

# 建筑施工扣件式钢管脚手架构造与计算

建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范培训讲座

主 编 刘 群  
中国物价出版社

# 建筑施工扣件式钢管 脚手架构造与计算

主 编 刘 群

副主编 袁必勤

中国物价出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑施工扣件式钢管脚手架构造与计算/刘群主编.  
北京:中国物价出版社,2004.1

ISBN 7-80155-641-0

I.建… II.刘… III.脚手架-基本知识  
IV.TU731.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 092743 号

出版发行:中国物价出版社

地 址:北京市西城区月坛北小街 2 号院 3 号楼(100837)

电 话:(010)68022950

经 销:新华书店

印 刷:廊坊海美印刷有限公司

规 格:850×1168 毫米, 1/32 6.75 印张 170 千字

版 本:2004 年 1 月第 1 版

印 次:2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1-3000 册

书 号:ISBN7-80155-641-0/TU·11

定 价:28.00 元

# 前 言

本讲义是在《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(简称“规范”)发行后编写的。规范内容全面系统,在国内首次发行。广大读者希望对规范能深刻理解,以便执行,为此编写本讲义。

本讲义分七章七个附录,主要对脚手架的荷载、设计计算、构造要求、施工、检查与验收规定的原因,给予分析说明。本讲义按规范计算内容要求,对施工现场常用脚手架搭设型式,例举了不同类型的例题及工程实例。本讲义介绍了荷载的取值方法、脚手架门洞上升式平行弦杆桁架的内力系数,并通过介绍部分脚手架实验内容与实验分析,对脚手架结构的计算方法、脚手架的构造要求给予说明。

本讲义供从事建筑施工的工程技术人员、安全管理工作人员和施工操作人员以及相关人员进行参考使用。

本讲义经有关钢结构教授审阅,并提出宝贵意见,谨表谢意。

# 目 录

<b>第一章 规范概况</b> .....	1
一、本规范的主要内容、技术关键与成果、主要工作 .....	1
二、本规范特点、与国外现行同类标准对比 .....	3
三、关于规范“总则”、“术语、符号”、“构配件”章节的 说明 .....	4
<b>第二章 荷载</b> .....	11
一、荷载分类 .....	11
二、荷载标准值 .....	12
三、荷载效应组合 .....	24
<b>第三章 设计计算说明</b> .....	26
一、基本设计规定 .....	26
二、脚手架结构构件与立杆地基承载力设计计算 .....	27
<b>第四章 计算例题与工程实例</b> .....	41
一、纵向水平杆、横向水平杆计算 .....	41
二、立杆计算 .....	63
三、连墙件计算 .....	94
四、立杆地基承载力计算 .....	97
五、模板支架计算 .....	98
六、工程实例 .....	107
<b>第五章 构造要求</b> .....	134
一、常用脚手架设计尺寸 .....	134

二、纵向水平杆、横向水平杆、脚手板 .....	140
三、立杆 .....	142
四、连墙件 .....	145
五、门洞 .....	149
六、剪刀撑与横向斜撑 .....	158
<b>第六章 施工、检查与验收、安全管理 .....</b>	<b>164</b>
一、施工 .....	164
二、检查与验收 .....	167
三、安全管理 .....	171
<b>第七章 钢管扣件脚手架部分实验说明 .....</b>	<b>173</b>
一、横向水平杆的计算与试验 .....	173
二、门洞试验结果与计算 .....	176
三、双排扣件式钢管脚手架整体稳定实验与理论 分析 .....	180
<b>附录 A 扣件式钢管脚手架每米立杆         承受的结构自重挡风系数 .....</b>	<b>190</b>
<b>附录 B 钢管截面特性 .....</b>	<b>192</b>
<b>附录 C Q235 - A 钢轴心受压构件的稳定         系数 .....</b>	<b>193</b>
<b>附录 D 钢材的强度设计值与弹性模量         扣件、底座的承载力设计值         受弯构件的容许挠度         受压、受拉构件的容许长细比 .....</b>	<b>194</b>
<b>附录 E 脚手板自重标准值         栏杆、挡脚板自重标准值</b>	

施工均布活荷载标准值 .....	196
附录 F 规范中主要计算公式 .....	197
附录 G 规范强制性条文 .....	203
后记 .....	206

