

梁 丰 陈明轩 王玉彬

(北京市气象局, 100089)

提 要

悉尼、亚特兰大奥运会的气象服务保障基本上代表了目前世界最高水平的奥运气象服务,为了借鉴前人的工作,更好地为 2008 年北京奥运会服务,对这两届奥运会的气象服务保障情况进行综述。

关键词: 奥运会气象服务 悉尼 亚特兰大

引 言

2008 年第 29 届夏季奥运会将在北京举行,奥运气象服务保障将是未来几年气象部门(特别是举办城市气象部门)工作的重点,为此,在中国气象局领导下,北京、山东、上海、天津、辽宁等省市气象局将针对奥运会对气象服务的需求,开展相关建设和研究工作。在进行这些工作之前,借鉴以往奥运气象保障工作的经验显得尤为重要。本文将综述上两届(1996 年和 2000 年)夏季奥运会的气象服务保障技术。

1 监测网络

准确、及时地获取各种高时空分辨率的大气探测信息是作好奥运会气象服务的前提和基础,亚特兰大和悉尼奥运会的气象部门在常规观测网以外都增加了探测站点和仪器设备,对气象信息特别是场馆气象信息进行加密观测。

1.1 亚特兰大奥运会

美国天气局在 13 个不同的赛场或附近安装了地面观测站,这些测站与乔治亚大学、乔治亚和南卡罗莱纳州林业委员会的地面观测站一起,构成了 52 个地面站组成的中尺度网。其中大部分站每 15 分钟采集一次温度、相对湿度、降水、风向风速数据,这些数据被用于改进局地分析预报系统(LAPS)的分析场。大多数预报员认为,高密度的 15 分钟地面观测资料有利于改进预报和预警的质量。

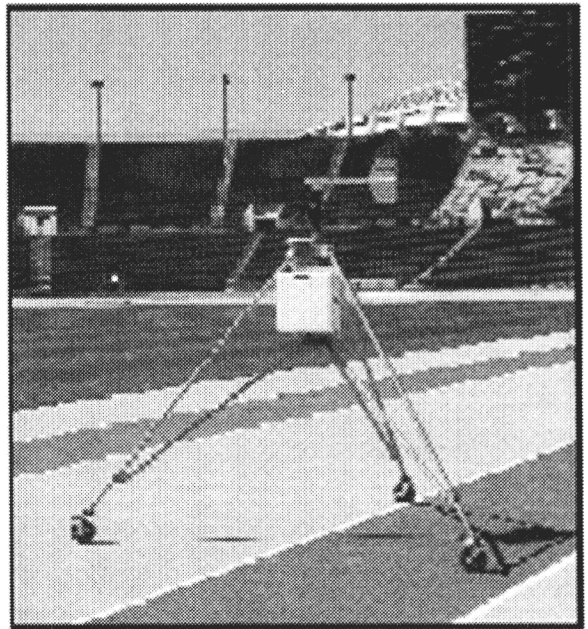


图 1 安装在田径跑道上的可移动自动站

国家数据浮标中心在海上赛场安装了 3 个浮标站,每 10 分钟传送一次风、海洋状况、气温、水温和海流数据到负责海上比赛项目的奥运海洋天气保障办公室(OMWSO)。

乔治亚州附近的探空站每天在 0300UTC 和 1500UTC 加放两次探空,这些探空被用于 10km 的 Eta 模式的初始场。另外,在奥运天气保障办公室(OWSO)所在地的桃树城(Peachtree City),每天 1600UTC 增加一次探空,用以提供一个比常规 1200UTC 探空更好的“对流潜势”的分析。

乔治亚环境预报部提供其所收集的亚特

兰大周围的空气质量数据。闪电数据来自国家闪电探测网(NLDN),通过一根专用卫星下行线收集并显示在天气决策支持系统(WDSS)上。预报员还可看到同一时刻多仰角的雷达图像,以及15分钟间隔的GOES-8卫星云图。

1.2 悉尼奥运会

澳大利亚气象局在各比赛场馆附近及有关地区共增加15个自动气象站,加上原有的自动站,奥运会期间赛区共有23个自动站,此外还有3个常规天气站和2个浮标站(图2)。这些自动站有多要素的也有单要素的(风或雨量);有永久性的(4个)也有临时性的(11个),充分体现了澳大利亚气象局节俭、务实的作风。

