

全国高等农业院校教学参考书



灌区土壤盐渍化防治

朱庭芸 主编

农业出版社

全国高等农业院校教学参考书

灌区土壤盐渍化防治

朱庭芸 主编

农业出版社

(京)新登字060号

内 容 简 介

本书比较全面地阐述了灌区水、土资源开发利用有关的水管理技术和土壤改良原理及措施,对灌区的性质、任务和如何充分发挥灌溉系统的功能和作用也有精辟的论述。全书包括:灌溉与环境;灌溉、土壤与作物生长;盐渍土与土壤次生盐渍化;灌区地下水动态与土壤盐分平衡;预防土壤盐渍化的灌溉排水;盐渍土的冲洗改良和综合治理;灌溉水质与回归水利用;灌溉系统的改善和磁化水改良盐渍土等十章。编写中参考了国内外重点灌区的实际资料,基本上反映了本学科领域的最新成就和动态,能适合农业院校水资源利用管理和农田水利两专业教学的需要,不同于一般盐渍土改良书籍。同时,也适合各级农业行政人员和农、水科技工作者及灌区管理人员参考。

全国高等农业院校教学参考书

灌区土壤盐渍化防治

朱庭芸 主编

* * *

责任编辑 罗梅健

农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm16开本 11.75印张 270千字

1992年5月第1版 1992年5月北京第1次印刷

印数 1—2,000册 定价 4.30 元

ISBN 7-109-02020-7/S·1331

前 言

从公元前6000年左右，尼罗河引洪淤灌和黄河流域内开始农垦，到其后许多流域发展了灌溉农业，这都说明作为应用技术的灌溉是人类文明的先导，历史上多少灿烂的古代文化是由农业灌溉兴起。但是，灌溉土地上的文明，有过上升，也有过衰落和崩溃。灌溉管理不当引起的土壤盐渍化和沼泽化，曾使多少沃土变为不毛之地。

一般认为，灌溉的任务是将适当的水分配到土壤中，以补充农作物生长中自然供水的不足。然而，这是最简单的解释。即使对于干旱地区，这种解释也只说了灌溉作用的一半。因为干燥地区的灌溉，不可避免地还有淋洗土壤盐分的意义，湿润和半湿润地区还有改善作物根区土壤环境的意义。所以，灌溉农业是很复杂的。正如S. A. 泰勒所指出的：

“绝大多数非灌溉地区的土壤物理问题，在灌溉地区也是存在的，而这些问题的绝大多数在灌溉条件下显得更加尖锐；此外，有许多问题则是灌溉土壤独有的。”除此而外，也因为灌溉农业本身牵涉到相当复杂的生态环境问题。

土壤和水是我们赖以生存的除太阳能以外最重要的两项资源。农田水利是研究水、土资源合理开发利用的科学，因此，应该认识到，灌溉作为一项水利土壤改良措施，是要改善农业生态系统能量流和物质循环的条件，实现节水、节能、高产、高效益。关键问题是使水利建设和灌溉管理符合生态平衡原则，能在控制、调节和充分利用水资源过程中，保持有利的盐分平衡，并根据农作物的需要来调节土壤水分状况及与之有关的通气、养分和热状况，以不断提高土壤肥力，建立永久稳定的高产的灌溉农业。

由此可见，对灌溉广义地正确地理解，灌、排是统一的。在干旱、半干旱地区，灌溉与排水的互相依存显得更为重要。因为在水—土—植—气系统中，它们是相互作用、相互制约的。我很赞同福田仁志先生关于新词“IRRINAGE”（灌溉 IRRIGATION与排水 DRAINAGE的结合体）的建议。灌溉与排水密切结合，形成一个整体发挥其机能，这就是我们所谓的水利土壤改良。这与简·范席福加德在美国农业工程学会第四次全国排水讨论会上讲话提到的“要全面水管理”含义是一致的。在灌溉土地上排水的主要目的实际上是盐分的控制。因此，全面水管理和陈恩凤教授“以水肥为中心综合治理”的理论，对灌区土壤盐渍化防治具有十分重要的意义。

虽然具有悠久历史的灌溉农业已为灌溉科学奠定了雄厚的基础，但真正的科学（SCIENCE）的灌溉，自建立以来，却只不过200多年历史。全面地完成灌溉科学技术所固有的使命，作为水利工作者便肩负着重大的责任。当前，我国正处于一个历史性转变的新时期，党的十一届三中全会以来，一系列方针政策的贯彻执行和经济体制的改革，正在加速这一转变过程。我们满怀信心地“面向现代化、面向世界、面向未来”，实现科学、教育、经济的联合，迎接世界新的技术革命的到来。

主 编 朱庭芸 (沈阳农业大学)
主审人 钱佩杰 (辽宁省水利水电科学研究所)
审稿人 孙敬文 (辽宁省水利电力厅)

