

近十年中国气象科技成果概述

雷小途^{1, 2} 刘伟东^{2, 3} 赵瑞² 闫冠华²

(1 上海市气象局, 上海 200030; 2 中国气象局科技与气候变化司, 北京 100081; 3 北京市气象局, 北京 100089)

摘要: 利用中国气象局气象科技管理信息系统的信息数据, 对2005—2017年我国气象领域科技成果的类别、产地、所属学科、获奖情况及资助项目来源等基本特征进行了初步分析。年均600余项科技成果的产出, 充分体现了气象事业的科技型特点; 科技成果认定、中试和业务准入等管理办法的相继出台, 促进了近年来科技成果的爆发式增长, 也凸显了加强科技成果管理的必要性和重要意义; 从成果类型及获国家级科技奖情况看, 加强气象学科的基础理论研究和气象科技的原始创新仍任重道远。

关键词: 气象, 科技成果, 综述, 转化

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.06.001

An Overview on the Achievements of Meteorological Science and Technology in China

Lei Xiaotu^{1, 2}, Liu Weidong^{2, 3}, Zhao Rui², Yan Guanhua²

(1 Shanghai Meteorological Service, Shanghai 200030 2 Department of Science and Climate Change of China Meteorological Administration, Beijing 100081 3 Beijing Meteorological Service, Beijing 100089)

Abstract: Based on the information of the Meteorological Science and Technology Management Information System of the China Meteorological Administration, this paper preliminary analyzes the basic characteristics of the meteorological research achievements (MRA) in 2005-2017, including the category, origin, subject, awards and the source of funded projects. The results show that on average more than 600 MRA a year fully reflects the scientific and technological characteristics of meteorological services. The successive introduction of management measures such as the identification, test bed, and operational access has promoted the explosive growth of MRA in recent years. It also highlighted the necessity and significance of strengthening the management of MRA. On the other hand, from the types of MRA and the national science and technology awards, much still remains to be done in terms of basic theoretical research and original innovation on meteorological science and technology.

Keywords: meteorology, meteorological research achievement, overview, research to operation

0 引言

科技成果是指通过科学研究与技术开发所获得的、具有学术意义和实用价值的创造性知识产品, 其表现形式主要包括: 公开发表的论文论著、拥有著作权的软件或专利、正式颁布的标准及经过鉴定或认定的科研成果^[1]。近年来, 中国气象局还把在推进气象现代化建设中形成的业务技术报告、决策服务材料、发展规划、软科学研究报告及在日常气象业务和服务工作中建立的业务系统和平台(含研发的仪器设备)、数据集、技术方法和指标、科普作品等, 也一并纳入科技成果的范畴进行统一管理。

为提高生产力水平而对科技成果所进行的后续试

验、开发、应用、推广直至形成新技术、新工艺、新材料、新产品, 发展新产业等活动, 即为科技成果的转化^[2]。

为促进科技创新和成果转化, 美国早在1986年和1997年先后发布《联邦技术转移法》和《联邦技术转让商业化》, 欧盟则发布了《促进科学和产业合作研究与知识扩散指南》。我国除序列性的五年发展计划外, 早在改革开放初期, 就提出了“科学技术是第一生产力”, 近年来又发布《国家创新驱动发展战略纲要》《中国制造2025》和营造“大众创业、万众创新”的社会创新氛围, 极大地激活了科技创新潜力, 科技论文论著和技术专利等科技成果呈“井喷”态势。此外, 我国还于1996年发布并于2015年修订了《中华人民共和国促进科技成果转化法》、2016年发布《实施促进科技成果转化法若干规定》和《促进科技成果转化转移行动方案》、2017年发布《国家技术

收稿日期: 2018年11月20日; 修回日期: 2019年5月29日
第一作者: 雷小途(1968—), Email: leixt@typhoon.org.cn
通信作者: 闫冠华(1968—), Email: yangh@cma.gov.cn

