

周学军
王建明
刘锡良

柳峰
周继远

编著
主审

MENSHIGANGJIA QINGGANGJIEGOU SHEJI YU SHIGONG

门式刚架

轻钢结构 设计与施工

山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn



门式刚架

周学军
王建明
刘锡良

柳 峰
周继远

编著
主审

轻钢结构 设计与施工

MENSHIGANGJIA QINGGANGJIEGOU SHEJI YU SHIGONG

山东科学技术出版社



门式刚架轻钢结构设计与施工

周学军 柳 峰 编著
王建明 周继远
刘锡良 主审

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2065109

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2020432

印刷者: 山东人民印刷厂

地址: 泰安市灵山大街东首

邮编: 271000 电话: (0538) 6119354

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 23

字数: 516 千

版次: 2001 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1—4000

ISBN 7 - 5331 - 2124 - 4

TU·116

定价: 35.00 元

图书在版编目 (CIP) 数据

门式刚架轻钢结构设计与施工/周学军主编. —济南:
山东科学技术出版社, 2001

ISBN 7-5331-2124-4

I. 门… II. 周… III. ①轻型钢结构: 刚架结构
- 结构设计②轻型钢结构: 刚架结构 - 工程施工

IV. TU328.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 066869 号

序

门式刚架轻钢结构是近年来在我国广泛应用的一种钢结构形式，它以其自重轻、施工速度快和造价低廉等诸多优点受到了广大建筑师、结构工程师的青睐，尤其在单层工业厂房方面得到了迅速推广，取得了良好的社会效益和经济效益。

目前，我国正处在钢结构发展的黄金时期，建设部也将钢结构技术列入‘十五’期间国家重点推广的十大新技术之一；现在无论是钢结构工程还是钢结构企业都如雨后春笋般地涌现出来，与之形成鲜明对比的是钢结构专业人才的严重缺乏，特别是轻钢结构方面的参考书稀缺，因此本书的编著出版将弥补这方面的不足。作者在编写过程中参照《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS102: 98)进行论述，每部分都有详细的计算例题，是一本非常实用的规程学习指导书；同时，在编写过程中作者还参考了许多专家在门式刚架方面的研究论文，因此该书内容十分翔实、丰富，相信该书的出版一定能为轻钢结构的推广应用起到十分积极的推动作用。

本书作者都是高校教师，有着多年的教学、科研和开发的经验，主要编著者是我的博士生和硕士生，看到他们取得的优异成绩，我很高兴，希望他们再接再厉，为推动中国钢结构事业的发展做出自己更大的贡献。本书虽经我审阅，但书中可能尚有不妥之处，故请读者和专家多提宝贵意见，以便再版时改进。

天津大学教授、博士生导师 刘锡良

前 言

改革开放二十余年，中国钢产量从 1978 年的 3178 万吨猛增到 1999 年的 12395 万吨，以每年 300 万吨以上的增长速度发展，成为世界上产钢量最多的国家。与之相适应，近 10 余年来，钢结构也得到了迅猛发展，尤其是以轻钢金属板材及其配套的门式刚架等系列轻钢结构得到了广泛的应用。为了进一步规范轻钢结构市场，中国工程建设标准化协会于 1998 年颁布了《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS102: 98)，它的颁布实施，标志着我国轻钢结构技术的进一步成熟。

与钢结构迅速发展的形势形成鲜明对照的是人才培养的严重滞后。有些钢结构的设计和施工人员不熟悉现行规范的要求，以致在一些工程设计中出现严重的技术经济不合理现象，有的甚至造成工程质量事故。因此，广大的钢结构设计和施工人员迫切需要一本专门介绍门式刚架轻钢结构设计和施工的书籍来指导，以帮助其正确理解基本原理，解疑释惑。本书正是基于这样的认识而编写。全书按照 CECS102: 98 的顺序有针对性地介绍了每种构件的设计和基本构造，为了便于读者理解和方便设计计算，每部分都附有设计例题，书末还附有大量表格和图纸，供读者计算时查阅和参考。

全书分七章，其中第一章、第二章、第三章第一节、第五章由周学军编写，第四章、第六章由柳峰编写，第三章第二节至第五节由山东大学王建明编写，第七章及附录由周继远编写，全书由周学军教授最后统筹定稿。

