

# 近47年德语区大气科学学科研究方向的变化特征

徐经纬<sup>1</sup>, 智协飞<sup>1</sup>, 徐敏<sup>2</sup>

1. 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044

2. 江苏省气象局, 南京 210008

**摘要** 为进一步了解国际大气科学发展进程及为中国大气科学学科设置优化调整提供指导, 收集整理了1969—2015年德语区7000多篇大气科学学科毕业论文题目, 分析了年论文数的时间变化特征, 探讨了论文数阶段性增速快慢的原因。结果表明, 近47年德语区大气科学类毕业年论文数呈明显的阶段性变化, 可分为缓慢增长、较快增长和加速增长3个时期, 前两个时期的增速主要与人口增长有关, 第三个时期的增速与社会需求、技术革新密切相关; 随着大气科学学科分支的细化, 从20世纪90年代起, 绝大多数研究方向之间的比例差异较20世纪70—80年代有所缩小; 近47年, 27个研究方向中占比最高的5个研究方向分别是大气探测、应用气象、气候与气候变化、大气物理和动力气象, 其中应用气象年论文数的增长速度最快, 尤其是近20年增速明显加快, 说明大气科学与其他行业的交叉研究在蓬勃发展, 并且随着社会需求的提升, 这种趋势会进一步加强。

**关键词** 大气科学; 研究方向; 变化特征; 德语区

大气科学是一门综合性学科<sup>[1]</sup>, 不仅研究大气运动、天气演变和气候变化的规律, 还研究大气与海洋、陆面、冰雪和生物圈相互作用的动力、物理和化学过程。大气科学的主要目的是认识大气运动和大气中各种物理、化学、生物过程的基本规律及其与周围环境的相互作用, 发展新的探测和试验手段, 为天气、气候和环境的监测、预报和控制提供理论和方法, 从而服务于国民经济和社会发展<sup>[2-3]</sup>。随着近代科学技术的飞跃式发展, 特别是高速计算机、卫星遥感探测技术和互联网的迅猛发展, 大气科学已从半经验性的描述性科学全

面发展成为以数理化定量理论与实验为基础的学科, 成为地球科学中处于前沿的学科之一<sup>[4-6]</sup>。

近年来, 随着人类活动的增加, 极端天气、气候造成的气象灾害趋多增强。联合国减少灾害风险办公室在2017年发布的一份报告中指出<sup>[7]</sup>, 1998—2017年, 气象灾害造成的直接损失达2.9万亿美元, 其中77%为极端气候所致。相比之下, 1978—1997年的整体损失为1.3万亿美元, 其中68%是风暴、洪水、干旱等气候与天气灾害所造成。因此, 大气科学的发展不仅与人民生命和财产紧密相关, 而且对国民经济诸多行业均有重

收稿日期: 2019-03-18; 修回日期: 2019-05-18

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC1502002); 国家自然科学基金项目(41871053)

作者简介: 徐经纬, 讲师, 研究方向为气候变化与区域气候模拟, 电子信箱: xujw@nuist.edu.cn

引用格式: 徐经纬, 智协飞, 徐敏. 近47年德语区大气科学学科研究方向的变化特征[J]. 科技导报, 2019, 37(14): 78-85; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.14.010

要影响,在西方发达国家,国民经济中与气象相关的份额占国民经济总额的1/7,因此该学科从20世纪后叶起逐步成为受各国人民和政府关注的重要科学领域之一<sup>[8-9]</sup>。

在人类社会的发展过程中,因经济和科技水平的变化,社会对大气科学的需求也在不断变化,为了不断满足差异性需求,以及更好地促进人口、经济、环境和资源协调持续地发展,大气科学学科分支正逐步细化和丰富,现在已经发展成拥有天气动力学、大气环流、大气探测、大气化学、气候变化、大气物理学、天气学、热带天气学、中尺度气象学、应用气象、数值模式、资料同化等数十门学科分支的综合性学科。在教学领域,国家为了培养出更多的大气科学人才,能更有效地充实气象队伍,在不少高等院校开始增设大气科学专业,仅2017年就有复旦大学、内蒙古大学、东北农业大学、广东海洋大学和中国民航大学5所高校增设大气科学专业。目前,全国共有9所大学拥有该学科专业,分布在不同的省或直辖市,其中专业排名靠前的是北京大学和南京信息工程大学。在高校的学科设置中,具体开设大气科学的哪些专业对于人才的培养具有非常关键的导向作用<sup>[10-11]</sup>。本研究放眼国际大气科学领域,以论文题目覆盖面广、时效新、在国际权威性高,能合理展现学科发展历程作为依据,选取了德语区毕业论文题目作为研究对象。对近47年大气科学学科论文的变化规律和成因及发展趋势进行梳理、归纳和探讨,以期厘清大气科学演变脉络,分析结论将为新增大气科学专业的高校做好气象学科顶层设计、设定科学的培养目标提供指导,同时对气象高校优化课程设置也具有指导作用。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料概述

