

雄安体育场屋盖钢结构整体提升成功

近日,随着32个提升架上58台液压油缸同时发力,重达4700吨、总高度22米的雄安体育场钢结构屋盖缓缓上升,历经56个小时紧张有序地施工,成功提升到位。



雄安体育中心项目位于雄安新区启动区东北部,总建筑面积约18万平方米,由一体两馆三个单体建筑组成,是重要标志性建筑群。项目方案以“山水·印章”为理念,运用中国传统的造园手法与古典建筑意向,生动地诠释东方美学与大型体育建筑的融合。



体育场上部出挑部分设计为环绕的空中观景环廊,打开建筑形体的界面,增加与场地环境的交流。体育场外立面仿照中式琉璃瓦,以层层屋檐出挑的方式,体现中华建筑形象的特点。

体育场创新性采用“双首层”概念,消减建筑体量,将球场放置在下沉的负一层,使得体育场的入口广场与观众休息厅在同一标高处,不仅有利于大量观众入场、散场,也创造出了具有雄安特色的体育建筑空间形式。

构和中央网壳组成,中央网壳采用分索式索承铝合金网壳结构体系,提高了索承结构对不规则建筑平面的适应能力。



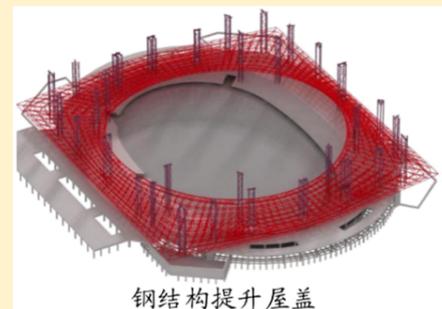
体育馆内圈两个月牙区域要求透光率高,故采用铝合金结构体系,外覆轻薄采光板材料,这在国内十分罕见。此外,体育场看台区域南侧建筑为开阔、通透效果,结构上通过钢拱桁架实现约143米的无柱大空间。



体育场上部出挑部分设计为环绕的空中观景环廊,打开建筑形体的界面,增加与场地环境的交流。体育场外立面仿照中式琉璃瓦,以层层屋檐出挑的方式,体现中华建筑形象的特点。

体育场创新性采用“双首层”概念,消减建筑体量,将球场放置在下沉的负一层,使得体育场的入口广场与观众休息厅在同一标高处,不仅有利于大量观众入场、散场,也创造出了具有雄安特色的体育建筑空间形式。

钢屋盖施工采用了国内领先的反作法施工,钢结构屋盖先提升到位,后续体育场钢结构看台、索承铝结构施工等将接续开展,可有效加快施工进度,提升整体安全性。尤其是曲面体育场屋盖反作法施工应用在国内尚不多见,对今后类似项目施工具有重大借鉴意义。



钢结构提升屋盖

为高标准高质量完成工程建设,该项目充分利用BIM数字化模拟技术,使用建设工程施工安全管理信息系统和建筑工地智能管理平台,采用全景云眼AR指挥系统等众多科技手段。



雄安体育中心建设正在有序推进,预计年底实现主体结构完工。雄安体育中心建成后,对服务疏解北京非首都功能、完善雄安新区的整体配套,具有重要的意义。

(整理自中国雄安官网,中国雄安集团,北京城建集团,向阳空间结构资讯等)

讣告 | 深切悼念空间结构资深顾问曹资同志



曹资同志,因医治无效,于2023年1月2日在北京病逝,享年89岁。

曹资同志生于1934年10月26日,

湖南衡山人。1958年清华大学土木系毕业,曾就职于原建工部建筑科学研究结构所(现中国建筑科学研究院结构所),后调至北京工业大学,致力于空间结构方向的科研工作,对推动我国空间结构理论创新与实践做出了很大贡献,在行业内享有崇高声望,是空间结构分会的重要创始人,是我国空间结构事业的奠基人之一。