转移体系建设方案》等，促进了我国科技成果的转化和应用^[3-4]。

自2006年国务院发布《关于加快气象事业发展的若干意见》以来，中国气象局与科学技术部等联合印发《气象科学和技术发展规划（2006—2020）》和《国家气象科技创新体系建设意见》，制定《气象科技创新体系建设指导意见（2014—2020年）》《国家气象科技创新工程（2014—2020年）实施方案》，并于2013年启动“天气、气候、应用气象和综合气象观测四项研究计划（2013—2020年）”等，有效整合了部门内外的气象科技资源，促进了气象科技成果的不断涌现^[5-8]。此外，为促进气象科技成果转化，中国气象局创建了“天气预报”和“气候预测”等10个气象科技成果中试基地。目前，中国气象局已建立了气象科技成果的认定、登记、中试、业务准入等较完整的流程。

本文概述了近十几年我国气象领域登记在册的主要科技成果，旨在推介并促进气象科技成果的转化应用、更好地发挥其在提升我国防御气象灾害能力方面的贡献。

1 数据来源

本文使用的气象科技成果信息主要取自中国气象局于2012年创建（中国气象局科技与气候变化司管理委托气象干部培训学院运行保障）的气象科技管理信息系统（简称“科技管理系统”，<http://www.cmakjgl.cn>），该系统是中国气象行业科技成果发布、展示和交流服务的主要信息平台，目前已收录2005—2017年的科技成果8843项（含专利104项、著作权软件362个和标准2059个），另含登记的发表论文和论著。

虽然论文是科技成果的重要表现形式，但由于基于论文论著的综合和分析比较多，因此本文对气象科技成果的描述和分析不包括论文和论著。

2 年际分布及成果类别

大气科学是研究大气中的各种现象及其演变规律并在此基础上为人类服务的一门学科。2005—2017年，我国气象科学研究领域共产出8843项科技成果，年均680.2项，成果丰硕，凸显我国气象事业的科技型特点。

2.1 年际分布特征

从历年登记的气象科技成果数（图1）可见，各年产出（登记）的成果数差别很大，最多的2017年产出近1600项，是最少年2005年146项的近11倍（值得注意的是，或许仍有不少成果尚未在科技管理系统进行登记，特别是系统上线之初）。

总体而言，自2005年以来，我国的气象科技类成果数量呈现指数增长趋势，其中自2014年前后起表现

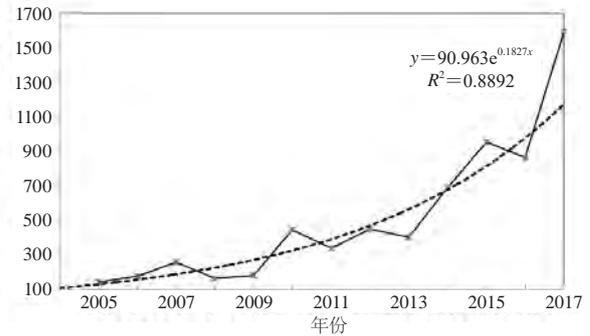


图1 2005—2017年我国气象科技成果的历年分布（虚线—年成果数的变化趋势）

Fig. 1 Number of Chinese science and technology achievements in the meteorological area between 2005 and 2017 (Dotted line represents the temporal trend)

出爆发式增长的态势，这或许与2015年前后中国气象局发布的《科技成果认定办法》等不无关系，也表明加强对科技成果的规范和科学管理十分必要和重要。

2.2 成果类别特征

科技成果按其性质分为基础理论类成果、应用技术类成果和软科学类成果三大类。其中，基础理论成果，是指在基础研究和应用研究领域取得的新发现、新学说。应用技术成果，是指在科学研究、技术开发和应用中取得的新技术、新工艺、新产品、新材料、新设备和计算机软件等。软科学成果，是指对科技政策、科技管理和科技活动的研究所取得的理论、观点和标准等。

2005年以来，我国8843项各类气象科技成果中，应用技术类成果达6233项，约占总成果数的70.5%，基础理论类成果419项，约占总成果数的4.7%（图2）。这客观反映了近十几年我国气象科学研究紧紧围绕气象现代化建设需求，开展以应用业务技术为主、基础