本研究在遴选资料时,从论文题目的广度、时效性、学科发展的地位和国际影响力等方面进行了充分考虑,经过比较发现:德语区(以德国为主)的大气科学学科研究一直处于国际领先地位,在毕业论文题目的广度上,论文涉及到大气科学各个领域和方向,研究内容不局限于德国或者欧洲,涵盖了地球科学的诸多方面(包含一些地质交叉方向),甚至包括月球和火星气象研究;在毕业论文的时效上,德国毕业论文非常具有

时效性,例如在2009年中国上海近海风电场开工建设,早在2008年的毕业论文中就有涉及此近海风电项目的研究内容,说明最迟在2007年,即上海海上风电场预可研阶段,德国就已经有相关研究在开展了。此外,德国是现代气象学发源地之一,第二次世界大战前许多奠基性的气象文献都是德文写成<sup>[12]</sup>。第二次世界大战后德国仍是欧洲中期数值预报中心领导者之一<sup>[8]</sup>。由此可见,德语区的大气科学类论文可反映出国际大气科学学科发展的方向和学科演变过程。

因此,本研究选择了德语区(主要包含德国、奥地利、瑞士等国家)的所有大气科学毕业论文作为研究对象,主要包括高校本科、硕士研究生、博士研究生毕业论文与科研院所的硕士研究生、博士研究生毕业论文,论文时间范围为1969—2015年,收集总数达7000多篇,源自德国气象局(Deutscher Wetterdienst, DWD)<sup>[13]</sup>。

### 1.2 资料处理方法

首先把收集到的7000余篇大气科学学科毕业论文题目逐一翻译成中文,然后分析每个论文题目所属的研究方向。参考了前人的分类结果,对分析所得的数十种研究方向进行了分类。许多学者认为大气科学学科的研究方向主要分为大气探测、天气学、大气环流、大气动力学、气候学、大气物理学、大气化学、全球变化、大气与农业等<sup>[3]</sup>,结合实际情况对类别做了适当调整,将大气与农业、大气与林业、大气与医疗等交叉方向单独归为一类,对某些研究方向只在个别年份少量出现的进行糅合,采用统计方法,最终分成27个研究方向。总体研究思路:首先分析逐年论文数量的时间变化特征及原因分析;其次计算27个研究方向论文数占所在年论文总数的比例,筛选出占比总数达3/4的论文研究方向,然后以近20年的论文数增长速度为参考,对主流研究方向进行分类讨论,着重讨论重点研究方向的演变规律;最后剖析影响重点研究方向发展和论文数量的关键影响因子,从而为科研院校大气科学学科设置和调整提供参考。

