

管道灌溉影响水泵扬程的因素分析与研究

柴希超

河南省中陆工程技术有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 平原区灌溉系统中水泵扬程的计算和选择严重影响整个灌溉系统的运行,水泵的实际运行应尽量在高效率区间状态下工作,如泵的扬程选得过高,而系统实际扬程过低,则影响泵的效率下降与造成实际运行时流量过大,同时造成能源的浪费,后期管理运行费用的增加;反之如泵的扬程选得过小,而系统实际扬程过高,则造成系统的末端出口流速较小,出口流量减小,影响农作物的灌溉周期。通过研究影响水泵扬程的因素,正确计算水泵扬程,保证水泵选型的合理性。

关键词: 管灌 水泵扬程

1 引言

在对平原井灌区低压管道灌溉设计过程中,水泵扬程的计算将会对水泵的选型有着直接的影响。分析研究影响水泵扬程的重要因素,在设计过程中是非常重要的。合理选择水泵扬程,保证管道灌溉系统正常运行,确保工程投资经济合理,降低后期运行成本,减少能源浪费。本次针对井灌区的低压管灌系统中水泵扬程的计算与选择进行分析研究。

2 平原区低压管灌系统中水泵扬程的分析计算(井灌区)

2.1 基本资料

该项目位于开封市杞县泥沟乡,地处黄淮冲积平原腹地,井深40m,静水位7-8m左右,动水位14-17m左右,单井出水量25~40m³/h。项目区典型地块面积68.55亩,地块长284m,宽161m,机井设计出水量32m³/s,机井动水位约14m。根据现场地块情况,田间管网由机井向两侧沿田间道路布置,与农作物种植方向垂直,出水口间距30m,采用玻璃钢阀体控制,出水口处配置活动的地面软管。

2.2 管材和管径选择

对于田间灌溉系统,根据铺设技术简易,施工工期短,质量标准易保证,造价低廉等原则,田间干管管道采用PVC管材,各种管件采用厂家定型配套产品。

井灌区的单井设计出水量为32m³/h,根据《管道输水灌溉工程技术规范》(GB/T20203—2017)[1]管道系统各管段的直径,初步拟定采用经济流速公式计算,确定地理低压输水管道的理论直径。

$$D = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (1)$$

式中: D—各管段管径, mm;

V—管道的经济流速, m/s;

Q—计算管段的设计流量, m³/h。

表1 管道经济流速推荐表

管材	混凝土管	钢筋混凝土管	硬塑料管	金属管	薄膜管
流速	0.5~1.0	0.8~1.5	1.0~1.5	1.5~2.0	0.5~1.2

结合管材规格型号,地理输水管道经济流速取1.2m/s,管段流量为32m³/h,经计算得=97.1mm,选定适宜的输水干管管径为d=110mm。

因各出水口采用轮灌工作方式,单个出水口轮流灌水,故各支管流量及管径与干管相同,确定管道采用PVC管材,地面软管(小白龙PE透明水带)管径采用φ100。典型地块管网布置平面图详见下图:

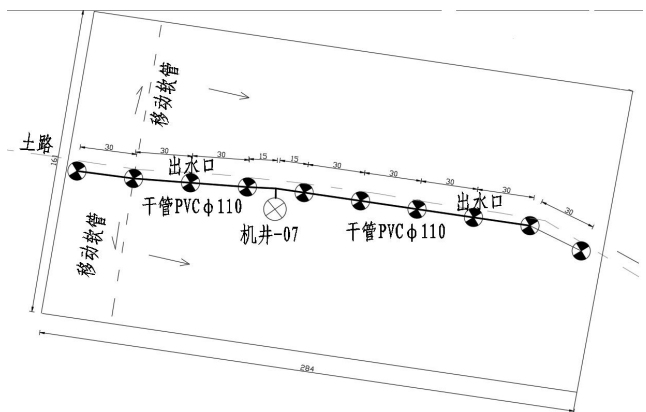


图1 田块及管网平面布置图

2.3 水头损失计算

2.3.1 管道沿程水头损失

管道的沿程损失计算应按式(2)^[1]计算:

$$h_f = f \frac{Q^m}{D^b} L \quad (2)$$

m—流量指数；

b—管径指数；

Q—计算管段的设计流量，m³/h。

根据《管道输水灌溉工程技术规范》（GB/T20203—2017）^[1]规定：地面移动软管沿程水头损失可按硬塑料管计算公式计算后乘以一个系数，该系数宜根据软管的布置的顺直程度及铺设地面的平整度取1.1-1.5。

