

# 笛卡尔与《气象学》

杨萍

(中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

摘要: 笛卡尔的著作《气象学》一书第一次打破了亚里士多德维持了近两千年的气象学体系, 具有开创性的意义。本文系统梳理了《气象学》的主要内容和重要观点, 重点介绍了笛卡尔在物质假说、降水、云、风、虹等方面的认识, 并围绕笛卡尔的科学研究思想谈了几点思考, 希望能给从事科学研究及气象科技史研究的学者提供一些参考。

关键词: 笛卡尔, 气象学, 方法论, 天气现象

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2016.01.008

## Descartes and the *Meteorology*

Yang Ping

(China Meteorological Administration Training Centre, Beijing 100081)

**Abstract:** The *Meteorology* which Descartes wrote beat the meteorology system which had lasted for two thousand years by Aristotle in the first time, and has an initiating significance. This paper combed through the views of Meteorology, focusing on the areas of metaphysical theory, rain, cloud, wind, rainbow and so on, and makes reference of the ideas of Descartes, in order to offer some help for the study of meteorological history.

**Keywords:** Descartes, meteorology, methodology, weather phenomenon

### 0 引言

勒内·笛卡尔 (Rene Descartes, 1596—1650年), 法国著名的哲学家和科学家。他最为人知的论断“我思故我在”开创了崭新的哲学时代, 其形而上学的思想至今仍旧在哲学史上存在着范围甚广和持久的影响。但是, 笛卡尔的个人成就远非如此。除了哲学上的贡献外, 笛卡尔在自然科学方面的成就令后人景仰: 他改变了人们关于世界的概念, 第一个提出了运用少数几条基本法则来理解所有物理变化的观念, 并将其运用到多个领域的研究中; 他建立了高等数学的重要基础, 是解析几何的发明者; 他发明了现代数学求解方程中常用未知量的表示, 创立了表示数字的立方和高次幂的标准符号; 他的机械唯物论把物理学与形而上学完全分开, 创立了著名的“动量守恒定律”; 他在34岁时完成《世界》一书的手稿, 他的《屈光学》确立了光的折射与光所穿越的介质密度的关系。笛卡尔具有令人吃惊的创造性思维, 敢于向他所处的时代占统治地位的成见和权威发起挑战, 并与

弗兰西斯·培根 (Francis Bacon) 齐名被称为近代科学史上两位“伟大的旗手”<sup>[1-3]</sup>。

气象学作为一门年轻的科学, 其发展历史尚未得到足够的重视。关于笛卡尔在气象科学发展历程中的突出贡献关注甚少。笛卡尔在1937年第一部公开出版的著作作为《谈谈方法》、《气象学》和《屈光学》、《几何学》三篇论文作为《谈谈方法》的附录一同出版。尽管《谈谈方法》正文已有多位学者将其译为中文<sup>[3]</sup>, 但附录《气象学》一直尚未见其中文版, 仅仅在刘昭民所著的《西洋气象史》中部分谈及了笛卡尔的气象学观点<sup>[1]</sup>。有关笛卡尔的其他参考资料中, 对其气象学观点的介绍通常是浅尝辄止。事实上, 笛卡尔打破了亚里士多德维持了近两千年的气象学体系, 建立了一种简洁一致的解释方法来研究大气中各种自然现象, 让气象学开始成为一门真正意义上的科学。可见, 笛卡尔的《气象学》这本著作值得气象科技史的学者们进行深入研究。

本文在概述笛卡尔的生平和其对气象领域贡献的基础上, 简要介绍《气象学》这本著作的完成背景和章节, 重点围绕物质假说、降水、云、风、虹等方面介绍了笛卡尔在这些领域方面的认识和观点, 力图归纳和总结出笛卡尔在气象学方面的成就和贡献, 为后人提供借鉴和参考。

收稿日期: 2015年8月14日; 修回日期: 2016年1月4日  
第一作者: 杨萍 (1981—), Email: zz96998@163.com  
资助信息: 中国气象局“气象科技史研究”项目; 国家自然科学基金 (41375069)

