

# 建筑 钢结构

## 设计

■ 王肇民 主编

同济大学出版社



土

木

工

程

系

列

从

书

土木工程系列丛书

# 建筑钢结构设计

王肇民 主编

同济大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑钢结构设计/王肇民主编. —上海: 同济大学出版社, 2001. 2

(土木工程系列丛书)

ISBN 7-5608-2231-2

I. 建… II. 王… III. 建筑结构: 钢结构-结构设计 IV. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 77809 号

### 建筑钢结构设计

作 者 王肇民 主编

责任编辑 方芳 责任校对 郁 峰 装帧设计 沈 恬

---

出 版 行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 望亭电厂印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 21

字 数 537600

版 次 2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2231-2/TH·383

定 价 28.00 元

---

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

## 前 言

1998年,教育部颁布了新的普通高等学校本科专业目录,将原建筑工程、交通工程等8个专业合并为土木工程专业,其专业范围覆盖房屋建筑、地下建筑、隧道、道路、桥梁、矿井等工程领域。由于土木工程专业覆盖面广,在课程设置上,土木工程专业指导委员会采纳了教育部“面向21世纪土建专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”课程组的建议,将原来的钢结构课程分为原理和设计两大部分,原理部分作为专业基础教学内容,设计部分作为专业教学内容。本教材即为房屋建筑钢结构工程设计部分教学内容。

本教材的编写宗旨是在学生学完“钢结构基本理论”、已建立钢结构基本概念、掌握钢结构基本理论的基础上,能够在钢结构设计专业课的学习中,主动深入地掌握房屋建筑钢结构设计规范的设计原理和方法。因此,本教材的内容依据钢结构设计规范的各种具体规定,讲述房屋建筑工程中经常遇到的平台钢结构、屋盖钢结构、框架钢结构、厂房钢结构和钢结构施工和防腐等结构体系、形式、构造及其分析计算等设计原理,各章节还附有例题、思考题和习题供读者参考。

本教材还介绍了一些在最近新落成的钢结构工程和参考了国内外有关文献资料,增加了不少新的设计内容,使学生能由此掌握更多的信息和知识。本书可作为土木工程专业本科生和函授生的教材,也可作为从事钢结构设计、制作、安装的工程技术人员学习的参考书。

本书由王肇民教授主编,各章编写人员为:第一章王肇民教授,第二章邓洪洲副教授,第三章沈之容讲师,第四章罗烈副教授,第五章何敏娟副教授,第六章马人乐教授。全书由主编修改定稿。在编写过程中,引用了有关单位的资料,谨致谢意。书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2000年10月

# 目 录

|                |         |
|----------------|---------|
| 第一章 绪论         | ( 1 )   |
| 第一节 钢结构的应用范围   | ( 1 )   |
| 第二节 钢结构的优缺点    | ( 2 )   |
| 第三节 钢结构设计要求    | ( 3 )   |
| 第四节 钢结构的发展     | ( 4 )   |
| 思考题            | ( 6 )   |
| 第二章 平台钢结构设计    | ( 7 )   |
| 第一节 平台钢结构布置    | ( 7 )   |
| 第二节 平台铺板设计     | ( 8 )   |
| 第三节 平台梁设计      | ( 11 )  |
| 第四节 平台柱和柱间支撑设计 | ( 41 )  |
| 思考题            | ( 62 )  |
| 习题             | ( 63 )  |
| 第三章 屋盖钢结构设计    | ( 65 )  |
| 第一节 屋盖结构布置     | ( 65 )  |
| 第二节 屋盖支撑体系     | ( 66 )  |
| 第三节 檩条设计       | ( 69 )  |
| 第四节 普通钢屋架设计    | ( 73 )  |
| 第五节 轻型钢屋架设计    | ( 97 )  |
| 第六节 钢管屋架设计     | ( 101 ) |
| 第七节 实腹梁和框架梁屋架  | ( 108 ) |
| 第八节 空间桁架屋盖体系   | ( 110 ) |
| 第九节 金属拱形波纹屋盖结构 | ( 111 ) |
| 思考题            | ( 113 ) |
| 习题             | ( 113 ) |
| 第四章 框架钢结构设计    | ( 117 ) |
| 第一节 框架钢结构体系    | ( 117 ) |
| 第二节 单层实腹框架设计   | ( 128 ) |
| 第三节 格构式框架设计    | ( 134 ) |
| 第四节 悬挂式框架设计    | ( 137 ) |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 第五节 多层多跨框架设计·····          | (139)        |
| 第六节 压弯构件的设计·····           | (161)        |
| 思考题 ·····                  | (172)        |
| 习题 ·····                   | (172)        |
| <b>第五章 单层厂房钢结构设计·····</b>  | <b>(176)</b> |
| 第一节 单层厂房钢结构体系·····         | (176)        |
| 第二节 柱网布置·····              | (178)        |
| 第三节 厂房结构的横向框架·····         | (180)        |
| 第四节 支撑体系·····              | (184)        |
| 第五节 墙架·····                | (188)        |
| 第六节 吊车梁·····               | (189)        |
| 思考题 ·····                  | (208)        |
| 习题 ·····                   | (208)        |
| <b>第六章 钢结构施工及防腐蚀·····</b>  | <b>(210)</b> |
| 第一节 钢结构的制作·····            | (210)        |
| 第二节 钢结构的防腐蚀·····           | (215)        |
| 第三节 钢结构的安装·····            | (216)        |
| 第四节 钢结构的验收·····            | (218)        |
| 思考题 ·····                  | (220)        |
| <b>附录</b>                  |              |
| 附录目录·····                  | (221)        |
| 附录 A 钢结构材料 ·····           | (223)        |
| 附录 B 钢结构连接 ·····           | (227)        |
| 附录 C 板材、型钢、管材规格及截面特性 ····· | (247)        |
| 附录 D 构件的强度和稳定·····         | (301)        |
| 附录 E 构件及结构变形·····          | (317)        |
| 附录 F 厂房结构·····             | (318)        |
| <b>主要参考文献·····</b>         | <b>(327)</b> |

