

GAOWEI ZHUANXIANG GONGCHENG SHIGONG FANGAN DE
SHEJI FANGFA YU JISUAN YUANLI

高危专项工程施工方案的 设计方法与计算原理

◎ 卓 新 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

高危专项工程施工方案的设计方法与计算原理

卓新著

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

高危专项工程施工方案的设计方法与计算原理/卓新
著. —杭州:浙江大学出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-308-06290-9

I. 高... II. 卓... III. ①建筑工程—工程施工—设计方
案②建筑工程—工程施工—计算方法 IV. TU71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 156189 号

高危专项工程施工方案的设计方法与计算原理 卓 新 著

责任编辑 杜希武
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(网址: <http://www.zjupress.com>
<http://www.press.zju.edu.cn>)

排 版 星云光电图文制作工作室
印 刷 德清县第二印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 13.5
字 数 328 千字
版 次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-06290-9
定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换
浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

内 容 简 介

全书分第一、第二、第三篇,共 16 章。其中第一篇为脚手架专项工程,第二篇为模板与支撑架专项工程,第三篇为塔吊基础专项工程。本书针对工程施工涉及面广、发生事故频繁的脚手架工程、模板与支撑架工程、塔吊基础工程等高风险性专项工程,紧密结合施工现场的实际工况,系统地介绍了各专项工程的构造、设计与施工,重点论述了各专项工程施工方案的设计方法和计算原理。

本书适合于土木工程专业研究生、高年级本科生和专科生的专业课程教材,也适用于从事土木工程施工、监理、设计的工程技术人员的培训教材与专业工具书。

前 言

由于现代建筑高度、跨度不断增加,结构形态与结构形式越来越复杂等客观原因,加上企业人员技术与管理水平没有跟上形势发展要求的主观因素,造成当前我国施工安全事故频发势头始终没有得到根本遏制。这些事故不仅给国家和人民生命财产造成重大损失,也给企业造成巨大的信誉和经济损失。没有针对工程的实际情况,仅凭以往的一般经验,没有科学地进行施工专项方案设计与组织实施,是造成这些事故的主要原因。

建设部于2004年12月颁布了《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213号)文件,明确提出了对危险性较大的模板工程、脚手架工程、基础工程等专项工程必须进行施工专项方案编制和专家论证的要求。施工专项方案设计是防范施工安全风险的重要手段,是施工安全和施工质量十分重要的技术保障措施。然而,这些施工专项方案的设计计算工作涉及的专业知识面广、实践性强、计算复杂,许多企业和项目部的技术人员没有能力正确而完整地地完成一个专项方案的设计工作。

目前,我国施工学科的教科书中普遍缺乏有关施工专项方案设计的內容,大多数大学毕业生甚至硕士生不懂得如何进行施工专项方案的设计与审核。为了适应现代建筑业的发展形势,满足土木工程施工相关企业对解决关键技术问题人才的迫切需求,实现科学施工,作者进行了把专业理论知识与工程施工实践相结合的研究,完成了许多相关科研课题与软件开发工作,在此基础上编著了本书。

选择脚手架工程、模板与支撑架工程、塔吊基础工程作为本书编写的重点对象,是因为这些高危险性专项工程几乎涉及所有在建混凝土工程施工项目,同时也是事故发生频繁、最容易造成群死群伤事故后果的专项工程。本书紧密结合施工现场的实际工况,系统地介绍了各专项工程的构造、设计与施工,重点论述了施工方案的设计方法和计算原理。希望读者能够通过对本书的学习,掌握施工专项方案的设计和计算方法,并具备全面而正确地编制施工专项方案的能力。

本书既是工程技术专著,也是专业教科书,面向土木工程专业的研究生、高年级本科生和专科生,以及从事土木工程施工、监理、设计的工程技术人员。限于本人的知识水平和实践经验,书中无法涉及土木工程施工中所有的高危险性专项工程,内容中也难免存在许多疏漏甚至错误,希望读者指正。

