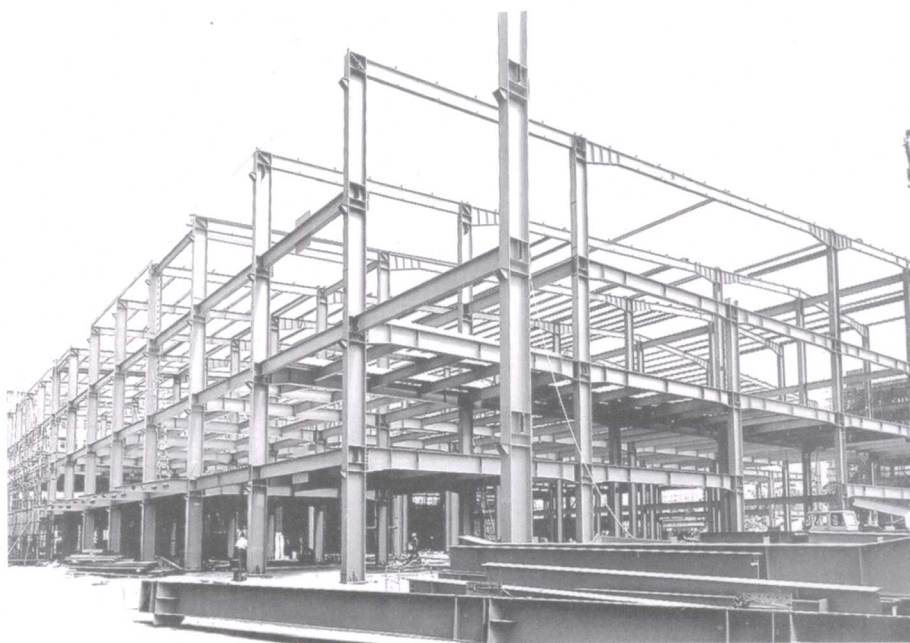


普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

钢结构课程设计指导

G J G K C S J Z D

张志国 张庆芳 编著



01.04-42

WUTP

武汉理工大学出版社

TU391.04-42
Z251

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

钢结构课程设计指导

编著 张志国 张庆芳
主审 段树金

TU391.04-42

Z251

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内 容 简 介】

本书较全面地覆盖了钢结构课程设计的主要知识点,共分为7章,包括荷载、轻型门式刚架设计、平台钢结构设计、钢屋架设计、吊车梁设计、下承式简支栓焊桁架桥的主桁设计、钢结构设计制图阶段及表示方法。本书的特点是注重理论与实践相结合,除第1章和第7章外,每章都是先说明结构构造和设计过程,并且重点补充一般教材中未包含的内容;然后再通过设计实例说明设计计算步骤,着重说明计算依据和对计算参数的选择,以方便使用。本书是作者多年从事教学及相关设计工作的经验总结。

本书是根据高等学校土木工程专业实践教学大纲,考虑实践教学的实际情况编写而成的,适用于土木工程专业本科实践教学,也可供相关专业学生和设计、施工等方面的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构课程设计指导/张志国,张庆芳编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.1
ISBN 978-7-5629-3123-2

I. ① 钢…

II. ① 张… ② 张…

III. ① 钢结构—课程设计—高等学校—教学参考资料

IV. ① TU391-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 016288 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

印 刷 者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

插 页:6

印 张:9.25

字 数:336 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版

印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

版权所有,盗版必究。

前 言

钢结构课程设计是土木工程专业十分重要的实践教学环节。通过课程设计,可以加深学生对课程知识的理解,熟悉设计过程,锻炼学生利用手册、规范等工具书的能力,培养学生综合分析问题和运用基础理论知识解决实际工程问题的能力,为毕业设计环节打下坚实的基础,也有助于学生毕业后能尽早进入工作角色。

本课程设计是为促进学生掌握钢结构方面的设计知识而编写的,全书共七章。其中第1章、第5章由石家庄铁道学院张庆芳编写,第2章由石家庄铁道学院张会斌编写,第3章、第4章(前5节)、第7章由石家庄铁道学院张志国编写,第4章第6节由石家庄铁道学院邓海、张志国编写,第4章第7节由石家庄铁道学院高伟编写,第6章由石家庄铁道学院孟庆峰、张庆芳编写,附录由河北交通职业技术学院陈玉欣整理。另外,石家庄铁道学院研究生聂磊、陈吉娜、杨娟参与了部分文字录入和绘图工作。全书由张志国、张庆芳统稿,段树金担任主审。

对在本书编写过程中提供帮助的同志,以及书中引用和参考的文献的作者,编者致以衷心的感谢。

尽管作者为写作本书尽了最大努力,但由于编写时间仓促,加之作者水平有限,不当之处在所难免,欢迎广大读者不吝指正。联系方式:bridge71@163.com, zqfok@126.com。

