

上海临港地标“荣耀之环”开工建设

10月24日,随着东西两栋塔楼上两根长约21m、重130吨的巨型环梁缓缓吊起,安装调整就位,临港新片区“荣耀之环”完成首次吊装,标志着“荣耀之环”项目钢结构及幕墙一体化工程施工正式拉开序幕。



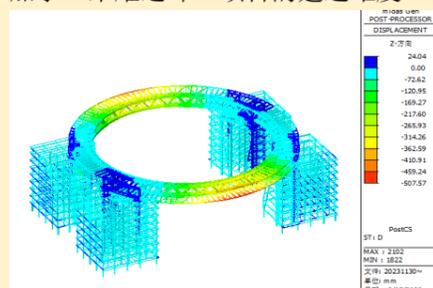
“荣耀之环”是滴水湖金融湾首发项目最富戏剧张力的标志性建筑,是一个直径153m的巨构圆环“飘浮”在临湖的4栋46m高的塔楼上,环顶高度56.15m,圆环结构高度6.6m,宽度14m,四个塔楼的32根钢柱作为荣耀之环支撑点,支座之间最大跨度120m,钢结构工程总重量1万余吨。



受建筑功能要求制约,外围视线应无遮挡,本项目圆环结构不可避免地存在重心偏置与刚度迥异等特征,进而导致大跨度圆环结构产生弯-剪-扭等复杂力流传递与非均性形变姿态。此外,圆环结构与塔楼结构间的联动传力与协同抗震,圆环结构与幕墙

(上接第1版)

系统间的协调形变与控制,进一步增加了“荣耀之环”项目的建造难度。



针对群塔支承及外围无遮挡的特征,项目技术团队开展偏扭大跨圆环结构的对比选型;针对选定的结构形式,通过基于力学性能与建筑观感的智能拓扑构型与评判,实现结构的优化设计。通过研究群塔与圆环关键连接性能,比较塔楼结构和圆环结构间全铰连接、有限刚度连接、一侧铰一侧滑或对角铰对角滑等不同连接方式,对结构刚度、形变、抗震性能和安全冗余等方面的影响,并结合市场条件,最终形成优质可靠的连接方式与关键构型。



技术团队通过开展结构更迭、幕墙联动、载荷历程和温度时空等多因素融合的施工全过程模拟,形成结构-幕墙一体化模拟技术,构建性能、形态等多目标的过程结构控制对策。

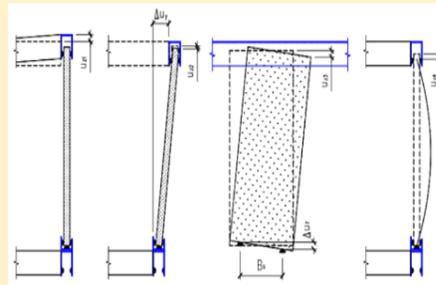
颁奖典礼及闭幕式:

15日下午,大会闭幕式由空间结构分会副秘书长孙国军主持。吴金志秘书长介绍了中国钢结构协会“技术创新奖”和“创新人才奖”评审过程并宣读拟获奖名单,分会理事长薛素铎向拟获奖单位颁发光荣册。

本次会议由北京工业大学、华东建筑集团股份有限公司、同济大学、上海建筑空间结构工程技术研究中心、上海建科铝合金结构工程研究院承办,分会领导向承办及支持单位赠送礼品答谢。

分会前理事长张毅刚教授为大会做了精彩的总结:本次大会参会人员众多、理事会换届圆满成功、技术交流充分热烈、分会队伍不断壮大;期望分会携手各会员单位,紧跟国家重大发展战略,围绕智慧城市、低碳目标开展工作,抓住机遇、勇于创新;坚持做好平台引领作用,积极承担行业组织管理职责,进一步推动行业健康发展。

基于全过程一体化模拟技术,通过深化形变修正、工厂和现场综合拼装补偿等技术,实现施工过程偏扭形态各异的圆环结构的高精度安装。研究群塔间大跨度弧形偏扭结构整体安装技术与配套装备,通过暂态加固控形措施优化技术,与钢结构整体安装方法相配套的施工装备、智能传感及智控系统的研发,实现群塔间大跨度弧形偏扭钢结构的整体智能建造。



