



百年建筑 始于足下

中国钢结构协会三十年

中国钢结构协会 编著

中国建筑工业出版社



百年建筑 始于足下

中国钢结构协会三十年

中国钢结构协会 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

百年建筑 始于足下 : 中国钢结构协会三十年 / 中国
钢结构协会编著. — 北京 : 中国建筑工业出版社, 2014. 9
ISBN 978-7-112-17260-3

I. ①百… II. ①中… III. ①钢结构—结构设计—中
国—图集 IV. ①TU391.04-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第208642号

百年建筑 始于足下

中国钢结构协会三十年

中国钢结构协会 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

工业建筑杂志社有限公司制版

北京方嘉彩色印刷有限责任公司印刷

*

开本: 880×1230毫米 1/16 印张: 23^{3/4} 字数: 820千字

2014年10月第一版 2014年10月第一次印刷

定价: 280.00元

ISBN 978-7-112-17260-3

(26047)

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)

序 言

三十年前中国钢结构协会成立时，正值改革开放之初，我国国民经济建设正处于大发展时期，各行各业对钢材的需求日益增加，钢铁材料供不应求，为缓和钢材供需矛盾，当时冶金部出台了两项重大政策，一是提高钢铁成材率，大力发展连铸；二是发展高效钢材，达到以少胜多、以质胜量、节约钢材的目的。为此，需要成立一个跨行业、跨学科、跨部门的协调组织，于是一九八四年四月初，冶金部请示了国家科委、国家经委和国家计委，决定成立中国钢结构协会。一九八四年六月，中国钢结构协会正式成立，依托单位为冶金工业部建筑研究总院，现为中冶建筑研究总院有限公司。

中国钢结构协会成立三十年以来，现已有团体会员近三千五百余家，成员涵盖所有与钢结构相关的大专院校、设计科研、制造施工等单位。至今协会已设立有二十一家分支机构，包括桥梁分会、冷弯型钢分会、结构稳定与疲劳分会、海洋钢结构分会、塔桅钢结构分会、房屋建筑钢结构分会、钢-混凝土组合结构分会、钢结构焊接分会、钎钢钎具分会、粉末冶金分会、线材制品行业分会、容器管道分会、空间结构分会、钢管分会、钢结构防火与防腐分会、锅炉钢结构分会、预应力结构分会、钢筋焊接网分会、钢结构质量安全检测鉴定专业委员会、钢结构围护系统分会、钢结构工程管理与咨询分会；一个专家委员会，现有专家 186 名；主办国内外公开发行的专业杂志《钢结构》和中国钢结构协会网站。

为了总结弘扬中国钢结构行业三十年来的辉煌成就，同时也对协会成立三十周年予以纪念，协会特别邀请行业内的老专家、老领导和部分工程院院士、技术专家，以及长期从事协会工作骨干撰写了回顾纪念性文章，汇编结成《百年建筑 始于足下——中国钢结构协会三十年》，以此纪念、回顾、展望蓬勃发展的钢结构事业。同时，为了总结三十年来的辉煌成就和表彰为行业做出卓越贡献的人物，协会还组织评选了“中国钢结构三十年经典工程”、“中国钢结构三十年领军人物”、“中国钢结构三十年杰出贡献人物”，收录在文集中供全行业共同学习借鉴。

本文集鉴于时间原因，从选材、编辑以及其他方面一定会有所疏漏，在此恳请谅解。文章中提到的史实和我们评选的工程、人物仅是发生在中国钢结构行业这片沃土中的一小部分，大量默默无闻、不辞辛苦的“钢结构人”为推动我国钢结构乃至世界钢结构行业的发展都起到了至关重要、不可磨灭的作用，我们为不能一一列举这些人和事而表示深深的遗憾。我们希望，等到中国钢结构协会成立四十年、五十年的时候，当中国真正成为钢结构强国的时候，我们这些曾经为之努力奋斗的人，可以为“中国钢结构梦”的实现感到欣慰。

中国钢结构协会
二零一四年十月

目 录

第一章 三十年历程

1

回顾与展望

中国钢结构行业改革开放发展成就与中国钢结构协会 30 周年	刘万忠 汪奎田 陈禄如, 等	3
我国钢结构设计理论与技术标准发展历程与展望	沈祖炎	20
空间结构理论研究 30 年进展	沈世钊	24
现代大跨空间结构在中国的应用发展、问题与展望	董石麟 袁行飞 赵 阳	32
钢结构理论发展与钢结构教科书的演变	郝际平 陈绍蕃	54
钢结构桥梁发展历程与展望	张玉玲 陶晓燕	60
香港的钢结构发展——回顾与展望	钟国辉 任志浩 何浩祥	64
澳门近三十年的钢结构发展概述	梁荫冲 张汉耀 陈启明	71
台湾钢结构产业之发展	台湾钢结构协会	78

技术创新与工程实践

钢-混凝土组合结构研究应用现状与发展前景	聂建国 樊健生 陶慕轩	79
大跨度空腹夹层板楼盖与装配整体式空间钢网格盒式结构的研究与应用	马克俭 栾焕强 张华刚, 等	82
钢结构用新钢种的回顾与发展	何文汇	96
钢结构技术规程工作的现状问题与建议	柴 昶	101
我国抗震设计方法及其在高层钢结构中的应用	郁银泉 王 喆 蔡益燕	105
我国高层建筑钢结构设计发展与展望	汪大绥 包联进	112
欧美建筑结构标准体系概述	李志明	118
空间结构工程应用的新进展	张毅刚	127
中国现代预应力钢结构创新发展三十年	陆赐麟 张爱林	137
轻型钢结构建筑发展回顾及展望	弓晓芸	142
钢结构住宅产业化的探索	杨强跃 王彦超	148
钢结构制造技术现状与发展	范懋达	153
钢结构二次加工设备回顾与展望	李胜军	155
现代钢管混凝土及其混合结构部分进展	韩林海 李 威	158
扭剪型高强度螺栓研制及应用	贺贤娟 侯兆新 陈禄如	165
现代大跨度钢结构关键施工技术	鲍广鉴	167
钢结构摩天大楼高效施工新技术	王 宏	170
基于 BIM 技术的结构设计方法	杨蔚彪 束伟农 宫贞超	174
大型可开启钢结构建筑的工程实践	孙关富 邓伟平	179