卓 新

2008年8月于求是园

目 录

第一篇 脚手架专项工程

| | | |
|-------|----------------------|----|
| 1 | 扣件式钢管脚手架的构造 | 5 |
| 1.1 | 基础构造 | 5 |
| 1.2 | 架体构造 | 6 |
| 1.3 | 构造要求 | 9 |
| 1.3.1 | 常用脚手架设计尺寸 | 9 |
| 1.3.2 | 纵向水平杆、横向水平杆、脚手板 | 10 |
| 1.3.3 | 立杆 | 11 |
| 1.3.4 | 连墙件 | 12 |
| 1.3.5 | 剪刀撑与横向斜撑 | 13 |
| 1.3.6 | 双管立杆脚手架 | 14 |
| 2 | 扣件式钢管脚手架的设计 | 16 |
| 2.1 | 荷载计算 | 16 |
| 2.1.1 | 荷载分类 | 16 |
| 2.1.2 | 荷载标准值 | 16 |
| 2.1.3 | 荷载效应组合 | 19 |
| 2.2 | 设计方法 | 19 |
| 2.2.1 | 设计要求 | 19 |
| 2.2.2 | 荷载传递路线 | 20 |
| 2.2.3 | 计算内容和方法 | 20 |
| 2.2.4 | 扣件式双管立杆脚手架的荷载与设计 | 24 |
| 3 | 扣件式钢管脚手架算例 | 25 |
| 3.1 | 扣件式双排脚手架算例 | 25 |
| 3.1.1 | 基本参数 | 25 |
| 3.1.2 | 计算书 | 26 |
| 3.2 | 扣件式双排双管立杆脚手架算例 | 33 |
| 3.2.1 | 工程工况 | 33 |
| 3.2.2 | 计算书 | 34 |
| 4 | 扣件式钢管脚手架的施工 | 42 |
| 4.1 | 安装与拆卸 | 42 |
| 4.1.1 | 安装 | 42 |
| 4.1.2 | 拆除 | 43 |
| 4.2 | 安全事故分析 | 44 |
| 4.2.1 | 脚手架事故及分析 | 44 |
| 4.2.2 | 脚手架坍塌事故的主要原因 | 46 |
| 4.2.3 | 扣件式钢管脚手架的常见搭设通病与防治措施 | 47 |
| 5 | 分段悬挑式脚手架的构造 | 51 |

| | | |
|-------|------------------|----|
| 5.1 | 基本要求 | 52 |
| 5.1.1 | 一般规定 | 52 |
| 5.1.2 | 材料及制作 | 52 |
| 5.1.3 | 悬挑脚手架的防护 | 52 |
| 5.2 | 悬挑桁架式支承结构构造 | 53 |
| 5.2.1 | 斜撑杆式悬挑桁架 | 53 |
| 5.2.2 | 横挑杆式悬挑桁架 | 54 |
| 5.3.3 | 细部构造 | 55 |
| 5.3 | 型钢组合式支承结构构造 | 56 |
| 5.3.1 | 基本构成及受力特点 | 56 |
| 5.3.2 | 架体立杆支承处构造做法 | 57 |
| 5.3.3 | 悬挑型钢与主体结构联结处构造做法 | 59 |
| 5.4 | 三角托架式支承结构构造 | 60 |
| 5.4.1 | 一般三角托架的构造 | 60 |
| 5.4.2 | 定型化三角托架的构造 | 61 |
| 5.5 | 型钢斜拉式支承结构构造 | 62 |
| 5.5.1 | 总体构造 | 62 |
| 5.5.2 | 细部构造 | 64 |
| 6 | 分段悬挑式脚手架的设计与算例 | 67 |
| 6.1 | 分段悬挑式脚手架的设计 | 67 |
| 6.2 | 分段悬挑式脚手架算例 | 69 |
| 6.2.1 | 基本参数 | 69 |
| 6.2.2 | 计算书 | 70 |
| 7 | 分段悬挑式脚手架的安装与拆除 | 80 |
| 7.1 | 施工准备 | 80 |
| 7.2 | 安装 | 80 |
| 7.3 | 使用 | 81 |
| 7.4 | 拆除 | 81 |
| 8 | 门式脚手架的构造与设计 | 82 |
| 8.1 | 门式脚手架的构造 | 83 |
| 8.1.1 | 门架 | 83 |
| 8.1.2 | 配件 | 83 |
| 8.1.3 | 加固件 | 84 |
| 8.1.4 | 转角处门架连接 | 84 |
| 8.1.5 | 连墙件 | 85 |
| 8.1.6 | 通道洞口 | 85 |
| 8.1.7 | 斜梯 | 85 |
| 8.1.8 | 地基与基础 | 86 |
| 8.2 | 门式脚手架的设计 | 86 |
| 8.2.1 | 荷载计算 | 86 |
| 8.2.2 | 设计内容 | 88 |
| 8.3 | 门式脚手架算例 | 92 |
| 8.4 | 门式脚手架的施工 | 95 |

