



21 世纪高等学校规划教材
21Shiji Gaodeng Xuexiao Guihua Jiaocai

钢结构设计

Gangjiegou Sheji

● 李方慧 主编



 中国质检出版社

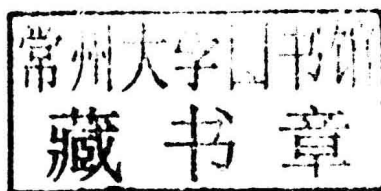


21 世纪高等学校规划教材

GANG JIEGOU SHEJI

钢 结 构 设 计

李方慧 主编



中国质检出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构设计/李方慧主编. —北京: 中国质检出版社, 2012

21 世纪高等学校规划教材/李方慧主编

ISBN 978-7-5026-3566-4

I. ①钢… II. ①李… III. ①钢结构设计—高等学校—教材 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 号

内 容 提 要

本书系统阐述了常用钢结构体系, 主要包括钢框架、屋架、门式刚架、钢-混凝土组合结构及其设计方法。第一章介绍钢结构特点、现行设计方法以及钢结构的发展趋势; 第二章介绍屋盖结构设计, 包括屋架、天窗架、檩条等; 第三章介绍单层厂房钢结构设计, 包括单层厂房组成、柱网、变形缝的布置、柱间支撑、墙架结构等。第四章对多高层钢结构的结构布置原则、工作特点及应用范围、节点设计等方面进行介绍。第五章介绍门式刚架的组成、形式及布置; 变截面门式刚架的内力分析和变形计算, 并给出例题。第六章主要介绍钢-混凝土组合楼板、组合梁、组合柱的设计方法和构造要求。

本书主要适用于高等院校及高职高专院校的土木工程及相关专业的学生, 同时, 也可供从事工程设计、施工和监理的专业技术人员参考。

中国质检出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 319 千字

2012 年 4 月第一版 2012 年 4 月第一次印刷

*

定价: 28.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

— 编 审 委 员 会 —

- 顾 问 赵惠新 (黑龙江大学)
- 主 任 邓寿昌 (中南林业科技大学)
- 副主任 薛志成 (黑龙江科技学院)
- 刘殿忠 (吉林建筑工程学院)
- 姜连馥 (深圳大学)
- 高 潮 (大连水产学院)
- 郇 伟 (惠州学院)
- 委 员 (按姓氏笔画排序)
- 丁 琳 (黑龙江大学)
- 叶 青 (浙江工业大学)
- 刘 东 (东北农业大学)
- 关 萍 (大连大学)
- 张兆强 (黑龙江八一农垦大学)
- 张季超 (广州大学)
- 张燕坤 (北方工业大学)
- 杨 璐 (沈阳工业大学)
- 赵文军 (黑龙江大学)
- 郭宗河 (青岛理工大学)
- 原 方 (河南工业大学)
- 徐建国 (郑州大学)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 李方慧（黑龙江大学）

副主编 云 迪（吉林建筑工程学院）

郭轶宏（哈尔滨工程大学）

魏治平（哈尔滨工业大学建筑设计研究院）

编 委 薛志成（黑龙江科技学院）

丁 琳（黑龙江大学）

伴随着近年来经济的空前发展和社会各项改革的不断深化，建筑业已成为国民经济的支柱产业和重要的经济增长点。该行业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用，尤其是房地产业和公路桥梁等各项基础设施建设的深入开展和逐步完善，也进一步促使整个国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时，建筑行业自身的结构性调整也在不断进行，这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求，因此，近年来教育部对高校土木工程类各专业的发展日益重视，并连年加大投入以提高教育质量，以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此，教育部对高等院校土木工程类专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整，使高等教育逐步从偏重于理论的教育模式中脱离出来，真正成为为国家培养生产一线的高级技术应用型人才的教育，“十一五”期间，这种转化加速推进并最终得以完善。为适应这一特点，编写高等院校土木工程类各专业所需教材势在必行。

