



建筑工程施工计算系列丛书

建筑施工安全计算

(含PKPM安全计算软件演示)

徐 蓉 王旭峰 师安东 主编

徐 伟 主审

中国建筑工业出版社

TU714-62/4D

2008

建筑工程施工计算系列丛书

建筑施工安全计算

(含 PKPM 安全计算软件演示)

徐 蓉 王旭峰 师安东 主编
徐 伟 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工安全计算 (含 PKPM 安全计算软件演示)/徐蓉,
王旭峰, 师安东主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007
(建筑工程施工计算系列丛书)
ISBN 978-7-112-09763-0

I. 建… II. ①徐…②王…③师… III. 建筑工程—工
程施工—安全技术—参数 IV. TU714-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 184707 号

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针, 提高安全生产工作和文明施工的管理水平, 确保在施工现场生产过程中的人身和财产安全, 减少事故的发生, 建立健全安全保障体系。同时, 为从根本上全面提高施工现场设施安全计算水平, 加快施工现场设施安全计算的数字化步伐, 特编写了本书。本书将施工安全技术和计算机科学有机地结合起来, 针对施工现场的特点和要求, 依据有关国家规范, 归纳了常用的施工现场安全设施的类型进行计算和分析, 为施工企业的安全技术管理提供了计算工具, 也为施工组织设计的编制提供了可靠的依据, 从而为施工安全提供了保障。

本书可供建筑施工企业技术人员、管理人员使用, 也可供土建设计人员和大专院校土建专业师生参考。

* * *

责任编辑: 郇锁林
责任设计: 董建平
责任校对: 孟楠 陈晶晶

建筑工程施工计算系列丛书

建筑施工安全计算

(含 PKPM 安全计算软件演示)

徐蓉 王旭峰 师安东 主编

徐伟 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京华艺制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$ 字数: 393 千字

2008 年 4 月第一版 2008 年 4 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 43.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-09763-0

(16427)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

随着我国加入 WTO 和建设事业的迅速发展, 建筑施工领域面临国际竞争, 国外建筑商在参与国内工程承包的同时, 带来了国际先进的施工技术和管理模式。面对国外的竞争和国内建设发展的需要, 国内施工企业急需提高技术素质和专业水平。

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针, 提高安全生产工作和文明施工的管理水平, 确保在施工现场生产过程中的人身和财产安全, 减少事故的发生, 建立健全安全保障体系。同时, 为从根本上全面提高施工现场设施安全计算水平, 加快施工现场设施安全计算的数字化步伐, 编写了《建筑施工安全计算》一书。

本书基本覆盖常用安全设施的计算, 为施工技术人员对安全设施的计算提供了方便, 为安全设施的安全度提供保障, 大大提高施工现场管理效率, 具有很强的实用性。

本书按照施工现场土建设施有关计算的内容分类, 快速准确地进行, 解决了施工现场广大技术人员在施工方案编制中专项方案计算难的问题。

本书将施工安全技术和计算机科学有机地结合起来, 针对施工现场的特点和要求, 依据有关国家规范, 归纳了常用的施工现场安全设施的类型进行计算和分析, 为施工企业的安全技术管理提供了计算工具, 也为施工组织设计的编制提供了可靠的依据, 从而为施工安全提供了保障。

施工设施安全计算软件的出现, 为施工技术人员提供了更加便捷的计算工具, 采用统一的技术参数、计算分析方法和公式, 输出规范的计算过程和分析文档, 便于审查和复核, 确保施工现场设施安全、合理。

本书第一章由徐蓉、王旭峰、俞宝达、龙炎飞、万小兵编写; 第二章由徐蓉、师安东、万一梦、方娟编写; 第三章由王旭峰、吴芸、师安东、余兴国、汤俊杰编写; 第四章由徐蓉、王旭峰、尤雪春、宋炜卿、龙炎飞编写; 第五章由师安东、王旭峰、俞宝达、余兴国编写, 另外李昱宇、黄铮、杨全付、杜瑞利等参与了书稿的校核和有关资料的收集整理工作, 最后由徐蓉、王旭峰、师安东统稿, 徐伟教授主审。

在本书的编写中得到了上海建工集团第七建筑公司、浙江凯翔集团有限公司、上海锦深建设工程加固有限公司等有关单位的大力支持, 特此表示感谢!

