

# 冬奥史上最快速度的冰 是如何炼成的

中青报 中青网记者 叶雨婷

速度滑冰比赛女子3000米、速度滑冰男子5000米、速度滑冰女子1500米、速度滑冰男子1500米 北京冬奥会开赛以来,国家速滑馆“冰丝带”四天内六刷奥运会纪录。实际上,除了新的纪录和夺冠的运动员,这里还有一块冬奥历史上最快的一块冰。在这个臻于完美的冰雪场

地背后,隐藏着硬核高科技 天然地质二氧化碳技术。

北京大学工学院教授张信荣率先挑战与攻克了大型跨临界二氧化碳制冷核心技术,这项技术作为北京冬奥会冰雪世界的坚实保障,并将成功用于打造造雪温度和冰面温差的极限,让温室气态化身高效资源在赛场上实现环保节能最大化,助力打造了冬奥历史上最快的一块冰。

国家速滑馆是北京冬奥会唯一新建的

冰上竞赛场馆,从开始建设到正式比赛,这块1.2万平方米的超大冰面一直是外界瞩目的焦点。在百年冬奥历史上,它第一次使用了二氧化碳作为制冷剂。

时间退回到2016年9月9日,北京冬奥组委会各部门云集首钢冬奥组委办公区。关于北京冬奥会冰场制冷问题的会议上,张信荣亮明了自己的观点:我们的冰场再也不能用氟利昂制冰了。

据了解,传统的制冰技术使用氨或氟利昂。氟利昂严重破坏环境,安全性差,同时氨具有一定爆炸和毒性危险。因此他主张将更为环保的二氧化碳制冰技术应用于北京冬奥会。这一新颖的提议赢得了支持,天然地质二氧化碳制冰的论证工作正式启动。

论证工作并非一帆风顺。几年时间里,北京冬奥组委派人走遍江南塞北,拜访大洋彼岸,最终才通过了这份方案。

氨安全性难以控制,氟利昂则是臭氧层空洞和地球变暖化的元凶,两种物质都无法与天然的二氧化碳比肩。加上在当时,传统制冷剂设备配件全部来自美国等西方国家,我国自主产品仍是空白。因此,二氧化碳制冰成为了最优解。张信荣说。

张信荣教授介绍道,二氧化碳制冷循环是一个物理过程,通过液态二氧化碳吸热制冰,再将吸收热量的二氧化碳提升到高温高压状态下冷凝释放能量。释放出的能量也不会被浪费,而是用于冰面下地基防冻、冰面平整和场馆供暖,梯级利用,一举多得。

在被称为“冰丝带”的国家速滑馆中,1.2万平方米的冰面就是二氧化碳制冰技术

的杰作。如果应用传统制冰技术,冰面不同区域的温差较大,会导致冰面软硬不均,影响参赛选手成绩。而二氧化碳制冰技术能将“冰丝带”的冰面温差控制在0.5℃之内,硬度均匀,任运动员驰骋其上。

冰丝带连续多天诞生新的速度滑冰奥运会纪录,可见冰的质量是不错的。比赛是一个动态的过程,经过几天的运行,可以看出此技术非常稳定,足够保证赛事的需要。张信荣告诉中青报、中青网记者,去年10月结束的国际测试赛上,6名运动员中有5位在这块冰面上创造了个人最好成绩。他笑言,这一技术,打造了人类冬奥历史上最快的一块冰。

事实上,“冰丝带”的超大冰面会给制冰技术带来很多挑战。

这个巨大的冰面就相当于一个巨大的二氧化碳蒸发器,如何制作设计如此庞大的制冰系统是一个难题。另外冰面大了以后,如何保证硬度的均匀,达到运动员进行比赛的标准也是一个难题。张信荣说。

因此,整个冬奥团队设计了超大型的二氧化碳蒸发器,并优化了二氧化碳跨临界循环系统,通过参数控制、动态调整等方式进行优化调控,成功解决了这些难题。

相较于其他举办冬奥会的城市,北京冬季温度高,降雪量少,造雪技术的运用对冬奥会成功举办至关重要。特别是到了冬残奥会举办的3月,北京的平均气温可以达到8℃,而目前国内外造雪机普遍工作温度是零摄氏度以下,造雪极限温度不能超过2℃,这为北京冬奥会出了又一个难题。

