

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

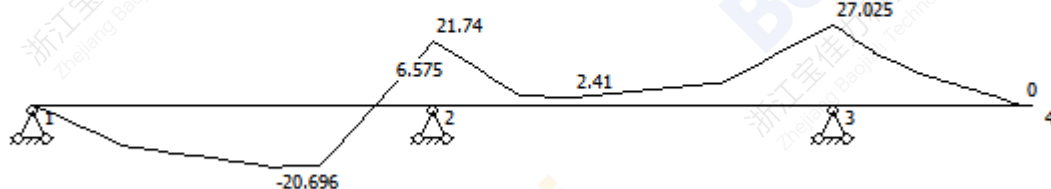
联梁传递的支座反力为：

$$R_1 = 20.1 \text{ kN}; R_2 = 11.378 \text{ kN}; R_3 = 71.384 \text{ kN}; R_4 = 9.284 \text{ kN}; R_5 = 38.765 \text{ kN}; R_6 = 10.484 \text{ kN}; R_7' = 7.341 + 19.955 = 27.296 \text{ kN}; R_8 = 15.539 \text{ kN}; R_9 = 9.464 \text{ kN}; R_{10} = 20.802 \text{ kN};$$

计算简图如下:



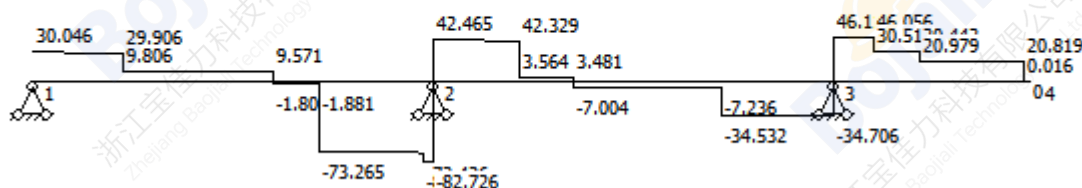
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 27.025 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 146.081 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 82.726 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 82.726 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 80.946 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=4.211\text{mm}\leq[v]=2\times l/400=2\times 1000/400=5\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=30.046\text{kN};$$

$$R_2=125.191\text{kN};$$

$$R_3=80.824\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固点水平距离(mm)	支撑件上下固定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固定点的水平距离 m(mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	下撑	方钢管	2000	3050	2000	3647	是
2	下撑	方钢管	4000	3050	4000	5030	是

3、下撑杆件验算

1) 下撑杆件稳定性验算

下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	$\square 120\times 120\times 8$
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	33.642	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	676.88
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	4.49

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(3050/2000)=56.746^\circ$$

$$\beta_2=\arctan(n_2/m_2)=\arctan(3050/4000)=37.326^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1}=R_2=125.191\text{kN}$$

$$R_{X2}=R_3=80.824\text{kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1} = R_{X1}/\tan\beta_1 = 125.191/\tan(56.746^\circ) = 82.091\text{kN}$$

$$N_{XZ2} = R_{X2}/\tan\beta_2 = 80.824/\tan(37.326^\circ) = 105.997\text{kN}$$

下撑杆件轴向力:

$$N_{X1} = R_{X1}/\sin\beta_1 = 125.191/\sin(56.746^\circ) = 149.705\text{kN}$$

$$N_{X2} = R_{X2}/\sin\beta_2 = 80.824/\sin(37.326^\circ) = 133.297\text{kN}$$

$$\text{下撑杆件的最大轴向压力: } N_X = \max(N_{X1}, N_{X2}) = \max(149.705, 133.297) = 149.705\text{kN}$$

下撑杆长细比:

$$\lambda_1 = L_1/i = 3647/44.9 = 81.225 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_1 = 0.681$

$$\lambda_2 = L_2/i = 5030/44.9 = 112.027 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_2 = 0.481$

轴心受压稳定性计算:

$$N_{X1}/(\varphi_1 A f) = 149705/(0.681 \times 3364.2 \times 205) = 0.319 \leq 1$$

符合要求!

$$N_{X2}/(\varphi_2 A f) = 133297/(0.481 \times 3364.2 \times 205) = 0.402 \leq 1$$

符合要求!

2) 下撑杆与建筑物下撑部位节点验算

①计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	405
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

②高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受下撑杆传来的剪力均相等。

下撑杆 1:

$$V = 125.191\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V/n = 125.191/4 = 31.298\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d_e^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815\text{kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(31.298 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.413 \leq 1$$

$$N_v = 31.298 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

下撑杆 2:

$$V = 80.824 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 80.824 / 4 = 20.206 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d^2 e f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(20.206 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.267 \leq 1$$

$$N_v = 20.206 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

3) 下撑杆与主梁节点验算

下撑与主梁连接板长 L(mm)	200	下撑与主梁连接板宽 B(mm)	120
连接板厚 t ₄ (mm)	10	角焊缝焊角尺寸 h _f (mm)	6
角焊缝强度设计值 f _f ^w (N/mm ²)	160		

角焊缝长度取连接板长度 L 的 2 倍

$$\text{焊缝所受剪力 } V_1 = N_{\text{主梁}} = N_{x1} = 82.091 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受剪力 } V_2 = N_{\text{主梁}} = N_{x2} = 105.997 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_1 = R_{x1} = R_2 = 125.191 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_2 = R_{x2} = R_3 = 80.824 \text{ kN}$$

