

智能化技术条件下中小型供水工程 加压泵站的优化设计

李学兵

(阿拉善左旗水利工程管理站, 内蒙古 阿拉善左旗 750300)

摘要:针对远程自动监控无人值守智能化管理系统在大型供水工程中已经得到普遍推广,但是中小型供水工程的设计只是简单增加了智能化管理系统的现实,以内蒙古阿拉善左旗近10年来在智能化加压泵站设计方面为例,探索高度集约型泵站厂房的优化设计,认为作为供水工程核心的加压泵站,其设计思想应当围绕智能化而有更大的创新和探索。

关键词:供水工程;加压泵站;智能化技术;优化设计;内蒙古阿拉善左旗

中图分类号:TV122

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2017)S1-0034-03

无论是远途调水还是城市内配水,加压泵站都是供水工程的核心工程^[1-3]。对于北方地区,加压泵站的冬季保温、夏季降温及安全保障等,都是泵站设计中必须考虑的。目前供水工程智能化管理软件系统已经普遍推广,但加压泵站硬件的设计仍然沿用离心泵站的宽大厂房设计模式,没有与时俱进,实现创新发展。笔者根据已经成功运行多年的一些不同加压泵站的设计实例,提出几类智能化技术条件下中小型供水工程加压泵站的优化设计模式,以供参考。

1 自保障衡温式配水加压泵站的厂房设计

按照传统的加压泵站设计模式,除主体泵房、配电室以外,还包括值班休息室、厨房、采暖锅炉房等附属生活保障设施。目前加压泵站无人值守的计算机远程自动化控制的推广,泵房内不需要像以往传统模式那样时刻都需要有人值守,因此泵房只要有能够保障机电设备正常运转的适宜环境就可。

吉兰泰镇是内蒙阿拉善左旗的工业重镇。2011年实施饮水安全工程,设计供水保障规模为1.5万人。该工程的总体布置是,对距镇区东南35 km的三眼水源机电井实行计算机远程控制,通过输水管道将水输送到配水厂,配水厂再通过变频开关柜控制的加压水泵将水配送到各个用水单元。

原设计加压水泵为卧式离心泵(两用一备),泵

站厂房也是离心泵厂房模式,加压泵站冬季还需要建设相应供暖保障设施进行保温,冬季运行管理十分不便。

针对无人值守远程控制的特点,设计施工图时对加压泵站作了如下改进:

a. 水源地流量稳定持续供水,而配水厂的配水则存在用水高峰和用水低谷问题,用水高峰强度是日均供水规模的3.5倍,因此配水厂设计有100 m³的正方形钢筋混凝土调节水池,同时也是泵站加压水泵的取水前池。施工图设计将100 m³的调节水池改为2座50 m³的长方形钢筋混凝土水池。

b. 2座长方形钢筋混凝土水池直接布置在地面之上,按照5 m间距并排布置,形成5 m宽度的廊道,成为机电设备安装厂房。

c. 用37砖墙整体砌筑包裹2座长方形钢筋混凝土水池的保温保护层外壳,其中5 m宽度廊道的一侧设计留门、另一侧留出空气流通窗;砖砌墙体的顶部布置整体钢筋混凝土面板;屋顶面板与蓄水池顶、砖砌墙体与蓄水池壁中间,均采用10 cm厚度聚酯苯板进行保温处理。

d. 5 m宽度的廊道中间采用铝合金框架玻璃隔墙进行分隔,里侧作为变频柜等电气控制设备安装室,为防止机电设备受潮等,特意地面抬升1 m。靠门的外侧安装3台直接从两侧蓄水池取水的管道加压水泵。

e. 加压泵站取消了采暖设施和值班室等生活附属设施。吉兰泰地区夏季高温冬季寒冷,多年平均气温 8.8°C ,最低气温 -28.3°C ,最高气温 40°C ,最大冻土深度 1.5 m 。机电井抽取的地下水水温一般在 12°C 。 10 cm 厚度的聚酯苯板,其保温效果相当于 1 m 厚度的填土,加上近 40 cm 砖墙砌体,已经接近冻土最大深度。按照这个设计方案,两侧的两座 50 m^3 的长方形钢筋混凝土水池在冬季是恒定散热热源、在夏季是恒定降温源。根据泵站运行基本情况,冬季最低气温维持在 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$,而夏季则不超过 25°C ;蓄水池外侧和屋顶的保温措施,完全保证了冬季的安全运行,节省的资金用于其他改善自动化控制等办公条件的投资。该饮水安全工程2012年建成运行至今状态良好。