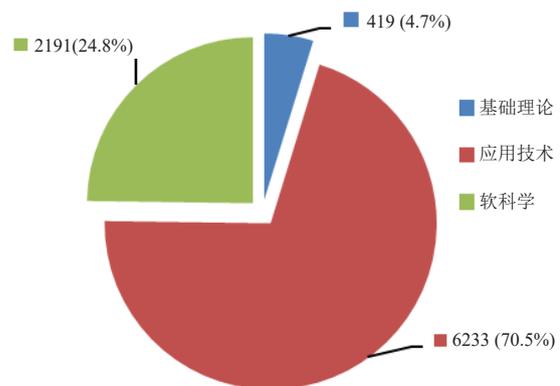


图2 2005—2017年我国各类气象科技成果分布
Fig. 2 Distribution of different categories of Chinese science and technology achievements in the meteorological area during 2005—2017

理论为辅的研究特点。值得注意的是，软科学类的成果占总成果数的近4成，其中包括国家标准和行业标准共计2059个，这与气象事业的规范化和标准化要求及特点分不开，也是中国气象局始终重视行业规范和标准建设的结果。

另一方面，虽然近年来中国气象局十分重视大气科学的基础理论研究及涉及体制机制改革的软科学研究，但总体而言，基础理论及软科学类成果总体仍略显偏少（图3）。其中基础理论类成果，年均仅32.2项，最多的2017年仅为102项，最少的2008年则为0项，此外2009和2006年也只有3项和4项；体制机制及政策类软科学成果（即标准类除外）则更少，年均仅约10项，最多的2017年也只有45项，最少的2009年为0项（2013年前均不足10项）。因此，基础理论研究及软科学研究仍应当切实加强。



图3 我国各类气象科技成果的历年分布 (2005—2017年)
Fig. 3 Annual number of different categories of Chinese science and technology achievements in the meteorological area from 2005 to 2017

3 成果产地及资助项目

3.1 成果产地分布特征

从气象科技成果的产地分布看（图4a），中国气象局所在地北京产出的气象科技成果最多，约占全国总成果数的9.3%，其次是广东和浙江，分别占7.1%和6.5%，安徽、福建、上海、江苏、湖北和山东省的产出也均占全国总数的4%以上。

此外，从地区分布看，华东是主产区（占全国的33%），其次是华北（占22.1%）和华南（占11.1%），东北、华中、西南、西北相对较少，分别占总成果数的7.7%、7.7%、7.4%和10.9%。

从气象部门科技成果的产出机构看（图4b），气象部门的科技成果主要产自中国气象科学研究所和八个专业研究所（即“一院八所”），约占气象部门总成果数的71.4%，充分显现“一院八所”改革以来其气象部门科研重地的贡献和价值。

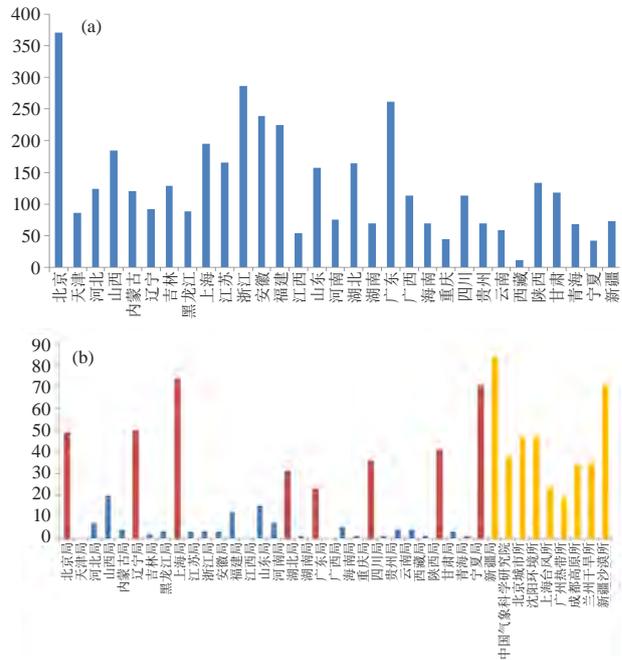


图4 2005—2017年全国各地 (a) 和全国气象部门 (b) 产出的科技成果

Fig. 4 (a) Number of science and technology achievements of the meteorological area in different provinces from 2005 to 2017; (b) Number of science and technology achievements of the meteorological area in different departments from 2005 to 2017