下撑杆 1:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_1 / (h_e l_w) = N_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 125.191 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 79.275 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_1 / (h_e l_w) = V_1 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 82.091 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 51.983 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(79.275 / 1.22)^2 + 51.983^2]^{0.5} = 83.214 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

下撑杆 2:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_2 / (h_e l_w) = N_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 80.824 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 51.181 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_2 / (h_e l_w) = V_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 105.997 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 67.121 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(51.181 / 1.22)^2 + 67.121^2]^{0.5} = 79.153 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

4、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力: $N = N_{xz1} + N_{xz2} = 188.088 \text{ kN}$

压弯构件强度: $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 27.025 \times 10^6 / (1.05 \times 185000) + 188.088 \times 10^3 / 3074 = 200.312 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求!

参考《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 8.2.1 条, 计算弯矩作用平面内外稳定性计算

1) 平面内稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{lx} (1 - 0.8 N / N_{EX}) f} \leq 1.0$$

$$N_{EX} = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_x^2)$$

2) 平面外稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_y A f} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_b W_{lx} f} \leq 1.0$$

式中:

φ_x 、 φ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数, 根据对应的构件长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定;

λ_x 、 λ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外长细比, $\lambda_x = l_{0x} / i_x$, $\lambda_y = l_{0y} / i_y$;

l_{0x} 、 l_{0y} -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度 (mm), 平面内取第一拉结点到附墙支座距离; 平面外考虑脚手架立杆、扫地杆的约束作用, 取附墙支座至内立杆间距离以及立杆横向间距中的最大值;

β_{mx} -平面内等效弯矩系数, 按有横向荷载柱脚铰接的有侧移单层框架柱计算, 取 $\beta_{mx} = 1.0$;

β_{tx} -平面外等效弯矩系数, 按端弯矩作用平面外为悬臂构件计算, 取 $\beta_{tx} = 1.0$;

φ_b -均匀弯曲受弯构件整体稳定系数, 取 $\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 \varepsilon_k^2$, 当 φ_b 值大于 1.0 时, 取 $\varphi_b = 1.0$;

η -截面影响系数, 取 $\eta = 1$

故有:

$$l_{0x}=2000\text{mm}, l_{0y}=600\text{mm}; \lambda_x=l_{0x}/i_x=2000/73.6=27.174; \lambda_y=l_{0y}/i_y=600/20=30$$

查表得 $\varphi_x=0.968$, $\varphi_y=0.936$

$$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(30^2/44000)\times(235/235)=1.05>1, \text{取} \varphi_b=1$$

$$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times 206000\times 3074/(1.1\times 27.174^2)=7694382.662\text{N}$$

将各参数代入计算, 得:

$$N/(\varphi_xAf)+\beta_{mx}M_x/(\gamma_xW_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}')f)=188.088\times 10^3/(0.968\times 3074\times 215)+1\times 27.025\times 10^6/(1.05\times 185\times 10^3\times (1-0.8\times 188.088\times 10^3/7694382.662)\times 215)=0.954\leq 1$$

平面内稳定满足要求!

$$N/(\varphi_yAf)+\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_bW_{1x}f)=188.088\times 10^3/(0.936\times 3074\times 215)+1\times 1\times 27.025\times 10^6/(1\times 185\times 10^3\times 215)=0.983\leq 1$$

平面外稳定满足要求!

5、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	2
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	470
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=30.046\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=30.046/2=15.023\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n_v\pi d^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 470/1000=103.4\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(15.023/75.815)^2]^{0.5}=0.198\leq 1$$

$$N_v=15.023\text{kN}\leq N_c^b/1.2=103.4/1.2=86.167\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

3)、连接端板焊缝计算

由主梁验算章节可知, 悬挑主梁建筑物端轴力 $N=188.088\text{kN}$, 建筑物端剪力 $V=30.046\text{kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度:

$$L_1=2b+2(b-t_w-0.7h_f)=2\times 94+2\times(94-6.5-0.7\times 6)=354.6\text{mm}$$

计算竖向角焊缝总长度:

$$L_2=2(h-2t)=2\times(180-2\times 10.7)=317.2\text{mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度:

$$L=L_1+L_2=354.6+317.2=671.8\text{mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算:

在竖向力作用平面内, 假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配, 所有水平焊缝 (正面角焊缝) 的正应力相同, 所有竖向焊缝 (侧面角焊缝) 的剪应力相同, 则有 $N_{\text{正}}+N_{\text{侧}}=V$, $N_{\text{正}}:N_{\text{侧}}=L_1\beta_f:L_2$

得出水平焊缝总受力为 $N_{\text{正}}=17.214\text{kN}$, 竖向焊缝总受力为 $N_{\text{侧}}=12.832\text{kN}$

在竖向力作用下, 水平角焊缝应力为:

$$\sigma_1=N_{\text{正}}/(0.7h_fL_1)=17.214\times 10^3/(0.7\times 6\times 354.6)=11.558\text{N/mm}^2$$

在竖向力作用下, 竖向角焊缝应力为:

$$\tau_1=N_{\text{侧}}/(0.7h_fL_2)=12.832\times 10^3/(0.7\times 6\times 317.2)=9.632\text{N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算:

