

JIESHUI GUANGAI LILUN YU JISHU



名家论丛



节水灌溉理论与技术

——王文元水利文集

王文元 编著



黄河水利出版社

节水灌溉理论与技术

——王文元水利文集

王文元 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书为河北农业大学王文元教授关于节水灌溉的论文选集,共收录了作者在国内外学术会议和专业刊物上发表的 30 篇论文。内容包括水资源合理利用与对策,节水灌溉试验与工程考察,节水灌溉理论与技术等,针对我国北方地区严重缺水状况,从理论与实践上论述了节水灌溉的必要性、紧迫性,节水灌溉的规划、设计、施工、管理的技术与方法,对有关设计计算理论的研究和探讨。可供水利工作者和科技人员参阅,也可作为大专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉理论与技术:王文元水利文集/王文元编著.
郑州:黄河水利出版社,2007.9
ISBN 978-7-80734-274-8

I. 节… II. 王… III. 节约用水-灌溉-文集
IV. S275-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 140085 号

策划组稿:马广州 电话:0371-66023343 E-mail:magz@yahoo.cn

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南第二新华印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:10.75

字数:245 千字

印数:1—1 000

版次:2007 年 9 月第 1 版

印次:2007 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-274-8/S·97

定价:28.00 元



◀ 硕士学位论文答辩会合影，第一排右三为窦以松教授、右二为范逢源教授（1999）

► 与硕士研究生合影（1999）



◀ 指导本科毕业生结合节水灌溉工程设计任务进行毕业设计，在工程现场考察（1986）

► 指导研究生在景县节水灌溉试验区进行冬小麦测产（1994）





◀ 参加第七届国际雨水利用大会(1995)

► 国际灌溉管理会议中与台湾大学水利专家施嘉昌教授(左二)合影,左一为研究生(1994)



◀ 参加赴柬埔寨王国水利灌溉项目专家组,考察威谷河灌区(1999)

► 在柬埔寨考察期间参观小吴哥古迹(1999)



序 一

王文元教授多年来一直从事农田水利学科的教学与科研工作,在教学、科研与生产的结合上给我留下很深的印象。20 世纪 90 年代,他经常带领农田水利专业毕业班的学生到水利部顺义灌溉基地进行实习,他和学生多住在我的工作单位——华北水利水电学院北京研究生部,我们开始有较多接触。当时,我担任《水利高等教育》主编,他在该刊 1993 年第 4 期发表了《毕业设计 with 生产、科研相结合的做法和体会》一文,文中总结和介绍了 1988~1991 年结合学生的毕业设计,完成了阜平、围场、完县、易县、徐水、博野以及保定市郊区等 10 余项节水灌溉工程设计的体会和经验,受到读者的肯定和欢迎。结合生产任务进行毕业设计,不仅使理论与实践相结合,而且有助于学生政治思想素质的提高,缩短了学校培养与社会需求的差距。随后,我们又经常一起参加全国和地方性学术会议,并多次应邀参加他的硕士研究生的论文答辩,使我进一步了解了文元教授的教学与科研能力和学术水平,也增进了我们之间的交流与友谊。

王文元水利文集收入了水资源优化利用、节水灌溉技术、雨水利用、土壤水利用、灌溉试验等 30 篇文章,这既是作者多年理论研究、科学试验、生产实践的成果汇集和多年辛勤耕耘的结晶,亦是他社会使命感、专业责任感的具体体现。许多文章来源于实践,又指导实践。比如《综合性节水灌溉工程设计中几个问题的探讨》,提出了应该分析各个轮灌组工作时水泵的工况点,并据此计算轮灌组的灌水时间,与实践中各个轮灌组采用相同的时间相比,不仅提高了灌水的均匀度,而且减少了灌溉水量的浪费,节省了农民的费用。

