

在水中增加纸屑、纤维等物质,浇筑成复合冰建筑,其结构更结实,造型更丰富——

# 智慧复合冰让冰雪建筑“冷暖自知”

本报记者 万佳文/摄

1月13日,在斯大林公园通江街口,三个别具一格的冰雪建筑完工,出现在众人面前。说它别具一格,因为这三个冰雪建筑与传统晶莹剔透的冰建筑不同,颜色是乳白色的,造型上轻盈多变,有的极为夸张,各种弧度和坡形向四面八方延展,酷似被火烤化了的冰块。

“这就是复合冰结构建筑与纯冰雪建筑的不同之处,复合冰建筑具有更强的韧性,能变幻出更多的造型,使冰雪建筑的艺术性和观赏性更强。”哈尔滨工业大学空间结构研究中心张清文副教授介绍说。

在三个复合冰建筑中,由哈工大团队设计的《智慧冰屋》内含乾坤:监控人员可远程监控冰屋的温度等各项数据,实时确保冰屋安全。“这体现的是智能运维思想。”张清文说,智能运维就是在冰屋里放置传感器和实时显示系

统,进行结构变形与热环境监测,保证冰屋内部环境维持在正常范围内。

作为冰雪之都,哈尔滨冰雪雕塑闻名全国,也一直在探索丰富冰雪建筑的广度和深度。尤其近几年来,哈工大土木工程学院坚持在复合冰结构领域深度钻研。

“传统冰建筑冰结构脆弱、承载性能低,在很多方面受到限制。在水中增加纸屑、纤维等物质,通过喷射的方式浇筑成复合冰建筑,其强度比普通冰高出3倍,结构更加结实,冰雪建筑造型更加丰富,结构性能更加优良,运维管理更加智能。”复合冰结构领域专家、哈尔滨工业大学土木工程学院副院长武岳教授说,给冰雪建筑加上“大脑”,让冰雪建筑更智能,无疑是冰雪建筑实用化、艺术化之后的又一个新的发展方向。



《雪国丁香》

## A 复合冰结构首次“世界峰会”冰城举办

在通江街口挺立的三座复合冰结构建筑的创意来自中国、荷兰等国家的高校,三所高校均在复合冰结构领域研究成果斐然。

复合冰结构建筑——《塔》是按照荷兰埃因霍芬理工大学设计方案制作的,用钢筋和绳网的结构完美呈现了刚柔并济之美。高达十几米的主塔下,四周有4个圆拱形的冰壳,孩子们可在4个互相联通的冰壳间穿梭玩耍。

华南理工大学的作品《雪国丁香》,自由曲面的造型像在海面上翻滚的浪花,也像正在盛开的白色丁香。夜幕降临,冰建筑边缘上的彩灯亮起,其独特的造型更生动。

除了《塔》《雪国丁香》和哈工大的《智慧冰屋》三个复合冰建筑外,还有8

个来自全球复合冰研究领域的高校,向首届复合冰结构国际邀请赛提交了各自在复合冰领域的最新研究成果。在哈工大的倡议下,今年首次在哈尔滨举办冰雪结构国际邀请赛,参与高校包括荷兰埃因霍芬理工大学、莫斯科国立建筑大学、华南理工大学、大连理工大学、天津大学等11所国内外在冰雪结构领域排名领先高校。

“我们举办这次邀请赛的目的就是希望世界领先的复合冰结构领域的专家们在智能冰雪上来个头脑风暴。”武岳说,重点是深入探讨智能冰雪材料的性能、冰雪结构智能建造方法和智慧运维策略,以及如何将冰雪建筑的建筑功能、建筑美学与结构先进性有机结合起来。通俗地讲,就是让冰雪建筑更加智能。



《塔》

## C 适合特殊环境,南极月球都能建

层出不穷的复合冰景观惊艳了世人,然而,它的意义远非如此。

“冰雪建筑最开始出现是为了在极端的条件下建造庇护居所,使人类生存下去。我们正是从最初的起点出发,让复合冰在更加极端的条件下大显身手。”武岳说。

2021年8月,在国际薄壳与空间结构协会年会上,哈工大团队提交的分析复合冰领域破坏机理的论文被授予优秀论文称号,每年全球只有四篇论文获此殊荣。该论文通过精细化分析方法准确预测冰结构承载性能,以便在使用过程中保障冰建筑安全。

“研究的目的是探索在极端情况下,如何保证复合冰建筑的安全。”武岳说,比如我们国家在南极、北极等地进行科学考察,需要在当地临时搭建考察站等建筑。根据国际公约,不能在当地留下各类建筑垃圾。因为冰建筑环保、无污染,而且施工工期短,特别适合南极、北极这样的复杂环境,哈工大正在研究把复合冰技术应用到这样地区,且已与南极科考站的相关人员商讨相关事宜。

实际上,复合冰结构建筑不仅能“吃苦”,也能“吃土”。复合冰结构建筑技术同样适用于在月球表面安家。”武岳说,月球表面布满岩石和灰尘,可以先利用充气膜在月球表面充起一个空间形状,再利用月球上的土壤和灰尘进行3D打印喷射技术,就像在充气膜上喷上复合冰一样,这样就能在资源有限的特殊情况下快速建成我们的月球站基地。

