

内蒙古河套灌区水资源利用 与防治土壤盐碱化



中国科学院
自然资源综合考察委员会
国家计划委员会

内蒙古河套灌区 水资源利用与防治土壤盐碱化

方 汝 林

中国科学院 自然资源综合考察委员会
国家计划委员会

内 容 简 介

本文是在多年综合考察和长期试验基础上编写的。全文共分五章，第一章：论述了河套灌区水资源与土壤碱化的一般规律，重点研究了季节性冻土对春季土壤返盐的影响；第二章：讨论了灌区开垦过程中水文、盐碱土以及土地沙化等生态环境方面的演变规律；第三章：分别对井渠结合、竖井排水、明沟排水的科学试验和生产实践进行讨论和对比分析；第四章：从防治土壤盐碱化、作物高产和充分利用水资源出发，讨论了灌区地下水位的适宜控制深度；第五章：以合理利用水资源与改善生态环境相协调的观点论证了河套灌区发展灌溉与防治土壤盐碱化的主要途径与特点。因此，本文所阐述的观点和试验中所揭示的规律，对我国北方多数河水灌区的改造与发展也有一定的参考价值。

本书可供有关生产、教学、科研部门参考。

内蒙古河套灌区水资源利用与防治土壤盐碱化

中国科学院
国家计划委员会 自然资源综合考察委员会

国家统计局印刷厂印刷

1984年第一版 开本：787×1092 1/16

1984年第一次印刷 印张：10 1/16

印数：0001—1000 字数：251,000

本委书号：0001

定价：2.50元

前 言

内蒙古河套灌区处于干旱的自然环境中,是个历史悠久的灌溉农业区。这里土地辽阔,土层深厚,现有灌溉面积620万亩以上,人均水浇地7亩之多,远景可发展灌溉面积一千万亩以上。这样人少土地多的大型灌区在我国也并不多。同时灌区热量充足、日温差大,又有得天独厚引黄河水灌溉的便利条件,适宜发展粮、糖、油等农作物,增产潜力大。所以,河套灌区完全有条件形成我国北方地区重要的农业基地之一。

但是,在河套灌区发展灌溉中,长期只引黄河水灌溉,且大水漫灌,灌排失调,致使灌区土壤盐碱化迅速发展着。耕地中盐碱地面积由50年代的17%增至70年代的54%,使“唯富一套”的粮仓变成今日的低产区。

如何整治河套灌区盐碱地?又如何合理利用水资源发展灌溉?长期以来争论不休,至今也尚未取得统一认识。为此,中国科学院内蒙古宁夏综合考察队于1961年、1963年和1964年先后对河套灌区进行多次综合考察,1973年在内蒙古水利勘测设计院支持协同下又对河套灌区进行补点考察,于1974年初向内蒙古自治区有关部门汇报了“河套平原水利建设基本途径”的研究报告,并建议开展以井渠结合、竖井排水为中心的水资源利用与盐碱土改良的科学实验。自1975年至1979年五年间,我们又参加了由内蒙古科委和水利局领导和主持的该项长期科学实验项目。经过多次考察和长期试验研究,累积了大量资料,进一步提高了对改造河套灌区的认识。所以,本文是以调查、试验资料为依据,对河套灌区合理利用水资源与防治土壤盐碱化的问题进行较深入的讨论和分析。

在编写过程中,考虑到科学资料系统累积的重要性,尽量珍惜已获得的调查和试验观测资料,在第一、二、三章中,以较多的篇幅论述了河套灌区的水资源、土壤盐碱化和灌区开垦过程中的生态环境演变规律,并对井渠结合、竖井排水、明沟排水的科学试验和生产实践作了较详细的讨论。其中对春季土壤返盐机理的研究和井渠结合试验,为河套灌区合理利用水资源与防治土壤盐碱化提供了重要的科学依据,这在理论上和生产实践上都有普遍的现实意义。

合理调控灌区地下水位,是改善灌区农业生态环境的中心环节。在第四章中,从防治土壤盐碱化、作物高产和充分合理利用水资源等三个方面,分别讨论了灌区地下水位的适宜控制埋深。其中论述了地下水的强烈蒸发已成为河套灌区水资源的主要消耗形式。因此,降低和调控地下水位,不仅为改善土壤理化环境所须要,而且也是争夺地下水蒸发量增辟灌溉水源的重要途径。

第五章讨论了灌区水资源利用原则与水资源利用盐碱土改良分区,并以水资源利用与防治土壤盐碱化相协调的观点,进一步从发展地下水库增强调节河川径流能力、提高

灌溉水源保证程度、循环用水提高灌溉水利用率以及减轻灌区排水负担以防污染水源等方面，论证了井渠结合的地面灌溉，是河套灌区合理利用水资源发展灌溉和能动调控地下水位防治土壤盐碱化的主要途径。

在各方支持下，本文由方汝林同志编写。并经中国农业科学研究院农田灌溉研究所栗宗嵩、中国科学院地理研究所郭敬辉、汤奇成，中国科学院南京土壤研究所和中国科学院自然资源综合考察委员会石玉林、杜国垣等科学家审阅，提出许多宝贵修改意见；文中插图由自然资源综合考察委员会技术室完成。

在内蒙古考察和试验期间，得到了内蒙古党委、科委、水利局和巴盟党委领导的关心和支持。试验期间，始终得到内蒙古水利勘测设计院院长和工程师们的亲切指导与帮助。内蒙古水利勘测设计院、内蒙古水利科学研究所、内蒙古农牧学院、内蒙古水文地质大队、巴盟水利局、巴盟水利科学研究所、巴盟农业研究所、乌拉特前旗水利局、长胜试验站、三道桥水利试验站、沙壕渠试验站等，为我们提供了大量的调查试验资料和宝贵意见。所以，本文也包括了他们长年累月辛勤劳动的成果。并借此机会向共同战斗多年的长胜试验站的领导、技术干部、工人和所在社队干部与贫下中农的关怀表示深切的谢意。