论文《河北省缺水问题与对策》,对河北省缺水问题作了深入分析,提出了切实可行的对策。强调发展经济应以资源可持续利用为前提,长期超采地下水已经导致生态环境的恶化,必须采取有力的节水措施,减少用水量。他还指出,调整国民经济结构,实现工业用水“零增长”;调整农业结构,同时采取水利、生物、农艺、管理等各种措施,把农业灌溉用水降下来,实现农业用水“负增长”是可以做到的。这对制定我国北方缺水地区“十一五”、“十二五”发展规划均有参考价值。论文《科学调控土壤水提高作物水分利用效率》,阐述了提高

作物水分生产效率的现实意义,指出加强气象与土壤水预测预报,科学调控土壤水,减少农业灌溉用水量,实现高效用水,是缓解水资源供需矛盾的有效措施之一,是具有前瞻性的研究课题。

王文元水利文集是一个水利工作者的财富,值得一读,我真诚地向水利、教育工作者特别是青年同志推荐。

王文元
2007.7.10

序 二

我国是个干旱缺水的国家,水资源短缺已严重制约着国民经济的快速发展。为此,党中央、国务院先后提出“大力普及节水灌溉技术”、“把节水灌溉作为一项革命性措施来抓”等重大战略决策,极大地推动了节水灌溉事业发展。对缓解水资源供需矛盾,实现水资源可持续利用起到了决定性的作用。

人们对水资源短缺和节水灌溉的认识有个过程,广大节水工作者,包括微灌工作者的辛勤工作,对缩短这一过程起到了显著的作用,王文元教授就是节水技术工作群体中的一员。

我与王教授很熟悉,20世纪80年代初,先是全国微灌协作组,后来是中国水利学会农田水利专业委员会微灌学组,汇集了全国关心和热爱微灌事业的专家、学者、工程技术人员与厂商代表40余人,工作十分活跃,经常在一起研究我国微灌技术发展中的问题、考察微灌工程、开展学术交流。此外,我们还曾在黑河流域灌区节水改造项目——张掖地区5个灌区节水灌溉工程可行性研究中合作过,一起度过了若干不眠之夜。王文元教授认真负责、实事求是、虚心好学、顽强刻苦的精神给我留下了深刻的印象。

文集收入了多篇有关喷灌、滴灌、管道灌溉等技术及工程考察的文章,总结了先进灌溉技术的优缺点及适用条件,说明了设备与技术的成熟情况,分析了存在问题与成功或失败的典型案例,提出了发展中需要注意的问题。几篇微灌技术研究方面的论文,论述的均为当时工程实践中需要解决的问题,作者做了大量试验,付出了辛勤的劳动,并曾在全国微灌会议上交流。如《滴头绕树布置时土壤湿润比计算公式的探讨》,提出注意区分滴头湿润范围重叠与否的条件,指出当有重叠时应对湿润比公式进行修正,并给出了修正系数计算公式与数据;《关于调压管水力计算公式的探讨》一文,通过对调压管的大量测试数据,揭示了调压管接头与调压管接头加上一节短管的不同水力特性,整理出不同的经验公式;《微喷头布置形式对喷洒均匀度的影响》一文,在实测单喷头水量分布图形的基础上,设计了各种可能采用的微喷头布置形式与间距,分析了组合均匀系数,提出了组合均匀系数较高的推荐方案,很有指导意义。

文集还收入了雨水利用等方面的5篇文章,并将雨水利用与庭院经济、节水灌溉、农民增收联系起来。在甘肃、内蒙古的半干旱地区,年降水量不足

400mm,地下水资源贫乏,长期以来,农民靠水窖集雨解决饮水问题。当地政府以财政补贴的手段,鼓励农民建立庭院集流场、坡地集流场,增加水窖、水池数量,提高标准,不仅解决了人畜饮水问题,而且可发展庭院经济,或解决基本农田的低标准灌溉问题,以增加农民收入。甘肃省实施的“121工程”,内蒙古实施的“112工程”,都可归属于这种理念及其延伸。作者赴西北考察,到农户参观,深有所感,写就几篇文章,大力宣传当地百姓“滴水贵如油”的节水理念,并呼吁微灌界与生产厂家解决微型集雨工程节水灌溉设备与技术问题。