## 1 笛卡尔及对气象学领域的贡献

### 1.1 笛卡尔的生平简介

笛卡尔是17世纪法国著名的哲学家和科学家。他出身贵族，却对政治没有兴趣，致力于对新科学的研究和探索。笛卡尔少年时代非常好学，就读于欧洲最著名的学校拉·弗来施（La Fleche）公学，攻读语文、历史、文学、神学、哲学、法学、医学等众多古典学科，并大量阅读多个领域的书籍，博览众书的学习积累是笛卡尔批判思考世界的原动力。成年后，笛卡尔放弃书本教条，收集各种经验，并辅以理性思考去认知世界。他在1618年以绅士志愿兵的身份加入了荷兰莫里斯亲王的军队，并投入大量时间从事科学研究。1649年，他到瑞典为女王授晨课，由于无法适应当地的生活，因肺炎于1650年离世。笛卡尔偏爱新科学，认为只有科学才能给人类带来幸福。作为近代史上众多的科学家之一，笛卡尔不是多产的学者，从他第一部作品问世（1637年）到最后一部著作出版（1649年）一共只经历了十二年的时间，然而，他为物理学、数学、光学、气象学等多个自然科学领域做出了许多惠及后人的贡献<sup>[5-8]</sup>。

### 1.2 笛卡尔对气象学的贡献

从古希腊亚里士多德时代到17世纪的两千年之间，气象学的发展极为缓慢，亚里士多德的《天象论》在中世纪被视为神明经典，极大束缚了中世纪学者以观察和实验探究气象科学的尝试。中世纪后期，哥白尼提出了“日心说”，伽利略借助于自制的观测仪器为哥白尼的天文学观点做辩护，开普勒继承和发展了哥白尼的行星天文学，这些成就尽管还不能和17世纪的科学革命相提并论，但对于推动科学革命的到来功不可没。在这一时代背景下，对新科学进行研究的要求越来越迫切，于是在大气科学领域，出现了笛卡尔这样一位具有划时代意义的科学家。

笛卡尔对于气象学的贡献突出：首先，他近乎完全摆脱了亚里士多德《天象论》的束缚，使气象学成为了具有科学性质的一门学科；其次，笛卡尔创立了一个全面的新理论——机械唯物论，其核心思想“通过观察收集材料，再总结成能够理解的理论体系”在气象学的分析中得到了充分的体现，为气象学的研究打开思路；再次，笛卡尔追求化复杂为简单的研究思路，他所撰写的《谈谈方法》成为其进行气象学研究的原则与规范，至今仍有很多值得后人学习和借鉴之处。

## 2 《气象学》简介

### 2.1 《气象学》的撰写背景

在撰写《气象学》之前，笛卡尔曾经着手撰写

著作《世界》，并于1633年前后完成定稿，希望勾勒出一种能解释所有自然现象的统一学说。但是，由于该书阐述的日心说等理论超越了他所处的时代，并被教会压制，因此，《世界》这部作品直至笛卡尔死后才得以出版。庆幸的是，该书的诸多观点在《谈谈方法》（1637年）中得以体现。

1637年以前，笛卡尔先后完成了《屈光学》、《几何学》和《气象学》这三部作品，在此基础上，笛卡尔撰写了一本关于方法论的著作《谈谈正确运用自己的理性在各部门学问里寻求真理的方法》（简称《谈谈方法》），这四部作品在1637年合并为一本书出版，《谈谈方法》作为正文，《气象学》等其他三部作品以附录的形式呈现<sup>[3]</sup>。从《气象学》的内容来看，《世界》一书中的一些假说在这本书中得以体现。值得一提的是，《谈谈方法》正文中提到了认识客观世界的四条基本原则，在《气象学》一书中有不少体现。这四条原则为：第一，要尽量避免轻率判断，即使对待权威说法也要保持怀疑的态度；第二，遇到复杂问题时，可以把它分解为一系列简单的问题；第三，要按照次序认识并解决系列问题，逐步回溯到原始的复杂问题；第四，要尽量全面细致地考虑问题，确信准确无误<sup>[2]</sup>。