# 第一章 绪 论

## 第一节 钢结构的应用范围

钢结构是各类工程结构中应用比较广泛的一种建筑结构,一些高度或跨度较大的结构,荷载或吊车起重量较大的结构,有较大振动或较高温度的厂房结构,要求能活动或经常装拆的结构,在地震多发区的房屋结构,以及采用其他建筑材料有困难或不经济的结构,则可考虑采用钢结构。

钢结构应用范围大致有:

### (一) 大跨度钢结构

大跨度结构减轻横梁自重会有明显的经济效果,轻质高强的钢结构能达到此目的。属于大跨度结构的有飞机库、汽车库、火车站、会议厅、体育馆、展览馆、影剧院等。其结构体系主要有框架结构、拱式结构、网架结构、悬索结构、悬挂结构、预应力钢结构,等等。

近年来大跨度结构发展很快,首都机场和上海浦东机场都建有大跨度网架机库,遍布各地的体育馆几乎都是各种结构形式的大跨度钢结构。

### (二) 高层建筑钢结构

旅馆、饭店、公寓、办公大楼等多层及高层建筑采用钢结构也越来越多,如北京京伦饭店、上海锦江宾馆、深圳地王大厦等都是著名的高层钢结构建筑。上海浦东 88 层的金茂大厦其高度为 420.5 m,是目前中国最高的钢结构建筑。

不仅高层、超高层建筑采用钢结构,甚至 12~16 层小高层建筑,6~8 层多层建筑,也有采用钢结构或薄壁钢管混凝土结构的趋势。钢结构房屋建筑是发展方向。

### (三) 高耸钢结构

高耸结构包括电视塔、微波塔、通讯塔、输电线路塔、石油化工塔、大气监测塔、火箭发射塔、旅游瞭望塔、钻井塔、排气塔、水塔、烟囱等。大多数高耸结构采用钢结构。336 m 高的黑龙江电视塔是我国目前最高的钢结构多功能电视塔,同一类型 200~300 m 的钢塔还有很多。量大面广的高耸结构是通讯塔和输电塔,随着信息和电力开发,这种 50 m 左右的钢塔将遍布神州大地。

### (四) 板壳钢结构

要求密闭的容器,如大型储油库、煤气库、炉壳等要求能承受很大内力并有温度急剧变化的高炉结构、大直径高压输油管道都是板壳钢结构。还有一些大型水工结构的船闸闸门也是一种板壳结构。

### （五）工业厂房钢结构

重型车间的承重骨架,例如冶金工厂的平炉车间、初轧车间、混铁炉车间,重机厂的铸钢车间、锻压车间,造船厂的船台车间,飞机制造厂的装配车间,以及其他车间的屋架、柱、吊车梁都是钢结构。我国几个著名的钢都——首钢、鞍钢、武钢、包钢以及上海的宝钢都有各种规模的钢结构厂房。

### （六）轻型钢结构

中小型房屋建筑、体育场看台雨篷、小型仓库等多采用轻型钢结构,构件有弯曲薄壁型钢结构、圆钢结构、钢管结构,还有薄钢板做成的折板结构和拱形波纹屋盖结构,这种把屋面结构和屋盖承重结构合二为一的钢结构体系,成为一种新兴新型的轻钢屋盖结构体系。