文集还有一些很有特色的文章,如《白洋淀生态需水初探》,分析了白洋淀几经干涸的原因与解决途径;《农业节水区划中模糊聚类分析与应用》,以宁波市为例,介绍了模糊聚类分析在节水区划中的应用,相对于传统的经验法提高了区划的科学性;《综合性节水灌溉工程合理性的判别》为一个灌溉系统存在不同灌水方式时,判断其合理性提供了一种途径。

文集内容丰富,图文并茂,从中不仅在学术上会受到启迪,而且能感受到一个水利专家的严谨学风,农田水利工作者读后当会受益。

祝贺文集问世!

张国祥

2007.7.5

前言

我于1958年“大跃进”年代进入河北农业大学水利系学习,1963年8月正值海河“大洪水”,在“抗洪斗争”中毕业。毕业后留校任教,主要从事农田水利教学与科研工作,并参与水利部水利教学指导委员会、中国水利学会农田水利专业委员会微灌学组的一些活动,结识了很多同仁与专家,2000年9月退休。退休后仍然从事一些业务活动,作为中国灌排发展中心农田水利研究所顾问,参与了甘肃、云南、内蒙古、宁波、深圳等地节水灌溉工程项目的规划与设计。近年来,主要参与学校教学督导与老教授协会的一些工作。

40余年的业务活动可谓“没有功劳也有苦劳”,培养了数百“弟子”。令我倍感欣慰的是,许多毕业生已成为行政或业务骨干。从教生涯的大部分时间用于教学和教学管理,还搞了十余项科研课题,写了几本书,发表了几十篇文章。近年来,突发奇想,把过去发表的论文重新再看一遍,看看当时的观点有无谬误,对现实还有无指导意义。看过后比较满意,没有“追风”的文章,比如几篇喷灌、微灌、管道灌溉的考察报告,是实事求是的,特别指出要根据节水灌溉设备、技术的成熟情况,因地制宜慎重采用,避免盲目性,以免造成农民的经济损失。

论文写作背景分为几种情况:

第一,针对节水的战略性问题发表一些看法或提出一些建议,以尽一个水利工作者的责任。例如,《河北省缺水问题与对策》、《科学调控土壤水提高作物水分利用效率》、《我国北方城市地区雨水利用的途径与技术要点》,以及《白洋淀生态需水初探》等。其中《河北省缺水问题与对策》,还在河北省领导听取河北农业大学专家意见的座谈会上作了发言并提交了书面材料,文中阐明的河北省2005~2015年节水方略“生活用水微增长、工业用水零增长、农业用水负增长”,对其内涵作了比较深入的分析,具有可行性;《科学调控土壤水提高作物水分利用效率》,阐明作物高效用水的途径,指出提高土壤水库的调控能力,可以增加降水利用率,减少农业灌溉用水量,在一定程度上缓解水资源紧缺的矛盾;《我国北方城市地区雨水利用的途径与技术要点》,强调城市地区水资源危机的严重性,指出城市地区雨洪利用早该提到议事日程上,并将建议的雨洪利用措施作了简要介绍;“华北明珠”——白洋淀是北方著名湿地,但几经干涸,生物资源遭到破坏,生态环境不断恶化,《白洋淀生态需水初探》一文提醒人们重视保护人类赖以生存的生态环境。

第二,根据科研项目、灌溉试验成果、生产任务编写的总结性文章。例如,《喷灌条件下冬小麦的耗水特性与喷灌制度分析》,是根据科研项目“引进美国‘伐利’大型喷灌机田间试验”研究成果写的。《唐河灌区水资源合理利用优化分析》、《沙河灌区水资源优化分析》以及《农业节水区划中模糊聚类分析与应用》等是根据完成的生产任务提炼而成的。