3.2 资助项目

从科技成果的资助项目来源看（图5a），产自“部门计划”的气象科技成果最多（占比约32.0%），产自“国家计划”的成果其次（约占19.1%）。其中，“部门计划”中约82%的来自中国气象局。中国气象局的计划中，又以“气候变化专项”和“关键技术集成与应用”，产出了约半数的应用技术类成果。国家计划资助的气象科技成果中，约半数产自于“公益性行业（气象）科研专项”和“国家自然科学基金”。这些统计数据，客观反映了近年来中国气象局（科技与气候变化司）主导的“气候变化专项”和“公益性行业（气象）科研专项”等的成效和影响力。

此外，值得注意的是，有约18.3%（仅次于“部门计划”和“国家计划”）的成果源自科技人员兴趣的自选项目（或没有项目资助），表明气象领域的科技人员具有相当高的投身科学研究和技术开发的自觉性。

由图5b可见，在所有的气象科技成果中，有约半数的为独立研究完成，约8%是与院校合作研究完成的，有2%和1%分别是与企业 and 国（境）外机构合作研究完成的。充分体现了气象部门强劲的独立研发能

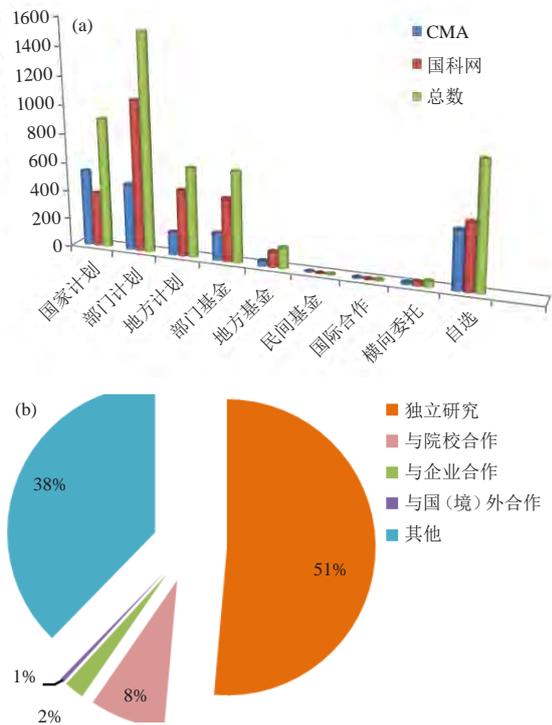


图5 气象科技成果的资助项目 (a) 和研究形式 (b)
Fig. 5 Funding resources (a) and research channels (b) for science and technology achievements

力和气象事业科技型的特点，也反映近年来中国气象局大力推进的“局校合作”“局企合作”和国际合作等在促进气象科技创新中的作用正逐渐显现。

4 成果所属的学科分布

图6给出了2005—2017年气象科技成果所属的学科分布，应用气象领域的科技成果最多（约占41.9%），其次为天气领域（约占31.3%），再其次为综合观测及气候领域，分别占总成果数的11.7%和8.7%。

应用气象科技成果，主要分布在农业气象、环境气象、交通气象、电力气象、旅游气象、防雷、水产养殖、气候资源利用及风险分析等领域。天气领域的科技成果，主要涉及数值天气预报技术和模式系统、客观业务预报技术及系统改进、台风暴雨和强对流等极端天气的形成机理及监测预报技术、高温和干旱、青藏高原和季风水汽循环、大风和低温等。综合观测领域的科技成果，包括卫星、雷达、风廓线、微波辐射、雨滴谱、自动观测等多源资料的获取、质量控制及数据库、数据融合及天气系统自动识别技术等。气候领域的科技成果，涉及气候数值预报技术及模式系统、极端气候事件监测识别及短期气候预测、气候变化及其影响评估、气候区划和气候可行性论证等。

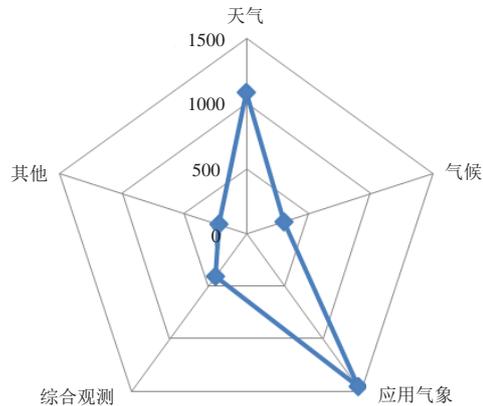


图6 各学科领域的气象科技成果分布
Fig. 6 Distribution of science and technology achievements along different disciplines

