

金华,张蔷,何晖,等. 机载粉剂催化剂播撒设备的研制及其在奥运和残奥消云中的应用[J]. 气象,2012,38(11):1443-1448.

机载粉剂催化剂播撒设备的研制及其在奥运和残奥消云中的应用^{*}

金 华 张 蔷 何 晖 马新成 黄梦宇 田海军 刘力威

北京市人工影响天气办公室,北京 100089

提 要: 人为引发的下沉气流可以抑制对流云的发展,这一现象已在试验中得到验证。用“人工下沉气流法”实施人工消云试验时,需在云顶大剂量的播撒粉剂催化剂。北京市人工影响天气办公室研制了能完成此类大剂量播撒任务的设备,并通过外场飞行试验对设备进行检验和改进。这是国内人工影响天气领域首个采用空投播撒法的粉剂催化剂播撒设备;可减少催化剂对飞机和播撒设备的污染。分析发现,新设备能够满足人工消云作业中播撒大剂量粉剂催化剂的需要。该设备在北京奥运会、残奥会开闭幕式当日的消云试验作业中投入使用,共实施消云飞行作业 9 架次,累计利用新设备播撒吸湿性粉剂催化剂 34 吨。

关键词: 粉剂催化剂, 播撒设备, 人工消云

Developing of an Airborne Seeding Device for Powdered Agents and Its Application in Cloud Modification During Beijing Olympic and Paralympic Games

JIN Hua ZHANG Qiang HE Hui MA Xincheng HUANG Mengyu TIAN Haijun LIU Liwei

Beijing Weather Modification Office, Beijing 100089

Abstract: The methods to destroy developing convective clouds, using artificially generated downdrafts, were theoretically justified and thoroughly tested under laboratory and field conditions. It is based on artificial initiation of downdrafts in convective clouds by releasing large doses of powdered agents into their tops. Beijing Weather Modification Office developed a new seeding device to release large doses of powdered agents in field experiments. This is the first device that seeds powdered agents by airdropping in the weather modification field experiments of China. Pollution to the aircraft could be relieved when releasing powdered agents with the device. The powdered agents should be packaged with special box before airdrop. The new device was used at Beijing Olympic Games and Paralympic Games opening and closing days. The total 34 tons of hygroscopic powdered agents were released in 9 flights.

Key words: powdered agents, seeding device, artificial cloud dissipation

引 言

随着经济发展,近年来大型活动(如节日集会、社会活动、体育比赛等)显著增多,对人工消云减雨

的需求日益显现。20 世纪 60 年代,前苏联曾作了一系列积雨中播撒磨细了的水泥的试验,多次成功地使云消散^[1];为阻止切尔诺贝利核电站事故后的放射性泄漏,前苏联首次实施了消云减雨外场试验^[2]。依据“过量播撒”或“提前降水”原理,国内曾

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200806001-4)、国家自然科学基金项目(41175007)、(41205100)和国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011CB403401)共同资助

2011 年 7 月 8 日收稿; 2012 年 2 月 2 日收修定稿

第一作者: 金华,主要从事人工影响天气方面的研究. Email: jinhuawm@gmail.com

多次实施减雨试验:如北京亚运会、上海东亚运动会、潍坊国际风筝会时曾进行了人工调节降水时空分布的试验;南京十运会、济南十一运会、广州亚运会举办时还进行了人工减雨作业准备^[3-4]。国内外也不乏利用“下沉气流”原理消云的试验,如 1995 年以来俄罗斯在莫斯科、圣彼得堡等城市实施超过 30 次消云减雨作业^[2];筹备我国国庆 35 及 50 周年阅兵期间,也曾进行人工消云消雾的试验(以下分别简称为 35、50 周年外场试验)^[5-7]。为做好北京奥运会气象保障工作,气象工作者深入研究^[8-15],北京市人工影响天气办公室(以下简称北京人影办)多次组织利用飞机消云和利用火箭减弱积雨云降水的试验^[15-16]。

依据“下沉气流”原理消云时,需向云中投入大量的物质,国内外消云试验中多采用水泥、盐粉、尿素等吸湿性粉剂作为催化剂^[1,17]。随着所使用飞机载重量的增大、催化剂用量明显增多。20 世纪 60 年代国内的消积状云试验中,用伊尔-14 飞机播撒了不到 400 kg 催化剂(盐粉或水);35 周年外场试验时,分别用运 5、安-26 飞机播撒了 1550 kg、1150 kg 催化剂(盐粉和耐火土)^[5];50 周年的外场试验中,用运 8 飞机分两次播撒了 4000 kg、7000 kg 催化剂(鱼籽盐和精盐)^[7]。1995 年俄罗斯反法西斯胜利 50 周年庆祝活动消云试验时,播撒了 110 袋粗粒粉(含钒土剂氧化铝,每袋 25~35 kg)^[18-19]。