针对以上变化与调整，由中国质检出版社（原中国计量出版社）牵头组织了 21 世纪高等学校规划教材的编写与出版工作，该套教材主要适用于高等院校的土木工程、工程监理以及道路与桥梁等相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快，因此，我们有针对性地组织了中南林业科技

大学、深圳大学、大连水产学院以及北方工业大学等多所相关高校、科研院所以及企业中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足土木工程类各专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高土木工程类各专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校土木工程类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重理论与实践的深度融合，不仅将建筑领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习可以深入把握建筑行业发展的全貌，而且也将建筑行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将推动我国土木工程类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编审委员会

2011 年 7 月

前言 FOREWORD

随着我国经济的发展,高层建筑、低矮屋盖、工业厂房等造型新颖、体系复杂的钢结构设计项目不断涌现。由于新材料、新工艺、新技术的广泛应用,在钢结构设计过程中出现了一些新问题。因此,编者结合现有钢结构设计发展趋势,对常用钢结构类型的设计相关问题进行介绍,为本科生和工程设计者提供有益参考。

此外,经过大量的工程设计积累,钢结构有关规范的部分条文已进行了修改,力求能够在本书中体现钢结构设计方面的新规范和新变化。结合近些年工程发展,增加一些新的研究内容和分析手段,有助于更加全面、系统地掌握钢结构设计方法、细部节点构造等。

本书内容涉及钢框架结构、屋架、门式刚架、组合结构梁、钢管混凝土柱等常用钢结构体系及构件。在本书编写之际,钢管混凝土设计规范重新修订,此外,《组合楼板设计与施工规范》(CECS 273:2010)于2010年出版,这些规范新的修订内容在本书中有所体现。

本书系统阐述了常用钢结构体系及其设计方法。第一章介绍钢结构特点、现行设计方法以及钢结构的发展趋势;第二章介绍屋盖结构设计,包括屋架、天窗架、檩条等;第三章介绍单层厂房钢结构设计,包括单层厂房组成、柱网、变形缝的布置、柱间支撑、墙架结构等。第四章对多高层钢结构的结构布置原则、工作特点及应用范围、节点设计等方面进行介绍。第五章介绍门式刚架的组成、形式及布置;变截面门式刚架的内力分析和变形计算,并给出例题。第六章主要介绍钢-混凝土组合楼板、组合梁、组合柱的设计方法和构造要求。

书中所介绍的一些方法、内容仅代表作者当前一些认识,随着研究的深入定会取得一些改进和提高,衷心希望同行专家对本书提出宝贵意见。本书

由黑龙江大学、吉林建筑工程学院、哈尔滨工程大学以及哈尔滨工业大学建筑设计研究院的专家共同编写；李方慧、魏治平编写第一章，云迪编写第二章和第三章，郭轶宏编写第四章和第五章，李方慧编写第六章，魏治平进行最后统稿。

本书主要适用于高等院校及高职高专院校的土木工程及相关专业的学生，同时，也可供从事工程设计、施工和监理的专业技术人员参考。

由于编写时间仓促以及编者水平所限，书中可能存在谬误和不足之处，希望读者不吝指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录 CONTENTS

第一章 绪 论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 钢结构的应用、组成和主要结构形式	(1)
第三节 钢结构的优缺点	(1)
第四节 钢结构的组成和主要应用范围	(2)
第五节 钢结构的整体工作性能	(3)
参考文献	(7)
第二章 屋盖结构设计	(8)
第一节 概述	(8)
第二节 屋盖钢结构的设计步骤	(12)
第三节 屋架	(12)
第四节 屋盖支撑体系	(43)
第五节 檩条	(47)
第六节 天窗架	(54)
第七节 托架与托梁	(59)
参考文献	(64)
第三章 单层厂房钢结构设计	(65)
第一节 概述	(65)
第二节 柱网和变形缝的布置	(67)