但限于编者水平有限, 书中难免有不足之处, 敬请读者批评不吝指教。

目 录

第 1 章 脚手架工程的计算	1
1.1 脚手架计算模型.....	1
1.1.1 悬挑支撑结构的计算模型.....	1
1.1.2 单排外脚手架的计算模型.....	2
1.1.3 双排外脚手架的计算模型.....	4
1.2 扣件式钢管脚手架.....	8
1.2.1 杆件承载力计算.....	9
1.2.2 允许搭设高度的计算.....	14
1.2.3 简便计算.....	17
1.2.4 立杆底座和地基承载力的计算.....	19
1.2.5 配件配备量计算.....	20
1.3 悬挑脚手架.....	22
1.3.1 计算模型.....	25
1.3.2 设计计算.....	26
1.4 木脚手架计算.....	28
1.5 装饰用简易脚手架.....	35
1.5.1 悬挂式简易脚手架的计算.....	35
1.5.2 扶墙三角挂脚手架计算.....	37
1.5.3 插口飞架脚手架计算.....	43
1.5.4 桥式脚手架计算.....	49
1.6 脚手架工程的安全管理.....	52
第 2 章 模板	55
2.1 模板基本计算模型.....	55
2.1.1 模板荷载计算及组合.....	55
2.1.2 模板用量计算.....	57
2.2 现浇混凝土构件模板的计算.....	60
2.2.1 基础模板的计算.....	60
2.2.2 柱模板的计算.....	68
2.2.3 现浇混凝土梁模板的计算.....	78
2.2.4 现浇混凝土墙模板的计算.....	93
2.2.5 现浇混凝土板模板的计算.....	98

2.3	组合钢模板支撑件和连接件的计算	107
2.3.1	模板拉杆计算	107
2.3.2	支承钢楞计算	110
2.3.3	柱箍计算	117
2.3.4	钢管架计算	121
2.3.5	四管支柱计算	125
2.3.6	钢管脚手架支架计算	127
2.3.7	门型架支撑计算	131
2.3.8	平面可调桁架计算	134
2.3.9	曲面可变桁架计算	136
2.3.10	模板构件临界长度的计算	139
2.4	现浇混凝土墙大模板计算	142
2.5	液压滑升模板计算	152
2.5.1	滑动模板、围圈和提升架计算	153
2.5.2	滑动模板操作平台计算	157
2.5.3	滑动模板支承杆承载力和需要数量的计算	160
2.5.4	模板滑升速度计算	162
2.5.5	滑模随升起重设备刹车制动力计算	162
第3章	垂直运输机械的计算	163
3.1	格构式型钢井架计算	163
3.2	扣件式钢管井架计算	173
3.3	龙门式型钢架计算	176
3.4	自升式塔吊的计算	179
3.4.1	天然地基塔吊基础设计	180
3.4.2	四桩基础塔吊基础设计	181
3.4.3	塔吊三附着设计计算	186
3.4.4	塔吊四附着设计计算	189
3.4.5	塔吊稳定性验算	192
3.4.6	塔吊桩基础稳定性计算	193
3.4.7	格构柱稳定性计算	194
3.5	履带式起重机的计算	194
第4章	预埋构件的计算	198
4.1	地脚螺栓固定架计算	198
4.1.1	荷载计算	198
4.1.2	螺栓固定架计算	198
4.2	地脚螺栓锚固强度和深度的计算	202

4.2.1	按粘结力计算锚固强度	202
4.2.2	按锚板锚固计算锚固强度	202
4.3	锚碇施工计算	205
4.3.1	锚碇的稳定性计算	205
4.3.2	侧向土壤强度	205
4.3.3	锚碇横梁计算	206
4.4	预埋铁件的简易计算	206
4.4.1	承受剪切荷载的预埋件计算	207
4.4.2	承受纯弯荷载的预埋件计算	207
4.4.3	承受轴心抗剪荷载的预埋件计算	208
4.4.4	承受弯剪荷载的预埋件计算	208
4.5	马镫的计算	208
第5章	施工现场设施安全计算软件	211
5.1	施工现场设施安全计算软件的介绍	211
5.2	软件的界面介绍	211
5.2.1	启动软件	211
5.2.2	软件界面	212
5.2.3	脚手架工程应用范围	213
5.2.4	模板工程应用范围	214
5.2.5	塔吊工程应用范围	214
5.2.6	大体积混凝土工程应用范围	215
5.3	扣件钢管楼板模板高支撑架计算案例	215
5.3.1	工程概况	215
5.3.2	软件操作	215
5.3.3	软件的计算依据和方法	216
5.3.4	计算过程及结果的输出	220
5.3.5	软件审核表格计算书的输出	226
5.3.6	软件计算和手工计算的对比	229
5.4	某高层住宅楼外悬挑脚手架工程实例	230
5.4.1	工程概况	230
5.4.2	软件操作	231
5.4.3	软件的计算依据和方法	231
5.4.4	计算结果的输出	237
5.4.5	软件审核表格计算书的输出	242
5.4.6	软件计算和手工计算的对比	245

第 1 章

脚手架工程的计算

◆ 1.1 脚手架计算模型

1.1.1 悬挑支撑结构的计算模型

钢管脚手架是以钢管为基本杆件组成的钢结构。它和传统的以型钢为基本杆件组成的钢结构之间是既相似又有区别。现以挑架的支撑结构为例来说明。

挑架的支撑结构在实际工程中有由钢管组成的三角形桁架 [图 1-1 (a)], 亦有由型钢组成的三角形桁架 [图 1-1 (b)], 两者的结构型式是相同的, 均由四根杆件组成。

