

自压喷灌规划设计中几个问题的探讨

戴雪迟

(新疆兵团勘测规划设计研究院一分院,新疆 石河子 832000)

摘要:近年来在全疆各地陆续兴建了一批自压喷灌工程,有的运行效果很好,有的则故障不断,究其原因,除施工安装质量和管理不善外,不少问题与规划设计有关系。针对自压喷灌规划设计中常遇到的几个问题进行分析探讨,可供规划设计中参考。

关键词:自压喷灌;最佳规划面积;减压;压力分区;水锤压力;水力自动化

中图分类号:S275.5 **文献标识码:**B

0 引言

由于自压喷灌有其独特的优点,可直接利用水能资源,在节水农业中被广泛应用。新疆吉木萨尔县1979年修建的泉子街自压喷灌工程,规划面积800 hm²,经过近10年运行,实践证明在天山浅山区搞自压喷灌,条件优越,发展潜力很大,效益显著。兵团农九师地处塔城盆地,自1983年引进推广自压喷灌以来,已发展自压喷灌面积近0.67万hm²,取得了显著的节水效果,同时也积累了宝贵的经验。根据大面积自压喷灌试验,平均用水量2 025 m³/hm²,与地面灌相比,节水58%,增产30%~50%,有的可增产一倍;这与一般的机喷相比,投资少10%~50%,基本不占地,有效工作时间是机喷1.5~2.0倍,不用电,不用油。因此大力发展自压喷灌,分析总结规划设计中存在的问题,并采取相应对策,对提高同类工程规划设计质量具有重要意义。

本文将从适宜自压喷灌的地形坡度、压力分区、管道减压措施、水锤压力、水力自动阀等几个方面进行分析探讨。

1 适宜自压喷灌的地形坡度

上陡下缓的地形是发展自压喷灌最理想的地区。在这类地区的输水管线短,投资低,配水管段地形条件好,有利于喷洒均匀。地形坡度小于3°~4°时,使输水管道长度增加得特别快,即投资增大;当地形坡度大于8°~10°时输水管道长度变化慢,即输水管道投资小。另外,自压喷灌的投资还与灌溉面积有关,在一定的地形条件下,灌区面积越大,输水管的单位面积投资就越小;反之,投资就越大。如果喷灌面积大,虽然地形坡度小一些,输水管道的长度也有所增加,但其单位面积输水管

道的投资并不一定增加,因此发展自压喷灌较为经济。所以对适宜发展自压喷灌的地形坡度确定应根据技术经济方案比较的结果。根据我国的情况,自压喷灌适宜地形坡度与面积的关系如表1所示。

表1 自压喷灌面积与适宜地形坡度关系

面积/hm ²	适宜地形坡度/%
<13.3	>15
13.3~33.3	>10~15
33.3~50	>7~10
50~66.7	>6~9
66.7~133.3	>5~7
133.3~200	>4~6
200~400	>2~5

新疆兵团农九师提出的喷灌面积与地形比降的关系为:

$$A = \frac{1}{15} \times \frac{k}{i^\alpha} \quad (1)$$

式中:A为喷灌面积,hm²;k、α为回归方程的系数及指数,与管道的造价有关。

一个自压喷灌的地块,如果按独立管网进行规划,则可知:任一喷灌系统,若有一个变化不太大的地面比降*i*,当地的自然地理、作物、管材价格等因素确定后,则造价低的布置方案只有少数几个,严格讲只有一个。由图1、图2可知,面积、形状不同,单位面积投资也不同,其造价最低的规划点*R*₀对应*A*₀即为最佳规划面积。