由于水平所限，虽经修改仍难免有不足之处和错误，有些问题亦尚需进一步试验和生产实践才能得出更确切的结论，研究还很不深入。所以，本文也只是对河套灌区水资源利用与防治土壤盐碱化提些一得之见，以供建设农业基地参考，并殷切期待读者给予批评指正。

目 录

前 言	(I)
第一章 灌区的水资源与土壤盐碱化	(1)
一、灌区的水资源	(1)
(一)水资源的形成环境	(1)
(二)地表水	(6)
(三)地下水	(8)
二、灌区的土壤盐碱化	(22)
(一)土壤盐碱化的原因	(22)
(二)季节性冻土对春季土壤返盐的影响	(27)
(三)主要盐碱化土壤类型	(39)
第二章 灌区开垦中生态环境的演变	(45)
一、灌区开垦历史及其发展	(45)
(一)灌区开垦历史	(45)
(二)灌区建设的发展	(47)
二、灌区开垦中的水文变化	(49)
(一)地表水的水文变化	(49)
(二)地下水的水文变化	(55)
三、灌区开垦中的土壤盐碱化	(65)
(一)土地开垦对土壤盐碱化的影响	(65)
(二)耕荒地间、高低地间土壤盐分的再分配	(67)
四、灌区开垦中的土地沙化	(71)
(一)土地沙化的气候因素	(71)
(二)沙源	(73)
(三)历史时期的土地沙化	(73)
(四)现代风沙危害与防治	(74)
第三章 灌区水资源利用、盐碱土改良的科学试验与生产实践	(77)
一、井渠结合试验	(77)
(一)试区概况	(77)
(二)井渠结合试验效果	(80)
(三)井水贮水灌溉中的几个主要问题	(87)

二、竖井排水试验·····	(91)
(一)潜水地区竖井排水·····	(91)
(二)承压潜水地区竖井排水·····	(98)
三、明沟排水试验与生产实践·····	(105)
(一)明沟排水设施现状·····	(105)
(二)明沟排水效益·····	(107)
(三)明沟排水存在的主要问题·····	(112)
四、灌区的排水和井渠结合条件评价·····	(115)
(一)排水条件评价·····	(115)
(二)井渠结合条件评价·····	(117)
第四章 从改善生态环境出发, 合理调控灌区地下水位 ·····	(118)
一、从防治土壤盐碱化出发调控地下水位·····	(118)
(一)土壤非冻结期地下水位的调控深度·····	(118)
(二)土壤冻结、消融期地下水位的调控深度·····	(124)
二、从作物高产出发调控地下水位·····	(126)
(一)土壤水分对作物根系发育的影响·····	(126)
(二)适应作物高产的地下水位控制深度·····	(128)
三、从充分利用水资源出发调控地下水位·····	(131)
(一)地下水蒸发是水资源的主要消耗形式之一·····	(131)
(二)合理调控地下水位, 增加“有效水资源”·····	(133)
第五章 合理利用水资源, 发展灌溉防治土壤盐碱化 ·····	(137)
一、灌区水资源利用原则与水资源利用盐碱土改良分区·····	(137)
(一)灌区水源条件评价·····	(137)
(二)水资源利用原则·····	(138)
(三)灌区水资源利用盐碱土改良分区·····	(140)
二、发挥井渠结合发展灌溉防治土壤盐碱化的优势·····	(142)
(一)井渠结合为发展地下水调节径流创造了条件·····	(142)
(二)井渠结合循环用水, 提高灌溉水利用率·····	(144)
(三)井渠结合减轻了农田排水负担, 以防污染水源·····	(146)
三、灌区改造中不同阶段的井渠结合形式·····	(149)
(一)防治土壤盐碱化的井渠结合·····	(149)
(二)合理利用水资源的井渠结合·····	(154)
(三)主要技术经济指标对比分析·····	(157)

第一章 灌区的水资源与土壤盐碱化

一、灌区的水资源

大气水、地表水（海洋、冰川、湖泊、河流的水）、地下水、土壤水、生物水，在地球周围形成一个紧密联系又互相作用的水圈。在太阳能的推动下，通过水的形态变化和交换，构成了水循环系统。水资源是指易被人类调控管理可更新的那部分水量，即主要是地表水的河川径流、湖泊水和地下水。根据水资源特点及其对农业生产和生态环境的影响，在讨论河套灌区的水资源中，除了简述地表水的河川径流外，重点分析了灌区浅层地下水的形成与埋藏条件。

（一）水资源的形成环境

1. 地质背景

水资源形成于一定的地质、地理环境中，在地质历史演变过程中，地表水系和地下含水层都在不断地发生变化。其中对现代水资源形成、分布和开发利用条件影响最深刻的是第四纪的地质环境演变。

在地质构造上，河套灌区处于河套内陆断陷盆地之中。河套盆地以包头昭君坟—东河断裂带为界，以东为土默特川盆地；断裂带以西，受乌拉山隐伏构造——西山咀、临河潜伏隆起构造的影响分为南、北两个盆地，即乌拉山及其隐伏构造带以南为三湖河、巴拉亥盆地，以北的为后套盆地。后套盆地西部与乌兰布和盆地相连。河套灌区主要分布在后套盆地范围内，其中西部沈保灌域（保尔套勒盖地区）已跨入乌兰布和盆地。

在侏罗纪末期的燕山运动中，北部蒙古地块向华北方向挤压，由于鄂尔多斯坚硬地块阻挡而褶皱成山，构成了阴山山脉，而河套从此拗陷为盆地接受湖相沉积。受喜马拉雅运动的影响，盆地边缘发生断折，产生了山前东西向大断裂，阴山山脉又再度强烈上升，河套盆地又强烈下降，所以河套盆地内沉积了巨厚的中、新生代地层。在第四纪地质演变过程中，主要可分为封闭湖盆沉积期与黄河形成泛滥沉积期。