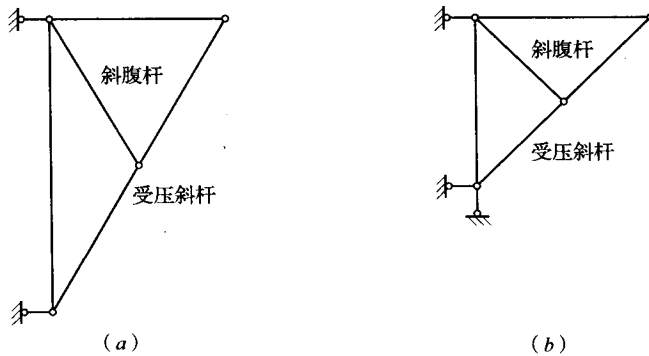


图 1-1 挑架的支撑结构

(a) 钢管组成的桁架; (b) 型钢组成的桁架

首先分析受压斜杆中间节点的受力情况。型钢桁架的受压斜杆是一根连续的型钢。它和斜腹杆的连接是通过一个节点板来实现的。二根杆件分别焊接在节点板上。虽然节点板有一定的刚度, 使节点还能承受一定数值的弯矩。考虑到这弯矩对整根杆件的影响主要局限于杆件的端部。所以结构分析时把这种节点假设成为铰节点。即使这杆件是由整根型钢穿过节点, 设计时还是按铰节点来计算内力。按铰节点考虑其计算方法简便多了。这也是工程上对钢桁架习惯的处理方法。

钢管桁架的斜压杆是一根连续的钢管, 它和斜腹杆的连接是通过一个旋转扣件来实现的。故斜腹杆和斜压杆的连接确实是一个铰。和型钢桁架一样, 虽然斜压杆是一个通长的整根钢管, 在计算内力时还是把腹杆和受压斜杆的节点整个作为一个铰结点考虑。

这两种桁架的节点均是假设成铰节点, 所以这两种桁架的计算简图是一样的, 均能认为是一个静定的三角形铰接桁架。

1.1.2 单排外脚手架的计算模型

首先从横向来分析单排外脚手架的传力特点。如图 1-2 所示，小横杆一端搁在墙上，另一端搁在大横杆上，两杆用直角扣件连接，小横杆和立杆没有直接连接。小横杆的计算简图是一根简支梁，搁在墙上的一端是一个不动铰。

小横杆承受的荷载经过大横杆通过一个直角扣件传到立杆上，大横杆的中心线和立杆的中心线之间有一个距离，其数值为 69mm，故立杆承受一个偏心力。在结构组成上大横杆和立杆的相交点，总设置有一个小横杆，这小横杆的中心线和大横杆的中心线之间亦有一个距离，所以小横杆内的轴向力对节点的中心亦有一个偏心距（图 1-3）。虽然大横杆和立杆之间有一个偏心距，但在计算内力时，这个偏心距的影响很小，实际上是忽略不计了。现在以立杆的顶端为例来说明，如图 1-4 所示。大横杆位于立杆内侧，由于偏心距的存在，大横杆传来的竖向力对立杆顶端节点产生一个顺时针方向的力矩，这力矩使立杆顶端内倾。小横杆的存在，顶住立杆，阻止立杆内倾，这时小横杆内出现一个轴向力，这轴力是一个被动的推力，这推力对节点中心产生一个逆时针方向的力矩。这力矩会抵消部分顺时针方向的力矩，可见小横杆的存在使竖向力的偏心距减少，所以实际计算时就不考虑了。当大横杆位于立杆外侧时将使立杆外倾，这时小横杆拉住立杆，同样可以减少偏心距。

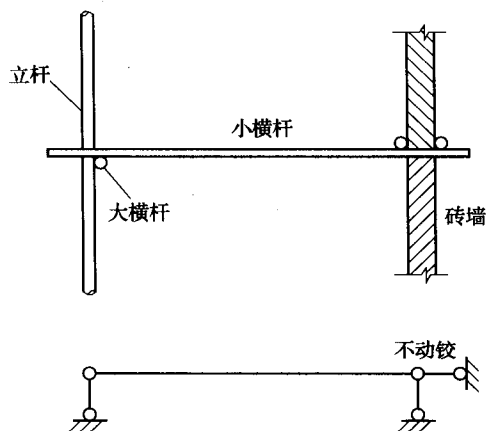


图 1-2 小横杆的计算简图

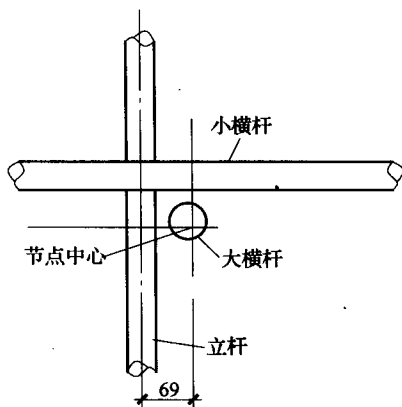


图 1-3 立杆、大横杆和小横杆的连接

如果没有设置小横杆，则大横杆与立杆之间的偏心距还是要考虑的，一般处理办法是，在内力分析时略去偏心距的影响，在截面承载力计算时考虑偏心距的影响。

再从纵向来分析单排外脚手架的传力特点。纵向脚手架是由立杆和大横杆用直角扣件相连接成一整片构架，在节点处立杆和大横杆均是整根钢管连续穿过，所以节点本身具有一定的刚度，能承受少量弯矩，属弹性连接。对这种节点我们建议假设成铰节点，即认为节点处的弯矩为零，其原因是：