序

本书依据环境科学和系统工程理论，阐述与灌区水土资源开发利用有关的水管理和土壤改良原理与措施，以充分发挥灌溉系统的功能和效益为目标。它的理论和方法建立在农田水利学、土壤学、农业水文学和作物栽培学等基础上。这些学科在各自领域中有许多研究是卓有成效的，但作为灌区土壤盐渍化防治一门专业课来完整地综合地加以叙述，至今还缺乏适当的教材。作者在从事这方面科学研究和教学工作的基础上，根据教学改革的需要和科技工作必须面向经济建设的方针，写成此教学参考书。

过去30年是世界灌溉面积大发展时期，存在的问题或基本经验教训是在发展灌溉的同时，出现农田单产低、用水效率低和灌溉土地盐渍化、沼泽化等现象。据估计当今世界约有一半灌溉面积不同程度地遭受盐渍化危害，每年约有500万公顷耕地因盐渍化严重而弃耕。我国也存在类似情况，如农业单产提高较慢，用水效率低和灌区开发带来的土壤盐渍化及早化、砂化、地下水枯竭等有关问题。

灌区土壤盐渍化表面上看是土壤问题，实际是灌溉问题，是水资源利用和管理问题。灌区土壤盐渍化指土壤次生盐渍化（也有原生盐渍土改良利用中的问题），其原因主要是由于水利系统与水资源系统之间脱节，工程的结构、质量和功能失调，加之管理不善，导致水在引蓄调配和灌溉过程中损失严重，水的利用效率低，使正常的土壤水盐平衡状况遭到破坏。从环境观点来看，水利工作就是调节、控制和利用水资源以改善环境的工作。农田水利着重在农用水资源的利用管理和农田水分状况的调节。灌溉排水是土壤改良的主要内容和最有效的措施，所以土壤盐渍化并非灌溉的必然结果。土壤盐渍化的真正原因是水资源调控的失误和不良的灌溉管理。因此，水资源专业和农田水利专业应学习灌区土壤盐渍化防治的基本原理和技术。本参考书在编写中，以水资源开发利用管理为主线，联系灌溉系统的功能，灌溉的作用与效应，灌区水盐动态，土壤盐渍化机制和各项土壤改良措施，使本书具有适合水资源和农田水利专业性质的特色，而不同于一般盐碱土改良书。

盐渍土的发生和演变与众多环境因素之间相互影响，相互联系，彼此制约，因此土壤盐渍化防治必须运用系统思想和生态观点来进行综合治理。书中表达的一个重要观点：灌区是由水利技术强化了的人工农田生态系统，自然便合乎逻辑地成为灌区土壤盐渍化防治的指导思想。在这一思想指导下，依据生态系统平衡原理和现代科学技术，对灌区土壤盐渍化实行综合防治，综合治理，建立永久的稳定的灌溉农业，实现“最少的水源、能源消耗，获得最大的产品收益和人类环境质量的改善”。这是灌溉科学的标准，也必将是全体水利、农业、土壤等专业工作者和企业家毕生奋力追求的事业。

本书参阅了国内外近些年的有关文献资料，收集了国内主要灌区的实际资料，尽量反映出本学科领域的科技现状和最新成就，以保持与有关学科发展相适应的水平。因此，本书不仅适合教学参考，也可供广大从事农业、水利、土壤工作的科技人员和灌区管理人员阅读。

书稿承蒙我国土壤专家陈恩凤教授、水利专家冯友松高级工程师和高佩文教授、田园副教授、宓和群副教授等审阅，给予了肯定和鼓励，并提供多项宝贵意见。书中引用了作者的研究成果，辽宁省盐碱地利用研究所的同志们曾给予大力协助，还参考了每章末尾注明文献资料，在此一并致以衷心的感谢。

因限于水平，书中难免有错误和不妥之处，请读者批评指正。由于科学技术在迅速发展，可能会发现本书内容的缺欠和不足，作者准备以后随时予以补充和修订。

朱庭芸于沈阳农业大学

1989年7月

目 录

序

前言

第一章 灌溉与环境	1
第一节 灌区土壤盐渍化问题	1
一、印度河流域开发	1
二、引黄灌溉	3
第二节 灌溉对人类社会的影响及作用	5
一、人类早期文化取决于灌溉的发展	5
二、灌区开发的负效应	6
三、环境水利与环境影响评价	8
第三节 灌区水土资源的合理开发与利用	10
一、稳定有效地发展我国的灌溉事业	10
二、灌溉系统的功能	11
三、灌区的性质和任务	12
第二章 灌溉、土壤与作物生长	15
第一节 灌溉对土壤的影响	15
一、土壤微生物活性及养分状况的变化	15
二、土壤物理性质的变化	16
三、土壤化学性质的变化	19
第二节 灌溉对农田小气候的影响	21
一、温度和湿度的变化	21
二、土壤热容量和导热率的变化	22
三、灌溉技术的作用	23
第三节 水与作物生长的关系	24
一、植物体内的水分状态	24
二、作物的蒸腾与吸水	24
三、作物对缺水的反应	26
第四节 灌溉的增产作用	27
一、土壤水的有效性	27
二、作物耗水量与产量的关系	28
第三章 盐渍土与土壤次生盐渍化	32
第一节 盐渍土的成因、分类和分布	32
一、盐渍土的形成和特性	32
二、盐渍土的分类和分级	33
三、我国盐渍土的分布	35
第二节 土壤次生盐渍化	37

