

空间结构分会第七届会员代表大会暨第十六届技术交流会在北京胜利召开

中国钢结构协会空间结构分会第七届会员代表大会暨第十六届技术交流会于2019年5月9日至12日在北京胜利召开。参加会议的有来自全国各地283个单位的530名代表。中国钢结构协会常务副会长刘毅应邀出席会议。本次会议由北京工业大学、北京建工集团有限责任公司和北京市机械施工有限公司承办。

本次大会包括系列工作会议、技术交流、空间结构系列图书首发仪式和工程参观等四大部分。其中工作会议部分包括会员代表大会、七届一次理事会和七届一次常务理事会、各专业组工作会议等，技术交流分为特邀大会报告和分组技术交流。

一、大会开幕式

大会开幕式由分会秘书长吴金志主持。在主席台就座的有：空间结构分会名誉理事长蓝天、中国工程院院士董石麟、中国工程院院士沈世钊、中国钢结构协会常务副会长刘毅、空间结构分会理事长薛素铎、新加坡钢结构协会第一副会长曹浩川、空间结构分会前理事长张毅刚、空间结构分会高级顾问曹资、海淀区住建委主任张世芳、北京建工集团有限责任公司副总经理石萌、北京市机械施工有限公司总经理李檀以及空间结构分会副理事长李亚明、周观根、王小瑞和黄达达。薛素铎理事长致开幕辞，并对参加本次大会的嘉宾、代表和媒体界的朋友表示热烈欢迎。刘毅代表总会致辞，介绍了总会的发展思路，充分肯定了空间结构分会多年来开展的工作，并希望今后为行业发展做出更大贡献。

二、会员代表大会

2019年5月10日，召开了空间结构分会第七届会员代表大会，主要工作有：听取并审议第六届理事

2019 空间结构专题研讨会将在合肥举行

2019年空间结构专题研讨会拟于11月初在安徽合肥召开，会议主题为空间结构应用领域的传承与拓展。会议由中国土木工程学会桥梁及结构工程分会、中国建筑科学研究院有限公司主办，合肥工业大学承办。会议将邀请空间结构委员会委员、资深委员、特邀专家等参加。

我国建设事业发展迅速，给空间结构研究和工程应用带来诸多机遇。近年来随着国内及一带一路沿线国家的建设需要，空间结构在传统的应用领域，如大

回顾了空间结构分会的组织结构及工作开展思路，对今后拟开展工作进行了探讨；会议批准了膜结构等级会员管理文件的修订；会议同意许立准辞去副秘书长职务，对许立准自分会于1993年成立以来对分会的贡献给予了高度的评价，并聘任其为分会的高级顾问；会议决定聘任李雄彦同志、孙国军同志为第七届理事会副秘书长。

四、专业组工作会议

大会期间召开了网格结构专业组二届四次全体会议、索结构专业组三届二次全体会议和膜结构专业组四届四次全体会议。对各方面工作进行研究和部署。

五、技术交流

本次会议采取特邀大会报告和分组交流的形式进行了技术交流。共有大会报告17个，分别是：1) 索穹顶结构体系创新研究与展望（董石麟院士）；2) 钢结构冷却塔设计关键问题研究进展（沈世钊院士）；3) 充气膜结构的设计与施工技术（薛素铎教授）；4) 建筑索结构节点设计技术（张毅刚教授）；5) 大跨度预应力钢结构干煤棚设计与施工（曹正罡教授）；6) 空间结构技术工程实践（李亚明总工）；7) 北京新机场复杂结构设计（朱忠义副总工）；8) 大跨度空间钢结构综合施工技术（王小瑞总工）；9) 超大跨度马鞍形双向索网施工关键技术（王丰副总工）；10) 新加坡钢结构协会及行业发展（Chor How Choon副主席）；11) 大兴国际机场南航机库屋盖设计实践（赵伯友副总工）；12) 铝合金空间网格结构的发展与应用（欧阳元文董事长）；13) 索承网格结构无支架施工技术（罗斌教授）；14) 大空间膜结构火灾演化机理及防火设计研究进展（武岳教授）；15) 膜结构机场航站楼的工程实践与思考（向阳高工）；16) 我与膜结构的32年（浦田谕前总经理）；17) 空间结构的生命力-北美新建工程的启示（蓝天研究员）。特邀报告在对空间结构技术的研究与工程应用情况进行深入总结的基础上，提出了空间结构行业发展中面临的机遇与挑战。三个分组报告的37个发言分别对索结构、膜结构和网格结构的发展与应用进行了技术交流。

