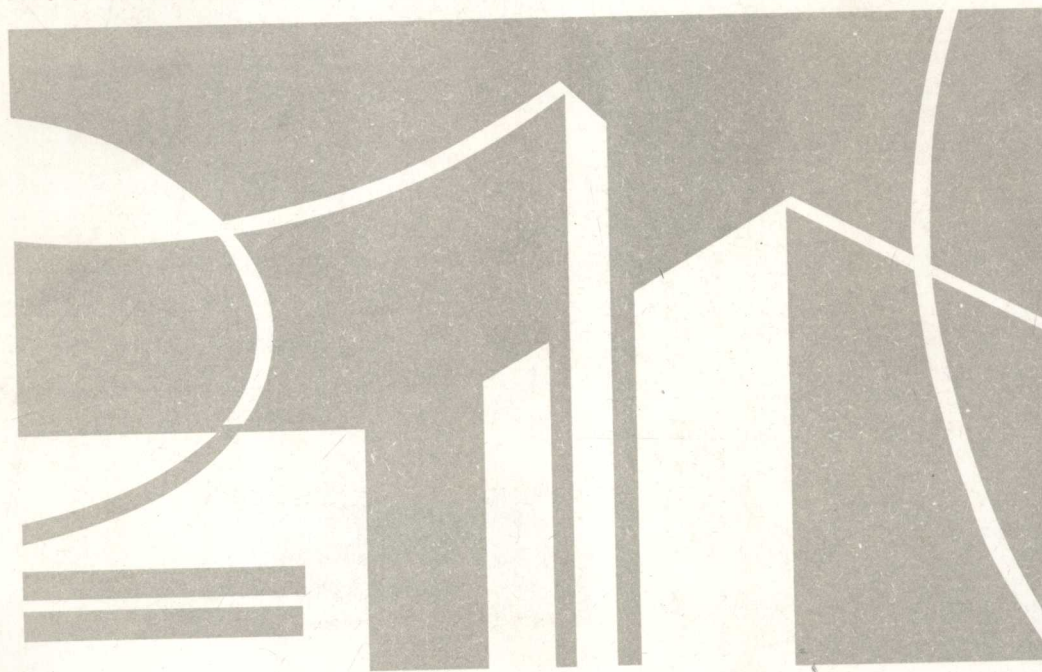


中等专业学校建筑机电与设备安装专业系列教材

金属结构

(第二版)

山西省建筑工程学校 张锡璋 主编
山西省建筑工程学校 张锡璋
山西省建筑工程学校 高文安 编
山西省建筑工程学校 刘桂征



中国建筑工业出版社



中等专业学校建筑机电与设备安装专业系列教材

金 属 结 构

(第二版)

山西省建筑工程学校 张锡璋 主编

张锡璋

山西省建筑工程学校 高文安 编

刘桂征

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国建筑工程工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目(CIP)数据

金属结构/张锡璋主编. —北京:中国建筑工业出版社,1999

中等专业学校建筑机电与设备安装专业系列教材

ISBN 7-112-03653-4

I. 金… II. 张… III. 金属结构-专业学校-教材 IV. TU39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 29759 号

本书是根据建设部 1997 年 9 月 1 日颁布的中等专业学校《工业设备安装专业和机械化施工专业的《教育标准》、《培养方案》和《金属结构教学大纲》(试行)编写的。它包括建筑钢结构、起重臂架和桅杆及压力容器三篇内容。第一篇的建筑钢结构包括金属结构材料、建筑钢结构设计方法及荷载、金属结构连接、梁、轴心受力构件、拉弯压弯构件、钢屋架结构等 7 章组成;第二篇的起重臂架和桅杆由起重臂架、起重桅杆两章组成;第三篇的压力容器包括薄壁容器、厚壁容器、球形储罐的制作与安装三章内容。各章后附有设计或安装实例及思考题与习题。

本书可作为工业设备安装专业和机械化施工专业的教学用书,同时也可供从事工业设备安装工程技术人员及机械化施工工程技术人员参考。

中等专业学校建筑机电与设备安装专业系列教材

金 属 结 构

(第二版)

