

徐伟忠. 增压泵站建设的节能降耗分析[J]. 净水技术, 2021, 40(1):150-154.

XU W Z. Analysis for energy saving of pumping station construction[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(1):150-154.



扫我试试?

增压泵站建设的节能降耗分析

徐伟忠

(吴江华衍水务有限公司, 江苏苏州 215200)

摘要 结合南方某城市某区域供水格局规划, 分析评估了管道串联叠压供水、增压泵站选址等关键规划决策对运行电耗、药耗的贡献。研究发现, 采用管道串联叠压供水, 兼顾末端水质安全, 通过科学选址, 可达到节能降耗的最终目的。运行 5 年多来, 节能效果明显, 可供其他水司借鉴。

关键词 管道串联叠压供水 水质安全 节能降耗

中图分类号: TU991.3 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2021)01-0150-05

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2021.01.025

Analysis for Energy Saving of Pumping Station Construction

XU Weizhong

(Wujiang Hua Yan Water Co., Ltd., Suzhou 215200, China)

2007 年, 整个吴江区域供水格局由 1 个庙港水厂加上数十个乡镇小水厂组成。各个小水厂之间各自为政, 互相独立, 无论从水质方面, 还是供水安全方面均得不到保障。随着吴江区域供水发展不断向前推进, 管网逐步完善, 2008 年庙港水厂二期工程建设投运, 再到 2013 年第二水厂一期工程竣工并网投运, 整个吴江区域的供水格局初步形成。越来越多的乡镇小水厂, 因设备老旧、工艺落后等逐步关停, 这是水质保障的必经之路, 势在必行。但是整个吴江的供水区域较广, 供水量又在逐年提高, 市政管网的压力不能满足桃源、芦墟、北厍等边远乡镇用户的水压需求, 这就要求在中途采用增压泵站进行二次加压。

以往增压泵站二次加压的形式, 多采用水库蓄水后, 经过水泵机组抽取水库清水的方式进行增压。该方式的优点, 在于在管网总管水量不足的情况下, 各个增压泵站具有一定的蓄水调压能力, 便于整个调度中心的供水调度。但是这种增压模式的缺点也

显而易见, 由于需进入清水库, 会给清水带来二次污染的风险, 且采用进入清水库再用水泵机组抽取的形式, 对能耗的损失很大。因此, 在对黎里、梅堰、南麻泵站改造时, 出于节能降耗方面考虑, 结合整个吴江区域供水水量的预估和分析, 摒弃了以往清水库蓄水再增压的形式, 充分利用管网余压节约能源, 设计采用管网直接管道串联叠压供水。

另外, 整个吴江的供水区域达到 1 176 km², 供水管网近 4 000 km, 从一、二水厂到最远端乡镇边远用户直线距离将近 35 km, 管网距离预计超过 50 km。为了避免末梢水出现水质安全事故, 必须提高一、二水厂余氯的投加量, 尽量提高出厂水的余氯值。然而加大余氯投加量, 会导致很大的副作用, 消毒剂氯其实是一把双刃剑, 在消毒的同时, 也生成有害物质, 因此, 投加的量就起到十分关键的作用。在设计建设增压泵站选址时, 结合最佳补加余氯位置以及增压泵站节能两个综合因素, 确定了黎里、梅堰、南麻增压泵站选址。

1 管道串联叠压供水对于节能降耗的贡献分析

吴江区域供水的经历: 最初是 1 个水厂和数十

[收稿日期] 2020-04-14

[作者简介] 徐伟忠(1984—), 男, 工程师, 主要从事水处理工程技术工作。电话: 18962585056; E-mail: xu.weizhong@huayanwater.com。

个小水厂分别制水的供水模式;随后是一个水厂制水,数十个小水厂充当小型增压泵站的供水模式;再到现阶段“两水厂,五泵站”的供水格局。无论从安全可靠方面,还是节能降耗方面均得到了长足的进步,特别是管道串联叠压供水增压泵站的建设对于节能降耗的贡献功不可没。

1.1 串联叠压供水模式分析

以黎里增压泵站为例,通过调度中心 SCADA 系统分析,对水泵进行科学选型,保留原来的 3 台 110 kW 水泵机组,新增 1 台 132 kW 水泵机组,搭配“两变频两工频”的控制方式^[1],3 用 1 备(图 1)。根据实际需要进行搭配使用,尽可能提供给调度中心更多的调压方案,使水泵机组均能始终保持在电机高效区段工作。