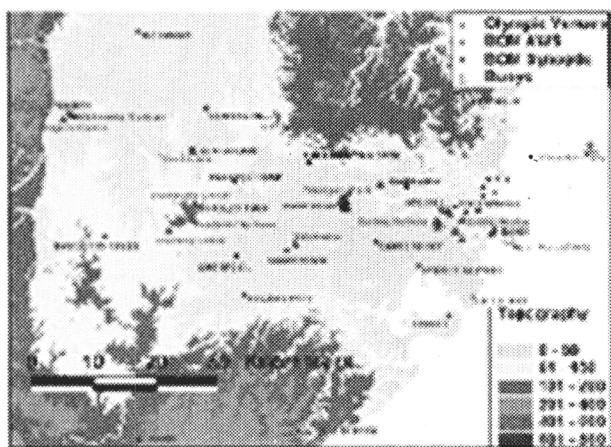


图2 奥运会期间悉尼地区的地面自动站网

新增2部多普勒天气雷达,一台S波段雷达安装在Kurnell,另一台为双偏振C波段雷达,奥运会结束后将迁到达尔文州;在悉尼机场新建了1部风廓线仪,提能够供15分钟间隔的600~3000m的风廓线资料。此外,奥运会期间探空也由一天两次增加到一天四次;白天还可得到飞机观测的高空温度、湿度和风的数据。

2 数值预报模式

数值模式已经成为现代天气预报业务系统中密不可分的一部分,它为预报员提供了对未来天气发展可能的客观预测,是预报员最有力的工具之一。由于奥运会对定时、定点、定量天气预报的特殊要求,主办国的气象部门也投入了大量的人力、物力,改进、开发具有更高时空分辨率和预报精度的数值预报

模式。

2.1 亚特兰大奥运会

●Eta模式

亚特兰大奥运会的预报模式组由3种不同配置、每天运行2次的Eta模式构成。0000和1200UTC,“early Eta”模式运行制作48小时预报;0300和1500UTC,分辨率29km的Eta模式(Eta-29)运行制作33小时预报;最后,特殊的、水平分辨率10km的静力Eta模式(Eta-10)分别在0300和1500UTC运行两次。覆盖美国的东半部地区、墨西哥海沟和西大西洋,垂直方向为60层,单向嵌套于Eta-29。它的分析场使用了三维变分同化,引入了WSR-88D雷达的数据。

●局地分析预报系统(Local Analysis and Prediction System)

亚特兰大奥运会使用的另一个中尺度数值预报系统是由NOAA的预报系统试验室(FSL)开发的LAPS。它使用了OWSO可以得到的所有数据,包括WSR-88D的速度和反射率;自动站、浮标和局地中尺度网的地面观测;卫星、廓线仪和飞机数据和数值预报的背景场。对于地面和高空的标准量和导出量的分析场,既可以直接显示,又可以作为局地大气模拟系统(RAMS)的初始场。预报员一致认为LAPS是制作所有中尺度预报的极为重要的工具,每小时两次的分析场被广泛应用。

RAMS作为LAPS中的预报部分,它的水平分辨率8km,垂直方向为地形伴随坐标,近地面的格距为300m,高空最大格距为750m。8km的范围比乔治亚州略大,因此还嵌套了一个2km分辨率的、可移动区域的模式。从0600到2100UTC,RAMS每3小时运行一次,提供14~15小时的模式输出。预报员认为Eta-10和RAMS都能较好地模拟出中尺度现象,但由于RAMS模式能够以与中尺度天气的时间尺度相匹配的较高的频率(每3小时一次)不断运行,并具有较高的时间分辨率(1小时),因此通过比较这些不断更新的预报结果可以更好地预报中尺度环境的改变。

●预警决策保障系统(Warning Decision Support System)

WDSS是由美国国家强风暴试验室开发的,应用了先进的雷达、闪电、地面观测数据和创新性的显示工具,为气象专家提供预警决策所需要的信息。它的主要功能是能够对回波单体进行跟踪和测量。在每10分钟或5分钟一次雷达观测的基础上,对每个回波单体进行编号。根据其前期移动和发展,外推其未来的位置和发展趋势。并以表格形式显示各单体的环流类型、产生冰雹的概率、产生直径大于2cm的冰雹的概率、最大回波强度、最大回波的高度、回波的底高和顶高、正闪电的探测率等信息。它是亚特兰大奥运天气保障计划最有效的临近预报工具之一,受到预报员的广泛欢迎。

