

黄河上游灌区 农业立体污染防治研究

——以宁夏黄灌区为例

杨正礼 李生宝 主编

中国农业科学技术出版社

X592.6
20121

阅

黄河上游灌区 农业立体污染防治研究

——以宁夏黄灌区为例

杨正礼 李生宝 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

黄河上游灌区农业立体污染防治研究——以宁夏黄灌区为例 / 杨正礼, 李生宝主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2011.10

ISBN 978 - 7 - 80233 - 952 - 1

I. ①黄… II. ①杨…②李… III. ①灌区—农业环境—污染防治—研究—宁夏 IV. ①X592

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第170703号



责任编辑 徐 毅

责任校对 贾晓红 郭苗苗

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街12号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京华忠兴业印刷有限公司

开 本 889mm×1 194mm 1/16

印 张 12

字 数 320千字

版 次 2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

定 价 36.00元

— 版权所有 · 翻印必究 —

《黄河上游灌区农业立体污染防治研究》

编委会

顾问：章力建 刘荣光 梅旭荣 马忠玉 蔡典雄 张富国

主编：杨正礼 李生宝

副主编：李友宏 张学军 杨建国 刘国强 杨世琦 王芳

编著人员（按姓氏笔画）：

丁伟	王芳	王国珍	王永生	王艳平	王天新
王长军	刘国强	刘汝亮	任海静	李友宏	李生宝
李峰	张学军	张爱平	张晴雯	张惠	张怡
张宗山	杨正礼	杨世琦	杨建国	杨金凤	杨淑静
陈晨	陈晓群	罗良国	罗健航	赵营	易军
赵天成	洪瑜	樊丽琴	黎玉琼	额尔荷花	

国家财政部科技重大项目：

农业立体污染防治创新条件建设

课题名称：

农业立体污染防治技术集成与宁夏示范基地建设

课题顾问：

章力建 刘荣光 梅旭荣 马忠玉 蔡典雄 张富国

课题主要参加单位：

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

宁夏农林科学院

宁夏发改委经济研究中心

序

农业污染问题已经构成我国经济社会可持续发展与环境安全的重大制约因素。2007年我国污染源首次普查资料显示,农业源总氮、总磷和COD的贡献率已经分别达到总污染排放量的57.2%, 67.3%和43.7%。显然,在全球经济一体化和我国发展现代农业的大背景下,控制农业污染对保障我国农业环境安全与食物安全、提高农产品国际竞争力、发展现代农业、推进农村经济可持续发展与实现和谐社会等的具有重大战略与现实意义。

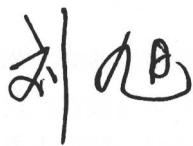
黄河上游灌区是我国具有2000余年农耕历史的大型河灌区,在解决我国西部地区乃至国家粮食安全方面具有重要作用。然而,随着灌区化肥、农药、配合饲料、地膜等用量的不断提高,化肥农药流失问题逐步加重,畜禽粪便、作物秸秆等有机废弃物产出量持续增加,农业源总氮、总磷和COD的贡献率均达到或超过区域污染总负荷的2/3,农业污染已经成为黄河上游灌区水体和黄河水质的首要污染源。而且,随着集约度的不断提高,农业污染的潜在风险还在增大。

令人欣慰的是,我国政府和科技界对农业污染问题给予高度重视。国家先后在包括黄河上游灌区在内的重要农业区域,开展了多项重大农业环境污染防治工作。中国农业科学院的一批科学家在探索和揭示农业污染物在生态系统中复合交叉与时空延伸特征的基础上,提出了农业立体污染防治的新理念、新方法,与农业污染立体化防治的新思路,并在黄河上游灌区建立了农业立体污染防治监测基地,开展了立体化防治技术的集成与示范工作。