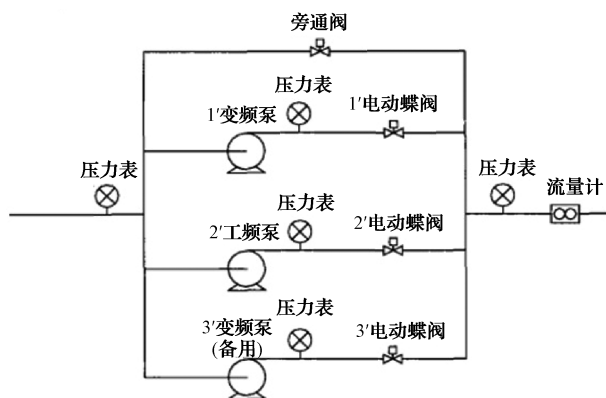


图 1 梅堰增压泵站管道串联叠压供水示意图

Fig. 1 Schematic Diagram of Water Supply of Meiyuan Booster Pump Station Pipeline in Series

水泵机组串联在管道上,利用管道内的压力,通过水泵机组直接进行增压,提高水泵机组后段的管道压力,满足供水需求^[2]。

(1)当自来水管网的水压满足用户需求,即管网压力大于或等于设定压力时,自控系统会自动控制增压水泵机组停止工作,自来水可以通过旁通管直接到达用水点。

(2)当自来水管网水压不能满足用户需求时,压力传感器向 PLC 控制柜发出压力信号,PLC 控制系统自动启动水泵机组加压供水,且为了达到要求的压力,实时进行变频,直至实际供水压力等于设定压力。

(3)用水高峰期间,泵站出口压力下降。当降低到低于设定出口压力值时,后端压力传感器发出信号给 PLC,自控系统控制变频器升高频率,水泵机组转速增加,出水量和压力均随之上升,直至增压泵站

出口压力等于设定出口压力值。

(4)用水低谷期间,出泵站流量计流量降低,增压泵站出口压力上升。当高于设定压力值时,出站压力变送器发送信号给 PLC,自控系统控制变频器降低频率,使出站实际压力值等于设定压力值;变频低于一定值时,水泵机组自动停止工作,自来水直接通过旁通管道到达用户。

(5)如遇突发停电情况时,水泵停止工作后,自来水直接通过旁通管道过站到达用户,保证部分用户用水;来电时,水泵机组根据实际需要,自动开机,恢复所有用户供水。

1.2 管道串联叠压供水模式节能降耗分析

如增压泵站不利用管网余压,采用水库进水模式时,如式(1)^[1,3]。

$$E \approx QH - (QH_e + t\Delta Q\Delta H) = (Q - t\Delta Q)\Delta H \quad (1)$$

其中: E ——节省的能耗, kW·h;

Q ——总水量, m^3 ;

H ——市政管网起点的压力, Pa;

H_e ——设增压泵站后,管网起点的压力, Pa;

ΔQ ——增压泵站增压水量, Pa;

ΔH ——提升水压, $\Delta H = H - H_e$, Pa;

t ——年运行率。

由式(1)可知,设立增压泵站后,节省的能耗与增压泵站所需提升的水压和出站水流量的乘积成正比。增压泵站考虑利用管网余压,采用管道串联叠压供水,进站压力为 H_i 时,节省的能量为 $(Q - t\Delta Q)\Delta H + \Delta QH_i$ 。以黎里增压泵站为例,供水量约 55 000 m^3/d ,泵站进水压力为 0.017~0.073 MPa,新增黎里增压泵站每年可以节省水厂电费约 11 万元,而采用管道串联叠压供水模式,又比传统水库蓄水模式节省电费约 4 万元。

2 增压泵站选址对电耗及药耗的贡献分析

2.1 增压泵站选址对节约电耗方面的贡献分析

采用管道串联叠压供水方式,主要目的是充分利用城市管网余压,降低水泵扬程,从而节省电耗。但每个地区可供利用的管网余压有限,若地处市政管网的末梢,余压较小,可供利用的压力很小,也就失去管道串联叠压供水的意义。且管道

串联叠压供水方式对管网水量要求较高,如果水量不能满足需求,会造成增压泵站进站局部用水用户的压力降低,甚至无水可用。综合考虑这两个方面,在黎里、梅堰、南麻 3 个增压泵站的选址上做充分的调研。

黎里增压泵站日进、出水压力如图 2 所示。

黎里泵站 5 km 内无集中的大规模用水用户群,满足管道串联叠压供水方式的选址要求。另外,黎里增压泵站正好位于第一水厂与远端芦墟、北库、金家坝 3 个乡镇的中间位置,实际运行时,黎里增压泵站的建设投运,对东区供水管网压力的保障起到关键作用。

