

经八纬一棚户区改造A区建设项目

悬挑脚手架工程专项施工方案



 山东三箭建设工程股份有限公司

2019 年 10 月



推荐说明

1 方案的技术含量、创新性。

梁侧预埋悬挑脚手架方案是一种技术含量较高、创新性较强的悬挑脚手架方案。与传统的钢管脚手架相比，梁侧预埋悬挑脚手架使用高强度锚固件将支撑点固定在梁侧，有效避免了在梁顶悬挂脚手架对梁底混凝土造成的影响。

2 方案的实用性、应用情况及获奖情况。

稳定性好：悬挑支撑点固定在梁侧，不会影响梁底混凝土的结构安全。

适应性强：可根据不同的梁型和梁跨，设计不同的悬挑支撑方案。

施工简便：由于采用了预埋锚固件，安装过程中无需穿越梁顶，减少了安装难度和安全风险。安装和拆除方便快捷

预埋的连接螺栓可重复使用；

型钢梁和连墙件通过预埋螺栓只与建筑物主体结构外侧连接，均不需穿越墙体，外墙的砌筑、粉刷、贴外墙砖等工序都能一步到位，绝对不会引起渗水漏水现象。

本方案应用经八纬一棚户区改造 A 区建设项目位于济南市经八路以南，纬一路以西，该项目由南北两座主楼及附属裙房组成，结构形式为框架结构。项目于 2019 年 5 月开工建设，项目整体外脚手架采用梁侧预埋挑脚手架，悬挑脚手架每步悬挑最大搭设高度 19.5 米，根据现场实际情况，悬挑脚手架内排杆距离建筑物外墙 300mm，内外立杆间距 830，本工程实际工字钢长度有 6 种，脚手架外侧采用钢板网进行防护。采用本方案施工缩短工期约 6%，降低工程造价约 12%。

施工过程中充分参考相关图集、规范，严格控制节点施工质量、材料使用情况、成品保护。本工法应用后，整体立面美观整齐，有利于标准化施工，得到了建设单位、监理单位及当地建设行政主管部门的高度评价。

该悬挑脚手架施工方案获得市级工法一项



目 录

一、编制说明及依据	1
(一) 编制说明	1
(二) 编制依据	1
二、工程概况	2
(一) 建筑概况	2
(二) 结构概况	2
(三) 脚手架工程概况及特点	3
(四) 梁侧预埋悬挑脚手架组成	3
三、施工计划	5
(一) 脚手架工程施工进度计划	5
(二) 材料与设备计划	5
(三) 劳动力计划	6
四、施工工艺技术	6
(一) 梁侧预埋悬挑脚手架工程方案设计	6
(二) 技术参数	10
(三) 梁侧预埋悬挑脚手架工艺流程与施工方法	11
(四) 操作（构造）要求	17
(五) 检查、监测要求	21
五、安全保证措施	23
六、施工组织管理	24
(一) 施工组织管理机构	24
(二) 项目管理人员职责分工表	25
(三) 专职安全生产管理人员	25
七、应急处置措施	25
(一) 施工应急救援组织体系	26
(二) 主要危险因素识别及处理措施	26
(三) 报警救援及联络电话、异常情况报告制度等	31
八、文明施工与绿色施工措施	32
九、附图及计算书	33

一、编制说明及依据

（一）编制说明

为了保证本工程脚手架施工安全，防止生产安全事故的发生，加强施工安全的管理，依据《建设工程安全生产管理条例》、《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》、《山东省房屋市政施工危险性较大分部分项工程安全管理实施细则》及济建发[2016]18 号《关于印发《济南市房屋建筑及轨道交通工程安全专项施工方案编制审查与专家论证实施办法的通知》及济建发[2018]15 号《山东省房屋市政施工危险性较大分部分项工程安全管理实施细则》的要求，特编制本专项施工方案。

（二）编制依据

1、施工图纸及施工组织设计

施工图纸	经八纬一棚户区改造 A 区建设项目施工图纸
施工组织设计	《经八纬一棚户区改造 A 区建设项目施工组织设计》

2、标准、规范、规程及其他

序号	施工规范、规程名称	编号
1	《混凝土结构工程施工质量验收规范》	GB50204-2015
2	《混凝土结构工程施工规范》	GB50666-2011
3	《建筑工程质量验收统一标准》	GB50300-2013
4	《建筑施工安全技术统一规范》	GB50870-2013
5	《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》	JGJ130-2011
6	《建筑施工脚手架安全技术统一标准》	GB51210-2016
7	《建筑施工安全检查标准》	JGJ59-2011
8	《建筑施工高处作业安全技术规范》	JGJ80-2016
9	《建筑施工临时支撑结构技术规范》	JGJ300-2013
10	《建筑结构荷载规范》	GB50009-2012
11	《建筑施工手册》	第五版
12	《建设工程高大模板支撑系统施工安全监督管理导则》	建质[2009]254 号

13	《碳素结构钢》	GB/T700-2006
14	《钢管脚手架扣件》	GB15831-2006
15	《冷弯薄壁型钢结构技术规范》	GB 50018-2002
16	《建筑施工现场管理标准》	DBJ14-033-2005
17	《施工现场临时用电安全技术规范》	JGJ46-2005
18	《建筑工程施工技术资料管理规程》	DBJ14-023-2004
19	《建筑工程施工工艺规程》	DBJ14-032-2004
20	《建设工程施工现场消防安全技术规范》	GB 50720-2011
21	品茗安全计算软件	2018 版
22	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
23	《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》	住建部【2018】37 号文
24	《山东省房屋市政施工危险性较大分部分项工程安全管理实施细则》	鲁建质安字〔2018〕15 号
25	《济南市房屋建筑及轨道交通工程安全专项施工方案编制审查与专家论证实施办法》	济建发〔2016〕18 号

二、工程概况

（一）建筑概况

工程名称	经八纬一棚户区改造 A 区建设项目		
建设地点	济南市市中区杆石桥街道经八纬一路口西南角		
建筑面积	49545.87 m ²	建筑高度	63.6/47.1m
建筑层数	地下一层，地上 16 层、11 层，中间通过三层裙房连接		
结构形式	框架剪力墙结构		
建设单位	山东三箭房地产开发有限公司		
设计单位	北京世纪千府国际工程设计有限公司		
监理单位	济南中建建筑设计院有限公司		
勘察单位	山东省地矿工程勘察院		
施工单位	山东三箭建设工程股份有限公司		

（二）结构概况

本工程结构形式北楼为框架剪力墙结构，南楼为框架核心筒结构，裙房为框架结构；基础形式为筏板基础，持力层为第 6 层残积土。本工程抗震设防烈度为 7 度，场地类别为二类，框架、剪力墙抗震等级均为二级。建筑结构安全等级为二级，地基基础设计等级为甲级，结构耐

火等级二级，防水等级一级，结构设计使用年限为 50 年。

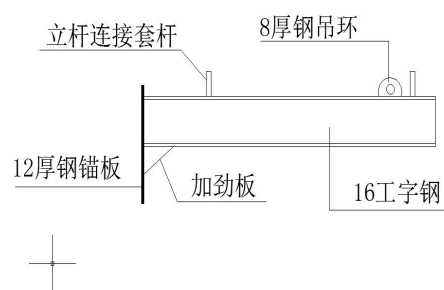
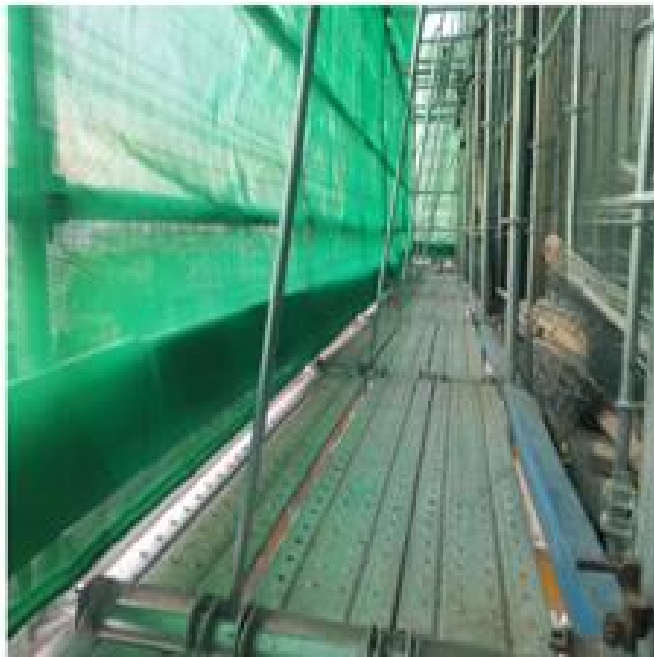
项目名称	层数	高度 (m)	结构形式	基础形式	基础设计等级
经八为棚户区改造 A 区建设项目	北楼十六层 南楼十一层	63.6 53.2m	框架剪力墙 框架核心筒	筏板 基础	甲级

(三) 脚手架工程概况及特点

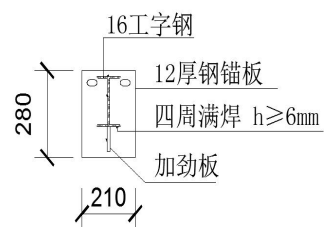
本工程为经八纬一棚户区改造 A 区建设项目，外脚手架采用落地式钢管脚手架与悬挑式钢管脚手架相结合，落地式钢管脚手架最大搭设高度为 18.3 米，悬挑式脚手架每步悬挑最大搭设高度 19.5 米，根据现场实际情况，悬挑脚手架内排杆距离建筑物外墙 300mm，内外立杆间距 830，本工程实际工字钢长度有下列 6 种：双排杆：1230，1451，1530，1709mm，1742，2166mm，一共 6 种，脚手架外侧采用钢板网进行防护。

(四) 梁侧预埋悬挑脚手架组成

梁侧预埋悬挑脚手架由底部的梁侧悬挑承力架和上部的双排钢管脚手架组成。底部的梁侧预埋悬挑承力架由型钢梁、上斜拉杆和下斜撑杆组成。上斜拉杆和下斜撑杆根据受力计算需要设置，可只设上斜拉杆或下斜撑杆，或上斜拉杆和下斜撑杆均设置，或两者都不设置。水平型钢梁常采用 16 号工字钢，上斜拉杆采用规格 20mm 直径具有调节功能的一级钢筋，下斜撑采用规格 60mm×3.5mm（直径×壁厚）的可调节钢管。水平型钢梁设在悬挑钢管脚手架每一横排内、外两根立杆的底部，长度为 1230-2166mm，工字钢内端垂直方向焊接一块矩形底座钢板，用可拆式预埋高强度螺栓固定在建筑物主体结构外侧结构构件上（主要为结构竖向构件及水平构件）；工字钢距内端焊接一块耳环，与斜拉杆下端用销栓连接，工字钢距内端 0.9 米处焊接一块耳环，与斜撑杆上端用销栓连接；斜拉杆上端、斜撑杆下端分别与相邻上层、下层主体结构外侧的可拆式预埋普通螺栓环之间也用销栓连接。



悬挑工字梁立面图



剖面图

三、施工计划

(一) 脚手架工程施工进度计划

经八纬一棚户区改造A区建设项目外脚手架搭拆方案

序号	任务名称	工期	开始时间	完成时间	备注
1	南楼施工	353 个工作日	2019年2月19日	2020年3月2日	
2	一层至三层落地式脚手架搭设	24 个工作日	2019年10月1日	2019年10月24日	
3	第一挑悬挑梁安放	2 个工作日	2019年10月25日	2019年10月26日	
4	四层至八层悬挑脚手架搭设	38 个工作日	2019年10月27日	2019年12月3日	
5	第三挑悬挑梁安放	2 个工作日	2019年12月4日	2019年12月5日	
6	九层至顶层悬挑脚手架搭设	32 个工作日	2019年12月6日	2020年1月6日	
7	一层至三层落地脚手架拆除	7 个工作日	2019年12月6日	2019年12月12日	
8	第一挑悬挑脚手架拆除	7 个工作日	2019年12月30日	2020年1月5日	
9	第二挑悬挑脚手架拆除	7 个工作日	2020年2月25日	2020年3月2日	
10	竣工验收	14 个工作日	2019年2月19日	2019年3月4日	
11	北楼施工	153 个工作日	2019年9月9日	2020年3月4日	
12	一层至四层落地式脚手架搭设	25 个工作日	2019年9月9日	2019年10月3日	
13	第一挑悬挑梁安放	2 个工作日	2019年10月4日	2019年10月5日	
14	五层至九层悬挑脚手架搭设	35 个工作日	2019年10月6日	2019年11月9日	
15	第二挑悬挑梁安放	2 个工作日	2019年11月10日	2019年11月11日	
16	十层至十四层悬挑脚手架搭设	38 个工作日	2019年11月12日	2019年12月19日	
17	第三挑悬挑梁安放	2 个工作日	2019年12月20日	2019年12月21日	
18	十五层至顶层悬挑脚手架搭设	22 个工作日	2019年12月22日	2020年1月12日	
19	落地脚手架拆除	7 个工作日	2019年12月22日	2019年12月28日	
20	第一挑悬挑脚手架拆除	7 个工作日	2019年11月29日	2019年12月5日	
21	第二挑悬挑脚手架拆除	7 个工作日	2020年2月10日	2020年2月16日	
22	第三挑悬挑脚手架拆除	7 个工作日	2020年2月27日	2020年3月4日	
23	B区裙房	67 个工作日	2019年12月16日	2020年3月16日	
24	一层至三层落地式脚手架搭设	30 个工作日	2019年12月16日	2020年1月14日	
25	落地式脚手架拆除	7 个工作日	2020年3月10日	2020年3月16日	
备注	外脚手架搭设时间跟随主体结构施工时间而定				

(二) 材料与设备计划

1、材料选用表

材料名称	规格	数量
------	----	----

钢管	$\Phi 48.3 \times 3.6$	240t
扣件	旋转扣件、对接扣件、十字扣件	53000 个
脚手板	4000×250×50mm	1700 块
安全平网	/	2000 m ²
钢板网	/	15000 m ²

2、主要设备与机具一览表

序号	名称	数量	进场时间
1	普通扳手	20	2019.8

（三）劳动力计划

由于本部位工程安全要求较高，为确保顺利、优质高效地完成施工任务，对劳动力资源进行了优化配置（见下表）。并在施工期前对所有管理和操作人员进行培训，操作人员必须持证上岗，确保其适合本工作岗位的要求。

工种 \ 数量	劳动力（人）	备注
架子工	16	特种人员均持证上岗
测量员	2	
安全员	2	
塔吊司机	3	特种人员均持证上岗
塔吊信号工	3	特种人员均持证上岗
机修工	2	
电工	2	特种人员均持证上岗

四、施工工艺技术

（一）梁侧预埋悬挑脚手架工程方案设计

经八纬一棚户区改造 A 区建设项目北楼一层至四层、南楼一层至三层及裙房部分外脚手架采用落地式双排钢管脚手架。北楼五层至顶层每五层进行悬挑，南楼四层至顶层每五层进行，悬挑最大高度为 19.5 米。

（1）本工程梁侧预埋悬挑脚手架工字钢长度有下列 6 种： 1230, 1530, 1742, 2166mm,

1451, 1709mm, 一共 6 种, 底部采用固定在建筑物主体结构梁外侧面的预埋悬挑承力架。该悬挑脚手架由水平 16 号工字钢梁和具有调节功能的 $\Phi 20\text{mm}$ 直径钢筋斜拉杆组成。当悬挑型钢梁长度 $L > 1.75\text{m}$ 时, 增设 $\Phi 60\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管制作的可调节下撑杆。梁侧悬挑承力架与建筑物主体结构外侧均采用新型的可拆式预埋螺栓连接, 并采用连墙件将双排钢管脚手架与主体结构的混凝土墙、柱、梁外围从下至上紧密地拉结在一起。

(2) 根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 和《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 的有关规定, 拟定每一悬挑段最大搭设高度为 $1.8\text{m} \times 10\text{步} = 18\text{m}$, 加顶部 1.5m 防护栏杆共 19.5m 。上部双排钢管脚手架内立杆距建筑主体结构外墙面 0.30m , 内立杆和外立杆之间的基本横距为 0.83m , 立杆的基本纵距为 1.5m , 基本步距 1.8m 。

(3) 在梁侧预埋悬挑承力架的工字钢顶面 200mm 高度处设置横向扫地杆和纵向扫地杆; 先将横向扫地杆用直角扣件固定在内、外立杆底部, 再在横向扫地杆之上, 将纵向扫地杆用直角扣件固定在立杆底部, 以确保上部双排钢管脚手架的整体稳定性。

(4) 在双排钢管脚手架的外侧立面满布 4 跨 6m 宽的连续剪刀撑, 剪刀撑斜杆与地面的倾角为 $45^\circ \sim 60^\circ$, 并在每道剪刀撑侧边的外立杆和内立杆之间, 设置一道间距为 6m 的横向斜撑, 横向斜撑在同一节间由底层至顶层呈之字形连续布置。拐角处也必须设置一道横向斜撑, 升降机位置剪刀撑单独搭设。

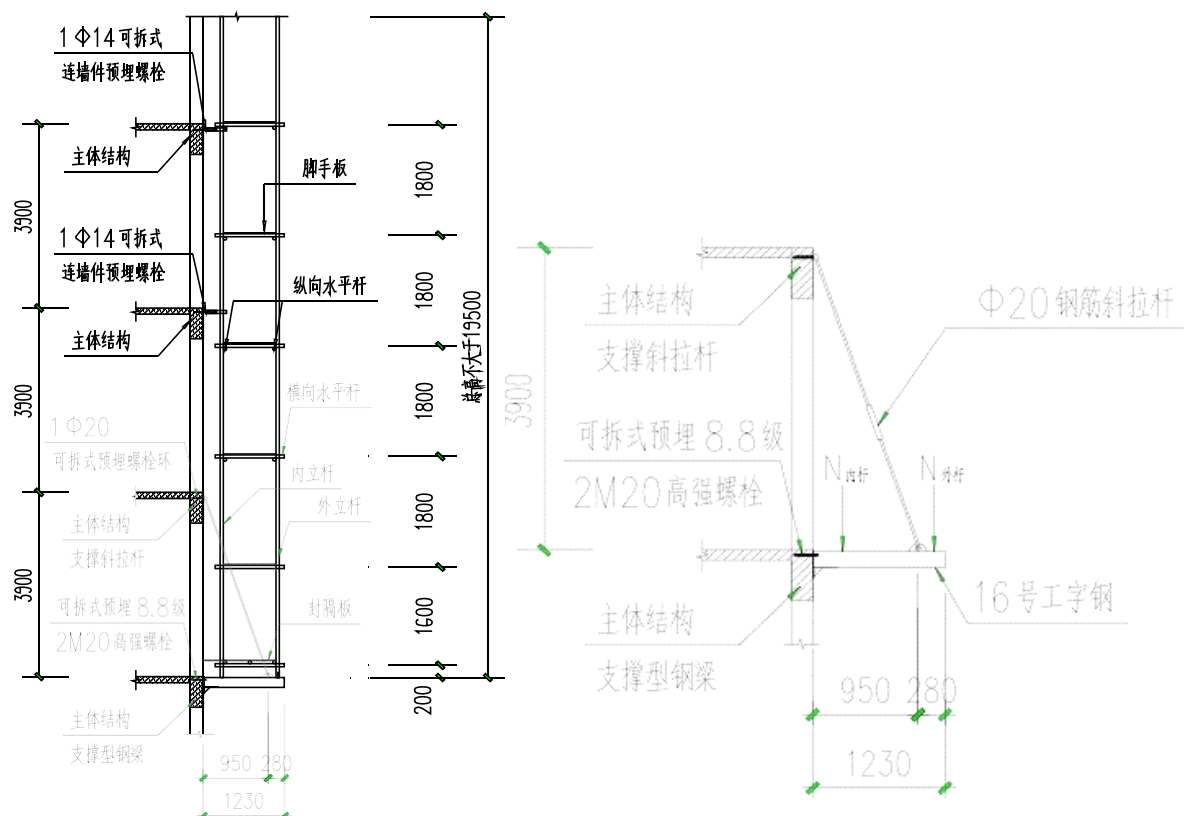
(5) 为安全起见, 在每一挑悬挑高度 19.5m 范围内, 脚手架外侧立杆每层均设置 1.2m 高防护栏杆和 200mm 高的挡脚板, 1.2m 高防护栏杆的中部 0.6m 处增设一根腰杆。施工操作层以下每隔三层且不超过 10m 用安全平网封闭, 内立杆与建筑结构墙体之间用木板或其它措施封闭。脚手架外立杆的内侧, 满挂钢板立网。

(6) 在结构施工装修过程中严格控制施工荷载, 脚手板上不得集中堆放施工荷载, 施工过程中操作层数为一层时, 施工面荷载标准值不得大于 3kN/m^2 。施工过程中操作层数不得同时超过两层, 当同一个跨距内同时有 2 个操作层作业时, 其施工面荷载标准值总和不得大于 4kN/m^2 。

(7) 本工程当脚手架悬挑梁悬挑长度 $1.75\text{m} \leq L \leq 2.35\text{m}$ 时, 须设置 $\Phi 60\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 下撑钢管, 仅当外立杆一个作用点作用在悬挑梁斜角工字钢时, 悬挑梁悬挑长度 $L \geq 1.80\text{m}$ 时同样设置 $\Phi 60\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 下撑钢管。

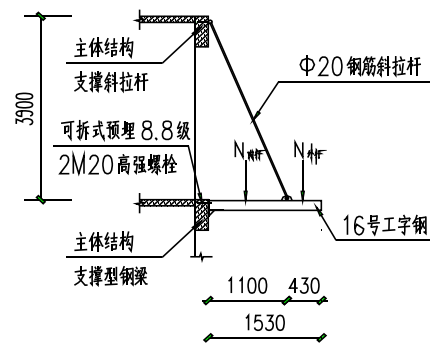
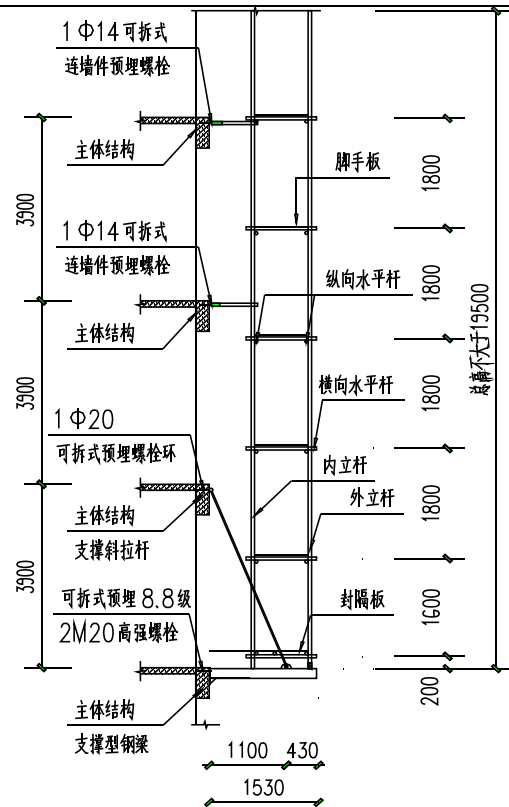
(8) 根据工程实际情况，连墙杆采用钢管，杆件两端均采用新型可拆式连墙件预埋螺栓连接，连墙件间距为两步三跨。

(9) 脚手架的设计形式详附图。



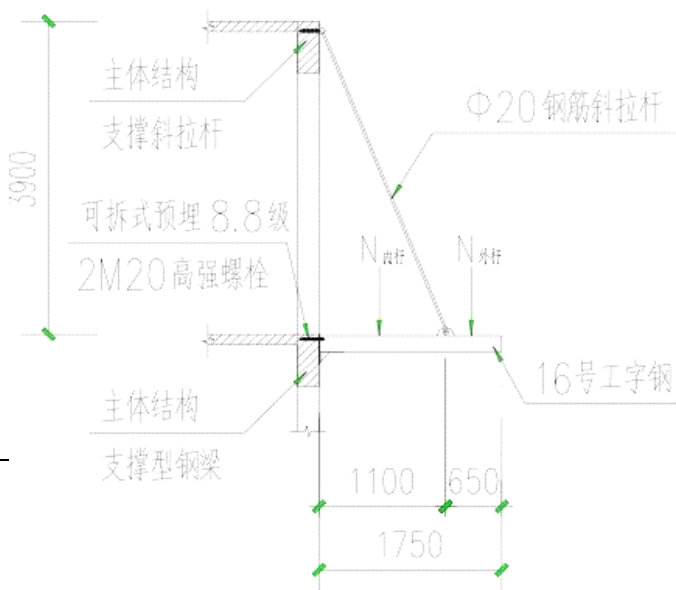
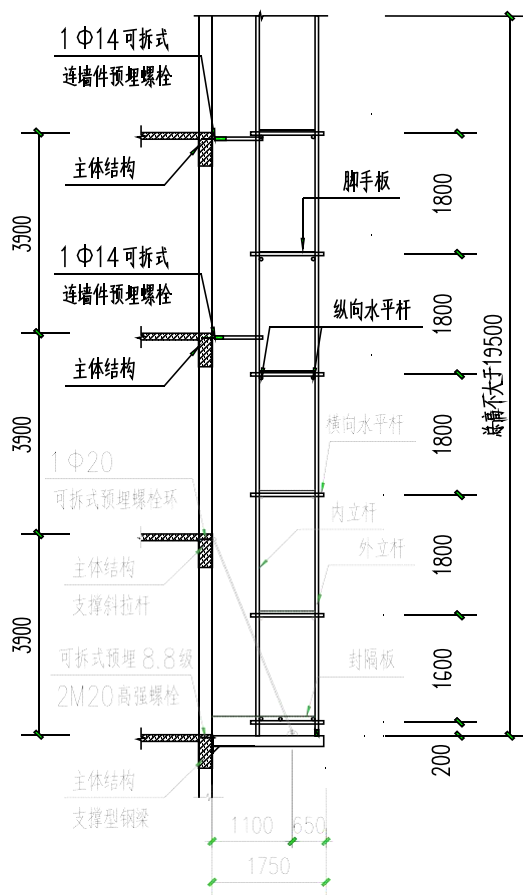
1230mm上拉式梁侧悬挑承力架剖面构造图

注：内外立杆间距 830mm；内立杆与外墙间距 300mm。



1530mm上拉式梁侧悬挑承力架剖面构造图

注：内外立杆间距 830mm；内立杆与外墙间距 300mm。



1750mm上拉式梁侧悬挑承力架剖面构造图

注：内外立杆间距 830mm；内立杆与外墙间距 300mm。

(二) 技术参数

脚手架排数	双排脚手架	纵、横向水平杆布置方式	横向水平杆在上
搭设高度(m)	19.5m	钢管类型	$\Phi 48 \times 3.6$
立杆纵距(m)	1.5	立杆横距(m)	0.83
步距(m)	1.8	防护栏杆(m)	1.5
横向斜撑(架体内之字撑)	6 跨 1 设	剪刀撑	连续设置
连墙件连接方式	新型可拆式连墙件预埋螺栓连接	连墙件布置方式	两步三跨
悬挑方式	梁侧预埋悬挑	钢板网	封闭
主梁建筑物外悬挑长度 Lx(mm)	1230~2166	锚固点设置方式	2 个 M20 高强螺栓
主梁锚固点	结构墙、梁外侧	主梁材料规格	16 号工字钢
梁/楼板混凝土强度等级	$\geq C30$	上拉杆	$\Phi 20$ 可调节拉杆

1、材料的力学性能

(1) Q235 钢材的强度设计值与弹性模量

抗拉、抗弯 f	抗压 f _c	弹性模量 E
0.205KN/mm ²	0.205KN/mm ²	$2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$

(2) 垫板

木脚手板采用杉木板和落叶松板，板厚不小于 50mm，板宽为 200~250mm，板长 3~6m。在距脚手板两端 80mm 处用 10 号铁丝加两道紧箍，防止板端破裂。也可使用竹片脚手板、钢木混合脚手板、薄钢脚手板，但不管使用何种脚手板都必须符合技术要求。

(3) 脚手板

采用木脚手板，规格为 250mm×50mm，板不得有腐蚀和严重变形。木脚手架材质应符合现行国家标准《木结构设计规范》GB50005 中 IIa 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。

(4) 钢板网

序号	名称	型号规格	备注
1	网片	1000×2000mm	
		板厚 0.5mm	
		孔径：5mm	
		孔距：7mm	
		自重：5KG/m ²	
2	方管龙骨	20×20mm	镀锌
		壁厚：1.1mm	
3	加固件	Φ 48：250—350	