《黄河上游灌区农业立体污染防治研究》一书的作者们,针对宁夏黄河灌区农业生产可持续发展及水质改善的实际需要,利用农业立体污染防治的新概念与新思路,揭示了灌区农业污染负荷现状、原因与防治途径,提出了灌区农业立体污染防治的总体战略思路,并基于多年的研究工作基础,集成研究并提出了灌区农业立体污染防治的技术体系、监测体系与管理体系,全面科学地展示出灌区农业立体污染综合防治体系,为该区域实现农业发展和水质安全“双赢”目标提供了坚实的科学思路与技术保障,也为同类地区开展农业立体污染防治工作提供了重要依据。

本书的出版,不仅会对黄河上游灌区农业污染防治实践起到直接的科学指导作用,而且是对农业立体污染防治理论与技术体系的丰富与推进,有利于促进农业立体污染防治新学科的完善与发展。

农业污染防治是一个世界性的难题。在我国大力发展现代农业之际,我国农业与环保科技工作者在污染防治方面任重而道远。让我们不懈努力,精诚协作,积极探索适合中国国情的农业污染防治道路与模式,为我国现代农业和环境建设作出更大贡献!



2011年10月

前 言

我国以全球6%的可利用水资源、9%的可耕地和1/3的化肥使用量养活了世界21%的人口，对世界作出了巨大贡献。与此同时，人地关系紧张和数量型增长导致了我国农业环境长期处于高负荷状态，耕地荒漠化与退化、养分流失、重金属污染、农药与农膜残留、温室气体排放等对环境造成了严重影响。2010年我国污染源首次普查资料表明，农业源总氮、总磷和COD的贡献率分别达到总排放量的56%、62%和42%，成为我国水体环境中上述污染物的首要来源。显然，如何根本解决好农业污染问题，已经成为迫在眉睫地保障我国环境安全与农产品安全、实现农村经济可持续发展与环境社会和谐共进“双赢”目标的重大问题。

黄河上游宁夏灌区是我国著名的特大型黄河自流灌区，素有“黄河百害，唯富一套”之称。这里不仅在解决我国西部地区粮食安全方面具有重要地位，而且沿袭着2 000余年农业与回汉民族文化的历史传承。然而，近些年随着灌区化肥、农药、配合饲料、农膜等用量的持续提高，常规农业生产方式导致的总氮、 NH_4^+-N ，总磷和COD对区域水体质量的影响日趋凸显，上述农业源典型污染物的贡献率均达到或超过区域污染总负荷的2/3，近些年区内监测资料表明，各排水沟水质均为劣V类、V类污染水质。同时，排水进入黄河后对水质造成影响，黄河出境断面的水质明显差于入境断面，往往下降一个等级。说明农业污染已经成为黄河上游灌区水体和黄河水质的基本污染源，水资源短缺与水质恶化正在成为制约灌区流域可持续发展的基本因素。

令人欣慰的是，我国及宁夏回族自治区政府及科技界对灌区农业环境问题非常重视，先后在黄河上游灌区部署了一系列国家科技项目与课题，开展了多项农业环境治理工作。“十一五”期间，中国农业科学院的一批科学家根据国内外农业污染发展的特点与趋势，探索并揭示了农业污染物在生态系统中的积累、传递、转化、再生以及复合交叉与时空延伸特征，在国际上率先提出了农业立体污染防治的新理念、新方法与新思路，国家财政部启动了“农业立体污染防治科技创新条件建设”财政重大项目，在黄河上游宁夏灌区建立了农业立体污染防治监测基地，针对性地开展了立体化防治技术的集成与示范工作，大大提升和推进了黄河上游灌区农业立体污染控制的科技水平。

课题组针对宁夏黄河灌区农业生产可持续发展及污染控制的实际需要，利用农业立体污染防治的新概念与新思路，通过多年基点研究及集成整合，揭示了灌区农业污染负荷现状、致污原因与防治途径，提出了宁夏灌区农业污染立体化防治的总体战略思路，并集成推出了实现这一思路的农业污染防治技术体系及其相应的监测与管理体系，全面科学地展示出灌区农业立体污染综合防治体系，为该区域实现农业发展和环境安全“双赢”目标提供了坚实的科学思路与技术保障，也为同类地区开展农业立体污染防治工作提供了重要的参考依据。