根据1998年新疆水泥制管厂价格,每输灌区面积(一个最

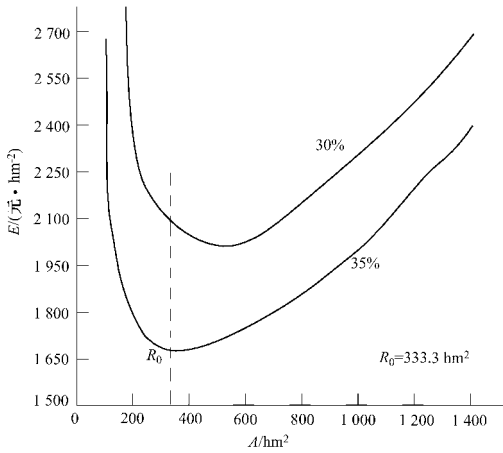


图1 系统控制面积与管材投资之间的关系曲线

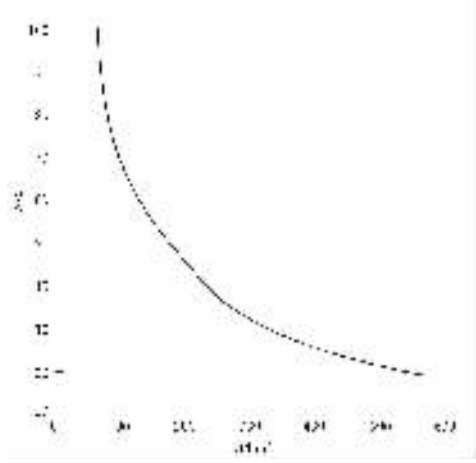


图2 不同地面比降*i*与控制面积*A*之间的关系曲线

小规划单元)为 400 m×380 m, 得出 $k = 0.938, \alpha = 2.434$, 代入式(1), 得:

$$A = \frac{1}{15} \times \frac{0.938}{i^{2.434}} \quad (2)$$

并按此数学模型, 求得地形坡度在 1.8%~10% 范围内的最佳规划面积 A_0 , 最佳布置形式 ($W \times N$) 和固定管造价 E , 如表 2。

表2 地面纵坡、最佳规划面积及布置形式和造价

主干管地面纵坡/%	18	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
最佳布置形式 ($W \times N$)	6×9	5×9	5×7	5×7	4×4	4×3	3×1	2×1	2×1	2×1	2×1	1×1
固定管造价/(元·hm ⁻²)	2 280	2 190	2 010	1 875	1 785	1 695	1 530	1 350	1 245	1 155	1 080	1 020
最佳规划面积/hm ²	820.8	684	532	532	243.2	182.4	45.6	30.4	30.4	30.4	30.4	15.2

注: N 为系统干管条数(本例 $N_{\max} = 9$), W 为每条分干管上轮灌区的数目(本例 $W_{\max} = 7$)。

可见, 一个独立系统的最佳规划面积同地面比降呈负相关。表 2 中最佳规划面积与适宜地形坡度所给出的结果是一致的。

2 压力分区

面积较大的自压喷灌区, 干管或支管垂直等高线布置, 灌水管理平行等高线布置, 在此情况下, 干管或支管的纵坡很大, 沿管线的压力自上而下逐步加大, 各个灌水管首部的压力也是逐步增加的, 灌水管上的喷头压力应与各个灌水管首部的压力相协调, 在干管或支管的上部压力小, 应选择压力小的喷头; 反之, 选压力大的喷头。为了减小变换喷头的种类及型号, 常根据压力变化情况划分压力区。一个压力区的压力变化范围应符合一种型号喷头对压力变化的要求, 应经济实用, 施工管理简便。

在一个压力区内, 一般只用一种型号喷头。另外, 压力区不宜划分太多, 对于大型自压喷灌区, 压力区的数量应进行技术经济比较确定, 一般为 2~3 个。例如吉木萨尔县泉子街自压喷灌工程, 为了充分利用自然水头, 提高喷灌效率, 减少移动管数量, 降低投资, 经过经济技术比较, 分为低、中、高 3 个压力区, 分别选配喷头。喷头布置低压区采用全园喷洒正方形布置, 中、高压区采用扇形喷洒, 矩形布置。中压区的工作压力为 37.3 Pa, 采用 40Y 喷头, 低、高压区的工作压力分别为 24.5 Pa、29.2 Pa, 采用变口径的 40Y 喷头。

3 管道减压措施

当管道中的静压超过管道承压能力时, 应采取减压措施, 一般减压措施采用减压池减压和明渠分区输水减压。通常减压池数量取决于落差大小和所用管材的承压能力。落差越大, 管材承压能力相对越小, 分级减压池数就越多。