颜色应满足环境效果要求，选用蓝色；

(5) 扣件

扣件螺栓拧紧扭力矩值不应小于 40N·m，且不应大于 65N·m。

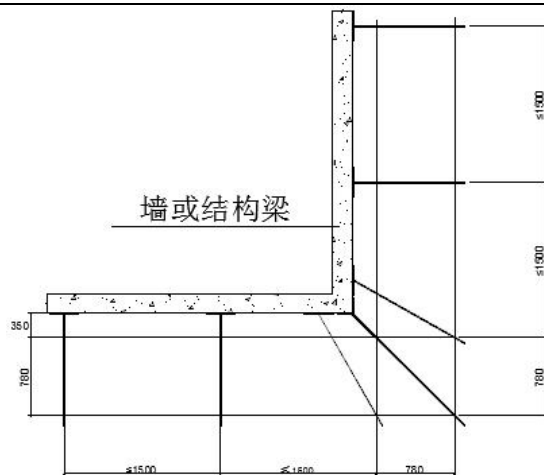
说明材料、设备的有关技术要求（如规格型号、力学性能等），材料设备的验收标准或合格标准，有关荷载取值等。

(三) 梁侧预埋悬挑脚手架工艺流程与施工方法

1、悬挑梁定位、安装

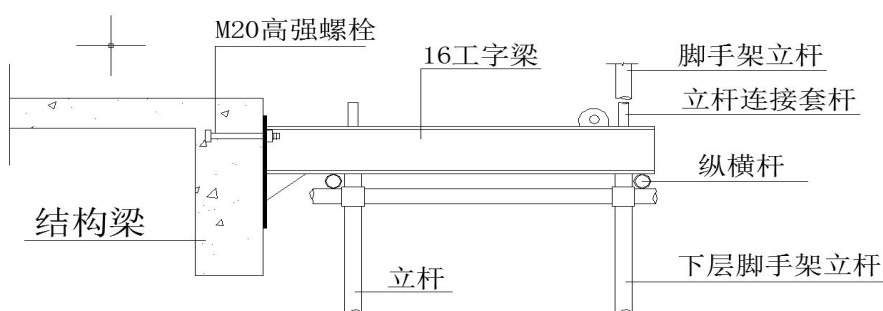
按施工平面图绘制定距图（详图一），水平悬挑梁的纵向间距与上部脚手架立杆的纵向间距相同，按定距图预埋连接套管，套管用螺栓紧固到外模板上，防止浇筑混凝土时发生位移。外模拆除后，待混凝土强度达到 10Mpa 才能安装悬挑梁，混凝土强度达到 12Mpa 后方可开始搭设外架，如因安装时混凝土强度未达到要求，把悬挑梁可搁置在底层架子上，保证安装悬挑梁时结构构件不受损伤。安装时螺栓拧紧扭力矩须达 117N·m。

本工程采用在挑梁上安装 100-150mm、外径 Φ25mm 的钢管，立杆套在其外（详图二），使上部脚手架立杆与挑梁支承结构有可靠的定位连接措施，确保上部架体的稳定。



别角处悬挑工字梁布置

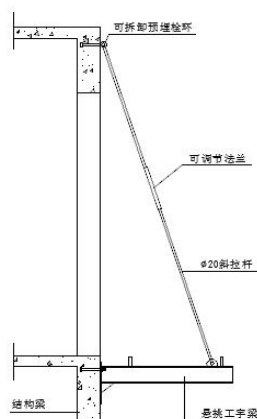
(详图一) 悬挑工字梁布置示意图



(详图二) 结构梁未达强度安装、脚手架立杆与挑架连接图

2、可调节斜拉杆卸荷

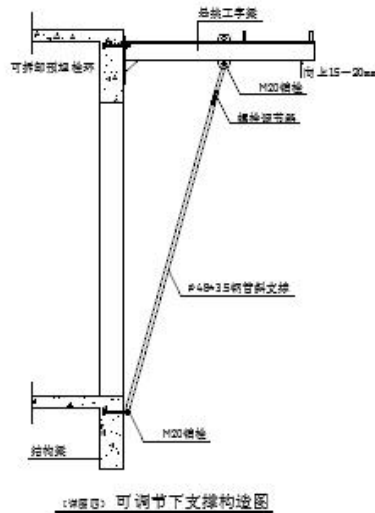
(1) 墙、梁内的受拉锚环，必须在混凝土强度达到 75% 以上方可受力使用。拉钩、吊环一定要采用圆钢制作。(详图三) 上斜拉杆未安装调试完成验收之前，脚手架可搭设最大高度为 10m。



(详图二) 可调节斜拉杆构造图

(2) 主体结构施工悬挑架上一层，必须安装好斜拉杆，斜拉杆通过可调节花篮螺栓进行拉紧，拧紧扭力矩须达 $30\text{N} \cdot \text{m}$ 。未装斜拉杆前，禁止在架子上堆放材料及作业。

(3) 如局部使用超长工字钢 ($L \geq 1750$)，在安装工字钢时必须装好下支撑，下支撑调节应使工字钢悬挑端向上 $15 \sim 20\text{mm}$ 。(详图四)



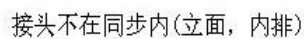
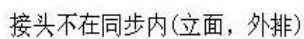
3、立杆设置

(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。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 $1/400$ 。

(4) 开始搭设立杆时，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。



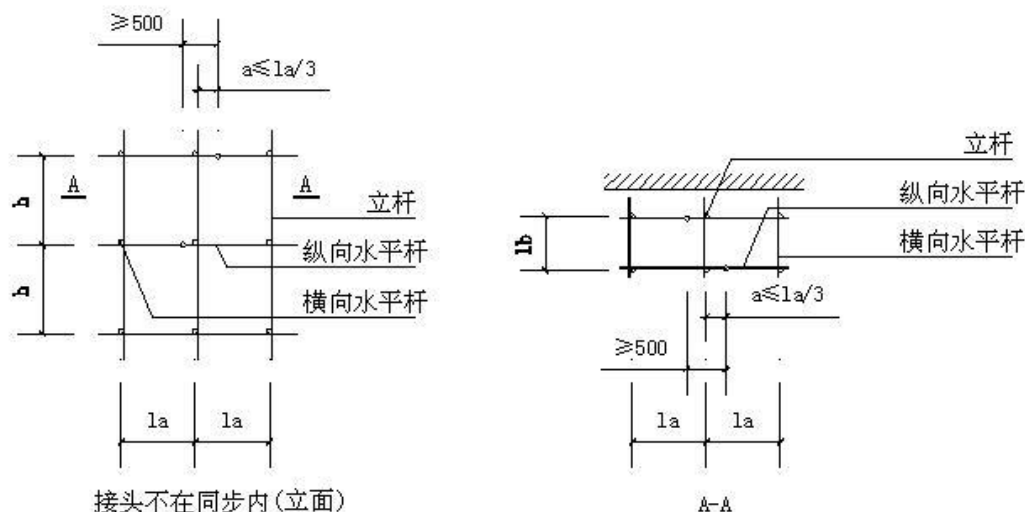
立杆对接接头布置

4、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。纵向水平杆接长采用对接扣件连接,要求如下: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。

(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。



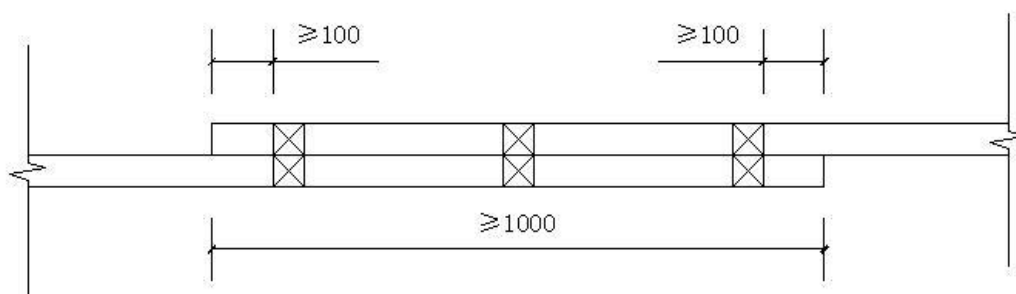
纵向水平杆对接接头布置

5、剪刀撑和横向斜撑设置

(1) 脚手架外侧立面整个长度和高度上连续设置剪刀撑；

(2) 每道剪刀撑宽度根据现场实际长度分别取 4~5 跨，且不应小于 6m，斜杆与地面的倾角宜在 45° ~ 60° 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 3 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) 在施工电梯处开口架两端，均设置横向斜撑；为确保架体的稳定，架体拐角处及中间每隔 6 跨距设置一道横向斜撑，横向斜杆在同一节间，由底至顶呈之字型连续布置，采用旋转

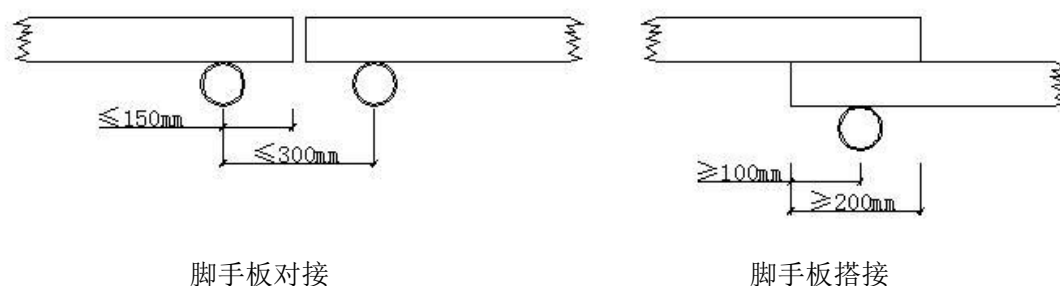
扣件固定在与之相交的横向水平杆的伸出端上，旋转扣件中心至主节点的距离不大于 150mm。

6、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，无探头板。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) 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

(4) 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；

7、防护栏杆

(1) 脚手架外侧使用钢板网进行封闭，且将钢板网固定在脚手架外立杆外侧。

(2) 脚手架外侧施工作业层必须在 0.6m、1.2m 高位置设置 2 道防护栏杆，因现在砌筑工程均在室内完成，所以挡脚板只在悬挑层进行设置，栏杆和挡脚板均应搭设在外立杆的内侧。

8、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。水平方向每三跨设置一道，垂直方向每两步设置，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，向脚手架一端下斜连接；

(3) 连墙件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，现场采用其它可靠措施固定；

(4) 拉结点必须保证牢固，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) 施工电梯处开口型脚手架的两端必须设置连墙件，垂直间距为每层设置。

9、架体内封闭

(1) 脚手架的架体内立杆距墙体净距为 300mm，内立杆与墙体间必须铺设站人板，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应采用脚手片或木板进行封闭。
- (3) 施工层以下脚手架每隔 3 步底部用双层网兜进行封闭。
- (4) 作业层下，需在每层楼板位置的外架上铺一层钢板网作楼层的临边防护。

10、脚手架拆除

(1) 拆除脚手架前准备工作

拆除脚手架由单位工程负责人进行拆除安全技术交底，拆除前要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，并清除脚手架上杂物及地面障碍物。

(2) 拆除脚手架时应符合下列规定

- 1) 拆除作业层必须由上而下逐层进行，严禁上下同时作业。
- 2) 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。

3) 当脚手架拆至下部最后一根长立杆的高度（约 6.5m）时，先在适当位置搭设临时抛撑加固后，再拆连墙件。

4) 当脚手架采取分段分立面拆除时，对不拆除的脚手架，先按前述规定设置连墙件和横向斜撑加固。

5) 卸料时须符合下列规定

- a. 各构配件严禁抛掷至地面。
- b. 运到地面的构配件，要按规定及时检查、整修与保养，并按品种、规格随时码堆存放。

(四) 操作（构造）要求

1、搭设前准备工作

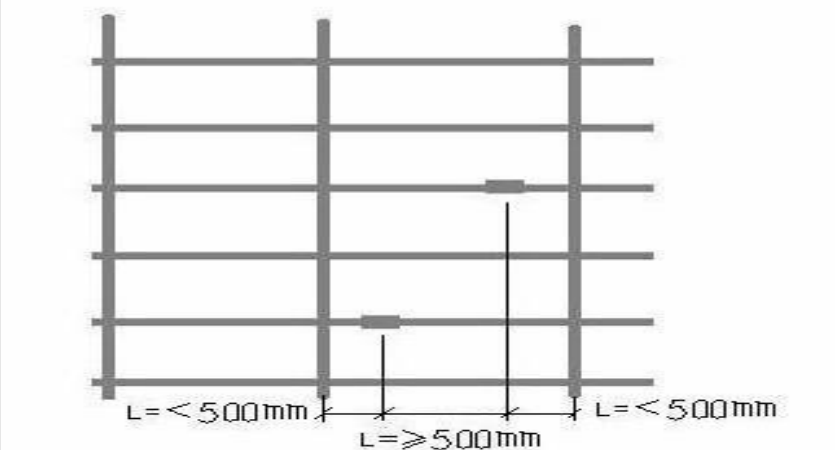
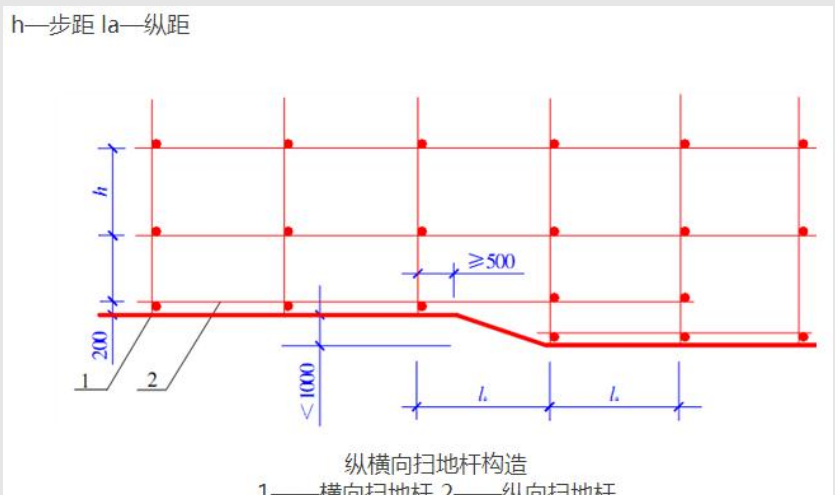
- (1) 施工前技术负责人应向搭设人员进行技术交底。
- (2) 清除搭设面上的杂物，在室外地坪搭设脚手架时，基土应分层夯压，达到平整坚实。
- (3) 对钢管扣件、脚手板等进行检查验收，不合格的产品不得使用。

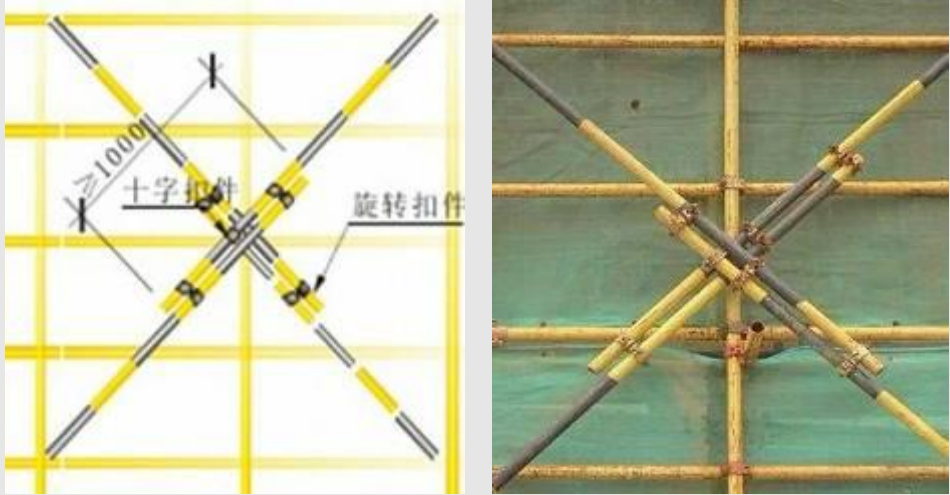
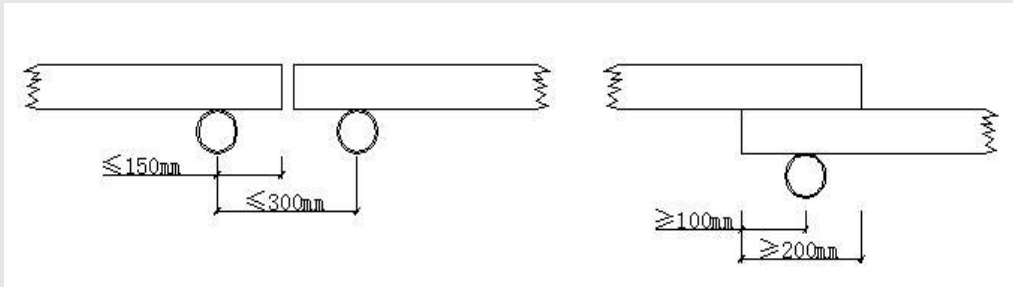
2、搭设技术构造要求

外脚手架设计与构造要求一览表

序号	项目	内容
1	立杆	1、立杆接头除顶层顶步外，其余各层各步接头必须采用对接扣件连接，立杆与大横

序号	项目	内容
		杆采用直角扣件连接。接头交错布置，两个相邻立柱接头避免出现在同步同跨内，并且在高度方向至少错开 500mm；各接头中心距主节点的距离不大于步距的 1/3。 2、立杆在顶部搭接时，搭接长度不小于 1m，必须等间距 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小于 100mm。 图 架体立杆搭接做法示意
2	大横杆	大横杆置于小横杆之下，立柱的内侧，用直角扣件与立杆扣紧，采用至少 6m 且同一步大横杆四周要交圈。大横杆采用对接扣件连接，其接头交错布置，不在同步同跨内；相邻接头水平距离不小于 500mm，各接头距立柱距离不大于纵距的 1/3（本工程不大于 500mm），大横杆在同一步架内纵向水平高差不超过全长的 1/300（本工程不超过 500mm），局部高差不超过 5cm。
3	小横杆	1、每一立杆与大横杆相交处（主节点）都必须设置一根小横杆，并采用直角扣件扣紧在大横杆上，该杆轴线偏离主节点不大于 15cm。小横杆间距与立杆纵距相同，且根据作业层脚手板搭设的需要，在两立柱之间等距离设置 1 根小横杆，最大间距不超过 75cm。 2、小横杆伸出外排大横杆边缘距离不小于 10cm，伸出里排大横杆距离结构外边缘 15cm。上下层小横杆在立杆处错开布置，同层的相邻小横杆在立杆处相向布置。

序号	项目	内容
		 图 架体小横杆搭接做法示意
4	纵、横向扫地杆	纵向扫地杆采用直角扣件固定在距离底座上皮 20cm 的立柱上，横向扫地杆则用直角扣件固定在紧靠纵向扫地杆下方的立柱上。对于立杆存在较大高低差时，扫地杆错开，高处的纵向扫地杆向底处延长两跨与立柱固定。  图 架体高低处连接做法示意
5	剪刀撑	1、本工程剪刀撑随立柱、纵横向水平杆同步搭设，用通长剪刀撑沿架高连续布置，全部采用单杆通长剪刀撑。剪刀撑每 4 跨设置一道，横向支撑与支护边坡顶紧并采取防滑措施。横向支撑杆与架体水平杆相交点处于同一条直线上，并沿架高连续布置，所有固定点距主节点距离不大于 15cm。 2、为保证剪刀撑的顺直，同时充分考虑剪刀撑的安全作用，剪刀撑采用对接扣件连接（保证钢管和对接扣件的质量和必要日常检查）。 3、本工程除在每一拐角处设置横向斜撑外，中间每隔 6 跨设置一道。横向斜撑在同一节间，由底至顶层呈之字形连续布置，斜杆采用通长杆件，使用旋转扣件固定在

序号	项目	内容
		与之相交的立杆或横向水平杆的伸出端上。  图架体剪刀撑做法示意
6	脚手板	1、作业层脚手板两端设直径为 4mm 的镀锌钢丝箍两道。在作业层下部加设一道水平兜网，随作业层上升，同时作业层不超过两层。 2、脚手板设置在三根横向水平杆上，并在两端 8cm 处用直径 14 号镀锌钢丝箍绕 2~3 圈固定。 3、脚手板应平铺、满铺、铺稳，接缝处设两根小横杆，各杆距离接缝的距离均不大于 15cm。靠墙一侧的脚手板距离结构墙的距离不大于 15cm。拐角处两个方向的脚手板重叠放置，避免出现探头及空挡现象。  脚手板对接 脚手板搭接
7	连墙件	1、连墙件采用刚性连接，垂直间距为 3.60m，水平间距为 4.5m。连墙件用 $\Phi 48 \times 2.8$ 的钢管，地下是外墙施工过程时在墙体预留 $\Phi 16$ 钢筋其与连墙件钢管进行焊接，第一道连墙件从约 1.5m 标高开始设置，连墙件尽量靠近主节点，偏离主节点不大于

序号	项目	内容
		300mm。施工电梯处应在电梯两侧每层加设连墙件，阳角等部位连墙件应加密设置。
8	防护设施	脚手架满挂全封闭密目安全网，密目网采用 1.8m×6.0m 规格，用网绳绑扎在大横杆外立杆内侧。作业层安全网应高于平台 1.2m，并在作业层下部挂一道水平兜网，在架内高度 3.0m 左右设首层平网，往上每隔 6 步设隔层平网，施工层随层设网。  图 架体防护平网示意

（五）检查、监测要求

1、梁侧预埋悬挑脚手架应在下列阶段进行检查和验收：

- （1）落地式脚手架基础安装完成后及脚手架搭设前。
- （2）作业层上施加荷载前。
- （3）每搭设完 6～8m 高度后。
- （4）达到设计高度后。
- （5）遇有六级大风与大雨后。
- （6）停用超过一个月。

（7）悬挑钢梁安装固定完毕后架子搭设前，主要检查安装的尺寸位置，安装是否牢固，顶板混凝土强度是否达到要求；

2、脚手架定期检查项目：

- (1) 杆件的设置和连接，连墙件，支撑等的构造是否符合构造要求。
- (2) 地基是否积水、底座是否松动、立杆是否悬空。
- (3) 扣件螺栓是否松动。
- (4) 立杆的沉降与垂直度偏差是否符合规范要求。
- (5) 安全防护措施是否符合要求。
- (6) 是否超载。

3、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。

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、项目安全负责人、架子班长等人员组成验收小组，进行验收，并填写验收单。

5、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) 构配件和加固否齐件是全，质量是否合格，连接和挂扣是否紧固可靠，钢丝绳是否松动、断股等；
- (2) 安全网的张挂及扶手的设置是否齐全；
- (3) 地基是否积水，底座是否松动；
- (4) 杆件的设置和连接，连墙件、支撑、门洞桁架等的构造是否符合要求；
- (5) 立杆是否悬空；
- (6) 垂直度、水平度及立杆的沉降是否合格；
- (7) 搭设脚手架时，应有保证安全上下的爬梯或斜道，严禁攀登架体上下。
- (8) 扣件螺栓是否松动；

(9) 架体是否超载;

(10) 悬挑脚手架的悬挑支承结构及与建筑物的连接固定应符合设计和相应规范的规定, 锚固装置是否松动、脱落。

6、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。

7、脚手架使用期间的检查

(1) 脚手架使用期间必须设专人经常检查, 当其从安全维护架转换为装饰施工时, 必须及时进行检查, 符合要求后, 必须经过项目技术负责人(项目经理)签字批准, 才能使用。

(2) 检查后不合格部位必须及时修复或更换, 符合规定后, 方准许继续使用。

8、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。

9、架体内必须做到每层封闭(即进行隔离), 且不能大于 4 步。

10、施工人员必须严格执行《建设工程施工安全技术操作规程》。

五、安全保证措施

1、成立脚手架安全领导小组

2、脚手架搭设人员必须是经过按国家标准考核合格的专业架子工, 上岗人员应定期体检, 合格者方可上岗。

3、搭设脚手架人员必须戴安全帽, 系安全带, 穿防滑鞋。

4、作业层上的施工荷载符合设计要求, 不得超载, 不得将模板支架、缆风绳、泵送混凝土和砂浆的输送管等固定在脚手架上, 严禁悬挂起重设备。

5、当有六级及六级以上大风、雨天气时, 停止脚手架搭设和拆除作业。地坪上的积水及时清除。

6、脚手架的安全检查与维护, 应按 JGJ130—2011 的 8.2.5 条规定进行。安全网应按有关规定搭设或拆除。

7、脚手架使用期间, 严禁拆除任何构件。

8、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。

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

10、搭拆脚手架时，在地面设围栏和警示标志，并派专人看守，严禁非操作人员入内。

11、搭设人员必须是经过按现行国家标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》GB5036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；

12、搭设人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋；

13、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，合格后方可使用；

14、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；

15、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；

16、夜间不宜进行脚手架搭设与拆除工作；

17、脚手架的安全检查与维护，应按相应安全技术规范进行；

18、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。

19、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；

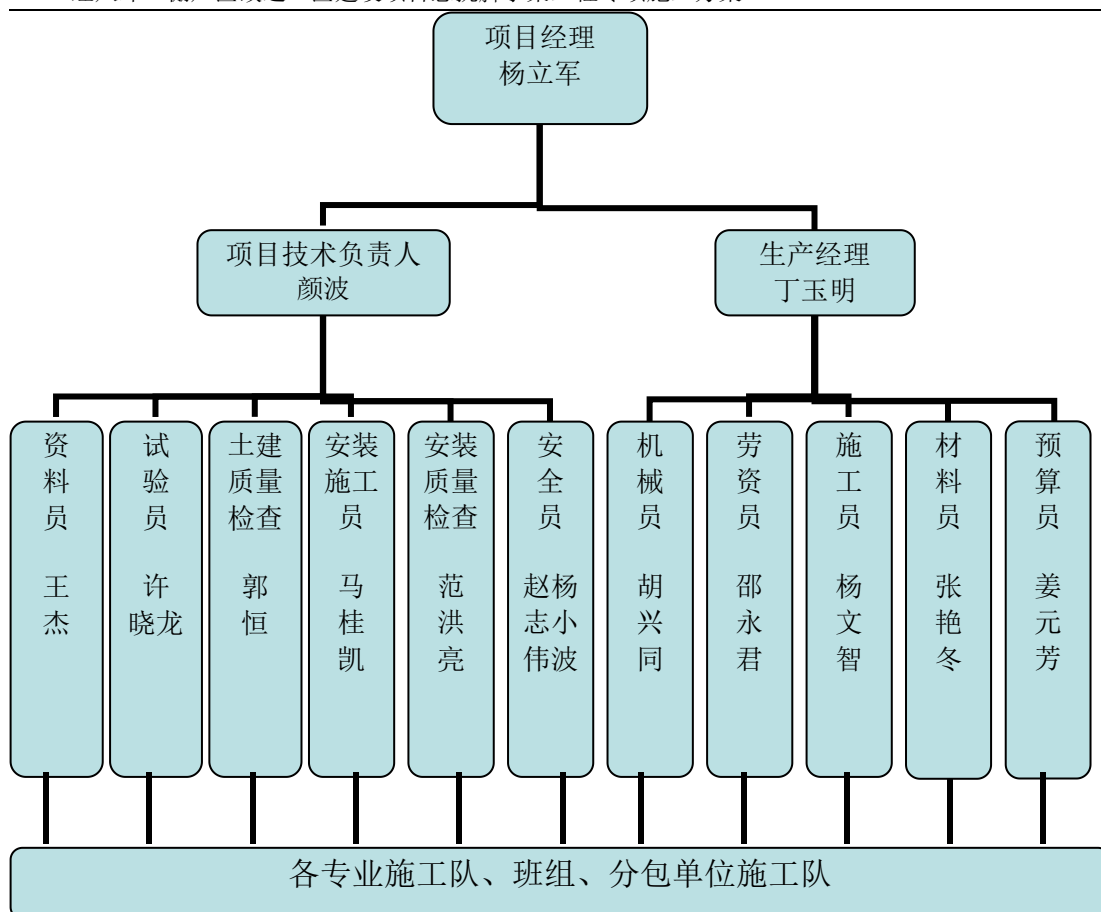
20、当在脚手架使用过程中开挖脚手架基础下的设备基础或管沟时，必须对脚手架采取加固措施；

