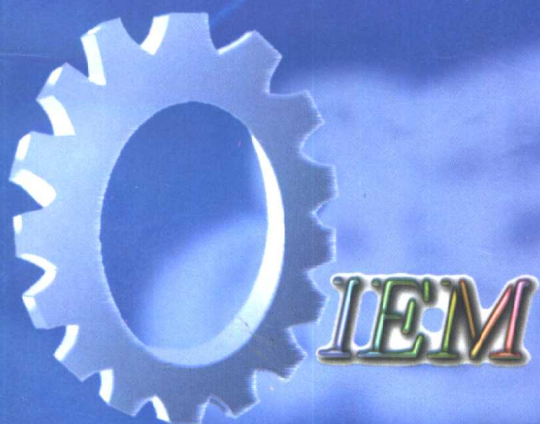


产业工程气象学

INDUSTRIAL AND ENGINEERING METEOROLOGY

章澄昌

编著



气象出版社

产业工程气象学

章澄昌 编著



气象出版社

内容简介

产业工程是国民经济的主体。本书总结了气象学与产业工程主要行业的相互关系和气象服务于产业工程的研究、分析、应用的成果和最新进展。书中着重论述了气象条件对产业工程各行业的作用和影响机理,探讨如何确定开展专业气象服务的指标、参数及其临界值,以及结合专业进行专题分析预报的方法。目的在于有效地进行决策,指挥生产,开展针对性的科技咨询,准确及时地采取趋利避害措施,以提高气象服务的社会、经济和生态效益。

本书可为开拓气象服务领域,加强气象与专业结合,优化服务层次,提高服务水平提供线索、依据和奠定专业基础。可供各级气象台站开展气象服务工作,产业工程各行业生产、管理和业务技术人员使用和参考。本书作为应用气象学重要分支学科的专著,可供气象业务部门、高等院校和科研院所专业人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

产业工程气象学/章澄昌著.-北京:气象出版社,1997.10

ISBN 7-5029-2152-4

I. 产… II. 章… III. 产业-应用气象学 N. P49

中国版本图书馆 CIP 数据核定 (97)第 02288 号

产业工程气象学

章澄昌 编著

责任编辑:张淑萍 终审:周诗健

封面设计:刘 扬 责任技编:陶国庆 责任校对:王晓英

* * *

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路 46 号 邮政编码 100081)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/32 印张:13.75 字数:297 千字

1997 年 10 月第一版 1997 年 10 月第二次印刷

印数:1001—3500 册 定价:21.00 元

ISBN 7-5029-2152-4/P·0794

前 言

当代,随着科学技术的迅速发展、生产工艺过程的革新与改进,以及组织管理水平的提高,国民经济各部门对气象条件的敏感度和依从性也随之大大增强,开拓了以前未曾涉足或不被认识的应用气象学领域。

70年代以来,保护环境和保护生态系统的问题日益突出。从长远战略目标考虑,研究人类生产和生活活动对大气环境的影响,在世界范围内进行各方面的协商合作,共同采取措施,以便延缓和中止不可逆转的不利气候变化,合理地开发和利用有限的地球气象资源具有重大的战略意义。

目前,我国正在实现经济体制和经济增长方式两个具有全局意义的根本性转变。转变经济增长方式,关键在于依靠科技进步,强调资源的节约和合理利用,其中不乏气象服务工作。80年代以来,我国气象服务工作无论是服务的范围、内容、方式和手段都发生了或者正在发生着深刻的变化。气象事业结构的调整和改革,对提高气象服务的社会、经济和生态效益具有积极的促进作用。

产业工程是国民经济的主体,为了总结气象学与产业工程主要专业的相互关系和气象服务于产业工程的研究、分析、应用成果,近年来作者着重关注和收集有关产业工程气象服务的资料和素材,并着手对有关问题进行一些研究、归纳工作,在有一定积累的基础上,进一步综合国内外有关这一主题的文獻,最新研究和应用进展的消息和资料,在气象出版社的

