

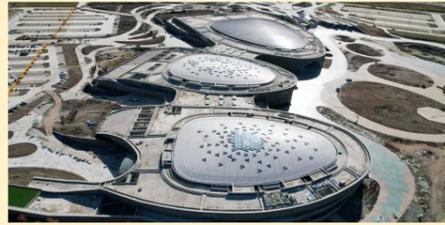
揭秘“爆红”的哈尔滨冰雪大世界场馆结构设计



哈尔滨冰雪大世界作为“尔滨”最耀眼的名片之一，始建于1999年，经过20多年的积淀，得到了来自全球游客的青睐，蜚声海内外。

位于场心绚丽多彩的冰雕冰建，是多年来冰雪大世界的灵魂，而新建的各种功能室内场馆，则布置在场地周边，为广大游客提供服务。下文简要介绍两个主要场馆。

梦幻冰雪馆

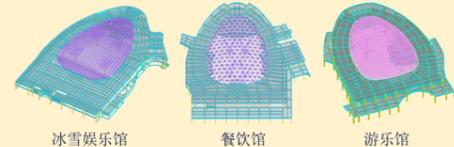


梦幻冰雪馆的主出入口为拱式结构，水平跨度约23m，高度约12m。次入口雨棚跨度达到25m，其建筑形态飘逸，采用交叉网格+拉杆结构，网格梁采用仅200mm直径圆管，实现轻薄简洁的建筑效果。

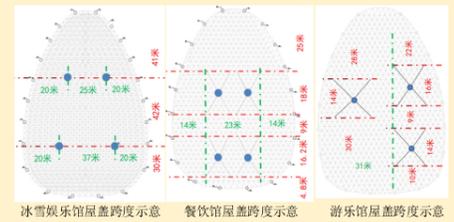
梦幻冰雪馆包含冰雪娱乐馆、餐饮馆和游乐馆等3个场馆。三个场馆间设置变形缝，划分为三个独立的结构单体。场馆的地上混凝土结构均为2层，无地下室，中庭通高区域屋顶为大跨度钢结构屋盖，最大高度为19m。

冰雪娱乐馆的平面尺寸(长×宽)为113m×183m，钢屋盖的平面尺寸(长×宽)为87m×113m，屋面吊挂荷载较大，采用混凝土框架+双层网壳的结构形

式。餐饮馆、游乐馆采用混凝土框架+开花柱+单层网壳的结构形式，两馆的平面尺寸(长×宽)分别为100m×108m和95m×117m，钢屋盖的平面尺寸(长×宽)分别为50m×73m和51m×74m。



冰雪娱乐馆屋顶吊挂设施较多，比如挂设备马道、冷区保温板及各工艺吊挂设备，因此采用双层网壳结构，矢高4m，在中部设置4个支撑点，减小屋盖跨度，网壳厚度取为3m，采用焊接球节点；餐饮馆、游乐馆考虑后期屋顶吊挂荷载较多，结合建筑及业态造型采用单层网壳+开花柱的结构形式，矢高4m，网壳采用箱形截面，开花柱采用圆管，分叉位置刚接，与网壳连接部位采用销轴连接，为增加单层网壳的自平衡能力，对环梁截面予以加强，增强边界约束。支座均采用板簧弹性支座，并采取限位措施。弹性支座的设置不仅可以很好地释放屋盖结构由于自重产生的水平推力，减小对下部结构的不利影响，也可以释放温度变形，减小由于温度作用导致的钢构件应力比加大。



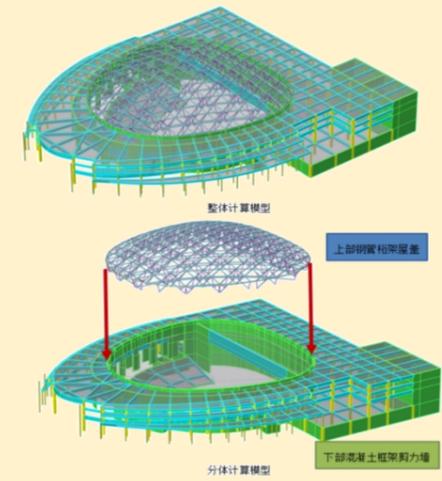
冰雪秀场

冰雪秀场为内部大空间建筑，中间表演区域为跨度60m、支撑边界近似圆形的拱形屋盖，下部为秀场座位及周边服务空间。



冰雪秀场的屋盖由钢网架与桁架组成，屋盖跨度为59.8m(短向)，矢高为4m。屋面结构结合建筑三角形网格化的造型，采用三向交叉钢管桁架结构体系，桁架交叉点间距10m，桁架分隔内部三角形交叉梁间距为5m，桁架结构高度为3m，屋盖桁架承担屋面荷载并吊挂整个舞台设备层，下部为混凝土框架剪力墙结构。

