

空间结构系列图书

索结构典型工程集

(2013—2022)

主 编 张毅刚

副主编 罗 斌 王泽强
宁艳池 孙国军

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

索结构典型工程集: 2013—2022 / 张毅刚主编;
罗斌等副主编. — 北京: 中国建筑工业出版社, 2023. 9
(空间结构系列图书)
ISBN 978-7-112-29087-1

I. ①索… II. ①张… ②罗… III. ①悬索结构—建
筑工程—中国 IV. ①TU351

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 161668 号

索结构是指由拉索作为主要承重构件而形成的预应力结构体系。近年来, 索结构体系的创新不断, 而且在索结构设计技术与施工技术方面的进步更大。本书收录了 2013—2022 十年期间各类型索结构工程项目 76 项, 其中有: 国家重大科技基础设施项目 1 项、体育场工程 22 项、体育馆工程 24 项、其他类公共建筑 14 项、环保封闭建筑 7 项和景观建筑 8 项, 各章分别按项目完成时间进行了排序, 从中也能看出各类索结构建造技术的发展特色。书中许多项目的索结构体系是国内乃至世界上首次应用。

本书可供土木工程、结构工程相关专业的设计和研究人员以及从事空间索结构分析的设计人员参考使用, 也可作为上述研究领域内硕士和博士研究生的专业参考书。

责任编辑: 刘瑞霞 梁瀛元
责任校对: 芦欣甜

空间结构系列图书 索结构典型工程集 (2013—2022)

主 编 张毅刚
副主编 罗 斌 王泽强
宁艳池 孙国军

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

国排高科 (北京) 信息技术有限公司制版

印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 29 ½ 字数: 697 千字

2023 年 9 月第一版 2023 年 9 月第一次印刷

定价: 298.00 元

ISBN 978-7-112-29087-1
(41811)

版权所有 翻印必究

如有内容及印装质量问题, 请联系本社读者服务中心退换

电话: (010) 58337283 QQ: 2885381756

(地址: 北京海淀三里河路 9 号中国建筑工业出版社 604 室 邮政编码: 100037)

编审委员会

顾问: 蓝天 董石麟 沈世钊 马克俭 刘锡良 严慧 曹资
姚念亮 张毅刚 许立准

主任: 薛素铎

副主任: (按姓氏拼音排序)

陈志华 高继领 韩庆华 胡鸿志 黄达达 李亚明 李中立
刘中华 罗尧治 吴金志 张其林 周观根 朱忠义

委员: (按姓氏拼音排序)

白宝萍	蔡小平	陈务军	崔家春	耿笑冰	韩更赞	贺孝宇
胡洁	雷宏刚	李凯	李明荣	李雄彦	刘枫	刘小光
刘宜丰	罗斌	罗兴隆	宁艳池	欧阳元文	瞿鑫	任俊超
孙国军	谭宁	唐泽靖子	王丰	王浩	王平	王雄
王秀丽	王元清	王泽强	王喆	吴一红	武岳	向阳
徐隽	薛海滨	杨建	叶峰灵	张秀华	赵伯友	赵忠秋
支旭东	钟宪华	朱勇军				

序 言

中国钢结构协会空间结构分会自 1993 年成立至今已有二十多年，发展规模不断壮大，从最初成立时的 33 家会员单位，发展到遍布全国各个省市的 500 余家会员单位。不仅拥有从事空间网格结构、索结构、膜结构和幕墙的大中型制作与安装企业，而且拥有与空间结构配套的板材、膜材、索具、配件和支座等相关生产企业，同时还拥有从事空间结构设计与研究的设计院、科研单位和高等院校等，集聚了众多空间结构领域的专家、学者以及企业高级管理人员和技术人员，使分会成为本行业的权威性社会团体，是国内外具有重要影响力的空间结构行业组织。