张信荣提出以二氧化碳技术作为解决

思路。目前国际上虽然已经有零摄氏度上人工造雪技术的应用,但往往是先制冰,再将冰碾碎,索契和平昌举办冬奥会时采用的便是这种方法。这种“雪”硬度很大,会让高山滑雪运动员的膝盖承受较大压力,影响成绩。

张信荣主张将二氧化碳技术运用在人工造雪领域,直接造出与天然雪最接近的人工雪:我们是全世界第一个提出用这个大胆设想的,在国际上没有的设计。他们还发明了鱼骨式造雪法,在延庆高山滑雪中心21公里的赛道上可设置多个造雪点,能随时补雪。

我们提出的零摄氏度以上的人工造雪和储雪一体化技术,成功实现在0-15℃甚至20℃-25℃的人工造雪,成为北京冬奥会零摄氏度以上人工造雪的解决方案之一。在冬奥组委和北京市科委的支持下,张信荣的团队在延庆小海陀山冬奥赛场做了示范,取得圆满成功。二氧化碳零摄氏度上人工造雪技术使在春风暖阳中跃然雪上不再是梦。

张信荣表示,如今在北欧等一些体育赛事中,二氧化碳制冰技术也在涌现,在后冬奥时代,这一技术会发挥出更大的作用。

我们国家要三亿人参与冰雪运动,制冰会消耗很多的能源和资源,运用二氧化碳制冰可以减少氟利昂对环境的破坏,降低碳排放,从经济社会发展的角度来说,这将是

一个很好的发展方向。在未来,二氧化碳高效冷热处理技术还将飞入寻常百姓家,在生产生活的更多领域焕发光彩,带给我们无限惊喜。张信荣说。

冬奥锐评 也是冠军

## 苏翊鸣、谷爱凌,还有这群 云顶姑娘 00 后的故事都热血

每一朵雪花都温暖

中青报 中青网见习记者 尹希宁

当大屏幕上播放17岁的中国小将苏翊鸣完成转体1800度动作时,礼仪志愿者张欣就笃定,苏翊鸣奖牌到手,一定能拿到金墩墩。

2月7日,北京联合大学的张欣、刘芯怡和许清乐作为礼仪专业志愿者,为北京2022年冬奥会单板滑雪男子坡面障碍技巧决赛颁奖典礼提供志愿服务。其中,张欣担任托盘员,刘芯怡担任运动员引导员,许清乐担任颁奖嘉宾引导员。

冲线,急刹,压出完美的雪墙。苏翊鸣冲进张欣的视线时,她已经端着托盘在结束候场区等候多时。托盘上是三只金墩墩。有网友评论,普通人离金墩墩的距离只差一枚北京冬奥会奖牌。

刚刚你真的很帅。颁奖典礼开始前,刘芯怡忍不住对身旁的苏翊鸣说道。她说,看着和自己差不多的运动员超越自我,身披国旗站上领奖台,是一种奥林匹克精神的洗礼。

不久前,礼仪志愿者们才刚刚接受另一种“硬核洗礼”。1月30日晚上,张家口赛区云顶滑雪公园举行第一次体育展示及转播大联播。联播途中突遇暴风雪,同为礼仪志愿者的牟美含用视频记录下同伴的画面:“冷吗,刘啸腾?”

当晚,云顶滑雪公园的气温达到-23℃,礼仪志愿者的外衣上、口罩上甚至睫毛上全沾满了雪花。很不巧,那个时间段是暴风雪最猛的时间段,我们在暴风雪的洗礼下完成彩排。牟美含说。

为了应对挑战,包括牟美含在内的北京联合大学8位礼仪志愿者正式上岗前,就作好了充分的准备。

刘啸腾介绍,学校最初有约300人报名礼仪志愿者,面试后筛选一部分同学参加集训,最后只有10个人成功配岗礼仪志

愿者。集训期间,候选志愿者要做到站立时两腿不留缝,脖子不前倾,行走时要展现出轻松又不能完全放松的状态。

练习微笑时,候选志愿者除了长时间对镜练习,还得控制眨眼频率。根据防疫要求,志愿者们上岗时要佩戴口罩,眼神成了志愿者展示微笑的窗口。有些同学的隐形眼镜都直接笑脱落了。刘啸腾说。