# 第一章 规范概况

## 一、本规范的主要内容、技术关键与成果、主要工作

本规范共有九章和三个附录。主要内容是：脚手架荷载分类与荷载效应组合；采用极限状态计算方法及设计原则；受弯构件的计算方法；立杆的稳定性计算及计算长度系数；连墙件计算；立杆地基承载力计算；模板支架计算；常用脚手架设计尺寸及构造要求；施工；检验与验收；安全管理等。

本规范的主要技术关键与成果是首次全面、系统提出了脚手架的安全度、脚手架整体稳定性的计算方法，保证整体稳定性的构造措施与施工规定，以及构配件与脚手架的安全检查与验收标准。

编制组在编制规范过程中完成了大量工作，主要工作如下：

1. 对国内扣件式钢管脚手架的使用现状进行了大量的调查研究，深入施工现场，重点考察了北京、广州、深圳、上海、西安、成都、武汉等市共 74 个高层扣件式钢管脚手架的使用荷载与布置、结构构造与尺寸、立柱垂直偏差、纵向水平杆水平度、螺栓拧紧扭力矩等。

2. 收集与翻译了英、美、日、德等国共七种同类规范与资料。调查 115 个省、市建筑公司，收集企业标准、论文、试验、使用荷载、构造尺寸等资料共 80 多份。

3. 以脚手架设计计算与构造为中心，开展了 52 个原型脚手架(19 个)及模型架破坏试验。通过大量的数据处理与理论分析，



消化吸收国外标准,提出了以下成果:

(1)脚手架的整体稳定性,采用单根立杆的稳定性简化计算,并可考虑扣件的偏心距(53mm)的影响;

(2)单、双排脚手架在不同连墙件设置、不同立杆横距工况下,立杆计算长度系数值;

(3)纵向、横向水平杆强度计算与变形验算方法;

(4)纵向、横向水平杆与立杆连接扣件抗滑移的计算方法;

(5)连墙件的计算方法;

(6)立杆地基承载力的计算;

(7)模板支架的计算;

(8)设置连墙件、纵向与横向扫地杆、剪刀撑、横向支撑、立杆接头与其接头位置等的构造规定。

以上研究成果,为脚手架的设计计算与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量提供了重要的科学依据。

4. 对施工现场的使用荷载、构造尺寸的调研与实测,对三种各 408 个扣件自重的实测与数理统计,提出了本规范施工均布活荷载、脚手板重量、栏杆与挡脚板重量、扣件自重、立杆每米高自重的标准值。

5. 在总结国内经验基础上,消化吸收英、美、日、德四国的同类标准,提出了:

(1)立杆、纵向与横向水平杆、连墙件、支撑、门洞等构造规定;

(2)通过大量计算提出了 50m 以下敞开式单、双排脚手架不进行计算的设计尺寸;

(3)施工(施工准备、地基与基础、搭设、拆除)、安全管理、构配件与脚手架的检验与验收等全面、严格、明确的规定。

6. 对北京、上海、广州、深圳四个城市中 14 个高层脚手架的 1230 个扣件螺栓扭力矩的实测与数理统计,并参照国内相关标准

提出了满足安全使用要求的扣件安装质量、抽样数目、合格与不合格判定标准。

7. 对 19 个城市 24 个建筑公司的 54 个高层脚手架实测立杆垂直度偏差值 1811 个,纵向水平杆水平度偏差值 61 个,通过用概率与数理统计方法分析,用  $X^2$  检验法确定其置信度后,提出了不依脚手架的总高度而不同,最后验收时的垂直度允许偏差值均为 100mm,纵向水平杆允许偏差为 20mm,它是代表国内 24 个城市中许多建筑企业搭设质量的平均先进水平的。

8. 结合我国施工企业管理水平,并吸收英国标准规定,提出了立杆与支撑所用钢管矢高弯曲分别以  $3L/1000$ 、 $4.5L/1000$  计算的允许偏差值。