纪实与发展

钢结构桥梁与分会发展历程	张玉玲 陶晓燕	184
冷弯型钢迅速发展三十年 经济转型又逢新机遇	韩静涛	188
结构稳定与疲劳分会发展	石永久 李少甫 周绪红	192
海洋钢结构发展前景与分会的成长历程	翁震平 祁恩荣	194
塔桅钢结构分会三十年历程	周 纬	198
房屋建筑钢结构发展与分会的成长和展望	吴耀华 陈禄如 俞国音	199

钢-混凝土组合结构分会及钢管混凝土结构在我国发展历程	张耀春	201
钢结构焊接技术发展展望	周文瑛	207
我国钎钢钎具工业的发展历程与回顾	董鑫业 胡 铭	212
我国粉末冶金产业发展及其协会的工作	韩 伟 李献璐 张志恒	218
在学习和探索中求发展 在开拓创新中求壮大	沈世续 刘 喆 曾小平	224
容器管道分会发展历程与展望	窦万波 许 强 李鹤林	227
空间结构分会发展历程回顾与展望	张毅刚	229
中国钢管工业改革开放 30 年发展综述	张振纲 庄 钢 孔令铭, 等	237
我国建筑钢结构防火防腐技术发展概况	李国强 杜 咏 葛俊伟, 等	243
锅炉钢结构特点与技术发展趋势	孙洪鹏 贾天新	249
预应力钢结构技术发展及产业发展趋势	郭正兴	254
钢筋焊接网在钢结构工程中的应用	张 伟	263
钢结构的检测鉴定现状与发展	耿树江 李永录 弓俊青, 等	266
专家委员会的回顾	陈禄如 侯兆新	276

第二章 经典工程及人物表彰 283

经典工程项目	285
港澳台经典工程	292
领军人物	293
学术领军人物	294
企业领军人物	298
杰出贡献人物	299
杰出贡献人物（专家学者）	300
杰出贡献人物（企业家）	308
杰出贡献人物（协会工作者）	313
港澳台杰出人物	318

第三章 辉煌成就 321

中国钢结构协会科学技术奖	323
中国钢结构协会杰出人才奖	333

第四章 国际、港澳台技术交流 337

第五章 协会历届理事会名单 361

第一章 三十年历程



中国钢结构行业改革开放发展成就 与中国钢结构协会 30 周年

刘万忠 汪奎田 陈禄如 刘毅
中国钢结构协会, 北京 100088

摘要: 2014 年是中国改革开放进入 36 年的深入发展阶段, 国民经济建设的快速发展提升了中国的综合实力。钢结构作为传统的结构形式与我国工业化、城镇化、信息化、农业现代化紧密相连, 在国民经济建设各个领域发挥着积极作用并已逐步成为战略性新兴产业, 绿色、环保、循环经济及可持续发展得到全球广泛的重视和认可。中国钢结构协会在成立 30 周年的发展历程中, 肩负着行业的责任并积极推动了钢结构事业的全面发展, 30 年来钢结构行业的发展和所取得的成就举世瞩目, 几代钢结构人的共同奋斗、孺子牛的精神值得弘扬光大, 铭记史册。

值此三十而立的历史瞬间, 对中国钢结构行业和中国钢结构协会 30 年来发展过程中的重大事项, 包括国家政策、钢结构用钢、重大工程建设成就、协会自身建设发展等方面进行回顾。在此感谢数十年帮助、关心、支持钢结构行业发展的所有企事业单位, 以及各位领导、专家、学者、企业家。

0 前言

1984 年是中国改革开放的第 6 年, 国民经济建设各领域均得到快速发展, 许多国外先进技术、装备、产品不断被引进、消化、吸收。诸如钢铁、化肥、乙烯、汽车、家电等产业的投资建设达到空前高潮, 各行业对钢材需求与日俱增。当年全国粗钢产量仅 4348 万 t, 钢材表观消费量 4683 万 t, 进口钢材 1331 万 t, 钢材自给率仅 72%。钢材的品种主要是以 A3 钢 (Q235)、16 锰钢 (Q345)、20 锰硅 (二级钢筋) 等为基础的钢板、型钢及钢筋。许多工业部门需要的重要品种及高强度级别钢材需要大量进口。为此, 在国务院国务委员、中国科学院院长方毅同志的直接领导下, 全国组织开展了低合金钢、合金钢研究应用的重大课题。冶金工业部经过调查研究, 学习前苏联推广应用“高效钢材”的经验, 组织以低合金钢、合金钢为重点, 包括粉末冶金、经济断面钢材 (H 型钢、冷弯型钢)、涂镀层、热处理钢材等的开发应用, 同时召开多次全国性会议进行推广。通过这些有效措施和经济活动, 促进了使用钢材的各部委、大型企业在节约合理使用钢材的基础上, 发挥高效钢材的作用, 使 1t 钢材达到 1.3~1.5t 的效能, 为节省钢材、节约资源和为国家经济建设健康发展起到了一定的作用。

在此背景下, 许多领导及专家提出组建一个跨部

门、跨行业、跨地区的协会, 来协调钢铁生产部门与用户之间的联系和沟通, 促进钢材更加科学地开发应用。为此, 以冶金工业部钢铁司、科技司、基建局、中国金属学会、冶金部建筑研究总院发起开展筹备工作。经多方努力, 得到国家计委、国家经委、国家科委、铁道部、城建部、总后勤部等十几个部委及所属公司、院所大力支持, 并直接委派有关领导参加组建协会工作。协会先后经冶金工业部 (84) 冶钢函字第 371 号、国家经委经体 (85) 第 701 号文批准, 于 1984 年 6 月在北京宣告中国钢结构协会成立。协会的重要宗旨是“依靠科学技术进步, 充分发挥钢材的使用性能, 延长钢结构的使用寿命, 节约钢材用量, 提高社会综合经济效益。”

中国钢结构协会第一届理事会推荐选举冶金工业部副部长周传典为协会会长, 冶金部建筑研究总院长刘鹤年、技术顾问邓恩诚, 清华大学土木系主任王国周、铁道部基建局副总工李曙明、水利电力部科技司副总工吴维诚、中国海洋石油工程公司副总经理胡克新等 12 位领导、专家担任协会副会长。冶金部建筑研究总院副总工程师陈建和担任协会秘书长, 冶金部钢铁司处长张乃平、冶金部建筑研究总院学会办公室主任汪奎田、冶金部建筑研究总院冶金部建筑研究总院钢结构研究室主任陈禄如担任协会副秘书长。聘请了冶金工业部顾问李非平、同济大学名誉校长李国