《黄河上游灌区农业立体污染防治研究》一书，在分析与揭示黄河上游宁夏灌区农业污染现状的基础上，估算了典型农业污染物的负荷特征，提出了相应的污染监测方法规范与方案；基于农业可持续发展与环境安全的双重需求，提出了灌区农业污染控制的战略思路与重点领域；针对农田养分流失、农药及农膜残留、规模养殖废弃物污染、土壤盐渍化等典型污染问题，开展了技术集成研究，提出了一系列基于农业立体污染思路与方法的成套技术，并针对集成技术的示范工

作开展了硬件条件和管理制度建设，为今后农业污染立体化控制提供了较好的示范设计与管理规范。

本书的出版不仅会对黄河上游灌区农业污染防治实践起到直接的科学指导作用，而且是对农业立体污染防治理论与技术体系的丰富与推进，有利于促进农业立体污染防治新学科的完善与发展。

本书的出版离不开中国农业科学院农业立体污染防治与产地环境质量研究中心、宁夏农林科学院、宁夏发展改革委员会有关领导的关怀与支持，负荷估算与技术集成也离不开区内外专家长期研究基础的支撑。在此，我们深表感谢！同时，衷心感谢刘旭院士欣然为本书作序，感谢中国农业科学技术出版社的大力支持。

农业污染防治是一个世界性的难题，我国农业污染防治任重而道远。本书涉及面广，带有一定探索性，加上作者理论与研究水平有限，不足之处在所难免。希望广大同仁与有识之士能够恳切指正，我们将倍感欣慰与感激！同时，我们也殷切希望广大农业与环保科技工作者在我国大力发展现代农业之际，能够精诚协作，不懈努力，积极探讨适合中国国情的农业污染防治道路与模式，为我国现代农业和环境建设作出贡献！

作 者

2011年10月于北京

Preface

With 6% of available water resource, 9% of arable land and one third consumed chemical fertilizer of the world's total, China has fed well 21% of the total population on the earth, and so has contributed a lot to our globe. Nevertheless, both severe lack of resources per capita and the dated quantitative growth of agricultural production have led to a heavy load of agro-environment for a long time. The desertification and degradation of farmlands, loss of soil nutrients, heavy metal pollution, residue pollution from pesticides and agro-films, and the Green House Gas emission occasionally occur in many regions, which have resulted in serious environmental pollution in China. The data of the first national environmental pollutants investigation in 2010 shows that the total nitrogen, total phosphorus and chemical oxide demand (COD) in environment from agriculture are respectively 56%, 62% and 42% of the national total amount. Agriculture has become the first source of the above pollutants in Chinese water system. Obviously, how to control agricultural pollution becomes an important issue to the environment health and agro-products safety, the sustainable development of rural economy, and the win-win goal between the environment safety and social and economic development.

The irrigation area along the Upper Yellow River (IAUYR), as an old saying goes that it is the only region being benefited by the river, is well known in China for its large-scale and the feature of auto-flow network. The region not only plays an important role in food supply in the west of China, but has carried on the culture both of agriculture and the Hui and Han people for over 2000 years. However, as the use of chemical fertilizers, pesticides, compound feed and agro-film continuously increase in the area, more total nitrogen, amino nitrogen, total phosphorus and COD go into the environment under the traditional farming mode and have seriously affected the regional water quality. The above agricultural pollutants account for over two thirds of the regional total load. Recently monitoring data show that water quality in all the drainage ditches are graded at the fourth or fifth level, and the water quality at the outlet is usually one grade worse than that at the inlet of the Ningxia irrigation area. It is undoubted that agricultural pollution, has been the main source of water quality degradation both in the irrigation area and in the Yellow River; the shortage and deterioration of water resource are becoming the fundamental factors hurting the regional sustainable development.

