

杨萍,张萌,许小峰. 2016. 从《用天气图制作预报的原理》看艾伯克龙比的气象学思想. 气象, 42(10):1271-1277.

# 从《用天气图制作预报的原理》看 艾伯克龙比的气象学思想<sup>\*1</sup>

杨萍<sup>1</sup> 张萌<sup>1</sup> 许小峰<sup>2</sup>

1 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081

2 中国气象局, 北京 100081

**提 要:** 拉尔夫·艾伯克龙比(Ralph Abercromby, 1842—1897)是 19 世纪英国著名的气象学家,他首次利用天气图的原理进行天气预报,开辟了用天气图预报未来天气的先河。文章在简要介绍艾伯克龙比的生平基础上,重点介绍了他的专著《用天气图制作预报的原理》,在概述该著作的框架和基本观点后,围绕着等压线形势的七大类型、对天气类型的分类和如何开展天气预报这三个方面阐述了艾伯克龙比对气象学的认识,并在此基础上,梳理和总结了艾伯克龙比对气象学的贡献及影响。

**关键词:** 艾伯克龙比, 等压线, 天气预报, 天气图分析

**中图分类号:** P456

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.10.012

## Abercromby's Contribution of Meteorology and the Principles of Weather Forecasting by Means of Weather Charts

YANG Ping<sup>1</sup> ZHANG Meng<sup>1</sup> XU Xiaofeng<sup>2</sup>

1 China Meteorological Administration Training Centre, Beijing 100081

2 China Meteorological Administration, Beijing 100081

**Abstract:** Ralph Abercromby (1842—1897) was a famous British meteorologists in the 19th century. He proposed the principles of weather charts and used them in weather forecasting. He opened up the beginning of weather forecast by weather charts analysis. Based on the brief introduction of Abercromby's life, this paper focuses on his monograph: Principles of Weather Forecasting by Means of Weather Charts. After outlining the work frame and basic concepts, the paper presents Abercromby's understanding of meteorology, including seven types of isobars, classification of the weather type, and how to carry out the weather forecast. Finally, Abercromby's contribution and influence on Meteorology are combed and summarized.

**Key words:** Abercromby, isobars, weather forecast, weather charts analysis

## 引 言

天气预报如今已经成为人们日常生活中不可缺少的部分,与天气预报密切联系的科学是天气学。从天气学的英文名“Synoptic Meteorology”来看,天

气学可以理解为“综观的气象学”,也就是说要综合各种气象观测资料才能够做天气预报,天气图便是有效体现观测资料信息的重要载体(陶祖钰等, 2014)。

17 世纪以前,“看云识天气”是进行天气预报的主要手段,17 世纪以后,随着温度表、气压计等气象

\* 中国气象局气象干部培训学院“气象科技史研究”项目和国家自然科学基金项目(41375069)共同资助

2016 年 4 月 7 日收稿; 2016 年 5 月 30 日收修定稿

第一作者:杨萍,主要从事城市气候、气象科技史等研究. Email:zz96998@163.com

观测仪器的相继出现,地面气象站的陆续建立,人们开始根据气压、气温、风、云等要素的变化来预报天气。但是,利用天气图预报天气只有100多年的历史(黄荣辉,2001;高守亭等,2003;张大林,2005;许小峰等,2014;范雯杰等,2015;陶诗言等,2003)。英国作为一个海洋大国,自工业革命之后,在气象学方面出现了很多具有影响力的工作。继德国教授布兰德斯(Heinrich Wilhelm Brandes)于1820年绘制出世界最早的天气图后,电报等科学技术开始兴起,1837年,英国人科克(W. F. Cooke, 1806—1879)和惠斯通(C. Wheatstone, 1802—1875)设计制造了第一个有线电报,1851年,英国气象学家格莱舍(James Glaisher, 1809—1903)在伦敦展出了第一张利用电报收集各地气象资料而绘制出的地面天气图,伴随1853年布鲁塞尔会议(首次国际气象会议)的召开,为履行该会议提倡的同步观测的要求,隶属英国贸易部的气象厅成立,菲茨罗伊(Robert Fitz-Roy)作为该气象机构的主要推动者,被任命为气象厅主任(被后人认为是英国第一任气象局局长),开始在英国建立同步气象观测站、启动日常观测,并于1861年首次在英国《泰晤士报》(The Times)上为公众发布全球第一份由官方正式发布的天气预报。利用天气图原理制作天气预报的则是一位已经被很多后人淡忘的英国气象学家拉尔夫·艾伯克龙比(Ralph Abercromby, 1842—1897)(杨萍等,2014;杨萍,2016)。