鼓励和支持下,开始撰写《产业工程气象学》一书。作者力图在书中针对气象条件对产业工程主要部门的作用和影响的机理,探讨如何确定有关指标、参数及其相应临界值,结合有关专业进行专项分析预报、指导决策和科技咨询,以便有效地服务于开发、利用有利的气象条件,预防和规避不利的大气环境和恶劣的天气条件以及在一定条件下在局部地区或范围内,人为创造有利于或适宜于生产和劳动的气象环境。希望在理论和实践的结合点上,较为系统地阐述气象服务工作如何适应产业工程的生产、技术和业务活动的需要。

有关产业工程气象学,国内外尚无专门论著。荷兰曾于1982年出版《工程气象学》一书,书中除气象学基础外,仅有4/7的篇幅论述环境和土木工程中的气象应用,其专业范围有较大局限性,内容从工程角度考虑较多,而且理论色彩较浓。部分材料散见于应用气象和应用气候的有关著作和手册中。例如,1985年美国出版的《应用气象手册》,国内出版的《应用气候》(1985)和《应用气候手册》(1991)。其中除建筑气候、大气污染与气候等内容比较系统、完整外,其它行业还比较短缺,而且有关物理概念和影响的机理尚待充实,并需增补新发展的专业内容。作者在撰写本书中力求加强和补充这方面的资料、研究进展和应用成果,注重理论分析和强调实际应用。在有关章节中对大气腐蚀,粉尘爆炸,相对湿度定量预报,高温低温作业环境对人的影响及其防护,城市火灾气象条件分析和火险预报,煤气中毒气象条件预报,煤矿瓦斯爆炸气象条件分析,煤炭自燃、造纸草料堆自燃的气象条件分析和预报,采暖期气象节能技术等专题进行了系统论述。希望对扩大气象服务范围、提高服务水平,增强气象服务的社会、经济效益有所裨益。同时在撰写中注意与国内已有的出版物协调配合,

各有侧重,避免不必要的重复。

本书共分10章,第一章概述产业工程气象学的学科特征、历史发展、研究内容以及气象信息经济效益评价;第二章介绍主要工业引起的空气污染、影响污染的气象因素、工业区污染源布局 and 空气污染预报;第三至第十章分行业讨论有关产业工程部门的生产业务技术活动受环境气象因素的制约和影响,以及如何利用气象信息进行生产决策,采取趋利避害措施,提高气象服务的社会、经济和生态效益。包括建筑工程、交通运输、矿冶石油、水利电力通讯、纺织轻化机械电子、建筑材料、商品储运和公用事业等与气象密切有关的产业工程部门。本书综合性强,内容详实,对上述行业的专业人员,正确运用气象信息、具体指标和参数,进行决策和指挥生产,无疑具有参考价值 and 实际意义。对气象部门,本书可为开拓服务领域,优化专业气象服务层次,加强专业与气象的结合,提高服务水平,提供线索、依据和奠定专业基础,并将对推动我国产业工程气象学的研究和应用起着有力的促进作用。

虽然作者感到撰写本书具有一定的学术价值和重要的实际意义,但是也存在着许多困难和不足,主要是气象科技服务作为新型事业结构的重要组成部分,在我国起步比较晚,尚属初创阶段。各地区、各行业发展很不平衡,在紧密结合专业,加强针对性方面有待进一步提高。广大气象台站业务人员忙于开拓市场,投身于具体服务工作,在专业建设、提高服务产品的专业化程度和科技含量方面尚需加强投入,逐步积累。表现为公开发表的应用研究成果和经验总结还不像基本气象业务工作那样普遍和丰富。作者在收集文献资料时,感触颇深,相信今后定会改观。本书引用了许多基层台站同行们的有价值的调查、研究成果、专项观测和经验总结,为此,在书末列出了

