

灌溉设计保证率的确定对灌区规模影响的研究

史经海¹ 尹华¹ 秦国锋²

1. 塔里木河流域渭干河水利管理中心 新疆库车市 842000; 2. 阿克苏地区水利局 新疆阿克苏市 843000

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13222

[摘要] 水是国民经济的命脉,在干旱的塔里木盆地,有限的水资源既要保障生活和工业用水安全和生态安全,又要促进农业发展,保障粮食安全。水资源利用的研究一直是难题,作者在各类规划、新建水库、引调水、灌区改造等规划和项目的审查审批中,发现确定合适的灌溉规模是很困难的,通过深入分析灌溉设计保证率与灌溉规模的关系,在原来水平衡的理论基础上,提出了加权灌溉设计保证率和紧平衡概念,给出了完整水文系列条件下,合理确定灌溉规模的计算方法。

[关键词] 灌区规划、灌溉保证率、灌溉规模、加权平均、紧平衡

[中图分类号] TV213.9; S274.1

[文献标识码] A

水是万物之母、生存之本、文明之源。治水对中华民族生存发展和国家统一兴盛至关重要。塔里木盆地是我国西北最干旱的地区之一,广袤的土地上农业灌溉是农业生产的基本条件,属于典型的灌溉农业。农业的发展离不开水资源的保障,离不开农业灌溉面积的扩大和种植技术的提升,这三者间相互制约、相互促进,互动发展。在从事各类规划、新建水库、引调水、灌区改造、渠首除险加固等规划和项目的规划设计中,许多设计单位在确定规模时,对灌溉设计保证率的选取和计算存在不细致、不精准的问题,缺少对农艺节水措施提升的考虑,不能准确的确定灌区规模。以新疆阿克苏地区为例,对灌溉设计保证率的影响因子进行了研究分析,指出了目前许多规划设计中存在的误区,提出了灌溉设计保证率的确定和灌区规模确定方法,对后续的灌区规划、项目建设具有重要的指导意义。

1 区域概况

阿克苏地区位于我国西北地区,新疆中部,地处天山山脉中段南坡,境内主要有阿克苏河、渭干河、塔里木河三大流域水系,河川径流的补给随流域高程、自然条件和降水方式的不同,划分为高山冰雪融水、季节积雪融水、雨水和地下水四种补给来源。河流径流年内分配情况较复杂,各河流域年最大月水量发生时间不同步,时间跨度达5个月,主汛期也有明显差异。地下水主要赋存在山间盆地、山前冲洪积平原第四纪松散堆积物孔隙中,山间盆地富水性较好,山前倾斜砾质平原富水性好,细土平原含水层岩性以中细砂为主,富水性较差^[1]。已建成了一批水利基础设施,灌溉渠道总长36098km,防渗渠道总长19901km,防渗率55%,农业灌溉水利用系数0.581。

2 灌溉设计保证率^[2]

《灌溉与排水工程设计标准》中定义灌溉保证率(reliability of irrigation, irrigation reliability):灌溉用水量在多年期间,能够得到保证的概率。采用经验频率法按下式计算,计算系列不应小于30a:

$$p = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

式中: p ——灌溉设计保证率(%);

m ——按设计灌溉用水量供水的年数(a);

n ——计算总年数(a)。

3 灌溉保证率影响因子分析

3.1 需水过程

3.1.1 现代农业技术应用对需水过程的影响

(1) 高效节水

阿克苏地区大面积推广使用高效节水,棉花90%采用膜下滴灌,小麦、玉米等主要粮食作物50%以上采用滴灌。大面积推广使用高效节水减少了7月的峰值用水量,减少了渠道安全运行风险,节水 $900 \sim 1050 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。高效节水的大面积推

广成为了削减农业用水高效的第一影响因子。

(2) 农艺措施节水

姚宝林、白云岗、徐海江、余渝等多所科研院所的导师团队对南疆的“干播湿出”进行了系统的研究,对播种后的灌水量提出了多种不同的实验方案,得到了播种后少量多次灌溉对棉花的生长和综合效益有利的结论^[3-7]。在地温合适的情况下,播种5天内进行灌水,灌水1~2次,灌水量 $300 \sim 600 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,总量根据土质略有差距。“干播湿出”的冬春灌根据土壤的积盐情况,每2~5年灌溉一次冬春水(播前压盐水),平均分到每年冬春灌用水量 $300 \sim 600 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,冬春灌和“干播湿出”需水总量 $600 \sim 1200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,较每年冬春灌 $1500 \sim 1800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,节水 $600 \sim 900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,随着其它农艺技术的综合进步,“干播湿出”冬春综合需水量 $900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 将逐步成为一个均值。推广“干播湿出”成为缓解和应对南疆冬春河流枯水,供水不足的重要手段,也是冬春需水量计算的重要影响因子。

