

永远的季刊 不变的创新

——《英国皇家气象学会季刊》创刊150周年评介

■ 李婧华 贾朋群

1873年创刊的《英国皇家气象学会季刊》，凭借几代编辑长期耕耘，作为一扇窗口，见证了近现代气象科学从萌芽到成熟的全过程。主编们精选出的创刊150周年虚拟《纪念文集》覆盖大气成分、气候变化、大气动力学、全球环流、辐射传输和地球观测等多个领域，整体上诠释了气象科学过去一个半世纪，特别是在20世纪走向成熟和具有独特的学科特征的过程和精彩个例。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.05.001

伴随近现代气象科学在19世纪走向成熟，气象研究组织——气象学会在欧洲多个国家成立。这些气象学会最早开展并一直延续下来的工作之一，就是创办气象科技期刊。本文介绍的《英国皇家气象学会季刊》(*Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 本文简称QJ)是与WMO的前身IMO(国际气象组织)成立在同一年,即1873年创刊。在某种意义上, QJ成为150年前试图从物理学应用领域独立出来的气象科学,对IMO从事的全球性事业的宗旨和发展的学科呼应。

本文依据QJ为纪念创刊150周年,由历任主编选出的该刊150年里21篇对气象和大气科学发展影响巨大的“虚拟”纪念文集、英国皇家气象学会于2023年9月召开的纪念会议材料等,对这一具有全球影响力的优秀期刊所折射的气象科学在过去一个半世纪里的蓬勃发展之路进行评介。

1 QJ选出21篇里程碑论文

QJ于1873年创刊时,被命名为《英国气象学会季刊》(*Quarterly Journal of the Meteorological Society*),尚没有所谓“皇家”头衔。直到10年后的1883年,英国气象学会被冠以“皇家”后, QJ才获得现在的刊名。虽然创刊伊始,这本专业杂志就用刊名确定了出版周期,即每个季度1期,每年出版4期。但QJ在1988年之后提高了出刊频率,从每年出版4期增加到6期。随着气象科研成果产出快速发展,出版需求旺盛,1995年之后, QJ在出版周期上调整为刊次上依然是每个季度

出版1期,但每期通过出版A和B版,使得期刊实际出版量增加到了每年8本,这一出版范式一直延续至今。

在QJ的150年历史中,恰逢近现代气象学获得巨大成功和发展,成为地球科学中在某种意义上具有引领意义的核心二级学科。QJ凭借几代编辑长期耕耘,作为一扇窗口,见证了气象科学从萌芽到成熟的全过程。在创刊150周年之际, QJ邀请各位前任和现任主编,从所有过刊中选取最具代表性的经典论文,形成一本虚拟的《纪念文集》(*Classic paper special collection selected by QJ Chief Editors*),以纪念期刊的这一历史时刻。在表1中列出了各位主编选择的21篇经典文章,并分析了这些文章能够入选《纪念文集》的理由。应该说,主编们选出的论文是这本历史悠久的气象科学期刊为学科发展贡献的具有里程碑意义的论文。尽管这些论文由主编提名,可能反映了主编们个人的兴趣,但这些论文无疑在更大的范围里,具有较为广泛的共识,即这些文章描述了气象科学的关键进步,涵盖了学科的广泛主题,包括理论发展、观测突破和数值模拟研究等领域。这些论文或其结论和影响等,也被全球气象学者所熟知,特别是在导致产生学科内和在地球科学更广泛领域的认知方面。

QJ主编选出的21篇文章主要覆盖大气成分、气候变化、大气动力学、全球环流、辐射传输和地球观测等多个领域,整体上诠释了气象科学过去一个半世纪,特别是在20世纪走向成熟和具有独特的学科特征的过程和个例。例如,最早计算人为排放CO₂导致全球气温升高的卡伦德(1938年),是一位蒸汽工程师,

第一作者:李婧华(1987—), Email: lijinghua@cma.gov.cn
资助信息:国家自然科学基金项目(42142009)

