

马锡彬 编著
李玉尧



地表层

水环境的变化及其利用

气象出版社

地表层水环境的变化 及其利用

马锡彬 李玉尧 编著

气象出版社

内容简介

作者根据自己的多年实践,利用有关科学领域的现代科学成果,对地表层水环境的发展变化及其利用进行综合分析研究,对水环境概念、植被的双重作用等提出自己的“一家之言”,富有新意,也富有挑战性;对开发利用地表层水资源的研究有启示和参考作用,并在实践中也有应用价值;是地质、水文、气象、生物、农业、环保、社会学等学科专业人员和高校教学人员的业务参考书,也是有关专业高校学生很好的课外读物,还是干部学习地学与生物科技知识的科普读物。

地表层水环境的变化及其利用

马锡彬 李玉尧 编著

责任编辑:陆庠、殷钰 终审:周诗健

封面设计:曾金星 责任技编:林雨晨 责任校对:陆 荫

气象出版社出版

(北京市海淀区白石桥路46号 邮编100081)

北京地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:850×1168 1/32 印张:7 字数:187千字

1997年5月第一版 1997年5月第一次印刷

印数:1—1000

ISBN 7-5029-2235-0/X·0014

定价:10.80元

水，是生命之源，
水，是文明之源，
水，是发展之源。

温克刚
2014年

温克刚现任国家气象局局长

气象战线老战士

科技领域创新者

霍成福
一九九五年
十月

霍成福现任山西省气象局局长

序

现在是变革的年代。就科学发展而论,单学科形成与发展的阶段已基本结束,已经进入了多学科综合发展的阶段。研制原子弹的曼哈顿计划、阿波罗登月计划等大型科学事件揭开了这一变革的序幕。从70年代以来,环境、水资源、土地、能源等许多危机出现,促使人们关心在保护地球自然界的条件下去寻找可持续发展的道路。从1972年联合国环境大会开始,一系列的关于环境、水、气候、粮食等等许多问题的大型国际会议相继召开,并制订跨学科、跨行业的国际合作计划,更把各学科的综合发展推向高潮。

《地表层水环境的变化及其利用》反映了这一科学发展的新潮流。作者从几十年的丰富实践经验出发,提出许多很富新意的学术观点,如水环境概念、植被的双重作用、三种蒸发面等。水的问题在这里成为沟通气象学、水文学、农学等学科的渠道。根据这些观点,作者关于华北的水问题作了论据充分而别具一格的评估。这对认识水问题,特别是华北的水问题无疑是另辟蹊径。这对调整水同人类活动的关系、保护环境和制订发展规划与经济布局都有十分重要的应用价值。

应当指出,对正在发生的巨大变化,人们在认识上并不是平衡的,它还有许多影响很小,甚至未受影响的死角。具体表现在许多工作还局限在单个学科的狭小领域,因而对一些迫切要求解决的问题只能人云亦云,作些数据的补充或公式的修改,而接触不到实质。特别是在水的问题上更是如此。有关水的学科很多,但跨越这些学科,进行更高层次的探索,却进展不多。这不能不影响到这一至关重要的问题的进一步解决。

本书的出现,正是在这一方向上迈出一步。虽然这本书也有缺

点,如对当代农业技术革命在水问题上的影响还涉及不多等。但这是进步中的缺点,并没有掩盖本书不同于传统声音的新声。正是这种新声标志着人们对水的认识即将发生的重大变化。

更难能可贵的是,本书作者并不是大学科班出身的高级研究人员,而是在气象站辛勤工作一辈子的基层技术人员和行政干部。也许正是在这样并不显眼而又能深入实际的工作岗位上,他们才能摆脱传统学科的约束而看到许多学术界现在还看不到的问题,具有在研究单位很难得到的体会。我想这本书的出版对科学道路的思索,也是颇有启示的。