在水平力作用平面内, 假定水平力由所有焊缝共同承担, 则水平力对所有焊缝产生的压应力为:

$$\sigma_2=N/(0.7h_fL)=188.088\times 10^3/(0.7\times 6\times 671.8)=66.661\text{N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_1+\sigma_2)/\beta_f]^2]^{0.5}=[((11.558+66.661)/1.2)^2]^{0.5}=64.114\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_2/\beta_f)^2+\tau_1^2]^{0.5}=[(66.661/1.2)^2+9.632^2]^{0.5}=55.483\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

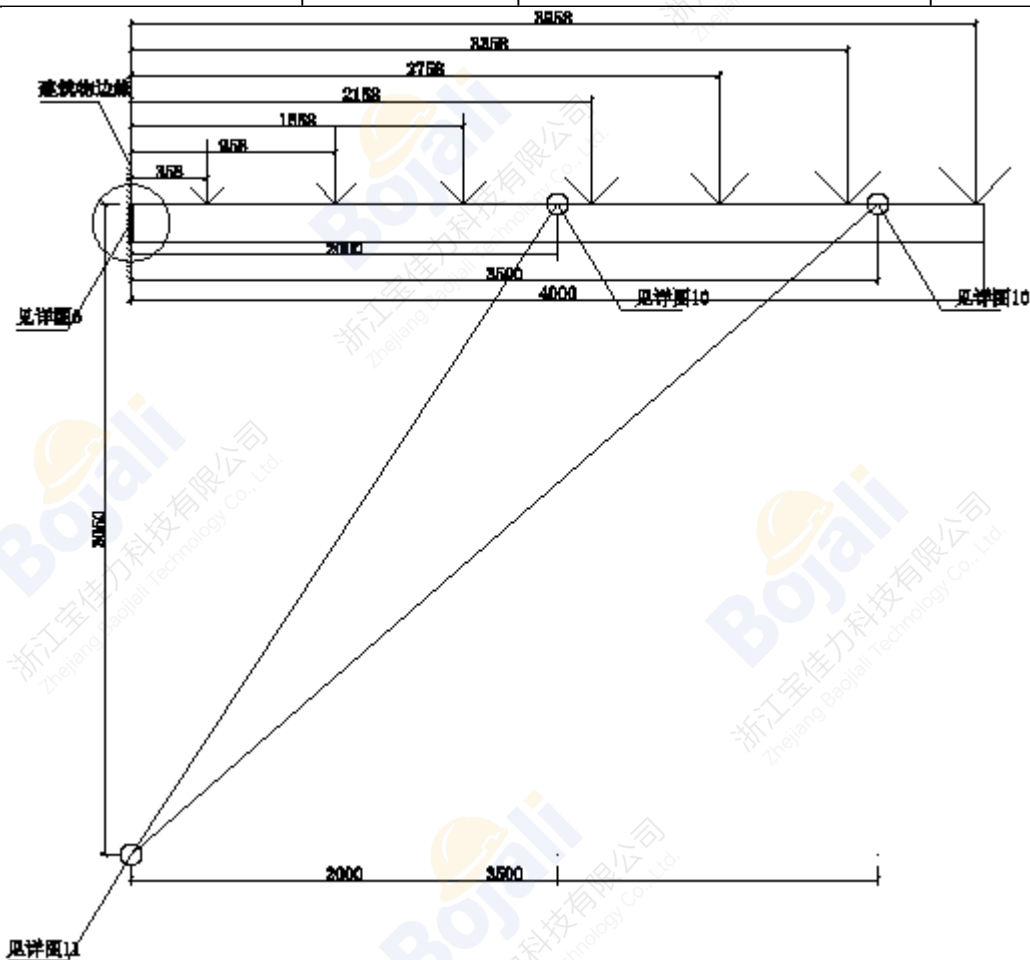
符合要求!

9.2.9 5号主梁验算

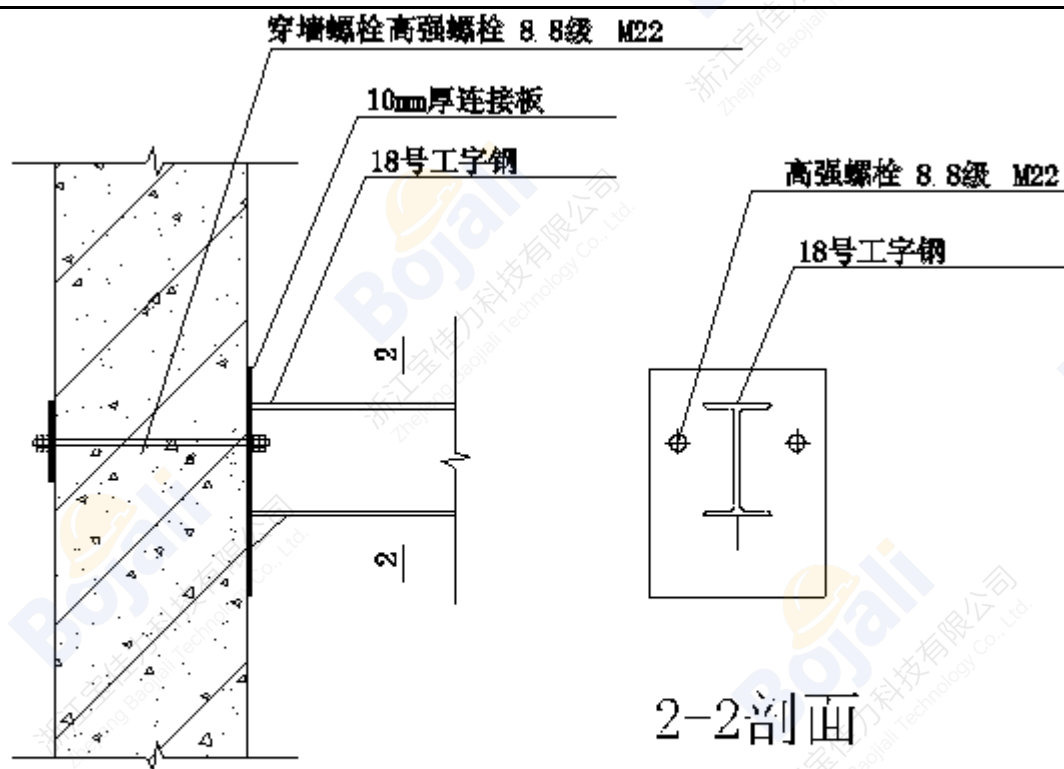
1、5号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	18号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	30.74	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1660
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	185	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.241
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau(\text{N/mm}^2)$	125