本书在编写过程中，得到了天津大学刘锡良教授的热情指导，王海平、张祥龙、崔涛等同志绘制了书中插图，尚凌云、王磊、赵晓伟、徐尧等协助校对了原稿，在此一并致谢。

由于作者水平有限，错误和不足在所难免，恳希各位专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
1.1 钢结构的特点	1
1.2 钢结构的应用	2
1.3 门式刚架轻钢结构	3
1.4 中国钢结构的发展	5
第二章 钢结构的材料及基本设计规定	9
2.1 钢结构的材料及强度设计值	9
2.2 轻钢结构设计基本规定	34
2.3 钢结构基本构件的计算	38
2.4 地震作用的计算	64
2.5 钢结构疲劳的计算	67
第三章 门式刚架基本构件的设计与计算	75
3.1 门架主钢构构件的设计与计算	75
3.2 檩条构件的设计与构造	116
3.3 墙梁构件的设计与构造	124
3.4 支撑构件的设计与构造	136
3.5 压型钢板用作屋面板与墙板的设计与构造	144
第四章 吊车梁	155
4.1 概述	155
4.2 焊接工字形吊车梁的设计与构造	157
第五章 钢结构连接及节点设计	171
5.1 焊接连接的计算与构造	172
5.2 普通螺栓连接和高强度螺栓连接的计算与构造	182
5.3 拼接连接	189
5.4 钢结构连接设计例题	192
5.5 门式刚架连接及节点设计的特殊要求	196
5.6 柱脚节点设计	203
第六章 门式刚架轻钢结构的制作、安装与质量检验	208
6.1 门式刚架轻钢结构的制作	208
6.2 门式刚架轻钢结构的安装	221
6.3 门式刚架轻钢结构的质量检验	234
6.4 门式刚架轻钢结构质量检验常用表格	248

第七章 钢结构的防腐与防火	266
7.1 钢结构的防腐	266
7.2 钢结构的防火	275
附录一 设计计算常用表	284
附录二 门式刚架轻钢结构施工图实例	352
附录三 常用钢结构设计与施工规范、规程一览表	355

第一章 绪 论

1.1 钢结构的特点

钢结构和其他结构形式相比有如下特点：

1. 建筑钢材强度高，塑性韧性好

强度高，适用于建造跨度大、高度高、承载重的结构。但由于强度高，一般构件为宽肢薄壁截面，在受压时容易为稳定计算和刚度计算所控制，强度难以得到充分的利用。塑性好，结构在一般条件下不会因超载而突然断裂，只增大变形，故易于被发现。此外，尚能将局部高峰应力重分配，使应力变化趋于平缓。韧性好，适宜在动力荷载下工作，因此在地震区采用钢结构较为有利。

2. 钢结构的重量轻

钢材容重大，强度高，做成的结构却比较轻。结构的轻质性可以用材料的质量密度 ρ 和强度 f 的比值 α 来衡量， α 值越小，结构相对越轻。建筑钢材的 α 值等于 $1.7 \sim 3.7 \times 10^{-4}/\text{m}$ ；木材为 $5.4 \times 10^{-4}/\text{m}$ ；钢筋混凝土约为 $18 \times 10^{-4}/\text{m}$ 。以同样跨度承受同样的荷载，钢屋架的重量一般为钢筋混凝土屋架重量的 $1/3 \sim 1/4$ ，冷弯薄壁型钢屋架甚至接近 $1/10$ 。重量轻，可减轻基础的负荷，降低地基、基础部分的造价，同时还方便运输和吊装，结构综合效益好。

3. 各向同性和力学计算的假定比较符合

钢材由于冶炼和轧制过程的科学控制，其组织比较均匀，接近各向同性，为理想的弹性-塑性体，其弹性模量和韧性模量皆较大，因此，钢结构实际受力情况和工程力学计算结果比较符合，在计算中采用的经验公式不多，从而计算上的不定性较小，计算结果比较可靠。

4. 钢结构制作简便，施工工期短

钢结构构件一般是在金属结构厂制作，施工机械化，准确度和精密度皆较高。钢结构所有材料皆已轧制成各种型材，加工简易而迅速。钢构件较轻，连接简单，安装方便，施工周期短。小量钢结构和轻型钢结构尚可在现场制作，简易吊装。钢结构由于连接的特性，易于加固、改建和拆迁。

