

# 海淀区商业综合楼工程脚手架设计

## 施工方案

编制单位：北京城建二公司

编 制 人：沈良平

【评语】这是一份优秀的外架施工方案。本方案能结合工程结构特点编制，思路清楚，行文流畅，各项技术参数准确、详细，保证措施齐全，图纸也细致、到位，有针对性，能够指导现场施工。本方案有较高的参考价值。



## 1 编制依据

### 1.1 施工图纸

施工图纸

表 1-1

图纸名称	图纸内容	工程号	归档日期	设计单位
海淀区商业综合楼施工图纸	建施 7~17, 建施 33~63			中国建筑设计研究院
	结施 4~12, 结施 14、17、18、20、23、24、27、28、结施 30~36、38、40~42、44、45~60			

### 1.2 主要规范、规程

主要规范、规程表

表 1-2

序号	规范、规程名称	发布日期	施行日期	规范规程编号
1	建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范	1991.1	2001.6	JGJ 130-2001
2	建筑施工高处作业安全技术规范	1992.01	1992.08.01	JGJ 80-91
3	建筑施工安全检查标准	1999.03	1999.05.01	JQJ 59-99

### 1.3 施工组织设计

施工组织设计表

表 1-3

施组名称	编制日期	编制人
×××综合楼施工组织设计	2001.09	

### 1.4 参考手册



参考手册表

表 1-4

序号	规范、规程名称	发布日期
1	建筑施工手册	1991.1
2	简明施工计算手册	1999.7
3	实用建筑施工安全手册	1999.7
4	建筑施工脚手架实用手册	1994.5

## 2 工程概况

### 2.1 工程简介

工程简介表表

表 2-1

序号	项目	内容
1	工程名称	×××综合楼
2	工程地址	北京市海淀区彩和坊路
3	建设单位	北京海淀科技园建设股份有限公司
4	设计单位	建设部建筑设计院
5	监理单位	京兴建设监理公司
6	监督单位	北京市海淀区质量监督站
7	施工单位	
8	基本情况	工期
		707 天
		质量目标
		结构长城杯，竣工鲁班奖
9	工程概况	建筑规模
		占地面积 19470m <sup>2</sup>
		建筑面积 82340m <sup>2</sup>
		层数 地上 16 层，地下 3 层
		建筑檐高 60.93m
		标高 ±0.000 53.00 室外 52.3 基底 -13.2
		建筑功能 写字楼、商业建筑
		结构类型 框架-剪力墙
		基础形式 筏板基础



## 2.2 各层层高及高度变化

各层层高及高度变化

表 2-2

层 号	层 高 (m)	楼地面标高 (m)	距地面高度 (m)
D3	3.95	-12.00	-11.92
D2	3.40	-8.05	-7.97
D1	4.57	-4.65	-4.57
1	5.03	-0.08	<b>0.00</b>
2	4.20	4.95	5.03
3	4.20	9.15	9.23
4	4.20	13.35	13.43
5	3.50	17.55	17.63
6	3.50	21.05	21.13
7	3.50	24.55	24.63
8	3.50	28.05	28.13
9	3.50	31.55	31.63
10	3.50	35.05	35.13
11	3.50	38.55	38.63
12	3.50	42.05	42.13
13	3.80	45.55	45.63
14	3.50	49.35	49.43
15	3.95	52.85	52.93
16(机房)	4.05	56.80	56.88
机房顶板		60.85	60.93

## 2.3 各楼层平面变化情况

此脚手架主要用于 $\pm 0.00$ 以上的建筑部分,所以方案仅考虑地面以上建筑的楼层变化情况。

主楼部分:一层南侧从地下一层(D1)下沉广场局部向北缩进 8.1m、大部向北缩进 5.2m,其北侧从地下一层局部向南缩进 20.4m、大部向南缩进 17.5m;二~十三层顶板的平面形式及位置与一层的平面形式及位置没有变化;十四~屋顶层的平面形式大部由规则矩形变为弧形、但少部仍保留为规则矩形。



裙房部分：一层南侧从地下一层(D1)下沉广场整体向北缩进 8.1m，其北侧从地下一层局部向南缩进 20.4m、大部向南缩进 12.0m，靠主楼两侧有上空部分；二层的平面形式及位置与一层相似；三层南侧与一、二层没有变化，其北侧从二层大部向南缩进 8.1m，靠主楼两侧有上空部分；四层南侧也与一、二层没有变化，其北侧从三层整体向南缩进 16.2m；五层仅有两个裙房核心筒。

详细变化请参见附图 001~006。

### 3 施工部署

#### 3.1 安全防护领导小组

安全生产、文明施工是企业生存与发展的前提条件，是达到无重大伤亡事故的必然保障，也是我项目部创建“文明四区”、“样板工地”的根本要求。为此经理部成立以生产副经理为组长的安全防护领导小组，其机构组成、人员编制及责任分工如下：

组 长：×××（生产副经理）——负责协调工作。

副组长：×××（主任工程师）——技术总部署；

×××（工程部长）——现场施工总指挥。

组 员：沈良平（技术部长）——方案编制、技术交底；

×××（段长）——东西两段现场施工协调；

×××（安全员）——现场施工指挥、质量检查；

×××（四川架子队）——负责现场具体施工。

#### 3.2 设计总体思路

结合本工程结构形式、实际施工特点，建筑物四周搭设落地式、全



高全封闭的扣件式双排钢管脚手架。此架为一架三用，既用于结构施工和装修施工，同时兼作安全防护。荷载按装修荷载考虑，要求 3 层同时作业。根据设计单位提供的顶板承载极限值（活荷载  $5\text{kN/m}^2$ 、恒荷载  $6\text{kN/m}^2$ ）要进行顶板承载验算，若不满足要求，则须在地下一～三层的相应部位设回撑用的碗扣式钢管脚手架支撑。

主楼南侧、北侧的脚手架搭设在地下一层（D1）顶板上，高度为 62.50m。与裙房相邻的主楼东、西两侧的脚手架搭设在裙房地下一层（D1）和地上四层的顶板上，与南、北两侧的脚手架组成同高、封闭式的筒状。

裙房南侧的脚手架与主楼同侧的脚手架同排、同形式搭设，其高度为 19.20m。裙房北侧一～二层的脚手架也与主楼同侧的脚手架同排、同形式搭设，其高度为 10.80m；三层的脚手架则搭设在二层顶板上，四层的搭设在三层顶板上，高度均为 5.70m，并且两层分别向南缩进，与主楼的脚手架连接为整体；五层核心筒的脚手架搭设在四层顶板上，高度为 5.00m，并独立围成筒状。

建筑物的东、西两侧若要搭设上述落地式扣件钢管脚手架，则必须待地下室外墙防水和肥槽土方回填两个分项工程完毕后方可进行。为此在东、西两侧搭设临时性用的扣件式钢管悬挑脚手架，高度为 15.00m，每层均设置水平悬挑杆，供地上一～三层结构施工用。待肥槽土方回填完毕后，拆除上述悬挑脚手架及其支护，再搭设高度为 62.5m 的落地式、全高全封闭的扣件式双排钢管脚手架，详见附图 007～附图 010。

在建筑物的十四～十六层，于落地架的内部再搭设弧形碗扣式双排钢管脚手架，支立于十三层的顶板上，高度为 11.50m，并兼作屋顶层顶



板的模板支撑体系。

脚手架搭设形式分成两部分。主楼部位的脚手架 35m 以下的采用双排双立杆，35~62.5m 的采用双排单立杆。裙房部位的脚手架均采用双排单立杆。立杆距结构外沿 0.35m，排距（横距）为 1.1m、柱距为 1.55m，大横杆步距为 1.80m。

#### 4 构造要求及技术措施

##### 4.1 扣件式钢管脚手架的构造要求及技术措施

###### 4.1.1 地基处理

肥槽回填土采用 2:8 灰土分层夯实，密实度采用环刀取样进行试验，表面用 C10 混凝土进行硬化，厚度为 10cm。东、西两侧外脚手架以硬化的回填土作为基础，南、北两侧外脚手架则以地下一层顶板作为基础，所有的基础必须平整。基础上、底座下设置垫板，其厚度不小于 5cm，布设必须平稳，不得悬空。并在东、西两侧距脚手架外立杆 50cm 处设一浅排水沟（做法见附图 012 所示）。

###### 4.1.2 立杆

主楼 35m 以下脚手架采用双排双立杆，35m 以上脚手架采用双排单立杆，南、北两侧的裙房采用双排单立杆。

立杆顶端高出结构檐口上皮 1.5m，双立杆应采用双管底座、单立杆应采用单管底座（现场制作，构造见附图 012 所示）。

立杆接头采用对接扣件连接，立杆与大横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 60cm。



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。主立杆与辅立杆采用旋转扣件连接，扣件数量不应少于 2 个，见附图 012 所示。

#### 4.1.3 大横杆

大横杆置于小横杆之下，在立柱的内侧，用直角扣件与立柱扣紧；其长度大于 3 跨、不小于 6m，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 50cm，各接头距立柱的距离不大于 50cm，见附图 012 所示。

#### 4.1.4 小横杆

每一立杆与大横杆相交处（即主节点），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的距离不大于 15cm。小横杆间距应与立杆柱距相同，且根据作业层脚手板搭设的需要，可在两立柱之间再等间距设置增设 1~2 根小横杆，其最大间距不大于 75cm。

小横杆伸出外排大横杆边缘距离不小于 10cm；伸出里排大横杆距结构外边缘 15cm，且长度不大于 44cm。但方案中主楼部位同步内有 29 根小横杆超过这一限制，要在作业层采取钢管三角斜撑的方式予以加固。上、下层小横杆应在立杆处错开布置，同层的相邻小横杆在立柱处相向布置，见附图 012 所示。



