

悬挑脚手架工程专项

施工方案

GD-C1-326 ☐☐☐

单位(子单位)工程名称：**东莞市常平镇环保专业基地洗水、印花污水处理厂-3号水池、配水井**

工程地点：**东莞市常平镇司马村**

总承包施工单位：（公章）**东莞市中泰建安工程有限公司**

专业承(分)包单位：（公章）

编制单位：

编制人：

编制日期： 年 月 日

审核人：

审批人： （编制企业技术负责人）

审批日期： 年 月 日

说明：本表的专业承（分）包单位主要指EPC项目或其他一体化总承包模式中的施工单位。

# 目 录

<b>第一章 工程概况</b>	<b>1</b>
一、 脚手架工程概况和特点	1
二、 施工平面及立面布置	2
三、 施工要求	2
四、 气候特征和季节性天气	2
五、 风险辨识与分级	3
六、 参建各方责任主体单位	7
<b>第二章 编制依据</b>	<b>7</b>
<b>第三章 施工计划</b>	<b>10</b>
一、 施工进度计划	10
二、 材料与设备计划	10
三、 劳动力计划	11
<b>第四章 施工工艺技术</b>	<b>11</b>
一、 技术参数	11
二、 工艺流程	13
三、 施工方法及操作要求	14
四、 检查要求	29
<b>第五章 施工保障措施</b>	<b>32</b>
一、 组织保障措施	32
二、 技术措施	34
三、 监测监控措施	38
<b>第六章 施工管理及作业人员配备和分工</b>	<b>39</b>
一、 施工管理人员	39
二、 专职安全人员	40
三、 特种作业人员	40
四、 其他作业人员	40
<b>第七章 验收要求</b>	<b>41</b>
一、 验收标准	41

二、 验收程序	42
三、 验收内容	42
<b>第八章 应急处置措施</b>	<b>44</b>
<b>第九章 计算书及相关施工图纸</b>	<b>49</b>
一、 花篮螺栓悬挑架(扣件式)计算书	49
二、 型钢悬挑脚手架(扣件式)计算书	78
三、 型钢悬挑脚手架(阳角整体计算)计算书	96
四、 相关设计图纸	123

第一章 工程概况

一、 脚手架工程概况和特点

1、 工程基本情况

工程名称	东莞市常平镇环保专业基地洗车、印花污水处理厂-3 号水池、配水井	工程地点	广东省东莞市常平镇司马村
建筑面积	8970.35 m²	建筑高度	23.7m
结构类型	钢筋混凝土结构	基础类型	预应力管桩基础
地上层数	3	地下层数	1
层高(错层)	4.2m、7.0m、4.8m、9.0m、6m、8.5m、5m、5.9m、3.9m、4.9m、5.2m		

2、 脚手架的搭设形式

结合本工程结构形式、实际施工特点，建筑物四周搭设悬挑式全封闭的扣件式双排钢管脚手架。此架为一架三用，既用于结构施工、装饰施工，同时兼作安全防护。

3、 危大工程概况和特点

根据本工程实际施工特点及要求，3 号水池-4m（基础）至+3.0m 标高板、+5.0m 标高板外脚手架采用落地式脚手架（扣件式）搭设；+3.0m 标高板、+5.0m 标高板至屋顶外脚手架采用花篮斜拉杆悬挑式脚手架（扣件式）和型钢悬挑脚手架（扣件式）搭设。本方案为悬挑式脚手架专项方案，以指导施工。

悬挑式脚手架搭设方式：

工程范围	脚手架最大高度	卸荷点位置	脚手架类型	论证审查
3 号水池+3.0m 标高板、+5.0m 标高板至屋顶	25.3m	+9.0m 标高板	悬挑式	是

(1)、由于上表可见，悬挑式架体最大高度为 25.3m，按此尺寸进行安全验算。

(2)、悬挑架四周临界面应做立面防护。

(3)、安全通道的位置由现场专业施工技术人员应现场实际情况而定，架体对因设置卸料平台而形成的开口型脚手架，应按规范要求增设连墙件和横向斜之撑。

二、 施工平面及立面布置

详见附图：东莞市常平镇环保专业基地洗车、印花污水处理厂-3 号水池、配水井悬挑脚手架附图。

三、 施工要求

1、 质量目标

确保施工各个分部分项工程全部达到工程质量验收标准，符合设计、规范、方案要求，一次验收全部合格。

2、 安全目标

操作人员需取得特殊作业人员资格上岗证。贯彻“安全第一，预防为主, 综合治理”的方针。杜绝发生伤亡事故，最大程度避免轻伤事故，达成全过程无事故产生的文明示范工地。

3、 工期要求

计划工程开工日期	2025 年 5 月 23 日	计划工程竣工日期	2026 年 10 月 21 日
脚手架计划搭设日期	2025 年 11 月 10 日	脚手架计划拆除日期	2026 年 8 月 8 日

四、 气候特征和季节性天气

本工程位于广东省东莞市，属于亚热带季风气候，特点为夏季高温多雨，冬季温和少雨。据东莞市气象台统计，东莞市多年平均气温 22.2℃，最高月均温 28.2℃，最低月均温 16.2℃，绝对高温 38.7℃，绝对低温 0.2℃，相对湿度较大，多年平均湿度 80%以上。本区每年 5 月至 9 月为雨季，年平均降雨量 1879.8mm，6~9 月间多为台风型暴雨，最大暴雨量 385.8mm，小时最大暴雨强度 99.4mm。多年平均蒸发量 1322mm，最小年蒸发量 1107mm。东莞市濒临南海，气候明显受海洋影响，台风频繁，台风影响时间为 5~12 月，以 6~10 月较多，尤其以 7~9 月为高峰期，台风带来大量的降雨。灾害性天气有台风、暴雨、强对流、春秋干旱、风暴潮、短期寒潮及低温阴雨。以台风、暴雨和洪涝对本评估区影响最大。

## 五、 风险辨识与分级

悬挑式脚手架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。	企业级
	4	架体高度、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、脚手架钢管采用 $\phi 48 \times 3.2\text{mm}$ 钢管；2、具有产品质量证明文件；3、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	项目部

		不符合要求。					准》GB51210 的规定；4、钢管在使用前应涂刷防锈漆。5、指定专人负责，做好材料进场验收，不符合要求的不得进场；6、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、严重锈蚀的钢管。	级
	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。4、扣件进场前逐个进行检查，不合格扣件不得进场。	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	符合专项方案要求，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	型钢材质不符合规范要求	坍塌	B	III	较大风险	1、具有产品质量证明文件；2、型钢、钢管弯曲、变形、锈蚀应在规范允许范围内。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	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。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。	企业级
	10	架体未按规定设置连墙件。	坍塌高处坠落	B	II	重大风险	应设置刚性连墙件与结构拉结。设置的位置、数量应符合设计和规范要求；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	悬挑钢梁设置不符合要求。	坍塌	B	I	重大风险	钢梁截面尺寸应经设计计算确定,且截面型式应符合设计和规范要求;钢梁锚固端长度不应小于悬挑长度的 1.25 倍; 钢梁锚固处结构强度、锚固措施应符合设计和规范要求; 钢梁外端应设置钢丝绳或钢拉杆与上层建筑结构拉结; 钢梁间距应按悬挑架体立杆纵距设置。1、施工时控制好所用材料及施工质量; 2、编制专项方案, 应该按方案实施; 3、施工过程进行监督。	企业级
架体参数及构造设置	12	未设置纵、横向扫地杆。	坍塌	B	II	重大风险	1、按方案距立杆底端高度不大于 200mm 处设置纵、横向扫地杆; 水平杆和扫地杆应与相邻立杆连接牢固。2、专业人员按要求设置, 专职安全管理人员现场检查, 发现被随意拆除的立即恢复。	企业级
	13	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
	14	剪刀撑未连续设置, 未设置横向斜撑。	坍塌	B	III	较大风险	剪刀撑应沿悬挑架体高度连续设置, 角度应为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ; 架体应按规定设置横向斜撑。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
	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	III	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	II	较大风险	脚手板材质、规格应符合规范要求;脚手板铺设应严密、牢固,探出横向水平杆长度不应大于150mm。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
	18	架体上的荷载超载。	坍塌	B	II	重大风险	架体上施工荷载应均匀,并不应超过设计和规范要求。按设计方案进行检查。	企业级
	19	立杆底部与钢梁连接不符合要求。	坍塌	B	II	重大风险	钢梁上部应焊接钢筋头,立杆底部应插入钢筋头,与钢梁连接柱固定。按设计方案进行检查。	企业级
架体防护	20	架体外侧密目式安全网设置不符合要求。	物体打击	B	III	较大风险	1、密目网进场复试合格后使用;2、安全立网的网目密度不应低于2000目/100cm <sup>2</sup> 。3、密目网应符合《安全网》GB5725的有关规定。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
	21	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1.2m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
	22	作业层未设置挡脚板。	物体打击	B	I	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	23	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
	24	作业层与建筑物之间未按规定进行封闭。	物体打击	B	III	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	25	脚手板铺设不符合要求。	高处坠落物体打击	B	III	较大风险	按专项方案施工。检查脚手板应满铺，铺设是否严密，不严密应进行整改。	项目 部 级
	26	脚手板规格、材质不符合要求。	高处坠落物体打击	B	III	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 的镀锌钢丝筛两道；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。脚手板应满足强度、耐久性要求；控制脚手板材料进场验收，验收不合格不得进场。	项 目 部 级

六、参建各方责任主体单位

参建单位	单位名称	项目负责人
建设单位	东莞市荣津实业投资有限公司	周治民
设计单位	广州市创景市政工程设计有限公司	严建
监理单位	东莞市昊宇工程建设监理有限公司	董文艳
施工单位	东莞市中泰建安工程有限公司	林易国
勘察单位	建材广州工程勘测院有限公司	段荣福

第二章 编制依据

1、 相关法律、法规、规范性文件、标准、规范

类别	名 称	编 号
法规	中华人民共和国建筑法	主席令第 29 号
	建设工程质量管理条例	国务院令第 279 号（2019 修订）
	建设工程安全生产管理条例	国务院令第 393 号

	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
规范 规程	建筑地基基础设计规范	GB50007-2011
	建筑结构荷载规范	GB50009-2012
	混凝土结构设计标准(2024 版)	GB/T 50010-2010
	建筑施工脚手架安全技术统一标准	GB51210-2016
	钢结构设计标准	GB50017-2017
	木结构设计标准	GB50005-2017
	施工脚手架通用规范	GB55023-2022
	混凝土结构通用规范	GB55008-2021
	钢结构通用规范	GB55006-2021
	工程结构通用规范	GB55001-2021
	建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范	GB55034-2022
	建筑与市政工程施工质量控制通用规范	GB55032-2022
	消防设施通用规范	GB55036-2022
	建筑防火通用规范	GB55037-2022
	建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范	JGJ130-2011
	建筑施工临时支撑结构技术规范	JGJ300-2013
	建筑施工安全检查标准	JGJ59-2011
	建筑施工高处作业安全技术规范	JGJ80-2016
	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
	住房和城乡建设部办公厅关于印发《危险性较大的分部分	建办质〔2021〕48 号

	项工程专项施工方案编制指南》的通知	
	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
	建筑施工手册	第五版
	建筑施工脚手架实用手册	

2、设计文件

图 纸 名 称	图 号	出图日期	备注
建筑设计施工图	建施	二 0 二五年三月	
结构设计施工图	结施	二 0 二五年三月	

3、施工组织设计

审批情况	备注
完成审批	

4、验收软件选择

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

## 第三章 施工计划

### 一、施工进度计划

1、根据本工程的总施工进度计划、节点施工计划、现场实际的施工进度，进行合理的安排脚手架搭拆时间，按进度计划执行，确保工期要求。

2、放线、预埋螺杆/预埋件 1 天→浇筑混凝土（砼强度达到 10Mpa）→悬挑钢梁安装 2 天→（砼强度达到 15Mpa）→脚手架搭设、挂密目网 3 天。

注：悬挑工字钢梁安装层、上拉层混凝土浇筑时留置同条件试块，根据试块测试出强度值或使用混凝土回弹仪测出混凝土强度值。

3、根据本工程总工期外脚手架施工严格按照土建工期进行施工。外架施工能够按时竣工，在施工过程中项目部各班组必须相互配合、相互协调，合理安排人力、物力，精心组织，流水施工。

4、雨季施工，配备 2 台水泵、雨衣雨靴 5 套、铁锹 5 把，下雨期间安排专职人员时刻关注落地脚手架周围的排水情况，保证落地脚手架底部不存积水，保障安全，如遇大雨时脚手架禁止施工，雨后施工必须佩戴安全带、安全帽、防滑鞋，注意脚底防滑。

### 二、材料与设备计划

主要材料参数表

#### 【悬挑架(扣件式)】

名称	规格	用途	单位	总需用量（暂估）	备注
钢管	6m $\phi$ 48mm $\times$ 3.2mm	纵向水平杆、立杆、剪刀撑	t	62	自有
连墙件	0.6m $\phi$ 48mm $\times$ 3.0mm	架体连墙件	t	0.6	租赁
扣件	—	各杆件的连接	t	1	自有
钢芭网	1000mm $\times$ 750mm	脚手板	m <sup>2</sup>	11	自有

安全网	6m×1.8m2000 目	防坠	m <sup>2</sup>	5000	采购
工字钢	1.25m16 号	悬挑主梁	根	117	租赁
	1.7m16 号	悬挑主梁	根	9	租赁
	3.4m16 号	悬挑主梁	根	10	租赁
	3.4m20a	悬挑主梁	根	2	租赁
	4.5m20a	悬挑主梁	根	2	租赁
	3.7m18 号	悬挑联梁	根	2	租赁
	4.5m18 号	悬挑联梁	根	2	租赁
钢拉杆	φM20	主梁上拉杆件	道	140	租赁

### 三、 劳动力计划

按照一位脚手架搭设工人平均每天可搭设工程量为 50 m<sup>2</sup>，高峰期工程量约为 1500 m<sup>2</sup>，即搭设高峰期最多约需要 12 位脚手架工人进行施工。

整个外脚手架工程涉及到搭设、维护及拆除三个阶段，根据各个阶段的不同工作内容，劳动力需用计划：

外脚手架搭设阶段：架子工 12 人，负责脚手架搭设，悬挂安全网，铺设脚手板，进行层间封闭，外脚手架上垃圾及杂物的清理；同时配备测量员 1 名，安全员 2 名。

外脚手架维护阶段：架子工 3 人，负责外脚手架的日常围护，清理外脚手架杂物；同时配备测量员 1 名，安全员 2 名。

外脚手架拆除阶段：架子工 12 人，负责拆除外脚手架钢管，将所有材料运至指定堆场，清理外脚手架拆除范围内的所有垃圾及杂物。同时配备测量员 1 名，安全员 2 名。

## 第四章 施工工艺技术

### 一、 技术参数

#### 【花篮螺栓悬挑架（扣件式）】

脚手架排数	双排脚手架	纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上
-------	-------	-------------	---------

搭设高度(m)	25.3	钢管类型	Φ48×3.2
立杆纵距(m)	1.5	立杆横距(m)	0.8
立杆步距(m)	1.8	双立杆计算方法	不设置双立杆
横向斜撑	6跨1设	连墙件布置方式	两步一跨
连墙件连接方式	螺栓连接	地区	广东东莞市
基本风压(kN/m <sup>2</sup> )	0.35	安全网	全封闭
悬挑方式	普通主梁悬挑	主梁合并根数 $n_z$	1
主梁建筑物外悬挑长度 $L_x$ (mm)	1250	梁/楼板混凝土强度等级	C30
主梁材料规格	16号工字钢	上拉杆件材料类型	钢拉杆
钢拉杆直径(mm)	20		

【型钢悬挑架（扣件式）】

脚手架排数	双排脚手架	纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上
搭设高度(m)	25.3	钢管类型	Φ48×3.2
立杆纵距(m)	1.5	立杆横距(m)	0.8
立杆步距(m)	1.8	双立杆计算方法	不设置双立杆
横向斜撑	6跨1设	连墙件布置方式	两步一跨
连墙件连接方式	螺栓连接	地区	广东东莞市
基本风压(kN/m <sup>2</sup> )	0.35	安全网	全封闭
悬挑方式	普通主梁悬挑	主梁合并根数 $n_z$	1
主梁建筑物外悬挑长度 $L_x$ (mm)	1250	梁/楼板混凝土强度等级	C30
主梁材料规格	16号工字钢	上拉杆件材料类型	钢拉杆
钢拉杆直径(mm)	20		

【型钢悬挑架（阳角整体计算）】

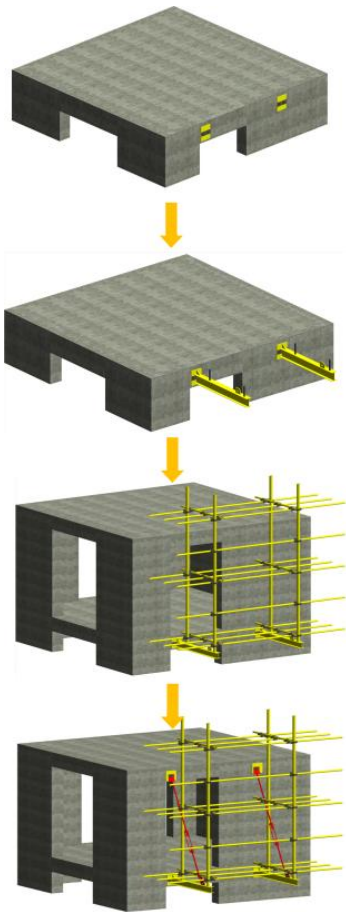
脚手架排数	双排脚手架	纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上
搭设高度(m)	25.3	钢管类型	Φ48×3.2
立杆纵距(m)	1.5	立杆横距(m)	0.8
立杆步距(m)	1.8	双立杆计算方法	不设置双立杆

横向斜撑	6 跨 1 设	连墙件布置方式	两步一跨
连墙件连接方式	螺栓连接	地区	广东东莞市
基本风压(kN/m²)	0.35	安全网	全封闭
悬挑方式	普通主梁悬挑	主梁材料规格	20a
联梁材料规格	18	梁/楼板混凝土强度等级	C30
钢拉杆直径 (mm)	20	上拉杆件材料类型	钢拉杆

二、 工艺流程

施工工艺流程：

施工材料准备→预埋套管/预埋件安装→悬挑钢梁安装与固定→搭设上部架体→脚手架水平杆与拦腰杆搭设→连墙件设置→安装花篮拉杆→剪刀撑安全网设置→脚手架验收使用。





### 三、 施工方法及操作要求

#### 1、 施工材料准备

##### (1)、工字钢端部连接板下料和焊接

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。



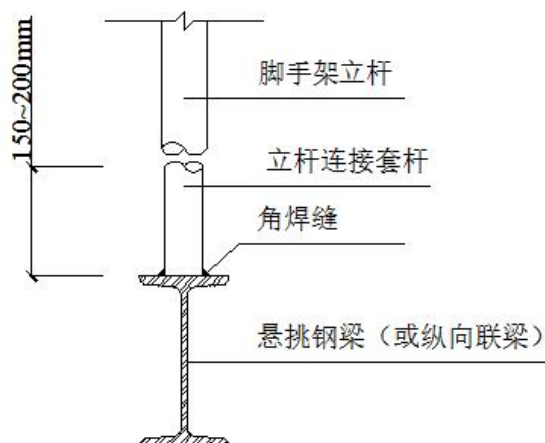
##### (2)、工字钢上拉点位置吊耳钢板焊接

根据计算确定型钢上拉点位置，并在此位置焊接吊耳钢板，用螺栓与拉杆端部吊耳板连接。



##### (3)、立杆定位固定措施

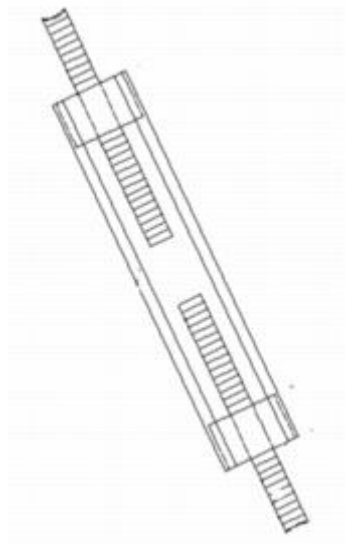
根据立杆定位，在型钢主梁或纵向联梁上表面立杆位置处，采用焊接长 150mm $\Phi$ 25mm 的钢筋或镀锌定位桩，作为钢管套入点，立杆套在其外，同时在立杆下部设置扫地杆，并应间断设置水平剪刀撑或水平斜撑杆。



脚手架立杆与挑架的连接图

##### (4)、花篮螺栓

取 $\Phi 20$ \*碳素优质钢与加工成型的花篮螺栓进行组合安装。



#### (5)、钢拉杆

上拉点、下拉点与结构采用螺栓连接，两拱丝端用花篮螺栓连接。



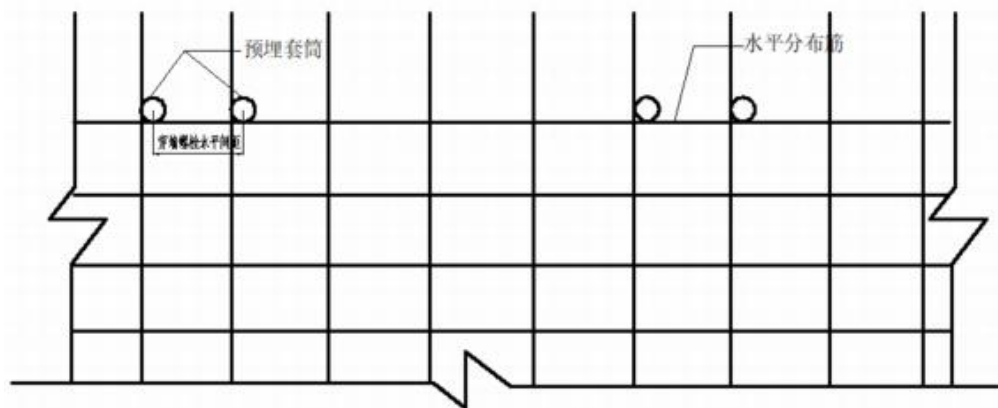
## 2、预埋套管安装

(1)、现场准备直径大于半预埋螺栓 2mm 且长度同墙厚（梁宽）的铁套管，套管两端采用胶带封闭。

(2)、铁套管应严格按照施工方案要求的间距 ( $\leq 1.5\text{m}$ ) 准确定位, 水平间距偏差控制在  $10\text{mm}$  内, 竖向间距偏差控制在  $3\text{mm}$  内。铁套管埋置高度为楼板板底标高下  $100\text{mm}$ , 水平间距  $\leq 1500\text{mm}$ 。

(3)、铁套管应与墙体或梁钢筋固定牢固, 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)、浇筑混凝土时, 应尽量避免泵管混凝土直接浇筑到铁套管上, 保证套管不跑位、不变形。浇筑过程中专人跟踪检查, 对跑位、变形套管及时进行恢复。



### 3、悬挑主梁安装

3.1 花篮螺栓悬挑架: 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。

(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。

3.2 型钢悬挑架: 在梁板终凝后, 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。

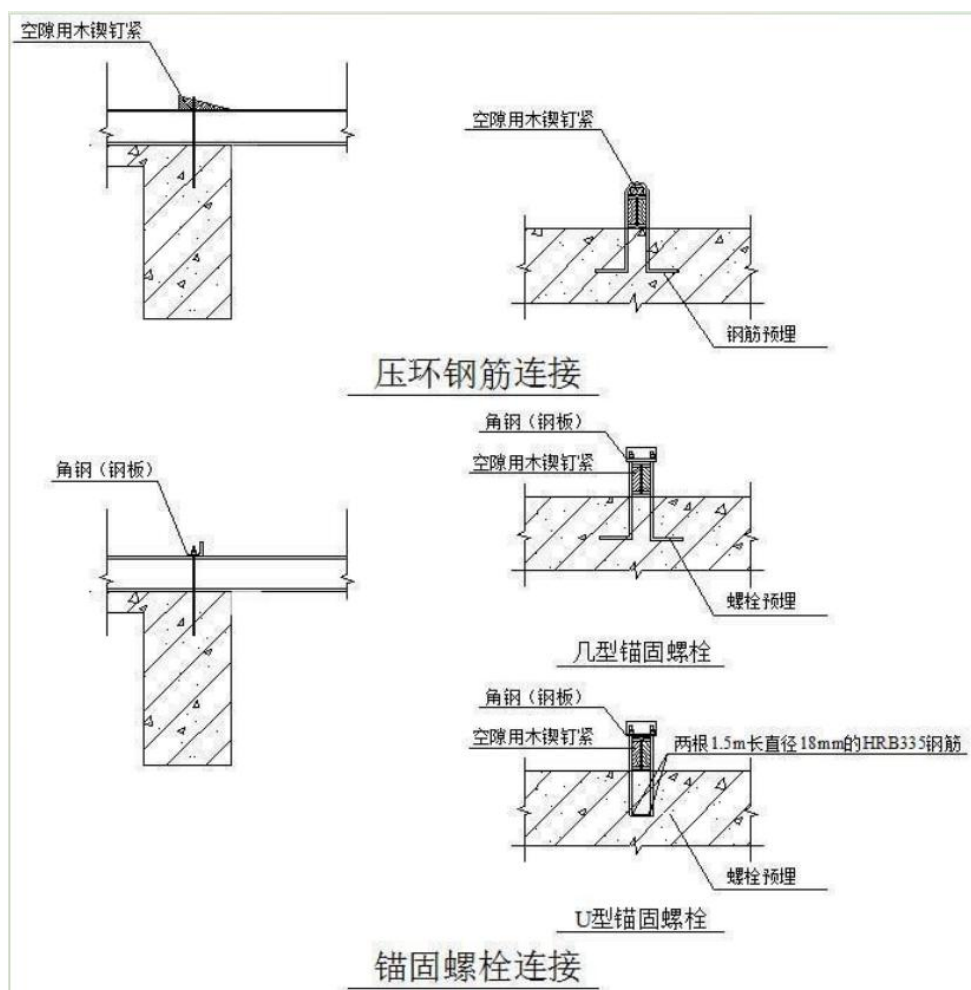
(1)、型钢悬挑梁固定端应采用 2 个 (对) 及以上钢筋拉环或锚固螺栓与建筑结构梁板固定;

(2)、钢筋预埋至砼板、砼梁底部, 每侧平直段不小于  $0.6\text{m}$ ;

(3)、U 型螺栓预埋至砼板、砼梁底部, 2 根  $1.5\text{m}$  长直径  $18\text{mm}$ HRB335 钢筋放置 U 型筋上部;

(4)、钢筋拉环、U 型螺栓与悬挑梁间隙用木楔楔紧;

(5)、锚固处楼板上应预先配置用于承受悬挑梁锚固端作用引起负弯矩的受力钢筋，否则应采取支顶卸载措施。



#### 4、钢拉杆设置

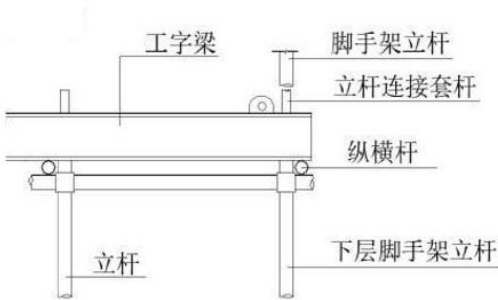
拉杆的安装必须随挑架安装完成及时跟上，拉紧花篮，严禁出现滞后现象。在悬挑层上层结构外墙、梁支模时，在悬挑梁上方对应位置预留孔管，用于固定斜拉杆，位置要正确。待悬挑上一层混凝土达到强度，内侧模板拆除后，安装斜拉杆，与下吊点上的拉杆和花篮螺栓连接并紧固螺帽，使挑梁受力卸荷。

- (1)、当钢梁悬挑长度 $\leq 1.8$ 米时，可只设置一道钢拉杆；
- (2)、 $1.8$ 米 $<$ 钢梁悬挑长度 $< 3.2$ 米时，需设置二道钢拉杆；
- (3)、钢梁悬挑长度 $\geq 3.2$ 米时，需设置二道钢拉杆及一道型钢下撑杆。

#### 5、特殊部位注意事项

- (1)、阳台部位支模立杆保留三层不拆除，对钢拉杆荷载起回顶卸荷作用。
- (2)、飘窗部位钢拉杆必须拉在结构框架梁上，不得拉在悬挑板上。

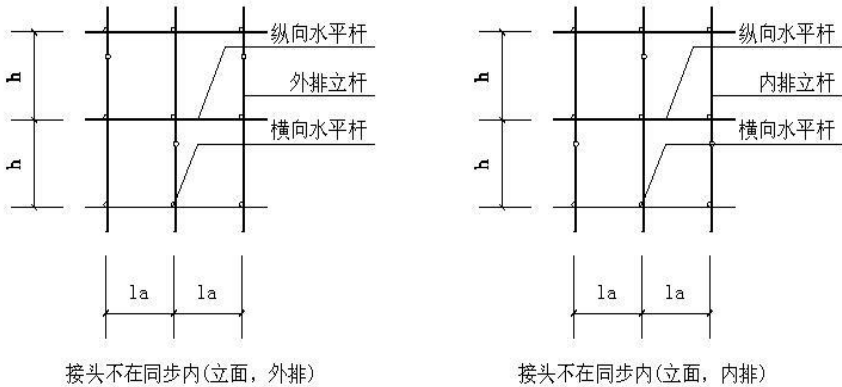
（3）外模板拆除后，待混凝土强度达到 10Mpa 才可安装悬挑梁，如第一挑安装时混凝土强度未达到要求和提高悬挑梁的安全，把悬挑梁放置在下部的外脚手架上，让下部的脚手架能够适当的支撑悬挑梁，保证安装悬挑梁时结构件不受损伤和悬挑梁的安全性进一步提高。



第一挑时，利用下部脚手架衬托悬挑梁，保证悬挑安全

6、立杆设置

- （1）、立杆采用对接接头连接，立杆与纵向水平杆采用直角扣件连接。接头位置交错布置，两个相邻立杆接头避免出现在同步同跨内，并在高度方向错开的距离不小于 50cm；各接头中心距主节点的距离不大于步距的 1/3。
- （2）、上部单立杆与下部双立杆交接处，采用单立杆与双立杆之中的一根对接连接。主立杆与副立杆采用旋转扣件连接，扣件数量不应少于 2 个。每根立杆底部应设置垫块，并且必须设置纵、横向扫地杆。纵向扫地杆应采用直角扣件固定在距底座上皮不大于 200mm 处立杆上。横向扫地杆亦应采用直角扣件固定在紧靠纵向扫地杆下方立杆上。
- （3）、立杆的垂直偏差应控制在不大于架高的 1/400。



立杆对接接头布置

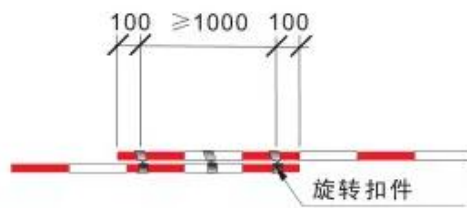
7、纵、横向水平杆



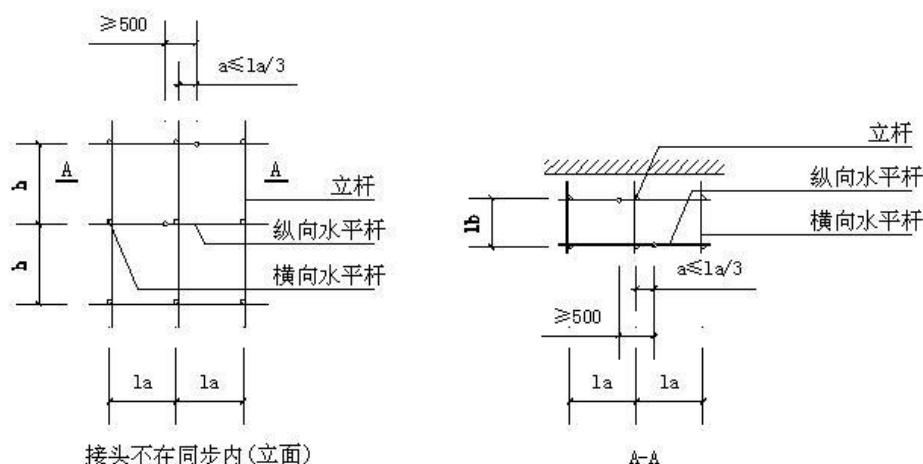
(1)、纵向水平杆设置在立杆内侧，其长度不小于 3 跨。纵向水平杆接长宜采用对接扣件连接，也可采用搭接。要求如下：

当采用对接时，对接扣件应该交错布置，两根相邻纵向水平杆接头不宜设置在同步或同跨；不同步或不同跨两相邻接头在水平方向错开距离不应小于 500mm；各接头中心至最近主节点的距离不宜大于纵距的 1/3。

