

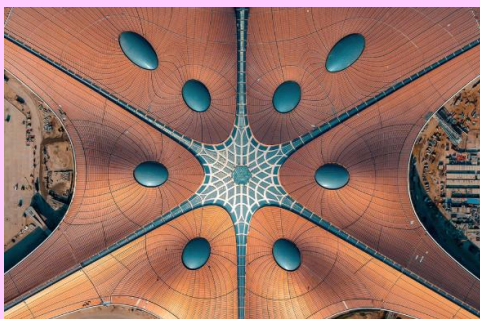
## 北京大兴国际机场正式投运

北京大兴国际机场投运仪式于9月25日上午举行。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平出席仪式，宣布：“北京大兴国际机场正式投运！”

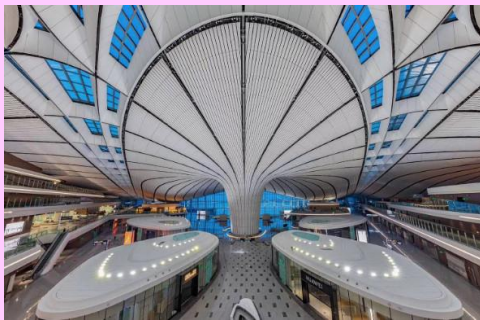


飞过万米高空，俯瞰神州大地，金色的机场航站楼在阳光下熠熠生辉。由旅客大厅所在的核心区和五个手指形廊道组成的航站楼，外形酷似“凤凰展翅”。

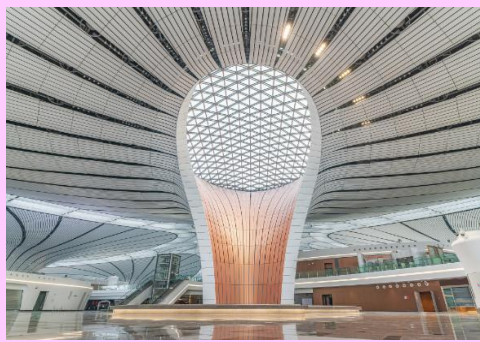
屋顶中心由一个六边形天窗、六条条形天窗、八个气泡窗相互连接，组成顶部主要自然采光体系，可以让室内自然光采光面积超过60%。当夜幕降临，旅客走进航站楼，还可以在透过玻璃窗的月光陪伴下，走到自己的登机口候机。



以航站楼中心位置为原点，半径90米的范围，都是没有柱子的高大空间，核心区屋顶屋盖钢结构投影面积18万平方米，相当于25个足球场的面积，可以完整地装下整个“水立方”。



“凤凰展翅”的“大骨架”由12300个球形节点和超过60000根杆件组成。整个航站楼一共使用了12800块玻璃，其中屋顶用玻璃8000多块。这么多钢网架和玻璃块中，挑不出两根杆件、两块玻璃的规格是相同的。



90米开外是支撑屋顶的8根C型柱。所谓C型柱，就是它的横截面是C型的，上宽下窄，顶端的最大跨度达到23米，而底部最窄处只有3米。流畅的线条被C型柱一路引导到地面上，连通了高达49米的屋顶和地面。C型柱的顶部直接与气泡状天窗相接，白天阳光从天窗中倾泻而下，给人以敞亮、通透、流动之感，营造舒朗的室内环境。



C型柱开口的一侧形成了一条巨大的光瀑，为室内提供了充足的照明光线，白天航站楼内几乎不需要照明灯光。当自然采光不够时，室内可自动开启照明，精确调控每套灯具的照度、开关模式，设置不同场景造型。

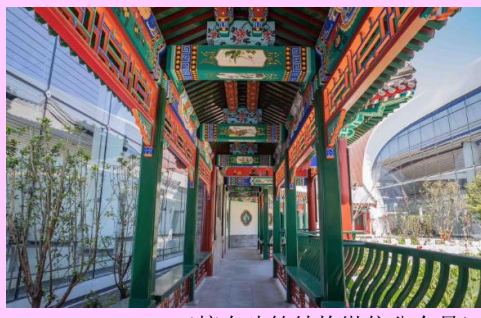


航站楼室内吊顶，采用的是新型复杂双曲面漫反射大吊顶，从C型柱侧面到顶面呈现连续性变化，形成“如意祥云”的肌理。

五大指廊由长度411米的东南、中南、西南三座指廊和长度298米的东北、西北两座指廊组成。它们以主航站楼为中心向四周散射，配合上下双层平台，使得航站楼中心前往各登机口的距离得到最大的优化，旅客从航站楼大厅沿指廊前往最远端登机口乘机，步行距离最远不超过600米，所需时间不超8分钟。