张家诚

1996年3月14日

目 录

第一编 地表层水环境概况	(1)
第一章 绪论	(1)
第一节 事物与环境	(1)
第二节 水中的星球	(1)
第三节 水是地球上最重要的宝贵物质	(2)
第四节 人类生活环境的重要组成部分	(3)
第五节 地表层水的研究现状	(3)
第二章 地表层水环境	(6)
第一节 地表层水环境的总体	(6)
第二节 地面层水体环境	(6)
第三节 地面冰体环境	(7)
第四节 大气水环境	(9)
第五节 土壤水环境	(10)
第六节 地下水环境	(11)
第七节 陆地水环境	(13)
第八节 地、气水循环体系	(13)
第三章 蒸发与降水——地表层水的活动过程	(15)
第一节 蒸发与降水的重要意义	(15)
第二节 蒸发的形成及其实质	(18)
第三节 降水的形成及其实质	(21)
第四节 蒸发与降水的总体变化	(28)
第五节 蒸发与降水的地区变化	(33)
第六节 蒸发与降水的时间变化	(40)
第七节 蒸发与降水的循环	(46)
第二编 地表层水环境的变化	(52)

第四章 地表层水环境的演化	(52)
第一节 概述	(52)
第二节 水汽弥漫期	(53)
第三节 海水漂流期	(54)
第四节 洪水泛滥期	(56)
第五节 山青水秀的锦绣山河形成期	(60)
第六节 人类社会用水期与治水期	(62)
第五章 奇妙的绿色海洋	(64)
第一节 概述	(64)
第二节 大陆是植物繁荣发展的广阔天地	(64)
第三节 植物种的分化与繁荣	(66)
第四节 植物群落——植被	(73)
第五节 植被、土壤复合体	(79)
第三编 人类用水的历史回顾与展望	(90)
第六章 人类用水的历史回顾	(90)
第一节 人类用水的历史发展	(90)
第二节 人类用水的辉煌成果	(93)
第三节 农田植被与自然植被的比较	(101)
第四节 深刻的历史教训	(108)
第七章 天、人协作治水的新时期	(113)
第一节 天、人协作治水的含义	(113)
第二节 天、人协作治水的总目标	(121)
第三节 培育新型人工植被——改造农田	(123)
第四节 自然植被的恢复与开发利用	(128)
第五节 水利事业的新发展	(130)
第四编 对我国北方农业水问题的认识	(133)
第八章 农业生产的基本特征及其发展途径	(133)
第一节 农业生产的基本特征	(133)

第二节	陆生植物的基本生活方式·····	(136)
第三节	植物生活环境的基本特征·····	(138)
第四节	农业生产的回顾及其今后发展途径·····	(141)
第九章	旱涝概念的形成发展及农业旱涝的评定·····	(145)
第一节	影响万物的地表层水环境·····	(145)
第二节	旱、涝概念的形成及其发展·····	(147)
第三节	我国北方旱区气候干湿分析·····	(153)
第十章	关于农业水的几个基本理论问题·····	(162)
第一节	农学理论指导思想的重要性·····	(162)
第二节	水在农业生产中的重要作用·····	(163)
第三节	作物需水量·····	(167)
第四节	农田产量与其耗水量·····	(173)
第五节	关于缺水与缺肥之争·····	(177)
第十一章	关于农田土壤水动态的研究·····	(180)
第一节	概述·····	(180)
第二节	研究土壤水动态应明确的几个问题·····	(181)
第三节	降水的增墒效应·····	(187)
第四节	农田地面蒸发耗水期·····	(192)
第五节	农田封垅期耗水特点·····	(200)
第六节	土壤水的年过程及发展阶段·····	(205)
第十二章	关于我国北方农业水问题的总结·····	(212)
第一节	怎样认识我国北方农业水问题·····	(212)
第二节	农业不能企望有水热齐备和风调雨顺的 大气候·····	(213)
第三节	要充分利用自然,就必须充分认识自然 ·····	(213)
第四节	如何充分合理用水·····	(215)
参考文献	·····	(217)