Fortunately, the environment in this area has attracted great attention from the central and local governments as well as the sci-tech circle. A series of national projects concerning comprehensive environmental improvement, including a few sci-tech ones, have been successively launched for the district. During the period of the eleventh "five-year plan", a group of scientists from Chinese Academy of Agricultural Sciences studied and revealed the characteristics of the accumulation, transfer, transformation, regeneration, complex intersection and the spatial and temporal stretch of the agro-pollutants in the agro-ecosystems. It is the first in the world that the theory of agricultural multi-dimensional pollution (AMDP) and the related new concepts, new methods and thinking of how to prevent and control it, were developed.

The State Ministry of Finance launched an important project, the Innovative Construction of the

Technological Conditions against AMDP, and a monitoring and research base was built in the IAUYR. Technical integration and demonstration of AMDP controlling in Ningxia have been implemented for years. This consequently raised the technological level to control AMDP in the area. Based on the actual demands of sustainability of agricultural production and pollution control in the Ningxia irrigation area, we followed the new conception and new thought to control AMDP, and did a lot of on-site field experiments and technological integration. And the circumstances of pollutants load, the cause and the solution of AMDP were proclaimed. The strategic thought of three-dimensional control of AMDP in Ningxia was developed. The corresponding technical system, monitoring system and management system were put together after the theory of how to comprehensively control AMDP. This work has provided a scientific thought and technological guarantee for the win-win goal of agricultural development and environmental safety in the area, and also important references to similar areas in preventing and controlling AMDP.

This book, *Studies of Prevention and Control of Agricultural multi-dimensional Pollution in the Irrigation areas along the Upper Yellow River*, analyzes and announces the current situation of agro-pollution in the IAUYR, and estimates the load distribution of typical agro-pollutants, and the criteria of methodology and scheme of pollution monitoring. Following the win-win principle of sustainable development and environmental safety, a strategic thought and related important domains are suggested. In terms of the typical pollution problems such as nutrient loss from farmlands, residues of pesticides and agro-films, waste from large scale animal farms, soil salinization, the book has integrated and come up with a series of complete technologies in view of the thought and methods of AMDP. Furthermore, we set up a research-and-demonstration cite and established a relevant management system. All of these ensure the work of controlling AMDP with a better demonstration sample and management standard.

Publication of this book will not only directly guide the prevention of AMDP in IAUYR, but also enrich and develop the theoretical and technological system of AMDP prevention and control, so as to promote and complete a new discipline of AMDP prevention.

The authors are definitely grateful to the research center of AMDP prevention and quality of producing area in CAAS, Ningxia academy of sciences in agriculture and forestry, and Development and Reform Commission of Ningxia. We also heartily give thanks to the experts for their long-term research work in the field of pollution load estimation and technology integration. Particularly, we would like to give our special thanks to academician Liu Xu for prefacing the book. And also, we sincerely thank China Agricultural Science and Technology Press for their support to the book publication.

The prevention of AMDP is a worldwide challenge. There are still lots of work to be done in China. Due to the wide range of issues this book involves, the exploratory effort as well as theoretical and researching limitation of authors, faults are inevitable and readers are welcome to give any feedback to the book or its authors. It would be a big pleasure anytime for us to listen to the advisers and criticizers about the book. We would also like to give a wish to scientific and technical workers with sincere cooperation, unremitting efforts together, in order to work for a relevant way and model to control the agricultural pollution, and so to make great contributions to Chinese modern agriculture and environment improvement.