当采用搭接时，搭接长度不应小于 1m，应等间距设置 3 个旋转扣件固定，端部扣件盖板边缘至搭接纵向水平杆杆端的距离不应小于 100mm。



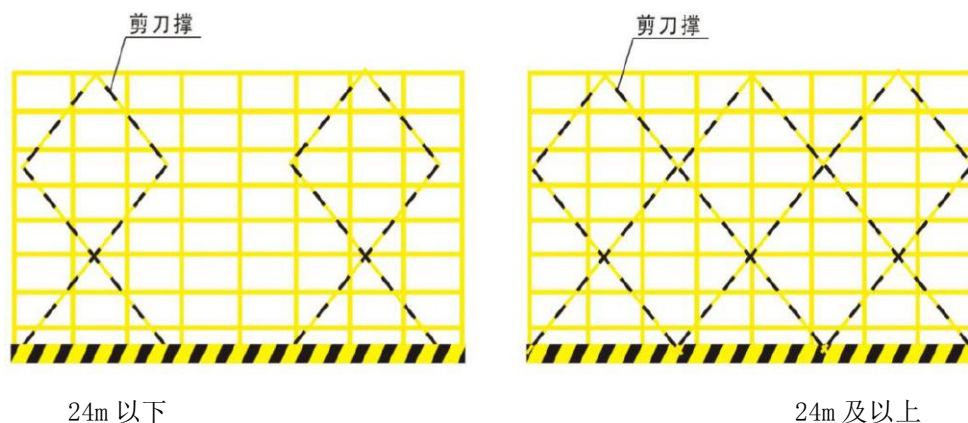
(2) 立杆与纵向水平杆交点处设置横向水平杆，两端固定在立杆上，以形成空间结构整体受力。



纵向水平杆对接接头布置

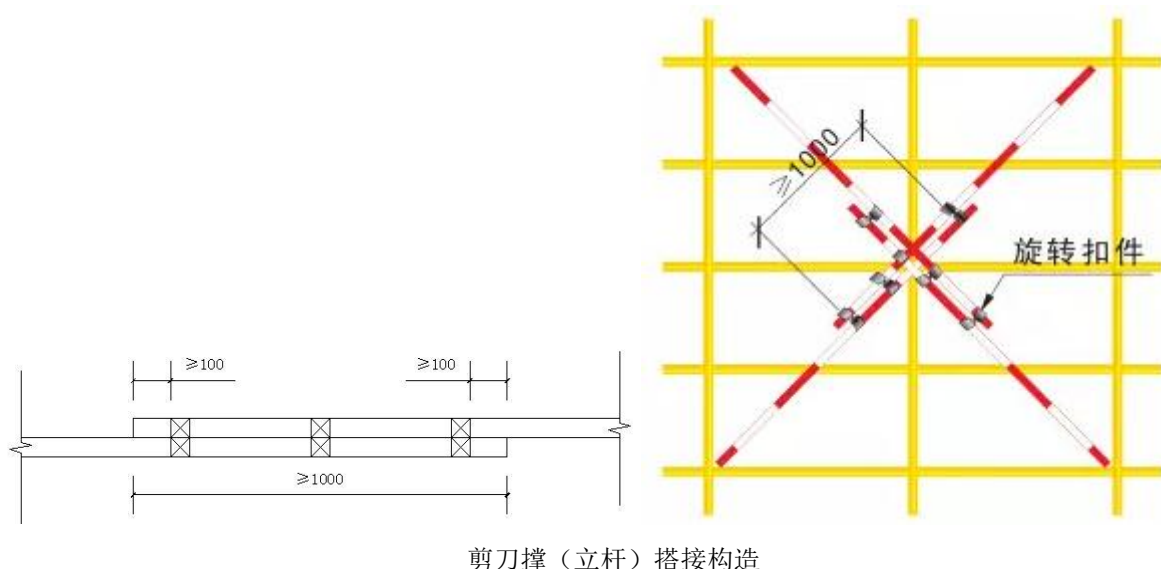
## 8、剪刀撑设置

(1) 当搭设高度在 24m 以下时，应在架体两端、转角及中间每隔不超过 15m 各设置一道剪刀撑，并应由底至顶连续设置；当搭设高度在 24m 及以上时，应在全外侧立面上由底至顶连续设置。



(2)、每道剪刀撑的宽度应为 4 跨~6 跨，且不应小于 6m, 也不应大于 9m; 剪刀撑斜杆与水平面的倾角应在  $45^{\circ}$  ~ $60^{\circ}$  之间。

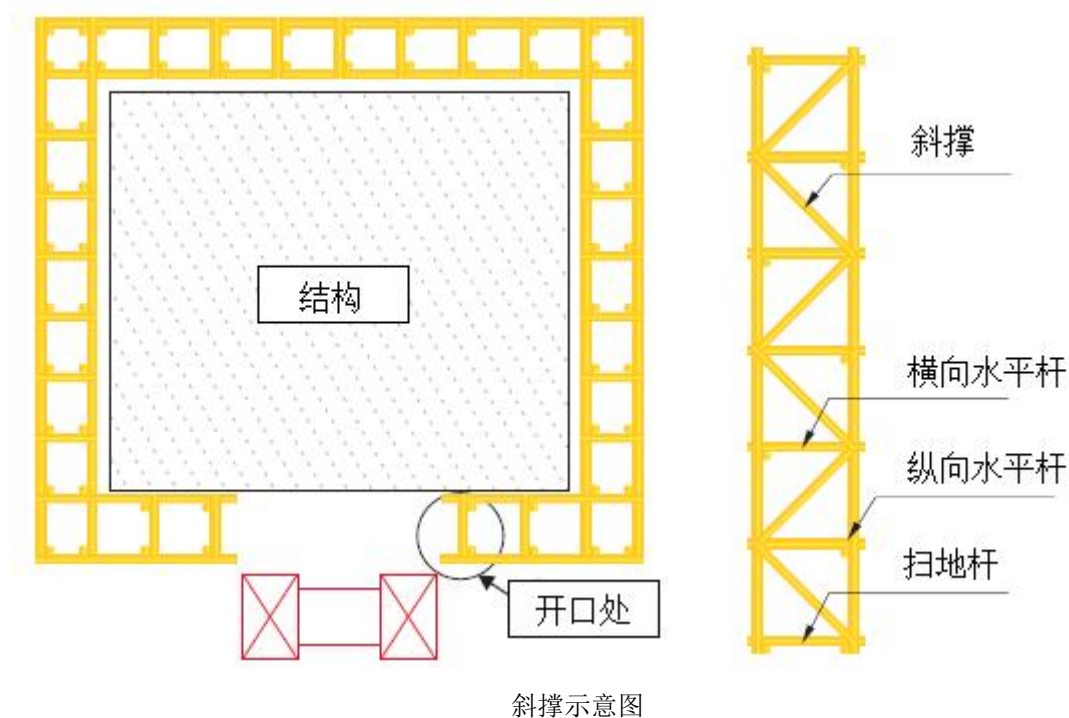
(3)、剪刀撑斜杆的接长应采用搭接或对接，采用搭接连接时，搭接长度不小于 1m，应采用不少于 2 个旋转扣件固定，端部扣件盖板的边缘至杆端距离不小于 100mm。



剪刀撑（立杆）搭接构造

(4)、剪刀撑斜杆应用旋转扣件固定在与之相交的横向水平杆的伸出端或立杆上，旋转扣件中心线离主节点的距离不宜大于 150mm。

(5)、一字型、开口型双排架两断口必须设置横向斜撑，24 米以上架体在架体拐角处及中间每六跨设置一道搭接斜撑。横向斜撑应在同一节间，由底到顶呈“之”字型布置，斜撑交叉和内外大横杆相连到顶。



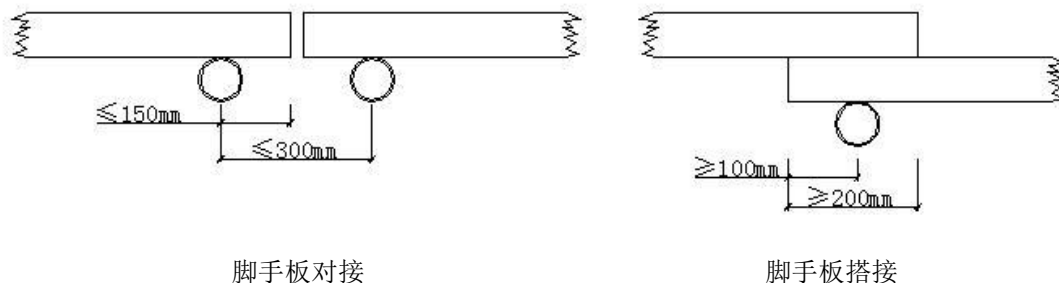
## 9、脚手板、脚手片的铺设要求

(1)、脚手架里排立杆与结构层之间均应铺设脚手板，内外立杆间应满铺脚手板，脚手板伸出水平横杆以外的部分不应大于 200mm。将脚手板两端与水平杆可靠固定，严防倾翻。

(2)、满铺层脚手片必须垂直墙面横向铺设，满铺到位，不留空位，不能满铺处必须采取有效的防护措施。

(3)、采用挂钩连接的钢脚手板，应带有自锁装置且与作业层水平杆锁紧；木脚手板、竹串片脚手板、竹芭脚手板、钢芭脚手板应有可靠的水平杆支承，并应绑扎稳固。

(4)、脚手片须用 12-14#铅丝双股并联绑扎，不少于 4 点，要求绑扎牢固，交接处平整，铺设时要选用完好无损的脚手片，发现有破损的要及时更换。



脚手板对接、搭接构造

(5) 在拐角、斜道平台口处的脚手板，应与横向水平杆可靠连接，防止滑动。

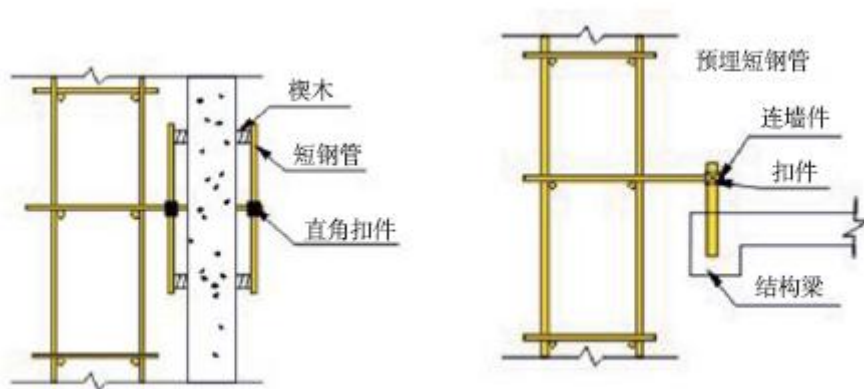
## 10、 防护栏杆

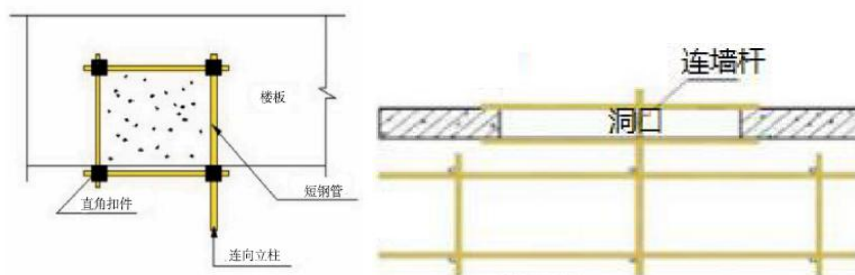


- (1)、脚手架外侧使用建设主管部门认证的合格绿色密目式安全网封闭,且将安全网固定在脚手架外立杆内侧,密目安全网应满足阻燃要求。
- (2)、选用 18#铅丝张挂安全网,要求严密、平整。
- (3)、脚手架外侧施工作业层必须在 0.6m、1.2m 高设置 2 道防护栏杆和 18cm 高挡脚板,栏杆和挡脚板均应搭设在外立杆的内侧。
- (4)、脚手架内侧形成临边的(如遇大开间门窗洞等),在脚手架内侧在 0.6m、1.2m 高位设置 2 道防护栏杆和 18cm 高挡脚板。
- (5)、沿所施工建筑物每 3 层或高度不大于 10m 处应设置一层水平防护。

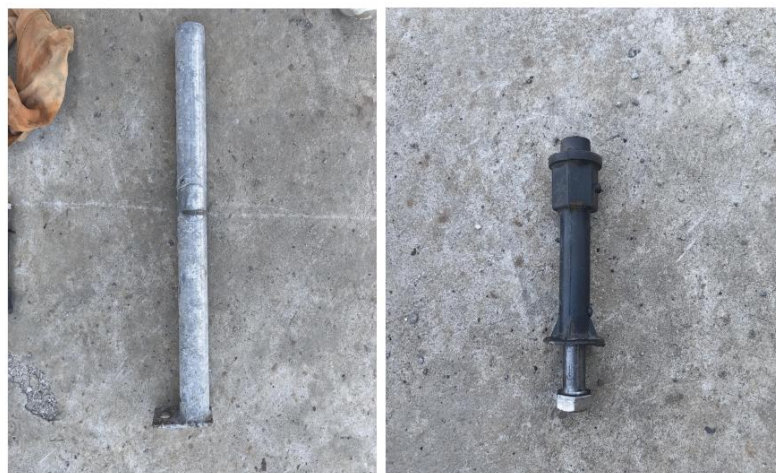
## 11、连墙件

- (1)、脚手架与建筑物按计算书中连墙件布置要求设拉结点。拉结点在转角范围内和顶部处加密。
- (2)、连墙件中的连墙杆应呈水平设置,当不能水平设置时,应向脚手架一端下斜连接;
- (3)、连墙件应从底层第一步纵向水平杆处开始设置,当该处设置有困难时,应采用其它可靠措施固定;
- (4)、拉结点应保证牢固,防止其移动变形,且尽量设置在外架纵横向水平杆接点处。宜靠近主节点设置,偏离主节点的距离不应大于 300mm;
- (5)、外墙装饰阶段拉结点,也须满足上述要求,确因施工需要除去原拉结点时,必须重新补设可靠,有效的临时拉结点,以确保外架安全可靠;
- (6)、当脚手架下部暂不能设连墙件时应采取防倾覆措施。当搭设抛撑时,抛撑应采用通长杆件并用旋转扣件固定在脚脚手架上,与地面的倾角应在  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  之间;连接点中心至主节点的距离不应大于 300mm。抛撑应在连墙件搭设后方可拆除。
- (7)、连墙件构造示意图:





连墙件构造示意图



连墙件照片

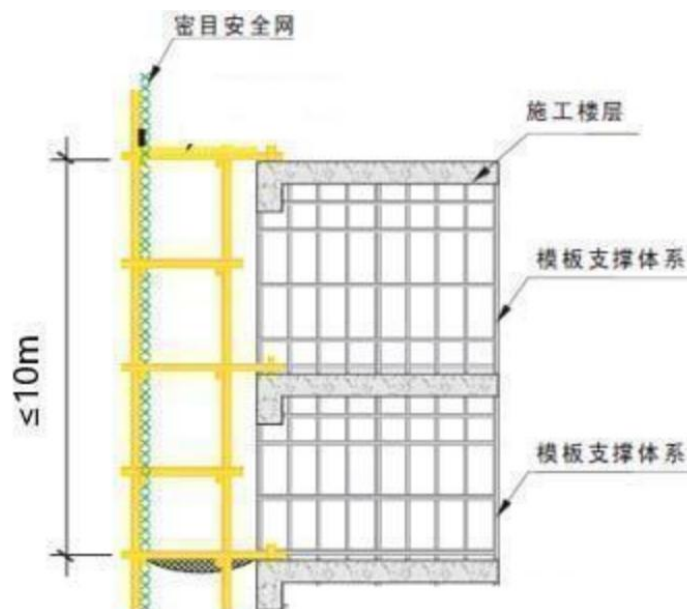
## 12、 架体内封闭

(1)、脚手架的架体内立杆距墙体净距为 300mm，如因结构设计的限制大于 300mm 的必须铺设站人板，站人板设置平整牢固。

(2)、脚手架施工层内立杆与建筑物之间的封闭措施，可在施工层梁侧设置一条单横杆用于封闭措施所需的钢板网或水平兜网作楼层的临边防护。



(3)、施工层以下脚手架每隔 10m 以及底部用网兜进行封闭。



### 13、个人防护

(1)、搭设和拆除脚手架作业应有相应的安全措施，操作人员应佩戴个人防护用品，应穿防滑鞋。

(2)、在搭设和拆除脚手架作业时，应设置安全警戒线、警戒标志，并应由专人监护，严禁非作业人员入内。

(3)、当在脚手上架设临时施工用电线路时，应有绝缘措施，操作人员应穿绝缘防滑鞋；脚手架与架空输电线路之间应设有安全距离，并应设置接地、防雷设施。

(4)、当在狭小空间或空气不流通空间进行搭设、使用和拆除脚手架作业时，应采取保证足够的氧气供应措施，并应防止有毒有害、易燃易爆物质积聚。

### 14、脚手架使用技术措施

(1)、脚手架作业层上的荷载不得超过荷载设计值。

(2)、雷雨天气、6 级及以上大风天气应停止架上作业；雨、雪、雾天气应停止脚手架的搭设和拆除作业，雨、雪、霜后上架作业应采取有效的防滑措施，雪天应清除积雪。

(3) 严禁将支撑脚手架、缆风绳、混凝土输送泵管、卸料平台及大型设备的支承件等固定在作业脚手架上。严禁在作业脚手架上悬挂起重设备。

(4) 脚手架在使用过程中，应定期进行检查并形成记录，脚手架工作状态应符合下列规定：

- ①主要受力杆件、剪刀撑等加固杆件和连墙件应无缺失、无松动，架体应无明显变形；
- ②场地应无积水，立杆底端应无松动、无悬空；
- ③安全防护设施应齐全、有效，应无损坏缺失；
- ④悬挑脚手架的悬挑支承结构应稳固。

(5)、当遇到下列情况之一时，应对脚手架进行检查并应形成记录，确认安全后方可继续使用：

- ①承受偶然荷载后；
- ②遇有 6 级及以上强风后；
- ③大雨及以上降水后；
- ④冻结的地基土解冻后；
- ⑤停用超过 1 个月；
- ⑥架体部分拆除；
- ⑦其他特殊情况。

(6) 脚手架在使用过程中出现安全隐患时，应及时排除；当出现下列状态之一时，应立即撤离作业人员，并应及时组织检查处置：

- ①杆件、连接件因超过材料强度破坏，或因连接节点产生滑移，或因过度变形而不适于继续承载；
- ②脚手架部分结构失去平衡；
- ③脚手架结构杆件发生失稳；
- ④脚手架发生整体倾斜；
- ⑤地基部分失去继续承载的能力。

(7)、在脚手架内进行电焊、气焊和其他动火作业时，应在动火申请批准后进行作业，并应采取设置接火斗、配置灭火器、移开易燃物等防火措施，同时应设专人监护。

(8)、脚手架使用期间，严禁在脚手架立杆基础下方及附近实施挖掘作业。

## 15、 脚手架搭设技术措施

(1)、脚手架的搭设应与主体结构工程施工同步，一次搭设高度不应超过最上层连墙件 2 步，且自由高度不应大于 4m。

(2) 每搭完一步脚手架后，应按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 表 8.2.4 的规定校正步距、纵距、横距及立杆的垂直度及水平杆的水平度。

(3) 立杆搭设应符合下列规定：

①相邻立杆的对接连接应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 第 6.3.6 条的规定；

②脚手架开始搭设立杆时，应每隔 6 跨设置一根抛撑，直至连墙件安装稳定后，方可根据情况拆除；

③当架体搭设至有连墙件的主节点时，在搭设完该处的立杆、纵向水平杆、横向水平杆后，应立即设置连墙件。

(4) 脚手架纵向水平杆的搭设应符合下列规定：

①脚手架纵向水平杆应随立杆按步搭设，并应采用直角扣件与立杆固定；

②纵向水平杆的搭设应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 第 6.2.1 条的规定；

③在封闭型脚手架的同一步中，纵向水平杆应四周交圈设置，并应用直角扣件与内外角部立杆固定。

(5)、脚手架横向水平杆搭设应符合下列规定：

①搭设横向水平杆应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 第 6.2.2 条的构造规定；

②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；

③单排脚手架的横向水平杆不应设置在下列部位：

- 1) 设计上不允许留脚手眼的部位；
- 2) 过梁上与过梁两端成 60°角的三角形范围内及过梁净跨度 1/2 的高度范围内；
- 3) 宽度小于 1m 的窗间墙；
- 4) 梁或梁垫下及其两侧各 500mm 的范围内；
- 5) 砖砌体的门窗洞口两侧 200mm 和转角处 450mm 的范围内；其他砌体的门窗洞口两侧 300mm 和转角处 600mm 的范围内；

6) 墙体厚度小于或等于 180mm；

7) 独立或附墙砖柱，空斗砖墙、加气块墙等轻质墙体；

8) 砌筑砂浆强度等级小于或 M2.5 的砖墙。

(6)、脚手架纵向、横向扫地杆搭设应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 第 6.3.2 条、第 6.3.3 条的规定。

(7)、脚手架连墙件安装应符合下列规定：

①连墙件的安装应随脚手架搭设同步进行，不得滞后安装；

②当单、双排脚手架施工操作层高出相邻连墙件以上两步时，应采取确保脚手架稳定的临时拉结措施，直到上一层连墙件安装完毕后再根据情况拆除。

(8)、脚手架剪刀撑与双排脚手架横向斜撑应随立杆、纵向和横向水平杆等同步搭设，不得滞后安装。

(9)、脚手架门洞搭设应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011第6.5节的造规定。

(10)、扣件安装应符合下列规定：

- ①扣件规格必须与钢管外径相同；
- ②螺栓拧紧扭力矩不应小于  $40\text{N}\cdot\text{m}$ ，且不应大于  $65\text{N}\cdot\text{m}$ ；
- ③在主节点处固定横向水平杆、纵向水平杆、剪刀撑、横向斜撑等用的直角扣件、旋转扣件的中心点的相互距离不应大于  $150\text{mm}$ ；
- ④对接口径开口应朝上或朝内；
- ⑤各杆件端头伸出扣件盖板边缘长度不应小于  $100\text{mm}$ 。

(11)、作业层、斜道的栏杆和挡脚板的搭设应符合下列规定：

- ①栏杆和挡脚板均应搭设在外立杆的内侧；
- ②上栏杆上皮高度应为  $1.2\text{m}$ ；
- ③挡脚板高度不应小于  $180\text{mm}$ ；
- ④中栏杆应居中设置。

(12)、脚手板的铺设应符合下列规定：

- ①脚手架应铺满、铺稳，离墙面的距离不应大于  $150\text{mm}$ ；
- ②采用对接或搭接时均应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011第6.2.4条的规定；脚手板探头应用直径  $3.2\text{mm}$  镀锌钢丝固定在支承杆件上；
- ③在拐角、斜道平台口处的脚手板，应用镀锌钢丝固定在横向水平杆上，防止滑动。

(13)、钢管架应设置避雷针，分置于主楼外架四角立杆之上，并联通纵向水平杆，形成避雷网络，并检测接地电阻不大于  $30\Omega$ 。

(14)、外脚手架不得搭设在距离外架空线路的安全距离内，并做好可靠的安全接地处理。

(15)、定期检查脚手架，发现问题和隐患，在施工作业前及时维修加固，以达到坚固稳定，确保施工安全。

(16)、外脚手架严禁钢竹、钢木混搭，禁止扣件、绳索、铁丝、竹篾、塑料篾混用。

(17)、外脚手架搭设人员必须持证上岗，并正确使用安全帽、安全带、穿防滑鞋。

(18)、严禁脚手板存在探头板，铺设脚手板以及多层作业时，应尽量使施工荷载内、外传递平衡。

(19)、保证脚手架体的整体性，不得与井架、升降机一并拉结，不得截断架体。

(20)、结构外脚手架每支搭一层，支搭完毕后，经项目部安全员验收合格后方可使用。任何班组长和个人，未经同意不得任意拆除脚手架部件。

(21)、严格控制施工荷载，脚手板不得集中堆料施荷，施工荷载不得大于  $3\text{kN/m}^2$ ，确保较大安全储备。

(22)、各作业层之间设置可靠的防护栅栏，防止坠落物体伤人。

## 16、 脚手架拆除技术措施

(1)、拆架前：

①应全面检查脚手架的扣件连接、连墙件、支撑体系等是否符合构造要求；

②应根据检查结果补充完善施工组织设计中的拆除顺序和措施，经主管部门批准后方可实施；

③应由单位工程负责人进行拆除安全技术交底；

④应清除脚手架上杂物及地面障碍物。

(2)、拆架时应划分作业区，周围设绳绑围栏或竖立警戒标志，地面应设专人指挥，禁止非作业人员进入。当脚手架采取分段、分立面拆除时，对不拆除的脚手架两端，应先按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 第 6.4.4 条、第 6.6.4 条、第 6.6.5 条设置连墙件和横向斜撑加固。

(3)、拆架的高处作业人员应戴安全帽、系安全带、扎裹腿、穿软底防滑鞋。

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

(5)、拆立杆时，要先抱住立杆再拆开最后两个扣件，拆除纵向水平杆、斜撑、剪刀撑时，应先拆除中间扣件，然后托住中间，再解端头扣件。

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

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

(8)、拆架时严禁碰撞脚手架附近电源线，以防触电事故。

(9)、在拆架时，不得中途换人，如必须换人时，应将拆除情况交代清楚后方可离开。

(10)、拆下的材料要徐徐下运，严禁抛掷。运至地面的材料应按指定地点随拆随运，分类堆放，“当天拆当天清”，拆下的构配件应按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 的规定及时检查、整修与保养，并应按品种、规格分别存放。

(11)、高层建筑脚手架拆除，应配备良好的通讯装置。

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

(13)、如遇强风、大雨、雪等特殊气候，不应进行脚手架的拆除，严禁夜间拆除。

(14)、拆除钢笆网应注意站立位置，并应自外向里翻起竖立，防止外翻将钢笆网内未清除的残留物从高处坠落伤人。

## 四、 检查要求

1、 脚手架钢管应采用现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T13793 或《低压流体输送用焊接钢管》GB/T3091 中规定的 Q235 普通钢管，钢管的钢材质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 中 Q235 级钢的规定。每根钢管的最大质量不应大于 25.8kg。新钢管表面应平直光滑，不应有裂缝、结疤、分层、错位、硬弯、毛刺、压痕和深的划道，钢管要有产品质量合格证、质量检验报告，钢管材质检验方法应符合现行国家标准《金属拉伸室温拉伸试验方法》GB/T228 的有关规定，质量和钢管外径、壁厚、端面等的偏差应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130 的有关规定，应涂有防锈漆。旧钢管表面锈蚀深度、钢管弯曲变形应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130 的有关规定。锈蚀检查应每年一次。检查时，应在锈蚀严重的钢管中抽取 3 根，在每根锈蚀严重部位横向截断取样检查，当锈蚀深度超过规定值时不得使用。钢管上严禁打孔。

2、 扣件应采用可锻铸铁或铸钢制作，其质量和性能应符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》GB15831 的要求，采用其他材料制作的扣件，应经试验证明其质量符合该标准的规定后方可使用。扣件应有生产许可证、法定检测单位的测试报告和产品合格证。扣件进入施工现场应检查产品合格证，并应进行抽样复试。扣件在使用前应逐个挑选，有裂缝、变形、螺栓出现滑丝的严禁使用。扣件在螺栓拧紧扭力矩达 65N·m 时，不得发生破坏。新、旧扣件均应进行防锈处理。

3、 搭设架子前应进行保养，除锈并统一涂色，力求环保美观。

### 4、 脚手板

(1)、脚手板可用钢、木、竹材料制作、单块脚手板的质量不大于 30kg;



(2)、竹脚手板宜采用由毛竹或楠竹制作的竹串片板、竹笆板；竹串片脚手板应符合现行行业标准《建筑施工木脚手架安全技术规范》JGJ164 的相关规定；

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

(4)、木脚手架材质应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 中 II<sub>a</sub> 级材质的规定。脚手板厚度不应小于 50mm，两端宜各设置直径不小于 4mm 的镀锌钢丝箍两道。宽度、厚度允许偏差应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB50206 的规定；不得使用扭曲变形、劈裂、腐朽的脚手架。

5、安全网采用密目式安全立网，应符合下列要求：

- (1)、网目密度不低于 2000 目/100cm<sup>2</sup>；
- (2)、网体各边缘部位的开眼环扣必须牢固可靠，孔径不低于 1mm；
- (3)、网体缝线不得有跳针、露缝，缝边应均匀；
- (4)、一张网体上不得有一个以上的接缝，且接缝部位应端正牢固；
- (5)、不得有断纱、破洞、变形及有碍使用的编织缺陷；
- (6)、阻燃安全网的续燃、阻燃时间均不得大于 4s。使用的安全网必须有产品生产许可证和质量合格证，以及由相关建筑安全监督管理部门发放的准用证；
- (7)、做耐贯穿试验不穿透，1.6×1.8m 的单张网重量在 3kg 以上；
- (8)、颜色应满足环境效果要求，选用绿色；

6、连墙件材料采用钢管制作，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 中 Q235 级钢或《低合金高强度结构钢》GB/T1591 中 Q345 级钢的规定。

7、悬挑梁采用型钢制作，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 或《低合金高强度结构钢》GB/T1591 中的规定。

8、联梁承受立杆荷载，固结点应当连接稳定、可靠，所使用的钢材必须表面平整，无锈蚀。截面有足够的抗弯抵抗距，在满载条件下其挠度变形应满足相应设计要求。

9、吊拉构件采用的 M20 钢筋拉杆，其技术性能应符合《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB1499.1 中 HPB300 级钢筋的规定。

10、高强度大六角头螺栓连接，副、扭剪型高强螺栓连接副用的高强螺栓，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求，出厂时应分别随箱带有扭矩系数和紧固力（预应力）的检查报告等。高强度六角头螺栓连结按本规范附录 B 的规定检验其扭矩系

数，其检验结果应符合附录 B 的规定。高强螺栓连结，应按包装箱配套供货，包装箱上应标明批号、规格、数量、日期、螺栓、螺帽、垫圈外观表面应涂油保护，不应出现生锈和沾染脏污，螺纹不应损伤。

11、焊条、焊剂等焊接材料，与母材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 的规定。焊缝表面不得有裂缝、焊瘤等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂缝、电弧擦伤等缺陷。且一级焊缝不得有咬边、未焊满根部收缩等缺陷。

12、脚手架搭设前，对进入现场的各种构配件应按下列规定进行检查验收，不合格的应及时清除出场

- （1）、构配件应有相应的产品标识及产品质量合格证；
- （2）、构配件应有相应的产品主要技术参数及产品使用说明书；
- （3）、当对构配件质量有疑问时，应进行质量抽检和实验。

13、脚手架检查验收严格按照《建筑施工安全检查标准》JGJ59 的检查评分表进行。

14、脚手架使用期间应按规范《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 要求进行检查：

- （1）、杆件的设置和连接，连墙件、支撑、门洞桁架等的构造应符合规范和专项施工方案的要求；
- （2）、扣件螺栓应无松动；
- （3）、高度在 24m 以上的双排、满堂脚手架，其立杆的沉降与垂直度的偏差应符合规范表 8.2.4 项次 1、2 的规定；
- （4）、高度在 20m 以上的满堂支撑架，其立杆的沉降与垂直度的偏差应符合规范表 8.2.4 项次 1、3 的规定；
- （5）、安全防护措施应符合规范要求；
- （6）、应无超载使用。

15、脚手架必须验收检查合格后办妥脚手架验收手续，在脚手架醒目处挂上脚手架验收合格牌后，方可投入使用。

16、架体内必须做到每层封闭（即进行隔离），且不能大于 4 步。

17、施工人员必须严格执行《建设工程施工安全技术操作规程》。

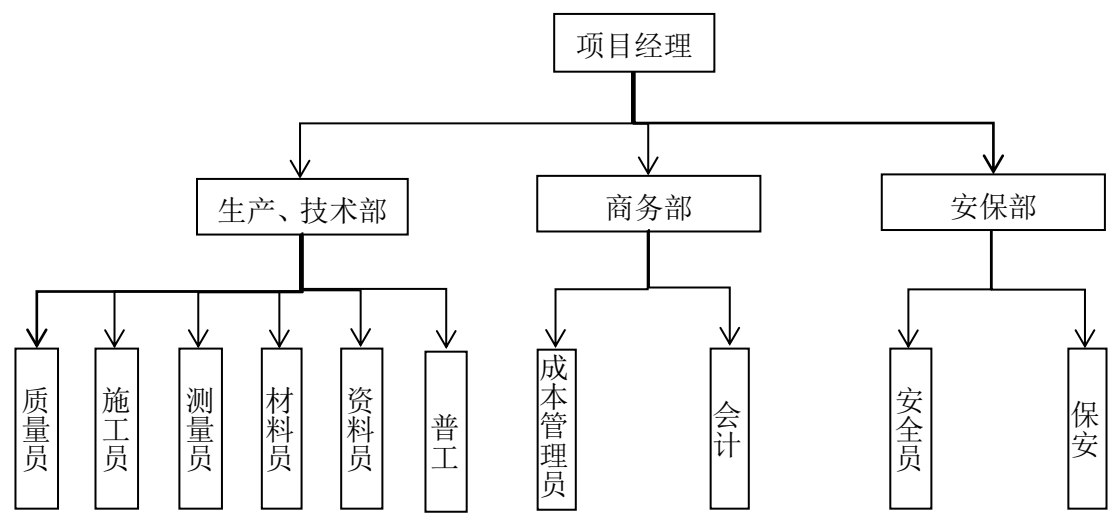
第五章      施工保障措施

一、      组织保障措施

1、 安全组织机构

为了脚手架施工能安全、高效的进行，决定成立脚手架施工专项管理小组，由项目经理担任组长，安全员担任副组长，质量员、施工员、班组长等相关管理人员为管理小组成员。其管理职责如下：

