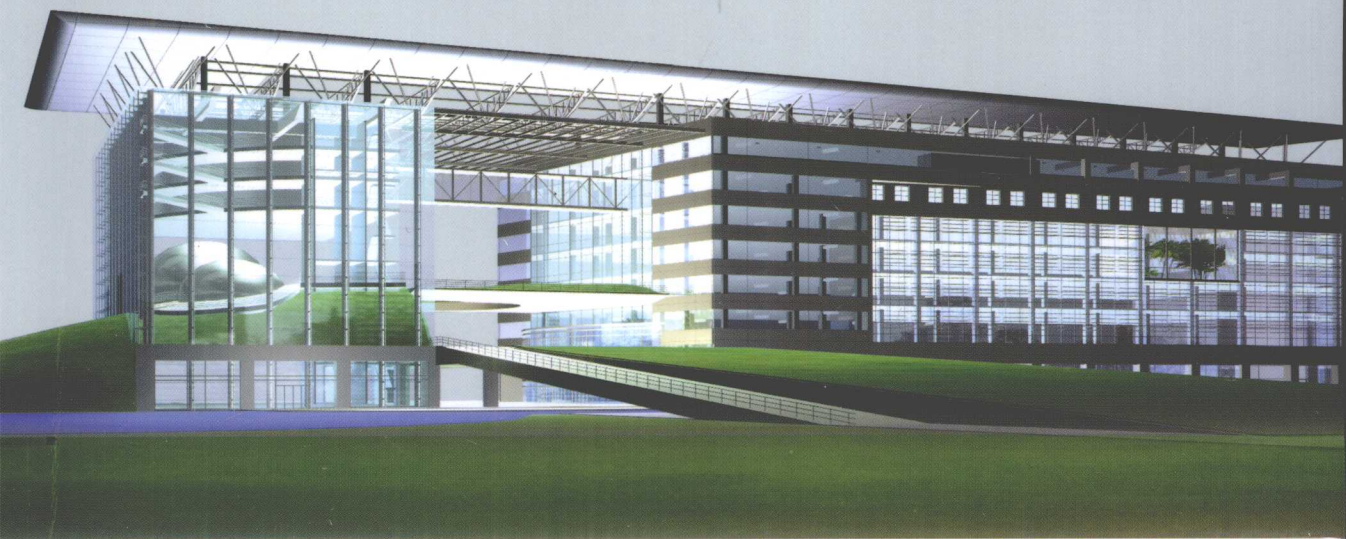


交通版

高等学校土木工程专业规划教材

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



钢结构设计

黄炳生 刘正保 徐 钧 主编
舒赣平 主审



人民交通出版社

China Communications Press

交通版 高等学校土木工程专业规划教材
JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

钢结构设计

Gangjiegou Sheji

黄炳生 刘正保 徐 钧 主编
舒赣平 主审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书共分为五章,其主要内容包括:单层框排架钢结构,轻型门式刚架结构,空间网架结构,多高层建筑钢结构,钢结构的防腐和防火。本书依据现行规范编写,知识体系完整,内容丰富,实用性强,且书中附有较多的例题和习题。

本书可作为高等学校土木工程专业本科专业课教材,也可作为相关专业工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计/黄炳生,刘正保,徐钧主编. —北京:
人民交通出版社,2009.9

ISBN 978-7-114-07977-1

I. 钢… II. 黄… III. 钢结构—结构设计 IV. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 157629 号

交通版高等学校土木工程专业规划教材

书 名:钢结构设计

著 作 者:黄炳生 刘正保 徐钧

责任编辑:张征宇 赵瑞琴

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.5

插 页:1

字 数:406 千

版 次:2009 年 9 月 第 1 版

印 次:2009 年 9 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07977-1

印 数:0001~3000 册

定 价:29.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

编委会

主任委员: 阎兴华

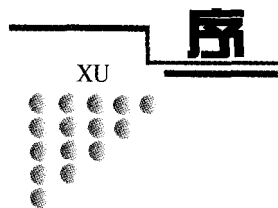
副主任委员: 张向东 李帼昌 魏连雨 赵 尘

宗 兰 马芹永 段敬民 黄炳生

委 员: 彭大文 林继德 张俊平 刘春原

党星海 刘正保 刘华新 丁海平

秘 书 长: 张征宇



随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平 and 质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

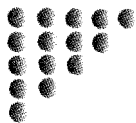
在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路,于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,目前这套规划教材已陆续出版。

这套教材包括“土木工程概论”、“建筑工程施工”等31门课程,涵盖了土木工程专业的基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、正确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会
人民交通出版社

前言 QIANYAN



改革开放以来,我国的钢产量持续增加,国家的产业政策鼓励在房屋建筑中采用钢结构,为适应这一变化,许多高校把原有的钢结构课程分为钢结构设计原理和钢结构设计两门课程,本书即为钢结构设计课程编写。