豪、城乡建设部设计局顾问陶逸钟等 9 位领导担任协会顾问,协会秘书处挂靠在冶金部建筑研究总院。此后,在协会正副会长领导下,协会秘书处抓紧筹备有关专业分会工作,并积极开展有关钢铁、钢结构行业的技术经济活动。经过一年多的时间,协会先后成立了桥梁钢结构、结构稳定与疲劳、海洋钢结构、冷弯型钢、塔桅钢结构、房屋建筑钢结构、钢-混凝土组合结构等 7 个专业分会。

协会以科学技术进步为指导方针,发挥协会成员单位人才、技术、装备等优势,开展国内外技术交流、考察和合作,全面推动钢结构行业的技术、产业与市场发展的紧密结合。协会不断加强企业与政府部门、钢材与用户、科研与市场等方面密切联系,增加了协会的凝聚力和影响力。在此期间,中共中央、国务院对社会团体组织展开多次清理整顿工作,1998 年 10 月由国务院正式颁布《社会团体登记管理条例》,按照条例要求和规定,协会经过严格审查,作为第一批批准注册登记的全国性社会团体(详见中华人民共和国民政部社会团体核准登记公告第一号)。业务主管部门先后从冶金工业部、冶金工业局、国家经济贸易委员会,到目前的国务院国有资产监督管理委员会。

从 1984—2014 年,协会在国家有关部委支持下,经过 30 年的发展壮大,历经共计六届理事会领导和全体理事的不懈努力,凝聚了全行业的企事业单位的专家、学者及企业家,成员单位达 3000 余家。下设 22 个分支机构,出版刊物《钢结构》、《粉末冶金工业》、《线材制品通讯》、《冷弯型钢》等,建立了协会及分会的互联网站。与全球十余个国家、地区的钢结构学会、协会建立了密切联系,开展了上百次技术交流、考察和互访。

目前中国钢结构协会已经基本形成了在国内具有一定权威,国际具有重要影响的行业协会。

1 全面推动钢结构事业发展

中国钢结构协会是具有行业性和学术性的社会团体,结合经济体制改革和行业发展的需要,进行了大量的调查研究并提出与技术、经济、市场相关的分析及建议报告。协会及分会许多领导、专家、学者结合自身专业造诣及在该领域的权威影响力,提出钢材在诸如建筑、桥梁、水电、容器、管道、塔桅等领域的使用现状及国际发展趋势,并积极参与制定有关经济、技术政策,为全面推动我国钢铁、钢结构发展发挥了重要作用。下面就有关行业重大事项总结如下。

1.1 积极推动我国钢结构发展的技术政策、方针

1986 年 4 月国家计委副主任黄毅诚专门在《经济日报》发表《节约钢材具有重大经济意义》的文章中,阐述了有关提高钢材利用率、改进产品设计、提高钢材内在质量、制定符合国情的节约钢材法规等观点。同时责成国家计委节能局与有关部委共同开展相关工作。在冶金工业部直接领导组织下,协会与有关科研院所、高等院校先后组成了 15 个调查组,100 多人参加,共同完成了对机械制造业、基本建设用钢材,以及冷弯型钢、粉末冶金、金属腐蚀与防护等领域的调研报告,经整理编辑于 1987 年 11 月出版了《节约钢材调查报告汇编》。根据该调查内容及提出的意见建议,并按照国家计委安排,组织建筑行业有关专家编制有关工程建设中节约使用钢材的规定。经国家计划委员会批准于 1987 年 1 月 14 日颁布了《关于印发〈在建筑结构设计中使用钢材的若干暂行规定〉的通知》,为缓解钢材供需矛盾,克服钢材使用中不合理和浪费现象发挥了重要作用。另外,国家计委、国家科委、国家机械委、冶金部、建设部、国家物资局的有关司局,于 1987 年 12 月 21—23 日在北京联合召开了“全国节约钢材经验交流会”。会议对节材工作的组织领导、宣传、规划、制订法规等提出了要求。在此期间,共同推动并促成了国家对经济断面钢材的投资建设,即全国第一个热轧 H 型钢项目在马鞍山钢铁公司上马,该项目具备 60 万 t 的生产能力,于 1998 年 7 月投产。

1996 年国家建设部编制了《1996—2010 年中国建筑技术政策》,提出“合理使用钢材,发展钢结构、开发钢结构制造和安装施工新技术”。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》,其中第 8 项“钢结构技术”的推广依托单位为冶金部建筑研究总院。2000 年 5 月,国家建设部、国家冶金工业局成立了建筑用钢协调组,并在北京召开了“全国建筑钢结构技术发展研讨会”,成立了钢结构专家组,讨论了“十五”计划和 2015 年发展规划纲要,确定 2015 年建筑钢结构的发展目标,争取每年全国建筑钢结构的用钢量达到钢材总产量的 6%。为改变传统住宅生产方式和提高住宅质量,1999 年国务院国办发[1999]72 号文件,转发国家发改委、建设部《关于推进住宅产业化、提高住宅质量若干意见的通知》。2001 年建设部以建科[2001]254 号文件颁发了《钢结构住宅建筑产业化技术导则》。随着钢结构建筑逐步增多,2002 年 6 月建设部又专门组织编制了《建设事业技术政策纲要》,并于 2004 年 4 月

正式颁发来指导建设领域的科技开发与创新及科技成果的推广应用和产业化活动,其中单列《建筑钢结构》一章,执笔专家为陈禄如、柴昶、张运田。从2011年起,协会及许多领导、专家、学者,以及每年的“全国政协和全国人大代表”均有呼吁重视和推广钢结构的迫切性、重要性的提案。

根据党的“十八大”精神,生态文明建设提高到新时期国家战略机遇发展期的历史高度,国家有关部门随之出台了一系列的重要文件,如2012年财政部、住建部以财建[2012]16号发布《关于加快推动我国绿色建筑发展的实施意见》。2013年1月1日国务院国办发[2013]1号《绿色建筑行动方案》,明确提出“推广适合工业化生产的预制装配式混凝土、钢结构等建筑体系,加快发展建设工程的预制和装配技术,提高建筑工业化技术集成水平。”2013年10月6日国务院在国发[2013]41号《关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》中,提出“推广钢结构在建设领域的应用,提高公共建筑和政府投资建设领域钢结构的使用比例,在地震等自然灾害高发地区推广轻钢结构集成房屋等抗震建筑;推动节能、节材和轻量化,促进高品质钢材、铝材的应用,满足先进制造业发展和传统产业转型升级需要,加快培育海洋工程装备、海上工程设施市场”等要求。另外,国务院还颁布了关于《大气污染防治行动计划》、《国家新型城镇化规划2014—2020》等重要文件及指导方针,为我国发展绿色建筑,促进循环经济和可持续发展,促进新兴钢结构制造业发展,大力推广钢结构均起到了积极推动作用,钢结构事业发展进入到结构调整、转型升级、提升实力,生机勃勃的新阶段。