2 高度集约型泵站厂房的优化设计

2.1 目前供水工程常见模式和存在的问题

供水工程由于扬程大,相应设计规范多推荐离心泵设计模式,但供水设计实践中发现,离心泵的设计选型较困难,而且还存在以下缺陷:①不同扬程、流量的水泵型号不连续,供水工程设计中往往扬程和流量均合适的水泵型号难以选择,不太容易进行多方案优化对比;②卧式离心泵平面布置占地空间太大,立式离心泵虽然克服了平面占地空间过大的缺陷,但上置电动机产生的震动太大,水泵故障多、寿命短;③离心泵的日常维护必须现场进行,运行单位必须配备既懂电器又懂水泵机械的专业化程度较高的维护人员,对于中小型供水工程来讲,人员培养需要实践经验的积累,绝非一朝一夕就能够办到。④离心泵的水泵和电机重量均较大,移动不便,必须厂房内配备起吊设备,厂房必须达到一定高度,如果再选择卧式离心泵,则厂房必然宽大;同时,离心泵还需配备相应维护的机械设备及设施,缺少任一项都可能造成维护困难,且复杂故障往往处理不了;宽大厂房又决定冬季保温措施必须得到充分保障,维护设备和设施的利用效率太低。⑤在高海拔地区,尽管是在水泵生产所允许汽蚀余量的前提下设计和安装,离心泵的负压吸水会对水泵的叶轮和泵壳产生极其严重的破坏。⑥无论选择何种水泵,影响能耗大小的水泵机械效率是决定水泵设计选型的最关键因素。大型低扬程大流量农灌离心泵,其机械效率可达到 $80\%\sim 85\%$,而很多小型离心泵的机械效率则在 70% 左右,一些个别型号高扬程小流量离心泵的机械效率甚至只有 $50\%\sim 60\%$ 。

总之,在远程智能化运行管理系统条件下,对于中小型供水工程,离心泵并不是最佳选择。

2.2 高度集约化加压泵站的设计模式

阿拉善左旗由于水资源短缺,供水工程往往流量小、扬程高,输水距离长。2006年远程无人值守智能化泵站运行管理系统的成功引进,引起对传统加压泵站设计模式的反思和创新探索:采用深井泵替代离心泵,按照 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 左右的间距双排矩阵型安装,加压泵站泵房演变成为一座钢筋混凝土安装竖井(池),大大减少泵站工程量和造价。其平面布置由3套建筑物构成:钢筋混凝土水泵安装竖井(池)、调节蓄水池(水泵取水前池)、配电室。其基本工作原理是:机电井或水源输送的水首先进入供水调节前池,然后通过衔接管道进入紧邻布置的水泵安装池,水泵在水泵安装池内取水加压输送;水泵安装池由密封隔板分为两层:下层安装水泵、上层布置汇水管道以及管道控制设备,如缓闭止回阀、闸阀、排气阀等。该设计模式具有以下优势:①深井泵一般机械效率在 $72\%\sim 78\%$,大规格深井泵可达 $80\%\sim 85\%$,机械效率并不比离心泵差,甚至比高扬程小流量离心泵的很多型号还要略高。②深井泵不同流量、扬程水泵的型号级别连续,设计方案极其简单;尽管单机流量小,但利用组合优势容易解决流量匹配问题,适应性极强。③水泵安装竖井(池)的中间密封隔板比供水前池底高出 1 m 左右,因此水泵安装竖井(池)内池中处于有压供水状态;由于水泵安装竖井与调节水池之间的距离仅有 $3\sim 5\text{ m}$,基本没有多少管道阻力,在此条件下深井泵完全淹没在水中且有压供水,因此彻底解决了吸水负压产生汽蚀对水泵的破坏问题。④由于水泵安装池布置在地面以下,又完全淹没在水中,因此既不存在冬季防冻也不存在夏季降温问题。⑤深井泵生产厂家全国各地均有分布,维护简单容易,损坏更换或维修都可利用社会力量来完成,从而减少维护设备及设施的大量投资,运行人员培养也简单。⑥钢筋混凝土水泵安装竖井与离心泵等常规加压泵房相比,投资可减少很多。⑦离心泵加压泵站实现智能化远程全自动运行,但无法实现无人值守模式,因为厂房全部暴露在地面以上,安全防护是保障安全运行的最重要因素,需要有看护值班人员。但是采用深井泵并安装在地下井室内,自身防护程度大大加强,不需要额外配置安全防护人员,真正实现了无人值守的理想状态,有的已建工程安全运行超过10年,从未发生安全问题。⑧对于多风地区,地面布置加压泵站,不仅卫生环境差,而且门窗、屋顶等日常维护工作量及投入均相对较大。而采用深井泵安装竖井模式的加压泵站,由于密封性能更好,几乎不需要额外的维护工作和费用投入。⑨在已成形的城市内改造建设加压

