

深度观察

攻克难题——
气象服务保障从零起步，复杂山地做百米级预报

沿着蜿蜒的山路，记者来到了小海陀山半山腰。小海陀山是北京冬奥会延庆赛区所在地，山顶海拔2198米，是高山滑雪项目的滑降起点。刚走近赛道，雪粒就向记者脸上飞扑而来，风夹着雪粒直往脖子里灌。雪来自不远处赛道上的4个造雪机，它们正把刚造的雪“铺”到赛道上。

“风速约每秒8米，体感温度零下10摄氏度，西北风、南风等阵风较多。”冬奥北京气象中心延庆赛区气象服务组副组长时少英站在风雪中，作出了实况判断。她和另一名预报员负责这里的高山滑雪赛事气象服务。她告诉记者：“造雪机造雪的时间点、方位参考了预报信息，力求最佳造雪效果。”

这是时少英在小海陀山度过的第五个冬天。如今她成竹在胸，这里变幻莫测的气象要素，已被她和同事们琢磨得越来越透。

然而，2017年刚接到任务时，时少英却觉得“压力巨大”。

小海陀山是复杂山地地形，“一天变四季”“百米不同天”，有时山上飘着雪花，延庆城区却是晴天。

复杂山地的气象预报是国际公认难题，隔着一道山脊，气象环境就可能有很大区别。小海陀山高山滑雪赛道处于背风坡，乱流多，不规律；山顶滑降起点、山腰起跳点、山脚结束点的气温、风速差别极大。要在1至3公里长的赛道上进行百米级预报，几年前我国预报员的经验几乎是零。

北京冬奥会是近20年来、唯一在大陆性冬季季风主导的气候条件下举办的冬奥会，赛区处于复杂山地中，要做百米级预报才能满足赛事需求，这在国际上前所未有。

张家口赛区国家跳台滑雪中心预报员段宇辉介绍：“大风天气对跳台滑雪和北欧两项影响较大，寻找找到小于每秒4米风速的赛时窗口期，成为预报中最大的难点。”首钢滑雪大跳台是北京赛区唯一室外场地，“对48米、25米跳台的逐小时阵风预报，是一个巨大挑战。”北京赛区首钢滑雪大跳台现场预报员杜佳告诉记者。

因各类赛事需求不同，北京冬奥气象保障服务明确了“一场一策”“一项一策”的原则。“纵观历届冬奥会，与北京冬奥会的天气气候特征、冬奥气象保障侧重点均差异显著，国际上没有成熟的、适用于北京冬奥会气象服务保障的技术方案可以借鉴或复制，加上我国冰雪运动起步较晚，缺少冬季重大国际体育赛事气象服务保障经验，可以说，北京冬奥会的气象服务几乎是从零起步。”国家重点研发计划“科技冬奥”专项（气象）负责人陈明轩说。

精密监测——
在陡峭山顶建气象站，形成“三维、秒级、多要素”立体监测网络

铲一铲雪，迈一小步……张家口赛区气象装备保障团队队长么伦韬和4名队员，向着山顶攀爬，山坡雪深，脚下时不时打滑。他们要攀登到山顶“云顶一号”气象观测站，增设备用设备。

监测是气象预报的第一步。赛区气象观测站是专门为冬奥气象监测建设的，与气象卫星、天气雷达以及其他多种非常规探测仪器，形成严密的“地、空、天”立体监测网，获取全面的赛区气象实况数据，为提高预报预测能力提供重要的基础观测。

“云顶一号”是张家口赛区建站难度较大的站点之一。它位于自由式滑雪空中技巧赛场上方，周围坡度超过45度，又陡又滑，冬季连雪地摩托都难以抵达。工作人员只能每人背着20多斤重的装备，套上冰爪，从积雪中铲出一条路，一步一步攀登上山顶。

坡陡路滑，一旦滚落，可能有生命危险。这样的险境，么伦韬和队友们不是第一次遇到。“从7年前开始，我们就以冬奥赛场为核心，在陡坡、山顶上建站、维护。”他说。

2019年12月，小海陀山降下暴雪，竞技三号自动气象站却出现故障。这个气象站处于离山顶不远的陡坡上，车辆无法到达。延庆赛区气象保障团队成员高猛和同事徒手搬运重达60斤的蓄电池，爬上覆盖乱石和冰雪的陡坡，终于把备件搬运到故障站点。维修设备时不能戴手套，完成工作后，高猛的手指肿大了一圈，手背冻紫了几处。下山时他们发现鞋里全是雪水，双脚都已冻僵。