屋盖的节点采用3向相贯节点加上腹杆，最多处节点有12杆相贯，形式较为复杂，通过1:2缩尺试验，研究其受力性能及受力机理。以典型试件为例，试验中采用两个液压伺服作动器进行轴向荷载的施加，在关键部位处粘贴电阻应变片，了解该试件在整个受力过程中的应力状态。试验研究表明，本项目节点安全可靠，承载及变形能力满足设计要求。



中国建筑设计研究院有限公司 孙海林

从自然中生长出的建筑——嘉兴南湖未来广场



嘉兴南湖未来广场位于浙江嘉兴的城市中轴线，紧邻南湖。项目包含科学、文化和商业等三个场馆，建筑总面积约18万m²，结构高度约27m。

三处场馆“手拉手”地连接在一起，通过白色陶板环形屋顶围合成一个整体，中央6千m²圆形草坪成为市民聚集、休憩、游玩的城市公共空间。

项目采用钢结构搭建整个框架，包括主体钢结构、网壳钢结构以及连廊钢结构三部分。项目的主体钢结构形式为钢框架-屈曲约束支撑体系，屋面网壳部分均采用大跨度异型空间钢结构拱架系统，最高可达23.9m，跨度最小约

46m，最大约100m，为其下的建筑室内提供了大面积的无柱空间。

项目主体总用钢量约为2万吨，钢材种类7种、钢材规格多达73种，安装体量大、施工程序复杂。其中，最难的部分就是网壳钢结构。网壳钢结构为三角形单元空间拟合而成的单层双曲面网格体系，杆件汇交节点3770个，杆件9784根，总构件16254个。每一节点、杆件空间位置、方向均不相同。



空间结构

简讯

2024年第1期 总199期 2024.03

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

第二十届
空间结构学术会议
将首次在天津召开

紧急！住建部专家
发声，极端天气下
大跨度钢结构建筑
防倒塌这样做



揭秘“爆红”的
哈尔滨冰雪大世界
场馆结构设计



从自然中长出
的建筑——嘉兴南湖
未来广场



学术 活动

第二十届空间结构学术会议将首次在天津召开

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，天津大学承办的，第二十届空间结构学术会议将于2024年11月在天津隆重召开，这是空间结构学术会议首次在天津举办。

会议主题：空间结构技术助力高质量发展

会议议题包括：

★发展与探索：空间结构理论研究、结构体系、分析方法、设计技术、制作与施工技术等方面的创新与可持续发展。

★概念、形式与工程设计：空间结构的新概念、新方案与结构新体系；已建成或正在规划设计的空间结构工程。

★分析、计算与试验：新的分析理论与设计计算方法；抗震分析、风荷载与稳定计算；模型与节点试验。

★计算机信息技术：计算机辅助设计与制造技术；BIM技术研发与应用；参数化设计。

★试制、生产与施工：新材料的研发；新型体系与节点的试制；制作与施工中的新工艺、新技术。

★健康监测和检测：健康监测和检测理论、新方法、新设备；健康监测项目的最新成果。

★管理、维护与加固：设计、生产与施工中的技术与质量管理；工程事故及原因分析；既有空间结构工程的改造、维护与加固。

大会组织委员会

主任：韩庆华 陈志华 丁阳 范峰 冯远
委员：尹越 刘红波 芦燕 薛素铎 杨庆山
梁国霞 郭刘潞 王力晨 韩庆华 陈志华
王培鹏 马明 张高明 曹正罡 陈波
张强 林祥 薛雯 陈务军 陈志华
秘书长：刘红波 芦燕 范重 冯若强

学术会议学术委员会

顾问：董石麟 沈世钊 马克俭 王俊 李霆 李海旺
刘锡良 甘明 罗永峰 钱若军 李中立 刘红波
单建 严慧 杨联萍 姚念亮 罗斌 骆治安
张毅刚 赵基达 赵希平 朱丹 欧阳元文 潘国华
秦杰 秦凯 区彤 孙海林 孙文波 唐虎
王启文 王文渊 王秀丽