一、土壤次生盐渍化的形成	37
二、地下水临界深度	40
第三节 盐分的危害和作物的耐盐性	44
一、盐分对作物的危害	44
二、作物的耐盐性	46
第四章 灌区地下水动态与土壤盐分平衡	53
第一节 灌区地下水动态	53
一、地下水位的季节变化	53
二、地下水位的多年变化	57
三、水量平衡和地下水水位控制	57
第二节 土壤盐分平衡	60
一、影响盐分平衡的因素	60
二、盐分平衡的计算	61
三、在排水条件下被冲洗土地的盐分平衡	62
第三节 土壤改良—水文地质勘查	64
一、一般情况	64
二、地下水观测井网	66
三、观测井的设置和安装	68
四、土壤盐分观测	68
第五章 预防土壤盐渍化的灌溉排水	70
第一节 加强灌区水管理, 实行计划用水	70
一、灌溉水管理原则	70
二、渠系管理应采取的措施	70
三、用水单位应采取的措施	71
第二节 正确地灌水是预防土壤盐渍化的基本方法	72
一、采用合理的灌溉制度, 提高水的生产率	72
二、改进灌溉技术, 减少田间水量损失	75
三、减少输水损失, 提高渠系水的利用系数	76
四、掌握灌溉水质, 预防土壤次生盐化或碱化	77
第三节 适当排水是预防土壤盐渍化的重要手段	77
一、排水的重要性	77
二、排水方法	78
三、排水系统的作用	80
四、最小排水量原理	80
第六章 盐渍土的冲洗改良	84
第一节 冲洗定额和冲洗技术	84
一、冲洗定额	84
二、冲洗标准与冲洗效果	86
三、冲洗技术	87
第二节 稻田的泡田洗盐	91
一、泡田洗盐定额	91
二、泡田洗盐技术	93
第三节 碱土或碱化土的冲洗	93

一、咸水灌溉	94
二、种稻改良	95
第四节 冲洗理论	96
一、水盐平衡	96
二、盐分在冲洗条件下的运动模型	98
第七章 盐渍土的综合治理	103
第一节 基本概念	103
一、盐渍土治理概况	103
二、综合治理的指导思想和原则	104
第二节 多目标开发与综合水利化	105
一、多目标开发	105
二、综合水利化	106
第三节 地表水、地下水联合运用	107
一、地下水库的概念和工作原理	107
二、水资源调蓄的新型水利工程	107
三、地表水、地下水联合运用	109
第四节 水利工程措施与农林生物措施相结合	113
一、在改善农业结构的基础上农、林、水并举	113
二、以水肥为中心综合治理	114
第五节 盐渍土综合治理实例	117
一、黄淮海平原的旱、涝、碱综合治理	117
二、辽河三角洲以水肥为中心的综合治理	122
第八章 灌溉水质与灌溉回归水利用	127
第一节 灌溉水质	127
一、自然水的化学成分和分类	127
二、灌溉水质的评价和分类(级)	129
三、水稻的灌溉水质	134
第二节 灌溉回归水	138
一、回归水的基本特性	138
二、回归水质的变化	140
三、回归水灌溉的水质标准	141
第三节 回归水的产生及其可利用量	144
一、回归水的产生	144
二、回归水的可利用量	145
第四节 利用回归水防止盐碱害的综合措施	147
一、重视排水、排盐,改善水质	147
二、掌握规律,改善引水条件和利用方式	147
三、改进灌溉技术	148
四、采取抗盐农业措施	149
第九章 灌溉系统的改建与改善	151
第一节 现有灌溉系统存在的问题及改建要求	151
一、农田水利基本建设的发展和演变	151
二、基本经验教训	151

第二节 在渠系工程设施方面采取的对策	152
一、渠道衬砌, 减少渗漏	152
二、改进渠系布置, 发挥各级渠道功能	153
三、加强水量调配、通讯联络和地下水观测等技术管理设施	154
四、改明渠为管道输水	155
第三节 田间工程方面采取的对策	156
一、旱田灌溉采用临时性渠道网	156
二、稻区建设高标准条田工程	157
三、建立回水(尾水回收)系统	162
四、广泛应用现代技术设备, 提高灌溉质量	162
第十章 磁化水改良盐碱土	164
第一节 改善水的性质, 提高灌溉效益	164
一、新型水处理技术	164
二、改土试验的结果	165
第二节 利用放射性同位素所做的试验	166
一、土体在饱和过程中盐分的变化	167
二、土体在冲洗过程中盐分的变化	168
三、摘要与结论	171
第三节 田间磁化水冲洗试验	172
一、试验设计与进行情况	172
二、试验结果与讨论	173
三、结语	177