2.2 悉尼奥运会

●大气、海流数值预报模式

悉尼奥运会使用了澳大利亚气象局科研中心(BMRC)等单位合作开发的4种数值天气分析和降水预报模式:GASP、LAPS、MESO-LAPS和Laps05-Vic,其分辨率分别为40km、35km、10km和5km。对悉尼港内部海流的预报使用的是西澳大利亚大学(University of West Australia)开发的三维数值模式。此模式每天提供悉尼港4个不同区域的每小时表面海流速度,每个区域对应着不同的帆船比赛赛区。

此外,新南威尔士大学的环境模拟和预报中心与全球环境模拟系统(Global Environmental Modelling Systems)合作开发高分辨率的大气模式ATMOS-2000和潮/风流模式GCOM3D。ATMOS-2000的水平分辨率为1.8km,GCOM3D的分辨率为100m。

空气质量预报模式使用与维多利亚环保局合作研制的5km分辨率的空气污染预报模式。

●世界天气研究计划——预报示范计划(World Weather Research Project—Forecast Demonstration Project)

“悉尼2000年奥运会临近预报示范项目”被列入WWRP的FDP计划之中,它集中了4个国家的9个短时临近预报工具:美国

的WDSS、TITAN、AN;加拿大的CARDS;英国的NIMROD、GANDOLF和澳大利亚的SPROG、CHYD和Thunderbox。各个系统都有其特点,在悉尼奥运会期间的整个短时预报系统还是这些系统的机械组合,没有把它们结合为一个完整的整体。系统总界面采用WEB主页的形式,这样有利于包装各个分离的系统产品,也有利于满足奥运会服务的分布特点,使各服务点很容易调用系统产品。

TITAN(Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting)的主要功能是外推回波的未来位置。

AN(Auto-Nowcaster):在边界层辐合线理论的基础上对雷暴的发生、发展和移动进行预测。

CARDS(Canadian Radar Decision System):在对中尺度气旋进行分类和自动识别的基础上,对未来回波的降水强度、冰雹和微下击暴流等进行预测。在悉尼奥运期间,采用TITAN的回波外推,以矩阵方式给出各服务点未来逐时的降水强度、冰雹、阵风等预报。

NIMROD是英国继承其第一代短时预报系统FRONTIERS的功能较全面的临近预报业务系统。采用交叉相关外推和中尺度数值模式相结合的方法进行雷达回波的外推,可以预报未来的降水、能见度、风、闪电等。在奥运会开幕式当天只有这个系统报出了回波合并的过程。

为满足英国洪水预报的要求,近年来英国又开发了专门预报降水的GANDOLF(Generating Advanced Nowcasts for Deployment in Operational Land—surface Flood)系统。可以给出未来2小时内,2km格距上的降水强度预报。由于NIMROD对系统性对流预报较好,对非系统性对流预报不太理想,因此GANDOLF对非系统性对流进行了专门研究。提出了面向对象分析(OOA)和面向对象预报(OOF)的概念。

澳大利亚的SPROG(Spectral PROGnosis)系统也是主要预报未来对流降水的临近预报系统。其特点是对回波在空间上进行动态划分,从粗到细的划分形成一个层次结构。

对每个划分的单元结合回波外推,计算降水强度,并给出累积降水量。

CHYD(CPOL HYDrometer classification and rainfall):CPOL 雷达是一个新型雷达,在悉尼奥运会期间还没有与原有的多普勒雷达构成双多普勒雷达系统。其数据主要用于识别降水类型、冰雹、霰、雪等。

Thunderbox 作为 WWRP 预报产品的准备系统和基于网络的产品收集、察看系统,它能够交互式地修改 WWRP 的产品,生成风暴“危险”区,自动生成文本和网络产品分发给用户。

3 服务系统

预报产品的制作和分发是一项十分繁琐的工程,要在有限的时间里完成大量气象信息的分析、处理,并以适当的形式将预报结果提供给不同的用户,简易、实用的服务平台无疑是十分必要的。

3.1 亚特兰大奥运会

3.1.1 预报产品制作和显示平台

●先进的天气交互处理系统(AWIPS)