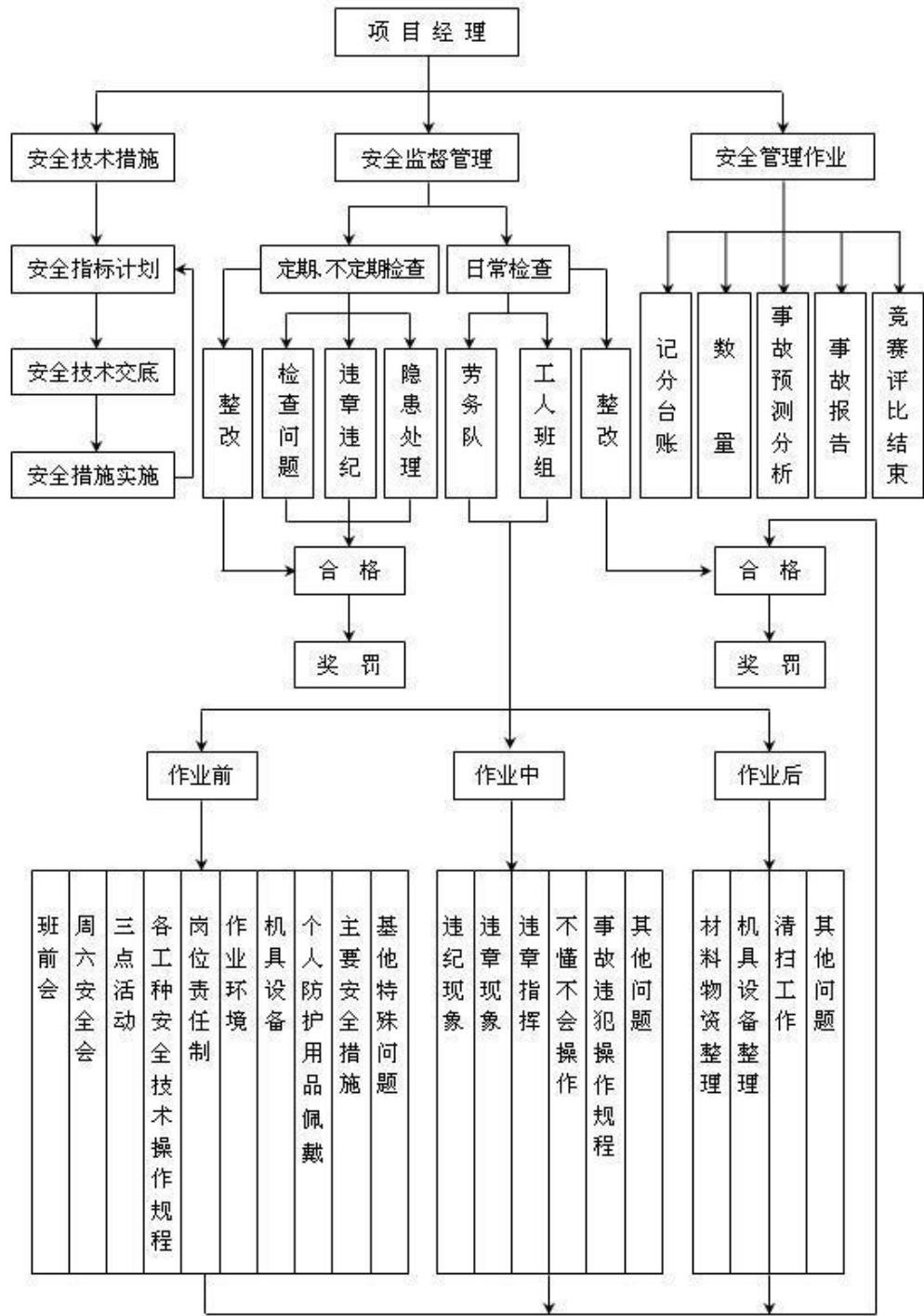
- 组长：项目经理。职责：全面负责项目质量、安全管理工作，进行统筹安排。
- 副组长：安全员。职责：负责现场质量、安全管理，对项目各项管理工作进行具体安排及对应急预案进行相应深化，并明确各组员岗位职责。
- 组员：施工员、质量员、测量员、资料员、材料员、班组长等。职责：施工员负责模板工程所需物料及设备的调配，搭设现场的人员安排及进度控制；质量员确保现场物料的质量及设备的安全可用，负责现场架体搭设的质量控制；测量员负责架体搭设时的变形监测，架体搭设时意外突发情况的报告；资料员负责高支模搭设时相关资料的收集。



注：1. 商务部由成本管理员、会计组成，办公地点在我司总部，协助管理。

组织架构图

## 2、安全保证体系



二、 技术措施

1、安全保证措施

- (1)、搭设人员必须是经过按《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》（安监总局令第80号）考核合格的专业架子工。上岗人员定期体检，合格者方可持证上岗；
- (2)、搭设人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋；
- (3)、脚手架的构配件质量与搭设质量，应按安全技术规范规定进行检查验收，合格后方可准许使用；

(4)、作业层上的施工荷载应符合设计要求，不得超载。不得将模板支架、揽风绳、泵送混凝土和砂浆的输送管等固定在脚手架上，严禁悬挂起重设备，严禁拆除或移动架体上安全防护措施；

(5)、当有六级以及六级以上大风和雾、雨、雪天气，应停止脚手架的搭设与拆除作业。雪后架上作业应有防滑措施，并扫除积雪；

(6)、夜间不宜进行脚手架搭设与拆除工作；

(7)、脚手架的安全检查与维护，应按相应安全技术规范进行；

(8)、脚手板应铺设牢靠、严实，并应用安全网双层兜底，施工层以下每隔 10m 应用安全网封闭；单、双排脚手架、悬挑式脚手架沿架体外围应用密目式安全网全封闭，密目式安全网宜设置在脚手架外立杆的内侧，并应与架体绑扎牢固。

(9)、在脚手架使用期间，严禁拆除主节点处纵、横向水平杆、连墙件、交叉支撑、水平架、加固栏杆和栏杆；

(10)、临街搭设脚手架时，外侧应有防止坠物伤人的防护措施；

(11)、在脚手架上进行电、气焊作业时，必须有防火措施和专人看守；

(12)、工地临时用电线路的架设及脚手架接地、避雷措施等。应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46-2005 的有关规定执行。

## 2、质量技术保证措施

(1)、双排脚手架搭设必须配合施工进度搭设，一次搭设高度不应超过相邻连墙件以上两步；如果超过相邻连墙件以上两步，无法设置连墙件时，应采取撑拉固定等措施与建筑结构拉结。

(2)、立杆搭设应符合下列规定：

①脚手架开始搭设立杆时，应每隔 6 跨设置一根抛撑，直至连墙件安装稳定后，方可根据情况拆除；

②当架体搭设至有连墙件的主节点时，在搭设完该处的立杆、纵向水平杆、横向水平杆后，应立即设置连墙件。

(3)、脚手架纵向水平杆的搭设应符合下列规定：

①脚手架纵向水平杆应随立杆按步搭设，并应采用直角扣件与立杆固定；

②封闭型脚手架的同一步中，纵向水平杆应四周交圈设置，并应用直角扣件与内外角部立杆固定。

(4)、双排脚手架横向水平杆靠墙一端至墙装饰面的距离不应大于 100mm。

(5)、脚手架连墙件安装应符合下列规定：

①连墙件的安装应随脚手架搭设同步进行，不得滞后安装；

②当双排脚手架施工操作层高出相邻连墙件以上两步时，应采取确保脚手架稳定的临时拉结措施，直到上一层连墙件安装完毕后再根据情况拆除；

(6)、脚手架剪刀撑与双排脚手架横向斜撑应随立杆、纵向和横向水平杆等同步搭设，不得滞后安装。

(7)、扣件安装应符合下列规定：

①扣件规格应与钢管外径相同；

②螺栓拧紧扭力矩不应小于  $40\text{N} \cdot \text{m}$ ，且不应大于  $65\text{N} \cdot \text{m}$ 。

③在主节点处固定横向水平杆、纵向水平杆、剪刀撑、横向斜杆等用的直角扣件、旋转扣件的中心点相互距离不应大于  $150\text{mm}$ 。

④对接扣件开口应朝上或朝内；

⑤各杆件端头伸出扣件盖板边缘的长度不应小于  $100\text{mm}$ 。

### 3、文明施工保证措施

(1)、使用完毕的脚手架架料和构件、零件要及时回收、分类整理，分类存放。堆放地点要场地平坦，排水良好，下设支垫，钢管、角钢、钢桁架和其他钢构件最好放在室内，如果放在露天，应用毡、席加盖、扣件、螺栓及其他小零件，应用木箱。钢筋笼或麻袋、草包等容器分类贮存，放在室内；

(2)、弯曲的钢管杆件要调直，损坏的构件要修复，损坏的扣件、零件要更换；

(3)、做好钢铁件的防锈和木制件的防腐处理，钢管外壁在湿度较大地区（相对湿度大于  $75\%$ ），应每年涂刷防锈漆一次；其他地区可两年涂刷一次。涂刷时涂层不宜过厚。经彻底除锈后，涂一度红丹即可。钢管内壁可根据地区情况，每  $2\sim 4$  年涂刷一次，每次涂刷两遍。角钢、桁架和其他铁件可每年涂刷一次。扣件要涂油，螺栓宜镀锌防锈，使用  $3\sim 5$  年保护层剥落后再次镀锌。没有镀锌条件的，应在每次使用后用煤油洗涤并涂机油防锈。木制件应做好防腐处理，钢制件应涂红丹及防锈涂料；

(4)、搬运长钢管、长角钢时，应采取措施防止弯曲。拆架应拆成单片装运，装卸时不得抛丢，防止损坏；

(5)、脚手架使用的扣件、螺栓、螺母、垫板、连接棒、插销等小配件极易丢失。在安装脚手架时，多余的小配件应及时收回存放，在拆卸脚手架时，散落在地面上的小配件要及时收捡起来；

(6)、健全制度，加强管理，减少损耗和提高效益是脚手架管理的中心环节。比较普遍采用的管理办法有两种：

- 1) 由架子工班(组)管理,采用谁使用、谁维护、谁管理的原则,并建立积极地奖罚制度、做到确保施工需要,用毕及时归库、及时清理和及时维修保养,减少丢失和损耗;
- 2) 由材料部门集中管理,实行租赁制。施工队根据施工的需要向公司材料部门租赁脚手架材料,实行按天计费和损坏赔偿制度。

#### 4、环境保证措施

(1)、严格执行环境保护相关制度和国家、地方的环保法规、标准,贯彻“预防为主、建设与保护并重”原则。加强施工期生态环境保护管理,建立高效、务实的生态环境保护管理体系,制订相应的生态环境保护管理办法。

(2)、主动接受省、市林业部门等主管单位的监督管理。聘请自然保护区方面的专家,对工程施工人员和管理人员进行培训,加强施工期生态环境保护知识普及和宣教活动。委托有关专业单位按照施工期生态环境监测计划进行生态环境监测,落实施工期污染控制与生态环境保护措施,建立完善的监测结果报告制度。

#### 5、季节性施工保证措施

##### (1)、雨季施工保证措施

- ①雨季施工前认真组织有关人员分析雨季施工生产计划,根据雨季施工项目编制雨季施工措施,在雨季来临前各项措施用料准备到位,确保雨季施工的安全和质量。
- ②成立以项目经理为组长的防汛领导小组,制定防汛计划和紧急预案措施,其应包括现场和与施工有关的周边居民区。
- ③夜间均设专职的值班人员,保证昼夜有人值班并做好值班记录,同时要设有人员负责收听和发布天气情况。
- ④应做好施工人员的雨季施工培训工作,组织相关人员进行一次全面检查,内容包括临时设施、临电、机械设备防护等工作。

##### (2)、台风季节施工保证措施

- ①制定施工方案时,都要制定相应台风季节施工措施。
- ②提前制定台风季节施工安全应急预案,一旦台风来临,立即启动台风季节施工应急预案。
- ③每天密切关注天气预报,在台风登陆前一天,根据所要施工分部分项工程的特点,进行安全技术交底。
- ④根据天气预报,提前定制材料进场计划,不要因为台风天气原因,造成材料进场滞后。
- ⑤松散材料要放在专用库房内,防止台风将泡沫板、泡沫板等松散吹走。
- ⑥台风来临之前,要将外架、飘板等临边处零星材料全部清理干净。



⑦台风期间要加强外架连墙件的巡视，一旦发现被破坏要立即恢复。外架的搭设和拆除尽量避开台风季节。

### (3)、夏季高温施工保证措施

①需防暴晒材料采取遮挡措施或入库。

②定期检查并更换因高温引起的安全网、安全绳、防护棚腐蚀等。

③增加现场绿化及道路洒水养护频率。

④根据天气预报发布的高温预报，适时调整露天作业时间，避开高温照射时段。避免因高温引发连锁事故；项目部针对员工高温作业配备如下生活用品：生活用房间配置降温设施，保证工人舒适休息；施工现场及作业楼层配备防暑药品和防暑饮料。

## 三、 监测监控措施

1、 监测控制：采用全站仪、水准仪、卷尺对架体进行监测，主要监测支架的沉降、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结构上设置，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，监测点布置详见附图。

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。

### 4、 仪器设备配置

名称	规格	数量	精度
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	
检测板手		1	

### 5、 监测人员配备

根据监测工程量，本工程配备监测人员 2 人，其中 1 人负责对各观测点的测量，1 人负责记录数据，最后处理和分析每日的观测数据。

## 6、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：
- (3)、杆件的设置和连接，扫地杆、连墙件、支撑，剪刀撑等构件是否符合要求；
- (4)、连墙件是否松动；
- (5)、架体是否有不均匀沉降，垂直度偏差；
- (6)、施工过程中是否有超载现象；
- (7)、安全防护措施是否符合规范要求；
- (8)、架体与杆件是否有变形现象；
- (9)、卸荷拉杆受力状态，有无松动现象；
- (10)、控制标准

监测项目	单点沉降量	总沉降量	黄色预警	红色预警
沉降量	≤10mm，相邻观测点差异沉降≤L/500（L 为立杆间距）	超过 20mm 时需进行加固	沉降量达允许值 80%（如 8mm）	超限或持续沉降，立即采取卸荷、加固等措施。

## 第六章 施工管理及作业人员配备和分工

### 一、施工管理人员

序号	职务	姓名	岗位职责
1	项目负责人	林易国	对项目现场全面负责
2	项目技术负责人	林易国	编制相关方案编制并进行技术交底
3	安全员	杜文超 吴春弟	负责方案现场执行及监督检测，进行隐患排查，确保脚手架施工安全
4	施工员	罗专合	落实施工方案，对施工方案进行复核，解决现场存在问题，协调相关事宜
5	质量员	莫龙	对脚手架搭设进行监督、质量验收
7	材料员	杨倩	进场材料验收、检查

8	资料员	洪莱利	资料收集、整理、存档
9	班组长		监督、组织工人搭设脚手架

## 二、 专职安全人员

搭设过程中，因处在施工高峰期，各施工班组在交叉作业中，故应加强安全监控力度，现场设定 1 名安全监控员。水平和垂直材料运输必须设置临时警戒区域，用红白三角小旗围栏，谨防非施工人员进入。

根据本工程规模，现场设定 2 名专职安全员。

序号	职务	姓名	职责
1	专职安全人员	杜文超	负责现场安全检查工作
2	专职安全人员	吴春弟	负责现场安全检查工作

## 三、 特种作业人员

为确保工程进度的需要，同时根据本工程的结构特征和脚手架的工程量，确定本工程脚手架搭设按下表配置人力资源，操作工均有上岗作业证书。

序号	工种	人数	岗位职责
1	架子工	8	脚手架搭设、拆除、维护
2	电工	2	临电管理
3	焊工	2	材料焊接

## 四、 其他作业人员

外脚手架的搭设和拆除，还应配备有足够的辅助人员。

序号	工种	人数	岗位职责
1	普工	4	搬运清理、协助施工
2	油漆工	3	钢管涂刷

## 第七章 验收要求

### 一、验收标准

1、参照《施工脚手架通用规范》GB 550023-2022，脚手架搭设过程中，应在下列阶段进行检查，检查合格后方可使用；不合格应进行整改，整改合格后方可使用：

- (1)、基础完工后及脚手架搭设前；
- (2)、首层水平杆搭设后；
- (3)、作业脚手架每搭设一个楼层高度；
- (4)、搭设支撑脚手架，高度每 2 步~4 步或不大于 6m。

2、验收时应具备下列文件

- (1)、根据编制依据相关文件规范、标准要求所形成的施工组织设计文件；
- (2)、专项施工方案及变更文件；
- (3)、安全技术交底文件；
- (4)、脚手架构配件的出厂合格证或质量分类合格标志；
- (5)、脚手架工程的施工记录及质量检查记录；
- (6)、脚手架搭设过程中出现的重要问题及处理记录；
- (7)、脚手架工程的施工验收报告。

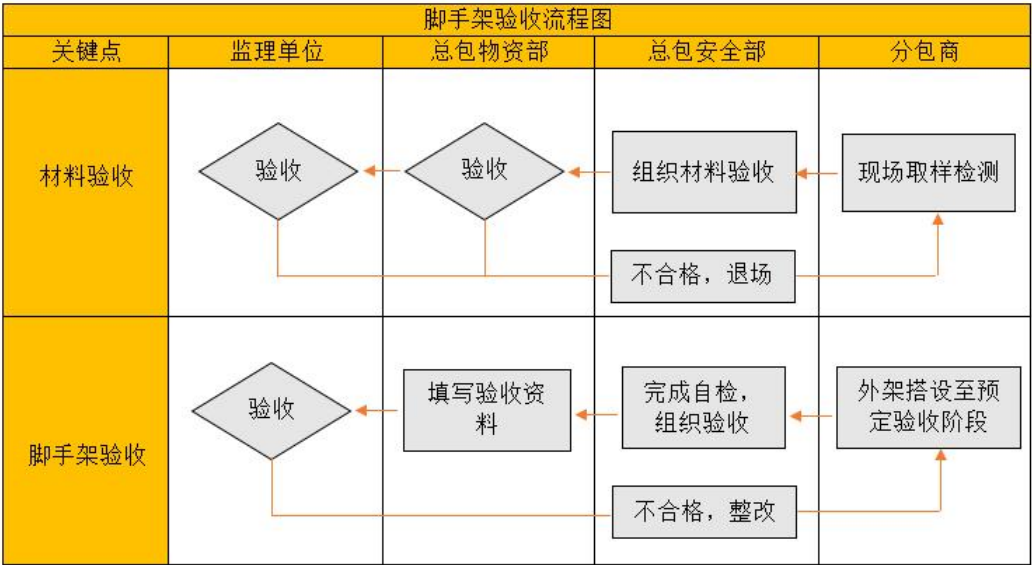
3、脚手架工程的验收，除查验有关文件外，还应进行现场检查，检查应着重以下各项，并记入施工验收报告。

- (1)、构配件和加固件是否齐全，质量是否合格，连接和挂扣是否紧固可靠。
- (2)、安全网的张挂及扶手的设置是否齐全。
- (3)、杆件的设置和连接，连墙件、支撑等的构造是否符合要求。
- (4)、垂直度、水平度是否合格。
- (5)、扣件螺栓是否松动，是否超载。

4、架子搭设和组装完毕，使用前必须由项目经理、技术负责人、项目安全员、架子班长等人员组成验收小组，进行验收，并填写验收单。

二、验收程序

1、验收程序



2、验收人员

项目负责人
项目技术负责人
专职安全员
施工员
项目总监理工程师
项目专业监理工程师
建设单位工程师

三、验收内容

参照《施工脚手架通用规范》GB 550023-2022，脚手架搭设达到设计高度或安装就位后，应进行验收，验收不合格的，不得使用。脚手架的验收应包括下列内容：

- ①材料与构配件质量；
- ②搭设场地、支撑结构件的固定；
- ③架体搭设质量；
- ④专项施工方案、产品合格证、使用说明及检测报告、检查记录、测试记录等技术资料。

## 1、悬挑式脚手架验收表

序号	验收项目	搭设要求	验收结果
1	施工方案	1) 架体搭设应编制专项施工方案，结构设计应进行计算； 2) 架体搭设超过规范允许高度，专项施工方案应按规定组织专家论证； 3) 专项施工方案应按规定进行审核、审批。	
2	悬挑钢梁	1) 钢梁截面尺寸应经设计计算确定，且截面形式应符合设计和规范要求； 2) 钢梁锚固端长度不应小于悬挑长度的 1.25 倍； 3) 钢梁锚固处结构强度、锚固措施应符合设计和规范要求； 4) 钢梁外端应设置钢丝绳或钢拉杆与上层建筑结构拉结； 5) 钢梁间距应按悬挑架体立杆纵距设置。	
3	架体稳定	1) 立杆底部应与钢梁连接柱固定； 2) 承插式立杆接长应采用螺栓或销钉固定； 3) 纵横向扫地杆的设置应符合规范要求； 4) 剪刀撑应沿悬挑架体高度连续设置，角度应为 45°~60°； 5) 架体应按规定设置横向斜撑； 6) 架体应采用刚性连墙件与建筑结构拉结，设置的位置、数量应符合设计和规范要求。	
4	脚手板	1) 脚手板材质、规格应符合规范要求； 2) 脚手板铺设应严密、牢固，探出横向水平杆长度不应大于 150mm。	
5	荷载	架体上施工荷载应均匀，并不应超过设计和规范要求。	
6	杆件间距	1) 立杆纵、横向间距、纵向水平杆步距应符合设计和规范要求； 2) 作业层应按脚手板铺设的需要增加横向水平杆。	
7	架体防护	1) 作业层应按规范要求设置防护栏杆； 2) 作业层外侧应设置高度不小于 180mm 的挡脚板； 3) 架体外侧应采用密目式安全网封闭，网间连接应严密。	
8	层间防护	1) 架体作业层脚手板下应采用安全平网兜底，以下每隔 10m 应采用安全平网封闭； 2) 作业层里排架体与建筑物之间应采用脚手板或安全平网封闭； 3) 架体底层沿建筑结构边缘在悬挑钢梁与悬挑钢梁之间应采取措施封闭；	

		4) 架体底层应进行封闭。	
9	构配件材质	1) 型钢、钢管、构配件规格材质应符合规范要求; 2) 型钢、钢管弯曲、变形、锈蚀应在规范允许范围内。	

## 第八章 应急处置措施

### （一）应急领导小组及其职责

成立应急救援小组：

组长：项目经理（林易国）

组员：安全员（杜文超 吴春弟）、施工员（罗专合）、质量员（莫龙）、测量员（黄光池）、材料员（杨倩）、设备管理员（刘永明）、资料员（洪莱利）、劳务员（苏灶梅）。

应急救援领导小组职责：建筑工地发生安全事故时，负责指挥工地抢救工作，向各抢救小组下达抢救指令任务，协调各组之间的抢救工作，随时掌握各组最新动态并做出最新决策，第一时间向 110、119、120、企业救援指挥部、当地政府安监部门、公安部门求救或报告灾情。平时应急救援领导小组成员轮流值班，值班者必须在工地现场，手机必须 24 小时开通，发生紧急事故时，在项目部应急领导小组组长抵达工地前，值班者即为临时救援组长。

现场抢救组职责：采取紧急措施，尽一切可能抢救伤员及被困人员，防止事故进一步扩大。

医疗救治组职责：对抢救出的伤员，视情况采取急救处置措施，情况危急的尽快送医院抢救。

后勤服务组职责：负责交通车辆的调配，紧急救援物资的到位及人员的餐饮供应。

现场保安组职责：负责工地的安全保卫，支援其他抢救组的工作，保卫现场。

组长：建立项目部应急准备计划并组织实施。保证应急准备计划得到有效的实施。

组员：在分管的工作范围内，保证应急准备计划得到有效的实施。在事故发生后，保护现场进行对事故调查，分析事故原因，落实责任。当好领导的参谋，与上级领导保持一致，及时传递信息、请示汇报。并对各项措施落实情况进行监督检查。

### （二）脚手架工程中的重大事故隐患判定及防范

依据《房屋市政工程生产安全重大事故隐患判定标准（2022 版）》，脚手架工程中的重大隐患及防范措施如下：

重大事故隐患情形	防范措施
建筑施工企业未取得安全生产许可证擅自从事建筑施工活动	遵纪守法，从事许可范围的活动并确保有效
施工单位的主要负责人、项目负责人、专职安全生产管理人员未取得安全生产考核合格证书从事相关工作	聘请具备对应资质的人员，并做好延续再教育（确保证书处于有效期内）
建筑施工特种作业人员未取得特种作业人员操作资格证书上岗作业	聘请具备对应资质的人员，并做好复审再教育（确保证书处于有效期内）
危险性较大的分部分项工程未编制、未审核专项施工方案，或未按规定组织专家对“超过一定规模的危险性较大的分部分项工程范围”的专项施工方案进行论证	严格按照要求在施工准备阶段编制与项目相匹配的危险性较大分部分项工程的专项施工方案并经审核审批通过。超过一定规模的组织论证通过后施工
使用危害程度较大、可能导致群死群伤或造成重大经济损失的施工工艺、设备和材料	不使用不成熟的或明令禁止淘汰的施工工艺、设备和材料
未设置连墙件或连墙件整层缺失	<p>在设计脚手架体系时，要充分考虑其自重、施工荷载、的自承力以及风向的侧压力，以保证架体有足够的承载力和稳定性。</p> <p>杆件间距应能充分保证在自重、施工荷载和侧压作用下不会变形。</p> <p>严格按照专项方案搭设，保障各类杆件的间距、完整性与稳定性，施工过程中严格控制施工荷载。加强定期与不定期的隐患排查及时完善</p>
其他严重违反房屋市政工程安全生产法律法规、部门规章及强制性标准，且存在危害程度较大、可能导致群死群伤或造成重大经济损失的现实危险	遵纪守法、严格执行落实标准规范的相关措施

### （三）施工过程预防措施

- （1）、对架体定期进行检查，及时了解和掌握架体基础、杆件连接、连墙件设置、施工荷载、架体防护等具体情况，及时反馈存在的安全隐患，及时组织整改；
- （2）、经常检查现场架体周边排水情况，保证架体周边雨水及下水管线排水畅通；
- （3）、及时收听天气预报，加强雨雪天情况的跟踪报道，防止雷电伤害，及时清理积雪，严防滑倒引起高坠事故。



(4)、严格控制架体上施工机具、材料、配件及建筑垃圾的堆放，以防荷载过大或掉落伤人。

(5)、严格执行临时用电安全技术规范，严禁在架体上搁置配电箱和铺设电缆，以防漏电引起触电伤亡事故。

(6)、动火作业，要专人看护，以防引燃架体上的可燃物，造成火灾事故。

#### (四) 应急事件及其应急措施

##### 1、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。

##### 2、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。

### 3、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。

### 4、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。

### （五）救援路线及周边医院信息

预先制定人员安全救援路线可在安全事故发生后可将重伤人员有计划的以最快的速度送抵最近医院，为重伤人员抢夺宝贵救命时间。

医院名称:东莞常安医院 联系电话:0769-33322333

地址: 东莞市常平镇常安路 1 号

火 警: 119 交通事故报警: 122

急 救: 120 联动中心: 110

项目负责人: 林易国

手机: 13929204778

技术负责人: 林易国

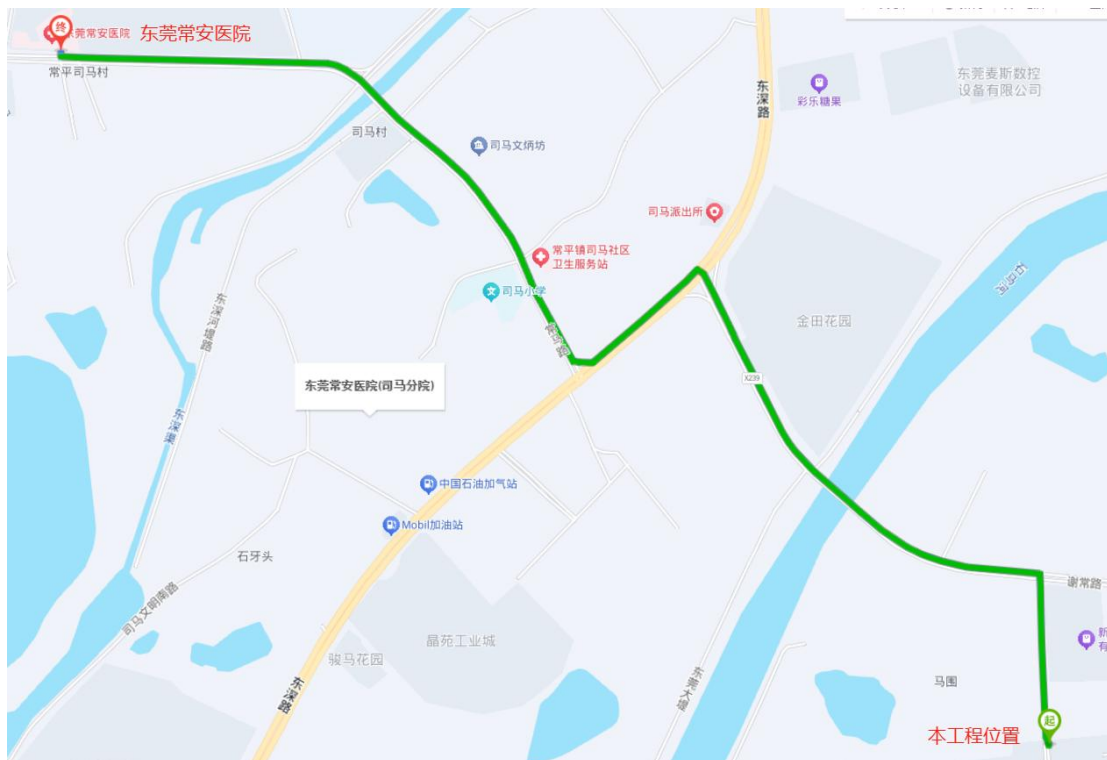
手机: 13929204778

安全员: 杜文超

手机: 15920827231

安全员: 吴春弟

手机: 18206641721



项目部到东莞常安医院路线图

### （六）应急物资准备

医疗器材: 担架、氧气袋、塑料袋、木夹板、小药箱等;

照明器材: 手电筒、应急灯 36v 以下安全线路、灯具;

通讯器材: 电话、手机、对讲机、报警器;

交通工具: 工地常备一辆工具车, 该车不考虑跑长途;

灭火器材: 消防砂、消防栓、灭火器日常按要求就位, 紧急情况下集中使用;

应急设备: 氢氧焊、障碍栏杆、警示带。

第九章 计算书及相关施工图纸

一、花篮螺栓悬挑架(扣件式)计算书

计算依据:

- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》T/CECS 699—2020
- 2、《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016
- 3、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 4、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 5、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 6、《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010（2024 年版）
- 7、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 8、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 9、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
- 10、《工程结构通用规范》GB 55001-2021

架体验算

一、脚手架参数

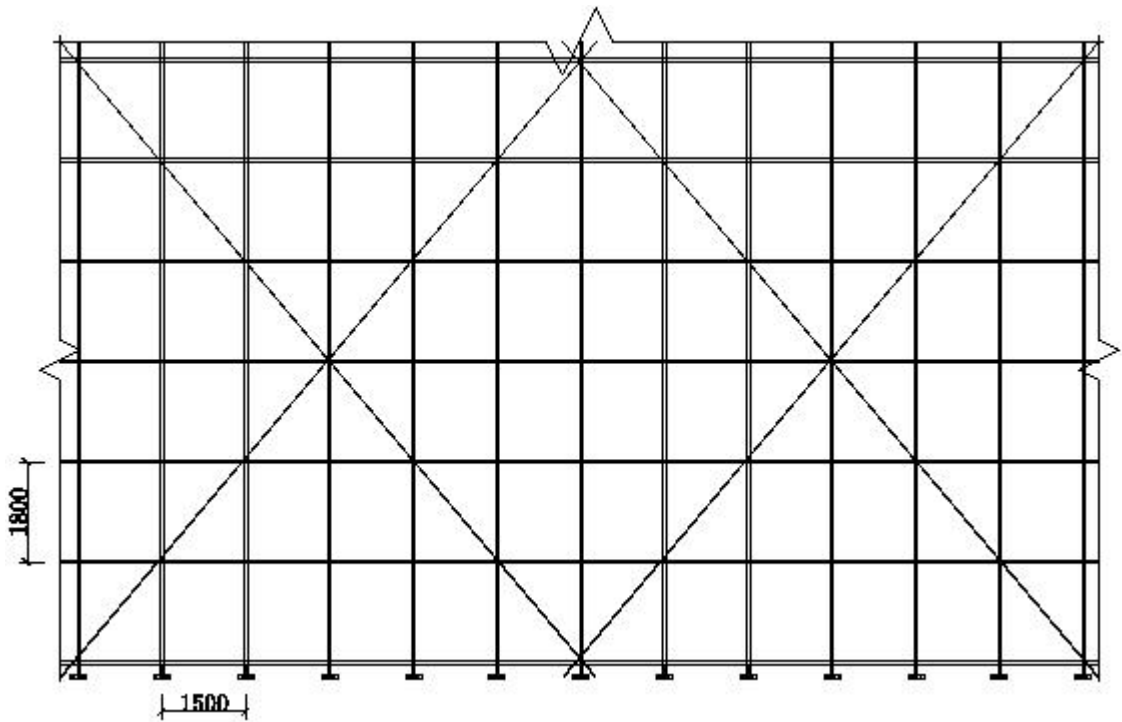
结构重要性系数 $\gamma_0$	1.1	脚手架安全等级	I 级
脚手架搭设排数	双排脚手架	脚手架钢管类型	$\Phi 48\times 3.2$
设置拉杆前，型钢主梁是否设置临时支撑	否	本挑脚手架搭设高度 $H(m)$	25.3
未设拉杆时的架体最大高度 $H_0(m)$	7.2	步距 $h(m)$	1.8
立杆纵距或跨距 $l_a(m)$	1.5	立杆横距 $l_b(m)$	0.8
内立杆离建筑物距离 $a(m)$	0.3	双立杆计算方法	不设置双立杆