第三节	横向平面框架	(69)
第四节	屋盖结构布置	(76)
第五节	柱及柱间支撑	(77)
第六节	吊车梁设计	(84)
第七节	墙架结构设计	(93)
	参考文献	(96)
第四章	多层与高层钢结构	(97)
第一节	结构的平面和立面布置原则	(97)
第二节	多高层钢结构的结构体系工作特点及应用范围	(101)
第三节	结构的内力分析	(110)
第四节	高层钢结构抗震和抗风设计	(117)
第五节	构件和节点设计	(125)
第五章	门式刚架轻型钢结构	(138)
第一节	门式刚架轻型钢结构的组成、形式及布置	(138)
第二节	变截面门式刚架的内力分析和变形计算	(141)
第三节	变截面梁柱构件设计	(147)
第四节	端板节点设计	(154)
第五节	变截面门式刚架设计例题	(157)
	参考文献	(179)
第六章	钢 - 混凝土组合结构	(180)
第一节	组合结构的分类及应用	(180)
第二节	压型钢板组合楼板	(184)
第三节	组合梁	(191)
第四节	钢管混凝土结构	(199)
	参考文献	(207)

第一章 绪 论

第一节 概 述

从建筑所用材料的发展历史来看,房屋建造初期以砖混结构为主,逐渐钢筋混凝土结构的应用较多。由于早期钢材产量较低,造价较高,提倡以其他材料代替钢材,钢结构建筑较少。20 世纪 90 年代后期到现在,建筑用钢的品种和数量均有较大提高,钢结构建筑数量迅速增加。

第二节 钢结构的应用、组成和主要结构形式

钢结构是以钢材为材料做成受力构件的结构形式。目前中国建筑市场中工业项目、大型体育场馆等建筑中大量使用了钢结构,从全球钢结构应用发展的过程看,钢结构在轻钢结构、高层建筑中的应用逐步提升。从钢结构的优越性和综合效益考虑,钢结构必将成为建筑行业中蓬勃发展的主力军。

第三节 钢结构的优缺点

钢结构与钢筋混凝土结构、砖混结构等其他结构体系相比,在使用功能、设计、施工,以及综合经济方面都具有显著不同的特点,主要体现在以下几个方面:

1. 钢结构重量轻,强度高

钢结构虽然与混凝土等其他建筑材料相比容重较大,其强度却高很多,因而当承受的荷载条件相同时,钢结构构件的截面小、结构轻,从而可以是实现较大的跨度,能够创造丰富多彩的空间形态,产生轻盈、灵巧、优美、通透的效果。

2. 钢材的塑性和韧性好

钢材具有很好的塑性变形能力,钢结构在偶然超载作用下,可能产生塑性变形,而不会造成突然断裂,避免人员和财产的严重的损失。此外,钢材韧性好,具有较强的抵抗动荷载的能力,从而实现良好的抗震性能。综上所述,钢材良好的塑性和韧性对钢结构的安全可靠性,提供了充分保证,结构安全可靠度高。

3. 钢材更接近于匀质、各向同性材料,与计算模型材性假定符合好

由于钢材内部组织比较均匀,钢材的非常接近匀质、各向同性体,基本符合目前的计算方法和基本假设,计算结果与实际受力情况非常吻合。因此,钢结构的计算准确,结果可靠,结构的安全可靠度高。

4. 钢结构制造简便,易于采用工业化生产,施工速度快、安装周期短

钢结构由各种型材组成,制作简便、连接安装方便,钢结构大部分构件在工厂生产,加工

精确度高,运往现场通过焊接或螺栓进行整体组装,施工方便。此外,由于钢结构施工时不必支模、拆模,由此降低成本,大大加快施工速度。此外,已建成的钢结构也易于拆卸、加固或改造。

