空间结构系列图书

建筑索结构节点设计技术指南

主　编　张毅刚
副主编　陈志华　刘　枫

中国建筑工业出版社

图书在版编目（CIP）数据

建筑索结构节点设计技术指南/张毅刚主编. —北京：中国建筑工业出版社，2019.4
（空间结构系列图书）
ISBN 978-7-112-23467-7

Ⅰ.①建… Ⅱ.①张… Ⅲ.①悬索结构-节点-结构设计-指南
Ⅳ. ①TU351-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 047408 号

本指南系统阐述了建筑索结构节点的设计方法，包括 8 章内容。第 1 章介绍了建筑索结构类型和拉索节点的基本概况；第 2 章介绍了建筑索节点类型；第 3 章给出了建筑索结构节点材料的选用原则与要求；第 4 章给出了索节点设计的一般原则、数值分析原则以及防腐、防火设计；第 5、6、7、8 章分别给出了螺杆连接节点、索夹节点、耳板式节点和可滑动节点的承载力验算方法、构造要求、制作和施工要求；附录列出了常用索体性能参数和常用锚具型号及其尺寸参数。

本书可供土木工程相关专业的设计和研究人员、大学教师、研究生、高年级本科生参考使用。

责任编辑：刘瑞霞　武晓涛
责任校对：芦欣甜

空间结构系列图书

建筑索结构节点设计技术指南

主　编　张毅刚
副主编　陈志华　刘　枫

*

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
北京科地亚盟排版公司制版
北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米　1/16　印张：6¾　字数：167 千字
2019 年 4 月第一版　　2020 年 1 月第二次印刷
定价：**30.00** 元

ISBN 978-7-112-23467-7
（33767）

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）

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　刘善维　张毅刚

主　任： 薛素铎

副主任： 李亚明　周观根　陈国栋　高继领　王小瑞　黄达达　陈志华
吴金志

委　员： 白宝萍　蔡小平　陈文明　高博青　耿笑冰　韩庆华　郝成新
李存良　李　凯　李明荣　李中立　罗兴隆　唐泽靖子　王　丰
王海明　王　杰　王　平　王双军　王秀丽　王元清　向　阳
薛海滨　张其林　赵伯友　支旭东　钟宪华　朱忠义　冯　远
罗尧治　武　岳　刘　枫　罗　斌　宁艳池　任俊超　王泽强
许立准　李雄彦　孙国军　胡　洁

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》《充气膜结构设计与施工技术指南》《充气膜结构技术规程》等的编制工作。（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

本书编委会

主　编：张毅刚

副主编：陈志华　刘　枫

编　委：（姓氏拼音为序）

曹正罡　邓　华　黄　颖　李海旺　梁存之　刘　健

刘　伟　刘红波　罗　斌　罗永峰　宁艳池　任俊超

孙国军　王泽强　吴金志　张国军　赵　波　周　健

周黎光　朱万旭

前　言

建筑索结构以其轻盈的体态、合理的受力与优美的造型，吸引了建筑师和结构工程师们的共同关注。近二十年来，我国建筑索结构工程需求与实际工程数量实现了跳跃式增长，张弦结构、弦支穹顶、索穹顶、单索结构及横向加劲索系、索网结构、双层索系、斜拉结构等结构体系相继在我国大型实际工程中推广应用。在这样的背景下，中国钢结构协会空间结构分会2010年在东莞成立了索结构专业组，当时张毅刚教授担任主任委员，本人和其他几位专家担任副主任委员，每年都组织全国索结构技术交流会或者典型索结构工程现场观摩会等活动，积极研讨索结构的分析理论、建造技术以及索具制作等科学技术内容，推动建筑索结构的快速健康发展。

随着建筑索结构的广泛应用，工程技术人员越来越认识到索节点设计是索结构工程设计的一个关键环节，不仅直接影响建筑美观和结构合理性，更密切关系到工程的成本造价、施工周期及安全等各方面。虽然《索结构技术规程》JGJ 257及《预应力钢结构技术规程》CECS 212都涉及索节点的内容，但只给出了一些索节点的基本构造做法，也没有统一标准，更缺少详细的设计分析计算方法，远不能解决工程实践的问题。

为了使广大工程技术人员更好地掌握索节点设计技术，并响应空间结构分会编制“空间结构系列图书”计划号召，中国钢结构协会空间结构分会索结构专业组在二届二次会议上，研究决定启动《索结构节点构造详图》标准图集的编制立项工作；在二届三次会议上，对已初步形成的标准图集编制立项报告初稿进行了深入的讨论；由于立项问题以及编制内容的细化变更，在二届四次会议上，暂停了标准图集的编制工作，同时启动了《建筑索结构节点设计技术指南》（以下简称指南）的编制工作，成立了指南编委会：邀请第一届索结构专业组主任委员张毅刚担任主编，副主任刘枫和我担任副主编，索结构专业组部分委员及相关单位的技术负责人参与编写，经过编委会集体讨论确定了指南的编写大纲。