曹资同志1992年起享受国务院特殊津贴,1996年被评为北京市突出贡献专家,1998年获首都劳动奖章,1999年被评为全国先进女职工,2008年获空间结构杰出贡献奖。在空间结构抗震方

面的科研成果获国家科技进步三等奖1项、北京市科技进步二等奖3项。发表论文百余篇、著作3本,为网架结构、网壳结构、空间网格结构和索结构技术规程起草人之一。

曹资同志为人谦逊、治学严谨、求真务实、淡泊名利,将个人智慧毫无保留地贡献给空间结构人才培养和科研事业,引领了中国空间结构领域的技术进步。她的离去是我国空间结构领域的巨大损失,中国工程建设标准化协会空间结构专业委员会失去了一位家人。我们沉重悼念曹资同志,深切缅怀曹资同志,愿曹资同志一路走好!

空间结构 简讯

2023年第1期 总195期 2023.03

SPATIAL STRUCTURES

通讯地址:【100013】北京北三环东路30号 中国建筑科学研究院建筑结构研究所 投稿邮箱:spast@cabrtech.com

本期内容

学术 活动

热烈祝贺膜结构创新发展二十周年庆典暨第十一届全国膜结构技术交流会在京胜利召开

热烈祝贺膜结构创新发展二十周年庆典暨第十一届全国膜结构技术交流会在京胜利召开

第十九届空间结构学术会议暨第十届结构工程新进展论坛最新参会通知

2022年杭州亚运会场馆中的空间结构



雄安体育场屋盖钢结构整体提升成功



讣告 | 深切悼念空间结构资深顾问曹资同志



2023年2月18日至2月19日,由中国钢结构协会空间结构分会主办、北京工业大学承办的“膜结构创新发展二十周年庆典暨第十一届全国膜结构技术交流会”在北京成功召开,来自全国各地近400名代表参加了本次会议。

开幕庆典由空间结构分会副秘书长李雄彦主持,理事长薛素铎、中国钢结构协会常务副会长刘毅、中国产业用纺织品行业协会副会长祝秀森、中国工程建设标准化协会空间结构专业委员会主任刘枫、膜结构行业老专家代表林颖儒、支持单位代表王平先后致辞,共同祝贺膜结构创新发展二十周年大会顺利召开!

中国钢结构协会秘书长李庆伟、副秘书长戴长河,空间结构分会前理事长张毅刚,秘书长吴金志,副理事长李亚明、张其林、黄达达、刘中华、李中立,分会特邀专家霍文营,膜结构副主任向阳、武岳、崔家春等共同出席开幕庆典。

与会代表共同缅怀中国空间结构奠基人和开拓者蓝天先生,伴随短片“星火”和张毅刚教授

《蓝天教授与中国膜结构》的报告,一同回顾了蓝天先生对中国空间结构发展所做的卓越贡献。

本次会议共邀请了李亚明大师、朱忠义大师等15位知名专家、学者做大会特邀报告,并邀请蔡建国等5位膜结构行业青年专家做技术交流,还组织了9个技术报告和3个产品推介。

闭幕式由空间结构分会副秘书长孙国军主持。分会特邀专家王立军大师、朱忠义大师以及分会领导共同出席了颁奖典礼与闭幕式。

孙国军副秘书长介绍了中国钢结构协会“技术创新奖”评审过程,以及近几年的评选结果及获奖比例,由分会秘书长吴金志宣读了获奖名单。分会领导向获奖单位颁发证书,并向支持单位赠送礼品答谢。

最后由分会前理事长、北京工业大学张毅刚教授做总结发言,从膜结构发展趋势、行业自律、应用拓展及技术创新四个方面,对膜结构未来发展提出了新的期望,希望分会和各会员单位共同携手,创建膜结构行业的美好未来。