山西省建筑工程学校 张锡璋 主编

张锡璋

山西省建筑工程学校 高文安 编

刘桂征

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市黄坎印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 24¼ 字数: 586 千字

1999 年 6 月第二版 1999 年 6 月第二次印刷

印数: 2101—4600 册 定价: 24.70 元

ISBN 7-112-03653-4

G·307(8936)

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)

第二版说明

此次修订是根据建设部 1997 年 9 月 1 日颁布的中等专业学校工业设备安装专业和机械化施工专业的《教育标准》、《培养方案》和《金属结构教学大纲》进行编写的。

这次修订的重大改变有:

一、将建筑钢结构、起重臂架和桅杆和压力容器各自独立成篇。这是因为我们的培养对象主要是搞施工管理的。对设计者而言,分工明确,懂其一即可,而对施工现场基层管理者会遇到上述三个方面的情况,要解决上述三个方面的问题,因此必须介绍三个系统的内容。这三个系统虽有共性,但又各自具有独立性,如:载荷计算不同、设计方法不同、设计强度或许用应力确定方法不同、材料也各有侧重等,因此分开使各自成系统,既符合科学的内在规律,又使学者不易混淆,还会使应用方便。但因时间关系和先进性的要求,对建筑钢结构中的连接、梁和柱的强度、刚度和稳定性以建筑钢结构新规范(GBJ17—88、GBJ9—87 等)为主并详细介绍;在起重臂架和桅杆篇中,则以《起重机设计规范》(GB3811—83)为基础。而压弯构件的整体稳定性采用简捷的近似公式进行验算,既不失工程精度,又降低了难度、节约时间。而在压力容器篇中,设计按《钢制压力容器》(GB150—95)规范进行,同时还增加了有关安装的内容,即设计和安装并举,但更着眼于安装。

二、桅杆独立成章。桅杆是工业设备安装专业应用较多的起重机具之一。将其独立成章使之更系统且应用更方便。

三、兼顾机械化施工专业的需要。机械化施工专业主要是前八章的内容。

四、突出专业特色,树立为专业服务的宗旨。除了章节设置上反映专业特色之外,还在各章之后加设大型例题,为学者和工程技术人员参考。这部分内容课堂教学时可不讲,可在大作业或设计之初,指导学生自学。

五、随着网架结构应用广泛,在钢屋架结构章中,增加了网架结构。这里介绍网架,着眼点不是为了设计(离设计之需尚远),也不是介绍施工技术,而重点为施工提供基本知识。

六、在薄壁容器章中,根据安装施工现场的需要,增加了外压容器和压力试验及致密性试验的内容。

参加这次修订的有张锡璋高级讲师(绪论、第七章的第 3 节、第九章、第十章、第十一章和第十二章)、高文安高级讲师(第二章、第五章、第六章和第八章)和刘桂征讲师(第一章、第三章、第四章、第七章的第 1、2 节和第八章的附例 8-2)。全书仍由张锡璋任主编。

限于水平,不妥和错误之处在所难免,希望批评指正。

编 者

第一版前言

本书是根据建设部教育司 1988 年 3 月颁布的普通中等专业学校工业设备安装工程专业《毕业生业务规格》、《教学计划》和 1989 年 12 月颁布的该专业《金属结构教学大纲》编写的。

全书包括工业与民用房屋和一般构筑物、起重机臂架和压力容器三大部分内容。在编写过程中坚持了理论联系实际,贯彻少而精原则,总结了编者多年在施工中和教学实践方面的经验,着重突出实用性。该书可作为工业设备安装工程专业教材,也可供从事工业设备安装工程技术人员参考。

参加本书编写的有张锡璋同志(绪论、第九章、第十章和第十一章)、高文安同志(第二章、第五章、第六章和第八章)和刘桂征同志(第四章、第三章、第四章和第七章),刘居田同志协助绘图,全书由张锡璋同志任主编。

本书经广西区建筑总公司副总工程师陆景麟高级工程师和广西建筑工程学校李棣芳和李露同志评审,最后由陆景麟高级工程师担任主审。他们对本书提出许多宝贵意见,在此对他们表示衷心的感谢。