二、荷载设计

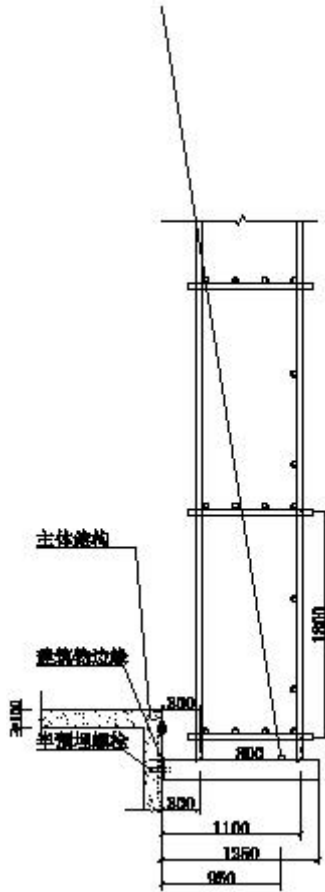
脚手架设计类型	结构脚手架	脚手板类型	钢笆脚手板
脚手板自重标准值 $G_{kjb}(kN/m^2)$	0.1	脚手板铺设方式	1 步 1 设
安全防护网自重标准值 $(kN/m^2)$	0.01	挡脚板类型	木挡脚板

栏杆与挡脚板自重标准值 $G_{kdb}(\text{kN/m})$	0.17	挡脚板铺设方式	2 步 1 设
每米立杆承受结构自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.12	结构脚手架作业层数 $n_{jj}$	1
结构脚手架荷载标准值 $G_{kjj}(\text{kN/m}^2)$	3	地区	广东东莞市
安全网设置	全封闭	基本风压 $\omega_0(\text{kN/m}^2)$	0.35
风荷载体型系数 $\mu_s$	1.04	风压高度变化系数 $\mu_z$ (连墙件、单立杆稳定性)	1.523, 1.13
风荷载标准值 $\omega_k(\text{kN/m}^2)$ (连墙件、单立杆稳定性)	0.554, 0.411		

计算简图：



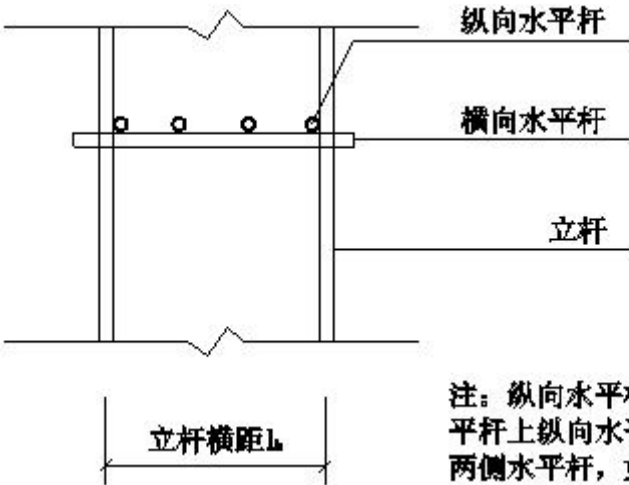
立面图



侧面图

三、纵向水平杆验算

纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上	横向水平杆上纵向水平杆根数 n	2
横杆抗弯强度设计值 $[f](\text{N}/\text{mm}^2)$	205	横杆截面惯性矩 $I(\text{mm}^4)$	113600
横杆弹性模量 $E(\text{N}/\text{mm}^2)$	206000	横杆截面抵抗矩 $W(\text{mm}^3)$	4730



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

纵、横向水平杆布置

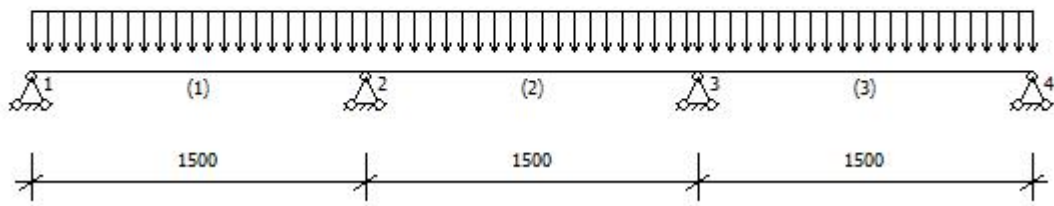
承载能力极限状态

$$q=1.3 \times (0.035+G_{kjb} \times l_b/(n+1))+1.5 \times G_k \times l_b/(n+1)=1.3 \times (0.035+0.1 \times 0.8/(2+1))+1.5 \times 3 \times 0.8/(2+1)=1.281\text{kN/m}$$

正常使用极限状态

$$q'=(0.035+G_{kjb} \times l_b/(n+1))+G_k \times l_b/(n+1)=(0.035+0.1 \times 0.8/(2+1))+3 \times 0.8/(2+1)=0.862\text{kN/m}$$

计算简图如下：



### 1、抗弯验算

$$M_{\max}=0.1ql_a^2=0.1 \times 1.281 \times 1.5^2=0.288\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1 \times 0.288 \times 10^6/4730=67.013\text{N/mm}^2 \leq [f]=205\text{N/mm}^2$$

满足要求！

### 2、挠度验算

$$v_{\max}=0.677ql_a^4/(100EI)=0.677 \times 0.862 \times 1500^4/(100 \times 206000 \times 113600)=1.263\text{mm}$$

$$v_{\max}=1.263\text{mm} \leq [v]=\min[l_a/150, 10]=\min[1500/150, 10]=10\text{mm}$$

满足要求！

### 3、支座反力计算

承载能力极限状态

$$R_{\max}=1.1ql_a=1.1 \times 1.281 \times 1.5=2.113\text{kN}$$

正常使用极限状态

$$R_{\max}'=1.1q'l_a=1.1 \times 0.862 \times 1.5=1.422\text{kN}$$

## 四、横向水平杆验算

承载能力极限状态

$$\text{由上节可知 } F_1=R_{\max}=2.113\text{kN}$$

$$q=1.3 \times 0.035=0.046\text{kN/m}$$

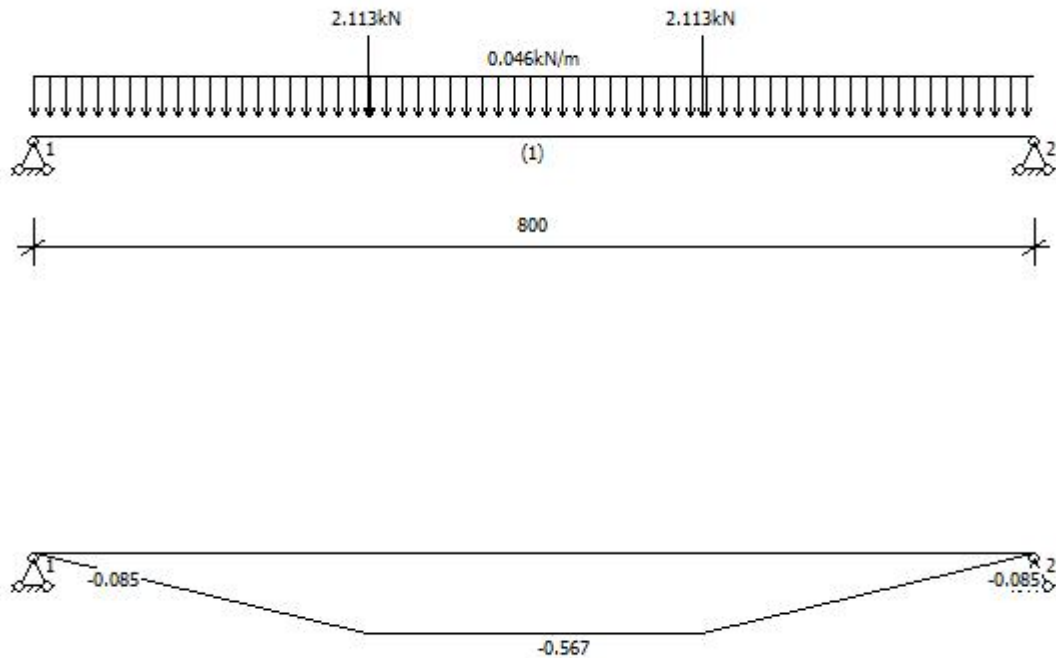
正常使用极限状态

$$\text{由上节可知 } F_1'=R_{\max}'=1.422\text{kN}$$

$$q'=0.035\text{kN/m}$$

## 1、抗弯验算

计算简图如下：



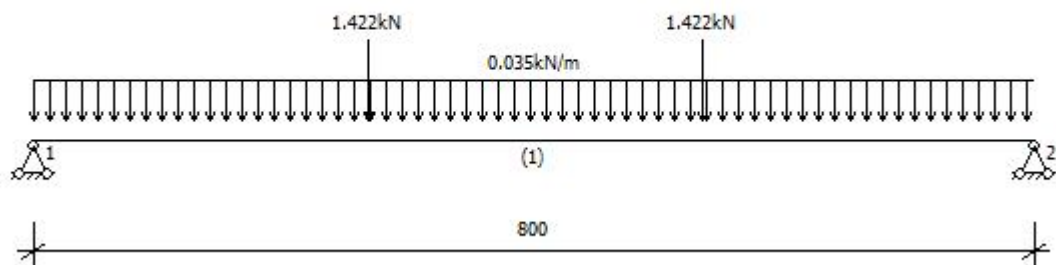
弯矩图(kN·m)

$$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times 0.567\times 10^6/4730=131.763\text{N/mm}^2\leq [f]=205\text{N/mm}^2$$

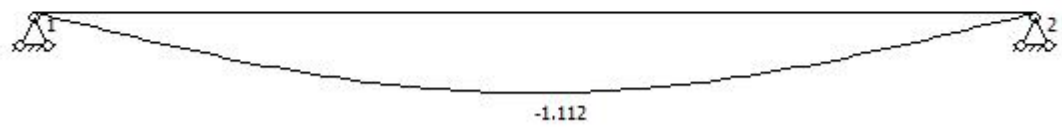
满足要求！

## 2、挠度验算

计算简图如下：







变形图(mm)

$v_{\max}=1.112\text{mm}\leq[v]=\min[l_b/150, 10]=\min[800/150, 10]=5.333\text{mm}$

满足要求！

3、支座反力计算

承载能力极限状态

$R_{\max}=2.131\text{kN}$

五、扣件抗滑承载力验算

横杆与立杆连接方式	单扣件	扣件抗滑移折减系数	0.9
-----------	-----	-----------	-----

扣件抗滑承载力验算：

纵向水平杆： $R_{\max}=1.1\times2.113/2=1.162\text{kN}\leq R_c=0.9\times8=7.2\text{kN}$

横向水平杆： $R_{\max}=1.1\times2.131=2.345\text{kN}\leq R_c=0.9\times8=7.2\text{kN}$

满足要求！

六、荷载计算

脚手架架体高度 H	25.3	脚手架钢管类型	Φ48×3.2
每米立杆承受结构自重标准值 gk(kN/m)	0.12		

立杆静荷载计算

1、立杆承受的结构自重标准值 N<sub>G1k</sub>

单外立杆： $N_{G1k}=(g_k+l_a\times n/2\times0.035/h)\times H=(0.12+1.5\times2/2\times0.035/1.8)\times25.3=3.782\text{kN}$

单内立杆： $N_{G1k}=3.782\text{kN}$

2、脚手板的自重标准值 N<sub>G2k1</sub>

单外立杆： $N_{G2k1}=[(H/h)_{\text{取整}}+1]\times l_a\times l_b\times G_{kj}\times1/1/2=[(25.3/1.8)_{\text{取整}}+1]\times1.5\times0.8\times0.1\times1/1/2=0.9\text{kN}$

1/1 表示脚手板 1 步 1 设

单内立杆：N<sub>G2k1</sub>=0.9kN

3、栏杆与挡脚板自重标准值 N<sub>G2k2</sub>

单外立杆：N<sub>G2k2</sub>=[(H/h)<sub>取整</sub>+1]×la×G<sub>kdb</sub>×1/2=[(25.3/1.8)<sub>取整</sub>+1]×1.5×0.17×1/2=1.913kN

1/2 表示挡脚板 2 步 1 设

4、围护材料的自重标准值 N<sub>G2k3</sub>

单外立杆：N<sub>G2k3</sub>=G<sub>kmw</sub>×la×H=0.01×1.5×25.3=0.38kN

5、构配件自重标准值 N<sub>G2k</sub> 总计

单外立杆：N<sub>G2k</sub>=N<sub>G2k1</sub>+N<sub>G2k2</sub>+N<sub>G2k3</sub>=0.9+1.913+0.38=3.192kN

单内立杆：N<sub>G2k</sub>=N<sub>G2k1</sub>=0.9kN

立杆施工活荷载计算

外立杆：N<sub>Q1k</sub>=la×l<sub>b</sub>×(n<sub>jj</sub>×G<sub>kjj</sub>)/2=1.5×0.8×(1×3)/2=1.8kN

内立杆：N<sub>Q1k</sub>=1.8kN

单立杆轴向力：

单外立杆：N=1.3×(N<sub>G1k</sub>+ N<sub>G2k</sub>)+1.5×N<sub>Q1k</sub>=1.3×(3.782+3.192)+ 1.5×1.8=11.767kN

单内立杆：N=1.3×(N<sub>G1k</sub>+ N<sub>G2k</sub>)+1.5×N<sub>Q1k</sub>=1.3×(3.782+0.9)+ 1.5×1.8=8.787kN

未设置拉杆时的架体最大高度为 7.2m，此时对应的立杆轴力为：

设计值：

单外立杆：N=5.458kN，单内立杆：N=4.489kN

标准值：

单外立杆：N=3.922kN，单内立杆：N=3.176kN

七、立杆稳定性验算

脚手架架体高度 H	25.3	立杆计算长度系数μ	1.5
立杆截面抵抗矩 W(mm <sup>3</sup> )	4730	立杆截面回转半径 i(mm)	15.9
立杆抗压强度设计值[f](N/mm <sup>2</sup> )	205	立杆截面面积 A(mm <sup>2</sup> )	450
连墙件布置方式	两步一跨		

1、立杆长细比验算

立杆计算长度 l<sub>0</sub>=Kμh=1×1.5×1.8=2.7m

长细比λ=l<sub>0</sub>/i=2.7×10<sup>3</sup>/15.9=169.811≤210

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

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

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

查《规范》表 A 得， $\varphi = 0.188$

## 2、立杆稳定性验算

### 组合风荷载作用

$$\text{单外立杆的轴心压力标准值 } N' = N_{G1k} + N_{G2k} + N_{Q1k} = 3.782 + 3.192 + 1.8 = 8.774\text{kN}$$

$$\text{单外立杆的轴心压力设计值 } N = 1.3(N_{G1k} + N_{G2k}) + 1.5N_{Q1k} = 1.3 \times (3.782 + 3.192) + 1.5 \times 1.8 = 11.767\text{kN}$$

$$M_{wd} = \varphi_w \gamma_Q M_{wk} = \varphi_w \gamma_Q (0.05 \zeta_1 \omega_k l_a H_1^2) = 0.6 \times 1.5 \times (0.05 \times 0.6 \times 0.411 \times 1.5 \times 3.6^2) = 0.216\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = \gamma_0 [N / (\varphi A) + M_{wd} / W] = 1.1 \times [11766.655 / (0.188 \times 450) + 215725.68 / 4730] = 203.163\text{N/mm}^2 \leq [f] = 205\text{N/mm}^2$$

满足要求！

## 八、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	两步一跨	连墙件连接方式	螺栓连接
连墙件约束脚手架平面外变形轴向力 $N_0$ (kN)	3	连墙件计算长度 $l_0$ (mm)	600
连墙件截面类型	钢管	连墙件型号	$\Phi 48 \times 3$
扣件抗滑移折减系数	0.9	连墙件截面面积 $A_c$ (mm <sup>2</sup> )	424
连墙件截面回转半径 $i$ (mm)	15.9	连墙件抗压强度设计值 $[f]$ (N/mm <sup>2</sup> )	205
连墙件与脚手架扣件连接方式	双扣件	螺栓直径 $d$ (mm)	18
螺栓抗拉强度设计值 $[f_t]$ (N/mm <sup>2</sup> )	170		

$$N_{lw} = 1.5 \times \omega_k \times 2 \times h \times 1 \times l_a = 1.5 \times 0.554 \times 2 \times 1.8 \times 1 \times 1.5 = 4.487\text{kN}$$

长细比  $\lambda = l_0/i = 600/15.9 = 37.736$ ，查《规范》表 A.0.5 得， $\varphi = 0.896$

$$(N_{lw} + N_0) / (\varphi A_c) = (4.487 + 3) \times 10^3 / (0.896 \times 424) = 19.708\text{N/mm}^2 \leq 0.85 \times [f] = 0.85 \times 205 = 174.25\text{N/mm}^2$$

满足要求！

$$\sigma = (N_{lw} + N_0) / (\pi \times d^2 / 4) = (4.487 + 3) \times 10^3 / (3.14 \times 18^2 / 4) = 29.422\text{N/mm}^2 \leq f_t = 170\text{N/mm}^2$$

满足要求！

连墙件与脚手架连接扣件抗滑承载力验算:

$$N_{lw}+N_0=4.487+3=7.487\text{kN}\leq 0.9\times 12=10.8\text{kN}$$

满足要求！

型钢主梁验算（未设置拉杆工况）

一、基本参数

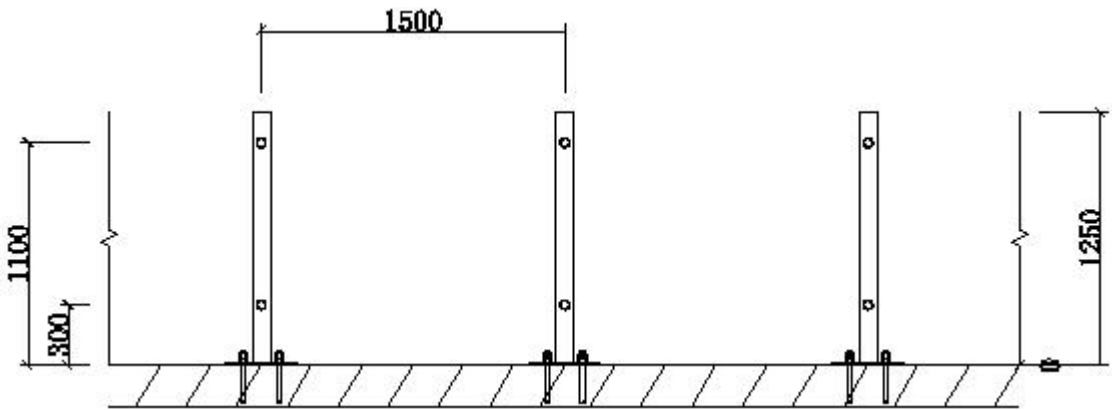
主梁离地高度(m)	5	悬挑方式	普通主梁悬挑
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	锚固螺栓连接
主梁建筑物外悬挑长度 $L_X$ (mm)	1250		

二、荷载布置参数

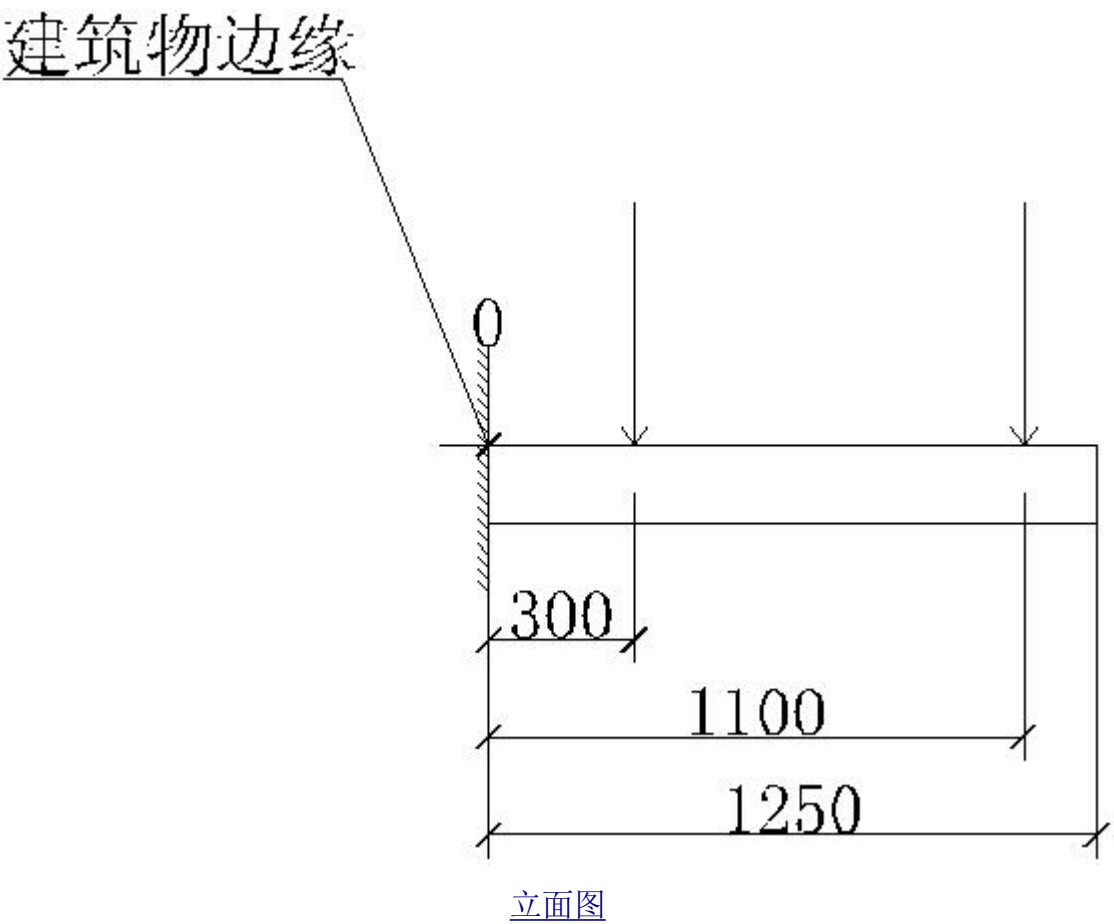
未设拉杆工况时，参考上方单外立杆的轴心压力设计值计算方法，计算出单内立杆轴心压力设计值及标准值如下：

作用点号	各排立杆传至梁上荷载标准值 $F'(kN)$	各排立杆传至梁上荷载设计值 $F(kN)$	各排立杆距主梁外锚固点水平距离(mm)	主梁间距 $l_a$ (mm)
1	3.176	4.489	300	1500
2	3.922	5.458	1100	1500

附图如下：



平面图



三、主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁合并根数 $n_z$	1
主梁材料规格	16 号工字钢	主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11
主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130	主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141
主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205	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 $[v](\text{mm})$	1/250		

荷载标准值：

$q'=g_k=0.205=0.205\text{kN/m}$

第 1 排： $F'_1=F'_1/n_z=3.176/1=3.176\text{kN}$

第 2 排： $F'_2=F'_2/n_z=3.922/1=3.922\text{kN}$

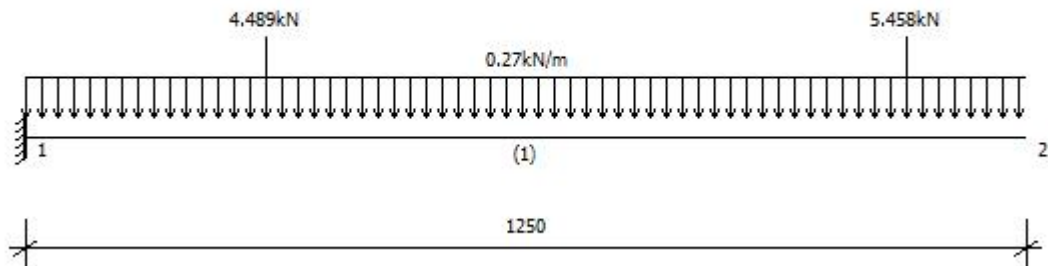
荷载设计值：

$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.205=0.267\text{kN/m}$

第 1 排： $F_1=F_1/n_z=4.489/1=4.489\text{kN}$

第 2 排:  $F_2=F_2/n_z=5.458/1=5.458\text{kN}$

未设置拉杆时, 应按悬臂梁模型进行计算, 计算简图如下:



计算简图

### 1、强度验算

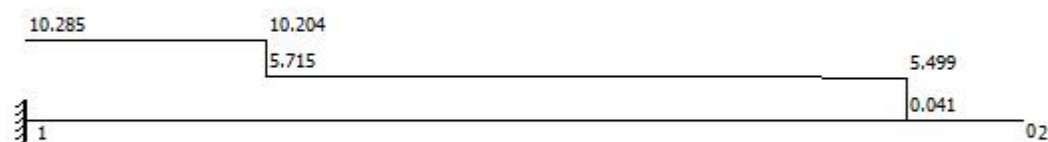


弯矩图(kN·m)

$$\sigma_{\max}=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times 7.561\times 10^6/141000=58.99\text{N/mm}^2\leq [f]=215\text{N/mm}^2$$

符合要求!

### 2、抗剪验算



剪力图(kN)

$$\tau_{\max}=\gamma_0 Q_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=1.1\times 10.285\times 1000\times [88\times 160^2-(88-6)\times 140.2^2]/(8\times 11300000\times 6)=13.37\text{N/mm}^2$$

$\tau_{\max}=13.37\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$

符合要求！

3、挠度验算



变形图(mm)

$v_{\max}=0.997\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 1250/250=10\text{mm}$

符合要求！

4、支座反力计算

设计值：R<sub>1</sub>=10.285kN

四、悬挑主梁稳定性验算

受弯构件整体稳定性分析：

其中φ<sub>b</sub> -- 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，φ<sub>b</sub>=2

由于φ<sub>b</sub> 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附表 C，得到 φ<sub>b</sub>'值为 0.93。

$\gamma_0 M_{\max}/(\phi_b' W_x f)=1.1\times 7.561\times 10^6/(0.929\times 141\times 215\times 10^3)=0.295\leq 1$

符合要求！

五、主梁与建筑物节点验算（未设拉杆工况）

1、计算参数

主梁与建筑物连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	竖向连接钢板强度等级	Q235
竖向连接钢板厚度 d <sub>t</sub> (mm)	20	主梁与建筑物连接螺栓个数 n:	2
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 u	0.5	一个高强螺栓的预拉力 P(kN)	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n <sub>f</sub>	1	竖向连接钢板宽度 b <sub>0</sub> (mm)	210

螺栓中心至钢板底部距离 $h_0(\text{mm})$	240	螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150
预埋螺栓机械锚固件 $a_0(\text{mm})$	40	梁/楼板混凝土强度等级	C30
未设拉杆工况时混凝土的龄期 (天)	12	混凝土的实测抗压强度 $f_c(\text{N/mm}^2)$	10.725
混凝土的实测抗拉强度 $f_t(\text{N/mm}^2)$	1.073		

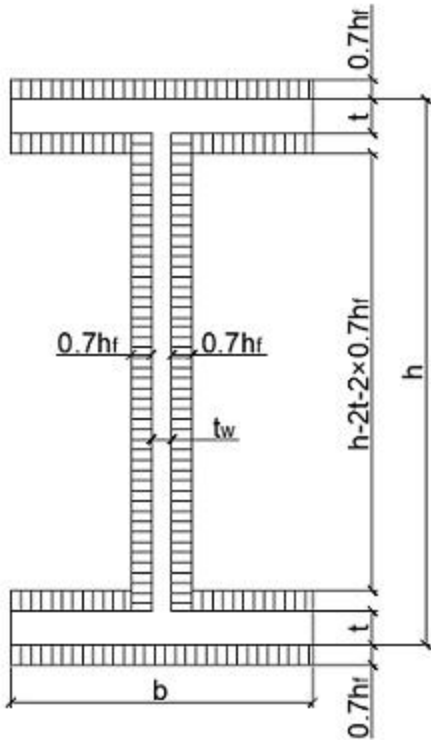
2、主梁与竖向连接钢板焊缝计算（未设拉杆工况）

主梁角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	8	主梁角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160
主梁型号	16 号工字钢		

主梁焊接支座处的弯矩值： $M=M_0/n_z=7.561/1=7.561\text{kN}\cdot\text{m}$

主梁焊接支座处的剪力值： $V=V_0/n_z=10.285/1=10.285\text{kN}$

假定弯矩由全部焊缝承担，剪力只由竖向角焊缝承受并沿竖向角焊缝均匀分布



工字钢主梁与结构连接角焊缝焊接图示

腹板竖向焊缝的面积：

$A_w=2\times 0.7\times h_f\times (h-2t)=2\times 0.7\times 8\times (160-2\times 9.9)=1570.24\text{mm}^2$

全部焊缝对 x 轴的惯性矩：

$I_w=[b\times ((h+2\times 0.7h_f)^3-h^3)]/12+[(b-t_w)\times ((h-2t)^3-(h-2t-2\times 0.7h_f)^3)]/12+2\times 0.7h_f\times (h-2t-2\times 0.7h_f)^3/12=[88\times ((160+2\times 0.7\times 8)^3-160^3)]/12+[(88-6)\times ((160-2\times 9.9)^3-(160-2\times 9.9-2\times 0.7\times 8)^3)]/12+2\times 0.7\times 8\times (160-2\times 9.9-2\times 0.7\times 8)^3/12=1.29\times 10^7\text{mm}^4$



焊缝最外边缘的抵抗矩：

$$W_{w1}=I_w/(h/2+0.7h_f)=1.29\times 10^7/(160/2+0.7\times 8)=1.51\times 10^5\text{mm}^3$$

焊缝在翼缘和腹板连接处的抵抗矩：

$$W_{w2}=I_w/(h/2-t)=1.29\times 10^7/(160/2-9.9)=1.84\times 10^5\text{mm}^3$$

在弯矩作用下角焊缝最外边缘的应力：

$$\sigma_{f1}=\gamma_0 M/W_{w1}=1.1\times 7.561\times 10^6/(1.51\times 10^5)=55.084\text{N/mm}^2\leq \beta_f f_t^w=1.22\times 160=195.2\text{N/mm}^2$$

符合要求！

在弯矩、剪力共同作用下翼缘与腹板交接处角焊缝的应力：

$$\sigma_{f2}=\gamma_0 M/W_{w2}=1.1\times 7.561\times 10^6/(1.84\times 10^5)=45.11\text{N/mm}^2$$

$$\tau_{f2}=\gamma_0 V/A_w=1.1\times 10.285\times 10^3/1570.24=7.205\text{N/mm}^2$$

$$[(\sigma_{f2}/\beta_f)^2+\tau_{f2}^2]^{0.5}=[(45.11/1.22)^2+7.205^2]^{0.5}=37.671\text{N/mm}^2\leq f_t^w=160\text{N/mm}^2$$

符合要求！

### 3、竖向连接钢板与结构连接处螺栓计算（未设拉杆工况）

由于悬挑主梁附墙端的弯矩主要由螺栓拉力与受压混凝土压应力合力所形成的力偶进行抵抗，因此可通过弯矩除以力偶臂得到螺栓拉力合力值。参考《混凝土结构设计标准》GB/T50010-2010（2024年版），根据矩形截面受弯钢筋混凝土构件的受压区高度计算公式来计算螺栓拉力。参照公式 6.2.10-1 计算相对受压区高度  $x$ ：

$$x=h_0-[h_0^2-2M/(\alpha_1 f_c b_0)]^{0.5}=240-[240^2-2\times 7.561\times 10^6/(1\times 10.725\times 210)]^{0.5}=14.422\text{mm}$$

每个螺栓所受的拉力设计值为：

$$N_t=\alpha_1 f_c b_0 x/n=(1\times 10.725\times 210\times 14.422/2)/1000=16.241\text{kN}$$

每个螺栓所受的剪力设计值为：

$$N_v=\gamma_0 V/n=1.1\times 10.285/2=5.656\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

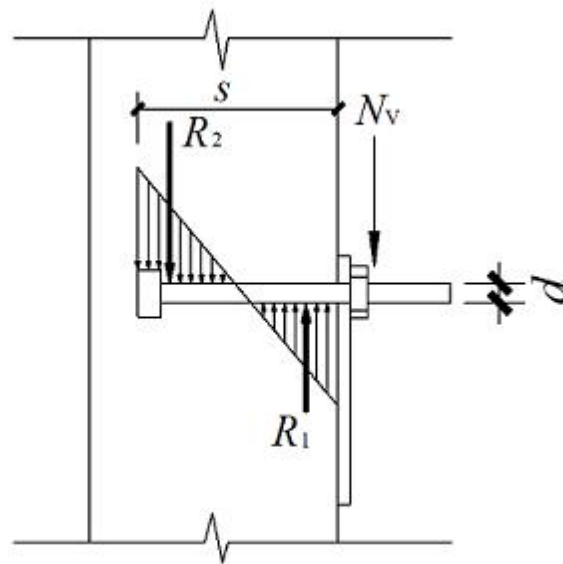
$$\text{每个高强螺栓受拉承载力设计值 } N_t^b=0.8P=0.8\times 125=100\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b+N_t/N_t^b=5.656/56.25+16.241/100=0.263\leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

### 4、螺栓螺杆与混凝土接触处局部承压计算（未设拉杆工况）

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35\beta_b\beta_l f_c s d$$

$\beta_b$ -螺栓孔混凝土受荷系数, 取 0.39;

$\beta_l$ -混凝土局部受压时的强度提高系数, 按照《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010 (2024 年版) 第 6.6.2 条及条文说明可取为  $3^{0.5}=1.73$ ;

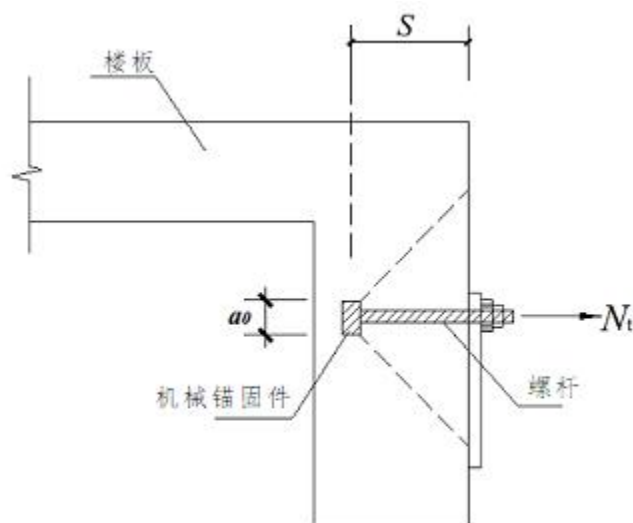
$f_c$ -混凝土轴心抗压强度设计值;

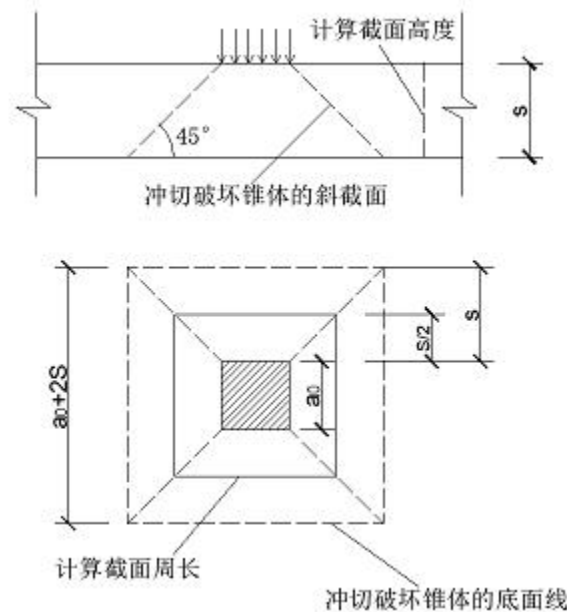
$$1.35\beta_b\beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 10.725 \times 150 \times 20) / 1000 = 29.306 \text{ kN} \geq N_v = 5.656 \text{ kN}$$

局部承压满足要求!