5. 钢结构的密封性好

钢结构的气密性和水密性较好,因此可以用于液体和气体的储藏罐。

6. 钢结构的耐热性好,但防火性能差

钢材耐热而不耐高温。随着温度的升高,强度就降低。当周围存在着辐射热源时,温度在 150°C 以上时,就应采取防护措施。特别是,结构温度达到 500°C 以上时,就可能使钢材丧失承载力,会导致结构瞬时溃塌。因此,为了需要采用一些措施提高钢材的耐火性如涂刷防火涂料等措施。

7. 钢材易于锈蚀,应采取防护措施

钢材在潮湿环境中,特别是处于有腐蚀介质的环境中容易锈蚀,必须采取防腐措施,而且在使用期间还应定期维护。

8. 钢结构是绿色环保结构,可回收重复利用

钢结构建筑属于绿色环保建筑,所采用的钢材具有很高的再循环价值,构件加工过程中的边角料也可回收利用,符合低碳生活的要求。

第四节 钢结构的组成和主要应用范围

钢结构以其自身的优越性已经在工程中得到广泛而迅速的应用。与钢筋混凝土结构相比,钢结构在“高、大、轻”三个方面的发展应用具有独特优势。根据我国工程建设的实践经验,钢结构建筑的合理应用范围包括如下几个方面:

(1) 大跨度公共建筑及体育场馆。随着结构跨度增加,自重占总荷载中所占的比例就越大,减轻结构的自重会带来明显的经济效益。钢材强度高结构重量轻的优势正好适合于大跨结构,因此钢结构在飞机装配车间、飞机库、体育场馆、火车站、会展中心、影剧院等大跨空间结构和大跨桥梁结构中得到了广泛的应用。我国已经建成了诸如 2008 年奥运场馆以及 2010 年世博会场馆等一大批有代表性的大跨度钢结构建筑,见图 1—1、图 1—2。

(2) 单层或多层工业厂房。工业厂房吊车起重量较大或者其工作较繁重的车间的主要承重骨架多采用钢结构。另外,有强烈辐射热的车间,也经常采用钢结构。结构形式多为由钢屋架、门式刚架或排架等结构形式。

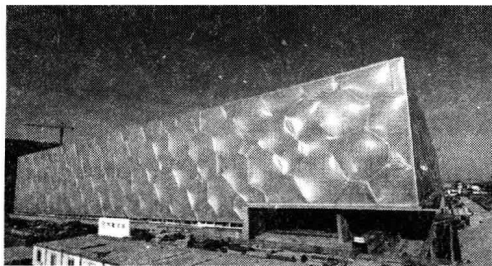


图 1—1 国家游泳馆水立方

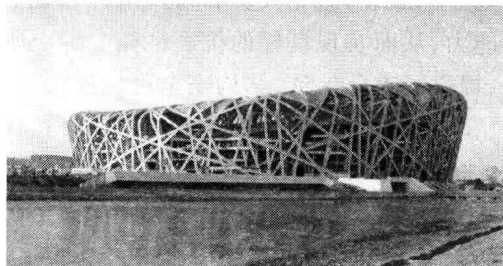


图 1—2 国家体育场鸟巢

(3)高耸结构、高层和超高层建筑。塔架和桅杆结构等高耸结构以及高层和超高层建筑适合采用钢结构,其制作、安装、运输都比较简单方便,经济性较好,抵抗风载的能力也比较强。这类结构受自重、风荷载、地震荷载的影响很大,而钢结构具有重量轻、承载力高的特点,同时制造与施工简便迅速。我国已建成了上海金茂大厦、地王商业大厦等高层和超高层建筑。

(4)可拆卸结构或移动结构。钢结构重量较轻,构件连接简单、方便。因此,可拆卸结构或移动结构最宜采用钢结构,便于装配和拆卸。临时展览馆、厂房等各种可拆卸结构或移动结构中都可采用钢结构。