各章的参考文献,并向文献作者们表示深深的谢意。

由于作者缺乏实际工作经验和学识水平所限,有不少问题尚待研究探讨,本书难免偏颇,舛误和不当之处,诚请读者批评指正。倘若有机会,可作为今后增补和修订参考。

编著者
1997年2月

目 录

前 言

第一章	产业工程气象学概论	(1)
§ 1	历史进程和展望未来	(1)
§ 2	产业工程气象学研究	(5)
§ 3	气象信息经济效益研究	(15)
第二章	工业区污染源布局和空气污染预报	(38)
§ 1	空气污染物特征和工业污染源	(39)
§ 2	影响空气污染的主要气象因素和大气扩散模式计算	(43)
§ 3	大气环境规划和空气污染控制	(50)
§ 4	工业区污染源布局	(60)
§ 5	空气污染预报	(78)
第三章	建筑工程气象	(90)
§ 1	室内热环境和太阳辐射对建筑功能的影响	(90)
§ 2	采暖通风和空气调节设计的室外气象参数	(102)
§ 3	建筑日照	(109)
§ 4	建筑天然光	(119)
§ 5	建筑地基与冻土层	(128)
§ 6	结构风压和随机风振	(131)
§ 7	风引起建筑物内及其周围的不舒适性	(151)
§ 8	积雪和屋面雪荷载	(156)
§ 9	建筑施工与气象	(158)
第四章	交通运输与气象	(165)
§ 1	航空与气象	(165)
§ 2	水上航运与气象	(183)
§ 3	公路运输与气象	(190)
§ 4	铁路运输与气象	(206)
第五章	冶金、矿井和石油与气象	(216)
§ 1	冶金与气象	(216)

§ 2	矿井与气象	(229)
§ 3	石油与气象	(242)
第六章	水利、电力、通讯与气象	(256)
§ 1	可能最大降水的推算	(256)
§ 2	水库调度和综合利用的气象服务	(261)
§ 3	核电站选址和工程设计中的气象学应用 ...	(271)
§ 4	架空线路与气象	(276)
第七章	纺织、轻化、机械、电子工业与气象	(291)
§ 1	纺织工业与气象	(291)
§ 2	轻工业与气象	(302)
§ 3	化学工业与气象	(323)
§ 4	机械、电子工业与气象	(327)
§ 5	粉尘、粉尘爆炸及其预防	(335)
§ 6	相对湿度的分析和预报	(339)
第八章	建筑材料工业与气象	(346)
§ 1	硅酸盐工业物料中的水分和干燥的一般原理	(346)
§ 2	砖瓦生产与气象	(350)
§ 3	水泥生产与气象	(358)
§ 4	水泥预制件生产与气象	(361)
§ 5	玻璃工业与气象	(365)
§ 6	石棉制品与气象	(367)
第九章	商品仓储移运与气象	(368)
§ 1	商品仓储的气象条件	(368)
§ 2	粮食油种贮存的气象条件	(371)
§ 3	中药材仓储气象条件	(379)
§ 4	商品移运中的气象环境影响	(385)
第十章	公用事业与气象	(388)
§ 1	供电、供水、供气与气象	(388)
§ 2	城镇火灾气象条件分析和火险预报	(397)
§ 3	采暖期气象节能技术	(404)
§ 4	煤气中毒气象预报	(415)
	参考文献	(417)

第一章 产业工程气象学概论

产业工程气象学是现代应用气象学发展的一个新的分支学科。它研究大气环境对产业、工程在生产和作业过程中的作用和影响,以及产业、工程系统对大气环境的反馈的基本特征和变化规律。目的在于合理、充分、有效地开发利用大气资源,为产业、工程的建设和发展服务,并有效地控制和防治产业、工程所引起的大气污染。产业工程气象学是一门涉及大气科学和产业工程技术多学科的边缘科学。它是由于社会生产发展的实际需要而逐步形成和发展的,其研究成果为产业工程部门提供科学规划、技术设计的依据,为促进生产力的迅速发展创造条件,应用性很强,具有明显的社会效益和环境效益。

§ 1 历史进程和展望未来

人类很早就对气象有所认识,并应用于实践中。最早在建筑上应用气象知识,如原始人为了抗御风雨寒暑,创造了供休息的窟窿等。我国战国时《墨子》一书中讲述:“为宫室之法曰:高,足以辟润湿;边,足以圉(抵御)风寒;上,足以待雪、霜、雨、露。”明确了人工建筑可创造适于居住的小气候。北宋初年,木工喻皓,在开封建造一座平面八角十一层高的开宝寺塔,针对当地盛行的西北风,据长年的实际经验估算,有意识地使塔身向西北方向倾斜,用塔身的倾斜预应风压,实为建筑学上的大胆创举。《齐民要术》中叙述羊棚的要求:“热则疥癬,且屋处惯