主任委员

刘枫

副主任委员

★防灾与减灾：抗震、抗风与防火；防连续倒塌；振动控制。

★绿色建筑：绿色、低碳空间结构建筑有关的概念、方法和实践。

会议内容

◆大会发言：会上将重点邀请国内外知名专家围绕大会主题作特邀报告，并就有关空间结构的重大技术专题进行交流。

◆分组发言：论文作者在会上按不同议题分组进行发言与讨论。

◆技术参观：举办空间结构工程技术参观。

会议征文

欢迎投送未在各类期刊及会议论文集上发表过的论文。作者可先将800字左右的详细摘要以邮寄或电子邮件方式提交给学术会议秘书处。本次会议论文集将收录于会议论文集，并由论文作者在会议上交流发言。

论文提要内容包括：

(1) 对理论或试验研究、工程设计、生产或施工、管理等的介绍；

(2) 学术上的创新或实际应用的价值；

(3) 主要结论或成果等。

会议论文投稿：spast@cabrtech.com

论文提要截止：2024年5月20日

录用通知：2024年6月20日

全文投送截止：2024年8月31日

罗尧治 宋涛 王泽强 魏德敏 温四清 吴金志
张其林 朱忠义 吴耀华 武岳 向新岸 闫翔宇
姚亚雄 叶继红 尹越 张峥
赵伯友 赵鹏飞 赵仕兴 支旭东
周岱 周健 周观根 芦燕

空间结构学术会议秘书处

地址：【100013】北京市北三环东路30号中国建筑科学研究院结构所

电话：010-84280389

投稿邮箱：spast@cabrtech.com

承办单位会务组

地址：天津市津南区雅观路135号天津大学北洋园校区

电话：13820595548(刘红波) 15822457756(芦燕)

紧急！住建部专家发声， 极端天气下大跨度钢结构建筑防坍塌这样做



极端寒潮天气仍在影响我国南方地区。受极端寒潮天气影响，多地铁路列车、航班停运或延误；大跨度钢结构的集贸市场、超市、农户大棚出现坍塌，引发一定伤亡。2月21日10时10分左右，湖北省随州市发布消息，随县万和镇神农超市部分顶棚被雪压垮，1人受伤经抢救无效死亡，目前，垮塌原因正在进一步调查中。此外，湖南省常德、益阳、张家界及河南等地也发生了几起因积雪覆盖导致建筑物坍塌事故。此前，北方地区一些大跨度钢结构建筑曾受极端天气影响引发重大伤亡事件，教训惨痛。

极端天气下，大跨度钢结构建筑坍塌的原因是什么？是否与极端天气下引发的低温雨雪冰冻灾害有关？治沉痾防新疾，大跨度钢结构建筑的安全问题到底需要一张怎样的药方？

2月22日，住建部工程质量安全监管司以“极端雨雪冰冻灾害多发下房屋安全防护”为主题，组织全国工程勘察设计大师、建筑设计院总工程师等行业专家就大跨度结构建筑的安全防护问题展开专题座谈会。

“事故的发生令人痛心。实际上，严格按照规定的建设流程进行建造的大跨度钢结构建筑，在设定的荷载条件下以及采取适当维护措施条件下，安全性是可以得到保证的。极端天气条件下，有可能出现超出设定荷载的情形，引发坍塌。”钢结构大师、中建研科技股份有限公司副总工程师赵鹏飞表示，应对此类突发事件，极端天气预警时建设单位或业主要制定应急预案，包括在专业人员指导下制定铲冰除雪措施等。

“这次南方降雪是多年难遇的极端天气，雪荷载大，超过了一些建筑

的荷载规定，诱发了大跨度结构建筑的坍塌事件，但总体来看，因极端天气引发大跨度轻钢结构出现倒塌的概率相对较小，这是一个多因素导致的结果，需要调查了解。但不论如何，做好建筑除冰除雪，避免重大安全事件发生是目前的关键。”全国工程勘察设计大师、中国建筑标准设计研究院有限公司首席科学家、总工程师郁银泉表示，后期则需要加强监督检查，通过调研全面了解大跨度建筑存在的问题，牢牢把好安全关。

雪荷载问题要紧急解决

2月3日，河南省信阳市羊山新区一体育馆坍塌。据当地工作人员回应，经初步判断，系积雪过厚导致该体育馆中间顶部区域垮塌。坍塌的场馆处于停工状态，一直未投入使用，无人员伤亡。

2月3日下午15时开始，湖南吉首市持续强降雪雹。当晚20时49分，吉首市镇溪街道科技园社区湘泉制药厂内新起航体育运动馆安保人员进行安全巡查时，发现新起航运动馆和附近已放假停业的军篮篮球场顶棚覆盖有大量积雪，当时棚面受力较大，有垮塌迹象，情况十分危急。安保人员立即对新起航运动馆内正在打球运动的12名群众全部疏散到安全区域，并立即联系球馆负责人报告情况。19分钟后，21时08分，军篮篮球场顶棚开始垮塌。5分钟后，21时13分，新起航体育运动馆顶棚也发生垮塌。