第一章 灌溉与环境

第一节 灌区土壤盐渍化问题

虽然世界灌溉面积在逐年增加，世界灌溉事业的发展促进了粮食作物、经济作物和畜牧业的发展（从1950年到1980年，世界灌溉面积由14亿亩增加到32亿亩，增加了1.29倍。谷物产量从1951年的7699亿 kg 增加到1981年的16639亿 kg，增加了1.16倍），但是灌溉发展中也存在着一些严重的问题，灌区土壤盐渍化就是其中之一。农田灌溉过量引水，引起区域性水量平衡的破坏，在不适当条件下和不正确的管理情况下，就会发生土壤盐渍化和沼泽化。在世界各国灌溉历史上，土壤盐渍化曾是影响农业发展甚至决定国家盛衰的重要原因之一。目前世界上大约仍有一半的灌溉土地不同程度地遭到盐渍化的危害。据报道，苏联灌溉面积中，次生盐渍化约占43%，其中盐渍化程度严重的有16%。苏联过去每年因盐渍化而废弃的土地占灌溉面积的1—2%。美国约有30%的灌溉土地受盐渍化危害。印度盐渍化面积约占灌溉面积的65%，埃及占30%，叙利亚占50%，伊拉克占60%。下面举例来说明灌区土壤盐渍化的危害。

一、印度河流域开发

印度河发源于中国，经克什米尔，贯穿西巴基斯坦南北，入阿拉伯海。印度河是巴基斯坦的第一大河，长2,900km，流域面积116万km²，年平均径流量2073亿m³，年平均径流为6440m³/s，年输砂量4.35亿吨。印度河及其五大支流（杰卢姆河、奇纳布河、腊维河、萨特累季河、比阿斯河）冲积形成印度河平原。它是巴基斯坦古文化的发祥地，也是巴基斯坦的主要农业区，问题就发生在这里。

巴基斯坦有8942万人口，耕地3亿亩，灌溉面积2.1亿亩，集中在印度河平原上，是世界上最大的灌溉系统。灌溉面积按人口平均每人2.4亩，为当今世界上人均灌溉面积最多的国家。印度河平原30万km²，大部分地区属于干旱和半干旱的亚热带气候。年降水量127—380mm，70%集中在7—9月。年蒸发量1500—1600mm，年平均气温25℃，高温45℃，气候干燥。因此，灌溉是发展农业的主要措施。印度河流域北部为山地和丘陵，因此时有暴雨洪水灾害。如1973年8月，河流泛滥，淹没农田1800万亩，受灾人口1500万，损失30—50亿卢比。

1947年印巴独立分治后，印度在1948年截断了东面三条支流（腊维河、萨特累季河、比阿斯河），使巴境内约4860万亩耕地失去灌溉水源。1960年印度和巴基斯坦签订了印度河条约，规定西三河（印度河干流和西面两条支流杰卢姆河、奇纳布河）的水量，划归巴基斯坦使用，每年可有地表径流1660亿m³。东三河的水量划归印度使用，每年约有地表径流400亿m³。印度河下段为深厚的砂质土冲积平原，地下水资源丰富，每年可利用的地下水量，为370—494亿m³。

印巴条约签订后，在联合国粮农组织和世界银行的资助下，巴基斯坦开始实施庞大的“印度河流域计划”，先后完成总库容为210亿 m^3 ，水电装机为334万kW的库坝工程和巨大的西水东调工程，它是目前世界上建成的调水量最大的工程，每年从西三河引调约287亿 m^3 水到东三河流域，内容包括新建的八大引水干渠和改建三条旧渠，总长度达1120km，总输水能力达4248 m^3/s ；新建五座拦河闸，改建两座旧闸，新建一座大型倒虹吸等。这些工程在1975年前已经投入使用，目前印度河平原灌溉渠系的总长度已有61000多km，年用水量约1246亿 m^3 。由于供水有了保证，使广大的农牧工业等获得空前的发展，巴基斯坦已由粮食进口国家变成出口国。但是也出现了严重的土壤盐渍化、沼泽化问题，灌区农业潜力并未充分发挥出来。

