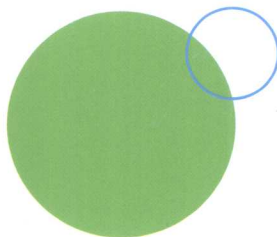
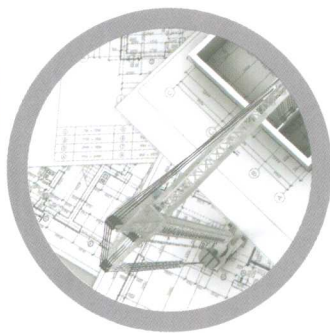
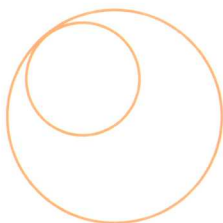
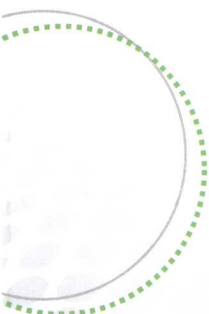
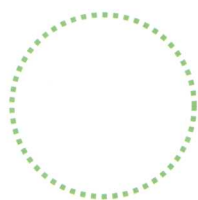
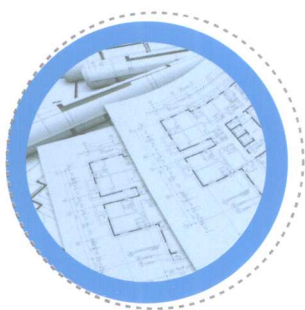
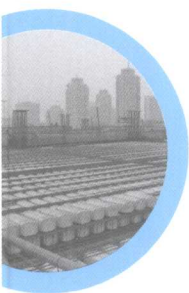


应对施工现场常见安全事故 的计算机方案及设计软件

中国建筑科学研究院 建筑工程软件研究所 著



中国建筑工业出版社

应对施工现场常见安全事故的 计算机方案及设计软件

中国建筑科学研究院 著
建筑工程软件研究所

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

应对施工现场常见安全事故的计算机方案及设计软件/中国建筑科学研究院建筑工程软件研究所著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

ISBN 978-7-112-11051-3

I. 应… II. 中… III. 建筑工程—施工现场—工程事故—计算机辅助计算—应用软件 IV. TU712-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 097651 号

本书将工程理论、实践和计算机的应用紧密结合, 内容覆盖了施工现场常用的各种安全设施, 如: 脚手架工程、模板工程、塔吊基础工程、工地临时供水供电工程以及连续梁、刚架、桁架和板的设计计算等方面。具体内容包括详细介绍国家和地方规范的基本要求、常用施工技术手册的规定、工地常见的施工方法、主要工作流程和管理制度文件等; 介绍了 PKPM 建筑施工安全设施计算软件, 归纳总结了相应软件的主要功能特点, 通过使用计算机软件, 可以提高工作效率, 保证施工质量和计算结果的可靠性; 最后重点分析实际的施工应用工程和重大事故分析, 充分体现软件在解决具体工程中的作用。

本书可供施工技术方案编制人员参考使用, 还可以用作为企业培训教程。

* * *

责任编辑: 王 梅 咸大庆

责任设计: 赵明霞

责任校对: 兰曼利 王雪竹

应对施工现场常见安全事故的计算机方案及设计软件

中国建筑科学研究院 著
建筑工程软件研究所

*

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
北京红光制版公司制版
北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 $\frac{3}{4}$ 字数: 318 千字
2009 年 7 月第一版 2009 年 7 月第一次印刷
印数: 1—6000 册 定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-11051-3
(18299)

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)

本书编写人员名单

董智力 李光金 陈岱林

郭春雨 邢福云

前言

在重大建筑施工安全事故发生的引起原因中,施工安全管理方面的因素很多,安全管理方面的问题常常带有普遍性,并且经常是事故发生的主要原因,但是,造成安全事故的技术层面的原因同样非常明显和突出。这就提醒我们,建筑安全技术是建筑施工安全管理的基础和保障。建筑安全技术工作的薄弱、滞后、不适应及不被认真重视的情况,正逐渐成为重大事故发生的主要或重要原因。

国家颁布了这方面的法律法规,例如《建设工程安全生产管理条例》(国务院令第393号)、《危险性较大工程安全专项施工方案编制及专家论证审查办法》(建质[2004]213号)等,要求施工单位强制执行。说明了施工方案或措施的计算工作是安全技术的核心内容,并且将此项工作提高到异常重要的高度。