### （七）桥梁钢结构

桥梁钢结构越来越多,特别是中等跨度和大跨度的斜拉桥,例如,上海两座著名的大桥——南浦大桥、杨浦大桥(主跨 602 m),长江下游的江阴大桥(采用悬索桥,跨长 1 385 m),近年建成的铁路公路两用双层九江大桥,等等。

### （八）移动钢结构

由于钢结构强度高,相对较轻,装配式房屋、水工闸门、升船机、桥式吊车和各种塔式起重机、龙门起重机、缆索起重机等,都是钢结构。

## 第二节 钢结构的优缺点

钢结构在工程中得到广泛的应用和发展,是由于钢结构与其他结构比较有下列特点:

### （一）钢材重量轻而强度高

钢材的容重比混凝土或其他建筑材料要大,但它的强度却高很多。钢材容重与屈服点的比值最小,例如:在相同的荷载条件下,钢屋架重量只有同等跨度钢筋混凝土屋架的  $1/3 \sim 1/4$ ,如果采用薄壁型钢屋架则更轻,只有  $1/10$ 。因此,钢结构比钢筋混凝土结构能承受更大的荷载,跨越更大的跨度。

由于重量相对较轻,便于运输和安装,所以钢结构特别适用于跨度大、高度高、承载大的结构,也更适用于抗地震、可移动、易装拆的结构。

### （二）钢材的塑性和韧性好,安全可靠

钢材质地均匀,各向同性,弹性模量大,有良好的塑性和韧性,为理想的弹性-塑性体。钢材塑性好,因此,钢结构不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏;钢材韧性好,使钢结构较能适应振动荷载,地震区的钢结构比其他材料的工程结构更耐震,钢结构是一般地震中损坏最少的结构。

钢材是理想的弹塑性体,完全符合目前所用的计算方法和基本概念。因此,钢结构计算

准确,安全可靠。

### (三) 钢结构工业化程度高、施工速度快

钢结构由各种型材和钢板组成,采用机械加工,需在专业化的钢结构工厂制造。虽然有较复杂的机械设备和严格的工艺要求,但其制作简便,精确度高,能批量生产。钢结构的工厂制作、工地安装的施工方法,可缩短施工周期,降低造价,提高经济效益。

钢结构的工地拼装常用螺栓连接,不仅施工快速、方便,对已建成的钢结构也易于拆卸、加固或改建。

### (四) 钢结构的密封性好

钢材组织非常密实,采用焊接连接可做到完全密封,一些要求气密性和水密性好的高压容器、大型油库、煤气罐、输送管道等板壳结构,最适宜采用钢结构。

### (五) 钢材耐热性好,但耐火性差

钢材耐热而不耐火,随着温度升高而强度降低。温度在  $250^{\circ}\text{C}$  以内,钢的性质变化很小,温度达到  $300^{\circ}\text{C}$  以后,强度逐渐下降,达到  $450\sim 650^{\circ}\text{C}$  时,强度为零。因此,钢结构的防火性较钢筋混凝土差,一般用于温度不高于  $250^{\circ}\text{C}$  的场所。

当钢结构长期受到  $100^{\circ}\text{C}$  辐射热时,钢材不会有质的变化,当温度到  $150^{\circ}\text{C}$  以上时,需用隔热层加以保护。有特殊防火要求的建筑,钢结构更需要用耐火材料围护,对于钢结构住宅或高层建筑钢结构,应根据建筑物的重要性等级和防火规范加以特别处理。

### (六) 钢材耐腐蚀性差,应采取防护措施

钢材在潮湿的环境中易于锈蚀,处于有腐蚀性介质的环境中更易生锈,因此,钢结构必须进行防锈处理。钢结构的防护可采用油漆、热浸锌或热喷涂铝(锌)复合涂层。但这种防护并非一劳永逸,需相隔一段时间重新维修,因而其维护费用较高。

目前国内外正发展不易锈蚀的耐候钢。实践证明,含磷、铜的稀土钢,其强度、耐蚀性均优于常用的 Q235 钢。此外,长效油漆的研究也取得进展,使用这种防护措施可延长钢结构寿命,节省维护费用。

此外,钢材价格较贵。虽然钢结构优点甚多、用途广泛,但是设计时应尽量节约钢材,降低造价。

## 第三节 钢结构设计要求

钢结构设计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。

钢结构设计时应满足下列基本要求:

- (1) 设计钢结构时,应从工程实际情况出发,合理选用材料、结构方案和构造措施。
- (2) 满足结构在运输、安装和使用过程中的强度、稳定和刚度要求。
- (3) 应优先采用定型的和标准化的结构和构件,减少制作、安装工作量。

- (4) 应符合防火要求,注意结构的抗腐蚀性能。
- (5) 尽可能注意美观,特别是外露结构,有一定建筑美学要求。

钢结构设计应该重视、贯彻和研究节约钢材、降低造价的各种措施,主要有:

- (1) 实行结构尺寸模数化、构件标准化、构造简洁化。
- (2) 采用新结构体系、空间结构或悬挂结构体系。
- (3) 运用新的计算理论和设计方法。
- (4) 采用高强度优质钢材或其他轻金属。
- (5) 采用薄壁型钢、薄钢板结构。
- (6) 采用钢与混凝土组合结构、钢管混凝土结构。

钢结构设计要因地制宜,量材而用,根据工程实际选择合适的结构方案,进行技术经济比较,同时还要总结、创造和推广先进的制造和安装技术。

## 第四节 钢结构的发展

钢结构是一种具有较大优势的建筑结构,近年来随着我国改革开放进程的加快和钢材产量的不断提高,钢结构发展迅速,钢材的开发、计算的改进、新结构体系的应用等方面都有很大进展。

### (一) 高强度钢材的研制开发

我国目前普遍采用的钢材有 Q235(屈服强度为  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ )、Q345 钢(屈服强度为  $f_y = 345 \text{ N/mm}^2$ )、Q390 钢(屈服强度为  $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$ )和 Q420(屈服强度为  $f_y = 420 \text{ N/mm}^2$ )。第一种钢材是普通碳素结构钢,后三种是低合金高强度结构钢。这四种钢材均列入钢结构设计规范。其中 Q420 钢是新增加的钢种。采用高强度钢材可用较少的材料作成高效的结构,对特大跨度结构、超高层建筑和高耸结构极为有利。

对于连接材料,配合高强度钢材的应用,钢结构设计规范也规定了与上述四种钢材相匹配的 E43 型( $f_y = 330 \text{ N/mm}^2$ )、E50 型( $f_y = 410 \text{ N/mm}^2$ )和 E55 型( $f_y = 440 \text{ N/mm}^2$ )焊条。

高强度螺栓应用 35 号钢、45 号钢(屈服强度  $f_y = 660 \text{ N/mm}^2$ )经热处理后制成 8.8 级螺栓,20MnTiB 钢(屈服强度  $f_y = 940 \text{ N/mm}^2$ )制成 10.9 级螺栓。还有尚未列入规范的 6.8 级高强度螺栓也在高耸结构安装中普遍使用。

### (二) 结构和构件计算的研究改进

现代钢结构已广泛应用新的计算技术和测试技术,对结构和构件进行深入计算和测试,为了解结构和构件的实际工作提供了有利条件,先进的计算和测试技术决定了材料的合理使用,从而保证了结构的安全,也增强了经济效益。

新的钢结构规范中,反映了多年以来的研究成果,这些成果也是当前工程设计中经常遇到的问题,例如,钢管结构的杆件和节点承载力、增加了空间圆管节点强度计算公式和矩形管或方管结构设计计算方法,以及一些构造规定。钢与混凝土组合梁,增加了连续组合梁负弯矩部位的计算方法,楼板为压型组合板的组合梁计算和构造特点,以及部分抗剪连接的组

合梁的设计规定。在构造要求中增加了大跨度屋盖结构的设计和构造要求,增加了提高寒冷地区抗脆断能力要求等。这些新规定是改进计算方法的一个重要方面。

### (三) 结构形式的革新和应用

高强度钢材和新结构形式的应用是提高钢结构成效的重要因素,新结构形式有薄壁型钢结构、悬索结构、悬挂结构、网架结构和预应力钢结构等。这些结构均适用于轻型、大跨屋盖结构、高层建筑。对减少用钢量有重要意义。

型钢截面除了传统的角钢、槽钢、工字钢外,H型钢(平行宽翼缘工字钢)也成为近年来常用的一种型钢截面。现在我国马鞍山钢铁股份有限公司等,已能轧制腹板高度为200~700 mm的梁、柱、桩三种类型的优质H型钢。符合国家标准《热轧H型钢和部分T型钢》(GB/T11263—1998)规定的型号系列。填补了我国钢材产品的空白,为我国工业与民用建筑提供了可选材料。上海大通钢结构有限公司等生产的一系列符合上述标准的高频焊接轻型H型钢,其抗压、抗弯性能与轧制的H型钢完全相同,而强度略有提高。

H型钢是一种经济断面钢材,与普通工字钢相比,翼缘要宽,侧向刚度较大,一般绕弱轴的惯性矩要大一倍以上,抗弯、抗压、抗扭、抗震能力强,翼缘内、外表面平行,便于机械加工,便于结构连接和安装,可使钢结构构件用钢量减少6%~17%,我国新的钢结构构件设计规范已列入热轧H型钢。