| | | |
|-----------------------|---------------------|-----|
| 8.4.1 | 施工准备 | 95 |
| 8.4.2 | 搭设 | 96 |
| 8.4.3 | 验收 | 96 |
| 8.4.4 | 拆除 | 97 |
| 第二篇 模板与支撑架专项工程 | | |
| 1 | 模板与支撑架的材料与构造 | 101 |
| 1.1 | 常用的模板材料 | 101 |
| 1.1.1 | 木模板 | 101 |
| 1.1.2 | 钢模板 | 102 |
| 1.1.3 | 胶合板模板 | 102 |
| 1.1.4 | 塑料与玻璃钢模板 | 103 |
| 1.2 | 常见的模板支撑体系的构造形式 | 103 |
| 2 | 模板及支撑架的设计 | 106 |
| 2.1 | 荷载计算 | 106 |
| 2.1.1 | 荷载分类 | 106 |
| 2.1.2 | 荷载标准值 | 106 |
| 2.1.3 | 荷载效应组合 | 107 |
| 2.2 | 计算方法 | 108 |
| 2.2.1 | 梁与楼板模板计算 | 108 |
| 2.2.2 | 柱模板设计计算 | 110 |
| 2.2.3 | 墙模板体系计算 | 115 |
| 3 | 模板与支撑架工程算例 | 115 |
| 3.1 | 梁与楼板模板算例 | 115 |
| 3.1.1 | 算例一 | 115 |
| 3.1.2 | 算例二 | 123 |
| 3.1.3 | 算例三 | 130 |
| 3.1.4 | 算例四 | 138 |
| 3.1.5 | 算例五 | 145 |
| 3.2 | 柱模板与支撑系统算例 | 150 |
| 3.2.1 | 基本参数 | 150 |
| 3.2.2 | 计算书 | 151 |
| 3.3 | 墙模板与支撑系统算例 | 153 |
| 3.3.1 | 基本参数 | 154 |
| 3.3.2 | 计算书 | 154 |
| 4 | 模板与支撑架的安装与拆除 | 158 |
| 4.1 | 模板与支撑架的安装 | 158 |
| 4.1.1 | 扫地杆对支模架结构承载力的影响 | 159 |
| 4.1.2 | 剪刀撑构造对支模架结构承载力的影响 | 161 |
| 4.2 | 模板与支撑架的拆除 | 162 |
| 4.2.1 | 拆除要求 | 162 |
| 4.2.2 | 拆除注意事项 | 162 |
| 5 | 模板与支撑架工程安全事故分析及防治措施 | 164 |

