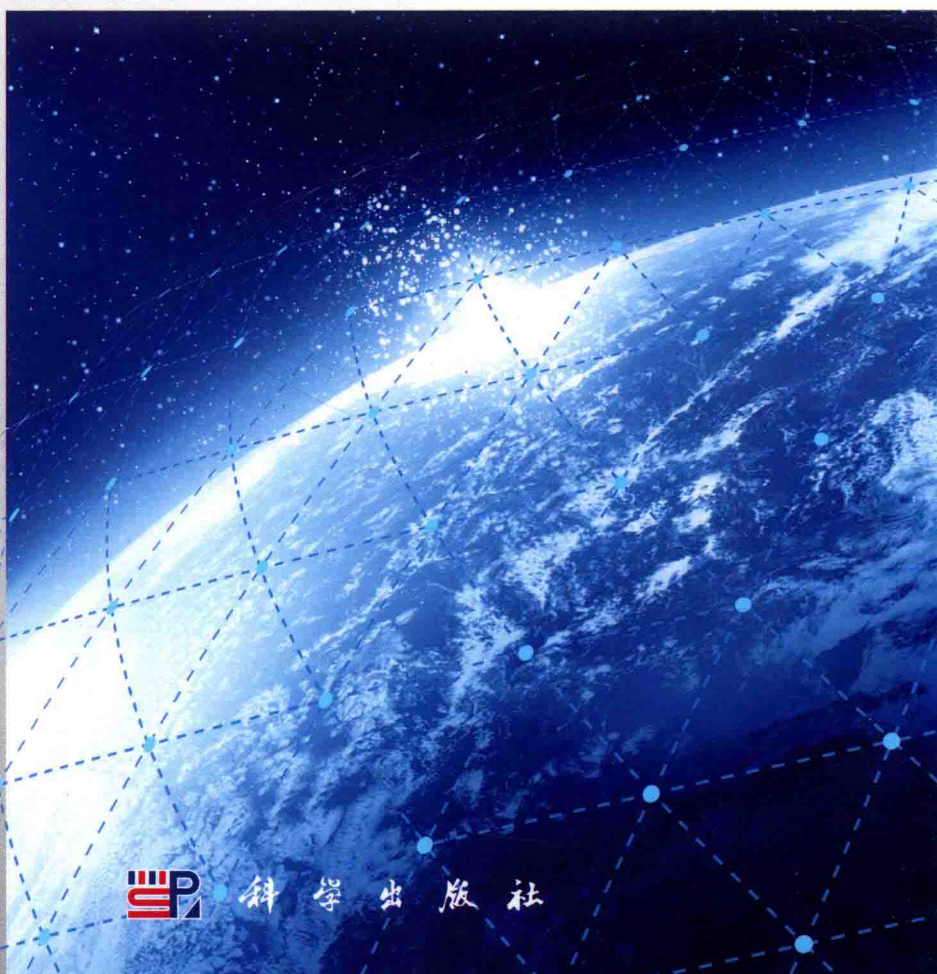


气象与大数据

黄瑞芳 周园春 鞠永茂 沈 坚 张春华 等 编著



科学出版社

气象与大数据

黄瑞芳 周园春 鞠永茂 沈 坚 张春华 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书对大数据技术在气象领域的应用进行探讨,叙述气象预报预测的基本概念与特征、发展历史与趋势,大数据的内涵特性、核心技术和气象应用潜力,气象数据的属性特性和大数据价值,气象业务的数据全生命周期的模式方法以及大数据时代的发展需求等;提出气象大数据规划治理的思路方法;从信息基础平台、分析与应用、挖掘与融合等不同层面设计气象大数据系统;给出气象大数据发展的思考和建议。

本书适合气象行业从业者、院校数据科学专业师生、科研院所大数据研究人员、企业大数据应用人员、各类公司大数据分析技术人员等参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

气象与大数据 / 黄瑞芳等编著. — 北京: 科学出版社, 2017.8

ISBN 978-7-03-054102-4

I. ①气… II. ①黄… III. ①气象数据-数据处理 IV. ①P416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 190168 号

责任编辑: 赵艳春 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2017 年 8 月第 一 版 开本: 720×1 000 B5