21、临街搭设脚手架时，外侧应有防止坠物伤人的防护措施；

22、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；

六、施工组织管理

（一）施工组织管理机构



(二) 项目管理人员职责分工表

序号	姓名	职务	负责内容
1	杨立军	项目经理	现场、工程进度、施工协调、调度、安全管理。
2	颜波	技术负责人	施工方案编制，全过程的技术指导及现场巡视
3	张艳冬	材料主管	钢管、扣件等材料合同管理，材料采购、租赁等。
4	胡兴同	技术员	施工技术指导、材料计划、发放及现场巡视。
5	郭恒	质检员	脚手架搭设、拆除质量检查，并形成记录。
6	杨文智	施工负责人	现场施工管理人料机调度及进度安排。
7	张鸿飞	测量负责人	负责验线工作。
8	杨小波	安全负责人	安全教育、检查，并形成资料记录。

(三) 专职安全生产管理人员

本工程中设置两名安全员，杨小波、赵志伟为专职安全员。

七、应急处置措施

（一）施工应急救援组织体系

施工应急救援组织小组

组 长：杨立军

副组长：丁玉明 颜波

成员：胡兴同、张鸿飞、杨文智、许晓龙、杨小波、高原、赵志伟

1、组长职责：

(1) 决定是否存在或可能存在重大紧急事故，要求应急服务机构提供帮助并实施场外应急计划，在不受事故影响的地方进行直接控制；

(2) 复查和评估事故(事件)可能发展的方向，确定其可能的发展过程；

(3) 指导设施的部分停工，并与领导小组成员的关键人员配合指挥现场人员撤离，并确保任何伤害者都能得到足够的重视；

(4) 与场外应急机构取得联系及对紧急情况的处理作出安排；

(5) 在场(设施)内实行交通管制，协助场外应急机构开展服务工作；

(6) 在紧急状态结束后，控制受影响地点的恢复，并组织人员参加事故的分析和处理。

2、副组长(即现场管理者)职责：

(1) 评估事故规模和发展态势，建立应急步骤，确保员工的安全和减少设施和财产损失；

(2) 如有必要，在救援服务机构来之前直接参与救护活动；

(3) 安排寻找受伤者及安排非重要人员撤离到集中地带；

(4) 设立与应急中心的通讯联络，为应急服务机构提供建议和信息。

3、组员职责：在组长的带领指挥下对事故进行救援抢救

（二）主要危险因素识别及处理措施

1、主要应急因素

应急因素	应急准备	应急处理
物体打击	安全教育、安全交底执行《建筑安装工程安全技术规程》	现场急救、报救护中心、报应急办公室
机械伤害	执行《机械设备使用、维护、保养管理办法》《建筑安装工程安全技术规	断电、现场急救、报救护中心、报应急办公室

应急因素	应急准备	应急处理
	程》	
触电	执行《建筑施工临时用电安全技术规范》	断电、现场急救、报救护中心、报应急办公室
高处坠落	执行《建筑施工高处作业安全技术规程》	现场急救、报救护中心、报应急办公室
火灾	配备救火器具、执行公司《消防安全管理办法》《消防预案》	现场急救、报 119、报应急办公室
起重伤害	执行《机械设备使用、维护、保养管理办法》《山东省建筑施工起重机械拆装安全管理办法》	现场急救、报救护中心、报应急办公室
化学性爆炸	危险化学品单独存放储运，执行《危险化学品控制管理办法》	现场急救、人员疏散、报救护中心、报应急办公室
架体坍塌	公司《安全生产管理制度》	现场急救、报救护中心、报应急办公室

2、针对危险因素制定的应急预案

(1) 脚手架坍塌事故应急救援

本项预案是脚手架施工的关键性措施，主要应急程序及处理措施如下：

①分工协作，有序进行

将应急救援人员分成三队：

第一队：主要任务为带领工人清理架管；

第二队：主要任务为搬抬受伤工人、做初步救护；

第三队：主要任务为组织疏散处于危险地带人员到安全地带。

②培训和演练

项目经理负责主持、组织现场施工人员在施工前进行一次按“安全事故应急响应”的要求进行模拟演练。各组员按其职责分工，协调配合完成演练。演练结束后由组长组织对“应急响应”的有效性进行评价，必要时对“应急响应”的要求进行调整或更新。演练、评价和更新的记

录应予以保持。

③应急物资的准备、维护、保养

应急物资的配备：简单架、跌碰损伤药品、包扎纱布，铁锹、镐、气割工具等救灾工具。

各种应急物资要配备齐全，放于仓库，并加强日常管理。

④应急响应

应急救援小组实行 24h 值班，值班电话：18654556611

a. 当施工现场的监控人员发现脚手架变形较大或发出异常声音时，应立即报告给应急救援领导小组组长，并立即下令停止作业，并组织施工人员快速撤离到安全地点。

b. 一旦发生脚手架坍塌事故，立即拨打 120 急救电话，以备对伤者及时抢救，同时尽快疏散人员到安全区域进行清点人员，确定有无人员受伤。当脚手架发生坍塌后，造成人员被埋、被压的情况，立即逐级报告给主管部门，在确认不会再次发生危险的情况下立即展开救险工作。使用撬杠和切割机、气割截断钢管，人工或塔机搬运至附近空地；对受伤人员进行简单包扎救护；对面临可能再次坍塌威胁的，立即组织人员撤离，对危险区域进行围挡。救援人员用担架把伤员抬至平地，医务救援人员进行简单的医学检查和抢救，待“120”救护车赶到，进行现场急救或送医院。

c. 当少部分脚手架坍塌时，现场抢救组专业救护人员要进行挖掘，并注意不要伤及被埋人员；当建筑物整体倒塌时，造成特大事故时，由市应急救援领导小组统一领导和指挥，各有关部门协调作战，保证抢险工作有条不紊的进行。要采用吊车、挖掘机进行抢救，现场要有指挥并监护，防止机械伤及被埋或被压人员。

d. 被抢救出来的伤员，要由现场医疗室医生或急救组急救中心救护人员进行抢救，用担架把伤员抬到救护车上，对伤势严重的人员要立即进行吸氧和输液，到医院后组织医务人员全力救治伤员。

e. 当核实所有人员获救后，将受伤人员的位置进行拍照或录像，禁止无关人员进入事故现场，等待事故调查组进行调查处理。

f. 对在脚手架坍塌死亡的人员，由企业上级主管部门善后处理组负责对死亡人员的家属进行安抚，伤残人员安置和财产理赔等善后处理工作。

g. 事故后处理工作

查明事故原因及责任人。

以书面形式向上级写出报告，包括发生事故时间、地点、受伤（死亡：人员姓名、性别、年龄、工种、伤害程度、受伤部位）。

制定有效的预防措施，防止此类事故再次发生。

组织所有人员进行事故教育。

向所有人员进行事故教育。

向所有人员宣读事故结果，及对责任人的处理意见。

（2）高处坠落和物体打击事故应急救援

一旦发生高处坠落和物体打击事故后，项目部应立即组织人员进行抢救，并电话通知公司应急反应组织机构，同时迅速呼叫医务人员前来现场进行抢救。

迅速排除致命和致伤因素：如搬开压在身上的重物；清除伤病员口鼻内的泥砂、呕吐物、血块或其他异物，保持呼吸道通畅等。

检查伤员的生命体征：检查伤病员呼吸、心跳、脉搏情况。如有呼吸心跳停止，应经专业培训后合格的人员就地立刻进行心脏按摩和人工呼吸。

止血：有创伤出血者，应迅速包扎止血，材料就地取材，可用加压包扎、上止血带或指压止血等。同时尽快送往医院。

观察受伤人员摔伤及骨折部位，看其是否昏迷；注意摔伤及骨折部位的保护，避免不正确的抬运，使骨折错位而造成二次伤害。

立即调动车辆将伤员送往医院。

由事故调查组进行事故调查，责任分析并形成调查报告上报上级主管部门。

根据事故发生的原因，对存有隐患的部位实施整改。召集现场管理人员和操作工人参加的专题安全生产会议。

（3）触电事故应急救援

如果发生触电事故时首先断开电源。项目部应立即组织人员进行抢救，并电话通知公司应急反应组织机构，同时迅速呼叫医务人员前来现场进行抢救。

如果电源开关在较远处，则可用绝缘材料把触电者与电源分离。

高压线路触电：马上通知供电部门停电，如一时无无法通知供电部门停电则可抛掷导体（如

裸导线），让线路短路跳闸，再把触电者拖离电源。

触电者脱离电源后马上进行抢救，同时拨打 120，送往最近的医院。

由事故调查组进行事故调查，责任分析并形成调查报告上报上级主管部门。

吸取事故教训，提高施工人员的安全意识。对施工现场供电线路及电器全面检查，彻底整改。

（4）机械伤害事故应急救援

一旦发生机械伤害事故后，项目部应立即切断电源并组织人员进行抢救，并电话通知公司应急反应组织机构，同时迅速呼叫医务人员前来现场进行抢救。

对伤员进行必要的处理，如止血：有创伤出血者，应迅速包扎止血，材料就地取材，可用加压包扎、上止血带或指压止血等。

尽快调动车辆立即送往医院。

事故调查组进行事故调查，责任分析并形成调查报告上报上级主管部门。

对施工现场的所有机械，认真检查，排除隐患，消除带病作业，备齐防护设施，达到运转正常。

（5）火灾事故应急救援

施工现场发生火灾后，迅速组织扑救和人员疏散，并拨打抢救组组长电话 18654556611，及时报警拨打 119；

现场抢救组立即展开扑救防止火在蔓延，并立即通知公司保卫处；

消防组接到报警后立即到现场组织扑救；

报警时一定要讲清发生火灾的部署、着火的材料、大概面积并留下报警人的电话；

拨打 119 报警后，报警人到场外马路上等候消防车的到来并做好向导工作；同时通知保卫处立即到达现场组织抢救；

组织人员按照疏散图指示及时疏散留在现场的工作人员；安排人员管理现场，减少材料和工具的损失；

发生火灾后立即切断电源，以防止扑救过程中造成触电；

在火灾现场如有易爆物品，首先转移该物品，以防止爆炸的发生；

如电器起火应首先切断电源再组织扑救；

如精密仪器起火应使用二氧化碳灭火器进行扑救；

如油类、液体胶类发生火灾应使用泡沫或干粉灭火器，严禁使用水进行扑救；

在扑救燃烧产生有毒物质的火灾时，扑救人员应该佩戴防毒面具后方可进行扑救；

在扑救火灾的过程中，始终坚持救人第一的原则，严禁因拯救物资而置生命于不顾；

对伤者实施急救措施后，立即送往医院治疗；

消防组值班人员坚守岗位，认真负责、做好下传上达工作，对事件发展情况，所采取的措施，存在的问题，要认真做好记录，直至事件完全解决；

事故调查组对事故原因进行调查、评价并提出相应的解决方案；事故调查组将事件发生、处理的全过程和预防的方案及时向公司汇报。

（三）报警救援及联络电话、异常情况报告制度等

如遇意外情况时，在现场的项目管理人员要立即用电话向项目经理杨晓静汇报险情。立即召集并指挥其他成员，开展抢救、救护组织工作，防护组成员携带着各自的抢险工具，赶赴出事现场。

信息通讯：

项目负责人：杨立军 手机：15553186178

安 全 员：杨小波 手机：13953184568

技术负责人： 颜波 手机：13012997183

医院急救中心 120 火警 119 匪警 110

附近医院：山东大学齐鲁医院

项目部办公室接到报告后，迅速通知全体指挥中心成员，单位负责人接到报告后，应当在 1 小时内向事故发生地有关部门逐级上报。报告内容包括：发生事故的时间、地点、单位、联系电话、报告人、伤亡人数等简要情况。

送医路线：经九路-纬一路-经八路-共青团路-文化西路-齐鲁医院

四、应急物资及装备：

1、应急措施：

抢救组到达出事地点，在组长指挥下分头进行工作。

（1）首先抢救组和经理一起查明险情：确定是否还有危险源。人员伤亡情况；商定抢救方

案后，副经理向项目总工请示汇报批准，然后组织实施。

(2) 防护组负责把出事地点附近的作业人员疏散到安全地带，并进行警戒不准闲人靠近，对外注意礼貌用语。如果在夜间，接通必要的照明灯光；

(3) 抢险组在排除架体继续倒塌危险的情况下，立即救护伤员：边联系救护车，边及时进行止血包扎，用担架将伤员抬到车上送往医院。

2、应急物资与装备保障应急资源的准备是应急救援工作的重要保障，项目部根据潜在事故的性质和后果分析，配备应急救援中所需救援机械和设备、交通工具、医疗设备和药品、生活保障物资。安全事故应急常用物资和设备有：

(1) 常备药品：消毒药品、急救物品（创可贴、绷带、无菌敷料、仁丹等）及各种常用小夹板、担架、止血袋、氧气袋等。

(2) 抢险工具：铁锹、撬棍、气割工具、消防器材、小型金属切割机、电工工具。

(3) 应急器材：架子管、安全帽、安全带、防毒面具、应急灯、对讲机、电焊机、水泵、灭火器等。

(4) 设备：小轿车 2 辆。

3、高空坠落预防措施：

(1) 在脚手架高度 3 米左右处加设水平安全网，顶部在第二皮纵横水平杆处设水平安全网，两层水平安全网中间设一层水平安全网，用于预防高空坠落事故发生。

(2) 顶部外挑防护架外围设密目网，水平设竹笆脚手板防护。

八、文明施工与绿色施工措施

1、进入现场一切材料必须按照现场管理平面图指定位置一次性放置到位，各类材料分类码放，按要求悬挂标识牌，控制高度符合要求，保持现场材料整齐统一。

2、钢板网按照规定悬挂整齐，不得使用破损和有污染的网片。并在每次浇筑完混凝土土后进行清理。

3、定期定人对脚手架排水沟进行清理，保证排水畅通，不积水。

4、严禁凌空投掷杆件、物件、扣件以及其他物品，材料、工具用滑轮和绳索运输，不得乱扔。

5、施工的工具要放在工具袋内，防止掉落伤人。登高要穿防滑鞋，袖口及裤口要扎紧。



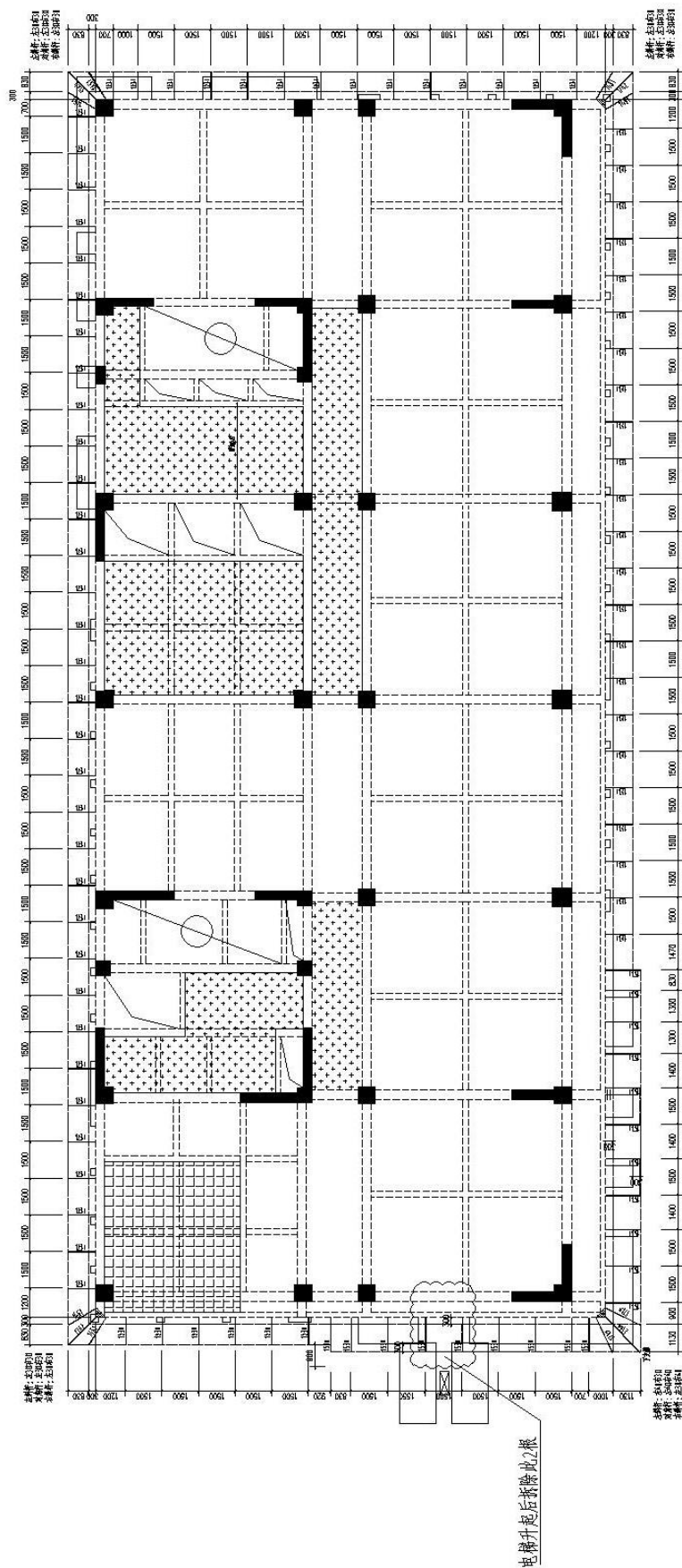
6、脚手架堆放地做到整洁、摆放合理，专人管理。

7、加工场地实行封闭管理，禁止施工人员进入作业区。

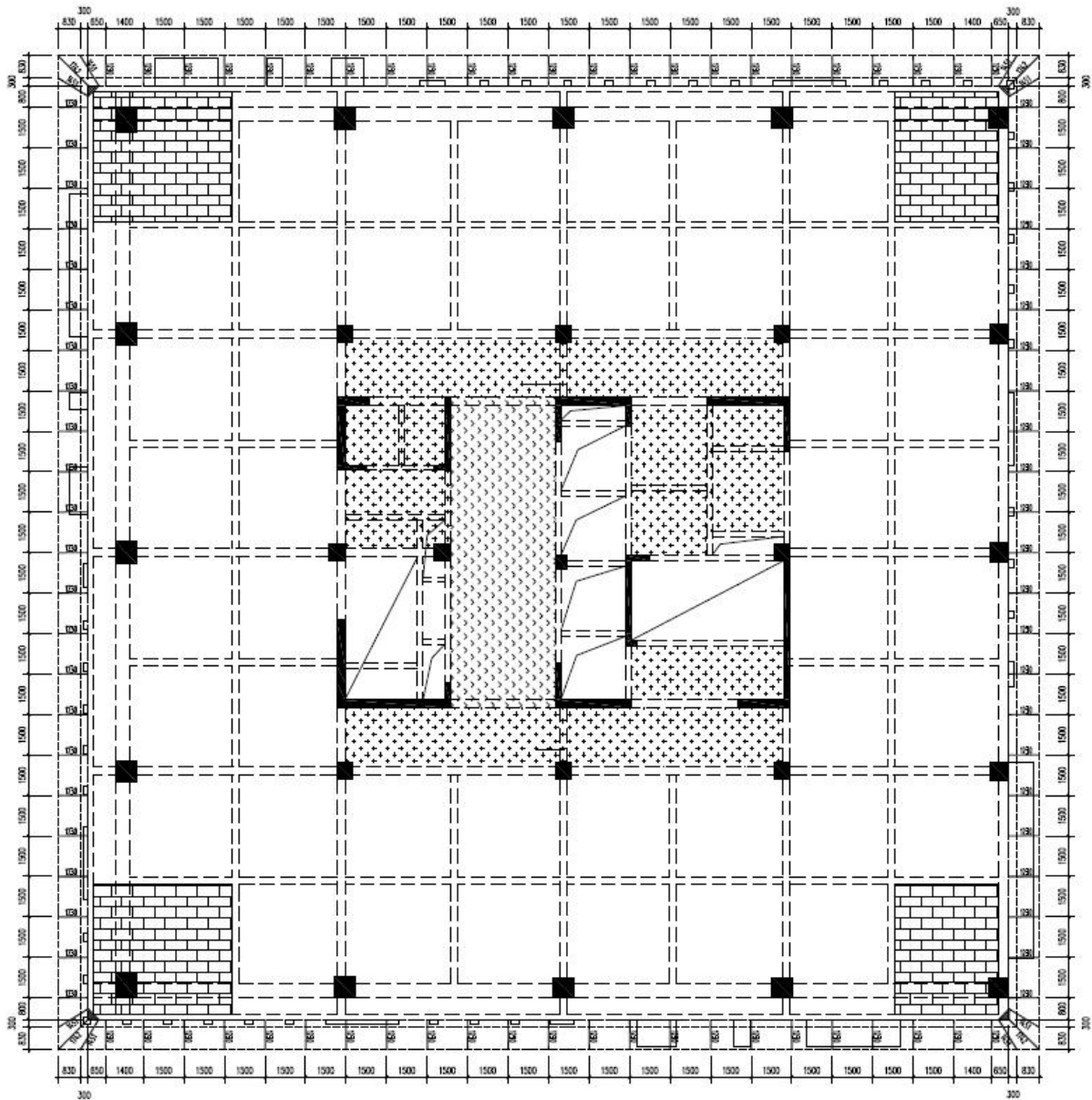
九、附图及计算书



1、北楼悬挑脚手架平面布置图



2、南楼悬挑脚手架平面布置图

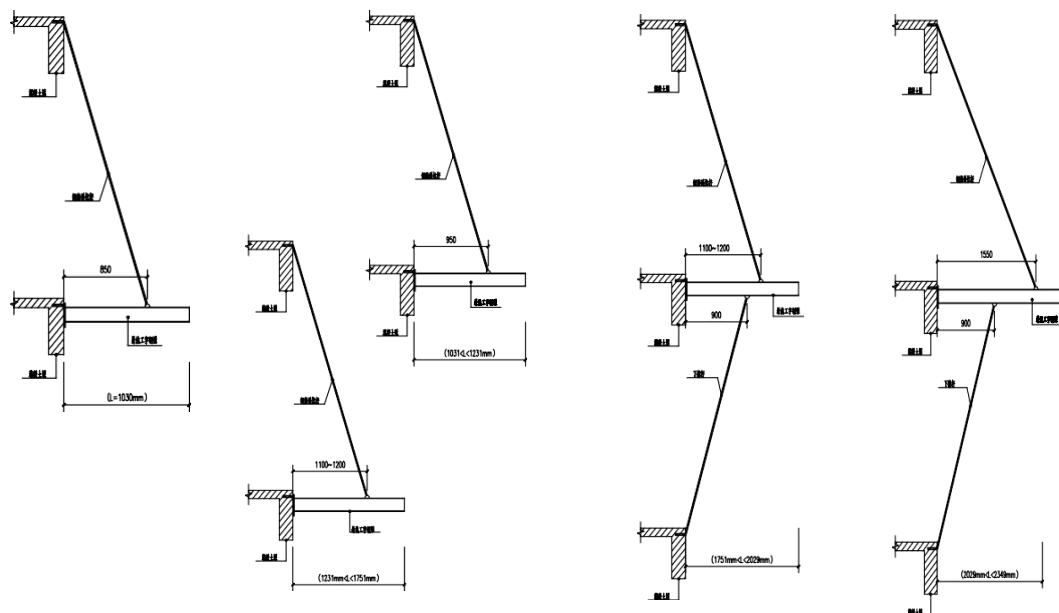


梁侧预埋悬挑脚手架设计计算书

梁侧预埋悬挑承力架的组成

梁侧预埋悬挑脚手架由底部的梁侧悬挑承力架和上部的双排钢管脚手架组成。底部的梁侧预埋悬挑承力架一般由型钢梁、上斜拉杆和下斜撑杆组成。上斜拉杆和下斜撑杆可根据受力计算需要设置，可只设上斜拉杆或下斜撑杆，或上斜拉杆和下斜撑杆均设置，或两者都不设置。水平型钢梁常采用 16 号工字钢，上斜拉杆多采用规格 20mm 直径具有调节功能的一级钢筋，而下斜撑多采用规格

60mm×3.5mm（直径×壁厚）的可调节钢管。水平型钢梁设在悬挑钢管脚手架每一横排内、外两根立杆的底部，长度一般为 1.03m~2.35m，该工字钢内端垂直方向焊接一块矩形底座钢板，用可拆式预埋高强度螺栓固定在建筑物主体结构外侧结构构件上（主要为结构竖向构件及水平构件）；工字钢距内端 0.85，0.95 米或 1.1m, 1.2m 或 1.55m 米处焊接一块耳环，与斜拉杆下端用销栓连接，工字钢距内端 0.9 米处焊接一块耳环，与斜撑杆上端用销栓连接；斜拉杆上端、斜撑杆下端分别与相邻上层、下层主体结构外侧的可拆式预埋普通螺栓环之间也用销栓连接。加工构造如图 1 所示。



梁侧预埋承力架加工示意图

梁侧预埋悬挑钢管脚手架设计计算依据

- 1.1 《经八纬一棚户区改造 A, C 区结构施工图》;
- 1.2 《经八纬一棚户区改造 A, C 区梁侧预埋悬挑脚手架专项施工方案》;
- 1.3 《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB 51210-2016;
- 1.4 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011;
- 1.5 《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010;
- 1.6 《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》DGJ32/J 121-2011;
- 1.7 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》中华人民共和国住房和城乡建设部令第37号;
- 1.8 《建筑结构制图标准》GB/T 50105-2010;
- 1.9 《建筑结构荷载规范》GB50009-2012;
- 1.10 《钢结构设计标准》GB50017-2017;
- 1.11 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002
- 1.12 《建筑结构静力计算手册》(第二版). 《建筑结构静力计算手册》编写组, 中国建筑工业出版社, 1998.
- 1.13 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018

梁侧预埋悬挑承力架及上部双排钢管脚手架的布置方案

梁侧预埋悬挑式双排钢管脚手架底部采用固定在建筑物主体结构梁(或柱、墙)外侧面的预埋悬挑承力架。该悬挑承力架, 多由水平 16 号工字钢梁和具有调节功能的 20mm 直径钢筋斜拉杆组成。悬挑型钢梁长度根据施工现场需要由计算确定, 当悬挑型钢梁长度 $L > 1.75\text{m}$ 时, 增设 60mm×3.5mm 无缝钢管制作的可调节下撑杆。梁侧悬挑承力架与建筑物主体结构外侧均采用新型的可拆式预埋螺栓连接, 并采用新型的连墙件将双排钢管脚手架与主体结构的混凝土墙、柱、梁外围从下至上紧密地拉结在一起。

根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 和《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 的有关规定, 拟定每一悬挑段最大搭设高度为 $1.8\text{m} \times 10 \text{步} = 18\text{m}$, 加顶部 1.5m 栏杆共 19.5m。上部双排钢管脚手架内立杆距建筑主体结构外墙面 0.30 (见图 15), 内立杆和外内立杆之间的基本横距为 0.83m, 立杆的基本纵距为 1.5m, 基本步距 1.8m。当建筑

物主体结构外侧有悬挑凸窗或悬挑空调板等特殊情况时，内立杆和外立杆之间的横距可调整为 0.63m。

在梁侧预埋悬挑承力架的工字钢顶面 200mm 高度处设置横向扫地杆和纵向扫地杆。先将横向扫地杆用直角扣件固定在内、外立杆底部，再在横向扫地杆之上，将纵向扫地杆用直角扣件固定在立杆底部，以确保上部双排钢管脚手架的整体稳定性。

在双排钢管脚手架的外侧立面满布 4 跨 6m 宽的剪刀撑，剪刀撑斜杆与地面的倾角为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，并在每道剪刀撑侧边的外立杆和内立杆之间，设置一道间距为 6m 的横向斜撑，横向斜撑在同一节间由底层至顶层呈之字形连续布置。拐角处也必须设置一道横向斜撑。升降机位置剪刀撑需单独搭设。

梁侧悬挑钢管脚手架的上部架体与建筑物主体结构外侧之间采用新型可拆式连墙件预埋螺栓连接。连墙件布置方案为：垂直方向在每层外围梁上设置，采用 2 步 3 跨呈菱形布置，水平间距 $\leq 4.5\text{m}$ ，竖向间距为层高，每个连墙件覆盖面积 $\leq 27\text{m}^2$ 。连墙件应靠近主节点设置，当该处设置有困难时，应采用其他可靠措施固定。