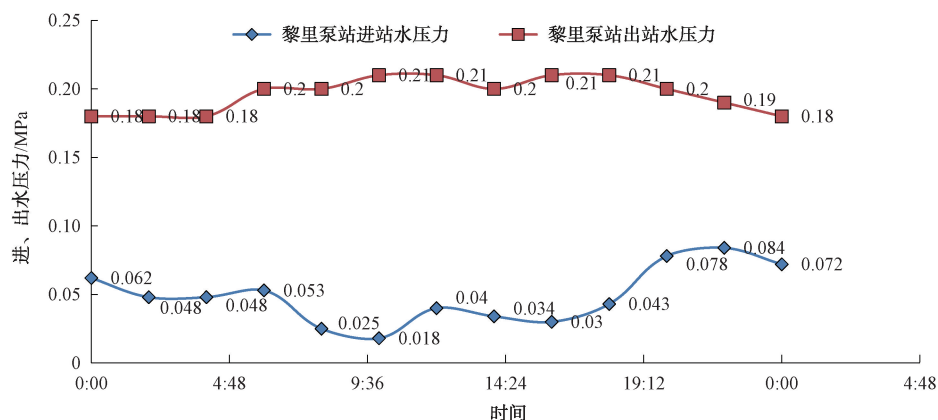


图 2 2016 年 1 月 29 日黎里增压泵站进、出水压力

Fig. 2 Inflow and Outflow Water Pressure of Lili Booster Pump Station on January 29, 2016

梅堰增压泵站日进、出水压力如图 3 所示。设立的梅堰增压泵站,联合新建的盛泽增压泵站,直接可确保平望、梅堰等乡镇的压力稳定,且由于盛泽增压泵站与梅堰增压泵站的合作,老的平望水厂、端

市增压站、梅堰水厂、盛泽水厂,进入关停阶段。梅堰增压泵站的建设,无论是供水安全的可靠性,还是人员编制的精简性均功不可没。

针对西南区铜锣、青云、桃源 3 个乡镇压力不足

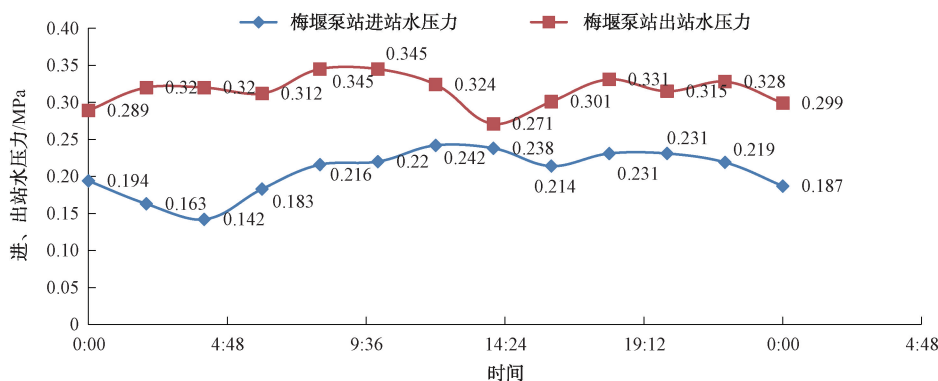


图 3 2016 年 1 月 29 日梅堰增压泵站日进、出水压力

Fig. 3 Inflow and Outflow Water Pressure of Meiyan Booster Pump Station on January 29, 2016

的问题,南麻增压泵站选址时,正好位于第一水厂与西南区 3 个乡镇之间。南麻增压泵站进站水压力在建设初期暂时较低,如果采用管道串联叠压供水模式,易造成进站前段管网产生负压,对前段用户用水造成影响,不适宜采用管道串联加压供水模式。但是通过分析管网改造及建设规划,以及南麻增压泵站前段用户分布,从长远发展考虑,针对初期可能出

现的进站水压力过低的问题,可采取适当控制出口压力的方式,尽量满足远端铜锣、青云、桃源 3 个乡镇压力需求的同时,照顾南麻增压泵站管网前端用户的压力需求。同时,S258 省道 1 400 mm 管道在 2015 年年底正式竣工并网,彻底解决南麻增压泵站进站管网压力过低的困扰。

综合以上,黎里、梅堰、南麻增压泵站的选址,充

分考虑了管网余压及末梢供水压力需求等多方面因素,在保障安全稳定供水前提下,尽可能节省电耗。

由图4可知,2014年黎里、梅堰、南麻增压泵站建成投运之后,生产运行部整个电单耗从281 kW·h/(kt水)降至268 kW·h/(kt水)。因此,黎里、梅堰、南麻增压泵站的建设对节省电耗方面的帮助是确实有据的。