当前飞机播撒粉剂的方法有两种:直接播撒法和空投播撒法。直接播撒时,粉剂催化剂在重力及舱内外压力差的作用下通过机身上孔洞离开飞机,直接入云;该方法不需要复杂的设备,易于实施,但催化剂直接接触飞机,可能污染或腐蚀机身。国内早期试验多采用直接播撒法,北京人影办 2005 年用运 5、安-26 飞机实施消云试验时也使用了该方法^[20]。随着催化剂用量的增大,直接播撒已不能满足要求。1995 年俄罗斯消云试验时采用了新方法——空投播撒法^[18]。国内还没有适于空投播撒法的设备。为更有效地实施消云试验,北京人影办决定研制能大剂量播撒粉剂催化剂的设备(以下简称新设备)。为此,北京人影办于 2007—2008 年间,组织飞行试验;在解决先后出现的多个问题之后,新设备最终研制成功,并在奥运会、残奥会开闭幕式当日实施了消云作业。因国庆 60 周年庆典需要气象保障^[21-22],在 2009 年 9 月的气象保障演练中再次使用该新设备实施了消云作业。

1 新播撒设备介绍

1.1 设计方案的确定

在 35 周年外场试验中,催化剂播撒剂量超过 $100 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-1}$ 。2008 年,为保障奥运会开闭幕式而设定的飞机防线最长可达 70 km,由此估计催化剂用量可能超过 5000 kg。此前国内试验中所用的运 5、安-26 飞机的有效载荷最大分别为 1500 和 4500 kg,因此选择运载能力超过 10000 kg 的运 8 飞机作为播撒平台。安-26 飞机货舱为气密舱,适于采用直接播撒法播撒;而选定的运 8 飞机货舱为非气密货舱,采用传统的直接播撒法可能带来催化剂对飞机的污染,因此需要研制适用于运 8 飞机的大剂量粉剂催化剂的播撒设备和方法。研制初期曾提出一个能避免催化剂污染的直接播撒方案:使用结构与工作原理类似于气卸散装水泥运输车的设备,催化剂储存于罐体中,播撒时催化剂被空气压力压出储藏罐,通过伸出飞机后舱门的金属管道直接入云^[23]。但因被认为存在安全隐患,此方案未获采纳,此后的设计方案均放弃了直接播撒法。最后,采用空投播撒法的方案得到认可,通过随后的飞行试验予以检验并改进。

1.2 设备构成

新设备由如下部分构成:催化剂包装、机载机械传送装置、播撒拉绳。

表 1 播撒设备主要技术参数(单位:m)

	长	宽	高
机械传送装置	5.50	0.60	0.55
催化剂包装	0.36	0.30	0.25

催化剂包装由纸箱及辅助捆扎绳索构成。用于包装粉剂催化剂的纸箱是根据设计方案特别定制的,它在出厂时并未成型,而是不完整的散片,需组装并利用辅助绳索捆扎后方可使用。组装时,先将一个箱盖套上开箱绳索,再在其上利用打包带将一付箱侧板固定,形成一个无盖的空纸箱;随后注入粉剂催化剂,盖上另一个套着开箱绳索的箱盖。为便于搬运,最后用一条捆箱绳将装有催化剂的纸箱捆牢,一个完整的粉剂催化剂包装才算完成。

机械传送装置由支撑支架、机械传动单元、电动机及速度控制单元、电源、人力驱动单元等部分构

成。通过速度控制装置可实现不同的播撒率;该装置主要由电力驱动,人力驱动作为电力驱动的备份。机械传送装置固定于运输飞机货舱内,一端靠近后舱门。

1.3 设计原理及播撒程序

先空投后播撒。采用空投播撒法可减少催化剂同飞机的接触机会,对飞机影响小;新设备播撒能力较强,更适宜于大剂量粉剂催化剂的播撒。

播撒程序如下:在地面将粉剂催化剂进行包装,随后飞机载着包装好的催化剂飞赴目标区;作业时,先将催化剂包装搬到机械传送装置上并剪断打包带,飞机打开后舱门后,再将催化剂包装空投出去,待催化剂包装离开飞机一段距离后设法打开包装,实现催化剂的空投播撒。