表1 QJ创刊150周年《纪念文集》收录的21篇经典论文信息

序号	作者	出版年	题目(中英文)	意义
1	Harrison D N	1925	Measurements of the amount of ozone in the upper atmosphere 测量高层大气中的O ₃ 含量	为认识臭氧层及其对地球气候的影响奠定了基础, 作者之一Dobson后来以其名字命名了大气O ₃ 测量单位
2	Callendar G S	1938	The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature 人为产生的CO ₂ 及其对温度的影响	确定了人类活动在影响气候, 变暖估计与后来的实况非常吻合
3	Rossby G	1940	Planetary flow patterns in the atmosphere 大气中的行星波分布	提出现在以其名字命名的行星尺度波理论, 首次引入的“位涡”概念已在地球流体动力学中广泛应用
4	Brewer A W	1949	Evidence for a world circulation provided by the measurements of helium and water vapour distribution in the stratosphere 平流层氦和水汽测量给出的全球环流证据	从有限观测中正确推断出全球平流层环流结构, 奠定了平流层模型的基础
5	Malkus J S	1952	The slopes of cumulus clouds in relation to external wind shear 与外部风切变相关的积云斜率	使用飞机观测和简单模型结合的早期例证, 作者Malkus是美国首位获得气象学博士学位的女性, 该论文也是QJ最早刊载的女性主要作者文章
6	Phillips N A	1956	The general circulation of the atmosphere: A numerical experiment 大气环流: 数值试验	最早使用简单数值模式来模拟全球环流的研究之一, 该模式被广泛认为是第一个大气全球环流模式
7	Rodgers C D	1966	The computation of infrared cooling rate in planetary atmospheres 计算行星大气中的红外冷却率	计算辐射加热率的经典论文, 首次证明了辐射活性气体的重要作用, 并首次量化“空间冷却”对总辐射冷却率的贡献, 对理解辐射过程和大气环流模式参数化都产生了重大影响
8	Crutzen P J	1970	The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content 氮氧化物对大气O ₃ 含量的影响	证明了进入平流层的氮氧化物对O ₃ 产生催化破坏作用, 基于该项工作Crutzen等人获得了1995年诺贝尔化学奖
9	Green J S A	1970	Transfer properties of the large-scale eddies and the general circulation of the atmosphere 大尺度涡旋与大气环流的传输特性	根据大尺度涡旋在传输热量和位涡方面发挥的关键作用, 构建了全球大气环流理论, 并被广泛引用
10	Barnett J J	1972	The first year of the selective chopper radiometer on Nimbus 4 精选Nimbus 4卫星上斩波器辐射计第一年记录	Nimbus 4是首颗从红外辐射观测中反演温度分布的卫星
11	Jackson P S	1975	Turbulent wind flow over a low hill 低山丘上的湍流风气流	提出的近似方法启发了一系列研究, 并提出了一系列其他非均匀表面流动的解决方案; 解析解成为解释外场和风洞观测结果以及验证数值模型的基准, 该论文在首次发表近50年后仍被广泛引用
12	Gill A E	1980	Some simple solutions for heat-induced tropical circulation 热导致热带环流的一些简单解	提出了热带大气对对流引起的非绝热加热的波动响应的简单解析解, 对理解对流对热带大气的重要性以及开尔文波在热带地区传播起到了重要作用
13	Baker M B	1980	The influence of entrainment on the evolution of cloud droplet spectra: I. A model of inhomogeneous mixing 夹卷对云滴谱演化的影响: I. 不均匀混合模式	标志着对积云夹卷及其如何影响云滴和暖雨形成有了新的认识, 首次引入了非均匀混合概念; 论文具有革命性意义, 引起了激烈的争论, 非均质混合与均质混合的观点至今仍争论不休
14	Plumb R A	1982	A model of the quasi-biennial oscillation on an equatorial beta-plane 赤道β平面准两年振荡模式	首次对准两年振荡结构进行了详细的二维分析
15	Hoskins B J	1985	On the use and significance of isentropic potential vorticity maps 论等熵位涡图的应用和重要性	从“PV思维”的角度解释了理解大气演变的原理及其理论基础
16	Emanuel K A	1994	On large-scale circulations in convecting atmospheres 关于对流大气中的大尺度环流	推动小尺度积云对流与大尺度环流紧密耦合这一观点的关键论文, 为对流在大尺度环流中的作用提出了新方法
17	Slingo J M	1999	On the predictability of the interannual behaviour of the Madden-Julian oscillation and its relationship with El Niño 论MJO年际行为可预报性及其与厄尔尼诺的关系	表明MJO活动增加可能由变暖的海温驱动, 其年际变率与厄尔尼诺没有强耦合, 研究促进了对MJO驱动因素的理解
18	Rabier F	2000	The ECMWF operational implementation of four-dimensional variational assimilation. I: Experimental results with simplified physics ECMWF业务四维变分同化实施. I: 简单物理试验结果	首次四维变分的实际应用, 是资料同化领域的重要一步
19	Browning K A	2004	The sting at the end of the tail: Damaging winds associated with extratropical cyclones 尾巴尖的刺: 与温带气旋有关的破坏风	引入了“刺流”一词, 是对气象观测进行细致中尺度分析的杰出范例
20	Bhat G S	2007	The Indian drought of 2002—a sub-seasonal phenomenon? 2002年印度干旱——次季节现象?	通过印度科考船的海洋观测结果来解释季风季节干旱的物理现象, 是利用特定时空观测数据来回答具有重大社会影响的重要科学问题的典范
21	Hersbach H	2020	The ERA5 global reanalysis ERA5全球再分析	ECMWF最新的再分析产品系列, 再分析数据集已被证明是一种真正革命性的研究工具

