

河南省人民胜利渠管理局 编著
国家重点科技项目黄淮海平原综合治理 课题组
人民胜利渠灌区区域水盐运动监测预报

灌区

水盐监测预报 理论与实践



黄河水利出版社

PDG

灌区水盐监测预报理论与实践

河南省人民胜利渠管理局
国家重点科技项目黄淮海平原综合治理 编著
人民胜利渠灌区区域水盐运动监测预报 课题组

黄河水利出版社
1996年11月

2638/50

内 容 提 要

人民胜利渠灌区作为国家重点科技项目——黄淮海平原中低产田综合治理(大型自流灌区)的一个类型,长期开展了针对旱、涝、盐碱综合治理的水盐监测预报专题研究,取得了良好的成果。在此基础上,本书综合、系统地介绍了灌区水、盐运动各种参数的测定,以及灌区降雨、蒸发与地下水动态、土壤水分动态、土壤盐分动态等监测预报的理论与方法。

本书可供水利科技人员、灌区管理人员及有关大专院校师生阅读参考。

灌区水盐监测预报理论与实践

责任编辑:胡庆泉

责任校对:王才香

责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼12层

邮编:450003

印 刷:黄委会印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

版 别:1997年8月 第1版

印 次:1997年8月 郑州第1次印刷

印 张:21

印 数:1—2000

字 数:479千字

ISBN 7-80621-123-3/TV·91

定 价:52.50元

前 言

河南省人民胜利渠,是新中国成立后在黄河下游兴建的第一个引黄灌溉工程。从此,结束了“黄河百害、唯富一套”的历史,揭开了合理利用黄河水沙资源,兴利除害的序幕。

由于特定的自然地理条件,黄河下游豫、鲁两省的引黄灌区,普遍受到旱、涝和土壤盐碱化的危害,因此,与旱涝碱作斗争,是这些引黄灌区长期而又艰巨的任务。人民胜利渠从1952年开灌起在中国水利水电科学研究院、武汉水利电力大学等科研单位和院校帮助下,开展了水盐运动的观测试验,积累了较长系列的历史观测资料,特别是通过国家“六五”、“七五”和“八五”科技攻关,系统地探讨了水盐运动的规律、建立了水盐动态预报模型、开展了较长时间的实时预报,取得了较理想的预报结果。因此将这些有益的尝试,从实践到理论进行系统地总结提高,编著成书,以期在黄河下游200多万公顷引黄灌区和条件类似的地区得到推广应用,为我国灌溉事业的发展做出一定的贡献。

本书由参加本项研究工作的各单位科技人员,按章节内容分工合作撰写,最后由李承惠、袁光耀、张瑜芳三同志统稿。撰写人员如下:

- 绪 论 黄荣翰、张蔚榛、戚绍玉、张瑜芳;
- 第一章 袁光耀、夏平祥、李修印、方成荣;
- 第二章 李承惠、黄荣翰、巫一清、袁礼君;
- 第三章 张瑜芳;
- 第四章 袁光耀、张蔚榛、张瑜芳;
- 第五章 张瑜芳、杨金忠;
- 第六章 张蔚榛;
- 第七章 袁光耀、蔡树英;
- 第八章 杨金忠、蔡树英、袁光耀、程顺中;
- 第九章 巫一清、张蔚榛、蔡树英;
- 第十章 巫一清、张瑜芳;
- 第十一章 蔡树英、张祥伟、袁光耀、李承惠;
- 第十二章 袁光耀、杨林桐、巫一清、王彦军。

除编写人员外,先后参加本课题研究的人员尚有:中国水利水电科学研究院王桂芬;武汉水利电力大学徐玉佩、吴金全;人民胜利渠研究中心马克智;新乡市水科所刘好智、蒋建国、刘淑惠;黄委会引黄灌溉局岳世凯、李会安、王成丽。

最后,我们愿借此机会,谨向关心、支持人民胜利渠灌区科研工作及对水盐测报课题组给予指导、帮助的各级领导和科技人员致以衷心的感谢!并衷心期望得到对本书的批评与指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	(1)
第一章 灌区概况	(5)
第一节 基本情况	(5)
第二节 灌区水盐监测系统	(8)
第二章 灌区水盐动态特征	(14)
第一节 水盐动态的历史演变	(14)
第二节 水盐动态的影响因素	(16)
第三节 水盐动态分区	(26)
第三章 土壤水分运动参数的测定	(30)
第一节 灌区典型土壤的基本物理性状	(30)
第二节 土壤水分特征曲线测定	(30)
第三节 典型土壤扩散度测定	(38)
第四节 典型土壤导水率的测定	(43)
第四章 水文参数的测定	(48)
第一节 地表径流	(48)
第二节 降雨对地下水的补给	(50)
第三节 潜水蒸发	(68)
第四节 农作物需水量	(82)
第五章 水文地质参数的确定	(89)
第一节 给水度	(89)
第二节 导水系数	(96)
第三节 渗透系数	(104)
第四节 影响半径	(107)
第六章 盐分运动参数的测定	(109)
第一节 非饱和土壤中盐分弥散系数的室内测定	(109)
第二节 野外条件下非饱和土壤弥散系数的测定	(118)
第三节 地下水含水层盐分弥散系数的确定	(125)
第七章 降雨和蒸发量预报	(134)
第一节 周期分析法	(134)
第二节 时间序列分析法	(144)
第八章 地下水动态预报	(165)
第一节 时间序列法	(165)
第二节 数理统计法	(185)