“按照这个思路,复合冰结构技术可应用的领域很广,可能对未来建筑领域带来重大变革。”武岳说。

## B 增加“智能大脑”,为冰雪建筑增寿续命

早在2016年,复合冰建筑《冰雪讲堂》在哈工大校园内崭露头角,2017年世界最高的中华祥云塔初露端倪,2018年起,面积超过300平方米的复合“冰火锅”成为冰雪大世界冰雪景观重头戏。

近十年来,哈工大复合冰结构研究团队一直在探索复合冰的新功能和新用途。“这次制造的复合冰屋首次采用装配式建造模式。”武岳说,传统冰建筑需要建筑工人在现场制作,耗时长、材料消耗也很大。而装配式则是把冰材料提前统一装好,再运到展示地点,这样工期会缩短一半、水电等消耗也会降低,工程质量会更好。

“智能化是未来冰雪建筑的发展方向。”武岳说,普通的冰建筑,人们一般凭借经验来推测冰建筑的承载能力,根据天气温度来衡量是否安全,但实际上,每个人的经验不同,衡量标准也不一样,而且天气情况复杂,很可能气温很低,但冰建筑已经不结实了。但是在冰建筑中安装传感器和实时分析和预警系统,人们就可以根据监测的数据清楚明白地知道冰结构细微的变化,承载性能是否发生变化。甚至对危险情况做出预判,比如当人流量达到多少的时候,冰建筑内部环境将发生巨大变化。

目前,智慧运维技术已初步应用在复合冰建

筑中。“未来,我们希望所有的冰建筑都能应用上,让冰雪建筑从此步入智能时代。”武岳说,如果这样的话,我们就不用看天吃饭,而是根据科学规律办事,冰雪建筑的寿命也有可能更长。

“甚至我们还在思考如何让冰建筑内部营造一个独特的‘微环境’,武岳说,简单地就是在冰建筑内放置冷管或热管,就像家里安暖气一样,外部可能很冷,而内部相对舒适,也可能外部气温上升,而冰建筑内部却依然冰冻。这种设计对南方一些城市的冰雪建筑就非常友好,他们那些城市可能最低温度在0℃左右,那么放置了冷管,就能有效延长冰建筑作品的展出时间,放宽展出环境要求。



《智慧冰屋》

0.43分的遗憾,他们要在家门口补回来

# 冰迷期待中国花滑军团“王者归来”

本报记者 张堃雷



隋文静/韩聪



彭程/金杨



金博洋

## 其他项目 力争拼出高水平

在男单、女单和冰舞3个单项上,中国队分别获得一个参赛名额。男单项目由两届世锦赛铜牌得主、平昌冬奥会第四名金博洋出战,女单项目则派出2019年加入中国国籍的朱易,冰舞参赛名额归王诗玥/柳鑫宇组合。

三个项目中,冰舞组合王诗玥/柳鑫宇的状态最好,在本赛季大奖赛意大利站比赛中,获得第四名。在强手如林的冬奥赛场,两人将向最终的前十名发起冲击。女单项目上,

选手林娜在最后一站选拔赛的自由滑上出现重大失误,朱易拿到了这张奥运会入场券,但这位前全美花滑锦标赛女单冠军在本届冬奥前景充满了未知数。作为中国唯一一位在世锦赛登上领奖台的男单选手,进入北京冬奥周期后,金博洋的状态起伏明显。与其现在的状态,本届冬奥会冲击奖牌几乎没有可能,但冰迷们希望在北京冬奥会的舞台上,小名“天天”的金博洋能释放自我,上演“王者归来”。

## 双人滑 竞争进入白热化

个月;2020年4月,韩聪接受腕关节手术,但他们始终没有放弃努力,互为“桥梁”,向着共同的目标奋进。奥运赛季,隋韩组合重新用回两人在2016-2017赛季使用过的音乐,精心打造了2.0版《忧愁河上的金桥》。韩聪接受媒体采访时说:“通过这段时间的训练,我们提高

了动作的难度,希望能滑出升级的感觉,让大家看到全新的我们。”另一对双人滑组合彭程/金杨近年来在国际赛场上有着出色的表现,对奥运奖牌也保持着较强的冲击力。两对中国组合在冲击金牌和奖牌的道路上将面对两对俄罗斯

小将米什娜/加利亚莫夫、博伊科娃/科洛洛斯基。2021年世锦赛冠军米什娜/加利亚莫夫,在14日结束的欧锦赛双人滑决赛中,打破短节目、自由滑和总分的三项世界纪录,展现出了惊人的状态。



# 北京冬奥 龙江荣耀

2010年温哥华冬奥会上,申雪/赵宏博拿到中国花样滑冰冬奥历史首金的瞬间仍历历在目。十二年转眼闪过,中国花滑能否重现辉煌,让所有人倍感期待。

1月17日,中国花滑队参加北京冬奥会的名单正式出炉。在中国队获得的5个奥运参赛席位中,隋文静/韩聪、彭程/金杨、金博洋这几位来自哈尔滨的选手占据了其中的三席,展现了中国冰雪名城在这一项目上的压倒性优势。能否在家门口举行的冬奥会上有所斩获,也成为全国花滑迷们关注的焦点。