六、“空间系列图书”首发仪式

在全体编审委员会和作者的努力下，历时两年有余，空间结构系列丛书第一辑三册《充气膜结构设计与施工技术指南》、《建筑索结构节点设计技术指南》和《大跨度预应力钢结构干煤棚

设计与施工》由中国建筑工业出版社正式出版。

为配合图书的发行，本次会议举行了隆重的发布仪式。中国钢结构协会常务副会长刘毅、空间结构分会名誉理事长蓝天、中国工程院院士董石麟、中国工程院院士沈世钊、空间结构分会理事长薛素铎、空间结构分会前理事长张毅刚和空间结构高级顾问曹资作为特邀嘉宾开启图书发布，全体参会代表共同见证了这一美好时刻。名誉理事长蓝天、董石麟、沈世钊先后致辞，热烈祝贺空间结构系列图书的出版，也希望丛书对推动我国空间结构的技术进步发挥积极作用。为表达对图书出版给予大力支持会员单位，嘉宾们向图书出版赞助单位赠书致谢。

七、大会闭幕式

1. 大会总结。在大会闭幕式上，空间结构分会前理事长张毅刚对大会进行了总结。

1) 本次会议参会人数多，充分体现了会员单位参加分会活动的积极性，会员单位间的交流深入、广泛，为会员单位提供了良好的交流平台。

2) 技术报告内容丰富，涉及行业发展思考、空间结构研究与工程实践、典型工程设计分析与施工技术、结构体系创新等多方面，报告信息量大、成果丰硕，对推动我国空间结构发展必将发挥积极作用。

3) 本次大会举行了空间结构系列图书首发仪式，该系列图书对于促进我国空间结构的技术进步将发挥重要作用。

4) 本次会议期间顺利完成了理事会的换届工作，换届充分发扬了民主作风，产生了新一届理事会，为分会各项工作的顺利开展奠定了坚实的基础。会议期间常务理事会议以及三个专业组会分别召开了会议，明确了下一步分别将开展的工作。

2. 北京市机械施工有限公司党委书记李文波致辞，对本次活动的成功举办表示热烈祝贺，祝愿空间结构分会在七届理事会任期内取得更大的成绩。

3. 最后，分会理事长薛素铎向本次会议承办单位致谢，并与前理事长张毅刚共同向北京市机械施工有限公司赠送纪念品。

八、技术参观

2019年5月12日上午，与会代表230余人前往大兴参观新机场东航机库和南航机库钢结构工程。上述机库跨度大、屋面荷载重、结构复杂，工程建设难度大、工期紧，工程设计与建设单位积极创新，高效完成了工程建设任务，参观代表收益匪浅。

第一辑三册已由中国建筑工业出版社出版发行。同时与中国土木工程学会空间结构委员会完成了每年四期《空间结构简讯》的编印工作，初步完成了分会独立网站的建设。

2、分会财务报告

秘书长吴金志代表秘书处，对六届理事会成立以来的分会财务收支情况进行了报告。分会收入由挂靠单位北京工业大学代为收取，学校不收取任何管理费用等其他费用，并确保专款专用；分会财务接受北工大的财务管理及审计，并接受总会的管理与监督；四年来分会财务略有盈余，所有费用均用于为会员单位服务和行业发展。今后中国钢结构协会将统一收取会费。

3、《空间结构分会工作条例》修订情况说明

受六届理事会委托，吴金志秘书长对《空间结构分会工作条例》修订情况进行了详细说明，并将修订后的《工作条例》提请会员代表大会审批。会员代表大会表决通过了修订后的工作条例。报总会核准后生效。

4、理事会选举

根据总会要求、《空间结构分会工作条例》及六届四次常务理事会议决定，在会员单位申请及推荐、广泛征求意见，并综合考虑会员单位尽义务情况、参加活动的积极性、单位性质及地域分布等情况下，经民主协商并经各单位登记确认，形成了156个单位组成的第七届理事会候选名单。会员代表大会表决通过了所有理事候选人，选举产生了由156人组成的空间结构分会第七届理事会。

三、理事大会及常务理事会议

2019年5月10日，召开了空间结构分会第七届理事会第一次会议。在全体理事提名的基础上，经过秘书处汇总，形成了由55人组成的第七届理事会常务理事候选人提名名单、13名正副理事长候选人提名名单。经六届五次常务理事会议无记名投票，差额选举产生了由45人组成的常务理事候选名单、10名副理事长候选人名单和1名理事长候选人。本次理事会议以无记名投票方式选举产生了常务理事会议、正副理事长和秘书长。总监票人张毅刚宣读了当选的常务理事名单，总会刘毅常务副会长宣读了当选的正副理事长和秘书长名单。至此，空间结构分会换届工作圆满完成。