第三节	水均衡法	(205)
第四节	有限元法	(210)
第五节	解析法	(228)
第九章	地下水质动态和预报	(237)
第一节	确定性地下水质数学模型	(237)
第二节	地下水质预报	(242)
第十章	土壤水分动态预报	(250)
第一节	水量均衡法	(250)
第二节	数值计算法	(257)
第十一章	土壤盐分动态预报	(267)
第一节	用确定性模型进行土壤盐分动态预报	(267)
第二节	土壤盐分动态的时间序列预报	(285)
第三节	土壤盐分动态的灰色模拟预报	(291)
第四节	土壤盐分动态的数理统计预报	(300)
第十二章	水盐动态预报的应用	(305)
第一节	在灌排管理中的应用	(305)
第二节	井渠结合联合运用调控方案	(307)
第三节	在防治土壤次生盐碱化方面的应用	(321)

绪 论

河南省人民胜利渠灌区是新中国成立后国家在黄河下游建设的第一个引黄灌区,自1952年完工遂即于当年开始灌溉农田以来已有45年的历史。灌溉面积已从第一期工程设计的2.4万 hm^2 发展到1996年的5.7万 hm^2 ,工程设施可控制面积超过6.7万 hm^2 (包括抗旱临时送水及灌区下游补给地下水源受益面积)。除了保证农田正常灌溉之外,并向灌区内新乡等城市提供生活和工业用水,在80年代还曾通过卫河把黄河水输送到省外,解决大城市例如天津市缺水的燃眉之急。继人民胜利渠之后,河南、山东两省已先后开发了上百个规模大小不同的引黄灌区,总计灌溉面积达到200万 hm^2 左右。人民胜利渠引黄灌溉的实践不仅改变了中国历史上“黄河百害,唯富一套”的说法,而且创造了世界上利用多沙河流水沙资源的成功事例。

在灌区规划设计上,人民胜利渠是在总结黄河上游宁夏、内蒙古河套古老引黄灌区无坝引水自流灌溉的经验,参照黄河中游陕西的泾惠渠、洛惠渠和渭惠渠等灌区和前苏联一些自流灌区,因地制宜而修建的大型灌区。从黄河左岸秦厂坝头穿堤建闸引水,到新乡附近以卫河为排水容泄区,灌区规划布局比较合理,建筑物设计标准较高,灌排渠系(灌溉渠道除总干渠外,干、支、斗、农、毛五级。排水沟道干、支、斗、农四级)配套比较齐全。为了解决黄河来水挟带的粗沙入渠问题,修建了几处沉沙池,在全国也是首创的。40多年的灌溉实践说明,人民胜利渠渠首位置选择适当,引水、输水、分水有保证,退水、排水有出路,附带还有“沉沙造田”、“引淤肥田”的效用,在国内是一个比较先进的自流灌溉工程系统。

国内外历史经验证明,灌溉系统能否经久不衰,灌溉农业能否可持续发展,除了气候、水源等自然条件改变及人为破坏外,经营管理是否得当是一个决定性因素。人民胜利渠灌区位于季风影响下的黄、沁河冲积平原上,由于地形地貌、水文地质及土壤等自然条件影响,在开灌前存在旱、涝、盐碱及风沙等自然灾害,土地瘠薄、耕作粗放、农业产量不高。1952年第一期工程完成后立即开始灌溉,以便早日发挥效益。在中央及省、地各级领导部门的重视与支持下,管理工作一开始就以崭新的面貌出现:50年代成立了河南省人民胜利渠管理局,开展科学观测和试验研究工作,安装量水设备,实行计划用水,进行渠道衬砌防渗及灌区续建扩建工程等。随着灌溉用水和农业生产技术的改进,灌区粮、棉产量稳步增长,生态环境和基础设施也不断改善。目前灌区林木覆盖率已达到12%,粮食、棉花产量较开灌前均增长了3倍~7倍。正如都江堰灌区之于四川成都平原,泾、洛、渭灌区之于陕西关中平原,人民胜利渠灌区在黄淮海平原,已初步形成一个良好的农业生态系统。总的来看,人民胜利渠灌区建成及开灌以来,尽管中间也走过一段弯路,出现过一些挫折,由于重视管理与科研工作,及时总结经验教训,不断改进工程设施,实行科学用水,使灌区地面水、地下水资源得到了合理利用,灌溉农业得到持续发展,为黄河下游引黄灌溉的发展展现出美好的前景。