候选志愿者将初期的集训视为最苦的阶段。颁奖及典礼仪式的托盘未正式公布前,餐厅托盘和两公斤的沙袋都曾被用来做练习道具。候选志愿者每天要练习7个小时的站姿,脚腕肿、膝盖积水、肩膀酸的情况都出现过。结束当天的训练后,宿舍舍友爱得互相捶腿揉肩,放松肌肉。

到了中期考核阶段,约10所高校的候选礼仪志愿者还要比赛着练。大家都想参加冬奥会,奉献自己的力量,即便中间很苦很难,但从来没过想过要放弃。后来当上北京联合大学冬奥礼仪志愿者临时团支部书记与云顶驻地庆典礼仪领域志愿者小组长的张欣说道。

提起00后,一时半会儿想不出词语来总结,但脑海里总会浮现很多故事,比如抗击疫情,参与国家大型活动,00后已渐渐出现在大家的视野,和国家一同成长,担起新时代青年该有的责任。张欣坦言。

入场的时候到了。第一次登上云顶滑雪公园,来自云南的许清乐只有一个感觉,冷。很快,她对赛场的印象逐渐丰富起来:更多志愿者入场,运动员入场,高难度的动作入场。之前只是在电视上看到过,近距离的观看还是头一次。

许清乐和刘芯怡向中青报、中青网记者透露,接下来,她们还将见证一位中国小将谷爱凌的飒爽英姿。刘芯怡很高兴自己所在的区域会举行女子自由式滑雪U型池技巧比赛时,提前把谷爱凌的视频资料,过往比赛甚至竞争对手都了解了。她希望,自己能亲眼见证谷爱凌的腾飞和完美落地,看着她捧起象征荣誉的金黄麦穗金墩墩。



扫一扫看视频



2月8日,河北张家口国家越野滑雪中心,北京冬奥会越野滑雪男子短距离项目1/4决赛。当天夜间气温低于-10℃,运动员在雪场上奋力竞速。

中青报 中青网记者 李静范/摄

## 冰雪冬奥,上万座临时建筑如何抗冻又保暖

观澜楼

中青报 中青网记者 张艺

冰冷的建筑到底能承受多低的温度?在北京建筑大学土木与交通工程学院教授张艳霞牵头做的模拟试验里,使用新型材料搭建的结构,在-40℃条件下仍有较好的性能,而这样的材料就被用于北京冬奥会的临时设施中。

冬奥会上,临时设施量大面广,并扮演着重要角色。据初步统计,三大赛区的临时看台数量超过1.4万座,临时用房达3.8万平方米,临时厕所2600多平方米。

科技冬奥,临时设施项目负责人张爱林教授曾在受访时介绍,与历届冬奥会相比,北京冬奥会场地地形更复杂,临时设施数量及规模更大,临时支撑架体搭建

技术要求更高,临时用房和厕所数量及规模大,对可持续性、零排放、低碳供热保温与通风技术要求高。

然而,我国缺乏严寒、山地、强风条件下的大规模临时设施建设经验,亟须对严寒条件下临时设施搭建与运维进行创新研究。

对张艳霞来说,临时设施在北京冬奥会上的应用,是一次绝佳的科研机会,亦是一个颇具挑战的技术难关。张艳霞此前一直钻研永久建筑和钢结构,大兴机场的设计中就有她的手笔。但在临时设施领域,她还是一个新手。

这次,根据可循环、环保、耐寒等性能要求,项目团队选择了不锈钢材料来搭建临时建筑的架体,采用这种材料的支撑架体还未在如此严寒的环境下验证过。

创造低温条件是试验成功的关键因素,也是项目团队遇到的第一个难题。没有可满足低温条件的试验设备。团队里一位90后博士生提出,以液氮为主要降温手段,营造低温加载环境的思路。师生共

同努力,设计制作了液氮低温箱,研制了制冷封闭性试验装置和试验方法,既兼顾了经济性,又实现了温度控制与试件加载相分离的试验条件,顺利开展了支撑架体关键节点的低温性能试验。