艾伯克龙比对气象学突出贡献是通过分析等压线的形势来预报未来天气,这也使其在英国气象发展史中的地位举足轻重。尽管他一生都在从事极度热爱的气象学事业,却并未供职于任何单位,就是这样一位“业余”的气象学家曾被英国气象学界称之为“大英帝国的亚里士多德”(Wood et al, 2001)。现在看来,这一称号可以从两个方面来理解:一方面说明艾伯克龙比在英国气象学发展中发挥了重要作用,有效开拓了英国气象学研究的新局面,这种开拓是飞跃性的进步;另一方面,艾伯克龙比对气象学的贡献和影响过大,导致其气象学思想统治时间过于长久,对后人进一步创新和突破产生了一定的阻碍作用。由于艾伯克龙比对于气象学发展的双面效应,加之其研究成果与20年之后出现的以皮叶克尼斯(Vilhelm Bjerknes)为代表的挪威学派相比,显得科学性和信服度不足(黄荣辉等,2016)。因此,后人关于艾伯克龙比在气象学方面的贡献和代表作的研

究极少。尤其在国内,不管是天气学的教科书,还是各类气象学发展历程的研究工作,艾伯克龙比的气象学思想难寻踪迹,甚至很难看到有研究提及此人。

《用天气图制作预报的原理》(Abercromby, 1885)一书中,艾伯克龙比首次提出了利用等压线形势来预报天气的思想,集中体现了艾伯克龙比对天气图的系统分析能力和对天气现象的深刻认识,遗憾的是,由于其未能将现代气象科学思想融入到天气图的分析中,预报天气仍旧处于对于天气现象的经验分析层面,因此未能被后世传承和全面了解。但是,这本著作在艾伯克龙比所处的时代显然是一项开创性工作,也是一本值得气象科技史爱好者及天气预报员们认真研读的著作。本文在概述艾伯克龙比的生平基础上,简要介绍《用天气图制作预报的原理》的整体框架和主要内容,重点围绕艾伯克龙比提出的气象学理论介绍等压线形势的分类、天气现象的分类及如何用天气图进行天气预报,并从该书中归纳了艾伯克龙比对气象学的贡献及对其当今天气预报的可能影响。

## 1 艾伯克龙比及著作简介

拉尔夫·艾伯克龙比,1842年出生于英国的克拉克曼南(Clackmannan),1860年加入军队,1866年退役。退役后,艾伯克龙比毕生都在从事自己所热爱的气象学研究,而未供职于气象机构或高校。早期,由于他对气象学抱有浓厚的兴趣,于1869年申请到英国气象学会的赞助,在仪器发明家路易斯(Louis Casella)的赞助下,艾伯克龙比发表了第一篇论文《苏格兰常见天气预测的科学解释(A scientific Explanation of the Popular Weather Prognostics of Scotland)》。之后,在10多年气象观测的基础上,艾伯克龙比对未来天气预报的研究做了大量工作,完成并发表多篇有关天气诊断方面的论文,如《关于一些气压计的一些微小振荡(On Certain Small Oscillations of the Barometer, 1875年)》,《常见天气预测(Popular Weather Prognostics, 1882年)》,《某些天气预测的解释(On the Explanation of Certain Weather Prognostics, 1883年)》,《用天气图制作预报的原理(Principles of Weather Forecasting by Means of Weather Charts, 1885年)》以及《天气(Weather, 1887年)》等(Abercromby, 1888; Wood, 2001)。此外,艾伯克龙比对

云进行分类,其确定的 10 种云形在 1891 年被国际会议采纳,并成为现今关于云形分类的基础。《用天气图制作预报的原理》是艾伯克龙比的代表性专著之一,于 1883 年完稿,1885 年由气象委员会正式出版。气象委员会并非第一次正式出版气象预报方面的专著,但之前的著作作者全部任职于英国气象局,非英国气象局员工的专著由其正式出版尚属首次,可见艾伯克龙比这本著作的价值和影响力巨大。艾伯克龙比在该书中系统地梳理了天气图对未来天气预报的指示作用,首次提出等压线的形势能够用来预测天气的气象学思想,19 世纪的气象学研究因此跨出了一大步(杨萍等,2014)。