限于我们的水平,书中难免有不妥和错误之处,希望读者批评指正。

主 要 符 号

一、作用和作用效用

- F ——集中荷载;
- q ——均布荷载;
- N ——轴力;
- M ——弯矩;
- V ——剪力, 容积;
- R ——支座反力, 半径;
- T ——温度;
- M_t ——扭矩;
- P ——高强螺栓预拉力, 集中力;
- p ——设计压力;
- p_w ——工作压力;
- p_t ——试验压力;
- Q ——负荷;
- p_{cr} ——临界压力;
- ω ——风压。

二、计算指标和承载力

- E ——弹性模量;
- G ——剪切模量;
- μ ——泊松比;
- δ ——延伸率;
- α_k ——冲击韧性;
- λ ——长细比(λ_0 ——换算长细比);
- ω_f ——挠度;
- f_u, σ_b ——钢材抗拉强度;
- f_y, σ_s ——钢材屈服极限;
- f_p, σ_p ——钢材比例极限;
- f_y^c ——钢材抗剪屈服点;
- f ——钢材抗拉、压和弯强度设计值;
- f_v ——钢材抗剪强度设计值;
- f_{ce} ——钢材端承压强度设计值;
- f_c^w ——对接缝抗压强度设计值;

f_t^w ——对接缝抗拉、抗弯强度设计值;

f_v^w ——对接缝抗剪强度设计值;

f_f^w ——角接缝拉、压和剪强度设计值;

f_t^b ——螺栓抗拉强度设计值;

f_c^b ——螺栓抗压强度设计值;

f_v^b ——螺栓抗剪强度设计值;

N_v^b ——一个螺栓抗剪承载力设计值;

N_t^b ——一个螺栓抗拉承载力设计值;

N_c^b ——一个螺栓抗压承载力设计值;

N_{cr} ——临界轴力;

N_v ——一个螺栓承受的剪力;

N_t ——一个螺栓承受的拉力;

σ ——正应力;

σ_{cr} ——临界正应力;

σ_0 ——平均正应力;

σ_{eq} ——折算应力;

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ——主应力;

σ_c ——局部压应力;

σ_f ——焊缝正应力;

σ_t ——拉应力;

σ_p ——压应力;

σ_w ——弯曲应力;

$[\sigma]$ ——许用正应力;

$[\sigma]_h$ ——焊缝许用正应力;

τ ——剪应力;

τ_f ——焊缝剪应力;

$[\tau]$ ——许用剪应力;

$[\tau]_h$ ——焊缝许用剪应力;

M_p ——塑性铰极限弯矩;

M_y ——屈服弯矩;

N_u ——压溃荷载(极限荷载);

N_E ——欧拉临界力。

三、几何参数

A ——面积;

A_1 ——单肢面积;

A_n ——净截面面积;

A_{ce} ——承压面面积;
 A_{req} ——需要的面积;
 I ——惯性矩;
 I_n ——净惯性矩;
 I_t ——抗扭惯性矩;
 W ——截面抗弯抵抗矩;
 W_n ——净截面抗弯抵抗矩;
 W_p ——截面塑性铰抵抗矩;
 W_t ——抗扭抵抗矩;
 S ——面积矩;
 i ——回转半径;
 h_f ——焊角尺寸;
 h_e ——角焊缝有效厚度;
 A_e ——角焊缝有效截面积;
 l_w ——焊缝有效长度;
 b ——宽度;
 t ——厚度;时间;
 t_w ——腹板厚度;
 h_0 ——腹板高度;
 d ——螺栓直径;直径;
 d_0 ——螺孔直径;
 n_v ——螺栓受剪面数;
 d_e ——螺纹处有效直径;
 L ——长度;
 l ——几何长度;
 l_0 ——计算长度;跨度;
 h ——截面全高度;
 D ——直径;
 r ——半径;
 H ——高度;柱全高;
 Q ——角度;
 a ——间距;
 A_f ——腹杆截面积。

四、计算系数

φ ——轴心受压稳定系数;
 φ_b, φ'_b ——梁整体稳定系数;
 Z ——螺栓个数;