暖冬月，应架北墙为屋。”这里提到了建筑物的采暖通风措施。

古希腊有关航海与风、降水、雷暴的关系，约在公元前500年，以文字形式刻于海岸人类居住地的石碑上。我国西汉时《淮南子》一书中提及“舶舩风云起，”意指东南季风开始，利于南洋船舶到来，故称之为“舶舩风”。这是古代在航海中充分利用季风的写照。内河航运也有避风灾的记载：北宋沈括在《梦溪笔谈》中写道：“冬月风作有渐，船行可以为备，唯盛夏风起于顾盼间，往往罹难。……有一术，可免此患。……五更初起，视星月明法，四际至地，皆无云气，便可行，至于巳时止，如此无复与暴风遇矣。”这表明，当时对冬夏风的日变化已初识，并结合天象试作经验性的适航天气预报作为导航对策。

我国古代利用风生产盐多有记载。《天工开物》讲到风与制盐关系时说：“盐见水即化，见风即卤，”并说“山西解盐，……引水种盐，春间即为之，待秋夏之交，南风大作，则一宵结成。”具体说明了解盐的生产季节和如何利用南风。

随着近代气象科学的创建和发展，与生产实践密切相关的应用气象学，首先在那些生产或作业直接在野外大气环境中进行并对天气、气候反应十分敏感的行业中兴起。大致可分为4个主要阶段：1840年航海气象应用；1890年农业气象应用；1920年商用航空气象应用和1940年早期（二战期间）的全球军事气象应用。

1873年国际气象组织（WMO的前身）的成立，对世界气象台站网的建立和发展，以及气象为国民经济各部门的研究服务工作的开展，具有很大的促进作用。

应用气象学在各国的发展也是不平衡的。美国气象学会（AMS）于1919年开始关注天气预报的应用，下设商业和贸易委员会。早期的有识学者已预见到气象学广泛的重要的应

用价值。1940年以后随着无线电广播事业的发展和电视传播媒介的创立,为气象专业技术服务工作的开展铺平了道路,建立了有效的手段。

40年代末的人工影响天气试验的开展和私人气象公司的发展,既促进了人工增加降水、积雪和人为调节水资源以及增加水力发电的催化作业,也启发人们开展专业气象预报、大气环境研究和寻求改善大气质量的有效途径和方法。

美国工业气象的兴起,就是受二战结束,生产恢复、经济建设发展和大批服务于军事部门气象人员转向影响的1950年。1968年成立的美国全国工业气象学家协会(NCIM)的誓约说,其主要职责就是促进气象咨询和工业气象科学原理的应用,为国家谋利。70年代初期该协会已初具规模,其成员(共572人)服务于工业企业(210人)、联邦政府机关(52人)、地方政府机关(296人)和大学(14人)。美国国家大气海洋局(NOAA)也积极支持工业气象工作,并提供卫星气象资料和通讯等专项服务。这一时期工业气象学在美国、西欧和日本等发达国家获得了迅速发展。

解放后,我国十分强调气象为国民经济建设和国防建设服务。在应用气象方面结合国民经济建设需要,开展了大量的研究工作和气候资料统计分析和研究工作。在产业工程气象方面对建筑气候、水利电力气象、交通运输气象、城市规划、工业布局 and 大气污染防治等主要方面都有系统性的成果,并广泛地被产业和工程技术部门采纳应用,逐步建立起适合于我国国情和社会经济发展水平的应用性规范和国家标准。

80年代初,我国气象部门贯彻执行新的气象工作方针,以影响国计民生的灾害性、关键性天气预报为重点,积极开展了对各行各业的气象服务,为各地党政领导、有关部门组织防

灾抗灾和科学地安排生产,起到了气象参谋作用,大大减轻了天气灾害造成的损失,收到了显著的经济效益和社会效益。

1985 年经国务院批准,我国气象部门把开展气象科技服务列作气象事业结构调整和改革的一项重要内容,专业气象服务、专项气象服务是新型气象事业结构的重要组成部分,是促进气象科技转化为生产力的主要方式。气象为产业工程部门开展科技服务、专项服务是气象科技服务中的主要部分。十年来气象部门在改革开放方针的指引下,气象科技服务经历了不断发展深化改革的过程。这对推动我国产业工程气象学的研究和应用起着重大的作用。