人所共知,在干旱、半干旱地区,灌溉是改良利用盐碱地必不可少的手段,但是,如果措施不当、管理不善,例如大水漫灌、有灌无排,灌溉土壤就易于发生次生盐碱化。如上所述,人民胜利渠灌区在开灌前就存在有旱、涝和盐碱等自然灾害,灌区建成后,虽然旱、涝问题已基本解决,但是,灌区土壤及地下水含盐量较高,而且开灌初期还存在着六七千公顷老盐碱地,说明次生盐碱化的潜在威胁不容忽视。国内外有不少大型灌区为盐碱化问题所困扰,有的因此而不复存在。人民胜利渠灌区不能不正面对待这个问题。因此从 50 年代开始就先后与中国水利水电科学研究院及武汉水利电力大学等科研单位和院校合作,在灌区广泛开展科学试验研究。在完成灌区土壤调查和水文地质调查工作之后,开始了地下水和土壤水盐的长期定位观测和分析研究,并在西灌区丁村和东一灌区小冀、七里营等地开展了改良老盐碱地和预防次生盐碱化的试验研究工作,其中地下水位观测和盐碱地改良利用工作一直坚持进行,积累了国内外少见的大面积长期观测资料。显示出灌区地下水埋深变化与盐碱面积消长的密切关系:当引水过多、灌溉失控、管理工作废弛、特别是不适当地强调蓄水、忽视排水时,地下水位即急剧升高,盐碱地面积亦随之扩大。这就给人们以启示:控制地下水位是防治土壤盐碱化的关键。同时,在 60 年代初期,先后提出过地下水临界深度的确定方法、防止次生盐碱化、排水冲洗和种稻改良盐碱地等试验研究报告。1962 年,河南、山东两省引黄灌区因内涝灾害严重、土壤盐碱化恶性发展暂时停灌,而人民胜利渠灌区因工程设施较为完整、灌溉效益比较明显,仅缩小灌溉面积,继续灌溉,摸索经验。这样,人民胜利渠灌区能否管好用好,就关系着引黄灌溉在黄河下游能否存在的命运。所幸在各级领导部门的关怀和重视,群众生产的需要以及管理干部和科研人员的共同努力之下,人民胜利渠终于被保存下来了;灌溉面积随之逐渐恢复、盐碱地面积亦逐年缩小。到 70 年代,两省大部分引黄灌区也先后恢复灌溉,并有新的发展。以上事实说明,防治土壤盐碱化是引黄灌溉事业生死攸关的问题,只要加强管理,按照科学规律办事,引黄灌溉是可以健康发展的。

从“六五”开始,经过“七五”、“八五”,在三个五年计划期间,人民胜利渠灌区作为国家重点科技项目——黄淮海平原中低产田综合治理的一个类型——大型自流灌区,开展了针对旱、涝、盐碱综合治理的水盐监测预报专题研究。由中国水利水电科学研究院牵头,河南省人民胜利渠管理局、武汉水利电力大学以及新乡市水利科学研究所的有关专业人员参加,组成课题组在人民胜利渠灌区选定监测区、布置观测网点、搜集基本资料,按各个五年计划进行野外及室内试验研究。在“六五”、“七五”和“八五”期末,课题组分别提出了研究报告,经过鉴定验收,均得到了较高的评价。其中有十余篇科技论文在国内外刊物上发表,有些研究成果已在灌区生产中得到验证和应用,同时还锻炼和培养出一批科技人才。本书是人民胜利渠灌区 40 多年来,特别是“六五”、“七五”期间科学研究成果的总结。

本书第一章、第二章是人民胜利渠灌区概况与水盐动态基本情况介绍。第三章至第六章,系统地介绍了水文、水文地质及盐分运动参数的室内外试验及测定分析方法。其中有些试验方法,是在条件简陋的情况下,采用自行制作设备进行的。例如,在测定盐分运动的弥散系数田间试验方面,采用了水井抽水与观测孔注入示踪剂相结合的简便方法,通过相邻观测孔示踪剂浓度过程线分析测定盐分运动弥散系数。用最少的试验费用,取得了良好的试验效果,这在国内尚属首次。在参数测定中提出了一些行之有效的新方法。

例如,在降雨入渗补给量的确定方法方面,采用了降雨量(P)和前期影响雨量(P_a)与入渗补给量(P_r)相关分析方法,以地下水埋深(D)为第三参数。在 P_a 的计算中,从地下水动力学理论出发,提出了折减系数 K 随地下水埋深而变化的概念,较之现有文献中其他计算方法更加切合实际。

为了探求大型灌区水盐动态监测预报的先进而又简易实用的方法,第七章至十一章,介绍了采用数理统计法预测地下水位;利用集中参数的均衡法进行地下水动态预报;采用分布参数的有限元法进行地下水盐动态预报等,这些方法在生产实践中应用均取得了良好的效果。为了探求可操作性强和实用性强的方法,在“八五”期间进一步探讨了用周期分析法预报降雨量和蒸发量;用改进的数理统计法预报地下水位和土壤盐分;用时间序列法预报降雨量、蒸发量、地下水位、地下水水质及土壤盐分;以及用灰色系统方法预报土壤盐分及地下水水质等,并研制了联合调控水盐动态优化模型的软件,为灌区水管理优化调度的应用创造了条件。

本书最后,还系统地介绍了水盐动态预报在灌排管理,井渠结合联合运用地表水和地下水,以及防治土壤次生盐碱化等方面的应用,提出水管理系统模型和井渠用水量联合调度运用方案,并编成了计算机应用软件。

通过多年的试验研究和预报实践,本书重点介绍了以下几种预报方法及适用条件:

1. 周期分析法预报降雨量和蒸发量

降雨、蒸发是影响水盐动态的主要气象因素,也是预报地下水位、水质动态、土壤水分和盐分动态以及农田水管理的基本依据。考虑水盐动态预报时间跨度较长的特点,研究并提出了利用周期分析原理进行年、月、旬降雨量和蒸发量的预报方法。通过对现有的实测年降雨量(或蒸发量)序列进行周期排列及周期显著性判别,选定预报区降雨(或蒸发)周期,并据以预报降雨量(或蒸发量)。实践证明,预报结果基本能满足要求。该方法具有概念清楚、方法简便、易于掌握等优点,可在灌区水管理中应用。