## 5、螺栓位置混凝土抗冲切计算（未设拉杆工况）

冲切破坏锥体示意图如下:





参照《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010（2024 年版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s$$

$\beta_h$ -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

$f_t$ -混凝土轴心抗拉强度设计值；

$\mu_m$ -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边  $s/2$  处垂直截面的最不利周长，此处 $\mu_m=4 \times (40+150)=760\text{mm}$

$$\eta\text{-应取 } \min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}$$

$\beta_s$ -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， $\beta_s$  不宜大于 4；当 $\beta_s$  小于 2 时取 2；对圆形冲切面， $\beta_s$  取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

$\alpha_s$ -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

$$\text{故 } \eta = \min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\} = \min\{0.4+1.2/2, 0.5+40 \times 150/(4 \times 760)\} = 1$$

$$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s = (0.7 \times 1.0 \times 1.073 \times 1 \times 760 \times 150)/1000 = 85.625\text{kN} \geq N_t = 16.241\text{kN}$$

抗冲切满足要求！

## 型钢主梁验算（设置拉杆工况）

### 一、基本参数

主梁离地高度(m)	5	悬挑方式	普通主梁悬挑
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	锚固螺栓连接
主梁建筑物外悬挑长度 $L_X$ (mm)	1250		

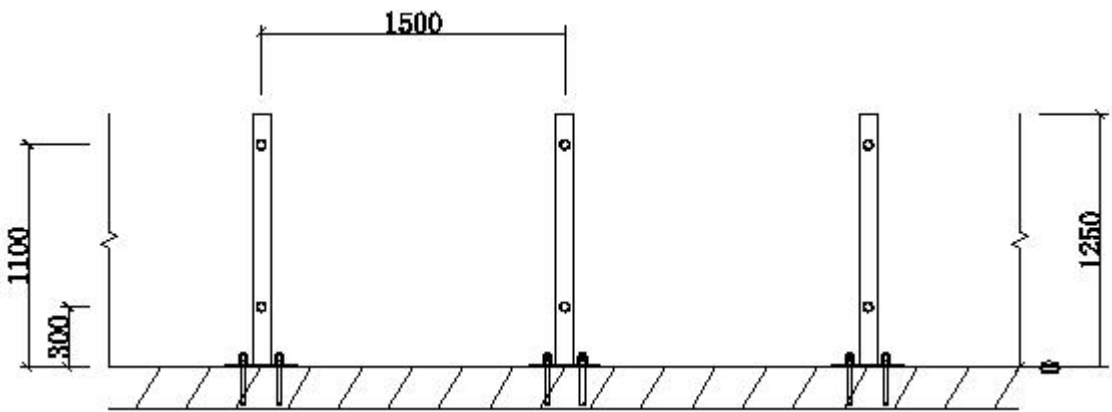
二、荷载布置参数

支撑点号	支撑方式	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 $L_1$ (mm)	支撑件上下固定点的水平距离 $L_2$ (mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	上拉	950	6000	950	/	是

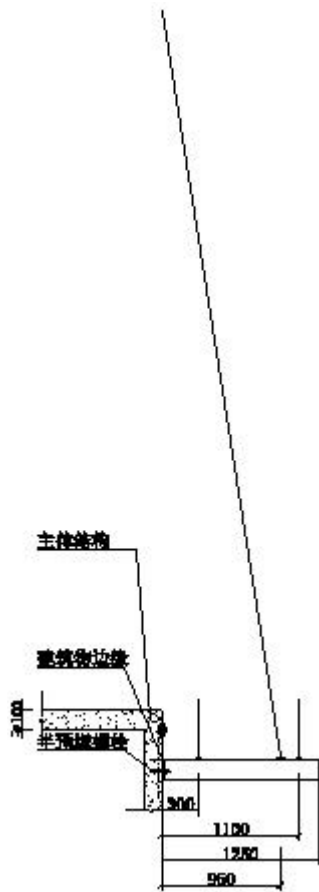
设置拉杆工况时，参考上方单外立杆的轴心压力设计值计算方法，计算出单内立杆轴心压力设计值及标准值如下：

作用点号	各排立杆传至梁上荷载标准值 $F'(kN)$	各排立杆传至梁上荷载设计值 $F(kN)$	各排立杆距主梁外锚固点水平距离(mm)	主梁间距 $l_a$ (mm)
1	6.482	8.787	300	1500
2	8.774	11.767	1100	1500

附图如下：



平面图



立面图

三、主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁合并根数 $n_z$	1
主梁材料规格	16 号工字钢	主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11
主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130	主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141
主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205	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 $[v](\text{mm})$	1/250		

荷载标准值：

$q'=g_k=0.205=0.205\text{kN/m}$

第 1 排： $F'_1=F_1'/n_z=6.482/1=6.482\text{kN}$

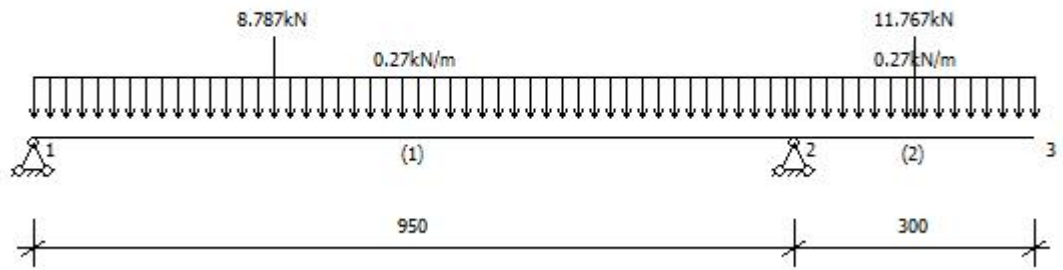
第 2 排： $F'_2=F_2'/n_z=8.774/1=8.774\text{kN}$

荷载设计值：

$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.205=0.267\text{kN/m}$

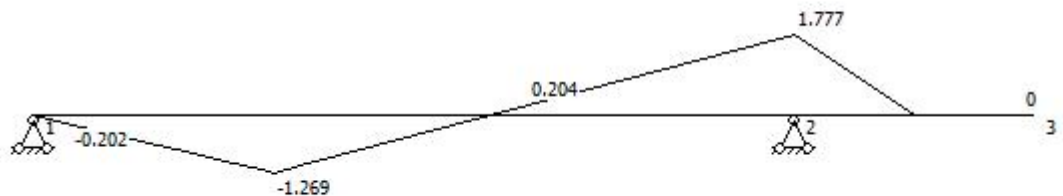
第 1 排： $F_1=F_1/n_z=8.787/1=8.787\text{kN}$

第 2 排:  $F_2=F_2/n_z=11.767/1=11.767\text{kN}$



计算简图

## 1、强度验算

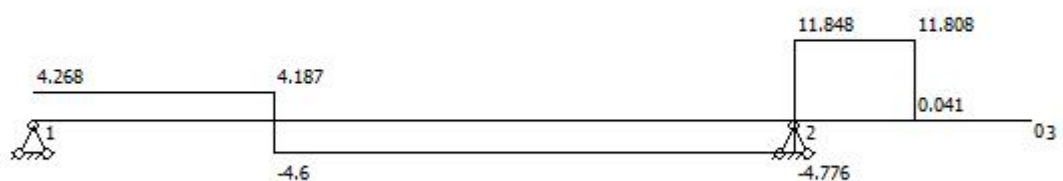


弯矩图(kN·m)

$$\sigma_{\max}=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times 1.777\times 10^6/141000=13.865\text{N/mm}^2\leq [f]=215\text{N/mm}^2$$

符合要求!

## 2、抗剪验算



剪力图(kN)

$$\tau_{\max}=\gamma_0 Q_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=1.1\times 11.848\times 1000\times [88\times 160^2-(88-6)\times 140.2^2]/(8\times 11300000\times 6)=15.402\text{N/mm}^2$$

$$\tau_{\max}=15.402\text{N/mm}^2\leq [\tau]=125\text{N/mm}^2$$

符合要求！

### 3、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=0.028\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 300/250=2.4\text{mm}$$

符合要求！

### 4、支座反力计算

设计值： $R_1=4.268\text{kN}$ ,  $R_2=16.624\text{kN}$

## 四、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	花篮螺栓在螺纹处的有效直径 $d_e(\text{mm})$	17.3
花篮螺栓抗拉强度设计值 $[f_t](\text{N/mm}^2)$	170		

上拉杆件与建筑物连接参数：

上拉连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	上拉杆与建筑物连接螺栓个数 $n_1$ ：	1
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 $\mu$	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 $n_f$	1	预埋螺栓埋入深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 $s_1(\text{mm})$	150
预埋螺栓机械锚固件或穿墙螺栓垫板边长/直径 $a_1(\text{mm})$	40	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

上拉杆件与主梁连接参数：

上拉连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	型钢主梁位置吊耳板连接螺栓个数 n2:	1
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 u	0.5	一个高强螺栓的预拉力 P(kN)	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n <sub>f</sub>	1		

### 1、上拉杆强度验算

上拉杆件角度计算：

$$\alpha_1 = \arctan L_1/L_2 = \arctan(6000/950) = 81.003^\circ$$

上拉杆件支座力：

$$\text{设计值：} R_{S1} = n_2 R_2 = 1 \times 16.624 = 16.624 \text{ kN}$$

主梁轴向力设计值：

$$N_{SZ1} = R_{S1} / \tan \alpha_1 = 16.624 / \tan 81.003^\circ = 2.632 \text{ kN}$$

上拉杆件轴向力：

$$\text{设计值：} N_{S1} = \gamma_0 R_{S1} / \sin \alpha_1 = 1.1 \times 16.624 / \sin 81.003^\circ = 18.514 \text{ kN}$$

$$\text{上拉杆件的最大轴向拉力设计值：} N_S = \max[N_{S1} \dots N_{Si}] = 18.514 \text{ kN}$$

$$\text{轴心受拉稳定性计算：} \sigma = N_S / A = 18.514 \times 10^3 / 314.2 = 58.924 \text{ N/mm}^2 \leq f = 270 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

### 2、花篮螺栓验算

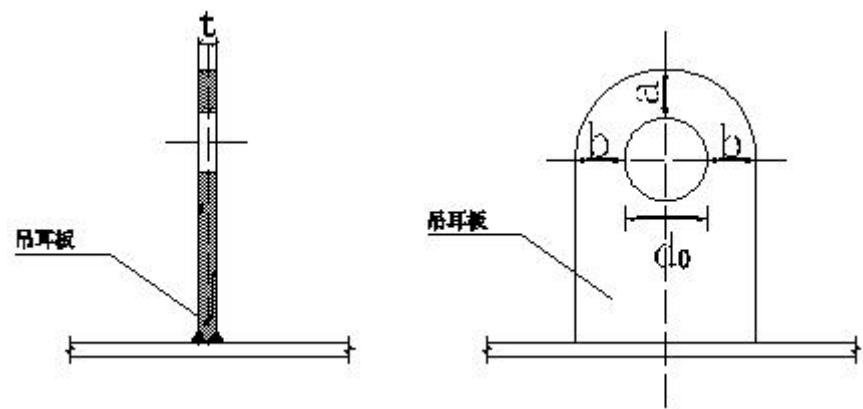
$$\sigma = N_s / (\pi \times d_e^2 / 4) = 18.514 \times 10^3 / (\pi \times 17.3^2 / 4) = 78.762 \text{ N/mm}^2 \leq [f_t] = 170 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

### 3、吊耳板计算

型钢主梁上吊耳板排数	1	吊耳板厚 t(mm)	12
吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	40	顺受力方向,吊孔边距板边缘最小距离 a(mm)	65
吊孔直径 d <sub>0</sub> (mm)	25	吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60
吊耳板抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	205	吊耳板抗剪强度设计值 f <sub>v</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	120





吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为  $N_d=18.514/1=18.514\text{kN}$   
参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

（1）耳板构造要求

$B_e=2t+16=2\times12+16=40\text{mm}\leq b=40\text{mm}$

满足要求！

$4B_e/3=4\times40/3=53.333\text{mm}\leq a=65\text{mm}$

满足要求！

$b/t=40/12=3.333\leq4$

满足要求！

（2）耳板孔净截面处的抗拉强度验算

计算宽度: $b_1=\min(2t+16,b-d_0/3)=\min(2\times12+16,40-25/3)=31.667\text{mm}$

$\sigma=N_d/(2tb_1)=18.514\times10^3/(2\times12\times31.667)=24.36\text{N/mm}^2\leq f=205\text{N/mm}^2$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求！

（3）耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$\sigma=N_d/[2t(a-2d_0/3)]=18.514\times10^3/[2\times12\times(65-2\times25/3)]=15.96\text{N/mm}^2\leq f=205\text{N/mm}^2$

耳板端部截面抗拉强度满足要求！

（4）耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度：

$Z=[(a+d_0/2)^2-(d_0/2)^2]^{0.5}=[(65+25/2)^2-(25/2)^2]^{0.5}=76.485\text{mm}$

$\tau=N_d/(2tZ)=18.514\times10^3/(2\times12\times76.485)=10.086\text{N/mm}^2\leq f_v=120\text{N/mm}^2$

耳板抗剪强度满足要求！

4、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	8	角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160
--------------------------	---	---------------------------------	-----

单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝总长度 $l_{w1}(mm)$	120
--------------------------------	-----

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载  $F$ 、平行焊缝方向荷载  $V$  分别为：

#### 上拉杆 1 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

单个吊耳板垂直焊缝方向荷载  $F_1 = \gamma_0 R_{S1} / 1 = 1.1 \times 16.624 / 1 = 18.286kN$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载  $V_1 = \gamma_0 R_{SZ1} / 1 = 1.1 \times 2.632 / 1 = 2.895kN$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7 h_f l_{w1}) = 18.286 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 120) = 27.211 N/mm^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7 h_f l_{w1}) = 2.895 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 120) = 4.308 N/mm^2$$

$$\sigma_M = M/W = V_1 L / (0.7 h_f l_{w1}^2 / 6) = (2.895 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 8 \times 120^2 / 6) = 12.925 N/mm^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[(\sigma_N + \sigma_M) / \beta_f]^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [(27.211 + 12.925) / 1.22]^2 + 4.308^2]^{0.5} = 33.18 N/mm^2 \leq f_f^w = 160 N/mm^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

#### 5、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

角焊缝焊脚尺寸 $h_f(mm)$	8	角焊缝强度设计值 $f_f^w(N/mm^2)$	160
钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总长度 $l_{w2}(mm)$	120		

钢拉杆与吊耳板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 h_f \times l_{w2}) = 18.514 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 120) = 27.55 N/mm^2 \leq f_f^w = 160 N/mm^2$$

钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算符合要求！

#### 6、上拉与主梁连接吊耳板螺栓验算

单个摩擦型高强螺栓抗剪承载力设计值：

$$N_v^b = 0.9 k n_f \mu P = 0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125 = 56.25 kN$$

螺栓所受剪力： $N_v = N_s / n_2 = 18.514 / 1 = 18.514 kN \leq N_v^b = 56.25 kN$

上拉与主梁连接吊耳板螺栓抗剪符合要求！

#### 7、上拉杆件与建筑物连接锚固螺栓验算

上拉杆 1：

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1}=N_{s1}\times\sin(90-\alpha_1)=18.514\times\sin(90^\circ-81.003^\circ)=2.895\text{kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1}=N_{s1}\times\cos(90-\alpha_1)=18.514\times\cos(90^\circ-81.003^\circ)=18.286\text{kN}$$

$$\text{单个螺栓所受的拉力值: } N_t=N_{t1}/n_1=2.895/1=2.895\text{kN}$$

$$\text{单个螺栓所受的剪力值: } N_v=N_{v1}/n_1=18.286/1=18.286\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

$$\text{每个高强螺栓受拉承载力设计值 } N_t^b=0.8P=0.8\times 125=100\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b+N_t/N_t^b=18.286/56.25+2.895/100=0.354\leq 1$$

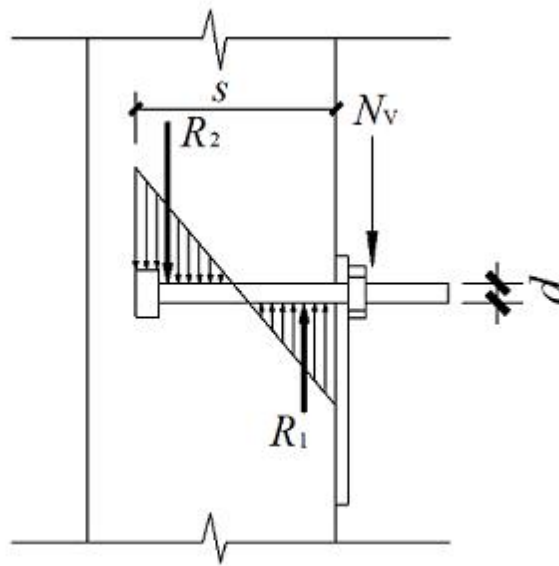
螺栓承载力满足要求。

## 8、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v=\max\{N_{v1}\}/n_1=\max\{18.286\}/1=18.286/1=18.286\text{kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v\leq 1.35\beta_b\beta_l f_{cs}d$$

$\beta_b$ -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

$\beta_l$ -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010（2024 年版）第 6.6.2 条及条文说明可取为  $3^{0.5}=1.73$ ；

$f_c$ -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_l f_{cs}d=(1.35\times 0.39\times 1.73\times 14.3\times 150\times 20)/1000=39.075\text{kN}\geq N_v=18.286\text{kN}$$

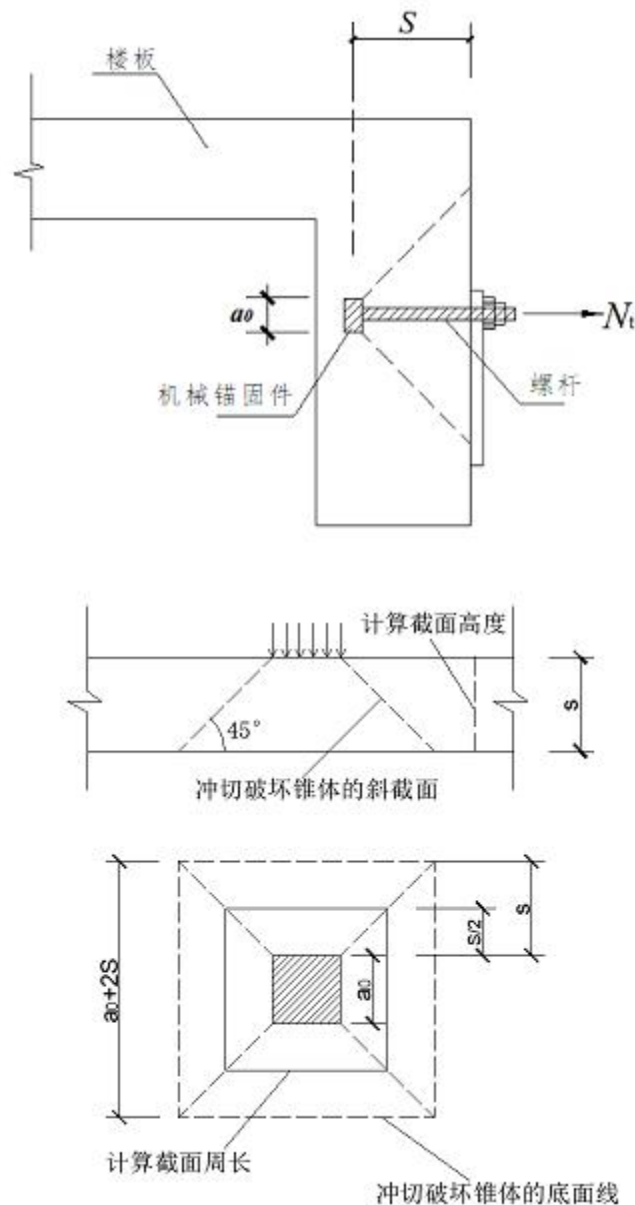
局部承压满足要求！

## 9、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓水平分力合力最大值为：

$$N_t = \max\{N_{t1}\} / n_1 = \max\{2.895\} / 1 = 2.895 / 1 = 2.895 \text{ kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下：



参照《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010（2024 年版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s_1$$

$\beta_h$ -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为  $s_1=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

$f_t$ -混凝土轴心抗拉强度设计值；

$\mu_m$ -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边  $s_1/2$  处垂直截面的最不利周长，此处  $\mu_m=4\times(40+150)=760\text{mm}$

$\eta$ -应取  $\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s_1/(4\mu_m)\}$

$\beta_s$ -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， $\beta_s$  不宜大于 4；当  $\beta_s$  小于 2 时取 2；对圆形冲切面， $\beta_s$  取 2。此处  $\beta_s=2$ ；

$\alpha_s$ -冲切锥体位置影响系数：此处  $\alpha_s=40$ ；

故  $\eta=\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s_1/(4\mu_m)\}=\min\{0.4+1.2/2, 0.5+40\times150/(4\times760)\}=1$

$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s_1=(0.7\times1.0\times1.43\times1\times760\times150)/1000=114.114\text{kN}\geq N_t=2.895\text{kN}$

抗冲切满足要求！

## 五、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力： $N=[(-(-N_{SZ1}))]/n_z=[(-(-2.632))]/1=2.632\text{kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max}=\gamma_0[M_{\max}/(\gamma W)+(N/A)]=1.1\times[1.777\times10^6/(1.05\times141\times10^3)+2.632\times10^3/2611]=14.313\text{N/mm}^2\leq[f]=215\text{N/mm}^2$

塑性发展系数  $\gamma$

符合要求！

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

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

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

### 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：

$\varphi_x$ 、 $\varphi_y$ -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  $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 、钢材屈服强度和截面分类确定；

$\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ -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；

$\beta_{mx}$ -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 $\beta_{mx}=1.0$ ；

$\beta_{tx}$ -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 $\beta_{tx}=1.0$ ；

$\varphi_b$ -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 $\varphi_b$ 值大于 1.0 时，取 $\varphi_b=1.0$ ；

$\eta$ -截面影响系数，取 $\eta=1$

故有：

$l_{0x}=950\text{mm}$ ， $l_{0y}=800\text{mm}$ ； $\lambda_x=l_{0x}/i_x=950/65.8=14.438$ ； $\lambda_y=l_{0y}/i_y=800/18.9=42.328$

查表得 $\varphi_x=0.991$ ， $\varphi_y=0.891$

$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(42.328^2\times235)/(44000\times235)=1.029>1$ ，取 $\varphi_b=1$

$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times206000\times2611/(1.1\times14.438^2)=23156861.251\text{N}$

将各参数代入计算，得：

$\gamma_0N/(\varphi_xAf)+\gamma_0\beta_{mx}M_x/(\gamma_xW_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}'))f=1.1\times2.632\times10^3/(0.991\times2611\times215)+1.1\times1\times1.777\times10^6/(1.05\times141\times10^3\times(1-0.8\times2.632\times10^3/23156861.251)\times215)=0.067\leq1.0$

平面内稳定满足要求！

$\gamma_0N/(\varphi_yAf)+\gamma_0\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_bW_{1x}f)=1.1\times2.632\times10^3/(0.891\times2611\times215)+1.1\times1\times1\times1.777\times10^6/(1\times141\times10^3\times215)=0.07\leq1.0$

平面外稳定满足要求！

六、主梁与建筑物节点验算（设置拉杆工况）

1、计算参数

主梁与建筑物连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	竖向连接钢板强度等级	Q235
竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	20	主梁与建筑物连接螺栓个数 $n$ :	2
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 $\mu$	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 $n_f$	1	梁/楼板混凝土强度等级	C30
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150	混凝土的实测抗压强度 $f_c(\text{N}/\text{mm}^2)$	14.3

混凝土的实测抗拉强度 $f_t(\text{N/mm}^2)$	1.43	主梁角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	8
主梁角焊缝强度设计值 $f_t^w(\text{N/mm}^2)$	160		

## 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。

$$V=1.1 \times 4.268=4.695\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=4.695/2=2.347\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=2.347/56.25=0.042 \leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

## 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  $N=N_0/n_z=2.632/1=2.632\text{kN}$ ，建筑物端剪力  $V=V_0/n_z=4.268/1=4.268\text{kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度：

$$L_1=2b+2(b-t_w-2 \times 0.7h_f)=2 \times 88+2 \times (88-6-2 \times 0.7 \times 8)=317.6\text{mm}$$

计算竖向角焊缝总长度：

$$L_2=2(h-2t)=2 \times (160-2 \times 9.9)=280.4\text{mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度：

$$L=L_1+L_2=317.6+280.4=598\text{mm}$$

(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  $N_{\text{正}}=2.459\text{kN}$ ，竖向焊缝总受力为  $N_{\text{侧}}=1.809\text{kN}$

在竖向力作用下，水平角焊缝应力为：

$$\sigma_1=\gamma_0 N_{\text{正}}/(0.7h_f L_1)=1.1 \times 2.459 \times 10^3/(0.7 \times 8 \times 317.6)=1.521\text{N/mm}^2$$

在竖向力作用下，竖向角焊缝应力为：

$$\tau_1=\gamma_0 N_{\text{侧}}/(0.7h_f L_2)=1.1 \times 1.809 \times 10^3/(0.7 \times 8 \times 280.4)=1.267\text{N/mm}^2$$

(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：

$$\sigma_2 = \gamma_0 N / (0.7 h_f L) = 1.1 \times 2.632 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 598) = 0.865 \text{ N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[\frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{\beta_f}]^{0.5} = [\frac{(1.521 + 0.865)}{1.2}]^{0.5} = 1.988 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

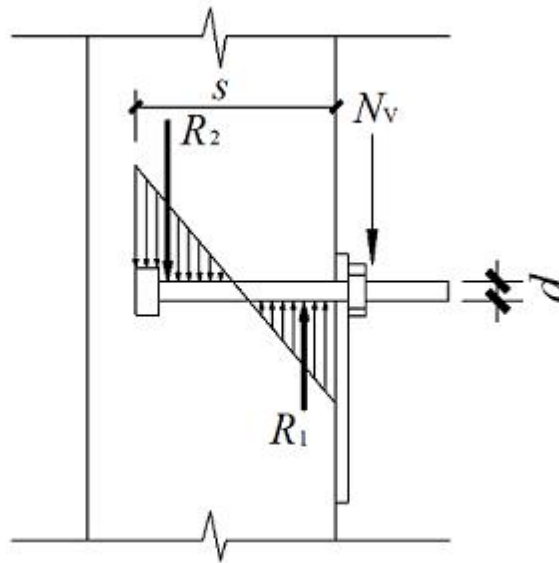
竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下:

$$[(\sigma_2 / \beta_f)^2 + \tau_1^2]^{0.5} = [(0.865 / 1.2)^2 + 1.267^2]^{0.5} = 1.458 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

#### 4、混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示:



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35 \beta_b \beta_l f_c s d$$

$\beta_b$ -螺栓孔混凝土受荷系数, 取 0.39;

$\beta_l$ -混凝土局部受压时的强度提高系数, 按照《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010 (2024 年版) 第 6.6.2 条及条文说明可取为  $3^{0.5} = 1.73$ ;

$f_c$ -混凝土轴心抗压强度设计值;

$$1.35 \beta_b \beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 14.3 \times 150 \times 20) / 1000 = 39.075 \text{ kN} \geq N_v = 2.347 \text{ kN}$$

局部承压满足要求!