5. 钢结构密闭性能好

钢结构的钢材和连接（如焊接）的水密性和气密性较好，适宜于做要求密闭的板壳结构，如高压容器、油库、气柜、管道等。

6. 钢结构耐腐蚀性差

钢材容易锈蚀，对钢结构必须注意防护，特别是薄壁构件更要注意，因此，处于较强腐蚀性介质内的建筑物不宜采用钢结构。钢结构在涂油漆以前应彻底除锈，油漆质量

和涂层厚度均应符合要求。在设计中应避免使结构受潮、漏雨，构造上应尽量避免存在难于检查、维修的死角。

7. 钢材耐热不耐火

钢材受热，当温度在 200℃ 以内时，其主要性能（屈服点和弹性模量）下降不多。温度超过 200℃ 后，材质变化较大，不仅强度总趋势逐步降低，还有兰脆和徐变现象。达 600℃ 时，钢材进入塑性状态已不能承载。因此，设计规定钢材表面温度超过 150℃ 后即需加以隔热防护，对有防火要求者，更需按相应规定采取隔热保护措施。

8. 钢结构在低温和其他条件下，可能发生脆性断裂

这点应引起设计者的特别注意。

1.2 钢结构的应用

钢结构的合理应用范围不仅取决于钢结构本身的特性，还取决于国民经济发展的具体情况。过去由于我国钢产量不能满足国民经济各部门的需要，钢结构的应用受到一定的限制。近几年来我国钢产量有了很大发展，1949 年全国钢产量只有十几万吨，1998 年已达 1 亿吨，加以钢材的材质和钢结构结构形式的改进，钢结构的应用得到了很大的发展。根据我国的实践经验，工业与民用建筑钢结构的应用范围大致如下：

1. 工业厂房

吊车起重量大或其工作较繁重的车间多采用钢骨架。如冶金厂房的平炉、转炉车间，混铁炉车间，初轧车间；重型机械厂的铸钢车间，水压车间，锻压车间等。近年随着网架结构的大量应用，一般的工业车间也采用了钢结构。

2. 大跨结构

如飞机装配车间、飞机库、干燥棚、大会堂、体育馆、展览馆等皆需大跨结构。其结构体系可为网架、悬索、拱架以及框架等。

3. 高耸结构

包括塔架和桅杆结构，如电视塔、微波塔、输电线塔、钻井塔、环境大气监测塔、无线电天线桅杆、广播发射桅杆等。

4. 多层和高层建筑

多层和高层建筑的骨架可采用钢结构。我国过去钢材比较短缺，多采用钢筋混凝土结构。近年来钢结构在此领域已逐步得到发展。

5. 承受振动荷载影响及地震作用的结构

设有较大锻锤的车间，其骨架直接承受的动力尽管不大，但间接的振动却极为强烈，可采用钢结构。对于抗地震要求高的结构也宜采用钢结构。

6. 板壳结构

如油库、油罐、煤气库、高炉、热风炉、漏斗、烟囱、水塔以及各种管道等。

7. 其他特种结构

如栈桥、管道支架、井架和海上采油平台等。

8. 可拆卸或移动的结构

建筑工地的生产、生活附属用房,临时展览馆等,这些结构是可拆迁的。移动结构如塔式起重机、履带式起重机的吊臂、龙门起重机等。

9. 轻钢结构

包括轻型门式刚架房屋钢结构,冷弯薄壁型钢结构以及钢管结构。这些结构可用于使用荷载较轻或跨度较小的建筑。近年来轻钢结构已广泛应用于仓库、办公室、工业厂房及体育设施,并向住宅楼和别墅发展。

10. 钢与混凝土组合结构

如组合梁和钢管混凝土柱等。

1.3 门式刚架轻钢结构

在工业发达国家,门式刚架轻型房屋钢结构经数十年发展,目前已非常广泛地应用于各种房屋中。近年来,我国也开始较多地采用这种结构。中国工程建设标准化协会1998年批准并于1999年发布了协会标准:《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS102:98),对这种结构的设计、制作和安装的技术要求作出了配套规定,这将对其进一步的发展起到积极作用。本节的内容按CECS102:98编写,这里所说的轻型门式刚架结构,专指主要承重结构为单跨或多跨实腹门式刚架、具有轻型屋盖和轻型外墙、可以设置起重量不大于200kN的中、轻级工作制桥式吊车或30kN悬挂式起重机的单层房屋钢结构。