上述气象科技成果的分布，客观反映了气象与社会经济发展各行各业的紧密关系，也大致体现了天气预报、综合观测及气候预测等相关科研业务在气象事业中的重要性。

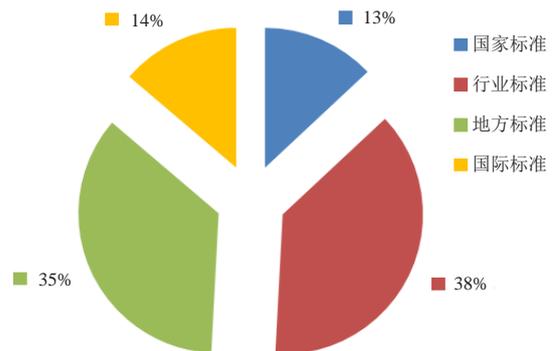


图7 2005—2017年各类气象标准数分布
Fig. 7 Number of different levels of meteorological standard released from 2005 to 2017

2005—2017年的气象科技专利主要集中在综合观测学科领域，特别是有关气象观测设备和技术改进的实用新型专利、发明专利及外观设计型专利。2005—2017年的气象软件著作权主要是业务系统和平台，包括天气预报、气候监测预测、农业气象等应用气象领域的业务系统。2005—2017年的气象标准类成果相对较多，包括“热带气旋等级”等国家标准194项、“地面气象观测规范”等行业标准564项、“山川秀美工程治理前后县域气候变化评价规定”等地方标准528项、“雷电损害危险评估”等国际标准205项，分别占气象领域标准总数的13%、38%、35%和14%。

5 获奖情况

获奖是科技成果的创新性和潜在应用价值被认可

的重要标志之一，气象科技成果除投入业务应用外，也有不少获奖。据不完全统计，2005—2017年，气象类科技成果共获国家级奖20项（年均1.4项）、省部级奖244项（年均17.4项）。

5.1 国家级奖

在2005—2017年所获的20项国家级奖中，以国家科技进步奖为主，共17次（占85%），国家自然科学奖3次（占15%），获奖年份等主要信息见表1。

由表1可见，2005—2017年，气象部门获国家级科技奖的科技成果年均约1.5项，获奖成果涉及卫星和遥感等监测技术、数值预报和人机交互等预报关键技术、暴雨和干旱等极端天气、沙尘和防雷、海气相互作用和气候预测、农业气象和生态、碳收支和气候变化、奥运和人工增雨等气象监测预报和服务的众多核心业务领域。这也是近年来中国气象科技创新发展取得显著进步的有效应证之一。

值得注意的是，气象部门作为第一获奖单位的仅12项（年均0.86项）且均为“二等奖”。据悉，最近一次获国家级一等奖的气象科技成果是2003年国家气候中心主持的“我国短期气候预测系统的研究”（获国家科学技术进步一等奖），距今已15年。此外，至今气象部门没有获得过“国家技术发明奖”。

值得注意的，气象部门作为第一获奖单位的仅12项（年均0.86项）且均为“二等奖”。据悉，最近一次获国家级一等奖的气象科技成果是2003年国家气候中心主持的“我国短期气候预测系统的研究”（获国家科学技术进步一等奖），距今已15年。此外，至今气象部门没有获得过“国家技术发明奖”。

表1 2004—2017年获国家级奖的气象类科技成果
Table 1 National awards received in the meteorological area during 2005 to 2017