公益气象服务为各级党政领导部门组织防灾抗灾、指挥生产、趋利避害和保护人民提供准确及时的气象预报,这是气象部门的首要职责,近年来取得了重大成绩,作出了突出贡献,受到党和人民的赞扬。重大社会活动专项气象服务取得了良好的效果,社会公众气象服务进一步优化,受到了广大人民群众的欢迎。气象科技服务发展迅速,领域大大拓宽,新的增长点不断涌现,强调在“专”字上下功夫,深入了解生产建设的全过程,建立专业服务的气象指标和方法,把为重点工程服务纳入重要的议事日程。产业工程气象学与气象科技服务紧密结合,加强理论研究,开展针对性强、专业化程度高、经济价值大的专业服务,必将进一步发挥产业工程气象学的理论指导作用,促进气象科技服务质量的提高,也为产业工程气象学科自身的发展完善,奠定了物质基础,创造了良好的条件。

新世纪即将到来,人们将步入信息时代。随着高新科技的发展和应用,产业工程将进入一个新的历史发展时期,市场竞争将更加激烈。为了发展生产力,提高技术水平,改进工艺过程,加强科学管理以增强市场竞争能力,产业工程部门对气象

的依赖程度将进一步增强,气象科技服务的对象将不断扩大,服务的内容、范围和要求也将进一步拓宽和深化,这就大大增强了产业工程气象学发展的压力和动力。

随着自动气象站网在全球范围内的建立和加密,雷达、卫星等遥感探测技术的提高和发展,大容量超高速通讯网络的建设和发展,为提供准确、及时、适用的气象资料奠定了物质基础。随着人们对海-气、海-陆相互作用了解的深入,中尺度气象试验研究的积累以及计算机技术、数值模式和计算方法的飞速发展,为广泛开展长、中、短系列天气预报,发展量化天气预报项目和提高预报准确率创造了条件。以天气预报、气候资料分析为基本内容的产业工程气象科技服务前景看好,方兴未艾。

§ 2 产业工程气象学研究

1. 大气资源和气象服务工作

大气环境是自然环境中的一个重要组成部分,为自然环境中的能量和物质循环提供储存空间、易位媒介和通道。大气与社会生活和生产的密切联系,决定了大气作为自然资源处于资源金字塔底层的基本属性。

大气资源主要包括气层资源、天气资源和气候资源,它们构成了大气自然资源的基本内容和要素。大气资源与其它自然资源关系非常密切:水资源的变化,水分循环直接依赖于大气的变化并通过大气介质运行;大气对土壤形成和岩石演化具有重要的作用;生物圈直接依存于大气圈。

大气环境变化的瞬时性、不可逆性、可被破坏性和可改造性,使大气资源具有受一定制约的再生性。大气资源无直接的

资源产品,只参与某些生产过程,并与土地、生物等资源结合,才能产生效益,而且只有适宜才能呈现资源价值。对大气资源愈加开发利用,其资源的价值和丰度愈能发挥和表现,这说明对大气资源的开发利用具有潜在宽广度。

大气资源的开发包含两层意义:人们对大气环境的认识和大气环境保护。第一层即大气科学研究的气象因素及其变化过程和规律,从收集大气探测资料,经过统计分析、研究,转化成信息,包括天气预报、气候咨询、气象科技服务;第二层即为了保证适宜于人类生存繁衍和社会经济发展的大气环境质量。通过大气环境监测,采取各种措施保护大气环境资源,使大气资源的开发和应用满足合理性和经济性的基本要求,以实现永续使用的目的。

大气资源开发的主体为气象业务和管理部门,有关科学研究学术机构和高等学校。其开发的深广度,决定于智力投入,资金投入,大气科学发展水平和科学技术总体水平以及探测、通讯手段和资料处理技术方法。