### 2.2 《气象学》的章节简介

《气象学》一书分为十讲，第一讲讨论了陆地上关于物质的本质，提出了物质假说理论，第二讲讨论了蒸汽和其他蒸散物（exhalations），第三讲论盐的特性及形成原因，第四讲讨论风的属性，第五讲讨论云的形成，第六讲讨论与降水相关的雪、雨、雹等自然现象，第七讲围绕风暴、闪电以及其他空中燃烧的火焰展开论述，第八讲利用光学原理讨论彩虹的特性和形成机理，第九讲围绕着云的颜色、晕等自然景观展开论述，第十讲谈了假日现象及形成原因。通观全书，笛卡尔将物质假说理论运用到对各种自然现象的解释中去，本文将重点介绍该理论对于风、云、降水等常见自然现象的解释，笛卡尔还提出了光学原理，并将其运用到虹、晕、假日等现象的解释中去，本文将以彩虹现象的研究为代表介绍其光学原理的主要观点<sup>[4]</sup>。

## 3 《气象学》的重要观点<sup>[4]</sup>

### 3.1 物质假说理论

在《气象学》开篇，笛卡尔便提出了物质假说理论。他认为，仅考虑物质构成的形状和组成，水、空气、土等物体都可以看作由不同形状、大小、排列不完整的物质构成，并推导了固体和液体的形成过程。他认为，当这些物质相互缠绕和交叉成篱笆状时，便形成诸

如土、木头等固体，当这些物质并未交错而只是简单组合，以致于稍一运动就会分开，便形成了比较稀薄的液体，比如水或油。在解释光的传播时，笛卡尔设想出一种感官无法感知的精微物质（fine material），这些精微物质可以沿任何方向做直线运动，能够散布于液体和固体极其细小的气孔（pore）中，这种物质产生的热量与受太阳激发的程度成正比。在这样一个假设下，他解释了为何人觉得夏季比较热、为什么白天比夜晚暖和、为什么离赤道越近就越热等问题。

在提出物质假说的基础上，笛卡尔解释了蒸汽的产生原理。他认为，物质在物体的气孔中运动，促使物体的一部分与整体相脱离，并上升到空气中形成蒸汽。基于蒸汽的解释理论，他还进一步解释了为什么在暖季或中午的湖水比多云或冷季时干涸得更快；还解释了为什么冬季人们能够看到哈气而夏季却不能看到。此外，笛卡尔提出了蒸散物（exhalations）的概念，他认为蒸散物比蒸汽呈现出更多的形态，因为蒸散物的组成物质更加多样和变化。

除了利用物质假说理论解释蒸汽和蒸散物的形成外，笛卡尔对海洋中的盐分也进行了详细的阐述和研究。他认为，盐是由长而硬的物质组成的，在水中不会蒸发，因为盐太重，所以不能轻易地悬浮在空中；用沙子过滤能够提取海水中的盐，因为沙子的物质只能让水物质通过，而拦截了长而硬的盐物质；盐水要明显重于清水，因为组成盐水的物质更厚更重，能够在更小的空间中进行组合。此外，他还利用物质假说理论讨论了为什么盐和雪在一起会容易融化，而水和碎冰在一起却会成为冰，以及为什么赤道地区海水的含盐量要大于极地等问题。

### 3.2 对风的认识

笛卡尔对于所有自然现象的解释几乎都是在物质假说理论的前提下展开的。他认为风是因为是受到多种物质的影响所产生的现象。例如，大吼大喊或者轻微扇动就能强迫空气的流动，从而产生风。他认为更加强烈的风一般是来自于海面或地表上升的蒸汽运动，甚至还设计了一个装入少量水的空心球（被称为汽转球），用此模型来理解和解释自然界存在的风。

对于风的性质，笛卡尔做了大量和仔细的观察，并对自己所观察到的现象逐一加以解释。

他提出东风比西风更干更洁净，是与西风逆源于蒸汽自东向西运动的惯性相关；白天盛行猛烈干冷的北风，是因为在赤道地区有更多的蒸汽升至空中，北方相反，并受到更多外力，迫使物质更容易向各个方向运动；他还解释了为什么白天盛行吹海风，那是因为受太阳照射后，海洋蒸发的水汽比在陆地多，而陆地在很多地方干旱而不能提供如此多的水汽。类似