“气象站一般建在赛道边陡坡上，有些建在悬崖边上。除了应急维修，每隔10天还要去进行常规维护。”冬奥北京气象中心延庆赛区气象服务组组长张曼说。

在延庆赛区，记者跟随工作人员登上了海拔1300米的竞技八号气象站。气象站所处坡面非常陡，坡面上只有沙土和乱石。记者沿着工作人员在坡上踩出的泥坑，手脚并用，才爬到了气象站点。

“驮驮人背运设备，饿了就吃点干粮。7年来，我们累计新建、改建、迁建气象站95次，按时获取了各赛道气象观测资料。”张家口市气象局办公室主任樊武说，“遇到风霾雨雪天气时，

北京冬奥天气预报网格精细到百米级，更新频次提高到分钟级

精细气象服务 助力精彩冬奥

本报记者 李红梅



① 举世瞩目的北京冬奥会，即将拉开帷幕。习近平总书记强调，经过几年努力，各项筹备工作基本就绪，我们完全有信心、有能力为世界奉献一届精彩、非凡、卓越的奥运盛会。

应对天气风险是历届冬奥会组织管理的重要内容，气象服务是保障北京冬奥会顺利举办的一项重要工作。面对复杂山地气象精准预报等国际公认难题，北京冬奥申办成功后，中国气象局等相关部门第一时间启动了筹备工作，组建气象服务核心团队，在以往人迹罕至的陡坡、山顶布下精密气象监测网。在国家重点研发计划“科技冬奥”专项等的支持下，组织科技攻关团队，研究复杂山地天气气候特点，攻克世界性山地气象精准预报技术难题。冬奥专职气象预报团队连续5年开展冬季实战预报训练，积累了大量经验，精细气象服务将助力北京冬奥精彩举办。



② 2021年11月，北京冬奥会张家口赛区首场国际测试赛举行。



③ 北京冬奥会张家口赛区气象服务团队队员正在清除观测设备周边积雪，确保赛区气象专用设备正常运行。

气象工作者常常需要逆行而上，去现场进行检修、维护。”

如今，包括赛道气象站在内，3个赛区里建成441套现代立体观测设施，加上各类天气雷达、气象卫星，形成了“三维、秒级、多要素”立体监测网络，实现了冬奥赛区的精密监测。

实战演练——
观测降雪不同粒子形状，摸准赛区天气“脉动”

寒潮、大风、降雨……2021年11月6日早上8时，北京冬奥会降雪粒子科学观测实验小组成员聚集在张家口赛区会商室，等着降雪出现。

为了提高赛区降雪预报准确率，预报员持续数年进行实地观测实验，采集气象数据。雨雪、大风是对比赛影响较大的山地天气，因此，雨雪、大风来临之时，是最好的观测期。

“雨转雪了！”11时55分，天上开始降雪。小组成员立刻分为3组，轮流到室外冒着雨雪开展观测。每小时观测一次，24个小时不间断，共采集了24组数据。

“我们观测拍摄了150多张照片，得到了不同粒子形状、松附程度的雪水比，为研究赛区山

地降雪机理、开展雪深预报积累了观测基础。”降雪粒子科学观测实验组组长范俊红介绍，团队还制作了赛区地面降雪粒子图集。

当天，X波段双偏振雷达车也同时就位，6名预报员在寒潮中坚守了22个小时，全面记录了降雪过程的雷达回波特征。这些观测资料有助于提升预报员对赛区降雪规律的科学认识和预报预测能力。

近年来，这样的赛区观测试验开展了无数次。张家口赛区云顶场馆群首席预报员李宗涛说：“通过观测，张家口赛区气象预报服务团队建立了赛区高影响天气个例库，构建了‘夜间增温’‘冷湖效应’及‘山地降雪’的物理概念模型。团队研发的基于机器学习、动态偏差订正等赛场气象要素客观预报方法，已在多项赛事中得到检验和应用。”

北京冬奥会3个赛区的专职预报员，总共达到52名。除了北京、河北两地气象部门的预报员，还有多名从山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江等地气象部门抽调的优秀预报员，中央气象台也派出5名预报员进驻一线。从2017年开始，这些预报员每年冬天在赛区开展实战训练。

以前赛区天气资料较少，预报员们开展大量实地调研，观测、收集数据，摸清赛区的天气特点。他们调研的办法很“笨”：每周去爬山，从山脚、山腰到山顶，从早上、中午到晚上，分区域、分时段收集气象要素数据。风雪来临时，整日整夜观测是常有的事。作出预报之

后，还要实地再观测、验证、订正，以此不断提高预报准确率。

近年来，气象服务保障团队已经历了多次实战考验。2020年1月，原定于1月18日至19日举行的第十四届全国冬季运动会高山滑雪竞速类项目赛事改期进行，这个重大调整正是参考了赛