指南全书包括建筑索结构简介、节点类型与选型、节点材料、节点设计原则、螺杆连接节点、索夹节点、耳板式节点、可滑动节点八章内容。邓华、王泽强、曹正罡、周黎光、朱万旭等编写第1章，介绍了建筑索结构类型、索体、锚具、拉索的工厂张拉及检验、索结构施工；刘红波、陈志华、周黎光、王泽强、周健、黄颖、宁艳池、赵波、罗永峰等编写第2章，按照索与索的连接、索与刚性构件的连接、索与支承构件的连接、索与围护结构的连接分类，介绍了建筑索节点类型；李海旺、张国军、曹正罡、孙国军等编写第3章，在热轧钢材、铸钢材料、高强螺栓连接材料、焊接连接材料、索夹材料、涂装材料等方面，给出了各自的选用原则与要求；吴金志、曹正罡、梁存之、孙国军等编写第4章，给出了索节点设计的一般原则、数值分析原则以及防腐与防火设计；梁存之、罗斌、任俊超等编写第5章；罗斌、刘健、朱万旭、刘红波、黄颖等编写第6章；罗斌、周健、

刘红波、宁艳池等编写第 7 章；任俊超、宁艳池、刘伟等编写第 8 章，分别给出了螺杆连接节点、索夹节点、耳板式节点、可滑动节点的承载力验算方法、构造要求、制作和施工要求；朱万旭、黄颖、宁艳池、刘伟、任俊超等完成附录的编写，列出了常用索体性能参数和常用锚具型号及其尺寸参数。以上各章节编写小组的第一名即是各章的负责人。指南编写过程中，进行了多次专题编写工作会议，集中讨论确定编写思路和关键技术内容。针对各章节的稿件，张毅刚教授和刘枫研究员等分别进行了完善和全面系统的梳理。指南的编写得到了空间结构分会理事长暨系列图书主编薛素铎教授的支持，空间结构分会秘书长吴金志和索结构专业组秘书孙国军为本指南的编写做了大量工作。我国空间结构相关企业特别是以下索结构的骨干单位为本指南的编写和出版给予了大力支持：巨力索具股份有限公司、广东坚朗股份五金制品有限公司、北京市建筑工程研究院有限责任公司、南京东大现代预应力工程有限责任公司和柳州欧维姆机械股份有限公司等。

希望本指南的出版能够进一步推动建筑索结构技术的蓬勃发展。

由于编撰时间相对仓促，疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

索结构专业组主任委员　陈志华

2019 年 1 月

目　录

第 1 章　建筑索结构简介 …… 1
1.1　建筑索结构的形式、特点和基本要求 …… 1
1.2　单索结构及横向加劲索系 …… 3
1.3　索网结构 …… 4
1.4　双层索系 …… 4
1.5　斜拉结构 …… 7
1.6　张弦结构 …… 8
1.7　弦支穹顶 …… 10
1.8　索穹顶 …… 12
1.9　其他索结构形式 …… 13
1.10　索体 …… 15
1.11　锚具 …… 18
1.12　拉索的工厂张拉及检验 …… 20
1.13　索结构施工 …… 22
参考文献 …… 24
第 2 章　节点类型与选型 …… 26
2.1　一般规定 …… 26
2.2　索与索的连接节点 …… 26
2.3　索与刚性构件的连接节点 …… 28
2.4　索与支承构件的连接节点 …… 33
2.5　索与围护结构的连接节点 …… 34
参考文献 …… 35
第 3 章　节点材料 …… 37
3.1　节点材料选用基本原则 …… 37
3.2　热轧钢材的选用方法与要求 …… 38
3.3　铸钢材料的选用方法与要求 …… 38
3.4　高强螺栓连接材料的选用方法与要求 …… 39
3.5　焊接连接材料的选用方法与要求 …… 39
3.6　索夹材料的选用方法与要求 …… 39
3.7　其他连接构件的材料选用方法与要求 …… 40
3.8　涂装材料的选用原则 …… 41

3.9 附表 …… 41
参考文献 …… 45
第 4 章 节点设计原则 …… 46
4.1 一般原则 …… 46
4.2 数值分析原则 …… 46
4.3 防腐与防火 …… 47
参考文献 …… 48
第 5 章 螺杆连接节点 …… 49
5.1 一般原则 …… 49
5.2 承载力验算 …… 52
5.3 构造与施工要求 …… 54
参考文献 …… 55
第 6 章 索夹节点 …… 57
6.1 一般原则 …… 57
6.2 强度承载力验算 …… 58
6.3 抗滑承载力验算与试验 …… 59
6.4 构造和制作要求 …… 60
6.5 施工要求 …… 61
参考文献 …… 61
第 7 章 耳板式节点 …… 62
7.1 一般原则 …… 62
7.2 耳板承载力验算 …… 63
7.3 销轴承载力验算 …… 65
7.4 构造要求 …… 66
7.5 制作和施工要求 …… 67
参考文献 …… 68
第 8 章 可滑动节点 …… 69
8.1 一般原则 …… 69
8.2 承载力验算 …… 70
8.3 构造要求 …… 71
参考文献 …… 72
附录 A 常用索体性能参数 …… 73
附录 B 常用锚具型号及其尺寸参数 …… 84