1.2 钢结构用钢材及深加工产品的应用开发

钢结构用钢材以钢板、钢管、型钢为主,包括钢丝、钢绳、钢绞线、钢棒、铸钢,以及连接使用的高强螺栓、焊丝、焊条等。根据现代建筑发展和大跨、大空间工程建设需要,对钢材的性能和市场需求还在不断发展变化中。近30年我国钢铁工业的整体水平不断提高,国产钢材基本均能满足工程建设的使用要求。在这30年期间,协会和各专业分会为钢结构用钢的需要、为填补国内空白、为国产钢材与国际钢材标准和实物质量接轨等方面做了大量工作。如九江长江公铁两用大桥需要高强度桥梁钢,冶金部、铁道部、鞍钢、钢结构协会等单位共同组织协调,开发出15MnVN桥梁钢,满足了该桥梁跨度达216m的需要,是我国继武汉、南京长江大桥后建设的又一座具有里程碑意义的桥梁。通过进一步开发完善,桥梁钢系列已经基本

满足工程建设需要,并先后提供给上百座具有世界先进水平的桥梁工程,许多国产桥梁钢材和中国制造的桥梁也出口到海外。20世纪90年代初深圳建设的第一栋超高层建筑——深圳发展中心大厦中,采用进口厚度达130mm的钢板,引起钢结构业界高度重视并提出高层建筑用钢国产化,在以舞阳钢铁公司为首的钢铁企业支持下,开发出了具有低屈强比、可焊性、抗层状撕裂的高层建筑用钢和宽厚钢板,满足了我国大跨、高耸建筑建设的需要。协会组织参与编制完成结构钢材的强度级别和使用标准,形成了Q235、Q345、Q390、Q420、Q460系列,以及替代美国、欧洲、英国标准的钢材设计规范等。其他还有预应力钢丝、钢绞线用钢、石油天然管线用钢、压力容器用钢、海洋石油平台用钢、液化天然气储罐用钢国产化等。金属围护结构系统、楼层板系统、轻钢龙骨体系、冷弯型钢体系等经过近30年的研究开发,产业化、市场化做到与国际先进标准靠拢,支撑和完成了许多重大标志性工程,推动了钢结构在工业、民用建筑、装备制造等行业的快速发展。

2013年我国粗钢产量达到7.79亿t,占全世界粗钢产量的48.5%。如此庞大的资源对钢结构行业来说是巨大的战略发展机遇。目前我国钢结构消费的钢材约4000万t,仅占5%左右,而在土木工程中使用的钢筋、线材达3亿多t。发展钢结构不仅是化解钢铁产能过剩,而且也是发展制造业、建筑业,打造新兴战略性产业的良好时机。同时还是发展绿色建筑、储备资源、可持续发展及开创循环经济的新途径。

1.3 钢结构标准、规范、专利及工法

我国的钢结构在结构钢材标准及有关钢结构工程建设的设计、制造、施工、验收规范等方面均已形成比较完整的体系,随着技术进步和科技创新发展,需要不断更新和修订。目前钢结构行业经常使用和强制执行的规范标准达100余个。既有设计、施工国家标准,诸如GB50153—2008《工程结构可靠度设计统一标准》、GB50011—2010《建筑抗震设计规范》、GB50017—2003《钢结构设计规范》,GB50205—2001《钢结构工程施工质量验收规范》等,还有原建设部、冶金部、交通部、铁道部、水利部、工程建设标准化协会等行业标准规范,诸如GB/T1591—2008《低合金高强度结构钢》、JGJ99—98《高层民用建筑钢结构技术规程》、JGJ82—91《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》、CECS290:2011《波浪腹板钢结构应用技术规程》、TB10002—2005《铁路桥梁钢结构设计规范》、GB/T22395—2008《锅

炉钢结构设计规范》等。目前，在钢结构工程建设领域，熟悉相关标准与规范的设计、研究单位和人才相对来说比较缺乏。更忧心的是当今技术和产业日新月异，许多标准和应用规范的修订、编制严重滞后。而规范标准的修订、编制必须依靠行业和企业力量才能完成，这也是行业协会任重道远的职责和任务。此外，更多具有自主知识产权的专利、发明和创新技术及产品如何受到保护和扩大市场领域是市场经济发展中的重大问题。许多专业性和共性的技术及产品，例如桥梁、塔桅、房屋建筑的专业特点和具有共性的耐候性、防腐、防火，全寿命期的设计、计算及回收利用等问题，都需要制定和建立有关政策、标准、规范进行管理。

1.4 钢结构技术及产品带动并促进钢结构产业兴起

钢结构体系随着时代发展，新技术、新材料、新成果日新月异，满足了各种各样的建设发展需要，同时也面临社会发展进程中对人居环境、智能化、生态文明的各种挑战。钢结构在近 30 年的发展总体是曲折向上的，从限制、节约使用到合理使用，再到如今在建设领域全面推广。从全国人均消费粗钢几十千克到达到发达国家人均 500kg 以上水平，钢铁工业的快速发展为我国工业化进程、为制造业快速发展提供了巨大资源。早期钢结构仅在传统的重要建筑中使用，长期以来在一定程度上也制约了钢结构的发展。我国钢结构的开发应用与改革开放后引进国外先进技术、装备，消化移植和再创新密不可分。从简单的桁架、网架、门式刚架、彩色钢板围护结构，到建成系列的生产钢结构厂房、高层建筑、大跨空间建筑、桥梁及装备制造等专业化生产线，以及专业化设计、施工、检测、监理队伍，已经形成了比较完整的钢结构设计、施工、检测及监理产业链。具有先进装备和现代化管理的钢结构企业上万家，其行业产量、产值、规模名列世界第一。

改革开放初期我国许多著名研究院所如冶金部建筑研究总院、铁道科学研究总院、机械部合肥通用机械研究院、中国船舶科学研究院、清华大学、同济大学、哈尔滨工业大学及许多大中型重点企业，积极引进和消化吸收国外先进技术，研究开发了各种新颖的结构体系、相关技术和产品。从技术、装备、产品到应用规范标准的建立完善和修订，包括热轧 H 型钢、焊接 H 型钢、箱型梁柱、压型钢板、夹芯板；网壳结构焊接球、螺栓球、管结构；悬索、斜拉索、张弦、预应力、索膜、索网；框架、框筒、钢-混凝土组合结构、带支撑框架、交错桁架、盒式结构、预应力弓式结构；