2月4日7时许，潜江市老新镇农贸市场因暴雪导致顶棚局部坍塌，造成2人受伤。

极端天气下，南方各地陆续曝出大跨度建筑坍塌事故。面对这一紧急情况，住建部专家给出了应对建议。

“极端天气下，当下急切要解决的是大跨度结构建筑的荷载问题，尽可能地减少冻雨冻雪对建筑的影响。”全国工程勘察设计大师、中国建筑科学研究院副总经理、首席科学家肖从真表示。

肖从真认为，当前，江淮地区气温基本在0℃左右，存在冻雨冻雪情况，1m³雪被冻住往往会产生超过200公斤的重量，原因是里面存有水、冰，在这一情况下不能让这些冰冻雨雪不断堆

积，尤其是大跨度采光顶结构的建筑，会增加建筑的荷载，引发安全隐患。

为避免积雪过高或化雪成冰反复叠加情况，肖从真建议当地要及时采取措施除雪除冰。除雪除冰过程中要注意科学合理操作，避免产生次生危害；在建筑檐口和屋面的高度部位易形成局部积雪过厚的情况时，应重点关注及时清除；坡屋面注意防止积雪滑落伤人及坠冰伤人。也应重点关注中等跨度（30m左右）轻型屋面的安全性。

除了及时除冰除雪，肖从真认为，从解决问题的角度入手，在极端天气预警及发生的情况下，业主要要及时对屋盖结构进行检查，重点关注是否存在杆件严重锈蚀以及屋盖支座处松动、变形的情况，如有此类情况建议请专业人员判断是否可以暂停开放或使用。同时，相关单位要自查所在区域的大跨度结构建筑是否存在私自改变结构用途、屋面有集中堆载等危害建筑安全的情况，是否存在雨水管堵塞情况，这些都应在及时发现及时处理。

“从地域上看，江淮等地区冬天气温不高，能够形成降雪气象，同时湿度、水量比北方大，又会快速交叉融化、结冰和再积雪，导致降雪引起的建筑雪荷载比北方危险性可能还要高，是特别应该要引起注意和警惕的方面。”清华大学建筑设计研究院总工程师刘彦生也表示，面对极端气候现象及大雪暴雪的发生，迅速降低降雪带来的雪荷载是目前最快速、最可能消除隐患险情的措施，在大雪或暴雪发生时，大跨度钢结构使用方也应及时组织科学合理的除雪工作，减小积雪带来的荷载，消除可能的安全隐患。

同时，刘彦生认为除雪工作要科学有序，不能带来二次风险，比如屋顶上人不要太多，要均衡除雪，不要形成不对称积雪现象，对积雪厚度大的区域优先清除等，除雪时的注意事项也可以咨询原设计单位。降雪过后，要加强对大跨度钢结构项目的回访和调查工作，发现并排除可能的隐患及存在的问题，如结构锈蚀、支座损坏、使用不当（超载等）、结构过大变形等，有条件的话要定期组织全面结构体检。

紧急！住建部专家发声， 极端天气下大跨度钢结构建筑防坍塌这样做

极端天气下，大跨度结构建筑普遍存在安全隐患？

对此，刘彦生表示，齐齐哈尔某体育馆发生坍塌事故后，为防患于未然，清华大学建筑设计研究院对本院设计的100多个大跨度钢结构项目进行了梳理，通过梳理来看，绝大多数大跨度钢结构建筑是能够满足安全要求的。

“大跨度钢结构建筑需要满足的技术要求其实很多，核心是强度和刚度。所谓强度，即要在规定的使用条件（包括规定的荷载作用下）下，安全可靠；所谓刚度，即在规定的使用条件下满足变形的规范要求。从目前来看，大部分建筑是符合的。”刘彦生表示。

郁银泉也认为，我国建筑业高速发展了三四十年，也建了很多房子，总体是不错的，安全可靠。

强化监管，强化建筑体检

如何避免类似重大安全事件再次发生？郁银泉认为，大跨度轻钢结构屋盖倒塌引发重大安全事件要找出背后引发因素，这涉及多个方面，包括设计、施工、后期使用等，如坍塌项目是否存在设计问题，如果项目设计之初结构承载力储备较小，节点构造不合理，整体性存在不足，也会引发结构的失稳和坍塌问题。