主梁弹性模量 $E(N/mm^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](mm)$	1/400
--------------------	--------	------------------	-------

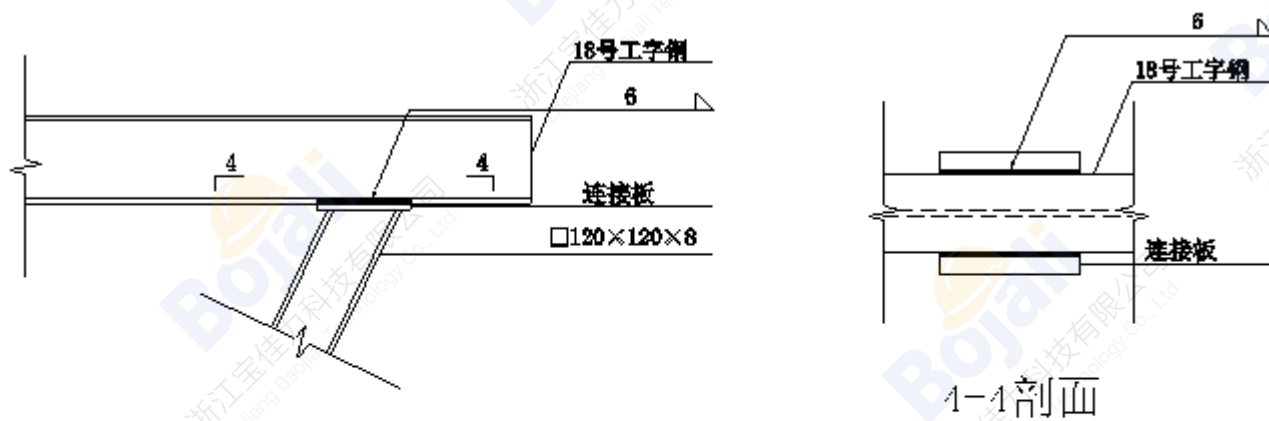


5号主梁图



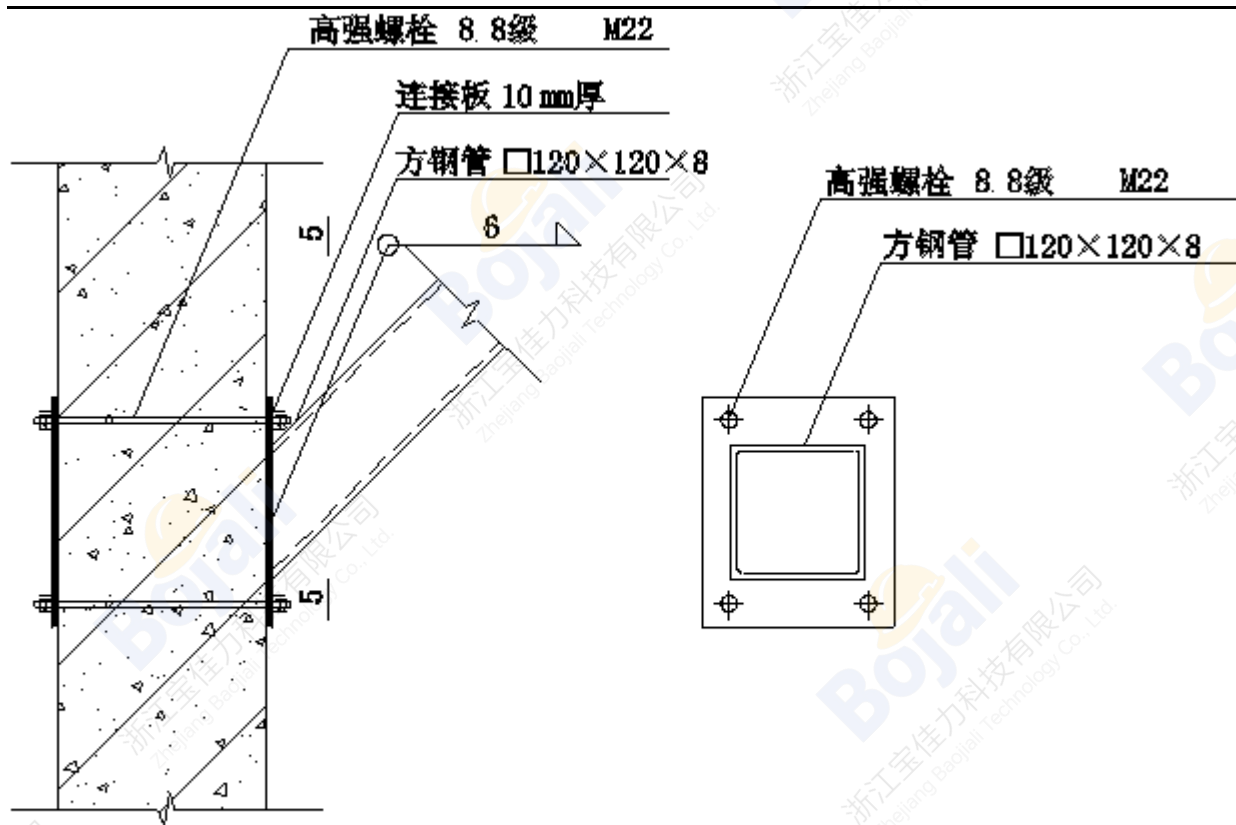
详图6

详图 6



详图10

详图 10



详图11

详图 11

主梁 5 与 A 向第 1 排联梁、A 向第 2 排联梁、A 向第 3 排联梁、A 向第 4 排联梁、A 向第 5 排联梁、A 向第 6 排联梁、A 向第 7 排联梁相交。

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.241 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为:

$$R_1' = 0 \text{ kN}; R_2' = 5.112 \text{ kN}; R_3' = 5.723 \text{ kN}; R_4' = 6.307 \text{ kN}; R_5' = 7.159 \text{ kN}; R_6' = 7.624 \text{ kN}; R_7' = 8.257 \text{ kN};$$

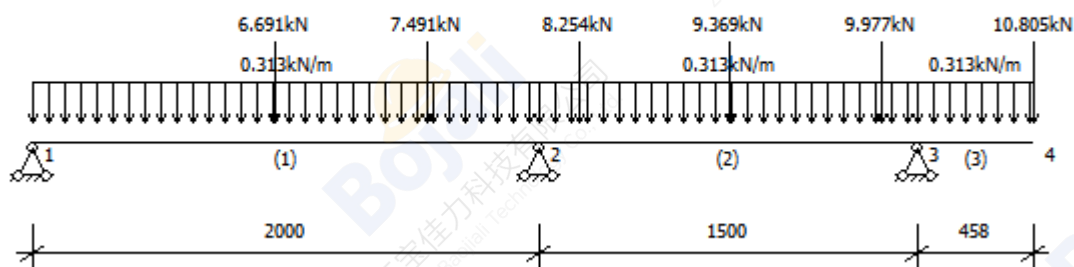
荷载设计值:

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.241 = 0.313 \text{ kN/m}$$

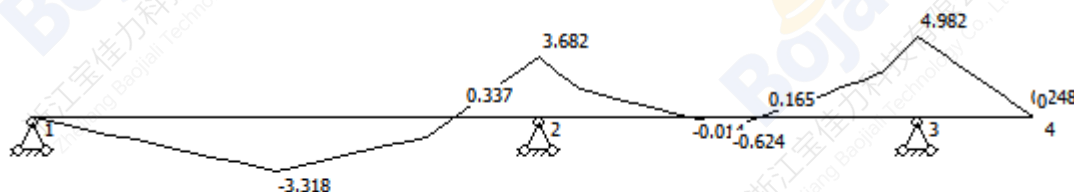
联梁传递的支座反力为:

$$R_1 = 0 \text{ kN}; R_2 = 6.691 \text{ kN}; R_3 = 7.491 \text{ kN}; R_4 = 8.254 \text{ kN}; R_5 = 9.369 \text{ kN}; R_6 = 9.977 \text{ kN}; R_7 = 10.805 \text{ kN};$$