编 者

2009年10月

目 录

1 荷载	(1)
1.1 荷载效应组合	(1)
1.1.1 承载能力极限状态设计表达式	(1)
1.1.2 正常使用极限状态设计表达式	(1)
1.2 楼面 and 屋面活荷载	(2)
1.2.1 民用建筑楼面均布活荷载	(2)
1.2.2 工业建筑楼面活荷载	(4)
1.2.3 屋面活荷载	(4)
1.3 吊车荷载	(5)
1.3.1 吊车的荷载	(5)
1.3.2 多台吊车的组合	(6)
1.3.3 吊车荷载的动力系数	(6)
1.3.4 吊车荷载的组合值、频遇值及准永久值	(6)
1.4 雪荷载	(7)
1.5 风荷载	(10)
1.5.1 风荷载标准值	(10)
1.5.2 风荷载标准值的具体应用	(12)
2 轻型门式刚架设计	(13)
2.1 轻型门式刚架的基本构造	(13)
2.1.1 门式刚架的特点与适用范围	(13)
2.1.2 门式刚架结构的组成	(13)
2.1.3 结构布置	(13)
2.2 刚架的荷载与作用效应计算	(14)
2.2.1 设计荷载	(14)
2.2.2 荷载组合	(14)
2.2.3 计算模型	(15)
2.2.4 控制截面及最不利内力组合	(15)
2.2.5 刚架变形计算	(15)
2.3 主刚架构件的设计计算	(17)
2.3.1 板件最大宽厚比与屈曲后强度利用	(17)
2.3.2 构件的强度计算与加劲肋设置	(19)
2.3.3 构件的稳定设计	(20)
2.4 刚架节点设计	(21)
2.4.1 梁柱节点与刚架梁拼接	(21)
2.4.2 柱脚节点设计	(24)
2.5 其他构件与连接	(24)
2.5.1 支撑体系	(24)
2.5.2 屋面檩条	(25)
2.6 门式刚架工程设计实例	(27)
2.6.1 设计资料	(27)

2.6.2	内力计算	(28)
2.6.3	荷载组合	(29)
2.6.4	构件截面验算	(29)
2.6.5	门式刚架施工图	(36)
3	平台钢结构设计	(37)
3.1	概述	(37)
3.1.1	平台钢结构应用与分类	(37)
3.1.2	平台钢结构的组成和布置	(37)
3.1.3	平台钢结构的设计内容和设计步骤	(38)
3.2	平台钢结构的荷载	(38)
3.3	平台钢结构构件设计	(38)
3.3.1	平台铺板设计	(38)
3.3.2	平台次梁设计	(40)
3.3.3	平台主梁设计	(41)
3.3.4	平台柱设计	(41)
3.3.5	柱间支撑体系设计	(41)
3.4	平台钢结构设计实例	(42)
3.4.1	设计资料	(42)
3.4.2	结构布置方案及结构布置形式	(42)
3.4.3	平台铺板设计	(42)
3.4.4	平台次梁设计	(44)
3.4.5	平台主梁设计	(45)
3.4.6	平台柱设计	(52)
3.4.7	平台柱柱头设计	(53)
3.4.8	平台柱柱脚设计	(54)
4	钢屋架设计	(56)
4.1	屋盖结构概述	(56)
4.2	普通钢屋架设计步骤与内容	(58)
4.2.1	钢屋架的设计步骤	(58)
4.2.2	钢屋架结构选型	(58)
4.2.3	钢屋架尺寸的确定	(59)
4.2.4	屋架荷载计算	(60)
4.2.5	屋架杆件内力计算	(61)
4.3	屋架杆件设计	(62)
4.3.1	屋架杆件截面选择	(62)
4.3.2	杆件的计算长度	(64)
4.3.3	杆件的容许长细比	(65)
4.3.4	杆件截面设计	(66)
4.4	屋架节点设计	(66)
4.4.1	节点设计的一般要求	(66)
4.4.2	节点板设计步骤	(67)
4.4.3	钢桁架节点的设计	(68)
4.5	屋架施工图的绘制	(72)
4.6	梯形钢屋架设计实例	(73)
4.6.1	设计资料	(73)