泵站,采用离心泵作为加压手段很可能导致一定的拆迁,离心泵的噪音还会造成城市环境污染。采用深井泵作为加压水泵,没有噪音这类的环境污染,能够发挥占地最小的优势,所占区域还能够设计成为与环境融合的休闲娱乐场所,如布置凉亭、锻炼休闲设施等。

2.3 供水工程设计实例

阿拉善左旗近 10 多年来,先后建设了百灵供水工程、西滩二水源一二期改造工程、乌力吉口岸供水工程、巴彦浩特再生水绿化供水工程、北寺旅游区供水工程、赢海水泥供水工程、松塔水泥供水工程等,均按照智能化远程全自动无人值守供水工程设计,几乎全部采用深井泵作为加压机械,按此设计加压泵站。在此仅举两项较为典型并具有一定代表性的供水工程实例。

2.3.1 敖伦布拉格产业园区供水工程

敖伦布拉格产业园区供水工程是为满足正在建设的敖伦布拉格中蒙边贸加工保税区的工业加工用水。该工程设计用水规模为 2 000 m³/h 左右。从 5 个井第一级配水加压泵站为起点,查干德日斯火车站到货运场铁路的转弯处为终点,配水管线总长度 20.2 km。该工程的总体布置为:①在五棵树布置第一座加压泵站,水泵机组按照四用一备布置。选择 5 台 400SG550—17×5 型深井泵,单机出水流量 550 m³/h、扬程 85 m,电动机功率 180 kVA,电动机效率 80%,四台机组总的出水流量为 2 200 m³/h。输水管道为 Ø700 mm 玻璃钢管道,输水管线长度 6 850 m,净提水高度 74.93 m,总扬程 89.96 m。②在哈奇大道布置第二级加压泵站,水泵机组按照四用一备布置。选择 5 台 400SG550—17×5 型深井泵,电动机效率 80%,四台机组总的出水流量为 2 200 m³/h。输水管道为 Ø700 mm 玻璃钢管道,输水管线长度 6 850 m,净提水高度 74.93 m,总扬程 89.95 m。③在德晟冶金铁路立交桥布置第三级加压泵站。该泵站需要向两个方向供水:第一、继续沿铁路向西延伸 7.48 km 到达查干德日斯火车站位置的蒙能国际园区调节水池,净提水高度 53 m,要求仍按照 2 000 m³/h 左右供水规模布置管道;第二、第三加压泵站位置垂直 90°转向北为德晟冶金供水,输水支管道长度 4.6 km,净扬程 96 m,设计输水规模为 428 m³/h。