计算简图如下:



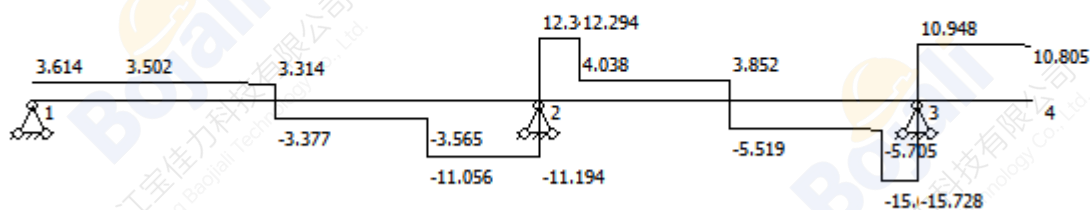
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 4.982 \times 10^6 / (185 \times 10^3) = 26.93 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 15.728 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 15.728 \times 1000 \times [94 \times 180^2 - (94 - 6.5) \times 158.6^2] / (8 \times 16600000 \times 6.5) = 15.39 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.231 \text{ mm} \leq [v]=l/400=2000/400=5\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=3.614\text{kN};$$

$$R_2=23.535\text{kN};$$

$$R_3=26.677\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固点水平距离(mm)	支撑件上下固定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固定点的水平距离 m(mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	下撑	方钢管	2000	3050	2000	3647	是
2	下撑	方钢管	3500	3050	3500	4642	是

