

QIXIANG KEJI DE GUWANGJINLAI

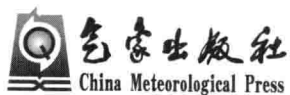
气象科技的 古往今来

杨萍 叶梦姝 陈正洪 编著

 气象出版社
China Meteorological Press

气象科技的古往今来

杨 萍 叶梦姝 陈正洪 编著



内 容 简 介

本书简要介绍了从原始社会到近现代社会中人类对天气和气候现象及规律的主要认识及其发展历程。气象科技早期在和天文、地理学共生中萌芽,经历了近千年的观察和经验积累,在近代工业社会以来科技进步的带动下,逐渐发展成为一门理论性强、应用广泛的现代科学。本书梳理了气象科技从古至今的发展脉络,体现了气象科技发展过程的曲折历程以及个人能力与集体智慧融合的重要性。本书内容简单明了,生动有趣,适合一般气象工作者和广大气象爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

气象科技的古往今来/杨萍,叶梦姝,陈正洪编著.
北京:气象出版社,2014.6

ISBN 978-7-5029-5951-7

I. ①气… II. ①杨… ②叶… ③陈… III. ①气象学-技术史
IV. ①P4-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 118242 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:李太宇

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:710 mm×1000 mm 1/16

字 数:200 千字

版 次:2014 年 7 月第 1 版

定 价:30.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:9

印 次:2014 年 7 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

序

气象这一门科学是如何发展起来的？即便回答不了这个问题，似乎并不妨碍对现代气象学的掌握，换句话说，即便掌握了气象学知识，也未必能回答好这一问题。那么从对这一问题的了解和掌握的角度看，发展历程与气象科学的关联何在呢？应该说既关系密切，又有其独到的价值吧！

培根(Francis Bacon, 1561—1626)认为，科学是通过逻辑推理建立的知识体系，其前进的原动力是人类的好奇心；哲学家波普尔(Sir Karl Popper, 1902—1994)认为，科学的发展是一个类似物种进化的过程，当发现了旧有理论无法解释的现象时，更加全面和科学的理论就会取而代之；社会学家默顿(Robert K. Merton, 1910—2003)认为，是社会需求和社会观念决定了科学发展的速度和方向；恩格斯也曾提出，“社会一旦有技术上的需要，这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”。归纳一下这些大家的观点，可以概括为三个方面的动力：需求、好奇心、认识与理论进步。如果再补充一点，相应的技术进步也发挥了重要作用。

在气象科学的发展史上，这些原动力在不同历史时期都确实起到过决定性作用。气象是一门非常古老且实用的学科，人类对自然灾害的抗争和对自身生存条件的关注，及对瞬息万变又从不重复的天气现象的好奇，是17世纪以前的几千年里气象科技发展的主要动力，受限于科技整体水平不高，仅靠这个动力驱使，气象学进展缓慢，且在不同地域、不同文化背景下，人们对于天气现象和规律的认识往往不尽相同。17—18世纪启蒙运动之后，人类不再将古人的知识奉为圭臬，通过观察和实验，从实际经验中积累了更多的气象知识，为了纠正亚里士多德的《天象论》中的

谬误,法国哲学家笛卡尔(Rene Descartes, 1596—1650)撰写了一本小册子《气象学》,收录了大航海时代的探险家们在环球航海中发现的风暴理论、风压定律、气候分类等知识。然而,这种模式下气象科学也只取得了有限的进展,气象学的革命并没有随着 18—19 世纪的天文学、物理学的革命一同到来,甚至也晚于此后的化学、生物学的革命。19 世纪下半叶到 20 世纪初,航海运输、远洋捕捞、区域战争以及随后发生的两次世界大战等因素所引发的强烈需求推动气象科学从发展的瓶颈中走了出来,加之在这一时期气象专业机构的建立,以及观测、通信和计算技术不断发展,大气科学的发展获得了持续稳定的政策、资金和人才支持,并开展了广泛的国际合作。