第三级加压泵站的水泵机组选择是:①为蒙能国际供水。按照安装 5 台 400SG550—17×4 型深井泵布置,四用一备,可兼顾满足物流园区的生产用水需求。水泵单机出水流量 550 m³/h、扬程 68 m,机械效率 80%。②为德晟冶金供水。布置安装 3 台 300SG210—10.5×10 深井泵。出水流量 210 m³/h、

扬程 105 m,机械效率 78%。二用一备。该工程完全实现智能化无人值守远程自动控制管理,运行工作状态良好。

2.3.2 巴彦浩特镇再生水绿化供水工程

巴彦浩特镇再生水绿化供水工程分二期实施,其中选择深井泵作为取水机械并以此设计加压泵站,有效解决了几点常规泵站与城市规划不相容的矛盾问题。

a. 再生水绿化一期供水工程。2006 年实施的再生水绿化一期供水工程,设置二级加压泵站。一级加压泵站的取水水源地为西城区污水处理厂的 50×10⁴m³ 的再生水调节水库,铺设 8 km 的 Ø400 mm 输水管道,输水终点为北环路营盘山西侧的二级加压泵站前池,二级加压泵站输水终点时是营盘山山顶北侧调节水池,解决营盘山生态公园的绿化供水问题。再生水绿化供水工程位于城区边缘,工程的设计条件受到很多制约:①50 万 m³ 的再生水储蓄调节水池由于位于城镇中远期规划建设范围,因此水库大坝高度和水库占地面积都受到限制;最终水库大坝地上 6 m、地下 18 m 的设计方案获得审查通过。但是库底在地面以下 18 m,如果选择离心水泵取水,则整个泵房就要置于地下 15 m 左右,结局无法想象。最终设计方案是:采用水库东侧修建 20m 深度的钢筋混凝土竖井,既作为再生水进入水库的进水设施,同时又作为加压水泵的安装竖井。水泵采用三用一备安装模式,安装流量 125 m³/h、扬程 160 m 的深井泵。②二级加压泵站位于北环路上,属于城镇规划近期建设范围,因此建设条件更加苛刻。最终设计方案是:4 m 高度的 100 m³ 钢筋混凝土调节水池整体置于地下,然后在调节水池一侧继续开挖深度 4 m 的基坑,建钢筋混凝土双层竖井式泵站,水泵采用三用一备安装模式,安装流量 150 m³/h、扬程 120 m 的深井泵。该泵站包括厂房和调节水池(泵站前池)全部置于地下,只有 12 m² 的配电室置于地面以上,较高装饰设计标准满足城建规划的要求。第二级加压泵站中,双层竖井式泵站的主要工程量为 45 m³ 的 C25 钢筋混凝土,而采用离心泵作为取水机械,泵房加上其他附属管理设施的工程造价就要超过百万元。值得一提的是,仅花费不到 20 万元,将二级加压泵站的自动化控制与镇区自来水控制系统连接在一起,实现了一台计算机远程全自动监控所有无人值守的整个供水系统的安全运行。该工程一次试水成功并投入运行,运行效果至今良好。

(下转第 40 页)

希望通过 3~5 年的时间,努力建成符合辽宁省水利现代化要求、支撑辽宁省现代化水利管理、具有辽宁特色并且达到国际先进水平的高品质智慧水利平台,尽快实现“水安全、水健康、水文明”的水利现代化宏伟目标,使辽宁省成为国家级水利信息化示范区,引领区域水利信息化事业更好更快发展。

参考文献:

[1] 郑灿堂,王庆华,张洪芳. 浅谈“智慧水利”[J]. 山东水利,2012(7):1-3.
[2] 方小平,修镜洋,孙飞飞. 基于 4G 的智慧水利移动平台设计与实现 [J]. 城市建设理论研究,2016(8):17-19.
[3] 王超锋,安根凤,袁春丽. 智慧水利的发展和关键技术

研究[J]. 河南水利与南水北调,2015(14):98-100.
[4] 温金锋. 智慧水利浅谈[J]. 硅谷,2014(7):22-24.
[5] 黄猛,武玉峰. 辽宁省基础水信息平台的设计与实现 [J]. 中国防汛抗旱,2014(1):44-46.
[6] 张巍,赵巨伟. 基于水利普查成果的水信息共享平台的构建[J]. 现代农业科技,2013,(11):350-351.
[7] 芮晓玲,吴一凡. 基于物联网技术的智慧水利系统 [J]. 计算机系统应用,2012(21):161-163.
[8] 刘庆涛,崔瑞玲,耿丁蕤. 水利信息云建设初探[J]. 水利信息化,2012(4):5-9.
[9] 维基百科. Cloud Computing [EB/OL]. [2011-11-15].
http://en.wikipedia.org/wiki/cloud_computing.