2. 数理统计法预报地下水位及土壤盐分

在大量实测资料基础上,根据渠灌、井灌、降雨和蒸发等各项因素与地下水埋深之间统计规律,建立了地下水预报的数学模型,编制了计算机软件,对灌区内不同地形地貌、水文地质、水管理等条件的七个分区进行了地下水动态预报,预报结果达到了满意的精度。该方法概念清楚、简便、易于使用。

在相关分析基础上,以土壤含盐量和干旱度与地下水埋深相关,建立了土壤盐分动态预报模型,对全灌区各分区进行了土壤含盐量预报,通过用实测值检验对比表明,计算结果具有较高的精度,在有土壤含盐量实测资料的地区,可推广应用。

3. 采用均衡法及有限元法进行地下水位预报

均衡法是利用集中参数模型进行地下水动态预报的一种常用方法。通过地下水位各项影响因素的均衡计算,确定各分区、各时段地下水位变化值,从而确定地下水埋深。这种方法具有物理概念明确、计算简便、易于掌握的优点。但是一般均衡法仅能预测均衡区的平均地下水位,本项研究通过对观测点水位与均衡区的平均地下水位相关分析,得出了观测点水位预报值,改进了均衡法预报模型。

用有限元法预测地下水位具有较好的效果。该方法采用分布参数模型,理论严谨,可

考虑多种影响因素,预报任一点的地下水位变化。虽然计算较为繁琐,所需参数较多,但在缺乏长期连续观测资料地区,有限元法是一种有效的水盐动态预报方法。

4. 时间序列法预报降雨、蒸发、地下水位、水质及土壤盐分动态

均衡法、有限元等方法均利用确定性模型进行预报,具有一定优点和适用条件。由于地下水运动的影响因素众多,十分复杂,难以确定各种因素对地下水动态影响的精确表达式,且需要大量的水文及水文地质参数。同时,由于影响地下水动态的因素(如降雨、蒸发、土壤、水文地质等),在时间上或空间上的分布是随机的,难以用确定性模型精确表达,因而确定性模型的使用受到一定限制。根据人民胜利渠灌区已有几十年地下水位观测资料的特点,探求了简单实用的采用时间序列预报地下水动态的方法。考虑到多年地下水位观测资料中已经包含了各种确定性因素和随机因素对地下水动态影响的信息,根据观测数据的分布特性和数据本身所蕴含的信息类型,提出了地下水动态变化的时间序列组合模型和多层递阶模型,并编制了包括输入数据、模型建立、地下水预报、结果输出的计算机软件系统。对全灌区内各分区进行了预报,经与实测值比较,大部分时段吻合良好,总体上看,地下水动态变化趋势与实测资料是一致的。

人民胜利渠灌区,积累有较长系列的降雨、蒸发等气象资料,所以也采用时间序列法进行了月降雨和月蒸发的预报,与实测资料对比,均取得了满意的结果。

在地下水水质预报中,根据不同测井的多年各季度地下水矿化度资料,建立了时间序列的多层递阶模型,进行了地下水水质预报,其结果与实测值吻合较好。这是一种简单实用的方法,具有推广价值。

对土壤盐分,同样采用时间序列的多层递阶模型进行预报,也取得了满意的结果。

5. 利用灰色系统理论进行灌区土壤含盐量及地下水矿化度预报

采用对流模型、弥散对流模型以及有吸附模型等确定性模型进行土壤盐分预报,虽能较好地反映各因素与土壤盐分动态的关系,但由于需要降雨、蒸发、地下水位、水质等多种变量的预报结果和大量的土壤水分和盐分运动参数,而取得这些资料难度较大,使模型应用受到限制。为了探求简便易行方法,研究了采用灰色系统理论进行土壤盐分及地下水水质预报的方法。在分析灌区盐碱地面积变化,灌区土壤盐分动态特征,灌区盐碱地分区和不同含盐量地区地下水埋深和矿化度的基础上,在国内首次采用了灰色一耦合随机模型进行土壤盐分动态和地下水水质的预报。这一方法操作简单,易于掌握,在有一定系列观测资料的地区,具有广泛的推广应用价值。

以上介绍的各种预报方法,不需要输入众多的水文、水文地质参数,只要输入预报区历年的降雨量、蒸发量系列观测资料和各种农作物的需水量试验成果,即可根据这些资料所蕴含的信息,通过计算机运算输出预报区预报年或月(旬)相应的各种预报结果。以上预报均已编制成软件系统,可大大提高预报计算的速度和精度,具有重要的实用价值。

预报是一种科学推测,根据已获得观测资料及事物的内在联系,通过分析研究,推断其今后可能发生的变化或发展趋势,并以数学模式表达出来,以便在生产中操作运用。观测数据愈多,分析方法得当,预报结果的精度就会高;反之则差。特别是通过对预报的实践检验,是提高预报精度的有效方法。

第一章 灌区概况

第一节 基本情况

人民胜利渠是新中国成立初期在黄河下游兴建的第一个大型引黄灌溉工程。1952年4月开灌后,揭开了黄河下游开发利用水沙资源的序幕,结束了“黄河百害,唯富一套”的历史,为我国引黄灌溉事业的发展,做出了重大贡献。