印度河平原灌溉已有3000年历史，19世纪尚未大规模发展灌溉以前，印度河平原的地下水位的年变化基本是稳定的，一般埋深为18—30m。20世纪以来大规模发展渠灌后，到1960年前，地下水位已上升了6—9m，沿河一带地下水埋深一般小于3m，河间地区则多为3—18m。1960年以后，随着西水东调工程大量引水和灌区的扩大，使地下水位进一步升高，约有一半地区地下水位上升到距地表3m以内，1/6地区上升到1.5m以内。据巴基斯坦水利电力发展总局（简称WAPDA）资料，目前印度河平原受渍涝危害的农田已超过700万ha，占灌溉总面积的46.5%，占平原耕地面积的53%；盐渍化的土地面积为910万ha，占灌溉面积的61%，占平原耕地面积的69%。严重的土壤次生盐渍化使不少良田变为不毛之地，据统计最严重时期平均每分钟失去1英亩（1英亩=4046.86平方米）沃土。每年因盐碱渍涝而撩荒的农田面积与发展灌溉而开垦的面积几乎相等。如此发展下去不仅使国民经济遭受严重损失，印度河冲积平原的土地资源将会遭受到严重的破坏。

造成土壤盐渍化、沼泽化的原因主要是由于过去30年间灌溉发展很快，而机械化和农业措施没跟上，灌溉技术落后，特别是修建西水东调工程以后，输水干渠多系平交，截断排水出路，加以河床淤高，渠道高水位旁渗，大量引水而排水不足，使区域水量失去平衡，引起地下水位迅猛上升所致。

针对土壤盐渍化问题，巴基斯坦采取的对策是与调水计划平行，同时进行了“防治盐渍化和土壤改良计划”即“斯卡普”计划（Salinity Control and Reclamation Projects）。主要内容是在印度河平原建立16个治理区，共约1亿亩，拟打管井31500眼，挖骨干排水沟12075km，和总长为40250km的田间排水网。现在巴政府批准实施的有8个治理区，其中7个大部分已经建成，包括已经打管井28000眼和建成10座排水泵站。已建成的治理区，所采取的措施已初见成效。如I号治理区到1964年地下水位已下降了2米左右，土壤盐渍化面积由1961年的255万亩减少到98万亩，已改好61%左右。II号治理区建立了“莫纳土壤改良试验工程”，试区面积108万亩，1980年地下水埋深4.8—6.1m，比治理前降低了1—1.5m，渠系渗漏损失减少了40%，与60年代相比，农业增产70%。斯卡普计划仍在执行过程中，已基本完成的7个治理区的总面积为4230万亩，仅占印度河平原目前灌溉控制面积的19%。目前存在灌溉水质问题，原属重碳酸钙、镁质，矿化度90—300ppm的河水，转变为重碳酸钠质水，远离河渠的地下水矿化度增高到2000ppm以上，且NaCl含量随之加重。现在只把大于3000ppm的咸水抽排出区外，大部分矿化度小于3000ppm的井水或排入灌渠与淡水掺和或直接用于灌溉（矿化度小于1500ppm的井水），总之并不排出渠外。实践已经证明，在大量引水渠灌的情况下，只重视管井的灌排作用，

而忽视明沟的输送和排咸作用；只重视管井地段水盐的垂直循环作用而不与明排相结合，忽视区域水盐平衡（水盐不断引入渠系，大部分没有排出），欲图达到控制地下水水位防止土壤盐渍化的目的，几乎是不可能的。

巴基斯坦1959年制定了斯卡普10年计划，其后又制定了1965—1974十年计划和1975—1996的21年计划。计划中既有长远目标，又有分阶段的实施安排，科研工作与生产紧密结合，重点课题组织协作，注意基础资料的积累，重视对科技人员的培养，这些是值得我们借鉴的。