#### 4.1.5 纵、横向扫地杆

纵向扫地杆采用直角扣件固定在距底座下皮 20cm 处的立柱上，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。北侧裙房顶板存在较大高差，则将高处的纵向扫地杆向低处延长两跨与立柱固定。靠边坡的立柱轴线到边坡的距离不小于 50cm，并对此立杆采取双向斜拉加固措施，见附图 012 所示。

#### 4.1.6 剪刀撑

本脚手架采用剪刀撑与横向斜撑相结合的方式，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。双立杆部位采用双杆通长剪刀撑，单立杆部位则采用单杆通长剪刀撑。

剪刀撑每 6 步 4 跨设置一道，斜杆与地面的夹角在  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$  之间。斜杆相交点处于同一条直线上，并沿架高连续布置。剪刀撑的一根斜杆扣在立柱上，另一根斜杆扣在小横杆伸出的端头上，两端分别用旋转扣件固定，在中间增加 2~4 个扣结点。所有固定点距主节点距离不大于 15cm。最下部的斜杆与立杆的连接点距地面的高度控制在 30cm 内。

剪刀撑的杆件连接采用搭接，其搭接长度  $\geq 100\text{cm}$ ，并用不少于 2 个旋转扣件固定，端部扣件盖板的边缘至杆端的距离  $\geq 10\text{cm}$ 。

横向斜撑搭设在主楼脚手架部位，在同节内、由底至顶层呈“之”字型、在里、外排立柱之间上下连续布置，斜杆应采用旋转扣件固定在与之相交的立柱或横向水平杆的伸出端上。除拐角处设横向斜撑外，中间应每隔 6 跨设置一道。

#### 4.1.7 脚手板

脚手板采用松木、厚 5cm、宽 35~45cm、长度不少于 3.5m 的硬木板。在作业层下部架设一道水平兜网，随作业层上升，同时作业不超过两层。首层满铺一层脚手板，以上每隔六层也要满铺一层脚手板，并设置安全网及防护栏杆。

脚手板设置在 3 根横向水平杆上，并在两端 8cm 处用直径 1.2mm 的镀锌钢丝箍绕 2~3 圈固定。当脚手板长度小于 2m 时，可采用两根小横杆，并将板两端与其可靠固定，以防倾翻。

脚手板应平铺、满铺、铺稳，接缝中设两根小横杆，各杆距接缝的距离均不大于 15cm，构造见附图 012 所示。靠墙一侧的脚手板离墙的距离不应大于 15cm。拐角处两个方向的脚手板应重叠放置，避免出现探头及空挡现象。

#### 4.1.8 连墙件

连墙件采用刚性连接，垂直间距为 3.60m、水平间距为 4.05m。连墙杆用  $\phi 48 \times 3.5$  的钢管，它与脚手架、建筑物的连接采用直角扣件。

在结构每一外框架柱处设一组双杆箍柱式拉杆与框架柱拉结，见附图 012 所示。在顶板上两框架柱间中点处，距结构外皮 1.5m 处预埋 HRB335  $\phi 25$  钢筋（加工尺寸与悬挑架预埋件相同），用  $\phi 48 \times 3.5$  的钢管与脚手架可靠拉结。十四层以上没有框架柱的地方则以圆柱代替，同时在两圆柱中间增设一道上述拉结。在脚手架的转角处，于框架柱上双向设置上述箍柱式拉杆。在建筑物的首层设置两道连墙件。

连墙件横竖向顺序排列、均匀布置、与架体和结构立面垂直，并尽



量靠近主节点（距主节点的距离不大于 30cm）。连墙杆伸出扣件的距离应大于 10cm。底部第一根大横杆就开始布置连墙杆，靠近框架柱的小横杆可直接作连墙杆用。

#### 4.1.9 防护设施

脚手架要满挂全封闭式的密目安全网。密目网采用  $1.8 \times 6.0\text{m}$  的规格，用网绳绑扎在大横杆外立杆里侧。作业层网应高于平台 1.2m，并在作业层下步架处设一道水平兜网。在架内高度 3.6m 处设首层平网，往上每隔五步距设隔层平网，施工层应设随层网。

作业层脚手架立杆于 0.6m 及 1.2m 处设有两道防护栏杆，底部侧面设 18cm 高的挡脚板。

#### 4.1.10 卸荷装置

卸载层设在第九层（距地面高度 31.63m）和第十四层（距地面高度 49.43m），其卸载方式为不明确卸载，即脚手架立杆在此处不断开，一直搭上去。

卸载装置采用  $6 \times 19$ 、 $\phi 15.5$  的钢丝绳配合卡环与梁上对拉螺栓孔拉结，卸荷吊点间距不大于一个柱距（8.1m）、距结构外皮 1.5m，钢丝绳与螺栓孔接触部位垫橡胶等柔性材料。卸荷钢丝绳采用骑马式卡扣固定端头，每个固定点不少于 3 个卡扣（同向），钢丝绳自由端回扣至端头卡扣内，搭接钢丝绳亦采用此种方式。

卸载能力按其承载力的一半分配上部荷载，且不超过上部荷载的  $1/3$ 。其撑拉节点必须满足传力要求，并经过荷载试验确保安全后方可应



用到工程上（详卸荷验算）。

#### 4.1.11 人行马道

人行马道设在结构的西侧①～②轴和东侧⑪～⑫间，采用“之”字形、坡度 1:3、宽度 1.75m，以连接上下两结构面层（见附图 011 所示）。

马道脚手板采用顺铺、接头搭接，下面的板头应压住上面的板头，板头的凸棱处应用三角木填顺，每隔 30cm 设置一根防滑木条，木条规格为 2cm×4cm（厚度×宽度）。马道转角处设置休息平台，宽度大于 1.80m。

斜道两侧及平台外围均必须设置栏杆及挡脚板。栏杆设置两道，高度分别为 0.6m 和 1.2m，挡脚板高度不小于 15cm，外侧用密目式安全立网封闭。

#### 4.2 临时用的悬挑钢管脚手架的构造要求及技术措施

悬挑脚手架采用一拉一撑式，全部使用  $\phi 48 \times 3.5$  的钢架管扣件连接，由水平挑杆（长 3.5～4.0m，用  $\phi 25$  钢筋制作的卡环将其预埋在楼面现浇顶板内）和钢丝绳（用脚手架卸荷用的 6×19、 $\phi 15.5$  的钢丝绳临时代替，距结构外皮 1.5m 处与梁上对拉螺栓孔拉结）组成承力架，然后在承力架上向上搭设双排单立杆。搭设到上一层时再设一根斜支撑杆顶撑于下层的大横杆上，操作架的内、外立杆分别与水平杆、斜撑用扣件连接，具体做法参见附图 011 所示。

该悬挑架仅供地上三层施工用，搭设高度为 15.00m。内立杆距结构外皮 0.35m，横距 1.2m、纵距 1.5m、大横杆步距 1.8m。脚手板用 50mm



厚松木板铺设，连墙件与框架柱可靠连接，其竖向间距 3.6m。除没有卸荷装置和人行马道外，其余构造要求与扣件式钢管脚手架相同。

#### 4.3 弧形碗扣式钢管脚手架的构造要求及技术措施

碗扣架既作为十四~十六层施工用的脚手架，同时兼作屋顶层顶板模板的支撑体系，并与结构内的满堂红碗扣架可靠连接。其构造尺寸为  $0.9\text{m} \times 0.9\text{m} \times 1.2\text{m}$ （外排立杆纵距  $\times$  立杆横距  $\times$  横杆步距），架子搭设高度为 11.5m。

由于弧形的特殊性，要保证相对应立杆的横距一致，则内外排立杆的纵距是不一样的。按图纸，弧形碗扣架的内、外排立杆间距计算见表 4 - 1。

内、外排立杆间距计算

表 4 - 1

序号	结构外皮半径	外立杆弧形部分		内立杆弧形部分		
		弧形半径	立杆间距	弧形半径	立杆计算间距	小横杆长度
1	5287	6537	900	5637	776	$\geq 1100$
2	8428	9678		8778	816	
3	20224	21474		20574	862	
4	47150	48400		47500	883	

外排架小横杆采用长 0.9m、 $\phi 48 \times 3.5$  的碗扣钢管，内排架小横杆采用长  $\geq 1.1\text{m}$ 、 $\phi 48 \times 3.5$  的扣件式钢管，在同排立杆间的每个接头处隔框全高设置斜杆，它和立杆的连接相同于立杆和横杆的连接。斜杆应装成节点斜杆，即斜杆接头同横杆接头装在同一碗扣接头内。对于装有四个横杆接头的中间立杆，不能设置碗扣式节点斜杆，用钢管和扣件代替。

#### 4.4 卸料平台的构造

从经济、实用的角度考虑，卸料平台设计为悬挑式型钢平台，东西两段各制作 2 个，规格为  $5.0\text{m} \times 4.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高）悬挑长度为  $3.0\text{m}$ 。平台上要设有限定荷载标牌，本工程卸料平台限重为  $1.5\text{t}$ 。

主梁、次梁分别采用 I 10 工字钢、[10 槽钢，所有构件均为螺栓连接，即为铰接。防护栏采用  $\phi 48 \times 3.5$  钢管，分别在高  $75\text{cm}$ 、 $150\text{cm}$  处设立两道，并与四周工字钢焊接。四周工字钢外侧面及防护栏均刷红白相间的油漆标识，并满布密目安全网。平台每侧设两根  $6 \times 19$ 、 $\phi 20.0$  钢丝绳，每根绳设夹具不少于 3 个。钢丝绳与卸料平台钢管架接触处垫橡胶胶皮，以缓冲钢丝绳的拉力。钢丝绳通过梁上侧模对拉螺栓孔拉结，但两根钢丝绳不得拉结于同一个对拉螺栓孔，并且预留的梁上预留的孔洞要保证能让上述钢丝绳穿过。平台底面设  $5\text{cm}$  厚的脚手板，满铺、铺牢、两端用 8 号镀锌钢丝捆紧，并在四周设  $18\text{cm}$  高的踢脚板。