研究气候变化, 仅仅是其爱好。这反映出20世纪初, 气象专业研究队伍尚不成型, 大量“业余”研究活动丰富和触摸着学科内涵。而1940年罗斯贝发表关于行星波的重要论文, 仅刊载在QJ增刊上, 这本增刊目前在QJ官网文献库中甚至无法检索。在成为“大师”之

前所经历的“平凡”, 更表明罗斯贝所代表的发展了现代气象科学的鼻祖, 对QJ的高度认可。

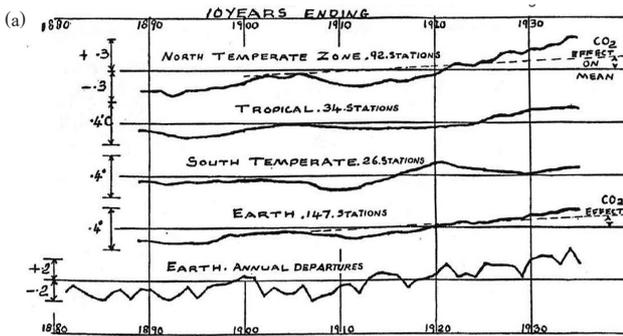
2 QJ对学科发展的贡献

为了纪念QJ出版150周年, 2023年9月QJ举办了学术研讨会, 全面总结了期刊发展过程。目前, QJ在

SCIE数据库中，其影响力排在气象和大气科学学科的第6位，是最权威的期刊之一。QJ长期得到全球气象学界的认可，期刊在不同主编之间传递，始终保持下来的一些特点，给期刊带来了不可或缺的“灵魂”。

2.1 长期关注主题：气候科学和罗斯贝波

在QJ 150周年虚拟纪念刊中，最早的论文是哈里森和多布森对高层大气进行的早期研究（序号1，见表1，下同）。论文作者之一的名字，后来成为表述大气臭氧含量的单位“Dobson”，突出了该论文针对大气中臭氧浓度的最早光谱测量。尤其是，这项研究