成果名	奖项名称	等级	气象部门获奖最高排名单位（排名）	获奖年份
全球变化热门话题丛书	国家科学技术进步奖	二	国家气候中心（1）	2005
新疆生态安全遥感监测与信息系统的技术集成和应用	国家科学技术进步奖	二	新疆维吾尔自治区气象卫星遥感中心（5）	2006
我国梅雨锋暴雨遥感监测技术与数值预报模式系统	国家科学技术进步奖	二	中国气象科学研究所（1）	2006
海陆气相互作用及其对副热带高压和我国气候的影响	国家自然科学奖	二	中国气象科学研究院（4）	2007
我国新一代多尺度气象数值预报系统	国家科学技术进步奖	二	中国气象科学研究院（1）	2007
风云二号C业务静止气象卫星及地面应用系统	国家科学技术进步奖	一	国家卫星气象中心（2）	2007
气象防灾减灾电视系列片：远离灾害	国家科学技术进步奖	二	中国气象局公共气象服务中心（1）	2008
人工增雨技术研发及集成应用	国家科学技术进步奖	二	中国气象科学研究所（1）	2008
奥运气象保障技术研究及应用	国家科学技术进步奖	二	国家气象中心（1）	2009
中国大陆地碳收支评估的生态系统碳通量联网观测与模型模拟系统	国家科学技术进步奖	二	中国气象科学研究院（1）	2010
现代化人机交互气象信息处理和天气预报制作系统	国家科学技术进步奖	二	国家气象中心（1）	2011
《防雷避险手册》及《防雷避险常识》挂图	国家科学技术进步奖	二	气象出版社（1）	2011
主要农作物遥感监测关键技术研究及业务化应用	国家科学技术进步奖	二	国家气象中心（3）	2012
中国遥感卫星辐射校正技术系统	国家科学技术进步奖	二	国家卫星气象中心（1）	2012
Argo大洋观测与资料同化及其对我国短期气候预测的改进	国家科学技术进步奖	二	中国气象科学研究所（1）	2012
沙尘对我国西北干旱气候影响机理的研究	国家自然科学奖	二	国家气象信息中心（4）	2013
两系法杂交水稻技术研究与应用	国家科学技术进步奖	特	湖南省气象科学研究所（18）	2013
中国西北干旱气象灾害监测预警及减灾技术	国家科学技术进步奖	二	中国气象局兰州干旱气象研究所（1）	2013
气候预测的若干新理论与新方法研究	国家自然科学奖	二	国家气候中心（5）	2014
农业旱涝灾害遥感监测技术	国家科学技术进步奖	二	中国气象科学研究所（3）	2014

5.2 省部级奖

表2列出了2005—2017年气象部门（所属单位）所获的244项省部级科技进步类奖的基本情况，可见：期间共获一等奖24项（年均1.7项）、二等奖93项

（年均6.6项）、三等奖127项（年均9.1项），而且绝大部分是以排名第一单位的身份获奖（约占省部级奖总数的89.7%）。

表2 2005—2017年获省部级奖的气象类科技成果统计
Table 2 Provincial or ministerial awards received in the meteorological area during 2005 to 2017

获奖等级	气象部门为排名第一单位获奖的项目数/项	非第一排名单位获奖的项目数/项	总获奖数/项
一等奖	14	10	24
二等奖	82	11	93
三等奖	123	4	127
合计	219	25	244

随着奖项等级的提高，气象部门以第一单位获奖的比例明显降低。由表2和图8可见，以第一单位获二等奖的比例降为88.2%，获一等奖的比例降为58.3%。

以第一单位所获的一等奖中，有超过半数的奖为中国气象局或中国气象学会颁发，即：2005—2017年，气象部门只有5项成果获省（直辖市、自治区）的科技进步类奖，年均不足0.4项。表明，气象部门的科技成果在地方（省）的认可度和显示度仍有待提高。

此外，2005—2017年，我国还获得世界气象组织

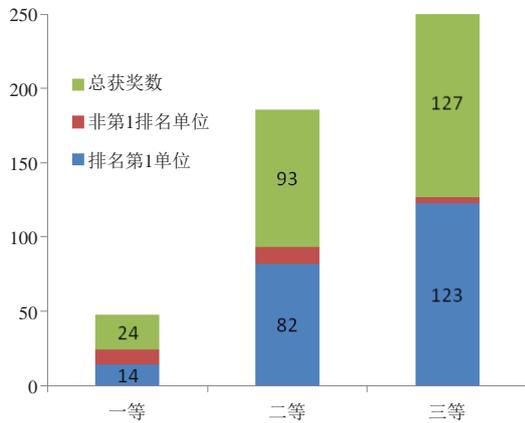


图8 2005—2017年获各级省部级奖的气象科技成果数分布
Fig. 8 Number of provincial or ministerial awards at different levels received in the meteorological area during 2005 to 2017