本书共分为五章,第一章为单层框排架钢结构,主要应用于单层重型工业厂房。但其中的钢屋架屋盖结构也可应用于钢筋混凝土柱单层厂房和其他跨度较大房屋的屋盖,轻型门式刚架结构厂房的吊车梁也按本章设计,平台结构也可应用于已有单层房屋室内的夹层;第二章为轻型门式刚架结构,其中的围护结构内容也可应用于其他单层房屋;第三章为空间网架结构;第四章为多高层建筑钢结构;第五章为钢结构的防腐和防火。

由于各高校钢结构设计课程教学时数不同,教师授课时可根据具体情况全部讲授或选择部分内容讲授。

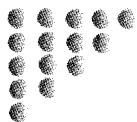
本书依据现行规范编写,知识体系完整,内容丰富,实用性强,书中附有较多的例题和习题,可作为高等学校土木工程专业本科专业课教材,也可作为相关专业工程技术人员参考书。

本书由黄炳生任主编,刘正保、徐钧任副主编。第一章第一至四、六、七节及第二章和第三章由南京工业大学黄炳生编写,第一章第五节、第五章由上海应用技术学院徐钧编写,第四章由南京工业大学黄炳生和南京工程学院刘正保编写,全书由黄炳生统稿,东南大学舒贇平教授认真审阅了书稿,并提出了许多宝贵的修改意见,在此编者表示衷心感谢。

在本书编写过程中,我们参考和引用了较多的参考文献,主要的已在书末列出,在此向所有本书引用文献的作者表示感谢。在本书编写初期,兰州理工大学李庆福参与了第一章第一至三、七节和第二章第六节部分 CAD 图绘制和部分文字的录入,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 5 月

目录 MULU



第一章 单层框(排)架钢结构	1
第一节 单层框(排)架结构的形式和布置.....	1
第二节 横向框(排)架内力计算.....	5
第三节 框(排)架柱及柱间支撑设计.....	9
第四节 框(排)架结构厂房抗震设计	15
第五节 钢屋架屋盖结构	18
第六节 吊车梁设计	51
第七节 平台结构	65
思考题	73
习题	75
第二章 轻型门式刚架结构	76
第一节 轻型门式刚架结构的组成和特点	76
第二节 轻型门式刚架结构形式与布置	78
第三节 门式刚架的作用效应计算	82
第四节 门式刚架构件设计	90
第五节 轻型门式刚架结构连接和节点设计.....	105
第六节 围护结构设计.....	110
思考题.....	132
习题.....	133
第三章 空间网架结构	135
第一节 空间结构的分类与特点.....	135
第二节 网架结构的形式与选型.....	140
第三节 网架结构尺寸与屋面构造.....	148
第四节 网架结构的内力计算.....	150
第五节 网架结构的杆件设计.....	158
第六节 网架结构的节点设计.....	161
思考题.....	171
习题.....	172

第四章 多层及高层建筑钢结构..... 173

 第一节 多层及高层建筑钢结构的发展和特点..... 173

 第二节 多层及高层建筑钢结构的结构体系和布置..... 175

 第三节 多层及高层建筑钢结构计算..... 183

 第四节 多层及高层建筑钢结构的构件设计..... 191

 第五节 多层及高层建筑钢结构的连接节点设计..... 199

 第六节 压型钢板组合楼(屋)盖结构..... 208

 思考题..... 221

第五章 钢结构的防腐和防火..... 223

 第一节 概述..... 223

 第二节 钢结构的防腐..... 223

 第三节 钢结构的防火..... 227

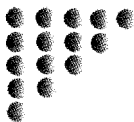
 思考题..... 229

附录 1 柱计算长度系数 230

附录 2 部分型钢规格和截面特性 234

附图 屋架施工图 插页

参考文献..... 253



第一节 单层框（排）架结构的形式和布置

一、单层框（排）架结构的组成和应用

1. 结构的组成

单层框（排）架钢结构是由横向框（排）架作为房屋承重骨架，通过一系列纵向构件连接而成的结构体系。如图 1-1 所示。

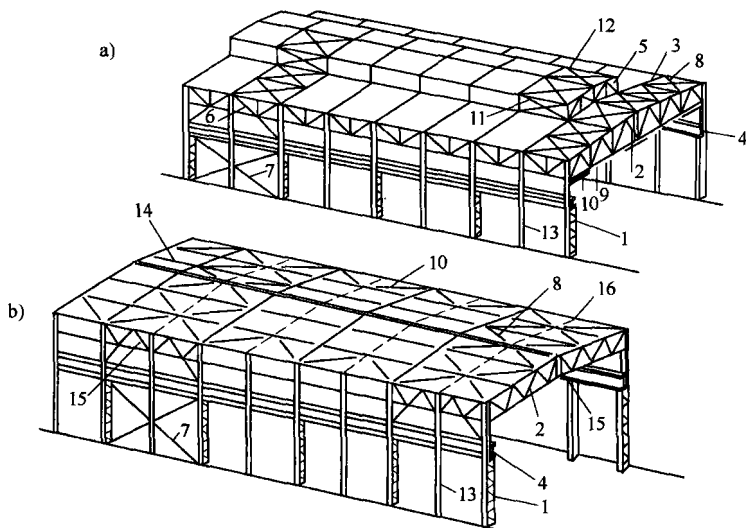


图 1-1 厂房结构的组成示例

a)有檩屋盖;b)无檩屋盖

1-框（排）架柱；2-屋架（框（排）架横梁）；3-中间屋架；4-吊车梁；5-天窗架；6-托架；7-柱间支撑；8-屋架上弦横向支撑；9-屋架下弦横向支撑；10-屋架纵向支撑；11-天窗架垂直支撑；12-天窗架横向支撑；13-墙架柱；14-檩条；15-屋架垂直支撑；16-檩条间撑杆