为安全起见，在每一挑悬挑高度 19.5m 范围内，脚手架外侧立杆每层均设置 1.2m 高防护栏杆和 300mm 高的挡脚板，1.2m 高防护栏杆的中部 0.6m 处增设一根腰杆。施工操作层以下每隔三层用平网封闭，内立杆与建筑结构墙体之间用木板或其它措施封闭。脚手架外立杆的内侧，满挂钢板立网。

在结构施工装修过程中严格控制施工荷载，脚手板上不得集中堆放施工荷载，施工过程中操作层数为一层时，施工面荷载标准值不得大于 3kN/m^2 。施工过程中操作层数不得同时超过两层，当同一个跨距内同时有 2 个操作层作业时，其施工面荷载标准值总和不得大于 4kN/m^2 。

脚手架上应设置防雷、防风设施。

本工程当脚手架悬挑梁悬挑长度 $1.75\text{m} \leq L \leq 2.35\text{m}$ 时，须设置 $60\text{mm} \times$

3.5mm 下撑钢管，仅当外立杆一个作用点作用在悬挑梁斜角工字钢时，悬挑梁悬挑长度 $L \geq 1.80\text{m}$ 时同样设置 $60\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 下撑钢管。

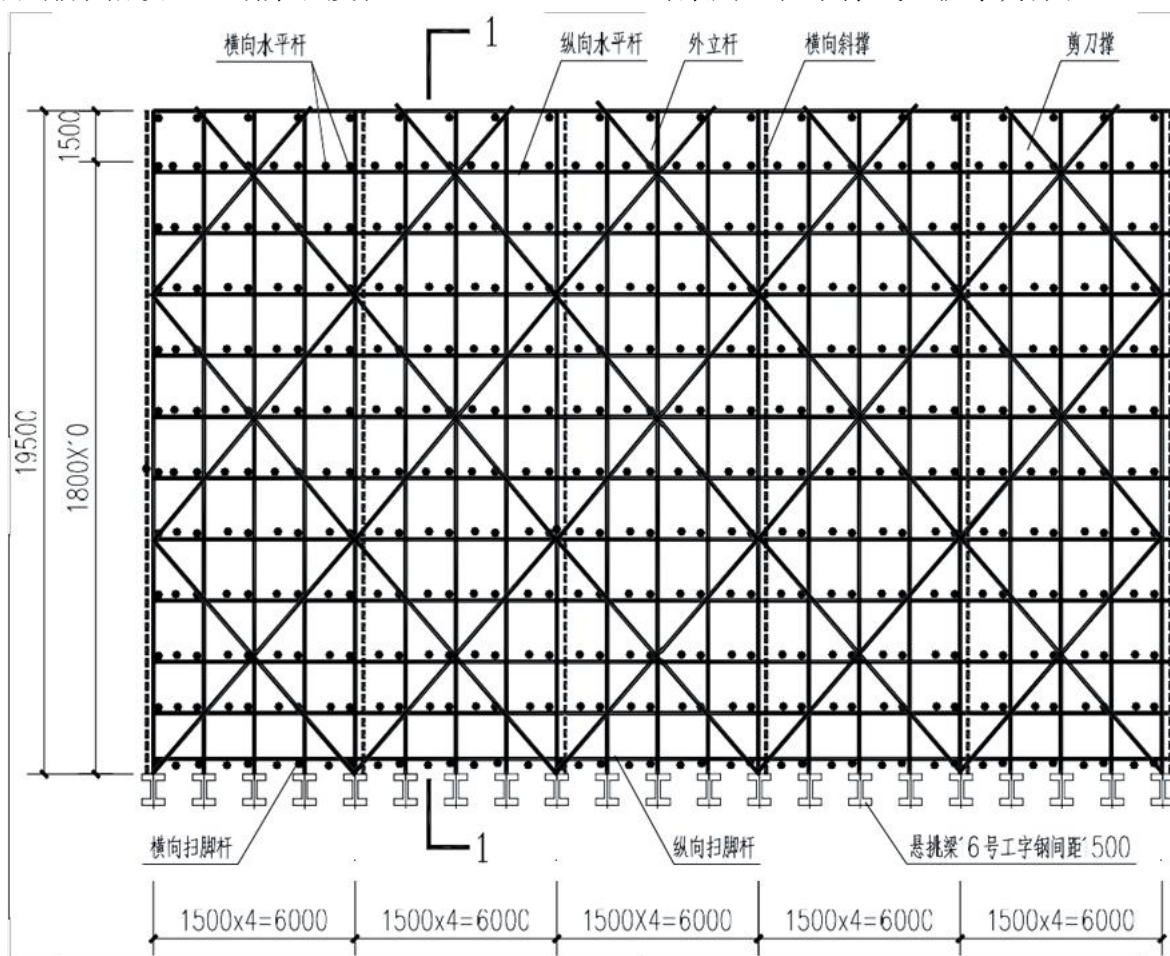
梁侧预埋悬挑承力架及上部双排钢管脚手架的布置图

根据《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 和《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 的规定，并结合本项目建筑和结构施工图以及《梁侧预埋悬挑

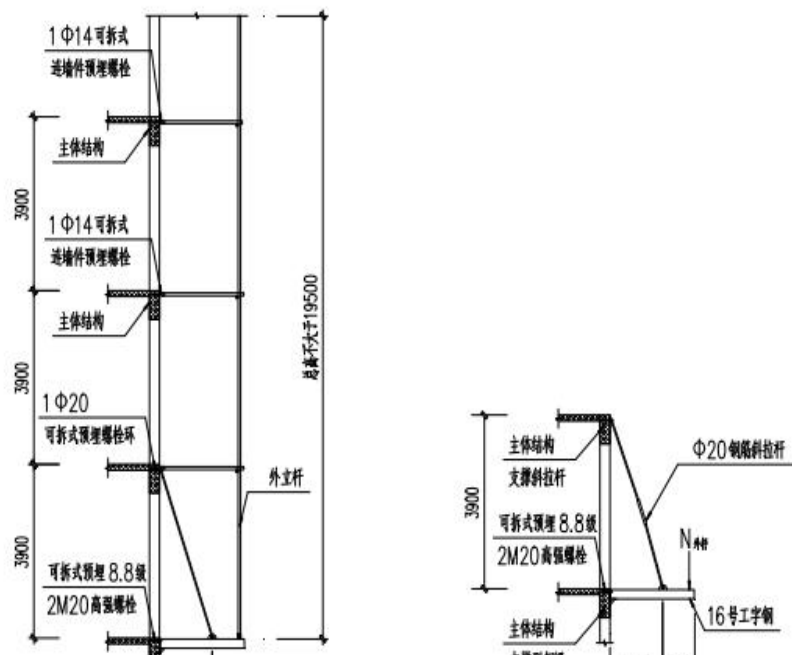
脚手架专项施工方案》要求，拟定本项目梁侧预埋悬挑承力架和上部双排钢管脚手架平面布置详见附图，立面布置图如图 14 所示，

上拉式及上拉下撑式梁侧预埋悬挑承力架如图 15 所示，梁侧预埋悬挑承力架安装高度如图 16 所示。本项目计算梁侧悬挑工字钢的悬挑长度 L 有 1230mm、1530mm 等长度。本项目当考虑按单排架搭设或单立杆落在斜角工字钢时，型钢

梁长度 $L \leq 1800\text{mm}$ 时，采用上拉式悬挑承力架， $L > 1800\text{mm}$ 时，采用上拉下撑式悬挑承力架；当按双排架搭设且型钢梁长度在 $500 < L \leq 1750\text{mm}$ 时采用上拉式悬挑承力架；当按双排架搭设且型钢梁长度在 $1750 < L \leq 2330\text{mm}$ 时采用上拉下撑式悬挑承力架；

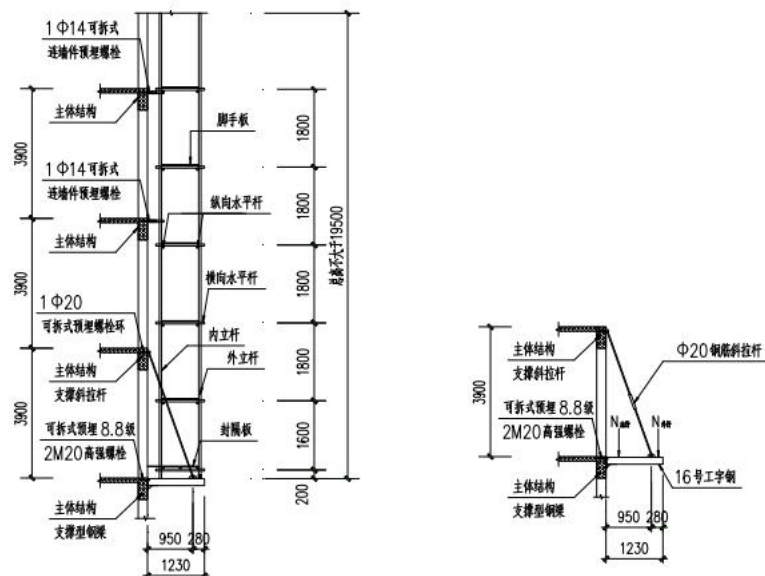


悬挑钢管脚手架立面示意图



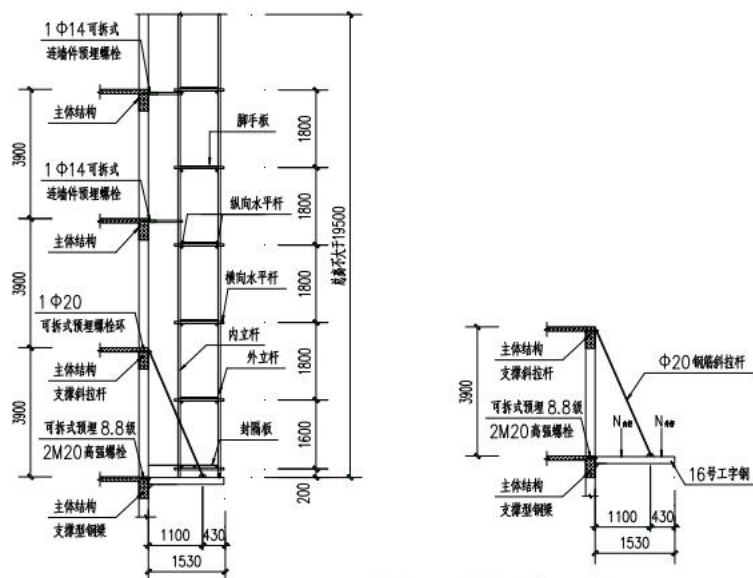
1530mm 上拉式梁侧悬挑承力架 1-1 构造图

注：斜角工字钢，单排外立杆，外立杆与外墙间距 1700mm



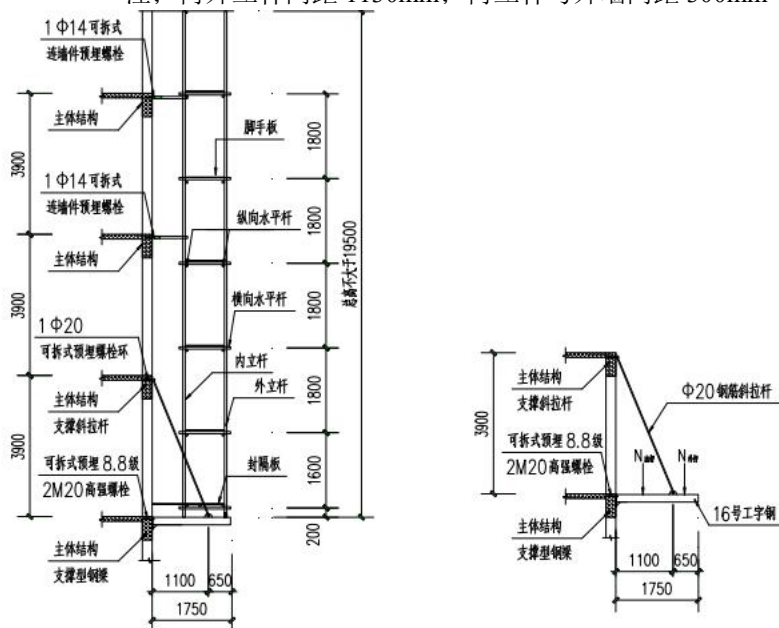
1230mm 上拉式梁侧悬挑承力架 1-1 构造图

注：内外立杆间距 830mm；内立杆与外墙间距 300mm



1530mm 上拉式梁侧悬挑承力架 1-1 构造图

注：内外立杆间距 1130mm；内立杆与外墙间距 300mm



1750mm 上拉式梁侧悬挑承力架 1-1 构造图

注：内外立杆间距 830mm；内立杆与外墙间距 300mm

	机房屋面	68.000			
	屋面	63.300	63.300	4.700	
≤6 层且 ≤19500	16	59.400	59.360	3.940	向外向外
	15	55.500	55.460	3.900	向外向外
5X3900=19500	14	51.600	51.560	3.900	向外向外
	13	47.700	47.660	3.900	向外向外
	12	43.800	43.760	3.900	向外向外
	11	39.900	39.860	3.900	向外向外
	10	36.000	35.960	3.900	向外向外
5X3900=19500	9	32.100	32.060	3.900	向外向外
	8	28.200	28.160	3.900	向外向外
	7	24.300	24.260	3.900	向外向外
	6	20.400	20.360	3.900	向外向外
	5	16.500	16.460	3.900	向外向外
	4	12.600	12.560	3.900	向外向外
	3	8.400	8.360	4.200	向外向外
	2	4.200	4.160	4.200	向外向外
	1	0.000	-0.040	4.200	向外向外
	-1	-6.000	-6.050	6.010	向外向外
	-2	-10.200	-10.250	4.200	向外向外
	-3	-15.600	基础顶	5.400	向外向外
	层号	建筑标高(m)	结构标高(m)	层高(m)	

(a) 南楼

	机房屋面	68.000			
	屋面	63.300	63.300	4.700	
≤6 层且 ≤19500	16	59.400	59.360	3.940	向外向外
	15	55.500	55.460	3.900	向外向外
5X3900=19500	14	51.600	51.560	3.900	向外向外
	13	47.700	47.660	3.900	向外向外
	12	43.800	43.760	3.900	向外向外
	11	39.900	39.860	3.900	向外向外
	10	36.000	35.960	3.900	向外向外
5X3900=19500	9	32.100	32.060	3.900	向外向外
	8	28.200	28.160	3.900	向外向外
	7	24.300	24.260	3.900	向外向外
	6	20.400	20.360	3.900	向外向外
	5	16.500	16.460	3.900	向外向外
	4	12.600	12.560	3.900	向外向外
	3	8.400	8.360	4.200	向外向外
	2	4.200	4.160	4.200	向外向外
	1	0.000	-0.040	4.200	向外向外
	-1	-6.000	-6.050	6.010	向外向外
	-2	-10.200	-10.250	4.200	向外向外
	-3	-15.600	基础顶	5.400	向外向外
	层号	建筑标高(m)	结构标高(m)	层高(m)	

(b) 北楼

梁侧预埋悬挑排钢管脚手架施工安装注意事项

根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 的第5.5.3 款“对搭设在楼面等建筑结构上的脚手架，应对支撑架体的建筑结构进行承载力验算，当不能满足承载力要求时采取可靠的加固措施”的有关规定，必须经原设计单位根据梁侧悬挑承力架传来的脚手架最不利荷载，对安装悬挑承力架的主体结构外围墙、柱、梁进行承载力验算合格后，或者当不能满足承载力要求时应采取增配钢筋或采取其他可靠的加固措施后，方可进行悬挑承力架预埋件的安放工序。

每项工程中所使用的预埋螺栓各项物理力学性能以及在混凝土构件中的抗拔力，均应经具有资质证书的检测单位严格按照国家现行规范规程，在现场抽样检测且经验收合格后，方可进入悬挑承力架的型钢梁、斜拉杆、支撑的安装工序。

主体结构外围墙、柱、梁浇捣混凝土前，应确保安装悬挑承力架的预埋位置准确，确保承力架安装后的型钢梁和钢筋斜拉杆或型钢梁和钢管斜支撑的轴线位于同一垂直平面内。钢筋斜拉杆的水平夹角应 $\geq 45^\circ$ 。

梁侧预埋悬挑钢管脚手架上部的双排脚手架立杆都必须对应支承在底部承力架的型钢梁顶面上，并应确保安装后的双排立杆和悬挑型钢梁的轴线位于同一垂直平面内。

安装型钢梁之前，先在型钢梁底部位置的脚手架立管上，临时搭设间距约 0.83m 的两根



水平大纵杆，将型钢梁预先放置在两根大纵杆上。再用可拆式高强度螺栓将焊有底座钢板的型钢梁内端固定在主体结构外围墙、柱、梁的侧面上。

为保证梁侧预埋悬挑脚手架使用过程中不因型钢梁外端垂直位移较大引起上部脚手架架体向外倾斜而失稳，一般要求焊接型钢梁内端连接钢板时，必须保证型钢梁外端顶面比内端顶面高出 10~20mm，从而可抵消一部分因悬挑钢管脚手架使用后型钢梁外端顶面向下的垂直位移，确保型钢梁外端的垂直总位移满足脚手架规范的有关要求。

必须待上层主体结构外围墙、柱、梁的混凝土达到设计强度后，方可安装调试钢筋斜拉杆。

型钢梁和斜拉杆所组成的悬挑承力架安装调试完毕，必须经验收合格后，才能在型钢梁上进行上部双排钢管脚手架的搭设。各组件搭设过程中必须严格按照脚手架规范的构造要求、技术措施及搭设顺序依次进行，并及时安装连墙钢管与主体结构外围梁牢固拉结，务必做到随搭随校正垂直度和水平度，适度拧紧扣件，以确保悬挑脚手架架体整体稳定、安全投入使用。在整个使用过程中应有专人跟踪观察和检查并及时调整。

梁侧预埋悬挑承力架与双排钢管脚手架材料选用

钢梁采用 Q235 16 号工字钢，截面：160mm×88mm×6mm。

节点板均采用 12mm 厚 Q235 型钢板，手工焊接，采用 E43 型焊条；

可调式斜拉杆采用 20 钢筋制作，抗拉强度设计值 $f = 215 \text{ N/mm}^2$ ；

可调式下斜支撑采用 60×3.5 钢管；

型钢梁内端及钢筋斜拉杆与建筑物主体结构外侧采用可拆式预埋的 8.8 级 M20 高强度螺栓连接，其余螺栓均采用 Q235 型钢材普通螺栓；

脚手架钢管采用符合国标的 Q235 型 48×3.0 钢管及配套扣件；

立杆和纵向大横杆钢管长度 4~6m，小横杆钢管长度为 1.20m；

脚手板、挡板根据当地常用做法确定。

计算参数的选取

由《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 表 4.2.1-1 查得：木挑板，自重标准值为 0.35kN/m²。

栏杆、挡脚板取自重标准值为 0.17kN/m²。

根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 第 4.2.4 条，脚手架上悬挂的轻质钢板网自重标准值为 0.05kN/m²。

由《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》DGJ32/J 121-2011 表

A.0.2 查得：脚手架上布置广告自重标准值为 0.01kN/m²。

由《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 4.4.1，Q235 钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计



值 $f = 215 \text{ N/mm}^2$ ，弹性模量 $E = 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。

由《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》DGJ32/J 121-2011 附录 B 表 B.0.1 和表 B.0.3 查得 16 号工字钢和脚手架钢管的截面力学特征见表 1。

表 1 钢管和工字钢截面几何特性

构件名称	截面积 $A(\text{cm}^2)$	惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	截面模量 $W(\text{cm}^3)$	回转半径 $i(\text{cm})$	每米长质量 $g(\text{kN/m})$
16 号工字钢型钢梁	26.13	1130	141	6.58	0.205
48×3.0 钢管脚手架	4.24	10.78	4.49	1.594	0.033

本脚手架搭设高度为 19.5m, 由《建筑施工脚手架安全技术统一标准规程》GB51210-2016 表 3.2.1 查得：本脚手架结构安全等级为二级。

上部双排钢管脚手架设计计算

横向水平方向小横杆的计算

木挑板直接搁置在横向水平方向的小横杆上，小横杆在纵向水平方向的大横杆的上面，纵向水平方向的大横杆直接用扣件固定在立杆的内侧。《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）6.2.2.1条要求：作业层上非主节点处的横向水平杆，宜根据支承脚手板的需要等间距设置，最大间距不应大于纵距的二分之一，故在1.5m的纵距之间加设一根小横杆，则小横杆的间距为0.75米，即小横杆的受荷宽度为0.75m，小横杆按脚手架布置0.83m，取跨度为0.83米的简支梁计算。

横向小横杆均布荷载值计算

木挑板的荷载标准值： $g_{1k} = 0.35 \times 0.75 = 0.2625 \text{ kN/m}$

小横杆自重荷载标准值： $g_{2k} = 0.033 \text{ kN/m}$ 恒载自重标准值： $g_k = g_{1k} + g_{2k}$
 $= 0.2625 + 0.033 = 0.2955 \text{ kN/m}$;

恒载自重设计值： $g = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.3 = 0.355 \text{ kN/m}$

施工活载标准值： $p_k = 3.0 \times 0.75 = 2.25 \text{ kN/m}$;

施工活载设计值： $p = 1.5 \times p_k$
 $= 1.5 \times 2.25 = 3.15 \text{ kN/m}$

小横杆承受均布荷载：

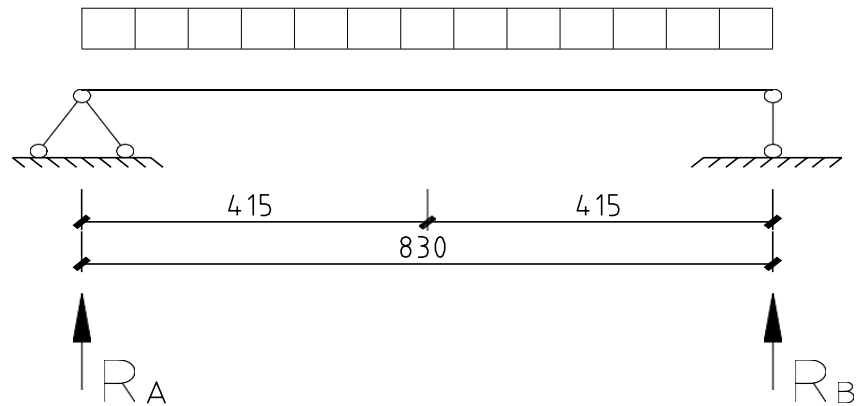
标准值： $q_k = g_k + p_k$
 $= 0.3 + 2.25 = 2.55 \text{ kN/m}$



设计值: $q = g + p$

$$= 0.355 + 3.15 = 3.505 \text{ kN/m}$$

小横杆的计算简图如图所示。



小横杆计算简图

注: $q = 3.505 \text{ kN/m}$; $q_k = 2.55 \text{ kN/m}$

横向小横杆抗弯强度计算

小横杆抗弯强度应满足:

$$\sigma = M / W \leq f$$

式中: σ —弯曲正应力 (N/mm^2);

W —截面模量 (mm^3), $W = 4490 \text{ mm}^3$;

f —钢材的抗弯强度设计值 (N/mm^2), $f = 215 \text{ N/mm}^2$

M —弯矩设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$) $M = q l^2 / 8$

$$= 3.505 \times 0.832^2 / 8$$

$$= 0.302 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

则: $\sigma = M / W$

$$= 0.302 \times 10^6 / 4490$$

$$= 67.22 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2$$

小横杆抗弯强度满足要求。

横向小横杆挠度计算

小横杆挠度应满足: $v \leq [v]$

式中: v —挠度 (mm);

$[v]$ —容许挠度, 按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》



(JGJ130-2011)》表5.1.8取1/150。

$$v = 5q l^4 / (384EI)$$

$$= 5 \times 2.55 \times 8304 / (384 \times 2.06 \times 10^5 \times 107800)$$

$$= 0.71 \text{mm}$$

$$v = 0.71 \text{mm} < [v] = 1/150 = 830/150 = 5.53 \text{mm} \text{ 小横杆挠度满足要求。}$$

纵向水平方向大横杆的计算

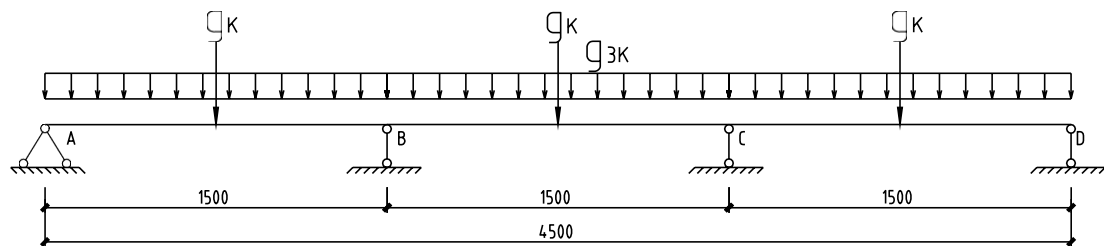
按最大间距为0.83米的纵向水平方向的大横杆按跨度为1.5m的三跨等跨连续梁进计算。间距为0.75米,跨度为0.83米的小横杆将自重、脚手板和施工荷载以集中力形式作用在大横杆上,此荷载由内、外两根立杆平均分担。

纵向大横杆荷载值计算

脚手板的荷载标准值: $g_{1k} = 0.35 \times 0.75 \times 0.83 \div 2 = 0.11 \text{kN}$ 小横杆自重荷载标准值:
 $g_{2k} = 0.033 \times 0.83 \div 2 = 0.02 \text{kN}$

恒载标准值: $g_k = g_{1k} + g_{2k}$

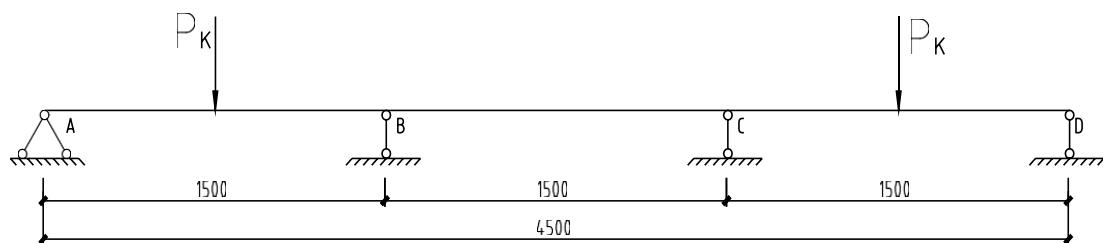
$$= 0.11 + 0.02 = 0.13 \text{kN}$$



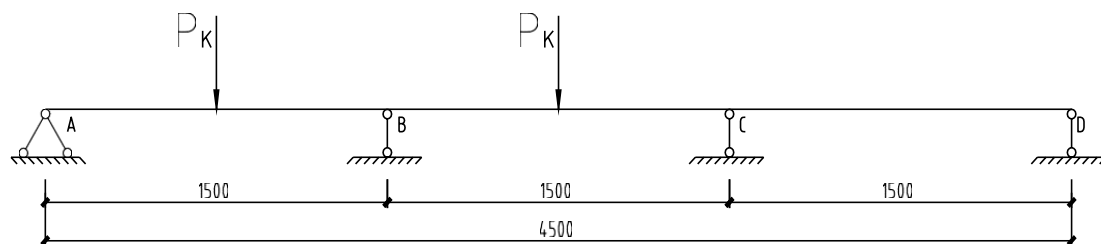
施工活荷载标准值: $p_k = 3.0 \times 0.75 \times 0.83 \div 2 = 0.94 \text{kN}$ 大横杆自重荷载标准值:
 $g_{3k} = 0.033 \text{kN/m}$ 大横杆的计算简图如图18所示。