卸料平台自六~十四层每层东西两段各设一个，均位于 ⑤轴~⑧轴间。两层之间水平方向错开  $2.6\text{m}$ ，奇数层时远离 ⑤轴  $9.65\text{m}$ ，偶数层时靠近 ⑤轴  $2.05\text{m}$ ，并要注意与脚手架立杆错开搭设。距建筑结构外皮  $75\text{cm}$  和  $150\text{cm}$  处分设三个预埋件，其具体位置和加工尺寸见附图 011 所示。

#### 4.5 脚手架出入口的构造

该出入口设在 ⑨轴~⑩轴之间，挑空两根立杆、跨越三步三跨，大小为  $4.5\text{m} \times 5.4\text{m}$ （宽 $\times$ 高）。出入口处再搭设  $6.0\text{m} \times 4.5\text{m} \times 6.0\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高）的防护棚，上铺  $5\text{cm}$  厚的双层脚手板，见附图 011 所示。



在出入口两侧的内、外排单立杆处分别增设一根辅立杆，并高于门洞口 1~2 步，立柱用短管斜撑相互联系。上方悬空立柱处增加两根斜杆，斜杆与各主节点相交处用扣件固定。洞口上方增设两道横向支撑，应伸出斜腹杆的端部，以保证立柱悬空处的整体性。门洞两侧分别增加两根斜腹杆，并用旋转扣件固定在与之相交的小横杆的伸出端上，旋转扣件中心线至主节点的距离在 15cm 内。当斜腹杆在 1 跨内跨越 2 个步距时，应在相交的大横杆处增设一根小横杆，将斜腹杆固定在其伸出端上；斜腹杆宜采用通长杆件，必须接长时用对接扣件连接（构造方式见附图 011 所示）。

#### 4.6 主楼核心筒电梯井模板支撑架的构造

考虑方便施工和节约成本这两个因素，本电梯井模板支撑架采用扣件式钢管脚手架搭设。利用电梯井中部设有的一根次梁和模板的穿墙螺栓孔来卸荷、同时兼顾固定脚手架以增加它的稳定性。

### 5 安全防护措施

#### 5.1 后浇带安全支护措施

由于落地架有部分需搭设在后浇带处，需加固垫座以承受脚手架的上部荷载。采用两个长 2.0m 左右的 [8 槽钢背向点焊加工成工字钢，两端用 HRB335 $\phi$ 25 的小钢筋头满焊制作而成（参见附图 012 所示），以此作为脚手架的基础。

#### 5.2 电梯井洞口防护措施

电梯井口设置不低于 1.2m 高的开启式防护门，用 $\phi$ 12 的螺纹钢筋、



按水平间距 30cm、竖向间距 40cm 焊制而成（见附图 012 所示），并在防护门上要刷漆、上锁、挂牌。

电梯井筒内每隔一层在入口处设置一个用  $\phi 25$  钢筋、钢管及木板搭设的平台，中间一层用钢筋支托安全网一道，网上及平台上均不得存有杂物。电梯井内不准做垂直运输通道或垃圾通道。

### 5.3 结构临边防护措施

在结构四周边线内 50cm 处设置全封闭式护身栏，使用材料均采用  $\phi 48 \times 3.5$  钢管。其高度不低于 1.2m、立杆间距不大于 2.5m、竖向每隔 0.6m 设一道通长大横杆、每隔一根立杆设一道三脚架（具体构造见附图 012 所示）。

沿钢管长度方向刷红白间隔的油漆、挂醒目标志牌；护身栏杆四周满挂密目安全网、白天设警示牌、夜间设红色标志灯；临边四周 1m 范围内不准堆料、停放机具。

### 5.4 楼梯间防护措施

楼梯的侧边利用脚手架做安全防护，架子立管从梯井内搭设，侧边沿楼梯坡度方向做一道 1.2m 高的护身栏，侧边底部设 18cm 高的挡脚板。

### 5.5 塔吊基坑防护措施

在建筑物东、西两侧的塔吊基坑四周用钢管搭设高度不小于 1.2m 的防护棚、侧边设置塔吊入口、棚内满铺脚手板，并挂好警告标志（见附图 012 所示）。



## 5.6 防雷避电措施

采用避雷针与大横杆连通、接地线与整幢建筑物楼层内避雷系统连成一体的措施。

避雷针共设置 4 根避雷针，避雷针采用  $\phi 12$  镀锌钢筋制作，高度不小于 1m，设置在脚手架四角立杆上，并将所有最上层的大横杆全部连通，形成避雷网络。

接地线采用  $40 \times 4$  的镀锌扁钢，将立杆与整幢建筑物楼层内避雷系统连成一体。接地线的连接应保证接触牢靠，与立杆连接时应用 2 道螺栓卡箍连接，螺钉加弹簧垫圈以防松动并保证接触面不小于  $10\text{cm}^2$ ，并将表面油漆及氧化层清除，露出金属光泽并涂以中性凡士林。

接地线与建筑物楼层内避雷系统的设置按脚手架的长度不超过 50m 设置 1 个，位置不得选在人们经常走到的地方以避免跨步电压的危害，防止接地线遭机械伤害。两者的连接采用焊接，焊接长度应大于 2 倍的扁钢宽度。焊完后再用接地电阻测试仪测定电阻，要求冲击电阻不大于  $10\Omega$ 。同时应注意检查与其他金属物或埋地电缆之间的安全距离（一般不小于 3m）以免发生击穿事故。

## 6 脚手架的搭设及拆除施工工艺

### 6.1 落地式钢管脚手架搭设施工工艺

落地脚手架搭设的工艺流程为：场地平整、夯实 → 基础承载实验、材料配备 → 定位设置通长脚手板、钢底座 → 纵向扫地杆 → 立杆 → 横向扫地杆 → 小横杆 → 大横杆（搁栅） → 剪刀撑 → 连墙杆



→铺脚手板→扎防护栏杆→扎安全网→……

定距定位。根据构造要求在建筑物四角用尺量出内、外立杆离墙距离，并作好标记。用钢卷尺拉直，分出立杆位置，并用小竹片点出立杆标记。垫板、底座应准确地放在定位线上，垫板必须铺放平稳，不得悬空；双管立柱应采用双管底座，底座下垫枕木，并垂直于墙面设置。

在搭设首层脚手架的过程中，沿四周每框架格内设一道斜支撑，拐角处双向增设，待该部位脚手架与主体结构的连墙件可靠拉结后方可拆除。当脚手架操作层高出连墙件两步时，应采取临时稳定措施，直到连墙件搭设完毕后方可拆除。

双排架宜先立里排立杆，后立外排立杆。每排立杆宜先立两头的，再立中间的一根，互相看齐后，立中间部分各立杆。双排架内、外排两立杆的连线要与墙面垂直。立杆接长时，宜先立外排，后立内排。

其余组件的搭设要求参见构造要求。

## 6.2 悬挑式钢管脚手架的搭设施工工艺

悬挑脚手架的搭设顺序为：水平挑杆→纵向扫地杆→立杆→横向扫地杆→……，其后的搭设顺序与落地架相同。

## 6.3 碗扣式钢管脚手架的搭设施工工艺

### 6.3.1 碗扣架的组装方法 and 要求

根据布架设计，在顶板上先铺设通长的脚手板，在脚手板上安放立杆底座，然后将立杆插在其上，采用 3.0m 和 1.8m 二种不同长度立杆相互交错、参差布置，上面各层均采用 3.0m 长立杆接长，顶部再用 1.8m 长立杆找齐。



在装立杆时应及时设置扫地横杆，将所装立杆连成一体，以保证立杆的整体稳定性。立杆同横杆的连接是靠碗扣接头锁定，连接时，先将上碗扣滑至限位销以上并旋转，使其搁在限位销上，将横杆接头插入下碗扣，待应装横杆接头全部装好后，落下上碗扣并预锁紧。

碗扣式脚手架的底层组架最为关键，其组装的质量直接影响到整架的质量，因此，要严格控制搭设质量。当组装完两层横杆后，首先应检查立杆的位置正确、调整水平框架的直角度和纵向直线度；其次应检查横杆的水平度，并通过调整立杆可调座使横杆间的水平偏差小于 $1/400L$ ；同时应逐个检查立杆底脚，并确保所有立杆不浮地松动。当底层架子符合搭设要求后，检查所有碗扣接头，并锁紧。在搭设过程中，应随时注意检查上述内容，并及时予以调整。

立杆的接长是靠焊于立杆顶端的连接管承插而成。立杆插好后，使上部立杆底端连接孔同下部立杆顶端连接孔对齐，插入立杆连接销并锁定。

### 6.3.2 碗扣架接头组装注意事项

接头是立杆同横杆、斜杆的连接装置，应确保接头锁紧。组装时，先将上碗扣搁置在限位销上，将横杆、斜杆等接头插入下碗扣，使接头弧面与立杆密贴，待全部接头插入后，将上碗扣套下，并用榔头顺时针沿切线敲击上碗扣凸头，直至上碗扣被限位销卡紧不再转动为止。

如发现上碗扣扣不紧，或限位销不能进入上碗扣螺旋面，应检查立杆与横杆是否垂直，相邻的两下碗扣是否在同一水平面上(即横杆水平度是否符合要求)，下碗扣与立杆的同轴度是否符合要求；下碗扣的水平面同立杆轴线的垂直度是否符合要求；横杆接头与横杆是否变形；



横杆接头的弧面中心线同横杆轴线是否垂直；下碗扣内有无砂浆等杂物充填等；如是装配原因，则应调整后锁紧；如是杆件本身原因，则应拆除，并送去整修。

### 6.3.3 碗扣架杆件组装顺序

在顶板混凝土达到设计强度的 75%后（必须有同条件试块报告单，并与计算书中相符），按设计位置安放立杆垫座，其上交错安装 3.0m 和 1.8m 长立杆，调整立杆可调座，使同一层立杆接头处于同一水平面内，以便安装横杆。组装顺序是：立杆底座→立杆→横杆→斜杆→接头锁紧→脚手板→上层立杆→立杆连接销→横杆→……