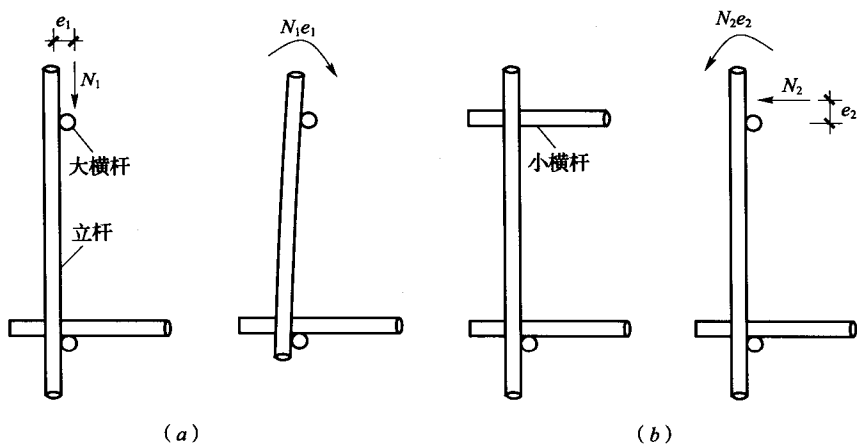


图 1-4 小横杆的影响
(a) 无小横杆时；(b) 有小横杆时

(1) 传统的用型钢制造的钢桁架，其上、下弦杆均是由整根型钢穿过节点的，而设计时这种节点均假设为铰接。脚手架的情况相似，是整根钢管穿过节点，将脚手架的节点假设为铰接是将传统的钢桁架基本假设移植过来。

(2) 假设成铰接偏于安全。因脚手架这种结构使用时不确定的因素太多，而又对操作工人的人身安全影响很大，故对脚手架这种很特殊的结构类型，要留有较多的安全余地。

对大横杆来说，它可以假设成连续梁，如图 1-5 所示。当假设成连续梁时，支座和跨中均承受弯矩；当假设为简支梁时，支座处的弯矩被加到跨中弯矩中，而认为支座弯矩为零。这样按简支梁的跨中弯矩设计大横杆，所得的计算结果是偏于安全的。

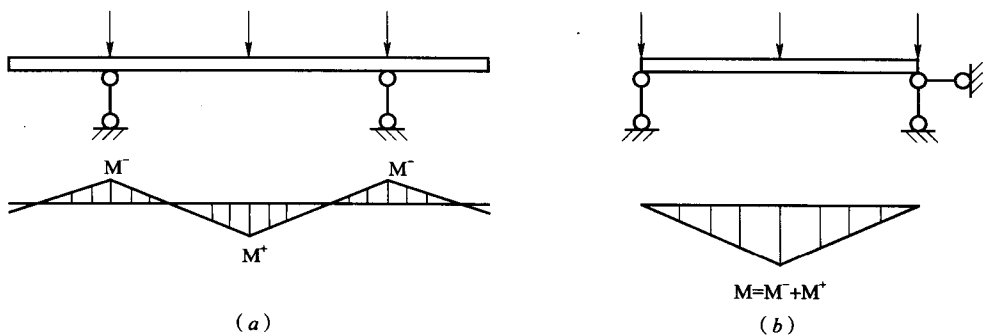


图 1-5 大横杆计算简图比较
(a) 连续梁计算简图的弯矩分布图；(b) 简支梁计算简图的弯矩

对于立杆，图 1-6 列出节点是刚性连接、弹性连接和铰接三个情况。当节点假设为刚性时，立杆的计算长度 $l_0 = 0.5h$ ；假定为铰接时 $l_0 = h$ ；假定时弹性固接时，随固接的程度计算 l_0 在 $0.5h \sim h$ 之间变化。从三种情况的比较可以很容易判断出假定成铰接时，立杆的受压承载力最低，因而按此验算也是偏于安全的。

(3) 假设成铰接方便计算：由于脚手架的搭设受人为因素和施工情况的影响大，如

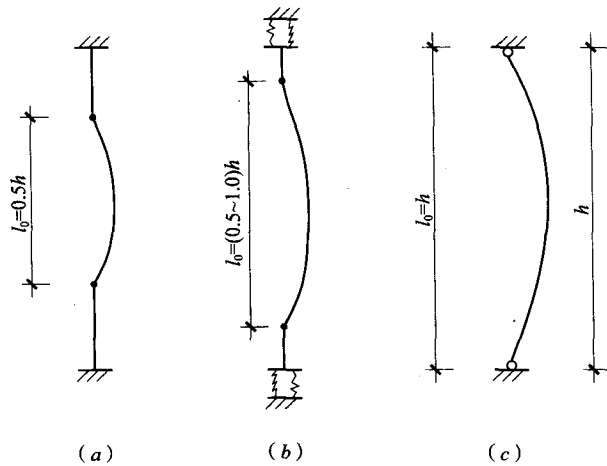


图 1-6 立杆计算简图比较

(a) 刚性连接; (b) 弹性连接; (c) 铰接

扣件拧紧时所用扭矩大小不同, 嵌固程度就不同。因此, 实际工程中要按实际弹性固接来计算是几乎不可能的, 假定是刚接则是一个超静定次数很多的超静定结构, 内力计算亦相当冗繁。当假定成铰接后, 计算就方便多了。