## 2 结果与讨论

### 2.1 大气科学年毕业论文总数的时间变化特征

经统计,1969—2015年德语区大气科学类毕业论文年论文数量呈现明显的阶段性变化特征,总体为增加趋势,尤其是进入21世纪,增加速度明显加快。阶段

性变化特征大致分为3个时期,1969—1983年为缓慢增长期,1984—2001年为较快增长期,2002—2015年为加速增长期(图1)。为了揭示各阶段论文数量变化的原因,从高等院校数量、人口变化、社会需求、技术革新等角度进行了探讨。经过查询发现,近47年德语区内设有大气科学专业的高等院校数量相对稳定,因此高等院校数量不是论文数量发生变化的主要因子。对于人口变化,由于德语区是以德国为主,另外由于受资料限制,因此以德国人口历年变化情况<sup>[14]</sup>为参考,发现在1969—1983年论文数量缓慢增长期内,德国人口数量稳定,意味着就读大气科学专业的学生数量也相对稳定,所以大气科学研究论文增加稳定;在1984—2001年论文数较快增长期内,德国人口数进入快速增长阶段,尤其是在1986—1998年,德国人口经历了长达十几年的快速增长,同时自1990年联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)开启第一次工作报告起,节能减排和应对气候变化转变为政治议题,社会对大气科学有了新需求,推动了气候变化领域论文数的增加,大气科学毕业论文数在这个时期内同步快速增加;但在2002—2015年论文数加速增长期内并没有发现与之对应的人口增长关系,于是从社会需求角度和技术革新的角度进行了原因分析,进入21世纪,由于气候变化成为热点、大气探测技术的飞速发展、大气交叉学科的加速细化,使学科的受欢迎程度显著增加,因此选读大气科学专业的学生明显增加,从而使得论文数量快速增长。

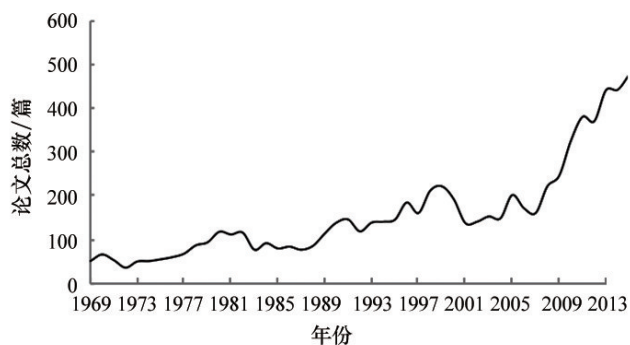
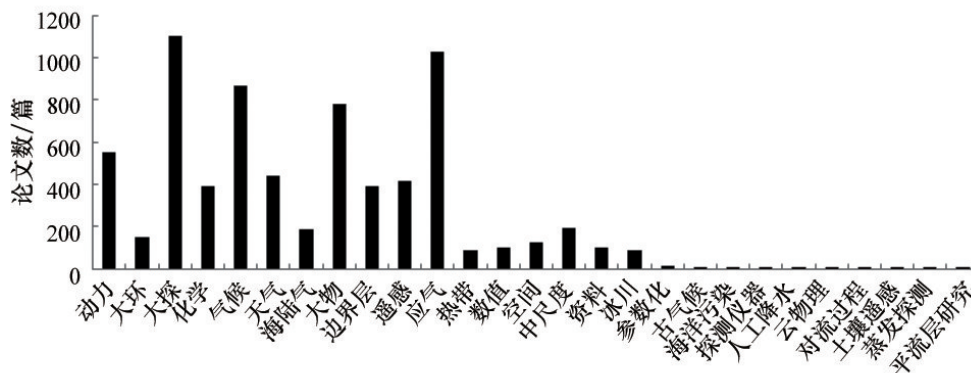


图1 1969—2015年德语区大气科学学科毕业论文总数

Fig. 1 Number of graduation theses on atmospheric sciences in the German-speaking regions in 1969—2015

## 2.2 不同研究方向年论文数的比较与比例变化

从1969—2015年德语区大气科学类27个研究方向毕业论文总数来看(图2),排在前5位的研究方向分别是:大气探测(1106篇)、应用气象(1027篇)、气候与气候变化(869篇)、大气物理(781篇)、动力气象(549篇),大气环流、大气化学、天气学、海陆气相互作用、边界层、卫星遥感、中尺度气象的论文总数在150~418篇,其余研究方向的论文总数均在100篇以下。并计算1969—2015年各研究方向的年论文数占当年论文总数的比例,发现20世纪70—80年代不同研究方向之间的比例差异比较大,从20世纪90年代起,尽管年论文总数在增加,但随着大气科学学科分支的细化,绝大多数研究方向之间的比例差异有所缩小(图3)。



注:动力—天气动力;大环—大气环流;大探—大气探测;化学—大气化学;气候—气候变化;天气—天气学;海陆气—海陆气相互作用;大物—大气物理;边界层—边界层气象;遥感—卫星遥感;应气—应用气象;热带—热带气象相关研究;数值—数值模拟相关研究;空间—空间天气相关研究;中尺度—中尺度气象;资料—气象资料相关研究;冰川—冰川相关研究;参数化—参数化相关研究;古气候;海洋污染;探测仪器;人工降水;云物理—云物理相关研究;对流过程;土壤遥感;蒸发探测;平流层研究