组装时以 3~4 人为一小组，其中 1~2 人递料，另外两人共同配合组装，每人负责一端。组装时，要求至多二层向同一方向，或由中间向两边推进，不得从两边向中间合拢组装，否则中间杆件会因两侧架子刚度太大而难以安装。

### 6.4 卸料平台的施工工艺

卸料平台加工制作完毕经验收合格后方可吊装。吊装时，先挂好四角的吊钩，传发初次信号，但只能稍稍提升平台，放松斜拉钢丝绳，方可正式吊装，吊钩的四牵引绳应等到长，保证平台在起吊过程中平稳。吊装至预定位置后，先将平台工字钢与预埋件固定后，再将钢丝绳固定，紧固螺母及钢丝绳卡子，完毕后方可松塔吊吊钩，卸料平台安装完毕后经验收合格后方可使用，卸料平台的限重牌应挂在该平台附近的明显位置。要求提升一次验收一次。



## 6.5 脚手架的拆除施工工艺

拆架程序应遵守由上而下，先搭后拆的原则，即先拆拉杆、脚手板、剪刀撑、斜撑，而后拆小横杆、大横杆、立杆等（一般的拆除顺序为安全网→栏杆→脚手板→剪刀撑→小横杆→大横杆→立杆）。

不准分立面拆架或在上下两步同时进行拆架。做到一步一清、一杆一清。拆立杆时，要先抱住立杆再拆开最后两个扣。拆除大横杆、斜撑、剪刀撑时，应先拆中间扣件，然后托住中间，再解端头扣。所有连墙杆等必须随脚手架拆除同步下降，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。

拆除后架体的稳定性不被破坏，如附墙杆被拆除前，应加设临时支撑防止变形，拆除各标准节时，应防止失稳。

当脚手架拆至下部最后一根长钢管的高度（约6.5m）时，应先在适当位置搭临时抛撑加固，后拆连墙件。

## 7 劳动力及材料、机具配备

### 7.1 劳动力配备

劳动力配备表

表 7-1

工 种	人 数	任 务
架子工	100	负责架子搭设及拆除
测量放线工	2	负责脚手架垂直度控制



## 7.2 材料配备

材料配备

表 7-2

名 称	数 量	规 格
无缝钢管	108317m	$\phi$ 48 $\times$ 3.5mm
碗扣式钢管	15232m	$\phi$ 48 $\times$ 3.5mm、每隔 0.6m 设一套碗扣接头
脚 手 板	52.5m <sup>3</sup>	厚 5cm、宽 20~30cm
密目安全网	32400m <sup>2</sup>	1.8m $\times$ 6.0m
水平安全网	5000m <sup>2</sup>	
直角扣件	13200 个	
旋转扣件	8500 个	
对接扣件	9950 个	
钢丝绳	110 根	6 $\times$ 19、 $\phi$ 15.5
钢丝绳	16 根	6 $\times$ 19、 $\phi$ 20.0
卡 具	660 个	GD21
卡 具	96 个	GD22
花篮螺栓	110 个	M22
镀锌钢丝	600m	直径 1.2mm

## 7.3 机具配备

机具配备表

表 7-3

名 称	数 量	备 注
架子扳手	100 把	架子工搭设和拆除架子用
力矩扳手	2 把	检查架子扣件拧紧力度是否达到要求
倒 链	1 把	调整架子水平弯曲度

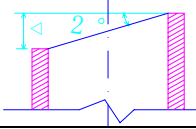
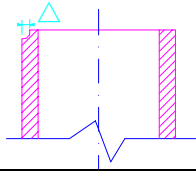
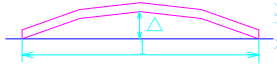
## 8 质量保证体系

### 8.1 构配件允许偏差

构配件允许偏差

表 8-1

序号	项 目	允许偏差 $\Delta$ (mm)	示 意 图	检查工具
1	无缝钢管尺寸			游标卡尺

	外径 48mm 壁厚 3.5mm	-0.5 -0.5		
2	钢管两端面切 斜偏差	1.70		塞尺、拐角尺
3	钢管外表面锈 蚀深度	$\leq 0.50$		游标卡尺
4	立杆钢管弯曲 $3m \leq L \leq 4m$	$\leq 12$		钢板尺
	水平杆、斜杆的 钢管弯曲 $L \leq 6.5m$	$\leq 30$		

## 8.2 脚手架搭设的允许偏差和检验方法

脚手架搭设的允许偏差和检验方法

表 8-2

项次	项 目		技术要求	允许偏差 $\Delta$ (mm)	示 意 图	检查方法 与工具
1	地基 基础	表 面	坚实平整			观 察  观 察
		排 水	不 积 水			
		垫 板	不 晃 动			
		底 座	不 滑 动 不 沉 降	-10		
	最后验收垂直度			$\pm 120$		用 经 纬 仪
2	搭设中检查偏差 的高度 (m)			$\pm 7$		
	H=2			$\pm 20$		
	H=10			$\pm 40$		
	H=20			$\pm 60$		
	H=30			$\pm 80$		
	H=40			$\pm 100$		
3	间 距	步 距		$\pm 20$		钢 板 尺
		纵 距		$\pm 50$		
		横 距		$\pm 20$		



4	纵向水平杆高差	一根杆的两端		$\pm 20$		水平仪或水平尺
		同跨内两根纵向水平杆高差		$\pm 10$		
5	小横杆外伸长度		外伸 500mm	-50		钢板尺

### 8.3 扣件拧紧抽样检查数目及质量判定标准

扣件拧紧抽样检查数目及质量判定标准

表 8-3

项次	检 查 项 目	安装扣件数量 (个)	抽检数量 (个)	允许的不合格数
1	连接立杆与纵（横）向水平杆或剪刀撑的扣件；接长立杆、纵向水平杆或剪刀撑的扣件	1201~3200	50	5
2	连接横向水平杆与纵向水平杆的扣件（非主节点处）	1201~3200	50	10

## 9 安全施工技术措施

### 9.1 材质及其使用的安全技术措施

9.1.1 扣件的紧固程度应在  $40 \sim 50 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，并不大于  $65 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，对接扣件的抗拉承载力为  $3 \text{ kN}$ 。扣件上螺栓保持适当的拧紧程度。对接扣件安装时其开口应向内，以防进雨，直角扣件安装时开口不得向下，以保证安全。

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

9.1.3 钢管有严重锈蚀、压扁或裂纹的不得使用。禁止使用有脆裂、变形、滑丝等现象的扣件。

9.1.4 外脚手架严禁钢竹、钢木混搭，禁止扣件、绳索、钢丝、竹篾、塑料混用。



9.1.5 严禁将外径 48mm 与 51mm 的钢管混合使用。

## 9.2 脚手架搭设的安全技术措施

9.2.1 脚手架的基础必须经过硬化处理满足承载力要求，做到不积水、不沉陷，顶板基础的混凝土必须达到设计强度的 75%以上才能施工。

9.2.2 搭设过程中划出工作标志区，禁止行人进入、统一指挥、上下呼应、动作协调，严禁在无人指挥下作业。当解开与另一人有关的扣件时必先告诉对方，并得到允许，以防坠落伤人。

9.2.3 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。

9.2.4 脚手架及时与结构拉结或采用临时支顶，以保证搭设过程安全，未完成脚手架在每日收工前，一定要确保架子稳定。

9.2.5 脚手架必须配合施工进度搭设，一次搭设高度不得超过相邻连墙件以上两步。

9.2.6 在搭设过程中应由安全员、架子班长等进行检查，验收和签证。每两步验收一次，达到设计施工要求后挂合格牌一块。

9.2.7 外脚手架的卸荷严格采用  $\Phi 15.5$  的钢丝绳通过梁上对拉螺栓孔与脚手架连接，严禁私自拆改。

## 9.3 脚手架上施工作业的安全技术措施

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

9.3.2 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。



9.3.3 结构施工时不允许多层同时作业,装修施工时同时作业层数不超过两层,临时性用的悬挑架的同时作业层数不超过 1 层。

9.3.4 当作业层高出其下连墙件 3.6m 以上、且其上尚无连墙件时,应采取适当的临时撑拉措施。

9.3.5 各作业层之间设置可靠的防护栅栏,防止坠落物体伤人。

9.3.6 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。

#### 9.4 脚手架拆除的安全技术措施

9.4.1 拆架前,全面检查拟拆脚手架,根据检查结果,拟订出作业计划,报请批准,进行技术交底后才准工作。

9.4.2 架体拆除前,必须察看施工现场环境,包括空线路、外脚手架、地面的设施等各类障碍物、地锚、缆风绳、连墙杆及被拆架体各吊点、附件、电气装置情况,凡能提前拆除的尽量拆除掉。

9.4.3 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。

9.4.4 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。

9.4.5 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。

9.4.6 天拆架下班时,不应留下隐患部位。

9.4.7 拆架时严禁碰撞脚手架附近电源线,以防触电事故。

9.4.8 所有杆件和扣件在拆除时应分离,不准在杆件上附着扣件或两杆连



着送到地面。

9.4.9 所有的脚手片，应自外向里竖立搬运，以防脚手片和垃圾物从高处坠落伤人。

9.4.10 拆下的零配件要装入容器内，用吊蓝吊下；拆下的钢管要绑扎牢固，双点起吊，严禁从高空抛掷。

## 10 文明施工要求

根据脚手架施工的特殊性，结合职业安全卫生的贯标精神、集团公司“文明四区建设”的要求以及我项目部创建“样板工地”的总体部署，要求施工时作到如下：

10.1 进入施工现场的人员戴好安全帽，高空作业系好安全带，穿好防滑鞋等，现场严禁吸烟。

10.2 进入施工现场的人员要爱护场内的各种绿化设施和标示牌，不得践踏草坪、损坏花草树木、随意拆除和移动标示牌。

10.3 严禁酗酒人员上架作业，施工操作时要求精力集中、禁止开玩笑和打闹。

10.4 脚手架搭设人员必须是经考试合格的专业架子工，上岗人员定期体检，体检合格者方可发上岗证，凡患有高血压、贫血病、心脏病及其他不适于高空作业者，一律不得上脚手架操作。