(a) 永久荷载作用布置

注: $g_k = 0.13 \text{kN/m}$; $g_{3k} = 0.033 \text{kN/m}$



(b) 跨中弯矩 $M_{1\max}$ 、 $M_{3\max}$ 最不利活载布置



注: $p_k=0.94\text{kN/m}$

(c) 支座弯矩 $M_{B\max}$ 最不利活载布置

注: $p_k=0.94\text{kN/m}$

横向水平方向大横杆计算简图

纵向大横杆最大弯矩设计值计算

①计算第一跨内最大正弯矩 $M_{1\max}[(a)+(b)]$

$$M_{1\max}=1.3 \times (M_{gk\max}+M_{g3k\max})+1.5 \times M_{1pk\max}$$

查《建筑结构静力计算手册》得:

$$M_{gk\max}=0.08 \times g \times l^2$$

$$=0.08 \times 0.13 \times 1.5^2=0.0234\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{g3k\max}=0.175 \times g_3 \times l$$

$$=0.175 \times 0.033 \times 1.5=0.0087\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{1pk\max}=0.213 \times p_k \times l$$

$$=0.213 \times 0.94 \times 1.5=0.300\text{kN} \cdot \text{m} \text{ 则 } M_{1\max}=1.3 \times (0.0234+0.087) + 1.5 \times 0.3$$

$$=0.5525\text{kN} \cdot \text{m}$$

②计算B支座最大负弯矩 $[(a)+(c)]$

$$M_{B\max}=1.3 \times (M_{Bgk\max}+M_{Bg3k\max})+1.5 \times M_{Bpk\max}$$

查《建筑结构静力计算手册》得:

$$M_{Bg3k\max}=0.10 \times g_3 \times l^2$$

$$=0.10 \times 0.033 \times 1.52 = 0.00743 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Bgk\max} = 0.150 \times g_k \times l$$

$$=0.150 \times 0.13 \times 1.5 = 0.0293 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Bpk\max} = 0.175 \times p_k \times l$$

$$=0.175 \times 0.94 \times 1.5 = 0.247 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{则: } M_{B\max} = 1.3 \times (0.00743 + 0.0293) + 1.5 \times 0.247 = 0.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{比较上面计算结果, 取 } M_{\max} = M_{1\max} = 0.5525 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

纵向大横杆抗弯强度计算

大横杆抗弯强度应满足: $\sigma = M / W \leq f$ 而 $\sigma = M / W$

$$=0.5525 \times 10^6 / 4490 = 123.1 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2 \text{ 大横杆强度满足要求。}$$

纵向大横杆挠度计算

大横杆挠度应满足: $v \leq [v]$ 式中 v —挠度 (mm);

$[v]$ —容许挠度, 按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》

(JGJ130-2011) 表 5.1.8 取 $1/150$ 。

查《建筑结构静力计算手册》第 151、152 页, 得:

$$v_k = (0.677 g_k l^4 + 1.146 g_k l^3 + 1.615 p_k l^3) / (100EI) \quad v = \\ (0.677 \times 0.033 \times 1500^4 + 1.146 \times 130 \times 1500^3 + 1.615 \times 940 \times 1500^3) \times 15003 \\ / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 107800)$$

$$v = 2.59 \text{ mm} < [v] = 1500 / 150 = 10 \text{ mm}$$

大横杆挠度满足要求。

扣件抗滑力的计算

纵、横向水平杆与立杆连接时的扣件抗滑承载力按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 公式 5.2.5 计算, 应满足:

$$R \leq R_c$$

式中: R —纵向水平方向的大横杆传给立杆的竖向作用力设计值;

R_c —直角扣件、旋转扣件抗滑承载力设计值, 按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 表 5.1.7 取 8.0 kN ;

$$\text{脚手板的荷载标准值: } G_{1k} = 0.35 \times 0.83 \times 1.5 / 2 = 0.22 \text{ kN}$$

$$\text{小横杆自重荷载标准值: } G_{2k} = 0.033 \times 1.3 \times 3 \text{ 根} / 2 = 0.06 \text{ kN}$$

大横杆自重荷载标准值: $G_{3k} = 0.033 \times 1.5 = 0.05\text{kN}$

永久荷载标准值 : $G_k = G_{1k} + G_{2k} + G_{3k}$
 $= 0.22 + 0.06 + 0.05 = 0.33\text{kN}$

活荷载标准值: $Q_k = 3.0 \times 0.83 \times 1.5 / 2 = 1.87\text{kN}$

荷载的设计值: $R = 1.3 \times 0.33 + 1.5 \times 1.87 \text{ kN};$
 $R = 3.014\text{kN} < R_c = 8.0\text{kN}$

单扣件抗滑承载力满足要求。

计算立杆底层段的轴向力设计值

选取有剪刀撑和横向斜撑连接的外立杆计算。作用在脚手架立杆上的荷载包括脚手架自重恒荷载、施工活荷载和风荷载。

计算外立杆底层段的荷载标准值

(1) 双排脚手架外立杆结构自重产生的轴向力标准值

N_{G1k} 按钢管实际搭设情况计算自重:

外立管自重 $0.033 \times 19.5 = 0.65\text{kN}$

横向水平管自重 $0.033 \times 1.2\text{m} \times 2 \text{ 根} \times 11 \text{ 步} \div 2 = 0.44\text{kN}$

纵向水平管自重 $0.033 \times 1.5\text{m} \times 2 \text{ 根} \times 11 \text{ 步} \div 2 = 0.55\text{kN}$

扣件自重 $(0.0146\text{kN}/\text{个}) \times 6 \text{ 个} \times 11 \text{ 步} \div 2 = 0.482\text{kN}$

$N_{G1k} = 2.12\text{kN}$

(2) 横向斜撑钢管自重产生的轴向力标准值 N_{G2k} :



每个横向斜撑的长度约为 2.2 米, 19.5 米高共 11 根横向斜撑, 由内、外立杆平均分担: $\Delta G_{2k} = 0.033 \times 2.2 \times 11 \div 2 = 0.4 \text{ kN}$

(3) 脚手板自重荷载标准值的自重标准值 ΔG_{3k} :

脚手板 (木挑板) 铺满 2 层, 由内、外立杆平均分担:

$$\Delta G_{3k} = (0.35 \text{ kN/m}^2 \times 2 \text{ 层}) \times 1.5 \times 0.83 \div 2 = 0.436 \text{ kN}$$

(4) 外立面剪刀撑钢管自重产生的轴向力标准值 ΔG_{4k} :

每个剪刀撑水平跨度为 $4 \times 1.5 \text{ 米} = 6 \text{ 米}$, 垂直高度 $4 \times 1.8 \text{ 米} = 7.2 \text{ 米}$, 则每个剪刀撑斜杆长度约为 9.5 米, 考虑搭接长度取 12 米。外立面每宽 6 米高 19.5 米从下至上设置三个剪刀撑共六根斜杆, 由四根外立杆受力, 则平均每根立杆承担 1.5 根 12 米长的剪刀撑斜杆钢管的自重:

$$\Delta G_{4k} = 0.033 \times 1.5 \text{ 根} \times 12 \text{ m} \times 1.1 \text{ (考虑扣件)} = 0.63 \text{ kN}$$

(5) 外立柱栏杆与木挡脚板自重标准值 ΔG_{5k} :

$$\Delta G_{5k} = 0.17 \times 1.5 \times 11 \text{ 层} = 2.805 \text{ kN}$$

(6) 外立柱上吊挂的轻质钢板网自重的标准值 ΔG_{6k} :

$$\Delta G_{6k} = 0.05 \times 1.5 \times 19.5 = 0.9465 \text{ kN}$$

(7) 外立柱上吊挂的广告自重的标准值 ΔG_{7k} :

$$\Delta G_{7k} = 0.01 \times 1.5 \times 19.5 = 0.2925 \text{ kN}$$

外立柱上静荷载总标准值:

$$N \text{ 外杆 } G_k = \Delta G_{1k} + \Delta G_{2k} + \Delta G_{3k} + \Delta G_{4k} + \Delta G_{5k} + \Delta G_{6k} + \Delta G_{7k}$$

$$\Delta G_k = 2.12 + 0.4 + 0.436 + 0.63 + 2.805 + 0.9465 + 0.2925 = 7.62 \text{ kN}$$

(8) 施工面荷载标准值 ΔQ_k

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》(GB 51210-2016) 第 5.1.5 条规定, 同一个跨距内应考虑 2 层作业, 但施工面荷载标准 $\leq 4 \text{ kN/m}^2$, 由内、外立杆平均分担:

$$\Delta Q_k = 4.0 \times 1.5 \times 0.80 \div 2 = 2.4 \text{ kN}$$

(9) 风荷载标准值 ΔW_k

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB 51210-2016 公式 5.1.7 计算:

$$\Delta W_k = \mu_z \mu_s \mu_0$$



式中 w^k —风荷载标准值 (kN/m^2);

w^0 —基本风压 (kN/m^2), 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》附录 E 表 E.5 规定采用 $w^0=0.30 \text{ kN/m}^2$ (济南地区 $R=10$ 对应的风压值);

μ_z —风压高度变化系数, 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》表 8.2.1 的规定采用。根据《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》DGJ32/J 121-2011 第 4.2.5 条规定: 若计算脚手架立杆承载力, 取每一悬挑段底部架的离地高度计算, 本工程根据图, 取高度 60m 计算。按 C 类地区, 查得 $\mu_z=1.20$ 。

μ_s —脚手架的风荷载体型系数, 由《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB 51210-2016 第 5.1.7 条取 $\mu_s=1.3\phi$, $\phi=0.8$, 则 $\mu_s=1.3\times 0.8=1.04>1.0$, 取 $\mu_s=1.0$, 则风荷载标准值为 $w_k = \mu_z \mu_s w^0=1.20\times 1.0\times 0.30$
 $= 0.36\text{kN/m}^2$ 。

计算外立杆底层段的轴向力设计值 N 外杆

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB 51210-2016 公式 6.2.5 计算:

标准值: $N_{k \text{ 外杆}}=N_{GK}+N_Q$

$$=7.62+2.4=10.0\text{kN}$$

设计值: $N_{\text{外杆}}=1.3N_{GK}+1.5\sum N_{Qk}$

$$=1.3\times 7.62+1.5\times 2.4=13.5\text{kN}$$

计算内立杆底层段的荷载标准值

(1) 双排脚手架内立杆结构自重产生的轴向力标准值

N_{G1k} 按钢管实际搭设情况计算自重:

内立管自重: $0.033\times 19.5 = 0.65\text{kN}$

横向水平管自重: $0.033\times 1.2\text{m}\times 2 \text{根}\times 11 \text{步}\div 2=0.44\text{kN}$

纵向水平管自重: $0.033\times 1.5\text{m}\times 2 \text{根}\times 11 \text{步}\div 2=0.55\text{kN}$

扣件自重: $(0.0146\text{kN/个})\times 6 \text{个}\times 11 \text{步}\div 2=0.482\text{kN}$

$$N_{G1k}=2.12\text{kN}$$

(2) 横向斜撑钢管自重产生的轴向力标准值 N_{G2k} :



每个横向斜撑的长度约为 2.2 米，19.5 米高共 11 根横向斜撑，由内、外立杆平均分担： $N_{G2k}=0.033 \times 2.2 \times 11 \div 2=0.4\text{kN}$

(3) 脚手板自重荷载标准值的自重标准值 N_{G3k} ：

假定脚手板（木挑板）铺满 2 层，由内、外立杆平均分担：

$$N_{G3} = (0.35\text{kN/m}^2 \times 2 \text{ 层}) \times 1.5 \times 0.80 \div 2 = 0.436\text{kN}$$

内立柱上静荷载总标准值： $N_{\text{内杆 } Gk} = N_{G1k} + N_{G2k} + N_{G3k}$

$$N_{\text{内杆 } Gk} = 2.12 + 0.4 + 0.436 = 3.04\text{kN}$$

(4) 施工面荷载标准值 N_{Qk}

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》（GB 51210-2016）第 5.1.5 条规定，同一个跨距内应考虑 2 层作业，但施工面荷载标准 $\leq 4\text{kN/m}^2$ ，由内、外立杆平均分担：

$$N_{Qk} = 4.0 \times 1.5 \times 0.80 \div 2 = 2.4\text{kN}$$

计算内立杆底层段的轴向力设计值 $N_{\text{内杆}}$

$$\begin{aligned} \text{标准值: } N_{k\text{内杆}} &= N_{GK} + N_Q \\ &= 3.04 + 2.4 = 5.44\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{设计值: } N_{\text{外杆}} &= 1.3N_{GK} + 1.5 \sum N_{Qk} \\ &= 1.3 \times 3.04 + 1.5 \times 2.4 = 7.55\text{kN} \end{aligned}$$

外立杆的稳定性计算

计算风荷载产生的外立杆底层段弯矩设计值

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 公式 6.2.6-1、6.2.6 计算：

$$M_W = 0.6 \times 1.5 M_{wk}$$

$$M_W = 0.05 \xi^1 w^2 l_a H^2$$

式中 w^k —风荷载标准值 (kN/m^2)，前面已算得 $w = 0.36\text{kN/m}^2$ ；



l_a —立杆的纵距(m)， $l_a = 1.5\text{m}$ ；

ξ_1 —作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩折减系数，连墙件连墙件采用 2 步 3 跨，竖向间距 3.6m，水平间距 4.5m，呈菱形布置，直角扣件，查 GB51210-2016 表 6.2.6 得 $\xi_1=0.6$ ；

H_1 —连墙件竖向间距，采用 2 步 3 跨方案，但竖向每层设置，取标准层层高 $H_1=2.9\text{m}$ 。

则 $M^w=0.6 \times 1.5 \times 0.05 \times 0.6 \times 0.36 \times 1.5 \times 2.9^2=0.075\text{kN} \cdot \text{m}$

不组合风荷载时外立杆的稳定性计算

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 公式 6.2.4-1 计算，应满足：

$$\sigma = N_{\text{外杆}} / (\phi A) \leq f$$

式中 $N_{\text{外杆}}$ —计算外立杆底层段的轴向力设计值， $N_{\text{外杆}}=13.5\text{kN}$ ；

A —立杆的截面面积，按《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》

DGJ32J 121-2011 附录 B 表 B.0.3 采用， $A=4.24\text{cm}^2=424\text{mm}^2$ ；

f —钢管立杆抗压强度设计值， $f=215\text{N/mm}^2$ ；

ϕ —轴心受压构件的稳定系数，由长细比 $\lambda=L_0/i$ 按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）附录 A 表 A.0.6 取值；

i —截面回转半径，按《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》

DGJ32J 121-2011 附录 B 表 B.0.3 采用， $i=1.59\text{cm}=15.9\text{mm}$ ；

L_0 —立杆计算长度，按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》

（JGJ130-2011）公式 5.2.8， $L_0=k\mu h$ 计算。

h —步距，底层取 $h=1.6$ 米；

k —计算长度附加系数，按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）取 1.155；

μ —计算长度系数，查《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》

（JGJ130-2011）表 5.2.8，连墙件按 2 步 3 跨，得 $\mu=1.5$ ；

λ —长细比， $\lambda=L_0/i$ 。

L_0 —立杆计算长度： $L_0=k\mu h$ ；



$$L_0 = 1.155 \times 1.5 \times 1.6 = 2.7\text{m}$$

长细比: $\lambda = L_0 / i = 2700 / 15.9 = 170$

由 $\lambda = 170$ 查《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 附录 A 表 A.0.6 得 $\phi = 0.245$ 。

则
$$\sigma = N_{\text{外杆}} / (\phi A)$$

$$= 13500 / (0.245 \times 424) = 130\text{N/mm}^2$$

$$\sigma = 130\text{N/mm}^2 < f =$$

215N/mm^2 ; 不组合风荷载时, 外立杆稳定性满足要求。

组合风荷载时外立杆的稳定性计算

按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 公式 6.2.4-2 计算, 应满足:

$$\sigma = N_{\text{外杆}} / (\phi A) + M_W / W \leq f$$

式中 $N_{\text{外杆}}$ —外立杆组合时的轴向力设计值, $N_{\text{外杆}} = 13.5 \text{ kN}$;

M_W —立杆由风荷载产生的弯矩设计值, 由前面计算得到 $M_W = 0.075\text{kN} \cdot \text{m}$;

W —截面模量(mm^3), 按《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》DGJ32J

121-2011 附录 B 表 B.0.3 采用, $W = 4.490\text{cm}^3 = 4490\text{mm}^3$;

$$\sigma = N_{\text{外杆}} / (\phi A) + M_W / W;$$

$$= 13500 / (0.245 \times 424) + 75000 / 4490$$

$$= 147\text{N/mm}^2 < f =$$

215N/mm^2 ; 组合风荷载时外立杆稳定性满足要求。

内立杆的稳定性计算

外立杆钢板网时, 内立杆无风作用, 其稳定性按《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB51210-2016 公式 6.2.4-1 计算, 应满足:

$$\sigma = N_{\text{内杆}} / (\phi A)$$

$\leq f$ 由前面计算可知, $N_{\text{内杆}} = 7.55\text{kN}$;

其他计算参数同外立杆无风计算: $\phi = 0.245$, $A = 424\text{mm}^2$ 。

则
$$\sigma = N_{\text{内杆}} / (\phi A) = 7550 / (0.245 \times 424) = 88\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2$$
 ;
内立杆稳定性满足要求。



新型连墙件的计算

连墙件采用 2 步 3 跨，竖向间距 3.6m，水平间距 4.5m，呈菱形布置。在主体结构施工过程中，先在混凝土楼面外围梁侧面或剪力墙墙体内，按连墙件的设计位置，预先安装新型连墙件的内置方形钢制螺母的塑料管预埋件，用 M14 双头螺纹的普通螺栓杆将连墙钢管与预埋件内的连接方形钢制螺母固定，最后用扣件将连墙钢管与脚手架的立杆连接在一起，有效地传递拉力和压力，既保证脚手架架体与建筑主体结构连接牢固可靠，又方便外墙施工，进行砌体结构施工和外墙抹灰、贴面时一步到位，拆架时再也不需补砌筑，补抹灰，也不会引起外墙渗水现象。连墙钢管的长度可根据连墙钢管受力计算

(1) 计算连墙钢管的总轴向力设计值 N_l

按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 公式 5.2.12-3 计算，应满足：

$$N_l = N_{lw} + N_0$$

式中 N_{lw} —风荷载产生的连墙钢管轴向力设计值(kN)，按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 5.2.13 条规定计算：

$$N_{lw} = 1.5 w_k A_w$$

w_k —风荷载标准值(kN/m²)，前面按 60 米高度处算得 $w_k = 0.36 \text{ kN/m}^2$ ；

A_w —单个连墙件所覆盖的脚手架外侧面的迎风面积， $A_w = 3.6 \times 4.5 = 16.2 \text{ m}^2$ ；

N_0 —连墙件约束脚手架平面外变形所产生的轴向力(kN)，按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 5.2.12 条规定，双排脚手架取 $N_0 = 3 \text{ kN}$ ，单排架取 $N_0 = 2 \text{ kN}$ 。

$$\begin{aligned} \text{则} \quad N_{lw} &= 1.5 w_k A_w \\ &= 1.5 \times 0.36 \times 16.2 \\ &= 5.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{双排架: } N_l &= N_{lw} + N_0 \\ &= 5.8 + 3 = 8.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{单排架: } N_l &= N_{lw} + N_0 \\ &= 5.8 + 2 = 7.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

(2) 连墙钢管的强度计算

按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 公式

5.2.12-1 计算, 应满足:

$$\sigma = N_l / A_c \leq 0.85f$$

式中 σ —连墙钢管应力值 (N/mm^2);

A_c —连墙钢管净截面面积 (mm^2), 采用 $\phi 48 \times 3.0$ 钢管, $A_c = 424 \text{mm}^2$;

N_l —连墙钢管总轴向力设计值 (N);

双排架: $N_l = 8.8 \text{kN}$;

单排架: $N_l = 7.8 \text{kN}$ 。

$$\begin{aligned} \text{取双排架较大值: } \sigma &= N_l / A_c \\ &= 8800 / 424 \\ &= 20.8 \text{N}/\text{mm}^2 < 0.85f = 0.85 \times 215 = 182.8 \text{N}/\text{mm}^2; \end{aligned}$$

连墙钢管的强度满足要求。

(3) 连墙钢管的稳定性验算

按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 公

式 5.2.12-2 计算, 应满足:

$$\sigma = N_l / (\phi A) \leq 0.85f$$

式中 σ —连墙钢管应力值 (N/mm^2) ;
 A —连墙钢管毛截面面积 (mm^2) , 采用 $\Phi 48 \times 3.0$ 钢管, $A^\circ = 424\text{mm}^2$;
 N_l —连墙钢管总轴向力设计值 (N) , 双排架: $N_l = 8.8\text{kN}$; 单排架: $N_l = 7.8\text{kN}$ 。

ϕ —连墙钢管的稳定系数, 由长细比 $\lambda = L_0 / i$ 按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》附录 A 表 A.0.6 取值;

L_0 —连墙钢管计算长度, 双排架连墙钢管最长计算长度为 1200mm, 取 $L_0 = 1200\text{mm}$; 单排架连墙钢管最长计算长度为 1800mm, 取 $L_0 = 1800\text{mm}$;

λ —长细比, 双排架 $\lambda = L_0 / i = 1200 / 15.9 = 75.5$, 查得: $\phi = 0.813$. 单排架 $\lambda = L_0 / i = 1800 / 15.9 = 113.2$, 查得: $\phi = 0.541$.

则 $\sigma = N_l / (\phi A_c)$

双排架: $\sigma = 8800 / (0.813 \times 424)$
 $= 25.6\text{N}/\text{mm}^2 < 0.85f = 0.85 \times 215 = 182.8\text{N}/\text{mm}^2$ 。

单排架: $\sigma = 7800 / (0.541 \times 424)$
 $= 34.0\text{N}/\text{mm}^2 < 0.85f = 0.85 \times 215 = 182.8\text{N}/\text{mm}^2$ 。

连墙钢管的稳定性满足要求。

M14 双头螺纹的预埋普通螺栓杆承载力验算

预埋螺栓杆采用 M14, C 级普通螺栓 4.8 级, M14 双头螺纹普通螺栓杆如图 20 所示。



M14 双头螺纹螺栓杆示意图

M14 预埋普通螺栓杆沿杆轴方向承受连墙钢管传来的拉力设计值为 (取双排架较大值): $N_l = 8.8\text{kN}$

该螺栓杆轴方向受拉承载力设计值按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 公式 11.4.1-5 计算：

$$N_t^b = A_e f^b = \pi d^2 f^b / 4$$

式中 N_t^b —预埋螺栓杆轴方向受拉承载力设计值 (N)；

d_e —预埋螺栓杆在螺纹处的有效直径 (mm)；

f^b —预埋螺栓杆抗拉强度设计值，查《钢结构设计标准》GB 50017-2017

表 4.4.6，按 C 级普通螺栓 4.8 级查得 $f^b = 170 \text{N/mm}^2$ 。

M14 预埋普通螺栓杆有效直径 $d_e = 12.1236 \text{mm}$ 的预埋螺栓杆，则有：

$$\begin{aligned} N_t^b &= A_e f^b = \pi d^2 f^b / 4 \\ &= 3.14 \times 12.1236^2 \times 170 / 4 \\ &= 19624 \text{N} \\ &= 19.624 \text{kN} > N_l = 8.8 \text{kN} \end{aligned}$$

M14C 级普通螺栓 4.8 级杆满足连墙件受拉承载力要求。

梁侧悬挑承力架计算

梁侧上拉式悬挑长 1230、1530，1750mm 承力架计算

根据脚手架结构布置，双排钢管脚手架立杆底部的上拉式梁侧悬挑承力架是由一根长 1230mm、1530mm，1742mm 等 16 号水平工字钢梁和具有调节功能的 20mm 钢筋斜拉杆所组成。本工程实际工字钢长度有下列 6 种：双排杆 1230、1530、1742，2166mm，单排杆 1451、1709mm，一共 6 种。为简化计算，本计算书考虑计算型钢梁长度模型如下表

表 2 实际悬挑长度和计算长度

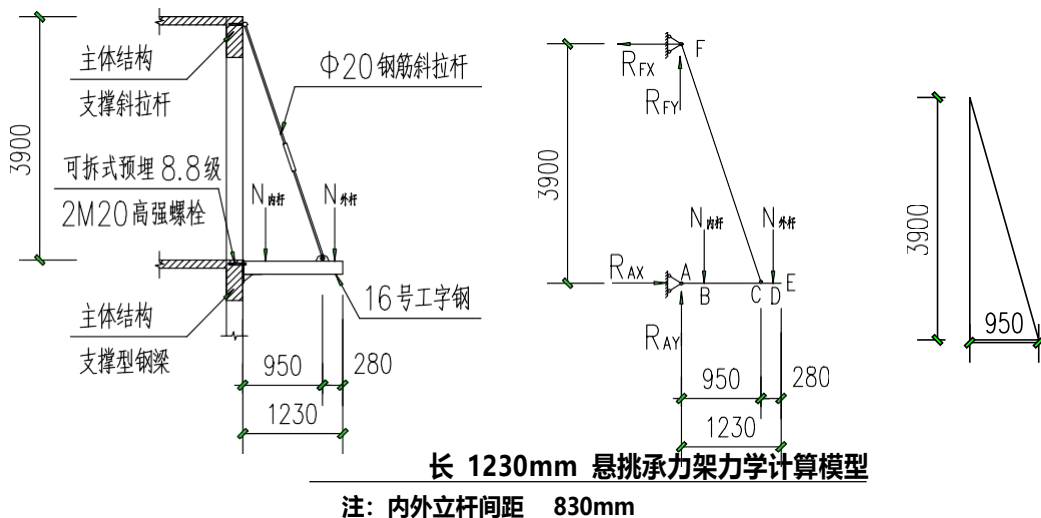
	实际长度	计算长度
双排杆	1230	1230
	1530	1530
	1742	1750
	2166	2200
单排杆	1451	1800
	1709	

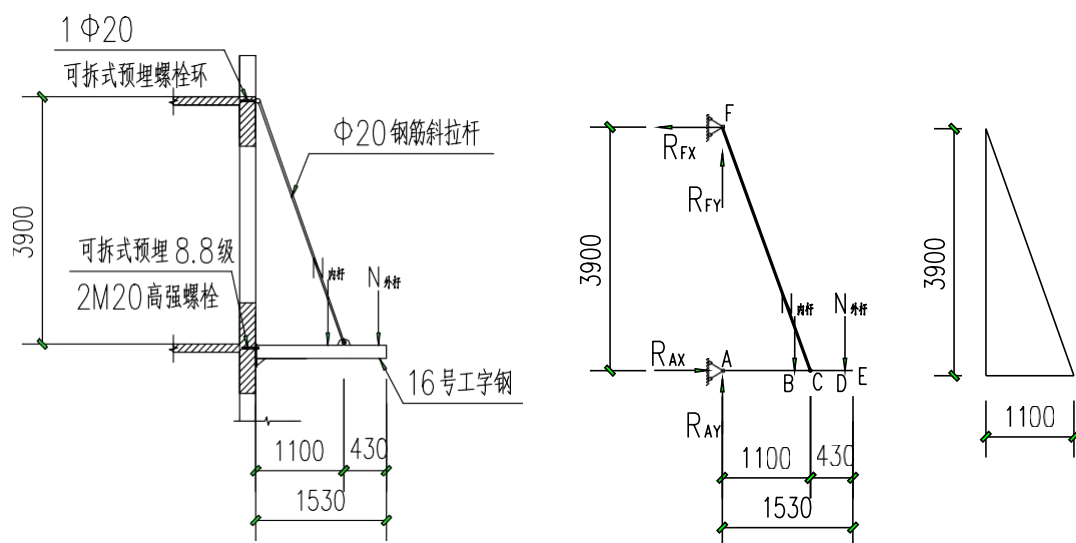
距型钢梁预埋点 0.95 米（工字钢悬挑长度 $L \leq 1.23\text{m}$ ）或 1.1 米（工字钢悬挑长度 $1.23\text{m} < L \leq 1.75\text{m}$ ）处通过焊接耳环和销栓与钢筋斜拉杆下端连接，该销栓将上部钢管脚手架立杆传来的荷载传递给钢筋斜拉杆，此接点为不动铰支座。

由此可知，上拉式梁侧悬挑承力架，可简化为一个由工字钢水平梁和钢筋斜拉杆所组成的附着于主体结构混凝土墙、柱、梁外围上的铰接桁架，承受着上部钢管脚手架内、外两根立杆传来的两个集中力，上拉式承力架的计算简图见图22，按照长 1230mm、1530mm、1750mm 3 种悬挑长度（带下撑杆的计算见第 12 章）。