图2 1969—2015年德语区大气科学学科27个研究方向毕业论文总数

Fig. 2 Number of graduation theses in 27 research directions in atmospheric sciences in the German-speaking regions in 1969—2015

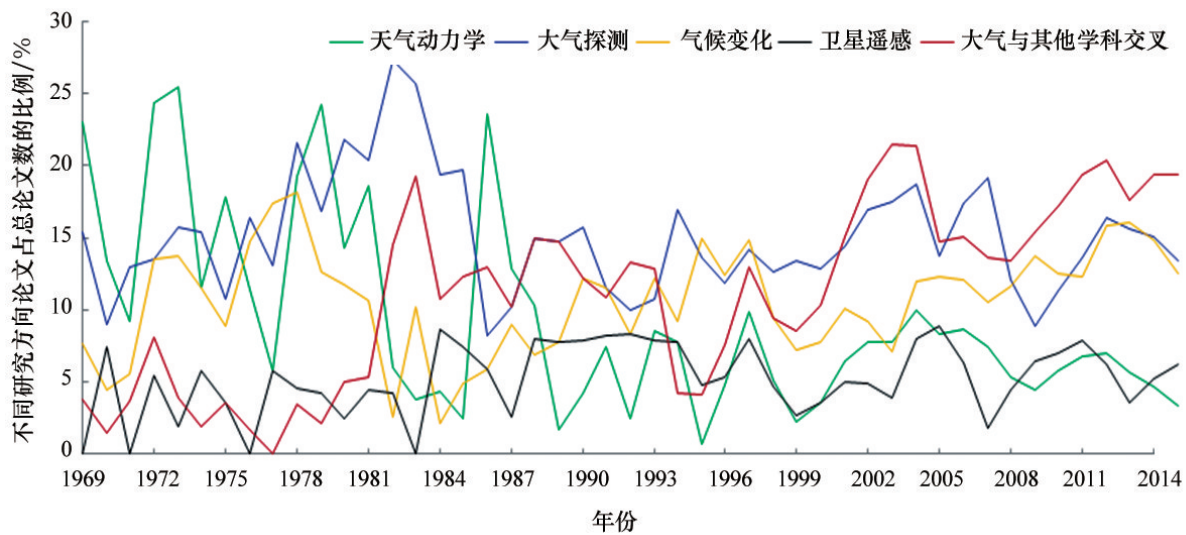


图3 1969—2015年德语区毕业论文大气科学天气动力学、大气探测、气候变化、卫星遥感和大气与其他学科交叉方向占论文总数的比例

Fig. 3 Ratio of the number of theses in research directions to yearly total number, the research directions include weather dynamics, atmospheric sounding, climate change, satellite remote sensing and the intersection of the atmosphere and other disciplines in atmospheric sciences in the German-speaking regions in 1969—2015

### 2.3 重点研究方向年论文数增长快慢的原因

为了进一步深入分析重点研究方向增长速度快慢的原因,以增速快慢为划分依据,将大气科学毕业论文研究方向分成两大类:第一类为年论文数加速增长的重点研究方向,如应用气象、大气探测和气候变化方向;第二类为年论文数较慢增长的重点研究方向,如卫星遥感和动力气象方向。

#### 2.3.1 重点研究方向年论文数加速增长的原因

近47年,应用气象论文总数排历史第二位,但其增长速度为27个研究方向之最,该方向囊括了农业气象学、大气与林业、大气与生态、大气与生物、水文气象学、大气与建筑、航空气象学、大气与医学、大气与能源、大气与政治、大气与经济、大气与地质、大气与人类历史等众多学科分支。随着社会经济和人民生活需求的不断提升,人类活动已经扩展到大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈多个圈层中,交叉学科分支在逐步扩大、增多,这可能是应用气象年论文数增速快的主要原因。从逐年变化序列看,应用气象方向经历了2个快速发展阶段(图4),第一阶段是20世纪80年代前后,很多毕业论文在此时突破了大气科学领域的局限,尝试向着多学科交叉的方向发展。此时相继出现了许多交叉学科方向,如海洋气象学、水文气象学、农业气象