## 二、本规范特点、与国外现行同类标准对比

### 1. 本规范特点。

(1)内容全面、系统。本规范集荷载、构配件、设计计算、构造要求、施工、检验与验收于一本。

(2)指导性强。本规范首次提出的扣件式钢管脚手架各杆件的计算方法、构造要求、施工、检验与验收规定,是在大量调查研究,吸收国外先进标准,进行了大量系统深入的试验研究与理论分析的基础上提出的。可靠可行,又高于现状,故指导性尤为明显。

(3)一定的先进性。本规范采用极根状态设计法来代替现有的容许应力设计法;采用的立杆计算长度系数、抗滑移计算、提高脚手架整体刚度的构造规定、脚手架架设质量的允许偏差等方面比当前现状都具有先进性。

### 2. 与国外同类标准对比。

本规范采用的极根状态设计法,以及通过大量试验研究,对脚

手架稳定性计算、受弯构件强度计算、变形验算、抗滑移计算、立杆对接与垂直度允许偏差等方面提出了自己的规定,在科学性和完善性方面优于国外同类标准。

在检查项目和要求上,根据我国过去脚手架搭设和使用正、反两方面的经验,提出比较明确实际的规定,也比国外同类标准实用。可以认为本规范在编制方法、手段、理论依据、实用性方面达到当前先进国家同类标准的水平。

### 三、关于规范“总则”、“术语、符号”、“构配件” 章节的说明

#### (一)总则

规范总则这章说明了四方面内容:

1. 扣件式钢管脚手设计、施工时必须遵循的原则。即:“在扣件式钢管脚手架设计与施工中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。”

2. 本规范适用范围。本规范适用于工业与民用建筑施工用落地式(底撑式)单、双排扣件式钢管脚手架的设计与施工,以及水平混凝土结构工程施工中模板支架的设计与施工。

根据现行国家标准《砌体工程施工及验收规范》规定,为保证单排脚手架整体稳定性,规定了单排脚手架不适用于下列情况:

- (1)墙体厚度小于或等于 180mm;
- (2)建筑物高度超过 24m;
- (3)空斗砖墙、加气块墙等轻质墙体;
- (4)砌筑砂浆强度等级小于或等于 M1.0 的砖墙。

3. 总要求。针对目前施工现场脚手架设计与施工中存在的问题,为确保脚手架工程做到经济合理、安全可靠,最大限度地防

止伤亡事故的发生。本规范要求,“扣件式钢管脚手架施工前,应根据本规范的规定编制施工组织设计”。只有编制了施工组织设计,才能使脚手架工程施工有依据,才有可能使脚手架工程做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,最终保证工程的安全可靠。这也是国内外脚手架事故血的教训的总结。

脚手架工程施工组织设计在施工过程中允许变更,但必须报原审批部门批准。这既体现了方案执行过程中的灵活性,也体现了它严肃性。

在施工组设计中,应绘制脚手架工程施工图(符合建筑制图标准要求),特别是对高层建筑、特种结构、特殊用途的扣件式钢管脚手架及脚手架的重要部位,在施工图中应明确反映搭设构造。

规范要求,扣件式钢管脚手架施工前,应按本规范的规定对脚手架结构构件与立杆地基承载力进行设计计算。

#### 4. 引用标准:

(1)我国扣件式钢管脚手架使用的 $\phi 48 \times 3.5\text{mm}$  钢管绝大部分是焊接钢管,属冷弯薄壁型钢材,其材料设计强度  $f$  值与轴心受压构件的稳定系数  $\varphi$  值,应引用现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》。在其他情况采用热轧无缝钢管时,则应引用国家标准《钢结构设计规范》。

(2)本规范引用国内规范、标准(按规范、规范条文说明,引用顺序排列)。

- 1)《直缝电焊钢管》
- 2)《低压流体输送用焊接钢管》
- 3)《碳素结构钢》
- 4)《钢管脚手架扣件》
- 5)《木结构设计规范》
- 6)《建筑结构荷载规范》

- 7)《冷弯薄壁型钢结构技术规范》
- 8)《钢结构设计规范》
- 9)《混凝土结构设计规范》
- 10)《建筑地基基础设计规范》
- 11)《混凝土结构工程施工及验收规范》
- 12)《地基与基础工程施工及验收规范》
- 13)《金属拉伸试验方法》
- 14)《特种作业人员安全技术考核管理规则》
- 15)《施工现场临时用电安全技术规范》
- 16)《砌体工程施工及验收规范》
- 17)《建筑结构设计术语和符号》
- 18)《建筑结构可靠度设计统一标准》
- 19)《定型钢跳板制作质量标准》
- 20)《逐批检查计数抽样程序及抽样表》
- 21)《建筑施工高处作业安全技术规范》