一、自然条件

人民胜利渠灌区位于河南省北部,东经 $113^{\circ}31' \sim 114^{\circ}25'$, 北纬 $35^{\circ}0' \sim 35^{\circ}30'$, 总面积 $1\,183\text{km}^2$ (见图 1-1)。受历代黄河泛滥沉积等影响,以古黄河废堤(古阳堤)为界,在灌区内形成三个主要地貌单元:古阳堤以南为古黄河漫滩区;古阳堤以北为古黄河背河洼地区;卫河两侧为卫河淤积区。灌区土壤以中壤土和轻壤土为主,其中中壤土占 50.7%,轻壤土占 27.6%,其余为砂壤土、重壤土等。灌区水文地质状况,随地貌单元不同而有所差异,古黄河漫滩区地势高亢,地下水径流条件较好,地下水埋深在 6m 上下,地下水矿化度一般为 1g/L 左右,土体含盐量 1‰ 左右;古黄河背河洼地区,地势低平,地面高程较古黄河漫滩区低 3m~4m,地面水、地下水径流条件差,地下水埋深 3m 上下,地下水矿化度多为 2g/L 左右,土体含盐量 2‰ 左右,灌区历史上遗留下来的 0.68万 hm^2 老盐碱地,大部分分布在此区域内。如获嘉县的丁村和新乡县的洪门,都是有名的老盐碱地区,地下水矿化度均在 4g/L 以上,土体含盐量高于 3‰。灌区地下水流向与地面坡向一致,都是西南至东北,坡降 $1/4\,000$ 左右。灌区地下水有两个含水层组,第一个含水层组为浅含水层(潜水)组,底板埋深 40m~60m;第二个含水层组为深含水层组,底板埋深 90m~110m。浅含水层组以粉细砂、中砂和粗砂为主,层内无稳定连续的粘土、亚粘土隔水层。

灌区属暖温带大陆性季风型气候区,年平均气温 14.5°C ,最高 41°C ,最低 -16°C ,无霜期 220d 左右,早霜多出现在 10 月下旬,晚霜出现在 3 月中、下旬;多年平均水面蒸发量 $1\,800\text{mm}$ 左右,多年平均降雨量 620mm ,雨量少且年内分布不均,6 月~9 月的降雨量占全年降雨量的 70%~80%。因而形成冬春干旱、夏秋多雨,先旱后涝、涝后又旱、旱涝交替的气候特点。

二、水利工程概况

人民胜利渠灌区,经过 43 年的管理运用、改建扩建,目前有四套工程系统,即:

(1) 渠灌系统。由各级渠道及其相应的控制(进水闸、节制闸)、连接(渡槽、跌水、涵洞等)建筑物组成。有总干渠一条,长 52.7km ,渠首正常引水流量 $60\text{m}^3/\text{s}$,最大引水流量 $100\text{m}^3/\text{s}$;干渠 5 条,支渠 43 条,斗渠 250 条,农渠 1 771 条。灌溉渠系总长 $1\,635\text{km}$,其中混凝土衬砌渠长 391km ,占总长度的 23.9%,植树绿化长度 797km ,

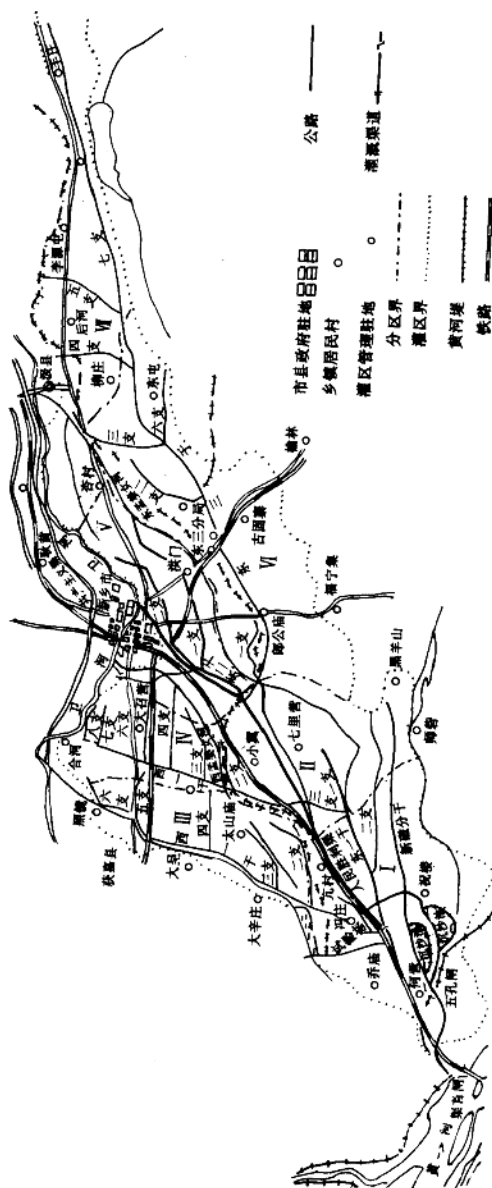


图 1-1 人民胜利渠灌区水盐监测分区示意图

有各种建筑物 4 675 座。工程设施控制面积 5.91 万 hm^2 。在总干一号跌水上, 布设电站 1 座, 总装机容量 625kW。在管理局设立了 1 个中心站, 渠首闸和一号跌水设立了两个分站, 通过无线电传递, 中心站对各分站实现了闸门、水位、过闸流量的遥测、遥控、遥讯、遥调的自动化管理。