学、森林气象学、生态气象学、航空气象学和建筑气象学等。第二阶段是2007—2015年,尤其在近10年,大气科学学科与其他学科有了新一轮融合,这一轮融合较上一次更加广泛,出现了新的现象。比如论文题目中有了大气科学与医学相结合的题目——天气状况与人类合成维生素D剂量之间的联系,空气污染与心脏主动脉病变之间的关系等。在2009年就有学士论文讨论德国最大的三家天气门户网站浏览量和天气过程之间的联系。近几年还涌现了很多针对人类活动对气候影响的研究,如研究热电厂废热排放对区域气候的影响,同时人工智能、深度学习的论文在近10年也有明显增加,甚至大气科学还与传统的文科类学科开展了广泛的结合,比如气象灾害带来的经济损失评估,节能减排与政策等。由此可见,大气科学学科与其他学科之间存在巨大的交叉潜力,值得重视、关注与深度挖掘。

近47年,大气探测论文总数排历史第一高位,年论文数在1980年前后有显著增长,在随后的年份中仍然有强劲的上升势头(图4)。德国高校教育一直重视实践,近47年德国在大气探测领域一直走在世界前列<sup>[15-17]</sup>。世界上最早的一张天气图出现在1820年德国,由布兰德斯绘制的天气图,他开创了现代天气分析的思路。从毕业论文数占比上可以看出,大气探测在各

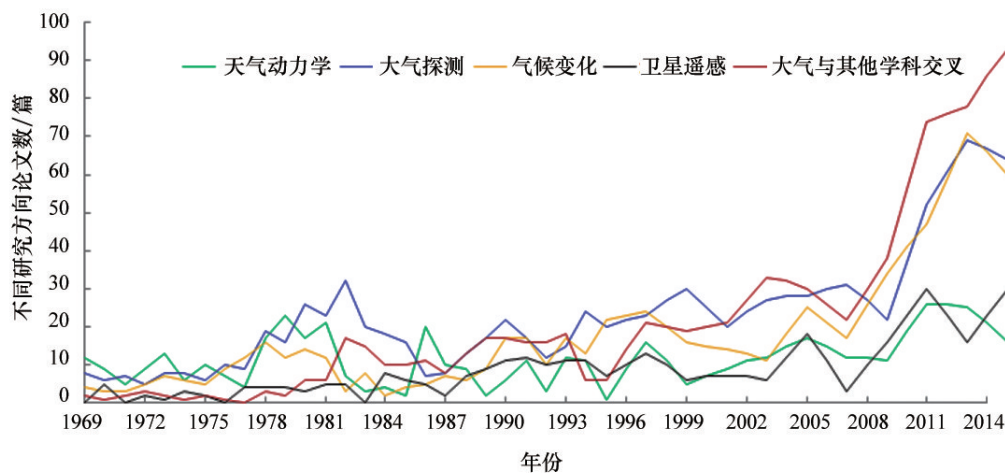


图4 1969—2015年德语区毕业论文大气科学天气动力、大气探测、气候变化、卫星遥感和大气与其他学科交叉方向毕业论文数

Fig. 4 Number of the theses in research directions, including: Weather dynamics, atmospheric sounding, climate change, satellite remote sensing and the intersection of the atmosphere and other disciplines in atmospheric sciences in the German-speaking regions in 1969—2015

个历史时期都稳定的占当年论文总数的15%左右。为了能系统地分析大气探测方向的演变,从探测工具、探测内容和与理论研究之间的联系进行了较全面的分析。大气探测工具十分丰富,除了气象观测台站的常规观测之外,还有民航飞机探测、观测铁塔探测、多普勒雷达、激光雷达、声波雷达、载人热气球探测,以及近几年兴起的无人机探测,此外一些单位还独立研发一些探测器进行外场观测实验等。探测的内容更是丰富,不但包括温、压、湿、风等常规气象要素,而且还包括边界层水汽廓线、云层高度、风廓线、气溶胶、辐射通量、臭氧等,甚至包括了一些痕量气体、同位素和高能粒子。大气探测方面的成功也有力地推动了大气科学理论方向的研究。探测资料直接推动了边界层、云和中尺度对流系统的研究。值得关注的是,大气探测方向论文数开始显著增加的时间点通常先于动力气象和气候变化方向平均1~2年,如1971、1979、1983、2007年都是在大气探测方向出现论文数峰值后的1~2年,动力气象和气候变化方向的论文数才出现峰值。间接说明探测方法的改进或手段的提升,会直接推动动力气象和气候变化学科的发展。