压型钢板是一种新产品,由厚度0.5~1 mm的薄钢板模压成锯齿型。它具有一定的抗弯能力,作为非承重构件的压型钢板的模板使用,可兼作工作平台而不需脚手架,其经济性和安全性显而易见,还可大大缩短施工周期。保温材料(聚氨脂塑料)与压型钢板组成的合成板,其使用范围更广,作为外墙板、屋面板在轻型厂房中使用得非常广泛,其自重仅10 kg/m<sup>2</sup>。

压型钢板上面浇灌混凝土后,可用做楼盖层,压型钢板既是楼板的抗拉筋,又替代了模板,而且可以作为无耐火被覆的耐火构件。压型钢板与混凝土组成的合成板,是一种施工性好、经济性好的楼板形式,目前已成为钢结构建筑楼面的主流。

90年代金属拱形波纹屋盖结构在我国兴起,它是采用0.6~1.5 mm厚的彩色钢板轧制出U形或梯形波纹直槽板,然后再轧制出拱形槽板连成一片形成屋盖结构。这种预涂层钢板通常为热镀锌钢板,强度在210~550 MPa之间,极限使用寿命40~50年,最大跨度可达40 m,钢板厚1.5 mm,用钢指标仅22 kg/m<sup>2</sup>。它的优点是用钢省,施工速度快,跨越能力大,防水防腐好,造型美观,可作为厂房、仓库、加油站、体育场、展览厅等屋盖结构,是我国目前发展比较快的一种屋盖结构。

### (四) 钢和混凝土组合构件的应用

钢和混凝土组合构件是一种各取所长的结合,钢的强度高,宜受拉,混凝土则宜受压,两种材料结合,都能充分发挥各自优势,是一种合理的结构。

楼板采用混凝土翼板与钢梁通过抗剪连接件组成一体的组合结构,其组合梁的混凝土板受压,钢梁受拉,各得其所,是非常经济的结构形式。

采用压型钢板作混凝土翼缘板底模的组合梁,也有同样的经济效益。高层建筑和多层住宅已广泛采用钢与混凝土组合梁,组合结构计算与构造已列入新修编的钢结构规范中。

另一种钢与混凝土组合结构是钢管混凝土结构,这种结构是采用薄壁钢管(圆管或方管)内灌素混凝土。在压力作用下,钢管和混凝土之间产生相互作用的紧箍力,使混凝土处于三向受压的应力状态下工作,大大提高了混凝土抗压强度,改善了塑性,提高了抗震性能,而薄钢管在混凝土挤压下不易屈曲,提高了钢管局部稳定性,使钢材强度得到充分发挥。据试验研究,钢管混凝土强度比单钢管或同样截面混凝土强度提高了好几倍。钢管混凝土柱特别适用于轴心受压构件,在高层建筑、工业厂房及多层住宅已有很多应用,并有推荐性标准《钢管混凝土结构设计与施工规程》(CECS 28:90)问世。钢管混凝土是一种具有承载力高、塑性、韧性好、节省材料、方便施工、较好经济效益等特点的新型组合结构,很有发展前景。

### 思考题

- 【1-1】 哪一些工程结构采用钢结构是比较经济、合理的?
- 【1-2】 钢结构有哪些优点和缺点? 设计中如何克服或扬长避短?
- 【1-3】 为什么说钢结构设计要考虑钢结构的施工条件?
- 【1-4】 随着科学技术的进步和发展,我国近年来出现了哪些新的钢结构形式?
- 【1-5】 钢和混凝土组合结构是一种经济效益较好的合理结构,为什么?

## 第二章 平台钢结构设计

### 第一节 平台钢结构布置

#### 一、平台钢结构组成

平台钢结构主要由常用的梁、柱等钢构件以及铺板(楼板)等组成(图 2-1),一般用于工业生产,如石油、化工设备支承平台,常见的走道平台、检修平台、操作平台等。立体车库和民用建筑中的楼层也是平台结构。

平台布置应满足使用功能和生产工艺要求。由于平台钢结构水平荷载(主要为风荷载)比较小,作用在平台结构上的主要荷载是竖向荷载。平台竖向荷载一般通过铺板、次梁、主梁、柱网传给基础。为了减少平台用钢量以及降低基础造价,通常将平台结构梁、柱连接节点以及柱脚设计成铰接,这样平台柱也为轴心受压柱。为了便于安装施工,一般情况下将平台结构构件设计成单体构件,如次梁、主梁、柱等,铺板可设计成局部整体构件。为了保证平台结构的整体稳定,通过布置柱间支撑,并与柱、梁及铺板一起组成稳定的结构体系。