3、下撑杆件验算

1) 下撑杆件稳定性验算

下撑杆材料类型	方钢管	下撑杆截面类型	$\square 120 \times 120 \times 8$
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	33.642	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	676.88
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	112.81	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	4.49

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(3050/2000)=56.746^\circ$$

$$\beta_2=\arctan(n_2/m_2)=\arctan(3050/3500)=41.07^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1}=R_2=23.535\text{kN}$$

$$R_{X2}=R_3=26.677\text{kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1} = R_{X1} / \tan \beta_1 = 23.535 / \tan(56.746^\circ) = 15.433 \text{ kN}$$

$$N_{XZ2} = R_{X2} / \tan \beta_2 = 26.677 / \tan(41.07^\circ) = 30.613 \text{ kN}$$

下撑杆件轴向力:

$$N_{X1} = R_{X1} / \sin \beta_1 = 23.535 / \sin(56.746^\circ) = 28.144 \text{ kN}$$

$$N_{X2} = R_{X2} / \sin \beta_2 = 26.677 / \sin(41.07^\circ) = 40.605 \text{ kN}$$

$$\text{下撑杆件的最大轴向压力: } N_X = \max(N_{X1}, N_{X2}) = \max(28.144, 40.605) = 40.605 \text{ kN}$$

下撑杆长细比:

$$\lambda_1 = L_1 / i = 3647 / 44.9 = 81.225 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_1 = 0.681$

$$\lambda_2 = L_2 / i = 4642 / 44.9 = 103.385 \leq 200$$

符合要求!

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\varphi_2 = 0.536$

轴心受压稳定性计算:

$$N_{X1} / (\varphi_1 A f) = 28144 / (0.681 \times 3364.2 \times 205) = 0.06 \leq 1$$

符合要求!

$$N_{X2} / (\varphi_2 A f) = 40605 / (0.536 \times 3364.2 \times 205) = 0.11 \leq 1$$

符合要求!

2) 下撑杆与建筑物下撑部位节点验算

① 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	4
高强螺栓的有效直径 (mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N}/\text{mm}^2)$	405
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N}/\text{mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N}/\text{mm}^2)$	400

② 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受下撑杆传来的剪力均相等。

下撑杆 1:

$$V = 23.535 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 23.535 / 4 = 5.884 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d_e^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(5.884 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.078 \leq 1$$

$$N_v = 5.884 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

下撑杆 2:

$$V = 26.677 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v = V / n = 26.677 / 4 = 6.669 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = n_v \pi d^2 e f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 19.65^2 \times 250 / (4 \times 1000) = 75.815 \text{ kN}$$

承压承载力设计值 $N_c^b = d \times d_t \times f_c^b / 1000 = 22 \times 10 \times 405 / 1000 = 89.1 \text{ kN}$

$$[(N_v / N_v^b)^2]^{0.5} = [(6.669 / 75.815)^2]^{0.5} = 0.088 \leq 1$$

$$N_v = 6.669 \text{ kN} \leq N_c^b / 1.2 = 89.1 / 1.2 = 74.25 \text{ kN}$$

承压承载力满足要求。

3) 下撑杆与主梁节点验算

下撑与主梁连接板长 L(mm)	200	下撑与主梁连接板宽 B(mm)	120
连接板厚 t ₄ (mm)	10	角焊缝焊角尺寸 h _f (mm)	6
角焊缝强度设计值 f _f ^w (N/mm ²)	160		

角焊缝长度取连接板长度 L 的 2 倍

$$\text{焊缝所受剪力 } V_1 = N_{\text{主梁}} = N_{x1} = 15.433 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受剪力 } V_2 = N_{\text{主梁}} = N_{x2} = 30.613 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_1 = R_{x1} = R_2 = 23.535 \text{ kN}$$

$$\text{焊缝所受压力为主梁在下撑杆处的支座力 } N_2 = R_{x2} = R_3 = 26.677 \text{ kN}$$

下撑杆 1:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_1 / (h_e l_w) = N_1 / [0.7 h_f \times 2 (L - 2 h_f)] = 23.535 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 14.903 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_1 / (h_e l_w) = V_1 / [0.7 h_f \times 2 (L - 2 h_f)] = 15.433 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 9.773 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(14.903 / 1.22)^2 + 9.773^2]^{0.5} = 15.644 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

下撑杆 2:

焊缝正应力:

$$\sigma_f = N_2 / (h_e l_w) = N_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 26.677 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 16.893 \text{ N/mm}^2$$

焊缝剪应力:

$$\tau_f = V_2 / (h_e l_w) = V_2 / [0.7 h_f \times 2(L - 2h_f)] = 30.613 \times 10^3 / [0.7 \times 6 \times 2 \times (200 - 2 \times 6)] = 19.385 \text{ N/mm}^2$$

角焊缝验算:

$$[(\sigma_f / \beta_f)^2 + \tau_f^2]^{0.5} = [(16.893 / 1.22)^2 + 19.385^2]^{0.5} = 23.822 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

4、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力: $N = N_{xz1} + N_{xz2} = 46.046 \text{ kN}$

压弯构件强度: $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 4.982 \times 10^6 / (1.05 \times 185000) + 46.046 \times 10^3 / 3074 = 40.627 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求!