第一编 地表层水环境概况

第一章 绪论

第一节 事物与环境

环境通常被认为是事物存在与发展的外部条件。实际上每一事物的存在与发展都会形成自己特有的环境。这种特有的环境不但是事物存在与发展的环境条件,而且对其本身存在与发展也产生重要影响。如植物的生长形成植被,由植被形成的棵间小气候,不但是下层植物、动物、微生物的生活环境,也使其自身的光、热、水、风……环境条件发生重大变化。这种事物与环境间相互交叉依存,相互交叉影响的现象,构成了一事物与诸事物间错综复杂的相互关系。广义的环境应当是事物外部条件的总称,包括对本事物有明显影响的与没有明显影响的因素。通常对环境的研究应和具体事物联系在一起,只研究对该事物有明显影响的各因素,而将其没有明显影响的方面忽略。如研究农作物生长发育的环境时,主要研究光、热、水、气和灰分营养等方面,对气压、引力场、电磁场等方面不予考虑。对环境的研究还常和形成环境的具体事物联系起来,如由人类社会形成的社会环境,由气候因素形成的气候环境,由土壤形成的土壤环境等。地表层有大量的水,形成地表层水环境。它是影响地表层万物生长的重要环境条件之一。尤其是对农业生产的影响更为突出,这就是本书重点研究的对象。

第二节 水中的星球

水的大本营海洋面积占到全球总土地面积的 70.8%,陆地上既有河湖等地面水和冰川、冰雪,还有土壤和地下空隙中都含有大

量的水,对流层大气中弥漫着异常活跃的水汽。我们生活在一个被大量水包围的地球上,故早就有水圈之说。据统计全球共有138598 万立方公里的水,如将这些水平铺在地面可形成 2690 米深的水层。地球是太阳系中真正的水星,因此有人认为,我们的星球是个叫错了名字的星球。

第三节 水是地球上最重要的宝贵物质

水在地表层条件下具有十分稳定的化学结构,只有化学性能活跃,与活跃金属元素接触才能形成新的化合物,放出氢气。如: $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2 \uparrow$,许多金属在水的作用下发生缓慢的氧化。水与许多金属氧化物化合生成碱,如 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$;和酸性氧化物化合生成酸,如 $\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$;许多盐类和水结合形成结晶水;化学风化的第一步是水化作用,天然水的氢离子浓度指示的酸碱度(即 pH 值),以及水的氧化、还原势,决定着某一环境内所进行的地球化学作用的总和。水的各种物理性能是很复杂的。水在常温下能实现气、液、固三态互变,且具有最大的质量热容,大致是土壤的 2 倍,空气的 3000 千多倍,1 克水的汽化潜热接近 2512 焦耳,冻结潜热接近 335 焦耳,因此它的温度变化与相态变化伴有巨大的能量蓄吐,是地表层最主要、最奇妙的冷热调节剂。水具有很强的吸附能力与渗透能力,几乎能吸附在地表层所有物质表面,并渗入其内部,地球上没有绝对不透水的物质。水还有很强的溶解能力,地表层没有绝对不能被水溶解的物质,是广泛使用的溶剂。因此水可以广泛地影响各种物质的物理和化学性能,在现代各种产业中都有广泛的应用。更重要的是水的这些物理、化学特性使地表层已经凝固的土性物质——岩石重新活跃起来,不断形成各种溶质和风化物。遍布大陆表面的径流携带这些溶质和风化物分级沉淀,和地质作用相结合,形成地表层物质的地质大循环,即风化→搬运→沉积→成岩→上升→再风化。原始生命物质在水中形成,并在很长的地质时期内生物只能在水中生存,移上陆地

后经过数亿年的适应陆地环境变化,形成现代陆上生物群落。所有生物都离不开水,其生理、生化机能都必须在充满水的各种条件下进行,不论任何生物机体或其局部器官,一旦失水变干,就失去一切机能。人可以在人工设备下自由地控制与利用水的三态变化;可以局部控制地面水的流入、蓄存、排放,还可以在一定程度下影响土壤水、地下水的活动;还能破除冰障,促进冰雪融化;更能利用水力发电,推动机器,开展航运,在工业、农业、医疗卫生、科学试验等许多方面广泛地使用水,总之水是容易受人支配、最广泛被人使用、最重要的宝贵物质。