为给旅客提供舒适的候机体验，五个指廊的末端还分别设计了丝园、茶园、瓷园、田园以及中国园等五座“空中花园”。其中，中国园是五个园区中唯一拥有建筑物的园区，八角亭、六角亭、敞轩、榭、廊、殿座、歇山顶、硬山顶、悬山顶……这里几乎涵盖了中国传统古建筑所具有的全部特点。



(摘自建筑结构微信公众号)



2019年第3期  
总181期  
2019.9

编辑部通讯地址：[100013] 北京北三环东路30号 中国建筑科学研究院结构所

本期内容

学术 活动

“拉索制造技术与索结构标准体系编制”研讨会在遵义顺利召开

《充气膜结构技术规程》编制第三次研讨会顺利召开

北京世界园艺博览会演艺广场ETFE膜屋面工程荣获 IAA 大奖



杭州奥体中心网球中心项目决赛馆PTFE膜吊顶工程荣获 IAA 大奖



2022年北京冬奥会国家速滑馆大跨度结构简介



北京大兴国际机场正式投运



## “拉索制造技术与索结构标准体系编制”研讨会在遵义顺利召开

2019年8月12-13日，“拉索制造技术与索结构标准体系编制”研讨会在贵州遵义顺利召开。本次会议由中国钢结构协会空间结构分会举办，贵州钢绳股份有限公司承办。中国钢结构协会空间结构分会理事长薛素铎、分会名誉理事长蓝天、分会前理事长张毅刚、分会秘书长吴金志出席了本次会议。索结构专业组主任委员陈志华，以及副主任委员罗斌、王泽强、宁艳池、任俊超和专业组的部分委员共同与会。贵州钢绳股份有限公司总经理梁鹏与遵义市科技局局长龙学精出席开幕式，致辞并热烈祝贺本次会议的顺利召开。

会议在简短的开幕式后，进入技术交流与研讨环节。贵州钢绳股份有限公司骆治安厂长结合铜仁体育场项目，介绍了贵绳集团在索结构产品研发、工程实践和企业发展的最新成果。北京建筑工程研究院司波主任介绍了铜仁体育场结构施工关键技术。与会专家结合工程实践，就国产索结构产品在大型工程中的应用的热点问题进行了广泛深入的交流与研讨。与会专家对贵绳集团的索结构产品给出了高度评价，同时对产品性能测试指标、标准和工程应用等方面提出了相应的建议。

索结构标准体系编制主要围绕标准体系的构成、编制组织方式和工作进度等方面展开研讨，确定了索结构标准体系的基本构成。同时，围绕即将



组织编制的《建筑索结构节点设计技术规程》、《建筑索结构工程施工质量验收规程》和《建筑索结构工程施工技术规程》的编制立项进行了深入研讨，会议决定启动上述三项规程的编制立项申请工作。《高钒密闭索技术规程》和《内嵌光纤光栅的工程结构智慧拉索》标准的编制也将有序进行。

遵义青山绿水，遵义会议开辟了中国革命的新局面，结合中国钢结构协会的“不忘初心，牢记使命”主题教育要求，会议期间分会组织与会专家参观了遵义会议与苟坝会议会址，重温了中国革命的艰苦岁月。通过参观，专家们深感新时代、新使命，作为空间结构的研究者与建设者，应该勇担使命，初心不忘。

## 《充气膜结构技术规程》编制第三次研讨会顺利召开

2019年8月28-29日，《充气膜结构技术规程》编制第三次研讨会在北京工业大学顺利召开。本次会议由中国钢结构协会空间结构分会举办，北京工业大学空间结构研究中心承办。

中国钢结构协会空间结构分会理事长薛素铎、名誉理事长蓝天、前理事长张毅刚与来自同济大学、哈尔滨工业大学、上海交通大学、华东建筑设计研究院以及国内膜结构企业的专家学者共同出席了本次会议。

按照第二次工作会议要求，在各位专家共同努力下，规程的编制组完成了预定的工作目标，形成了包含条文说明等全部内容的第二稿。

第三次会议系以各章负责人为主的研讨会，会议由规程主编薛素铎教授主持。各章负责人依次介绍了各章主要内容和第二稿修改过程，对于撰写中

的一些重点、难点问题提请本次会议研讨。本次会议重点研讨的问题如下：（1）充气膜结构相关内压的取值准则与表述方式；（2）充气膜结构按等级分类确定相应的计算方法和设计指标；（3）荷载取值、荷载组合法以及抗撕裂验算方法；（4）建筑设计和构造设计的技术要点等。通过对上述问题的研讨，理顺了规程内容，明确了下一阶段的重点研究内容与校核工作。通过本次研讨会，进一步提升了规程的实用性和技术先进性。