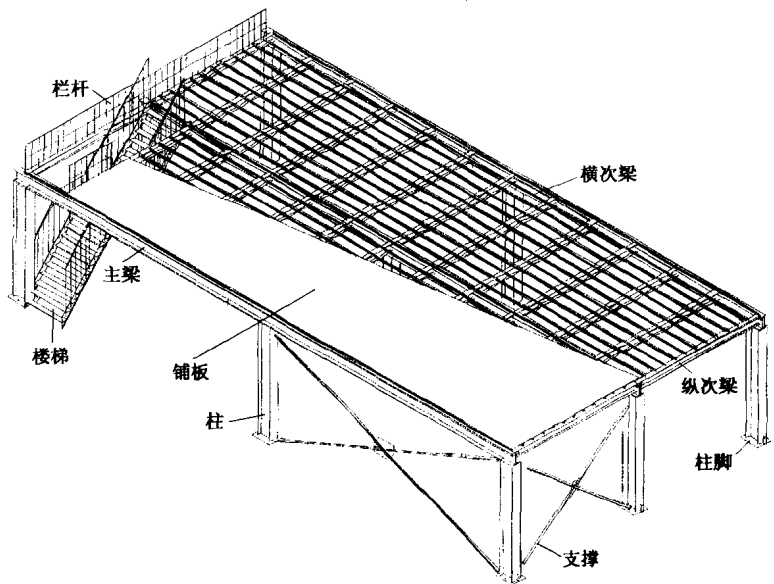


图 2-1 平台结构布置

#### 二、梁格布置形式

梁格是由许多次梁和主梁纵横排列而成的平面体系,用于直接承受平台上的荷载。根据梁的排列方式,梁格可分成下列三种典型的形式:

1. 简式梁格(图 2-2a) 只有主梁,适用于梁跨度较小的情况;
2. 普通式梁格(图 2-2b)有次梁和主梁,次梁支承于主梁上;
3. 复式梁格(图 2-2c) 除主梁和纵向次梁外,还有支承于纵向次梁上的横向次梁。

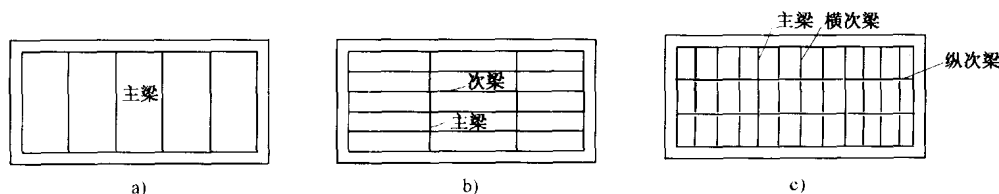


图 2-2 梁格布置

简式梁格多采用型钢梁,适用于梁跨度较小的情况,这种布置耗钢量较大。普通式梁格和复式梁格布置,由于在主梁之间还设置次梁,使得铺板的支承长度能控制在合理的范围内,适用于梁跨度较大的情况。这两种梁格布置中的次梁常做成连续梁,并搁在主梁之上,构成次梁与主梁的叠接连接。有时由于平台结构高度的限制,也可做成次梁上翼缘与主梁齐平,即构成次梁与主梁的平接连接。采用哪种梁格形式,主要从经济上进行比较,即铺板和梁的用钢量之和最小。一般来说,后两种梁格形式耗钢量比较经济。

平台结构由柱和柱间支撑支承,也可由承重墙支承。当平台面积较大时,以柱和主梁代替承重内墙,可以形成只有少量柱的较大空间,主梁有时也可做成连续梁。

当主梁与柱铰接时,必须布置纵向和横向柱间支撑,以承受水平荷载和保持整体稳定。平台结构的梁格布置和选材,要经过技术经济比较,以满足安全适用、节约钢材、便于施工的要求,并有较好的经济效益。

## 第二节 平台铺板设计

### 一、平台铺板构造

平台铺板按工艺要求可分为固定的和可拆卸的。按构造要求可分为轻型钢铺板(图 2-3)、混凝土预制板(图 2-4)、压型钢板与钢筋混凝土组合楼板(图 2-5)。

平台结构常用的铺板是轻型钢铺板,通常有花纹钢板(图 2-3a、图 2-3b)、带肋钢板(图 2-3c)和冲泡钢板(图 2-3d)等。轻型钢铺板应置于梁上并与梁牢固连接以增加平台的整体稳定性。预制钢筋混凝土楼板(图 2-4)使用比较方便,梁的间距可较大,这种铺板宜与梁刚性连接,以增强平台结构的整体稳定。在压型钢板上浇注混凝土的组合楼板一般有三种构造形式(图 2-5): ① 压型钢板作为结构体,铺板上所作用的外力全部由压型钢板承担; ② 压型钢板和混凝土作为组合板,两者共同承受外力; ③ 压型钢板作为混凝土的模板,为钢筋混凝土的模板结构,压型钢板仅承受混凝土浇注时的外力。组合楼板适用于平台上荷载比较大的情况。