| | | |
|---------------------|-----------------------|-----|
| 5.1 | 模板与支撑架工程安全事故及分析 | 164 |
| 5.2 | 模板与支撑架体系安全防护措施 | 165 |
| 第三篇 塔吊基础专项工程 | | |
| 1 | 钢筋混凝土塔吊基础与地基的类型 | 171 |
| 1.1 | 普通钢筋混凝土塔吊基础的类型 | 172 |
| 1.2 | 塔吊基础形式的选择 | 173 |
| 1.3 | 构造要求 | 173 |
| 1.3.1 | 一般规定 | 173 |
| 1.3.2 | 构造要求 | 174 |
| 2 | 钢筋混凝土塔吊基础的设计 | 175 |
| 2.1 | 钢筋混凝土塔吊基础的设计方法 | 176 |
| 2.1.1 | 不同形式基础的通用设计 | 176 |
| 2.1.2 | 独立基础设计 | 179 |
| 2.1.3 | 板式桩基塔吊基础设计 | 181 |
| 2.1.4 | 十字形塔吊基础设计 | 181 |
| 2.2 | 桩的设计 | 182 |
| 2.2.1 | 桩承载力验算 | 182 |
| 2.2.2 | 桩竖向极限承载力验算 | 182 |
| 2.2.3 | 桩抗拔承载力验算 | 185 |
| 2.3 | 钢筋混凝土塔吊基础算例 | 185 |
| 2.3.1 | 基本参数 | 186 |
| 2.3.2 | 塔吊基础承台计算 | 186 |
| 2.3.3 | 塔吊承台桩基础计算 | 188 |
| 2.4 | 塔吊基础施工要求及质量检查验收 | 188 |
| 2.4.1 | 施工要求 | 188 |
| 2.4.2 | 质量检查验收 | 189 |
| 3 | 钢格构柱塔吊基础的设计 | 191 |
| 3.1 | 钢格构柱塔吊基础的构造 | 191 |
| 3.1.1 | 基本构造 | 191 |
| 3.1.2 | 构造要求 | 191 |
| 3.2 | 钢格构柱塔吊基础的设计方法 | 193 |
| 3.2.1 | 桩基竖向承载力、沉降验算 | 193 |
| 3.2.2 | 钢格构柱及缀条长细比验算 | 194 |
| 3.2.3 | 双肢钢格构立柱稳定性验算 | 194 |
| 3.2.4 | 双肢钢格构立柱全截面强度验算 | 196 |
| 3.3 | 钢格构柱塔吊基础算例 | 197 |
| 3.3.1 | 缀板式钢格构柱塔吊基础算例 | 197 |
| 3.3.2 | 缀条式钢格构柱塔吊基础算例 | 198 |
| 3.4 | 钢格构柱塔吊基础的施工 | 200 |
| 3.4.1 | 施工要求 | 200 |
| 3.4.2 | 质量检查验收 | 201 |
| | 参考文献 | 202 |

第一篇 脚手架专项工程

脚手架是建筑工程施工中常用的临时设施,除了起到材料转运、堆放,为施工人员提供高处作业条件外,脚手架还是施工过程的安全防护架,具有重要的作用。脚手架为安全防护、工人操作以及解决楼层间少量垂直和水平运输而搭设,对脚手架的基本要求是:构造合理、受力和传力明确、与结构拉结可靠、确保杆件的局部稳定和脚手架的整体稳定。

脚手架按建筑物立面上的设置状态可分为落地、悬挑、吊挂、附着升降四种基本形式(图 1.0.1)。

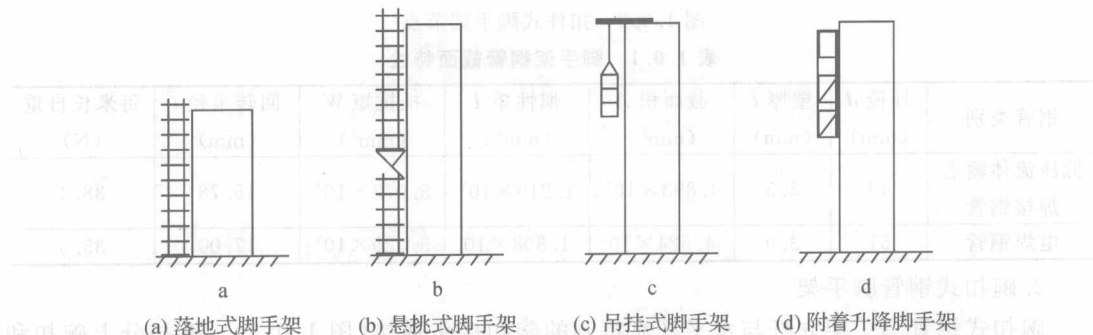


图 1.0.1 脚手架类型

(1)落地式脚手架搭设在建筑物外围地面上,主要搭设方法为立杆双排搭设。因受立杆承载力限制,加之材料用量大,占用时间长,所以,这种脚手架搭设高度多控制在 40m 以下。规范规定高度超过 50m 的脚手架需采用双管立杆等措施。在房屋砖混结构施工中,该脚手架兼作砌筑、装修和防护之用;在多层框架结构施工中,该脚手架主要作装修和防护之用。