由于荣耀之环为超大直径、超大跨度空间钢结构,且截面呈开口形式,施工过程为非稳定体系,结构安装和变形控制难度很大。因此,在施工中项目团队采用了高空原位散件吊装与项目技术团队自主研发的整体提升工艺相结合的方法,实现数字化模拟和全过程实时监控。



整理自:工业建筑等

空间结构

简
讯

2023年第4期 总198期 2023.12

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@cabrttech.com

学术 活动

中国钢结构协会空间结构分会成立三十周年庆典
大会圆满落幕

本期内容

中国钢结构协会
空间结构分会成立
三十周年庆典大会
圆满落幕田野上的风景——
天府农业博览园青苗
项目设计建造实践杭州亚运滨江公共
空间的驿站与桥上海临港地标“荣耀
之环”开工建设

2023年10月13-16日,中国钢结构协会空间结构分会第八届全国会员代表大会暨第十八届全国空间结构技术交流会于上海胜利召开,同时隆重举办了空间结构分会成立三十周年庆典活动。来自全国各地的高校、科研院所、设计施工单位等近600名代表出席会议,并有1.5万余人次观看了在线直播,近90万人次观看图片直播。

开幕式:

10月14日上午,大会开幕式由空间结构分会秘书长、北京工业大学吴金志教授主持。空间结构分会理事长、北京工业大学薛素铎教授致开幕词,中国工程院院士、中国钢结构协会会长岳清瑞教授和中国工程院院士、北京工业大学杜修力教授分别代表协会和分会依托单位讲话,上海市住房和城乡建设管理委员会刘千伟总工程师和华东建筑集团股份有限公司王平山常务副总工程师分别代表住建委、承办单位和支持单位致辞,共同祝贺大会顺利召开!

空间结构分会成立30周年庆典:

空间结构分会成立30周年庆典活动由空间结构分会副秘书长、北京工业大学李雄彦教授主持。庆典活动包括回顾与祝福、空间结构系列图书发布、特邀专家及高级顾问聘任仪式三个环节。

回顾短片“卅载创业、顶峰而立”拉开了30周年庆典的序幕,与会代表共同回顾了空间结构分会30年的发展历程。分会奠基人之一中国工程院院士、哈尔滨工业大学沈世钊教授用视频送来祝福。中国钢结构协会常务副会长刘毅代表协会讲话,祝

贺空间结构分会30年来取得的成果;中国产业用纺织品行业协会李桂梅会长代表兄弟协会致辞,祝福空间结构分会再创辉煌。众多兄弟协会、分会领导和专家,亲自前来或发来贺信、题词和祝福。

为庆祝空间结构分会成立30周年,大会邀请董石麟院士、岳清瑞院士、刘毅常务副会长、薛素铎理事长、张毅刚前理事长和郁银泉大师共同发布空间结构系列图书。

随后,分会聘请同济大学李国强教授、哈尔滨工业大学范峰教授、北京城建集团李久林总工程师、北京交通大学郑方教授为空间结构分会特邀专家;聘请分会前常务理事钟宪华、耿笑冰为高级顾问。

第八届全国会员代表大会:

空间结构分会第八届全国会员代表大会和八届一次理事会由空间结构分会副秘书长、北京工业大学孙国军副教授主持。分会理事长薛素铎教授做第七届理事会工作汇报,分会秘书长吴金志教授对空间结构分会工作条例修订和理事会换届办法进行了说明。

协会常务副会长刘毅主持空间结构分会理事会换届,选举产生了由170个单位组成的第八届理事会,选举产生了58名常务理事,并选举薛素铎为空间结构分会第八届理事会理事长,蔡蕾、韩庆华、胡鸿志、黄达达、李亚明、李中立、汤浩军、张其林、周观根、朱忠义等10人为副理

(下转第4版)

田野上的风景——天府农业博览园青苗项目设计建造实践

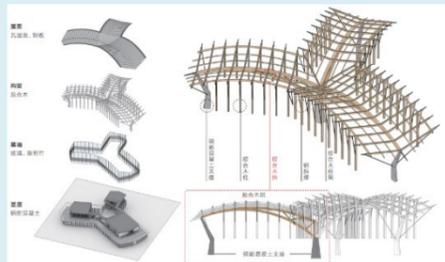


天府农业博览园位于四川省新津区兴义镇，是举办四川省农业博览会的永久会址。天府农业博览园青苗项目（以下简称“青苗项目”）位于园区核心位置天府农博岛，临近农博大道与主展馆，5栋木结构单元建筑错落有致地立于大田风景之中。项目总建筑面积1.05万 m^2 ，是目前国内最大的办公类木结构建筑群，建筑地面3层分别容纳农业科技、育种研究与教育展示等功能空间。