## (二)术语、符号

脚手架各杆件的位置,示于图 1-1。

脚手架定义是:为建筑施工而搭设的上料、堆料与施工作业用的临时结构架。根据脚手架搭设方式、施工用途、封闭状况及沿建筑物设置的不同,可分为:单排脚手架、双排脚手架、结构脚手架、装修脚手架、敞开式脚手架、局部封闭脚手架、半封闭脚手架、全封闭脚手架、开口型脚手架、封圈型脚手架。

模板支架定义为:用于支撑模板的、采用脚手架材料搭设的架子。

扣件定义为:采用螺栓紧固的扣接连接件。根据扣件使用用途的不同,分为直角扣件、旋转扣件、对接扣件、防滑扣件。

立杆定义为:脚手架中垂直于水平面的竖向杆件。根据立杆

在脚手架中设置的位置、使用用途不同,分为外立杆、内立杆、角杆、双管立杆(主立杆、副立杆)。

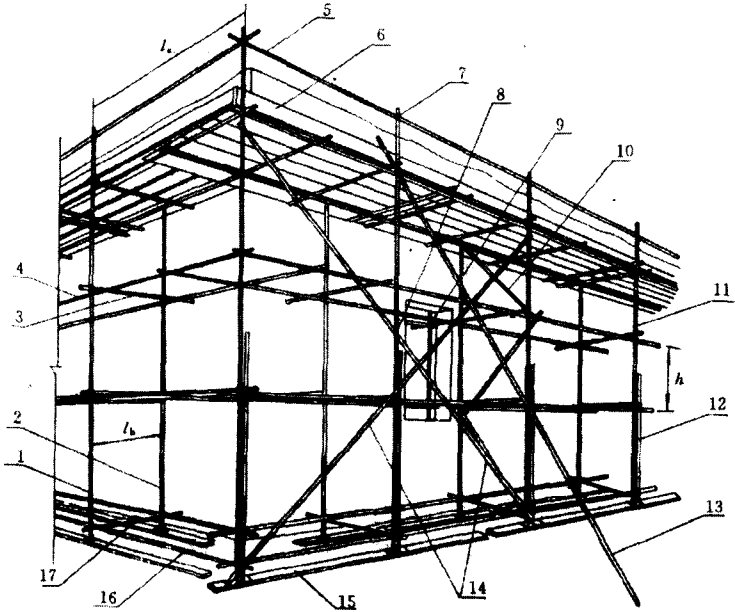


图 1-1 扣件式钢管脚手架各杆件位置

- 1—外立杆;2—内立杆;3—横向水平杆;4—纵向水平杆;5—栏杆;  
 6—档脚板;7—直角扣件;8—旋转扣件;9—连墙件;10—横向斜撑;  
 11—主立杆;12—副立杆;13—抛撑;14—剪刀撑;15—垫板;  
 16—纵向扫地杆;17—横向扫地杆。

水平杆定义为:脚手架中的水平杆件。根据水平杆在脚手架中位置、方向、使用用途的不同,分为纵向水平杆、横向水平杆、扫

地杆(纵向扫地杆、横向扫地杆)。

连墙件定义为:连接脚手架与建筑物的构件。根据脚手架与建筑物连接方式不同,分为刚性连墙件及柔性连墙件。

规范中的其他名词解释见规范 2.1 节。

本规范的符号采用现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ 132)的规定。规范中的符号解释见规范 2.2 节。