根据配水方式不同, 减压池与输水管道的平面布置有两种。

(1) 减压续灌时平面布置(见图 3)。其优点是管道流量较小, 管径小, 各区灌水均衡、运行管理简便, 缺点是需增加铺设平行管道的数量。

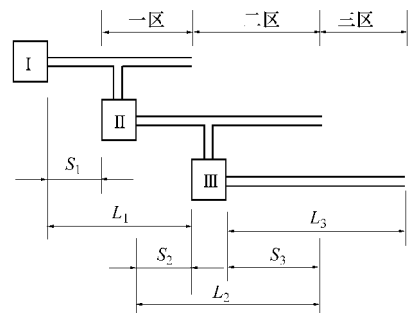


图3 续灌减压管道布置图

(2) 减压轮灌时的平面布置(见图 4)。其优点是省去平行管道, 管材用量减小; 而缺点是管道流量集中, 管径较大, 运行

管理比较复杂。

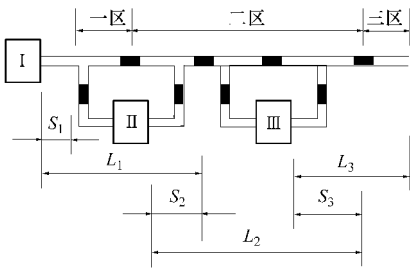


图4 轮灌减压管道布置图

关于分区位置和减压池位置的确定,王云涛教授提出以下计算方法:图5为一个二级减压的自压喷灌示意图。由上而下划分为3个区,每个区由相应的减压池供水喷灌。各区分界线位置和减压池位置确定如下。

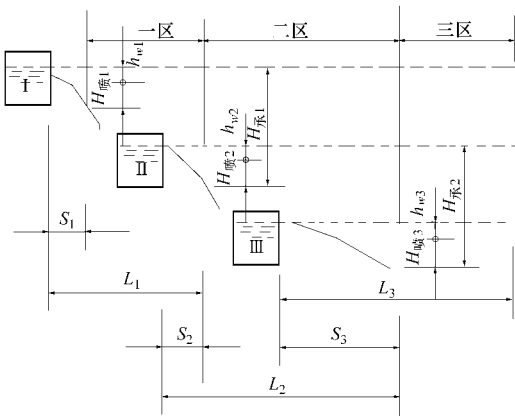


图5 减压池位置确定示意图

设一区起始位置和末端位置到水源地 I 的距离分别以 S_1 和 L_1 表示;一区喷灌要求的压力以 $K_{喷1}$ 表示;输水管水头损失和管道承受压力以 h_{w1} 和 $H_{承1}$ 表示;在 S_1 和 L_1 范围内的地面平均坡度分别以 i_{s1} 和 i_{L1} 表示,则有:

$$i_{s1} S_1 = H_1 + h_{w1} \tag{3}$$

$$i_{L1} L_1 = H_{w1} \tag{4}$$

设 $h_{w1} = \eta H_{喷1}$,其中 $\eta = 0.05 \sim 0.15$,则:

$$S_1 = \frac{(1 + \eta) H_{喷1}}{i_{s1}}$$

$$L_1 = \frac{H_{承1}}{i_{L1}}$$

同理,二区、三区的上下边界线位置为:

$$S_2 = \frac{(1 + \eta) H_{喷2}}{i_{s2}}$$

$$L_2 = \frac{H_{承2}}{i_{L2}}$$

$$S_3 = \frac{(1 + \eta) H_{喷3}}{i_{s3}}$$

$$L_3 = \frac{H_{承3}}{i_{L3}}$$

从而知:第一个减压井位于距1区边缘为 S_2 距离处;同理,第二个减压井位于2区下边缘为 S_3 距离处。

4 水锤压力对管材选择的影响

自压喷灌系统中,固定管道所占比重较大,一般固定管道

每公顷的长度在 52.5 m 左右。因此,选择质量高,运行可靠、施工简易、造价低的管材对系统正常工作十分重要。

自应力钢筋混凝土管具有安装施工简便、抗渗、接头密封性好、适应性强、安全可靠、使用寿命长等优点,因而在工程实践中被广泛应用,成为固定管道首选管材。但是,随着现代灌溉技术的发展,特别是低压管道输水灌溉、喷灌和微灌的大面积发展,塑料管道也具有结构轻便、安装、运输方便、寿命在 50 年左右、价格低等特点,因而在灌溉工程中大量采用。常用的塑料管道有硬聚氯乙烯管材(U-PVC管)、低密度聚乙烯管材、聚丙烯管材。由于水锤压力等因素的存在,在工程设计中,建议干、支管采用钢筋混凝土管、钢管、甚至玻璃钢管,灌水管采用 U-PVC 管。在 2002 年建设的克拉玛依市 3.33 万 hm^2 生态农业开发项目规划设计中,主干管管材采用玻璃钢管,管径 Dg2000、Dg2200 两种,壁厚 16 mm,工作压力在 1.0 MPa;支管采用 DN400、DN500、DN600 等几种,每节长 6m;管径小于 250 mm 的管道(包括支管、放水管等)均采用 U-PVC 管。