2017 年 8 月第一次印刷 印张: 16 3/4

字数: 310 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《气象与大数据》主要作者

黄瑞芳 周园春 鞠永茂 沈 坚
张春华 韦道明 吴 一 于建军
黄俊领 路俊方

序

世界的本质就是数据，当你掌握了数据，你便掌控了世界。大数据开启了一次重大的时代转型，就像望远镜让我们能够感受宇宙，显微镜让我们能够观测微生物一样，大数据正在改变我们的生活以及理解世界的方式，成为新发明和新服务的源泉，而更多的改变正蓄势待发……

大数据是继物联网、云计算之后信息技术产业又一次颠覆性的技术革命。物联网能实现快速精准的信息识别、传输、管理和控制，云计算能实现资源共享和网络协同工作，而大数据是人类从宏观到微观、从自然到社会的测量、记录和分析世界的直接手段和产生的结果。大数据具有可以反复使用、不断增值的特点，蕴藏着巨大的价值和潜力，是与自然资源、人力资源一样重要的战略资源，对社会的组织结构、国家的治理模式、行业的决策架构、企业的业务策略、科技的原始创新以及个人的生活方式均产生深远影响。

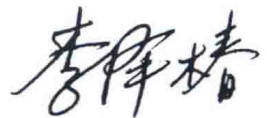
正因为此，美国 2012 年制定了“大数据研发计划” (Big Data Research and Development Initiative)，2014 年发布了大数据白皮书 *Big Data: Seizing Opportunities, Preserving Values*，2016 年又启动实施了“联邦大数据研发战略计划” (The Federal Big Data Research and Development Strategic Plan)，积极布局大数据研究，建立大数据研发基地，培养和吸引大数据人才，以保持美国在数据科学和创新领域的竞争力。日本、英国、德国、法国等都围绕大数据发展制定了国家战略。我国政府也高度重视，2014 年，国务院《政府工作报告》对大数据发展作了明确部署；2015 年，国务院印发了《促进大数据发展行动纲要》；2016 年，《大数据产业发展规划(2016—2020 年)》出台，明确将大数据作为基础性战略资源，从国家层面全面推动大数据的发展。

但是，大数据的意义并不只在于“大”，更重要的是通过信息技术手段，对海量异构的数据资源进行整合、挖掘和分析，发现新的知识，创造新的价值。因此，大数据技术需要和应用领域深度融合才能真正产生价值，到目前为止，大数据技术的研究与应用还处于初期阶段。从需求方来说，领域人员对大数据在领域应用价值认识不一，对其使用价值还缺乏足够的意识；从供给方来说，技术和人才都严重滞后，缺乏有效的大数据分析手段去支撑应用需求。因此，如何实现大数据技术与领域应用的深度融合，应用牵引技术，技术驱动应用，将拥有的数据资源转化为经济发展、科技创新、社会治理的动力，是摆在科技界、产业界面前重要而又紧迫的课题。

气象数据以庞杂海量著称，气象业务的发展也始终伴随着数据的获取、处理、

治理规划以及分析决策等。尤其是初步实现了高精度、高时空分辨率、一体化的协同定量观测后,气象数据资源的扩展推动着气象预报和气象服务向精准化、精细化、个性化和多元化方向发展。当前,国家防灾减灾、社会经济发展和保障人民福祉,对气象预报和气象服务提出了更高的要求。气象领域特别期望相关学科理论的发展和关键技术的突破,特别需要行业内外结合,引入新思路、新方法。而结合了人工智能、数据挖掘和分布式计算等诸多特征的大数据技术,一定程度上代表着学科理论的前沿。大数据的核心就是预测,从专家经验到大数据精算既是大数据技术的挑战,更是气象大数据的发展方向。

《气象与大数据》一书系统阐述了气象数据从采集处理、预报预测到气象服务的完整体系,介绍了大数据的基础和技术支撑,结合气象数据特点和业务发展趋势阐述了大数据与气象领域融合的新思路、新方法和新模式。该书内容丰富,体系完整,从多角度剖析了气象大数据的理念、技术和方法。什么是气象大数据?怎样开展气象大数据应用研究?如何突破气象服务的针对性瓶颈?相关问题都可以从该书中获得一些值得参考借鉴的思路与方法。同时,该书通过大数据与气象的紧密结合,让读者从一个领域体会大数据带来的这场生活、工作与思维的大变革,激发无穷无尽的大数据创新思维,畅想大数据创造的看得见的未来。我相信,该书的出版,会开阔读者的思路,并推动气象业务的创新发展。