但是,在项目施工现场,对施工方案的编制或对各种安全措施的计算工作常不能满足规范规程的要求,有的建筑施工技术人员不能较好地掌握和运用现行规范、标准规定,不能正确地研究解决有关安全计算问题,从而不能保证方案和措施具有可靠的技术安全保障。这种状况在各地不同程度的存在,并且具有一定的普遍性。

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针,提高施工现场安全设施的管理水平,切实保证技术规范、标准的正确掌握和落实,我们编制了《应对施工现场常见安全事故的计算机方案及设计软件》及PKPM建筑施工安全设施计算软件。书中内容覆盖了施工现场常用的各种安全设施,包括:脚手架工程,涉及落地式外钢管脚手架设计计算、悬挑式钢管脚手架设计计算、落地式和悬挑式卸料平台设计计算;模板工程(又分为扣件式、碗扣式和门式承重架),涉及梁模板的钢管支撑架设计计算、落地楼板模板钢管支撑架设计计算、满堂楼板模板钢管支撑架设计计算等,以及梁墙柱(材料涉及大钢模板、组合小钢模、木模板)侧模板设计计算;塔吊基础工程,涉及塔吊天然基础设计计算、三桩或四桩基础设计计算、十字梁板式基础设计计算、塔吊三附着或四附着的受力计算、整体稳定性计算等;提供工地临时供水供电工程;钢筋支架工程;大体积混凝土工程;混凝土配合比工程以及连续梁、刚架、桁架和板的设计计算等等。

本书每章包括三个部分,第一部分详细介绍国家和地方规范的基本要求、常用施工技术手册的规定、工地常见的施工作业法、主要工作流程和管理制度文件等。对核心技术环节的描述十分详细,图文并茂地列出每个计算公式,这部分内容也参考了大量当前流行施工专业技术手册。从专业方面既可以作为施工技术方案编制人员参考,还

可以用于企业培训教程。第二部分介绍了 PKPM 建筑施工安全设施计算软件, 归纳总结了相应软件的主要功能特点, 充分发挥了计算机在数据管理、计算、归纳分析和文档处理等方面的功能优势, 高度自动化、智能化绘图功能, 程序归纳了目前国内工地常见的工程作法, 整理出主要计算参数由用户输入, 对于常见内容提供数据库方便用户即时查找, 最后软件可以自动生成图文并茂的详细计算书, 还可以绘制常见的施工作业图。通过使用计算机软件, 不仅可以提高工作效率, 还通过建立科学统一而规范的设计计算模式, 改变当前工程施工现场技术人员按各自的理解和参照不同的计算公式进行各类专项施工设计的混乱状况, 从而保证施工质量和计算结果的可靠性。第三部分重点分析实际的施工应用工程和重大事故分析, 充分体现软件在解决具体工程中的作用。

PKPM 建筑施工安全设施计算软件还可以自动生成施工各专项的施工方案, 包括基坑工程、脚手架、模板工程、塔吊基础工程、起重吊装施工、降排水工程等内容专项施工方案。参照了施工现场专项施工方案的大量工程实例后, 软件按照既定的内容安排自动生成专项施工方案。上面介绍的施工安全设施软件生成的计算书将作为专项施工方案的核心部分内容, 软件提供了绘制各种施工图和节点详图大样的功能, 这些施工图可以自动插入到专项方案中, 软件还抽取了相关规范、规程、技术手册中的内容, 并将他们自动汇总到专项方案中。用户可以在软件生成的方案上继续修改。这样的功能将规范施工专项方案的编制, 并提高施工技术人员编制施工方案的工作效率。

本书将工程理论、实践和计算机的应用紧密结合, 通过计算机这种高科技手段去提升施工建筑领域的传统作法, 从而表现其准确高效是本书的一大特点。希望通过本书能开拓工程技术人员的思路, 帮助他们规范计算过程, 为安全管理提供强有力的保障, 并减轻工作强度, 在保证安全的前提下, 节省工程造价。总之, 提高安全管理的工作效率、质量和水平。

由于水平有限, 不足之处难免, 欢迎读者批评和指正!