颁发奖项共9次（年均0.6项），包括“国际气象组织（IMO）奖”3人次（叶笃正、秦大河、曾庆存），“WMO维拉—维萨拉仪器和观测方法发展和实施奖”2次（陆其峰、杨帆等），“WMO青年科学家研究奖”4人次（张祖强、效存德、孙颖、陈峰）。这些奖项表明，我国的气象科技在国际上已具有一定的影响力。

6 结论与讨论

对中国气象局“气象科技管理信息系统”登记的2005—2017年的气象（大气科学）类科技成果，进行了初步分析，获得以下结论：

1) 从成果数量看，除发表论文论著外，近十余年气象部门年均产出600余项科技成果，且呈现逐年指数增长的趋势，特别是中国气象局发布科技成果认定、中试基地管理和科技成果业务准入等管理办法后，促进了成果的爆发式增长。

2) 从成果类型看，应用技术类的成果占绝大多数（70.5%），这一方面客观反映了近十多年我国的气象科学研究紧紧围绕气象现代化建设需求开展，以应用业务技术为主、基础理论和软科学为辅的研究特点，另一方面也反映了我国气象基础理论及软科学研究仍应切实加强。

3) 从地域分布看，“北上广”及浙江、安徽、福建、江苏、湖北和山东等是近十余年我国气象科技成果的高产区。从气象部门的单位看，“一院八所”产出的科技成果约占气象部门科技成果总数的71.4%，充分显现“一院八所”的改革成效和在气象科技创新中举足轻重的地位。

4) 从资助项目看，“气候变化专项”和“关键技术集成与应用”项目产出了约半数的应用技术类成果。“国家计划”产生的成果中有约半数受“公益性行业（气象）科研专项”和“国家自然科学基金”资助。这客观反映了中国气象局“气候变化专项”和“公益性行业（气象）科研专项”等的成效。此外，还有近2成的科技成果源自科技人员兴趣的自选项目（或没有项目资助），这充分体现了气象科技人员投身科技创新的高度自觉性。

5) 从所属学科看，科技成果主要分布在应用气象、天气、综合观测及气候领域，这客观反映了气象与社会经济发展各行各业的紧密关系，也大致体现了天气预报、综合观测及气候预测等相关科研业务在气象事业中的重要性。

6) 从获奖情况看，气象部门年均获国家级科技奖1.5项，涉及卫星遥感、数值预报、极端天气气候监测预测等核心业务领域，是近年来气象科技创新发展的缩影之一。但是，作为第一获奖单位年均仅0.86项且均为“二等奖”，最近一次获“一等奖”还得追溯至2003年（距今已15年），且至今尚未获得过“国家技术发明奖”。在所获的“省部级一等奖”中，约58%是第一获奖单位，且其中有超过半数的奖为中国气象局（或中国气象学会）颁发。可见，加强气象科技创新仍任重而道远。

需要说明的是，本文仅是基于中国气象局（科技与气候变化司）“气象科技管理信息系统”的登记成果进行初步分析结果，或许并未包括我国气象领域的全部科技成果（如在地方（省级）科研业务单位登记的成果），而且也没有涉及论文论著的分析。

参考文献

- [1] 崔建海. 科技成果转化的基本理论及发展对策. 山东农业大学学报(社会科学版), 2003, 5(7): 112-114.
- [2] 贺德方. 对科技成果及科技成果转化若干基本概念的辨析与思考. 中国软科学, 2011, 11: 1-7.
- [3] 梁秀英, 罗虹. 标准化科技成果的分类研究. 标准科学, 2009, 8: 4-7.
- [4] 邹立尧, 闫冠华. 气象科技成果认定机制初探. 中国科技成果, 2016, 1: 10-12.
- [5] 陈鹏飞, 朱玉洁, 申丹娜. 关于科技创新驱动气象现代化发展的思考. 科技与创新, 2018, 20: 48-51.
- [6] 隋丹, 安巍, 裴宇航, 等. 气象科研成果转化现状及对策分析. 科技创新导报, 2018, 12: 152-154.
- [7] 申丹娜, 李研. 我国气象系统科技创新能力区域差异分析. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2018, 10(1): 81-90.
- [8] 荆国栋, 邹立尧, 王亚光, 等. 气象业务系统类科技成果后效评估指标体系构建. 中国科技信息, 2014, 21: 195-196.