- n ——安全系数;应力循环数;
- m ——稳定安全系数;
- n_f ——高强螺栓传力摩擦面数;
- u ——摩擦系数;
- α ——线胀系数,角度;
- γ_x, γ_y ——塑性发展系数;
- μ_0 ——计算长度系数;
- μ_z ——折算长度系数;
- Φ ——焊缝强度系数;
- ρ ——密度;
- γ ——比重;
- φ_2 ——动荷系数;
- K_h ——高度变化系数;
- γ_R ——折减系数。

目 录

绪论	1
思考题与习题	5
第一篇 建筑钢结构	
第一章 金属结构的材料	6
第一节 钢材的主要性能及影响因素	6
第二节 钢材的种类、规格及选择	15
思考题与习题	17
第二章 建筑钢结构设计方法及荷载	18
第一节 建筑钢结构的设计方法	18
第二节 建筑结构荷载	20
思考题与习题	30
第三章 金属结构的连接	31
第一节 连接的种类和特点	31
第二节 焊接连接	32
第三节 普通螺栓连接	49
第四节 高强度螺栓连接	57
思考题与习题	60
第四章 梁	62
第一节 梁的类型和应用	62
第二节 梁的强度、刚度和稳定性	62
第三节 梁的截面设计	76
第四节 梁的支撑形式	85
思考题与习题	86
第五章 轴心受力构件	87
第一节 轴心受力构件的截面形式	87
第二节 轴心受力构件的强度和刚度	87
第三节 实腹式轴心受压构件的整体稳定	88
第四节 实腹式轴心受压构件的局部稳定	92
第五节 实腹式轴心受压构件的截面设计	93
第六节 格构式轴心受压构件的设计	98
第七节 变截面轴心受压构件	107
思考题与习题	109
第六章 拉弯、压弯构件	110

第一节	拉弯、压弯构件的强度和刚度	110
第二节	实腹式压弯构件的整体稳定	113
第三节	实腹式压弯构件的局部稳定	116
第四节	实腹式压弯构件的截面设计	118
第五节	格构式压弯构件的整体稳定	122
第六节	柱头、梁柱连接和柱脚	128
	思考题与习题	138
第七章	钢屋架结构	140
第一节	桁架	140
第二节	钢屋架	158
第三节	网架结构	164
	思考题与习题	178

第二篇 起重臂架与桅杆

第八章	起重臂架	190
第一节	起重臂架的形式	190
第二节	起重臂架的荷载及其组合	191
第三节	平面臂架	192
第四节	空间臂架	195
第五节	臂架的构造要求	199
附	设计计算实例	200
附例 8-1	塔式起重机格构式臂架设计	200
附例 8-2	小车变幅水平臂架设计	211
	思考题与习题	231
第九章	起重桅杆	232
第一节	桅杆类型	232
第二节	桅杆的设计计算	236
第三节	桅杆附件设计计算	239
附	设计计算实例	249
附例 9-1	W50×40 单桅杆设计	249
	思考题与习题	266

第三篇 压力容器

第十章	薄壁容器	270
第一节	薄膜理论	270
第二节	内压圆筒形薄壁容器的设计	273
第三节	储罐类容器的组对工艺	291
第四节	储罐类容器焊接变形的控制	294
第五节	外压容器	297
第六节	容器的压力试验及致密性试验	303

附 设计计算实例	306
附例 10-1 卧式圆筒液氨储罐设计	306
附例 10-2 圆筒捆綁处稳定性验算	308
思考题与习题	311
第十一章 厚壁圆筒	313
第一节 厚壁圆筒的应力计算	313
第二节 厚壁容器的设计	317
第三节 组合筒	319
第四节 过盈配合的装配方法	322
思考题与习题	326
第十二章 球形储罐的制作与安装	328
第一节 球罐的构造	328
第二节 球罐的制造	330
第三节 球罐安装	344
第四节 球罐试验	348
思考题与习题	350
附录一 型钢规格	352
附录二 螺栓规格	370
附录三 轴心受压构件的稳定系数	371
参考文献	374