AuThors

Beijing Oct, 2011

目 录

第一章 黄河上游灌区农业污染现状与防治意义	1
一、宁夏黄灌区地理范围与自然概况	1
(一) 宁夏黄灌区地理范围	1
(二) 宁夏黄灌区自然概况	1
(三) 宁夏黄灌区社会经济条件	2
二、宁夏黄灌区农业与社会经济的历史演变	3
三、宁夏黄灌区农业污染防治成就与挑战	4
(一) 黄灌区农业污染防治成就	5
(二) 黄灌区农业环境污染防治工作面临的挑战	6
四、国内外农业污染防治进展与借鉴	6
(一) 氮磷流失引起的水环境问题	6
(二) 农业污染防控技术	7
(三) 发达国家全程防控农业污染经验借鉴	8
五、宁夏黄灌区农业立体污染防治的重大意义	8
(一) 为控制灌区农业污染提供技术支撑与行动方案	8
(二) 有效提升灌区农业清洁生产水平	9
(三) 是保障灌区及黄河水环境安全的关键举措	10
(四) 是保障区域社会经济可持续发展的必然选择	10
参考文献	11
附：宁夏黄灌区农业立体污染防治科技创新项目介绍	12
第二章 宁夏黄灌区农业立体污染负荷与特征	13
一、宁夏黄灌区农业立体污染现状	13
(一) 黄河宁夏段监测断面水质情况	13
(二) 宁夏黄灌区主要排水沟水质情况	14
二、宁夏黄灌区农业立体污染源剖析	15
(一) 农用化学物质污染	15
(二) 农村畜禽养殖污染	17
(三) 农村生活污染	19
三、宁夏黄灌区农业氮磷污染特征	20
(一) 分污染源污染特征分析	20
(二) 农业氮磷污染时间变化特征分析	21

(三) 农业氮磷污染空间分布特征分析	22
四、宁夏黄灌区农业氮磷污染负荷估算	24
(一) 污染负荷估算方法——输出系数法	24
(二) 氮磷流失污染负荷估算	29
参考文献	42
第三章 宁夏黄灌区农业立体污染防治战略研究	46
一、宁夏黄灌区农业立体污染防治目标	46
(一) 总体目标	46
(二) 阶段目标	46
二、宁夏黄灌区农业立体污染防治思路	47
三、宁夏黄灌区农业立体污染防治道路选择	47
(一) 传统模式的剖析	47
(二) 农业污染立体防控思路选择	49
四、宁夏黄灌区农业立体污染防治的重点领域	49
(一) 以农田退水为核心的农业面源退水污染控制	49
(二) 规模养殖业废弃物处理与农田匹配利用	52
(三) 农区生态沟渠与污染物湿地消纳系统构建	53
第四章 宁夏黄灌区农业立体污染监测体系构建方案研究	54
一、宁夏黄灌区农业立体污染监测现状	54
(一) 水体污染监测现状	54
(二) 土壤污染监测现状	54
(三) 大气污染监测现状	55
(四) 特色农产品污染监测现状	55
二、宁夏黄灌区农业立体污染监测布点体系	55
(一) 中国农业科学院农业立体污染防治与产地环境质量研究宁夏分中心实验室	57
(二) 田块尺度农业立体污染监测布点体系	57
(三) 灌区尺度水环境监测布点体系	58
三、宁夏黄灌区农业立体污染监测内容	60
(一) 灌区监测基地基础资料获取	60
(二) 灌区水环境监测	60
(三) 灌区土壤环境监测	60
(四) 灌区大气环境监测	60
(五) 灌区农产品污染监测	60
四、宁夏黄灌区农业立体污染监测方法	60
(一) 灌区水环境监测项目及方法	60
(二) 灌区土壤环境监测项目及方法	61
(三) 灌区大气环境监测项目及方法	62