第三,根据节水灌溉形势的发展,在不同阶段,针对出现的问题,通过考察,撰写的一些反映情况并带有指导意义的文章,如《河北省滴灌工程考察报告》、《河北省低压管道输水灌溉技术的发展与展望》等。由于发现在设备、技术尚不够成熟的情况下,一些地区盲目提口号、定指标,“大干快上”,导致不少工程或由于设备不过关,或由于管理跟不上而很

快报废。因此,写文章首先在全省水利会议上宣读,进而在刊物上刊登,呼吁在节水工程建设上提高科学性、减少盲目性。

第四,针对当时节水灌溉技术或工程急需解决的技术性问题写的文章,例如《滴头绕树布置时土壤湿润比计算公式的探讨》、《关于调压管水力计算公式的探讨》、《微喷头布置形式对喷洒均匀度的影响》、《温室、大棚滴灌系统设计与管理中值得注意的问题》、《综合性节水灌溉工程设计中几个问题的探讨》,以及《综合节水灌溉工程合理性判别》等。有些文章写作之前,还做了大量地、反复地性能测试和试验工作,提出了一些实用公式。

文集收集了正式刊物发表的 30 篇论文,时间段为 1980~2005 年,是本人执笔或主持项目的论文,有一些论文虽然本人署名靠前,但并未执笔或修改,没有收入到论文集中。论文排序,在各篇栏目下基本上按发表时间先后排列。为了尊重当时的环境与条件,这次编辑对原发表的论文没有改动。为了学习计算机,论文集的文字输入、图表绘制均是本人历经数月,边学边做完成的。

在多年共事中,河北农业大学范逢源教授、杨振刚教授、洪登明教授等给以大力支持和帮助,中国灌排发展中心、中国水利学会微灌学组组长张国祥教授,北京工业大学教授、中国水利水电科学研究院特聘博士生导师窦以松先生,河北省人大常委、省水利厅郑连生教授等给予很多支持与帮助,在此表示感谢;在参与中国灌排发展中心农田水利研究所工作期间,韩振中、王留运两位教授级高工、所长给予大力支持和照顾,深表谢意。

文集在整理过程中河北农业大学杨路华教授、程伍群教授、高惠嫣老师,河北省发展和改革委员会贾金生博士、河北省水利厅宋伟高工等给予大力协助,一并表示感谢。

限于水平,论文集有错误或不当之处,敬请指正。

作 者

2007 年 7 月 1 日

目 录

序一	窦以松
序二	张国祥
前言	

第一篇 水资源合理利用与对策

河北省缺水问题与对策	(3)
多措并举破解缺水难题	(8)
唐河灌区水资源合理利用优化分析	(10)
沙河灌区水资源优化分析	(17)
河北省发展农业高效用水的对策和建议	(28)
雨水利用与农业可持续发展	(32)
我国北方城市地区雨水利用的途径与技术要点	(38)
白洋淀生态需水初探	(42)
Application and Evaluation of Water - Saving Irrigation in North China	(49)
Rainfall Collection to Develop Courtyard Economy	(51)
Rainwater Utilization and Sustainable Agricultural Development	(56)

第二篇 节水灌溉试验与工程考察

喷灌条件下冬小麦的耗水特性与喷灌制度分析	(67)
我国北方苹果树水分消耗与灌溉问题的探讨	(77)
浅谈喷灌在河北省的发展前景	(83)
河北省滴灌工程考察报告	(90)
滴灌技术在河北省的推广应用	(94)
河北省低压管道输水灌溉技术的发展与展望	(98)
河北省微灌技术应用前景、问题与对策	(104)
石灰岩山地小流域综合治理的几点体会	(107)
Research on Farmer Managing Form on Irrigation Projects in the Well Irrigation Area	(110)