上部钢管脚手架立杆传给承力架钢梁上的垂直荷载

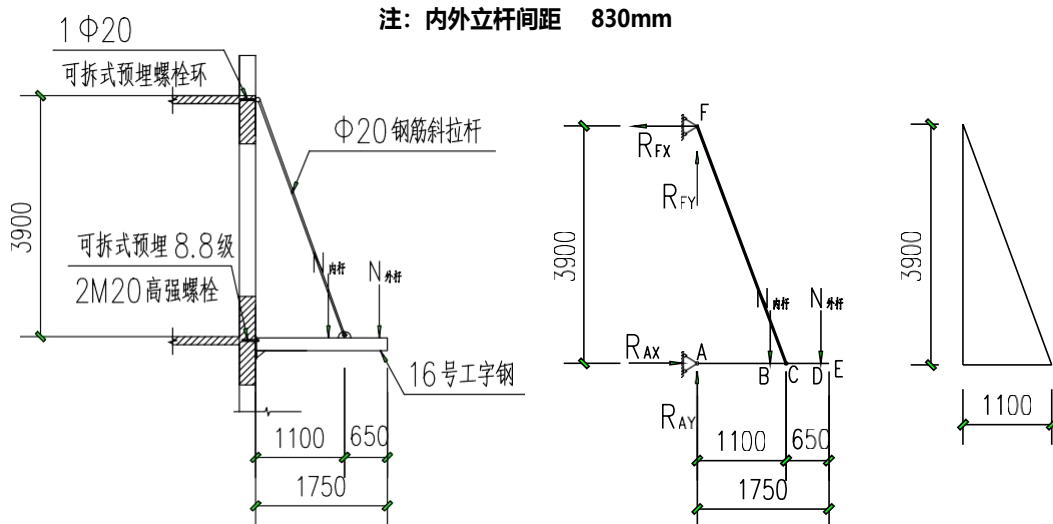
当每一悬挑段高 19.5 米、立杆纵距 1.5 米、横距 0.830 米的双排脚手架的底部采用上拉式梁侧悬挑承力架时,由上节计算得到每段钢管底层段的轴向力设计值 N 外杆 = 13.5kN, N 内杆 = 7.55kN, 每段钢管底层段的轴向力标准值 N_K 外杆 = 10.0kN, N_K 内杆 = 5.44kN。力学计算模型如图 22 所示。





长 1530mm 悬挑承力架力学计算模型

注：内外立杆间距 830mm



长 1750mm 悬挑承力架力学计算模型

注：内外立杆间距 830mm；

上拉式长 1230、1530、1750mm 悬挑承力架的内力计算及位移计算

上拉式悬挑承力架计算力学模型如图 22 所示。

- ①本结构计算采用《同济大学 3D3S》14.0 版本计算；
- ②本承力架仅考虑计算脚手架立杆传导的竖向荷载；
- ③计算结果如表 3：

表3 上拉式长 1230、1530、1750mm 悬挑承力架内力计算表

内力 承力架		支座反力 (kN) (向上为正, 向右为正)				轴力 (kN) (拉正压负)		剪力 (kN) (左上右下为正)			弯矩 (kN·m) (下部受拉正)		最大位移 (mm) (向下为正)	
		R_{AX}	R_{AY}	R_{FX}	R_{FY}	N_{AC}	N_{CF}	V_{AB}	V_{BC}	V_{CD}	M_B	M_C	D	E
型钢梁	1230mm	6.6	1.265	—	—	-6.6	—	1.1	-6	13.5	0.5	-2.3	1	1.1
	1530mm	8.8	-3.4	—	—	-9.5	—	-3.6	-10.6	13.5	-3.1	-5.8	1.8	2
	1750mm	9.7	-4.9	—	—	-9.7	—	-4.8	-11.8	13.5	-4.1	-7.2	2.2	2.4
拉杆	1230mm			-6.6	20.16		21.2							
	1530mm			-9.54	25.2		26.9							
	1750mm			-12.1	26.5		29.1							

单排架斜角工字钢 (L=1800mm) 时, 上拉式承力架计算

根据脚手架结构布置, 当单排外立杆落在型钢梁上时 $L \leq 1800\text{mm}$ 采用上拉式承力架, $L > 1800\text{mm}$ 时采用上拉下撑式承力架。

型钢上的焊接耳环和销栓与钢筋斜拉杆下端连接, 该销栓将上部钢管脚手架立杆传来的荷载传递给钢筋斜拉杆, 此连接点假定为不动铰支座。

钢筋斜拉杆上端与上层主体结构外围梁的可拆式预埋螺栓环之间采用销栓连接, 将上部悬挑脚手架传给钢筋斜拉杆的荷载再通过该螺栓环传递给上层主体结构外围梁上, 也相当于一个不动铰支座。

工字钢的内端与主体结构外围梁侧面用 8.8 级 2M20 高强度预埋螺栓连接, 螺栓将上部钢管脚手架立杆传来的荷载传递给主体结构外围墙、柱、梁, 此处假定为不动铰支座。

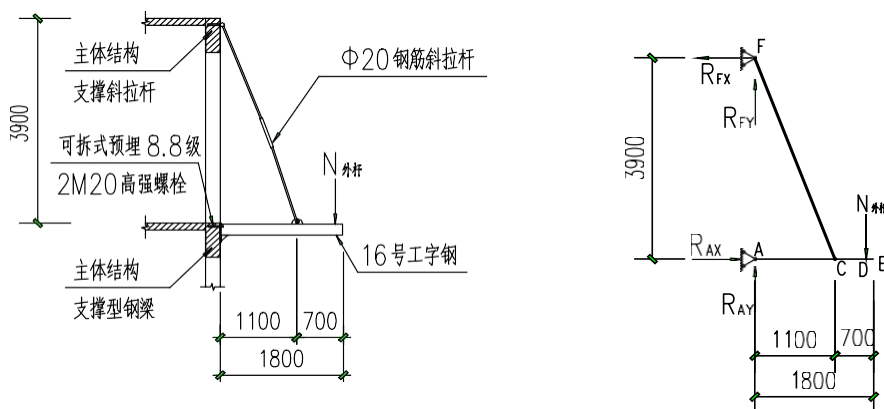
由此可知, 上拉式梁侧悬挑承力架, 可简化为一个由工字钢水平梁和钢筋斜拉杆所组成的附着于主体结构混凝土墙、柱、梁外围上的铰接桁架, 承受着上部钢管脚手架外立杆传来的集中力, 上拉式承力架的计算简图见图 23。

上部钢管脚手架立杆传给承力架钢梁上的垂直荷载

当每一悬挑段高 19.5 米、立杆纵距 1.5 米的单排外立杆采用上拉式承力架时,

按照上节计算所得到每段外立杆的轴向力设计值 $N_{\text{外杆}} = 13.5\text{kN}$ ，轴向力标准值

$N_{\text{K 外杆}} = 10.0\text{kN}$ 作为计算依据。



斜角工字钢长 $L=1800\text{mm}$ 悬挑承力架力学计算模型

注: 1. 单排架外立杆落在斜角工字钢上。

斜角工字钢悬挑长 $L=1800\text{mm}$ 时，上拉式承力架内力及位移计算

上拉式悬挑承力架计算力学模型如图 23 所示。

①本结构计算采用《同济大学 3D3S》14.0 版本计算；

②计算结果如表：

表 $L=1800\text{mm}$ 时，斜角上拉式承力架的内力及位移表

悬挑梁内力	支座反力				轴力 (kN)		剪力 (kN)			弯矩 (kN·m)		最大位移 (mm)	
	(向上为正, 向右为正)				(拉正压负)		(左上右下为正)			(下部受拉为正)		(向下为正)	
	R_{Ax}	R_{Ay}	R_{Fx}	R_{Fy}	N_{Ac}	N_{Cf}	V_{Ab}	V_{Bc}	V_{Cd}	M_A	M_C	D	E
型钢梁 $L=1800\text{mm}$	8.1	-7.3	-8.1	21.4	-8.1	22.8	-7	-7	13.5	-	-8.2	2.2	2.5

上拉式承力架钢筋斜拉杆受拉强度计算

根据表 3 计算结果，上拉式长 1230mm、1530mm、1750mm 悬挑承力架钢筋斜拉杆承受的轴向拉力设计值 $N_{\text{钢筋斜拉杆 max}} = 29.1\text{kN}$ 。

按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 7.1.1-4 计算，应满足：

$$\sigma = N / A_n \leq f$$

式中 N —钢筋斜拉杆承受的轴向力设计值， $N = N_{\text{钢筋斜拉杆 max}} = 29.1\text{kN}$ （拉力）；

σ —钢筋斜拉杆受拉应力值 (N/mm^2) ;

A_n —钢筋斜拉杆净截面面积 (mm^2) , 可调式 20 钢筋斜拉杆的有效直径为 $d_e = 17.6545\text{mm}$, $A_n = \pi d_e^2 / 4 = 3.14 \times 17.6545^2 / 4 = 245 \text{ mm}^2$;

f — 20 钢筋斜拉杆受拉强度设计值 (N/mm^2) , 取 $f = 215 \text{ N}/\text{mm}^2$ 。

则 $\sigma = N / A_n = 29.1 / 245$

$$= 118.8 \text{ N}/\text{mm}^2 < f = 215 \text{ N}/\text{mm}^2$$

采用可调式 20 钢筋斜拉杆, 各种型式悬挑承力架钢筋斜拉杆均可满足受拉强度要求。

上拉式工字钢型钢梁的承载力计算

根据表 2、表 3、表 4 计算结果, 纯悬挑式悬挑梁长 500mm, 上拉式长 1230mm、1530mm、1750mm、单排杆上拉式长 1800mm, 五种型式悬挑承力架工字钢型钢梁承受的最大弯矩、剪力、轴力设计值为 $(M_{\max})_{\max} = 8.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $(V_{\max})_{\max} = 13.5 \text{ kN}$, $(N_{\max})_{\max} = 12.1 \text{ kN}$ (受压), 该 16 号 Q235 工字钢梁应分别进行压弯强度、抗剪强度、压弯稳定性承载力计算和挠度验算。

工字钢抗压弯强度计算

按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 8.1.1-1 计算, 型钢梁工字钢压弯构件应满足: $\sigma (\text{压}_{\max}) = N / A_n + M_x / W_n \leq f$

式中 σ —型钢梁截面压应力值 (N/mm^2) ;

N —型钢梁承受的轴向压力 (N) , $N = (N_{\max})_{\max} = 12.1 \text{ kN}$;

A_n —型钢梁截面净截面面积 (mm^2) , $A_n = 2610 \text{ mm}^2$;

$M_{\max}$ —型钢梁截面最大弯矩设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$) , $M_{\max} = 8.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$;

W_n —型钢梁净截面模量, $W_n = 141000 \text{ mm}^3$;

f —钢材的抗弯强度设计值, $f = 215 \text{ N}/\text{mm}^2$ 。

则有 $\sigma (\text{压}_{\max}) = N / A_n + M_x / W_n = 12100 / 2610 + 8200000 / 141000$

$$= 62.8 \text{ N}/\text{mm}^2 < f = 215 \text{ N}/\text{mm}^2$$

该 16 号工字钢型钢梁的抗压弯强度满足要求

工字钢抗剪强度计算

在主平面内受弯的实腹式构件，其受剪强度应按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 6.1.3 计算，应满足： $\tau_{\max} = V_{\max} S / (I t_w) \leq f_v$

式中 τ —型钢梁计算截面受剪应力值 (N/mm^2)；

$V_{\max}$ —型钢梁计算截面沿腹板平面作用的剪力(N)， $V_{\max} = (V_{\max})_{\max} = 13500\text{N}$ ； S —计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积距 (mm^2)， $S = 81884\text{mm}^3$ ； I —型钢梁毛截面惯性矩， $I = 11300000\text{mm}^4$ ；

t_w —腹板厚度 (mm)， $t_w = 6\text{mm}$ ；

f —钢材的抗剪强度设计值， $f = 125\text{N}/\text{mm}^2$ 。

则有 $\tau_{\max} = V_{\max} S / I t_w = 13500 \times 81884 / 11300000 / 6 = 15.2\text{N}/\text{mm}^2 < f = 125\text{N}/\text{mm}^2$ 工字钢的抗剪弯强度满足要求。

工字钢整体稳定性验算

弯矩作用在对称轴平面内的实腹式压弯构件，弯矩作用平面内稳定性应按《钢结构设计标准》GB50017-2017 式(8.2.1-1)计算，弯矩作用平面外稳定性应按《钢结构设计标准》GB50017-2017 式(8.2.1-3) 计算。

平面内应满足： $N / (\phi_x A) + \beta_{mx} M_x / [\gamma_{xx} W_{px} (1 - 0.8N/N'_{ex})] \leq f$ ；
 $N'_{ex} = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_x^2)$

平面外应满足： $N / (\phi_y A) + \beta_{tx} M_x / [\phi_b W_{tx}] \leq f$

式中 N —型钢梁截面承受的轴向压力 (N)， $N = (N_{\max})_{\max} = 12.1\text{kN}$ ；

M_x —型钢梁截面最大弯矩设计值 (N·mm)，

$M_x = (M_{\max})_{\max} = 8.2\text{kN} \cdot \text{m}$ ；

ϕ_x 、 ϕ_y —型钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数，根据构件的长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定，16 号 Q235 工字钢， $b/h = 0.55 < 0.8$ ，

平面内属 a 类截面，平面外属 b 类截面；

λ_x 、 λ_y —型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} —型钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度， $l_{0x} = 1100\text{mm}$ ， $l_{0y} = 1750\text{mm}$ ；

i_x 、 i_y —型钢梁截面弯矩作用平面内、外回转半径， $i_x = 65.8\text{mm}$ ， $i_y = 18.9\text{mm}$ ；



A —型钢梁毛截面面积(mm^2), $A=2610\text{mm}^2$; γ_x —

截面塑性发展系数, 取 $\gamma_x=1.05$;

W_{1x} —型钢梁在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量, $W_{1x}=141000\text{mm}^3$;

β_{mx} —平面内等效弯矩系数, 按有横向荷载两端铰接有侧移构件计算, 取 $\beta_{mx}=1.0$;

β_{tx} —平面外等效弯矩系数, 按无端弯矩有横向荷载作用构件计算, 取 $\beta_{tx}=1.0$;

ϕ_b —均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数, 双轴对称截面, $\phi_b=1.07-\lambda^2/44000\leq 1$;

E —钢材的弹性模量, $E=206000\text{N/mm}^2$;

f —钢材的抗弯强度设计值, $f=215\text{N/mm}^2$ 。

则 $\lambda_x=I_{0x}/i_x=1100/65.8=16.7<[\lambda]=150$,
 $\lambda_y=I_{0y}/i_y=1750/18.9=91.5<[\lambda]=150$

$$N'_{EX}=\pi^2 EI_x / (1.1 \lambda_x^2) = 3.14^2 \times 206000 \times 2610 / 1.1 / 16.7^2 = 18944711\text{N}$$

$$N/N'_{EX}=11800/18944711=0.000655, 1-0.8N/N'_{EX}=1.000 \quad \phi_b=1.07-\lambda^2$$

$$/44000=1.07-91.5^2/44000=0.897$$

$\lambda_x=16.7$, a 类截面按《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D.0.1

查 得

$$\phi_x=0.96$$

查 得

$$\phi_y=0.61$$

$\lambda_y=91.5$, b 类截面按《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D.0.2

$$\text{平面内: } N/(\phi_x A) + \beta_{mx} M_x / [\gamma_x W_{1x} (1-0.8N/N'_{EX})]$$

$$=12100/0.96/2610+1.0 \times 7800000/1.05/141000/1.000$$

$$=57.2\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2$$

工字钢平面内整体稳定性满足要求

$$\text{平面外: } N/(\phi_y A) + \beta_{tx} M_x / [\phi_b W_{1x}]$$

$$=12100/0.610/2610+1.0 \times 7800000/0.897/141000$$

$$=68.7\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2,$$

工字钢的平面外整体稳定性满足要求。



字钢外端 E 点垂直位移的计算

工字钢悬挑梁的挠度验算按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》

(JGJ130-2011) 公式 5.6.5 计算, 应满足: $v \leq [v]$

式中 v —工字钢悬挑梁截面最大挠度计算值 (mm);

$[v]$ —工字钢悬挑梁截面容许挠度 (mm), 查《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 表 5.1.8, $[v] = l/250$, 悬挑构件跨度 l 取悬挑长度的 2 倍计算。

根据表 2、表 3、表 4 及表 5 计算结果, 悬挑承力架工字钢型钢梁钢梁挠度最大值 $\Delta E_y = 2.5\text{mm}$ 。

则: $\Delta E_y = 2.5\text{mm}(\text{向下}) < l/250 = 1750/250 = 6.92\text{mm}$

型钢梁工字钢外端部 E 点的垂直位移满足要求。

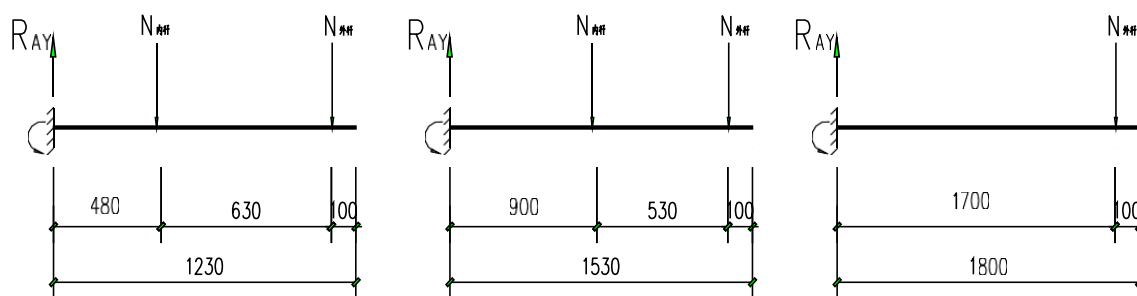
上拉式承力架(拉杆失效时)长 1230、1530、1750、1800 (单排杆) mm 工字钢悬挑梁受力计算

上拉式承力架(拉杆失效时)工字钢悬挑梁的计算

《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 中第 6.10.4 条规定: “每个型钢悬挑梁外端宜设钢丝绳或钢拉杆与上一层建筑结构斜拉结。钢丝绳、钢拉杆不参与悬挑钢梁受力计算”。施工过程中可能出现某种突发状况导致钢筋斜拉杆未参与工作时, 两根立杆传来的上部钢管脚手架荷载将全部由悬挑型钢梁单独全部承受。

当每一悬挑段高 19.5 米、立杆纵距 1.5 米、横距 0.65 米的双排脚手架的底部采用上拉式梁侧悬挑承力架时, 由上节计算得到每段钢管底层段的轴向力设计值 N 外杆 $= 13.5\text{kN}$, N 内杆 $= 7.55\text{kN}$, 标准值 N_K 外杆 $= 10.00\text{kN}$, N_K 内杆 $= 5.44\text{kN}$ 。为简化计算, 当上面双排脚手架立杆横距大于 0.65m 时, 按横距为 0.65m 时计算所得的立杆内力计算 (为不利状态), 无拉杆工字钢梁内端焊接钢板与主体结构外侧通过预埋螺栓连接, 此支座视作固定端。

长 1230mm、1530mm、1800mm (单排杆) 工字钢悬挑梁计算简图如图



(a) 1230 悬挑承力架力学模型 (b) 1530 悬挑承力架力学模型 (c) 1800 悬挑承力架力学模型

上拉式承力架（拉杆失效时）工字钢悬挑梁的计算简图

上拉式承力架（拉杆失效时）工字钢悬挑梁内力计算

①本结构计算采用《同济大学 3D3S》14.0 版本计算；

②计算结果如表 5：

表 5 拉杆失效时长 1230mm、1530mm、1750mm、1800mm（单排杆）型钢梁内力分析表

拉杆失效时	支座反力 (kN) (向上为正, 向右为正)		轴力 (kN) (拉正压负)	剪力 (kN) (左上右下为正)		弯矩 (kN.m) (下部受拉为正)		最大位移 (mm) (向下为正)
	R _{AX}	R _{AY}	N _{AC}	V _{AB}	V _{BC}	M _A	M _C	E
1230mm	0	21.4	0	21.4	13.5	-19.1	-	2.7
1530mm	0	21.4	0	21.4	13.5	-27.6	-	6.9
1750mm	0	21.4	0	21.4	13.5	-29	-	8.2
1800mm(单排外立架)	0	13.9	0	13.9	13.5	-23.4	-	7.8

上拉式承力架（拉杆失效时）工字钢悬挑梁抗弯强度验算

根据表 2、表 5 可知、上拉式 1230、1530、1750mm 工字钢悬挑梁的 A 截面右侧承受的最大弯矩 $M_{\max} = 29\text{kN} \cdot \text{m}$ ，由 1750mm 工字钢悬挑梁弯矩控制，按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）公式 5.6.3 计算，工字钢悬挑梁受弯构件应满足：

$$\sigma = M_{\max} / W_n \leq f$$

式中 σ —工字钢悬挑梁截面应力值 (N/mm^2)；

$M_{\max}$ —型钢梁截面最大弯矩设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)， $M_{\max} = M_{\max} = 29000000\text{N} \cdot \text{mm}$ ；

W_n —型钢梁净截面模量， $W_n = 141000\text{mm}^3$ ；

f —钢材的抗弯强度设计值， $f = 215\text{N}/\text{mm}^2$ 。

则有 $\sigma = M_x / W_n$

$$= 29000000 / 141000 = 205 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2。$$

该 16 号工字钢悬挑梁的抗弯强度满足要求。

上拉式承力架（拉杆失效时）工字钢悬挑梁抗剪强度计算

根据表 4 可知，长 1230、1530、1750、1800（单排杆）mm 工字钢悬挑梁的 A 截面右侧同时承受的最大剪力 $V_{\max} = 21.4 \text{ kN}$ ，工字钢悬挑梁的抗剪强度按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 6.1.3 计算，应满足： $\tau_{\max} = V_{\max} S / (I t_w) \leq f_v$ 式中 τ —型钢梁计算截面受剪应力值（ N/mm^2 ）；

$V_{\max}$ —型钢梁计算截面沿腹板平面作用的剪力（N）， $V_{\max} = V_{\max} = 21400 \text{ N}$ ；

S —计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积距（ mm^3 ）， $S = 81884 \text{ mm}^3$ ； I —

型钢梁毛截面惯性矩， $I = 11300000 \text{ mm}^4$ ；

t_w —腹板厚度（mm）， $t_w = 6 \text{ mm}$ ；

f —钢材的抗剪强度设计值， $f = 125 \text{ N/mm}^2$ 。

则有 $\tau_{\max} = V_{\max} S / I t_w$

$$= 21400 \times 81884 / 11300000 / 6 = 24.2 \text{ N/mm}^2 < f = 125 \text{ N/mm}^2$$

无拉杆工字钢悬挑梁的抗剪强度满足要求。

上拉式承力架（拉杆失效时）工字钢悬挑梁整体稳定性验算

工字钢悬挑梁的整体稳定性按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》

（JGJ130-2011）公式 5.6.4 计算，应满足： $M_{\max} / (\phi_b W) \leq f$

式中 $M_{\max}$ —工字钢悬挑梁截面最大弯矩设计值（N·mm）， $M_{\max} = 29000000 \text{ N} \cdot \text{mm}$ ；

W —型钢梁在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量， $W =$

141000 mm^3 ；

ϕ_b —均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数，双轴对称截面， $\phi_b = 1.07 - \lambda^2$

$/ 44000 \leq 1$ ；

λ_y —工字钢悬挑梁截面弯矩作用平面外长细比， $\lambda_y = l_{0y} / i_y$ ；

l_{0y} —型钢梁截面弯矩作用平面外计算长度， $l_{0y} = 1530 \text{ mm}$ （考虑外立杆作

用点)；

i_y —型钢梁截面弯矩作用平面内、外回转半径, $i_x = 65.8\text{mm}$, $i_y = 18.9\text{mm}$;

f —钢材的抗弯强度设计值, $f = 215\text{N/mm}^2$ 。

则 $\lambda_y = l_{0y} / i_y$

$= 1530 / 18.9 = 86 < [\lambda] = 150$

$\phi_b = 1.07 - \lambda^2 / 44000 = 1.07 - 86^2 / 44000 = 0.98$

$M^{\max} / (\phi_b W) = 29000000 / 0.98 / 141000 = 209.6\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2$

上拉式承力架（拉杆失效时），工字钢悬挑梁的整体稳定性满足要求。

上拉式承力架（拉杆失效时）悬挑梁外端 E 点垂直位移计算

工字钢悬挑梁的挠度验算按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）公式 5.6.5 计算，应满足：

$$v \leq [v]$$

式中 v —工字钢悬挑梁截面最大挠度计算值（mm）；

$[v]$ —工字钢悬挑梁截面容许挠度（mm），查《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）表 5.1.8, $[v] = l/250$, 悬挑构件跨度 l 取悬挑长度的 2 倍计算。

根据表 4 内力计算结果，长 1750mm 工字钢悬挑梁承受的最大弯矩、剪力设计值分别为：

$(M_{\max})_{\max} = 29\text{kN}\cdot\text{m}$, $(V_{\max})_{\max} = 21.4\text{kN}$ 。

验算长 1750mm 工字钢悬挑梁挠度, 根据表 6 有 $\Delta E_y = 8.2\text{mm}$ 。

则： $\Delta E_y = 8.2\text{mm}(\text{向下}) < l/250 = 1750 \times 2 / 250 = 13.84\text{mm}$

即拉杆失效时，工字钢悬挑梁外端部 E 点的垂直位移满足要求。

上拉下撑式悬挑承力架受力计算

上拉下撑式或下撑式悬挑承力架的组成与计算简图

当上拉式梁侧悬挑承力架脚手架悬挑长度 $1750\text{mm} < l \leq 2230\text{mm}$ 时，采用上拉

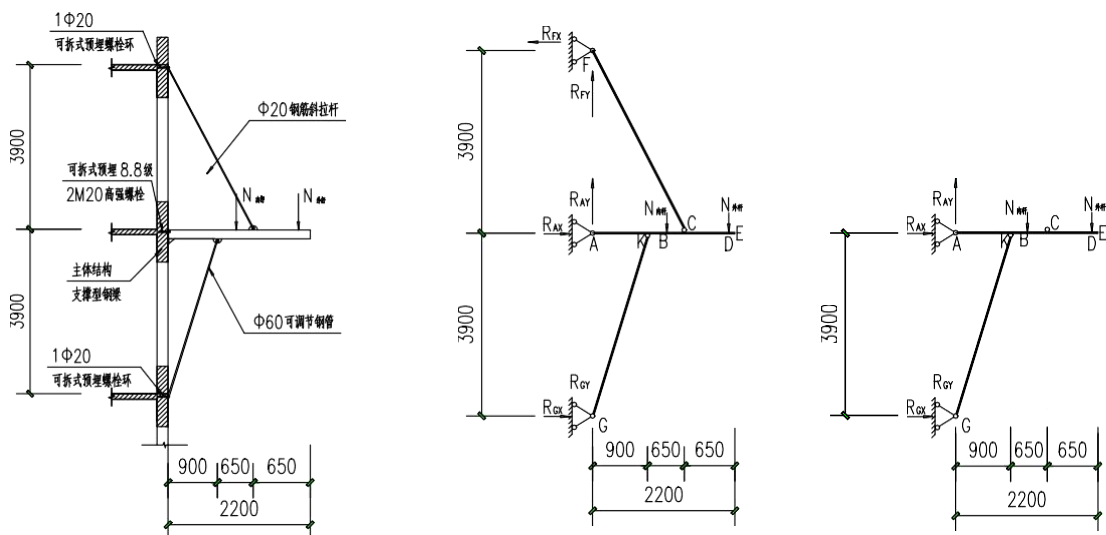
下撑时悬挑承力架，该悬挑承力架由一根水平工字钢梁（16 号）、钢筋上斜拉杆（具有调节功能的 20mm 钢

筋和下斜支撑（ $60\text{mm}\times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管）组成。当每一悬挑段高 19.5 米、立杆纵距为 1.5 米、横距为 0.830 米的双排脚手架的底部，采用梁侧工字钢悬挑时，由上节计算得到每段钢管底层段的设计值为：

轴向力设计值： $N_{\text{外杆}}=13.5\text{kN}$ ， $N_{\text{内杆}}=7.55\text{kN}$ ； 轴向力标

准值： $N_{\text{K 外杆}}=10.0\text{kN}$ ， $N_{\text{K 内杆}}=5.44\text{kN}$ 。上拉下撑

式或不带拉杆下撑式悬挑承力架计算简图如下：



(a) 上拉下撑承力架组成

(b) 上拉下撑承力架计算简图

(c) 下撑式承力架简图

2200mm 上拉下撑式悬挑承力架的组成与计算简图

注：内外立杆间距 1130mm；内立杆与外墙间距 300mm。

上拉下撑式悬挑承力架上拉杆和下支撑杆同时发挥作用时其计算简图如图 25-1（b），根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）中第 6.10.4 条规定：“每个型钢悬挑梁外端宜设钢丝绳或钢拉杆与上一层建筑结构斜拉结。钢丝绳、钢拉杆不参与悬挑钢梁受力计算”。当出现某种突发状况导致钢筋斜拉杆未参与工作时，两根立杆传来的上部钢管脚手架荷载将全部由下撑杆和悬挑型钢梁组成的承力架承受，型钢梁与结构梁按照铰接支座考虑，计算简图如图 25-1（c）所示。