1. 结构形式

门式刚架分为单跨[图1.3-1(a)]、双跨[图1.3-1(b)]、多跨[图1.3-1(c)]刚架以及带挑檐的[图1.3-1(d)]和带毗屋的[图1.3-1(e)]刚架等形式。多跨刚架中间柱与刚架斜梁的连接,可采用铰接(俗称摇摆柱)。多跨刚架宜采用双坡或单坡屋盖[图1.3-1(f)],必要时也可采用由多个双坡单跨相连的多跨刚架形式。

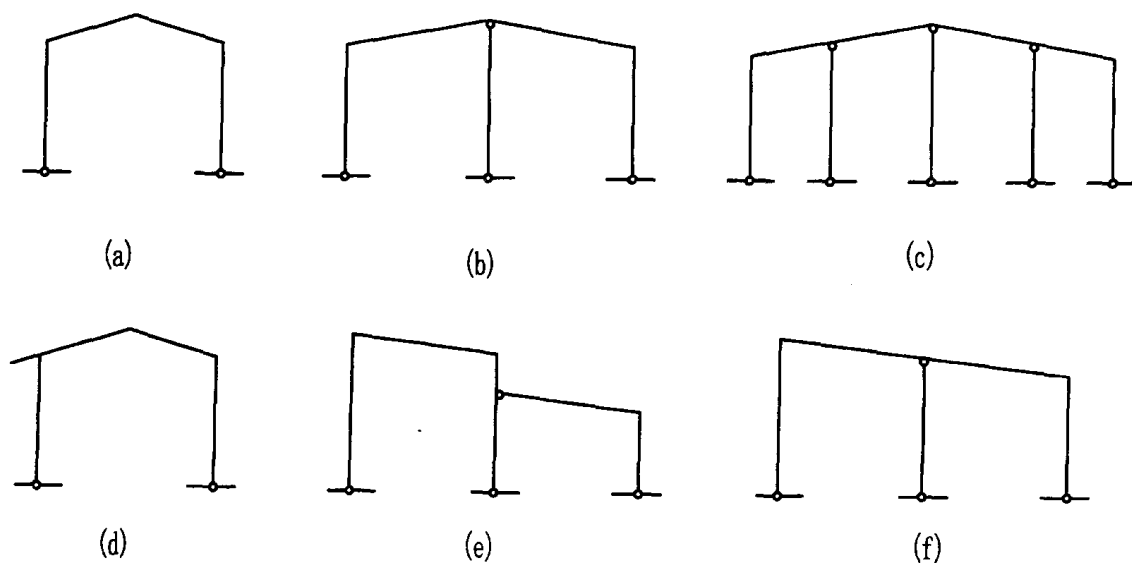


图 1.3-1 门式刚架的形式

在门式刚架轻型房屋钢结构体系中,屋盖应采用压型钢板屋面板和冷弯薄壁型钢檩条,主刚架可采用变截面实腹刚架,外墙宜采用压型钢板墙板和冷弯薄壁型钢墙梁,也可以采用砌体外墙或底部为砌体、上部为轻质材料的外墙。主刚架斜梁下翼缘和刚架柱内翼缘的出平面稳定性,由与檩条或墙梁相连接的隅撑来保证。主刚架间的交叉支撑可采用张紧的圆钢。

单层门式刚架轻型房屋可采用隔热卷材做屋盖隔热和保温层,也可以采用带隔热层的板材作屋面。根据跨度、高度及荷载不同,门式刚架的梁、柱可采用变截面或等截面的实腹焊接工字形截面或轧制 H 形截面。设有桥式吊车时,柱宜采用等截面构件。变截面构件通常改变腹板的高度,做成楔形,必要时也可以改变腹板厚度。结构构件在运输单元内一般不改变翼缘截面,必要时可改变翼缘厚度,邻接的运输单元可采用不同的翼缘截面。

门式刚架可由多个梁、柱单元构件组成,柱一般为单独单元构件,斜梁可根据运输条件划分为若干个单元。单元构件本身采用焊接,单元之间可通过端板以高强度螺栓连接。门式刚架轻型房屋屋面坡度宜取 $1/8 \sim 1/20$,在雨水较多的地区宜取其中的较大值。