第三篇 节水灌溉理论与技术研究

农业节水区划中模糊聚类分析与应用	(115)
科学调控土壤水提高作物水分利用效率	(120)
滴头绕树布置时土壤湿润比计算公式的探讨	(126)
关于调压管水力计算公式的探讨	(130)

微喷头布置形式对喷洒均匀度的影响	(134)
综合性节水灌溉工程设计中几个问题的探讨	(139)
综合节水灌溉工程合理性的判别	(142)
温室、大棚滴灌系统设计与管理中值得注意的问题	(146)
雨水利用、微灌技术与庭园经济	(150)
浅谈雨水利用与节水灌溉	(153)
附表	(157)
附表 1 培养硕士研究生一览表	(157)
附表 2 出版著作一览表	(157)
附表 3 主要科研课题与获奖一览表	(158)
附表 4 论文获奖一览表	(159)

第一篇 水资源合理利用与对策

河北省缺水问题与对策*

[摘 要] 21 世纪水问题是人类面临的最突出的问题。河北省人均水资源 300m^3 , 是资源性极度缺水地区。多年来, 由于过度开发利用水资源, 导致生态环境恶化, 而且有不断加重的趋势。采取节水工程等单项措施, 无力扭转这种趋势, 必须采取调整经济结构和种植结构、压缩灌溉面积、工程节水、农艺节水、科学调控土壤水等综合措施才可能根本扭转。文中分析并给出建议的实施方案。

1 前言

21 世纪水问题将是人类面临的最突出、最困难也是最迫切需要解决的问题。随着人口的增长、经济的发展, 社会的进步, 对水的需求愈来愈多, 而人类的社会活动、经济活动对有限水资源的损害也愈来愈重, 使世界性的水资源供需矛盾愈来愈突出。中国人均水资源 $2\,000\text{m}^3$, 仅为世界人均的 $1/4$, 是水资源缺乏的国家。由于自然的因素, 我国南方与北方、东部与西部差距很大, 河北省人均水资源只有 300m^3 , 仅为全国的 $1/7$, 是水资源极度缺乏的地区。因此, 河北省的缺水问题必然成为经济发展的“瓶颈”, 影响社会稳定的要素。

2 河北省是资源性缺水的地区

2.1 河北省的水资源

根据河北省 2003 年水资源评价成果, 全省多年平均降水量 531.7mm , 降水资源量接近 $1\,000\text{亿 m}^3$, 地表水资源量 120亿 m^3 , 地下水资源量 122亿 m^3 (矿化度小于 2g/L)。扣除地表水、地下水资源计算的重复量, 水资源总量为 205亿 m^3 , 折合产水深 109.2mm , 是降水资源量的 20.5% 。

河北省平水年地表水可利用量 52亿 m^3 , 占地表水资源量的 43% , 地下水可开采量为 93亿 m^3 , 占地下水资源量的 76% , 全省水资源可利用量为 145亿 m^3 , 占资源量的 71% 。

河北省人均水资源 300m^3 , 仅为全国人均的 $1/7$, 世界人均的 $1/28$ 。按国际公认的标准: 人均低于 $1\,000\text{m}^3$ 为缺水地区, 低于 500m^3 为极度缺水地区。河北省为资源性极度缺水地区。

2.2 水资源的开发利用对支撑河北经济、社会的快速发展功不可没

河北省城市上游的大型水库保证了石家庄、唐山、保定等大中城市的防洪安全以及生活和工业用水, 全省有效灌溉面积 444万 hm^2 , 使得粮食总产量由 1949 年的 465万 t 增加到 $2\,551\text{万 t}$, 增加了近 5 倍。河北省 GDP 增长率 1991~2000 年平均为 13.1% , 比全

* 本文收入《水与社会经济发展的相互影响及作用》论文集, 中国水利水电出版社, 2005 年。署名王文元, 王岩。执笔王文元。本文是“全国第三届水问题研究学术研讨会”的论文, 该会由中国科学院地理科学与资源研究所主办, 西安理工大学承办。