10.5 上架子作业人员上下均应走人行梯道，不准攀爬架子。

10.6 护身栏、脚手板、挡脚板、密目安全网等影响作业班组支模时，如需拆改时，应由架子工来完成，任何人不得任意拆改。

10.7 脚手架验收合格后任何人不得擅自拆改，如需做局部拆改时，须经



技术部同意后由架子工操作。

10.8 不准利用脚手架吊运重物；作业人员不准攀登架子上下作业面；不准推车在架子上跑动；塔吊起吊物体时不能碰撞和拖动脚手架。

10.9 不得将模板支撑、缆风绳、泵送混凝土及砂浆的输送管等固定在脚手架上，严禁任意悬挂起重设备。

10.10 在架子上的作业人员不得随意拆动脚手架的所有拉接点和脚手板，以及扣件绑扎扣等所有架子部件。

10.11 拆除架子而使用电焊气割时，派专职人员做好防火工作，配备料斗，防止火星和切割物溅落。

10.12 脚手架使用时间较长，因此在使用过程中需要进行检查，发现基础下沉、杆件变形严重、防护不全、拉接松动等问题要及时解决。

10.13 要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。

10.14 施工人员严禁凌空投掷杆件、物料、扣件及其他物品，材料、工具用滑轮和绳索运输，不得乱扔。

10.15 使用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。

10.16 脚手架堆放场做到整洁、摆放合理、专人保管，并建立严格领退料手续。

10.17 施工人员做到活完料净脚下清，确保脚手架施工材料不浪费。

10.18 运至地面的材料应按指定地点随拆随运，分类堆放，当天拆当天清，拆下的扣件和钢丝要集中回收处理。应随时整理、检查，按品种、分规格堆放整齐，妥善保管。



10.19 六级以上大风、大雪、大雾、大雨天气停止脚手架作业。在冬期、雨期要经常检查脚手板、斜道板、跳板上有无积雪、积水等物。若有则应随时清扫，并要采取防滑措施。

## 11 稳定承载计算

### 11.1 落地式脚手架承载计算

#### 11.1.1 计算依据

##### 11.1.1.1 钢管截面特征（钢号：Q235，b类）：

钢管截面特征

表 11-1

规格 $\Phi$ (mm)	48 $\times$ 3.5	惯性矩 $I$ (mm <sup>4</sup> )	12.19 $\times 10^4$
单位重量 $q_0$ (kN/m)	0.0384	抵抗矩 $W$ (mm <sup>3</sup> )	5.08 $\times 10^3$
截面积 $A$ (mm <sup>2</sup> )	489	回转半径 $i$ (mm)	15.8
抗弯、抗压容许应力 $[\sigma]$ (N/mm <sup>2</sup> )			205

##### 11.1.1.2 脚手架特性参数

脚手架特性参数

表 11-2

立杆纵距 $L_a$ (m)	1.55	脚手板重量 $q_1$ (Kn/m <sup>2</sup> )	0.25
立杆横距 $L_b$ (m)	1.1	连墙件纵距 $l_w$ (m)	3.6
大横杆步距 $h$ (m)	1.8	连墙件横距 $h_w$ (m)	4.05
施工荷载 $q$ (kN/m <sup>2</sup> )	3	同时作业层数 $n_1$	2
内立杆距结构外皮宽度 $b_1$ (m)			0.35
作业面铺脚手板宽度 $b_2$ (m)	1.1+0.6=1.7		

##### 11.1.1.3 相关计算参数

相关计算参数

表 11-3

项目	数值	来源
扣件钢管架构件自重 计算基数 $g_{k1}$ (kN/m)	0.1081	《建筑施工手册》表 5-7
作业层面材料自重 计算基数 $g_{k2}$ (kN/m)	0.3891	《建筑施工手册》表 5-14

整体拉结和防护材料自重 计算基数 $g_{k3}$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.0768	《建筑施工手册》表 5-15
作业层施工荷载 计算基数 $q_k$ (kN/m)	1.65	《建筑施工手册》表 5-16
风压高度 变化系数 $\mu_z$	架高 19.2m 处 架高 62.5m 处	1.23 1.79
风荷载体型系数 $\mu_s$	1.3	《建筑施工手册》表 5-6
北京地区基本风压 $w_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.35	《建筑结构荷载规范》 (GBJ9-87)
立杆计算长度系数 $\mu$	1.51	《建筑施工手册》表 5-20
材料强度附加分项系数 (按受弯构件考虑) $r_m'$	1.1705	《建筑施工手册》表 5-5
轴心受压构件稳定系数 $\phi$	0.24	《建筑施工手册》表 5-22
注：计算长度 $l_0 = \mu \times h = 1.51 \times 1.8 = 2718\text{mm}$ 长细比 $\lambda = l_0 / i = 2718 / 15.8 = 172$		

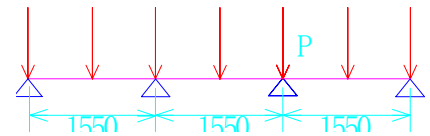
### 11.1.2 验算项目和步骤

本脚手架属施工荷载由纵向水平杆传给立杆情况，传递线路如下：  
脚手板 → 小横杆 → 大横杆 → 立杆 → 地基。因此应对基础、连墙件、立杆、纵横向水平杆等进行验算。

#### 11.1.2.1 纵、横向水平杆承载验算

纵、横向水平杆承载验算

表 11-4

	横向水平杆 (以长杆为对象)	纵向水平杆 (以三跨为对象)
计算简图		
荷载	$q = 0.775 \times (1.2 \times 0.25 + 1.4 \times 3) = 3.49\text{kN/m}$	$P = 3.49 \times 0.5 \times 1.7 = 2.97\text{kN}$
抗弯强度	$M_{\max} = 3.49 \times 0.6^2 / 2 = 0.63\text{kN}\cdot\text{m}$ $\sigma = 0.63 \times 10^6 / 5080 = 124\text{N/mm}^2 \leq f = 205\text{N/mm}^2$	$M_{\max} = 0.213 \times 2.97 \times 1.55 = 0.98\text{kN}\cdot\text{m}$ $\sigma = 0.98 \times 10^6 / 5080 = 193\text{N/mm}^2 \leq f = 205\text{N/mm}^2$
挠度	$W = (4 \times 1.1 \times 0.6^2 - 1.1^3 + 3 \times 0.6^3) \times 10^9 \times 3.49 \times 0.6 \times 10^3 / (24 \times 2.06 \times 10^5 \times 12.19 \times 10^4) = 3.13\text{mm} \leq L / 400 = 1700 / 400 = 4.25\text{mm}$	$W = 1.615 \times 2.97 \times 10^3 \times 1.55^3 \times 10^9 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 12.19 \times 10^4) = 7.11\text{mm} \leq L / 150 = 1550 / 150 = 10\text{mm}$