继第三纪湖盆沉积后，第四纪中、下更新世主要为封闭湖盆沉积。中、下更新统主要为一套巨厚的淤泥层（淤泥质砂粘土），其间夹有薄层砂层的湖相沉积物，厚度多数在200—600米以上，一般埋藏于地下100米左右。但是，由于受地质构造不均匀沉降的影响，在灌区南缘乌拉山隐伏隆起构造带，湖相沉积厚度小，埋藏较浅，有的仅埋藏于地下几十米；而灌区北部和西部盆地沉降幅度大，湖相沉积厚度可达千米以上，顶板埋深也在300米左右。

在中、下更新世的沉积过程中，湖水逐渐浓缩变成，第四纪中期已渐变为咸水湖，

沉积了大量的石膏和芒硝等化学沉积，致使湖积层含盐量增高。例如，在西山咀小盐场附近和南芦管壕钻孔中取得的中更新统淤泥质砂质粘土的含盐量，均在2—3%以上⁽⁷⁾，比上、下更新世地层含盐量普遍增高5—10倍。

上更新世和全新世，是黄河形成与泛滥沉积盛期。中更新世晚期或上更新世初期，盆地大面积缓慢上升，地面径流沿三道坑至三盛公以及托克托至喇嘛湾的断裂带溯源侵蚀，逐渐切通了山峡谷地和贺兰、棹子谷地，使湖水迅速外泄，构成了本地段黄河幼年期河道。至此，河套盆地结束了湖盆沉积环境，进入了黄河泛滥沉积期。

初期的黄河具有很强的下切能力，堆积作用很弱。如在三盛公黄河右岸，由湖相地层及第三系岩层组成的高阶地，这显然是黄河初期下切的结果。黄河大规模的堆积作用，主要是发生在上更新世中晚期和全新世。上更新世主要沉积了以粉细砂、中细砂为主的河相沉积物，沉积厚度由东向西、由南向北逐渐增厚，由20—30米增至200—250米；而岩性由南向北、由西向东逐渐变细，由含粗砂的中细砂渐变为粉细砂，呈现了河套地区黄河三角洲的沉积特点。全新统是以粘性土为主的河相沉积物，大部分地区以粘砂、砂粘土为主，厚度一般小于5—15米，为灌区土壤的主要成土母质。

黄河故道的发育和变迁，是影响上更新统和全新统沉积厚度和岩性变化的主导因素。黄河是河套平原的塑造者，在漫长的地质历史时期，由于河道往复摆动与频繁的变迁，故河道发育牵涉范围很广，在平原内既有早期埋藏较深和晚期埋藏较浅的黄河故道，也有残留地表的近代故道。

根据对内蒙古水利设计院1978年的电测深资料分析，灌区埋藏较深的黄河故道分布，大致可分为两大区，一是狼山山前沿乌加河流域的“北部山前分布区”，二是以黄羊木头—丹达—塔尔湖—五原为中心的灌区“中央分布区”。主要故道有四个条带：第一条带故道，分布于杨家河—乌加河、乌拉壕一带，故道底板埋深可达200米以上；第二条带故道，分布于临河县“八一”公社至狼山镇以西一带，呈北东、西南向延伸，多数故道底板埋深60—120米，最深可达160米以上；第三条带故道，分布于狼山镇—塔尔湖一带，呈北东、南西向且分为三支，故道底板最大埋深约140米；第四条带故道，分布在塔尔湖以东地区，分为三支，故道底板最大埋深约120米左右（图1—1）。

同时，黄河近代的变迁也是很频繁的。据《水经注》记载，过去黄河主流在磴口县以南、今日河道以西，一直保持着向东北方向流，而后再转为北流，并分出一支“南河”（即今日黄河主流）转向东流。昔日黄河主流受狼山阻挡，河道转东流称“北河”，即今日乌加河。“北河”沿狼山、包尔腾山南麓、乌拉山北麓经石门河（昆都仑河）向南流与昔日“南河”相会⁽¹⁾。随后受现代构造运动影响，使“北河”在乌拉山之西形成弓背形大转弯而南流，至西山咀与“南河”相会。然而，由于沙漠东侵，加之狼山洪积物向南扩张，致使河床抬高，终于1850年“北河”被泥沙淤断15公里，迫使黄河主流南迁，由“南河”东流形成今日黄河河道。

在河套灌区地面可见的黄河故道，除乌加河故道外，还有七条故道。其中在灌区西部保尔套勒盖地区，自补隆淖公社往西一直到陶升井之间，未被流沙湮没的古代河床遗迹有三条。由此再向东至五原之间，还可见四条故道：第一条在陕坝镇与二道桥之间，近南北走向；第二条从红星公社经团结公社向东北至乌加河，长约40公里，宽约50米，