第四节 人类生活环境的重要组成部分

水是生命的源泉,是人类和一切生物生活环境的重要组成部分,对人类生活和社会活动具有重要影响。长期以来,因为水分过少和过多形成的旱涝灾害,就是人类社会最主要的自然灾害,故如何治水,一直就是人们探索和设法解决的社会热点问题。尽管如此,直到现在,旱涝还是人类难以对付的主要自然灾害。据统计,当前全球由于自然灾害造成的经济损失年约 400 亿美元,其中 250 亿美元是灾害本身造成的损失,其余则是防灾救灾的费用。在自然灾害中,有四种灾害造成灾害损失总数的 90% 以上,其中:洪涝占 40%,热带气旋占 20%,干旱占 15%,地震占 15%。在热带气旋中的一部分损失是由暴雨引起的,对干旱的估计可能有所不足,旱涝灾害损失可能占灾害总损失的 60% 以上,甚至达 70%。

第五节 地表层水的研究现状

关于地表层水的研究现状,水是人类很早就注意研究的物质之一。我国古代有金、木、水、火、土等五行相生相克之说,把水当作形成万物的本源之一,国外古代也有相同的观点,认为宇宙万物是由水、火、风、土四种物质转化形成的。近代科学从微观上对水进行了比较全面深刻的研究,阐明了水的化学结构及其理化特性,较为

全面深入,对促进和发展水的工业利用发挥了重大作用。从宏观上研究水属于水文学的领域。所谓水文学有广义和狭义之别:狭义水文学专指地面水文学,有江河、海洋、湖泊、沼泽、冰川和河口等分支;广义水文学在地面水文学之外加上水文气象和水文地质等两大部分。尽管从理论上讲,广义水文学已经概括地表层水的总体,并早有水圈之说,但在实际研究工作上,主要是围绕四个分支中心,各自站在自己的特定位置上,从不同的侧面深入研究水。这四个分支中心是:①以治理江河为主要目标的地面水文学;②以掌握降水规律为主要目标的水文气象学;③以开发地下水源为主要目标的水文地质学;④以开发航运和海洋资源为主要目标的海洋学,另外,还有近代兴起的冰川学,主要是和古气候变迁相结合而引起重视。作为总体的水文学基本是罗列以上各方面的研究成果,很少进行全面深刻的总体研究,以指导各分支的研究,只是从各自侧面看总体,没有从总体全面看局部,以至对不少问题的理解存在不同程度的局限性,这不能不影响到对地表层水过程的整体认识和为解决人类用水和治水战略思想提供科学依据。

本书的目的 本书将地表层水过程当作人类社会的一个重要自然环境,从总体观点出发,总括各有关专业的科学成果,纵观全局进行综合分析研究,试图对地表层水环境的形成与发展变化,以及人类社会的用水、治水活动,作一概略的整体阐述,从而对人类社会用水、治水的指导思想进行必要的探讨,为当今社会面临的水源危机提供宏观决策上的参考。实现这一目标,涉及许多科学领域的专业知识。这些专业虽然都是组成地表层水环境总体不可分割的部分,但在长期科学研究上都是以局部当总体,缺少宏观总体的相互沟通,也缺乏应有的相互了解,互为外行。为了便于大家共同阅读,本书文字叙述尽量通俗易懂,少用专业术语,必须引用的,在文中尽量做必要的解释或加脚注。本书既是各有关专业的总体大综合,又有自己独特的观点和创见,适合各级政府领导、各级有关业务领导、以及农业、林业、畜牧、水文、气象、环保、地质、海洋等

许多地学专业技术人员和一切关心水问题的专家学者阅读参考,本书进行综合研究分析时,所有素材都是各专业的基础知识,有的还是各专业的科普读物生动描述过的,其中有些数值资料来源不同,互有出入者,只要现行中学教材有的,都采用中学地理教材的数值资料,从这方面看,本书又是科普性读物。水既是人类重要的生活环境,又是重要的物质资源,更是人类的重要工具,水的发展变化关系到每个人的生活和一切活动,人人都应当对水有较为全面深刻的知识,因此作者更希望本书将能成为大家都喜欢的科普读物。