2017年8月

前 言

《孙子兵法》写道，算则胜，不算则不胜；多算胜，少算则不胜。“算”，就是如何利用数据，来估计各种因素。数据，自古有之，人口普查、农业统计、兵力计算、政治权衡……，数据虽小，却有助于治国安邦。随着信息爆炸、互联互通、智慧城市时代的到来，大数据以排山倒海之势席卷全球，成为当前信息技术最受关注的概念之一，并跃升为国家战略的前沿，以及产业竞争力和商业模式创新的源泉。数据之“大”，蕴含全新的能量，怎样来“算”，挑战人类的智慧。

气象学科的出现与发展始终伴随着数据理念和算法研究，气象业务的运行始终伴随着数据获取处理和分析决策。大数据产生之后，众多行业受到不同程度的冲击，有的甚至是颠覆性的。气象与数据相因相生、相辅相成，这股由信息技术掀起的新浪潮将对气象行业产生何种影响？在科学严谨体系下产生的气象数据是大数据吗？大数据强调的预测能力跟气象行业百年来所追求的对天气的精准预报预测有什么区别与联系？争论的声音从一开始就存在，但气象行业从来没有停下行动的步伐。技术的发展给我们带来了难题，同时又给我们开出了处方，大数据给气象带来了挑战，也带来了新时代的曙光。当我们拨开浮云察看本质时就能够发现，大数据并非点石成金的神秘炼术，而是工程师和科学家手头的新工具。我们既不能因为不熟悉新工具的使用方法就把它束之高阁，也不能因为手里拿着榔头就看什么都像钉子。正确理解并掌握大数据理念、技术、方法，合理运用在从观测数据采集到专业化气象预报预测和服务保障的各个环节，提升气象行业的数据管理能力和价值挖掘能力，才是正确的气象大数据观。

随着国家信息化战略的推进，气象信息化作为其中的重要组成部分，必须顺应现代气象科技发展和信息技术变革的新形势，迫切需要我们认真思考研究气象与大数据发展相关问题，需要充分理解和掌握先进的理念及技术手段，深入分析与解决气象科学与气象事业发展所面临的核心问题，运用信息技术持续优化业务领域的体系架构和应用模式。正是源于这样的考虑，我们着手进行本书的编制。

我们认为，气象具有天然的大数据属性，大数据概念与技术的持续发展，对气象行业更是一次新的机会和挑战，充分采用大数据相关技术，一方面可极大提升气象信息采集、传输、存储、计算的支撑能力，另一方面也能有效促进在预测、评估和服务领域的气象业务创新。基于此，本书的编写思路是：追根溯源，展现现代气象业已蕴含的丰厚大数据技术内涵；审时度势，勾勒大数据时代气象创新发展的机遇和路径。全书按照“概念综述、方法归纳、问题梳理、规划治理、构想设计”的

方式，向读者展示气象和大数据的理论世界、实践环境，以及两者的渊源和交合，展望跨界深度融合的愿景方向。本书首先叙述气象预报预测的基本概念、发展历史、主要特征和发展趋势；大数据技术的内涵特性、技术框架、核心技术和气象应用潜力；气象数据的来源分类、语法语义、生命周期、属性特性和大数据价值；气象业务的数据采集与管理、分析与计算、应用与服务的模式方法以及大数据时代的发展需求等。在此基础上，提出气象大数据规划治理的思路方法，重点阐述其特点和趋势、原则和任务以及治理体系、技术体系和实施途径；并进一步从信息系统基础平台、分析与应用、挖掘与融合等不同层面开展气象大数据系统的构想与设计。最后给出作者对气象大数据发展的思考和建议。