上拉下撑式或下撑式悬挑承力架内力计算

- ①本结构计算采用《同济大学 3D3S》14.0 版本计算；
- ②本承力架仅考虑计算脚手架立杆传导的竖向荷载；
- ③计算结果如表 6、表 7、表 8：

表 6 上拉下撑式及上拉下撑（拉杆失效时）和下撑式型钢梁支座反力及位移表

承力架		支座反力 (kN)						最大位移 (mm)	
		R _{AX}	R _{AY}	R _{FX}	R _{FY}	R _{GX}	R _{GY}	D	E
拉杆不失效	2200mm	10.5	-6.9	-12.9	21.8	2.4	7	2.6	2.9
拉杆失效时下撑式	2200mm	-15.3	-16.1	—	—	15.3	37.8	8	8.7

表7 上拉下撑式型钢梁内力表

承力架		弯矩 (kN. m)			剪力 (kN)			轴力 (kN)			
		M _K	M _C	M _B	V _{AK}	V _{KC}	V _{CD}	N _{AK}	N _{CK}	N _{CF}	N _{KG}
型钢	2200mm	-6.5	-7.9	-6.5	-8.8	-7.9	13.5	-10.5	-12.9	—	—
上拉杆	2200mm	—	—	—	—	—	—	—	—	25.3	—
下撑杆	2200mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-7.3

表8 上拉下撑式（拉杆失效式）或下撑式型钢梁内力表

承力架		弯矩 (kN. m)			剪力 (kN)			轴力 (kN)			
		M _K	M _C	M _B	V _{AK}	V _{KC}	V _{CD}	N _{AK}	N _{CK}	N _{CF}	N _{KG}
型钢	2200mm	-17.1	-10.6	-7.9	-19.6	19.8	13.5	15.3	0	—	—
下撑杆	2200mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-34.7

上拉下撑式钢筋斜拉杆受拉强度计算

根据计算结果，上拉下撑式长 2200mm 悬挑承力架钢筋斜拉杆承受的最大轴向拉力设计值为 N 钢筋斜拉杆_{max}=25.3kN。

按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式7.1.1-4 计算，应满足：

$$\sigma = N / A_n \leq f$$

式中 N—钢筋斜拉杆承受的轴向力设计值，N=N 钢筋斜拉杆_{max}=25.3kN（拉力）；

σ—钢筋斜拉杆受拉应力值 (N/mm²)；

A—钢筋斜拉杆净截面面积 (mm²)，可调式 A20 钢筋斜拉杆的有效直径为 d_e=17.6545mm，A_n=π d_e²/4=3.14×17.6545²/4=245 mm²；

f— 20 钢筋斜拉杆受拉强度设计值 (N/mm²)，取 f=215N/mm²。

则：

$$\sigma = N / A_n = 25300 / 245$$

$$= 94.3 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2$$

采用可调式 20 钢筋斜拉杆, 2200mm 上拉下撑承力架钢筋斜拉杆可满足受拉强度要求。

上拉下撑式及上拉杆失效时工字钢型钢梁的承载力计算

根据表 7、表 8、表 9 计算结果, 上拉下撑式承力架及当上拉杆失效时的承力架, 长 2200mm 悬挑承力架的工字钢型钢梁承受的最大弯矩、剪力、轴力设计值分别为:

$$(M_{\max})_{\max} = 17.1 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$(V_{\max})_{\max} = 19.8 \text{ kN};$$

$$(N_{\max})_{\max} = -12.9 \text{ kN (受压)}, (N_{\max})_{\max} = 15.3 \text{ kN (受拉)}。$$

该 16 号 Q235 工字钢型钢梁应分别进行压弯、拉弯、抗剪强度、压弯稳定性计算和挠度验算。

工字钢拉弯或压弯强度计算

按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 8.1.1-1 计算, 型钢梁工字钢拉弯、压弯构件应满足:

$$\sigma (\text{压 max}) = N / A_n + M_x / W_n \leq f \text{ 式中 } \sigma \text{—型钢梁截面拉或压应力值 (N/mm}^2 \text{);}$$

N —型钢梁承受的轴向拉力或压力 (N), $N = (N_{\max})_{\max} = 15.3 \text{ kN (拉)}$ 、 10.6 kN (压) ;

A_n —型钢梁截面净截面面积 (mm^2), $A_n = 2610 \text{ mm}^2$;

$M_{\max}$ —型钢梁截面最大弯矩设计值 (N·mm), $M_{\max} = (M_{\max})_{\max} = 17.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$;

W_n —型钢梁净截面模量, $W_n = 141000 \text{ mm}^3$;

f —钢材的抗弯强度设计值, $f = 215 \text{ N/mm}^2$ 。

则有拉弯：

$$\begin{aligned}\sigma (\text{拉 max}) &= N/A_n + M_x/W_n \\ &= 100/2610 + 17100000/141000 \\ &= 134.2\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2;\end{aligned}$$

压弯：

$$\begin{aligned}\sigma (\text{压 max}) &= N/A_n + M_x/W_n \\ &= 10600/2610 + 17100000/141000 \\ &= 133.8\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2.\end{aligned}$$

该 16 号工字钢型钢梁的抗压弯、拉弯强度满足要求。

工字钢抗剪强度计算

在主平面内受弯的实腹式构件，其受剪强度应按《钢结构设计标准》

GB50017-2017 公式 6.1.3 计算，应满足：

$$\tau_{\max} = V_{\max} S / (I t_w) \leq f_v$$

式中 τ —型钢梁计算截面受剪应力值 (N/mm^2)；

$V_{\max}$ —型钢梁计算截面沿腹板平面作用的剪力(N)， $V_{\max} = (V_{\max})_{\max} = 19800\text{N}$ ； S —计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积距 (mm^3)， $S = 81884\text{mm}^3$ ； I —型钢梁毛截面惯性矩， $I = 11300000\text{mm}^4$ ；

t_w —腹板厚度 (mm)， $t_w = 6\text{mm}$ ；

f —钢材的抗剪强度设计值， $f = 125\text{N/mm}^2$ 。

则有 $\tau_{\max} = V_{\max} S / I t_w$

$$= 19800 \times 81884 / 11300000 / 6$$

$$= 23.9\text{N/mm}^2 < f =$$

125N/mm^2 工字钢的抗剪弯强度满足

要求。

工字钢整体稳定性验算

弯矩作用在对称轴平面内的实腹式压弯构件，弯矩作用平面内稳定性应按

《钢结构设计标准》GB50017-2017 式(8.2.1- 1)计算，弯矩作用平面外稳定性应

按《钢结构设计标准》GB50017-2017 式(8.2.1-3) 计算。

$$\text{平面内应满足: } N/(\phi_x A) + \beta_{mx} M_x / [\gamma_x W_x (1 - 0.8N/N'_{Ex})] \leq f$$

$$N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_x^2)$$

$$\text{平面外应满足: } N/(\phi_y A) + \beta_{tx} M_x / [\phi_b W_{1x}] \leq f$$

式中 N —型钢梁截面承受的轴向压力 (N), $N = (N_{\max})_{\max} = 12.9 \text{ kN}$;

M_x —型钢梁截面最大弯矩设计值 (N·mm), $M_x = (M_{\max})_{\max} = 17.1 \text{ kN}\cdot\text{m}$;

ϕ_x 、 ϕ_y —型钢梁截面弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数, 根据构

件的长细比 λ_x 、 λ_y 、钢材屈服强度和截面分类确定:

16 号 Q235 工字钢, $b/h=0.55<0.8$, 平面内属 a 类截面, 平面外属 b 类截面;

λ_x 、 λ_y —型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} —型钢梁截面弯矩作用平面内、外计算长度, $l_{0x} = 1550 \text{ mm}$, $l_{0y} = 2130 \text{ mm}$;

i_x 、 i_y —型钢梁截面弯矩作用平面内、外回转半径, $i_x = 65.8 \text{ mm}$, $i_y = 18.9 \text{ mm}$;

A —型钢梁毛截面截面面积 (mm^2), $A = 2610 \text{ mm}^2$;

γ_x —截面塑性发展系数, 取 $\gamma_x = 1.05$;

W_{1x} —型钢梁在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量, $W_{1x} = 141000 \text{ mm}^3$;

β_{mx} —平面内等效弯矩系数, 按有横向荷载两端铰接有侧移构件计算, 取 $\beta_{mx} = 1.0$;

β_{tx} —平面外等效弯矩系数, 按无端弯矩有横向荷载作用构件计算, 取 $\beta_{tx} = 1.0$;

ϕ_b —均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数, 双轴对称截面, $\phi_b = 1.07 - \lambda^2 / 44000 \leq 1$;

E —钢材的弹性模量, $E = 206000 \text{ N/mm}^2$;

f —钢材的抗弯强度设计值, $f = 215 \text{ N/mm}^2$ 。

则

$$\lambda_x = l_{0x}/i_x = 1550/65.8 = 23.6 < [\lambda] = 150,$$

0,

$$\lambda_y = l_{0y}/i_y = 2130/18.9 = 113 < [\lambda] = 150$$

$$N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_x^2) = 3.14^2 \times 206000 \times 2610 / 1.1 / 19.3^2 = 12937778 \text{ N}$$

$$N/N'_{Ex} = 12000/12937778 = 0.00093$$

$$1 - 0.8N/N'_{Ex} = 1.000$$



$$\varphi_b = 1.07 - \lambda_y^2 / 44000 = 1.07 - 113^2 / 44000 = 0.78$$

$\lambda_x = 24$, a类截面按《钢结构设计标准》GB50017-2017表D.0.1查得 $\varphi_x = 0.97$

$\lambda_y = 113$, b类截面按《钢结构设计标准》GB50017-2017表D.0.2查得 $\varphi_y = 0.469$

$$\begin{aligned} \text{平面内: } N/(\varphi_x A) + \beta_{mx} M_x / [\gamma_x W_{1x} (1 - 0.8N/N_{Ex})] \\ = 12900 / 0.97 / 2610 + 1.0 \times 17100000 / 1.05 / 141000 / 1.000 \\ = 127.8 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平面外: } N/(\varphi_y A) + \beta_{tx} M_x / [\varphi_b W_{1x}] \\ = 12900 / 0.469 / 2610 + 1.0 \times 17100000 / 0.78 / 141000 \\ = 175.1 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求} \end{aligned}$$

工字钢的整体稳定性满足要求。

工字钢外端 E 点垂直位移的计算

根据计算结果,上拉下撑式及拉杆失效时下撑式,长2200mm悬挑承力架的工字钢型钢梁最大值如表6所示,该16号Q235工字钢型钢梁应以上拉杆不起作用计算简图为依据验算2200mm工字钢型钢梁挠度。

考虑到下撑杆外长度1.33m,撑内长度0.9m,型钢梁挠度容许值计算中取 $L = 0.9 + 2 \times 1.33 = 3.56\text{m}$,

$$\text{则 } \Delta_{\text{max}} = 8.7\text{mm (向下)} < L/250 = 3560/250 = 14.24\text{mm}$$

型钢梁工字钢外端部 E 点的垂直位移满足要求。

上拉下撑式及上拉杆失效时下支撑圆钢管的承载力计算

根据计算结果,上拉下撑式及当拉杆失效时下撑式,下撑杆钢管的轴向力设计值为 $N_{\text{下撑杆 max}} = 34.7\text{kN (压)}$ 。

下撑杆 60×3.5 钢管应按《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 7.1.1-4 计算强度和《钢结构设计标准》GB50017-2017 公式 7.2.1 计算稳定性,应满足:

$$\sigma = N/A \leq f; N/(\varphi A) \leq f$$

式中 N —撑杆 60×3.5钢管承受的轴向压力(N), $N = (N_{\text{max}})_{\text{max}} = 34.7\text{kN}$;





A —撑杆 60×3.5 钢管毛截面面积 (mm^2) , $A = 3.14 \times (63^2 - 56^2) / 4$
 $= 599 \text{mm}^2$;

σ —撑杆 60×3.5 钢管受压应力值 (N/mm^2) ;

ϕ —撑杆 60×3.5 钢管轴心受压构件稳定系数, 根据构件的长细比 λ 、钢材屈服强度和截面分类确定, 下撑杆 60×3.5 钢管属 a 类截面;

λ —撑杆 60×3.5 钢管长细比, $\lambda = l/i$;

l —撑杆 60×3.5 钢管计算长度, $l = 4002 \text{mm}$, 考虑支座影响取
 $l = 4002 - 150 = 3852 \text{mm}$;

i —撑杆 60×3.5 钢管回转半径, $i = \sqrt{I/A}$;

I —撑杆 60×3.5 钢管惯性矩, $I = \frac{\pi}{64} (D_{\text{外}}^4 - D_{\text{内}}^4)$
 $= 3.14 \times (60^4 - 51^4) / 64 = 223411.2 \text{mm}^4$;

f — 60×3.5 撑杆钢管受压强度设计值 (N/mm^2) , 取 $f = 215 \text{N/mm}^2$ 。

则 $i = 19.3 \text{mm}$;

$\lambda = l/i = 3852/19.3 = 199$

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D. 0. 1 得 $\phi = 0.283$

$\sigma = N/A = 34700/599 = 57.9 \text{N/mm}^2 < f = 215 \text{N/mm}^2$

$(\phi A) = 34700/599/0.283$

$= 204.9 \text{N/mm}^2 < f = 215 \text{N/mm}^2$;

上拉下撑式承力架下撑杆 60×3.5 满足要求。

梁侧预埋悬挑承力架与主体结构外围梁侧面连接节点的计算

梁侧预埋悬挑承力架型钢梁内端节点设计计算

型钢梁内端与底座板焊缝连接计算

(1) 连接焊缝承受的最大荷载设计值

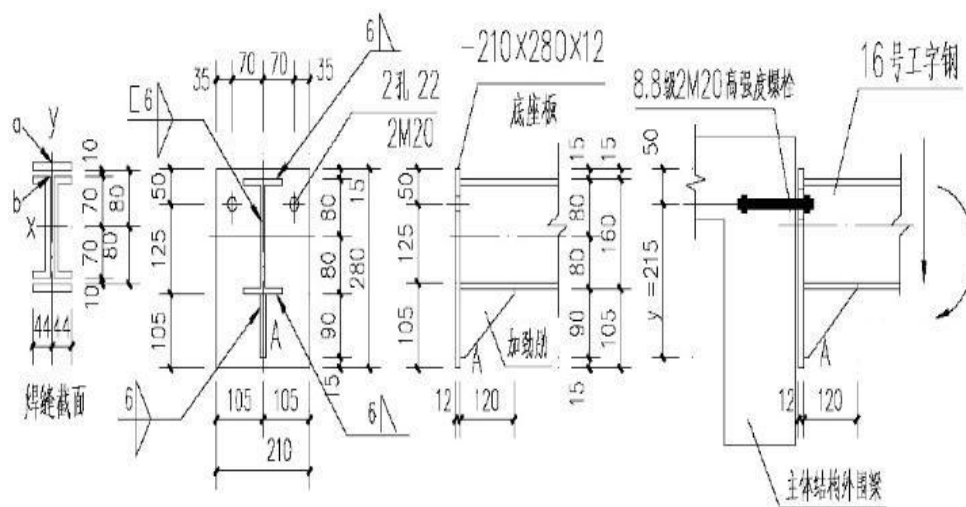
承力架的型钢梁工字钢内端焊接一块 $210 \times 280 \times 12$ 的矩形底座板, 用 2 个可拆式预埋高强度螺栓固定在主体结构外围梁的侧面上, 型钢梁工字钢内端与底



座板的焊缝连接节点设计按最不利情况考虑，从前面各种承力架支座反力计算过程可知，上拉下撑式承力架当上拉杆失效时，型钢悬挑梁的内支座 A 为固定端，

A 支座弯矩最大， $M_{\max}=29\text{kN}\cdot\text{m}$ (梁顶受拉)，同时 $R=21.4\text{kN}$ (向上)。该情形型钢梁支座截面反力应作为型钢梁内支座连接设计计算的依据。

悬挑承力架的工字钢梁内端与一块 $210\times280\times12$ 的矩形底座板焊接连接，矩形底座板用 2 个可拆式预埋高强度螺栓与主体结构外围梁的侧面螺栓连接及其连接受力见图 27 所示。



工字钢梁内端与底座板的连接图

(2) 绘制焊缝连接图

型钢梁工字钢内端与底座板的焊接连接见图 27。工字钢梁内端与 $210\times280\times12$ 钢板采用 E43 系列焊条手工焊焊接，工字钢与底座钢板焊接，沿工字钢周边满焊。假定全部剪力仅由工字钢两侧腹板上的焊缝承担，弯矩则全部由焊缝计算截面承受。

(3) 焊缝有效截面的几何参数

假定 $h_f=6\text{mm}<h_{f\max}=1.2t_{\min}=1.2\times6\text{mm}=7.2\text{mm}$

$$>h_{f\min}=1.5t^{1/2}=1.5\times12^{1/2}=5.2\text{mm}$$

两条腹板竖向焊缝计算截面面积为 $A_w=2\times0.7\times6\times140=$

1176mm^2 整个焊缝计算截面对 x 轴的惯性矩和截面模量为

$$I=(2\times0.7\times6\times140^3/12)+2\times0.7\times6\times(88-2\times6)\times80^2+4\times0.7\times6\times(88-6)\times70^2$$

$$I = 1920800 + 4085760 + 6750240 = 12756800 \text{ mm}^4$$

$$W = I / y = 12756800 / 80 = 159460 \text{ mm}^3$$

(4) 焊缝强度验算

由《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 表 4.4.5 查得角焊缝抗拉抗压抗剪强度设计值 $f^w = 160 \text{ N/mm}^2$

a 点只有弯矩 M 产生的垂直于焊缝长度方向的应力 σ^M 为:

$$\sigma^M = M / W = 26.9 \times 10^6 / 159460 = 168.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma^M = 168.7 \text{ N/mm}^2 < \beta^e f^w = 1.22 \times 160 = 195 \text{ N/mm}^2$$

b 点有弯矩 M 和剪力 V 产生的垂直于焊缝长度方向的应力 σ^M 和 τ^V 分别为:

$$\sigma^M = \sigma^M_n \times h_0 / h$$

$$= 168.7 \times 70 \div 80 = 147.6 \text{ N/mm}^2 < \beta^e f^w = 195 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau^V = V / A$$

$$= 20.0 \times 10^3 / 1176 = 17.0 \text{ N/mm}^2$$

$$[(\sigma^M / \beta^e)^2 + (\tau^V)^2]^{1/2} = [(147.6 / 1.22)^2 + 17.0^2]^{1/2} = 102.2 \text{ N/mm}^2$$

$$[(\sigma^M / \beta^e)^2 + (\tau^V)^2]^{1/2} = 122.2 \text{ N/mm}^2 < f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

对于只有拉剪作用时, $R_{AY\max} = 19.8 \text{ kN}$ (向下), 同时 $R_{AX\max} = 15.3 \text{ kN}$ (向右, 拉)

$$\sigma^N = 15.3 \times 10^3 / 1176 = 9.8 \text{ N/mm}^2 < f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau^V = V / A = 19.8 \times 10^3 / 1176 = 16.8 \text{ N/mm}^2 < f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$[(\sigma^N / \beta^e)^2 + (\tau^V)^2]^{1/2} = [(9.8 / 1.22)^2 + 16.8^2]^{1/2} = 18.6 \text{ N/mm}^2$$

$$[(\sigma^M / \beta^e)^2 + (\tau^V)^2]^{1/2} = 18.6 \text{ N/mm}^2 < f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

满足《钢结构设计规范》公式 11.2.2-3 的要求。

由上验算可知, **即使斜拉杆不参加工作, 焊缝强度也满足要求。**为安全起见, 在工字钢内端底部增设一块三角形钢板作为加劲肋与矩形底座板焊接在一起。

工字钢梁内端与主体结构外围梁侧预埋螺栓连接计算

(1) 预埋螺栓承受的最大荷载设计值

梁侧承力架型钢梁工字钢内端焊接一块 $210 \times 280 \times 12$ 的矩形底座板, 用 2 个

可拆式预埋螺栓固定在主体结构外围梁的侧面上, 型钢梁工字钢内端底座板与主

体结构外围梁的预埋螺栓连接节点设计考虑最不利情况进行计算：上拉式上拉杆失效时型钢悬挑梁的内支座 A 为固定端，A 支座弯矩最大， $M_{\max}=29.0\text{kN}\cdot\text{m}$ （梁顶受拉），同时 $R_A=21\text{kN}$ （向上）。2 个可拆式预埋螺栓承受的最大弯矩为 $29\text{kN}\cdot\text{m}$ ，剪力为 21.4kN ，在有弯矩和剪力同时作用时型钢梁内端底座板与主体结构的外围混凝土结构梁的螺栓连接如图 27 所示。

（2）预埋 8.8 级 2M20 承压型连接高强螺栓的承载力计算

悬挑梁内支座固定端在剪、弯作用下承压型连接高强螺栓受拉、剪作用，考虑到拉杆作用时，内支座也可能只承受这最大的剪力作用，因此承压型连接高强螺栓进行受剪、受压、拉剪承载力计算。

① 8.8 级 M20 承压型连接高强螺栓的受剪承载力设计值

承压型连接高强螺栓的受剪承载力计算按《钢结构设计标准》（GB50017-2017）公式 11.4.1-1 计算：

$$N_v^b = \pi d_e^2 \sqrt{f^b}/4$$

式中 N_v^b —预埋螺栓杆受剪承载力设计值（N）；

d_e —预埋螺栓杆有效直径（mm），取 $d=17.6545\text{mm}$ ；

f^b —预埋螺栓杆抗剪强度设计值，查《钢结构设计标准》（GB50017-2017）表

4.4.6，按 8.8 级承压型连接高强螺栓查得 $f^b=250\text{N/mm}^2$ 。

单个 M20 预埋普通螺栓杆受剪承载力设计值为：

$$N_v^b = \pi d_e^2 \sqrt{f^b}/4 = 3.14 \times 17.6545^2 \times 250/4 = 61198.5\text{N} = 61.20\text{kN}$$

$$N_v^b = 61.20\text{kN} > N = 21.4/2 = 11\text{kN}, \text{安全。}$$

② 8.8 级 M20 承压型连接高强螺栓的承压承载力验算

承压型连接高强螺栓杆承压承载力设计值按《钢结构设计标准》（GB50017-2017）公式 11.4.1-3 计算：

$$N_c^b = d \sum t f^b$$

式中 N_c^b —预埋螺栓杆承压承载力设计值（N）；

d —预埋螺栓杆直径（mm），取 $d=20\text{mm}$ ；

f^b —预埋螺栓杆承压强度设计值，查《钢结构设计标准》（GB50017-2017）

表 4.4.6, 按构件 Q235 钢材查得 $f^b = 470 \text{ N/mm}^2$ 。

Σt —在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值 (mm),

此处取底座钢板厚度, $t = 12 \text{ mm}$ 。

单个 M20 预埋承压型连接高强杆承压承载力设计值为:

$$N_c^b = d \Sigma t f_c^b = 20 \times 12 \times 470 = 112800 \text{ N} = 112.8 \text{ kN}$$

$$N_c^b = 112.8 \text{ kN} > N = 21.4/2 = 11 \text{ kN}, \text{ 可以。}$$

③ 8.8 级 M20 承压型连接高强螺栓在弯矩作用下的抗拉计算

两个螺栓在弯矩作用下, 型钢底座板上部与外围梁侧面有分离的趋势。近似地假定型钢梁在弯矩作用下绕加劲肋底面位置处 A 点旋转, 从而使得两个螺栓受拉。弯矩产生的压力则由加劲肋所在的部分底座板通过挤压传递给外围梁侧面。螺栓所受拉力的大小与螺栓杆中心到转动点 A 的距离 y 成正比。外力产生的弯矩与两个螺栓产生的弯矩平衡。

设每个普通螺栓所受弯矩产生的拉力为 N_t , 则有:

$$2 \times N_t \times y = M$$

由图 27 可知, 螺栓杆中心到转动点的距离 $y = 215 \text{ mm}$,

$$N_t = M / (2y) = 29 \times 10^6 / (2 \times 215) = 62600 \text{ N} = 62.6 \text{ kN}$$

螺栓受拉承载力设计值按《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 式 11.4.1-5 计算:

$$N_t^b = A_t f_t^b = \pi d_e^2 f_t^b / 4$$

式中 N_t^b —预埋螺栓杆轴方向受拉承载力设计值 (N);

d_e —预埋螺栓杆在螺纹处的有效直径, $d_e = 17.6545 \text{ mm}$;

f_t^b —预埋螺栓杆抗拉强度设计值, 查《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 表 4.4.6, 按 8.8 级 M20 承压型连接高强螺栓查得 $f_t^b = 400 \text{ N/mm}^2$ 。

该螺栓的受拉承载力设计值 N_t^b 为:

$$N_t^b = \pi d_e^2 f_t^b / 4 = 3.14 \times 17.6545^2 \times 400 / 4 = 97917.6 \text{ N} = 97.917 \text{ kN}$$

$$N_t^b = 97.917 \text{ kN} > N = 62.6 \text{ kN}, \text{ 安全。}$$

④ 8.8 级 M20 承压型连接高强螺栓同时承受剪力和拉力承载力验算

螺栓同时承受剪力和拉力承载力验算应满足《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 公式 11.4.3-1、11.4.3-2 的要求:

$$\begin{aligned} & [(N^v / N^b)^2 + (N / W^b)^2]^{1/2} \leq 1; N \leq N^b / 1.2 \\ & [(N^v / N^b)^2 + (N / W^b)^2]^{1/2} \\ & = [(11/61.20)^2 + (62.6/97.917)^2]^{1/2} = 0.66 < 1 \\ & N^b / 1.2 = 94\text{kN} > N^v = 20/2 = 10\text{kN} \end{aligned}$$

计算结果表明螺栓同时承受剪力和拉力承载力足够, 螺栓连接安全。

梁侧预埋悬挑承力架上斜拉杆、下撑杆的连接设计计算

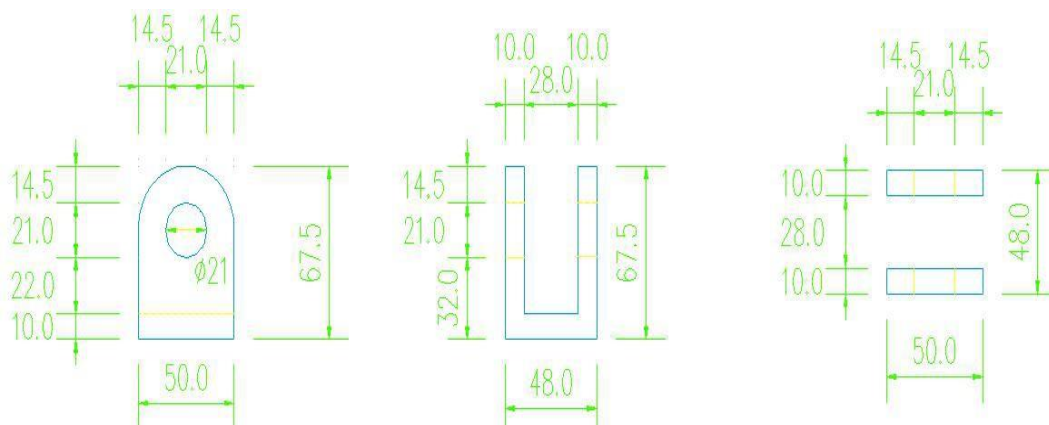
上拉式或上拉下撑式悬挑承力架的上斜拉杆 20 钢筋顶端、下撑杆 60×3.5 钢管底端均用 1 个, 直径 20 销栓与预埋在主体结构外围梁侧的可拆式 45[#] 钢 M20 普通螺栓模锻双耳环连接, 见图 28 (a); 钢筋斜拉杆下端、下撑钢管顶端也均分别与型钢梁外端的上、下焊接双耳板通过 1 个 20 销栓连接见图 28 (b), 普通螺栓与上、下销栓施工质量等级均为 C 级。钢筋斜拉杆顶端、下撑 60×3.5 钢管底端双耳环是钢筋斜拉杆下端、撑 60×3.5 钢管顶端双耳板的倒角处理, 两者厚度, 孔边净宽一致, 顶(底)端双耳环(板)构造见图 28。同一拉(撑)杆上下(下上)耳环、板和销栓受力相等, 因此, 只需按上拉杆钢筋或下撑钢管最不利轴力和反力进行耳板、销栓和螺栓的连接计算。