(2)排水系统。卫河为灌区地面水和地下水的总承泄区。灌区有干排 4 条、支排 33 条、斗排 59 条, 在部分盐碱地区, 还布设有农排。目前干排可以排地面水和地下水, 支、斗排主要排地面水。排水系统的除涝标准, 均按五年一遇设计。近几年来, 由于连续干旱, 排水系统淤积严重, 亟需疏浚。

(3)泥沙处理系统。主要由沉沙条池、引水渠、退水渠和进、出水闸及桥梁等建筑物组成, 进行自流沉沙。人民胜利渠自开灌以来, 通过沉沙池沉沙改土、放淤稻改, 已改造低洼易涝盐碱地 0.47 万 hm^2 。这些过去种不保收的不毛之地, 经过沉沙改土后, 现在都已成了高产稳产农田。

(4)井灌系统。由农用机井、低压输配电线路以及相应的田间工程组成。目前灌区有农用机井 15 475 眼, 配套 12 923 眼。农用机井均在第一含水层取水, 井深 30m~40m。机井的分布, 在灌区上游及渠灌用水较方便的地区, 密度较小, 平均 66.7 hm^2 耕地只有 8 眼~9 眼; 在灌区下游及边远地区, 密度较大, 平均 66.7 hm^2 耕地有机井 11 眼~12 眼。从单井出水量来看, 在抽降 3m~5m 的情况下, 古黄河漫滩区大于古黄河背河洼地区, 古黄河背河洼地区大于卫河淤积区, 且自灌区东南部向西北部递减, 如冯庄、七里营一带为 120 m^3/h ~160 m^3/h , 中部亢村、小冀一带为 80 m^3/h ~120 m^3/h , 西北部太山庙、大召营一带为 40 m^3/h ~80 m^3/h 。

三、社会经济情况

人民胜利渠灌区包括武陟、获嘉、新乡、原阳、延津、卫辉及新乡市郊六县一市的 46 个乡, 859 个村, 人口约 110 万人。灌区作物种植以旱作为主, 近 20 年来, 还发展了部分麦茬水稻。在设计保灌面积 5.91 万 hm^2 中, 小麦占 70%, 4.13 万 hm^2 ; 棉花占 30%, 1.78 万 hm^2 ; 玉米占 45%, 2.67 万 hm^2 ; 水稻占 25%, 1.47 万 hm^2 。复种指数约 1.7。由于受旱涝碱的综合危害, 开灌前, 1951 年粮食每公顷产量只有 1 327.5kg, 皮棉 217.5kg。1952 年开灌后, 灌溉水源有了保障, 灌区农业生产得到了稳步发展, 粮棉产量逐步提高。在灌排并举、渠井结合、科学用水的指导下, 特别是贯彻中共十一届三中全会关于农村的经济政策以后, 灌区农业生产大幅度向前发展。自 1978 年以来, 灌区粮食年平均公顷产量都在 9 000kg 以上, 最高达 9 750kg; 皮棉在 900kg 以上, 最高达 1 425kg。目前, 灌区水量平衡状况良好, 生态环境不断得到改善, 全灌区地下水平均埋深 3m~4m, 0.68 万 hm^2 老盐碱地已改良了 0.6 万 hm^2 , 除少量零星分布的老盐碱地外, 成片的盐碱荒地已不存在。

改革开放的新形势, 给人民胜利渠的发展带来了广阔的前景。灌区的管理工作, 由过去单一的为农业服务, 正逐步转移到为农业、工业及城市生活用水等整个国民经济服务的轨道上来, 经济效益越来越高。同时, 通过推广节水灌溉技术, 在不扩大工程规模的情况下, 正不断扩大灌区供水补源范围, 增加灌溉受益面积, 提高现有工程的经济效益和社会

效益。特别是通过国家“六五”、“七五”和“八五”灌区工程技术改造试点以后,群众看到了试点工程在节水、减淤、增产方面所表现出来的巨大优越性,更增强了搞好灌区管理工作的信心和决心。

第二节 灌区水盐监测系统

一、灌区水盐监测工作

人民胜利渠灌区自开灌以来,一直重视水盐监测工作。针对灌区的特点,结合灌区管理及科研工作的需要,灌区水盐监测的项目和内容,不断有新变化。

(1)灌溉水量观测。结合灌区灌溉管理,自1952年开灌起,灌区一直坚持灌溉水量的观测。开灌初期,为了推行计划用水,从总干、干渠一直到农渠的各级渠道,均设站进行控制观测;60年代中期后,由于十年动乱的影响,工作有所减弱,在此期间只有干渠以上的渠道坚持观测。70年代中期以来,结合按方征收水费的需要,这项工作又得到了加强。目前,主要采取管理单位与群管组织相结合的观测方法,管理局段担负支渠以上渠道的水量观测,群管组织负责支渠以下渠道的水量观测。

(2)排水量观测。灌区的排水,绝大部分由东、西孟姜女河和总干渠下段三条干排控制,最后排入卫河。卫河是灌区排水的总承泄区。排水量的监测工作开展较晚,60年代初,首先在西孟姜女河八里营处设站,70年代初开始,对总干渠下段进行水量观测,1980年以来,结合科研工作,对东孟姜女河排水量也开始在九孔桥设站进行水量观测。目前,这三个观测站,已处于正常工作状况。