回顾气象科技发展的古往今来,可以看出,气象科学显然不是脱离于其他学科独自发展的,而是既建立在数学、物理学、地理学、天文学的发展基础之上,但又不是这些学科发展之后的必然结果;气象学的发展表现出对技术的强烈依赖,近现代气象科学取得的巨大成果,无一不是得益于技术革新的巨大推动;气象学的发展并非仅是某几个杰出人才的成就,而是众多学者或失败或成功的尝试积累的结果;从历史的角度看,气象学的发展走的是一条曲折之路,经历过数次停滞、无人问津、理论偏向,甚至反复;在 21 世纪的今天,气象学发展理论体系远非完善,尽管成功地发展了中尺度中短期大气运动的动力热力学模式,但对于局地性小尺度或更长时间段的大气运动机制,在理论上仍存有大量问题尚待进一步探索。

气象科技史的研究具有十分重要的价值和意义。这里所说的科学技术史,不仅仅是科学技术发现的大事年表,也不是按照当下科学技术的范围和标准来选择材料的历史故事,而是要还原当时的问题提出、研究方法及范式。事实上,科学技术史并不像我们想象的那样确凿,很多在当代看来是错误或无用的理论和假定,事实上却可能在科学发展中起到关键性的作用,不同背景的学者往往对同一门学科发展的关键因素、历史分期等各执一词。科学技术史的首要价值在于其历史性本身,构造一部以科学、

技术及相关因素作为主要的历史解释要素的历史,一部特殊类型的符合发展真实和规律的人类文明进步史。

对于气象科技工作者来说,科学史研究有助于更好地理解 and 把握当今大气科学发展脉络,了解科学问题的解决过程和局限性。科学作为认识对象并不是一成不变的,其研究目的、研究重心一直在不断变化,这种动态性作为科学的重要特性之一在大气科学领域表现得尤为突出。然而在基础教育和高等教育阶段的教科书以及一般的科学著作中,对知识体系的内在逻辑强调较多,对科学发展的动态性关注较少,在一定程度上不利于气象工作者在实际业务和科研中突破研究瓶颈,也不利于对学科发展的总体把握和理解。

对于广大气象行业从业人员,气象科技史可以成为科学、技术、人文、社会相互沟通的平台,为科学哲学、科学社会学等科学人文类学科的发展提供基础,为气象文化的积淀和升华提供土壤。科学史学科创始人乔治·萨顿(George Sarton, 1884—1956)曾说,科学史是自然科学与人文学科之间的桥梁,它有助于获得自然科学的整体形象、人性的形象,从而全面地理解科学、理解科学与人文的关系,帮助科学更好地为人类社会服务。同时,对科技史的了解,还有助于对不同学科相互影响的认识,特别是对气象学而言,根植于多门学科的进步,伴随于多种技术的发展,这种认识上的提升则显得尤为重要。

对于气象相关专业学生、气象爱好者和普通公众,科技史知识有助于气象科学的传播与普及。科学史能够打破文理隔阂,让理科学生从社会历史的角度思考科学,让文科学生对自然科学的发展和社会功能有基本认知,这个功能对于目前分科严格的高等教育体制来说格外重要。科学史也是普及科学知识的一个重要的手段,气象科学家的历史故事、历史上重大的天气事件、极端天气记录、历史气候变化及其影响等等,综合趣味性与知识性,有助于普通公众了解大气科学,提升科学素养。

科学史是一门年轻的学科,20 世纪初由萨顿正式创立,此后在西方逐

渐形成了实证主义、观念论、科学社会学等理论流派。然而由于气象科学的独特性,对其的研究始终以对历史气象文献的整理工作为基础。1889年,美国陆军通讯部(U. S. Army Signal Corps)出版的《国际气象学文献目录(International Bibliography of Meteorology)》收录了从文艺复兴至19世纪末的各种气象学资料共一万六千多个条目,六万本文献资料,该书于1994年再版,使得今天的气象工作者也能够看到这本气象科技史研究的重要参考材料。2001年,国际科学史与科学哲学委员会(IUHPS)成立了国际气象史研究委员会(ICHM),主要关注大气科学发展史、气象观测历史、气象仪器发明史、历史气候变迁等领域。大部分气象史相关文章都十分关注区域气候特点,并体现出了不同的社会背景和民族文化特点差异性。对于我国的气象工作者来说,除了译介西方学者在气象科学史方面的研究成果外,以下三个方面的气象科技史的研究也具有一定的现实意义。