绪 论

由金属材料轧制的型材和板材作基本构件,采用焊接、铆接或螺栓连接等方法,按照一定的结构组成规则连接起来,能承受荷载的结构物叫做金属结构。所用的金属材料目前主要是钢材,例如:钢屋架、钢桥和桥式起重机桥架、臂架、桅杆和容器等。在冶炼技术不发达时期有铸铜和铸铁,例如:寺庙中的铁塔、金属佛像及铁链桥等。随着工业发展的需要,铝和铜的工业结构也不断涌现,例如:铝或铜制的槽罐类容器等。只用钢材制作的结构又称钢结构。本书以介绍钢结构为主,但其解决问题的方法具有普遍性。

一、金属结构在我国发展的概况

在金属结构的应用和发展方面,我们的祖先具有光辉的历史。据历史记载,早在公元一世纪 50~60 年代,为了同西方国家通商和进行文化与宗教上往来,在通向西方的交通要道上,为跨越激流深谷,成功地建造了一些铁链桥。世界上建造得最早的一座铁链桥是我国的兰津桥。它建于公元 58~75 年,比欧洲最早的铁链桥要早 70 多年。云南的源江桥(建于 400 多年以前)、贵州的盘江桥(建于 300 多年前)以及四川的大渡河桥等,无论在建设规模上还是在建造技术上,在当时都处于世界领先地位。另外,在全国各地还建造了不少铁塔,如荆州的玉泉寺铁塔、济宁铁塔寺铁塔以及镇江甘露寺铁塔等,一直保持到现在。

但是,在封建主义的长期压迫和剥削下,生产力停滞不前,因此在漫长的历史过程中,我国金属结构的发展受到了限制。到 18 世纪欧洲工业革命兴起以后,由于钢铁冶炼技术的发展,钢结构在欧美的应用增长很快,不断出现了采用钢结构的工业和民用建筑物,不但在数量上日渐增多,而且应用范围也不断地扩大。此时,我们中华民族却一直处在封建主义压迫之下,尤其是 1840 年鸦片战争以后,我国沦为半封建和半殖民地,倍受帝国主义、封建主义和官僚资本主义的压迫和剥削。从那时起,在我们的国土上虽然相继出现了一些钢结构,但这并不是我国工业生产发展的标志,而是帝国主义侵略、剥削和掠夺我国的历史见证。

解放后,生产力得到解放,各项建设事业都有了飞跃的发展,金属结构的发展也十分迅速。

第一个五年计划期间,我国很快地出现了自己的冶金工业、重型机器制造工业、汽车制造工业、动力设备制造工业以及一些轻化工业等。在社会主义建设事业中,金属结构的采用起了很大作用,只在短短的五、六年内我国就建造了大批钢结构厂房和矿场,其中主要的有:恢复和扩建的鞍山钢铁公司、武汉钢铁公司和大连造船厂等,新建的太原重型机器制造厂、富拉尔基重型机器制造厂、长春第一汽车制造厂、洛阳拖拉机厂、哈尔滨和四川的三大动力厂以及一些飞机制造厂等。这一时期是我国金属结构迅速发展的时期。

但是,在一个独立自主国家中钢结构的发展还取决于钢产量。解放后,我国的冶金工业虽然有了很大的发展,但钢产量还不高,远不能满足大规模建设的需要。因此在 60~70 年代,钢结构在我国的采用受到了限制,只有在十分必需采用钢结构的重要建筑物中才能得到应用。例如:1959 年在北京建成的人民大会堂,采用了跨度 60.9m、高 7m 的钢屋架和分别

挑出 15.5m 和 16.4m 的看台钢梁。1961 年建成的北京工人体育馆采用了直径为 94m 的车辐式悬索屋盖结构。1967 年建成的首都体育馆,屋盖采用了平板网架结构,跨度达 99m。1965 年在广州建成了第一座高达 200m 的电视塔。1973 年建成的上海体育馆,屋盖采用了圆形平板网架结构,直径达 110m。1968 年建成的南京长江大桥和 1978 年建成的武汉钢铁公司 1.7m 轧钢厂房也都采用了钢结构。