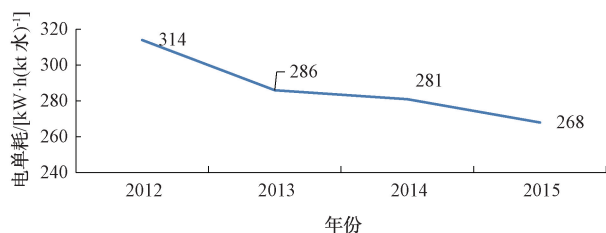


图4 电单耗变化曲线

Fig. 4 Change Curve of Power Consumption

2.2 增压泵站选址对节约药耗方面的贡献分析

为了避免末梢水出现水质安全事故,必须提高一、二水厂余氯的投加量,尽量提高出厂水的余氯值,然而客户的投诉量也随之增多。余氯值提高对距离水厂较远的用户有很大的影响,较高的余氯值,会影响自来水的口感,客户的投诉不可避免,更为重要的是,氯气起消毒作用的同时,还存在很大的副作用。因此,消毒剂氯的投加的量起到十分关键的作用。同时,药耗每年均是制水成本中的重要组成部分,因此,在设计建造黎里、梅堰、南麻增压泵站时,需采集黎里、梅堰、南麻3个泵站在第一水厂正常氯投加量的前提下的余氯数据。

通过数据分析可知,梅堰泵站余氯值由于距离第一水厂较近,完全满足且高于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的消毒指标要求,因此,梅堰增压泵站无需补加氯;而黎里、南麻在夏天温度高时,必须进行补加氯,以使东区芦墟、北库、金家坝和西南区铜锣、青云、桃源这些边远乡镇的余氯值满足GB 5749—2006的消毒指标要求。

由图5可知,2月25日开始,停止南麻增压泵站补加次氯酸钠设备的运行后,可明显看出2月25日—29日,桃源作为管网末梢的乡镇,余氯值有很大的降低,且余氯的下降值随着温度的升高而增大;反之,通过对南麻增压泵站补投加次氯酸钠,可以有

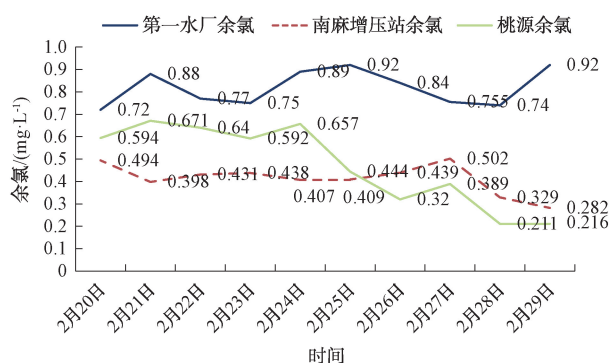


图5 2016年2月20日—2月29日桃源余氯数据关系图

Fig. 5 Data Relationship of Residual Chlorine in Taoyuan during February 20 to 29, 2016

效提高桃源的余氯值,达到规定要求。因此,第一水厂余氯值保持在科学范围的同时,依靠黎里和南麻增压泵站的补加氯,可以有效解决东区及西南区边远乡镇对消毒指标要求的问题。2014年,黎里、梅堰、南麻增压泵站投运之后,对第一水厂余氯投加量降低起到关键作用,同时彻底解决了余氯值过高,投诉增高、成本浪费和余氯值过低,又满足不了边远乡镇用水客户对水质要求的矛盾^[4]。

3 结论

在整个整改过程中,充分考虑各种因素,包括选址上考虑电耗因素、原有废弃停用泵房改造从而降低土建费用、自控系统与安防监控系统取长补短的有效结合、补加氯的改造考虑对药耗的节省。

黎里、梅堰、南麻增压泵站改造建设案例中,采用的管道串联叠压供水模式,也是一种新型供水模式的尝试。从这个案例可以看出,一切新的模式或者新的技术产生,其本身并无对错,用的好与坏,完全取决于是否考虑周全,充分调查和分析各种背景数据。实际电耗数据和整个边远乡镇压力数据已经证明,这是一次成功的尝试,对降低制水电单耗和提高供水服务质量,有很大的帮助。

同时,需注意未来用水量的变化趋势,审时度势布局管网或水厂,管道串联叠压供水模式并不是万能的模式,它在现有的吴江区域供水环境以及未来数年里可能均有效。但是如果实际供水情况发生变化,管道串联叠压供水的模式已经不再适宜将来的供水环境时,应该果断改变。

参考文献

- [1] 姜乃昌. 泵与泵站[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

- [2] 张勤,李俊奇.水工程施工[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 葛一楠,唐毅谦,喻晓红,等.自动化控制原理[M].北京:清华大学出版社,2011.
- [4] 陈超.控制消毒副产物的顺序氯化消毒及水处理工艺优化研究[D].北京:清华大学,2005.