门式刚架的柱脚多按铰接支承设计,通常为平板支座,设一对或两对地脚螺栓。当用于工业厂房且有桥式吊车时,宜将柱脚设计为刚接。

2. 建筑尺寸

门式刚架的跨度,应取横向刚架柱轴线间的距离。门式刚架的高度,应取地坪至柱轴线与斜梁轴线交点之间的高度。门式刚架的高度,应根据使用要求的室内净高确定,设有吊车的厂房应根据轨顶标高和吊车净高要求而定。柱的轴线可取通过柱下端(较小端)中心的竖向直线;工业建筑边柱的定位轴线宜取柱外皮;斜梁的轴线可取通过变截面梁段最小端中心与斜梁上表面平行的轴线。对于门式刚架轻型房屋:其檐口高度,取地坪至房屋外侧檩条上缘的高度;其最大高度,取地坪至屋盖顶部檩条上缘的高度;其宽度,取房屋侧墙墙梁外皮之间的距离;其长度,取两端山墙墙梁外皮之间的距离。

门式刚架的跨度,宜为 $9 \sim 36\text{m}$,以 3m 为模数。边柱的宽度不相等时,其外侧要对齐。门式刚架的高度,宜为 $4.5 \sim 9.0\text{m}$,必要时可适当加大。门式刚架的间距,即柱网轴线在纵向的距离宜为 6m ,也可采用 7.5m 或 9m ,最大可用 12m 。跨度较小时可用 4.5m 。

3. 结构平面布置

门式刚架轻型房屋钢结构的纵向温度区段长度不大于 300m ,横向温度区段长度不大于 150m 。当需要设置伸缩缝时,可在搭接檩条的螺栓连接处采用长圆孔并使该处屋面板在构造上允许胀缩;或者设置双柱。在多跨刚架局部抽掉中柱处,可布置托架。山墙处可设置由斜梁、抗风柱和墙架组成的山墙墙架,或直接采用门式刚架。

4. 墙梁布置

门式刚架轻型房屋钢结构的侧墙,在采用压型钢板作围护面时,墙梁宜布置在刚架柱的外侧,其间距随墙板板型及规格而定,但不应大于计算确定的值。外墙在抗震设防烈度不高于 6 度的情况下,可采用砌体;当为 7 度、8 度时,不宜采用嵌砌砌体;9 度时宜采用与柱柔性连接的轻质墙板。

5. 支撑布置

在每个温度区段或者分期建设的区段中，应分别设置能独立构成空间稳定结构的支撑体系。柱间支撑的间距根据安装条件确定，一般取 30 ~ 40m，不大于 60m。房屋高度较大时，柱间支撑要分层设置。在设置柱间支撑的开间应同时设置屋盖横向支撑以组成几何不变体系。端部支撑宜设在温度区段端部的第二个开间，这种情况下，在第一开间的相应位置宜设置刚性系杆。刚架转折处（如柱顶和屋脊）也宜设置刚性系杆。

由支撑斜杆等组成的水平桁架，其直腹杆宜按刚性系杆考虑，可由檩条兼作；若刚度或承载力不足，可在刚架斜梁间设置钢管、H 型钢或其他截面形式的杆件。

门式刚架轻型房屋钢结构的支撑，宜采用张紧的十字交叉圆钢组成，用特制的连接件（图 1.3-2）与梁柱腹板相连。连接件应能适应不同的夹角。圆钢端部有应有丝扣，校正定位后将拉条张紧固定。