轻钢龙骨、冷弯型钢、高强螺栓、高频焊 H 型钢、方矩管、波形腹板焊接 H 型钢等结构和配套产品；还有风电、核电、钻井平台、油气储备、管道运输装备等，为我国现代化厂房和轻型房屋建筑、多高层建筑、大型公共建筑、住宅建设和国民经济建设的各个行业发展提供了全新的技术和产品，满足了中国现代化建设过程的各项需要，整个行业充满了生机和活力，未来的钢结构市场前景广阔、潜力无穷。

2 钢结构重大工程建设及标志性建筑发展成就

2.1 体育场馆建筑及全球性重大活动的工程建设

体育场馆及大型会展中心是具有代表性的公共建筑，从体育与建筑，人文到城市地标，以及周边环境、交通、食宿等，均体现出一个国家或一座城市的风貌。20 世纪 50 年代，我国除了北京、上海建设了一批能够承担国际大型体育赛事的场馆外，为承担全运会、省运会、农运会及亚运会、世界大运会、奥运会、世博会等，全国主要城市均兴建了大量大型体育场馆、奥林匹克中心、全民健身体育中心等。随着经济建设和商务活动需要，大型会议展览中心也不断涌现。这些大跨、大空间建筑形式新颖，结构复杂，充分体现了钢结构的优势和不可替代性。这些场馆建设均体现并代表了我国钢结构技术、产业发展的沿革，如 1990 年北京举办第十一届亚运会，新建的具有代表性的体育综合馆，以及当时亚洲最大、可容纳观众 6000 人的英东游泳馆，北京西站等一批公共建筑，均采用焊接球、螺栓球网架结构和金属屋面系统。2008 年北京举办第 29 届奥运会改造新建 39 个体育场馆，贯彻了“科技奥运、绿色奥运、人文奥运”三大理念，具有代表性的工程是国家体育场（鸟巢）采用箱形弯扭构件组成的巨型桁架结构体系，所使用钢材强度等级达到 Q460，钢板厚度 110mm；国家游泳馆（水立方）采用钢管相贯结点的复杂空间结构，其围护结构均采用聚四氟乙烯膜材（PTFE）；奥运会羽毛球比赛馆（北京工业大学体育馆）采用预应力弦支穹顶屋盖。2010 年上海世博会永久保留的建筑“一轴四馆”，即膜结构（世博轴）、飞碟（文化中心）、会展中心、世博主题馆、东方之冠（中国馆）均代表了当代钢结构的技术水平。2010 年广州亚运会，新建 12 个、改扩建 70 个体育场馆。2011 年深圳世界大学生运动会新建 22 个场馆等。还有可节能降耗，与大自然空气流通的开闭式体育场馆在南通、北京、上海、内蒙等地建成

使用。这些场馆建设不仅满足了世界性的大型体育竞赛要求,体现了现代中国技术、经济、文化实力,而且在建筑艺术风格、人文历史、绿色、节能、生态环境等方面展现了体育建筑的创新和发展,诸如“鸟巢”、“水立方”、“海螺”、“春茧”、“水晶石”,这些充满艺术幻境的建筑作品,体现出凝固的伟大艺术,设计使用寿命长达 100 年以上。

2.2 钢结构桥梁

钢结构桥梁在我国具有悠久的历史,从古代铁链桥到近代所有的各种各样钢结构桥梁形式,从跨江河、跨海湾到跨海峡,遍布全国及港澳地区。从 20 世纪 50 年代由前苏联援建在长江建设了第一个公路、铁路两用武汉长江大桥开始,“一桥飞架南北,天堑变通途”,目前在长江已经建设了近百座桥梁。长江上游的重庆拥有上万座各种类型桥梁被称为“桥梁博物馆”、“桥梁之都”,中游武汉具有桥梁勘察设计、制造、施工等雄厚实力被誉为“建桥之都”。

目前我国每年建设桥梁上千座,特别是高速公路、高速铁路、城市立体交通的快速发展,大量中小跨度桥梁基本是预应力钢筋混凝土桥梁为主,跨度超过 200m 以上才根据造价、工期、环境等因素考虑适合的钢结构桥型。钢结构桥梁体系包括钢管混凝土拱桥,钢-混凝土组合桥,桁架桥、斜拉桥、悬索桥及公路、铁路两用特大桥等,桥梁产业也得到快速发展,不仅满足了国内建设需要,加工制造出口日益增多。有些企业成为国际著名企业,负责规划设计到工程建设的总承包。最近,中铁大桥集团公司中标了中国连接东南亚的泛亚铁路重要通道——孟加拉国公铁两用的帕德玛大桥。

中国钢结构桥梁在技术、产业、市场等方面取得的成就非凡,在许多重大桥梁建设中取得了一系列具有自主知识产权的技术及产品。这与许多老一辈专家

学者坚持我国桥梁建设独立自主精神是分不开的,在完全由中国人自己从桥梁勘察设计、国产钢材开发、制造加工、施工安装到维护检修的许多大型桥梁建设中,创造了一系列中国之最、世界之最,被称之为世界桥梁大国、桥梁强国。例如从南京长江大桥(主跨 160m,钢材强度等级 Q345),到世界领先的第一座具有六线铁轨,同时满足高铁客运时速 300km、旧线 200km、城铁 80km 需要,设计荷载最大的南京大胜关长江大桥(主跨 336m,钢材强度等级 Q420),还有世界第一的中承式钢管混凝土拱桥——巫山长江大桥(跨度 492m),世界第一的钢拱桥——重庆朝天门大桥(跨度 552m),世界第二的全焊接上海卢浦大桥(跨度 550m),世界第二悬索桥——舟山西堠门跨海大桥(跨度 1650m),以及具有多项技术在世界领先的苏通长江斜拉大桥(跨度 1088m)等。正在建设中的港珠澳大桥,全长 35km,设计使用寿命 120 年,设防烈度为 8 度,钢结构桥梁用钢 40 多万 t。据有关部门统计,在世界各类大跨度桥梁排序中,大跨径斜拉桥前 10 名中,我国共占 7 座;大跨径悬索桥前 10 名中,我国共占 5 座;大跨径拱桥前 10 名中,我国共占 5 座。这些世界著名桥梁工程充分说明我国桥梁技术的进步和所取得的成就,代表了桥梁大国、强国的总体水平,不断地推动了我国公路、铁路、城市交通的发展,满足了新型城镇化建设的需要,同时创新发展了许多新材料、新技术、新工法。