4.6.2	结构形式与布置	(73)
4.6.3	荷载计算	(75)
4.6.4	内力计算	(75)
4.6.5	杆件设计	(77)
4.6.6	节点设计	(81)
4.6.7	屋架施工图	(85)
4.7	平行弦钢屋架设计实例	(86)
4.7.1	设计资料	(86)
4.7.2	屋架尺寸及支撑布置	(86)
4.7.3	荷载与内力计算	(87)
4.7.4	杆件截面选择	(87)
4.7.5	节点设计	(92)
4.7.6	钢梁施工图	(95)
5	吊车梁设计	(96)
5.1	吊车与吊车梁概述	(96)
5.1.1	吊车的工作级别和工作制级别	(96)
5.1.2	吊车梁的类型	(96)
5.1.3	吊车梁的荷载	(97)
5.1.4	吊车梁的内力	(98)
5.1.5	简支吊车梁的设计内容和步骤	(99)
5.2	吊车梁设计实例	(100)
5.2.1	设计资料及说明	(100)
5.2.2	荷载及内力计算	(100)
5.2.3	吊车梁截面选择	(102)
5.2.4	截面强度和稳定性验算	(103)
5.2.5	挠度验算	(104)
5.2.6	腹板中间加劲肋设计	(104)
5.2.7	梁端支承加劲肋设计	(105)
5.2.8	连接焊缝的计算	(105)
5.2.9	疲劳计算	(106)
6	下承式简支栓焊桁架桥的主桁设计	(107)
6.1	概述	(107)
6.1.1	组成和作用	(107)
6.1.2	几何图示和尺寸	(107)
6.1.3	简化计算模型	(108)
6.2	主桁杆件的内力计算	(108)
6.2.1	荷载	(108)
6.2.2	主桁杆件内力计算	(109)
6.3	主桁杆件的验算内容	(110)
6.3.1	外力组合	(110)
6.3.2	主桁杆件验算内容	(111)
6.4	下承式栓焊桁架桥主桁计算实例	(112)
6.4.1	设计依据	(112)
6.4.2	主桁架杆件内力计算	(112)
6.4.3	活载产生的内力	(113)

6.4.4	横向荷载产生的内力	(114)
6.4.5	主桁杆件设计	(117)
7	钢结构设计制图阶段及表示方法	(122)
7.1	钢结构设计制图阶段	(122)
7.1.1	建筑工程设计阶段及任务	(122)
7.1.2	钢结构工程施工图的编制	(122)
7.2	钢结构制图表示方法	(122)
7.2.1	图线选择	(122)
7.2.2	绘图比例要求	(123)
7.2.3	钢结构图纸中的符号表达	(123)
7.2.4	其他一些常用的标注方法	(127)
	附录	(128)
	参考文献	(137)

1 荷 载

为叙述方便,本章对国家标准采用简化称法,并约定如下:

《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)——简称《统一标准》;

《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)——简称《荷载规范》;

《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)——简称《钢结构规范》。

1.1 荷载效应组合

依据《统一标准》,建筑结构应采用概率极限状态法进行设计,具体表现为分项系数表达式,《荷载规范》据此进一步细化。

荷载效应组合有抗震组合与非抗震组合之分,下面要介绍的是非抗震组合。

结构应满足安全性、适用性和耐久性的要求。耐久性通常是通过在设计 and 施工过程中满足规定的耐久性原则达到,属于一种“概念设计”。为保证安全性与适用性,则需要分别考虑承载能力极限状态和正常使用极限状态。

1.1.1 承载能力极限状态设计表达式

《荷载规范》3.2.2 条规定,对于承载能力极限状态,应按荷载效应的基本组合或偶然组合进行荷载(效应)组合,并应采用下列设计表达式进行设计:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1.1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数;

S ——荷载效应组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值,应按各有关建筑结构设计规范的规定确定。

在钢结构设计中,由于公式通常用应力形式表达,故 R 代表结构构件或连接的强度设计值。

《荷载规范》3.2.3 条还规定,对于基本组合,由下列设计表达式中最不利值确定 S 。

由可变荷载效应控制的组合:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} \gamma_{Qi} S_{Qik} \quad (1.2a)$$

由永久荷载效应控制的组合:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{ci} \gamma_{Qi} S_{Qik} \quad (1.2b)$$

《荷载规范》3.2.4 条规定,对于一般排架、框架结构,基本组合可采用简化规则,并由下列组合值中最不利值确定。

由可变荷载效应控制的组合:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} \quad (1.3a)$$

$$S = \gamma_G S_{Gk} + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik} \quad (1.3b)$$

由永久荷载效应控制的组合仍采用公式(1.2b)。

1.1.2 正常使用极限状态设计表达式

《荷载规范》3.2.7 条规定,应根据不同的设计要求采用标准组合、准永久组合或频遇组合,按下列表达式进行设计:

$$S \leq C \quad (1.4)$$

式中 C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值,例如变形、裂缝、振幅、加速度、应力等的限值,应按各有关建筑设计规范的规定采用。

标准组合时的 S 按照下式计算:

$$S = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1.5a)$$

频遇组合时的 S 按照下式计算:

$$S = S_{Gk} + \psi_{f1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1.5b)$$

准永久组合时的 S 按照下式计算:

$$S = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1.5c)$$

式中 ψ_{f1} ——可变荷载 Q_1 的频遇值系数;

ψ_{qi} ——可变荷载 Q_i 的准永久值系数。

对于钢结构,一般只考虑标准组合(钢与混凝土组合结构除外),且常常验算的是变形值,因此,可将荷载效应值直接用变形值代替,写成如下形式:

$$v_{Gk} + v_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} v_{Qik} \leq [v] \quad (1.6)$$