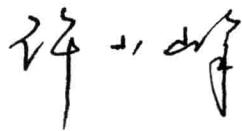
首先,科技史研究有助于从中国科学技术的独特性出发梳理中国气象科技史。中国历史悠久,对大自然的探索也经历了漫长的历程,但由于现代科学技术肇始于西方,我国学者在进行科技史的研究时,较习惯于以西方“科学”的标准来衡量中国传统科学技术成果,或在中国与西方科学技术成就的高低之间进行比较。若能从中华传统文化下的自然观、科学观、技术观出发,探讨究竟什么是中国古代的气象科学,它在形态上和现代大气科学有何不同,将有一定的理论价值。

第二,中国幅员辽阔,气候类型、天气系统复杂多样,独特的世界第三极——青藏高原对全球大气系统产生的影响不可忽视。从古代开始,中国先民就积累了丰富的物候学知识,地方志、灾异录、晴雨录等古籍中保存有大量对天气事件的记录,且持续时间久、格式统一,这些资料研究对于古气候研究、气候变化研究等业务工作具有重要的意义。

第三,近代以来,中国气象学家和气象工作者人才辈出,在中国气象事业乃至全世界大气科学的发展中都做出了卓越的贡献。它们的经历和

精神值得我们深入挖掘和学习,对气象现代化建设具有重要的启示意义。新中国成立以来,中国气象事业飞速发展,在社会主义初级阶段的社会发展水平和体制机制下,如何发挥公共气象服务的效益,使气象科学更好地服务现代社会,中国气象事业发展的历史值得研究和借鉴。

不少学科史,如数学史、物理学史、天文学史等等,无论中西,都有大家巨擘潜心钻研,成果累累。在大气科学领域,我国也有人做了相当多的工作,如已过世的王鹏飞教授曾做过广泛深入的研究,撰写了大量文稿;温克刚先生主编完成了《中国气象史》;台湾的刘昭民先生曾编写出版过《中华气象学史》和《西洋气象学史》等,但总体而言,相对于气象科技史涉及的丰富、浩繁的内容而言,目前的研究显然还远远不够。气象干部培训学院的几位年轻气象工作者近年来在工作之余凭着对这一工作的认识和兴趣,扎扎实实地做了不少研究和探讨,积累了不少有价值的资料,我也曾与他们一起做过一些交流,从中受益。这本小册子的出版,算是他们前期努力的一点初步成果吧,对气象科技从古至今做了大致梳理,希望他们能继续坚持下去,沉心静气,淡泊功利,取得更多成果。也期待有更多的气象工作者、爱好者和相关领域的学者参与到气象史的研究中来,从气象科技发展的脉络中,探索、发现、总结出有价值、有趣味的史实和规律,以史为鉴,走向未来。



2014年5月

编者的话

古人云,以史为鉴,可以知兴替。对社会发展历史来说是这样,对科学发展的历史而言也是如此。在中国气象局的支持和指导下,中国气象局气象干部培训学院组成了气象科技史研究小组开展了资料收集和研究工作。在研究的过程中我们感到,气象科技发展历史的脉络既深邃悠远,又活泼有趣,能够启发我们对学科发展规律的深思,也能够激发我们对气象科学的热爱,因此,我们希望有更多的气象工作者和爱好者能够分享这些饶有趣味的历史和故事。在本书的编辑中,编著者参考了国内已经出版的关于气象史方面的著作,也借鉴了国外一些气象科技史研究成果,并根据自己的理解,尝试用通俗的语言将气象科技发展史的基本脉络呈现给大家。

在本书的编写过程中,学院副院长肖子牛博士的组织和指导促成了编写工作的顺利完成,气象科技史课题组成员成秀虎、柳士俊、周京平、钟琦、申丹娜、费海燕、王卓妮、边森等多位老师在资料搜集整理中做了大量的基础性工作。此外,编写工作还得到了学院常务副院长高学浩的大力支持,学院多位领导和老师给予了很多帮助和支持,中国气象局办公室、华风集团为本书的出版提供了帮助,在此表示诚挚的感谢。