该书分为正文和附录两个部分,正文包括六章,第一章简要介绍天气图(Synoptic charts),第二章介绍梯度和风(Gradients and wind),第三章详细分析了等压线形势和天气的联系(Isobars and weather),第四章分析天气序列(Weather sequence),第五章为天气预报(Weather forecasting),第六章介绍风暴预警(Storm warnings),附录包括四方面的内容,附录一介绍了高层云的观测(Provisional instructions in making observations of the upper clouds),附录二介绍了在风暴预警中的站点名称(Names of stations which are supplied with storm warnings),附录三提出风暴预警值的确立(Opinions respecting the value of storm warnings),附录四对 1881—1882 年天气预报的结果和实况进行对比(Comparison of Forecasts with the weather subsequently explained, from April 1881 to March 1882)(Abercromby, 1885)。

## 2 《用天气图制作预报的原理》的气象学理论

### 2.1 对等压线形势的认识

艾伯克龙比在书的开篇便强调了天气图的重要性,认为天气图的出现孕育了一种新科学,将更加快速地推动天气预报的发展。他为读者简要介绍了英国天气预报的流程,科普了天气图的基本绘制方法,并对天气图上等压线的特点提出了自己的看法。他认为,等压线的形势和形状对未来天气的影响很大,尽管等压线的形状在每个时刻都各不相同,但从大量等压线天气图的个例中归纳出能够进行明确

定义的类型。书中,他一共定义出七种类型的等压线形势,包括气旋型(the cyclone)、次级气旋型(the secondary cyclone)、V 型低压(the V-shaped depression)、反气旋型(the anticyclone)、楔型等压线(wedge-shaped isobars)、直线型等压线(Straight isobars)和鞍型(The col)。

艾伯克龙比基于天气实例,对不同类型等压线形势图的形状、特征所对应的天气情况及其未来的天气演变情况进行了分析(图 1)。他指出鞍型为高低压的混合形势,楔型为高压,直线型一边气压高,一边气压低。

以气旋型结构的天气分析为例(图 2),他认为在典型气旋型天气下,不同区域将呈现出不同的天气性质,气旋被槽线分割为前后两块区域,前方区域又被分割为东南和东北两区,对于各个区域,艾伯克龙比逐一给出了各区未来天气的预测结果,如前面的区域一般温暖、潮湿、天空昏暗阴沉,后面区域的天气一般则刺冷、干燥、稳定。

通过对不同类型等压线形势的天气分析,艾伯克龙比认为,分析天气情况依赖于等压线的形势和梯度情况,而不是取决于等压线本身的气压值。他指出,一张天气图只能提供给定时间内已有的天气情况,天气图上的等压线时时刻刻都在发生变化,因此,要预示未来的天气,就需要对若干幅连续的系列天气图进行分析。此外,还需要关注天气状况发生的连续变化,如“蓝天—云—晕—雨—蓝天”的变化过程,并记录各个要素的变化情况。对气象要素的记录是否准确取决于气象观测仪器的精确度,跟踪记录连续的天气变化过程有助于认识不同要素之间的关系,对于准确预报未来天气很有意义。可以看到,艾伯克龙比在对等压线形势的分类中,已经有了梯度和时间演变的概念,并发现天气情况并不是取决于等压线本身的气压值,这种气象学的思想与现代天气预报分析的思路非常吻合,对现今的预报员们分析天气仍旧非常重要。

### 2.2 对天气类型的认识

艾伯克龙比认为,不同类型的等压线形势会出现特定的天气性质,一旦明确了某个天气系统属于上述哪种类型的等压线形势,就能够判断出未来天气变化的走向和趋势。因此,对天气系统进行分析,并归纳出指导天气预报的基本原则非常必要,这将有助于人们去分析和解释天气图中的各种天气现