第十九届空间结构学术会议暨第十届结构工程新进展论坛最新参会通知

由中国建筑科学研究院有限公司、中国工程建设标准化协会空间结构专业委员会等主办,浙江大学承办的,第十九届空间结构学术会议暨第十届结构工程新进展论坛,定于2023年4月21日至4月24日在浙江省杭州市举行。

4月21日至4月23日将召开全体委员会议(内部会议)和学术交流会。本次会议发言采取大会发言与分会场发言相结合的形式,大会将邀请空间

结构领域院士、大师、知名专家与科研骨干力量,分享前沿理论研究和实际工程经验,交流热点难点问题,探讨技术创新方向。4月24日将组织相关工程技术参观。

本次大会恰逢空间结构学术会议四十周年,空间人将用发展的眼光对历年成就进行总结,研究时代赋予的契机和方向,共同迎接空间结构更加广阔的未来。诚邀各界同仁莅临,共飨盛会。

2022 年杭州亚运会场馆中的空间结构

杭州第 19 届亚运会简称“2022 年杭州亚运会”，由于疫情原因，最终定于 2023 年 9 月 23 日至 10 月 8 日举办。目前，56 座比赛场馆、31 个训练场馆已全部对外开放。下文简要介绍若干空间结构场馆。

杭州奥体中心体育场



杭州奥体中心体育场“大莲花”为亚运会主场馆。体育场外形似莲花，由 28 片大花瓣及 27 片小花瓣组成，通过“编织”将原本生硬的结构骨架转化为呼应场地曲线的柔美形态。

主体育场看台区上覆完整的环状花瓣造型钢结构悬挑罩棚，罩棚外边缘南北向长约 333 米，东西向 285 米，罩棚覆盖宽度 68 米，悬挑长度 52.5 米，罩棚顶标高 60.7 米。

花瓣由布满直径 5 毫米小孔的穿孔铝镁锰板制成，透光性好，在保证私密性的同时遮挡外面风尘。经过多轮调整优化，场馆总用钢量为 2.8 万吨，比北京“鸟巢”要少 1.4 万吨。

杭州奥体中心网球中心



网球中心“小莲花”采用空间桁架钢结构，让下半部分的 24 片“小花瓣”在视觉上构成了相对独立的效果，实际上却是一个整体。

固定屋盖罩棚外边缘直径约 133 米，罩棚最大宽度 37 米，悬挑长度约 26 米，场地中心罩棚圆形开口直径约 60 米。网球中心采用了世界首创的大悬挑旋转开合屋盖：固定屋盖上方设置 8 片“大花瓣”移动屋盖，每片径向长度 45 米，宽 25 米，闭合状态向圆心悬挑 30 米，重达 160 吨。“花

瓣屋盖”采用平面旋转 45° 开启方式，每片移动屋盖设置一个固定转轴及三条同心旋转轨道，开合时间约 20 分钟。

施工中采用了地面拼装成段、场外分段吊装、高空对接合拢、卸载找平、地面模拟调试等工艺，保证了安装精度、施工进度和安全质量要求。

杭州奥体中心体育游泳馆

杭州奥体中心体育游泳馆采用双馆合一的设计理念，独特的流线造型，结合双层全覆盖银白色金属屋面，和两翼张开的平台形式，生动演绎“化蝶”的杭州文化主题，是世界上最大的两馆连接体非线性造型场馆。



场馆分为体育馆、中央大厅和游泳馆，整个屋盖通过中央大厅将两大功能区屋盖连成整体，东西长约 600 米，南北宽约 360 米，钢屋盖最大跨度为 164 米。中央大厅为斜交斜放异形自由曲面单层网壳结构，体育馆和游泳馆屋盖为斜交斜放变厚度双曲鼓节点双层网壳结构，并在东西两侧设有单层悬挑网壳结构，总用钢量约为 2.5 万吨。