(四) 灌区农产品污染监测项目及方法	62
五、重点监测基地建设实践与展望	63
参考文献	64
第五章 宁夏黄灌区农业污染立体防治管理模式研究	65
一、灌区农业立体污染分区特征	65
(一) 种植业污染区	65
(二) 畜禽养殖业污染区	66
(三) 四水产业污染区	67
(四) 灌溉回归水再利用区	68
二、灌区农业立体污染风险评价	69
(一) 技术风险分析与对策	69
(二) 市场风险	71
(三) 管理风险分析与对策	71
三、灌区农业立体污染防治对策机制	72
(一) 把政府政策和市场结合起来	73
(二) 建立完善“农业立体污染”防治法规体系	73
(三) 实施引导和扶持政策	74
(四) 综合利用资源和能源, 发展循环经济	74
(五) 开展“农业立体污染”防治理论与技术的研究与创新	74
(六) 利用高新技术防治“农业立体污染”	74
(七) 完善农业环境监测网, 摸清农业污染的本底	74
(八) 建立综合防治示范点, 提供环境友好型的技术模式	74
(九) 加强宣传, 提高公众环境意识	74
(十) 生态建设和环境保护重点任务	74
四、灌区农业立体污染防治管理模式	77
第六章 灌区肥药高效利用与污染控制技术研究	83
一、集约化农田氮磷、农药污染现状	84
(一) 宁夏引黄灌区农田氮磷化肥污染现状	84
(二) 宁夏灌区集约化种植业农药应用状况调查	86
二、稻田肥药合理减量与污染控制技术集成	92
(一) 稻田氮磷流失控制技术集成	92
(二) 水稻病虫害农药减量控害技术	95
三、小麦套玉米氮磷污染控制技术集成	96
四、设施菜地肥药减量与污染控制技术集成	100
(一) 设施菜地氮磷污染控制技术集成	100
(二) 设施蔬菜病虫害农药减量控害技术	102
五、枸杞园肥药减量与污染控制技术集成	103

(一) 枸杞高产高效与肥药控制技术集成	103
(二) 枸杞病虫害防治农药安全施用技术集成	105
六、宁夏引黄灌区肥药污染控制保障措施	108
(一) 宁夏引黄灌区肥料污染控制对策研究	108
(二) 宁夏引黄灌区农药污染控制对策研究	110
参考文献	112
第七章 规模养殖废弃物污染控制技术研究	113
一、黄灌区畜禽养殖污染现状	113
(一) 畜禽养殖业基本情况	113
(二) 畜禽养殖业生产方式	113
(三) 畜禽规模化养殖对环境的污染及影响	114
(四) 宁夏黄灌区畜禽粪便排放量及环境影响评价	116
二、畜禽养殖立体污染控制技术	118
(一) 畜禽养殖立体污染源头控制技术	119
(二) 畜禽养殖立体污染中间阻断技术	120
(三) 畜禽养殖立体污染末端治理技术	123
三、黄灌区畜禽规模化养殖污染控制技术集成	127
(一) 奶牛规模化养殖污染控制技术	127
(二) 猪场的污染物处理模式	130
(三) 鸡粪资源化利用及臭气控制技术	131
参考文献	132
第八章 农田农膜污染控制技术研究	133
一、农膜污染的现状	133
(一) 宁夏黄灌区农膜使用现状	133
(二) 宁夏黄灌区地膜残留污染状况分析	135
二、农膜污染的农艺控制集成技术	138
(一) 农艺控制和物理与机具综合防控的过程阻断集成技术	138
(二) 降解膜使用源头控制集成控制技术	140
(三) 农膜残留回收的末端治理的集成技术	142
参考文献	143
第九章 灌区农田盐渍化污染控制技术	144
一、引黄灌区农田盐渍化污染现状	144
(一) 引黄灌区各级盐渍化耕地分布规律	144
(二) 灌区土壤盐渍化的演变规律	145
二、农田盐渍化污染的危害	147

三、引黄灌区农田盐渍化污染的成因	147
四、引黄灌区农田盐渍化污染控制技术	148
(一) 源头阻断技术	148
(二) 过程控制技术	150
(三) 末端治理技术	151
(四) 引黄灌区农田盐渍化污染控制技术集成模式	154
第十章 宁夏黄灌区农业立体污染控制吴忠示范区建设	158
一、吴忠市农业污染立体控制示范区基地的基本情况	158
(一) 地理位置及社会经济条件	158
(二) 基础条件	160
二、示范建设目标及基本内容	163
(一) 基地的建设技术路线	163
(二) 建设目标	164
(三) 示范区建设的基本内容	164
(四) 示范基地项目进展及取得主要研究成果	165
(五) 示范基地基础设施建设	169
三、吴忠示范基地试验示范与人才培养模式	173
附件1 《农业立体污染防治技术集成与示范—吴忠示范基地建设管理办法》	174
附件2 农业立体污染防治吴忠示范基地实验室管理制度	176