(3) 种植结构的调整

种植结构调整是常见的调节灌溉用水高峰的方法和措施,种植结构的调整受到经济、政策等多重因素影响,这里就不进行详细阐述了。

3.1.2 灌溉定额或灌溉制度的制定对规划需水过程计算的影响

灌溉定额或农业用水定额的确定易受观测者和制定者的主观影响,不一定反映客观事实。例如:新疆维吾尔自治区水利厅印发的农业用水定额(新水厅(2023)67号)中:“给出了平水年50%和偏枯水年75%两种灌溉用水保证率”,新疆的这版定额让水文频率与灌溉用水保证率一致,在一般情况下是雨水和洪水频率相同(简称:雨洪同频),但是在南疆大部区域有效降水主要集中在山区,盆地平原区降雨量很小,又受冰川消融的影响,持续高温产生洪水,经常出现雨洪不同频。新疆的这个定额没有交代清楚是来水频率还是降水频率,在实际使用中,具有很强的误导性,采用新疆2023年定额,完全套用无法正确计算,所以灌溉定额和灌溉制度制定本身的科学性、严谨性对灌区需水过程计算有较大的影响。

3.2 供水过程

3.2.1 地表水资源调配过程的影响

在选定来水频率后,地表水资源总量和逐月、逐旬的水量便是一个相对恒定的数值。这个水供给到田间,受到引水能力、调蓄能力、农业用水分配额度、沿途损耗比例等4大因素影响。其中:农业用水的额度确定要充分考虑区域人口发展,留足生活用水;保障工业用水和工业发展用水,基本保障生态用水量。

3.2.2 地下水对灌溉的影响

地下水对灌溉的影响主要有地下水可开采量、地下水位、地下水水质等几个方面。其中:可开采量是个动态的值,它

与地下水位和水质紧密相关,在对河流域地下水计算时,要充分考虑地下水与地表水的相互转换关系及地下水多年调节的属性。

4 灌溉设计保证率的选取和灌溉规模计算分析

4.1 灌溉设计保证率的选取

在灌区面积较大,既有旱作,又有水稻和林木,既有地面灌,又有微喷灌,灌溉设计保证率就难以选择,假如按最大面积选择,滴灌面积最大,灌溉设计保证按85%选择,这样选出的灌溉设计保证率,没有充分考虑林木、旱作和水稻,选取的值偏大,不合理;如果采用需水量加权平均计算,可能得出加权平均灌溉设计保证率为73%,非常用频率,要重新分析计算典型年水文数据,找到对应来水频率下的年径流量,逐月、逐旬的水量。对应计算作物需水量时,查找相同频率的灌溉用水定额时,就找不到相应频率的定额标准,计算整体陷入困境,无法计算。

4.2 灌溉规模的计算

4.2.1 供水量计算

(1) 选定频率计算方法

按灌溉定额的频率选取相同频率的径流量,根据水文资料计算出该频率下的地表水年径流量、月径流量;考虑调蓄工程、龙口引水能力、泥沙和洪水影响后,可以计算出年、月最大引水量;减去设计水平年、月的生活、工业和生态用水量,得到年、月地表水的灌溉最大可供水量。地下水可以根据区域地下水可采总量和机电井最大提水能力,计算出地下水年最大供水量和月最大供水量。

(2) 完整水文系列计算方法

罗列完整的水文数据(不少于30年),将逐日水量合并到旬和月,得到天然来水水文旬和月矩阵,同上考虑调蓄工程、龙口引水能力、泥沙和洪水影响后,可以计算出旬和月引供水矩阵;减去对应旬和月的生活、工业和生态用水量,得到旬和月地表水的灌溉最大可供水量矩阵。地下水可以根据区域地下水可采总量和机电井最大提水能力,计算出地下水旬和月的供水能力。

4.2.2 需水量计算

作物需水量计算是确定作物灌溉制度以及地区灌溉用水量的基础,是流域规划、地区水利规划、灌排工程规划、设计和管理的基本依据,计算主要有彭曼综合法和经验公式法。在规划设计中计算需水量通常是采用灌溉定额反算。按选定的灌溉设计保证率,选取地方发布的标准定额的对应频率的灌溉定额和灌溉制度,计算出作物旬、月、年的需水量。在地方标准灌溉定额有较大偏差或无地方标准灌溉定额时,可根据附近灌溉实验站或实际灌溉调查,调整各类作物多年平均灌溉用水计算出作物旬、月、年的需水量。研究表明一些作物在特定的生长期受到水胁迫产量增加,对不同作物需水量计算时,在特定时段给出一个耐受幅度,在这个时间区间内,需水量减少在给定数量区间内不会影响作物生长,这是农艺节水的调整方式。