将主要存在于高空的大气臭氧与地面气压联系在一起，为我们理解臭氧层及其对地球气候的影响奠定了基础。

第二篇文章（序号2）的作者卡伦德在开篇第一句话就指出：“那些熟悉大气自然热交换的人中，很少有人愿意承认人类活动会对如此大规模的现象产生任何影响。在下面的论文中，我希望表明这种影响不仅是可能的，而且实际上正在发生。”正是始于这篇论文，气候科学，尤其是气候与人类活动关系的科学研究，开始受到重视并用科学的方法被逐渐量化表达（图1）。

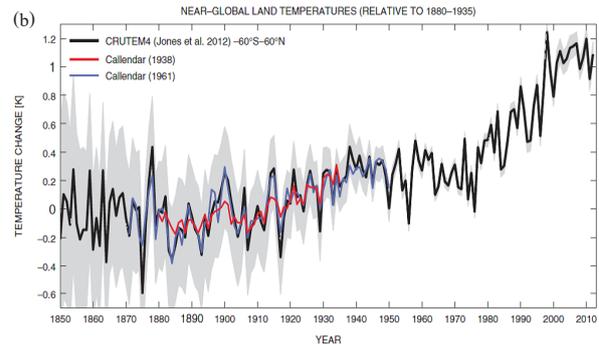


图1 Callendar (序号2, 1938) 给出的全球和不同纬度带的温度变化 (a) 以及Hawkins and Jones (QJ, 2013) 对比全球实际温度变化与Callendar早年研究的预测 (b)

1956年，QJ发表了美国学者菲尔普斯关于大气环流数值试验的论文（序号6），全面引入了气候研究的数值模拟方法。这篇论文给出的两层准地转模型半球模式，主要从能量守恒角度，通过量化计算摩擦、辐射加热和垂直稳定等全球大气环流最重要的控制机制探索地球大气运动，成为后来不断更新换代的气候模式的一个重要起点。

罗斯贝在1940年发表行星波的重要论文（序号3）之前，一直试图将皮耶克尼斯的循环理论具体化，他先是在1939年与合作者发表了针对被认为应该是均匀的西风气流受到正压波衍生传播影响的研究成果，之后在这篇文章中通过引入“潜涡”（现代“位涡”的最简单版本）这个新变量，更进一步揭示了西风气流厚度的变化，而新变量在浅水假设时守恒的数学表达： $\frac{d}{dt} \left(\frac{f + \zeta}{D} \right) = 0$ 更是给出了用巧妙的数学工具获得强大的简化能力的“范本”，启发了后来更多的诊断工具和量化表达。

实际上，无论是气候研究还是罗斯贝波，QJ都是最全和最持久创新研究的文献来源。气候研究方面，早在1901年QJ就在庆祝英国皇家气象学会成立50周年学术会上，发表了Nils Gustaf Ekholm探讨地质和历史时期气候变化及其原因的文章。1938年发表卡伦德论

文（序号2）之后，QJ又发表多篇相关文章，例如：水汽吸收带研究（1941年）、水汽吸收统计模型（1952年）、CO₂的15 μm吸收通量计算（1956年）、行星大气红外冷却率计算（1966年）、针对英格兰中部温度变化（后来持续更新成为HadCRU数据库）（1974年）、云和气候反馈（1980年和2007年）、辐射计算（1996年）、人类世气候敏感性评述（2013年）等。在图2中，给出针对罗斯贝波理论，从理论提出的1940年延续至今QJ刊载的10余篇主要研究论文。



图2 QJ刊发的罗斯贝波相关研究论文（来源：Woollings, 2023）

2.2 学科和业务发展的核心：NWP和数据同化

英国气象局（UKMO）学者将对QJ的贡献融入气象科学发展的主旋律——NWP的发展之中（图3），充分展示了以1950年NWP取得成功为“中点”的发展长河中，“上半场”以数据推动和N-S方程等理论应用为特征，QJ在1950年以来的“下半场”中，以发表菲尔普斯全球环流模式（GCM）为发端，对NWP多项关键技术的贡献包括：原始方程锋面降水、中尺度雷暴、4D-变分同化、集合预报、UKMO统一模式、对流允