在本书的撰写过程中，得到了业内众多专家的指导与大力支持，在这里无法一一列举，谨向他们表示诚挚的感谢。尤其感谢国家气象科学研究院李泽椿院士、国际著名大数据专家美国罗格斯新泽西州立大学熊辉教授、国家气象信息中心赵立成主任、国家气象信息中心沈文海原总工程师、气象水文空间天气总站王业桂总工程师、中国计算机学会大数据专家委员会程学旗秘书长、大数据分析计算技术国家地方联合工程实验室黎建辉执行主任、国防科技大学海洋科学与工程研究院曹小群博士。本书引用了许多国内外学者的研究成果，在此一并感谢。

大数据是人类文明新的土壤，在这片土壤之上，将建设一个智能社会。气象大数据发展，宏观至国家战略，具体至衣食住行，真正关系着国计民生。气象大数据，就在您身边，期待政府部门、气象行业从业者、院校数据科学专业师生、科研院所大数据研究人员、企业大数据应用人员、各类公司大数据分析技术人员，以及生活中的你我他，共同参与、共同研究。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请大家批评指正。

作者

2017年4月

目 录

序

前言

第 1 章	气象预报预测	1
1.1	气象学基本概念	1
1.1.1	天气和气候	1
1.1.2	天气预报和气候预测	2
1.1.3	气象观探测	3
1.1.4	气象数据	3
1.2	气象业务模式和框架	4
1.2.1	气象业务模式和流程	4
1.2.2	天气业务框架	6
1.2.3	气候业务框架	7
1.3	气象业务发展历史	8
1.3.1	天气预报发展史	8
1.3.2	气候预测发展史	13
1.4	气象预报预测主要特征	16
1.4.1	多重的时间和空间尺度	16
1.4.2	对气象数据的高度依赖性	18
1.4.3	与多学科理论的兼容并进	20
1.5	气象行业发展趋势	21
1.5.1	拓宽气象观测信息获取渠道	21
1.5.2	增强气象数据挖掘能力	23
1.5.3	推动预报预测理论创新和技术革命	24
第 2 章	大数据技术	26
2.1	大数据的基本概念与特性	26
2.1.1	大数据的定义与内涵	26
2.1.2	大数据的特征	27
2.1.3	大数据与云计算	29
2.1.4	大数据与数据统计	30
2.1.5	大数据与数据挖掘	31

2.2	大数据技术框架	31
2.3	大数据采集与预处理技术	33
2.3.1	大数据采集与预处理的目标与特点	33
2.3.2	典型大数据采集系统	34
2.4	大数据存储与管理技术	35
2.4.1	大数据存储与管理的目标与特点	35
2.4.2	典型大数据存储与管理系统	37
2.5	大数据处理与分析技术	38
2.5.1	大数据处理与分析特点与分类	39
2.5.2	典型大数据处理系统	41
2.5.3	典型大数据分析模型库	42
2.6	大数据可视化技术	44
2.6.1	大数据可视化的特点和类型	44
2.6.2	典型的大数据可视化模型框架	49
2.7	大数据技术在气象领域的应用	51
2.7.1	大数据采集技术气象应用	51
2.7.2	大数据存储与管理技术气象应用	52
2.7.3	大数据处理与分析技术气象应用	52
2.7.4	大数据可视化技术气象应用	53
第 3 章	气象数据概述	58
3.1	气象数据来源	58
3.1.1	专业化气象数据生产	58
3.1.2	社会化气象数据萃取	59
3.2	气象数据分类	59
3.2.1	按气候圈层划分	60
3.2.2	按观测体系划分	61
3.2.3	按资料时效划分	61
3.2.4	气象资料分类行业标准	62
3.3	气象数据语法语义	64
3.3.1	气象资料文件名命名规则	65
3.3.2	气象资料内容格式编码	66
3.4	气象业务数据流程	72
3.4.1	气象业务体制及功能组成	72
3.4.2	气象信息数据流程	74