2.3 高层建筑

高层建筑的发展代表着城市地标和天际线的风采,在一定程度上表明该国家、地区和城市化进程中的综合竞争实力。我国改革开放的窗口——广东深圳 1990 年建设竣工的第一栋超过 100m 的超高层建筑——深圳发展中心大厦,地上 43 层,高度 146m。该建筑完全是国外设计,采用进口钢材,为满足抗震设计要



求，采用钢板厚度达 130mm，当时在国际上也是首次面临巨大技术挑战和难以想象的困难，受到参加该工程的国内外专家和钢结构业界的高度重视。协会及钢结构房屋建筑分会为此在深圳召开了研讨会，针对北京、上海、深圳 6 栋钢结构高层建筑全部由外国公司总承包，提出了高层建筑国产化的目标及有关建议。此后，中信集团房地产部总经理吴光汉提出的以我国为主建设北京京城大厦（地上高度 183m、52 层、地下 4 层）的想法得以贯彻，实现了从总承包到设计、制造、施工的国产化，该项目得到荣毅仁董事长和国务院有关领导的关注和批示。国家计委专门发出了计设 [1986]980 号文件《关于认真执行贯彻赵紫阳总理对高层建筑工程总承包问题批示的通知》。同期还有 1999 年建成的 大连世界贸易大厦（地上高度 242m、地上 50 层、地下 4 层），从设计、总包、钢材、制造、安装、监理方面，完全做到了国产化。其他还有上海金沙江大酒店、广州信合大厦、广州远洋公寓、厦门九州大厦等按照国产化目标做了大量科技开发和总承包工作。我国自主开发的高层建筑用钢材，楼承板、

墙板、防腐防火技术等产品及有关规范、标准，经过二十多年的不断完善提高，做到了完全有能力独立自主设计建设高层、超高层建筑。最近正在建设的北京“中国尊”（高度 528m、地上 108 层）、上海中心大厦（632m、地上 121 层）、深圳平安金融中心（高度 660m、地上 115 层）等，从方案设计到工程总承包、钢材的生产供应、钢结构的制造、施工总承包、检测等方面均完全实现国产化，而且整体达到国际先进水平。

目前经有关方面统计，近 30 年我国已经竣工和在建的高度超过 100m 的高层建筑达 1000 余栋以上，高度 150m 以上的有 992 栋已竣工，还有 484 栋正在建设中（其中高度超过 300m 的有 76 栋）。据世界高层建筑学会统计，中国高层建筑世界排名第一。在高度 150m 以上的高层建筑中，采用钢结构及钢－混凝土组合结构的约占 39%。目前我国现存和未来的地标性高层建筑将不断被突破，表 1 统计了已经竣工、正在建设和拟建的最高建筑前 20 名，其中已经竣工 2 栋，在建 10 栋，拟建 8 栋。全世界已经建成的最高建筑排名前 20 名中，大中华区域共占 11 栋（表 2）。

表 1 中国高层建筑目前及未来排名前 20 名

序号	建筑名称	竣工时间 / 年	高度 /m	所在城市	工程状态
1	凤凰双子塔		1000	武汉	拟建
2	空中城市		838	湖南	拟建
3	苏州中南中心		700	苏州	在建
4	平安金融中心	2016	660	深圳	在建
5	武汉绿地中心	2015	636	武汉	在建
6	上海中心	2015	632	上海	在建
7	天津 117	2016	597	天津	在建
8	玫瑰岩石国际金融		588	天津	拟建
9	北方明珠	2018	565	沈阳	在建
10	恒大国际		560	济南	拟建
11	贵州文化广场主楼	2018	540	贵州	拟建
12	CTF 广州	2016	530	广州	在建
13	天津滨海周大福中心	2017	530	天津	在建
14	中国尊	2018	528	北京	在建
15	大连绿地中心	2017	518	大连	拟建
16	恒大国际中心主楼		502	合肥	拟建
17	上海世界金融中心	2008	492	上海	竣工
18	横琴总部大楼	2017	470	珠海	在建
19	国际商务中心	2010	484	香港	竣工
20	厚街国际家具中心主楼		480	东莞	拟建

表2 世界已经建成的最高建筑排名前20名

排名	建筑名称	国家	地区	高度/m	层数	竣工时间/年	结构	用途
1	迪拜塔/哈利法塔	阿联酋	迪拜	828	163	2010	S+C	办公/住宅/酒店
2	台北101大楼	中国	台北	508	101	2004	S+C	办公
3	上海环球金融中心	中国	上海	492	101	2008	S+C	酒店/办公
4	环球贸易广场	中国	香港	484	108	2010	S+C	酒店/办公
5	国家石油大厦双峰塔1号楼	马来西亚	吉隆坡	452	88	1998	S+C	办公
6	国家石油大厦双峰塔2号楼	马来西亚	吉隆坡	452	88	1998	S+C	办公
7	南京紫峰大厦	中国	南京	450	66	2010	S+C	酒店/办公
8	西尔斯大厦	美国	芝加哥	442	108	1974	S	办公
9	川普国际酒店大厦	美国	芝加哥	423	98	2009	C	住宅/酒店
10	金茂大厦	中国	上海	421	88	1999	S+C	办公/酒店
11	香港国际金融中心二期	中国	香港	412	88	2003	S+C	办公
12	广州中兴广场	中国	广州	390	80	1996	C	办公
13	深圳地王大厦	中国	深圳	386	69	1996	S+C	办公
14	帝国大厦	美国	纽约	366	55	1931	S	办公
15	中环广场大厦	中国	香港	374	78	1992	C	办公
16	中国银行大厦	中国	香港	367	70	1989	S+C	办公
17	美洲银行大厦	美国	纽约	366	55	2009	S+C	办公
18	阿尔玛斯钻石大厦	阿联酋	迪拜	360	68	2008	C	办公
19	阿联酋大厦塔楼	阿联酋	迪拜	355	54	2000	S+C	办公
20	高雄东帝士85国际广场	中国	高雄	348	85	1997	S+C	酒店/办公