目 录

第一章 扣件式钢管脚手架外架	1
第一节 扣件式钢管脚手架基本概念	1
第二节 荷载计算与设计指标	2
第三节 扣件式钢管脚手架计算规则	6
第四节 落地式钢管脚手架 PKPM 施工安全计算软件实现	13
第五节 落地双排脚手架例题	20
第六节 悬挑式钢管脚手架计算规则	25
第七节 悬挑式钢管脚手架 PKPM 施工安全计算软件实现	33
第八节 悬挑脚手架计算例题	37
第九节 复杂脚手架计算	39
第二章 扣件式钢管梁板模板支撑架	43
第一节 荷载	44
第二节 梁底支撑计算	46
第三节 PKPM 施工安全计算软件关于梁底支撑架计算	57
第四节 某起事故梁模板支撑算例一	61
第五节 某工程梁模板支撑算例二	66
第六节 楼板支撑体系计算	70
第七节 PKPM 施工安全计算软件关于板支撑架计算	71
第八节 某起事故板支撑模板算例一	74
第九节 某工程板支撑模板算例二(上海规程)	78
第十节 梁板支撑架构造要求	84
第三章 门式梁板模板支撑架	87
第一节 门式梁板模板支架计算规则	87
第二节 门式梁板模板计算 PKPM 软件实现	90
第三节 门式梁板模板计算例题	92
第四章 侧模板计算	97
第一节 侧压力计算	97
第二节 墙模板和梁模板计算	98
第三节 PKPM 施工安全计算软件有关墙梁侧模板计算的实现	101

第四节	直柱模板计算	104
第五节	PKPM 施工安全计算软件有关柱模板计算的实现	105
第六节	斜柱模板计算	107
第七节	柱模板支撑计算算例	109
第五章	卸料平台	113
第一节	悬挑式卸料平台	113
第二节	落地式卸料平台	116
第三节	卸料平台施工图例	117
第四节	卸料平台计算的软件实现	119
第五节	卸料平台算例分析	121
第六章	塔式起重机基础与附着	125
第一节	天然基础	125
第二节	PKPM 施工安全计算软件有关塔吊天然基础计算的实现	127
第三节	桩基础	130
第四节	十字梁板式基础	137
第五节	桩基础算例题	139
第六节	附着计算	143
第七节	PKPM 施工安全计算软件有关塔吊附着计算的实现	146
第七章	施工现场临时用电	149
第一节	施工现场安全用电管理	149
第二节	施工现场用电技术措施	157
第三节	PKPM 临时用电设计软件	163
附录	PKPM 施工安全计算软件安装与使用	189
第一章	软件的安装	189
第二章	软件的界面	192

第一章 扣件式钢管脚手架外架

扣件式钢管脚手架是我国目前土木建筑工程中应用最为广泛的，也是属于多立杆式的外脚手架中的一种，其特点是：杆配件数量少；装卸方便，利于施工操作；搭设灵活，能搭设高度大；坚固耐用，可多次周转，使用方便。应用扣件式钢管脚手架在设计与施工中要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。为了符合这一基本要求，所有扣件式钢管脚手架施工前，要根据规范《建筑施工扣件式钢管脚手架技术规范》(JGJ 130—2001) (本章以下简称规范) 的规定编制施工方案并进行相应的计算。

第一节 扣件式钢管脚手架基本概念

扣件式钢管脚手架外架各杆件位置如图 1.1 所示，扣件式钢管脚手架的定义是：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。根据脚手架的搭设方式、施工用

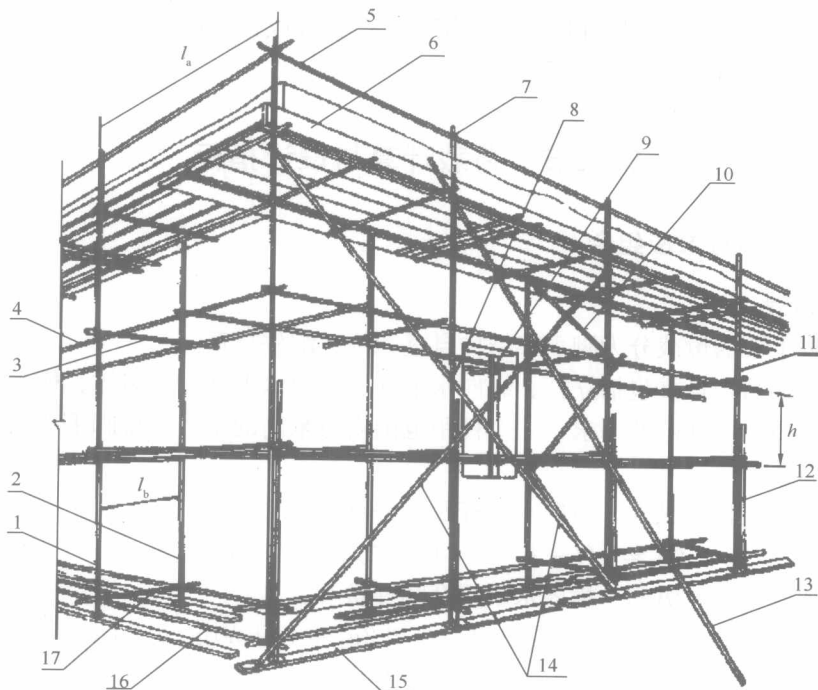


图 1.1 扣件式钢管脚手架外架各杆件位置图

- 1—外立杆；2—内立杆；3—横向水平杆；4—纵向水平杆；5—栏杆；6—挡脚板；
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