“青苗”的得名，来自建筑的仿生设计——从建筑几何中心，按 120° 夹角向三个方向各自生长出一组拱形木构屋盖，形成三叶草的形态。屋盖为叶，木梁为脉，连接为节。原初概念贯穿整个设计过程，由“青苗”的中心向三个方向延伸出木结构构架，构筑出自然、温暖、舒适的内部空间。

结构设计结合建筑形式逻辑，自然形成纵向、横向受力体系，同时采用了新型木结构节点连接形式，满足了建筑师对细节精度的要求。



建筑的每个“叶片”需覆盖 $12m \times 33m$ 的无柱空间，纵向屋脊跨度达 $36m$ ，且横向仅有2排柱形成跨度 $12m$ 的单

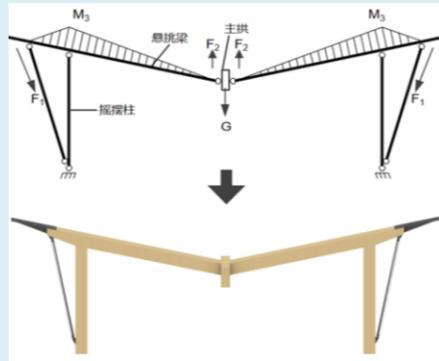
跨框架，对抗震不利。因此，结构设计的核心就是构建与“叶片”形态相对应的竖向承载系统和水平抗侧体系。



主体结构材料选择绿色负碳的木材，与设计概念非常匹配，但木材受压性能好、抗拉抗弯性能弱，木结构梁柱连接节点难以满足刚性连接要求，为结构设计增加了难度。屋脊主拱需要承担屋面一半的荷载，如果采用传统框架结构，梁柱节点处需传递较大弯矩。由于木材的特点是受压性能优异，这种以弯曲为主的受力方式会导致主拱及柱截面尺寸非常大，并且木结构连接节点无法达到足够的转动刚度，因此需要通过建筑与结构的融合设计来减小主拱承担的竖向荷载，同时形成有效的纵横向抗侧体系。



对于每个“叶片”的横向抗侧体系，结构设计摒弃了传统框架结构中刚性连接节点的概念，结合木结构连接特点，将柱顶节点设计为铰接，使框架柱变成了摇摆柱。一方面，利用方案中的斜向钢杆件，与木柱、悬挑梁形成稳定的三角形关系，同步转变为结构主要受力拉杆，像跷跷板一样撬动跨中主拱，缓解主拱竖向荷载，减小主拱变形；另一方面，钢拉杆作为支撑构件，与木柱、悬挑梁组成三角形刚架，弥补了柱顶铰接的不足，形成了更为有效的横向抗侧力体系。这样的构思既保证了结构整体的稳定，也使构件尺寸更为纤细。



对于每个“叶片”的纵向抗侧体系，设计师在结构中心处设置一个钢筋混凝土巨柱，三个主拱依附于巨柱，分别沿 120° 夹角方向发散开来。为顺应主拱的方向，巨柱被设计为正六边形，采用底部边长 $750mm$ 、顶部边长 $450mm$ 的变截面柱，并在柱中心位置通高预埋直径 $250mm$ 雨水管，收集屋面汇集的雨水。每个主拱的外侧端部分别设置一个混凝土变截面斜柱作为支承，中心巨柱与端部三根斜柱通过主拱木梁紧密相连，共同抵抗结构的纵向水平力。这种“一心三点”的协同受力形成了稳固的等边三角形关系，任何一个方向传来的水平力都可以轻易被另外两个方向化解。



$33m$ 跨度主拱的结构找形也是设计中的重点问题。设计师根据主拱跨度、高度、拱轴曲线半径、下部净空要求等制约因素，结合基因遗传优化算法，以结构的最小应变能为目标，通过迭代计算自动寻找最优解，实现了建筑“形”与结构“力”的完美结合。“以力塑形，以形驭力”——青苗由此破土而生。