许模式、耦合等。

其中，2000年QJ发表介绍ECMWF 4D-变分同化的文章(序号18)，是最早介绍该主题的研究论文，尤其意义重大。这时因为模式给出了大气状态的完整描述，但误差会随着时间的推移迅速增大；观测提供了对大气状态的不完整描述，但确实给出了更加准确的最新信息。数据同化技术，通过算法的不断改进，将这两种信息源结合起来，产生大气状态的最佳估计。

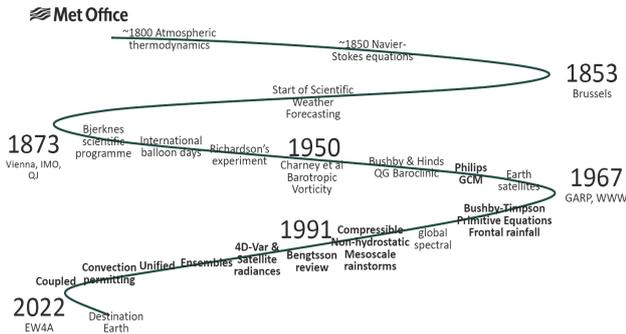


图3 NWP发展的历史节点 (来源: Golding, 2023)

数据同化有很多方法，例如，最优插值、变分、集合卡尔曼滤波、局部系综变换KF、简化扩展卡尔曼滤波器等，以及上述方法的任何组合。这些方法在理论上是等价的，关键是如何实现并真正能够推动NWP能力的提高。序号18论文的核心是一个物理模型，即该方法的分析是物理的。该方法的引入，极大地加速了卫星辐射观测在NWP中的应用，展示了数据融合带来的巨大力量。ECMWF数据同化技术的发展，代表了世界先进数值预报中心发展的核心关键技术。这篇论文是详细描述ECMWF业务实施4D-变分同化的系列论文之一，业务化后4D-变分同化系统持续不断的升级改进，之后变分与集合结合的混合数据同化技术走向业务，实现了同化框架技术的二次飞跃。

2.3 跟进最新发展：平流层研究和“风神”卫星

QJ高度重视对气象探索和研究新进展的跟踪。例如，平流层直到1902年才借助200个作业无人气球探测被发现，1913年又发现臭氧层。1949年，QJ发表了解释平流层环流的Brewer-Dobson环流研究成果(序号4)，之后又在1985年发表了该环流主要机制——位涡的研究(序号15，图4)。这些研究，与平流层臭氧洞、平流层突然增暖、准两年振荡等平流层相关现象及其物理机制研究一道，构成了目前人类对平流层较为全面的科学认知。