近47年,第三个增长势头明显的研究方向是与气候相关的方向,气候方向有两次加速增长期。第一次在20世纪70年代后,此时气候领域的研究突破了大气科学学科的限制,与五大圈层相互融合,比如厄尔尼诺

与南方涛动(ENSO)理论模型的提出,ENSO一度成为气候动力方向的研究热点之一,大量的海洋模式、海气耦合模式的论文涌现出来,使得对海、陆、气相互作用的理解达到了新的高度,深化了对地球系统多圈层相互作用的理解。第二次在1990—2015年,自1990年IPCC第一次工作报告发布后,节能减排和应对气候变化转变为政治议题,是各国政府权力较量的新领域,论文数量保持着长期增长趋势,同时期气候类学术期刊的影响力普遍高于天气类期刊,这鼓励了更多的专家、学者投身气候方向研究<sup>[18-22]</sup>,从而使得论文数量保持着明显的增长势头。

### 2.3.2 重点研究方向年论文数较慢增长的原因

年论文数较慢增长类型中两个典型的方向是卫星遥感和动力气象,这两个方向一直处于稳定增长状态,但近20年的增速低于第一类列举的3个重点研究方向。主要原因是这两个方向偏基础理论、突破难度较大。尤其卫星遥感经过多年的发展,各项技术相对成熟,在轨卫星数量也比较稳定,因此论文数量趋于稳定。比如第一颗极轨气象卫星出现于1960年,1966年第一颗同步气象卫星上天,卫星观测资料有效弥补了人口稀少或无人区观测资料稀缺的不足,尤其是在占地球表面积71.8%的海洋。由于天气系统的变化是连续的,卫星观测资料扩大了气象预报员的视野,极大地提高了天气预报的精度。早期卫星遥感主要有红外、

微波、可见光、紫外等辐射探测器,因此卫星遥感方向的论文题目主要集中在卫星反演、校准、监测天气系统移动等;随着星载合成孔径雷达(SAR)的发射,星载大功率主动雷达观测成为现实,于是与SAR相关的近海高分辨率风场研究、海洋内波和海洋监测的研究论文有明显增加;近年来又出现了多源多通道资料融合的研究趋势。

较慢增长类型中的动力气象方向在20世纪80—90年代经过快速发展后,论文增加速度放缓。目前大气科学领域数值模拟的动力框架都是建立在动力气象的基础之上,相对于其他新兴方向,大气科学领域的动力框架已经稳定,近年来的研究只是在已有基础上进行适当延伸,从毕业论文的数量上看,此方向一直比较稳定。

此外,除了以上5个典型方向外,其他发展相对比较快速的学科也不容忽视,如自欧洲和美国对外公开发布全球气象再分析资料以来,其相应的研究论文也随之增多,具体有利用实测资料对比验证再分析资料、订正校准再分析资料等。

### 3 结论

1) 近47年来德语区大气科学类年论文数总体为增加趋势,但增速在不同阶段存在差异,大致可以分为3个时期,分别为1969—1983年缓慢增长期、1984—2001年较快增长期、2002—2015年加速增长期,前两个时期的论文数增长主要与人口增长有关,第三个时期的论文数增长与社会需求、技术革新密切相关。

2) 从不同研究方向所占比例的差异看,20世纪70—80年代比例差异比较大,但从20世纪90年代起,由于大气科学学科分支的细化和延伸,绝大多数研究方向之间的比例差异有所缩小。从不同研究方向年论文数增速看,同样存在差异,以增速快慢为划分依据,可分成“重点研究方向年论文数加速增长”与“重点研究方向年论文数较慢增长”两大类。