第一章 黄河上游灌区农业污染现状与防治意义

一、宁夏黄灌区地理范围与自然概况

(一) 宁夏黄灌区地理范围

宁夏黄灌区是我国具有悠久历史的特大型古老灌区，位于宁夏北部黄河沿岸，始建于秦汉，西起中卫下河沿，东至石嘴山，沿黄河两岸地形呈“J”型带状分布。该灌区面积占宁夏全区面积的41%，以青铜峡水利枢纽为界，将其分割为上游的卫宁灌区和下游的青铜峡灌区，由于黄河河道的自然分界，卫宁灌区又划分为河北灌区和河南灌区，青铜峡灌区又划分为河东灌区和河西灌区。其中，卫宁灌区位于黄河沙坡头与青铜峡之间120km长的狭长地带，原系多渠道无坝引水。沙坡头水利枢纽建成后，部分渠道改为有坝引水，土地面积686km²，涉及中卫、中宁两县和青铜峡市的广武乡以及国营渠口农场。青铜峡灌区为有坝控制引水，位于宁夏北部，介于东经105° 37' ~ 106° 39'，北纬37° 49' ~ 39° 23'。青铜峡灌区行政区划上主要包括银川、石嘴山、吴忠3个地级市和青铜峡、利通区、灵武、永宁、银川郊区、贺兰、平罗、惠农、陶乐、盐池、同心等11个县市及13个国营农、林、牧、渔场。

黄河水自西南向东北延伸，从下河沿站入口，经卫宁灌区，过青铜峡灌区，到石嘴山站出境。整个黄灌区涉及青铜峡市、永宁县、银川市、贺兰县、平罗县、陶乐县、惠农县、石嘴山市及中卫县、中宁县、吴忠市、灵武县等4个县（市）的引黄灌溉部分，共计12个县（市）和20多个国营农、林、牧场。不过，在自流灌区边沿，受地形影响无法自流灌溉，又陆续发展了青铜峡灌区的扁担沟、五里坡、狼皮梁、甘城子以及卫宁灌区的碱湖等扬水灌区。此外，为了解决黄土丘陵和台地地区人民生活 and 灌溉用水，又陆续发展了南山台子、同心、固海、红寺堡、盐环定等扬水灌区。

(二) 宁夏黄灌区自然概况

1. 地势地貌

宁夏黄灌区在地质构造上隶属于银川平原和卫宁平原（汪林，2003），地势南高北低，东西窄而南北长，东西相隔50 ~ 200km不等，南北相距456km。从地貌类型看，南部以流水侵蚀的黄土地貌为主，中部和北部以干旱剥蚀、风蚀地貌为主，是内蒙古高原的一部分。境内有较为高峻的山地和广泛分布的丘陵，也有由于地层断陷又经黄河冲积而成的冲积平原，还有台地和沙丘。地表形态复杂多样，为经济发展提供了不同的条件。

2. 降水

宁夏黄灌区地居内陆，地处西北内陆中温带干旱区，位于我国季风区的西缘，属于典型大陆气候，南北相差5个纬度，具有冬寒长、夏热短、春暖快、秋凉早；南凉北暖、南湿北干、雨雪稀少、气候干燥、日照充足、蒸发强烈、风大沙多的特点。年太阳辐射总量5 711 ~ 6 096MJ / m²，年日照时数为3 000h左右，灌区年均气温8 ~ 9℃，≥10℃积温3 200 ~ 3 300℃，无霜期150 ~ 195d。宁夏还是我国多风沙天气的地区之一，特别是北部地区接近蒙古高原，地较平坦，纵向起伏不