(2)悬挑式脚手架搭设在建筑物外边缘向外伸出的支承结构上,将脚手架荷载全部或部分传递给建筑结构。悬挑支承结构主要有有用型钢焊接制作的三角桁架下撑式结构,以及用钢丝绳斜拉住水平型钢挑梁的斜拉式结构等形式。在悬挑结构上搭设的双排脚手架与落地式脚手架相同,分段悬挑脚手架的高度一般控制在 25m 以内。应用时需要作全封闭,以防坠物伤人。

(3)吊挂式脚手架在主体结构施工阶段为外挂脚手架,随主体结构逐层向上施工,用塔吊吊升,悬挂在结构上。在装修施工阶段,该脚手架改为从屋顶吊挂,逐层下降。该形式脚手架适用于高层框架和剪力墙结构的装修施工。

(4)附着升降脚手架是将自身拆分为若干个单元架体,分别依附固定在建筑结构上,以电动或手动环链葫芦为提升设备。在主体结构施工阶段,相邻单元架体互为依靠,交替松开、固定,交替爬升,其爬升原理同爬升模板。在装饰施工阶段,交替下降。该形式脚手架搭设高度为三~四个楼层,相对一落到底的脚手架省材料、省人工,适用于高层框架和剪力墙的快速施工。

钢管脚手架的基本类型有:扣件式钢管脚手架、碗扣式钢管脚手架以及门式钢管脚手架。

1. 扣件式钢管脚手架

扣件式钢管脚手架(图 1.0.2)钢管采用 Q235A 焊接钢管,其典型截面特性见表 1.0.1。脚手架钢管供应长度一般为 6000~6500mm,每根重不超过 25kg。

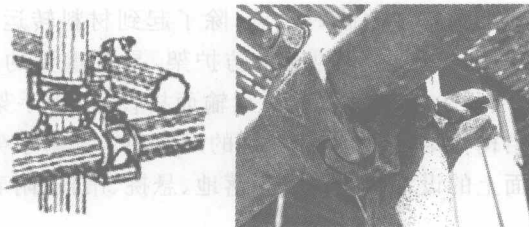


图 1.0.2 扣件式脚手架节点

表 1.0.1 脚手架钢管截面特性

| 钢管类别 | 外径 d (mm) | 壁厚 t (mm) | 截面积 A (mm ²) | 惯性矩 I (mm ⁴) | 抵抗矩 W (mm ³) | 回转半径 i (mm) | 每米长自重 (N) |
|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------|
| 低压流体输送 焊接钢管 | 48 | 3.5 | 4.893×10^2 | 1.219×10^5 | 5.078×10^3 | 15.78 | 38.4 |
| 电焊钢管 | 51 | 3.0 | 4.524×10 | 1.308×10 | 5.129×10^3 | 17.00 | 35.5 |

2. 碗扣式钢管脚手架

碗扣式钢管脚手架立杆与水平杆靠特制的碗扣接头连接(图 1.0.3)。碗扣分上碗扣和下碗扣,下碗扣焊接在钢管上,上碗扣对应地套在钢管上。连接时,只需将横杆接头插入下碗扣内,将上碗扣沿限位销扣下,并顺时针旋转,靠上碗扣螺旋面使之与限位销顶紧,从而将横杆和立杆牢固地连在一起,形成框架结构。