(5)轻型钢结构建筑。轻型钢结构建筑通常采用薄壁型钢组成的结构,这类轻型钢结构一般不再受跨度和荷载的限制,通过采取一定的技术措施,达到结构自重轻、用钢量低、经济性好的要求。我国已在办公室、体育设施、商场等工程上建造了一大批轻型钢结构建筑,并向住宅上发展。

(6)密闭性构筑物。钢材密封性能好,可用于石油、化工等企业中的容器,包括油罐、煤气罐等。

第五节 钢结构的整体工作性能

一、钢结构的受力和变形性能

钢结构的整体工作性能受力分析过程涉及强度和刚度等方面的计算分析,对于钢结构构件计算过程中稳定性分析显得尤为重要,因此在分析过程中对结构的局部稳定及整体稳定性分析是非常重要的。

(一)钢结构的整体稳定

稳定性分析一直是钢结构设计的关键问题,钢结构体系的广泛应用凸显了稳定问题研究的重要性和紧迫性。

随着钢结构建筑项目的增多,稳定性逐步被人们重视,并逐步展开深入的研究。对于这个问题处理不好,将会造成惨重的后果。1907年加拿大魁北克一座大桥在施工中破坏,9000吨钢结构全部坠入河中,桥上施工的人员75人遇难。破坏是由于悬臂钢结构的下弦受压失稳造成的。而美国哈特福特城的体育馆网架结构,平面 $92\text{m} \times 110\text{m}$,突然于1978年破坏而落地,破坏起因可能是压杆屈曲。从上可以看出,钢结构中的稳定问题是钢结构设计中亟待解决的主要问题,一旦出现了钢结构的失稳事故,不但对经济造成严重的损失,而且会造成人员的伤亡。因此,对钢结构及构件的稳定性的研究是非常必要的。

(二)强度与稳定的区别

钢结构设计过程中强度和稳定设计是两个关键问题。强度问题是指结构或者构件由各种外荷载作用所引起的最大内力是否超过建筑材料的极限强度,因此是一个应力计算问题。极限强度的取值取决于材料的特性,对于钢材的极限强度常取它的屈服点。稳定问题则与强度问题不同,它主要是在随着外荷载增加,在某一状态下结构有外部干扰时,结构变形急剧增加,从而发生失稳的情况。往往很多结构失稳时,受压构件的破坏荷载远远低于强度破

坏的荷载大小,显然,对于长细比很大的受压构件强度破坏不是其破坏的主要原因。

在实际设计中,设计人员应该明确知道结构构件的稳定性能,以免在设计过程中发生不必要的失稳破坏。在设计过程中设计人员应该明确的一些基本概念;其次,随着新型结构的出现,设计人员对其性能认识的不足,从而导致构件的失稳。只有深入了解这些问题,才会使得钢结构稳定理论设计不断地完善。

(三) 钢结构失稳的分类

按照结构失稳过程中的不同特点,对钢结构失稳类型进行如下分类:

(1) 第一类稳定问题或者具有平衡分岔的稳定问题,这类稳定问题通常称为分支点失稳。完善直杆轴心受压时的屈曲属于此类稳定问题。

(2) 第二类稳定问题或无平衡分岔的稳定问题,这类稳定问题通常称为极值点失稳。偏心受压构件考虑塑性发展从而丧失稳定的能力属于这一类。

(3) 跃越失稳是一种不同于以上两种类型,它既无平衡分岔点,又无极值点,它是在丧失稳定平衡之后跳跃到另一个稳定平衡状态。

为了对结构稳定承载力有清楚的认识和评估,应充分了解和区分结构失稳类型。当很多稳定事故发生后,随着不断研究,人们对钢结构稳定性的相关问题的理解日趋深入。在实际设计过程中,很多构件在加工和运输过程中,不可避免的存在初始缺陷(如初偏心、初弯曲等),因此为了更加准确的掌握这种构件的实际受力性能,在分析过程中必须考虑实际缺陷的影响。