式中 v_{Gk} ——永久荷载的标准值在结构或构件中产生的变形值;

v_{Q1k} ——第 1 个可变荷载的标准值在结构或构件中产生的变形值;

v_{Qik} ——第 i 个可变荷载的标准值在结构或构件中产生的变形值;

$[v]$ ——结构或构件的容许变形值。

总之,式(1.1)~式(1.6)中有关的系数,如 γ_0 、 γ_G 、 γ_Q (γ_{Q1} 和 γ_{Qi})、 ψ_{ci} 等都需要依据《荷载规范》的规定取值。其中, γ_0 、 γ_G 和 γ_Q 的取值分别如下:

对安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件, γ_0 不应小于 1.1;对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件, γ_0 不应小于 1.0;对安全等级为三级或设计使用年限为 5 年的结构构件, γ_0 不应小于 0.9。另外,对设计使用年限为 25 年的结构构件,各类材料结构可依据相关规范自行规定 γ_0 的取值,《钢结构规范》要求其取值不应小于 0.95。

γ_G 为永久荷载分项系数,当其效应对结构不利时,对由可变荷载效应控制的组合取 1.2,对由永久荷载效应控制的组合取 1.35;当其效应对结构有利时应取 1.0。

γ_Q 为可变荷载分项系数,一般情况下应取 1.4,对标准值大于 4 kN/m² 的工业房屋楼面结构的活荷载取 1.3。

需要注意的是,《荷载规范》2006 局部修订版取消了“当考虑以竖向的永久荷载效应控制的组合时,参与组合的可变荷载仅限于竖向荷载”的规定。同时,将“对结构的倾覆、滑移或漂浮验算取 $\gamma_G = 0.9$ ”的规定,改为“对结构的倾覆、滑移或漂浮验算,荷载的分项系数应按有关的结构设计规范的规定采用”。

在以下各节中,将对荷载的取值以及其余的系数进行介绍。

1.2 楼面和屋面活荷载

1.2.1 民用建筑楼面均布活荷载

《荷载规范》规定,民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数应按照表 1.1 采用。

表 1.1 民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数

项次	类 别	标准值(kN/m ²)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	(1) 住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园；	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 教室、试验室、阅览室、会议室、医院门诊室			0.6	0.5
2	食堂、餐厅、一般资料档案室	2.5	0.7	0.6	0.5
3	(1) 礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台；	3.0	0.7	0.5	0.3
	(2) 公共洗衣房	3.0	0.7	0.6	0.5
4	(1) 商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室；	3.5	0.7	0.6	0.5
	(2) 无固定座位的看台	3.5	0.7	0.5	0.3
5	(1) 健身房、演出舞台；	4.0	0.7	0.6	0.5
	(2) 舞厅	4.0	0.7	0.6	0.3
6	(1) 书库、档案库、贮藏室；	5.0	0.9	0.9	0.8
	(2) 密集柜书库	12.0			
7	通风机房、电梯机房	7.0	0.9	0.9	0.8
8	汽车通道及停车库：				
	(1) 单向板楼盖(板跨不小于 2 m)				
	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
	消防车	35.0	0.7	0.7	0.6
	(2) 双向板楼盖(板跨不小于 6 m×6 m)和无梁楼盖(柱网尺不小于 6 m)				
	客车	2.5	0.7	0.7	0.6
9	厨房：				
	(1) 一般的	2.0	0.7	0.6	0.5
	(2) 餐厅的	4.0	0.7	0.7	0.7
10	浴室、厕所、盥洗室：				
	(1) 第 1 项中的民用建筑	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 其他民用建筑	2.5	0.7	0.6	0.5
11	走廊、门厅、楼梯：				
	(1) 宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园、住宅	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 办公楼、教室、餐厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5
	(3) 消防疏散楼梯、其他民用建筑	3.5	0.7	0.5	0.3
12	阳台：				
	(1) 一般情况	2.5	0.7	0.6	0.5
	(2) 当人群有可能密集时	3.5			

注：1. 本表所给各项活荷载适用于一般使用条件，当使用荷载较大或情况特殊时，应按实际情况采用。

2. 对第 6 项书库活荷载，当书架高度大于 2 m 时，书库活荷载尚应按每米书架高度不小于 2.5 kN/m² 确定。

3. 第 8 项中的客车活荷载只适用于停放载人少于 9 人的客车；消防车活荷载是适用于满载总重为 300 kN 的大型车辆；当不符合本表的要求时，应将车轮的局部荷载按结构效应的等效原则换算为等效均布荷载。

4. 第 11 项楼梯活荷载，对预制楼梯踏步平板，尚应按 1.5 kN 集中荷载验算。

5. 本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。对固定隔墙的自重应按恒荷载考虑，当隔墙位置可灵活自由布置时，非固定隔墙的自重应取每延米长墙重(kN/m)的 1/3 作为楼面活荷载的附加值(kN/m²)计入，附加值不小于 1.0 kN/m²。