发达国家,例如美国和日本,在 80 年代修建的工业建筑物中,采用钢结构的占 70% 左右;前苏联过去对钢结构的采用限制较严,70 年代后也逐渐放宽限制。这是因为,一方面由于钢结构具有质轻高强、性能好及施工方便迅速等优点;另一方面是由于近年来工业对厂房结构提出了更高的灵活性、适应性的要求,例如企业的生产技术更新周期大大缩短(如个别电子工业企业等已缩短到 4~5 年),要求建造跨度大和柱距大的结构越来越多,并且厂房结构应易于拆建,拆建灵活,从而迅速地促进钢结构的大量应用。

随着我国四化建设的迅速发展,我国的钢产量也迅速增长,目前已超亿吨。采用钢结构施工,工期短,可提前竣工投产。因此钢结构在我国的应用已日渐广泛,它将在我国现代化建设事业中发挥应有的作用,并将在应用过程中进入新的更高的发展阶段。

二、金属结构的特点和应用

金属结构与其它结构相比,有如下特点:

- (1) 金属结构自重轻。由于金属材料强度高,机械性能稳定,使得结构构件截面小,自重轻,运输和架设也较方便。
- (2) 金属结构计算准确,安全可靠。金属材料更接近于均质等向体,强度高,弹性模量大,质地优良,结构计算与实际较符合,计算结果精确,保证了结构的安全。
- (3) 由于金属结构的制造是在设备完善、生产率高的专门车间进行,具备成批生产和精度高的特点,提高了工业化的程度。
- (4) 金属结构是很容易安装的结构。它是由一些独立部件、梁、柱等组成。这些构件在安装现场可直接用焊接、铆接或螺栓连接起来,安装较迅速,可以机械化施工。同时部件的更换、修配都很方便。
- (5) 金属结构便于做成密封的容器。
- (6) 金属结构容易腐蚀,需经常维修,保养维修费用也高。
- (7) 金属结构的材料较贵重,造价较高,耐高温性能较差。

选用金属结构时要根据上述特点,综合考虑结构物的使用要求、结构安全、节省材料和使用寿命等因素来确定,结合我国钢产量还不太高,钢材消耗应加以适当控制的具体情况,目前钢结构在我国应用范围大致如下:

- (1) 重型工业厂房中用作重型车间的承重骨架,例如冶金工厂的平炉车间、初轧车间,重型机器制造厂的铸钢车间、锻压车间等厂房结构。
- (2) 大跨度建筑物骨架。例如飞机库、火车站、剧场、体育馆和大会堂等。
- (3) 多层框架结构。例如高层楼房、炼油设备构架等。
- (4) 机器的骨架。例如桥式起重机的桥架部分,塔式起重机的金属塔架,石油钻机的井架等结构。
- (5) 板结构。例如高炉、大型储油库和煤气柜等。
- (6) 塔桅结构。例如输电塔、电视塔、排气筒和起重桅杆等结构。

1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 26

(8) 轻型钢结构。轻型钢结构是指用热轧或冷弯薄壁型钢制成的结构。其特点是自重轻、强度高、施工方便、造价低。常用于工业厂房、仓库、商店、住宅等。其结构形式有门式刚架、桁架、梁柱等。

(9) 水工建筑物。如闸门、管道等。

综上所述,金属结构应用很广,结构形式多种多样,在国家经济建设中起着重要的作用。由于本书涉及范围有限,不能一一介绍,仅就金属结构中的连接、梁、柱、桁架、臂架桅杆和容器等的设计理论、构造、计算方法和施工工艺等方面予以阐述,以便于从事工业设备安装专业的同志学习和工作中参考。

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

金属结构由于本身具有较为优越的特点,因而是一种较为理想的结构。金属结构的应用也会有更大的发展。

金属结构有的是承受的荷载大,有的是承受频繁的交替荷载或者二者兼而有之。为保证其正常使用,对金属结构提出如下要求:

(1) 坚固耐用。金属结构必须保证有足够的承载能力,也就是应保证有足够的强度(静强度、疲劳强度)、刚度(静刚度、动态刚度)和稳定(局部稳定、整体稳定)的要求。

(2) 工作性能好, 使用方便, 满足工作要求。

(3) 结构自重小,省材料。金属结构在工程机械中占有很大的比重。例如起重机金属结构自重约占总重的40%~70%左右。因此,减轻自重不但节省钢材,而且也减少了荷载和支撑基础的造价,并使运输方便。

(4) 制造工艺性好, 成本低, 经济性好。

(5) 安装迅速, 便于运输, 维修简便。

(6) 结构合理, 外形美观。

上述要求既互相联系又互相制约。在设计时应辩证地处理这些要求。

近几年来,国内外对金属结构进行了大量的研究工作,出现了许多新的结构形式,使用了新的设计方法,创造了先进的制造工艺。使金属结构的设计和制造取得很大成就。但是,金属结构的设计和制造仍有不完善之处,应做进一步研究,其研究的重点及发展方向是:

1. 研究并广泛运用、推广新的设计理论和设计方法

以前,我国在金属结构中一直使用许用应力法。随着生产发展的要求,试验研究工作的开展,当前国内外出现许多新的设计理论、计算方法,提出许多新的参数、数据和计算公式等。其主要的有:

(1) 金属结构的优化设计法;

(2) 金属结构极限状态设计法;

(3) 金属结构预应力设计法;

四、(4) 金属结构有限元算法。

上述设计方法在不同的金属结构类型中,有的已被采用或试用,如《钢结构设计规范》(GBJ17—88)规定:“除疲劳计算外,工业与民用房屋和一般构筑物的钢结构设计,用极限状态设计法”;有的尚未应用。极限状态法正确地考虑了荷载作用的性质、钢材性能及结构工作特点等因素,使计算准确,能够充分地利用材料。有待于在其它领域中推广。若用预加应力法设计起重机,金属结构部分可节省材料 30%。若用结构优化设计,能确保结构具有最优的形式和尺寸。采用有限元法,能计算复杂的结构,且使计算达到所需的精度,简化了设

计过程,缩短了设计时间,也应推广。

许用应力设计法在工程机械和容器结构中仍被应用,因为这种方法使用方便,计算简单,有一定的准确性。因此,国内外在机器金属结构中仍被广泛采用着。其缺点是对不同用途、不同性质的金属结构采用相同的安全系数,因此它往往偏大或偏小,使得结构不是偏于安全就是偏于不安全。其中有些算法太陈旧,不能反映实际状态;有的还不完善;有的则还是空白。因此,有待进一步改进。

另外,金属结构疲劳强度算法、薄板塑性失稳算法、断裂力学在金属结构中的应用(如材料断裂韧性的测定和结构的断裂计算方法)、金属结构动力性能的研究等,这些问题,在国外有些已经解决,并用于金属结构的设计中。国内研究得尚不够、积累数据尚不多。

2. 部件标准化、统一化和结构定型系列化

金属结构零部件标准化、统一化是结构定型系列化的基础。采用一定规格尺寸的标准零部件组装成定型系列产品,首先能减少结构的方案数和设计计算量,大大减轻了设计工作量。结构定型系列化能促进标准零部件的大批生产,零件生产工艺过程也易于程序化,便于使用定型设备组织流水生产作业线,提高生产率,降低成本;又能实现快速安装,便于采用现代化起重设备,改进安装方法,保证安装质量。可见,结构定型系列化是简化设计、实现成批生产、缩短工时、降低成本的有效方法,应足够重视。在我国,有些机械的金属结构部分已经定型系列化,如桥式起重机、塔式起重机和轮胎起重机等均有系列产品。

3. 总结、创造和推广先进的结构形式

改进金属结构的结构形式是生产发展的需要,也是有效地减轻金属结构自重的方法之一。国内外实践都已证实了这个问题。因此,创造新的结构形式,不仅能节省钢材、降低成本,更主要的是改善性能,满足工作要求。由此可见,结构合理选型问题是设计中十分重要的问题。