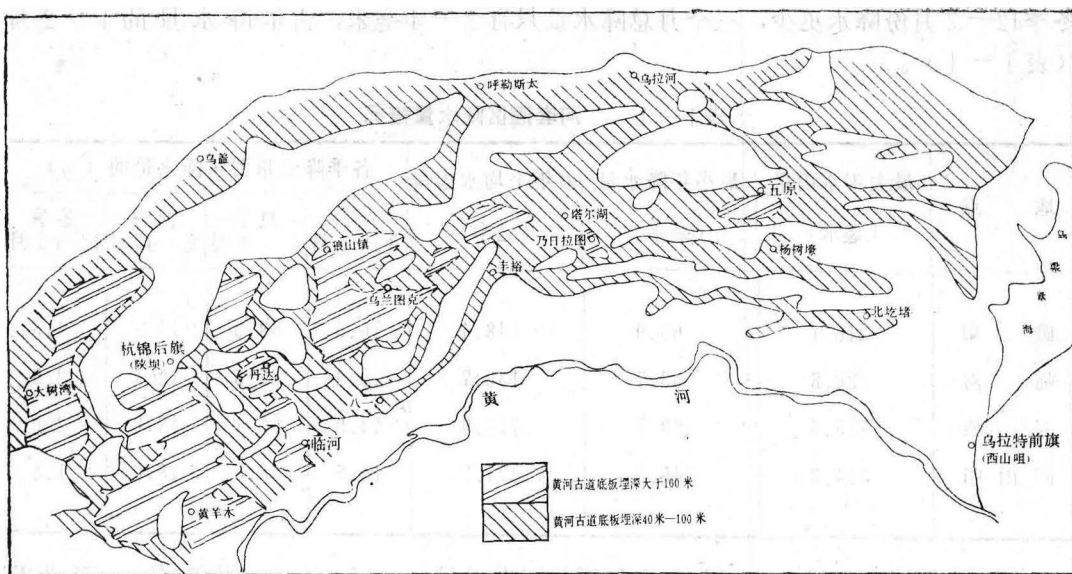


图 1—1 河套灌区主要黄河故道分布示意图 [31]

两岸河漫滩于三十年代前因开垦而破废；第三条在北部银定图公社至什巴疙图公社之间，呈东西向，长约50公里，宽20—50米，两岸河漫滩比较明显；第四条在灌区东南部的北圪堵、树林子一带，呈东西向，长约10—14公里，宽40—80米，两侧河漫滩不明显。

自全新世后期至现代，由于气候变干，干燥少雨风大，所以河套灌区现代外营力地质作用，已由风蚀堆积作用代替了黄河的沉积作用。昔日的河湖相沉积物常被风蚀和风的堆积，在灌区西部形成连绵的沙丘，在灌区内部也有零星沙地出现，构成了干旱区的特有景观。

2. 气候环境

水资源的贫富程度，主要取决于接受海洋暖湿气团的多寡。河套灌区深居内陆、距海洋远，北太平洋副热带海洋气团长途跋涉到达河套灌区，所含水汽已不多；而且灌区距蒙古高压中心很近，北面又为坦荡的高平原，寒冷而干燥气团常自西北或北面袭入灌区。所以，河套灌区降雨稀少、干燥、蒸发强烈，具有大陆性气候环境的特点。

河套灌区多年平均年降水量为140—225毫米，自东向西递减；最大年降水量也只有210—350毫米，最小年降水量仅60—145毫米。所以，河套灌区是没有灌溉即无农业的干旱区。

降水量年内分配，夏季6—8月间的降雨量为100—150毫米，占年降水量的60—70%；其中以8月份最多，7月份次之，7、8两个月的降水量约占年降雨量的半数以上。秋季9—11月三个月降水量占年降水的14—18%，其中9月份降水量超过10月与11月降水之和。一般11月份降水已很少，在灌区西部不足2毫米，东部地区也不足3毫米。春季3—5月份降水稀少，三个月总降雨量仅24—33毫米，占年降水量的14—20%。

冬季12—2月份降水更少，三个月总降水量只有2—4毫米，占年降水量的1—2%（表1—1）。

表1—1 河套灌区降水量概况

地 点	最大年水雨量 (毫米)	最小年降水量 (毫米)	多年平均水雨量 (毫米)	各季降水量占年降水量的(%)			
				春季 3—5月	夏季 6—8月	秋季 9—11月	冬季 12—2月
磴 口	216.1	60.9	148.4	16.5	68.0	14.2	1.3
临 河	220.8	53.7	136.7	19.4	62.5	16.1	2.0
五 原	325.5	68.7	173.9	14.9	65.1	18.0	2.0
西 山 咀	354.3	145.0	224.2	14.5	66.0	18.0	1.5

与降水相反，蒸发却很强烈，多年平均年蒸发量（直径20毫米蒸发皿的水面蒸发量）为2000—2500毫米，约为年降水量的11—14倍。一年中以5、6月份蒸发最强，两个月总蒸发量约占年蒸发量的31—33%；12月至2月份最小，三个月蒸发量仅占全年的5—7%（1—2）。春季蒸发强盛，是因为气温回升快，日照充足，湿度小，风速大等综合作用的结果。冬季是全年日照最弱、气温最低时期，水已结冰，使蒸发量锐减到最小值。7、8月份蒸发量仍然很高，9、10月逐渐下降，到11月份蒸发量锐减，这与气温递减规律是一致的。

表1—2 河套灌区水面蒸发量（直径20厘米蒸发皿）

单位：毫米

地 点	月 份												全 年
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	
磴 口	43.4	68.2	148.6	267.6	374.0	387.2	346.1	383.6	223.0	150.1	83.6	48.0	2,424.1
临 河	45.5	68.2	138.3	243.0	396.6	378.8	319.7	285.0	210.1	147.4	67.6	46.2	2,346.4
五 原	28.9	48.6	115.4	209.0	321.0	317.3	279.8	244.2	193.6	119.3	47.9	29.2	1,954.2
西 山 咀	36.2	58.5	146.4	265.0	408.1	419.0	366.9	299.8	242.2	157.0	68.7	40.5	2,508.4

从以上降雨和蒸发资料的例举，充分说明河套灌区水资源的天然补给条件是很差的，而且蒸发潜力又很大。在这样的气候环境下发展农业生产，既要充分开发水源发展灌溉，又要防治土壤盐碱化和土地沙化。