设计楼面梁、墙、柱及基础时，表 1.1 中的楼面活荷载标准值在下列情况下应乘以规定的折减系数。

(1) 设计楼面梁时的折减系数

① 第 1(1)项,当楼面梁从属面积超过 25 m^2 时,应取 0.9。

② 第 1(2)~7 项,当楼面梁从属面积超过 50 m^2 时,应取 0.9。

③ 第 8 项,对单向板楼盖的次梁和槽形板的纵肋应取 0.8;对单向板楼盖的主梁应取 0.6;对双向板楼盖的梁应取 0.8。

④ 第 9~12 项应采用与所属房屋类别相同的折减系数。

(2) 设计墙、柱和基础时的折减系数

① 第 1(1)项,应按表 1.2 规定采用。

② 第 1(2)~7 项,应采用与其楼面梁相同的折减系数。

③ 第 8 项对单向板楼盖应取 0.5,对双向板楼盖和无梁楼盖应取 0.8。

④ 第 9~12 项应采用与所属房屋类别相同的折减系数。

注意:楼面梁的从属面积应按梁两侧各延伸 $1/2$ 梁间距的范围内的实际面积确定。

表 1.2 活荷载按楼层的折减系数

墙、柱、基础计算截面以上的层数	1	2~3	4~5	6~8	9~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数	1.00 (0.90)	0.85	0.70	0.65	0.60	0.55

注:当楼面梁的从属面积超过 25 m^2 时,应采用括号内的系数。

楼面结构上的局部荷载可按《荷载规范》附录 B 的规定,换算为等效均布活荷载。

1.2.2 工业建筑楼面活荷载

工业建筑楼面在生产使用或安装检修时,由设备、管道、运输工具及可能拆移的隔墙产生的局部荷载均应按实际情况考虑,可采用等效均布活荷载代替。楼面等效均布活荷载,包括计算次梁、主梁和基础时的楼面活荷载,可分别按《荷载规范》附录 B 的规定确定。

对于一般金工车间、仪器仪表生产车间、半导体器件车间、棉纺织车间、轮胎厂准备车间和粮食加工车间等,当缺乏资料时,可按《荷载规范》附录 C 采用。

工业建筑楼面(包括工作平台)上无设备区域的操作荷载,包括操作人员、一般工具、零星原料和成品的自重等,可按均布活荷载考虑,采用 2.0 kN/m^2 。生产车间的楼梯活荷载可按实际情况采用,但不宜小于 3.5 kN/m^2 。

工业建筑楼面活荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数,除《荷载规范》附录 C 中给出的以外,应按实际情况采用;但在任何情况下,组合值和频遇值系数不应小于 0.7,准永久值系数不应小于 0.6。

1.2.3 屋面活荷载

对房屋建筑的屋面,其水平投影面上的屋面均布活荷载,应按表 1.3 采用。

表 1.3 屋面均布活荷载

项次	类 别	标准值(kN/m^2)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5

注:1. 不上人的屋面,当施工或维修荷载较大时,应按实际情况采用;对不同结构应按有关设计规范的规定,将标准值作 0.2 kN/m^2 的增减。

2. 上人的屋面,当兼作其他用途时,应按相应楼面活荷载采用。

3. 对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载,应采取构造措施加以防止;必要时,应按积水的可能深度确定屋面活荷载。

4. 屋顶花园活荷载不包括花圃土石等材料自重。

屋面均布活荷载,不应与雪荷载同时组合。

屋面直升机停机坪荷载应根据直升机总重按局部荷载考虑,同时其等效均布荷载不低于 5.0 kN/m^2 。

局部荷载应按直升机实际最大起飞重量确定,当没有机型技术资料时,一般可依据轻、中、重三种类型按下述规定选用局部荷载标准值及作用面积:

(1) 轻型,最大起飞重量 2 t ,局部荷载标准值取 20 kN ,作用面积 $0.20 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$;

(2) 中型,最大起飞重量 4 t ,局部荷载标准值取 40 kN ,作用面积 $0.25 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}$;

(3) 重型,最大起飞重量 6 t ,局部荷载标准值取 60 kN ,作用面积 $0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ 。

荷载的组合值系数应取 0.7 ,频遇值系数应取 0.6 ,准永久值系数应取 0 。

《钢结构规范》3.2.1 条补充规定,对支承轻型屋面的构件或结构(檩条、屋架、框架等),当仅有一个可变荷载且受荷水平投影面积超过 60 m^2 时,屋面均布活荷载标准值应取为 0.3 kN/m^2 。该条可理解为:对于屋面有均布活荷载和积灰荷载的情况,依据旧版荷载规范,由于没有风荷载参与组合,组合后为积灰荷载+屋面均布活荷载,即积灰荷载+ 0.3 kN/m^2 ;依据新版荷载规范,对于不是第一个可变荷载的,需要乘以组合系数,又由于积灰荷载常大于屋面均布活荷载,故组合后为积灰荷载+ $0.7 \times$ 屋面均布活荷载。这时,屋面活荷载若取为 0.3 kN/m^2 ,则为积灰荷载+ 0.21 kN/m^2 ,安全度降低;取为 0.5 kN/m^2 ,则为积灰荷载+ 0.35 kN/m^2 ,与旧版荷载规范保持相近的安全度。而对水平投影面积超过 60 m^2 的屋面均布活荷载标准值进行折减,则是由于在如此大的面积内,荷载在所有点均达到标准值(最大值)的概率不大。