从几何组成观点看, 由立杆、大横杆铰接而成的构架是不稳定的, 纵向支撑的存在保证了这铰接构架的几何稳定性, 当每层只有一根斜杆时, 这构架是静定的。图 1-7 列出纵向构架的一角, 我们从底层左边开始分析, 在 1、2、3、4 节间有一根斜杆, 故这节间是几何不变的, 且是静定的。通过杆 a1、b1、c3 稳固地连接在地基上 (应注意, 此处构造上必须设置扫地杆, 并与立杆紧密连接、立杆需有可靠的底座相连, 才能认为是铰支在地基上)。

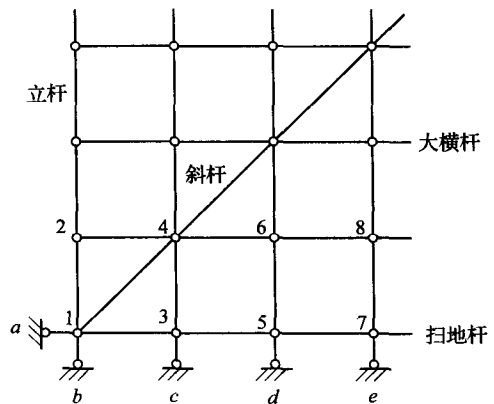


图 1-7 纵向构架的动机分析

再在 1、2、3、4 这个几何不变体上添加 35、d5 二杆, 相交于点 5。再依次增加 46、56 二杆相交于点 6。如此, 第二节间 3、4、5、6 亦是稳定的、静定的。依此类推, 这一层结构均是稳定的、静定的。如在这层再增加斜杆则成为超静定结构, 每增加一根斜杆, 超静定次数增加一次。

同样原理适用于上面各层分析, 只要每层保证有一根斜杆则就是几何不变、静定的, 而整个构架的超静定次数是每层斜杆根数减一, 各层叠加而得。

为了简化计算, 且偏于安全, 在计算时考虑每层仅存在一根斜杆, 按静定结构计算。

1.1.3 双排外脚手架的计算模型

首先讨论纵向构架, 有内外二排。和单排外脚手架一样, 可以假设成由立杆、大横杆

组成的铰接构架。

外排构架设置有纵向斜撑，是几何稳定结构。内排构架为了保证施工方便不宜设置纵向斜撑，但考虑到内排构架是夹在稳定的外排构架和稳固的房屋之间，有很多横向杆件相连，实际上脚手架已形成了一个稳定的空间桁架，故亦是稳定的。

在纵向平面内，立杆的计算长度即为脚手架的步高。

再来分析横向构架的受力特点。和单排脚手架不同的是，不是每个节点都与房屋的外墙相连，脚手架仅是通过连墙件与房屋相连，连墙件的间距 $\leq 4\text{m}$ ，所以有一定数量的节点在横向是自由的。图1-8是在有连墙杆处，从上到下横向切出一段，小横杆 ab 、 ef 处有连墙件与房屋相连， cd 杆没有。但小横杆 cd 是一根零杆。所以在竖向荷载作用时横向构架的计算简图可偏于安全的取图如图1-9所示。这是一个稳定的静定结构，构件平面内立杆的计算长度是由连墙件的间距确定的，一般为步高的2~3倍，要大于纵向构架平面内的计算长度，所以立杆破坏主要是发生在横向构架平面内，是起控制作用的。

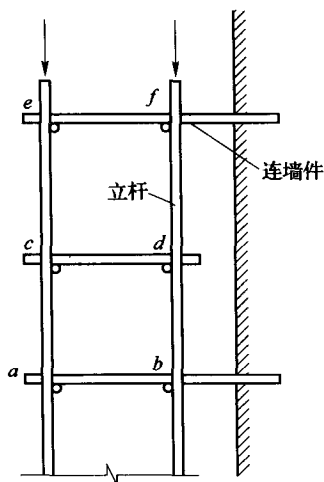


图1-8 横向构件

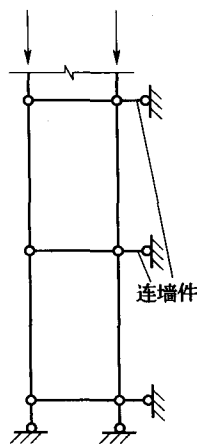


图1-9 垂直荷载作用时横向构架的计算简图

当水平风荷载作用于构架时，这时外立杆直接承受水平均布荷载的作用。如图1-10所示，部分荷载通过杆 ab 杆 ef 直接通过连墙件传递到房屋上，另有部分荷载通过小横杆 cd ，传递到内立杆，由内立杆再经过连墙件，传递到屋顶上。这时小横杆 cd 不再是零杆。其计算简图如图1-11所示是一个超静定结构。小横杆 cd 是通过铰连接到立杆上，立杆作为一个通长的杆件与小横杆的端头铰接。