风神卫星是欧空局地球探索项目系列卫星之一，其携带探测风场的激光雷达探测器，能够给出全球风场廓线分布。这一最新探索性的卫星数据，在2018年

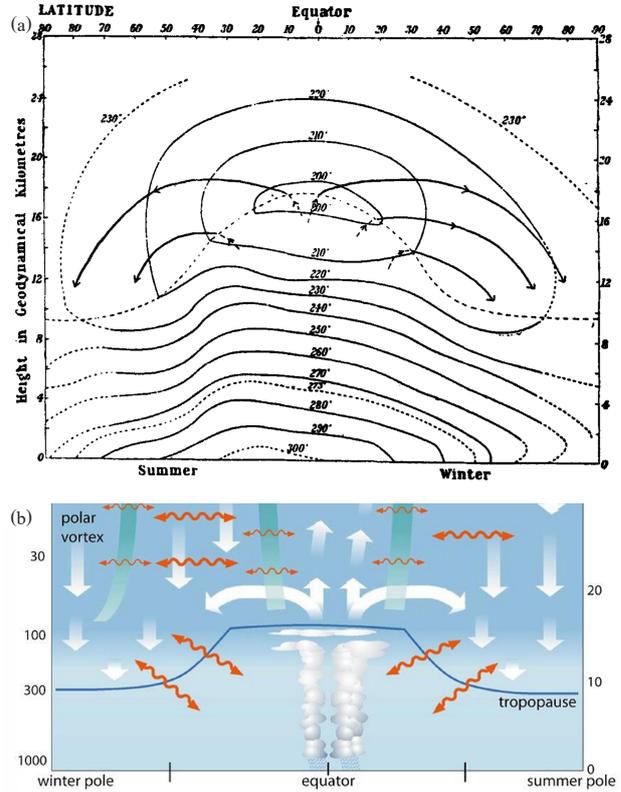


图4 对平流层环流最早认识(a, 序号4)和目前的描述(b) (来源: Baldwin, 2023)

8月卫星发射后得到较好的评价，被快速业务化或准业务化。QJ从2005年以来，刊发了17篇与风神密切相关的论文，包括其在ECMWF(2021, 2022)、法国气象局(2022)、德国气象局(2023)、加拿大气象局(2022)、NOAA(2023)等气象部门业务或准业务应用研究成果。图5为法国气象局数据同化系统中，2020年4—5月风神数据在减少全球24 h预报误差方面是第三有效的观测系统。从2021年4月开始，QJ编辑“风神”主题专辑(<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/>

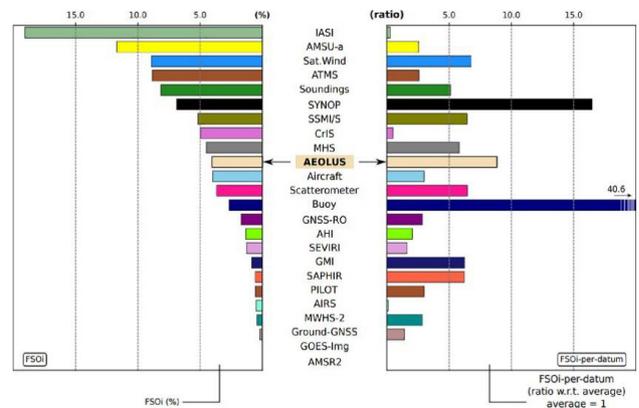


图5 风神卫星风廓线数据对NWP影响评估 (来源: Pourret et al, 2022)

(下转21页)

- global surface temperature change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984 – 2012), 2001, 106(D20): 23947-23963.
- [55] 任玉玉. 城市化对北半球陆地气温观测记录的影响. 北京: 北京师范大学, 2008.
- [56] Marotzke J, Jakob C, Bony S, et al. Climate research must sharpen its view. *Nature Climate Change*, 2017, 7(2): 89-91.
- [57] 崔林丽, 史军, 周伟东. 上海极端气温变化特征及其对城市化的响应. *地理科学*, 2009, 29(1): 93-97.
- [58] 郑祚芳. 北京极端气温变化特征及其对城市化的响应. *地理科学*, 2011, 31(4): 459-463.
- [59] Ren G, Zhou Y. Urbanization effect on trends of extreme temperature indices of national stations over Mainland China, 1961 – 2008. *Journal of Climate*, 2014, 27(6): 2340-2360.
- [60] 张小玲, 刘梦娜, 青泉, 等. 1960—2018年成都地区极端气温变化及城市化贡献分析. *高原山地气象研究*, 2022, 42(1): 10-17.
- [61] Kim J U, Byun Y H, Kim J W, et al. Characteristics of urbanization effects due to recent urban population changes in South Korea. *Journal of Climate Change Research*, 2021, 12(6): 677-689.
- [62] Wang J, Tett S F B, Yan Z W. Correcting urban bias in large-scale temperature records in China, 1980 – 2009. *Geophysical Research Letters*, 2017, 44: 401-408.
- [63] Hansen J, Ruedy R, Glascoe J, et al. GISS analysis of surface temperature change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984 – 2012), 1999, 104(D24): 30997-31022.
- [64] 张爱英, 任国玉. 国家基本基准站地面气温序列中城市化影响的检测与订正. 北京: 中国气象科学研究院, 2009.
- [65] Ren G Y, Zhou Y Q, Chu Z Y, et al. Urbanization effects on observed surface air temperature trends in North China. *Journal of Climate*, 2008, 21(6): 1333-1348.
- [66] Choi J, Chung U, Yun J I. Urban effect correction to improve accuracy of spatially interpolated temperature estimates in Korea. *Journal of Applied Meteorology*, 2003, 42: 1711-1719.
- [67] 温康民, 任国玉, 李娇, 等. 国家基本/基准站地面气温资料城市化偏差订正. *地理科学进展*, 2019, 38(4): 600-611.