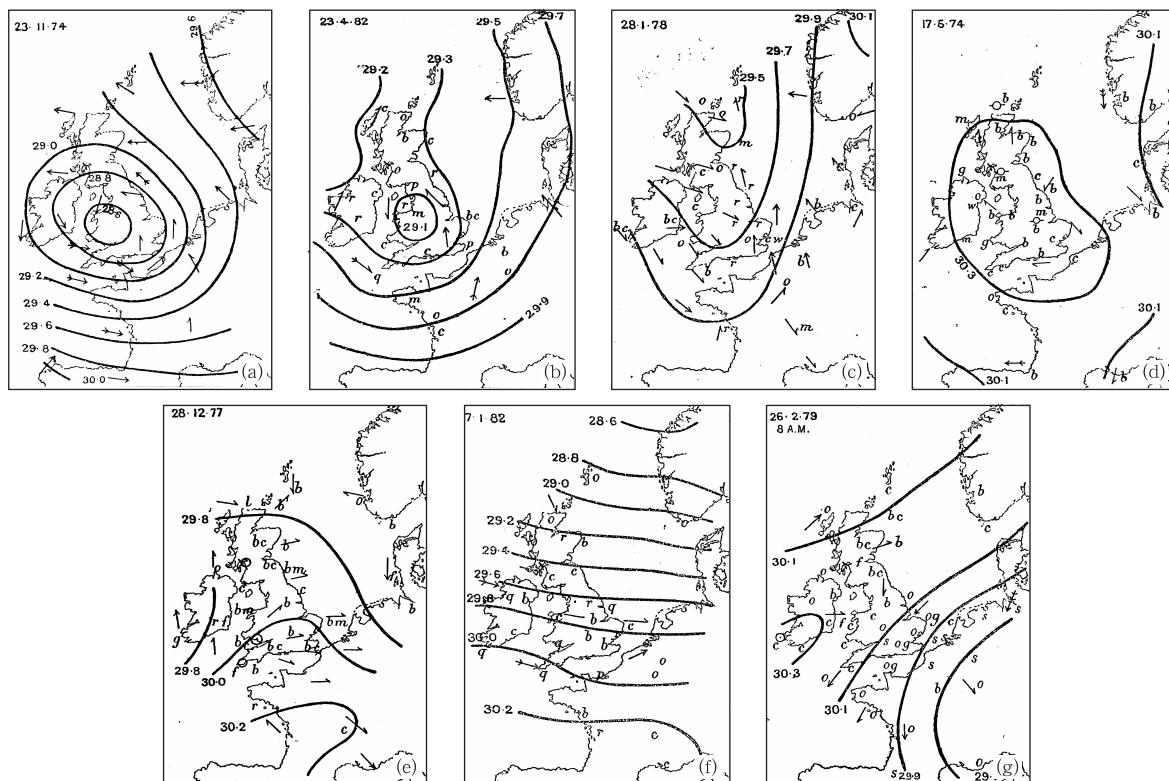


图 1 七种类型的等压线形势

(a) 气旋型, (b) 次级气旋型, (c) V 型 (现在称为槽), (d) 反气旋型, (e) 楔型 (现在称为脊),  
(f) 直线型, (g) 鞍型 [单位: in (1 in = 25.4 mm)] (Abercromby, 1885)

Fig. 1 Seven types of isobars

(a) cyclone, (b) secondary cyclone, (c) V-shaped depression, (d) anticyclone, (e) wedge-shaped isobars,  
(f) straight isobars, (g) col-shaped isobars (unit: inch) (Abercromby, 1885)

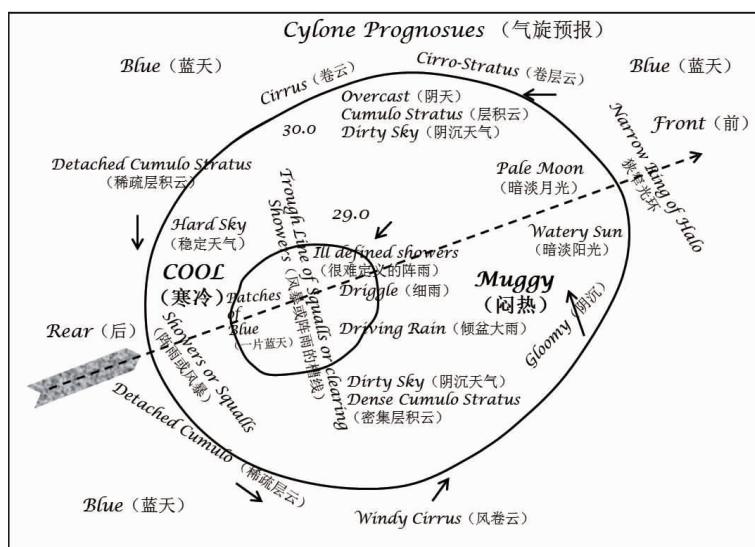


图 2 气旋型结构不同位置的天气特征

(Abercromby, 1885)