项目采用“过程穿插、限时限地和楼面设置大型行走式塔吊分块吊装，结合局部液压整体提升”的方案完成了钢结构屋盖的施工。

中国杭州电竞中心



场馆以“星际漩涡”为设计理念，三条主步道作“骨架”，环绕核心旋转上升，形成双曲面异形结构，宛如星云中的恒星。建筑外表皮采用自洁型阳极氧化铝板与透明 LED 玻璃幕墙组合单元，天窗采用电致变色玻璃，整个建筑充满着科技感、未来感。

主体结构中部为圆形钢框架结构，屋盖采用索承网格结构，最大跨度 70

米，为与场馆外形相呼应的圆角三角形平面。在圆形钢框架外围，由 48 榀变截面实腹钢梁及斜柱与内部钢管混凝土柱进行连接，形成整体。

钱塘轮滑中心



场馆根据轮滑运动的特色，采用“轮滑飞旋”的理念，场馆下部结构体系采用钢筋混凝土框架，上部采用大跨度钢结构屋顶，构成了一个独特的“旋风陀螺”，屋顶纵向跨度为 136 米，横向跨度为 78 米。轮滑馆屋盖采用铝镁锰金属屋面。

主场馆屋盖下竖向受力构件采用钢管桁架结构，由多榀环向桁架、径向桁架和主次桁架组成；东西两侧飘带与主场馆相连接，采用钢桁架结构体系；配套用房球场屋面主要由钢梁及桁架组成，屋面平面尺寸为 50.4 米×39.8 米。

项目采取塔吊标准节支撑体系施工技术、地下室反顶方案施工技术、双曲面陡坡型屋面施工工艺等技术措施，确保工程保质保量按时完成。

绍兴柯桥羊山攀岩中心



场馆犹如一枚被部分镂空的“蚕茧”，精巧别致。其设计理念融合了纺织布料特有的飘逸灵动感，提取出极限运动中蕴含的力量与动感的美学线条，再通过框景借景的手法引入羊山石城原始风景，半开放的场馆使运动与自然相辅相成，削弱了建筑本身的体量感。

整体岩壁高 16.5 米，总宽度约 68.5 米，最大悬挑达 9 米。主体采用钢结构设计，中心外体采用了 UHPC 超高性能混凝土材料代替传统建材，整个场馆镂空部分占了 55%，单个产品镂空率高达

2022 年杭州亚运会场馆中的空间结构

60%，在达到远柔近刚感觉的同时，也有着遮阳、节能的效果。

拱墅运河体育公园



按照“南馆北场”布置，乒乓球馆和曲棍球场一南一北坐落于拱墅运河体育公园。南有莲花碗，北有杭州伞。曲棍球场外观形似一把斜放着的油纸伞，悬挂翘起的伞面刚好为 4870 个蓝白交错的观众座位遮风挡雨。整个桁架结构的屋面仅靠四个墩台支撑起来，造型轻盈优美。



“伞架”由钢结构构成，“伞面边缘”采用 80 米的大跨度空间弯曲钢管拱架结构，是通过好几条直钢管进行扭曲，扭曲之后再弯，做完造型再现场拼接。屋顶外覆厚度 0.8 毫米的 PTFE 膜，有轻便、高透光率、自洁、独特的光学性能等优点。

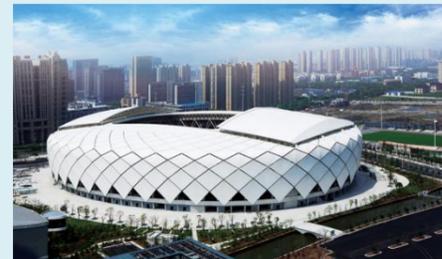


乒乓球馆的设计灵感来源于良渚文化中玉琮“方”与“圆”的交集，因此又被称为“玉琮馆”。“鱼腹形”双曲面鱼鳞状金属幕墙与菱形幕墙交相辉映，呈现出复杂的编织感。

场馆下部为单层变曲面弯扭斜交网格结构，上部为正交正放四角锥双层网架结构。屋面钢架最长跨度约 130 米，比赛场地跨度约 90 米，共计 15 个单元，4201 根杆件，网架部分用钢量为 570 吨，总用钢量为 2500 吨。