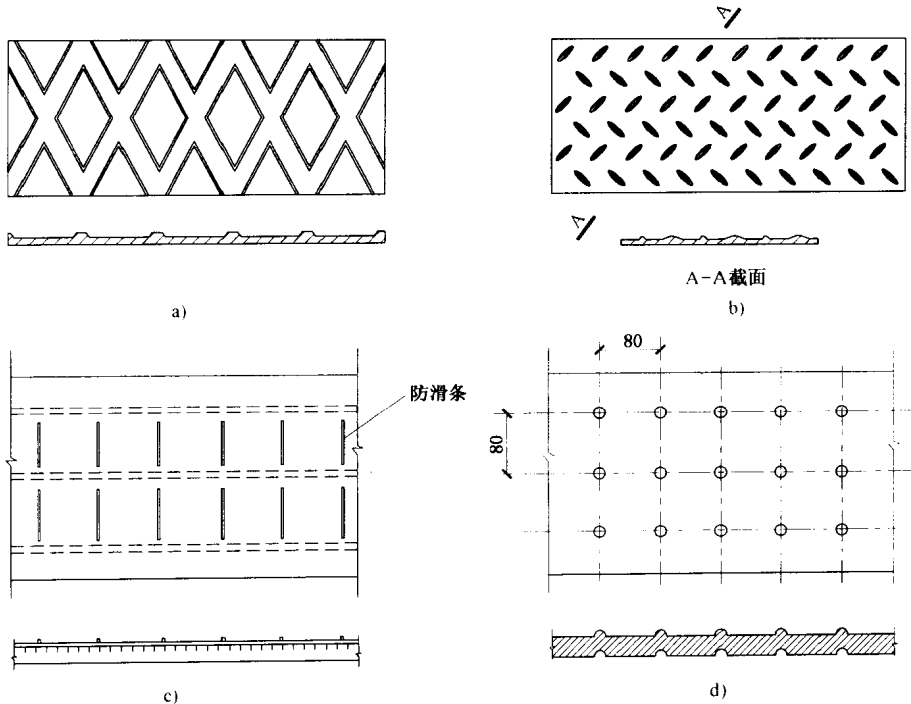


图 2-3 轻型钢铺板构造

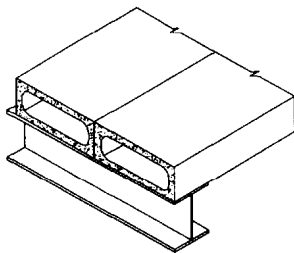


图 2-4 钢筋混凝土预制板

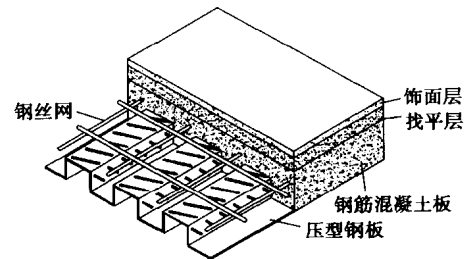


图 2-5 压型钢板与钢筋混凝土的组合楼板

## 二、平台铺板计算

轻型钢铺板可分为有肋铺板和无肋铺板,但铺板加劲肋的间距大于两倍铺板跨距或仅按构造设置加劲肋时,可按无肋铺板计算。

### 1. 无肋铺板计算

铺板可按仅承受弯矩的单向受弯板计算,其弯矩  $M$ 、应力  $\sigma$  和挠度  $w$ ,分别由下式计算:

$$M = \frac{1}{8}ql^2 \quad (2-1)$$

$$\sigma = \frac{6M}{t^2} \leq f \quad (2-2)$$

$$w = \frac{q' l^4}{6.4 E t^3} \leq [w] \quad (2-3)$$

式中  $q$ ——单位宽度板条上(包括自重)的荷载设计值;  
 $l, t$ ——铺板跨度、厚度;  
 $f$ ——铺板材料强度设计值;  
 $q'$ ——单位宽度板条上(包括自重)的荷载标准值;  
 $E$ ——铺板材料弹性模量;  
 $[w]$ ——容许挠度。

## 2. 有肋铺板计算

有肋铺板按周边简支板计算,均布荷载作用下的周边简支板的最大弯矩和挠度按表 2-1 计算。由表 2-1 算出铺板最大弯矩  $M_{\max}$ ,铺板的强度按公式(2-2)计算。