横向框(排)架是由柱和它所支承的屋架组成的结构,是房屋的主要承重体系。承受房屋的自重、风荷载、雪荷载和吊车的竖向荷载与横向荷载,并把这些荷载传递到基础。柱与屋架刚接时为框架结构,柱与屋架铰接时为排架结构。柱顶铰接的排架结构对基础不均匀沉降及温度影响敏感性小,框架节点构造容易处理,且因屋架端部不产生弯矩,下弦杆始终受拉。但柱顶铰接时下柱的弯矩较大,厂房横向刚度差,一般用于多跨厂房或厂房高度不大而刚度容易满足的情况。当采用钢屋架、钢筋混凝土柱的混合结构时,也常采用排架结构形式。反之,在厂房较高、吊车起重量大、对厂房刚度要求较高时,常采用柱顶刚接的框架结构。横向框(排)架的柱脚一般与基础刚接。

纵向构件按其作用可分为下面几类:

(1)柱间支撑:它与柱、吊车梁等组成房屋的纵向框架承担纵向水平荷载,同时把主要承重体系由个别的平面结构连成空间的整体结构,从而保证了房屋结构所必需的刚度和稳定。

(2)屋盖支撑、托架、檩条等:与屋架、天窗架等组成屋盖结构,承担屋面荷载,把平面的屋架结构连成稳定的空间体系。

(3)吊车梁和制动梁(或制动桁架)等:主要承受吊车竖向荷载及水平荷载,并将这些荷载传到横向框架和纵向框架上。

(4)墙架:由墙梁、墙架柱等组成,承受墙体的自重和风荷载,并传递到框架柱和支撑体系。

此外,还有一些次要的构件如楼梯、走道、门窗等。在某些厂房中,由于工艺操作上的要求,还设有工作平台。

2. 单层框(排)架结构的应用

单层框(排)架结构承载能力大,整体刚度大,抗震性能好,制作安装运输方便。适用于跨度大、高度大、吊车吨位大的重型厂房及大型厂房中,如炼钢车间、轧钢车间等大型冶金厂房,大型电机装配车间等重型机械制造厂房,以及大型造船厂房、火力发电厂房、飞机制造车间等,也可应用于一般厂房、仓库、超市、展览厅等单层房屋。

二、结 构 布 置

1. 柱网布置

柱网布置要综合考虑工艺、结构和经济等诸多因素来确定,同时还应注意符合标准化模数的要求。

(1)满足生产工艺的要求。柱的位置应与地上、地下的生产设备和工艺流程相配合,还应考虑生产发展和工艺设备更新需求。

(2)满足结构的要求。为了保证车间的正常使用,有利于吊车运行,使厂房具有必要的横向刚度,应尽可能将柱布置在同一的横向轴线上,以便与屋架组成横向框架,如图 1-2 所示。

(3)符合经济合理的要求。柱的纵向间距同时也是纵向构件(吊车梁、托架等)的跨度,它的大小对结构重量影响很大,厂房的柱距增大,可使柱的数量减少、总重量随之减少,同时也可减少柱基础的工程量,但会使吊车梁及托架的重量增加。最适宜的柱距与柱上的荷载及柱高密切相关,在实际设计中要结合工程的具体情况进行综合方案比较才能确定。一般地说,在跨度不小于 30m、高度不小于 14m、吊车额定起重量不小于 50t 时,柱距取 12m 较为经济,参数较小的厂房取 6m 较合适。

(4)符合柱距规定要求。近年来,随着压型钢板等轻型材料的采用,厂房的跨度和柱距都有逐渐增大的趋势。按《厂房建筑统一化基本规则》和《建筑统一模数制》的规定:结构构件的统一化和标准化可降低制作和安装的工作量。对厂房横向,一般当厂房跨度 $L\leq 18\text{m}$ 时,其跨度宜采用3m的倍数;当厂房跨度 $L>18\text{m}$ 时,其跨度宜采用6m的倍数。对厂房纵向,柱距一般采用6m或6m的倍数。多跨厂房的中列柱,常因工艺要求需要抽柱,其柱距为基本柱距的倍数[图1-2b)]。抽柱处设置支承屋架的构件,构件为实腹式时称为托梁,桁架式时称为托架。