二、 型钢悬挑脚手架(扣件式)计算书

计算依据:

- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》T/CECS 699—2020
- 2、《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016
- 3、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 4、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 5、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 6、《混凝土结构设计标准》GB /T50010-2010（2024 年版）
- 7、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 8、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 9、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
- 10、《工程结构通用规范》GB 55001-2021

架体验算

一、 脚手架参数

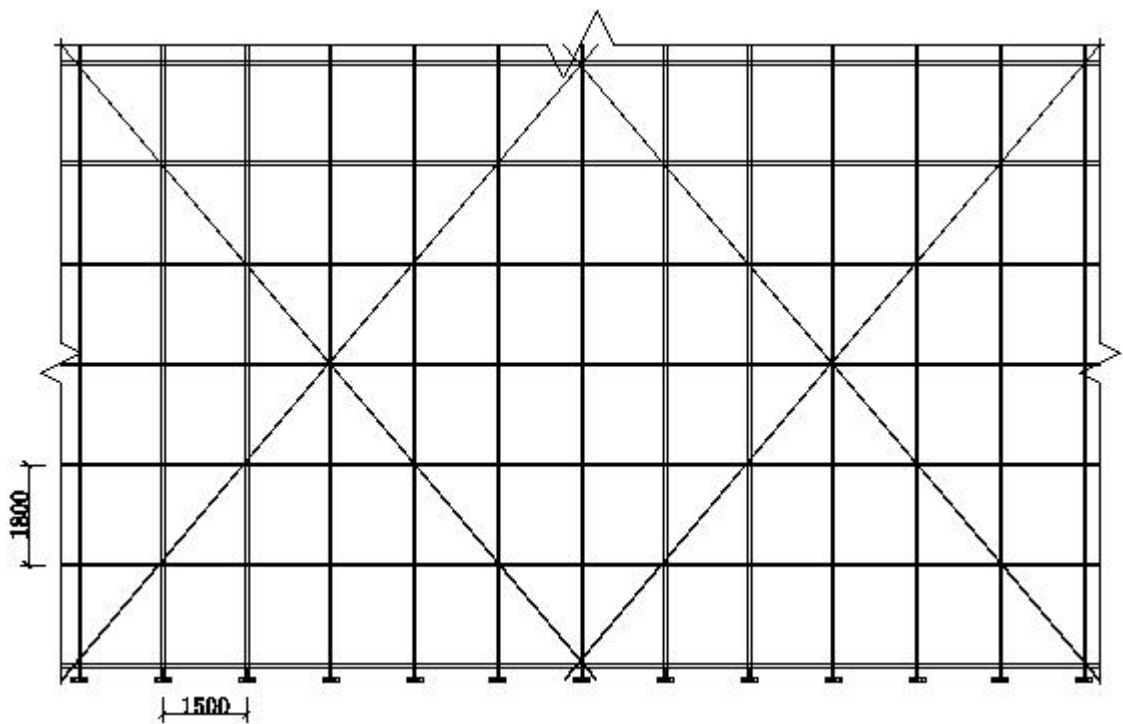
结构重要性系数 $\gamma_0$	1.1	脚手架安全等级	I 级
脚手架搭设排数	双排脚手架	脚手架钢管类型	$\Phi 48\times 3.2$
脚手架架体高度 H(m)	25.3	步距 h(m)	1.8
立杆纵距或跨距 $l_a$ (m)	1.5	立杆横距 $l_b$ (m)	0.8
内立杆离建筑物距离 a(m)	0.3	双立杆计算方法	不设置双立杆

二、 荷载设计

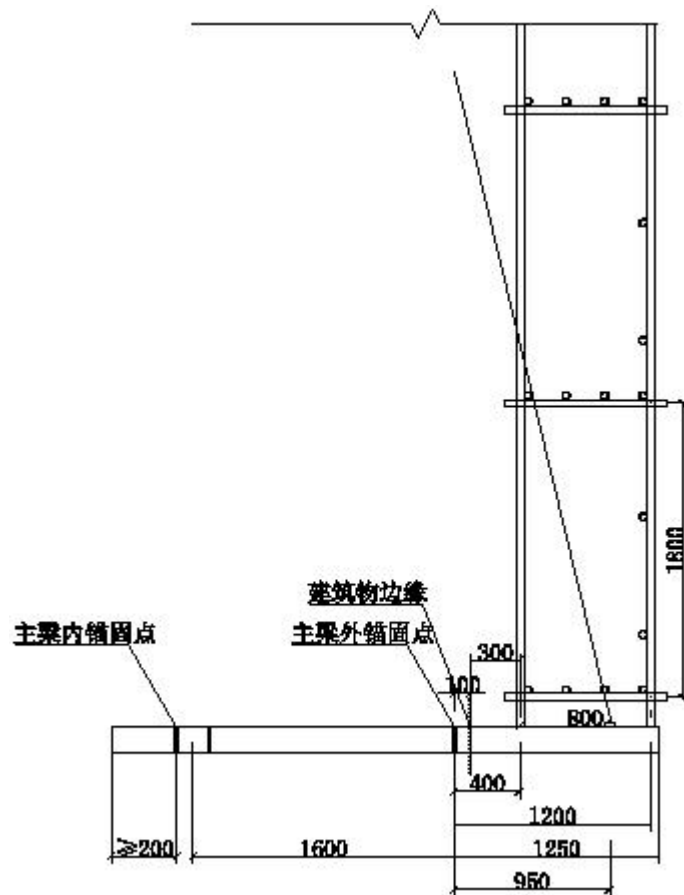
脚手架设计类型	结构脚手架	脚手板类型	钢笆脚手板
脚手板自重标准值 $G_{kjb}$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.1	脚手板铺设方式	1 步 1 设
安全防护网自重标准值(kN/m <sup>2</sup> )	0.01	挡脚板类型	木挡脚板
栏杆与挡脚板自重标准值 $G_{kdb}$ (kN/m)	0.17	挡脚板铺设方式	2 步 1 设
每米立杆承受结构自重标准值 $g_k$ (kN/m)	0.12	结构脚手架作业层数 $n_{jj}$	1

结构脚手架荷载标准值 $G_{kij}(\text{kN/m}^2)$	3	地区	广东东莞市
安全网设置	全封闭	基本风压 $\omega_0(\text{kN/m}^2)$	0.35
风荷载体型系数 $\mu_s$	1.04	风压高度变化系数 $\mu_z$ (连墙件、单立杆稳定性)	1.523, 1.13
风荷载标准值 $\omega_k(\text{kN/m}^2)$ (连墙件、单立杆稳定性)	0.554, 0.411		

计算简图：



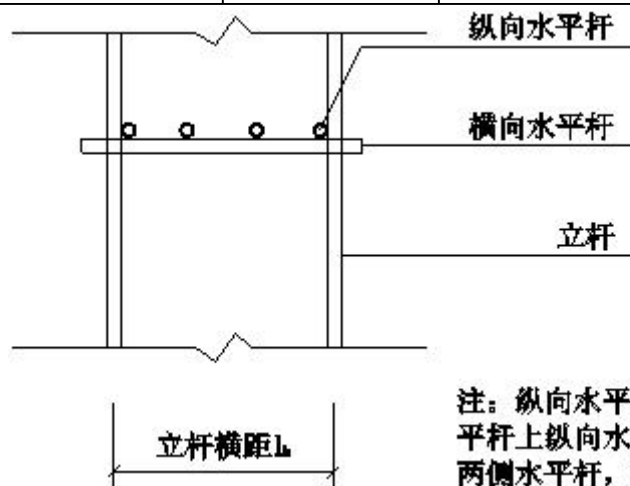
立面图



侧面图

### 三、纵向水平杆验算

纵、横向水平杆布置方式	纵向水平杆在上	横向水平杆上纵向水平杆根数 n	2
横杆抗弯强度设计值[f](N/mm <sup>2</sup> )	205	横杆截面惯性矩 I(mm <sup>4</sup> )	113600
横杆弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	206000	横杆截面抵抗矩 W(mm <sup>3</sup> )	4730



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

## 纵、横向水平杆布置

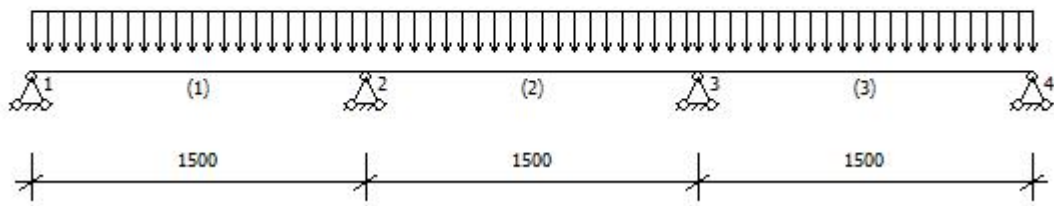
## 承载能力极限状态

$$q=1.3 \times (0.035+G_{kjb} \times l_b/(n+1))+1.5 \times G_k \times l_b/(n+1)=1.3 \times (0.035+0.1 \times 0.8/(2+1))+1.5 \times 3 \times 0.8/(2+1)=1.281\text{kN/m}$$

正常使用极限状态

$$q'=(0.035+G_{kjb} \times l_b/(n+1))+G_k \times l_b/(n+1)=(0.035+0.1 \times 0.8/(2+1))+3 \times 0.8/(2+1)=0.862\text{kN/m}$$

计算简图如下：



### 1、抗弯验算

$$M_{\max}=0.1ql_a^2=0.1 \times 1.281 \times 1.5^2=0.288\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1 \times 0.288 \times 10^6/4730=67.013\text{N/mm}^2 \leq [f]=205\text{N/mm}^2$$

满足要求！

### 2、挠度验算

$$v_{\max}=0.677ql_a^4/(100EI)=0.677 \times 0.862 \times 1500^4/(100 \times 206000 \times 113600)=1.263\text{mm}$$

$$v_{\max}=1.263\text{mm} \leq [v]=\min[l_a/150, 10]=\min[1500/150, 10]=10\text{mm}$$

满足要求！

### 3、支座反力计算

承载能力极限状态

$$R_{\max}=1.1ql_a=1.1 \times 1.281 \times 1.5=2.113\text{kN}$$

正常使用极限状态

$$R_{\max}'=1.1q'l_a=1.1 \times 0.862 \times 1.5=1.422\text{kN}$$

## 四、横向水平杆验算

承载能力极限状态

$$\text{由上节可知 } F_1=R_{\max}=2.113\text{kN}$$

$$q=1.3 \times 0.035=0.046\text{kN/m}$$

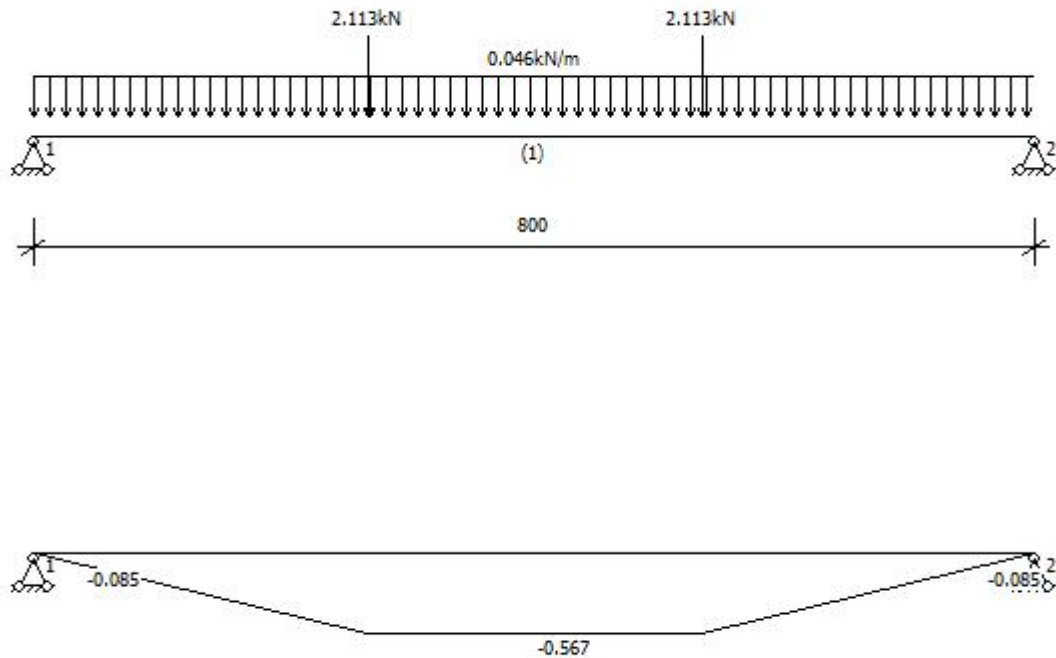
正常使用极限状态

$$\text{由上节可知 } F_1'=R_{\max}'=1.422\text{kN}$$

$$q'=0.035\text{kN/m}$$

## 1、抗弯验算

计算简图如下：



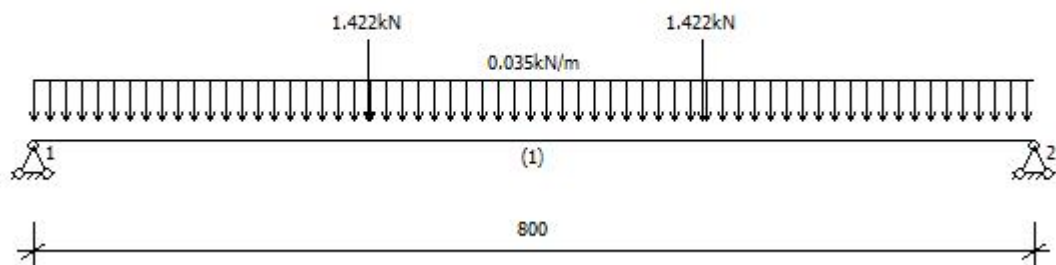
弯矩图(kN·m)

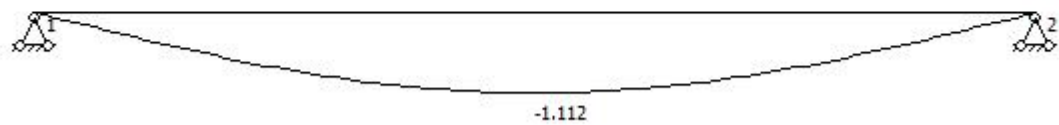
$$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times 0.567\times 10^6/4730=131.763\text{N/mm}^2\leq [f]=205\text{N/mm}^2$$

满足要求！

## 2、挠度验算

计算简图如下：





变形图(mm)

$v_{\max}=1.112\text{mm}\leq[v]=\min[l_b/150, 10]=\min[800/150, 10]=5.333\text{mm}$

满足要求！

3、支座反力计算

承载能力极限状态

$R_{\max}=2.131\text{kN}$

五、扣件抗滑承载力验算

横杆与立杆连接方式	单扣件	扣件抗滑移折减系数	0.9
-----------	-----	-----------	-----

扣件抗滑承载力验算：

纵向水平杆： $R_{\max}=1.1\times2.113/2=1.162\text{kN}\leq R_c=0.9\times8=7.2\text{kN}$

横向水平杆： $R_{\max}=1.1\times2.131=2.345\text{kN}\leq R_c=0.9\times8=7.2\text{kN}$

满足要求！

六、荷载计算

脚手架架体高度 H	25.3	脚手架钢管类型	Φ48×3.2
每米立杆承受结构自重标准值 gk(kN/m)	0.12		

立杆静荷载计算

1、立杆承受的结构自重标准值 N<sub>G1k</sub>

单外立杆： $N_{G1k}=(g_k+l_a\times n/2\times0.035/h)\times H=(0.12+1.5\times2/2\times0.035/1.8)\times25.3=3.782\text{kN}$

单内立杆： $N_{G1k}=3.782\text{kN}$

2、脚手板的自重标准值 N<sub>G2k1</sub>

单外立杆： $N_{G2k1}=[(H/h)_{\text{取整}}+1]\times l_a\times l_b\times G_{kj}\times1/1/2=[(25.3/1.8)_{\text{取整}}+1]\times1.5\times0.8\times0.1\times1/1/2=0.9\text{kN}$

1/1 表示脚手板 1 步 1 设

单内立杆：N<sub>G2k1</sub>=0.9kN

3、栏杆与挡脚板自重标准值 N<sub>G2k2</sub>

单外立杆：N<sub>G2k2</sub>=[(H/h)<sub>取整</sub>+1]×la×G<sub>kdb</sub>×1/2=[(25.3/1.8)<sub>取整</sub>+1]×1.5×0.17×1/2=1.913kN

1/2 表示挡脚板 2 步 1 设

4、围护材料的自重标准值 N<sub>G2k3</sub>

单外立杆：N<sub>G2k3</sub>=G<sub>kmw</sub>×la×H=0.01×1.5×25.3=0.38kN

5、构配件自重标准值 N<sub>G2k</sub> 总计

单外立杆：N<sub>G2k</sub>=N<sub>G2k1</sub>+N<sub>G2k2</sub>+N<sub>G2k3</sub>=0.9+1.913+0.38=3.192kN

单内立杆：N<sub>G2k</sub>=N<sub>G2k1</sub>=0.9kN

立杆施工活荷载计算

外立杆：N<sub>Q1k</sub>=la×l<sub>b</sub>×(n<sub>jj</sub>×G<sub>kjj</sub>)/2=1.5×0.8×(1×3)/2=1.8kN

内立杆：N<sub>Q1k</sub>=1.8kN

单立杆轴向力：

单外立杆：N=1.3×(N<sub>G1k</sub>+ N<sub>G2k</sub>)+1.5×N<sub>Q1k</sub>=1.3×(3.782+3.192)+ 1.5×1.8=11.767kN

单内立杆：N=1.3×(N<sub>G1k</sub>+ N<sub>G2k</sub>)+1.5×N<sub>Q1k</sub>=1.3×(3.782+0.9)+ 1.5×1.8=8.787kN

七、立杆稳定性验算

脚手架架体高度 H	25.3	立杆计算长度系数μ	1.5
立杆截面抵抗矩 W(mm <sup>3</sup> )	4730	立杆截面回转半径 i(mm)	15.9
立杆抗压强度设计值[f](N/mm <sup>2</sup> )	205	立杆截面面积 A(mm <sup>2</sup> )	450
连墙件布置方式	两步一跨		

1、立杆长细比验算

立杆计算长度 l<sub>0</sub>=Kμh=1×1.5×1.8=2.7m

长细比λ=l<sub>0</sub>/i=2.7×10<sup>3</sup>/15.9=169.811≤210

满足要求！

轴心受压构件的稳定系数计算：

立杆计算长度 l<sub>0</sub>=Kμh=1.155×1.5×1.8=3.119m

长细比λ=l<sub>0</sub>/i=3.119×10<sup>3</sup>/15.9=196.132

查《规范》表 A 得，φ=0.188

2、立杆稳定性验算

组合风荷载作用

单外立杆的轴心压力标准值  $N'=N_{G1k}+N_{G2k}+N_{Q1k}=3.782+3.192+1.8=8.774\text{kN}$

单外立杆的轴心压力设计值  $N=1.3(N_{G1k}+N_{G2k})+1.5N_{Q1k}=1.3\times(3.782+3.192)+1.5\times 1.8=11.767\text{kN}$

$M_{wd}=\varphi_w\gamma_Q M_{wk}=\varphi_w\gamma_Q(0.05\zeta_1\omega_k l_a H_1^2)=0.6\times 1.5\times(0.05\times 0.6\times 0.411\times 1.5\times 3.6^2)=0.216\text{kN}\cdot\text{m}$

$\sigma=\gamma_0[N/(\varphi A)+M_{wd}/W]=1.1\times[11766.655/(0.188\times 450)+215725.68/4730]=203.163\text{N/mm}^2\leq [f]=205\text{N/mm}^2$

满足要求！

八、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	两步一跨	连墙件连接方式	螺栓连接
连墙件约束脚手架平面外变形轴向力 $N_0(\text{kN})$	3	连墙件计算长度 $l_0(\text{mm})$	600
连墙件截面类型	钢管	连墙件型号	$\Phi 48\times 3$
扣件抗滑移折减系数	0.85	连墙件截面面积 $A_c(\text{mm}^2)$	424
连墙件截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9	连墙件抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205
连墙件与脚手架扣件连接方式	双扣件	螺栓直径 $d(\text{mm})$	18
螺栓抗拉强度设计值 $[f_t](\text{N/mm}^2)$	170		

$N_{lw}=1.5\times\omega_k\times 2\times h\times 1\times l_a=1.5\times 0.554\times 2\times 1.8\times 1\times 1.5=4.487\text{kN}$

长细比 $\lambda=l_0/i=600/15.9=37.736$ ，查《规范》表 A.0.5 得， $\varphi=0.896$

$(N_{lw}+N_0)/(\varphi A_c)=(4.487+3)\times 10^3/(0.896\times 424)=19.708\text{N/mm}^2\leq 0.85\times [f]=0.85\times 205=174.25\text{N/mm}^2$

满足要求！

$\sigma=(N_{lw}+N_0)/(\pi\times d^2/4)=(4.487+3)\times 10^3/(3.14\times 18^2/4)=29.422\text{N/mm}^2\leq f_t=170\text{N/mm}^2$

满足要求！

连墙件与脚手架连接扣件抗滑承载力验算:

$N_{lw}+N_0=4.487+3=7.487\text{kN}\leq 0.85\times 12=10.2\text{kN}$

满足要求！

型钢主梁验算



一、基本参数

主梁离地高度(m)	5	悬挑方式	普通主梁悬挑
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	平铺在楼板上
锚固点设置方式	压环钢筋	压环钢筋直径 d(mm)	20
主梁建筑物外悬挑长度 L <sub>x</sub> (mm)	1250	主梁外锚固点到建筑物边缘的距离 a(mm)	100
主梁建筑物内锚固长度 L <sub>m</sub> (mm)	1600	梁/楼板混凝土强度等级	C30

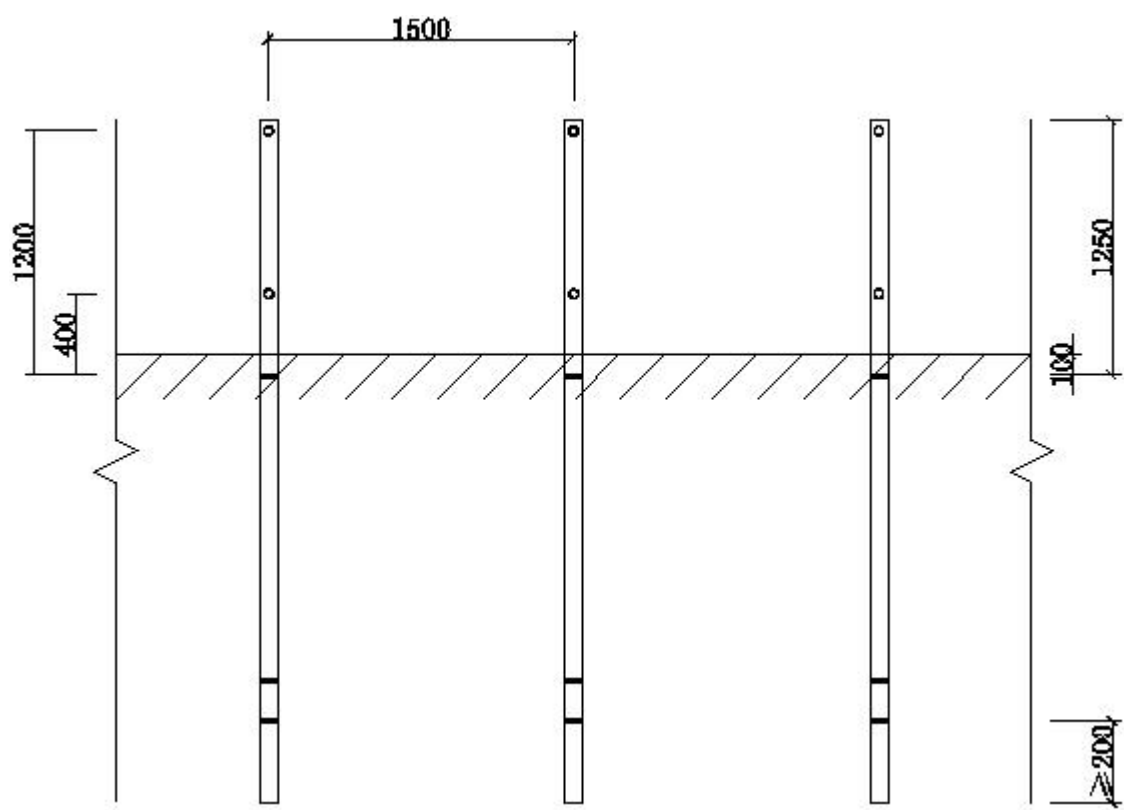
二、荷载布置参数

支撑点号	支撑方式	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 L <sub>1</sub> (mm)	支撑件上下固定点的水平距离 L <sub>2</sub> (mm)	计算长度(mm)	是否参与计算
1	上拉	950	4000	950	/	是

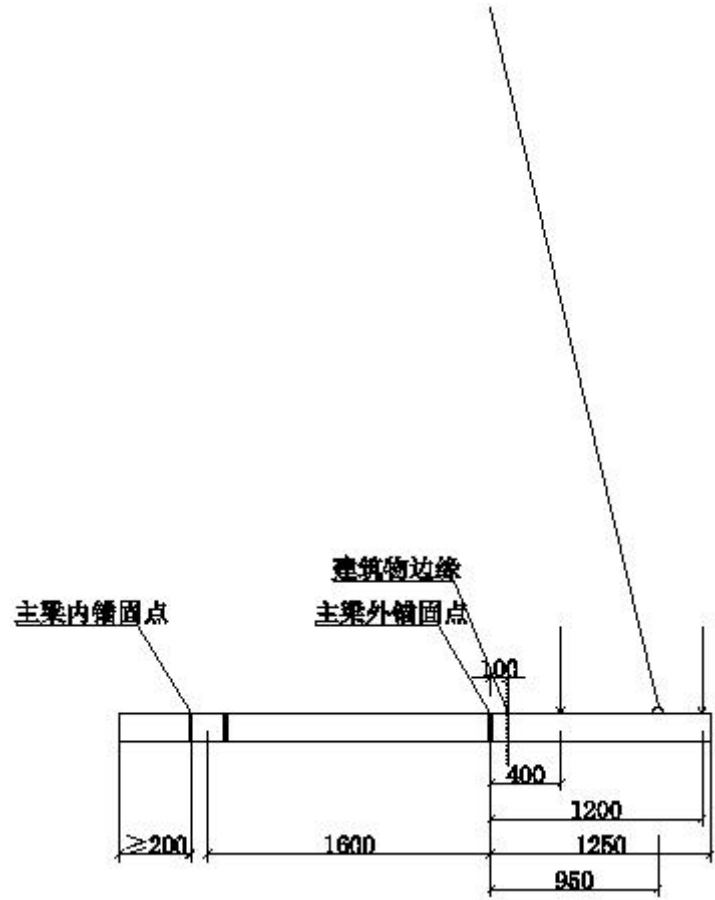
参考上方单外立杆的轴心压力设计值计算方法，计算出单内立杆轴心压力设计值及标准值如下：

作用点号	各排立杆传至梁上荷载标准值 F'(kN)	各排立杆传至梁上荷载设计值 F(kN)	各排立杆距主梁外锚固点水平距离(mm)	主梁间距 l <sub>a</sub> (mm)
1	6.482	8.787	400	1500
2	8.774	11.767	1200	1500

附图如下：



平面图



立面图

三、主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁合并根数 $n_z$	1
主梁材料规格	16 号工字钢	主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11
主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130	主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141
主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205	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 $[v](\text{mm})$	1/250		

荷载标准值：

$q'=g_k=0.205=0.205\text{kN/m}$

第 1 排： $F'_1=F_1'/n_z=6.482/1=6.482\text{kN}$

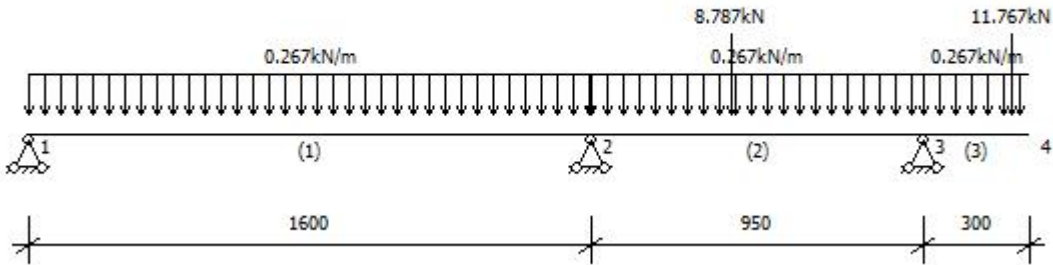
第 2 排： $F'_2=F_2'/n_z=8.774/1=8.774\text{kN}$

荷载设计值：

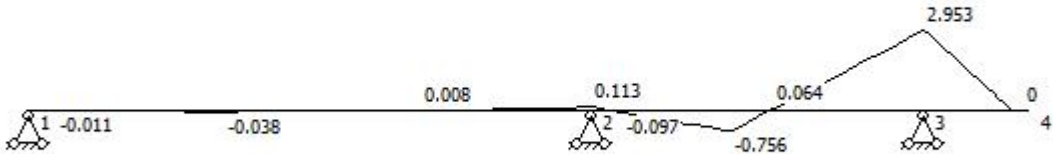
$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.205=0.267\text{kN/m}$

第 1 排： $F_1=F_1/n_z=8.787/1=8.787\text{kN}$

第 2 排： $F_2=F_2/n_z=11.767/1=11.767\text{kN}$



1、强度验算

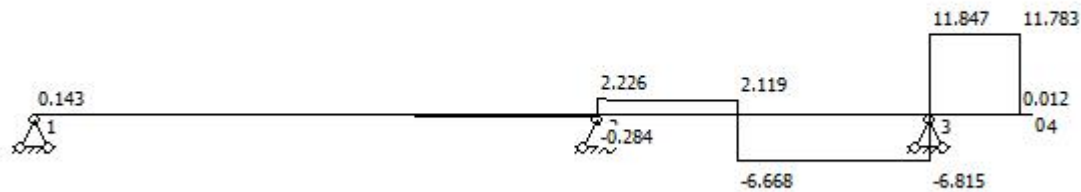


弯矩图(kN·m)

$\sigma_{\max}=\gamma_0M_{\max}/W=1.1\times2.953\times10^6/141000=23.034\text{N/mm}^2\leq[f]=215\text{N/mm}^2$

符合要求！

2、抗剪验算



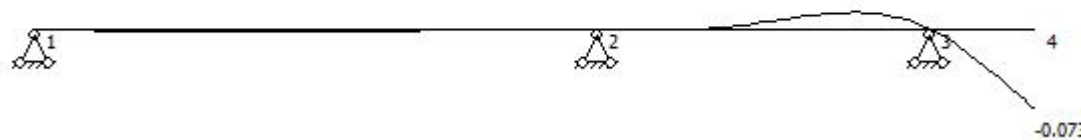
剪力图(kN)

$\tau_{\max}=\gamma_0Q_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=1.1\times11.847\times1000\times[88\times160^2-(88-6)\times140.2^2]/(8\times11300000\times6)=15.401\text{N/mm}^2$

$\tau_{\max}=15.401\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$

符合要求！

3、挠度验算



变形图(mm)

$v_{\max}=0.073\text{mm}\leq[v]=2\times1/250=2\times300/250=2.4\text{mm}$

符合要求！

4、支座反力计算

设计值：  $R_1=0.143\text{kN},R_2=2.51\text{kN},R_3=18.662\text{kN}$

四、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 A(cm <sup>2</sup> )	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	270

上拉杆弹性模量 $E(N/mm^2)$	206000	花篮螺栓在螺纹处的有效直径 $d_e(mm)$	17.3
花篮螺栓抗拉强度设计值 $[f_t](N/mm^2)$	170		

上拉杆件与建筑物连接参数：

上拉连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	上拉杆与建筑物连接螺栓个数 $n_1$ ：	1
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 $\mu$	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(kN)$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 $n_f$	1		

上拉杆件与主梁连接参数：

上拉连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	型钢主梁位置吊耳板连接螺栓个数 $n_2$ ：	1
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 $\mu$	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(kN)$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 $n_f$	1		

### 1、上拉杆强度验算

上拉杆件角度计算：

$$\alpha_1 = \arctan L_1/L_2 = \arctan(4000/950) = 76.64^\circ$$

上拉杆件支座力：

$$\text{设计值：} R_{S1} = n_z R_3 = 1 \times 18.662 = 18.662 kN$$

主梁轴向力设计值：

$$N_{SZ1} = R_{S1} / \tan \alpha_1 = 18.662 / \tan 76.64^\circ = 4.432 kN$$

上拉杆件轴向力：

$$\text{设计值：} N_{S1} = \gamma_0 R_{S1} / \sin \alpha_1 = 1.1 \times 18.662 / \sin 76.64^\circ = 21.099 kN$$

$$\text{上拉杆件的最大轴向拉力设计值：} N_S = \max[N_{S1} \dots N_{Si}] = 21.099 kN$$

$$\text{轴心受拉稳定性计算：} \sigma = N_S / A = 21.099 \times 10^3 / 314.2 = 67.152 N/mm^2 \leq f = 270 N/mm^2$$

符合要求！

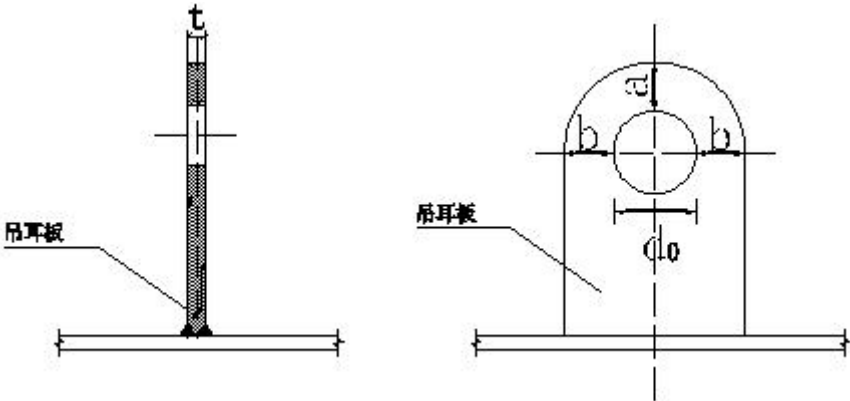
### 2、花篮螺栓验算

$$\sigma = N_S / (\pi \times d_e^2 / 4) = 21.099 \times 10^3 / (\pi \times 17.3^2 / 4) = 89.76 N/mm^2 \leq [f_t] = 170 N/mm^2$$

符合要求！

### 3、吊耳板计算

型钢主梁上吊耳板排数	1	吊耳板厚 t(mm)	14
吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50	顺受力方向,吊孔边距板边缘最小距离 a(mm)	65
吊孔直径 d <sub>0</sub> (mm)	25	吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60
吊耳板抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	205	吊耳板抗剪强度设计值 f <sub>v</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	120



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为  $N_d=21.099/1=21.099\text{kN}$   
参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

（1）耳板构造要求

$$B_e=2t+16=2\times14+16=44\text{mm}\leq b=50\text{mm}$$

满足要求！

$$4B_e/3=4\times44/3=58.667\text{mm}\leq a=65\text{mm}$$

满足要求！

$$b/t=50/14=3.571\leq4$$

满足要求！

（2）耳板孔净截面处的抗拉强度验算

$$\text{计算宽度: } b_1=\min(2t+16,b-d_0/3)=\min(2\times14+16,50-25/3)=41.667\text{mm}$$

$$\sigma=N_d/(2tb_1)=21.099\times10^3/(2\times14\times41.667)=18.085\text{N/mm}^2\leq f=205\text{N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求！

（3）耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma=N_d/[2t(a-2d_0/3)]=21.099\times10^3/[2\times14\times(65-2\times25/3)]=15.591\text{N/mm}^2\leq f=205\text{N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求！

（4）耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z=[(a+d_0/2)^2-(d_0/2)^2]^{0.5}=[(65+25/2)^2-(25/2)^2]^{0.5}=76.485\text{mm}$$

$$\tau=N_d/(2tZ)=21.099\times10^3/(2\times14\times76.485)=9.852\text{N/mm}^2\leq f_v=120\text{N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求！

4、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	8	角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝总长度 $l_{w1}(\text{mm})$	120		

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载  $F$ 、平行焊缝方向荷载  $V$  分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

单个吊耳板垂直焊缝方向荷载  $F_1=\gamma_0 R_{S1}/1=1.1\times18.662/1=20.528\text{kN}$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载  $V_1=\gamma_0 R_{SZ1}/1=1.1\times4.432/1=4.875\text{kN}$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N=F_1/(0.7h_f l_{w1})=20.528\times10^3/(0.7\times8\times120)=30.548\text{N/mm}^2$$

$$\tau_V=V_1/(0.7h_f l_{w1})=4.875\times10^3/(0.7\times8\times120)=7.255\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M=M/W=V_1 L/(0.7h_f l_{w1}^2/6)=(4.875\times10^3\times60)/(0.7\times8\times120^2/6)=21.765\text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[(((\sigma_N+\sigma_M)/\beta_f)^2+\tau_V^2)^{0.5}=[(((30.548+21.765)/1.22)^2+7.255^2)^{0.5}=43.489\text{N/mm}^2\leq f_f^w=160\text{N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

5、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	8	角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160
钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总长度 $l_{w2}(\text{mm})$	120		

钢拉杆与吊耳板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f=N_d/(0.7h_f\times l_{w2})=21.099\times10^3/(0.7\times8\times120)=31.398\text{N/mm}^2\leq f_f^w=160\text{N/mm}^2$$

钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算符合要求！

6、上拉与主梁连接吊耳板螺栓验算

单个摩擦型高强螺栓抗剪承载力设计值：

$$N_v^b = 0.9k_n f_u P = 0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125 = 56.25 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力: } N_v = N_s / n_2 = 21.099 / 1 = 21.099 \text{ kN} \leq N_v^b = 56.25 \text{ kN}$$

上拉与主梁连接吊耳板螺栓抗剪符合要求!