在此基础上,张艳霞团队还通过模型计算,评估严寒、大风和大雪耦合极端天气下的建筑安全性。

然而,试验也只是验证现实中可能出现的几种常见情况,除此之外,还有很多复杂情况。比如,临时设施相关标准预设的情况是,设施上的雪可以被及时清掉。可就在去年冬季的一天,张家口半夜下起了大雪,赛区棚房的积雪根本来不及清理,在这种特殊情况下,临时结构的安全问题急需评估。

在不同的赛区,临时设施面临的考验也有很大差异。相比延庆赛区,张家口赛区临时设施体量更大,一些架体上还有三层的临时用房。有一次,在一场国际测试赛举办前,一封函件从张家口发来,希望张艳霞所在项目团队去做赛区临时设施的安全评估检测,之后才能放心投入使用。

一周的时间里,张艳霞带领团队检查了奥运餐厅、领队会议室棚房、国家越野滑雪中心的临时看台等,并同步进行监测、三维激光扫描、图纸对比,以及计算评估。张家口赛区各部门,都在等待他们将要出具的这份体检报告。

可以说,这是我在科研这条路上最大的一次挑战。张艳霞记得,在崇礼的每个晚上,她与团队成员都要核算到凌晨两三点,国际测试赛马上就要开始了,时间紧迫,任务繁重。所以当时我的压力非常大。评估报告在最后一天的凌晨2点发出,相关方得到报告后,迅速落实,最终确保了国际测试赛顺利进行。

赛事能够圆满开展,那时我的幸福感也是最大的。从大兴机场,到冬奥临时设施,张艳霞带着使命感完成一项项重大工程。有幸能尽自己的所能参与到这个时代的工程建设中,我觉得自己非常幸福。

冰雪环境里,这些临时设施不仅要耐得住严寒,还要给人以温暖。在海拔4000米,山顶极限温度可达-30℃,极强风力可达12级。工作人员在一个个集装箱房内办公,如何给他们提供一个温暖的环境?

传统临时用房的供暖方式是直接电加热供暖,但这种方式能效低、能耗大,不够低碳节能。2021年6月,北京建筑大学环境与能源工程学院教授郝学军接到这一任务。那时距离冬奥会开幕只有不到8个月,时间十分紧张,两所高校和两家企业协作高效攻关,中青年教师和在校硕士研究生成为团队主力。

要做到绿色办奥,团队给出一个理想方案:百分百使用可再生能源,实现零碳供暖。通过太阳能光伏、光热一体化热泵技术,利用太阳能和空气能,为集装箱房提供热源。他们还还对集装箱房围护结构保温材料进行了优化设计,通过毛细管墙面辐射的方式,营造节能舒适的室内环境。管网系统像房子的“血管”一样,铺设在天花板和墙壁里,通过辐射的方式

调节室温。

一般的集装箱房只能依靠自然通风改善室内空气品质,尤其在寒冷的冬天,一通风,室内温度就迅速下降,供暖的能耗也大幅增加。郝学军团队研发了一种适用于冬奥低温环境下的全温度段热回收新风换气装置,把热泵和全热回收装置配合用在新风换气机上,形成模块化高效热回收。

郝学军介绍,热泵辐射供暖和新风换气系统都可以实现自动控制。使用者可以通过温度器设定室内温度,当室温低于设定温度时自动供暖,室温达到设定温度时,热泵机组自动停机,新风换气机组也会根据设定温度和室内温度自动控制热泵机组的热回收启停。

在国家高山滑雪中心竞技结束区临时看台媒体用房,这项暖心成果已投入使用。郝学军团队也投入赛事保障工作中。白天,他们在赛场,紧盯无线传感器实时监测示范用房室内外温度、湿度、二氧化碳浓度、热泵系统运行状态和瞬时耗电量等数据;晚上,商讨运行状态,制定系统故障应急预案,随时准备应对突发情况。