途、封闭状况及沿建筑物设置的不同方式,可以分为单排脚手架、双排脚手架、结构脚手架、装修脚手架、敞开脚手架、局部封闭脚手架、半封闭脚手架、全封闭脚手架、开口型脚手架和封圈型脚手架。

扣件是指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(图 1.2)。

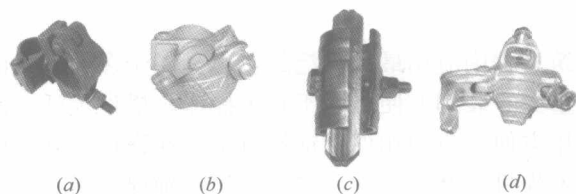


图 1.2 扣件示意图

(a) 直角扣件; (b) 旋转扣件;
(c) 对接扣件; (d) 防滑扣件

规范中要求对脚手架使用钢管 $\phi 48 \times 3.5\text{mm}$ 的外径和壁厚进行计算,壁厚可以为 $(3.5 \pm 0.5)\text{mm}$,目前施工现场的脚手架钢管多是 3.0mm 的壁厚。

立杆是指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、用途不同,分为外立杆、内立杆、角杆、双管立杆(包括主立杆和副立杆)。

水平杆是指脚手架中平行于水平面的水平杆件。根据水平杆在脚手架中的位置、方向、使用用途的不同,分为纵向水平杆、横向水平杆(俗称大小横杆)、扫地杆(包括纵向扫地杆和横向扫地杆)。

连墙件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的不同,分为刚性连墙件和柔性连墙件。刚性连墙件是采用钢管、扣件或预埋件组成的连墙件,柔性连墙件是采用钢筋作拉筋构成的连墙件。

第二节 荷载计算与设计指标

一、荷载与荷载效应组合

1. 永久荷载

作用于脚手架的恒载分为脚手架结构自重和构、配件自重。

(1) 脚手架结构自重包括立杆、纵向水平杆、横向水平杆、剪刀撑、横向斜撑和扣件等的自重。参照国家规范的要求,一个柱距范围内每米高的单、双排脚手架的结构自重按下列公式计算:

① 单排架的立柱,纵向、横向水平杆及扣件重 G_S :

$$G_S = [(l + h + 2.2)g + 2g_1 + (l + h)g_2]/h \quad (1.1)$$

② 双排架的立柱,纵向、横向水平杆及扣件重 G_D :

$$G_D = [2(l + h) + 2.2]g + 2[2g_1 + (l + h)g_2/6.5]/h \quad (1.2)$$

③ 剪刀撑的杆件及扣件重 G_B :

$$G_B = (2H_b \times g/\cos\alpha + 2H_b \times g_2/6.5\cos\alpha + 6g_3)l/(H_b L_b) \quad (1.3)$$

式中 l ——脚手架的柱距(纵距)(m);

h ——脚手架的步距(m);

g ——钢管单位长度自重(kN/m),参见表 1.1;

- g_1 —— 1 个直角扣件自重 (kN), 参见表 1.1;
 g_2 —— 1 个对接扣件自重 (kN), 参见表 1.1;
 g_3 —— 1 个旋转扣件自重 (kN), 参见表 1.1;
 H_b —— 剪刀撑的竖向尺寸 (m);
 L_b —— 剪刀撑的横向尺寸 (m);
 α —— 剪刀撑斜杆的倾角。

钢管及扣件自重

表 1.1

钢管 (kN/m)		扣件 (kN/个)		
$\phi 48 \times 3.5$	$\phi 51 \times 3.0$	直角扣件	对接扣件	旋转扣件
0.0384	0.0355	0.0135	0.0185	0.0145

考虑到计算的方便性, 对于双排脚手架的自重可以参照规范附录表 A, 根据步距、纵距计算扣件式钢管脚手架每米立杆承受的结构自重标准值, 而不必分别计算每个构件的自重再进行叠加。