根据管道流量和水泵配套相关型号，分别对两种不同管径的扬程管进行水头损失分析。沿程水头损失按照最不利水头进行计算，选择最远处的一支软管出口计算：

式中：h_f—管道沿程水头损失，m；

f—管材摩阻系数；

L—管道长度，m，本项目按最不利控制点计算；

D—管道内径，mm；

表2 管道系统总沿程水头损失计算表（DN65扬程管）

管道类别	参数 (变量)	系数	f	L (m)	D (mm)	m	b	Q (m ³ /h)	h _f (m)
扬程管			6.25 × 10 ⁵	21	65	1.9	5.1	32	5.4
输水干管			0.984 × 10 ⁵	166	103.6	1.77	4.77	32	1.77
移动软管		1.2	0.984 × 10 ⁵	85	100	1.77	4.77	32	1.284
沿程损失合计									8.454

表3 管道系统总沿程水头损失计算表（DN80扬程管）

管道类别	参数 (变量)	系数	f	L (m)	D (mm)	m	b	Q (m ³ /h)	h _f (m)
扬程管			6.25 × 10 ⁵	21	80	1.9	5.1	32	1.87
输水干管			0.984 × 10 ⁵	166	103.6	1.77	4.77	32	1.77
移动软管		1.2	0.984 × 10 ⁵	85	100	1.77	4.77	32	1.284
沿程损失合计									4.924

由上述计算可知：当其他条件等同的情况下，对比两种不同扬程管管径的计算结果，选用ND80的扬程管时管道系统的沿程水头损失远小于ND65的扬程管时的沿程水头损失，由此可见该因素对管道系统沿程水头影响的较大。输水干管、扬程管、移动软管的管径、长度、材质和系统的设计流量均是影响水头沿程损失的重要因素。

2.3.2 管道局部水头损失

管道局部水头损失计算应按式（3）计算：

$$h_j = \zeta \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

式中：h_j—管道局部水头损失，m；

ζ—局部损失系数；

v—管道内流速，m/s；

g—重力加速度，m/s²。

根据《水工设计手册》（第9卷）规定：局部损失系数可按照下表取值^[3]。

表4 局部损失系数 ζ

配件、附件或设施	ζ	配件、附件或设施	ζ
全开闸阀	0.19	90° 弯头	0.90
50%开启闸阀	2.06	45° 弯头	0.40
截止阀	3.0 ~ 5.0	三通转弯	1.50
全开蝶阀	0.24	三通直流	0.10

管道的其他配件、附件或设施的局部损失系数参考李炜主编的《水力计算手册》^[4]。

分别对这两种管径进行系统的局部水头损失计算分析，对比如下表：

表5 管道系统总局部水头损失计算表 (DN65扬程管)

部位	n (个)	Q (m ³ /h)	A (m ²)	v (m/s)	g (m/s ²)	ζ	h _j (m)
90° 弯头 (DN65)	3	32	0.0033	2.680	9.8	0.9	0.989
三通转弯	2	32	0.0084	1.055	9.8	1.5	0.170
三通直流	5	32	0.0084	1.055	9.8	0.1	0.028
闸阀全开	1	32	0.0079	1.132	9.8	0.19	0.012
截止阀	1	32	0.0033	2.680	9.8	3	1.099
圆形渐扩管 (DN65-φ 110)	1	32	0.0084	1.055	9.8	0.22	0.012
水泵进口	1	32	0.0033	2.680	9.8	2	0.733
局部水头总计							3.046

表6 管道系统总局部水头损失计算表 (DN80扬程管)

部位	n (个)	Q (m ³ /h)	A (m ²)	v (m/s)	g (m/s ²)	ζ	h _j (m)
90° 弯头 (DN80)	3	32	0.0050	1.769	9.8	0.9	0.431
三通转弯	2	32	0.0084	1.055	9.8	1.5	0.170
三通直流	5	32	0.0084	1.055	9.8	0.1	0.028
闸阀全开	1	32	0.0079	1.132	9.8	0.19	0.012
截止阀	1	32	0.0050	1.769	9.8	3	0.479
圆形渐扩管 (DN80-φ 110)	1	32	0.0084	1.055	9.8	0.1	0.006
水泵进口	1	32	0.0050	1.769	9.8	2	0.319
局部水头总计							1.447