二、钢结构的设计方法

伴随着众多设计项目的实践分析,设计过程中问题的不断出现并寻求解决方案,钢结构的设计方法随着可靠度及计算方法一直在进行着一定改革,不断完善。在设计过程中一直伴随着几个相对重要的分析问题,主要体现在结构设计的安全性、经济性和合理性等方面的权衡。通常结构设计的安全性和可靠性排在第一位,而同时要兼顾经济性。其中一项很好的平衡点就是所建成的结构具有一定的可靠度保证下满足各种预定的使用功能,就是在结构施工和使用期间能经受各种荷载作用,而且不妨碍建筑的正常使用。因此在结构设计过程中结构计算和可靠性分析是两个非常重要的分析过程,二者相辅相成,必不可少。

(一) 钢结构设计方法的演进

(1) 容许应力法(Allowable Stress Design - ASD 设计方法)

该方法是设计过程中早期采用的计算方法,表达式简单,易于应用。依据公式 1—1 可以看出:结构构件的计算应力不得大于结构设计规范所给定的容许应力。结构构件的计算应力是按荷载标准值计算,容许应力的大小可以根据钢材的屈服点和安全系数确定,其中安全系数根据经验确定。其通用表达式为:

$$\sum S_{ni} \leq [\sigma] = \frac{R_n}{K} \quad (1-1)$$

式中 R_n 是材料的屈服点, K 为安全系数。 S_{ni} 代表结构在某一工况下由荷载标准值求得的计算应力, n 为工况数, i 为某一工况下的荷载数。

容许应力法具有计算简单,易于应用等优点,表达式明确,在应用过程中由于安全系数

的确定通常是凭借经验来取,具有一定离散性,不能从定量上反应结构设计过程中可靠度的概念,不能使结构设计的安全度达到同一水准。此外,单一安全系数不能有效反应结构抗力和外荷载变异的独立性,对于不同荷载类型作用时结构安全水平可能相差很多,不能有效进行控制。容许应力设计方法采用一阶弹性分析计算内力,通过构件的相关方程考虑几何非线性的影响。

(2) 塑性设计法 (Plastic Design-PD)

塑性设计方法利用塑性承载力计算对比分析方法,在分析过程中保证结构构件的塑性极限承载力应不低于标准荷载引起的构件内力乘以安全系数。该方法设计公式表达式为:

$$K \times \sum S_{ni} \leq R_n \quad (1-2)$$

其中 R_n 是考虑结构材料的塑性性质及其极限强度而确定的极限承载力, K 为安全系数。

塑性设计法的优点是考虑了结构在进入塑性后进行内力重分布,要求结构和构件有足够延性,因而在塑性设计中截面腹板和翼缘的尺寸比例有严格的限制。虽然塑性设计法考虑了材料的非线性,克服容许应力法的缺陷,但材料屈服的扩展和结构构件的稳定性在结构设计中仍然没反应。对结构进行一阶塑性铰分析,容许结构中出现内力重分布,同时,在结构可靠性分析方面,该方法还是由经验性的安全系数保证。

(3) 极限状态设计法 (Load and Resistance Factor Design-LRFD)

在上述两方法分析过程中,均存在安全系数如何合理的确定问题,存在一定人为干扰因素。为了克服上述缺陷,可采用抗力和荷载分项系数代替原来单一安全系数的极限状态设计法。由于荷载的作用,结构在使用周期内有可能达到各种极限状态,这些极限状态可分为两类:承载能力极限状态和正常使用极限状态。结构的安全性对应结构的承载能力极限状态,包括构件断裂、失稳、过大的塑性变形等所导致的结构破坏。极限状态设计法就是要求保证结构在使用期内不超越各种极限状态。