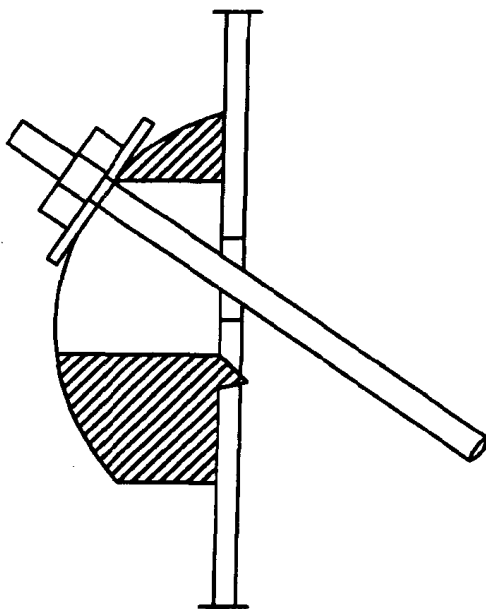


图 1.3-2 圆钢支撑与刚架构件的连接

1.4 中国钢结构的发展

1. 中国钢材产量、品种和质量

改革开放 20 年，中国钢产量从 1978 年的 3178 万吨增加到 1999 年的 12395 万吨，以每年 300 万吨以上的增长速度发展，成为世界上的产钢大国。其中成品钢材产量从 1978 的 2208 万吨增长到 1999 年的 12102 万吨，同样以每年 200 万吨以上的速度增长。钢材品种有铁道用材、大、中、小型材、优型材、冷弯线材、中厚板、薄板、无缝管等十三大类。其中用于土木建筑中的主要品种是线材、冷弯型材、薄板、带钢、硅钢片、焊接钢管及部分型材和中厚板。但每年仍从国外进口不少钢材。1997 年和 1998 年中国有马鞍山钢铁股份有限公司、莱芜钢铁股份有限公司和鞍山第一轧钢厂三个钢厂生产 H 型钢，设计能力为 140 万日吨，规格为 H100mm ~ 700mm。据有关部门统计，1999 年中国建筑用钢约占全部钢材产量的 20% ~ 25%，约 2500 多万吨。其中钢筋混凝土用钢筋、钢丝、钢绞线约 2000 万吨，钢结构约 200 万吨，金属门窗及设备支架约 300 万吨。钢结构用材目前仍以 Q235 为主，也有部分钢厂按日本或美国标准生产钢板。

2. 中国政府关于钢结构行业的政策

我国政府关于钢结构行业的政策自建国以来，经历的过程大致如下：1956 年建筑工程部设计总局颁发《1956 年设计技术组织措施计划纲要》，强调最大限度采用标准设计，尽量采用节约钢材的设计方案。1985 年《国家建筑技术政策纲要》指出：对大跨

度屋盖、超高层建筑及部分工业厂房和商业建筑,可以采用钢结构和钢与钢筋混凝土组合结构。大跨度公共建筑要推广应用网架、薄壳等空间结构体系。20世纪50年代后期至70年代末,我国工程界在钢筋混凝土结构的研究和应用方面取得了丰富的理论和实践经验,为国家节约了大量钢材和资金。但是进入20世纪80年代以后,钢结构用量不适当增加,建设资金和用钢量大幅度上升,影响基建投资效益。为了在确保工程质量的前提下,通过合理选择结构类型以节约钢材和降低造价,1987年国家发展计划委员会颁发《在建筑结构设计中使用钢材的若干规定》,《规定》指出:各种结构(如砖、钢筋混凝土以及钢结构)各有其独特的结构性能和符合国家经济条件的合理适用范围。一般来说,钢结构性能好,适用范围广,但用钢量大,造价也高,目前仍然限制使用。钢筋混凝土和预应力混凝土结构性能好,适用范围广,其用钢材量和造价均比钢结构低,宜推广使用。

1996年建设部编制的《1996~2010年建筑技术政策》提出:合理使用钢材、木材、水泥,改进施工及应用技术,推广应用高效、经济的低合金钢筋以及Ⅱ级钢筋、冷轧带肋钢筋、低松弛钢筋、钢绞线等;研制推广H型钢、闭合金钢、冷弯型钢、稀土钢、彩色涂层钢板、镀锌板、铝镁合金板和模板用冷轧钢板和环氧涂敷钢筋等;研制解决钢结构的防腐蚀技术、防水、防火涂料技术,以满足建筑用钢的发展需要;发展钢结构、开发钢结构制造和安装施工新技术;大力发展低合金钢和高效经济型建筑钢材,建立配套的建材、钢材及金属制品的产品结构。