我们在有连墙件处沿纵向水平切一段（图1-12），可以看到在连墙件之间还有1~2榀横向构架，这几榀中间横向构架没有连墙件与房屋相连接；即处于无侧向“支点”的情况。现对此加以分析：考虑到与连墙件相连的大横杆，其跨度 $\leq 4\text{m}$ ，本身具有一定的刚度。另外，在相邻两榀横向构架之间还要设置小横杆，这些小横杆和内外两排大横杆间组成一个整体结构，可以近似地认为它是一个“空腹桁架”（图1-13）。其水平方向的刚

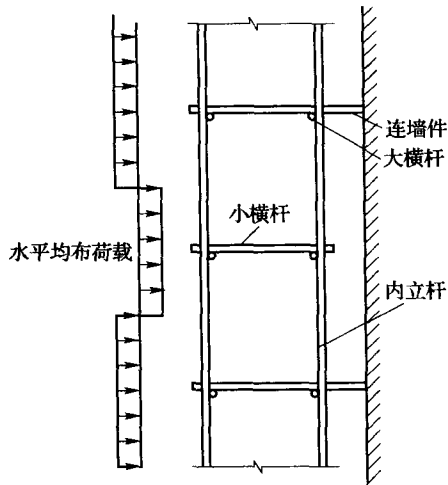


图 1-10 水平均布荷载的传递路线

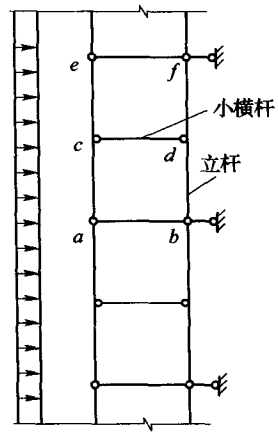


图 1-11 水平风荷载作用时横向构架的计算简图

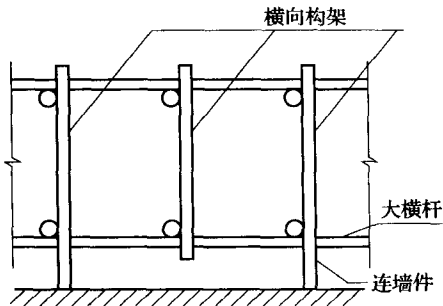


图 1-12 大横杆、连墙件和横向构架的关系

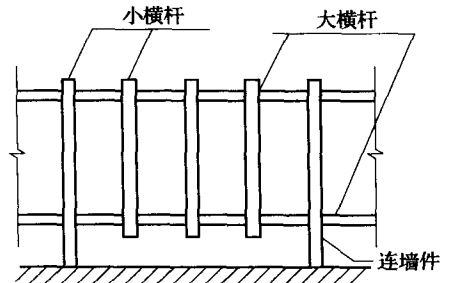


图 1-13 “空腹桁架”

度比单根大横杆要大得多。特别是作业层满铺上脚手架后，它的水平刚度是很大的，故和连墙件相连的大横杆可近似视为横向构架的侧向固定支点。这样无连墙杆的横向构架和有连墙杆处的横向构架可以取用相同的计算简图。

脚手架的步高一般为 1.8m，连墙杆的间距要求小于 4m，所以多数情况下连墙杆的间距取二步高，即 $l_0 = 2h = 3.6\text{m}$ 。在计算横向构架平面内立杆的承载力时，取立杆的计算长度为连墙杆的间距，略去两根连墙杆中间小横杆的影响（此处的小横杆在竖向荷载作用时为零杆），即取计算长度为 $l_0 = 3.6\text{m}$ 。这时，立杆的长细比 $\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{3600}{16} = 225$ （ i 为立杆回转半径， $i = 16\text{mm}$ ）。根据《钢结构设计规范》的规定，压杆允许长细比 $[\lambda] = 150$ ，对临时结构，可以放松到 $[\lambda] = 210$ ，而目前立杆的长细比稍超出这个允许值。实际上这是因为为了简化计算取 $l_0 = 2h$ 所造成的，而有关单位实验后建议取连墙杆之间的 $l_0 = 1.4 \sim 1.6h$ ，则 $\lambda = \frac{1.6 \times 1800}{16} = 180$ 。立杆失稳时，由于立杆中间有小横杆、大横杆所

组成的水平防止失稳的“空腹桁架”存在，单根立杆的失稳必然会受左邻右舍一群立杆的约束，所以真正的失稳应是一群立杆整体失稳。图 1-14 列出一榀横向构架在立杆失稳时变形的示意图。它表示小横杆的存在，使两根立杆共同变形。实际上，由于大横杆的存在，这榀横向构架相邻两侧的横向构架亦要共同变形。所以大小横杆的存在，相当在立杆的中间作用一个弹性支座 [图 1-15 (b)]，我们在竖向荷载作用下所采用的计算简图是假定这个弹性支座的弹簧刚度为零，如图 1-15 (a) 所示的情况，即不考虑有这一横向约束。如果立杆中间弹性支座的刚度大到一定程度时，则可以假定立杆中间有一个刚性支杆 [图 1-15 (c)]。这时立杆可以分为上下二杆，计算长度为一个步高，即 $l_0 = h = 1.8\text{m}$ ，对 $\phi 48$ 的钢管这时承载力计算值 $N_0 = 48\text{kN}$ 。对图 1-15 (a) 的情况，立杆的计算长度为两个步高，即 $l_0 = 2h = 3.6\text{m}$ ，则其承载力计算值 $N_0 = 15\text{kN}$ ，两种情况的承载力相差 3.2 倍，对图 1-15 (b) 的情况，立杆的承载力在 $N_0 = 15 \sim 48\text{kN}$ 之间，其数据与弹性支座的弹性刚度有关。弹性刚度越大，立杆的承载力越高。可以清楚地看到，图 1-15 (a) 这种情况是这立杆承载的最低值。