二、引黄灌溉

我国在建国初期对盐渍土的水盐运动规律认识不足，在开发大型灌区、发展灌溉、扩大灌溉面积中，也曾使大面积土壤出现过严重的次生盐渍化，造成了不良后果。例如1956年—1961年间，在华北平原大搞引黄灌溉便是一例。冀、鲁、豫三省平原有老盐碱地3200万亩，占总耕地面积10%左右（滨海区除外）。解放后，不少老盐碱地经过排水冲洗，挖沟种稻，引洪放淤，结合适当的农业措施，得到了改良利用。但是自50年代末期在黄淮海平原上大量引黄河水灌溉和平原蓄水而忽视了排水，曾导致平原北部大面积土壤盐渍化，使盐渍土面积由2800万亩增加到4800万亩，经过10年的治理才得到恢复。黄淮海平原总面积35万km²，有耕地2.7亿亩，是我国最重要的农业区之一（图1-1）。当时引黄灌溉面积曾一度达到2.3亿亩，致使地下水位迅猛升高，地下水埋深由原来的2—4m减少到1—2m，土壤次生盐渍化迅速扩展。据调查当时几处大型引黄灌区，次生盐渍化面积竟达实际灌溉面积的1/3。有些地区在开灌后一、二年，盐碱化即会露头，或在局部地区发展。三、四年后即有大片次生盐碱地出现，造成次生盐渍化的直接原因是引黄灌溉打乱和截断了排水系统，和大水漫灌，灌溉工程不配套等。灌溉水的大量渗漏，引起了地下水位升高。华北平原具有春旱秋涝、涝后又旱，旱涝交错的自然特点，地势低平，又多河间封闭洼地，地下水位高（一般埋深2—3m），矿化度大（一般2—10g/l），土壤属壤土或粘质砂壤土，具有易盐渍化的条件。造成大面积次生盐渍化的间接原因是当时不顾条件片面强调“以蓄为主”的方针，到处拦河搭坝蓄水或修筑平原水库，所谓“一亩地对一亩天”、“满天星”、“葡萄串”，盛行一时。因此各灌区多是蓄水不浅，有灌无排，或因灌废排。灌水愈多，蓄水位愈高，影响范围愈大，土壤盐碱化、沼泽化愈严重。这就造成了人为的灾祸，许多低洼平坦地区沦为泽国。例如河南省濮阳县因蓄水灌溉和发展航运，拦河梯级搭坝，壅高河道水位也抬高地下水位，县城内曾一度也要靠船行走，沿岸涝碱为害，房屋倒塌，许多肥沃土地大幅度减产，甚至变为不毛之地。当时山东聊城至禹城的徒骇间搭了五道坝，河北省东风灌区的小漳河搭坝七道，黑龙港搭坝二十九道。在无排水条件下，大水漫灌，促使土壤积盐。山东的高唐、夏津本是富庶地区，素有金高唐、银夏津之称，可是在当时由于盐碱危害，变成一片灰色荒野，生产力遭受破坏，群众逃荒谋生，沿途所见，触目惊心。由于次生盐渍化的普遍发生和迅速发展，群众对灌溉产生了顾虑，不少人有“宁叫旱死，不叫碱死”的想法。中共中央在1962年下令引黄停灌，经过总结经验教训，采取疏通排水，灌区配套等措施，才使情况逐渐好转。到60年代末期和70年代逐渐恢复灌溉。例如鲁西北平原1956年开始引黄灌溉，1962年停灌，1967—1979年复灌。目前每年引黄河水50—60亿m³，抗旱灌溉1000—1700万亩，其中引黄灌区800—900万亩，但小范围的次生