1998年10月建设部发文《关于建筑业进行推广应用10项新技术的通知》,其中推广的新技术的第八项为钢结构技术。其主要内容为:高层钢结构技术;空间钢结构技术;轻钢结构技术;钢—混凝土组合结构技术;高强度螺栓连接和焊接技术;钢结构的防护技术。1999年5月建设部和冶金局共同发文,成立‘建设部、冶金局建筑用钢技术协调组’,秘书处挂靠建设部科技司和冶金局规划司,并成立‘钢筋混凝土’和‘钢结构’二个专家组。2000年5月建设部、国家冶金工业局建筑用钢协调组在北京召开了全国建筑钢结构技术发展研讨会,建设部和国家冶金工业局领导在会上作了重要指示,成立了全国钢结构专家组,讨论了国家建筑钢结构产业‘十五’计划和2010年发展规划纲要及建筑钢结构工程技术政策。提出‘十五’和‘2010’年建筑钢结构用材分别达到全国钢材总产量的3%和6%的目标。专家们提出将建筑钢结构归纳为高层重型钢结构、空间大跨度钢结构、轻型钢结构、钢—混凝土组合结构、住宅钢结构五大类。‘十五’期间应以住宅钢结构为发展的重点。

3. 钢结构推广应用简况

(1) 高层钢结构:自八十年代末,我国内地已建成及在建的高层钢结构建筑已有近40幢,总面积约320万 m^2 ,用钢量约30万吨,资金约600亿人民币。80年代在我国的深圳、上海、北京等建成11幢高层钢结构。90年代起,在北京、上海、深圳、大连、天津等地建成和正在施工的高层钢结构有11幢,形成了新的建设高潮,尤其是上海浦东陆家嘴金融区,已建成和建设中的就有12幢。上海金茂大厦(88层,总高度达420m)及正在施工中的环球金融大厦使中国的高层建筑进入世界的前列。与此相适应的高层钢结构的科学研究、设计及各项配套的施工技术均取得了较大进展,一大批建

工、造船、冶金、电力、铁道系统的金属结构厂和上海、北京及中建系统的机械化施工公司等，在钢结构制作和安装方面都达到了较高的水平。

(2) 空间结构：以网架和网壳为代表的空间网格结构继续大量发展。其特点是跨度大、面积大、形式多样。不仅用于一般民用建筑，而且用于工业厂房、机库、候机楼、体育场馆、展览中心等。如天津无缝钢管厂、首都机场飞机维修库（306m×90m）、沈阳博展中心室内足球场、天津体育馆、上海体育场、温州体育馆、广州东铁路新站、郑州碧波苑的网架，其跨度都达到七、八十米，一百多米跨度的网架或网壳也已屡见不鲜。又如北京海洋馆、济宁小松推土机联合厂房、江阴兴澄轧钢车间的面积都有二、三万平方米。空间网格结构又富于造型的变化，如宜春体育馆的飞碟形网壳、威海体育馆的贝壳形网壳，以及海南大佛的多层多跨网架都属此例。与此同时，一些高等学校还对网架和网壳的理论分析进行深入的研究，像单层网壳的稳定验算与地震反应分析，这些也都是设计中亟待解决的问题。应该说，网架与网壳仍是当前我国空间结构建设的主流。一批航站楼、会议展览中心、体育场馆开始采用矩型钢管、圆钢管制作空间桁架、拱架及斜拉网架结构，加上波浪形屋面更引起了人们的关注。

(3) 轻钢结构：近几年来，中国轻型钢结构建筑发展较快，主要用于轻型的工业厂房、棉花和粮食仓库、码头和保税区仓库、农产品、建材、家具等各类交易市场、体育场馆、展览厅及活动房屋、加层建筑等。轻型钢结构由彩色钢板制成墙面和屋面，由4mm以上钢板焊接成H型钢作为承重结构，一般采用门式刚架结构并用圆钢制成柔性支撑和高强螺栓连接。骨架用钢量一般在30kg/m²左右，施工速度快，得到业主的欢迎。中国一年大约有300多万平方米轻钢建筑竣工（包括门式刚架、轻钢房屋和压型钢板、拱壳屋盖）。近几年来，国外的钢结构制造商纷纷进入中国，如BUTLER、BHP、ABC、ASTRON、WARD公司等，加上国内几百家的轻钢结构制作厂，因此市场竞争很激烈。与轻钢结构相配套的保温、隔热材料、防火、防腐涂料、采光构件、门窗及连接件等也得到了迅速发展。