NCEP 开发的 AWIPS 系统,用于引进、分析、显示和集成各类水文气象数据。从业务运行的角度来看,AWIPS 用于天气尺度的预报效果很好,但它不是针对中尺度预报业务设计的,因为图形文件是预先定义好的,预报员不能实时地控制图形的显示区域、廓线的间隔、数据的混合等,这对局地天气现象(如雾、对流初始化等)的分析和预报不利。

●数据资源管理器(Data Explorer) 可视化数据资源管理器 DX 是 IBM 开发的一个商业化 3 维可视化程序,被用于 OWSO 来生成高质量的 RAMS 产品的 3 维显示。

●区域和中尺度气象卫星信息显示系统(Regional And Mesoscale meteorology Satellite Display Information System) RAMSDIS 是唯一一个没有集成到 OWSS 中的工具软件,尽管 AWIPS 也可以显示卫星云图,但 RAMSDIS 具有能够快速选择产品、方便地调整色彩、读出象素值、计算特征到达时间及友好的云图快速浏览界面等优点。OWSO 的 RAMSDIS 系统能够从风暴预测中心(Storm Prediction Center)获得每 15 分钟一

张的 GOES-8 的云图,并向 LAPS、WDSS、AWIPS 提供卫星数据。高分辨率的卫星数据(可见光通道 1km 分辨率)对预报和预警业务都有无法估量的价值。RAMSDIS 和 WDSS 一起构成了 OWSO 预警业务的核心。

●交互式计算机语言预报软件(Interactive Computer Worded Forecast software) ICWF 软件是技术开发试验室(TDL)开发的应用软件,它能够交互式地生成天气要素的数字化预报,通过它可以完成常规发布产品的自动组合和格式化。ICWF 是准备常规的奥运预报产品的基本技术。用来产生这些产品的共同的数据库,能够提供时间和内容上更一致的预报,也便于监督和维护。它使得预报员可以集中精力在气象预报而不是打字上。

●监测预警咨询(Watch Warning Advisory)软件 OWSO 使用 TDL 开发的 WWA 软件发布奥运会监测、警报和声明。WWA 的图形用户界面使用方便,它可以跟踪正确的监测和警报,在需要将警报升级到声明时提示预报员。WWA 的唯一的缺点是产品生成的速度,有时需要 30 秒的时间生成一个公报模板,在紧急情况下是太慢了。

3.1.2 产品分发系统

Info'96 是媒体、运动员、训练者、奥运会官员和运动员家属等获得天气信息的基本媒介。它由 IBM 公司开发,是连接分布在各个奥运赛场的工作站的个人计算机网络。Info'96 提供运动员传记、比赛结果、交通时间表,以及天气。一条专线将 OWSO 和 OMWSO 与 Info'96 连接起来。Info'96 接受 NWS 的文本数据,将其转化为容易理解的图形,例如将 3 小时的温度预报转化为时间序列图。由于 Info'96 并不是一个“紧急信息”系统,所有传输到 Info'96 的警报还需要传真到需要的 VCC。

对于那些不能连接到标准的 NWS 数据源的用户,可以通过 WWW 网站得到时间要求不高的天气信息。OWSO 和 OMWSO 也传输文本数据和所要求的天气简报给一些部门,如应急管理部门、法律执行部门、运输部门等。NOAA 的空气资源试验室周期性地

收集局地模式和观测数据并运行扩散模式预报危险物质泄漏事件下污染物的扩散方向。

与奥运会相关的预报通过 NOAA 设在 Peachtree 和 Savannah 的天气无线台广播出去。两台太阳能的天气无线接收机被安置在海上赛场的重要地区。这些装置具有按键收听并在 5 分钟后自动停止的功能,在赛场非常受欢迎。

3.1.3 法-英翻译软件

NWS 在奥运会期间使用亚特兰大奥运组委会购买的法-英翻译软件。因为法语和英语是奥运会的两种官方语言,Info'96 上显示的所有天气信息都要求使用这两种语言。一种微机上运行的程序 Meteo96 被加拿大气象局选中,它翻译的准确率竟可达 93%。懂双语的加拿大预报员负责产品最终的质量控制和法文产品的传输。Meteo96 在英制单位和公制单位转化方面的准确率为 100%。使用 Meteo96,每个加拿大预报员每 8 小时平均可以编辑 3000 个英文单词和 8000 个法文单词,没有这个软件,同样的工作量需要 12 个专职科技翻译。