2. 温度伸缩缝布置

温度伸缩缝的布置取决于厂房的纵向和横向长度。纵向很长的厂房在温度变化时,纵向构件伸缩的幅度较大,引起整个结构变形,使构件内产生较大的温度应力,并可能导致墙体和屋面的破坏。为了避免这种不利后果的产生,常采用横向温度伸缩缝将厂房分成伸缩时互不影响的温度区段。按规范规定,当温度区段长度不超过表1-1的数值时,可不计算温度应力。

温度区段长度值			
结 构 情 况	温度区段长度(m)		
	纵向温度区段(垂直于屋架或构架跨度方向)	横向温度区段(沿屋架或构架跨度方向)	
		柱顶为刚接	柱顶为铰接
采暖房屋和非采暖地区的房屋	220	120	150
热车间和采暖地区的非采暖房屋	180	100	125
露天结构	120	—	—

温度伸缩缝最普遍的做法是设置双柱,即在缝的两旁布置两个无任何纵向构件联系的横向框架,使温度伸缩缝的中线和定位轴线重合,如图1-2a)所示;在设备布置条件不允许时,可采用插入距的方式,如图1-2b)所示。为节约钢材也可采用单柱温度伸缩缝,即在纵向构件(如托架、吊车梁等)支座处设置滑动支座。在地震区宜采用双柱伸缩缝。

当厂房宽度较大时,也应该按规定布置纵向温度伸缩缝。

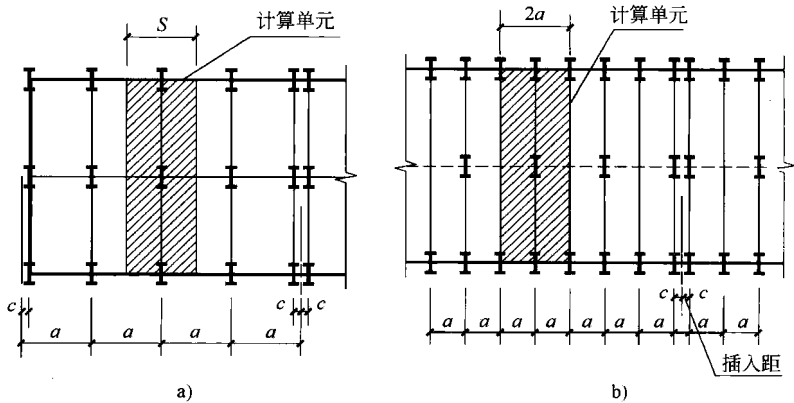


图1-2 柱网布置和温度伸缩缝
a)各列柱距相等;b)中列柱有拔柱

3. 柱间支撑布置

(1) 柱间支撑的作用

各个横向平面框(排)架通过柱间支撑连接为整体,承担纵向水平荷载,柱间支撑的作用为:

①与框(排)架柱形成纵向框架,保证厂房骨架的整体稳定性和纵向刚度;

②承受厂房端部山墙的风荷载、吊车纵向水平荷载及温度应力等,在地震区尚应承受厂房纵向的地震力,并传至基础。

③为框架柱平面外提供可靠的支撑,减少柱在框架平面外的计算长度。

(2) 柱间支撑的布置原则

柱间支撑的设置应与屋盖支撑相协调,一般与屋盖横向支撑、竖向支撑设在同一柱距。

每一温度区段的每一柱列一般都应设置柱间支撑,边柱和中柱柱列的柱间支撑应尽可能设置在同一开间。

有吊车厂房,柱间支撑由两部分组成:在吊车梁以上的部分称为上层支撑,吊车梁以下部分称为下层支撑。下层柱间支撑与柱和吊车梁一起在纵向组成刚性很大的悬臂桁架。为了使纵向结构在温度发生变化时能较自由地伸缩,减少温度应力,下层支撑应该设在温度区段中部。只有当吊车位置高而车间总长度又很短时,下层支撑设在两端不会产生很大温度应力,而对厂房纵向刚度却能提高很多,这时放在两端才是合理的。

当温度区段长度较小时,在中央设置一道下层支撑,如图 1-3a)所示;当温度区段长度大于 150m,宜在温度区段 1/3 点处设置两道下层支撑,如图 1-3b)所示。

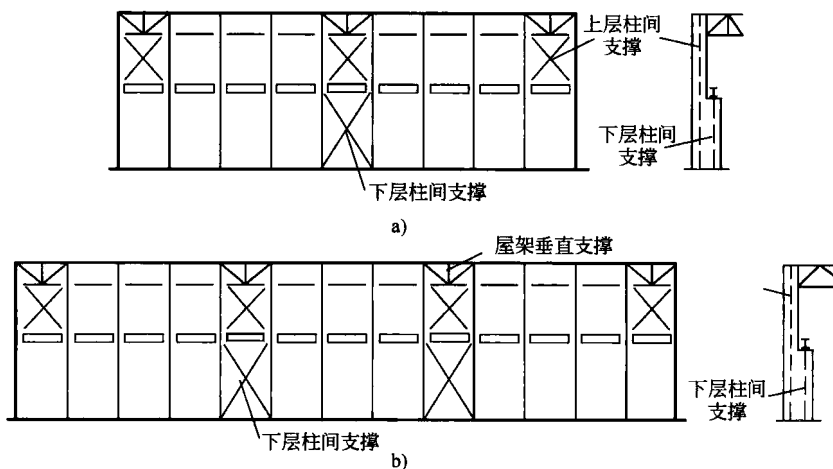


图 1-3 柱间支撑的布置

上层柱间支撑在屋架下弦至吊车梁上翼缘范围内。为了传递风力,上层支撑需要布置在温度区段端部,由于厂房柱在吊车梁以上部分的刚度小,不会产生过大的温度应力。此外,在下层支撑处也应设置上层支撑。