3.5	气象数据的属性和特点	77
3.5.1	气象资料数据的属性	77
3.5.2	气象数据的特点	78
3.6	气象大数据理解和分析	81
第4章	气象数据采集与管理	85
4.1	气象数据采集	85
4.1.1	大气状态观测探测	85
4.1.2	气象数据汇集交换	87
4.2	气象数据预处理	88
4.2.1	气象资料编码和译码	89
4.2.2	气象数据质量控制	91
4.3	气象数据管理	93
4.3.1	气象数据库分类管理	93
4.3.2	气象数据库体系结构	94
4.3.3	气象数据管理技术	97
4.4	气象数据采集与管理发展要求	101
4.4.1	气象资料和产品时空密度高扩展要求	101
4.4.2	气象产品服务时效性和精准性要求	101
4.4.3	大数据技术对气象数据采集和管理的影响	102
第5章	气象数据分析与计算	104
5.1	天气学方法	104
5.1.1	天气分析	104
5.1.2	天气学概念模型	109
5.2	统计学方法	111
5.2.1	气象数据的数学描述	111
5.2.2	气象变量的统计分析	112
5.2.3	气象场的统计分析	113
5.2.4	气象统计预报模型	116
5.3	动力数值算法	121
5.3.1	气象数据资料同化	121
5.3.2	大气物理过程参数化	122
5.3.3	气象模式数值计算方案	123
5.3.4	数值预报产品解释应用	126
5.4	气象数据分析与计算的计算能力需求	128

5.5	大数据技术的气象预报预测潜力	130
第 6 章	气象信息应用与服务	133
6.1	气象应用服务分类及内容	133
6.1.1	气象服务分类	133
6.1.2	气象服务内容	135
6.2	气象应用服务的手段和技术	136
6.2.1	气象信息服务方式和手段	136
6.2.2	气象信息服务关键技术	137
6.3	气象应用需求分析和效益评估	142
6.3.1	气象应用需求分析	142
6.3.2	气象服务效益评估	144
6.4	气象应用服务发展趋势	146
6.4.1	气象应用服务需求挑战和供给模式变革	146
6.4.2	以气象经济为特征的应用服务发展趋势	147
6.4.3	以智慧气象为指导的气象应用服务发展	148
第 7 章	气象大数据治理规划	150
7.1	气象大数据的特点和发展趋势	150
7.1.1	气象大数据的重要特点	151
7.1.2	气象大数据的发展趋势	153
7.2	气象大数据治理规划的目标和原则	155
7.2.1	气象大数据治理规划目标	155
7.2.2	气象大数据治理规划原则	156
7.3	气象大数据治理规划的任务和框架	157
7.3.1	气象大数据治理规划的主要任务	157
7.3.2	气象大数据治理规划的基本框架	159
7.4	气象大数据治理原则和范围	160
7.4.1	气象大数据治理的基本原则	160
7.4.2	气象大数据治理的主要范围	161
7.5	气象大数据治理保障体系	161
7.5.1	气象大数据战略	161
7.5.2	气象大数据组织	162
7.6	气象大数据治理技术体系	163
7.6.1	气象大数据治理技术架构	163
7.6.2	气象大数据标准管理	165

7.6.3	气象大数据元数据管理	166
7.6.4	气象大数据主数据管理	167
7.6.5	气象大数据质量管理	168
7.6.6	气象大数据资产管理	169
7.6.7	气象大数据安全管理	170
7.6.8	气象大数据生命期管理	171
7.6.9	气象大数据系统实施	173
7.7	气象大数据治理应用体系	175
7.7.1	气象数据智能采集	175
7.7.2	气象精准预报预测	176
7.7.3	气象信息普惠服务	177
7.7.4	气象业务科学管理	178
7.7.5	气象业务持续创新	179
7.8	气象大数据治理效果评估体系	180
7.8.1	气象大数据治理促成因素	180
7.8.2	气象大数据治理实施过程	181
7.8.3	气象大数据治理成熟度评估	181
7.8.4	气象大数据治理审计	183
第 8 章	气象大数据系统构想与设计	184
8.1	气象大数据系统总体架构设计	184
8.1.1	气象大数据系统设计思路	185
8.1.2	气象大数据系统层次划分	190
8.1.3	气象大数据系统体系架构	197
8.2	气象大数据系统基础服务能力构建	199
8.2.1	基础服务逻辑层次模型	200
8.2.2	基础服务应用系统规划	202
8.2.3	基础服务系统功能构建	205
8.3	气象大数据分析应用系统设计	210
8.3.1	气象大数据分布式计算环境	211
8.3.2	气象大数据分析模型集成	219
8.3.3	气象大数据交互分析与可视化服务	223
8.4	气象大数据信息挖掘应用	225
8.4.1	大数据环境下的大气变量特征分析	226
8.4.2	大数据环境下的气候预测因子选择技术	229