大,又地处腾格里、乌兰布和以及毛乌素三大沙漠包围之中,不仅风力强盛,而且易于产生沙尘暴。宁夏全区降水少,但年蒸发量大,可达2 000~2 200mm;日照时间长,一般在3 000h左右,光热资源充足,昼夜温差较大,年极差为24.6~33.7℃,大部分地区气温较差大于27℃。多年平均气温较低,在5~9℃之间。干旱少雨是宁夏气候的又一主要特点,绝大部分地区降水小于400mm,全年降水量在大部分年份处于200mm以下,据统计,灌区多年平均降水量为173mm(1980—2006年),比黄河流域平均值478mm少64%,远远低于全国平均水平。降水年际变化比较大,年降水量变差系数 C_v 为0.25~0.4;年内降水分布极不均匀,由南向北递减,全年降水多集中在7~9月份,约占全年降水量的70%。4~6月为南部山区夏粮作物主要生长期,这3个月降水只占全年降水量的20%左右,与作物需水量很不适应,导致春旱频繁。

3. 河流水系

流经宁夏黄灌区的河流主要是黄河干流及其支流,清水河为黄河的一级支流。黄河干流自中卫县南长滩入境,蜿蜒于卫宁平原和银川平原,至石嘴山市头道坎北麻黄沟出境,流程397km,占黄河全长的7%,多年平均年入境水量317亿 m^3 ,石嘴山出境水量294亿 m^3 ,出入境相差23亿 m^3 。2006年黄河干流宁夏段入境(下河沿水文站)实测年径流量278.135亿 m^3 ,出境(石嘴山水文站)实测年径流量233.60亿 m^3 ,进出境水量差44.535亿 m^3 。

灌区引黄水量主要用于农业灌溉,农灌用水占总用水量的95%以上。1997—2006年引(扬)黄水量为84.46~70.839亿 m^3 ,10年平均引黄水量75.09亿 m^3 ;排黄水量为49.3~35.641亿 m^3 ,10年平均排黄水量40.58亿 m^3 。排引比平均54%(邵晓梅,2005)。

宁夏的供水系统由地表水、地下水、引黄河水和扬黄河水4个子系统组成,其中,引黄供水系统由引黄闸、渠组成,主要是卫宁、青铜峡两个引水灌区,直接从黄河引水的干渠17条。整个排水系统分为毛沟、农沟、斗沟、支沟和干沟,宁夏黄灌区有将近200多条排水沟,这些排水沟在接纳农田退水的同时也接纳了大量的工业废水和生活污水,对灌区水体和黄河水质都产生了不利的影响。

黄河干流宁夏段水质pH值一般为8.0~8.8,多年平均矿化度为406~556mg/L,总硬度为119~150mg/L,水的类型均为重碳酸盐及碳酸盐类水。入境下河沿站多年平均矿化度为406mg/L,流经宁夏青铜峡水库坝下多年平均矿化度为441mg/L,出境时石嘴山站多年平均矿化度为556mg/L,在宁夏境内随着流程的增加矿化度也在增加,出境比入境时矿化度增加36.9%。这是黄河在宁夏境内接纳天然矿化度水和认为污染所致。引黄灌区农田排水沟多年平均矿化度为749~1 740mg/L,总硬度为169~491mg/L,从诸排水沟多年平均矿化度的变化情况看,排水沟所处的地理位置、农田土壤和人类活动等条件的不同,矿化度亦有不同,特别是农田盐碱程度越重的地区,排水沟矿化程度就越高。引黄灌区两岸的农田排水沟,年际矿化度相对稳定,变化甚小。年内矿化度受农田灌溉期的影响甚大,灌期(5~9月,11月)排水沟主要接纳农田灌溉退水,受农田退水影响较大。

(三) 宁夏黄灌区社会经济条件

1. 行政区划

宁夏回族自治区是我国回族主要聚居的省级民族自治区,处在中国西部的黄河上游地区,地处中国西北部,与内蒙古自治区、甘肃省、陕西省等省区为邻。全区面积6.64万 km^2 ,辖5个地级市、2个县级市及11个县,首府设在银川市。2006年底全区总人口604万人,其中,回族人口为2 137 147人,占总人口的35.57%,是我国最大的回族聚居区;农业人口共有3 820 333人,占总人口的63.59%。宁夏地势北低南高。北部主要是宁夏平原,习惯上称为川区或引黄灌区,主要涉及