为了充分利用价格低、运输安装施工简便的塑料管,应尽量消减水锤压力。实验表明,喷灌系统中,当喷头关闭时间过短,管道过长,管道流速过大,均将产生很大的水锤压力,约为工作压力的 1.5~3 倍,这对管道十分不利。选择管材时,管道的工作压力不得小于静水压力,并使水锤压力小于或等于管材的检验压力(最大允许压力)。另外,可在设计喷灌系统及管理中采用以下措施。

(1)减少压力管道的长度。压力管道缩短,水流惯性引起的水锤压力也就相应地减小。同时也缩小了相应时间,有助于减小水锤压力。

(2)减小压力管道的流速。在工程实践中必须进行不同方案的分析比较,要减小管道流速则必须将管径加大。这样做是否经济可行,需进行全面综合比较确定。

(3)采用不同形式的安全阀。目前在工程实践中,设置“空气室”、“空放阀”、“水锤消除阀”等措施来减弱管内流速变化。

(4)延长闸阀启闭时间。

5 关于运用水力自动阀的问题

喷灌自动化是农业实行全面技术革新、技术改造和加速农业现代化的一个重要方面。近年来,随着科学技术不断发展,在试验的基础上,修建了各种形式的自动化喷灌系统,如无线电遥控、有线程序控制自动化喷灌系统等,这些系统工作可靠有效,但需铺设线路,投资高,耗电量大。同时在田间布线时要充分考虑防洪、防潮和受雷电破坏影响。而水力程序控制自动化喷灌系统充分利用了自压喷灌系统的特点。

水力自动化喷灌系统主要包括:中心控制室、电动阀(命令阀)、水力自动阀。其工作原理是中心控制室产生脉冲压力,给水力自动阀水压脉冲指令,从而达到通过水力自动阀自动启闭,控制喷灌系统的目的。

固定式自动化喷灌系统在支管的放水管处经水力自动阀向支管两侧铺设喷水管,每个灌水管上安装喷水竖管,根据压力区和管道流量选用不同喷头,喷头采用三角形布置。水力自动化喷灌系统示意图见图 6。

(下转第 55 页)

(3)推行节水灌溉,提高灌区管理水平。

3 农业节水的主要技术措施

(1)加大投入,加快开封市引黄灌区续建配套与节水改造步伐。首先要打通骨干输水渠道,对老化的工程进行更新改造,加快干支渠及面上工程配套,千方百计扩大引黄灌溉面积,多引黄河水。其次对骨干渠道及支渠(特别是灌区上游)进行硬化,减少输水、配水损失,这项措施节水潜力最大,是节水的主攻方向。

(2)加强田间工程配套,引进先进灌水技术。要搞好田间工程配套,在自流灌区大力发展“U”型混凝土斗农渠,在远离水源以井灌为主的补源区,发展低压管道输水、喷灌、微灌、渗灌等;加强土地平整;坚决取消大水漫灌,旱作物改大畦灌溉为小畦灌。在旱作区实施如“膜上灌”、“作物控制性分根交替灌溉”、波涌灌溉等先进灌水技术,在引黄种稻区实施“浅湿晒”增产、节水灌溉等非充分灌溉技术。