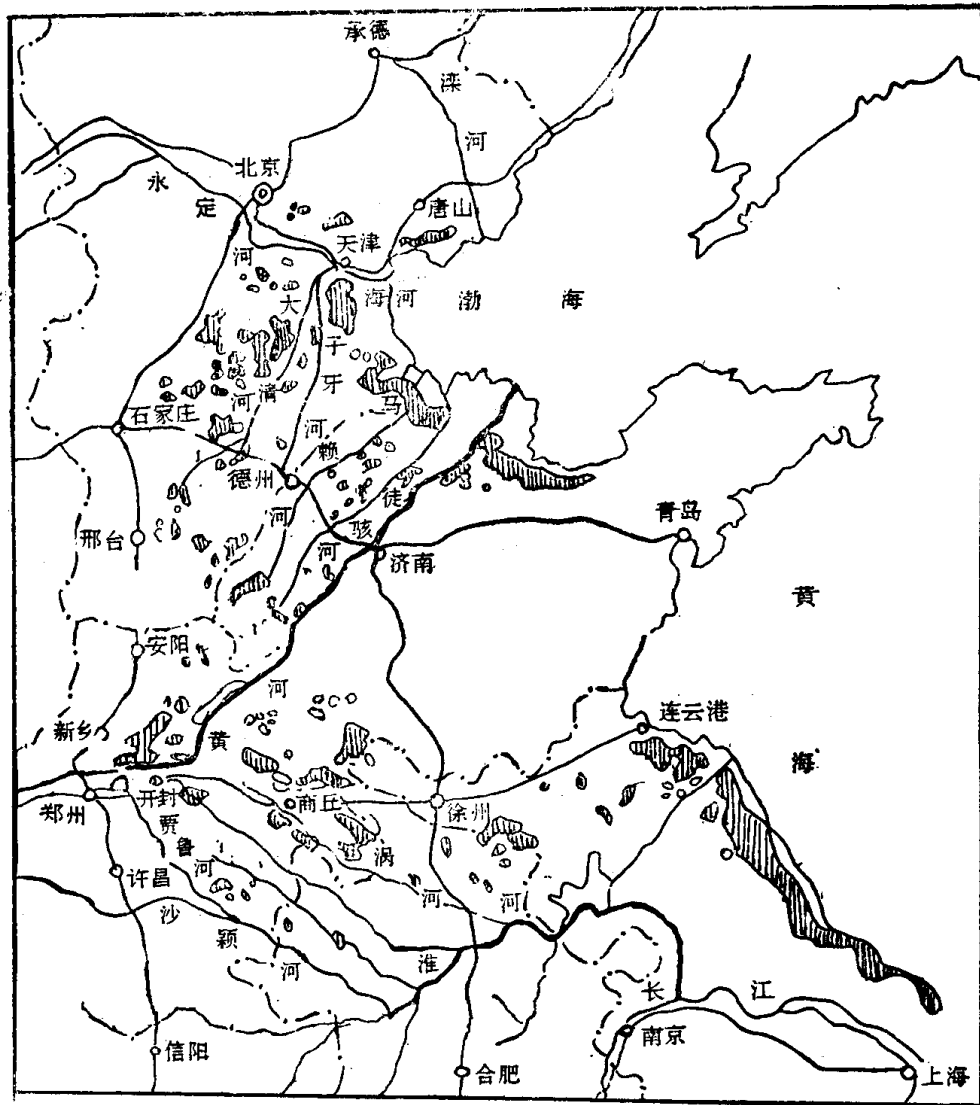


图 1-1 黄淮海平原盐碱地分布示意图

盐渍化仍有发生，不像前些年那样严重，却也很值得注意。

内蒙古河套灌区是一个在不断扩大发展中的灌区，引黄灌溉已有1000多年历史，目前仍存在土壤次生盐渍化问题。河套灌区土地总面积1700万亩，宜垦面积约1100万亩，解放初期灌溉面积290万亩，1984年发展到722万亩，盐渍化土地也由占耕地10—15%发展到58%。灌区的粮食总产量1949年为1.4亿 kg，1983年达到6亿 kg，林、牧也有较大发展，引黄灌溉的经济效益是显著的。但灌区粮食单产很低，平均亩产长期徘徊在100 kg左右。据调查，全灌区每年缺苗面积占10—30%，少收粮食0.5—1.5亿 kg，弃耕面积已占耕地的20%，有的甚至达30%。由于盐碱危害，灌区的增产潜力远远没有发挥出来。目前灌区年引水量接近50亿m³，排水量不到引水量的10%。由于排水未得到解决，地下水位长期升高，土壤盐渍化为继续发展的趋势。河套灌区处于“不进则退”，“不修则废”的局面，目前内蒙古自治区正在积极采取措施治理中。

上述国内外土壤次生盐渍化的例子，说明了灌区土壤盐渍化防治在发展灌溉和生态系统中的重要性。土壤盐渍化，严重地影响农业生产的发展。更应引起重视的是：我国一些地区次生盐渍化仍在发展。由于灌排不当，管理不善，利用不合理，治理好的耕地随时都

可能返盐，有的改好了，有的又变坏，盐渍土的这种反复性和不稳定性，反映出盐渍化防治的长期性和艰巨性。

第二节 灌溉对人类社会的影响及作用

一、人类早期文化取决于灌溉的发展

纵观中外水利发展史，可以清楚地看到水利事业与社会发展的关系。一方面社会政治经济条件直接影响和制约水利事业的发展，另一方面水利科学技术作为社会生产力的一部分，又促进社会政治经济变革和社会生产力的发展。

大约5000年前我国古代社会进入了原始公社时期，农业已开始成为社会的基本经济部门，这时我国黄河流域已开始灌溉农垦，孕育了我国古代光辉灿烂的文化。大约公元2世纪尧、舜、禹的时候，黄河流域出现了特大洪水，部落联盟会议决定鲧负责治水，失败后由其子禹主持。禹用疏导方法治水成功，使他拥有至高无上的权力和威望，舜将王位禅让给禹，由之出现了我国第一个奴隶制国家——夏王朝。可以说禹治水成功加速了我国从原始公社进入奴隶社会这一划时代的变革。

相传禹治水时重视发展灌溉，《论语·泰伯》中记载，禹“尽力乎沟洫”。这里沟洫是广义的，指农田水利即灌溉。那时已从人力提水发展到开渠引水。铁制工具的广泛使用和黄河中、下游地区的进一步开发，对灌溉提出了迫切要求。到了春秋战国时期，秦在商鞅变法等政治革新形势下，在不长时期内先后建成大型灌溉工程都江堰（昭襄王51年），和郑国渠（秦始皇6年）。都江堰的建成历史上记载自此“水旱从人，不知饥馑，时无荒年，天下谓之天府也”。郑国渠建成《史记·河渠书》记载“渠成，用注填淤之水，溉泽卤之地四万余顷，收皆亩一钟，于是关中为沃野，无凶年，秦以富强，卒并诸侯”。这是对当时历史条件下，灌溉对社会进步的影响所作的高度评价。说明郑国渠的建成对秦完成中国历史上第一次统一大业起了重要作用。

大约与大禹治水同一时期，在地球的另一方，埃及人也开始了引尼罗河水淤灌。4000年前，古伊拉克苏美尔人发展了人工灌溉，使美索不达米亚平原成为古代巴比伦的文化发祥地。历史充分说明，人类早期文化取决于灌溉的发展，灌溉农业是人类经济生活的支柱。但是灌溉并不总是成功的。历史上有不少部落因发展灌溉而兴起，又因灌溉失败而趋于没落和崩溃。巴比伦王朝就是这样在次生盐渍化和沙淤的危害下，灌区一迁再迁，工程屡修屡废，加以兵燹战争的破坏，使一代昌盛文明终于湮灭。