为保证规程编制工作顺利推进，会议决定，第四次工作会议将于2019年10月底召开，并责成各章负责人按本次工作会议要求于10月15日前完成规程第三稿的修改，为2019年底完成征求意见稿的撰写提供有力保障。

## 北京世界园艺博览会演艺广场 ETFE 膜屋面工程荣获 IAA 大奖

由北京纽曼帝莱蒙膜建筑技术有限公司设计并承建的北京世界园艺博览会演艺广场 ETFE 膜屋面工程，获得了美国国际产业用纺织品协会 (IFAI) 的 2019 年综合张力结构类国际成就大奖 (IAA)。



北京世界园艺博览会演艺广场 ETFE 膜屋面工程位于北京市延庆区，演艺广场将承担 2019 年世园会开、闭幕式等大型活动，它宛如一只彩蝶驻足在妫湖之滨。整个建筑采用了目前极具创意的生态设计理念，钢、索、膜有效结合，造型美观、富于动感，将独具匠心的人工设计融合于周围得天独厚的自然景观，使游客寄情山水

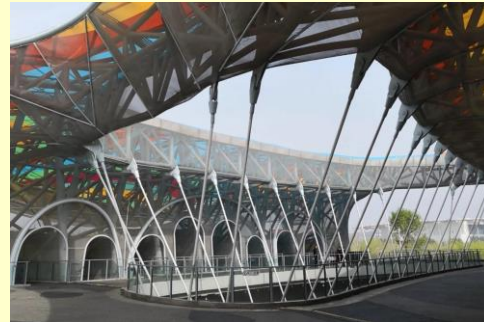
园艺之中而流连忘返。



该工程长度约 119.4 米，宽度约为 113.6 米，钢结构最大悬挑长度约 47 米，最高处距地面约 20.3 米。其总展开面积约为 5444 平方米。共 32 个膜单元，最大的膜单元展开面积约为 310 平方米。



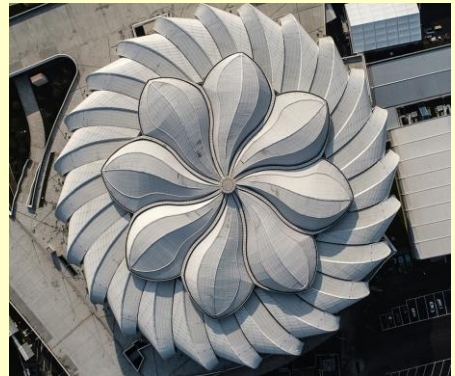
该工程结构体系由若干钢柱支撑的钢桁架构成，在内环布置若干下拉索锚固于地面以平衡钢桁架悬挑部分的倾覆力矩。钢结构外轮廓造型为蝴蝶。钢桁架之间由钢索构成单向索网，表面紧绷彩色 ETFE 膜材。结构综合考虑了 ETFE 膜材的强度、膜材幅宽 (1550mm)、膜索套做法和合理造价后，确定索的规格为  $\Phi 12PE15$ ，索间距为 1.4m。屋面采用了 6 种彩色 ETFE 膜材的搭配，大蝴蝶建筑整体显得色彩斑斓。膜单元内的颜色种类较多，且颜色间的边界为不规则光滑曲线，对裁剪精度、膜片排版、加工制作提出了很高的要求，为对膜材的合理利用、正确搭配颜色，本工程专门建立了 BIM 模型以确保良好的建筑效果。



(北京纽曼帝莱蒙膜建筑技术有限公司 李高阳)

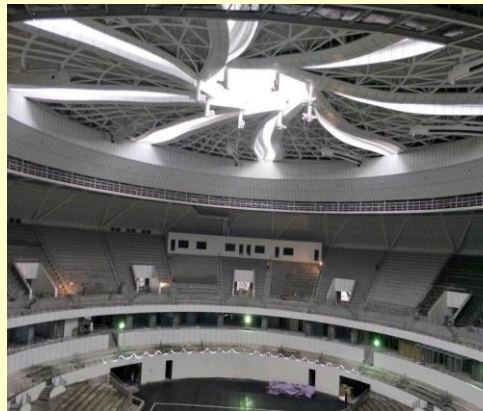
## 杭州奥体中心网球中心项目决赛馆 PTFE 膜吊顶工程荣获 IAA 大奖

由北京纽曼帝莱蒙膜建筑技术有限公司设计并承建的杭州奥体中心网球中心项目决赛馆 PTFE 膜吊顶工程，获得了美国国际产业用纺织品协会 (IFAI) 的 2019 年骨架支撑类国际成就大奖 (IAA)。