(4) 住宅钢结构：钢结构具有重量轻、抗震性能好、工业化程度高等优点，是一种绿色环保产品，住宅建筑可以大量采用钢结构，国外各类住宅中已采用了钢结构。建设部叶如棠副部长最近指出，要研究开发适用于不同建筑类型的钢结构建筑体系，尤其要重视轻钢结构住宅体系的研究开发。发展钢结构建筑，尤其是对国民经济有重大推动作用的住宅钢结构，有利于迅速提升住宅产业化程度，推进我国建筑用钢的技术创新和产业结构调整。八十年代我国开始引进国外的轻钢住宅并进行开发研究。如1986年冶金部建筑研究总院从意大利引进二层钢结构住宅，80年代末同济大学从日本积水株式会社引进二层钢结构住宅。最近建设部科技司住宅产业化促进中心组织有关单位积极推进住宅钢结构研究开发工作，在北京、天津、上海、长沙、山东莱芜等地已开展设计研究和工程试点。目前要解决住宅钢结构（包括6层以下、12层以下、18层以下）造价的合理定位、建筑设计完善创新、优化钢结构体系和相应节点构造、发展配套建材和设备，特别是外墙材料，开展试点工程进行技术交流，特别解决钢材防火、防腐、及保温、隔声、抗震等性能。

钢结构在中国的工程建设中日益得到重视，除上述的高层建筑、空间结构、轻型钢

结构、住宅钢结构外，还有桥梁、塔桅、容器、管道及大型装备等。其使用的钢材品种和数量都相当大。目前中国既是产钢大国，也是世界上消耗钢材最多的国家之一。可以肯定，随着中国经济进一步发展和改革的深入，将会有更多的重型、大跨、高耸、轻型的钢结构工程和大量的住宅钢结构建筑出现，届时我们会与世界各国的钢结构同行进行友好交流与合作。

第二章 钢结构材料及基本设计规定

2.1 钢结构材料及强度设计值

2.1.1 钢材的分类

钢材的种类常按不同用途、化学成分及生产工艺等进行分类。

1. 按建筑用途分类

按建筑用途分类时,有碳素结构钢(普通及优质),以及焊接结构用耐候钢(耐大气腐蚀钢)、高耐候性结构钢、桥梁用结构钢等专用结构钢。建筑结构中常用的为碳素结构钢和桥梁用结构钢。

2. 按化学成分的碳及合金元素分类

(1) 碳素钢:低碳钢($C \leq 0.25\%$)、中碳钢($C = 0.26\% \sim 0.6\%$)及高碳钢($C > 0.6\%$)。建筑结构中常用的为低碳钢;

(2) 合金钢:低合金钢(合金元素总量 $< 5\%$)、中合金钢(合金元素总量 $5\% \sim 10\%$)及高合金钢(合金元素总量 $> 10\%$)。建筑结构中常用的为低合金钢。

3. 按化学成分的硫及磷含量分类

(1) 普通钢: $S \leq 0.05\%$, $P \leq 0.045\%$;

(2) 优质钢: $S \leq 0.045\%$, $P \leq 0.04\%$;

(3) 高级优质钢: $S \leq 0.035\%$, $P \leq 0.03\%$ 。

建筑结构中常用的为普通钢及优质钢。

(4) 按炼钢炉炉种分类

按炼钢炉炉种分类时,有平炉钢、氧气顶吹转炉钢、碱性侧吹转炉钢及电炉钢等。建筑结构用的碳素结构钢及低合金钢由前两种炉炼成。碱性侧吹转炉钢在《钢结构设计规范》GBJ17—88中已不推荐采用,电炉钢的质量虽好,因价格高,一般不采用。

5. 按浇注时脱氧程度及方法分类

(1) 沸腾钢:沸腾钢是在钢液中仅用锰铁弱脱氧剂进行脱氧。钢液在铸锭时有相当多的氧化铁,它与碳等化合生成一氧化碳等气体,使钢液沸腾。铸锭后冷却快,气体不能全部逸出,因此有下列缺陷:

①钢锭内存在气泡,轧制时虽容易闭合,但晶粒粗细不匀;

②硫、磷等杂质分布不匀,局部也较集中;

③气泡及杂质不匀,使钢材质量不匀,尤其是使轧制的钢材产生分层,当厚钢板在垂直厚度方向产生拉力时,钢板产生层状撕裂。

沸腾钢虽有上述缺陷,但由于沸腾钢价格低于镇静钢,质量能符合一般建筑结构的要求,故得到广泛应用。但是,对于承受动力荷载的承重结构,以及室外温度为 -20°C