国平均增长 9.9% 高出 3.2 个百分点。

河北省用占全国 0.7% 的水资源,养育了占全国 5% 的人口,生产了占全国 6% 的粮食,达到了占全国 7% 的国内生产总值。还每年支援京津用水 19 亿 m^3 。因此,可以说河北省水资源的开发利用对支撑河北经济、社会的快速发展,乃至对全国经济、社会的发展功不可没。

2.3 以牺牲环境为代价的经济发展需认真总结

然而,遗憾的是河北省经济的快速发展是以过度开发利用水资源,牺牲环境为代价的,这一点在我国具有一定的普遍性,需要认真地进行总结。一个省,一个地区的经济定位、经济结构、农业结构、发展规模、发展速度应以资源的承载能力为依据,特别是应以水资源的可持续利用为约束,“以供定需”,才能实现生态环境的良性循环,实现人与自然的和谐共处。河北省自 20 世纪 80 年代以来,每年超采地下水 40 亿~60 亿 m^3 ,生态环境的恶化是必然的,这种趋势不能再继续下去了,否则,将遗祸子孙。

3 河北省水资源开发利用的严峻形势

3.1 河北省的缺水形势为什么越来越严重

20 世纪 50 年代,河北水量丰沛,年均降水量 596mm,大小河流常年有水,全省地表水达 235 亿 m^3 ,比目前多 100 多亿 m^3 ,而用水量不足 40 亿 m^3 ,80% 以上是生态用水。平原水井用一根扁担就能提上水来,潜水蒸发是地下水的主要消耗途径。

50 年后,降水量减少 65mm,自产水量降至 106 亿 m^3 ,减少了 55%,入境水量由 100 亿 m^3 减到 28 亿 m^3 ,减少 72%。而人口增长 1.1 倍,粮食产量增长 12.8 倍,GDP 增长 158 倍,用水量由 40 亿 m^3 增加到 220 亿 m^3 ,增长 4.5 倍。平水年可供水量仅为 170 亿 m^3 ,亏缺 50 亿 m^3 ,干旱年则亏缺更多。为了保证 220 亿 m^3 左右的用水量,自 20 世纪 80 年代以来,每年超采地下水 40 亿~60 亿 m^3 ,至 2004 年浅层地下水、深层地下水累计超采均接近 600 亿 m^3 ,太行山前平原地下水位埋深由 20 世纪 60 年代 2~3m 降至 20~30m;太行山低平原深层地下水位埋深由 20 世纪 60 年代 0~2m 降至 50~90m。而且,水位越降越快,井越打越深,出水量越来越少,缺水形势也就越来越严重。

3.2 节水工程投资力度不小为何没有根本扭转水资源的严峻形势

河北省自 20 世纪 80 年代就抓节水工程,进行渠道防渗,推广低压管道灌溉、喷灌、滴灌等先进节水技术。在全国最早引进美国大型喷灌机和墨西哥滴灌设备。截至 2002 年底,全省有效灌溉面积 444 万 hm^2 ,占耕地面积 74%,节水灌溉面积达到 215 万 hm^2 ,占有效灌溉面积的近 50%,其中,管道灌溉面积占 57.5%,喷灌面积占 19%,微灌面积占 0.5%,渠道防渗工程控制面积占 13%,其他占 10%。这样大的节水工程力度为什么没有根本缓解每年超采 40 亿~60 亿 m^3 地下水的趋势呢? 解释之一,若没有这些节水工程,亏缺的水量会更多;解释之二,农业灌溉用水占总水量的比例过大,达 75%,而工程节水的效果是有限的;解释之三,农业的节水被工业和生活用水的增加抵消了。因此,要想根本扭转严峻的水资源形势,又要保证工农业产值适当增长,保障粮食安全,仅仅采取某单项措施很难奏效,必须采取调整经济结构、种植结构、压缩灌溉面积、工程节水、农艺节水、科学调控土壤水等综合措施才可能根本扭转。