气象学是一门历史悠久、专业性强、与社会发展结合紧密的学科,想要梳理它的发展史对于资深的专家学者来讲都非易事,对于年轻历浅的我们来说更是难上加难。我们之所以“不自量力”地编写了这本小书,是希望能在阅读学习的基础上,尝试做一点基础性的工作,以此抛砖引玉,

得到更多专家学者的关注和指导。由于编者气象科技史积淀的浅薄以及认识上的局限性,再加上篇幅的限制,本书在内容和结构上可能都存在着各种遗憾和不足,希望读者能够谅解和批评指正。

编者

2014 年 5 月

目 录

序

编者的话

第 1 章 气象科学技术的起源	(1)
1.1 远古时代世界文明的萌芽	(1)
1.1.1 月历棒	(1)
1.1.2 巨石阵	(2)
1.2 四大文明古国的天文学与气象学	(3)
1.2.1 古埃及	(4)
1.2.2 古巴比伦	(6)
1.2.3 古代印度	(7)
1.2.4 古代中国	(9)
第 2 章 气象科学技术的探索	(12)
2.1 古希腊气象学的发展	(12)
2.1.1 古希腊的天文气象学	(12)
2.1.2 亚里士多德和《气象通典》	(14)
2.2 古罗马帝国时代(公元前 200 年—公元 476 年)	(16)
2.2.1 地理学和气象学的交汇	(16)
2.2.2 历法的沿革	(19)
2.3 中世纪和文艺复兴时期(公元 476—1600 年)	(21)
2.3.1 古代中国的气象学知识	(21)
2.3.2 阿拉伯学者的气象学研究	(23)
2.3.3 科学革命的前夜	(25)
延伸阅读 伽利略	(29)
第 3 章 现代气象科学技术的发展前夜	(31)
3.1 科学实验与实验科学的兴起	(31)
3.1.1 笛卡儿的《气象学》	(31)
3.1.2 气象观测	(33)

3.2 气象观测仪器的发明·····	(35)
3.2.1 温度表的发明与温标的确立·····	(36)
3.2.2 气压的测量与马德堡半球实验·····	(36)
3.2.3 毛发湿度表与山地气象学·····	(38)
3.2.4 风筝与高空气象观测·····	(40)
3.2.5 风压和风速的测量·····	(40)
3.3 气象学各种理论的建立·····	(41)
3.3.1 大气环流理论·····	(41)
3.3.2 降雨理论·····	(44)
3.3.3 天气现象的动力学研究·····	(44)
3.3.4 气体运动的热力学研究·····	(45)
延伸阅读 富兰克林·····	(47)
第4章 现代气象科学技术的序曲 ·····	(49)
4.1 基础学科和相关技术的发展·····	(49)
4.1.1 流体力学·····	(49)
4.1.2 热力学三大定律·····	(51)
4.1.3 气体分子运动论·····	(54)
4.1.4 科里奥利力·····	(55)
4.1.5 无线电技术·····	(56)
4.2 天气学的形成和发展·····	(59)
4.2.1 天气图的绘制·····	(59)
4.2.2 天气预报的诞生·····	(61)
4.2.3 天气学研究规范的确立·····	(62)
4.2.4 大气环流学说的完善·····	(65)
4.2.5 气旋模型的提出·····	(66)
4.2.6 风暴研究·····	(67)
4.3 气候学的发展与完善·····	(70)
4.3.1 气候图·····	(70)
4.3.2 气候学的研究·····	(70)
延伸阅读 开尔文·····	(73)
第5章 现代气象科技的突破 ·····	(75)
5.1 现代气象学的诞生·····	(75)