(3)搞好“三水”联合运用,合理开发利用水资源。要合理开发利用水资源,就必须对地表水、地下水、黄河水(包括灌区退水)的“三水”联合运用。要根据“三水”的特点和灌区上下游的水资源开发利用状况,采取针对性的措施:在灌区上游,应采取有效措施鼓励临黄地区一带适当增打机井,发展井灌,进一步开发地下水资源,实行井渠结合,以渠灌为主,井灌作为调节地下水的手段;在灌区中游提高水的重复利用率,多用上游的灌溉回归水和引黄水;在灌区下游,应采用灌排合一模式,进行引黄补源,提高地下水位,灌溉以井灌为主渠灌为辅。同时,在不妨碍区域性河道防洪排涝要求前提下,在骨干排水河道上增建节制闸,利用天然河道拦蓄地表径流和灌区退水,通过节制闸抬高水位,利用现有的排水沟网把水送到面上的沟(渠)、坑塘。非灌溉季节利用沟塘存蓄黄河水、地表水,同时,利用沟(渠)坑塘自渗补源,逐步提高地下水位,利用地下水库存蓄黄河水和地表水,灌溉季节利用沟(渠)、井、塘相结合提水灌溉,以井灌为主。从而实现利用地下水对黄河水和地表水的有效调节。

(4)提高灌区用水管理水平,实行按方收费。农民缺乏节水意识,灌溉用水浪费严重,水价低是一方面原因,更重要的原

因是灌区用水管理水平低,没有开展测水工作,没有达到按方计征水费。在搞好灌区续建配套和节水改造的基础上完善灌区测水、量水设施,提高灌区用水管理水平,开展测水工作,实行按方收费,才能切实把节约用水与农民切身利益挂起钩来,让农民自觉节约用水。

(5)加快水务一体化进程,加强水资源的优化调度与配置,合理开发利用水资源。《水法》的颁布实施,使水利事业进入法制管理的新阶段,为加强水资源的科学管理,达到计划用水、节约用水的目的,奠定了良好基础。市、县水行政主管部门应当根据《水法》加快水务一体化进程。要彻底扭转“以需定供”的传统观念,对水量配置实行“以供定需”。开发利用水资源要全面规划,统筹兼顾、综合利用、讲求效益,发挥水资源的多种功能,要兼顾上下游、左右岸和地区之间的利益,充分发挥水资源的综合利用效益,同时还要兼顾居民生活用水和农业用水、工业用水。

4 结 语

在开封市城市生活、工业和农业用水中,农业用水是大户,而且农业用水效率最低,农业节水具有较大潜力,所以及早研究开封市农业节水问题,尽快采取切实可行的措施,迅速提高农业用水效率,对缓解开封市水资源危机,实现开封市经济的可持续发展具有重要意义。

参考文献:

[1] Yuanhua Li, Randoph Barker. Increasing water productivity for paddy irrigation in China[J]. Paddy and Water Environment, 2004(4):187-193.

[2] Loeve R, Hong L, Dong B, et al. Long-term trends in intersectoral water allocation and crop water productivity in Zhanghe and Kaifeng, China[J]. Paddy and Water Environment, 2004(4):237-245.

[3] 洪 林,李明昱,李远华. 开封市水资源预测研究[J]. 中国水利, 2006,(3).

[4] 洪 林,李明昱,李远华. 开封市水资源利用平衡分析[J]. 中国农村水利水电,2006,(3).

(上接第 53 页)

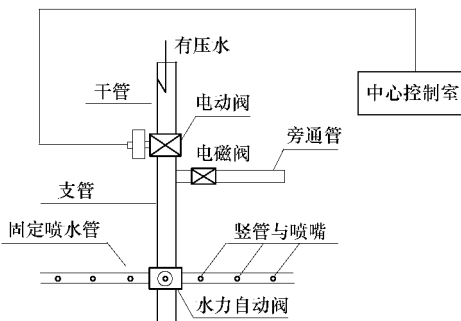


图 6 水力自动化喷灌系统示意图

水力自动化系统具有下列特点。

(1)节能。靠自然水头作动力,既不用动力机械,也不耗电、耗油。

(2)投资少。不用在田间铺设电气设施等。

(3)运行安全、可靠。

参考文献:

[1] 喷灌工程设计手册编写组. 喷灌工程设计手册[M]. 北京:水利电力出版社,1989.

[2] SD148-85,喷灌工程技术管理规程[S].

[3] 朱振锁,何永峰. 自压喷灌系统规划布置中的优化设计[J]. 喷灌技术,1991,(4).

[4] 余 玲. 低压输水灌溉用薄壁 PVC 塑料承受内外压力能力研究[J]. 喷灌技术,1991,(3).