(上接5页)

toc/10.1002/(ISSN)1477-870X.aeolus), 持续收集相关论文便于读者阅读。

3 结果与讨论

QJ走过的150年, 成为全球学者高度认可的反映气象和大气科学及相关领域最新进展的权威窗口。2021年以后, QJ的影响因子快速提升, 从之前的不到5达到接近10, 凸显了这份历史悠久的期刊, 始终保持的学术活力。

QJ是典型的国际化期刊, 其刊载的大量具有转折点意义的论文, 得到了全球学术界的高度认可。表2

表2 QJ投稿按照主要来源国家和地区分布

序号	国家和地区	投稿数量/篇	占比/%
1	英国	290	17.4
2	中国	244	14.7
3	美国	204	12.3
4	印度	180	10.8
5	德国	136	8.2
6	法国	83	5.0
7	澳大利亚	42	2.5
8	日本	33	2.0
9	意大利	31	1.9
10	加拿大	30	1.8
11	瑞士	29	1.7
12	挪威	28	1.7
13	伊朗	23	1.4
14	韩国	23	1.4
15	荷兰	23	1.4
16	阿根廷	18	1.1
17	奥地利	17	1.0
18	巴西	17	1.0
19	西班牙	15	0.9
20	以色列	14	0.8

给出最近5年(2019—2023年)QJ主要投稿来源按照国家和地区分布。虽然来自期刊主办国英国的投稿数量最多, 但与排在2~4位(占比均超过10%)的中国、美国和印度相比, 差距并不大。即使按照大洲分布来看, 由于亚洲的中国、日本、韩国学者投稿踊跃, 美国、澳大利亚和加拿大等气象强国学者对其也很重视, QJ的“欧洲”特征被模糊。尤其是, 来自伊朗、阿根廷和巴西等国家的投稿占据一定比例, 是很难得的。

QJ鼓励世界各地学者投稿高质量的文章, 作者无需支付任何出版费用, 这对于发展中国家学者和依然主要靠兴趣的研究者尤其重要。QJ还受到中国学者的高度重视, 近年来不仅投稿和发表论文数量增加(见本期封三文章), 还是中国学者引用国际成果最多的来源期刊之一。

深入阅读

- Baldwin M P, 2023. The stratosphere. *RMetS Quarterly Journal: Celebrating 150 Years*, London, 13 September 2023.
- Golding B, 2023. Numerical weather prediction: the quest for accurate rainfall forecasts. *RMetS Quarterly Journal: Celebrating 150 Years*, London, 13 Sep 2023.
- Haigh J D, 2023. Advances in climate science through the pages of the QJ. *RMetS Quarterly Journal: Celebrating 150 Years*, London, 13 Sep 2023.
- Pourret V, Šavli M, Mahfouf J F, et al, 2022. Operational assimilation of Aeolus winds in the Météo-France global NWP model ARPEGE. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 148(747): 2652-2671.
- Ross A N, Methven J, 2023. Introduction to the QJ@150 Anniversary Collection. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 149(754): 1541-1545.
- Woollings T, 2023. Rossby waves in the Quarterly Journal. *RMetS Quarterly Journal: Celebrating 150 Years*, London, 13 Sep 2023.

(作者单位: 中国气象局气象干部培训学院)