另外,《钢结构规范》3.2.4 条规定,计算冶炼车间或其他类似车间的工作平台时,由检修材料所产生的荷载,可乘以折减系数:对于梁取 0.85 ,对于柱取 0.75 。

1.3 吊车荷载

1.3.1 吊车的荷载

吊车的运行情况,如图 1.1 所示。涉及的荷载包括如下几个方面:

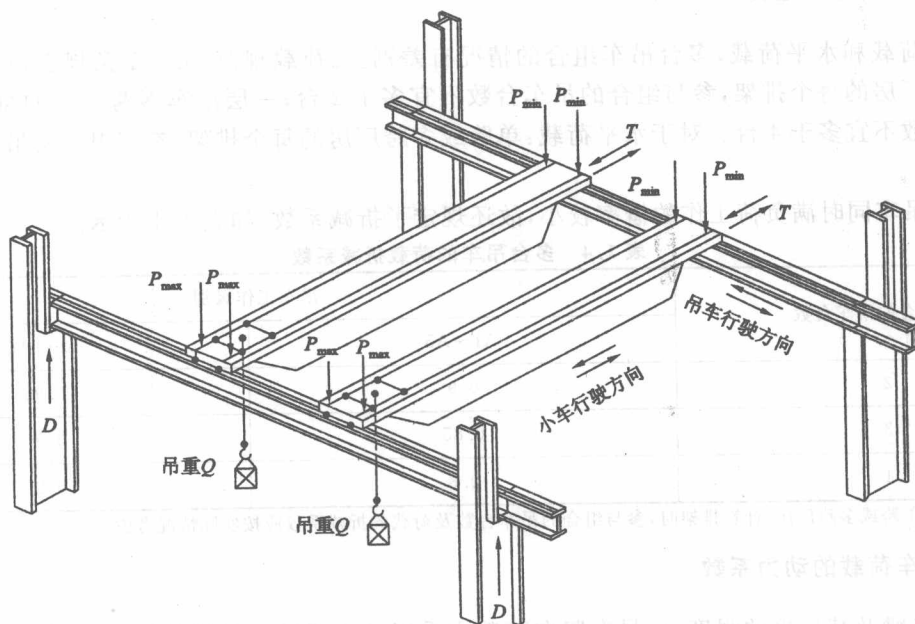


图 1.1 吊车布置与荷载

1.3.1.1 吊车竖向荷载

当载有最大起重量的小车开到大车某一侧的极限位置时,在该侧每个大车的轮压为吊车的最大轮压标准值 $P_{k,max}$,在另一侧每个大车的轮压为最小轮压标准值 $P_{k,min}$ 。如图 1.1 所示。

1.3.1.2 吊车纵向水平荷载

吊车纵向水平荷载是指大车沿厂房纵向运行中突然刹车,由于吊车自重和吊重的惯性产生的水平制动力。它通过吊车两侧的制动轮传至两侧的吊车轨道,然后再由吊车梁传给纵向柱列或柱间支撑。

《荷载规范》5.1.2条规定,吊车纵向水平荷载标准值应按作用在一边轨道上所有刹车轮的最大轮压之和的10%采用,该荷载作用点位于刹车轮与轨道的接触点上,方向与轨道方向一致。

1.3.1.3 吊车横向水平荷载

吊车横向水平荷载是指载有额定最大起重量的小车在左右行驶中突然刹车,由于吊车和小车的惯性力而在厂房刚架柱上作用的横向水平制动力。它通过小车制动轮与桥架轨道之间的摩擦力传给大车,最后由大车轮通过轨道梁传给吊车梁,最后再传给刚架柱。

《荷载规范》5.1.2条规定,吊车横向水平荷载标准值应按小车重量与额定起重量之和的百分数乘以重力加速度计算。

对于通常的四轮吊车,吊车横向水平荷载标准值可写成下式:

$$H_k = \frac{1}{4}\alpha(Q+g) \quad (1.7)$$

式中 Q 、 g ——额定最大起重量,小车自重;

α ——横向水平制动系数。对于软钩吊车:当 $Q \leq 10$ t 时, $\alpha = 0.12$; 当 $Q = 16 \sim 50$ t 时, $\alpha = 0.10$; 当 $Q \geq 75$ t 时, $\alpha = 0.08$ 。对于硬钩吊车: $\alpha = 0.20$ 。