“还有施工问题，这涉及材料、施工精度、焊缝、螺栓连接及防锈问题；或者存在不正确的施工问题，也会破坏钢结构体系的整体稳定性。”郁银泉表示，包括使用和维护问题，是否存在任意增加荷载的情况，如堆放建筑材料或多次增加防水等，日常合理维护不到位，没有及时清除积雪等。

（上接第4版）“数智”赋能，建筑建设更智能更安全更高效。项目通过三维柔性调姿平台和数字化智能制造技术，并在嘉兴市房建工程建设领域中率先引入全过程BIM技术+装配式建造，以满足复杂曲面空间网架的制造和安装精度要求。

BIM技术打造仿真工程世界，通过仿真漫游、VR技术等引导各参建单位建设者沉浸式模拟各工序施工要点，提前了解相关风险点及关键处。装配式建造则是在预配件工厂完成各种不同

针对上述问题，郁银泉建议修订相关规范，在可靠性指标、安全等级方面进一步提高要求；加强项目体检，做好日常的维护管理，也呼吁产权单位做好预案与巡检，早发现早整改；同时加强监管，规范市场，使问题消弭于前期，避免重大安全事件发生。

“也要提高建造过程的质量控制要求，在整个建造过程中关注此类易分包的部位，从设计、施工全过程保证质量。”肖从真表示。北京市建设工程安全质量监督总站技术委员会常务副主任黄卫东建议，从整体结构设计、构件深化设计方面强化安全性、稳定性，包括要对大跨度空间的施工方法进行提升，消除先天性的施工质量缺陷问题等。同时，在施工、使用过程中多引用科技手段，进行全生命周期的健康监测，以便提前预警。

与会专家一致认为，强化既有建筑的体检、维护保养至关重要。

“通过调查回访，还要检查是否存在不合理的设计及不合理的施工，如果存在这些现象要及时纠正。”刘彦生表示，同时建议对大跨度钢结构的安全可靠度标准全面检视，凡是与目前提高后的标准（前几年提高了荷载分项系数）不一致的地方，最好提升到与之相协调的标准，比如双非线性稳定分析下的安全度K可否由2.0提高到2.2。

“要加强建筑的日常维护和定期检查，制定建筑的日常维护和定期检查制度，根据建筑构件和部品的种类确定检查维护周期，确保建筑整体常年处于正常运行状态。”肖从真表示。像汽车，都会有定期的保养措施；房子也需要维

形状的钢结构加工后，运到施工现场进行“搭积木”。过程中辅助全站仪、3D扫描、无人机测量等技术设备进行校核，不断调整构件的空间位置减少累计误差，实现了钢结构的零误差拼装。

南湖未来广场项目从2019年开始设计，已于2023年底完成网壳工程，目前正在幕墙施工中。

远远望去，大跨度异型空间钢结构拱桁架系统配以弧形曲面幕墙已显露“芳容”。从半空中俯瞰，南湖未来广场三大主体建筑合抱成圆的“城中大

护、保养，才能实现居住长久。

全国工程勘察设计大师，中国建筑科学研究院专业总工程师、首席科学家王翠坤亦表示，目前，我国既有建筑存量较大，很多房子已到了使用年限，包括大跨度轻型结构建筑出现问题也是到了维修维护阶段使然；再加上极端天气增加突出，针对上述情况，业主要对房子的安全性重点关注，并规划有预防措施。极端天气过去后，业主要联系相关设计单位对项目进行负荷测评，强化后期安全度。各地政府主管部门也应按照部里要求进行专业检查，防患于未然。

赵鹏飞也认为，目前，对房屋安全的监管往往存在“重建造过程、轻运营维护”的现象。实际上，运营维护对于房屋安全、特别是大跨度钢结构建筑非常重要。大跨度钢结构建筑应有使用说明书，加固改造工作一定要在专业人员指导下开展，同时应提供日常巡检与设计院定期回访制度，逐步建立“建造阶段”与“运营阶段”并重的两过程监督机制，多举措保证建筑服役的安全性。

“现在在提好房子建设，好房子的前提一定是安全，社会各界都要关注到安全这一问题。”王翠坤表示。

实际上，住房和城乡建设部正在加快推进城镇房屋体检、房屋养老金、房屋保险三项制度试点工作。强调要狠抓任务落实，扎实推进试点工作，加快构建房屋全生命周期安全管理长效机制，切实提高房屋安全管理水平，维护人民群众生命财产安全。

（转载自微信公众号

中国房地产报(china-crb))

院”形象跃然而出，起伏的银色屋面在阳光下熠熠发光，为嘉兴这座人文水乡又添一抹优美的城市风景线。



（整理自MAD建筑事务所、钢结构、嘉通集团、嘉兴在线等公众号）