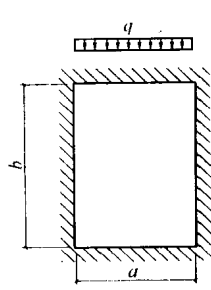
当铺板按周边简支板计算时,均布荷载下的加劲肋可按折算荷载下的简支梁计算,其折算荷载  $q_1$  为

$$q_1 = q l_1 \quad (2-4)$$

式中  $q$ ——铺板荷载(包括自重);  
 $l_1$ ——加劲肋间距。

加劲肋计算时,考虑有铺板  $30t$  宽度参与共同工作,  $t$  为铺板厚度。加劲肋和铺板的最大挠度不宜大于其跨度的  $\frac{1}{150}$ 。

表 2-1 四边简支无肋铺板的弯矩  $M_{\max}$  和挠度  $w_{\max}$  计算系数值

| $\frac{b}{a}$ | $M_{\max} = \alpha q a^2$ | $w_{\max} = \beta \frac{q' a^4}{E t^3}$ | 简 图                                                                                  |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|               | $\alpha$                  | $\beta$                                 |                                                                                      |
| 1.0           | 0.0479                    | 0.0433                                  |  |
| 1.1           | 0.0553                    | 0.0530                                  |                                                                                      |
| 1.2           | 0.0626                    | 0.0616                                  |                                                                                      |
| 1.3           | 0.0693                    | 0.0697                                  |                                                                                      |
| 1.4           | 0.0753                    | 0.0770                                  |                                                                                      |
| 1.5           | 0.0812                    | 0.0843                                  |                                                                                      |
| 1.6           | 0.0862                    | 0.0906                                  |                                                                                      |
| 1.7           | 0.0908                    | 0.0964                                  |                                                                                      |
| 1.8           | 0.0948                    | 0.1017                                  |                                                                                      |
| 1.9           | 0.0985                    | 0.1064                                  |                                                                                      |
| 2.0           | 0.1017                    | 0.1106                                  |                                                                                      |
| >2.0          | 0.1250                    | 0.1422                                  |                                                                                      |

注:  $q$  为荷载设计值;  $q'$  为荷载标准值。

### 第三节 平台梁设计

#### 一、型钢梁设计

在平台结构中,次梁一般都采用型钢梁。型钢梁的截面形式多用工字钢或槽钢。工字型钢梁双轴对称,使用最广泛;槽钢梁在弯矩作用平面外不对称,常常产生扭转,多用于平台的边梁。为了防止扭转,可用现浇钢筋混凝土楼板,或在横梁之间采用刚性连接来保证梁的侧向稳定。型钢梁只需简单加工,放在支座上就可使用。

型钢梁的截面选择比较简单,由梁的荷载和支承情况根据内力计算得到梁的最大弯矩  $M_{\max}$ ,根据选用的型钢材料确定其抗弯强度设计值  $f$ ,由此求得所需要的梁净截面抵抗矩  $W_{nx}$ 。然后在型钢规格表中选择型钢的型号。最后对所选定的型钢梁截面进行强度、刚度和整体稳定验算。

次梁支承在墙上、托架上或主梁上,根据其构造措施可分为简支梁和连续梁。如果考虑固端计算,就需要采取特别构造措施,并保证其刚性连接。

简支梁在均布荷载作用下的弯矩计算比较简单,当梁上作用有间距相同的  $n-1$  个集中荷载  $F$  时(图 2-6)的最大弯矩  $M_{\max}$  计算公式为

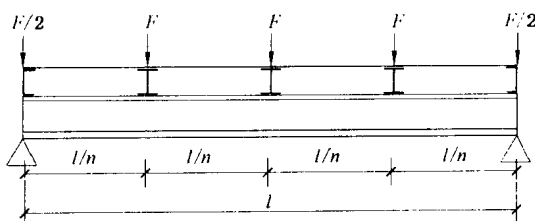


图 2-6 简支梁的间接荷载

$$M_{\max} = K_M F l \quad (2-5)$$

式中  $K_M$ ——最大弯矩计算系数,按表 2-2 采用;

$F$ ——集中荷载设计值;

$l$ ——梁的跨度。

表 2-2

单跨简支梁的计算系数

| 多跨连续梁跨数 $n$ | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_M$       | 0.25 | 0.33 | 0.50 | 0.60 | 0.75 | 0.86 | 0.98 | 1.11 |
| $K_w$       | 1/48 | 1/28 | 1/20 | 1/16 | 1/13 | 1/11 | 1/10 | 1/9  |

需要的净截面抵抗矩  $W_{nx}$  为

$$W_{nx} = \frac{M_{\max}}{\gamma_x f} \quad (2-6)$$

式中  $M_{\max}$ ——梁的最大弯矩;

$\gamma_x$ ——梁的塑性发展系数;

$f$ ——梁的抗弯强度设计值。

梁的变形需要得到控制,梁的挠度要满足受弯构件容许挠度要求,梁的刚度验算公式为