杭州奥体中心网球中心项目决赛馆 PTFE 膜吊顶工程位于杭州市滨江区，网球馆已举办 2018 年第 14 届 FINA 世界游泳锦标赛 (25 米)、将承担 2022 年亚运会网球比赛等大型体育比赛活动，它宛如一朵莲花绽放在钱塘江畔，

已成为杭州市美丽的地标建筑。整个建筑造型美观、富于动感，采用了旋转开闭式屋盖，晴天、雨天都能正常举行比赛。



该工程直径约 94 米，最高处距地面约 34 米。钢桁架下弦表面紧绷 PTFE 膜材，形成膜吊顶，既美观又有良好的吸音效果，其总展开面积约为 5662 平方米，最大的膜单元展开面积约为 25 平方米。决赛馆屋盖，是由四周 24 片固定钢结构单元“花瓣”和中心 8 片可旋转的钢结构单元“花瓣”



组成的可开启屋盖。每片可旋转的花瓣长约 28 米，宽约 20 米。



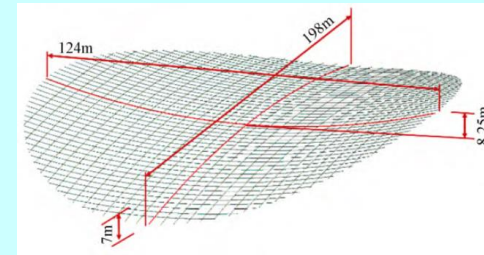
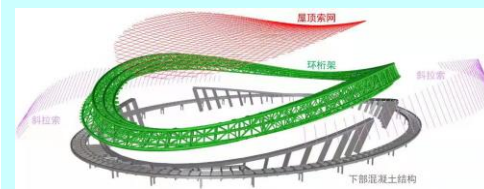
(北京纽曼帝莱蒙膜建筑技术有限公司 李高阳)

## 2022 年北京冬奥会国家速滑馆大跨度结构简介

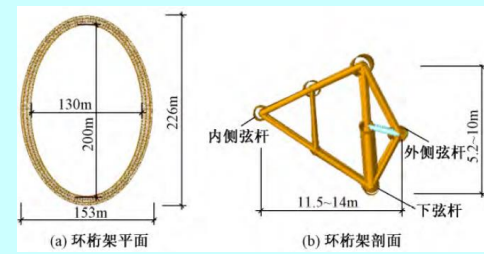
国家速滑馆位于北京市中轴线北端的奥林匹克森林公园西侧，是 2022 年北京冬奥会的标志性场馆。作为冬奥会北京赛区唯一的新建场馆，国家速滑馆在冬奥会期间将承担速度滑冰项目的比赛和训练，赛后将成为能够举办滑冰、冰球等国际赛事和大众冰上活动的多功能场馆。

国家速滑馆昵称“冰丝带”，其外立面由 22 条飘逸的丝带形成优美的天坛曲线。以玻璃及 LED 构成的丝带，寓意速滑冰刀在冰上划过的痕迹，象征速度和激情；数字“22”则代表北京冬奥会的举办时间——2022 年。速滑馆平面为椭圆形，屋顶呈马鞍形曲面。

主场馆地上部分建筑高度为 17m~32m，平面尺寸为 178m×240m。地下室、看台及屋顶支撑结构为混凝土结构，屋顶和周边幕墙为钢结构。钢结构主受力体系由屋顶索网、环桁架和斜拉索组成，幕墙网壳支承于环桁架、斜拉索和下部混凝土悬挑梁边缘。