参考《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 8.2.1 条, 计算弯矩作用平面内外稳定性计算

1) 平面内稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{lx} (1 - 0.8 N / N_{EX}) f} \leq 1.0$$

$$N_{EX} = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_x^2)$$

2) 平面外稳定性计算

$$\frac{N}{\varphi_y A f} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_b W_{lx} f} \leq 1.0$$

式中:

φ_x 、 φ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数, 根据对应的构件长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定;

λ_x 、 λ_y -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外长细比, $\lambda_x = l_{0x} / i_x$, $\lambda_y = l_{0y} / i_y$;

l_{0x} 、 l_{0y} -主承力钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度 (mm), 平面内取第一拉结点到附墙支座距离; 平面外考虑脚手架立杆、扫地杆的约束作用, 取附墙支座至内立杆间距以及立杆横向间距中的最大值;

β_{mx} -平面内等效弯矩系数, 按有横向荷载柱脚铰接的有侧移单层框架柱计算, 取 $\beta_{mx} = 1.0$;

β_{tx} -平面外等效弯矩系数, 按端弯矩作用平面外为悬臂构件计算, 取 $\beta_{tx} = 1.0$;

φ_b -均匀弯曲受弯构件整体稳定系数, 取 $\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 \varepsilon_k^2$, 当 φ_b 值大于 1.0 时, 取 $\varphi_b = 1.0$;

η -截面影响系数, 取 $\eta = 1$

故有:

$$l_{0x}=2000\text{mm}, l_{0y}=600\text{mm}; \lambda_x=l_{0x}/i_x=2000/73.6=27.174; \lambda_y=l_{0y}/i_y=600/20=30$$

查表得 $\varphi_x=0.968$, $\varphi_y=0.936$

$$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(30^2/44000)\times(235/235)=1.05>1, \text{取} \varphi_b=1$$

$$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times 206000\times 3074/(1.1\times 27.174^2)=7694382.662\text{N}$$

将各参数代入计算, 得:

$$N/(\varphi_x Af)+\beta_{mx}M_x/(\gamma_x W_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}'))f=46.046\times 10^3/(0.968\times 3074\times 215)+1\times 4.982\times 10^6/(1.05\times 185\times 10^3\times (1-0.8\times 46.046\times 10^3/7694382.662)\times 215)=0.192\leq 1$$

平面内稳定满足要求!

$$N/(\varphi_y Af)+\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_b W_{1x}f)=46.046\times 10^3/(0.936\times 3074\times 215)+1\times 4.982\times 10^6/(1\times 185\times 10^3\times 215)=0.2\leq 1$$

平面外稳定满足要求!

5、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	承压型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M22	高强螺栓个数 n	2
高强螺栓的有效直径(mm)	19.65	高强螺栓承压强度设计值 $f_c^b(\text{N/mm}^2)$	470
高强螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	250	高强螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	400

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=3.614\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=3.614/2=1.807\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=n_v\pi d^2 f_v^b/4=1\times 3.142\times 19.65^2\times 250/(4\times 1000)=75.815\text{kN}$$

$$\text{承压承载力设计值 } N_c^b=d\times d_t\times f_c^b/1000=22\times 10\times 470/1000=103.4\text{kN}$$

$$[(N_v/N_v^b)^2]^{0.5}=[(1.807/75.815)^2]^{0.5}=0.024\leq 1$$

$$N_v=1.807\text{kN}\leq N_c^b/1.2=103.4/1.2=86.167\text{kN}$$

承压承载力满足要求。

3)、连接端板焊缝计算

由主梁验算章节可知, 悬挑主梁建筑物端轴力 $N=46.046\text{kN}$, 建筑物端剪力 $V=3.614\text{kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度：

$$L_1 = 2b + 2(b - t_w - 0.7h_f) = 2 \times 94 + 2 \times (94 - 6.5 - 0.7 \times 6) = 354.6 \text{ mm}$$

计算竖向角焊缝总长度：

$$L_2 = 2(h - 2t) = 2 \times (180 - 2 \times 10.7) = 317.2 \text{ mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度：

$$L = L_1 + L_2 = 354.6 + 317.2 = 671.8 \text{ mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算：

在竖向力作用平面内，假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配，所有水平焊缝（正面角焊缝）的正应力相同，所有竖向焊缝（侧面角焊缝）的剪应力相同，则有 $N_{\text{正}} + N_{\text{侧}} = V$ ， $N_{\text{正}} : N_{\text{侧}} = L_1 \beta_f : L_2$

得出水平焊缝总受力为 $N_{\text{正}} = 2.071 \text{ kN}$ ，竖向焊缝总受力为 $N_{\text{侧}} = 1.543 \text{ kN}$

在竖向力作用下，水平角焊缝应力为：

$$\sigma_1 = N_{\text{正}} / (0.7h_f L_1) = 2.071 \times 10^3 / (0.7 \times 6 \times 354.6) = 1.39 \text{ N/mm}^2$$

在竖向力作用下，竖向角焊缝应力为：

$$\tau_1 = N_{\text{侧}} / (0.7h_f L_2) = 1.543 \times 10^3 / (0.7 \times 6 \times 317.2) = 1.159 \text{ N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算：