整理自：AT 建筑技艺

杭州亚运滨江公共空间的驿站与桥

由同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司承担设计工作的杭州市滨江区钱塘江边12公里亚运滨水公共空间改造提升项目已对公众开放，为杭州市民提供了新的生活娱乐目的地。该项目中的驿站以及大跨度景观人行桥的建筑与结构设计各具特色，充分兼顾了历史、美学和力学的表达需求。

云渡驿



云渡驿所在的场地原为钱江三桥东侧的邮轮奥体码头，紧邻亚运会主体育馆。整个结构可看成是四个落地菱形体块的重复排列，每个体块均包含一对平行斜杆及一对V型斜杆，以四个体块托举屋面。屋面体系为三角形斜交网格，在减小结构自重的同时增强杆件间的相互联系，形成整体性较好的空间结构，以实现最大 $15m$ 的悬挑。

风鸢驿



风鸢驿位于杭州市滨江区钱塘江南岸，在钱江三桥西南侧、闻涛路与江陵路交叉口，充分整合不同标高、功能与场地多要素，是一座立体的儿童乐园。建筑方案参考了儿童折纸形态，将5个C型单元的“纸片”嵌套形成基础构型，另一方面翻折的屋檐宛如轻盈的风鸢轻展翅膀，悬停于钱塘江畔。

结构设计中采用了密集柱列、摇摆柱+柱间拉索、转换柱等设计手段，使不同的结构单元之间相互嵌套，如同插接的儿童积木，以响应建筑方案。

长亭驿



长亭驿位于杭州市滨江区钱塘江南岸，是一座两层的钢木组合结构。长度约 $100m$ ，宽度约 $15m$ ，屋架为 $6m \times 6m$ 的米字形胶合木梁单元组合，支承屋架的为三根一组的空间V形钢柱，二层楼面由连接于钢柱两侧的水平胶合木梁承托，同时结合屋面向下设置的钢拉杆进行吊挂。

针对木结构节点铰接的特性，沿建筑物长边方向，通过设置连续的V型钢柱与屋架胶合木梁形成抗侧力体系。短边方向，则是利用三根斜柱形成束筒柱与屋架胶合木梁形成抗侧刚接框架。

润石驿



润石驿位于低碳博物馆前芳草台地临改造人工湖一侧，以休憩，观景，便民服务为主要功能。原有主体结构为钢筋混凝土结构。利用原有主体结构的混凝土框架及剪力墙进行抗侧，增设钢结构柱均为重力柱，采用圆形棱形柱，柱底部采用球铰节点，以进一步减小柱子的截面尺寸。根据悬挑梁的受力形式，屋盖采用倒T型钢梁，钢梁布置为伞形，实现屋顶结构的大悬挑，同时钢梁间设置细小的钢管，保证钢梁的稳定，满足建筑立面和俯瞰的效果要求。

大桥驿



大桥驿位于海创中心绿地内，设计以对角相接的钢片形成空间结构。钢结构构件作为建筑表达的要素裸露在外，三角形的支撑形式塑造了稳定的结构骨架感，并与远方的钱塘江大桥相呼应。

整个结构在横向的单榀受力单元结合了框架与门式刚架，荷载传递路径简洁明确；在纵向则通过一道道 45° 的斜杆将各单榀受力单元联系在一起，形成空间结构，增强结构的整体性。

赏樱亭



赏樱亭，结合场地形成较丰富的高差，提供多角度的樱花欣赏点。沿着单体长边方向，通过钢梁钢柱之间的刚接，形成抗侧力体系，沿着单体短边方向，三根胶合木梁拼接形成三角桁架，以解决接近 $8m$ 的重力荷载问题，针对抗侧问题，于两侧悬挑钢梁端部设置拉索，同时对拉索施加预紧力，在侧向水平力作用下，形成力偶，与钢柱共同抵抗侧向荷载作用。

绸桥



杭州丝绸闻名天下，绸桥取名于丝绸之“绸”，造型追求轻柔之美。绸桥位于杭州市滨江区钱塘江南岸，其将原本需要绕过船闸的路程，直接提升为有一线江景的通道。既为市民提供通行便利，又成为了一个可以步行观景、登高远眺的平台，增强沿途景观的观赏性与多样性。

经过方案迭代对比和体系优化，绸桥采用了索撑张弦桁架结构体系，形态与结构内力分布匹配一致，受力效率高，实现了结构的轻盈之美。

整理自：建筑结构、TJAD 工程技术研究院等