第二章 地表层水环境

第一节 地表层水环境的总体

地表层有大量的水弥漫、聚积着,故早有水圈之称。它和气圈、岩石圈是地表层最早形成的三大圈层,加上最后形成的生物圈,为地表层的四大圈层。但气圈和岩石圈具有明显的界面,在地表层占有特定的空间位置,是完整的圈层。海洋、江河、湖泊和冰川水在地面与大气间形成相互连接而没有覆盖地表层的水体,是个具有不少窟窿的圈层。渗入土壤岩石圈的水以及弥漫大气中的水,虽然稀疏不匀,却是真正包围地表层的圈层。特别是大气圈中的水,按其数量级来看,虽属少部分,只有 1.29 万平方公里,仅占全球水量的十万分之一还少一点,可是它异常活跃,通过蒸发、降水过程不断循环,连年累月,其活动量很大,是地表层水自然活动过程的重要舞台。我们从动态的观点看,应该将水圈理解为地表层水的自然活动过程,不应只当作停留在地表层各部位、不同形态的水体,这就深化了对水圈的理解,更准确地反映了水圈的整体形象。对于地表层水自然活动过程的描述是:“以蒸发、降水为基础,通过气流、径流(江河流)和洋流联结地面水体、冰体、大气水、土壤水和地下水为一体,构成从地下数公里到高空数十公里间水的自然活动过程”,由水的这个自然活动过程形成的自然环境,即地表层水环境。

第二节 地表层水体环境

地面水体环境,是由海洋、湖泊、江河等形成大约 133818 万平方公里的水体,占全球水总量的 96.54%;有 36133 万平方公里的水面,占全球总土地面积 70.9%。其中海洋是整个地表层水的大本营,其水体总量为 13.38 亿平方公里,占全球总水量的 96.53%,与之相比湖泊与江河合计水体只是三者合计数中的一个尾数;海洋水面 36106 万平方公里,占全球总土地面积的 70.8%。

从数量、形态和实质上看,湖泊与江河只是在大陆活动的水通向海洋的站口与交通网,其中,大江和大河是主干线,各主干线均有一级分支线、二级分支线……直到细微径流分布在各自的流域范围内,湖泊则是该交通网中的调节站,因此其水量虽小,意义不能忽视。生命在水体中形成,直到现在水体还是各种生物生活的摇篮,也是无机矿物化学变化的重要场所。

水面是能吸收与转化太阳能的活动面。水的反射率小,不到陆面反射率的 $1/2$,有效辐射的支出也略低于陆面,因此水面吸收的太阳能,即所谓辐射平衡值或称辐射差额,比陆面多 $10\% \sim 20\%$ 。水的比热最大,大致为陆面的两倍,为空气的 3000 多倍,太阳光又能透射到 $90 \sim 180$ 米的清水层中,近岸混浊的水,也可透射到 $20 \sim 30$ 米的水层内。在陆地上阳光透射层不到 1 毫米,因此,太阳照射水面时增温很慢,没有太阳照射时水中有蓄存的热能调节降温也很慢,因此水面吸收、蓄存太阳能、调节冷热的能力比陆面大得多。如中纬度海洋上昼夜温差只有 $0.1 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$,而我国西北干旱地区昼夜温差高达 30°C 左右。全球海洋面吸收太阳能平均为 322.38 千焦/厘米²·年,蒸发耗热 284.7 千焦/厘米²·年,占 88% ,湍流耗热 37.68 千焦/厘米²·年,占 12% ;大陆面吸收太阳能平均为 192.59 千焦/厘米²·年,蒸发耗热 113 千焦/厘米²·年,占 59% ,湍流耗热 79.55 千焦/厘米²·年,占 41% 。可见水面所吸收的太阳能大部分进入深层蓄存起来,通过湍流传给大气的热量不到其所吸收太阳能的 12% ,主要消耗在蒸发上。而陆面所吸收的太阳能只有很少一部分向深层传导蓄存,用于蒸发的也不多,海洋所吸收热量的 88% 用到蒸发上,大陆只将所吸收热量的 59% 用在蒸发上。海洋年蒸发量为 50.5 万立方公里,占全球年总蒸发量的 88% ,是地面向大气输送水汽的主体。

第三节 地面冰体环境

地面冰体环境,是由极地与高山冰川组成的约 2406 万立方公