春秋战国时期，我国人们已经认识到华北平原和关中平原盐渍土的形成是因为黄河干、支流的泛滥，侧渗补给地下水矿化度增高而造成的。修郑国渠原是为改良利用盐碱地，但管理利用不当便事与愿违，虽兴利一时，但不能长期受益。300年后，郑国渠便因土壤盐渍化而荒废了。我国西北地区新疆、甘肃河西走廊都有类似问题。黄河干、支流改道频繁，每条旧河道便是一条盐碱风砂带。秦汉时期我国盐碱土仅分布于泾渭河及黄河下游两侧，后来盐渍化由线发展到片。三国至五代，盐碱土分布扩大到冀南、豫北、鲁西，北宋时发展到黄淮之间，元、明、清三代土壤盐渍化已遍及黄淮海大平原。

二、灌区开发的负效应

兴修灌溉工程是为了兴利，总的来说水利工程给环境带来了多方面有益的影响，促进工农业发展，一些昔日荒无人烟的地方，出现了经济繁荣、环境优美的新气象。但是由于人类对自然规律认识不足，规划设计或管理上失误，灌区开发也常常伴随着一些生态环境方面的问题，称为负效应，是不应忽视的。这些负效应除主要表现为前节谈到的土壤盐渍化、沼泽化以外，还表现为其他相联系的问题。例如河道淤积或冲刷；水土流失；疾病蔓延；土地砂化、旱化；入海水量减少，水质恶化；地下水枯竭，地面沉降，海水入侵等。

水利枢纽的修建，在上、下游引起的自然环境的变化可能是相当大的。例如若是水库没有具备充分泄水能力的深部排砂孔，库区将被泥砂所淤积，水库调节和蓄水能力将降低。在水库的末端往往形成新的三角洲，引起河道淤积，并且改变河床的坡降，直到达成新的平衡。

在这方面，三门峡水库是比较典型的例子。黄河年输砂量 19 亿 m^3 ，三门峡控制全流域的 92%。1960 年建成蓄水后到 1962 年 3 月库区淤积泥砂 14.9 亿 m^3 ，平均年淤积量 6 亿 m^3 ，水库有报废危险。库区尾部潼关段河床淤高 5m 多。淤积还沿河向上延伸，渭河河床抬高，河水外溢，两岸土地淹没，土地盐碱沼泽化 30 多万亩，并不断扩展，威胁关中平原，直至西安。后经改建坝体，增加 8 个导流底孔，水库改为低水头运行，装机容量从 120 万 kW 改为 25 万 kW，情况才有好转。

一般水库蓄水后，下淤河道的天然水砂比发生变化，河床发生再造作用，普遍刷深，滩地坍塌，据报道丹江口水库以下的汉江中下游 15 年来冲刷，河道由堆积型变为侵蚀型，冲刷范围超过 500km。河道的水力条件也有了相应变化，趋向新的平衡，比降变缓，流速减小，同一流量下水位普遍下降。

河道冲刷，灌区工程不配套，越级排水，盲目开发，缺少田间工程和耕作粗放等都会造成大量水土流失。大型集水工程淹没区搬迁问题如得不到妥善解决，也会给库区生态带来不良影响。例如新安江水库的修建，引起移民大量开荒，库区上游有些地方植被遭受严重破坏，泥石流下泄，河床淤高，照此发展下去，水库寿命将远比原设计缩短。

三门峡水库未改建前，由于渭河两岸大面积盐碱化，沼泽化，地下水位升高，土地由干燥变为潮湿，群众患风湿病腰腿疼的人数显著增加。埃及阿斯旺大坝高 111m，库容 1690 亿 m^3 ，于 1960 年建成后，因水坝下游河道的高水位下降，老鼠成灾，血吸虫病增加，库周围疾病蔓延。

在河道上中游建库，发展灌溉，如果缺少总体规划，也可能对下游产生不良影响。例如苏联的咸海水面约 8 万 km^2 ，是世界第三大湖。近些年由于上游地区发展灌溉，阿姆河和锡尔河的来水量越来越少，使咸海的深度由原来的 25m 减为 10m，面积缩小了一半，土地旱化、砂化，干涸的湖床飘散盐分给当地农田造成威胁。

水库拦洪蓄水，下游的河流故道和洪泛区径流减小，甚或断流，地面干燥使这些地方砂化，风蚀加重，大风携带细砂也促使一些河段淤积。我国 1962 年在西辽河上游建成的设计库容为 25.6 亿 m^3 的红山水库，处于半干旱草原气候区，年雨量 300—400mm，年蒸发量 2400mm，西辽河被拦截后，下淤河床暴露，流砂扬起，风砂加剧，使中下游两岸土地