(2) 构配件自重包括脚手板、栏杆、挡脚板、安全网等防护设施的自重 (表 1.2、表 1.3)。

脚手板自重标准值 表 1.2

类 别	标准值 (kN/m ²)
冲压钢脚手板	0.3
竹串片脚手板	0.35
木脚手板	0.35

栏杆、挡脚板自重标准值 表 1.3

类 别	标准值 (kN/m)
栏杆、冲压钢脚手板	0.11
栏杆、竹串片脚手板	0.14
栏杆、木脚手板	0.14

脚手架上吊挂的安全设施 (安全网、苇席、竹笆及帆布等) 的荷载应按实际情况采用。

2. 可变荷载

可变荷载可分为施工荷载和风荷载。

(1) 施工荷载包括作业层上的人员、器具和材料的自重 (表 1.4)。

施工均布活荷载标准值

表 1.4

类 别	标准值 (kN/m ²)	类 别	标准值 (kN/m ²)
装修脚手架	2	结构脚手架	3

(2) 风荷载

在水平风荷载作用下, 双排脚手架的力传递过程是: 外排立杆受风压作用后, 通过水平横杆, 将力传递至内排的立杆和纵向水平杆, 再通过连墙件传到建筑物上。荷载效应为弯矩, 最终支点为连墙件。要想准确计算出作用于脚手架的风荷载效应, 几乎是不可能的, 即使要很近似地计算出作用于脚手架的风荷载效应, 也必须通过大型风洞实验研究, 并经过复杂的弹性理论分析。因此, 规范只给出了半经验的风荷载计算方法。

作用于脚手架上的水平风荷载标准值按下式计算:

$$w_k = 0.7\mu_s \cdot \mu_z \cdot w_0 \quad (1.4)$$

式中 w_0 ——基本风压 (kN/m^2)，按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) 附录表 D.4 的规定采用；

μ_z ——风荷载高度变化系数，按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) 附录表 7.2.1 的规定采用；

μ_s ——风荷载体型系数 (表 1.5)。

脚手架风荷载体型系数 μ_s 表 1.5

背靠建筑物的状况 ϕ		全封闭墙	敞开、框架和开洞墙
脚手架状况	全封闭、半封闭	1.0 ϕ	1.3 ϕ
	敞开	μ_{stw}	

其中 ϕ 为挡风系数， $\phi = 1.2A_n/A_w$ ， A_n 为挡风面积， A_w 为迎风面积。

对于敞开式脚手架可视为桁架， μ_{stw} 值按下列公式计算：

单排脚手架：
$$\mu_{stw} = 1.2\xi$$

双排脚手架：
$$\mu_{stw} = 1.2\xi(1+\eta)$$

式中 η ——系数，通常取 1.0；

ξ ——挡风系数， ξ 可以参考以下计算：

$$\xi = 1.15[(h+l)/hl + H_b/2\sin\alpha/H_bL_b] \times \phi$$

式中 ϕ ——钢管直径 (m)。

密目式安全网全封闭脚手架的挡风系数应该由密目安全网挡风系数和敞开式脚手架的挡风系数两部分组成。《建筑施工安全检查标准》(JGJ 59—99) 条文说明指出：立网应该使用密目式安全网，其标准为每 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的面积上，有 2000 以上的网目。即每 100cm^2 密目式安全网的网目目数 $n > 2000$ 目。

密目安全网挡风系数为 $\phi_1 = \frac{1.2(100 - nA_0)}{100}$ (按照 100cm^2 计算)，其中 A_0 为每目孔隙的面积。

敞开式脚手架的挡风系数为 $\phi_2 = \frac{1.2A_{n2}}{l_a h}$ ，其中 A_{n2} 为一步一纵距内钢管的总挡风面积。

密目式安全网全封闭脚手架的挡风系数为 $\phi = \frac{1.2A_n}{l_a h} = \phi_1 + \phi_2 - \phi_1\phi_2/1.2$ ，此计算中挡风面积考虑扣除密目式安全网在一步一纵距内与脚手架钢管重叠的面积。

图 1.3 为脚手架的挡风系数取值参考表。

3. 荷载效应组合 (表 1.6)

荷载效应组合表 表 1.6

计 算 项 目		荷载效应组合
纵向、横向水平杆强度与变形，扣件抗滑移		永久荷载+施工均布活荷载
脚手架立杆稳定	敞开式	永久荷载+施工均布活荷载
	全封闭、半封闭式	永久荷载+0.85 (施工均布活荷载+风荷载)
连墙件承载力		单排架：风荷载+3.0kN
		双排架：风荷载+5.0kN