3. 地貌条件

河套灌区平均海拔高度不足1050米，其外围地形，主要是由一些海拔不高的高平原与

山地所组成。灌区南部为鄂尔多斯高原，一般海拔高度为1100—1500米。北靠狼山与广阔的内蒙高平原相连，东为乌拉山，西为乌兰布和沙漠。其中以狼山山势最高，但多数海拔高度在2000米以下，呼和巴什格是狼山的顶峰，海拔高度也仅2364米。这种外围山地的地形条件，也不可能承受高空水分而形成丰富的高山冰雪雨水。所以，河套地区也不象深居内陆的河西走廊、天山南北盆地那样，外围有高大山体成为平原绿洲充沛的水源补给区。

河套灌区内部的地貌类型，主要可分为山前平原、黄河平原以及西部风蚀堆积地形（图1—2）。

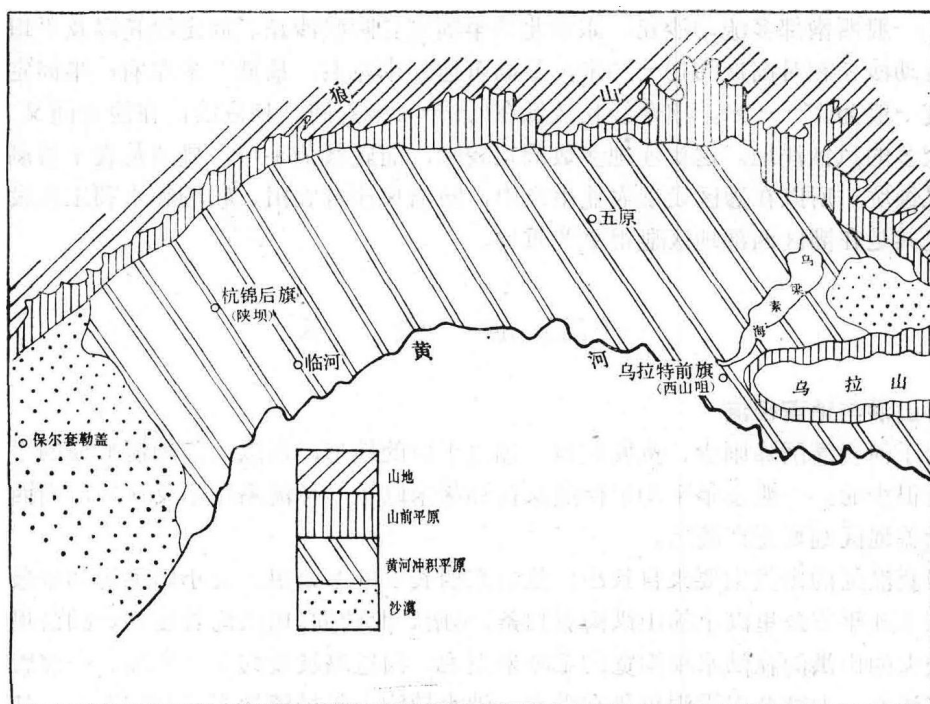


图1—2 河套灌区地貌类型略图

由狼山、乌拉山等山前洪积扇裙组成的山前平原，呈条带状沿山麓分布，总面积124万亩。山前平原一般宽度在10公里以内，地面坡度较陡，多数为 $1/50$ — $1/150$ ，海拔高度为1020—1200米，由北向南即由山区向黄河平原倾斜。所以，山前平原一般地下径流条件好，地下水埋藏较深，多数没有土壤盐碱化的问题。但因其地势高于黄河平原，欲从黄河引水自流灌溉也是较困难的。

黄河平原是由黄河冲积而成，南依黄河，北至乌加河与山前平原相接，南北宽约40—50公里，东西延长约150公里左右，成一扇形，总面积1352万亩，它是引黄灌区的主体部分。平原地形平坦，一般海拔高度1019—1040米。地势西高东低、南高北低，由西南向东北方向倾斜，东西比降为 $1/5000$ — $1/8000$ ，南北比降 $1/4000$ — $1/8000$ ，且黄河以地上河的特点，沿灌区南缘高处流出区外。这种地形条件，显然有利于引黄灌溉而不利

自流排水，给开沟排水带来了一定的困难。

在长期风蚀堆积作用下，平原内也形成许多碟形风蚀洼地、风积沙丘、沙梁、沙垄。一般风蚀洼地呈北西—南东方向分布居多，单个洼地面积约0.5—2平方公里，深0.5—1米不等。此外，平原内也有些条状洼地是黄河改道遗留下来的低地，有些槽状洼地则是灌溉废渠道。在引黄灌溉下，渠道纵横交错，多数洼地积水成湖，构成了特有的灌区地貌景观。

灌区西部的保尔套勒盖地区，属乌兰布和北部沙漠，总面积360万亩，它是在黄河平原上发育形成的风成地形。地势由东南向西北方向逐渐降低，海拔高度为1030—1050米。分布于区内的沙丘形态复杂，有新月形沙丘链、垄岗形沙丘、沙陵状沙丘和平坦沙地等。一般西南部多流动沙丘，东至北部半固定丘陵状沙丘、固定沙丘以及平坦沙地渐多。流动沙丘相对高度约10—20米，最高可达50米左右，最低3米左右；半固定沙丘相对高度一般为1—4米，固定沙丘较低在0.5—4米之间。相应的，在沙丘间又广泛分布着众多的风蚀洼地。这类洼地多数周边较陡，而底甚为平坦，显然是表土被剥蚀后形成的风蚀坑。所以在灌区发展农业生产中，防治风沙对农田、牧场和水利工程设施的危害，尤其是在灌区西部地区显得更为重要。

(二) 地 表 水

1. 山洪与地面径流

由于河套灌区降雨少、蒸发旺盛，加之平坦的地形，所以由降雨所形成的平原地面径流是很少的。一般多年平均年径流深在10毫米以下，径流系数不及5%，而西部的保尔套勒盖地区则属无产流区。