多年来，空间结构分会本着积极引领行业发展、推动空间结构技术进步和努力服务会员单位的宗旨，卓有成效地开展了多项工作，主要有：（1）通过每年开展的技术交流会、专题研讨会、工程现场观摩交流会等，对空间结构的分析理论、设计方法、制作与施工建造技术等进行研讨，分享新成果，推广新技术，加强安全生产，提高工程质量，推动技术进步。（2）通过标准、指南的编制，形成指导性文件，保障行业健康发展。结合我国膜结构行业发展状况，组织编制的《膜结构技术规程》为推动我国膜结构行业的发展发挥了重要作用。在此基础上，分会陆续开展了《膜结构工程施工质量验收规程》《建筑索结构节点设计技术指南》《充气膜结构设计施工技术指南》《充气膜结构技术规程》等编制工作。（3）通过专题技术培训，提升空间结构行业管理人员和技术人员的整体技术水平。相继开展了膜结构项目经理培训、膜结构工程管理高级研修班等活动。（4）搭建产学研合作平台，开展空间结构新产品、新技术的开发、研究、推广和应用工作，积极开展技术咨询，为会员单位提供服务并帮助解决实际问题。（5）发挥分会平台作用，加强会员单位的组织管理和规范化建设。通过会员等级评审、资质评定等工作，加强行业管理。（6）通过举办或组织参与各类国际空间结构学术交流，助力会员单位“走出去”，扩大空间结构分会的国际影响。

空间结构体系多样、形式复杂、技术创新性高，设计、制作与施工等技术难度大。近年来，随着我国经济的快速发展以及奥运会、世博会、大运会、全运会等各类大型活动的举办，对体育场馆、交通枢纽、会展中心、文化场所的建设需求极大地推动了我国空间结构的研究与工程实践，并取得了丰硕的成果。鉴于此，中国钢结构协会空间结构分会常务理事会研究决定出版“空间结构系列图书”，展现我国在空间结构领域的研究、设计、制作与施工建造等方面的最新成果。本系列图书拟包括空间结构相关的专著、技术指南、技术手册、规程解读、优秀工程设计与施工实例以及软件应用等方面的成果。希望通过该系列图书的出版，为从事空间结构行业的人员提供借鉴和参考，并为推广空间结构技术、推动空间结构行业发展做出贡献。

中国钢结构协会空间结构分会 理事长
空间结构系列图书编审委员会 主 任
薛素铎

2018 年 12 月 30 日

前言

回顾前一本索结构典型工程集，当时成立了索结构典型工程集编辑委员会（以下简称索结构委员会），汇聚了国内索结构领域的知名专家学者和工程技术领军人才，收集了 100 个索结构典型工程，记录了自 20 世纪末以来我国十年索结构建造技术的发展历程，总结了单向张弦结构、双向张弦结构、空间张弦结构、弦支穹顶结构、管内索结构、悬索结构、索穹顶结构、拉索拱结构、斜拉结构和幕墙索结构共十种类型的索结构代表性工程，从中能看出各类索结构建造技术在前一个十年的快速发展。近十年以来，建筑索结构的发展创新更是丰富多彩，在国家重大科技基础设施、体育场馆、公共建筑、环保封闭建筑以及景观建筑等领域得到了更广泛的应用，因此索结构委员会决定编写续集，以记录索结构这十年来的高度创新应用与迅猛发展历程。

2013—2022 年的十年期间，各类型索结构工程实践项目数远远多于前一个十年，索结构体系的创新不断，而且在索结构设计技术与施工技术方面的进步更大，我们尽量在已有的工程实践中选择了各种不同类型的有特点的典型索结构汇集成本书，希望能向读者全面展现近十年建筑索结构的创新特点与工程应用发展特色。

本书收录了 2013—2022 十年期间各类型索结构工程项目 76 项，其中有：国家重大科技基础设施项目 1 项、体育场工程 22 项、体育馆工程 24 项、其他类公共建筑 14 项、环保封闭建筑 7 项和景观建筑 8 项，各章分别按项目完成时间进行了排序，从中也能看出各类索结构建造技术的发展特色。书中许多项目的索结构体系是国内乃至世界上首次应用，比如，FAST 主动反射面的主要支承结构——索网是世界上跨度最大、精度最高的索网结构，也是世界上第一个采用变位工作方式的索网体系，还有许多项目实现了国内乃至世界上同类型索结构的最大跨度，另外还有四个项目是在国外建成的。工程师们在对已有索结构类型发扬光大的同时，从受力更合理的角度不断地进行在结构形式以及体系上的优化，比如：椭圆平面马鞍形索穹顶、金属屋面索穹顶、马鞍形单层正交索网等悬索类屋盖，以及拉梁弦支穹顶、弦支马鞍形网壳、无环索弦支网壳、五肢双索张弦桁架、张弦木结构等混合结构屋盖等，充分体现了我国工程科技人员在索结构体系创新方面的探索与实践。同时，结构体系的创新也推动了施工技术在工程实践中的巨大进步，因此，在许多项目中还