网目密度 $n/100\text{cm}^2$	密目式安全 立网挡风系数 $\varphi_1=1.2(100-nA_0)/100$	敞开式脚手架挡风系数 φ_2 (查规范附录表 A-3)		密目式安全立网全封 闭脚手架挡风系数 $\varphi=\varphi_1+\varphi_2-\varphi_1\varphi_2/1.2$
2300 目/ 100cm^2 $A_0=1.3\text{mm}^2$	0.841	步距 $h=1.5\text{m}$ 纵距 $l_n=1.2\text{m}$	$\varphi_2=0.105$	0.872
3200 目/ 100cm^2 $A_0=0.7\text{mm}^2$	0.931			0.955
2300 目/ 100cm^2 $A_0=1.3\text{mm}^2$	0.841	步距 $h=1.8\text{m}$ 纵距 $l_n=1.2\text{m}$	$\varphi_2=0.099$	0.871
3200 目/ 100cm^2 $A_0=0.7\text{mm}^2$	0.931			0.953
2300 目/ 100cm^2 $A_0=1.3\text{mm}^2$	0.841	步距 $h=1.5\text{m}$ 纵距 $l_n=1.5\text{m}$	$\varphi_2=0.095$	0.869
3200 目/ 100cm^2 $A_0=0.7\text{mm}^2$	0.931			0.952
2300 目/ 100cm^2 $A_0=1.3\text{mm}^2$	0.841	步距 $h=1.8\text{m}$ 纵距 $l_n=1.5\text{m}$	$\varphi_2=0.089$	0.868
3200 目/ 100cm^2 $A_0=0.7\text{mm}^2$	0.931			0.951

注:密目式安全立网每目孔隙面积 A_0 为参考值,准确的密目式安全立网每目孔隙面积在购货时,应向该网的生产厂家咨询。

图 1.3 脚手架的挡风系数取值参考表

二、材料基本设计参数(表 1.7~表 1.13)

钢管截面特性表 表 1.7

外 径 ϕ (mm)	壁厚 t (mm)	截面积 A (cm^2)	惯性矩 I (cm^4)	截面模量 W (cm^3)	回转半径 i (cm)	每米长质量 (kg/m)
48	3.5	4.89	12.19	5.08	1.58	3.84
51	3.0	4.52	13.08	5.13	1.70	3.55

钢材的强度设计值与弹性模量 表 1.8 扣件、底座的承载力设计值 表 1.9

Q235 钢抗拉、抗压和抗弯 强度设计值[<i>f</i>]	205	项 目	承载力设计值
弹性模量 <i>E</i>	2.06×10 ⁵	对接扣件(抗滑)	3.20
		直角扣件、旋转扣件(抗滑)	8.00
		底座(抗压)	40.00

每 10mm 长角焊缝承载力设计值 (kN) 表 1.10

焊角尺寸 (mm)	3	4	5	6	8	10
Q235 钢、E43 型焊条	2.5	3.5	4.5	5.0	7.0	8.5

一个 C 级（普通粗制）螺栓的承载力设计值（kN）表 1.11

螺栓直径 (mm)	抗 拉	抗 剪	承 压			
			承压板厚度 (mm)			
			4	5	6	8
12	10.5	10.5	10.5	13.0	16.0	21.0
14	14.0	14.5	12.0	15.5	21.5	24.5
16	19.0	18.5	14.0	17.5	22.0	28.0
18	23.5	24.0	16.0	20.0	23.5	31.5
20	30.0	29.5	17.0	22.0	26.0	35.0

受弯构件的容许挠度受压、受拉构件的容许长细比

表 1.12表 1.13

容许挠度 [v]		容许长细比 [λ]	
构件类别		构件类别	
脚手板，纵向、横向水平杆	l/150 及 10mm	立 杆	双排架
			单排架
悬挑受弯杆件	l/400	横向斜撑、剪刀撑中的压杆	
		拉 杆	

第三节 扣件式钢管脚手架计算规则

扣件式钢管脚手架与一般结构相比，其工作条件具有以下特点：所受荷载的变异性比较大；扣件连接节点属于半刚性，且节点刚性大小与扣件质量、安装质量有关，节点性能存在较大变异；脚手架结构构件存在初始缺陷，如杆件的初弯曲、锈蚀，搭设尺寸误差、受荷偏心等均较大；与墙柱板的连接点，对于脚手架的约束变异较大等。鉴于以上问题目前的研究仍显不足，缺乏系统积累和统计资料，目前脚手架国家规范采用的设计计算方法在实质上属于半概率、半经验的。

落地式扣件钢管脚手架计算要根据《建筑施工扣件式钢管脚手架技术规范》(JGJ 130—2001)，在规范中有明确的计算要求，应该包括的内容有：

- (1) 纵向和横向水平杆（大小横杆）等受弯构件的强度和挠度计算
其中大横杆规范要求按照三跨连续梁计算，小横杆规范要求按照简支梁计算。
- (2) 扣件的抗滑承载力计算
- (3) 立杆的稳定性计算