2 问题及改进

2.1 飞行试验中遇到的问题

2007—2008 年,为研制播撒设备、改进播撒方

案,组织了 10 余次飞行试验。期间先后发现了催化剂不完全播撒问题、包装纸箱碰飞机问题、催化剂回舱产生污染问题及包装好的催化剂受潮结块问题。表 2 是飞行试验、播撒设备及方案的改进概况。

播撒过程中,出现催化剂不完全播撒问题时的表现:下落过程中,包装纸箱部分解体,少量催化剂播撒入云;但纸箱其余部分保持不解体状态,剩余催化剂保留在残余纸箱内;残余纸箱尾部拖着一道烟带着催化剂直线下落(图 1a, b);地面偶而可发现落地纸箱,其中甚至残存有未播撒的催化剂。催化剂不完全播撒问题在试验中出现过(表 2),它直接影响催化效果;落地纸箱及其中的残存催化剂还威胁地面安全,可见该问题是亟需解决的首要问题。

分析发现:空投后,下落中的纸箱和催化剂处于一种相对稳定的平衡状态,这是造成催化剂播撒不完全的原因。解决该问题,需要额外引入一种力量来打破下落中的平衡。因此解决方案为增加能产生额外拉力的装置,以实现完全播撒。由于在试验中纸箱设计方案改进了三次,产生打破平衡状态拉力的装置也需要同步改进。未能同步改进这一装置才

表 2 播撒试验飞行、发现问题、播撒设备及方案的改进概况

Table 2 Outline of device and scheme for flight seeding experiments

时间	2007 年 7 月	2007 年 8 月	2007 年 8 月	2007 年 9—10 月	2008 年 7 月
起降机场	开封	呼和浩特	北京	无锡	张家口
架次	2	1	5	0	2
目的	检验播撒设备	内蒙古自治区成立 60 周年庆典保障	奥运演练改进播撒方案	上海特奥会 开闭幕保障	熟悉作业区; 检验播撒方案
不完全播撒问题	✓		✓		✓
纸箱碰飞机问题	✓	✓	✓		
催化剂回舱问题	✓	✓			✓
备注	确定播撒拉绳长度; 增加电力驱动装置	发现单箱催化剂 不宜过轻	确定单箱催化剂 重量;确定播撒方案	发现潮湿环境中,催化 剂包装不宜长期存放	改进播撒方案



图 1 催化剂的不完全播撒及完全播撒对比

(a)完全播撒和不完全播撒状态对比,(b)典型的不完全播撒状态,(c)典型的完全播撒状态

Fig. 1 Three conditions for dispersing of the powdered agents

(a) comparison between complete and incomplete dispersings,

(b) typically incomplete dispersing, and (c) typically complete dispersing

导致了催化剂不完全播撒问题多次出现。

包装纸箱碰到飞机会影响飞机甚至飞行安全,因此必须解决。分析发现,试验中使用的催化剂密度小,单个包装重量太小,是出现该问题的主要原因。而试验中使用的催化剂密度过大,单个包装重量太大也会出现这个问题。因此,解决包装纸箱碰飞机问题的关键是确定单个催化剂包装的合适重量。

导致催化剂回舱的主要原因是:催化剂包装在飞机的尾流区内被打开,飞机尾流将部分播撒的催化剂卷回机舱。故选择合适长度的播撒拉绳即可解决该问题。试验中再次出现了催化剂回舱的问题,其原因则是新使用的催化剂(硅藻土)密度太小,对应的尾流影响区变大,而播撒拉绳长度并未改变以适应这种变化。

2.2 方案的改进

催化剂包装的打开方案几经调整才得以确定。最初方案是利用开箱绳索拉箱盖使纸箱解体;开封试验则增加了打破平衡态拉绳来解决催化剂不完全播撒问题。在试验更改纸箱设计后,纸箱解体方案更改为:播撒时将纸箱颠倒过来,开箱绳索拉箱底导致纸箱解体,依靠打破平衡态拉绳对残余纸箱的拉动实现完全播撒。播撒时拉力传递顺序及开箱过程如下:

拉力传递顺序:飞机→播撒拉绳→箱底开箱绳索→捆箱细绳→打破平衡态拉绳→箱盖。

开箱过程:捆箱细绳断开→箱底及两个箱侧板同箱盖脱离→大部分粉剂入云→箱盖倾覆→完全播撒。

试验中的改进:将箱底、箱侧板相连的设计分开,改箱底为另一个箱盖;增加另一条开箱绳索,取消打破平衡态拉绳。纸箱解体方案修正为:一条开箱绳索拉一个箱盖使纸箱解体后,另一条开箱绳索拉另一个箱盖以打破下落平衡状态。拉力传递顺序