河套灌区的山洪主要来自狼山。狼山东西长200多公里，大小山洪沟40多条，流域面积在250平方公里以上的山洪沟有14条，呈南、北流向。山洪沟长度10—80公里不等，一些较大的山洪沟在洪水期沟宽约150米左右，河道纵坡度约5—12%。一般较大山洪沟常有清水，大部分山洪沟每年有洪水，洪水量约占年径流量的70%以上，且含沙量大，多年平均含沙量约47公斤/立方米。

河套灌区山洪年径流量约1.37亿立方米⁽²⁾，自山口流经山前平原泄入乌加河，最后汇入乌梁素海。目前一些较大的山洪沟已修建了水库，调控了洪水，为山前平原地区利用山洪、引洪淤灌发展洪水井灌区提供了更好的条件。

2. 过境黄河水

黄河是我国第二条大河，全长5464公里，流域面积约75.2万平方公里，天然径流量大致有570亿立方米。黄河在河口镇以上为上游，河套灌区处于黄河上游的尾端。黄河，过去哺育了河套平原，今天又成为河套灌区的主要灌溉水源，灌溉了大片土地，使灌区冲破了干旱地带性景观的束缚，在干旱环境中出现沟渠纵横的“塞上江南”景象。

(1) 河道特征

黄河自石咀山北流，河谷逐渐束窄，至巴颜高勒三盛公附近，河宽约半公里，折转东流；进入河套灌区，河床又渐宽，并沿灌区南缘由西向东至西山咀流出区界。

在灌区范围内,黄河河槽宽达600—800米,河床宽3公里以上,水流缓慢,多沙洲,河道分支,涨水时各支流连成一片。所以该河段虽处黄河上游,却有下游河床的特征。一般河道逶迤婉转、河曲发达,河道弯曲度为1.16—1.58,河床平均比降仅0.83—1.76‰,泥沙沉积作用明显。同时,河道很不稳定,河岸常受洪水冲塌,河道左右摆动大,摆幅约5—9公里,两岸土地受淘涮危害严重。为了保护两岸土地和抗御洪水灾害,自50年代已建起防洪堤,一般南、北两岸黄河防洪堤距为2500—5000米,可安全通过5000—6000立方米/秒的洪水流量,保障了灌区农业生产安全。

(2) 径流变化

黄河河套段的径流绝大部分来自上游,流经灌区的多年平均年迳流量流约336亿立方米。

黄河河套段径流量的年际和年内变化,主要决定于上游水源补给条件。在龙羊峡以上,黄河流经海拔3000—4000米的青藏高原,地势高寒,虽然这里年降雨量不及500毫米,但因蒸发消耗极少,所以径流系数仍然较高,可达0.45以上,属黄河产水量高区。同时,也因地势高寒,春汛出现较晚,春汛之后又紧接雨季,并经历高山冰雪、沼泽的调蓄,春汛水量较丰富;而且多雨季节又向后延长,最多雨月常在8月份,使黄河径流具有夏季汛期水期较长,低水期较短的特点。以兰州断面为例,从12月至翌年3月为枯水期,平均流量为250—400立方米/秒;4—5月平均流量为550—800立方米/秒;汛水季节(6—10月)长达五个月之久,平均流量为1300—2000立方米/秒。

此外,黄河水源仍以降水补给为主,径流年内分配常与降水集中时节密切相关。黄河水量主要集中于夏秋季节,在兰州以上以夏季水量最多,约占年径流量的37.7%到43.2%;秋季水量次之,约为年径流量的36.1至35.7%。而至河套地区,由于黄河上游来水行至河套段约需一月左右的时间,所以河套段的黄河水量一般以秋季水量较多、夏季次之。在磴口(巴颜高勒)和包头水文站观测的资料表明,夏季(6—8月)水量分别占年径流量的34.4%和29.9%,而秋季(9—11月)水量却占48%和50%左右,7—10月的水量占年径流量的70%左右。

黄河水量的年际变化,主要表现为两个特点,一是水量年际变幅较小,二是连续枯水年出现频繁。从反映水量年际变化大小的离势系数看,一般离势系数为0.2至0.3之间,最大水年与最小水年的水量之比为2.7—3.5倍。分析历史上自1736—1967年的232年水文气象资料⁽²⁾,连续五年以上的枯水段共出现7次,约35年出现一次;连续8年以上的枯水段共出现5次,约50年出现一次;连续十年以上的枯水段,共出现3次,约80年出现一次。

凌汛也是黄河突出的水文现象。黄河自兰州至包头,南北纬度相隔 $4^{\circ}37'$,经度相隔 $6^{\circ}13'$ 。所以它们之间气温相差较大,以历年11月、12月平均气温为例,兰州较河套地区约高 3°C 至 4°C 。因此,黄河封冻时,上游封冻晚,下游封冻早;而每年解冻开河时,则上游先开河、下游后开河。

黄河河套段一般在11月中旬流凌,12月初封冻,2月中旬以后冰层最厚,一般为0.8米左右,最厚可达1.2米;自3月份冰层逐日解冻,3月中、下旬开河,所以黄河河套段封冻期长达90—110天。

黄河解冻开河时，上游兰州河段比河套段早20天左右，所以消冰来水加之河槽蓄水，是由上向下逐渐增加的。冰随水势，往往使下游强行解冻，造成大量流冰，尤其在河道急弯浅滩等地段，卡冰结坝，水位急剧上升，常超过夏汛的洪水位。据内蒙古水文总站统计，黄河河套段每年平均结坝20多处，最多年份达40多处。冰坝大者连接两岸，顺河长达2500—6000米，冰坝最大高度为2.0—3.5米，阻碍河中流水，河水位急剧上涨，最大上涨可达6米之多，常酿成凌害。随着黄河大堤的兴建，同时采取多种防治凌汛措施，特别是利用刘家峡水库控制凌汛期水量等，已大为改善河套段开河形势，现已基本上消除凌汛对灌区农业生产的危害。