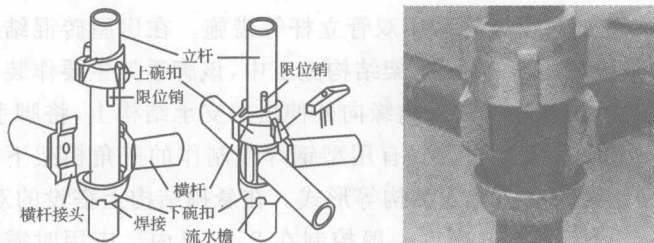


图 1.0.3 碗扣式钢管脚手架节点

3. 门式钢管脚手架

门式钢管脚手架(图 1.0.4)由门架、交叉支撑、连接棒、锁臂、脚手板或水平架等基本构件、配件组成。

我国使用的门架多为三边门架式,由立杆、横杆、加强杆、短杆和锁销焊接组成。

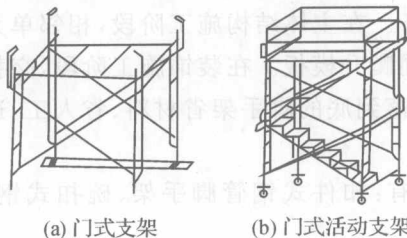


图 1.0.4 门式支架和门式活动支架

1 扣件式钢管脚手架的构造

扣件式钢管脚手架装拆方便、尺寸组合灵活、经济实用、可重复使用,是我国使用量最大、应用最普遍的一种脚手架。

1.1 基础构造

扣件式钢管脚手架不直接埋于土中,而是在平整夯实的地表面上垫以垫木或垫板,然后于垫木(或垫板)上加设钢管底座再立立杆。应根据地基的容许承载力对脚手架地基进行设计。

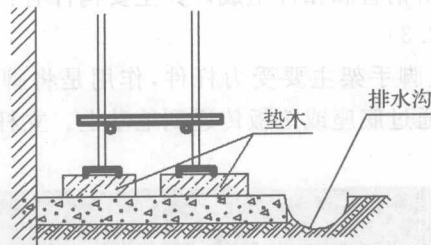


图 1.1.1 脚手架地基做法

脚手架对地基的要求(图 1.1.1):

1. 地基应平整夯实;
2. 底部应加设钢、木垫板;
3. 遇坑槽时,立杆下应加设底梁(用枕木或型钢);
4. 有可靠的排水措施;
5. 脚手架旁有开挖沟槽时,当脚手架高 $\leq 30\text{m}$ 时,与沟槽距离不小于 1.5m;当脚手架高度在 30~50m 时,与沟槽距离不小于 2.0m;当脚手架高度 $> 50\text{m}$ 时,距离不小于 2.5m。

6. 位于通道处的脚手架底部垫木应低于其两侧地面,并加设盖板,避免扰动。

根据搭设高度不同,钢管脚手架基础的具体做法也有所不同,区别如下:

1. 高度 30m 以下、立杆处在回填土之上时,回填土必须分层夯实,垫木采用长 2.0m~2.5m、宽不小于 200mm 的木板垂直墙面设置(若长 4.0m,左右平行墙面亦可),外侧挖一线排水沟。

2. 高度超过 30m、地基为回填土时,除分层夯实达到要求外,还应采用道木支垫;在地基上加铺 20cm 厚道渣后铺混凝土预制块,沿纵向铺放 12~16 号槽钢,将脚手架立杆位于槽钢上。

1.2 架体构造

扣件式钢管脚手架架体构造如图 1.2.1 所示。

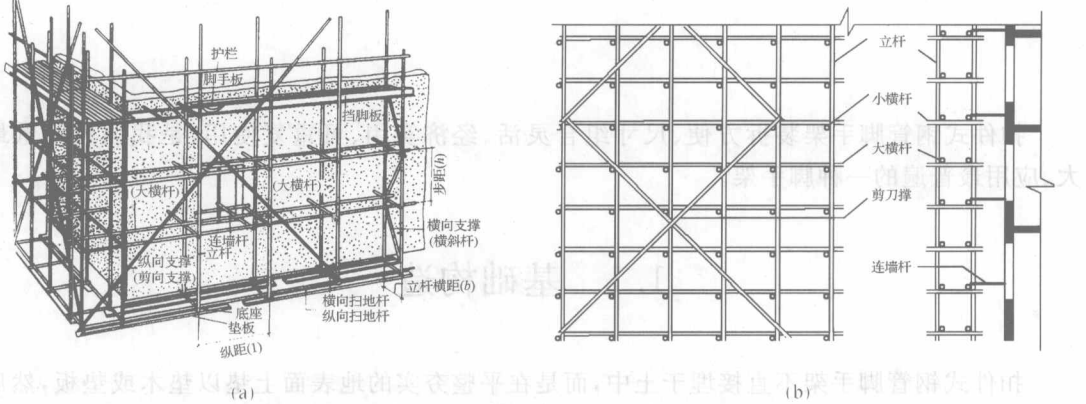


图 1.2.1 扣件式钢管脚手架

扣件式钢管脚手架主要由钢管和扣件组成。其主要构件有：

1. 立杆(图 1.2.2、图 1.2.3)