8.4.3	大数据环境下气象应用服务跨领域信息挖掘	232
第9章	气象大数据发展的思考和建议	238
9.1	气象大数据的战略价值和社会意义	238
9.1.1	气象大数据的战略价值	238
9.1.2	气象大数据的社会意义	240
9.2	气象大数据发展的主要问题和挑战	241
9.3	发展气象大数据的措施和建议	244
参考文献	246

第 1 章 气象预报预测

知天知地，是人类的梦想。伴随人类社会文明及科学技术的发展，气象预报预测从主观到客观，经定性到定量，由粗放向精准行进，已经深刻地影响人类的生产和生活。气象学从属大气科学，其理论和技术发展与其他学科相互交织，共同促进，现代信息技术的极速进步对大气科学创新发展和气象业务水平的提高正产生着前所未有的巨大影响。从本质上说，气象是关于数据的科学，数学为气象之父，数据则是气象之母。所谓新年新气象，气象也因其博大精深，词语被引申出更高的意境。

1.1 气象学基本概念

气象 (meteorology) 是指大气中的冷热、干湿、风、云、雨、雪、霜、雾、雷电等各种物理现象和物理过程，它是天气和气候的统称。气象学是一门自然科学，气象学是将大气作为研究的客体，从定性和定量两方面来说明大气特征的学科，集中研究大气的天气情况和变化规律，并对天气进行预报。气象业务是由天气、气候、气候变化、应用气象 (主要包括海洋气象、水文气象、交通气象、航运气象、农业气象、军事气象、大气环境、空间天气、人工影响天气) 等的监测、分析、预报、预警、预测、预估及其相应的质量检验与评定业务、技术平台和业务流程，以及应对气候变化与气候资源的开发利用等所组成的一个完整的体系。

1.1.1 天气和气候

天气 (weather)，是指短时间 (几分钟到几天) 发生在大气中的现象，如雷雨、冰雹、台风、寒潮和大风等。天气是由多种气象要素和现象所共同表现的大气状态，它是随时、随地变化的。气候 (climate)，是指某一地区多年间大气的一般状况。气候一词来自于希腊语 KLIMA，意思是倾斜。古希腊人认为，若太阳入射角较小，则气候较冷，因此接近赤道的地方热，高纬度冷。气候既包括大气的平均状况，也包括多种可能状态的统计特征及其极端状况，通常由某一时段的平均值以及距平均值的离差 (气象学称为距平值) 表征，主要反映一个地区的冷、暖、干、湿等基本特征。气候变化是指气候平均值和离差值两者中的一个或两者同时随时间出现了统计意义上的显著变化。其中，平均值的升降，表明气候平均状态的变化；气候离差值增大，表明气候状态不稳定性增加，气候异常越明显。即气候变化包括两种表现形

式,如温度的总体变暖或变冷是气候变化,温度的忽高忽低也是气候变化,但后者表示气候状态的不稳定性增加。

天气是气候的基础,气候是天气的概括。天候一词将天气和气候连在一起,是天气、气候及其某些天文现象的泛称,属军事习惯用语。除了指某一地区某时段或时期阴、晴、冷、暖、干、湿、雨、雪等大气现象,还包括日出日落、昼夜长短等天文现象,多见于军事书刊中。在军事报道中,常听到“全天候武器”“全天候飞行员”等称谓,主要指武器和飞行员能够在比较复杂或多种气象条件下作战、行动。

1.1.2 天气预报和气候预测

天气预报是指对天气未来发展状况的预估,如降水、云、风以及气温等的未来可能状况。按预报时效,可分为临近预报、短时预报、短期预报、中期预报和延伸期预报。

根据世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)的定义,临近预报只是短时天气预报中的特定内容,专指当时的天气监测和0~2小时的外推预报,短时预报是指0~12小时以内的天气预报。随着近年来气象观测手段的不断提高和数值模式在天气预报中的成功应用,目前在短时临近预报领域,基本认为临近预报的预报时效是0~6小时。临近、短时预报业务的工作重点是监测和预警台风、暴雨、飑线、冰雹、雷雨大风、龙卷、雷电、下击暴流、雪暴等灾害性天气。