脚手架整体稳定性计算通过计算长度附加系数 u 反映到立杆稳定性计算中， u 反映脚手架各杆件对立杆的约束作用，综合了影响脚手架整体失稳的各种因素。

- (4) 连墙件的连接强度计算
对于使用钢管作为连墙件要求计算钢管扣件。
- (5) 立杆的地基承载力计算

计算强度和稳定性时，要考虑荷载效应组合，永久荷载分项系数 1.2，可变荷载分项

系数 1.4。受弯构件要根据正常使用极限状态验算变形,采用荷载短期效应组合。

规范中规定当高度超过 50m 的脚手架,可采用双管立杆、分段悬挑或分段卸荷等有效措施,必须另行专门设计。

一、纵向和横向水平杆(大小横杆)的计算

南方地区通常采用小横杆上铺设大横杆的方式,北方反之,如图 1.4 所示。两种方式的传力过程不同,具体根据当地情况选择计算。大小横杆不同的方式对应不同的计算过程,双排脚手架大小横杆计算是计算中不太重要的部分,一般都能满足要求,但它是脚手架整体荷载传递的第一部分,所以还是要进行比较简单的计算。

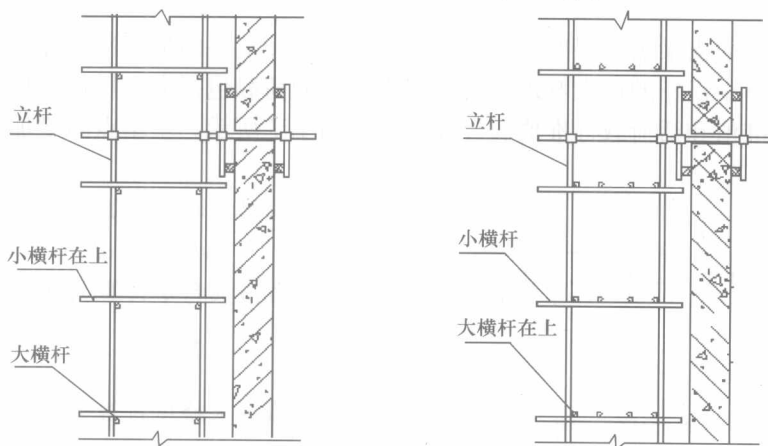


图 1.4 南北方大小横杆布置方式图

大小横杆的强度计算要满足

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [f] \quad (1.5)$$

式中 M ——弯矩设计值,包括脚手板自重荷载产生的弯矩和施工活荷载产生的弯矩;

W ——钢管的截面模量;

$[f]$ ——钢管抗弯强度设计值。

大小横杆的挠度计算要满足

$$v \leq [v] \quad (1.6)$$

式中 $[v]$ ——按照规范要求为 $l/150$ 及 10mm。

以大横杆在小横杆的上面计算模型为例,大横杆按照三跨连续梁进行强度和挠度计算,按照大横杆上面的脚手板和活荷载作为均布荷载计算大横杆的最大弯矩和变形(图 1.5 和图 1.6)。大横杆荷载包括自重标准值、脚手板的荷载标准值和活荷载标准值。

跨中最大弯矩计算公式如下:

$$M_{1\max} = 0.08q_1l^2 + 0.10q_2l^2 \quad (1.7)$$



图 1.5 大横杆计算荷载组合简图(跨中最大弯矩和跨中最大挠度)

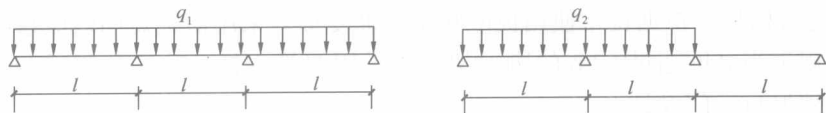


图 1.6 大横杆计算荷载组合简图（支座最大弯矩）

支座最大弯矩计算公式如下：

$$M_{2\max} = -0.10q_1l^2 - 0.117q_2l^2 \quad (1.8)$$

最大挠度考虑计算公式如下：

$$v_{\max} = 0.677 \frac{q_1 l^4}{100EI} + 0.990 \frac{q_2 l^4}{100EI} \quad (1.9)$$

小横杆按照简支梁进行强度和挠度计算，用大横杆支座的最大反力计算值，在最不利荷载布置下计算小横杆的最大弯矩和变形。小横杆的荷载包括大小横杆的自重标准值、脚手板的荷载标准值和活荷载标准值。计算简图如图 1.7 所示。主结点间增加两根小横杆的计算公式如下：