LRFD 设计公式的通式为:

$$\sum \gamma_i \cdot S_{ni} \leq \varphi \cdot R_n \quad (1-3)$$

其中 R_n 和 S_n 分别为结构抗力和荷载效应的标准值, φ 和 γ_i 分别代表抗力分项系数与荷载分项系数,它们是通过概率分析和可靠度校核得到的。同经验性的安全系数相比在概念上由本质上的区别。

通过对一阶弹性分析进行放大或直接二阶弹性分析来考虑几何非线性效应,其最大不同之处在于该方法是一种以概率理论为基础的极限状态设计方法,用概率及统计学的方法引入了荷载抗力系数来度量结构的抗力和荷载对结构的综合效应。

(二) 现行设计方法的发展

极限状态设计法是结构从经验设计向概率设计转变的一次变革,但现行的建筑钢结构安全性设计方法仍有待进一步完善。我国《钢结构设计规范》GB 50017—2003 采用的是以概率理论为基础的极限状态设计法,这个方法还仅仅是近似概率极限状态设计法,因为它计算的可靠度还只是构件或某一截面的可靠度,而不是整个结构体系的可靠度,也不适用于在反复荷载或动力荷载作用下的结构的疲劳计算。同时,连接的极限状态的研究滞后于构件,

整体结构的极限状态人们认识的还不是十分充分。所以,钢结构设计方法的改进和完善仍是今后一个时期所面临的主要任务。

三、钢结构发展的新趋势

随着我国钢材产量的不断增加,钢结构的应用范围在不断地扩大。特别是近些年我国所承办的大型国际赛事的举办,钢结构在整个建筑市场上显得一枝独秀。与之相关的是设计过程中一系列复杂问题的出现和解决。

(一) 高强度钢材的研发和推广

由于很多大型钢结构建筑为了确保美观、轻巧,常常希望结构断面较小,为了达到这一目的,采用高强度钢材是非常有效的方法。比如 2008 年北京奥运会鸟巢结构采用的 Q460 钢材,是河南舞阳钢厂特殊研制的钢材,在市场上很难直接买到,需要提前预定,产量小,价位高。

(二) 新型结构体系的产生和应用

随着结构跨度的增加、新型材料的出现应运而生了新的结构体系,比如近些年逐步展开广泛应用的弦支穹顶结构、索膜结构等。这类新的结构体系的出现随之产生了一系列新的设计问题,比如设计方法、节点构造等,经过长期的研究可以非常有效的解决了一系列问题,有助于新型体系的广泛应用。

弦支穹顶最早由日本学者川口卫教授提出,该结构体系是一种受力合理、体系先进的预应力空间结构,由上部网壳和下部的索杆体系组成,是传统刚性结构和柔性结构结合以形成新的结构体系成为可能。其良好的空间受力性能与跨越更大跨度的潜力很大程度上依赖于结构的合力布置,而合理的结构布置形成可以更加充分发挥上部网壳和下部索杆的优势,互相弥补各自的不足。作为一种预应力张拉体系,弦支穹顶的施工张拉具有较大难度。

(三) 钢和混凝土组合结构的大力推广

组合结构充分发挥了钢和混凝土两种材料的优点,巧妙的规避了两者的不足,进而得到了非常广泛的应用。组合结构包含的种类很多,比如钢管混凝土结构、组合楼板、型钢混凝土结构等,该类结构受力比较合理,设计理论逐步成熟,在大跨度桥梁和高层结构中得到了广泛的应用。

(四) 钢结构设计方法的不断完善

随着有限元分析方法和计算机技术的迅速发展,结构设计的高等分析逐步采用,该方法是将强度理论、稳定理论和塑性理论统一在结构整体分析中。

与现行方法设计的结构相比,以高等分析为基础设计的结构更加经济合理,各构件的实际可靠度更加均衡一致。运用高等分析能够考虑结构的几何非线性、材料非线性以及各种缺陷的影响,直接求解得到结构的整体极限承载力,避免了逐一对各个构件进行截面验算,提高了设计的安全性和效率。