短期预报的时效为1~3天,预报内容包括:常规天气要素预报(包括天空状况、能见度、降水量、最高/低温度、风向、风速、相对湿度等)和灾害性天气落区预报(包括台风、暴雨、冰雹、寒潮、大雪、大风、沙尘暴、雷暴、大雾等的出现时段、落区和强度)等。

中期预报是指72小时以上240小时以内(3~10天)的天气预报,以气象要素预报为主。延伸期预报是指10天以上30天以内的天气预报,在该时段里通常用气候距平值来表征,大致属于气候预测的范畴。

气候预测是指根据过去气候的演变规律,推断未来某一时期内气候发展的可能趋势。其早期称为长期预报,主要是30天至两年的气象预测。模拟实验和理论分析均认为,逐日天气预报的理论上限是2~3周,不可能作出月、季尺度的逐日天气预报。因此,将气候预测的对象确定为气象要素的平均值或距平。为了与温室效应引起的年以上尺度的气候变化预测相区别,将月、季尺度预测称为短期气候预测,有时简称为气候预测。当然,气候有各种时间尺度的变化,随着气候变化研究的发展,从预测几十年以内的短期气候变化到预测万年以上冰期和间冰期的气候变迁,都被纳入广义的气候预测范畴。

1.1.3 气象观探测

气象观探测是人们认识大气现象和气候变化的手段与基础,通过在全球范围部署一系列仪器设备,对全球大气要素进行长期、连续、系统、立体化的实时观探测,来获取地球气候系统大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈、生物圈等五大圈层的物理、化学、生物特征及其变化过程和相互作用。气象观探测是气象预报预测业务的信息源头和起始环节。

气象观探测按照采用物理原理的不同分为直接测量和遥感探测,按照传感器所处位置的不同分为天基气象观测、空基气象观测和地基气象观测。根据各类气象业务对观探测的需要,气象观探测划分为天气观测、气候观测和专业气象观测。现代综合气象观测系统将天基、空基和地基气象观测系统组成一体化的综合立体观测体系,可实现从地面到高空以致星际空间、从区域到全球尺度、从大气物理参数到大气化学成分以及涵盖海洋、陆地、生态、环境等与大气发生相互作用领域的长期不间断的综合观测。气象观测的分类及观测内容在 4.1.1 节进行相关描述。

1.1.4 气象数据

气象数据是开展天气预报预警、气候预测预估及各类气象服务、科学研究的基础,是气象业务系统的初始输入。气象数据大致可分为两类:实况数据和模式数据。

实况数据是最基础的气象数据,主要包括仪器设备直接观探测的数据以及基于观探测数据反演或推导计算的中间数据。按照高度划分,实况数据主要包括地面(海面)数据、边界层数据和高空数据。地面数据的内容很多,主要包括气温、气压、空气湿度、风向、风速、云、能见度、天气现象、降水、蒸发、日照、雪深、地温、冻土、电线结冻等,海面数据还包括海浪等要素;边界层数据包括近地面层(1km 以下)温度、湿度、风向、风速等常规气象要素,还包括大气湍流脉动风、脉动温度、脉动湿度、二氧化碳、水和热通量以及长、短波辐射等要素数据;高空数据主要包括高空大气温度、气压、湿度、风向和风速,还有特殊项目如大气成分、臭氧、辐射、大气电等,还有雷达反射率、卫星云图、亮温和辐射率资料及其反演的高空大气要素等。

模式数据由计算机程序运算求解物理方程组计算得出,包括对过去历史气象数据融合同化的再分析数据,以及对未来天气气候计算输出的数值预报预测数据。模式数据的计算量非常庞大,计算公式也异常复杂,数据量更是十分惊人。再分析数据主要应用于科学研究领域,其中最为常用的有欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)的 ERA-40 资料、美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)和美国国家大气研究中心(National Centers for Atmospheric Research, NCAR)的 NCEP/NCAR 资料、日本气象厅(Japan Meteorological Agency, JMA)的 JRA-25 资料等。数值预报产品数