4.3 规模和平衡分析

“以水定地”是基本原则,在这里我们确定新建灌区的灌溉规模和对已建灌区的灌溉规模复核,都按最大可保障的灌溉规模来研究。水土平衡的最优解,即:(地表水可用于灌溉的供水量+地下水可用于灌溉的开采量)×灌溉水利系数=作物需水量。

4.3.1 选定频率分析计算

首先在选定来水频率和灌溉设计保证率同频率的情况下,按年可供水量与加权平均的灌溉定额计算出需水量,确定田间水利用系数,计算出灌溉面积,这个灌溉面积就是选定频率分析理论最大灌溉面积。其后我们进行逐月的水量分析,对应每个月供水和需水平衡关系进行分析,在地表水

不足的情况下,用地下水进行补充,如果还不能满足,可以根据上游调蓄工程情况进行供水量调整,或通过调整作物种植结构和增加农艺节水措施综合调整作物需水量从而达到平衡或紧平衡。都无法满足平衡时,通过调整作物种植结构、增加工程提高调蓄供水能力或减少灌溉面积,经过多次计算,最后确定灌溉规模。

4.3.2 采用完整水文系列分析计算

首先采用多年平均径流量和地下水可开采量计算出灌溉可供水总量,再根据多年平均灌溉定额计算出作物的需水量,确定田间水利用系数,计算出灌溉面积,这个灌溉面积就是采用完整水文系列分析法理论最大灌溉面积。其后根据这个最大灌溉面积进行计算月的需水量计算,得到了月的需水量数列,将这个数列与供水矩阵进行比对,得到每个月保障灌溉的年数,可以按灌溉设计保证率公式计算出每个月的灌溉保证率(只供参考计算用,本身无意义),再找出月都满足灌溉要求的年(即:数列满足),找出不满足供水要求的年,通过增加调蓄工程、合理开采地下水等措施调整供水矩阵,再通过调整作物种植结构、增加农艺措施、分析水胁迫等调整作物月需水量,得到新的需水数列,分析计算年灌溉保证率,通过多次反复调整计算,最后在年灌溉保证率达到灌溉设计保证率时,确定灌溉规模,包括:灌溉面积、高效节水面积、作物种植种类及面积等。

5 结论

5.1 采用完整水文系列法分析计算灌区规模更加科学和准确。按照《灌溉与排水工程设计标准》首先确定不同灌溉方式、不同作物的灌溉设计保证率;在需水量计算出来后,按用水总量加权平均得到灌区灌溉设计保证率;相较参考灌溉定额,选定来水频率和灌溉设计保证率计算更准确。

5.2 在水平衡计算中,要充分考虑各类农艺措施对需水量计算的影响,在可以进行水胁迫灌溉的情况下,设定一定幅度的紧平衡条件,视作水平衡。

5.3 在新疆南疆区,农作物灌溉用水定额采用多年平均耗水量编制定额,较75%和50%的频率定额更加科学实用。

【参考文献】

[1]王新,史经海,等.阿克苏地区水网建设规划[R].新疆:阿克苏地区水利局,新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司.2024:1-10.

[2]GB 50288-2018,灌溉与排水工程设计标准[s].

[3]王成,姚宝林,等.棉花膜下滴灌干播湿出土壤水盐变化与耗水规律试验研究[J].中国农村水利水电,2012(10):25-30.

[4]袁席天,白云岗,孙三民,等.干播湿出模式下不同出苗水对棉花生理性状及产量的影响[J].节水灌溉,2022(9):46-51.

[5]董欣,柴仲平,白云岗,等.不同“干播湿出”处理方式对南疆棉田土壤水热盐及产量的影响研究[J].节水灌溉,2024(2):33-40.

[6]陈兵,孔宪辉,余渝,等.南疆盐碱地棉花微量多次滴水控盐增温成苗节水增产新技术[J].中国棉花.2023,50(2):40-42.

[7]郑子漂,徐海江,等.新疆喀什植棉区“干播湿出”技术应用现状及建议[J].中国棉花.2022,49(12):1-3.

作者简介:史经海(1977-),男,正高级工程师,大学本科学历,从事水利规划和农田水利审查审批及研究;

尹华(1977-),女,正高级工程师,大学本科学历,从事农田水利及水利工程建设管理研究;

秦国锋(1989-),男,高级工程师,研究生学历,硕士,从事规划设计、农田水利、水土保持审查审批及研究。