在水平力作用平面内，假定水平力由所有焊缝共同承担，则水平力对所有焊缝产生的压应力为：

$$\sigma_2 = N / (0.7h_f L) = 46.046 \times 10^3 / (0.7 \times 6 \times 671.8) = 16.319 \text{ N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下：

$$[(\sigma_1 + \sigma_2) / \beta_f]^{0.5} = [(1.39 + 16.319) / 1.2]^{0.5} = 14.516 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下：

$$[(\sigma_2 / \beta_f)^2 + \tau_1^2]^{0.5} = [(16.319 / 1.2)^2 + 1.159^2]^{0.5} = 13.427 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

9.3 相关人员证书

9.3.1 安全员

建筑施工企业综合类专职安全生产管理人员	
安全生产考核合格证书	
编号：浙建安C3(2024)6106898	
姓 名：	陈钱炜
性 别：	男
出 生 年 月：	1999年11月
企 业 名 称：	中交三公局华东建设工程有限公司
职 务：	专职安全生产管理人员
初次领证日期：	2024年10月31日
有 效 期：	2024年10月31日 至 2027年10月30日
	发证机关：浙江省住房和城乡建设厅
	发证日期：2024年10月31日

中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工企业综合类专职安全生产管理人员

安全生产考核合格证书

编号：浙建安C3(2024)6105105

姓名：蒙诗培

性别：男

出生年月：1998年10月

企业名称：中交三公局华东建设工程有限公司

职务：专职安全生产管理人员

初次领证日期：2024年08月16日

有效期：2024年08月16日至 2027年08月15日



发证机关：浙江省住房和城乡建设厅

发证日期：2024年08月16日

中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工企业综合类专职安全生产管理人员

安全生产考核合格证书

编号：浙建安C3(2024)6106060

姓 名：张华宇

性 别：男

出 生 年 月：1999年07月

企 业 名 称：中交三公局华东建设工程有限公司

职 务：专职安全生产管理人员

初次领证日期：2024年09月24日

有 效 期 限：2024年09月24日 至 2027年09月23日





发证机关：浙江省住房和城乡建设厅

发证日期：2024年09月24日

中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

9.3.2 特种作业操作资格证书

建筑施工特种作业操作资格证书	
编号: 鲁A022022000665	
姓名: 陈康	
性别: 男	
操作类别: 建筑架子工(普通脚手架)	
初次领证日期: 2022年08月30日	
有效期: 2024年08月07日 至 2026年08月30日	
	发证机关: 山东省住房和城乡建设厅 发证日期: 2022年08月30日

中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 苏J022021024897

姓名: 高鑫元

性别: 男

操作类别: 建筑架子工 (普通脚手架)



初次领证日期: 2021年03月19日

有效期: 2025年03月13日 至 2027年03月18日



发证机关: 江苏省住房和城乡建设厅

发证日期: 2025年03月13日



中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 苏F022021022839

姓 名: 葛玉松

性 别: 男

操 作 类 别: 建筑架子工 (普通脚手架)



初次领证日期: 2021年03月11日

有 效 期: 2025年02月10日 至 2027年03月10日



发 证 机 关: 江苏省住房和城乡建设厅

发 证 日 期: 2025 年 02 月 10 日



中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 苏J022022024944

姓名: 王宏全

性别: 男

操作类别: 建筑架子工(普通脚手架)



初次领证日期: 2022年07月15日

有效期: 2024年07月12日至 2026年07月14日



发证机关: 江苏省住房和城乡建设厅

发证日期: 2024年07月12日



中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 苏J022025005828

姓 名: 薛大友

性 别: 男

操 作 类 别: 建筑架子工 (普通脚手架)



初次领证日期: 2025年03月05日

有 效 期: 2025年03月05日 至 2027年03月04日



发 证 机 关: 江苏省住房和城乡建设厅

发 证 日 期: 2025 年 03月 05 日

中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 苏E012022007731

姓名: 赵斌
性别: 男
操作类别: 建筑电工



初次领证日期: 2022年09月16日

有效期: 2024年08月23日 至 2026年09月15日



发证机关: 江苏省住房和城乡建设厅

发证日期: 2024年08月23日

中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 浙G992023030167

姓名: 汪海林

性别: 男

操作类别: 经省级以上住房和城乡建设主管部门认定的其他工种类别
(建筑焊工)



初次领证日期: 2023年08月03日

有效期: 2023年08月03日至 2025年08月02日



发证机关: 浙江省住房和城乡建设厅

发证日期: 2023年08月03日



中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

建筑施工特种作业操作资格证书

编号: 浙K992023051709

姓 名: 赵官友

性 别: 男

操 作 类 别: 经省级以上住房和城乡建设主管部门认定的其他工种类别
(建筑焊工)



初次领证日期: 2023年11月01日

有 效 期: 2023年11月01日 至 2025年10月31日



发 证 机 关: 浙江省住房和城乡建设厅

发 证 日 期: 2023 年 11 月 01 日



中华人民共和国住房和城乡建设部 监制

9.4 相关施工图纸

附图 1: 总平面布置图。

附图 2: 悬挑型钢平面布置图。

附图 3：悬挑防护棚剖面图。

附图 4：节点详图。