### (三)构配件

#### 1. 钢管。

脚手架钢管应采用现行国家标准《直缝电焊钢管》(GB/T13793)或《低压流体输送用焊接钢管》(GB/T 3092)中规定的 3 号普通钢管,其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T700)中 Q235 - A 级钢的规定。试验表明,脚手架的承载能力由稳定条件控制,失稳时的临界应力一般低于  $100\text{N}/\text{mm}^2$ ,采用高强度钢材不能充分发挥其强度,采用现行国家标准《碳素结构钢》中 Q235 - A 级钢比较经济合理。经几十年工程实践证明,采用电焊钢管能满足使用要求,成本比无缝钢管低。为此,在德国、英国的同类标准中也均采用。德国的截面尺寸为  $\phi 48.3 \times 3.2\text{mm}$  (DIN4420<sup>7)</sup>,英国的截面尺寸为  $\phi 48.3 \times 4\text{mm}$  (BS5973),英国钢材的屈服强度为  $210\text{N}/\text{mm}^2$  (BS5975)。

我国和英、日、德等国几十年的工程实践证明:直径 48mm 钢管具有使用性能好的特点,所以在各国的标准中都规定采用。鉴于目前仍有一些省、市建筑公司拥有相当数量直径 51mm 的钢管,从经济考虑不能禁止使用,只能逐步淘汰。建议已使用的单位不要再扩大使用量。

限制钢管的长度与重量是为确保施工安全,运输方便。外径为 48mm 的钢管每米长的质量为 3.84kg。其最大长度为 6.5m。在英国标准《钢制工作脚手、引道脚手架和特殊结构的实用规程》

(BS5978)中规定钢管的最大长度为 6.4m,壁厚为 4mm 其最大质量为 28kg,与我国很接近。

为保证钢管的尺寸和表面质量,以便确保钢管受力和立杆对接平稳,要求新、旧钢管的尺寸、表面质量和外形除满足规范有关规定外,还强调指出:“钢管上严禁打孔”。本条为强制条文,必须严格执行。

## 2. 扣件。

(1)为保证脚手架钢管间的可靠连接,要求扣件式钢管脚手架应采用可锻铸铁制作的扣件,其材质应符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》(GB 15831)的规定。本规范在现阶段暂不推荐钢板冲压扣件。

《钢管脚手架扣件》(GB15831)技术要求 5.2 条规定:“扣件铸件的材料应采用 GB 9440 中所规定的力学性能不低于 KTH 330-08 牌号的可锻铸铁或 GB 11352 中 ZG 230-450 铸钢制作”。

(2)我国目前各生产厂的扣件螺栓所用的材质差异较大,检查表明,当螺栓扭力矩达  $70\text{N}\cdot\text{m}$  时大部分螺栓已滑丝不能使用。为此规范要求脚手架采用的扣件,在螺栓拧紧扭力矩达  $65\text{N}\cdot\text{m}$  时,不得发生破坏。

《钢管脚手架扣件》(GB15831)技术要求 5.5 条规定:“扣件(除底座外)必须经过  $65\text{N}\cdot\text{m}$  扭力矩试压检验,不允许破坏”。

## 3. 脚手板。

在脚手架工程中,为了便于现场搬运和使用安全。要求采用钢、木、竹材料制作的脚手板,每块质量不宜大于 30kg。现场脚手板质量(kg)调查统计见表 1-1。



脚手板质量(kg)调查统计结果

表 1-1

分项名称	下列长度(m)时,每块木脚手板质量			3m长每块脚手板的质量(kg)	
	3	4	6	冲压钢脚手板	竹串片脚手板
抽样块数	18	19	19	11	13
每块质量平均值 X	23.86	28.05	47.89	21.14	18.88
均方差 $\sigma$	3.56	2.83	10.43	1.42	1.19

由表 1-1 可以看出:3m 长的冲压钢脚手板、竹串片脚手板,以及 4m 长的木脚手板(平均宽度:212mm;平均厚度:45mm),每块质量均在 30kg 限额以内。唯有 6m 长的木脚手板超标,考虑施工现场的实际使用情况,本规范认为应慎重使用。

规范对冲压钢脚手板的材质、质量与尺寸偏差有明确的规定,同时要求冲压钢脚板应有防滑措施,对木脚手板材质及厚度作了明确规定,同时要求木脚手板两端应各设直径为 4mm 的镀锌钢丝箍两道。对竹脚手板的材质也作了明确了规定。

#### 4. 连墙件。

连墙件是连接脚手架与建筑物的构件,连墙件的材质质量好坏直接影响脚手架整体稳定,所以要求连墙杆的材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700)中 Q235-A 级钢的规定。