高度小于 800mm 的等截面柱,一般可沿柱中心线设置单片柱间支撑,当上层柱截面高度大于 800mm 或设有通行人孔时,在柱每个翼缘内侧设置柱间支撑。下层柱间支撑应在柱的两个肢的平面内成对设置,如图 1-3b)侧视图的虚线所示。与外墙墙架有联系的边列柱可仅在内侧设置,但重级工作制吊车的厂房外侧仍应设置支撑。

吊车梁和辅助桁架作为撑杆是柱间支撑的组成部分,承担并传递厂房纵向水平力。

第二节 横向框(排)架内力计算

一、横向框(排)架的主要尺寸

框(排)架的主要尺寸如图 1-4 所示。

1. 框(排)架的跨度

一般取为上部柱中心线间的横向距离,可由下式确定:

$$L_0 = L_K + 2S \quad (1-1)$$

式中: L_K ——桥式吊车的跨度;

S ——由吊车梁轴线至上段柱轴线的距离(图 1-5),应满足式(1-2)的要求。对于中型厂房一般采用 0.75m 或 1m,重型厂房则为 1.25m,有时达 2.0m。

$$S = B + D + b_1/2 \quad (1-2)$$

式中: B ——吊车桥架悬伸长度,可由设计所选用的吊车样本查得;

D ——吊车外缘和柱内边缘之间的必要空隙,当吊车起重荷载不大于 500kN 时,不宜小于 80mm;当吊车起重荷载大于或等于 750kN 时,不宜小于 100mm;当在吊车和柱之间需要设置安全走道时,则 D 不得小于 400mm;

b_1 ——上段柱宽度。

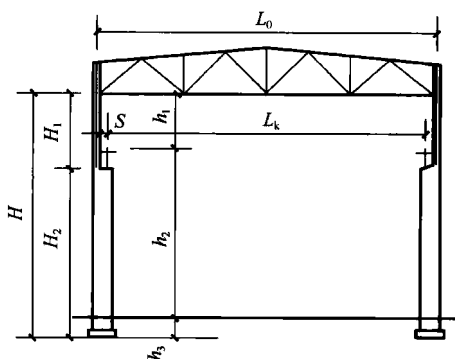


图 1-4 横向框架的主要尺寸

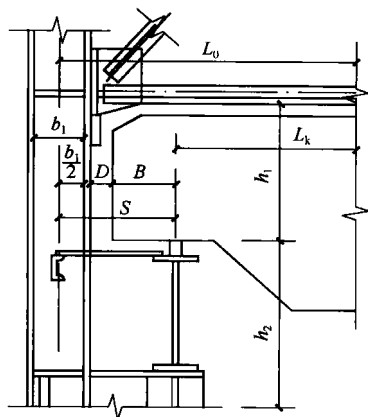


图 1-5 柱与吊车梁轴线间的净空

2. 框(排)架柱脚底面到横梁下弦底部的距离 H

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \quad (1-3)$$

式中: h_3 ——地面至柱脚底面的距离。中型车间约为 0.8~1.0m,重型车间为 1.0~1.2m;

h_2 ——地面至吊车轨顶的高度,由工艺要求决定;

h_1 ——吊车轨顶至屋架下弦底面的距离;

$$h_1 = A + 100 + 150 \sim 200(\text{mm}) \quad (1-4)$$

其中, A 为吊车轨道顶面至起重小车顶面之间的距离;100mm 是为制造、安装误差留出的空隙;150~200mm 则是考虑屋架的挠度和下弦水平支撑角钢的下伸等所留的空隙。

二、横向框(排)架的计算简图

单层框(排)架结构厂房在均布荷载作用下,各榀横向框(排)架的受载和位移基本相同,没有空间分配作用,当厂房受到局部横向集中荷载,如吊车横向制动力、吊车垂直荷载的偏心弯矩等作用时,纵向水平支撑会将局部荷载分配到相邻的框(排)架上,从而减小了直接受载框(排)架的负担。一般厂房中,这些局部横向集中荷载引起的柱子内力在柱子总内力中所占比重并不大,为简化计算,通常取单个的平面框(排)架作为计算的基本单元,而不考虑厂房的空间作用,如图 1-6 所示。框(排)架计算单元的划分应根据柱网的布置确定,如图 1-2 所示,使纵向每列柱至少有一根柱参加框(排)架工作,同时将受力最不利的柱划入计算单元中。对于各列柱距均相等的厂房,只计算一个框(排)架。对有拔柱的计算单元,一般以最大柱距作为划分计算单元的标准,界限采用柱距的中心线。