Fig. 2 Characteristics of different portions of the same cyclone

(Abercromby, 1885)

象,发现天气变化的规律并用于开展未来的天气预报。基于这样的认识,艾伯克龙比对英国的天气做了大量分析的基础上,将英国的天气归纳为南风型(southerly type)、西风型(westerly type)、北风型(northerly type)和东风型(easterly type)这四种类型。

通过对四种天气类型的天气现象的分析和归纳,艾伯克龙比发现,南风型天气时,气温普遍偏高,风速稳定,一般不会出现阵风。南风型冬季出现的频率最高且维持时间最久。西风型天气时,气旋强度和天气状况均不太稳定,容易转化为南风型或北风型天气。北风型天气时,英国西部和西北部受高压控制,且在6和8月最为普遍,气温偏低,大气干燥,夏季和秋季易出现强烈飓风,北风型天气往往出现在西风型天气之后。东风型天气在英国的各个季节都有可能发生,此类型下形成的风暴都较为剧烈,对英国海岸的影响最为严重,也是四种类型中最难预报的。从艾伯克龙比对英国天气现象的分析中能够看到,他描述的天气状况与位于中纬度西风带的英国天气系统的特点是一致的,因此可对天气现象的分布和变化做出较好的判断。

### 2.3 对天气预报的认识

基于对等压线形势和天气类型的分析,艾伯克龙比对如何开展天气预报工作进行了细致的研究和阐述。他基于对天气状况的了解,提出了多种预报天气的方法。艾伯克龙比认为,认识气旋的移动路径(cyclone paths)是非常重要的预报方法,他指出,在英国,除了个别东风型天气的特例外,气旋中心始终向东移动,并且更易沿海岸线移动而不是向陆地移动。如经过陆地,则倾向于向山谷或低洼地区移动;他还提出,跟踪途径大西洋的风暴(Storms crossing the Atlantic)也很重要。通过对这类风暴的跟踪,已经发现大西洋两边的天气可能存在某种联系,但由于过于复杂和多变很难确切描述。在1885年,英国气象局已经着手和法国、美国等气象部门合作,通过电报接收风暴信息,以期共同推动天气预报的发展。此外,艾伯克龙比非常重视云的观测,他认为,云是天气预报中非常重要的预报要素,观察卷云将有助于预测再生气旋型的降水,还能帮助预报员明确一些原本认识不清晰的天气现象。

与此同时,艾伯克龙比认识到,尽管他对等压线形势和天气做了大量的分析和归类,但仍旧有大量的特例不能归纳到这几种基本类型中去。因此,除

了认识等压线形势和天气类型外,还需要考虑波动性(fluctuation)、持续性(persistence)、强度(intensity)、周期性(recurrence)、依赖性(dependence)等天气形势的基本特征,对于每一种性质如何作用于天气预报,艾伯克龙比均给出了详细的解释。例如,他提出持续性即为大气持续保持的特征,如果能在给定的时间内判断出大气具有持续性的特征,这对于预报很有帮助。他还对当时较为流行用统计方法、太阳黑子等方式进行预报做了分析和评论,认为太阳黑子对降水的影响并不如前人所揭示的那样巨大,统计方法仅仅能计算多日天气的平均状态,对于未来1~2天的预报来讲,作用微乎其微。现在看来,利用太阳黑子或统计手段进行预报主要是应用在气候学而非天气学领域,因此,在尚未能明晰天气和气候差异的19世纪,艾伯克龙比能够认识到这些要素并不适用于天气预报,也很难得。