2019年5月10日，召开了空间结构分会第七届理事会第一次常务理事会议。会议由理事长薛素铎主持，会议

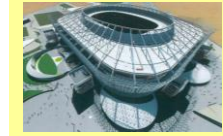
本期内容

学术 活动

空间结构分会第七届会员代表大会暨第十六届技术交流会在北京胜利召开

2019 空间结构专题研讨会将在合肥举行

卡塔尔 2022 世界杯阿尔赖阳体育场简介



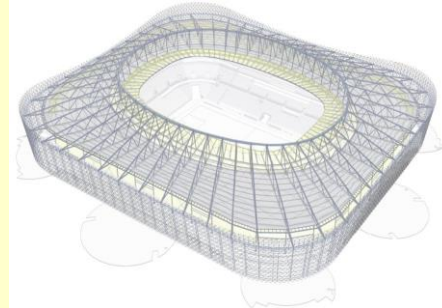
西安奥体中心体育馆、游泳跳水馆主结构完成



空间结构大师川口卫教授辞世

卡塔尔 2022 世界杯阿尔赖阳体育场简介

卡塔尔 2022 年足球世界杯阿尔赖阳体育场 (Al Rayyan Stadium, Qatar), 观众席 40000 座。项目按欧标设计。体育场整体钢结构共 8000 吨, 含看台、幕墙等钢结构。屋顶钢结构重量 5740 吨, 176kg/m²。主结构钢材选用 S355J0。设计基本温度 30 度, 最低温度 5 度, 最高温度 85 度。

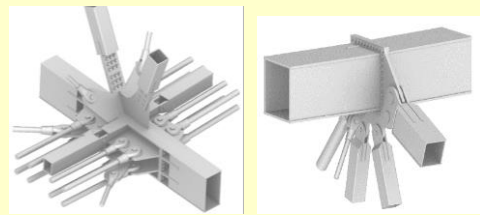
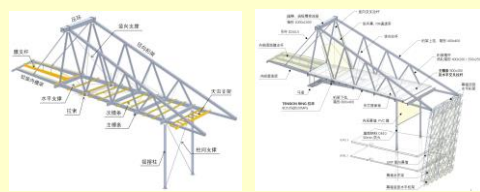
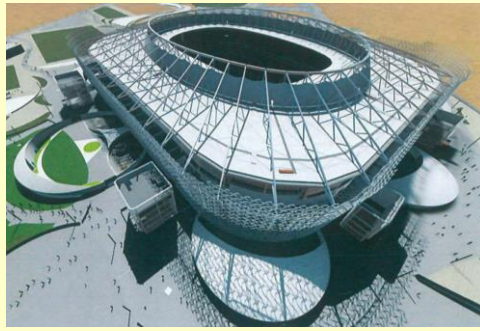


体育场沿南北轴和东西轴双轴对称。屋面投影边长 225m×194m, 中心开孔尺寸约 125m×85m。屋面钢结构由径向桁架、压环、拉杆环、钢柱、交叉拉杆、下弦檩条六部分组成。48 根钢柱沿体育场周边布置, 径向桁架长度 55m 到 78m 不等。柱顶、柱底为单向铰, 可绕环向切线转动。整个体育场共设八个开间的双层柱间支撑 Φ120mm, 东西南北四面各 2 个。

48 片径向桁架与压环和拉杆环一起, 组成整体的空间桁架结构。压环、拉环的作用类似于屋盖结构大开洞边的传力构件与加强构件, 径向桁架类似根部固定于拉压环、端部支撑于周边钢柱的悬臂桁架。因此, 屋面结构宏观上表现为开孔变厚度的双向板特征, 在构件层面表现为拉压承载力为主、弯曲为辅的特征。

幕墙钢结构上端铰接于径向桁架外伸末端, 下端水平支撑于混凝土结构上。幕墙钢结构同时起到平衡屋面钢结构自重的作用。

拉环、压环、交叉拉杆的加工精确是屋面结构成型的重要保障。拉环由 8 道 Φ105mm 拉杆组成, 拉环总弦长 501m, 允许累积长度偏差 ±30mm, 精度达 0.006% (计入温度补偿)。交叉拉杆杆体材质 S520-40CrMo, 屈服强度 520MPa。锚具 25Mn6V, 屈服强度 420MPa。拉环拉杆、屋面交叉拉杆、柱间拉杆的锚具均为双叉耳型。压环为 1000x1000x35mm 焊接箱形截面。总弦长 460m, 允许长度累积偏差 ±10mm, 精度达 0.0025% (计入温度补偿)。