及开箱过程为:

拉力传递顺序:飞机→播撒拉绳→捆箱细绳→一条箱盖开箱绳索→一个箱盖→另一条开箱绳索→另一个箱盖。

开箱过程:捆箱细绳断开→一个箱盖脱离→部分催化剂入云→另一个箱盖、箱侧板分散解体→催化剂全部入云→完全播撒。

为解决包装纸箱碰到飞机、催化剂回舱产生污染问题,在试验中经反复试验确定了单箱催化剂的合适重量。还对机械传送装置改进如下:在机械传送装置及飞机后舱门间增加过渡板,以避免播撒密度较大的催化剂时纸箱碰到机舱底板。

通过 2007—2008 年飞行试验的检验,在解决所发现的问题后,新设备的可靠性显著提高。新设备的催化剂成功播撒率由开封试验中的 45% 提高至试验中的超过 90%;新设备在奥运会、残奥会开闭幕式当日的消云作业中没有播撒失败的记录。

3 新设备的应用情况及分析

3.1 在奥运消云中的应用

在奥运会开闭幕式保障预案中,根据影响北京地区天气系统的来向不同,在 6 个方向划分了 18 个矩形作业区,飞机可在 1~6 区播撒吸湿性催化剂实施消云作业。1、2 和 3 作业区在北京西北方向,4、5 和 6 区则在西方。作业区 1 和 4 长宽分别为 70 和 20 km,距北京最远。飞机进入作业区后,沿着作业区的四个边飞行,但仅在作业区的两个长边播撒催化剂。播撒时飞行速度为 $350 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;每箱催化剂的重量为 20 kg。在奥运会、残奥会开闭幕式当天,飞机在 1 和 4 区共实施飞行消云作业 9 架次,利用新设备播撒催化剂累计 34 吨。田海军等^[24]分析消云作业前后的气象监测资料后发现,残奥会闭幕日的作业达到了消云的目的。

表 3 奥运会、残奥会开闭幕式当日消云作业概况

Table 3 Outline of cloud modification performed at Beijing Olympic and Paralympic Games opening and closing days

日期	8月8日		8月24日		9月6日		9月17日	
性质	保障奥运会开幕		保障奥运会闭幕		保障残奥会开幕		保障残奥会闭幕	
作业区	1	4	1	1	1	1	4	
催化剂用量/kg	4000	4000	4000	4000	4000	7400	6600	
播撒用时/h	0.43	0.50	0.28	0.65	0.53	1.03	0.92	
平均播撒率/ $\text{kg} \cdot \text{km}^{-1}$	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	52.86	47.14	

3.2 播撒能力分析

35 周年外场试验时,盐粉播撒率为 $41.26 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-1}$ ^[25]。计算表 3 中的播撒率时假设催化剂均匀播撒于作业区的两个长边,因此是催化剂的平均播撒率。可以发现:表 3 中催化剂平均播撒率 ($28.57 \sim 52.86 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-1}$) 明显小于 35 周年外场试验时的盐粉播撒率。新设备播撒率是否偏低,是否难以满足消云作业需要?

35 周年外场试验消云消雾时,播撒总量多为 600 kg 左右,作业用时一般仅几分钟,因此其播撒率虽大,但播撒总量不大。而奥运会开闭幕式保障飞行时,在作业区的无云区或下垫面不合适地区是不进行播撒作业的,即作业区内实施的播撒不是按均一播撒率连续进行的。因此,新设备实际播撒率应大于平均播撒率。

另外,奥运会开闭幕式保障飞行选用的吸湿性催化剂是膨润土,其密度(约 $1.08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)仅为盐粉(约 $2.17 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)的一半。因此,若用本设备播撒盐粉,则其播撒率可望接近或超过 35 周年外场试验中播撒设备的播撒率。最后,在奥运消云试验中,机械传送装置的速度被设定为中、低速;若其高速运行,则新设备的播撒强度可显著提高。国外消云时,一般每块云的催化剂投放量为 $25 \sim 35 \text{ kg}$ 到 250 kg 不等^[18]。可见,新设备的播撒能力基本可以满足消云试验的要求。