(3) 泥沙

黄河虽是世界上含沙量最大的河流，但其上游河水含沙量并不高，在贵德以上，年平均含沙量仅0.24—1.04公斤/立方米，到兰州为3.48公斤/立方米，至河套段年平均含沙量也只增到6.6公斤/立方米左右。

根据包头水文站资料分析，黄河河套段的悬移质泥沙较细，一般粒径为0.25—0.01毫米的占43%，0.01毫米以下的占45%。黄河泥沙在河套段运移过程中，受引水灌溉和河道水流变慢的影响，约有7—8%的泥沙沉积于灌区与河道内。

黄河输沙量年际和年内分配变化都很大。在渡口堂水文站测得的资料，最大年输沙量为3.65亿吨(1958年)，最小的(1969年为)为0.13亿吨，二者差达28倍。多年平均各月输沙量，以8月份最多，平均为0.46亿吨；以2月份最少，平均为25万吨，二者相差185倍。每年7至10月份是输沙高峰期，四个月输沙量占全年的83%；而11月至翌年6月间8个月的输沙量只占17%。这说明黄河输沙量在洪水期分配，比径流量分配还要集中得多。与此相应的含沙量年内变化，也以12月至翌年2月份含沙量最小，平均不到1公斤/立方米；3—6月上游冰雪融化，来水来沙均增，平均含沙量为2—4.5公斤/立方米；7—10月洪水期，平均含沙量也增到7—10公斤/立方米。

必须指出的，自1968年刘家峡水库截流运行以来，因水库调洪拦沙作用，河套段含沙量锐减，目前平均含沙量只2.58公斤/立方米，约比刘家峡水库截流前减少了61%。这对减轻河套地区的河道、灌排渠系的泥沙淤积是有益的。

(三) 地 下 水

河套灌区的地下水，主要是属于潜水(包括承压潜水)类型的浅层地下水。现按山前平原浅层地下水和黄河平原浅层地下水分别讨论。

1. 山前平原浅层地下水

分布于狼山山前平原一带的浅层地下水，主要含水层是由全新统一上更新统冲积洪积砂砾石和卵石所组成，其底板多数为中下更新统伸向山麓的稳定湖相淤泥层。在山前平原浅层地下水的补给、径流和排泄过程中，由北向南存在着冲积洪积扇上部补给区、中部径流区和下部扇缘溢出带。地下水埋藏深度，在山前平原中上部一般为10—30米，至中下部扇缘洼地一带仅为1—3米或小于1米。含水层岩性也由冲积洪积扇顶部向扇前缘和两翼呈现有规律的变化，即由砂砾石、卵石层变为中细砂层，含水层厚度也由厚达

80—100米向扇缘递减为20米左右。一般含水层出水率（每米含水层单位涌水量）为0.97—1.01立方米/时·米²，地下水矿化度多数小于2克/升的HCO₃-SO₄-CL-Na-Ca型水。

山前平原浅层地下水的补给来源，除了降雨渗入补给外，主要是由山区地下径流和山沟洪水补给。在将近124万亩的山前平原内，浅层地下水径流量约2亿立方米/年⁽²⁾，为山前平原可耕地发展农业提供了较多的灌溉水源。

2. 黄河平原浅层地下水

黄河平原的浅层地下水，主要贮存在全新统和上更新统黄河冲积的松散沉积物中。在水文地质剖面中，自上而下可明显分为三层：即上覆弱含水层，中部砂层含水层及其下伏的中更新统厚层湖相淤泥层。下伏厚层淤泥层构成了黄河平原浅层地下水的隔水底板（图1—3）。