与《荷载规范》不同,《钢结构规范》3.2.2条规定的吊车水平力,是一种大车运行时发生的“卡轨力”,并规定在计算重级工作制吊车梁(或吊车桁架)及其制动结构的强度、稳定性以及连接(吊车梁或吊车桁架、制动结构、柱相互间的连接)的强度时采用。此水平力不与荷载规范规定的横向水平荷载同时考虑。作用于每个轮压处的此水平力标准值可由下式进行计算:

$$H_k = \alpha P_{k,\max} \quad (1.8)$$

式中 $P_{k,\max}$ ——最大吊车轮压标准值;

α ——系数,对一般软钩吊车宜采用 $\alpha = 0.1$,抓斗或磁盘吊车宜采用 $\alpha = 0.15$,硬钩吊车宜采用 $\alpha = 0.2$ 。

1.3.2 多台吊车的组合

对于竖向荷载和水平荷载,多台吊车组合的情况有差别。《荷载规范》5.2.1条规定,对于竖向荷载:一层吊车单跨厂房的每个排架,参与组合的吊车台数不宜多于2台;一层吊车多跨厂房的每个排架,参与组合的吊车台数不宜多于4台。对于水平荷载:单跨或多跨厂房的每个排架,参与组合的吊车台数不应多于2台。

考虑多台吊车同时满负荷工作的概率较小,故还规定了折减系数,如表1.4所示。

表 1.4 多台吊车的荷载折减系数

参与组合的吊车台数	吊车工作级别	
	A1~A5	A6~A8
2	0.9	0.95
3	0.85	0.90
4	0.8	0.85

注: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。

1.3.3 吊车荷载的动力系数

当计算吊车梁及其连接的强度时,吊车竖向荷载应乘以动力系数。对悬挂吊车(包括电动葫芦)及工作级别为A1~A5的软钩吊车,动力系数可取1.05;对工作级别为A6~A8的软钩吊车、硬钩吊车和其他特种吊车,动力系数可取为1.1。

1.3.4 吊车荷载的组合值、频遇值及准永久值

吊车荷载的组合值、频遇值及准永久值系数可按表1.5中的规定采用。

表 1.5 多台吊车的组合值系数、频遇值系数、准永久值系数

吊车工作级别		组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
软钩吊车	A1~A3	0.7	0.6	0.5
	A4、A5	0.7	0.7	0.6
	A6、A7	0.7	0.7	0.7
硬钩吊车及工作级别为 A8 的软钩吊车		0.95	0.95	0.95

排架设计时,准永久组合中不考虑吊车荷载。而对于吊车梁,对正常使用极限状态进行计算时,可采用吊车荷载的准永久值。

而《钢结构规范》3.1.4 条规定,按正常使用极限状态设计钢结构时,应考虑荷载效应的标准组合,故在设计钢吊车梁验算挠度时,应采用标准组合。

考虑《钢结构规范》中采用的是“工作制”而不是“工作级别”,因此,有必要理清两者的关系。

依据《起重机设计规范》GB/T 3811—1983,吊车按照利用等级及载荷状态来划分工作级别,如表 1.6~表 1.8 所示(注:该规范目前最新版本为 2008 版,新旧两个版本在起重机工作级别的划分上,本质并没有改变)。

表 1.6 起重机的利用等级

利用等级	U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
总的工作循环次数 N(万次)	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100	200	400	>400
附注	不经常使用				经常轻闲地使用	经常中等地使用	不经常繁忙地使用	繁忙地使用		

表 1.7 起重机的载荷状态

载荷状态	Q ₁ -轻	Q ₂ -中	Q ₃ -重	Q ₄ -特重
名义载荷谱系数 K _p	0.125	0.25	0.5	1.0
说明	很少提升额定载荷,一般起升轻微载荷	有时提升额定载荷,一般起升中等载荷	经常提升额定载荷,一般起升较重载荷	频繁起升额定载荷

表 1.8 起重机工作级别的划分

载荷状态	利用等级									
	U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Q ₁	—	—	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q ₂	—	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	—
Q ₃	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	—	—
Q ₄	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	—	—	—

《钢结构规范》3.2.2 条的注指出,轻级工作制相当于 A1~A3 级;中级工作制相当于 A4、A5 级;重级工作制相当于 A6~A8 级,其中 A8 属于特重级。

1.4 雪 荷 载

《荷载规范》规定,屋面水平投影面上的雪荷载标准值,应按下式计算:

$$s_k = \mu_r s_0 \quad (1.9)$$

式中 μ_r ——屋面积雪分布系数;

s_0 ——基本雪压(kN/m²)。

基本雪压应按《荷载规范》中附表 D.4 给出的 50 年一遇的雪压采用。对雪荷载敏感的结构,基本雪压应适当提高,并应由有关的结构设计规范具体规定。

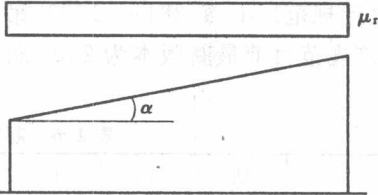
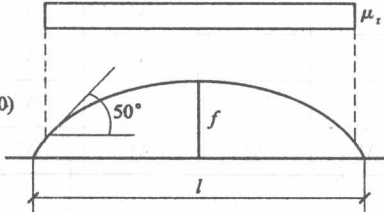
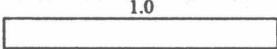
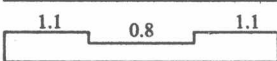
城市或建设地点的基本雪压值在《荷载规范》中没有给出时,基本雪压值可根据当地年最大雪压或雪深资料,按基本雪压定义,通过统计分析来确定。