5.1.1 挪威学派:理论结合实际的巨大成功	(75)
5.1.2 环流理论:动力气象学的发展与成熟	(78)
5.1.3 气旋结构和锋面理论:从二维到三维的突破	(79)
5.2 高空气象观测技术的飞跃	(81)
5.2.1 大气垂直结构和成分的认识	(81)
5.2.2 高空探测时代的来临	(83)
5.2.3 云微物理过程的研究	(85)
5.3 芝加哥学派:新资料和新思维	(87)
5.3.1 地转适应理论	(88)
5.3.2 长波理论与 β 效应	(88)
5.3.3 西风急流的发现	(90)
5.3.4 长波斜压不稳定的动力机制	(90)
5.3.5 罗斯贝与芝加哥大学气象系	(91)
5.4 数值天气预报的成就	(93)
5.4.1 客观预报天气梦想的大胆尝试	(93)
5.4.2 数值预报的两位奠基人	(95)
5.4.3 强强联合开启数值预报时代	(97)
5.4.4 20 世纪 50 年代后数值预报的应用	(98)
延伸阅读 郭晓岚	(99)
第 6 章 科学与技术的结合	(101)
6.1 雷达与卫星:气象观测的新时代	(101)
6.1.1 雷达观测的发展	(101)
6.1.2 卫星的发射与气象应用	(103)
6.2 20 世纪中期的大气科学理论的进展	(105)
6.2.1 中尺度气象学	(105)
6.2.2 热带大气动力学	(105)
6.2.3 混沌理论与非线性科学	(105)
6.2.4 大气化学	(108)
6.3 气象科技的全球化	(109)
6.3.1 全球大气研究计划	(110)
6.3.2 热带气旋计划启动	(111)
6.3.3 世界气候研究计划	(112)

延伸阅读 洛伦兹	(113)
第7章 现代气象科技中的中国学者	(115)
7.1 中国现代气象科技的探索者	(115)
7.1.1 蒋丙然	(115)
7.1.2 竺可桢	(116)
7.1.3 赵九章	(117)
7.2 中国现代大气科学的奠基人	(118)
7.2.1 叶笃正	(118)
7.2.2 顾震潮	(120)
7.2.3 谢义炳	(121)
7.2.4 陶诗言	(123)
参考文献	(125)

第1章 气象科学技术的起源

气象学的发展具有悠久的历史,早期处于天文学的领域之中。人类在观察天象和地象的同时,也逐渐注意到了“气象”(空气中发生的现象),因此,早期气象学的知识积累和人类对自然界总体知识的积累是同步的。

1.1 远古时代世界文明的萌芽

在人类文明史中,刀耕火种无疑是一场革命,它结束了人类茹毛饮血的历史,堪称人类文明的开端。而这一变革的重要基础,则是人类对天文、气象及地理环境的认识和利用。在距今2万年至3000年的新石器时代,人类已经开始了最基本的天象观测,并用原始的方法记录了季节和节气的变化规律。

1.1.1 月历棒

早在远古时代,我们的祖先在采摘野果和猎捕野兽的过程中,就已经开创了原始的计数办法,如将绳子打结,在石头上刻痕等等。考古发现,这些计数方法还应用到了记录时间和季候上。1973年,在非洲斯威士兰的山洞中出土了一根狒狒的腿骨,上面有29道明显的刻痕,科学家猜测它们记录了月亮的圆缺周期,这就是一个远古的简明“月历”。据考证,该刻痕的主人生活在3.3万年前非洲南部莱邦博山(Lebombo)(今南非境内)的山洞中,因此被命名为“莱邦博之骨(Lebombo bone)”,是人类数学起源的标志之一。无独有偶,刚果境内尼罗河上游的爱德华湖岸曾经生活着一个以捕鱼和耕作为生的部落,这个部落被火山爆发毁灭,但遗留下来的一根刻满划痕的腿骨在1960年被发现,被称为“伊珊之骨(Ishango bone)”(见图1.1)。

科学家们猜测,骨上的刻痕记录了6个月内的月亮周期,也就是两次新月出现间隔的时间。对于生活在远古时代的人来说,月相的变化对狩猎至关重要。满月的时候猎人可以追赶夜行性动物,而当遇到黑暗的无月之夜,人们可以悄无声息地接近敌人。此外,观测月相无疑是原始人类记录时间流逝的一种行之有效的办法。我们知道,数字符号的产生标志着“数”从具体的事物中抽象出来,具有了独立的地位,是人类对数学认识的一大进步。而远古时代这些骨头上的刻痕显然催生了数字符号的产

生,可以看到,对于数字的认识最早还是来源于对天象、地象或气象的应用,从这个层面上看,月历棒的意义已不仅简单局限在对天文学和气象学的贡献了。



图 1.1 伊珊之骨(Ishango bone)及上面的刻痕
(http://www.thefullwiki.org/Ishango_bone)