【编辑推荐】供水企业的运营成本中,增压泵站的能耗占关键份额,对增压泵站能耗的优化,将极大提升供水企业的效益。文中结合实际案例,在充分研判能耗现状的基础上,研究串联叠压供水模式以及优化泵站选址对能耗优化的效果,提出方案,并通过运行进行验证,具有较强的实践指导价值。

(上接第 133 页)

参考文献

- [1] 李激,王燕,罗国兵,等.城镇污水处理厂一级 A 标准运行评估与再提标重难点分析[J].环境工程,2020,38(7):1-12.
- [2] 牟晋铭.上海某污水处理厂提标改造工程案例[J].净水技术,2020,39(3):48-52.
- [3] 周雹.活性污泥工艺简明原理及设计计算[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [4] 中华人民共和国建设部.室外排水设计规范:GB 50014—2006[S].北京:中国计划出版社,2016.
- [5] 王金翠,孙宝盛.污水生物处理中微生物次级代谢产物的研究进展[J].给水排水,2007,33(s1):165-169.
- [6] 杨枫,王圣瑞,郭伟,等.滇池入湖污水处理厂尾水 COD 降解过程及光谱特征[J].环境工程技术学报,2017,7(5):558-564.
- [7] 张玲玲,尚巍,孙永利,等.高标准下天津市津沽污水处理厂提标改造效果分析[J].给水排水,2019,45(10):37-41.
- [8] 孙欣,崔洪升. Bardenpho+深床滤池工艺用于半地下污水处理
- 理厂工程[J].中国给水排水,2017,33(16):82-85.
- [9] 李国金,李霞,王万寿,等.活性焦吸附工艺在市政污水深度处理中的应用[J].给水排水,2018,44(5):28-30.
- [10] 刘议安,冯凌溪,王平,等.高出水标准下北京门头沟地下式再生水厂的设计[J].中国给水排水,2018,34(2):73-75,90.
- [11] 张鹤清,朱帅,吴振军,等.城镇污水处理厂“准Ⅳ类”标准提标改造技术简析[J].环境工程,2019,37(6):26-30,36.
- [12] 杜创,雷振,张铁源.深床滤池在污水厂地表Ⅳ类水提标改造中的应用[J].中国给水排水,2017,33(8):99-103.
- [13] ALTMANN J, JEKEL M, SPERLICH A, et al. Combination of granular activated carbon adsorption and deep-bed filtration as a single advanced wastewater treatment step for organic micropollutant and phosphorus removal[J]. Water Research: A Journal of the International Water Association, 2016(1):131-139.
- [14] 刘成,黄廷林,赵建伟.混凝、粉末活性炭吸附对不同分子量有机物的去除[J].净水技术,2006,25(1):31-33.

(上接第 145 页)

在现状条件复杂、地下公用管线多、道路狭窄、施工条件苛刻等问题,提出充分利用现状设施、顶管和开槽埋管相结合进行施工、合理确定井位管位,减小管线搬迁工程量等解决方法。对雨水总管倒虹穿越河道的关键节点进行具体分析。本工程建成后,能有效解决地区积水问题,提高地区防汛排涝能力,同时,也可对类似的已建城区排水的提标改造的设计提供思路和借鉴。

参考文献

- [1] 张辰.基于海绵城市建设理念的排水工程设计[J].给水排水,2019,55(6):1-5.
- [2] 车伍,杨正,赵杨,等.中国城市内涝防治与大小排水系统
- 分析[J].中国给水排水,2013,29(16):13-19.
- [3] 李冰,李亚,俞露.老城区海绵城市建设指标制定和管控方法分析[J].净水技术,2019,38(s1):389-395.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.室外排水设计规范:GB 50014—2006[S].北京:中国计划出版社,2016.
- [5] 上海市质量技术监督局.暴雨强度公式与设计雨型标准:DB31/T 1043—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [6] 陶贤成.排水模型在排水系统提标改造中的应用[J].净水技术,2019,38(s1):364-367.
- [7] 娄富豪.模型技术在排水防涝双排水系统设计计算中的应用研究[D].北京:北京工业大学,2017.
- [8] 上海市住房和城乡建设管理委员会.顶管工程施工规程:DG/TJ 08-2049—2016[S].上海:同济大学出版社,2017.