3.2 悉尼奥运会

3.2.1 预报产品制作和显示平台

●澳大利亚综合预报系统 (Australian Integrated Forecasting System)

AIFS 是澳大利亚气象局向其下属区域中心下发产品的平台。它可以显示实况、数值预报、卫星云图,还可以用于预报文本的制作。雷达资料的显示使用另一种名为 3D Raptic 的软件。

●为帆船比赛开发的专业服务软件

为了预报帆船赛场风变化,他们专门开发了一系列统计预报软件,包括悉尼港风的模式输出统计预报 SMOSSH;风的回归预报 Regression Breeze;风的决策树预报 Tree Breeze;一维矢量增加海风模式 JT Sea breeze;悉尼港阵风预报 Sydney Harbour Gust Calculator;风的“站点”模式 Wind “Site” Model;以及风的气候特征 HarbClims。

3.2.2 产品分发系统

悉尼奥运组委会也使用 INFO 系统向媒体发布信息,因此澳大利亚气象局针对 IN-

FO 所需要的数据输入格式对 AIFS 进行了修改。由于 INFO 是全自动运行的,因此要求输入的数据格式、拼写等方面不能有丝毫错误,所以预报员在产品输入时要非常严格。

悉尼奥运会的气象网站中包含了所有的预报、实况信息和气候背景资料,公众可以很方便的得到。另外奥委会及相关的政府部门还要求以传真的方式为其提供预报产品。

3.2.3 法-英翻译软件

悉尼奥运会的气象服务没有使用法-英翻译软件,他们只提供英文的预报产品,INFO 系统能够自动将输入的英文产品翻译为法文。对于其它的产品,悉尼奥运组委会决定仅翻译那些发送给帆船和射箭赛场的传真产品。奥运天气总服务处 (Olympic General Weather Service) 的翻译人员负责先翻译这些预报产品的标题,然后 email 给奥运组委会的翻译机构,由他们完成翻译工作。

4 产品和服务

4.1 亚特兰大奥运会

亚特兰大奥运会期间,每 6 小时发布一次 1~2 天的预报,包括天空状况、温度、湿度、风向、风速、降水、雷暴概率、重要天气、紫外线指数、浪高、浪的方向、浪的周期、海流速度等。此外还发布未来 3~5 天的预报。

在实况资料方面,每 15 分钟 LAPS 引进中尺度网和 METAR 的数据,通过质量控制生成地面分析场,再内插到每个赛场。尽管 LAPS 将观测内插到每个赛场,但最后的“官方”赛场观测是通过比较内插数据与其他数据源(如闪电、雷达、卫星、空气质量等)得到的。

为了满足奥运会的需要,OWSO 和 OMWSO 还对许多不是 NWS 标准业务要求的天气现象发布监测、预警和声明。这些天气现象包括:露的形成 (Dew formation)、冰雹、酷热指数 (High heat index)、暴雨、强风、闪电、低能见度、降水和风向突然改变 (10 分钟或更短的时间内风向变化超过 90°)。

4.2 悉尼奥运会

悉尼奥运会期间,除了每天发布常规的各类天气预报外,还根据奥运会组委会及运动员的要求,增加了专门场馆的预报、马术比

赛的热感应度预报、为露天的比赛场馆和悉尼大桥的观众和游客服务的雷暴预报、海上和水面比赛项目的海浪、海风预报以及紫外线指数预报、污染指数预报等等。

具体预报种类可分为4种:(1)一般天气预报:1天4次,预报时段为未来24小时,天气复杂时,随时更新。(2)3小时预报:1天2次,为11个比赛场馆提供每3小时的温度、湿度、热指数、气压、风向、风速、天气状况和降水。(3)每日天气预报:1天2次,为所有比赛场馆提供最高、最低温度、紫外线指数、24小时降水量及天气概况预报,预报时效为未来4天。(4)每小时风的预报:这是特别为帆船和赛艇比赛场地制作的预报。对帆船比赛,每天7:30和15:45发布悉尼港4个不同赛区9:00~18:00的每小时的风向、风速、海浪预报,并在10:15~16:15提供最近1小时的实况和预报更正;对赛艇比赛,每天5:00发布Penrith湖6:00~18:00间每小时的风向、风速预报,并在7:00,10:00,13:00更新以前的预报。