## 7、上拉杆件与建筑物连接锚固螺栓验算

上拉杆 1:

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 21.099 \times \sin(90^\circ - 76.64^\circ) = 4.875 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 21.099 \times \cos(90^\circ - 76.64^\circ) = 20.528 \text{ kN}$$

$$\text{单个螺栓所受的拉力值: } N_t = N_{t1} / n_1 = 4.875 / 1 = 4.875 \text{ kN}$$

$$\text{单个螺栓所受的剪力值: } N_v = N_{v1} / n_1 = 20.528 / 1 = 20.528 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9k_n f_u P = 0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125 = 56.25 \text{ kN}$$

$$\text{每个高强螺栓受拉承载力设计值 } N_t^b = 0.8P = 0.8 \times 125 = 100 \text{ kN}$$

$$N_v / N_v^b + N_t / N_t^b = 20.528 / 56.25 + 4.875 / 100 = 0.414 \leq 1$$

螺栓承载力满足要求。

## 五、悬挑主梁稳定性验算

$$\text{主梁轴向力: } N = [(-(-N_{SZ1}))] / n_z = [(-(-4.432))] / 1 = 4.432 \text{ kN}$$

$$\text{压弯构件强度: } \sigma_{\max} = \gamma_0 [M_{\max} / (\gamma_x W_x) + N / A] = 1.1 \times [2.953 \times 10^6 / (1.05 \times 141 \times 10^3) + 4.432 \times 10^3 / 2611] = 23.805 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

塑性发展系数 $\gamma$

符合要求!

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

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

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

### 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：

$\varphi_x$ 、 $\varphi_y$ -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 $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 、钢材屈服强度和截面分类确定；

$\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ -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；

$\beta_{mx}$ -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 $\beta_{mx}=1.0$ ；

$\beta_{tx}$ -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 $\beta_{tx}=1.0$ ；

$\varphi_b$ -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 $\varphi_b$ 值大于 1.0 时，取 $\varphi_b=1.0$ ；

$\eta$ -截面影响系数，取 $\eta=1$

故有：

$l_{0x}=950\text{mm}$ ， $l_{0y}=800\text{mm}$ ； $\lambda_x=l_{0x}/i_x=950/65.8=14.438$ ； $\lambda_y=l_{0y}/i_y=800/18.9=42.328$

查表得 $\varphi_x=0.991$ ， $\varphi_y=0.891$

$\varphi_b=1.07-\lambda_y^2/44000\varepsilon_k^2=1.07-(\lambda_y^2/44000)\times(235/f_y)=1.07-(42.328^2\times235)/(44000\times235)=1.029>1$ ，取 $\varphi_b=1$

$N_{Ex}'=\pi^2EA/(1.1\lambda_x^2)=3.142^2\times206000\times2611/(1.1\times14.438^2)=23156861.251\text{N}$

将各参数代入计算，得：

$\gamma_0N/(\varphi_xAf)+\gamma_0\beta_{mx}M_x/(\gamma_xW_{1x}(1-0.8N/N_{Ex}'))f=1.1\times4.432\times10^3/(0.991\times2611\times215)+1.1\times1\times2.953\times10^6/(1.05\times141\times10^3\times(1-0.8\times4.432\times10^3/23156861.251)\times215)=0.111\leq1.0$

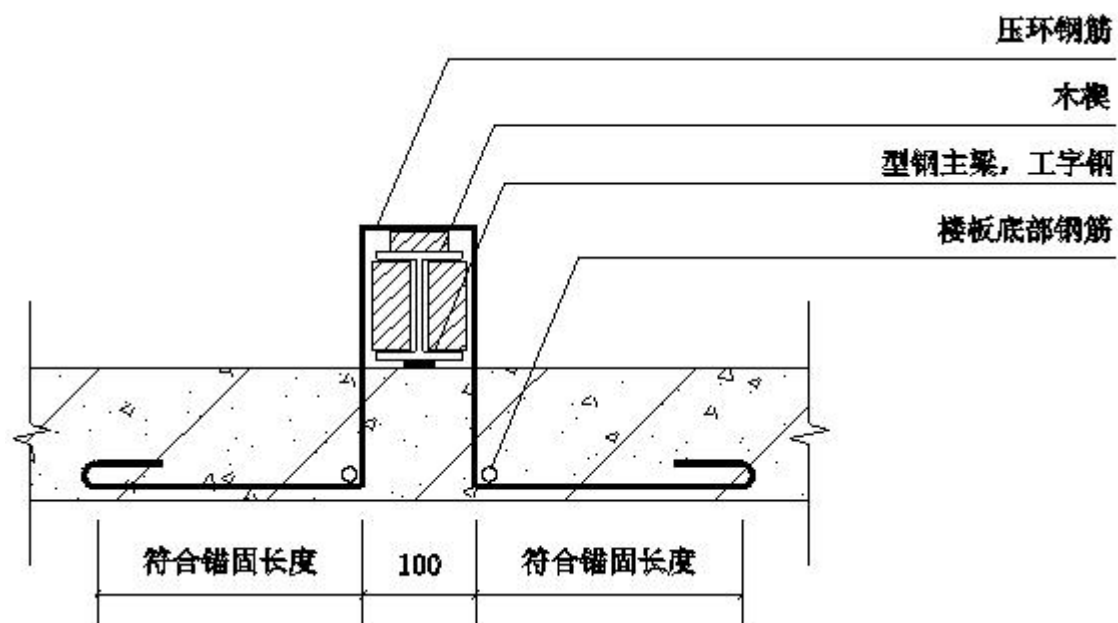
平面内稳定满足要求！

$\gamma_0N/(\varphi_yAf)+\gamma_0\eta\beta_{tx}M_x/(\varphi_bW_{1x}f)=1.1\times4.432\times10^3/(0.891\times2611\times215)+1.1\times1\times1\times2.953\times10^6/(1\times141\times10^3\times215)=0.117\leq1.0$

平面外稳定满足要求！

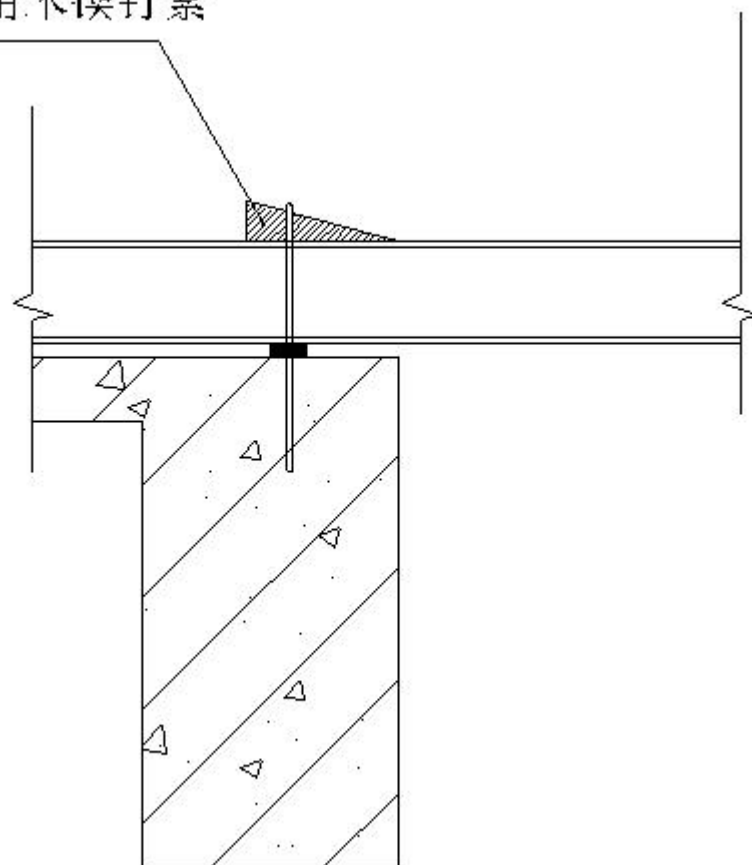
六、锚固段与楼板连接的计算

主梁与建筑物连接方式	平铺在楼板上	锚固点设置方式	压环钢筋
压环钢筋直径 d(mm)	20	梁/楼板混凝土强度等级	C30



[压环钢筋 1](#)

空隙用木楔钉紧



[压环钢筋 2](#)

### 1、压环钢筋验算如下

压环钢筋未受拉力，无需计算，节点按构造做法即可。

### 三、 型钢悬挑脚手架(阳角整体计算)计算书

计算依据:

- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》 JGJ130-2011
- 2、《建筑结构荷载规范》 GB50009-2012
- 3、《钢结构设计标准》 GB50017-2017
- 4、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》 T/CECS 699-2020
- 5、《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB50068-2018
- 6、《施工脚手架通用规范》 GB 55023-2022
- 7、《钢结构通用规范》 GB 55006-2021
- 8、《混凝土结构通用规范》 GB 55008-2021
- 9、《工程结构通用规范》 GB 55001-2021

#### 一、基本参数

##### 1、基本参数

建筑物阳角处角度 $\beta$	90	建筑物 B 向是否有悬挑主梁	无
建筑物 A 向立杆排数 $n_1$	2	建筑物 A 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	0.3
A 向第 2 排立杆	7	9	1.1

##### 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	(-0.97, 0.3)
A 向第 2 排立杆	(-0.97, 1.1)

##### 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
La1(mm)	800	800
La2(mm)	1100	1100
La3(mm)	1100	1100
La4(mm)	1250	1250

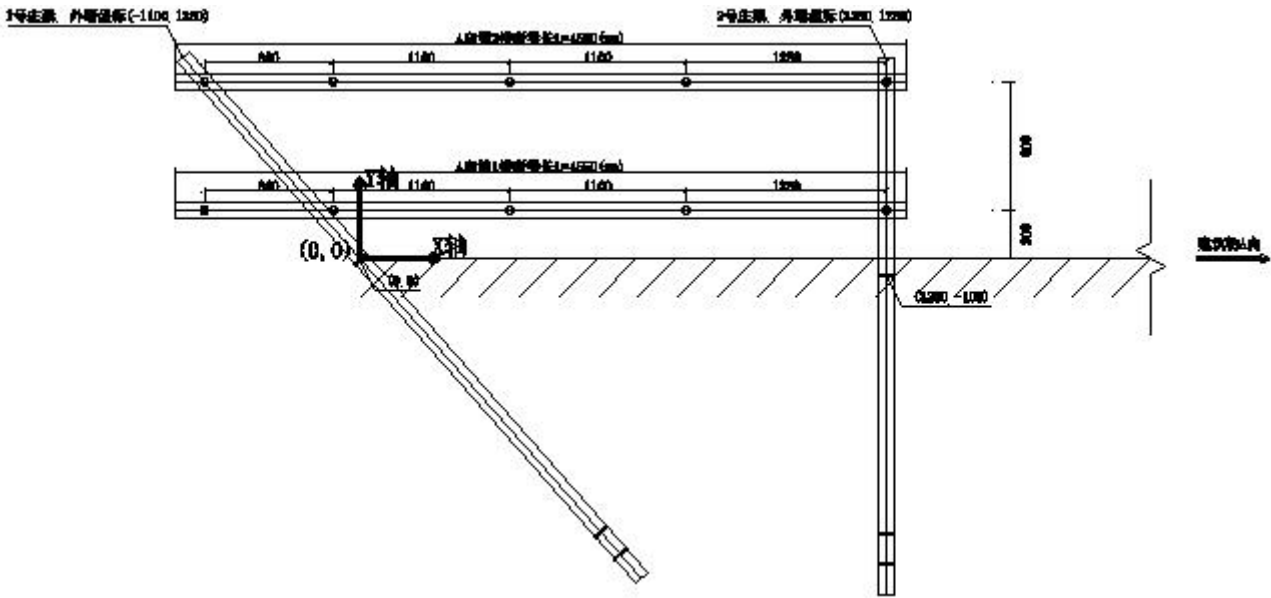
二、联梁布置

A 向联梁：

A 向	是否有联梁	左端坐标(m)(X <sub>左</sub> , Y <sub>左</sub> )	长度 L(m)
第 1 排	是	(-1.15, 0.3)	4.55
第 2 排	是	(-1.15, 1.1)	4.55

三、主梁布置及锚固参数

序号	主梁外端点坐标(X <sub>1</sub> ,Y <sub>1</sub> )	主梁外锚固点坐标(X <sub>2</sub> ,Y <sub>2</sub> )	主梁锚固方式	主梁内外锚固点的距离 s(m)
1	(-1.1, 1.25)	(0, 0)	U 型锚固螺栓	2.35
2	(3.28, 1.25)	(3.28, -0.1)	U 型锚固螺栓	1.7



平面图

四、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(cm <sup>2</sup> )	30.74	纵向钢梁截面惯性矩 I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1660
纵向钢梁截面抵抗矩 W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	185	纵向钢梁自重标准值 g <sub>k</sub> (kN/m)	0.241
纵向钢梁材料抗弯强度设计值 [f](N/mm <sup>2</sup> )	215	纵向钢梁材料抗剪强度设计值 [τ](N/mm <sup>2</sup> )	125
纵向钢梁弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	206000		

1、A 向第 1 排联梁计算

荷载标准值：

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

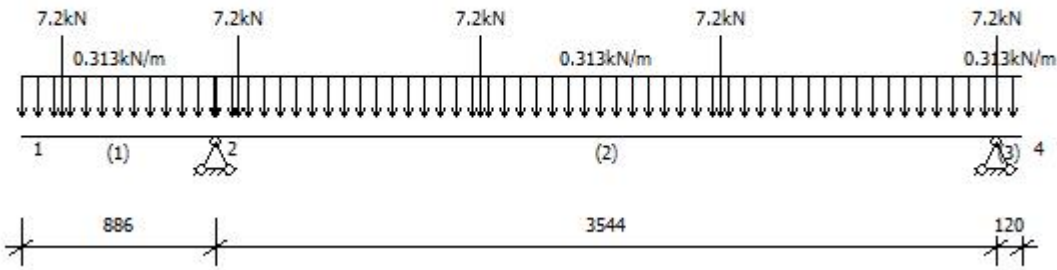
$F_1'=5.5\text{kN}, F_2'=5.5\text{kN}, F_3'=5.5\text{kN}, F_4'=5.5\text{kN}, F_5'=5.5\text{kN}$

荷载设计值：

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

$F_1=7.2\text{kN}, F_2=7.2\text{kN}, F_3=7.2\text{kN}, F_4=7.2\text{kN}, F_5=7.2\text{kN}$

计算简图如下：



1) 抗弯验算



$\sigma=M_{\max}/W=7.716\times 10^6/(185\times 10^3)=41.708\text{ N/mm}^2\leq [f]=215\text{ N/mm}^2$

满足要求！

## 2) 抗剪验算

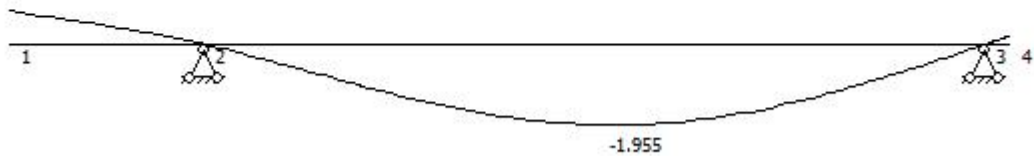


$$V_{\max}=16.344\text{kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=16.344\times 1000\times [94\times 180^2-(94-6.5)\times 158.6^2]/(8\times 16600000\times 6.5)=15.992\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求！

## 3) 挠度验算



$$\text{跨中}v_{\max}=1.955\text{mm}\leq[v]=L/250=3544/250=14.176\text{mm};$$

$$\text{悬臂端}v_{\max}=0.816\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 886/250=7.088\text{mm};$$

满足要求！

## 4) 支座反力计算

正常使用极限状态下：

$$R_1'=18.202\text{kN};$$

$$R_2'=10.394\text{kN};$$

承载能力极限状态下：

$$R_1=23.821\text{kN};$$

$$R_2=13.603\text{kN};$$

## 2、A 向第 2 排联梁计算

荷载标准值：

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

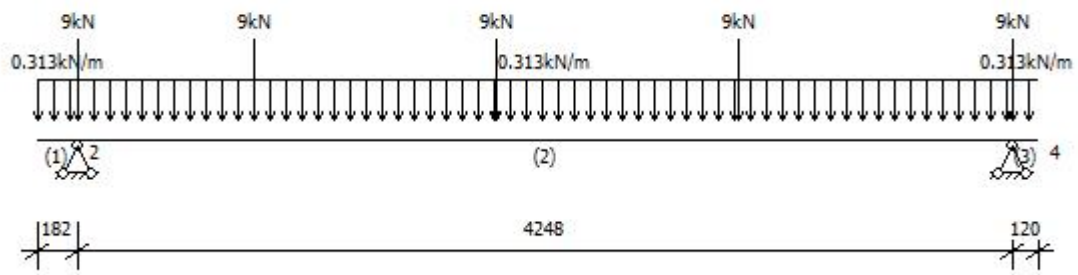
$$F_1'=7\text{kN}, F_2'=7\text{kN}, F_3'=7\text{kN}, F_4'=7\text{kN}, F_5'=7\text{kN}$$

荷载设计值:

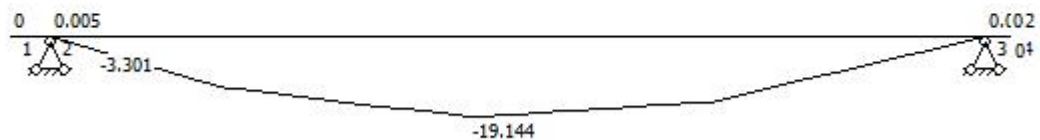
$$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.241=0.313\text{kN/m}$$

$$F_1=9\text{kN}, F_2=9\text{kN}, F_3=9\text{kN}, F_4=9\text{kN}, F_5=9\text{kN}$$

计算简图如下:



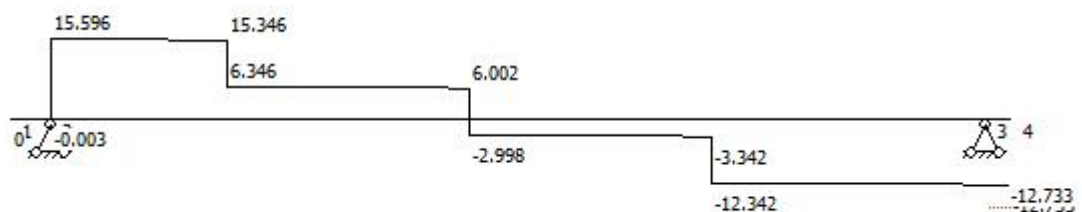
## 1) 抗弯验算



$$\sigma=M_{\max}/W=19.144\times 10^6/(185\times 10^3)=103.481\text{ N/mm}^2\leq [f]=215\text{ N/mm}^2$$

满足要求!

## 2) 抗剪验算

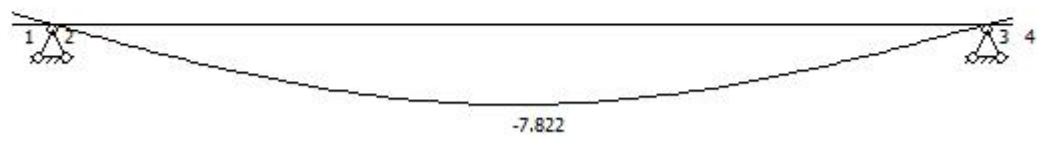


$$V_{\max}=15.596\text{kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=15.596\times1000\times[94\times180^2-(94-6.5)\times158.6^2]/(8\times16600000\times6.5)=15.26\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求！

3) 挠度验算



跨中 $v_{\max}=7.822\text{mm}\leq[v]=L/250=4248/250=16.992\text{mm}$ ;

悬臂端 $v_{\max}=1.082\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times182/250=1.456\text{mm}$ ;

满足要求！

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下：

$R_1'=19.169\text{kN}$ ;

$R_2'=16.927\text{kN}$ ;

承载能力极限状态下：

$R_1=24.653\text{kN}$ ;

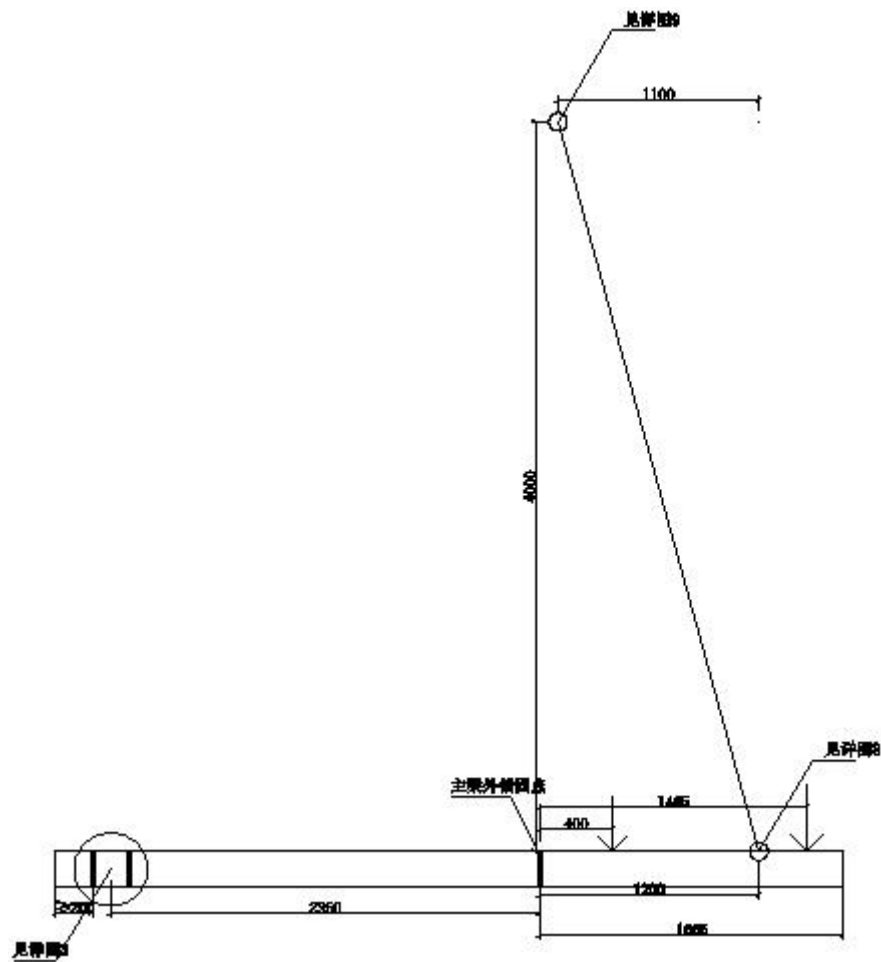
$R_2=21.771\text{kN}$ ;

五、1 号主梁验算

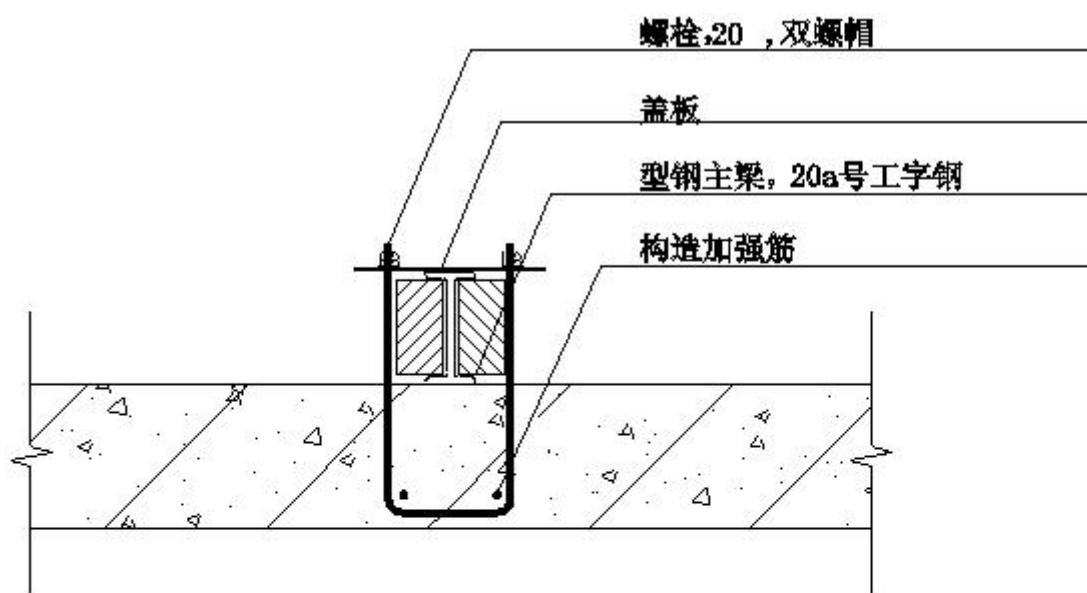
1、1 号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	20a 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	35.55	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	2370
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	237	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.279
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 $[v](\text{mm})$	1/250



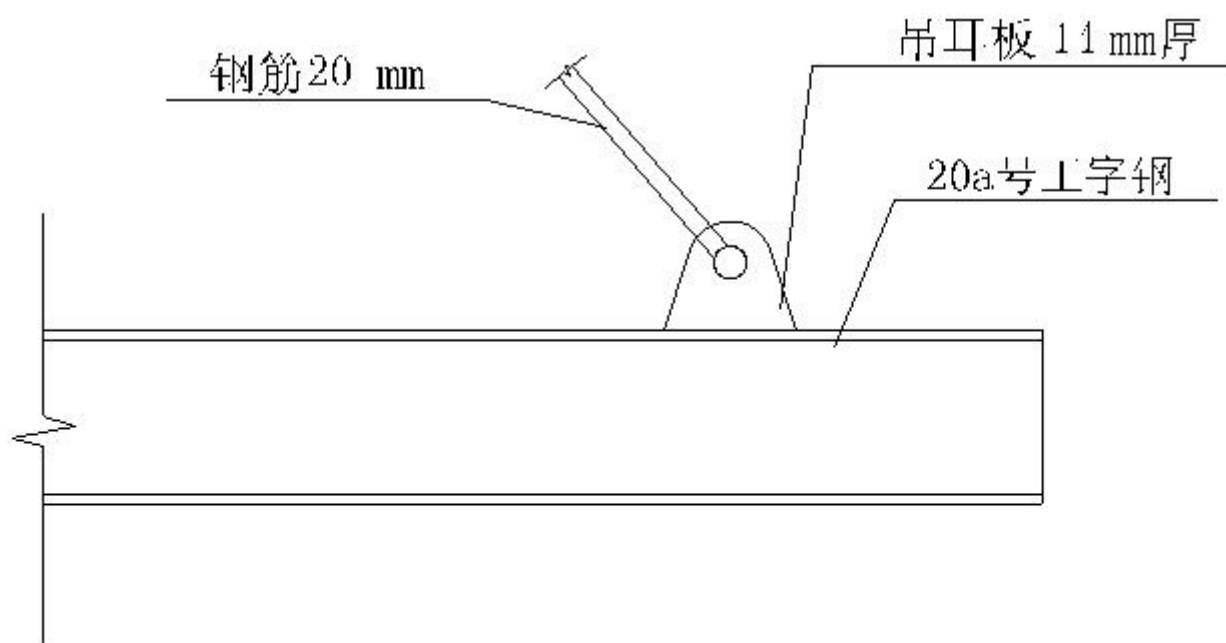


1号主梁图



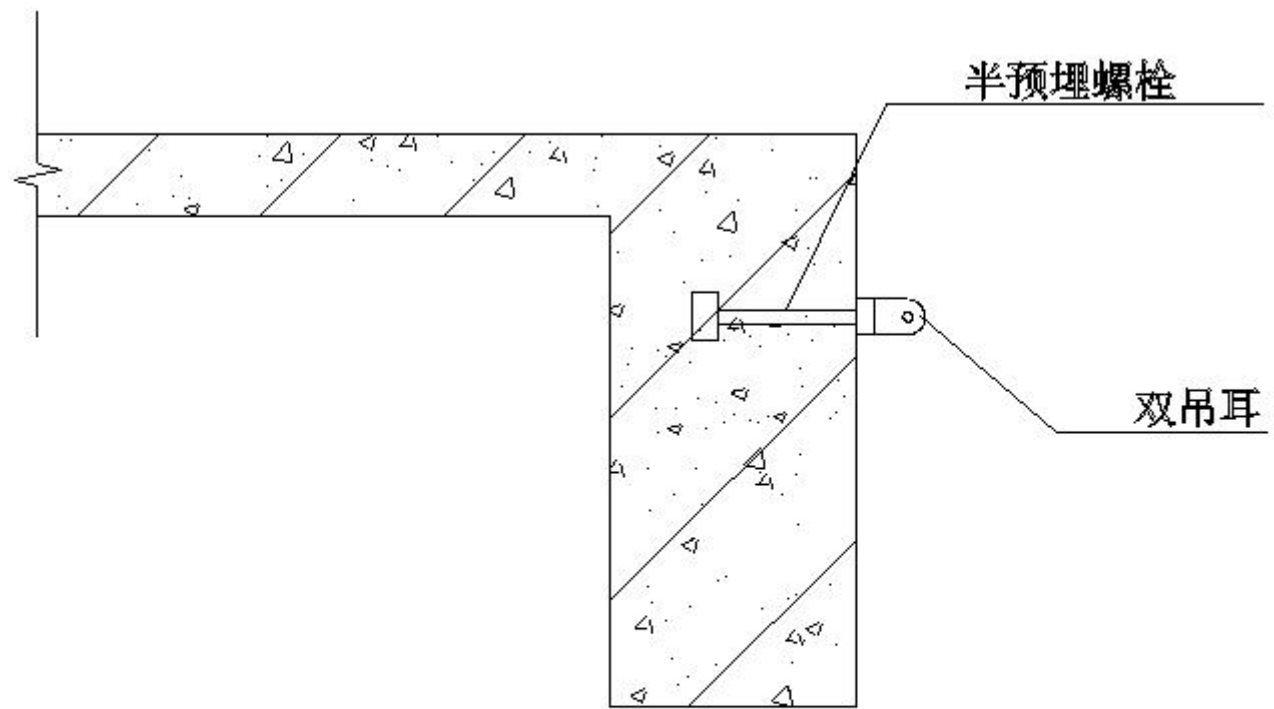
详图3

[详图3](#)



详图⑧

详图 8



## 详图⑨

[详图 9](#)

主梁 1 与 A 向第 1 排联梁、A 向第 2 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.279 \text{ kN/m}$$

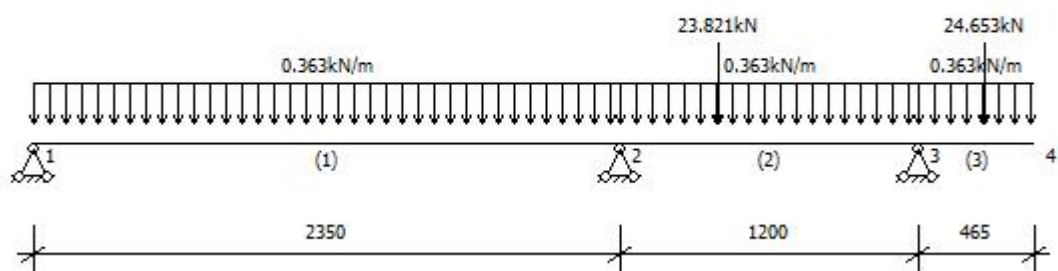
联梁传递的支座反力为：  $R_1' = 18.202 \text{ kN}$ ;  $R_2' = 19.169 \text{ kN}$ ;