中国轻纺城体育中心体育场

体育馆下部结构采用钢筋混凝土框架结构，上部屋盖采用弦支穹顶结构。屋盖整体平面投影为近似椭圆形，长轴方向长度为 267 米，短轴方向长度为 206 米，固定屋盖顶部标高为 47.1 米，活动屋盖顶部标高为 57.5 米。固定屋盖采用空间钢桁架结构，沿圈设置环桁架，通过球铰支座与混凝土看台连接，中部设“井”字形 4 榀空间主桁架，通过 28 榀空间次桁架连接环桁架与主桁架。活动屋盖采用平面桁架。



体育场开合屋盖由两个单元块组成，为我国目前开合面积最大的活动屋盖。开合方式为南北滑动开合，滑动轨道为同轴平行圆弧，轨道水平间距为 96.3 米，轨道半径为 872.6 米，长度为 236.5 米。单片屋盖行走距离为 59.7 米，开启面积达 12350 平方米。体育场的外膜及吸声内膜均采用 PTFE 膜材，总展开面积超过 10 万平方米，是国内使用单层膜结构最大的体育场。

临平体育中心场馆群



临平体育中心内设体育馆、体育场、游泳馆、综合训练馆和风雨操场五大场馆，总建筑面积约 9.5 万平方米，是首批启用的改扩建杭州亚运会场馆。考虑到对原有建筑结构的合理利用，同时结合临平纺织业历史久远“丝绸之府”的美誉，选定“丝路”为设计主题。

二层平台采用新颖的交互式设计手法，以新建的综合训练馆为丝路起点，串联起体育场、体育馆以及媒体中心三大主体建筑，寓意“一带一路”，向亚洲、全世界展现中国的大国风范及杭州的江南韵味。

黄龙体育中心场馆群

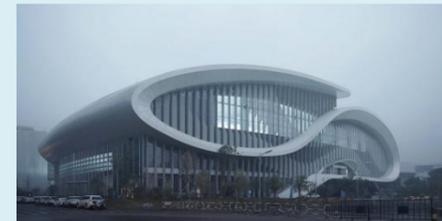


体育场主体结构平面呈圆形，采用框架-剪力墙结构，直径为 245.5 米，南北两座吊塔为核心筒结构，高度均为 88.5 米。钢屋盖的外环平面为圆形，周长为 781 米；内环平面为椭圆形，周长为 572 米。南北两座吊塔均由东西两肢组成，每肢吊塔上布置有 9 束钢索，四肢吊塔共 36 束斜拉索。斜拉索一端锚固于吊塔中，另一端锚固于内环钢箱梁中。屋盖网架为类正方四角锥形式的焊接球节点网架。钢屋盖的受力体系由斜拉索、外环混凝土箱梁、内环钢箱梁和两侧的吊塔组成。



场馆改造工程对屋面板进行了翻新，对拉索和钢架进行了检测修复。并在二层外围修建了一圈立在半空中的橙红相间“腰带”——黄龙空中跑道。

游泳跳水馆的建筑轮廓依据内部空间关系，自然形成了高低起伏的“波浪”形态，并通过立面檐口的自由曲线呈现一种未来般的“漂浮感”。



上部的主体结构为大跨度钢结构空间网架体系，最大跨度达 74 米。屋盖采用双层倒放四角锥钢网壳结构，整个训练池结构的总荷载，由下部 8 榀鱼腹形预应力混凝土跨层桁架支撑，桁架根部由 6 榀“V”形清水混凝土柱进一步支撑，并向南部悬挑 12 米以上。

(整理自：浙江政府服务网，杭州网，杭州 2022 年第 19 届亚运会网，搜狐网，网易网，钢结构设计公众号，有方空间公众号等)