## 3 艾伯克龙比对气象学的贡献

### 3.1 开辟了利用天气图分析预报未来天气的先河

自1820年第一张天气图问世后的半个世纪内,天气图的绘制在全世界各国开始流传,天气图的出现让人们开始了解同一时间不同地区的天气状况,并发现不同地区之间的天气可能存在着某种关联。但是,尽管人们认识到天气图对未来天气预报可能存在的重要作用,但却没有人能够有效地将天气图与未来天气预报系统地结合起来。《用天气图制作预报的原理》一书标志着天气预报从第一阶段菲茨罗伊的单站预报发展到第二阶段利用天气图开展预报,即从单站气压的高低来预报天气发展为从气压的分布来预报天气,其关键在“图”(weather chart)。艾伯克龙比创造性地开辟了用天气图开展预报的先河,直至现在,数值天气预报快速发展的今日,归纳各种天气类型并给出其天气分布的概念模型,仍旧是全世界预报员的基本思路。但是,也需要看到,艾伯克龙比尚未给出气团和锋的明确概念,未能够将天气图赋予物理内涵,所以,艾伯克龙比《用天气图制作预报的原理》只是将天气预报带入了第二阶段,而未能建立该阶段的代表学派(第二阶段的代表学派是以皮耶克尼斯为首的挪威学派)。

### 3.2 积累了大量基于观测事实的天气预报个例

艾伯克龙比能够利用天气图分析进行预报,首

先得益于对大量观测事实的积累。他从小对天气现象就非常感兴趣,年轻时代就被奇妙的天气现象所吸引,1867 年 1 月 1 日起正式开始记录天气观测日志,随着对天气现象的越发熟悉,1869 年开始,艾伯克龙比日记中对于天气现象的描述更加全面和深刻。该天气观测日记一直持续到 1884 年(Wood, 2001)。大量观测事实的积累为艾伯克龙比进行天气预报个例分析提供了基础,《用天气图制作预报的原理》一书中给出的等压线形势图、天气类型图等绝大多数都是来自于艾伯克龙比所积累的天气观测日志中。不难想象,没有大量观测数据和事实,艾伯克龙比很难从中得到等压线形势的不同类型、天气的不同类型,更谈不上对未来天气进行预报了。难能可贵的是,艾伯克龙比非常尊重客观事实,在书中,他不仅仅列举了成功的预报个例,也给出了不少失败的预报案例,并对失败的案例进行剖析和反思,将天气预报的经验和教训都呈现给读者,这种尊重事实承认失败的品质对当今气象工作者们仍旧有借鉴意义。

### 3.3 为天气学从经验走向理论迈出了坚实的一步

在 19 世纪中期,天气预报业务诞生,自世界各

个国家着手绘制天气图以来,不同地区的天气和相互联系已经开始被人们认识。尽管 19 世纪的气象学已经有所进展,但这些研究尚处于各种成熟学科的混杂阶段。当时,人们对天气预报的认识还停留在依靠经验、利用气压升高降低来判断未来天气的阶段中,也正是如此,英国在 1861 年起发布的每日天气预报业务随着其第一任局长菲茨罗伊的自杀而终止,并一蹶不振了 10 年之久。天气预报未能得到重视的很大原因是人们尚未找到科学有效的方法预报未来天气。1885 年,艾伯克龙比《用天气图制作预报的原理》的出版标志了英国的天气预报迈入了一个新的阶段,即从复杂的天气情况和天气图结构进行归类分析,根据每种类型的共性建立天气预报遵循的各项基本原则,以此指导气象部门进行天气预报,并初步建立了天气预报业务的规范流程。从英国气象局 1882 年前 3 个月的天气预报结果为例(表 1),英国全区天气预报平均准确率超过了 75%,且不同区域的预报准确率变化微小,预报整体水平趋于稳定。这些工作让 20 世纪初天气预报成为现代社会不可缺失的部分,使天气学成为一门独立的学科。

表 1 1882 年 1 月 1 日至 3 月 31 日天气预报预报准确率的结果(Abercromby, 1885)

Table 1 Summary of results of weather forecasts from January to March 1882 (Abercromby, 1885)