记者手记

优质气象服务满足美好生活需要

在大陆性冬季季风主导的山地赛区，提供优质气象服务保障实属不易。北京冬奥气象服务保障团队数年如一日，扛起重担，攻坚克难，捕捉风云之变，精测赛区天气，研发出“百米级、分钟级”预报产品，成功经受了各类测试赛考验，为北京冬奥会精彩举行做好了准备。

办好北京冬奥会、冬残奥会，是中国向国际社会作出的庄严承诺。经过几年艰苦努力，气象服务保障等各项筹备工作基本就绪，我们完全有信心、有能力为世界奉献一届精彩、非凡、卓越的奥运盛会。

随着冬奥热度持续上升，我国冰雪运动“南展西扩东进”，越来越多的人走上冰场雪场，“冷冰雪”成为“热运动”，实现了“带动3亿人参与冰雪运动”

区气象服务团队的预报信息。

当年1月8日，气象部门就预计18日小海陀山可能有大风天气。之后逐日滚动追踪天气系统变化，经会商做出了“18日至19日预计将有大风天气，赛区阵风风速超过20米/秒”的预报，并向竞赛组织方及时汇报，赛事因此提前到16日至17日举行。随后两天，小海陀山果然刮起了大风！

硬核突破——
核心技术完全自主可控，实现“百米级、逐10分钟更新”

想起两个多月前那场雪，陶亦为和李琛仍感到兴奋不已。

2021年10月，“相约北京”系列冬季体育赛事测试赛和测试活动展开，延庆赛区现场气象预报团队首席预报员陶亦为和李琛进驻国家雪车雪橇中心，开展测试赛现场气象保障服务。

11月21日早上会商时，陶亦为和李琛作出了下午有降雪预报。根据高精度天气预报模型、实战经验、人工智能预报技术验证，两名预报员认为这场降雪不会形成积雪，对当天将要举行的雪车雪橇比赛没有影响。

下午4时，飘雪如期到来。然而，1个小时过去了，2个小时过去了，3个小时过去了……这场雪迟迟没有停下的苗头。

“当时怕预报有偏差，影响晚上赛事进行。”陶亦为和李琛心里越来越紧张。于是，每隔半小时，两人就去场馆外，摸摸地面，看看有没有积雪。晚上8时，雪终于停了，地面没有积雪！两人心里的石头总算落了地。

“准确的预报，来自于实地调研、多年冬训，来自于高精尖观测设备，来自于‘百米级、逐10分钟更新’等硬核技术的强力支持。”预报员们说。

自2016年开始，在北京市科技计划以及国家重点研发计划“科技冬奥”专项支持下，由十几家单位200多名科技骨干和预报人员组成的冬奥气象科技攻关团队逐步形成，紧锣密鼓开展冬奥气象精密监测和精准预报核心技术研发。

经过艰苦攻关，高精度数值天气预报模型、多源气象数据快速集成融合模型、预报误差人工智能订正模型等关键技术方法陆续研发成功，构建了冬奥气象“百米级”预报技术体系，形成了冬奥高精度气象预报系统“睿图一睿思”，实现了冬奥山地赛场的10天之内“百米级”网格气象预报，以及冬奥关键节点的10天之内容时、定点、定量气象预报，多项技术填补国内空白，核心技术完全自主可控。

陈明轩介绍，往届冬奥会气象预报以千米网格为主，每半小时至1小时更新，“北京冬奥会气象预报网格精细到100米甚至67米，更新频次最高为10分钟，实现了质的飞跃，为‘一场一策’‘一项一策’冬奥气象服务保障提供强有力的科技支撑。”

人工智能预报技术首次在冬奥会中应用，通过对海量气象观测数据和数值天气预报数据“再解读”，对客观气象预报“再订正”，进一步提升了冬奥气象预报的精准度。目前，国家重点研发计划“科技冬奥”专项气象项目已纳入世界气象组织高影响天气预报示范项目，为国际相关技术研发和应用提供中国经验。

“今后，冬奥气象科技攻关的成果及其应用经验、解决方案将持续发挥效益，保障我国冰雪运动开展，在国家重大活动保障、大城市安全运行、灾害天气预报预警和应对等方面起到重要支撑作用。此外，还将应用于新能源特别是风能、太阳能领域，助力我国如期实现碳达峰、碳中和目标。”中国气象局有关负责人表示。

图①：北京冬奥会张家口赛区气象服务团队队员正在清除观测设备周边积雪，确保赛区气象专用设备正常运行。

图②：2021年11月，北京冬奥会张家口赛区首场国际测试赛举行。

图③：北京冬奥会张家口赛区现场气象服务人员正在实地监测气象要素，收集数据。

图④：北京冬奥会延庆赛区国家雪车雪橇中心“雪游龙”与群山交相辉映，宛如一幅画卷。

本报记者 贺勇撰
本版责编：李红梅 版式设计：张芳曼