(3)地下水观测。从灌区开灌起,对地下水观测就很重视,1953年开始布设测井,至60年代初灌区启用的观测井多达100余眼。十年动乱期间,观测工作受到严重干扰,1969年曾一度停测。70年代以来这项工作得以恢复和加强。特别是1978年后,灌区对地下水观测井进行了统一规划,恢复布设井点80余眼,观测制度也比较健全。但自90年代以来,由于灌区地下水位一直稳定下降,水质也趋于淡化,对这项工作有所放松,缺测现象比较严重。

(4)土壤盐分观测。自1956年开始在全灌区布设土壤盐分定位点,1957年开始观测,由于50年代末60年代初,灌区土壤次生盐碱化发展严重,土壤盐分定位点多达25个。十年动乱期间,土壤盐分监测也一度停止,直到1979年才恢复观测。目前全灌区有土壤盐分定位观测点13个,在部分水盐平衡观测区,还布设有临时性土壤定位点10余个。

(5)土壤水分观测。灌区土壤水分观测有两种目的:一种是为分析土壤盐分溶液浓度服务,它与土壤盐分观测同步进行;另一种是为指导灌区灌水管理服务,一般在每个管理段内都布设1个~2个土壤水分观测点。

(6)气象观测。自1953年以来,灌区在忠义试验场建立气象站,开展常规项目的气象观测,同时在小冀(原管理局)及各分局和各管理段内,均设有长期雨量观测点。另外,在灌区范围内,尚有新乡气象站。所有这些站、点,均积累了较完整的气象观测资料。

二、水盐监测站网的布设

根据人民胜利渠灌区 40 多年来的实践,合理布设水盐监测站网,开展水盐动态的监测预报,是防止土壤次生盐碱化发生、发展的重要手段,同时,对提高观测资料的精度,亦具有重要的作用。

(一)地下水观测井的布设

地下水观测井布设一般分井点布置、选井定位、高程测量等三个步骤进行。

1. 井点布置

根据地下水监测的目的,井点布置在分析考虑区域自然条件、控制范围和水利工程状况的基础上进行。人民胜利渠灌区的地下水观测,按测井性质分,有普通观测井、基线观测井及特殊观测井三种类型。

(1)普通观测井。主要为观测区域内的地下水埋深状况而设,一般按控制面积布设,根据条件的不同,可按每 $3\text{km}^2 \sim 13\text{km}^2$ 设 1 眼井,目前人民胜利渠灌区约 6km^2 设 1 眼井,布设方法采用网格状或梅花状均匀布设。

(2)基线观测井,主要是观测灌区地下水的流向和比降,布设方法是基线垂直于灌区地下水等水位线。在基线上,采用等距离布设井点,一般 $1\text{km} \sim 3\text{km}$ 布设 1 眼井,但当遇到基线穿越大型河、渠时,应在河、渠附近加设测井。

(3)特殊观测井。主要目的是了解渠道、河流、池塘及稻田对地下水渗流的影响。布设一般由密而稀,如距河渠的距离,分别为 20m、50m、100m 及 400m 等。

2. 选井定位

根据井点布置要求,实地考察确定每一观测井的位置及结构型式。

(1)确定井点位置。首先是实际井位与布置图中的井点位置要基本一致。普通观测井点不要距渠道、河流、池塘太近,一般不小于 100m,以免影响观测资料的精确度;要避免开经常抽水的农用水井;尽可能选在离道路较近的地点,以利观测方便。

(2)观测井的结构。目前灌区的地下水观测井,有三种型式:一是利用菜园大口井,这种井一般是历史遗留下来的老井,人工开挖白灰青砖砌筑,井筒直径 $1.5\text{m} \sim 1.8\text{m}$,井深 $4\text{m} \sim 8\text{m}$,水位稳定,观测方便、节省投资,但对地下水埋深较大地区不宜选用。第二种是利用不经常使用的机井,井深 $20\text{m} \sim 40\text{m}$,井管直径 $50\text{cm} \sim 75\text{cm}$,井管结构多为无沙混凝土管。这种井观测方便,节省投资,但观测时要避开抽水期。第三种是专用观测井,井管一般采用钢管或混凝土管,管径不宜小于 15cm ,深度根据当地地下水位而定,一般为 $12\text{m} \sim 15\text{m}$,要使地下水位较低时仍能观测。专用观测井具有位置准确,使用方便的优点,但造价高,且因井径小易堵塞,要注意保护维修。

3. 井点高程测量

在观测井选定建成之后,要对每一眼观测井进行井口与地面高程测量。井口高程是指井口上某一基点位置的高程,它是测量地下水位的标准点,要设在稳固、易于观测的地方,如井口边上,并用红漆标明记号。地面高程是指能代表观测井周围平均地面高程的典型点高程。

(二)土壤盐分、水分定位点的布设

灌区土壤盐分定位点的布设,可根据灌区土壤分布、地形地貌和土壤盐碱化程度等不同条件分类进行。

灌区土壤盐分定位点的布设要有典型性和代表性。一般情况下土壤盐分重的地区,布点较密,土壤盐分轻的地区,布点较稀;地下水位高的地区比地下水位低的地区要密。土壤盐分定位点旁边均应布设地下水观测井,以便在进行土壤盐分观测取样时,同时能观测地下水位与水质。定位点一经布设,就长年不变。每次取样均应在定位点 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 的范围内进行。