首创了适用于实际工程的施工方法。收录的项目中还包含了两种新型索——内嵌光纤光栅的智慧拉索以及碳纤维板带拉索的应用实践，为将来新型索能够广泛应用到工程实践中打下了坚实的基础。

读者在阅读时会发现各项目文稿在写作上的不同风格，这是因为设计单位执笔人偏重于设计理念与技术创新，而施工单位执笔人则更偏重于施工技术创新，二者结合同时存在也算是本书的一个特色，既有在结构体系上的创新，又可以展现施工技术创新，更可以反映我国索结构繁荣的创新发展现状，充分展示了索结构工程日新月异的进步。

索结构委员会在中国钢结构协会空间结构分会的指导支持下努力开展工作，全体委员为本书均贡献了力量，所有项目均由各位委员带领本单位同事或合作单位的同行撰写完成，并且在文末标注了项目的撰稿人。

索结构委员会集体讨论了编写大纲，具体由参与索结构工程施工或咨询的委员组织并撰写，尽可能列出工程的设计、总包、钢结构和索结构施工、索具生产等单位，张毅刚受委员会委托担任主编，完成了全书的统稿工作。孙国军担任了委员会的联络组稿和秘书工作，承担了大量的具体工作。

本书在各项目后增加了相关的参考文献，便于有兴趣的读者更加详细地了解该项目。我们相信，本书将为索结构工程师、学生和研究人员提供宝贵的参考资料和指导，帮助他们更好地理解和应用索结构工程的知识技能。本书疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。本书的出版得到了巨力索具股份有限公司的大力支持，在此表示感谢。本书承载了在索结构发展的道路上每个索结构人的美好愿景，同时也更加希望本书能够对推动索结构的进一步蓬勃发展做出积极的贡献。

中国钢结构协会空间结构分会

索结构主任委员

陈志华

2023年5月26日

目 录

1 国家重大科技基础设施

1.1 中国天眼——500m 口径球面射电望远镜主动反射面索网 003

2 体育场

2.1 绍兴县体育中心体育场罩棚——双向张弦桁架 015

2.2 苏州园区体育中心体育场罩棚——辐射布置单层索网 019

2.3 枣庄市民中心体育场罩棚——上径向索斜交索网 026

2.4 郑州市奥林匹克中心体育场罩棚——索承网格结构 032

2.5 卡塔尔教育城体育场罩棚——索承网格结构 038

2.6 海口五源河体育场罩棚——月牙形布置索桁架 045

2.7 铜仁体育场罩棚——辐射布置索桁架 049

2.8 上海浦东足球场罩棚——中置压力环索承网格结构 054

2.9 成都凤凰山足球场罩棚——刚性内拉环索穹顶 062

2.10 乐山奥体中心体育场罩棚——单双层组合索网 070

2.11 柬埔寨国家体育场罩棚——斜拉鱼腹式索桁架 075

2.12 三亚市体育中心体育场罩棚——辐射布置索桁架 080

2.13 卢塞尔体育场罩棚——辐射布置鱼腹式索桁架 088

2.14 上海八万人体育场罩棚改造——索承网格结构 093

2.15 日照奎山体育中心体育场罩棚——辐射布置波形索网 100

2.16 临沂奥体中心体育场罩棚——轮辐式单层索网 105

2.17 青岛足球场罩棚——索承网格结构	113
2.18 大连梭鱼湾足球场罩棚——上弦斜交索桁架	120
2.19 泰州体育公园体育场罩棚——索承网格结构	126
2.20 吕梁体育场罩棚——中间大开孔四角落地拉索拱壳	132
2.21 西安国际足球中心罩棚——大开孔双层正交索网	137
2.22 泰安文旅健身中心体育场罩棚——辐射布置张弦梁	147