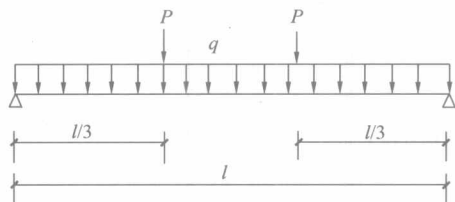


图 1.7 小横杆计算简图

均布荷载最大弯矩计算公式如下：

$$M_{q\max} = ql^2/8 \quad (1.10)$$

集中荷载最大弯矩计算公式如下：

$$M_{P\max} = \frac{Pl}{3} \quad (1.11)$$

均布荷载最大挠度计算公式如下：

$$v_{q\max} = \frac{5ql^4}{384EI} \quad (1.12)$$

集中荷载最大挠度计算公式如下：

$$v_{P\max} = \frac{Pl(3l^2 - 4l^2/9)}{72EI} \quad (1.13)$$

二、扣件抗滑力的计算

按照规范 5.2.5 要求，纵向或横向水平杆与立杆连接时，扣件的抗滑承载力按照下式计算：

$$R \leq R_c \quad (1.14)$$

式中 R_c ——扣件抗滑承载力设计值，取 8.0kN；

R ——纵向或横向水平杆传给立杆的竖向作用力设计值。

竖向作用力设计值 R 可以通过上面计算纵向（小横杆在上）或横向水平杆（大横杆在上）的最大支座力得到，也可以将一个立杆纵距计算单元内的所有荷载按照 1/2 分配得到。当直角扣件的拧紧力矩达 40~65N·m 时，试验表明：单扣件在 12kN 的荷载下会滑动，其抗滑承载力可取 8.0kN；双扣件在 20kN 的荷载下会滑动，其抗滑承载力可取 12kN。

三、立杆的稳定性计算

作用于脚手架的荷载包括静荷载、活荷载和风荷载。静荷载标准值包括以下内容的

组合:

(1) 每米立杆承受的结构自重标准值,可查询扣件式钢管脚手架规范附录中的表 A-1,根据纵距、步距及脚手架类型查询出的数据乘以脚手架搭设的总高度得出。

(2) 脚手板的自重标准值,规范给出冲压钢脚手板、竹串片脚手板和木脚手板的标准值。

有些施工单位在方案中强调满铺脚手板,或者每隔几层就铺一层脚手板,过于浪费材料,实在没有必要,造成脚手架水平荷载过大,一般来讲铺 4 层脚手板足够使用了,另外,对于双排脚手架内的人行马道,尽量不采用,会造成施工荷载加大。

(3) 栏杆与挡脚手板自重标准值,规范给出了栏杆冲压钢脚手板、栏杆竹串片脚手挡板和栏杆木脚手挡板的标准值。

(4) 吊挂的安全设施荷载,包括安全网、自重标准值乘以脚手架的总搭设高度和立杆纵距即可得到。

活荷载为施工荷载标准值产生的轴向力总和,内、外立杆按一纵距内施工荷载总和的 1/2 取值。

考虑风荷载时,立杆的轴向压力设计值计算公式: $N=1.2N_G+0.85\times 1.4N_Q$

不考虑风荷载时,立杆的轴向压力设计值计算公式: $N=1.2N_G+1.4N_Q$

不考虑风荷载时,立杆的稳定性计算公式

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} \leq [f] \quad (1.15)$$

考虑风荷载时,立杆的稳定性计算公式

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} + \frac{M_w}{W} \leq [f] \quad (1.16)$$

式中 N ——立杆的轴心压力设计值;

A ——立杆净截面积;

ϕ ——轴心受压立杆的稳定系数,由长细比 $\lambda=l_0/i$ 的结果查表得到;

i ——计算立杆的截面回转半径;

l_0 ——计算长度,由公式 $l_0=kuh$ 确定;

k ——计算长度附加系数;

h ——立杆的步距;

u ——考虑脚手架整体稳定因素的单杆计算长度系数(表 1.14);

脚手架立杆的计算长度系数 u

表 1.14

类 别	立杆横距 (m)	连墙件布置	
		二步三跨	三步三跨
双排架	1.05	1.50	1.70
	1.30	1.55	1.75
	1.55	1.60	1.80
单排架	≤ 1.50	1.80	2.00

W ——立杆净截面模量(抵抗矩);

λ ——长细比;

σ ——钢管立杆受压强度计算值;