3) 近47年,应用气象论文总数排历史第二高位,但其增长速度为27个研究方向之最,应用气象中的新兴研究方向在近20年有明显的增强趋势,说明大气科学与其他行业的交叉研究已成为趋势,未来随着科技与经济的发展和这种趋势会越来越明显。大气探测和气候变化方向也有明显增长势头,是值得我们注意的方

向。年论文数较慢增长类型中两个典型的方向是卫星遥感和动力气象,主要是与其偏基础理论、突破难度较大有关。

以上分析结果一方面可为中国高校大气科学学科优化设置、顶层设计提供参考,另一方面有助于了解大气科学发展进程,把握其发展规律。但由于每个国家的国情有差异,大气科学的发展也会有其特殊性,所以在参考以上分析结果时,还需进一步结合本国大气科学学科实际发展的情况。

### 参考文献(References)

- [1] 叶笃正, 季劲钧. 迎接大气科学发展即将到来的新飞跃[J]. 地球科学进展, 2005, 20(10): 1047-1052.  
Ye Duzheng, Ji Jinjun. Meeting the upcoming new leap of atmospheric science development[J]. Advances in Earth Sciences, 2005, 20(10): 1047-1052.
- [2] 伍荣生. 大气科学教学改革势在必行[J]. 中国大学教学, 2002(1): 19-20.  
Wu Rongsheng. Reform of atmospheric science teaching is imperative[J]. China University Teaching, 2002(1): 19-20.
- [3] 黄荣辉. 大气科学发展的回顾与展望[J]. 地球科学进展, 2001, 16(5): 643-657.  
Huang Ronghui. Review and prospect of atmospheric science development[J]. Advances in Earth Science, 2001, 16(5): 643-657.
- [4] 张大林. 大气科学的世纪进展与未来展望[J]. 气象学报, 2005, 63(5): 812-824.  
Zhang Dalin. Century progress and future prospects of atmospheric science[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2005, 63(5): 812-824.
- [5] 智协飞, 张玲. AOGS第六届学术年会气象学研究报告综述[J]. 大气科学学报, 2009, 32(5): 716-722.  
Zhi Xiefei, Zhang Ling. AOGS sixth annual conference of meteorology research report provides an overview[J]. Transactions of Atmospheric Sciences, 2009, 32(5): 716-722.
- [6] 王会军, 徐永福, 周天军, 等. 大气科学: 一个充满活力的前沿科学[J]. 地球科学进展, 2004, 19(4): 31-38.  
Wang Huijun, Xu Yongfu, Zhou Tianjun, et al. atmospheric sciences: A dynamic frontier science[J]. Advances in Earth Science, 2004, 19(4): 31-38.
- [7] 孙劭, 李多, 刘绿柳, 等. 2016年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象, 2017, 43(4): 477-485.  
Sun Shao, Li Duo, Liu Liliu, et al. Major global weather events and their causes in 2016[J]. Meteorological Monthly, 2017, 43(4): 477-485.