根据《管道输水灌溉工程技术规范》(GB/T20203—2017)中5.5.5允许设计流速章节规定:机压管道输水灌溉系统设计流速不宜大于2.0m/s^[1]。

由上述计算结果可知:选用DN80的扬程管时管道系统的局部水头损失较小,且对水头影响的效果明显。管道的三通、弯头、变径接头、阀件等阀件及管件也均是影响管道系统的局部水头损失的重要因素。

2.4 管道系统的设计工作水头

管道系统的设计工作水头,应该式(4)计算:

$$H_0 = Z_g - Z_0 + h_0 + \sum h_f + \sum h_j + h_g \quad (4)$$

式中:

H_0 —管道系统设计工作水头, (m);

Z_0 —管道系统进口高程, (m); 取0.5m;

Z_g —参考点给水装置的地面高程, (m); 在平原区,参考点一般为最远的给水装置的位置,取0.2m;

h_0 —参考点给水装置出口中心线与地面的高差, (m), 给水装置出口中心线的高程应为其控制的田间最高地面高程加0.15m; 取0.28m;

$\sum h_f$ 、 $\sum h_j$ —分别为管道系统进口至参考点给水装置的管路沿程水头损失与局部水头损失, (m);

h_g —给水装置工作水头, (m), 0.3m。

2.5 水泵扬程计算

平原区机井灌溉时,低压管道输水灌溉系统的水泵运行扬程,应通过水泵工作点计算确定,并使其位于水泵高效区内。水泵的扬程应按式(5)计算:

$$H_p = H_0 + Z_0 - Z_d + \sum h_{h_0} + \sum h_{j_0} \quad (5)$$

式中:

H_p —灌溉系统水泵的设计扬程, (m);

Z_d —泵站前池水位或机井动水位, (m); 机井动水位-14m (根据附近参考井和地勘数据确定);

$\sum h_{h_0}$ 、 $\sum h_{j_0}$ —分别为水泵吸水管进口至管道系统进口之间的管道沿程水头损失与局部水头损失, (m)。

由以上式(4)、(5)可知:

扬程管选用DN65管道时: $H_p = Z_g + h_0 + \sum h_f + \sum h_j + h_g - Z_d + \sum h_{h_0} + \sum h_{j_0} = 0.2 + 0.28 + 8.454 + 3.046 + 14 + 0.3 = 26.28\text{m}$ 。

扬程管选用DN80管道时: $H_p = Z_g + h_0 + \sum h_f + \sum h_j + h_g - Z_d + \sum h_{h_0} + \sum h_{j_0} = 0.2 + 0.28 + 4.924 + 1.447 + 14 + 0.3 = 21.15\text{m}$ 。

由以上计算可知,在机井设计出水量在32m³/s的情况下,同等条件下,水泵扬程管选择DN80的管道,不仅管道的流速符合规范的要求,管道的水头损失也相对较小,水泵的计算扬程也相对较小,因此扬程管的管径对水泵的水头损失影响较大,严重影响了水泵的选型。

通过对水泵扬程影响因素的计算进行分析与研究,在同等材质和管道长度的情况下,平原区井灌区,管道灌溉水泵扬程管的管径对水泵的计算扬程影响较大,管径越大,沿程损失就越小;但考虑到管道流速和造价的要求,选择合适的经济管径才能使工程更加经济合理。

3 结束语

影响水泵计算扬程的因素很多,机井的动水位、灌溉系统的地形高差、管道的材质、管径、长度、管件和阀件等均在不同程度上影响着水泵的扬程,在同等条件下,平原井灌区低压管道输水灌溉水泵扬程管的管径和田间管网的长度对水泵扬程影响较大,因此在规划设计阶段应结合实际地形、田块分布和投资,对网管进行合

理布局和布置;合理选择管道的材质、管径;通过实验和附近已建工程的经验,科学的、准确的确定机井的动静水位,最终合理确定水泵的扬程,并对水泵进行正确的选型,以保证工程设计、建设和后期管理更加具有科学性,进而控制工程的投资成本,降低后期管理运行的成本,保证水泵高效率的区间运行,达到节能的目的。

参考文献

- [1] GB/T20203—2017.管道输水灌溉工程技术规范.[S].7-10.
- [2] GB/T50625—2010.机井技术规范.[S].35-36.
- [3]李炜.水力计算手册.[Z].北京.中国水利水电出版社.2006.48-55.