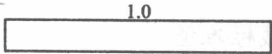
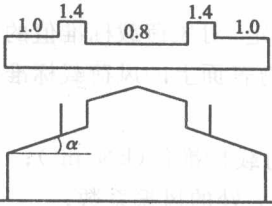
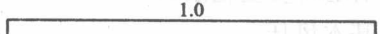
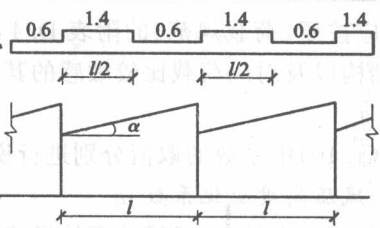
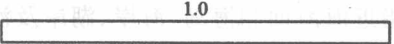
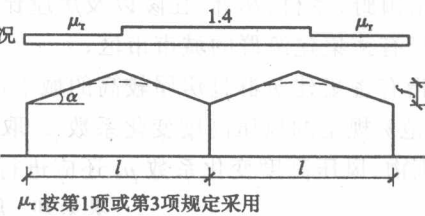
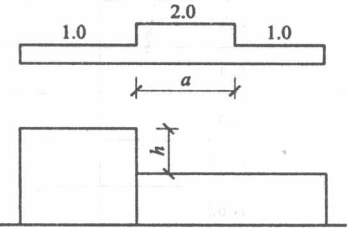
山区的雪荷载应通过实际调查后确定。当无实测资料时,可采用按当地邻近空旷平坦地面的雪荷载值乘以系数 1.2。

雪荷载的组合值系数可取 0.7;频遇值系数可取 0.6;准永久值系数应按雪荷载分区 I、II 和 III 的不同,分别取 0.5、0.2 和 0;雪荷载分区应按《荷载规范》附录 D.4 中的规定采用,或者按《荷载规范》附图 D.5.2 的规定采用。

屋面积雪荷载分布系数应根据不同的屋面形式,按照表 1.9 采用。

表 1.9 雪荷载分布系数 μ_r

项次	类 别	屋面形式及积雪分布系数 μ_r														
1	单跨单坡屋面	 <table><tr><td>α</td><td>$\leq 25^\circ$</td><td>30°</td><td>35°</td><td>40°</td><td>45°</td><td>$\geq 50^\circ$</td></tr><tr><td>μ_r</td><td>1.0</td><td>0.8</td><td>0.6</td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0</td></tr></table>	α	$\leq 25^\circ$	30°	35°	40°	45°	$\geq 50^\circ$	μ_r	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0
α	$\leq 25^\circ$	30°	35°	40°	45°	$\geq 50^\circ$										
μ_r	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0										
2	单跨双坡屋面	均匀分布的情况  不均匀分布的情况 $0.75 \mu_r$   μ_r 按第1项规定采用														
3	拱形屋面	$\mu_r = \frac{1}{8f}$ $(0.4 \leq \mu_r \leq 1.0)$ 														
4	带天窗的屋面	均匀分布的情况  不均匀分布的情况  														

项次	类 别	屋面形式及积雪分布系数 μ_r
5	带天窗、有挡风板的屋面	均匀分布的情况  不均匀分布的情况 
6	多跨单坡屋面 (锯齿形屋面)	均匀分布的情况  不均匀分布的情况 
7	双跨双坡或拱形屋面	均匀分布的情况  不均匀分布的情况 
8	高低屋面	 $a=2h$, 但不小于4m, 不大于8m

- 注: 1. 第2项单跨双坡屋面仅当 $20^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ 时, 可采用不均匀分布情况;
 2. 第4、5项只适用于坡度 $\alpha \leq 25^\circ$ 的一般工业厂房屋面;
 3. 第7项双跨双坡或拱形屋面, 当 $\alpha \leq 25^\circ$ 或 $f/l \leq 0.1$ 时, 只采用均匀分布情况;
 4. 多跨屋面的积雪分布系数, 可参照第7项的规定采用。

设计建筑结构及屋面的承重构件时, 可按下列规定采用积雪的分布情况:

- (1) 屋面板和檩条按积雪不均匀分布的最不利情况采用;
- (2) 屋架和拱壳可分别按积雪全跨均匀分布的情况、全跨不均匀分布的情况和半跨的均匀分布的情况采用;
- (3) 框架和柱可按积雪全跨的均匀分布情况采用。