另外,还提供7天的趋势预报和各自动气象站10分钟一次的风向、风速、阵风信息的实况资料。警报种类包括强风警报、阵风警报、风暴警报、雷暴天气公报,强天气警报、洪水警报、火险警报、海啸警报、大浪警报以及跨地区(悉尼以外地区)的重要天气公报。

5 近两届奥运会气象服务保障成功的启示

从近两届奥运会气象服务保障中可以发现,奥运气象保障与服务的科学与技术取得了明显发展,主要表现在:

(1)成功地在奥运会气象服务中使用了各种先进的遥测遥感技术、中小尺度环境气象探测技术以及资料四维同化技术等,明显提高了实况信息服务的能力和水平。由于奥运比赛的特殊性,高分辨率、快速更新的实况信息成为气象部门提高预报准确率和弥补预报误差的重要手段。自动站、雷达、风廓线、卫星、闪电定位系统等是奥运气象保障的常用观测设备,赛区周边地区的探空资料加密也是十分必要的。对比赛场馆气象要素进行加密观测是做好场馆天气预报的基础,应尽可能早地开展。开展部门间合作,充分利用

气象部门或其它部门已有的观测站网来扩大探测的范围和分辨率;根据不同比赛项目的需求,对不同场馆有针对性地使用单要素或多要素自动站进行观测;利用无线通讯技术,使用移动式观测设备在无法布设固定站点的场所进行观测,这些经验都是值得我们学习和借鉴的。

(2)用于奥运气象服务的数值预报模式分辨率越来越高,物理过程越来越完善,资料同化与数值模式协调运行,高性能计算机及预报模式的并行算法得到充分发展和应用。提高数值预报产品的时空分辨率和预报准确率是制作定时、定点、定量预报产品的基础。非常规资料的应用是提高模式预报水平的重要手段,对短时临近预报而言雷达和卫星资料尤为重要;而采用与中尺度天气的时间尺度相匹配的较高的频率不断运行一个中尺度模式,有利于预报中尺度环境的变化,因此能够高频率的快速运行也是数值预报模式设计时应当加以考虑的。此外,通过国际合作引进多种模式进行集合预报是提高预报准确率的一种有效途径,但应当注意尽可能早地使预报员使用这些工具,以了解模式的性能和误差。

(3)针对用户的需要增加了环境气象、体育气象服务产品,使用可视化技术进行包装,通过Internet网站等手段进行分发,使奥运气象服务更具人性化特点。奥运会气象服务的内容大大超出了我们日常预报服务的范围,除了增加了对环境气象、体育气象产品的需求以外,对许多不是标准气象业务要求的天气现象的预报也有特殊要求。对这些新的预报项目应尽早开展研究。另外,服务产品的制作和分发对奥运气象服务的成功也是至关重要的,由于它的工作量大、时效紧、精度要求高、要求使用多国语言等特点,必须通过使用适当的软件工具协助完成。与前几方面相比,我们在这一方面重视得很不够,应当尽快着手进行系统的设计和开发。为了提高效率、保证系统的稳定,以及节约研制经费和人员投入,可以借鉴国外的经验,在某些环节直接采用已经比较成熟的商业软件。

(下转第27页)

(上接第 8 页)

参考文献

- 1 Rothfus, L. P., M. R. McLaughlin and S. K. Rinard. An Overview of NWS Weather Support for the XXVI Olympiad. Bull. Amer. Meteor. Soc., 1998: 79(5), 845—860.
- 2 Johnson, J. T., M. D. Eilts, D. Ruth, W. Goodman and L. P. Rothfus, Warning Operations in Support of the 1996 Centennial Olympic Games. Bull. Amer. Meteor. Soc., 2000: 81(3), 543—554.
- 3 Elly Spark. Report on Weather Services for the Sydney 2000 Olympic Games. 2002.
- 4 Bureau of Meteorology. Olympic Games Weather Services Product Information Manual. 2000.

The Two Latest Olympic Weather Support: Review

Liang Feng Chen Mingxuan Wang Yubing

(Beijing Meteorological Bureau, 100089)

Abstract

The Olympic weather support in Sydney and Atlanta could be regarded as the top-level in the world. For learning from them and doing better for 2008 Beijing Olympic Games, the experiences of these two Olympic weather services are reviewed.

Key Words: Olympic weather support Sydney Atlanta