对柱顶刚接的横向框架,当满足下式的条件时,可近似认为横梁刚度为无穷大,否则横梁按有限刚度考虑。

$$\frac{K_{AB}}{K_{AC}} \geq 4 \quad (1-5)$$

式中: K_{AB} ——横梁在远端固定使近端 A 点转动单位角时在 A 点所需施加的力矩值;

K_{AC} ——柱在 A 点转动单位角时在 A 点所需施加的力矩值。

对屋架和格构柱,一般应考虑屋架腹杆或格构柱缀条变形的影响,采用折算惯性矩,简化成实腹式横梁和实腹式柱。格构柱的折算惯性矩为截面惯性矩乘以折减系数 0.9,屋架的折算惯性矩 I_0 可近似地按下式计算:

$$I_0 = k(A_1 y_1^2 + A_2 y_2^2) \quad (1-6)$$

式中: A_1, A_2 ——屋架跨中上弦杆、下弦杆截面面积;

y_1, y_2 ——屋架跨中上、下弦杆的重心线到屋架截面中和轴的距离(图 1-7);

k ——考虑屋架高度变化和腹杆变形影响的折减系数。当屋架上弦坡度为 1/8 时, $k=0.65$; 1/10 时, $k=0.7$; 1/12 时, $k=0.75$; 1/15 时, $k=0.8$; 上弦坡度为 0 时, $k=0.9$ 。

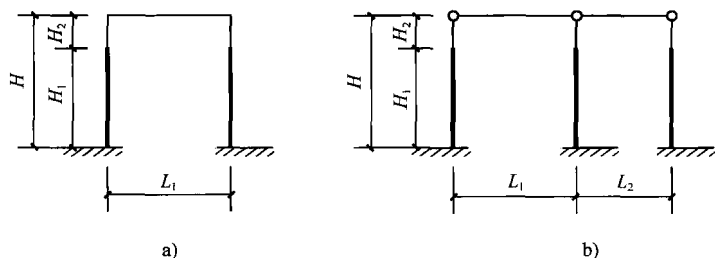


图 1-6 横向框架的计算简图

a) 柱顶刚接; b) 柱顶铰接

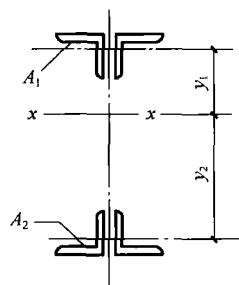


图 1-7 屋架跨中处截面

框(排)架的计算跨度 L (或 L_1, L_2) 取为两上柱轴线之间的距离。

横向框(排)架的计算高度 H , 当柱顶刚接时, 可取为柱脚底面至框架下弦轴线的距离(横梁假定为无限刚性), 或柱脚底面至横梁端部形心的距离(横梁为有限刚性), 如图 1-8a)、b) 所示; 当柱顶铰接时, 应取为柱脚底面至横梁主要支承节点间距离, 如图 1-8c)、d) 所示。对阶形柱应以肩梁上表面作分界线将 H 划分为上部柱高度 H_1 和下部柱高度 H_2 。