径向桁架由主檩条和次檩条相连, 主檩条还起到铺设屋面夹层板的作用。主檩条两侧由销轴连接。除了伸缩缝外, 销轴孔均为普通圆孔, 传递径向桁架间的水平力。屋面结构布置有 7 条伸缩缝, 伸缩缝处的主檩条一侧普通圆孔、另一侧长圆孔, 用以释放温度应力。次檩条只起铺设屋面夹层板的作用。次檩条一侧栓接、另一侧销轴连接, 销轴连接孔为长圆孔。

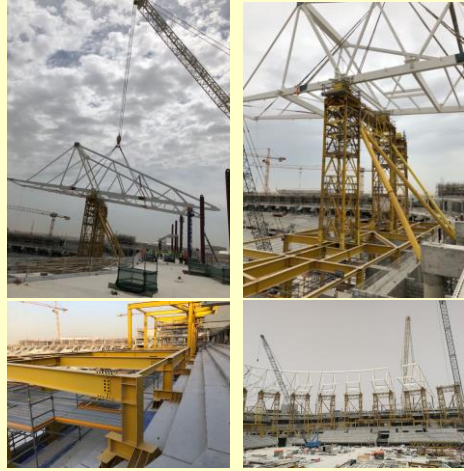
加工采用全截面端铣压环端板, 平整度为 0.1mm/m², 为保证压环端板角度、平整度、长度, 进行了循环预拼装 (至少 8 段组拼, 预留 3 段循环), 并采用工业级 3D 扫描虚拟预拼装。



拉环的拉杆定长设计, 加工前扣除应力标准值伸长量, 安装前补偿温度伸缩量, 用激光测距仪标定。各种规格的全副拉杆需通过破断试验验证。验收标准除满足承载力外, 破断部位只允许出现在杆体, 不允许出现在锚具、螺纹与销轴处, 且要求荷载位移曲线呈明显的低合金钢特性。

安装采取模块吊装法。一个模块由两片径向桁架及桁架间的拉杆、压环、檩条等组成。模块最大重量 146t (标准值,

不含四点吊的吊索具重量), 采用 1250t 超起履带吊, 最大工作半径 58m。模块支撑于施工塔架上, 且水平位移在塔架顶部受约束。施工塔架坐落在预制混凝土看台板上部的临时转换框架上。看台板只提供竖向承载, 水平位移释放采用 PTFE 隔离, 施工塔架水平力只传递给现浇混凝土楼层结构。



几个模块组成大小不一的“顶卸组”, 顶卸组之间只有压环连接。为避免顶卸过程刚体位移, 连接全部外环檩条, 并控制施工塔架顶部水平位移, 加强测量观测。

采用“重力法”建立拉杆内力。简言之, 顶升顶卸组, 使竖向位移向上 400mm (分 8 次循环完成), 装入拉杆。卸载中再嵌补模块间的主次檩条、交叉支撑, 使结构成形、拉杆承力。顶升与卸载过程, 释放塔架顶部的模块约束, 允许双向水平位移, 并按理论计算值提供侧向限位, 并观测摇摆钢柱保持在砼楼板洞中间, 不与楼板接触产生水平力。因顶卸组存在刚体位移趋向, 顶卸过程发现少量的水平位移, 通过塔架顶部的千斤顶调整模块位置, 使模块位置与理论偏差不超过 20mm。



顶卸前, 只安装内层柱间支撑, 卸载后再安装外层, 避免柱间支撑与穿过的混凝土楼板碰撞。施工设计与验算包含了以上各步骤, 并经第三方顾问审核认证。

项目类型为 EPC 工程总承包。印度 L&T 总承包委托德国 sbp 进行结构设计。项目管理公司为英国 AECOM、监理公司为英国 Louis Berger。

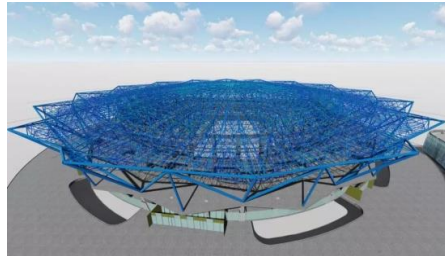
(精工国际钢结构有限公司 陈国栋)

西安奥体中心体育馆、游泳跳水馆主结构完成

作为第十四届全运会开闭幕式主会场, 西安奥体中心占地 1300 亩。主要包括 6 万座位的大型体育场, 1.8 万座位的大型体育馆和 4000 个座位的游泳跳水馆, 以及其他配套设施等。