- [8] 冯慧敏, 智协飞, 李荣. 郑州市地面风场的统计降尺度预报研究[J]. 中国科技论文, 2017, 12(15): 104-110.  
Feng Huimin, Zhi Xiefei, Li Rong. Association, Zhengzhou City, statistical downscaling surface wind field of research[J]. China Sciencepaper, 2017, 12(15): 104-110.
- [9] 卞赞, 智协飞, 李佰平. 多模式集成方法对延伸期降水预报的改进[J]. 中国科技论文, 2015, 14(15): 1813-1817.  
Bian Yun, Zhi Xiefei, Li Baiping. Improvement of extended precipitation forecasting by multi-model integration method[J]. China Sciencepaper, 2015, 14(15): 1813-1817.
- [10] 李北群. 论教育政策的利益分析: 必要性、框架及应用[J]. 江苏社会科学, 2008, 29(6): 210-214.  
Li Beiqun. On the benefit analysis of education policy: Necessity, framework and application[J]. Jiangsu Social Sciences, 2008, 29(6): 210-214.
- [11] 李北群, 徐月红. 大学实行学院制的研究[J]. 教育与职业, 2008, 576(8): 37-39.  
Li Beiqun, Xu Yuehong. Research on college system in university[J]. Education and Vocation, 2008, 576(8): 37-39.
- [12] 曹鸿兴, 胡隐樵. 在汉堡“两所”的气象研究[J]. 气象科技, 1985, 13(1): 1-3.  
Cao Hongxing, Hu Yinqiao. Meteorological research on “Two Institutes” in Hamburg[J]. Meteorological Science and Technology, 1985, 13(1): 1-3.
- [13] Deutscher Wetterdienst. How to download the promet[EB/OL]. (2018-10-18) [2019-01-20]. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb\\_verlag\\_promet/archiv/archiv\\_promet.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_promet/archiv/archiv_promet.html).
- [14] Schaeffer D, Berens E M, Vogt D. Health literacy in the German population: Results of a representative survey[J]. Deutsches Ärzteblatt International, 2017, 114(4): 53.
- [15] 张述文. 德国大学对气象学专业大学生的培养[J]. 高等理科教育, 2001, 38(4): 42-44.  
Zhang Shuwen. Cultivation of college students in meteorology in german universities[J]. Higher Education of Sciences, 2001, 38(4): 42-44.
- [16] 李北群. 产教融合试验区的创新与实践[J]. 中国高等教育, 2017(8): 27-28.  
Li Beiqun. Innovation and practice in the experimental region of production and education integration[J]. China Higher Education, 2017(8): 27-28.
- [17] 彭正梅. 德国职业教育改革和发展趋势[J]. 全球教育展望, 2002, 31(3): 77-80.  
Peng Zhengmei. Trends in the reform and development of vocational education in germany[J]. Global Education, 2002, 31(3): 77-80.
- [18] Xu J, Koldunov N, Remedio A R C, et al. On the role of horizontal resolution over the Tibetan Plateau in the REMO regional climate model[J]. Climate Dynamics, 2018, 51(11): 4525-4542.
- [19] 徐经纬, 徐敏, 蒋熹, 等. 区域气候模式REMO对中国气温和降水模拟能力的评估[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(4): 286-293.  
Xu Jingwei, Xu Min, Jiang Xi, et al. Evaluation of regional climate model REMO on China's temperature and precipitation simulation capability[J]. Advances in Climate Change Research, 2016, 12(4): 286-293.
- [20] Sein D V, Mikolajewicz U, Groeger M, et al. Regionally coupled atmosphere-ocean-sea ice-marine biogeochemistry model ROM: 1. Description and validation[J]. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 2015, 7(1): 268-304.
- [21] Stocker T F. Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [22] Jacob D, Elizalde A, Haensler A, et al. Assessing the transferability of the regional climate model REMO to different coordinated regional climate downscaling experiment (CORDEX) regions[J]. Atmosphere, 2012, 3(1): 181-199.

## Variations of research directions of atmospheric sciences in the German-speaking regions in the past 47 years

XU Jingwei<sup>1</sup>, ZHI Xiefei<sup>1</sup>, XU Min<sup>2</sup>

1. School of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Sciences & Technology (NUIST), Nanjing 210044, China

2. Meteorological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China

**Abstract** In order to better understand the development of atmospheric sciences in the world and provide a guidance for the optimization and the adjustment of the course setting for atmospheric sciences for universities and colleges in China, this paper collects over 7000 graduation theses on atmospheric sciences in the German-speaking regions from 1969 to 2015, and analyzes the variations of the number of theses in each year, and explores the reasons for the rapid growth of the number of theses. It is shown that the number of theses on the atmospheric sciences in the German-speaking regions see obvious phases during the past 47 years, which can be roughly divided into three periods: the slow growth period, the rapid growth period, and the accelerated growth period. The growth rate of the first two periods is mainly related to the population growth, the growth rate in the third period is closely related to the social needs and the technological innovation. With the refining of the research directions in the atmospheric science field, since the 1990s, the differences between the proportions of different research directions are narrowed, as compared with those in the 1970s and the 1980s; in the past 47 years, the five research directions with the highest proportions among the 27 research directions are the atmospheric sounding, the applied meteorology, the climate and climate change, the atmospheric physics, and the dynamic meteorology, where the growth rate of the number of theses on applied meteorology is the highest, especially in the past 20 years, which means that the interdiscipline researches of atmospheric sciences and other industries are booming, and this trend will be further strengthened with the increasing social demand.

**Keywords** atmospheric science; research direction; variation characters; German-speaking regions ●



(责任编辑 傅雪)