1.1.2 巨石阵

在英国伦敦的西南部,广阔的索尔兹伯里平原上,一些巍峨的巨石已伫立了近五千年,这就是著名的史前遗迹之一——巨石阵(见图 1.2)。在公元前 3000 年至公元前 2000 年这漫长的一千年时间里,历经多个阶段的建设,占地 11 公顷的巨石阵终于建成。从现存的遗址来看,巨石阵主要是由大量整块的蓝砂岩构成,每块岩石的重量可达到 50 吨,最高可达 10 米。人们还惊奇地发现,不少重达数吨的石柱横架在两根竖着的石柱上。

公元 1130 年,英国的一位神父在一次外出时,偶然发现了巨石阵,从此这座由巨大石头构成的奇特古迹,开始引发很多学者的大胆猜测,并促进了考古天文学的兴起。早在二百多年前就有人注意到,索尔兹伯里巨石阵的主轴线指向夏至时日出的方位,其中 94 号和 93 号石的连线指向冬至时日落的方向。20 世纪初,英国天文学家洛克耶(Norman Lockyer,1836—1920)提出,如果站在巨石阵的中心来观察,93 号石头正好指向立夏(5 月 6 日)和立秋(8 月 8 日)这两天日落的位置,91 号石头则正好指向立春(2 月 5 日)和立冬(11 月 8 日)这两天日出的位置,因此推测当时已有一年分八个节气的历法。英国工程学教授汤姆(Alexander Thom,1894—1985)则提出,这些巨石遗址或者其自身,或者与附近突出的自然地貌结合,构成了指示日、月出没方位的指向线,区分出一年中的十六个节气。20 世纪 60 年代,英国学者宣称找到了指向春分日和秋分日日出方位的标志,并提出 91、92、93、94 号四块石头构成一个矩形,矩形的长边指向月亮的最南起点和最北下落点的方位。后来,天文学家霍金斯(Gerald Hawkins,1928—2003)使用计算机找出了许多新的指示日、月及其他行星出没方位的指向线,并推测巨石阵中 56 个围成一个圆圈的奥布里洞(Aubrey holes)能用来预报月食。



图 1.2 英国巨石阵 (美国澄, 2007)

没有人知道巨石阵的真正用途,也没有人知道是谁建造了巨石阵,诸多猜测和古老的传说给巨石阵增加了神秘的氛围。一些人通过考古发掘,发现土堤内侧有多处墓穴,由此推测巨石阵是远古人类用于祭祀的神庙,也有人认为巨石阵可以用来判识太阳和月亮的方位,推算日月星辰在不同季节的起落,由此推测它为观测日月、确定历法的观象台,甚至还有人通过研究,猜测那些巨石具有“神力”,可以给人治病,是史前朝圣者的康复中心。在漫长的年代里,正是因为巨石阵的神秘,才能似强劲的磁铁,永远吸引着人们的目光,我们更愿意相信,这是远古祖先留给后人的巨大谜题(庄鸿雁等,2009)。

1.2 四大文明古国的天文学与气象学

古代文明的起源和发展与当地的气候环境和地理特点的关系有着千丝万缕的关系。古代埃及、古巴比伦、古代印度和古代中国能够成为四大文明古国,离不开其发源地河流的哺育。定期泛滥的河流既带来了肥沃的冲积平原,也带来了需要适应和应对的季节变化。埃及的发源地在尼罗河流域,属于亚热带沙漠气候,拥有至少5000年的悠久文明,古埃及人很早就发明了金属农具,利用宜人的气候优势开展各种农事活动,特别是小麦的生产;古巴比伦,在埃及东部偏北处,海洋性季风气候造就了其湿润多雨的宜人气候,每到春季幼发拉底河和底格里斯河的上游山区积雪融化、河水泛滥,给中下游土地带来了一层肥沃的淤泥,为小麦高产提供了有利条件,公元前3000年,巴比伦王国首都已成为西部亚洲的商业和文化中心;印度为热带季风气候,是个有5000年历史的古国,文明发源地在印度河中下游地区,其雨量充沛,能够满足小麦对水分的需要,在印度河流域曾发掘出大量古代文物,还发现许多用砖砌成的比较先进的城市建筑,这说明当时的印度河流域已经达到相当高的文明水平;中华