3 体育馆

3.1 新疆冰上运动中心速滑馆屋盖——局部三层张弦桁架	157
3.2 武汉光谷国际网球中心一期屋盖——管内预应力桁架	163
3.3 华北理工大学新校区体育馆屋盖——折板形弦支网架	168
3.4 苏州奥体中心游泳馆屋盖——马鞍形正交单层索网	173
3.5 天津理工大学体育馆屋盖——马鞍形索穹顶	180
3.6 天津中医药大学体育馆屋盖——椭圆抛物面弦支穹顶	186
3.7 青岛市民健身中心体育馆屋盖——拉梁弦支穹顶	192
3.8 景德镇景东游泳馆屋盖——张弦梁和弦支穹顶	198
3.9 雅安天全体育馆屋盖——金属板屋面索穹顶	204
3.10 内蒙古冰上运动中心大道速滑馆——五肢双索张弦桁架	209
3.11 乌鲁木齐奥体中心体育馆屋盖——辐射布置张弦梁	214
3.12 河北北方学院体育馆屋盖——类椭圆形弦支穹顶	220
3.13 苏州市第二工人文化宫游泳馆屋盖——交叉张弦木梁	225
3.14 山西大学风雨操场屋盖——带稳定索张弦梁	231
3.15 西北大学长安校区体育馆屋盖——弦支空间桁架	234
3.16 河北对外经贸职业学院实训基地屋盖——弦支马鞍形网壳	240
3.17 佛山德胜体育中心体育馆屋盖——金属屋面索穹顶	245
3.18 杭州体育馆屋盖改造提升——马鞍形索网	252
3.19 国家速滑馆屋盖——马鞍形单层正交索网	256

3.20 咸阳渭城中学新建 F 体育馆——弦支混凝土梁结构	263
3.21 贵阳奥体中心二期体育馆屋盖——弦支穹顶	269
3.22 兰州奥体中心综合馆屋盖——吊挂大斗屏弦支穹顶	276
3.23 温州瓯海奥体中心体育馆屋盖——无环索弦支网壳	281
3.24 青岛康复大学体育馆屋盖——弦支穹顶	287

4 公共建筑

4.1 南京禄口国际机场交通中心采光顶——弦支穹顶	297
4.2 深圳南山中心区超高层幕墙——连续多层单索体系	302
4.3 绍兴金沙东方山水国际商务休闲中心 ABC 馆——弦支穹顶	308
4.4 南宁吴圩机场航站楼幕墙——单向拉索体系	313
4.5 长沙国际会展中心屋盖——下凹形张弦梁	318
4.6 邯郸客运中心主站房——筒体斜拉转换结构	326
4.7 石家庄国际会展中心屋盖——连续跨索桁架	331
4.8 国家会议中心二期屋盖——圆柱面上凸式张弦拱壳	337
4.9 成都露天音乐广场主舞台屋盖——马鞍形单层索网	342
4.10 天津鼎峰中心大堂——单索支承体系	346
4.11 南昌市民中心屋盖——辐射式双层索网	351
4.12 张家口跳台滑雪中心屋盖——大悬挑预应力桁架	356
4.13 安庆会展中心展馆屋盖——交叉张弦桁架	360
4.14 枣庄市民中心一期外罩——异形大跨度单层索网	367

5 环保封闭建筑

5.1 方家庄电厂干煤棚——张弦拱桁架	375
5.2 钦州电厂二期封闭煤棚——多阶次预应力拱桁架	380
5.3 迪拜哈翔电厂封闭储煤棚——索拱桁架	384
5.4 曹妃甸球团料场封闭大棚——张弦拱桁架	390

5.5 大唐神头输煤系统煤场封闭——张弦拱桁架	394
5.6 芜湖新兴铸管有限责任公司综合料场封闭——带中柱的张弦拱桁架结构	399
5.7 鲛鱼圈料棚——连续跨张弦拱桁架	405

6 景观建筑

6.1 上海星愿公园奇缘桥——空间曲面单侧悬挂体系	413
6.2 北京石林峡观景平台——斜拉式悬挑体系	421
6.3 平山红崖谷景区人行玻璃桥——悬索体系	426
6.4 淄博潭溪山风景区景观人行桥——单侧斜拉拱梁	433
6.5 上海张家塘港人行桥——倒置芬克式索桁架	439
6.6 西宁 108m 摩天轮——跨河大立架纯拉索轮辐	444
6.7 崇明岛花博园竹藤馆——异形斜交双层索网	449
6.8 南京华侨城 139m 摩天轮——纯拉索轮辐	454