地，他解释了为什么春季尤其是三月份的风是所有季节中最干的，还解释了南风一般盛行于夜间且轻缓、潮湿的原因。

### 3.3 对云的认识

笛卡尔认为蒸汽不仅产生了风，也是产生云的根本原因。当蒸汽在扩散过程中越来越不透明时，如果向地表扩散就形成雾，如果蒸汽继续抬升，就会形成云。促使蒸汽越来越不透明的主要原因是构成蒸汽的细小微粒受外力作用后，与其他微粒足够近直至碰撞后，会聚集成小水滴或小冰片，因此云层是由这些聚集成的小水滴或小冰片组成的。除非受到风的影响，那些小水滴的形状一般呈现圆形，如果他们的体积增大到空气无法支撑时，就会快速地降落到地面形成雨，如果周围的空气不够暖和，无法溶解水滴的冻结，就形成了雪。

笛卡尔解释了为什么云所处的高度存在不同。他认为，云一般是在有风的过程结束之后形成。云能够在距离地面不同高度形成，出现错落有致的堆叠，这主要取决于蒸汽在上升过程中发生聚合所用的时间。这种情形在山区更容易出现，因为山区对蒸汽的热力抬升作用更为复杂。对于相对更高的云，那里的空气更加寒冷，遇冷结冰的可能性更大，因此，高处的云往往由细长的小冰片组成。

此外，笛卡尔还研究了云的形状。他认为，天气平静且少风的情况下，云的形状一般会不规则、不均匀。如果蒸汽在上升中遇到了几股强烈的阵风，风受阻被迫形成漩涡，从而蒸汽受到了来自不同方向的均衡外力，此时云的形状就较为统一。如果风因受到太阳热或其他原因比较温暖，那么云在形成中需要一个将小冰粒包裹起来的外壳，此时形成的云往往会更加厚重和巨大。

### 3.4 对降水的认识

笛卡尔认为，降水非常复杂多变，其不确定因素很大，因此人类很难准确地进行降水的预测，这个观点即便今天来看，仍旧是了不起的结论。

笛卡尔利用物质假说理论，解释了雨、雪、雹的形成。他认为，在风、流动的空气等外界因素的作用下，云层里最高层的小冰片会首先下降，在降落途中颗粒间的相互吸引使其变大变重，当他们降落到地面尚未来得及溶解，便形成雪，如果冰片在溶解过后，遇到了冷风使其再次凝冻，便形成了雹。如果周围空气比较温暖，冰片被溶解成小水滴，当水滴的体积增大的空气不能够支持时，抑或水滴下方的空气发生收缩，再或水滴上方的空气压迫，就会形成雨降落在地面。关于降水强度，笛卡尔做了进一步分析，他认为水滴下方空气收缩所造成的降水一般非常弱，有时甚至形成不了降水而只是下了一场雾；但是，如果是

上方空气压迫云发生下沉,那么往往会形成大雨。此外,在闷热的夏季,有时候还未看到云过来就有降水落下,这主要是由于别处的风与空气中大量水汽作用的结果。

在雹的研究中笛卡尔非常重视观察。他在《气象学》一书中详细介绍了在1635年2月4日发生的一次雹事件,他观察到最初的雹颗粒非常微小,而后在冷风的作用下变大,并产生了类似齿轮一样的六角冰雹。他认为,六角形冰雹是空气中的热量、蒸汽、强风相互作用后形成的一个产物。关于雹为何会有不同的形状,笛卡尔这样解释,雹形状的不同和形成过程相关:当遭遇冷风,使得下降的水滴迅速凝结,这时容易形成透明的圆形冰雹;当正在融化的雪片遭遇冷风,还没有形成圆形的水滴便被冰冻,便形成了形状不规则的雹。

### 3.5 利用光学原理认识虹等自然现象

笛卡尔对于光学现象的研究起源于沙因奈尔(Christopher Scheiner)1629年夏天在罗马附近观察到了一种幻日现象。笛卡尔对此抱有了极大的兴趣,并着手研究光学的原理。他提出了一种理论:最高云层由冰片和雪组成,风融化并冻结了它们,形成了坚硬的、透明的冰环,其功效如透镜,产生了假日现象。这种解释听起来非常荒谬,但是,正是通过对幻日现象的深入追寻,笛卡尔才开始了对光的研究。他吸收了阿尔海森(Alhazen)和开普勒(Johanns Kepler)光学著作的精华,利用物质假说理论解释光的现象,勾勒了光的形成原理,并阐释了反射和折射定律。