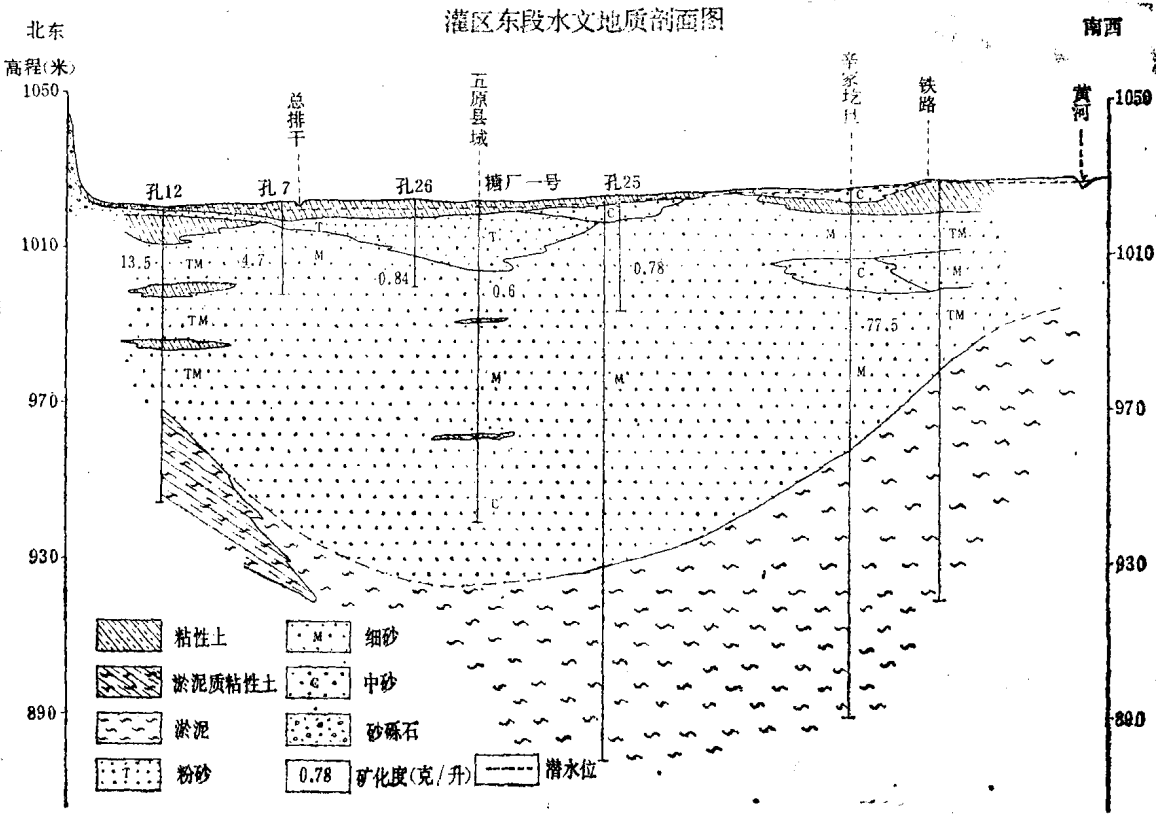


图1—3 河套灌区水文地质剖面图 (A)

上覆弱含水层，是以全新统粘性土为主并夹有薄层砂性土的综合体，一般厚度在15米以内。由于在河流沉积过程中，受地形和河道变迁的影响，常常在不远的距离内，有的地段上覆弱含水层厚度可达10余米，有的地段却很薄，只有2—3米。但总的看来，上覆弱含水层的空间分布，仍然趋向河流“近沉砂、远淤泥”的沉积规律。一般厚度大、

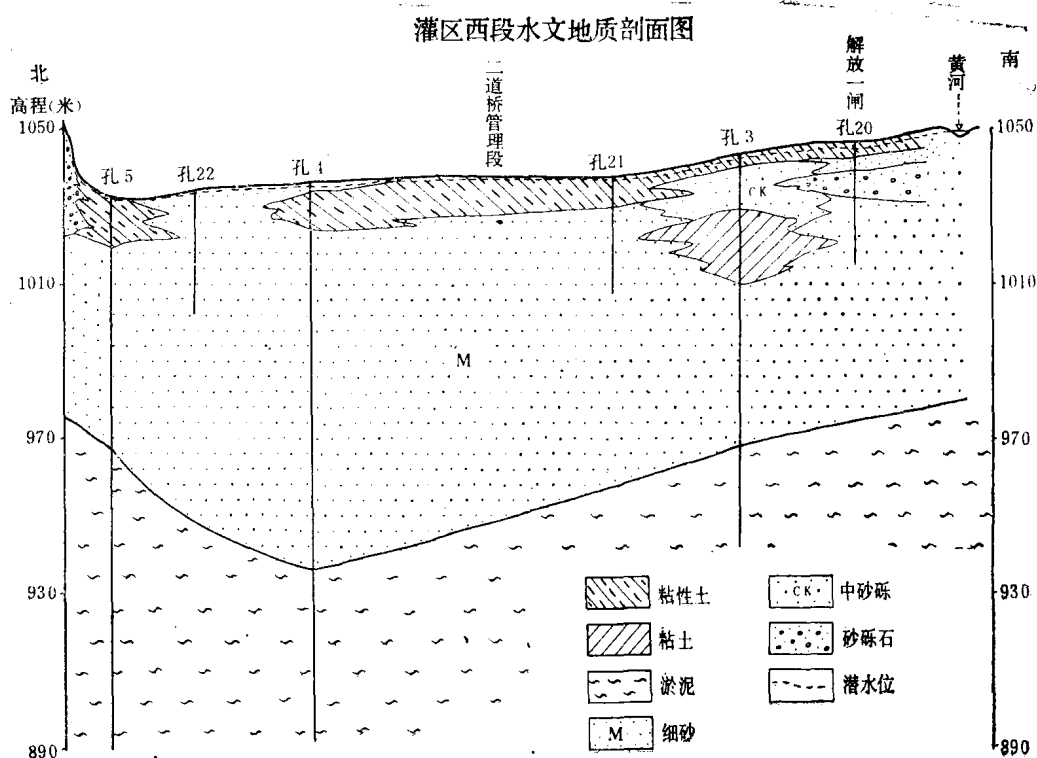


图 1—3 河套灌区水文地质剖面图 (B)

粘性重的弱含水层，多数是分布在远离故河道或两故河道中间地带；而厚度小、砂性大的弱含水层，多数是分布在近故河道一带。

根据近几年的勘测试验资料^[17]，上覆弱含水层的渗透性和给水性能都比较小，一般粘土的渗透系数(K)为0.005—0.01米/天，粘砂土为0.05—0.2米/天，砂粘土为0.02—0.05米/天；给水度(α)粘土为0.01—0.03，砂粘土为0.02—0.04，粘砂土为0.04—0.06。可见，上覆弱含水层的渗透性比其下伏砂层含水层的渗透性平均要小100—700倍。

上覆弱含水层的存在及其厚度和岩性的变化，使灌区浅层地下水的水力性质变得更加复杂。一般在上覆弱含水层厚度较小且以砂性土为主的地区，浅层地下水主要以潜水类型存在，一般都有统一的自由水面。而在上覆弱含水层厚度较大、土质粘重的地区，浅层地下水常以微承压潜水类型存在，即埋藏于下伏砂层含水层中的地下水具有一定的承压性，其水头常常高于上覆弱含水层中的地下水水位，且上下层地下水位水头差也随上覆弱含水层厚度的增大而增加着。因此，上覆弱含水层的存在及其变化，都会使灌区竖井排水改良盐碱土的水文地质条件发生很大的差异。

中部砂层含水层是以上更新统厚层中细砂、粉细砂为主的综合体，是灌区浅层地下水的主要含水层。

中部砂层含水层顶板埋深几乎都小于15米，其中埋深小于5米的分布面积约占黄河