3.3 新设备的特点

新设备特点如下:在国内首次采用了新型的空投播撒法;减少了催化剂对飞机和播撒设备的污染;播撒总量、强度均有所增强,能大剂量的播撒粉剂催化剂。

虽然新设备播撒能力可满足消云作业需要,使用中还发现一些问题,存在改进的可能性。问题可归纳为:机械化程度低,劳动强度大;包装工艺复杂,依赖较多的人工。首先:机械化程度低,仅机械传送装置使用了电力驱动,催化剂包装尚需依靠人力搬运到机械传送装置上,播撒前还要手工去除部分捆扎绳索,因此在播撒强度大时,需较多的人同时工作。其次,地面包装催化剂时,工艺较复杂,也需要大量人工。再者,试验中出现包装后催化剂结块现象,说明包装完成的催化剂不宜长期存放;因此催化剂难以提前包装,只能在确定播撒前特定时间段内

集中包装,增大了播撒前准备工作的强度。最后,机载机械传送装置较重,运输及装配不便。

35 周年外场试验时,消雾及消云作业曾使用了同一播撒设备。因此虽然新设备是为消云试验而研制,但本质上该设备是一种通用的暖云吸湿性粉剂催化剂播撒设备。如果前述不足得以改进,新设备或可适用于暖雾消除试验及暖云增雨催化试验中对暖云(雾)的催化作业。

4 小 结

(1) 制定了机载吸湿性催化剂粉剂播撒设备的设计方案,确定了相应的播撒方法;通过一系列外场飞行试验,在方案调整、播撒方法改进后,新设备研制成功;该设备和方法适用于具有非气密货舱的运 8 飞机。

(2) 新设备在国内首次采用了新型的空投播撒法;减少了催化剂对飞机和播撒设备的污染;播撒总量、强度均有所增强。分析发现:新设备的播撒能力,能达到甚至超过此前消云试验作业使用设备的播撒能力,能够满足消云作业中播撒大剂量粉剂催化剂的需要。

(3) 该设备在奥运会、残奥会开闭幕式当日的消云试验作业中投入使用,共实施消云飞行作业 9 架次,利用新设备播撒催化剂累计 34 吨。

(4) 新设备尚存在有待改进之处,包括:设备较重,运输装配不便;机械化程度不高等。

参考文献

- [1] Л. Г. Качурин. 人工影响天气过程的物理基础[M]. 胡志晋, 郭恩铭, 张纪淮, 等, 译. 第 1 版. 北京: 气象出版社, 1994.
- [2] Koloskov B P, Korneev V P, Petrov V V, et al. Cloud seeding operations to modify weather conditions over cities; 2003-2006 [C]//2007: 22-24.
- [3] 郑学山, 山义昌, 李连银. 一次人工消雨作业试验与效果分析[J]. 山东气象, 2001, 21(2): 35-36.
- [4] 高建秋, 冯永基, 赵博, 等. 基于广州亚运期间降水特征分析的人工消雨防线设计[J]. 广东气象, 2010, 32(004): 30-32.
- [5] 魏利生. 国庆阅兵人工消云消雾试验[J]. 气象, 1986, 12(9): 29-31.
- [6] 魏利生. 南苑机场人工消雾作业初探[J]. 航空气象, 1987 (55): 18-25.
- [7] 赵增亮, 高建春, 魏强, 等. 人工消云效果检验个例分析 [R]. 第五届全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会学术

论文集, 2002.