立杆与地面垂直设置,是脚手架主要受力杆件,作用是将脚手架上所承受的竖向荷载(包括堆载、施工活荷载等),通过底座或垫板传递到地基上。立杆是传递竖向荷载的主要构件。



图 1.2.2 扣件式钢管脚手架

2. 大横杆(纵向水平杆)

如图 1.2.2、图 1.2.3 所示,大横杆与地面平行,是主要的受弯剪作用的水平构件之一,

与立杆连成整体,将脚手架上的荷载传到小横杆或立杆上。它将一排立杆连接在一起,组成纵向框架体系,保持脚手架的纵向稳定。

3. 小横杆(横向水平杆,如图 1.2.3)

小横杆与墙面垂直,是主要的受弯剪作用的水平构件之一,承受脚手板或大横杆上传递的荷载,并将荷载传递到立杆上。此外,大横杆和小横杆一起组成水平框架,提高了脚手架的极限承载力。



图 1.2.3 脚手架构造图

4. 剪刀撑(如图 1.2.2)

剪刀撑在脚手架外侧交叉成十字形,双杆相互交叉并与地面成 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 夹角。其作用是把脚手架连成整体,增加脚手架的整体稳定。剪刀撑将整个纵向框架连接形成几何不变体系,限制脚手架结构的纵向水平位移,并通过弯剪作用提高脚手架的横向临界荷载(图 1.2.4)。

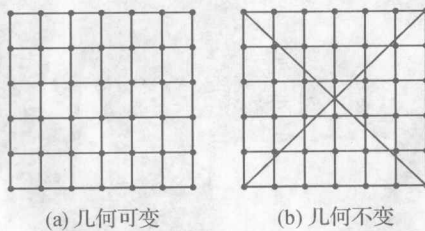
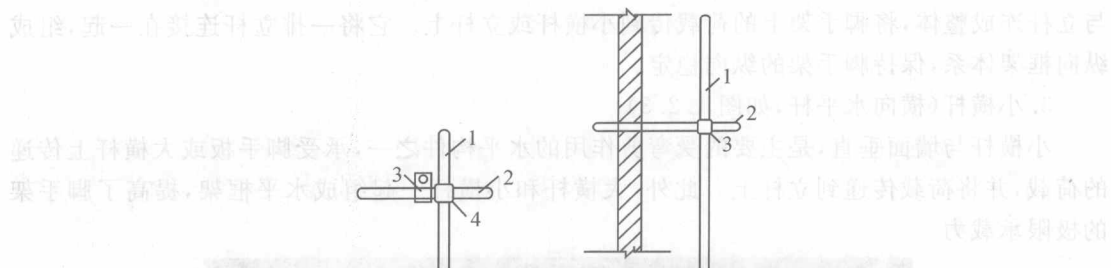


图 1.2.4 剪刀撑作用示意图

5. 连墙杆

如图 1.2.5、图 1.2.6 所示,连墙杆是沿立杆的竖向不大于 4m,水平方向不大于 7m,设置的与主体结构相连的水平杆件,用于承受脚手架的全部风荷载和脚手架里、外排立杆不均匀下沉时所产生的荷载。

扣件式脚手架连墙杆节点构造如图 1.2.6 所示。



1—立杆;2—纵向水平杆(大横杆);3—横向水平杆(小横杆);4—直角扣件

图 1.2.5 扣件式脚手架节点图



图 1.2.6 连墙杆实照

6. 底座(如图 1.2.7):用来承受脚手架立杆传递下来的荷载。



图 1.2.7 底座实照

扣件式钢管脚手架是由大、小横杆及立杆用扣件连接的一种特殊的多层多跨空间框架。它有以下几点与一般的空间框架不同:

- (1)扣件式脚手架是由柔性大的钢管组成结构受力体系;
- (2)结构的各榀框架的刚度受连墙件、支撑的布置影响,相互之间的差异很大;
- (3)连接水平杆与立杆的扣件并不属于刚性节点,其转动刚度与扣件的拧紧程度有关,