大气资源利用的主体为政府、企业和公众,涉及生产、生活各个方面,与个人息息相关。

大气资源的开发利用,从经济学角度称之为气象服务。气象部门为用户提供有使用价值的气象资料和信息,作为气象保障。为维护和改造大气环境的方案、工程和技术方法提供所需的各项气象研究成果,集中表现为各项专业气象服务,防灾减灾、抗灾决策中的气象服务,国民经济布局合理化、城市区域规划决策服务,大型工程专题全程跟踪服务,保护大气环境服务和提高生活质量服务等。

气象服务方式可概括为:向政府机关提供决策服务;向社会公众提供通用性的公益服务;向国民经济各企事业单位和

个人提供专项服务、专业有偿服务和气象科技服务。

气象信息包括:天气实况报告、各种形式的天气预报和警报,对过去天气的分析总结以及各种气候资料和气候分析。

气象服务手段:通过广播、电视、报刊、电话问答等公共传播媒介以及公报、气象警报器发布气象信息;近年来还发展了BP机寻呼台、语言信箱、计算机远程终端等信息分发传递有效途径。

为了加强气象科技服务,应加强有针对性的基础设施建设,必要时可建立专业气象台,发展新的业务流程,使气象服务的内容从信息领域扩展到工程领域。

2. 产业工程气象学的研究内容

产业工程中除农业、林业、渔业外,对气象的敏感率顺序如下:航空、建筑、海陆交通、加工工业和公用事业。重大工程项目主要在野外作业,综合性强,受天气气候的影响更大。大量的工业生产过程对天气、气候的敏感性可表现为多个方面,其原材料的质和量,加工、运输过程以及劳动力价值和附加价值均受大气环境、天气、气候的直接影响。同样,大气环境也是人类创造的室内环境的主要调节器,从劳动条件的适宜性和人的舒适性考虑,城市、工厂、办公室和居室的建设 and 维持,其设计、材料和经常性的运行,必须考虑天气、气候条件及其变化规律,充分利用大气环境资源进行控制和调节。

正是由于缺乏足够的认识和未掌握充分精确的实际气象资料,使得许多投资机构并不了解天气、气候资料和信息潜在经济价值,常常忽略了大气环境这个重要因素,并依直觉认为天气、气候是不可避免和不可克服的自然环境,既不重视又无所作为,一旦遭遇比较严重的天气、气候灾害,只得被动地

蒙受重大损失,自认倒霉。现以美国各经济部门因不利天气造成的年经济损失为例(不完全统计),说明气象情报和天气预报的潜在经济效益。表 1.1 所列资料年代较早,但仍可大致表示天气、气候潜在经济资料的概量值。

表 1.1 美国主要经济部门因不利天气造成的年经济损失和可预防损失概量 (1972 年 单位:百万美元)

行业 项 目	农 业	民 航	建 筑	公用 事业	运 输	加工 工业	电 力	燃料 供应	通 讯	合 计
损失总额	8240.4	92.4	998.0	2531.8	93.6	597.7	47.5	5.1	77.4	12686.6
可预防 减损额	3554.2	56.9	328.6	1057.8	45.8	238.0	13.9	1.0	6.4	5302.6

表中可预防减损额表示假定在最佳利用气象情报和天气预报对策条件下,所获平均收益的潜在经济效益。对天气最敏感的农业、建筑、公用事业和加工工业 4 个行业占全部可预防减损额的 98%。可预防减损总额约为不利天气引起损失总额的 41.8%,由此可见,气象情报和天气预报潜在经济效益之高。

1961~1962 年日本地人书馆出版《应用气候大全》丛书(荒川秀俊、盐谷正雄等著),包括工业气象、航空气象、交通通信与气象,建筑气象、土木气象、海上气象,大气污染与控制,气象调节等共 13 册。1990 年日本朝仓正编著《产业与气象的 ABC》,内容包括商业金融、电力、家电、农业、航海、航空等与气象,以及产业与异常气象、市场景气与气象。以上两书均比较偏重于气象知识介绍和气象同各专业的一般定性关系的描述,缺乏严格的数学计算和理论分析。

1982 年荷兰 Elsevier 科学出版公司出版了由西德 E. J. Plate 主编的《工程气象学》,副标题为气象基础及其在环境和