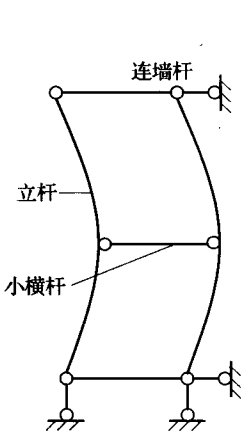


图 1-14 整体失稳

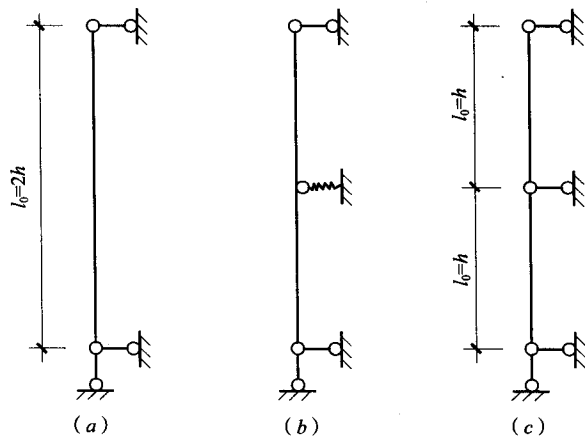


图 1-15 立杆中间弹性支座对计算简图的影响

(a) 弹簧刚度为零；(b) 弹簧刚度处于中间状态；(c) 刚性支杆

我们在确定脚手架的承载能力时，主要不是想知道每根立杆的确切承载能力是多少，关心的是作用在脚手架上的荷载控制在什么范围内可以保证脚手架是安全的。考虑到脚手架在搭设和使用过程中有很多因素不易控制，其承载力计算应该采用一个偏于安全的数据。故略去了立杆中间弹性支座的有利影响，不考虑相邻横向构架的空间作用，亦不考虑同一榀构架中内外立杆的共同作用，仅考虑每根立杆自身的作用。即计算承载力时认为立杆的支座是连墙杆，在构造上必须按规定要求，保证立杆中间的小横杆和大横杆的搭设质量。我们处理的原则，在计算立杆的承载力时，为了简化计算，略去一些有利因素，立杆的计算长度取得较长，求出在最不利情况下承载力计算值；而在构造上立杆的实际长细比不允许超出允许长细比，应尽可能地提高立杆的实际承载力。

由于我们在确定计算简图时，已按最不利的情况考虑，故不必在计算时另加更多的折减系数，以便于计算。

◆ 1.2 扣件式钢管脚手架

扣件式钢管脚手架由于具有节约木材，经久耐用，装拆方便，连接牢固，承载力高，稳定性好等优点，是国内应用最为广泛的脚手架之一。

扣件式钢管脚手架主要由钢管和扣件组成。脚手架的搭设，根据使用不同，分为单排、双排、满堂红等数种。钢管规格一般采用外径48mm、壁厚3.5mm的焊接钢管，或外径51mm、壁厚3~4mm的无缝钢管；整个脚手架系统则由立杆、小横杆、大横杆、剪刀撑、拉撑杆、脚手板以及连接它们的扣件组成。立杆用对接扣件连接，纵向设大横杆连系，与立杆用直角扣件或回转扣件连接，并设适当斜杆以增强稳定性。在顶部横杆上设小横杆，上铺脚手板（图1-16）。一般建筑扣件式钢管脚手架的构造参数见表1-1。