#### 11.1.2.2 立杆、连墙件和扣件、顶板和基础验算

立杆、连墙件和扣件、顶板和基础验算

表 11-5

	主楼单立杆部分 (架高 35~62.5m)	主楼双立杆部分 (架高 0~35m)	裙房单立杆部分 (架高 0~19.2m)
立杆 稳定 验算	立杆计算截面以上架高 $H_0=62.5-35=27.5\text{m}$	立杆计算截面以上架高 $H_0=62.5\text{m}$	立杆计算截面以上架高 $H_0=19.2\text{m}$
	恒载标准值 $N_{GK}=H_0 \times (g_{k1}+g_{k3}) + n_1 L_a g_{k2}$		
	$N_{GK}=27.5 \times (0.1081 + 0.0768) + 2 \times 1.55 \times 0.3891=6.29\text{kN}$	$N_{GK}=62.5 \times (0.1081 + 0.0768) + 2 \times 1.55 \times 0.3891=12.76\text{kN}$	$N_{GK}=19.2 \times (0.1081 + 0.0768) + 2 \times 1.55 \times 0.3891=4.76\text{kN}$
	活载标准值 $N_{QK}=n_1 \times L_a \times q_k=2 \times 1.55 \times 1.65=5.12\text{kN}$		
	轴向力设计值 $N=1.2N_{GK} + 0.85 \times 1.4N_{QK}=1.2 (N_{GK} + N_{QK})$		
	$N=1.2 \times (6.29 + 5.12) = 13.69\text{kN}$	$N=1.2 \times (12.76 + 5.12) = 21.46\text{kN}$	$N=1.2 \times (4.76 + 5.12) = 11.86\text{kN}$
	风荷载标准值 $W_K=0.7 \times \mu_z \times \mu_s \times w_0$		
	$W_K=0.7 \times 1.79 \times 1.3 \times 0.35=0.57\text{kN/m}^2$	$W_K=0.7 \times 1.23 \times 1.3 \times 0.35=0.39\text{kN/m}^2$	
	风载产生弯矩设计值 $M_W=0.12 \times W_K \times L_a \times h^2$		
	$M_W=0.12 \times 0.57 \times 1.55 \times 1.8^2=0.34\text{kN} \cdot \text{m}$	$M_W=0.12 \times 0.39 \times 1.55 \times 1.8^2=0.24\text{kN} \cdot \text{m}$	
	稳定验算 $0.9 \times (N/\phi A + M_W/W) \leq f/r_m'$		
	$13.69 \times 10^3 / (0.24 \times 489) + 0.34 \times 10^6 / 5080 = 183.58\text{N/mm}^2 \leq 205 / (0.9 \times 1.1705) = 194.6\text{N/mm}^2$	$21.46 \times 10^3 / (0.24 \times 2 \times 489) + 0.34 \times 10^6 / 5080 = 158.36\text{N/mm}^2 \leq 205 / (0.9 \times 1.1705) = 194.6\text{N/mm}^2$	$11.86 \times 10^3 / (0.24 \times 489) + 0.24 \times 10^6 / 5080 = 148.30\text{N/mm}^2 \leq 205 / (0.9 \times 1.1705) = 194.6\text{N/mm}^2$
连墙件 稳定 验算	风荷载产生轴向力设计值 $N_{ew}=1.4 \times W_K \times A_w$		
	$N_{ew}=1.4 \times 0.57 \times 3.6 \times 8.1=23.27\text{kN}$	$N_{ew}=1.4 \times 0.39 \times 3.6 \times 8.1=15.92\text{kN}$	
	脚手架平面外变形产生的轴向力 $N_0=5\text{kN}$		
	连墙件轴向力设计值 $N_l=N_{ew} + N_0$		
	$N_l=23.27 + 5=28.27\text{kN}$	$N_l=15.92 + 5=20.92\text{kN}$	
	连墙杆的计算长度 $l_0=1.1 + 0.75=1.85\text{m}=1850\text{mm}$		
	长细比 $\lambda = l_0/i=1850/15.8=117.09$		
	轴心受压构件稳定系数 $\phi=0.47$ 【《建筑施工手册》表 5-22】		
	稳定验算 $N_l/\phi A \leq f/r_m'$		
	$28.27 \times 10^3 / (0.47 \times 2 \times 489) = 61.5\text{N/mm}^2 \leq 205/1.5607=146\text{N/mm}^2$	$20.92 \times 10^3 / (0.47 \times 2 \times 489) = 45.51\text{N/mm}^2 \leq 205/1.5607=146\text{N/mm}^2$	
扣件抗滑验算 $N_l \leq R_c$ 【按直角扣件计: $R_c=8.0\text{kN/个}$ 】			
$28.27\text{kN} \leq 4 \times 8.0=32\text{kN}$	$20.92\text{kN} \leq 4 \times 8.0=32\text{kN}$		
	立杆底座承载力验算 $N \leq R_b$ 【立杆底座承载力设计值 $R_b=40\text{kN}$ 】		

地基承载力验算	立杆底座承载力验算 $N \leq R_b$ 【立杆底座承载力设计值 $R_b=40\text{kN}$ 】		
	不作此项验算	$21.46\text{kN} \leq 40\text{kN}$	$11.86\text{kN} \leq 40\text{kN}$
	东西两侧回填土地基承载力验算 $N/A_d \leq k \times f_k$ 【按回填土 $k=0.4$ $A_d=1.55 \times 0.4=0.62\text{m}^2$ $f_k=10\text{t/m}^2=98\text{kN/m}^2$ 】		
	不作此项验算	$21.46/0.62=34.61\text{kN/m}^2 \leq 0.4 \times 98=39.2\text{kN/m}^2$	$11.62/0.62=18.74\text{kN/m}^2 \leq 0.4 \times 98=39.2\text{kN/m}^2$
	南北两侧顶板地基承载力验算 $N/A_d \leq [\sigma]$ 【 $A_d=1.55 \times 0.4=0.62\text{m}^2$ 按设计提供数据 $[\sigma]=1.4 \times \text{活载} + 1.2 \times \text{恒载}$ $=1.4 \times 5 + 1.2 \times 6=14.2\text{kN/m}^2$ 】		
	不作此项验算	$21.46/0.62=34.61\text{kN/m}^2 \geq 14.2\text{kN/m}^2$	$11.62/0.62=18.74\text{kN/m}^2 \geq 14.2\text{kN/m}^2$

由表知：1.立杆承载最小安全系数  $(194.6-183.58)/194.6 \times 100\%=5.68\% > 5\%$ ；

2.回填土承载最小安全系数  $(39.2-34.61)/39.2 \times 100\%=11.71\% > 5\%$ ；

显然，除南北两侧以顶板作地基时其承载是不安全的以外，其余验算项目均是偏于安全的。

### 11.1.2.3 顶板基础不回顶的立杆搭设限高计算

顶板基础不回顶的立杆搭设限高计算

表 11-6

设立杆计算截面以上架高 $H_0$		
立杆纵距 $L_a=1.55\text{m}$	立杆横距 $L_b=1.1\text{m}$	大横杆步距 $h=1.8\text{m}$
施工荷载 $q_k$	结构时 $q_k=1.65\text{kN/m}^2$	装修时 $q_k=1.1\text{kN/m}^2$
同时作业层数 $n_1$	结构时 $n_1=1$	装修时 $n_1=2$
扣件钢管架构件自重计算基数 $g_{k1}=0.1081\text{kN/m}$		
作业层面材料自重计算基数 $g_{k2}=0.3891\text{kN/m}$		
整体拉结和防护材料自重计算基数 $g_{k3}=0.0768\text{kN/m}^2$		
恒载标准值 $N_{GK}=H_0 \times (g_{k1} + g_{k3}) + n_1 L_a g_{k2}$		
$N_{GK}=H_0 \times (0.1081 + 0.0768) + 2 \times 1.55 \times 0.3891=0.1849H_0 + 1.2062\text{kN}$		
活载标准值 $N_{QK}$	结构时 $N_{QK}=n_1 \times L_a \times q_k=1 \times 1.55 \times 1.65=2.56\text{kN}$	
	装修时 $N_{QK}=n_1 \times L_a \times q_k=2 \times 1.55 \times 1.1=3.1\text{kN}$	
轴向力设计值 $N=1.2N_{GK} + 1.4N_{QK}$		
$N=1.2 \times (0.1849H_0 + 1.2062) + 1.4 \times 3.1=0.22188H_0 + 5.78744\text{kN}$		
顶板地基承载力验算 $N/A_d \leq [\sigma]$ 【 $A_d=1.55 \times 0.4=0.62\text{m}^2$ 按设计提供数据 $[\sigma]=1.4 \times \text{活载} + 1.2 \times \text{恒载}=1.4 \times 5 + 1.2 \times 6=14.2\text{kN/m}^2$ 】		
$N=0.22188H_0 + 5.78744 \leq A_d [\sigma]=0.62 \times 14.2=8.804\text{kN}$		
解得: $H_0 \leq 13.60\text{m}$		

显然，不论是裙房还是主楼，其立杆的搭设高度均超过 13.60m，

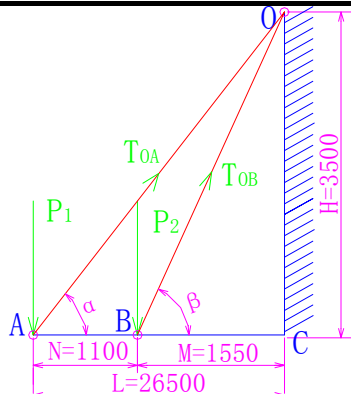
所以脚手架以顶板作基础的南北两侧均要从地下一层开始往下采取碗扣架层层设立回顶予以加固，其布设位置参见附图 001~004，位置不得错开，要与上面的立杆在同一竖直线上。钢管底部下垫通长脚手板，规格为厚 5cm、宽 $\geq 35\text{cm}$ 、长度不少于 3.5m 的松木，钢管顶端采用长 1500mm、100mm $\times$ 100mm 的方木，与横向的两立杆可靠搭设。每回顶完一层后，必须由工程部安全员验收合格后方可继续施工。

#### 11.1.2.4 卸荷装置的稳定承载计算

卸荷吊点间距取为一个柱距（8.1m）与结构外皮间距 1.2m，卸载能力按其承载力的一半分配上部荷载（架高 31.63~62.50m），且不超过上部荷载的 1/3。其计算过程列表如下。

卸荷装置的稳定承载计算

表 11-7

每个吊点承载	脚手架（架高 31.63m~62.50m）一个纵距内全部荷载设计值： $N=1.2 \times [30.87 \times (0.1081+0.0768) + 2 \times 1.55 \times 0.3891] + 1.4 \times 2 \times 1.55 \times 1.65 = 15.46\text{kN}$	
	A 点 $P_1=0.5 \times (N \times 8.1/1.55 \times 1/3)$ $=0.5 \times (15.46 \times 8.1/1.55 \times 1/3) = 13.47\text{kN}$ B 点 $P_2=0.5 \times (N \times 8.1/1.55 \times 1/3) + 1.2 \times 2 \times 1.55 \times 0.3891 \times 0.35/1.1 \times 8.1/1.55 + 1.4 \times 2 \times 1.55 \times 1.65 \times 0.35/1.1 \times 8.1/1.55 = 13.465 + 2.407 + 11.907 = 27.78\text{kN}$	
钢丝绳受力计算	斜拉钢丝绳的计算简图，如右图知： $\sin \alpha = 0.8$ $\cos \alpha = 0.6$ $\sin \beta = 0.91$ $\cos \beta = 0.41$ $T_{OA} = P_1 / \sin \alpha = 13.47 / 0.8 = 16.84\text{kN}$ $T_{OB} = P_2 / \sin \beta = 27.78 / 0.91 = 30.53\text{kN}$ $T_{AB} = T_{OA} \cos \alpha + T_{OB} \cos \beta$ $= 16.84 \times 0.6 + 30.53 \times 0.41 = 22.62\text{kN}$ 则：钢丝绳最大拉力 $T_{\max} = T_{OB} = 30.53\text{kN}$	
选择	钢丝绳之间荷载不均匀系数 $a=0.85$ （对 6 $\times$ 19 钢丝）	
	钢丝绳使用安全系数 $K_1=3.5$	