(收稿日期:2017-12-12 编辑:徐 娟)

(上接第 36 页)

b. 再生水绿化供水二期工程。2008 年急需拓展再生水向东城区的供水。原建设单位的供水方案是以污水处理厂为起点,三级泵站加压输水到东城区,以满足绿化供水需要。该方案的最大难点是,第三级加压泵站位于已经正在建设的一处居民小区内,不但需要专门架设输电线路,加压泵站的噪音必然影响小区的品质、售价,根本无法协调。因此,提出新的设计方案,即从再生水再利用一期工程的第二级加压泵站调节前池开始向南延伸近 2 km 的输水管道,冬春非灌溉季节可通过第一级加压泵站将再生水送至南侧闲置了 20 多年、有效库容 87 万 m³ 的红沟水库存储。以红沟水库为取水源修建第一级加压泵站,在一期工程的第二级加压泵站位置,同样建设二期工程的第二级加压泵站。在春季开始绿化灌溉后,第一级加压泵站从红沟水库取水回送至二期工程的第二级加压泵站,第二级加压泵站一次性加压将水送至东城区地势最高点的东环路上。

在该设计方案中,再生水再利用二期工程的泵站设计模式,与一期工程的第二级加压泵站相同,即均采用深井泵作为加压输水水泵;第二级加压泵站净扬程 220 m、总扬程 245 m,运行至今没有任何故障发生。由于输电线路均利用一期工程的输电线路,加上没有居民区建设第三级加压泵站的繁琐头疼事,因此按期顺利完成建设任务,节省投资 300 万元左右,比原计划方案节省投资 30% 以上。二期再生水供水系统同样实现无人值守的计算机远程全自动监控运行。此外,工程顺带解决了当时最棘手的一件事,即夏季绿化灌溉与城镇供水严重冲突,冬春非灌溉季节由于再生水存储能力严重不足,导致超

过 100 万 m³ 的再生水不得不排放,又受到环保部门的严肃处罚。设计方案不仅节省资金,而且解决了很多实际问题,受到各方高度评价。

再生水绿化供水工程的实施,使得巴彦浩特镇目前再生水资源利用率达到 75% 以上,已经达到全国水资源重复利用率的较高水平。

3 两点启示

a. 供水工程的计算机远程监控无人值守智能化管理系统的建立,使传统的运行管理理念和模式发生颠覆性改变。作为供水工程核心的加压泵站,其设计思想也应当围绕智能化而有更大的创新和探索。很多以往所必需的技术保障,在“无人值守”条件下可能已经再无必要,或者通过变通满足其所需条件而使无效功能得到大大简化;另一方面,设计也应当为满足“无人值守”创造条件。

b. 将电机水泵整体结合在一起的立式水泵最为普遍的只有深井泵,其他类似立式水泵极其稀少,其优势不言而喻。但深井泵受限于井径而使得其使用范围受到影响,应当研究在非井泵使用范围之外也能够形成更多立式紧凑型水泵产品种类。

参考文献:

[1] 房本才. FCI 智能化装置在输水工程防腐监测中的应用 [J]. 水利建设与管理,2016(1):69-71.
[2] 赵洪洋. 新型农田灌溉控制系统浅析[J]. 水利建设与管理,2015(2):61-63.
[3] 项鹏海. 水位水量测报系统在盐龙湖工程中的应用[J]. 水利建设与管理,2015(3):64-68.

(收稿日期:2017-11-25 编辑:彭桃英)