注：S为钢结构；C为混凝土结构。

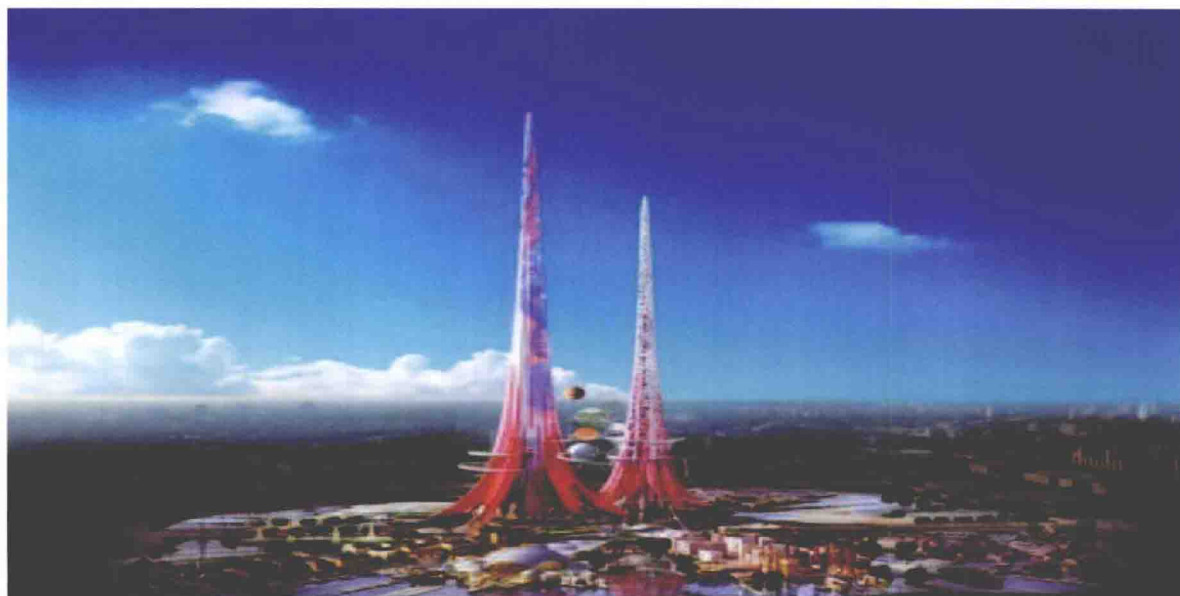
2.4 大跨空间建筑

大跨空间结构是目前发展广阔、题材丰富并充满人类许多浪漫设想的结构之一，从二维、三维到多维坐标体系形成的结构体系，是信息化和数字化模型深入发展的新阶段。我国从20世纪70年代开始开发网架结构，自此全国各地兴建涌现出近千家网架企业，仅江苏徐州就有数百家，被称为“网架之乡”。这些企业承担并建成许多网架工程项目，从工业厂房、煤棚、超市、加油站，到飞机航站楼、火车站、会展中心、体育中心，数万个各种空间结构建筑矗立在全国各地。空间结构也从平面网壳发展到多维空间网格，索网、索膜、张弦、多次预应力结构等，许多大型复杂空间结构已经难以靠手工绘图来实现。据浙江大学董石麟院士分析统计，空间结构已经拥有38种体系，并且还在不断发展中。从1996—2013年由钢结构协会空间结构分会举办了八届“空间结构优秀工程奖”项目评选，经评选并授予设计、施工、综合项目

金、银、铜奖共计239项。其中黑龙江速滑馆网壳、上海八万人体育场悬挑空间桁架及伞形膜结构、首都机场A380机库屋盖、国家游泳馆（水立方）、上海世博轴及地下综合体上部、援助加蓬共和国体育场等优秀工程榜上有名。目前各大中城市建设“一场两馆（体育场、游泳馆、综合馆）”，交通枢纽，高铁站房及无柱雨棚，飞机航站楼及会展中心等工程项目方兴未艾，这些大型公共建筑的兴建和引领作用，说明了空间结构优势突出，结构轻巧，节材、省地，在国际上产生了深远影响，也表明了我国正在从空间结构大国向强国目标迈进。

2.5 塔桅钢结构

塔桅钢结构是高耸建筑重要的结构形式，在广播电视发射塔、输电、通信、照明等行业广泛采用。如高度仅次于日本东京新建的“天空树”（高度634m）的广州电视塔“小蛮腰”高度达600m，是目



前全世界高度名列第二位的电视塔，高度超过了“世界七大工程奇迹”——加拿大多伦多电视塔（高度 553.3m）。在世界许多城市地标建筑均以电视塔为标志，诸如法国巴黎的埃菲尔铁塔（高度 324m），上海的东方明珠电视塔（高度 468m），河南新建的郑州电视塔（高度 388m）等。它们不仅满足了电视、广播发射和覆盖城市更大区域的需要，而且还具备旅游、展示、观光、餐饮等功能。

随着现代通信技术快速发展，无线通信基站塔架，雷达天线，以及流动基站都大量采用各种金属塔架。我国最近建设完成的上海天文台射电望远镜天线直径 65m，正在建设中的国家天文台贵州基站射电望远镜天线直径达 500m，均达到世界先进水平。作为基础设施，无线通信、空中及太空观测通信都需要各种不同发射要求的塔架，其有关标准、规范的制定正在按全球化目标迈进。

输电铁塔是比较传统的构筑物，数十年一直以角钢塔型为主。近来我国大力发展超高压输电，在西电东送工程中，许多新技术、新塔型、新材料得到开发应用。如跨越长江、黄河、海岛的大跨度塔越来越多，对各种塔型进行研究开发并在建设中推广采用了 Q390、Q420、Q460、耐候钢、冷弯型钢等高性能钢材。两座具有重大影响且完成建设的世界最高跨越塔工程：其一是采用钢管混凝土、焊接球节点的结构，高度达 370m，跨度达 2756m，连接浙江舟山一大陆的 500kV 输电工程；其二是采用厚板焊接型钢与角钢的结构，高度 346.5m，跨度达 2303m，跨越江苏江阴长江的 500kV 输电塔。塔桅工程技术与产业的发展，表明我国在长输变电工程建设技术方面走在世界前列，

为能源建设创新发展做出了新的贡献。

2.6 钢结构住宅与轻型房屋

钢结构住宅是钢结构行业长期以来十分关注的重大民生工程、康居工程。钢结构住宅产业化、装配化及标准化是国家有关部门高度重视的发展方向，也是改变传统建筑业生产方式，结构转型升级发展的目标。从改革开放初期，有关单位引进澳大利亚轻型房屋、意大利装配式住宅、日本轻钢房屋建筑体系等，到我国企业进行消化吸收，充分利用国产材料，降低工程造价，解决了部分钢结构与传统材料配套等问题，同时也暴露出钢结构的设计、连接、墙体、隔热保温、防腐防火等问题在不同地区、多高层住宅、抗震设防等方面需要攻关。为此，在住建部科技司支持下，协会协调组织全国有关科研、设计、企业等单位，列出 36 项钢结构住宅建筑体系及关键技术研究课题进行攻关，一度推进和掀起了开发钢结构住宅的高潮。但十几年过去了，钢结构住宅产业化的步伐难以令人满意。2005 年国际钢铁协会组织了全球钢铁企业，中国宝钢集团参加的钢结构住宅课题（LIVING STEEL），在地震灾区都江堰（安置房）、上海、武汉、沈阳等地做了示范工程，取得了一定效果。但目前在与传统的钢筋混凝土结构的市场竞争中缺乏优势，仅仅做钢结构，而不是建筑体系，在直接成本方面就缺乏竞争力，令许多企业望而生畏。