郝学军说,未来,这种技术方案还可应用在很多应急场景里,比如冬季地震、疫情下的救灾、医疗或临时隔离用房、边防部队临时营房等,实现独立的低碳供暖和通风换气。

临时设施有搭建效率高、赛后可周转、绿色环保等优势,如果能好好利用,便是绿色办奥理念的生动实践。相较于永久建筑,各种设备在临时设施内的组合难度更大,受到的限制更多。郝学军记得,几个月前,由于运输、安装过程中产生的震动,装有制冷剂的管路被损坏,团队在现场连夜检查维修才恢复了系统功能。临时设施的构件要便于拆装和移动,设备使用寿命也不如永久建筑,因此还要考虑经济性。

科学技术的创新与改进一直是进行时,冬奥会并非研究的终点。几天前,张艳霞团队还在室外深夜拆装架体,为赛后循环利用做测试。郝学军团队也一直在收集计算集装箱房内各环节碳排放的数据。项目在2022年年底迎来验收,届时,他们将在临时设施领域交出一份温暖答卷。

□ 王钟的

日前,任子威在短道速滑男子1000米决赛中夺金以后,先他在班级群的群聊截图又被人们翻了出来。他请求课代表把迟交的作业交给老师;抱歉,课代表同学,上周忙于比赛所以作业提交晚了。昨天才知道咱们这门课群的存在,才加进来。后来,授课老师为避免影响任子威休息,亲自将他移出群聊。

很多人觉得任子威的群聊发言很可爱,很真实。在赛场上傲视群雄的奥运冠军,同样有担心迟交作业受到老师批评的时候。这让许多网友产生共情,作为北京体育大学的在校研究生,任子威在接受高强度训练、奔波于世界各地参加国际赛事的同时,要和普通学生一样交作业、参加考试。不管是否夺冠,他的学习成绩只有达到学校规定的标准,才能顺利毕业。

运动与文化课学习是否有冲突?一般来说,职业运动员的黄金运动年龄,恰恰是青少年受教育的关键时期。人的时间是有限的,运动员花费大量时间用于训练,难免挤占学习和休息的时间。尤其在重大赛事前夕,运动员难免会为了准备比赛而耽误功课。正如北京体育大学研究生院院长蔡有志面对媒体的回应:现在他们比赛压力太大了,别分散他们的精力。

但是,出于运动员日常训练和准备比赛的需求,为他们调整学习节奏、适时减压,并不意味着运动员的文化学习不重要。长江后浪推前浪,运动员的职业年龄是有限的,他们退役后,无论是继续在体育大家庭里发光发热,还是转到其他行业发展,都会对他们的文化素质提出更高要求。对现役运动员来说,体育国际交流频繁,运动员需要应对的复杂情况较多,文化素质能为他们的公共形象加分。

至今,在不少人的习惯性认知里,还是会给体育生贴上成绩差标签,甚至认为一些运动员是因为学习不好才当运动员。这种观点明显犯了主观错误,运动员首先是热爱运动,具备从事相关项目的运动天赋,才选择了职业运动员的成长路线,成绩差不是他们成为运动员的原因。

在不少国内外知名高校中,都有为高水平运动员提供招生“绿色通道”的传统,不难发现,在奥运会这样的国际大赛上,许多欧美运动员都有世界名校的履历,而我国运动员也有很多机会进入公众心目中的名牌大学学习。在东京奥运会上,以比心走红的杨倩,就是运动员培养+名校教育的鲜活案例。这是社会对他们出色成就的认可,也是大学提升综合实力、丰富生源构成、营造体育氛围的必然要求。

进入大学以后,在同样的专业学习,不管是谁,都要满足同样的专业能力考核标准。高等院校欢迎高水平运动员入学,为他们制定专门的教学计划,并提供训练、参赛的方便,也要坚持“宽进严出,不放松教学标准”。一些运动员进入知名大学以后,感到与普通学生相比学习上有些吃力,甚至要花更多的年限毕业,这恰恰是学校坚守考核底线的反映,社会不妨宽容以待,任子威没有及时交作业感到抱歉,就是一个大学生应有的样子。

越来越多的运动员“学霸”出现在公众视线中,无论对夯实体育事业基础,还是对推行正确教育观来讲都是好事。它进一步让人们明白,运动本来就是一个人接受教育过程中绕不开的一部分。有的人做题多一些,运动少一些,有的人运动多一些,做题少一些,青少年本就有看多姿多彩的成长方式,但是,该做的题还是要做,该交的作业还是要交,该跑的步伐还是要跑。