- [8] 叶殿秀, 陈峪, 张强, 等. 北京奥运期间极端天气气候事件背景分析[J]. 气象, 2004, 30(8): 31-35.
- [9] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析[J]. 气象, 2008, 34(2): 77-82.
- [10] 丁德平, 王春华, 李迅, 等. 北京奥运会期间极端天气的气候统计分析[J]. 气象, 2008, 34(7): 61-67.
- [11] 王玉彬, 周海光, 余东昌, 等. 奥运短时临近预报实时数据处理[J]. 气象, 2008, 34(7): 75-82.
- [12] 郭虎, 王建捷, 杨波, 等. 北京奥运演练精细化预报方法及其检验评估[J]. 气象, 2008, 34(6): 17-25.
- [13] 何晖, 金华, 李宏宇, 等. 2008年奥运会开幕式日人工消减雨作业中尺度数值模拟的初步结果[J]. 气候与环境研究, 2012, 17(1): 46-58.
- [14] 李宏宇, 马建立, 马永林, 等. 北京 2008 年奥运会开幕日云、降水特征及人工影响天气作业分析[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(2): 175-187.
- [15] 张蓄, 何晖, 刘建忠, 等. 北京 2008 年奥运会开幕式人工消减雨作业[J]. 气象, 2009, 35(8): 3-15.
- [16] 金华, 何晖, 张蓄, 等. 对一次消云减雨试验中催化部位的分析[J]. 气象, 2008, 34(S1): 168-172, 326.
- [17] 王伟民, 卢伟, 黄培强, 等. 几种消暖云(雾)催化剂性能的实验研究[J]. 气象科学, 2000, 20(4): 478-485.
- [18] B. n. 别拉耶夫. “95·5·9”莫斯科多架飞机人工消云和减弱降水试验[J]. 新疆气象, 1998, 21(3): 44, 47.
- [19] Belyaev V P, Beryulev G P, Vlasyuk M P, et al. A case study of cloud seeding over Moscow on 9 May 1995[J]. Russian Meteorology and Hydrology, 1996(5): 47-55.
- [20] 刘力威, 马新成, 张蓄, 等. 北京市人工消云播雨机载作业装备介绍[R]. 中国气象学会 2006 年年会“人工影响天气作业技术专题研讨会”分会论文集, 2006.
- [21] 郭虎, 王令, 时少英, 等. 国庆 60 周年演练中一次降水过程的短时预报服务[J]. 气象, 2010, 36(10): 21-28.
- [22] 潘进军, 段欲晓, 马晓青, 等. 国庆 60 周年庆祝活动气象服务满意度评估[J]. 气象, 2011, 37(11): 1409-1414.
- [23] 夏家华, 许林发. SSC-2 型气卸散装水泥运输车的研究与开发[J]. 适用技术市场, 1996(4): 10-11.
- [24] 田海军, 景丽, 刘力威, 等. 2008 北京残奥会闭幕日飞机消云作业分析[J]. 气象, 2008, 34(S1): 131-135.
- [25] 人工消云(雾)办公室. 人工消云试验一览表[J]. 航空气象, 1987(55): 43.

新书架

中华气象谚语大观

任国玉 等编著

这是一本以提供资料为主、兼顾科学普及和应用研究的气象谚语书。书中共搜集全国各地气象谚语四万余条。这些谚语被分为灾害、天气、气候、天体和光象、海况、农业气象、节气、物候、民间节令和干支、人体和行为等共十大类。在每一大类之前, 简要叙述了谚语的相关科学知识。该书适合气象工作者、地理工作者、气象爱好者、文教工作者、农林牧副渔和图书馆藏等部门参阅使用。

16 开 定价: 150.00 元

中国近现代气象学界若干史迹

陈学溶 著

近 30 年来, 作者根据亲见、亲闻、亲历应邀陆续撰写了与我国气象学界有关的人和事的纪实性文章数十篇, 再现了在竺可桢先生的领导下中国气象事业一步步发展的历史轮廓, 该书是这些文章的集合。书中史料翔实可信, 小至各观测场的建立、人员培训和规章制度的完善, 大到与外国气象学家的科研考察及跨学科的合作, 远的考据到 200 多年前外国学者的气象记录年代, 近的有气象学界前辈之间的传闻轶事。一些因时间久远引起的若干史实存疑也力求通过考证、回忆, 还原其真相, 为今后的近现代气象史研究提供了方便。

16 开 定价: 35.00 元

英汉冰冻圈科学词汇

秦大河 主编

该书是第一版冰冻圈科学词汇, 共收录 8448 个词条, 涉及冰冻圈科学领域常见的英文词汇及其对应的中文, 可供冰冻圈科学及地理、水文、地质地貌、大气、生态、环境、海洋等方面的科研和技术人员, 以及大专院校相关专业的师生使用和参考。

32 开 定价: 45.00 元

防雷装置检测技术

王学良 等编著

该书介绍了雷电的形成、分类及其危害, 探讨了雷电活动基本特征、雷电流幅值分布概率、雷电绕击率、反击率和人工观测雷暴最远距离等问题。根据国家现行法律法规和技术标准, 结合十余年的防雷装置检测技术经验, 阐述了防雷装置检测一般规定、常用仪器设备及其原理、检测技术、报告书制作和雷击灾害调查与鉴定等内容。重点介绍了建筑物、爆炸和火灾危险场所、高速公路、移动通信基站、电子信息系统、运行中 SPD 以及发电厂、变电站地网检测技术方法。

该书是防雷装置检测专业技术人员从业资格考试参考用书, 也可供从事雷电防护技术业务人员及相关专业学生学习和参考。

16 开 定价: 40.00 元