利用光学原理解释各种自然现象的论述中,笛卡尔关于虹的解释是最为全面和详尽的。他认为,当空气中大量的水汽被阳光照射后,进入人们的眼睛,便形成了虹。这种自然现象不一定在遥远的天空中发生,也可能是在很靠近人们的地方形成。他还指出,虹是一种弧形,圆形水滴的尺寸并不能改变虹的弧度,并用图形解释了虹形成的光学原理(图1)。对于虹的形成原因,笛卡尔通过复杂的计算和对几何图形的分析得到,虹主要是通过光线的两次折射和一次反射进入眼中,还有部分是通过光线的两次折射和两次反射进入眼中。此外,笛卡尔还指出,虽然彩虹呈现出红、黄、蓝等不同的颜色,但这些颜色形成的机理是相同的。由于笛卡尔掌握了反射、折射等光学原理,尽管他还不能说明彩虹的颜色为什么如此排列,但他对虹的成因分析与起亚里士多德时代相比,已经称得上是科学。

## 4 总结

从笛卡尔《气象学》这本专著中,我们能够看到,笛卡尔对气象学及自然科学领域的贡献巨大。首先,笛卡尔非常重视观测和实验。17世纪开始,自然科学的研究开始全面注重观测和实验,笛卡尔便是最

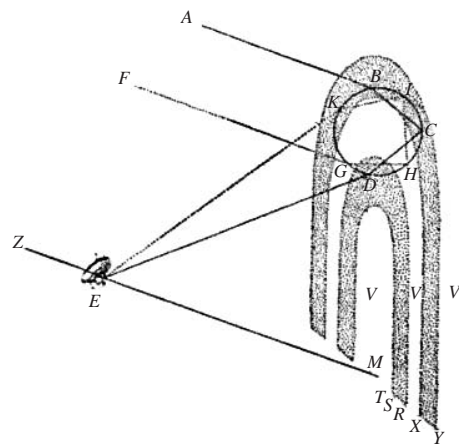


图1 彩虹形成的光学原理<sup>[4]</sup>  
Fig. 1 Rainbow diagram

早从事气象观测的先锋之一。笛卡尔在《气象学》一书中对降水、云、风、虹等多种天气现象进行了详细的描述,这些观测事实得益于他制造并使用了大量的观测仪器。其次,笛卡尔建立了一套假说(物质假说理论),用于解释各种自然现象。能够通过观测从千变万化、看似毫无关联的自然现象中找出共性,化繁为简,尽管解释结果存在偏差,但是,笛卡尔这种科学的研究方法已经远超过了他所处的时代,即便到今天仍旧值得后人借鉴。第三,笛卡尔尝试多学科相互融合。笛卡尔在气象学中值得后人称道的工作之一是对彩虹的成因分析,与亚里士多德时代关于虹分析的最大不同是笛卡尔引入了光学的原理、运用反射和折射定律来解释虹,从而使其分析和研究结果具有了科学的意义。

笛卡尔是世界科学史上的著名人物,是一位具有远见卓识的思想家,尽管人们对其贡献的评价多种多样,但是,值得肯定的是,笛卡尔在气象学中的诸多观点给后人的研究提供有价值的参考,同时,其创造性思维、挑战权威、否定和怀疑真理的科学精神也值得继承和发扬。

致谢:衷心感谢中国气象局许小峰研究员及两位评审专家对本文撰写过程中给予的指导和帮助。

### 参考文献

- [1] 刘昭民. 西洋气象史. 台湾: 中国文化大学出版部, 1981.
- [2] 杨萍, 叶梦姝, 陈正洪. 气象科技的古往今来. 北京: 气象出版社, 2014.
- [3] 笛卡尔. 谈谈方法. 王大庆, 译. 北京: 商务印书馆, 2000.
- [4] Descartes R. Discourse on Method, Optics, Geometry, and Meteorology. Olscamp P J. Indianapolis: Bobb-Merrill, 1965
- [5] 王洋. 笛卡尔科学及其哲学之间的关系问题研究. 上海: 华东师范大学, 2012.
- [6] 蒙虎. 十七世纪西方数学的自然哲学背景. 西安: 西北大学, 2003.
- [7] 周晓亮. 直觉与演绎: 笛卡尔的方法论选择及其困境. 云南大学学报: 社会科学版, 2004, 4(1): 3-10.
- [8] 汤姆·索雷尔. 笛卡尔. 李永毅, 译. 南京: 译林出版社, 2014.