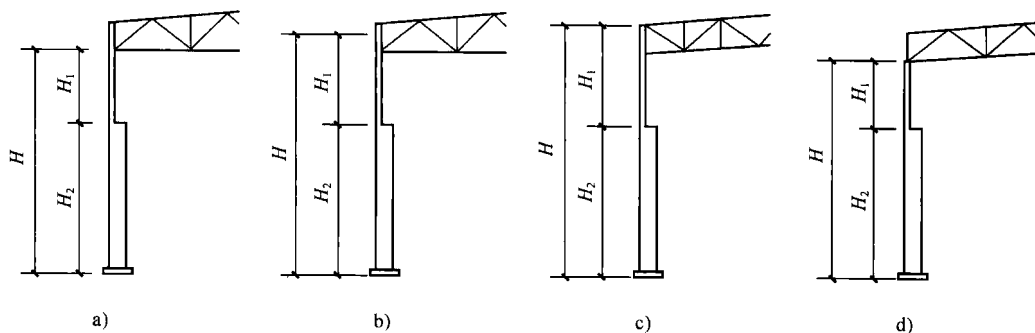


图 1-8 横向框(排)架的计算高度取值方法

a)柱顶刚接,横梁视为无限刚性;b)柱顶刚接,横梁视为有限刚性;c)柱顶铰接,横梁为上承式;d)柱顶铰接,横梁为下承式

三、内力计算和侧移验算

1. 荷载

永久荷载有屋盖系统、柱、吊车梁系统、墙架、墙板及设备管道等的自重。这些重量可参考有关资料等进行计算。

可变荷载有风荷载、雪荷载、积灰荷载、屋面均布活荷载、吊车荷载、地震作用等。这些荷载可由荷载规范和吊车规格查得。

对框(排)架横向长度超过容许的温度缝区段长度而未设置伸缩缝时,则应考虑温度变化的影响;对厂房地基土质较差、变形较大或厂房中有较重的大面积地面荷载时,则应考虑基础不均沉降对框(排)架的影响。屋面荷载一般化为均布的线荷载作用于框(排)架横梁上。积灰荷载与雪荷载或屋面均布活荷载两者中的较大者同时考虑。当无墙架时,纵墙上的风力一般作为均布荷载作用在框架柱上;有墙架时,尚应计入由墙架柱传于框(排)架柱的集中风荷载。框(排)架横梁轴线以上的屋架及天窗上的风荷载按集中荷载作用在框(排)架横梁轴线上。

吊车垂直轮压及吊车横向水平力一般根据同一跨间、最多两台满载吊车并排运行的最不利情况,由吊车梁上支座反力的影响线之和求得。计算吊车竖向荷载时,对一层吊车单跨厂房,参与组合的吊车台数不宜多于 2 台,对多跨厂房不宜多于 4 台。吊车垂直轮压由吊车梁底部支承面传入柱内。计算吊车水平荷载时,对单跨或多跨厂房,每个排架参与组合的吊车台数不应多于 2 台。吊车横向水平力同时作用于跨间的两条轨道上,并应考虑正反两个方向刹车的情况,吊车横向水平力由吊车梁上翼缘水平面传入柱子。

2. 内力分析和内力组合

框(排)架内力分析可按结构力学的方法进行,也可利用现成的图表或计算机程序分析。为便于对各构件和连接进行最不利的组合,对各种荷载作用应分别进行框(排)架内力分析。

为了计算框(排)架构件的截面,必须将框(排)架在各种荷载作用下所产生的内力进行最不利组合。要列出上段柱和下段柱的上下端截面中的弯矩 M 、轴向力 N 和剪力 V 。此外还应包括柱脚锚固螺栓的计算内力。每个截面必须组合出 $+M_{\max}$ 和相应的 N 、 V ; $-M_{\min}$ 和相应的 N 、 V ; $N_{\max}$ 和相应的 M 、 V ; 对柱脚锚栓则应组合出可能出现的最大拉力即 $+M_{\max}$ 和相应的 N 、 V ; $-M_{\min}$ 和相应的 N 、 V 。

柱与屋架刚接时,应对横梁的端弯矩和相应的剪力进行组合。最不利组合可分为四组:第一组组合使屋架下弦杆产生最大压力,如图 1-9a)所示;第二组组合使屋架上弦杆产生最大压力,同时也使下弦杆产生最大拉力,如图 1-9b)所示;第三、四组组合使腹杆产生最大拉力或最大压力,如图 1-9c)、d)所示。组合时考虑施工情况,只考虑屋面恒载所产生的支座端弯矩和水平力的不利作用,不考虑它的有利作用。

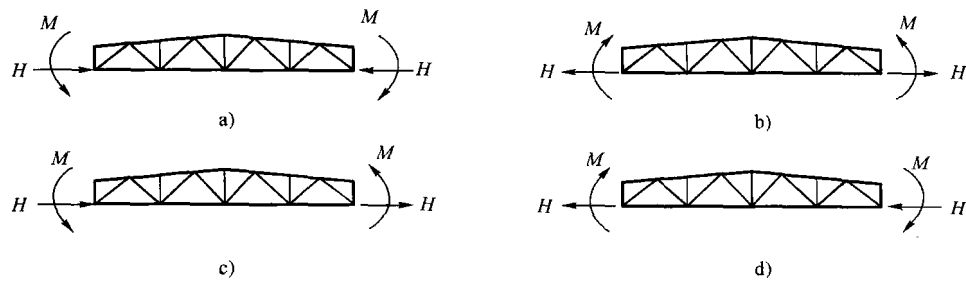


图 1-9 框架横梁端弯矩最不利组合

内力组合一般采用简化规则由可变荷载效应控制的组合:当只有一个可变荷载参与组合时,组合值系数取 1.0,即恒载+可变荷载;当有两个或两个以上可变荷载参与组合时,组合值系数取 0.9,即恒载+0.9(可变荷载 1+可变荷载 2)。在地震区应参照《建筑抗震设计规范》进行偶然组合。对单层吊车的厂房,当对采用两台及两台以上吊车的竖向荷载和水平荷载组合时,应根据参与组合的吊车台数及其工作制,乘以表 1-2 中的折减系数。

多台吊车的荷载折减系数			表 1-2
参与组合的吊车台数		2	3
吊车工作级别	A1~A5	0.9	0.85
	A6~A8	0.95	0.9

对于多层吊车的单跨或多跨厂房,计算排架时参与组合的吊车台数及荷载的折减系数应按实际情况考虑。

3. 侧移验算

在风荷载标准值作用下,无桥式吊车和有桥式吊车的单层框(排)架不宜分别超过 $H/150$ 和 $H/400$, H 为自基础顶面至柱顶的总高度。

在冶金工厂或类似车间中设有 A7、A8 级吊车的厂房柱和设有中级和重级工作制吊车的露天栈桥柱,在吊车梁或吊车桁架的顶面标高处,由一台最大吊车水平荷载所产生的变形值不宜超过表 1-3 所列的容许值。