District	Percentages				Total Percentages of Success
	Complete Success	Partial Success	Partial Failure	Total Failure	
Scotland, N.	39	42	14	5	81
Scotland, E.	35	43	15	7	78
England, N. E.	32	46	17	5	78
England, E.	33	44	17	6	77
Midland Counties	31	46	18	5	77
England, S.	35	46	14	5	81
Scotland, W.	30	44	19	7	74
England, N. W.	32	44	17	7	76
England, S. W.	34	42	18	6	76
Ireland, N.	36	44	14	6	80
Ireland, S.	35	41	16	8	76
Summary	34	44	16	6	78

## 4 结 论

陶祖钰等(2014)在研究天气学的发展概要时,介绍了 Shapiro 等(1999)提出的物理概念模型,认为观测事实要通过理论来认识本质,理论必须有观测事实作为依据,诊断是将观测事实和理论联系起来的桥梁。在当今计算机和数值化的高新技术时

代,三者仍旧是缺一不可。

回顾艾伯克龙比气象学的研究过程和贡献,不难发现,观测事实、理论、诊断这几个关键词贯穿始终,尽管当时归纳出来的理论还有经验和推断的成分,尚不能到达挪威学派的高度,但是,科学的思维方式却是渗透在了这位科学家研究气象学的方方面面。正是因为艾伯克龙比积累了长达几十年的气象观测事实,才有可能通过现象来认识本质,从复杂多

变的等压线形势和天气现象中找出共性,归纳出几种典型的类型;在理论形成的基础上,通过建立不同要素之间的关系,诊断和分析等压线形势和未来天气之间的可能联系,才让天气图预报未来天气成为现实和可能,大大推动了英国天气预报业务的发展,给停滞了10多年的英国气象学注入了新的活力,并推动19世纪的气象学研究向前迈进了一大步。也有后人提出,艾伯克龙比让英国的气象学发展停滞了40年(Wood, 2001)。正是因为艾伯克龙比的气象学思想在其所处的时代影响力过大,客观上反而妨碍了后人的发展创新,对后人超越其思想产生了一定的阻碍作用,但是,这并不能否认艾伯克龙比是一位伟大的气象学家。科学的发展并非只是一个一个历史成果的继承,而是继承前人成果的合理内核,批判前人成果的局限性而一步一步向前发展的。挖掘和分享气象科学史上留下痕迹的科学家及其思想,有助于启示和激励当代气象工作者做出开创性的研究成果。

## 参考文献

- 范雯杰,俞小鼎. 2015. 中国龙卷的时空分布特征. 气象, 4(7): 793-805.
- 高守亭,赵思熊,周晓平,等. 2003. 次天气尺度及中尺度暴雨系统研究进展. 大气科学, 27(4): 618-625.
- 黄荣辉. 2001. 大气科学发展的回顾与展望. 地球科学进展, 16(5): 643-657.
- 黄荣辉,皇甫静亮,刘永,等. 2016. 从 Rossby 波能量频散理论到准定常行星波动力学研究的发展. 大气科学, 40(1): 3-21.
- 陶诗言,赵思熊,周晓平,等. 2003. 天气学和天气预报的研究进展. 大气科学, 27(4): 451-467.
- 陶祖钰,熊秋芬,郑永光,等. 2014. 天气学的发展概要——关于锋面气旋学说的四个阶段. 气象学报, 72(5): 970-947.
- 许小峰,张萌. 2014. 气象科技发展历程的若干回顾及启示. 气象科技进展, 4(6): 6-12.
- 杨萍. 2016. 菲茨罗伊与《天气学手册》. 气象学报, 74(4): 646-652.
- 杨萍,叶梦姝,陈正洪. 2014. 气象科技的古往今来. 北京: 气象出版社.
- 张大林. 2005. 大气科学的世纪进展与未来展望. 气象学报, 63(5): 812-824.
- Abercromby R. 1885. Principles of Forecasting by Means of Weather Charts. London: HMSO.
- Abercromby R. 1888. Weather-Prognostics. Popular Science Monthly, 32.
- Shapiro M A, Wernli H, Bao J W, et al. 1999. A planetary-scale to mesoscale perspective of the life cycles of extra tropical cyclones: The Bridge between Theory and Observations// Shapiro M A, et al. Life Cycles of Extratropical Cyclones. Boston: American Meteorological Society
- Wood M. 2001. Meteorologist's profile-Ralph Abercromby. Weather, 56: 102-106.