因为钢结构住宅的开发目前只有个别企业一直坚持并不断完善，如宝钢、杭萧钢构、北京赛博思等企业正在努力扩大市场，加大宣传推广力度，在全国初步形成星火燎原之势。2013 年在科技部支持下，以宝

钢集团领衔成立了装配式钢结构民用建筑产业技术创新战略联盟,为开发推广装配式建筑组成了国家队。而大部分钢结构企业仍然处在试点工程和探索阶段。目前钢结构住宅,包括轻型钢结构住宅每年竣工比例不到1%。但令人欣喜的是生态文明建设,绿色建筑和国家城镇发展规划的方针、政策为钢结构住宅健康发展创造了新的机遇,钢结构住宅在绿色建筑发展的优势十分突出,其装配化、产业化发展方式将为全球提供更安全、更适合现代人居、环境的住宅。

多年来钢结构企业与设计、研究单位共同为钢结构住宅的推广应用做了大量的开发工作,目前在轻型钢结构房屋建筑的应用比较成熟,许多企业在旅游景点、边远地区及出口国外上取得突出成绩。特别是最近由宝钢设计制造的南极科考工作站,就是为满足极寒地区科学考察人员的生存居住而建设的,也代表了我国轻型房屋建筑走向世界的先进水平。而适合中国国情的多高层钢结构住宅,以马钢、莱钢开发建成的热轧H型钢框架结构体系的住宅有几百万平方米;以宝钢、北京赛博思、杭萧钢构、昆钢钢构等企业开发的钢-混凝土组合结构应用范围更为广泛,许多办公、写字楼,酒店已大量采用。特别是最近杭萧钢构在包头开发的万郡地产住宅项目,建筑面积达97m²,以绿色建筑示范项目运作得到国家有关部门的支持和肯定。东南网架开发的“装配式钢结构住宅技术创新及产业示范工程”项目列入国家建筑行业低碳技术及产业示范工程项目,获得国家发改委资金资助。湖南长沙远大可建创造的装配式带支撑的框架结构,以产业化、装配化、模块化,节能、环保、抗震等创新技术和产品,创造并改变了传统建筑方式,目前已经成功完成100m以下的房屋建筑产品并加以推广。贵州大学马克俭院士创造的钢结构盒式结构,将钢筋混凝土网格结构与钢结构相结合,开发了盒式结构体系,并在厂房、多高层房屋建筑及住宅中推广应用,目前在唐山、湖南、贵州、昆明均有项目应用推广,降低工程造价效果突出、施工方便。这些具有中国特色和自主知识产权的技术、产品,将为绿色建筑、装配式住宅长远发展提供有力的支持和保证。

2.7 海洋钢结构工程

海洋工程是贯彻我国海洋战略发展重大方针的基础,是我国立足海洋强国的关键,从海洋渔业、海洋油气勘探、浮动船坞及人工岛;海洋风电、潮汐发电、海底矿产开发利用到国防建设需要,海洋钢结构具有广阔市场。早在20世纪80年代初为建造海洋石油钻井平台,国家经委就投入巨资开发海洋用钢,对石油

平台导管架结构及其抗风浪等性能进行基础研究,当时在全国组织了“海洋石油平台管结点委员会”的攻关团队,在此基础上成立的本协会海洋钢结构分会,在当时的七机部支持下,由中国船舶科学研究中心牵头,中科院、清华大学、江南造船厂、舞阳钢厂、船级社等单位的专家、学者参加,攻关解决了抗裂纹敏感的Z向钢材、加工制造厚壁钢管及管接头,研究试验管节点稳定疲劳等,为海洋石油平台开发建设做出了重要贡献。

目前正在我国南海作业的981石油钻井平台、下潜深达7000m的“蛟龙”号潜水器、“辽宁号航空母舰”等海洋装备代表着中国海洋事业达到了国际先进水平。还有中国制造占据全球市场份额约80%的集装箱、港口机械(集装箱岸桥吊机),其造船产量、海工产品产量名列世界第一。随着中国经济、军事实力提升,中国的海疆、公海和国际合作开发海洋资源的市场十分广阔。目前我国海洋工程用钢,油气输送管道,LNG储罐和运输船舶等方面的开发基本完善,未来需要进一步拓展国内外海洋市场。

2.8 钢结构制造

钢结构制造企业分布在国民经济各个行业中,是基础设施建设、建筑业与制造业密切联系的产业,也是正在快速发展中的战略性新兴产业。长期以来这些企业为各行业发展做出了巨大贡献。由于房屋建筑长期以来是钢筋混凝土占主导地位,20世纪50年代由前苏联在全国各地援建的10个建筑机械厂,基本上都转向生产工程机械产品为主。改革开放初期,大量的钢结构制造基本上是依靠重机厂、船厂、各行业建设企业来完成。随着钢铁工业、钢结构企业的快速发展,在满足了大量工程建设需求的同时,先进装备制造在重点钢结构企业得到高度重视,数字化加工中心、机械手、机器人已经开始大量采用。近30年快速崛起的江南重工、振华重工、武船重工、山桥集团、宝钢钢构、中建钢构、中冶钢构、沪宁钢机、浙江精工、东南网架等龙头企业,承担完成了国内外上千项重大工程建设任务。在重大装备制造中,非标准设备和成套装备的制造量约占全行业产量10%。世界领先的全自动化集装箱岸桥吊装系统;3000~5500m³的炼铁高炉和钢铁压延生产系统;30万~100万kV火力发电系统;陆上、海上风电系统;国家石油储备容器、LNG储罐、煤气天然气大型储罐;石油钻井平台、码头、浮动平台;石化、船舶、机车、工程机械等领域的大量结构件、主体结构、分段;盾构机、架桥机、塔吊、龙门吊;水利工程闸门、火箭发射塔架、大型文艺舞台、