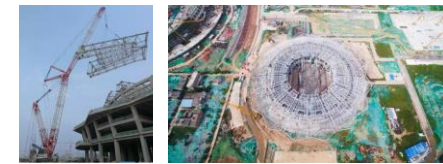
西安奥体中心体育馆总座席数 1.8 万座, 承担体操、篮球、冰球、羽毛球、乒乓球等比赛项目。该体育馆屋盖, 中心似圆形平台, 周围为十六组峰谷造型。钢结构屋盖水平投影呈类圆规则多边形, 最大直径 205m、最大跨度 136.6m、最大标高 41.789m, 投影面积约 3.05 万平米, 用钢量约 4000 吨。钢屋盖结构为经纬式双层钢网架, 节点采用焊接球、螺栓球组合形式, 支撑于直径 136.6m 轴线上的 48 根混凝土柱及外围 64 根三叉钢斜柱上。136.6m 跨度内网架高 5.2m, 以外部分为 2.0m 高双层网架加 0~3.2m 的第三层峰谷造型网架; 三叉斜柱群呈倒、正三角形依次排列之势, 与屋面峰谷呼应, 造型复杂。



体育馆钢屋盖内圈跨度大, 外圈造型复杂; 场内施工空间小, 场外环境复杂, 施工极具难度, 因此采用分块吊装+累积提升的施工方法。根据吊装分区, 将钢屋盖分为包括前厅正上方的外环网架、场内看台正上方的中环网架和比赛

场正上方的场心网架, 中环、外环采用分块吊装法, 场心网架采用累积提升法施工。

中环、外环网架根据施工分区各分为 16 块, 共计 32 块, 按照先中环后外环的施工顺序施工。其吊装施工体现出“三大一难”的特点, 即: 分块面积大、分块重量大、吊装机械大、安装对接难。网架最大吊装分块尺寸 37m×37m, 面积约 970 平方米, 相当于 2.3 个篮球场大小; 重量近 100t, 与一辆中型客机质量相仿。采用超起配重的 650T 履带吊作为主吊机, 辅以一 350T 履带吊配合吊装。外环网架单块安装对接点最多达 27 个, 每个点的偏差均需严格控制。

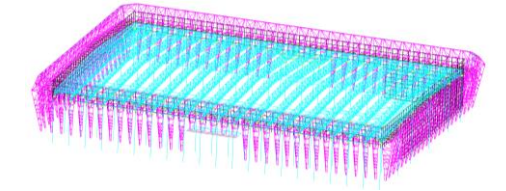


场心网架提升施工采用液压同步提升技术, 提升高度 41.789m, 提升总重量 670t。在场内设置 6 个临时提升塔柱, 6 个提升点, 由 4 个 180t、2 个 405t 液压提升器提供动力, 通过计算机同步控制及传感检测系统控制各提升点之间同步性。2018 年 9 月 27 日开始, 经四次累积提升, 10 月 8 日提升到位, 历时 12 天。



西安奥体中心游泳跳水馆建筑面积约 10 万平方米, 整个结构长 212.1m, 宽 192m, 高约 32.5m, 建成后可以举办游泳、跳水、花样游泳、水球等国际重大比赛。

游泳跳水馆主结构采用钢筋混凝土框架结构+空间管桁架钢屋盖结构, 屋盖钢结构采用倒三角桁架体系, 由两榀边桁架及 19 榀主桁架组成, 东西长 168m, 呈波浪形变化, 南北宽 120m, 标准主跨 84m, 两侧边跨各 18m, 整个屋盖钢结构用量约 3000 吨。柱顶设盆式支座, 桁架杆件规格 P140X4~P426X30。屋盖外围设有立面造型结构, 分为圆钢管斜撑和钢框架。



针对游泳跳水馆的结构特点和现场施工条件, 采用“地面分段拼装+大型设备 (400t 履带吊) 定点吊装+单向累积滑移”的施工技术。



游泳跳水馆钢屋盖于 2018 年 8 月 9 日开始第一次滑移, 经历 18 次“高空累积滑移”完成了 151.2m 滑移距离, 于 2018 年 10 月 8 日顺利滑移到位。

空间结构大师川口卫教授辞世

知名空间结构大师、日本法政大学名誉教授、IASS 前巨大的贡献, 从上个世纪七十年代开始就致力于中日两国空理事长川口卫先生因病于 2019 年 5 月 29 日辞世, 享年 86 岁。川口先生生前在空间结构的设计、科研和教学方面作出了中日交流的巨大损失。川口卫先生一路走好。