钢丝绳卡环	由公式 $T_{\max} \leq aP_g/K_1$ 知钢丝绳的破断拉力总和 $P_g$ 满足于： $P_g \geq T_{\max} K_1/a = 30.53 \times 3.5/0.85 = 125.71\text{kN}$ 则选用 $6 \times 19$ 、 $\Phi 15.5$ 的钢丝绳，其 $P_g = 138.5\text{kN} > 125.71\text{kN}$
	要求卡环与钢丝绳配套，查表知与 $\Phi 15.5$ 的钢丝绳配套的卡环为 GD21 号，其安全荷重 $Q_b = 205.8\text{kN} > 125.71\text{kN}$ ，故它是安全的。
吊环处抗滑承载	<p>按规定每个扣件抗滑承载力设计值为 <math>8.0\text{kN}</math>，而此结构吊点处，水平方向分力最大值 <math>T_{AB} = 22.62\text{kN}</math>，只要三个扣件就满足了。每个吊环处现有两个扣件与立杆卡紧，因此水平方向抗滑移需增设两个扣件，以保证结构安全。</p> <p>垂直方向分力为：<math>F = P_2 = 27.78\text{kN}</math>，所需扣件数：<math>n = F/8.0 = 27.78/8.0 = 3.47</math> 个，现吊环处有两个扣件，不能满足要求，需增设两个扣件，以保证结构安全。</p>

## 11.2 悬挑式脚手架的稳定承载计算

该悬挑架所用的钢管材质与扣件式落地架相同，其截面特征参数参见 11.1.1.1 表中所列数据。承受荷载的传递途径是：脚手板 → 小横杆 → 大横杆 → 立杆 → 承力架 → 楼面顶板。需要计算的项目有：

立杆的稳定性；

连墙件的强度、稳定性和扣件的抗滑力；

悬挑杆的强度、挠度；

斜撑杆和钢丝绳的稳定性。

### 11.2.1 立杆、连墙件和扣件的稳定承载计算

立杆、连墙件和扣件的稳定承载计算

表 11-8

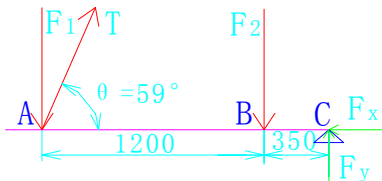
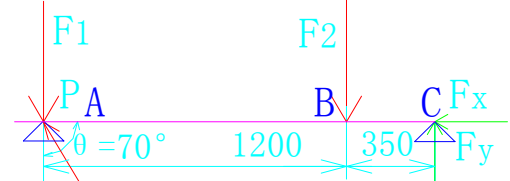
	计算内容	备注
恒载标准值	钢管架构件 $g_{k1} = 0.1089\text{kN/m}$	《建筑施工手册》表 5-7
	作业层面材料 $g_{k2} = 0.4112\text{kN/m}$	《建筑施工手册》表 5-14
	整体拉结和防护材料 $g_{k3} = 0.0768\text{kN/m}^2$	《建筑施工手册》表 5-15
	立杆计算截面以上架高 $H_0 = 15.00\text{m}$	



	$N_{GK} = H_0 \times (g_{k1} + g_{k3}) + n_1 L_a g_{k2} = 15 \times (0.1089 + 0.0768) + 1 \times 1.5 \times 0.4112 = 3.4023 \text{ kN}$	取同时作业层数 $n_1=1$
活载	作业层施工荷载 $q_k=1.8 \text{ kN/m}$	《建筑施工手册》 表 5-16
	$N_{QK} (\text{标准值}) = n_1 \times L_a \times q_k = 1 \times 1.5 \times 1.8 = 2.7 \text{ kN}$	
	轴向力设计值 $N = 1.2 N_{GK} + 0.85 \times 1.4 N_{QK} = 1.2 \times (N_{GK} + N_{QK}) = 1.2 \times (3.4023 + 2.7) = 7.32 \text{ kN}$	
风载产生弯矩	风压高度变化系数 $\mu_z=1.14$	《建筑结构荷载规范》
	风荷载体型系数 $\mu_s=1.3$	《建筑施工手册》表 5-6
	北京地区基本风压 $w_0=0.35 \text{ kN/m}^2$	《建筑结构荷载规范》
	风载标准值 $W_k = 0.7 \times \mu_z \times \mu_s \times w_0 = 0.7 \times 1.14 \times 1.3 \times 0.35 = 0.36 \text{ kN/m}^2$	
	$M_w (\text{设计值}) = 0.12 \times W_k \times L_a \times h^2 = 0.12 \times 0.36 \times 1.5 \times 1.8^2 = 0.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$	
立杆稳定验算	材料强度附加分项系数 $r_m' = 1.1705$	按受弯构件考虑
	立杆计算长度系数 $\mu=1.53$	《建筑施工手册》 表 5-20
	计算长度 $l_0 = \mu \times h = 1.53 \times 1.8 = 2754 \text{ mm}$	
	长细比 $\lambda = l_0 / i = 2754 / 15.8 = 174.3$	
	轴心受压构件稳定系数 $\phi = 0.235$	《建筑施工手册》 表 5-22
	稳定验算 $0.9 \times (N / \phi A + M_w / W) \leq f / r_m'$ $7.23 \times 10^3 / (0.235 \times 489) + 0.21 \times 10^6 / 5080 = 104.25 \text{ N/mm}^2$ $\leq 205 / (0.9 \times 1.1705) = 194.6 \text{ N/mm}^2$ 【安全】	
连墙件稳定验算	风载产生轴力设计值 $N_{ew} = 1.4 \times W_k \times A_w = 1.4 \times 0.36 \times 3.6 \times 8.1 = 14.7 \text{ kN}$	
	脚手架平面外变形产生的轴向力 $N_0 = 5 \text{ kN}$	
	连墙件轴向力设计值 $N_l = N_{ew} + N_0 = 14.7 + 5 = 19.7 \text{ kN}$	
	连墙杆的计算长度 $l_0 = 1.2 + 0.35 = 1.55 \text{ m} = 1550 \text{ mm}$	
	长细比 $\lambda = l_0 / i = 1550 / 15.8 = 98.1$	
	轴心受压构件稳定系数 $\phi = 0.603$	《建筑施工手册》 表 5-22
	稳定验算 $N_l / \phi A \leq f / r_m'$ $19.7 \times 10^3 / (0.603 \times 2 \times 489) = 33.4 \text{ N/mm}^2 \leq 205 / 1.5607 = 146 \text{ N/mm}^2$ 扣件抗滑验算 $N_l \leq R_c$ 【按直角扣件计: $R_c = 8.0 \text{ kN/个}$ 】 $19.7 \text{ kN} \leq 4 \times 8.0 = 32 \text{ kN}$ 【安全】	

## 11.2.2 水平挑杆、斜撑杆和钢丝绳的稳定承载计算

水平挑杆、斜撑杆和钢丝绳的稳定承载计算 表 11-9

	第一层悬挑杆稳定承载验算	第三层悬挑杆稳定承载验算
外立杆	$F_1=0.5 \times \{1.2 \times [5.03/2 \times (0.1089 + 0.0768) + 1 \times 1.5 \times 0.4112] + 1.4 \times 1 \times 1.5 \times 1.8\} = 2.54\text{kN}$	$F_1=0.5 \times \{1.2 \times [(4.2 + 4.2/2) \times (0.1089 + 0.0768) + 1 \times 1.5 \times 0.4112] + 1.4 \times 1 \times 1.5 \times 1.8\} = 2.96\text{kN}$
内力杆	$F_2= F_1 + 0.35 \times 1.5 \times (1.2 \times 0.4112 + 1.4 \times 1.8) / 1.2 = 3.48\text{kN}$	$F_2= F_1 + 0.35 \times 1.5 \times (1.2 \times 0.4112 + 1.4 \times 1.8) / 1.2 = 3.9\text{kN}$
挑杆及其组件稳定承载验算		
	绳子张力 $T = (1.55F_1 + 0.35F_2) / (1.55\sin 59^\circ) = 3.88\text{kN}$	斜撑杆压力 $P = (1.55F_1 + 0.35F_2) / (1.55\sin 70^\circ) = 4.09\text{kN}$
	最大剪力 $Q_B = F_1 + F_2 - T\sin 59^\circ = 2.69\text{kN}$	最大剪力 $Q_B = F_1 + F_2 - P\sin 70^\circ = 3.02\text{kN}$
	最大弯矩 $M_B = 1.2T\sin 59^\circ - 1.2F_1 = 0.94\text{ kN} \cdot \text{m}$	最大弯矩 $M_B = 1.2P\sin 70^\circ - 1.2F_1 = 1.06\text{ kN} \cdot \text{m}$
	挑杆轴力 $N = T\cos 59^\circ = 2.0\text{kN}$	挑杆轴力 $N = P\cos 70^\circ = 1.4\text{kN}$
	由前面卸荷计算知：张力 T 满足承载要求，在此不做验算。对斜撑杆： $\sigma = N/A = 4.09 \times 10^3 / 489 = 8.36\text{N/mm}^2 < [\sigma] = 205\text{N/mm}^2$ 【安全】	
	抗剪验算： $\tau_{\max} = 2Q_B/A = 2 \times 3.02 \times 10^3 / 489 = 12.35\text{N/mm}^2 < [\sigma] = 205\text{N/mm}^2$ 【安全】	
	长细比 $\lambda = l_0/i = 1550/15.8 = 98.1$	
	轴心受压构件稳定系数 $\psi = 0.603$	
	抗弯压验算： $0.9 \times (N/\psi A + M_W/W) \leq f/r_m$ $2.0 \times 10^3 / (0.603 \times 489) + 0.94 \times 10^6 / 5080 = 191.8\text{N/mm}^2 \leq 205 / (0.9 \times 1.1705) = 194.6\text{ N/mm}^2$ 【安全】	