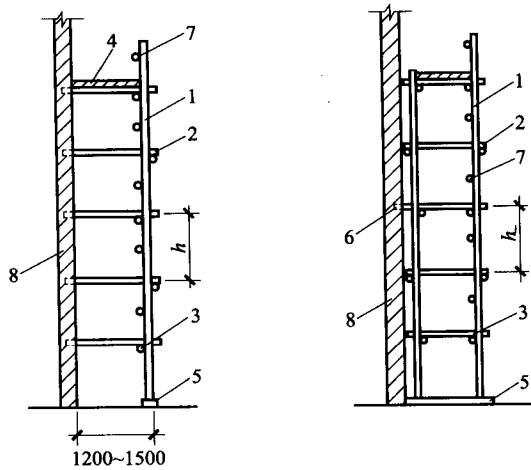


图 1-16 钢管脚手架简图

1—立杆；2—小横杆；3—大横杆；4—脚手板；5—垫木；6—拉撑杆；7—栏杆；8—墙身

扣件式钢管脚手架构造参数（单位：m）

表 1-1

项目	构造形式	立 杆			大横杆步距	操作层小横杆间距	剪刀撑	连墙杆
		内立杆离墙距离	横距	纵距				
砌筑	单排	—	1.0~1.5	1.4~2.0	1.6~1.8	0.67	设置位置： 1. 两端的双跨内； 2. 中间每隔30m净距 双跨内； 3. 设在外测与地面成 45°~60°角	每隔3步5跨 设置一根
	双排	0.5	1.0~1.5	1.4~2.0	1.6~1.8	0.7~1.0		
装修	单排	—	1.0~1.5	1.4~2.0	1.6~1.8	0.7~1.0		
	双排	0.5	1.0~1.5	1.4~2.0	1.6~1.8	0.7~1.0		

1.2.1 杆件承载力计算

作用在脚手架上的荷载，一般有施工荷载（操作人员和材料及设备等重力）和脚手架自重。各种荷载的作用部位和分布可按实际情况采用。脚手架用小横杆附在砖墙上（单排）或用拉撑件与建筑物拉结。荷载传递程序是：脚手板→小横杆→大横杆→立杆→底座→地基。

扣件是构成架子的连接件和传力件，它通过与立杆之间形成的摩擦阻力将横杆的荷载传给立杆。试验资料表明，由摩阻力产生的抗滑能力约为10kN，考虑施工中的一些不利因素，可采用安全系数 $K=2$ ，取5kN。表1-2为扣件性能试验规定的合格标准。

扣件性能试验的合格标准

表 1-2

性能试验名称		直角扣件		旋转扣件		对接扣件	底座
抗滑试验	荷载 (N)	7200	10200	7200	10200	—	—
	位移值 (mm)	$\Delta_1 \leq 0.7$	$\Delta_2 \leq 0.5$	$\Delta_1 \leq 0.7$	$\Delta_2 \leq 0.5$		
抗破坏试验 (N)		25500		17300		—	—
扭转刚度试验	力矩 (N·m)	918		—		—	—
	位移值或转角	无规定		—		—	—
抗拉试验	荷载 (N)	—		—		4100	—
	位移值 (mm)	—		—		$\Delta \leq 2.0$	—
抗压试验 (N)		—		—		—	51000

注：1. 试验时采用的螺旋扭力矩为 $10\text{N}\cdot\text{m}$ 。

2. 表中 Δ_1 为横杆的垂直位移值； Δ_2 为扣件后部的位移值。

脚手架为空间体系，为计算方便，多简化成平面力系。

1. 小横杆计算

1) 横杆按简支梁计算。按实际堆放位置的标准计算其最大弯矩，其弯曲强度可按下列式计算：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_n} \leq f \quad (1-1)$$

式中 σ ——小横杆的弯曲应力；

M_x ——小横杆计算的最大弯矩；

W_n ——小横杆的净截面抵抗矩；

f ——钢管的抗弯、抗压强度设计值， $f=205\text{MPa}$ 。

2) 换算成等效均布荷载，按下式进行挠度核算：

$$w = \frac{5ql^4}{384EI} \leq [w] \quad (1-2)$$

式中 w ——小横杆的挠度；
 q ——脚手板作用在小横杆上的等效均布荷载；
 l ——小横杆的跨度；
 E ——钢材的弹性模量；
 I ——小横杆的截面惯性矩；
 $[w]$ ——受弯构件的容许挠度，取 $\frac{l}{150}$ 。

2. 大横杆计算

1) 大横杆按三跨连续梁计算。用小横杆支座最大反力计算值，按最不利荷载布置计算其最大弯矩值，其弯曲强度按下式计算：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_n} \leq f \quad (1-3)$$

式中 σ ——大横杆的弯曲应力；
 M_x ——大横杆的最大弯矩；
 W_n ——大横杆的截面抵抗矩；
 f ——钢管的抗弯强度设计值。

当脚手架外侧有遮盖物或有六级以上大风时，须按双向弯曲求取最大组合弯矩，再进行核算。

2) 用标准值的最大反力值进行最不利荷载计算求其最大弯矩值，然后核算成等效均布值，可按下式进行挠度计算：

$$w = \frac{0.99q'l^4}{100EI} \leq [w] \quad (1-4)$$

式中 w ——大横杆的挠度；
 q' ——大横杆上的等效均布荷载；
 l ——大横杆的跨距；
 I ——大横杆的截面惯性矩；

其他符号意义同前。

3. 立杆计算

1) 脚手架立杆的整体稳定，按图 1-17 所示轴心受压格构式压杆计算，其格构式压杆由内、外排立杆及横向水平杆组成。

(1) 不考虑风载时，立杆按下式计算：

$$\frac{N}{\varphi A} \leq K_A \cdot K_H \cdot f \quad (1-5)$$

其中 $N = 1.2 (n_1 N_{CK1} + N_{CK2}) + 1.4 N_{QK}$ (1-6)

式中 N ——格构式压杆的轴心压力；

N_{CK1} ——脚手架自重产生的轴力，高为一步距，宽为一个纵距的脚手架，自重可由表 1-3 查得；