4. 继续使用、发展和研究具有较高经济指标的合金钢、轻金属

采用和生产各种新型热轧薄壁型钢和冷弯模压型材以及其他新兴材料,如采用高强度低合金结构钢或轻金属铝合金,既能保证性能,又能节省材料、减轻自重。国外已制造过铝合金结构的桥式起重机和龙门起重机的桥架、门座起重机的臂架,使自重减轻30%~60%。德国制造的铝合金箱形单主梁桥式起重机桥架的自重比双梁桥架减轻70%左右,从而减轻了厂房结构和基础的荷载,降低了投资。我国铝矿资源丰富,采用铝合金前途广阔。我国生产的低合金结构钢16Mn在金属结构中早已采用。由于其材质好,强度高,产品坚固耐用,约可减轻重量达20%左右。国外低合金钢发展快且应用广泛。如:日本对起重机臂架常采用抗拉强度达1000MPa的合金材料。而我国也有类似的材料,但产量较少。另外,热轧薄壁型材、冷弯模压型材在金属结构制造中是很有发展前途的材料。它可设计成任意截面形状,以满足受力要求;这对简化结构、节省材料、减少制造和安装劳动量与缩短工期等大有成效。目前,已应用于建筑结构中。今后,应进一步研究、设计适用于机器结构所需的合理型材。

值得指出的是,在日本和德国曾采用工程塑料制造机械结构和机器零件,我国曾试制过机器的塑料零件,但尚未系统研究和推广。采用塑料结构在节省钢材、简化制造工艺和减轻基础负荷等方面开辟了新的途径。

5. 广泛使用焊接结构,研究新的连接方法

由于生产科研工作的发展,焊接质量普遍提高,焊接结构在金属结构中的应用也越来越广泛。焊接连接对简化结构型式、减少制造劳动量等方面具有独特的优点。

高强度螺栓是近年来新出现的一种连接方法,这种连接是由于螺栓有很大初拉力,使钢板之间产生很高的摩擦力来传递外力的。由于螺栓强度高(经热处理后的抗拉强度不小于900MPa),连接牢固,工作性能好,安装迅速,施工方便,所以是一种很有发展前途的连接方法。

另外,胶合连接是构件连接的新动向。不久前,英国曾以工程塑料为原料,用胶合方法制造出起重机结构,它大大简化了制造工艺,减轻了自重。我国对工程塑料和胶合剂的研究还很不够,因此这种连接方法目前尚未采用。

6. 金属结构大型化

随着国民经济的发展,机械逐渐向大型化、专业化、高效率的方向发展。因此金属结构也越来越庞大。如用于冶金和水电站的桥式起重机的起重量,在国外已生产有80~1000t;在国内已有50~600t系列。造船用的龙门起重机,在日本已制成起重量为700t、跨度115m、起升高度为85m的箱形单主梁龙门起重机;德国制造了起重量为840t、跨度140m、全高为96m的箱形龙门起重机;英国生产了起重量为1000t、跨度达150m的造船用巨型龙门起重机,它是目前世界上最大的龙门起重机。在国内,也制造了起重量为200t、跨度为66.5m、全高为50m的龙门起重机。另外,挖掘机的铲斗容量也越来越大,我国已制造出斗容为15m³的挖掘机,而在美国制造出斗容为168m³、机器总质量达13500t、总功率达5万马力的世界最大挖掘机。随着祖国四个现代化建设的发展,各种工业与民用大跨度建筑物以及一些高层建筑物的需求正在不断增长,网架结构和悬索结构深受欢迎。但有待研究的问题尚多。

总之,由于结构尺寸的增大,给设计和制造工作提出了许多新的研究课题。例如,怎样保证结构的刚度、局部稳定性和高大的空间结构在外荷载作用下进行精确内力分析和动力性能研究;怎样保证结构焊接、组装质量以及探讨科学运输方案和快速安装方法等均需在今后的研究和生产实践中进一步解决。

针对上述问题,我们要面向实际、面向生产,发现问题,加以研究,提高到理论上来,再去指导实践,提高设计水平,确保制造质量,更好地为祖国的社会主义建设贡献力量。

思考题与习题

0-1 什么叫金属结构?金属结构与钢结构有何异同?

0-2 金属结构有什么特点?

0-3 对金属结构有哪些基本要求?

0-4 金属结构今后的发展方向是什么?