柱水平位移的容许值			表 1-3
位移种类	厂房柱的横向位移	柱的横向位移	厂房和露天栈桥柱的纵向位移
按平面结构计算	$H_c/1\ 250$	$H_c/2\ 500$	$H_c/4\ 000$

- 注:① H_c 为基础顶面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度。
- ②计算厂房或露天栈桥柱的纵向位移时,可假定吊车的纵向水平制动力分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上。
- ③在设有 A8 级吊车的厂房中,厂房柱的水平位移容许值宜减少 10%。
- ④在设有 A6 级吊车的厂房柱的纵向位移宜符合表中要求。

第三节 框(排)架柱及柱间支撑设计

一、框(排)架柱的类型

框(排)架柱按结构形式可分为等截面柱、阶形柱和分离式柱三大类。

等截面柱有实腹式和格构式两种,如图 1-10a)、b)所示,通常采用实腹式。等截面柱将吊车梁支于牛腿上,构造简单,但吊车竖向荷载偏心大,只适用于吊车起吊荷载 $Q < 150\text{kN}$,或无吊车且厂房高度较小的轻型厂房中。

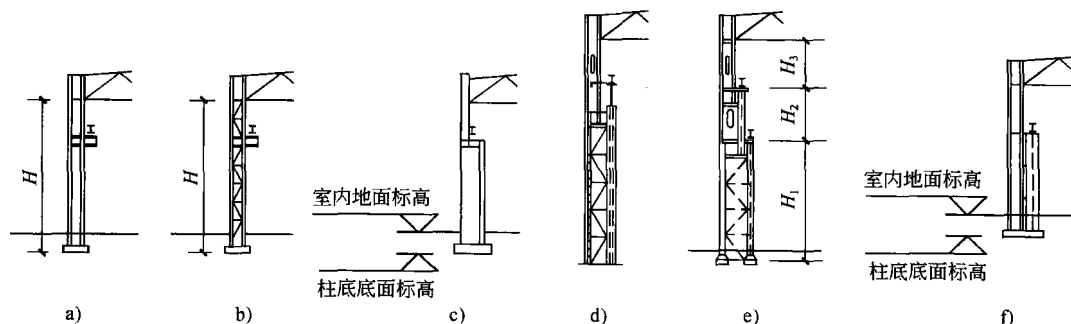


图 1-10 框(排)架柱的形式

a)等截面实腹柱;b)等截面格构柱;c)阶形实腹柱;d)阶形格构柱;e)双阶柱;f)分离式柱

阶形柱也可分为实腹式和格构式两种,如图 1-10c)、d)、e)所示。从经济角度考虑,阶形柱由于吊车梁或吊车桁架支承在柱截面变化的肩梁处,荷载偏心小,构造合理,其用钢量比等截面柱节省,因而在厂房中广泛应用。阶形柱还根据厂房内设单层吊车或双层吊车做成单阶柱或双阶柱。阶形柱的上段由于截面高度 h 不高(无人孔时 $h = 400 \sim 600\text{mm}$,有人孔时 $h = 900 \sim 1\,000\text{mm}$),并考虑柱与屋架、托架的连接等,一般采用工字形截面的实腹柱。下段柱,对于边列柱来说,由于吊车肢受的荷载较大,通常设计成不对称截面,中列柱两侧荷载相差不大时,可以采用对称截面。一般下段柱截面高度 $< 1\text{m}$ 时,采用实腹式,截面高度 $\geq 1\text{m}$ 时,采用缀条柱,如图 1-10d)、e)所示。

分离式柱由支承屋盖结构的屋盖肢和支承吊车梁或吊车桁架的吊车肢所组成,如图 1-10f)所示,两柱肢之间用水平板做成柔性连接。吊车肢在框(排)架平面内的稳定性就依靠连在屋盖肢上的水平连系板来解决。屋盖肢承受屋面荷载、风荷载及吊车水平荷载;吊车肢仅承受吊车的竖向荷载。分离式柱构造简单,制作和安装比较方便,但用钢量比阶形柱多,只宜用于吊车轨顶标高低于 10m ,且吊车起吊荷载 $Q \geq 750\text{kN}$ 的情况。

二、柱的计算长度

柱在框(排)架结构平面内的计算长度应通过对整个框(排)架结构的稳定分析确定,目前不论是等截面柱还是阶形柱,都按弹性理论确定其计算长度。分析表明,框(排)架柱在平面内的计算长度与柱的形式及两端支承情况有关。

等截面柱的计算长度按单层有侧移框(排)架柱确定,其计算长度系数按附表 1-1 取用。计算长度系数取决于横梁线刚度与柱线刚度之比 K_1 和柱脚的固接程度 K_2 ,横梁远端为铰接