说明：

由于内排立杆还要承受距结构外皮 0.35m 这段的施工荷载及整体拉结和保护材料的自重，所以它实际的承载要大于外排立杆；

作悬挑水平杆的稳定承载验算时，不考虑风荷载的影响；

取本层悬挑杆承受本层层高一半以及上层层高一半的恒载作用，再根据悬挑杆支撑情况的不同，取第一层和第三层作为计算对象；



### 11.3 碗扣式脚手架的稳定承载计算

由于该碗扣架既作为十四～十六层施工用的脚手架，同时兼作屋顶顶层顶板模板的支撑体系，所以它承受的荷载也包括两部分：作为施工脚手架用承担的荷载和作为模板支撑用承担的荷载。

该碗扣架所用的钢管材质与扣件式落地架相同，其截面特征参数参见 11.1.1.1 表中所列数据。承受荷载的传递途径参见 11.1.1.2，需要计算的项目如下：

支撑架主、次龙骨稳定承载验算（参见《海淀区商业综合楼工程模板设计施工方案》）；

脚手板、大小横杆稳定承载验算（满足构造要求，不作计算）；

立杆稳定承载验算（见下）；

连墙件稳定承载验算（内排架、不承受风荷载，不作计算）；

地基稳定承载验算（见下）。

根据上述项目，现将应计算项目列表计算如下。

碗扣式脚手架的稳定承载计算

表 11-10

	作为脚手架用承担的荷载	作为模板支撑用承担的荷载
恒载标准值	碗扣架构件 $g_{k1}=0.1058\text{kN/m}$	模板及支架自重： $0.3\text{kN/m}^2$
	作业层面材 $g_{k2}=0.3528\text{kN/m}$	混凝土自重： $2.4\text{kN/m}^2$ （厚 $\delta=10\text{cm}$ ）
	拉结和防护 $g_{k3}=0.0328\text{kN/m}^2$	钢筋自重： $0.11\text{kN/m}^2$
	$N_{GK}=11.5\times(g_{k1}+g_{k3})+2\times 0.9\times g_{k2}=2.22894\text{kN}$	$F_1=(0.3+2.4+0.11)\times 0.9\times 0.9=2.3652\text{kN}$ （立杆间距 $0.9\text{m}$ ）
活载标准值	$N_{QK}=n_1\times L_a\times q_k=2\times 0.9\times 1.35=2.43\text{kN}$	施工人员及设备： $2.5\text{kN/m}^2$
		振捣混凝土产生荷载： $2.0\text{kN/m}^2$
		$F_2=0.9\times 0.9\times (2.5+2.0)=3.645\text{kN}$

组合	$N=1.2 \times (N_{GK}+F_1) + 1.4 \times (N_{QK}+F_2)$ $=1.2 \times (2.22894+2.3652) + 1.4 \times (2.43+3.645)$ $=14.02\text{kN}$
稳定系数	支撑计算长度 $L_0=1.2\text{m}$ 长细比 $\lambda = L_0/i=1200/15.8=75.9$ 查《建筑施工手册》得 $\psi=0.744$
稳定验算	$N/\phi A \leq f_c$ $N/\psi A=14.02 \times 10^3 / (0.744 \times 489) = 38.54\text{N/mm}^2$ $< f_c=205\text{N/mm}^2, \quad \text{【安全】}$
地基承载力验算	顶板承载力验算 $N/A_d \leq [\sigma]$ <b>【<math>A_d=0.9 \times 0.4=0.36\text{m}^2</math> 按设计提供数据<math>[\sigma]=1.4 \times \text{活载} + 1.2 \times \text{恒载}=1.2 \times 5 + 1.2 \times 6 = 14.2\text{kN/m}^2</math>】</b> $N/A_d=14.02/0.36=38.94\text{kN/m}^2 > [\sigma]=14.2\text{kN/m}^2, \quad \text{【不安全】}$

由表 11 - 10 可知，立杆的承载是偏于安全的、作为架子支撑的顶板的承载是不安全的。所以必须在十四层顶板下面采取回顶措施予以加固。

#### 11.4 倒料平台的稳定承载计算

此平台限载 1.5t（总荷载），其稳定承载验算主要包括主梁、次梁、钢丝绳和预埋件的抗滑。计算中采用的设计值为恒载标准值的 1.2 倍与活载标准值的 1.4 倍之和。在此不考虑中间钢丝绳承载的有利影响。

##### 11.4.1 有关计算参数

有关计算参数

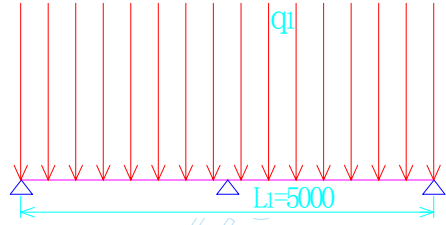
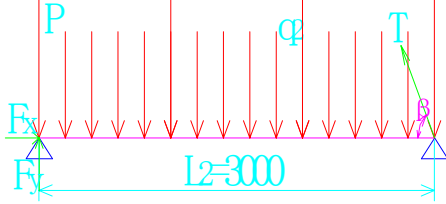
表 11-11

名称	自重 G	惯性矩 $I_x$	截面系数 $W_x$
脚手板	400N/m <sup>2</sup>		
工字钢	112.5N/m	245×10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	49×10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
槽 钢	100N/m	198.3×10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	39.7×10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
钢 管	38.4N/m		
施工荷载	1000N/m <sup>2</sup>	(1.5×10 <sup>3</sup> ×10) / (5.0×3.0)	

## 11.4.2 计算过程

计算过程

表 11-12

次梁强度验算	受力分析见右图，均布荷载 $q_1$ 为： $q_1 = 1.2 \times [0.4 \times 1.0 + 0.1 + 0.0384 \times (1.5 \times 20 + 5.0 \times 2)] / (4 \times 3.0) + 1.4 \times 1.0 \times 1.0 = 2.13 \text{ kN/m}$ 最大弯矩 $M_{\max} = q_1 L_1^2 / 8 = 2.13 \times 5.0^2 / 8 = 6.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$	
	$M_{\max} / \gamma_x W_x = 6.66 \times 10^6 / (1.05 \times 39.7 \times 10^3) = 159.68 \text{ N/mm}^2 < [f] = 215 \text{ N/mm}^2$ 【安全】	
主梁强度验算	受力分析见右图，均布荷载 $q_2$ 为： $q_2 = 1.2 \times 112.5 = 0.14 \text{ kN/m}$ 集中荷载 $P = q_1 L_1 = 2.13 \times 2.5 = 5.33 \text{ kN}$ 绳张力 $T = (2.0P + 0.5q_2 L_2) / \sin \beta = 10.87 / 0.61 = 17.82 \text{ kN}$ (当层高为最小值 3.5m 时, T 最大) 最大弯矩 $M_{\max} = q_2 L_2^2 / 8 + PL_2 / 3 = 0.14 \times 3^2 / 8 + 5.33 \times 3 / 3 = 5.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$	
	$M_{\max} / \gamma_x W_x = 5.49 \times 10^6 / (1.05 \times 49 \times 10^3) = 106.71 \text{ N/mm}^2 < [f] = 215 \text{ N/mm}^2$ 【安全】	
选择钢丝绳	钢丝绳之间荷载不均匀系数 $a = 0.85$ (对 $6 \times 19$ 钢丝)	
	取钢丝绳使用安全系数 $K_1 = 10$ 【规范要求 $K_1 \geq 10$ 】	
	由公式 $T_{\max} \leq aP_g / K_1$ 知钢丝绳的破断拉力总和 $P_g$ 满足于： $P_g \geq T_{\max} K_1 / a = 17.82 \times 10 / 0.85 = 209.65 \text{ kN}$ 则选用 $6 \times 19$ 、 $\Phi 20.0$ 的钢丝绳，其 $P_g = 234.0 \text{ kN} > 209.65 \text{ kN}$	
	要求卡环与钢丝绳配套，查表知与 $\Phi 20.0$ 的钢丝绳配套的卡环为 GD22 号，其安全荷重 $Q_b = 273.9 \text{ kN} > 209.65 \text{ kN}$ ，故它是安全的。	
吊环节点验算	竖向力 $\tau = T \sin \beta = 17.82 \times 0.61 = 10.87 \text{ kN}$	
	水平力 $N = T \cos \beta = 17.82 \times 0.79 = 17.08 \text{ kN}$	
	吊环取 $d = 20 \text{ mm}$ ，焊缝高度 $h_e = 8 \text{ mm}$ 、长度 $L_w = 50 \text{ mm}$	
	$\sigma_f = N / (0.7h_e \Sigma L_w) = 17.08 \times 10^3 / [0.7 \times 8 \times 2 \times (50 - 10)] = 38.13 \text{ N/mm}^2 < 1.22 \times 160 = 195 \text{ N/mm}^2$ 【安全】	
	$\tau_f = \tau / (0.7h_e \Sigma L_w) = 10.87 \times 10^3 / [0.7 \times 8 \times 2 \times (50 - 10)] = 24.26 \text{ N/mm}^2 < 1.22 \times 160 = 195 \text{ N/mm}^2$ 【安全】	



## 12 附图

附图 001 一～二层脚手架平面布置图

附图 002 三层脚手架平面布置图

附图 003 四层脚手架平面布置图

附图 004 五层脚手架平面布置图

附图 005 六～十三层脚手架平面布置图

附图 006 十四～十六层脚手架平面布置图

附图 007 南立面脚手架布置图

附图 008 北立面脚手架布置图

附图 009 东、西立面脚手架布置图

附图 010 主楼靠近裙房的内立面脚手架布置图

附图 011 悬挑架、入口、人行马道、倒料平台构造示意图

附图 012 脚手架细部节点、电梯井可开启式防护门、塔吊基坑防护构造示意图