(a) 钢筋斜拉杆上拉端连接

(b) 钢筋斜拉杆下拉端连接

上斜拉杆、下撑杆的顶、低端连接构造



双耳拉环（板）的构造

上斜拉杆、下撑杆的上下端连接承受的最大荷载设计值

上斜拉杆、下撑杆顶、底端连接节点设计需按最不利情况考虑，通过前面上拉式或上拉下撑式悬挑承力架的支座反力计算表明，长 2200mm 上拉下撑承力架上拉杆不能正常发挥作用时的支座竖向反力、撑杆压力最大，撑杆下端支座反力与轴力为 $R_x = 15.3\text{kN}$, $R_y = 37.7\text{kN}$, $N_{ax} = 34.7\text{kN}$ （压）；长 1750mm 悬挑承力架的上斜拉杆拉力最大，斜拉杆上支座反力与轴力为 $P_x = 12.1\text{kN}$, $R_y = 26.5\text{kN}$, $N_{ax} = 29.1\text{kN}$ （拉），下撑杆与斜拉杆顶、底端连接节点设计应按这些最不利情形设计。

双耳环（板）强度计算

（1）双耳环（板）的轴心受拉强度计算

参照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011) 公式 5.6.6

计算，应满足：

$$\sigma = \frac{N_t}{A_t} \leq f_t$$

式中 σ —双耳环（板）轴心受拉应力值 (N/mm^2)；

A_t —双耳环（板）净截面面积，双耳环（板）按四个截面计算, A_t

$$= 4 \times b \times t = 4 \times 14.5 \times 10 = 580\text{mm}^2;$$

t —双耳环（板）净截面厚度, $t = 10\text{mm}$;

b —双耳环（板）顺受力方向宽度, $b = 14.5\text{mm}$;

f —双耳环（板）的抗拉强度设计值, 45[#]钢按《优质碳素结构钢》



(GB/T699-2015) 查得屈服强度 $f_k=355\text{N/mm}^2$, 断后伸长率 $\delta=16\%>10\%$, 其力学性能优于 HPB300 钢筋, 这里计算按 HPB30 钢筋性能处理, 查《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010 (2015) 第 9.7.6 条规定, 取 $f=65\text{N/mm}^2$;

N_t —预埋螺栓环承受的轴向拉力设计值 (N), $N_{t\max}=29100\text{N}$ 。

$$\text{于是 } \sigma = \frac{N_t}{A_{n1}} = \frac{29100}{580} = 46.2\text{N/mm}^2 < f = 65\text{N/mm}^2$$

双耳环 (板) 的受拉强度满足要求。

(2) 双耳环 (板) 的轴心受压强度计算

参照《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 公式 7.1.1-2 计算, 应满足:

$$\frac{N}{A_n} \leq f$$

式中 σ —双耳环 (板) 轴心受力应力值 (N/mm^2);

A_n —双耳环 (板) 净截面面积, 双耳环 (板) 按四个截面计算, A_n

$$=4 \times b \times t = 4 \times 14.5 \times 10 = 580\text{mm}^2;$$

t —双耳环 (板) 净截面厚度, $t=10\text{mm}$;

b —双耳环 (板) 顺受力方向宽度, $b=14.5\text{mm}$;

f —双耳环 (板) 的抗压强度设计值, 计算中按 Q235 钢处理, 取 $f=215\text{N/mm}^2$;

N —预埋螺栓环承受的轴向压力设计值 (N), $N_{\max}=40700\text{N}$ 。

于是

$$\frac{N}{A_n} = \frac{40700}{580} = 73.1\text{N/mm}^2 < f = 215\text{N/mm}^2$$

双耳环 (板) 的轴心受压强度计算满足要求。

(3) 双耳环 (板) 的受剪强度计算

双耳环 (板) 承受的剪力设计值 $N_{V\max} = 37.7\text{kN}$ (按照最不利状态), 双耳环 (板) 的受剪承载力设计值为:

$$N_V = A \times f_V = 4 \times b \times t \times f_V$$

式中 N_V —双耳环 (板) 的受剪承载力设计值 (N);

b —双耳环 (板) 每片环 (板) 的宽度, $a=14.5\text{mm}$; t —

双耳环 (板) 每片环 (板) 的厚度, $t=10\text{mm}$;



f —双耳环（板）的抗剪强度设计值，45#钢 $f = 355\text{N/mm}^2$ ，计算中按 Q345 查《钢结构设计标准》（GB50017-2017）表 4.4.1， $f = 175\text{N/mm}^2$ 。
于是

$$N_v = 4 \times b \times t \times f_v = 4 \times b \times t \\ = 4 \times 14.5 \times 10 \times 175 = 101500\text{N} = 101.5\text{kN} > N_{v\max} = 37.7\text{kN}$$

双耳环（板）受剪承载力满足要求。

（4）双耳环（板）的承压强度计算

双耳环（板）的承压力最大值 $N_c = 34.7\text{kN}$ （按照最不利状态），参照《钢结构设计标准》（GB50017-2017）公式 11.4.1-3 计算，应满足：

$$N_c^b = d \sum t f^b$$

式中 N_c^b —双耳环（板）承压强度设计值（N）；

d —销栓杆直径（mm），取 $d = 20\text{mm}$ ；

$\sum t$ —在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值（mm），取

$\sum t = 20\text{mm}$ ；

f^b —销栓杆承压强度设计值， $\Phi 20$ 销栓按 C 级普通螺栓计算，45#钢

$f^b = 355\text{N/mm}^2$ ，

计算中按 Q345 查《钢结构设计标准》（GB50017-2017）表 4.4.6，

$f^b = 385\text{N/mm}^2$ 。

则 $N_c^b = d \sum t f^b = 20 \times 20 \times 385 = 154000\text{N} = 154\text{kN} > N_c = 34.7\text{kN}$

双耳环（板）承压承载力满足要求；双耳环（板）的强度满足受力计算要求。

上端预埋螺栓拉环的螺栓杆受力计算

（1）预埋螺栓拉环的螺栓杆受拉强度计算

45#钢 M20 普通螺栓杆承受的轴心拉力设计值 $N_t = 12.1\text{kN}$ ，螺栓受拉承载力

设计值按《钢结构设计标准》（GB50017-2017）公式 11.4.1-5 计算：

$$N_t^b = \pi d_e^2 f_t^b / 4$$

式中 N_t^b —预埋螺栓杆轴方向受拉承载力设计值（N）；

d_e —预埋螺栓杆在螺纹处的有效直径（mm）， $d_e = 17.6545\text{mm}$ ；

f^b —预埋螺栓杆抗拉强度设计值，C 级普通螺栓查《钢结构设计标准》
(GB50017-2017) 表 4.4.6，按预埋锚栓取 $f^b=170\text{N/mm}^2$ 。

$$\begin{aligned} N_t^b &= \pi d_e^2 f_t^b / 4 = 3.14 \times 17.6545^2 \times 170 / 4 \\ &= 41615\text{N} = 41.615\text{kN} > N_{t\max} = 24.5\text{kN} \end{aligned}$$

45[#]钢 C 级 M20 预埋螺栓拉环的螺栓杆的抗拉承载力满足要求。

(2) 预埋螺栓拉环的螺栓杆受剪强度验算

C 级 M20 预埋普通螺栓拉环的螺栓杆承受的剪力设计值 $N_{v\max}=37.7\text{kN}$ ，其受剪承载力设计值按《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 公式 11.4.1-1 计算：

$$N_v^b = \pi d^2 f^b$$

N_v^b —预埋螺栓杆受剪承载力设计值(N)；

d —预埋螺栓杆直径(mm)，取 $d=20\text{mm}$ ；

f^b —预埋螺栓杆抗剪强度设计值，C 级 M20 预埋普通螺栓查《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 表 4.4.6， $f^b=140\text{N/mm}^2$ 。

$$\begin{aligned} N_v^b &= \pi d^2 f^b / 4 = 3.14 \times 20^2 \times 140 / 4 = 43982\text{N} \\ &= 43.982\text{kN} > N_{v\max} = 37.7\text{kN}, \text{安全。} \end{aligned}$$

(3) 预埋螺栓拉环的螺栓杆同时受拉、剪强度验算

考虑预埋螺栓可梁顶或梁侧预埋，C 级 M20 预埋普通螺栓拉环的螺栓杆同时承受的轴心拉力设计值 $N_{t\max}=12.1\text{kN}$ ，剪力设计值 $N_{v\max}=24.0\text{kN}$ ，其同时受拉、剪承载力设计值按《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 公式 11.4.1-8 计算：

$$[(N_t / N_t^b)^2 + (N_v / N_v^b)^2]$$

$1/2 \leq 1$ 根据前面计算可得：

$$\begin{aligned} [(N_t / N_t^b)^2 + (N_v / N_v^b)^2]^{1/2} &= [(12.1/43.982)^2 + (24.5/41.615)^2]^{1/2} \\ &= 0.641 < 1 \end{aligned}$$

计算结果表明预埋螺栓拉环的螺栓杆同时承受剪力和拉力承载力足够，连接安全。

预埋螺栓拉环的螺栓杆的强度满足受力要求。

销栓连接计算

直径 20 销栓按 C 级普通螺栓设计，应普通螺栓的计算方法进行销栓的抗剪、抗压强度计算。

(1) 销栓抗剪强度计算

每个销栓承受的剪力设计值 $N_{\max}=37.7\text{kN}$ ，其受剪承载力设计值按《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 公式 11.4.1-1 计算：

$$N_v^b = n_v \pi d^2 f$$

式中 N_v^b —销栓杆受剪承载力设计值 (N)；

n_v —受剪面数目，由于销栓是将耳板与钢筋环连接起来，剪切面按最不利考虑，

按 1 个计算，取 $n_v = 1$ ；

d —销栓杆直径 (mm)，取 $d=20\text{mm}$ ；

f^b —销栓杆抗剪强度设计值，C 级 M20 预埋普通螺栓查《钢结构设计标准》

(GB50017-2017) 表 4.4.6， $f^b=140\text{N/mm}^2$ 。

则：
$$N_v^b = n_v \pi d^2 f^b / 4 = 3.14 \times 20^2 \times 140 / 4 = 43982 \text{ N} = 43.982 \text{ kN}$$

$$N_v^b = 43.982\text{kN} > N_{\max} = 37.7\text{kN}$$

销栓抗剪强度满足要求。

(2) 销栓承压强度计算

参照《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 公式 11.4.1-3 计算，应满足：

$$N_c^b = d \sum t f^b$$

式中 N_c^b —销栓承压强度设计值 (N)；

d —销栓杆直径 (mm)，取 $d=20\text{mm}$ ；

$\sum t$ —在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值 (mm)，取

$\sum t = 20\text{mm}$ ；

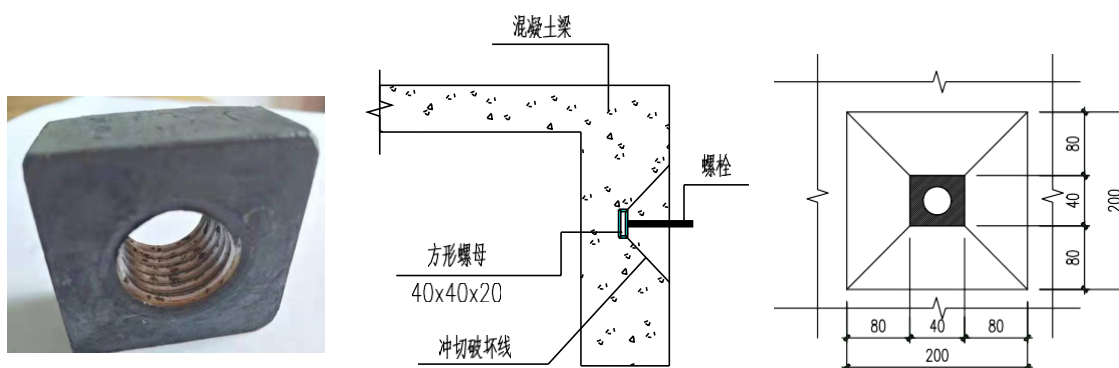
f^b —销栓杆承压强度设计值， $\Phi 20$ 销栓按 C 级普通螺栓计算，按钢筋斜拉杆强度等级 Q235 查《钢结构设计标准》(GB50017-2017) 表 4.4.6， $f^b=305\text{N/mm}^2$ 。

则：
$$N_c^b = d \sum t f^b = 20 \times 20 \times 305 = 122000 \text{ N} = 122\text{kN} > N_{\max} = 37.7\text{kN}$$

销栓承压承载力满足要求，销栓的强度满足受力要求。

混凝土内螺帽对混凝土梁的冲切验算

梁侧预埋悬挑梁斜拉杆上端采用一个内置预埋混凝土的方形螺母螺栓固定，螺母传递螺栓的拉力(上拉杆)或压力(下撑杆)作用给混凝土梁或混凝土墙，方形螺母尺寸为 40x40x20mm。如图 30a 所示，螺母受力简图如图 30b，30c 所示。



(a) 方形螺母

(b) 方形螺母受力简图

(c) 方形螺母冲切锥体示意图

方形螺母受力示意图

参照《混凝土结构规范》(GB50010-2010)2015 公式 6.5.1-1 计算，应满足

$$F_1 \leq 0.7 \beta_h f_t \eta \mu_m h_0$$

式中 F_1 —螺栓最大拉力设计值 (N)；

β_h —截面高度影响系数，当 $h \leq 800\text{mm}$ 时，取 1.0；

f_t —混凝土抗拉强度设计值；

η —影响系数，取 1.0；

μ_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 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长；

h_0 —截面的有效高度，取 $h_0=150\text{mm}$ ；

由图 30 (c) 可知

$$\mu_m = 4 \times (40 + 150) = 760\text{mm}$$

螺栓所受最大拉力设计值 $F_1(\text{max}) = 62.6\text{kN}$

$$f_t > F_1 / 0.7 \beta_h \eta \mu_m h_0$$

$$= 62600 / 0.7 \times 1.0 \times 1.0 \times 760 \times 150$$

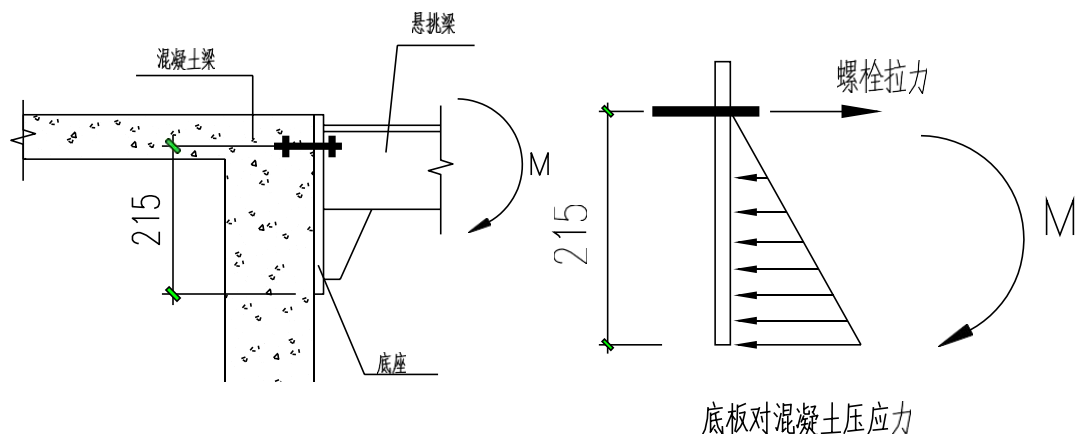
$$=0.78\text{N/mm}^2$$

结构混凝土强度 C30, $f_t = 1.43 > 0.78\text{N/mm}^2$, 满足设计要求, 由《混凝土结构规范》(GB50010-2010) 2015 表 4.1.4 知, C15 混凝土抗拉强 $f_t = 0.91 >$

0.78N/mm^2 , 满足设计要求。因此, 当混凝土强度大于 C15 时, 即可安装拉杆。

悬挑承力架梁端板对混凝土的局部受压承载力验算

当上拉式悬挑梁拉杆失效时, 悬挑梁底座对混凝土梁有一个弯矩 M 的作用, 在弯矩 M 的作用下, 螺栓受拉, 底座下端受压, 按平截面假定, 压应力呈三角形分布, 受力简图和计算简图如图 31 (a), 图 31 (b) 所示。



(a) 梁端在弯矩 M 作用下受力简图

(b) 梁端在弯矩 M 作用下计算简图

参照《混凝土结构规范》(GB50010-2010) 2015 公式 6.2 章有关规定

$$x = h_0 \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b}}$$

x — 相对受压区高度;

h_0 — 有效高度, 取 215mm;

M — 计算截面最大弯矩, $M = 29.0\text{KN}\cdot\text{m}$

α_1 — 系数, 按《混凝土规范》6.2.6 条计算; b — 底座宽度, 取 210mm;

f_c — 混凝土抗压强度设计值, 取 14.3N/mm^2 ;

$$x = h_0 \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b}} = 46.7\text{mm}$$

$$N_{\max} = \alpha_1 f_c b x = 1.0 \times 14.3 \times 210 \times 46.7 = 140 \text{ kN}$$

混凝土局部受压强度可参照《混凝土结构规范》(GB50010-2010)2015，6.6.1，

6.6.2条有关规定进行计算：

$$F_l \leq 1.35 \beta_c \beta_l f_c A_{ln} \quad (6.6.1-1)$$

$$\beta_l = \sqrt{\frac{A_b}{A_l}} \quad (6.6.1-2)$$

式中： F_l ——局部受压面上作用的局部荷载或局部压力设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；在后张法预应力混凝土构件的张拉阶段验算中，可根据相应阶段的混凝土立方体抗压强度 f_{cu} 值按本规范表4.1.4—1的规定以线性内插法确定；

β_c ——混凝土强度影响系数，按本规范第6.3.1条的规定取用；

β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数；

A_l ——混凝土局部受压面积；

A_{ln} ——混凝土局部受压净面积；对后张法构件，应在混凝土局部受压面积中扣除孔道、凹槽部分的面积；

A_b ——局部受压的计算底面积，按本规范第6.6.2条确定。

6.6.2 局部受压的计算底面积 A_b ，可由局部受压面积与计算底面积按同心、对称的原则确定；常用情况，可按图6.6.2取用。

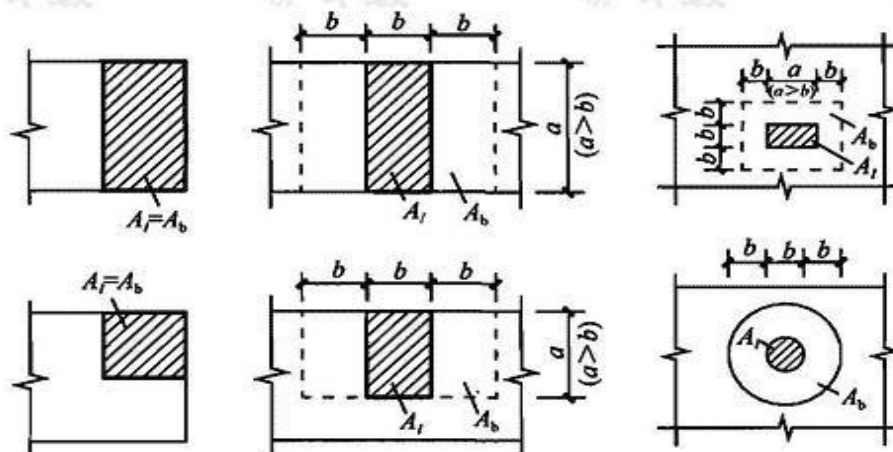


图 6.6.2 局部受压的计算底面积

A_l ——混凝土局部受压面积； A_b ——局部受压的计算底面积

本项目， $a=210\text{mm}$ ， $b=46.7\text{mm}$ 。

$$A_l = a \times b = 9807 \text{ mm}^2$$

$$A_b = (a + 2b) \times 3b = 303.4 \times 140.1 = 42506 \text{ mm}^2$$

$$\beta_{11} = 2.1 \quad \beta_c = 1.0$$

可知，由《混凝土结构规范》(GB50010-2010)2015，6.6.1-1 $f_c >$

$$F_1 / 1.35 \beta_c \beta_{11}$$

$$= 140000 / 1.35 \times 1.0 \times 2.1 \times 9807$$

$$= 5 \text{ N/mm}^2$$

因此，当混凝土强度为 $f_c > 5 \text{ N/mm}^2$ 时，满足结构要求，由《混凝土结构规范》(GB50010-2010)2015 表 4.1.4 知，C15 混凝土 $f_c = 7.2 \text{ N/mm}^2 > 5 \text{ N/mm}^2$ 因此当混凝土强度达到 C15 时，能够满足局部承压要求，且尚有余量。

由 13.2.5, 13.2.6 可知，当混凝土强度达到 C15 时，即可搭设架体，斜拉杆和安装钢梁。

梁侧悬挑承力架传给主体结构荷载值

(1) 上拉式(单拉杆长 1230mm、1530mm(凸窗)、1530mm(无凸窗)、1750mm(凸窗)、1750mm(无凸窗)悬挑承力架钢筋斜拉杆上端 F 点的支座反力反向作用在上层主体结构外围梁上，也就是钢筋斜拉杆上端传给建筑物主体结构混凝土墙、柱、梁外围的荷载值。令钢筋斜拉杆上端传给上层主体结构外围梁的垂直集中荷载设计值为 $P_{\text{上层 Y1.2.3}}$ 水平集中荷载设计值为 $P_{\text{上层 X1.2.3}}$ (有楼板作用时可不验算)。悬挑梁传给本层主体结构外围梁的垂直集中荷载设计值为 $P_{\text{本层 Y1.2.3}}$ 水平集中荷载设计值为 $P_{\text{本层 X1.2.3}}$ (有楼板作用时可不验算)

(2) 当上拉式承力架施工过程中可能出现某种突发状况导致钢筋斜拉杆未参与工作时，此时两根立杆传来的上部钢管脚手架荷载将全部由悬挑型钢梁单独全部承受，此时长 1230mm、1530mm(凸窗)、1530mm(无凸窗)、1750mm(凸窗)、1750mm(无凸窗)工字钢悬挑梁传给本层建筑物主体结构混凝土墙、柱、梁最不利工况。此时工字钢悬挑梁连接端为固定端的支座反力反向作用在本层主体结构

外围梁上，也就是工字钢悬挑梁固定端传给建筑物主体结构外围梁的荷载值。令工字钢悬挑梁固定端传给本层主体结构外围梁上的垂直集中荷载设计值为 Q 本层 Y1.2.3，弯矩荷载设计值为 T 本层 1.2.3（即本层梁扭矩）。

（3）上拉下撑式承力架长 1830mm，2200mm 悬挑承力架钢筋斜拉杆上端 F 点支座反力反向作用在上层主体结构外围梁上，也就是钢筋斜拉杆上端传给建筑物主体结构混凝土墙、柱、梁外围的荷载值。令钢筋斜拉杆上端 F 点传给上层主体结构外围梁的垂直集中荷载设计值为 P 上层 Y4.5，水平集中荷载设计值为 P 上层 X4.5。

（有楼板作用时可不验算）。悬挑梁传给本层主体结构外围梁的垂直集中荷载设计值为 P 本层 Y4.5 水平集中荷载设计值为 P 本层 X4.5（有楼板作用时可不验算）。下撑杆传给下层主体结构外围梁的垂直集中荷载设计值为 P 下层 Y4.5 水平集中荷载设计值为 P 下层 X4.5（有楼板作用时可不验算）

（4）当上拉下承式承力架施工过程中可能出现某种突发状况导致钢筋斜拉杆未参与工作时，两根立杆传来的上部钢管脚手架荷载将全部由悬挑型钢梁及下承杆承受，此时长 1830mm，2200mm 工字钢悬挑梁传给本层建筑物主体结构及下承杆传给下层建筑物主体结构为最不利工况。工字钢悬挑梁连接端的支座反力反向作用在本层主体结构外围梁上，下撑杆支座反力反向作用在下层主体结构上也就是工字钢悬挑梁固定端传给建筑物主体结构外围梁的荷载值。令工字钢悬挑梁传给本层主体结构外围梁上的垂直集中荷载设计值为 Q 本层 Y4.5，水平集中荷载 Q 本层 X4.5。令下撑杆传给下层主体结构外围梁上的垂直集中荷载设计值为 R 下层 Y4.5，水平集中荷载设计值为 R 下层 X4.5（有楼板作用时可不验算）。

根据《建筑施工悬挑式钢管脚手架安全技术规程》DGJ32/J 121-2011 第 5.2.1.6 条和第 5.2.2 条规定，为安全起见，应取平面布置图所示荷载布置图对主体结构外围梁的承载力进行验算。详见表 9。

表9 承力架传给主体结构荷载值设计值表

荷载作用位置			荷载设计值	1230mm	1530mm	2200mm
上拉式	拉杆 正常工作 状态	上层	$P_{\text{上层Y1.2.3}}$	21.6	26.5	—
			$P_{\text{上层X1.2.3}}$	6.6	9.7	—
		本层	$P_{\text{本层Y1.2.3}}$	12.5	4.9	—
			$P_{\text{本层X1.2.3}}$	6.6	9.7	—
	拉杆 失效 状态	本层	$Q_{\text{本层Y1.2.3}}$	21.4	21.4	—
			$T_{\text{本层X1.2.3}}$	19.1	29	—
上拉 下撑式	拉杆 正常工作 状态	上层	$P_{\text{上层Y4.5}}$	—	—	21.8
			$P_{\text{上层X4.5}}$	—	—	12.9
		本层	$P_{\text{本层Y4.5}}$	—	—	6.9
			$P_{\text{本层X4.5}}$	—	—	40.5
		下层	$P_{\text{下层Y4.5}}$	—	—	7
			$P_{\text{下层X4.5}}$	—	—	2.4
	拉杆 失效 状态	本层	$Q_{\text{本层Y4.5}}$	—	—	46.1
			$Q_{\text{本层X4.5}}$	—	—	15.3
		下层	$R_{\text{下层Y4.5}}$	—	—	37.8
			$R_{\text{下层X4.5}}$	—	—	45.3

注:

1. 表中 P, Q, R 单位为 KN, T 单位为 $\text{KN} \cdot \text{m}$ 。
2. 表中数值, x 方向为正表示力的方向向右, y 方向为正表示力的方向向下。
3. $P_{\text{上层Y1.2.3}}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁的上拉杆传给上层的竖向荷载;
4. $P_{\text{上层X1.2.3}}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁的上拉杆传给上层的水平荷载 (有楼板时可不考虑);
5. $P_{\text{本层Y1.2.3}}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁的悬挑梁传给本层的竖向荷载;
6. $P_{\text{本层X1.2.3}}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁的悬挑梁传给本层的水平荷载 (有楼板时可不考虑);
7. $P_{\text{上层Y4.5}}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的上拉杆传给上层的竖向荷载;
8. $P_{\text{上层X4.5}}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的上拉杆传给上层的水平荷载 (有楼板时可不考虑);
9. $P_{\text{本层Y4.5}}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的悬挑梁传给本层的竖向荷载;
10. $P_{\text{本层X4.5}}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的悬挑梁传给本层的水平荷载 (有楼板时可不考虑);
11. $P_{\text{下层Y4.5}}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的下撑杆传给下层的竖向荷载;



12. $P_{\text{下层 } X4.5}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的下撑杆传给下层的水平荷载（有楼板时可不考虑）；
13. $Q_{\text{本层 } Y1.2.3}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁传给本层的竖向荷载；
14. $Q_{\text{本层 } X1.2.3}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁传给本层的水平荷载（有楼板时可不考虑）；
15. $Q_{\text{本层 } Y4.5}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁传给本层的竖向荷载；
16. $Q_{\text{本层 } X4.5}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁传给本层的水平荷载（有楼板时可不考虑）；
17. $T_{\text{本层 } 1.2.3}$ 表示上拉式悬挑架型钢梁的型钢梁传给本层的梁的不利扭矩；有楼板约束时参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 折减；
18. $R_{\text{下层 } Y4.5}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的下撑杆传给下层的竖向荷载；
19. $R_{\text{下层 } X4.5}$ 表示上拉下撑式悬挑架型钢梁的下撑杆传给下层的水平荷载（有楼板时可不考虑）。
20. 对于小于 500mm 的悬挑型钢梁只考虑竖向荷载 10kN，扭矩 5.0kN.m。
21. 对于平面布置图中的其它长度按照上表插值计算。
22. 表中数据为设计值，设计单位验算原结构时应根据实际情况按标准值进行验算，标准值与设计值转换系数可为 1.35。