荷载设计值：

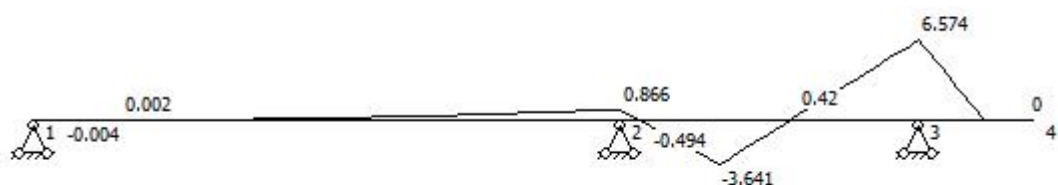
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.279 = 0.363 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为：  $R_1 = 23.821 \text{ kN}$ ;  $R_2 = 24.653 \text{ kN}$ ;

计算简图如下：



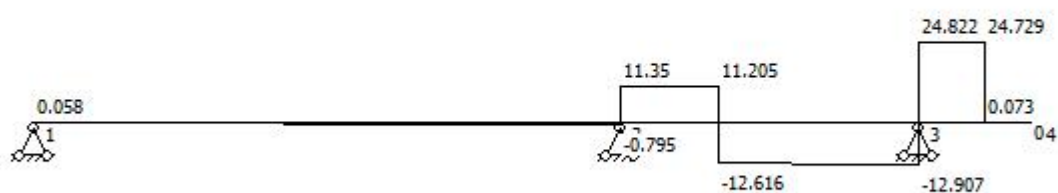
### 1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 6.574 \times 10^6 / (237 \times 10^3) = 27.738 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

### 2) 抗剪验算

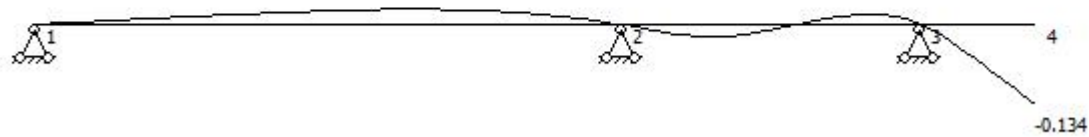


$$V_{\max} = 24.822 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 24.822 \times 1000 \times [100 \times 200^2 - (100 - 7) \times 177.2^2] / (8 \times 23700000 \times 7) = 20.195 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

### 3) 挠度验算



$v_{\max}=0.134\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 465/250=3.72\text{mm}$

满足要求！

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下：

$R_1=0.058\text{kN};$

$R_2=12.145\text{kN};$

$R_3=37.728\text{kN};$

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	上拉	钢筋(钢拉杆)	1200	4000	1100	/	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 A(cm <sup>2</sup> )	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	270
上拉杆弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板
上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 t(mm)	14	吊孔直径 d <sub>0</sub> (mm)	25
吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50
顺受力方向，吊孔边距板边缘最小距离 a(mm)	65	吊耳板抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	205

吊耳板抗剪强度设计值 $f_v(N/mm^2)$	120	螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(N/mm^2)$	170
螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(N/mm^2)$	140	吊耳板螺栓直径 $d(mm)$	20
吊耳板螺栓个数 $n$	1	角焊缝焊脚尺寸 $hf(mm)$	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝总长度 $lw1(mm)$	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总长度 $lw2(mm)$	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 $d(mm)$	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 $n$	1
角焊缝强度设计值 $f_t^w(N/mm^2)$	160		

上拉杆件角度计算：

$\alpha_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(4000/1100)=74.624^{\circ}$

上拉杆件支座力：

设计值：  $R_{S1}=R_3=37.728kN$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力：

$N_{SZ1}=R_{S1}/\tan\alpha_1=37.728/\tan(74.624^{\circ})=10.375kN$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力：

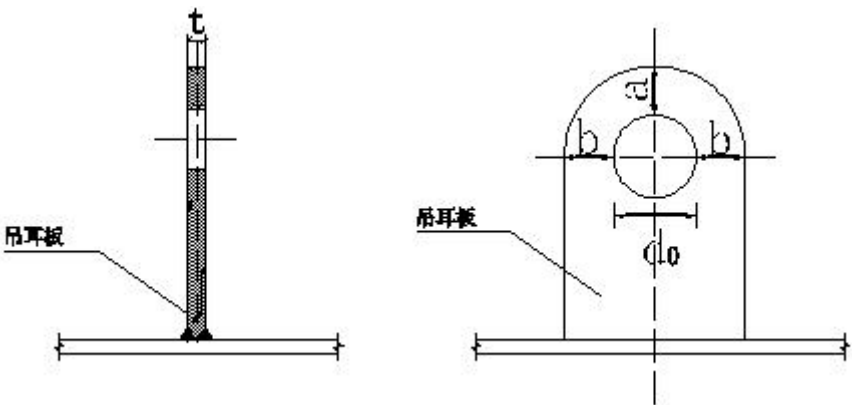
设计值：  $N_{S1}=R_{S1}/\sin\alpha_1=37.728/\sin(74.624^{\circ})=39.129kN$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力：  $N_s=\max[N_{S1}]=39.129kN$

$\sigma=N_s/A=39.129\times10^3/314.2=124.535N/mm^2\leq f=270N/mm^2$

满足要求！

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为  $N_d=39.129/1=39.129kN$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$$B_e = 2t + 16 = 2 \times 14 + 16 = 44 \text{ mm} \leq b = 50 \text{ mm}$$

满足要求！

$$4B_e/3 = 4 \times 44/3 = 58.667 \text{ mm} \leq a = 65 \text{ mm}$$

满足要求！

$$b/t = 50/14 = 3.571 \leq 4$$

满足要求！

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

$$\text{计算宽度: } b_1 = \min(2t + 16, b - d_0/3) = \min(2 \times 14 + 16, 50 - 25/3) = 41.667 \text{ mm}$$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 39.129 \times 10^3 / (2 \times 14 \times 41.667) = 33.539 \text{ N/mm}^2 \leq f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求！

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0/3)] = 39.129 \times 10^3 / [2 \times 14 \times (65 - 2 \times 25/3)] = 28.913 \text{ N/mm}^2 \leq f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求！

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z = [(a + d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65 + 25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{ mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 39.129 \times 10^3 / (2 \times 14 \times 76.485) = 18.271 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{ N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求！

## 5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载  $F$ 、平行焊缝方向荷载  $V$  分别为：

**上拉杆 1 位置吊耳板：**

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

$$\text{单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 } F_1 = R_{S1} / 1 = 37.728 / 1 = 37.728 \text{ kN}$$

$$\text{单个吊耳板平行焊缝方向荷载 } V_1 = R_{SZ1} / 1 = 10.375 / 1 = 10.375 \text{ kN}$$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7h_{f1}l_{w1}) = 37.728 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 44.915 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7h_{f1}l_{w1}) = 10.375 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 12.351 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M/W = V_1 L / (0.7h_{f1}l_{w1}^2/6) = (10.375 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2/6) = 37.054 \text{ N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[\frac{(\sigma_N + \sigma_M)}{\beta_f}]^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [(\frac{(44.915 + 37.054)}{1.22})^2 + 12.351^2]^{0.5} = 68.313 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$



上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

## 6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 39.129 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 55.899 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

## 7、上拉杆与主梁连接点计算

### 1) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力： } N_v = N_s / n = 39.129 / 1 = 39.129 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

## 8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力  $N_s = 39.129 \text{ kN}$

上拉杆 1：

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 39.129 \times \sin(90^\circ - 74.624^\circ) = 10.375 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 39.129 \times \cos(90^\circ - 74.624^\circ) = 37.728 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = N_{t1} / n = 10.375 / 1 = 10.375 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = N_{v1} / n = 37.728 / 1 = 37.728 \text{ kN}$$

### 1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

$$\text{单个螺栓所受拉力： } N = N_t = 10.375 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$$

符合要求！

### 2) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力： } V = N_v = 37.728 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

## 9、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力:  $N = N_{sz1} = 10.375 \text{ kN}$

压弯构件强度:  $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 6.574 \times 10^6 / (1.05 \times 237000) + 10.375 \times 10^3 / 3555 = 29.336 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

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:

$\varphi_x$ 、 $\varphi_y$ -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 $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 、钢材屈服强度和截面分类确定;

$\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ -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;

$\beta_{mx}$ -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 $\beta_{mx} = 1.0$ ;

$\beta_{tx}$ -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 $\beta_{tx} = 1.0$ ;

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

$\eta$ -截面影响系数, 取 $\eta = 1$

故有:

$l_{0x} = 1200 \text{ mm}$ ,  $l_{0y} = 800 \text{ mm}$ ;  $\lambda_x = l_{0x} / i_x = 1200 / 81.5 = 14.724$ ;  $\lambda_y = l_{0y} / i_y = 800 / 21.2 = 37.736$

查表得 $\varphi_x = 0.991$ ,  $\varphi_y = 0.91$

$\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 \epsilon_k^2 = 1.07 - (\lambda_y^2 / 44000) \times (235 / f_y) = 1.07 - (37.736^2 / 44000) \times (235 / 235) = 1.038 >$

1, 取 $\varphi_b = 1$

$N_{Ex}' = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_x^2) = 3.142^2 \times 206000 \times 3555 / (1.1 \times 14.724^2) = 30308651.29 \text{ N}$

将各参数代入计算，得：

$$N/(\varphi_x A f) + \beta_{mx} M_x / (\gamma_x W_{1x} (1 - 0.8 N / N_{Ex}) f) = 10.375 \times 10^3 / (0.991 \times 3555 \times 215) + 1 \times 6.574 \times 10^6 / (1.05 \times 237 \times 10^3 \times (1 - 0.8 \times 10.375 \times 10^3 / 30308651.29) \times 215) = 0.137 \leq 1$$

平面内稳定满足要求！

$$N/(\varphi_y A f) + \eta \beta_{tx} M_x / (\varphi_b W_{1x} f) = 10.375 \times 10^3 / (0.91 \times 3555 \times 215) + 1 \times 1 \times 6.574 \times 10^6 / (1 \times 237 \times 10^3 \times 215) = 0.144 \leq 1$$

平面外稳定满足要求！

10、悬挑主梁与结构连接节点验算

锚固螺栓直径 d(mm)	20	混凝土与螺栓表面的容许粘结强度 $\tau_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	2
锚固螺栓抗拉强度设计值 $[f_t]$ (N/mm <sup>2</sup> )	170	梁/楼板混凝土强度等级	C30

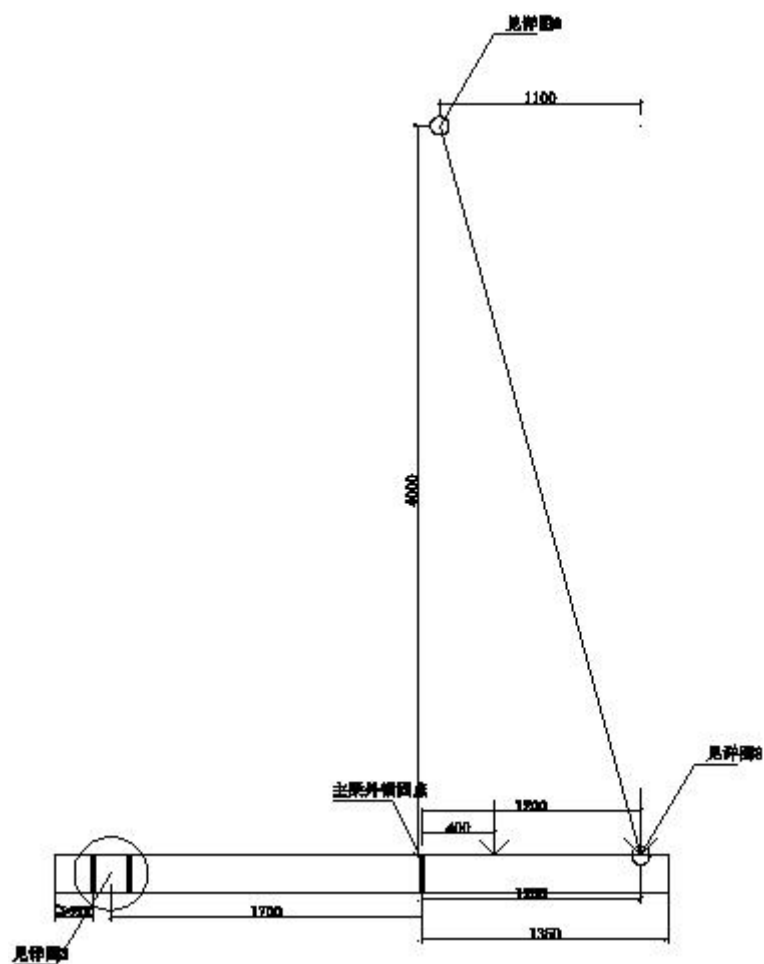
1) 螺栓粘结力锚固强度计算

锚固螺栓不受力

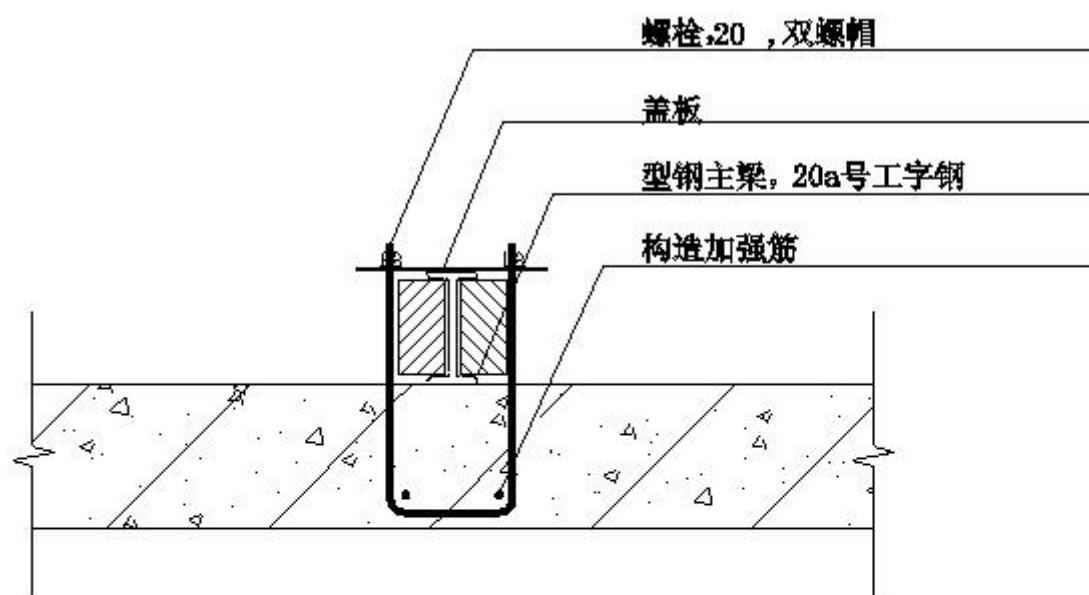
六、2 号主梁验算

1、2 号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	20a 号工字钢
主梁截面积 A(cm <sup>2</sup> )	35.55	主梁截面惯性矩 I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	2370
主梁截面抵抗矩 W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	237	主梁自重标准值 g <sub>k</sub> (kN/m)	0.279
主梁材料抗弯强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	215	主梁材料抗剪强度设计值 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	125
主梁弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	206000	主梁允许挠度 $[v]$ (mm)	1/250

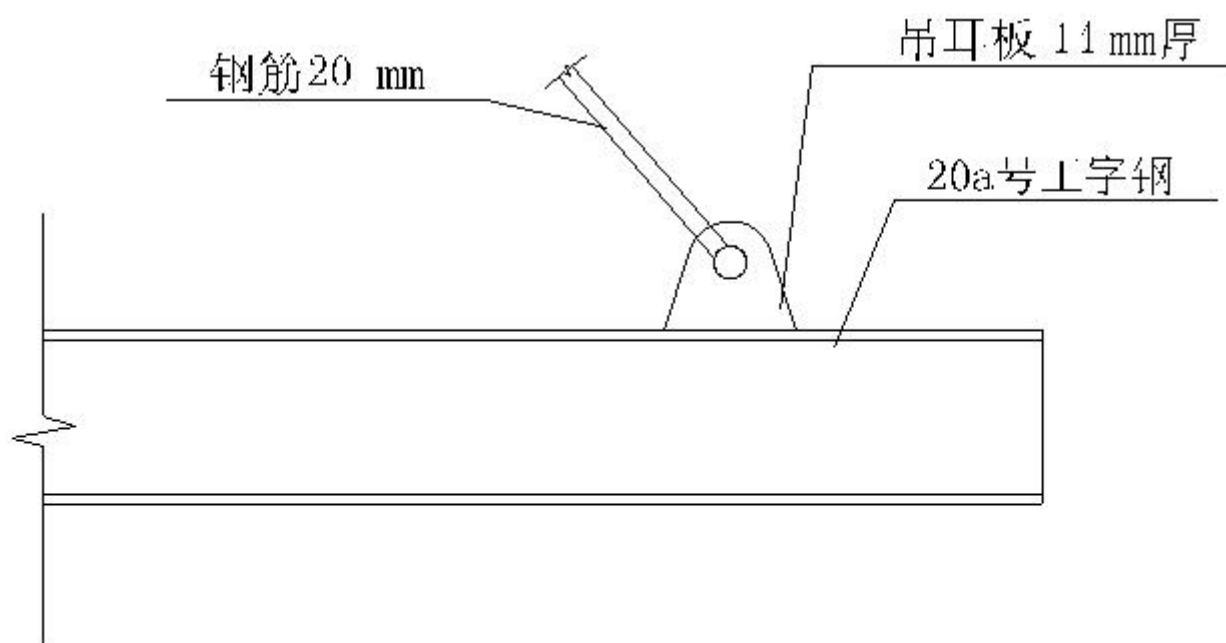


### 2号主梁图



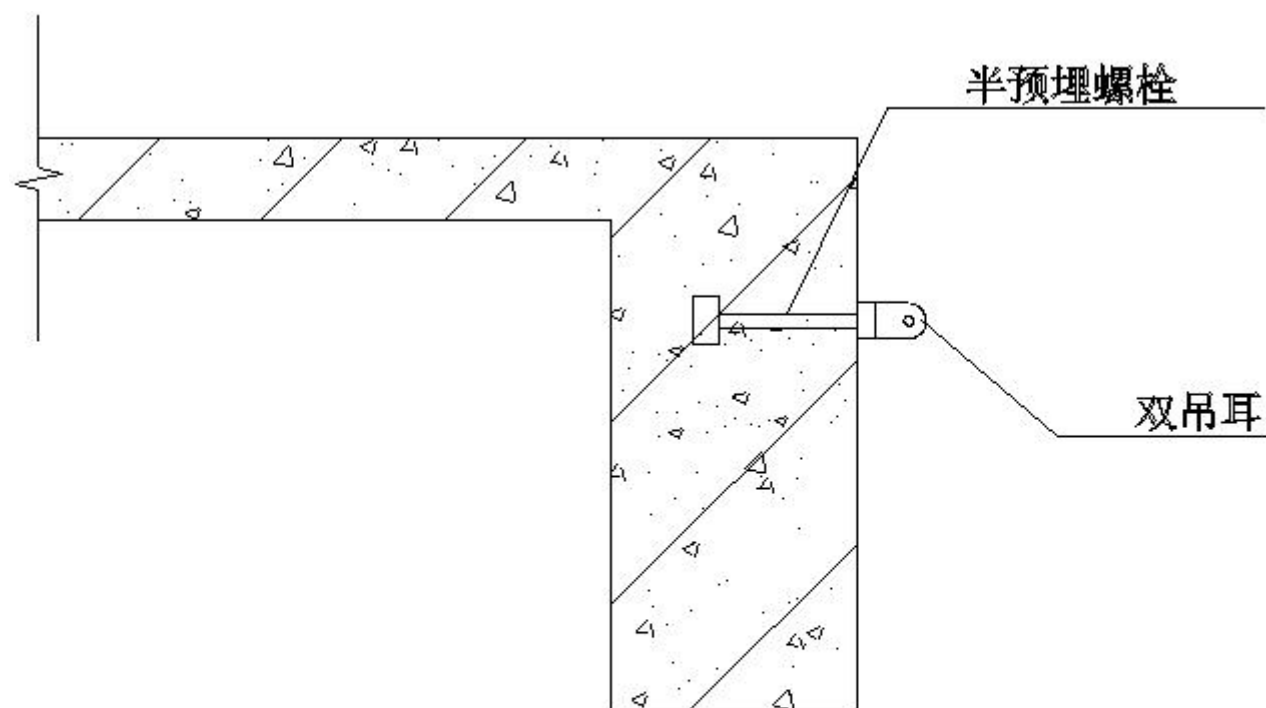
详图3

[详图 3](#)



## 详图⑧

详图 8



## 详图⑨

[详图 9](#)

主梁 2 与 A 向第 1 排联梁、A 向第 2 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.279 \text{ kN/m}$$

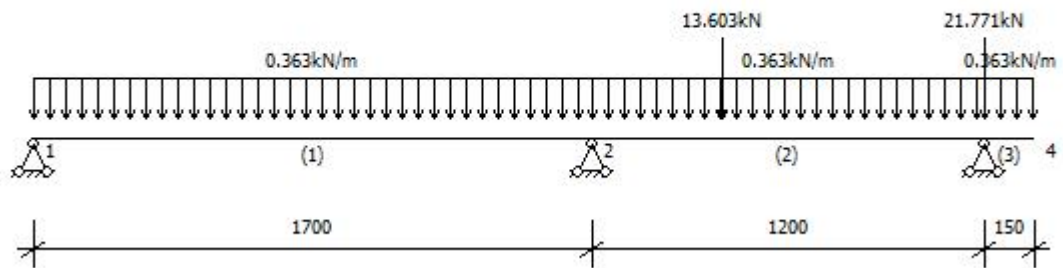
联梁传递的支座反力为：  $R_1' = 10.394 \text{ kN}$ ;  $R_2' = 16.927 \text{ kN}$ ;

荷载设计值：

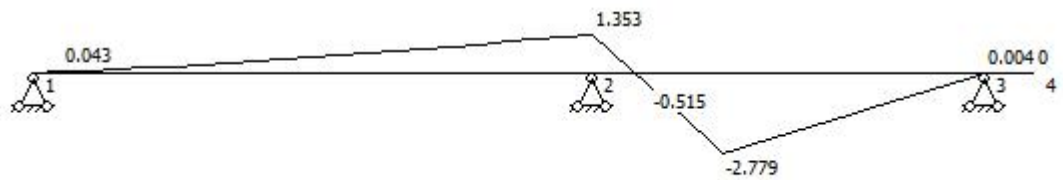
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.279 = 0.363 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为：  $R_1 = 13.603 \text{ kN}$ ;  $R_2 = 21.771 \text{ kN}$ ;

计算简图如下：



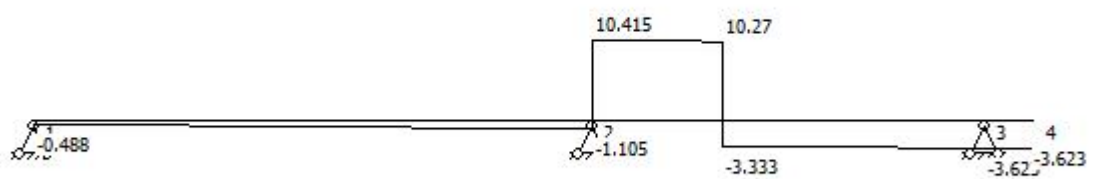
### 1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 2.779 \times 10^6 / (237 \times 10^3) = 11.726 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

### 2) 抗剪验算



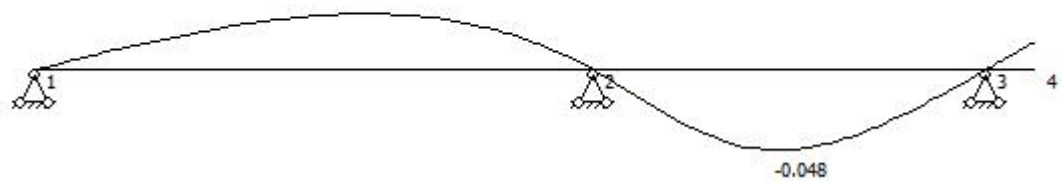
$$V_{\max} = 10.415 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 10.415 \times 1000 \times [100 \times 200^2 - (100 - 7) \times 177.2^2] / (8 \times 23700000 \times 7) = 8.474 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

### 3) 挠度验算





$v_{\max}=0.048\text{ mm}\leq[v]=l/250=1200/250=4.8\text{mm}$

满足要求！

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下：

$R_1=-0.488\text{kN};$

$R_2=11.52\text{kN};$

$R_3=25.449\text{kN};$

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	上拉	钢筋(钢拉杆)	1200	4000	1100	/	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 A(cm <sup>2</sup> )	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	270
上拉杆弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板
上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 t(mm)	14	吊孔直径 d0(mm)	25
吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50
顺受力方向，吊孔边距板边缘最小距离 a(mm)	65	吊耳板抗拉强度设计值 f(N/mm <sup>2</sup> )	205

吊耳板抗剪强度设计值 $f_v(N/mm^2)$	120	螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(N/mm^2)$	170
螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(N/mm^2)$	140	吊耳板螺栓直径 $d(mm)$	20
吊耳板螺栓个数 $n$	1	角焊缝焊脚尺寸 $hf(mm)$	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝总长度 $lw1(mm)$	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总长度 $lw2(mm)$	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 $d(mm)$	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 $n$	1
角焊缝强度设计值 $f_t^w(N/mm^2)$	160		

上拉杆件角度计算：

$\alpha_1=\arctan(n_1/m_1)=\arctan(4000/1100)=74.624^\circ$

上拉杆件支座力：

设计值： $R_{S1}=R_3=25.449kN$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力：

$N_{SZ1}=R_{S1}/\tan\alpha_1=25.449/\tan(74.624^\circ)=6.998kN$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力：

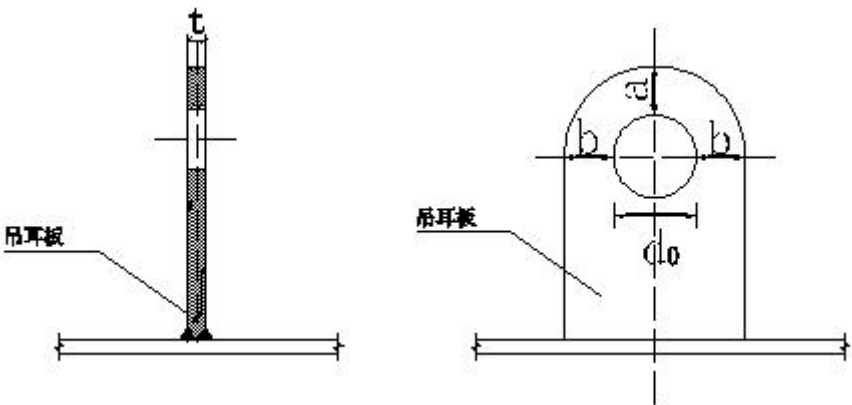
设计值： $N_{S1}=R_{S1}/\sin\alpha_1=25.449/\sin(74.624^\circ)=26.393kN$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力： $N_s=\max[N_{S1}]=26.393kN$

$\sigma=N_s/A=26.393\times10^3/314.2=84.001N/mm^2\leq f=270N/mm^2$

满足要求！

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为  $N_d=26.393/1=26.393kN$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$$B_e = 2t + 16 = 2 \times 14 + 16 = 44 \text{ mm} \leq b = 50 \text{ mm}$$

满足要求！

$$4B_e/3 = 4 \times 44/3 = 58.667 \text{ mm} \leq a = 65 \text{ mm}$$

满足要求！

$$b/t = 50/14 = 3.571 \leq 4$$

满足要求！

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

$$\text{计算宽度: } b_1 = \min(2t + 16, b - d_0/3) = \min(2 \times 14 + 16, 50 - 25/3) = 41.667 \text{ mm}$$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 26.393 \times 10^3 / (2 \times 14 \times 41.667) = 22.622 \text{ N/mm}^2 \leq f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求！

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0/3)] = 26.393 \times 10^3 / [2 \times 14 \times (65 - 2 \times 25/3)] = 19.502 \text{ N/mm}^2 \leq f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求！

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z = [(a + d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65 + 25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{ mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 26.393 \times 10^3 / (2 \times 14 \times 76.485) = 12.324 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{ N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求！

## 5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载  $F$ 、平行焊缝方向荷载  $V$  分别为：

**上拉杆 1 位置吊耳板：**

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

$$\text{单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 } F_1 = R_{S1} / 1 = 25.449 / 1 = 25.449 \text{ kN}$$

$$\text{单个吊耳板平行焊缝方向荷载 } V_1 = R_{SZ1} / 1 = 6.998 / 1 = 6.998 \text{ kN}$$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7h_{f1}l_{w1}) = 25.449 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 30.296 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7h_{f1}l_{w1}) = 6.998 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 8.331 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M/W = V_1 L / (0.7h_{f1}l_{w1}^2/6) = (6.998 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2/6) = 24.993 \text{ N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[\frac{(\sigma_N + \sigma_M)}{\beta_f}]^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [\frac{(30.296 + 24.993)}{1.22}]^2 + 8.331^2]^{0.5} = 46.078 \text{ N/mm}^2 \leq f_t^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

## 6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 26.393 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 37.704 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

## 7、上拉杆与主梁连接点计算

### 1) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力： } N_v = N_s / n = 26.393 / 1 = 26.393 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

## 8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力  $N_s = 26.393 \text{ kN}$

上拉杆 1：

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 26.393 \times \sin(90^\circ - 74.624^\circ) = 6.998 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 26.393 \times \cos(90^\circ - 74.624^\circ) = 25.448 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = N_{t1} / n = 6.998 / 1 = 6.998 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = N_{v1} / n = 25.448 / 1 = 25.448 \text{ kN}$$

### 1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

$$\text{单个螺栓所受拉力： } N = N_t = 6.998 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$$

符合要求！

### 2) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力： } V = N_v = 25.448 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

## 9、悬挑主梁稳定性验算

主梁轴向力:  $N = N_{sz1} = 6.998 \text{ kN}$

压弯构件强度:  $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 2.779 \times 10^6 / (1.05 \times 237000) + 6.998 \times 10^3 / 3555 = 13.136 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

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:

$\varphi_x$ 、 $\varphi_y$ -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 $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 、钢材屈服强度和截面分类确定;

$\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ -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;

$\beta_{mx}$ -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 $\beta_{mx} = 1.0$ ;

$\beta_{tx}$ -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 $\beta_{tx} = 1.0$ ;

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

$\eta$ -截面影响系数, 取 $\eta = 1$

故有:

$l_{0x} = 1200 \text{ mm}$ ,  $l_{0y} = 800 \text{ mm}$ ;  $\lambda_x = l_{0x} / i_x = 1200 / 81.5 = 14.724$ ;  $\lambda_y = l_{0y} / i_y = 800 / 21.2 = 37.736$

查表得 $\varphi_x = 0.991$ ,  $\varphi_y = 0.91$

$\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 \epsilon_k^2 = 1.07 - (\lambda_y^2 / 44000) \times (235 / f_y) = 1.07 - (37.736^2 / 44000) \times (235 / 235) = 1.038 >$

1, 取 $\varphi_b = 1$

$N_{Ex} = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_x^2) = 3.142^2 \times 206000 \times 3555 / (1.1 \times 14.724^2) = 30308651.29 \text{ N}$

将各参数代入计算，得：

$$N/(\varphi_x A f) + \beta_{mx} M_x / (\gamma_x W_{1x} (1 - 0.8 N / N_{Ex}) f) = 6.998 \times 10^3 / (0.991 \times 3555 \times 215) + 1 \times 2.779 \times 10^6 / (1.05 \times 237 \times 10^3 \times (1 - 0.8 \times 6.998 \times 10^3 / 30308651.29) \times 215) = 0.061 \leq 1$$

平面内稳定满足要求！

$$N/(\varphi_y A f) + \eta \beta_{tx} M_x / (\varphi_b W_{1x} f) = 6.998 \times 10^3 / (0.91 \times 3555 \times 215) + 1 \times 1 \times 2.779 \times 10^6 / (1 \times 237 \times 10^3 \times 215) = 0.065 \leq 1$$

平面外稳定满足要求！

#### 10、悬挑主梁与结构连接节点验算

锚固螺栓直径 d(mm)	20	混凝土与螺栓表面的容许粘结强度 $\tau_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	2
锚固螺栓抗拉强度设计值 $[f_t]$ (N/mm <sup>2</sup> )	170	梁/楼板混凝土强度等级	C30

##### 1) 螺栓粘结力锚固强度计算

锚固点锚固螺栓受力：  $N/2 = 0.488/2 = 0.244 \text{ kN}$

螺栓锚固深度： $h \geq N / (4 \times \pi \times d \times [\tau_b]) = 0.488 \times 10^3 / (4 \times 3.14 \times 20 \times 2) = 0.971 \text{ mm}$

螺栓验算：

$$\sigma = N / (4 \times \pi \times d^2 / 4) = 0.488 \times 10^3 / (4 \times \pi \times 20^2 / 4) = 0.388 \text{ N/mm}^2 \leq 0.85 \times [f_t] = 144.5 \text{ N/mm}^2$$

满足要求

## 四、 相关设计图纸