灌区土壤水分观测,除部分与土壤盐分定位点同步观测外,为灌溉服务的土壤水分观测站,一般在不同土壤、不同作物种植的地块上都有 1 个~2 个观测点。

(三)灌排水量监测站的布设

灌区灌排水量监测,主要目的是了解灌区水量平衡及灌溉水量利用和损失等情况,并为开展灌区水盐预报研究,指导灌溉用水和提高灌区管理水平提供依据。

灌区灌排水量监测站由于作用的不同,可分三种类型:一是渠道进水量监测站,用于监测各级渠道引进水量,一般设在各级渠首;二是渠段中间的水量监测站,主要用于了解某渠段内分水及渠段水量损失情况;三是灌区退水量监测站,一般设在渠道的末端及排水河道上,主要了解灌区灌溉退水和排水情况。

灌排水量观测站的测水方法,主要有利用流速仪测水,利用水工建筑物(如闸门)量水和断面水尺量水等。不同的测水方法,需要安装不同的观测设施。利用闸门量水,闸门不得有漏水现象,并按规定安装闸上、闸下、闸前、闸后和闸门开启高度 5 根水尺;利用流速仪测水,要在观测断面安设测流桥,并在测流断面上游安设断面水尺。

(四)典型区的水盐监测工作

人民胜利渠灌区水盐动态监测预报研究,从 1982 年开始。“六五”期间,主要是探索水盐运动的规律,分别在田庄及丁村建立了两个面积均为 26km^2 的水盐平衡观测区;“七五”期间,主要是建立水盐动态预报模型,在西一、东一、西三 3 条干渠范围内建立了面积为 320km^2 的水盐监测预报区;“八五”期间,以人民胜利渠全灌区 943km^2 为研究对象,开展水盐动态的监测和预报工作。为了开展水盐动态监测预报的需要,在各个时期的测报区,分别开展了各种试验监测工作。

1. 常规监测工作

在各个时期的典型区内,地下水、土壤水分、土壤盐分和灌排水量等常规观测项目,与全灌区基本相同,只是为了研究的需要,有些观测项目,观测点的密度有所增加,观测时距有所缩短,但观测的内容没有很大变化。

2. 典型区其他观测试验工作

为了开展水盐动态监测预报研究的需要,在各典型区内进行的其他观测试验项目有:

(1)为了测定水文地质参数,如导水系数(T)、给水度(u)、渗透系数(K)和影响半径(R)等,分别在古黄河漫滩区的高村及古黄河背河洼地的李任旺、丁村进行了地下水非稳定流不注盐水和注盐水的抽水试验。

(2)在忠义试验场、李庄和兴宁等村,1982 年~1984 年,分别进行了棉花、小麦、水稻

及玉米等4种作物的田间耗水量观测。

(3)在李庄及兴宁村,修测坑两处,开展土壤剖面水分运动的观测试验。

(4)在“七五”测报区内,1987年~1990年,选择8个有代表性的村庄,开展井灌开采地下水量的观测试验。

(5)在“七五”测报区内小冀的详测点上,1987年开展了钻孔注盐水试验,以测定土壤盐分运动物理参数。

通过以上土壤及地下水的水盐运动物理参数试验,取得了大量的观测资料。为开展水盐动态规律及水盐预报研究,提供了可靠的依据。

三、水盐监测的内容与方法

(一)地下水位观测

(1)观测方法。采用皮尺或电测水位计直接度量,每次观测时,观测人员用皮尺量出井口基准点与井内水面之间的距离 H_1 ,一般观测两次,取其平均值,然后用此值减去井口与地面之间的高程差 h ,得到地下水埋深 H ,即 $H = H_1 - h$;若求地下水位,即用井口高程 H_r 减去观测读数 H_1 ,即得地下水水位 H_0 ,即 $H_0 = H_r - H_1$ 。

(2)观测时间。灌区地下水观测于每月1日、11日、21日观测3次,典型区部分时期逢1日、6日、11日、16日、21日及26日每月观测6次。

(3)观测要求。观测时要求地下水位稳定,如是农用井,遇抽水时,应待停水后水位恢复平稳再进行观测,读数至毫米。

(二)地下水质监测

(1)观测方法。取水样进行化验分析,取样深度在水面下20cm处,取样后水样应密封保存,速送化验室分析。

(2)取样时间。一般观测井每年3月中旬及9月中旬取样两次;典型区的观测井,每年3月、6月、9月、12月中旬取样4次。

(3)水质化验。一般项目有矿化度、pH值及 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 等。

(三)灌排水量观测

(1)观测项目。包括水位、流量、含沙量及矿化度等。

(2)观测方法。水位观测利用水尺,流量观测用流速仪或利用各种量水设施量水等。流量测定以后,利用每次观测的流量及间隔时间,计算每日及时段过水量。

(3)观测时间。灌溉渠道在放水期间,每天观测2次~3次(即每日8时、12时及20时)。水量增减及灌水开始与结束时,要增加观测次数。排水河道,一般在汛期及有灌溉退水时,每天观测1次~2次,冬季河道水量变化不大时,可每隔2d~4d观测一次。

(4)水质观测。灌溉渠道,要求在主要渠道进出水观测断面,每次灌水期初、中、末取水样3次,分别分析其矿化度及含沙量;排水河道上的观测站,每5d~10d取水样一次,进行矿化度分析。根据需要,在取样时同时测定水温。

(四)土壤盐分观测

(1)观测时间。一般每年3月中旬、6月中旬、9月中旬与12月中旬取样4次。深度