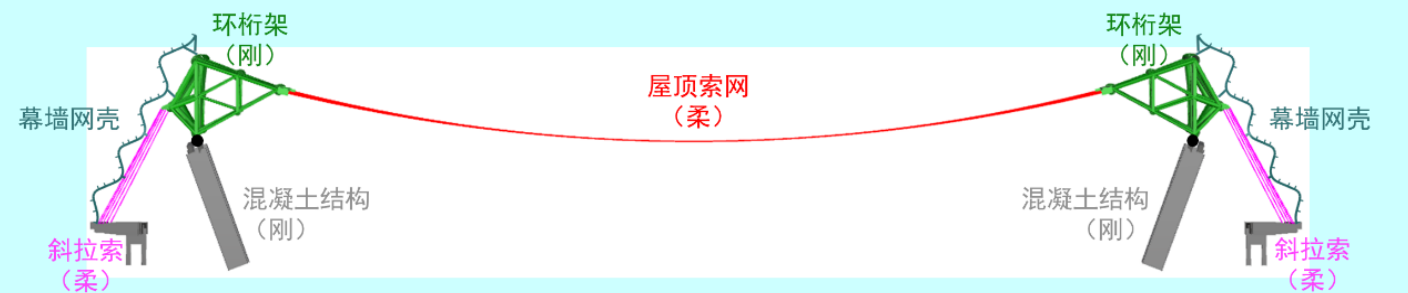
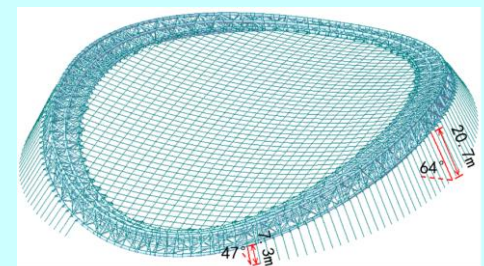
环桁架采用立体桁架结构形式，东西向最大外轮廓尺寸为 153m，南北向最大外轮廓尺寸为 226m。环桁架下弦通过固定铰支座支承于混凝土结构，东西向最大跨度为 148m，南北向最大跨度为 215m。环桁架剖面为菱形，最高点位于东西两侧，高度约 10m，宽度约 11.5m；最低点位于南北两侧，高度约 5.2m，宽度约 14m。环桁架东西每侧的中间部位为 64m 的大跨度区域，其他部位支座间距约 9m~11m。构件采用圆钢管，最大钢管规格为 P1600×60，材质为 Q460GJC。



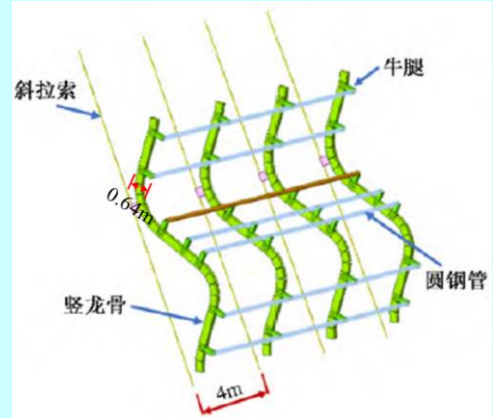
在主受力体系中，环桁架支承于 48 根看台柱与环梁组成的混凝土结构上，为索网提供闭合的椭圆形边界；斜拉索主要起平衡屋面索网内力、提高环桁架稳定性和为幕墙网壳结构提供支承的作用。索网、环桁架和斜拉索三者共同组成了一套刚柔相济的协同受力体系。

屋顶为单层双向正交马鞍形索网结构，平面投影为椭圆形。屋面索网长轴 (南北向) 为稳定索，跨度 198m，拱度 7m；短轴 (东西向) 为承重索，跨度 124m，垂度 8.25m。网格平面投影尺寸为 4m×4m，索网均采用国产 1570 级高钒封闭索，稳定索为直径 74mm 的双索，承重索为直径 64mm 的双索。

斜拉索采用国产 1570 级高钒封闭索，索径有 48mm 和 56mm 两种。拉索上端连接于环桁架外侧弦杆处，下端连接于混凝土悬挑梁边缘，索间距为 4m。东西两侧斜拉索长约 20.7m，与水平面夹角约 64°；靠近南北两侧斜拉索长约 7.3m，与水平面夹角约 47°。



幕墙结构采用网格结构体系，由间距 640mm 内外两层构件组成，内层为幕墙钢结构的竖龙骨，外层为近似水平的圆管梁，两层构件通过牛腿刚接。竖龙骨上部两个支撑点与环桁架铰接，中间与斜拉索铰接，下端与混凝土挑梁端部铰接。在南北两侧无斜拉索区域，竖龙骨上部通过 3~4 个点固定在环桁架上，下部与混凝土连接。22 道造型要求水平起伏的横梁，用于支承幕墙外侧直径 350mm 的玻璃管 (冰丝带)，相邻横梁间距约 2m。



受建筑功能限制，支承环桁架的混凝土梁、柱截面受限。为减小环桁架传递给混凝土柱顶的水平力，施工过程中，释放环桁架支座的水平约束、将支座设置为滑动状态，利用环桁架自平衡消化索网张拉及一部分恒荷载产生的水平力。综合考虑混凝土框架柱的水平承载力和钢结构的经济性，通过控制支座在整个施工过程中的滑动、锁定状态，来调整环桁架与混凝土结构分担的水平力，使环桁架和混凝土结构可以同时发挥最大作用。



(北京市建筑设计研究院有限公司 白光波)