

市政给水增压泵站叠压节能改造与实践

薛江宁

江苏联合水务科技股份有限公司，江苏省宿迁市，223800；

摘要：市政给水增压泵站多采用传统水池+增压泵加压方式，存在进水水压释放、能耗损失较多和水锤效应等不利现象，而叠压供水方式具有利用市政管网余压和减少二次耗能等优势。宿迁市某传统市政大型供水增压泵站为 $6.5 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ 现状，通过泵站叠压工艺改造和后端DN1000管网建设，在不改变现有机组情况下，实现最高日 $10 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ 供水能力，节能效果明显，电单耗下降50%以上，可为其他类似传统市政给水增压站节能改造提供参考。

关键词：叠压供水技术；增压泵站；节能降耗；泵站改造

DOI:10.69979/3029-2727.24.03.043

1 项目建设背景

江苏省宿迁市某给水增压泵站原设计供水能力 $6.5 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ ，2013年建成投产，2017年进行了清水池扩建和泵组增加。泵站采用清水池+吸水井+变频泵组的传统加压方式，上游水厂通过DN800、DN1000两根管道向泵站并联供水，进水水压在0.28-0.35MPa之间，来水通过进水阀门控制，泄压后进入清水池，通过吸水井和二次加压后向下游洋河新区、南蔡、洋北、仓集等九个乡镇供水，泵房平均出水水量 $2600 \text{m}^3/\text{h}$ 、出水水压0.46MPa。

随着城乡供水水量的快速增长对于泵站运行带来以下问题。

1.1 供水规模不能满足下游用水水量需求

随着城市的快速发展，以及宿迁市城乡供水一体化不断完善，增压泵站后端用水量不断增加，为保障末端供水压力，增压泵站出水压力大幅提高，高峰用水时期所有机组满负荷运行也无法满足后端水量、水压需求。根据水量预测，至2025年，增压泵站供水范围内最高日供水量可达到 $10 \text{万} \text{m}^3/\text{d}$ ，远超现状泵站设计供水能力，亟需对现有泵站进行提升改造，提高泵站供水规模及供水压力。

1.2 泵站能耗高，节能效果差

根据测算，上游水厂年平均出水压力0.40MPa，经DN800和DN1000管道向泵站并联供水，站前市政管网水压为0.28-0.35MPa。为满足水压同时力求能耗合理，夜间出水流量低于 $2000 \text{m}^3/\text{h}$ 时，采用超越加压泵站，由

水厂直供方式向下游供水；出水流量大于 $2000 \text{m}^3/\text{h}$ 时，则通过泵站加压出水，因进站水压较大，需要阀门控制进水流量并进行泄压，损失了25-30m自由水头，能源浪费较大。同时进水阀门由于长期开度较小，水压冲击较大，损坏频繁，维修难度大。

2 改造措施

为提高供水水量和后端水压，同时从优化调度和节能降耗角度出发，决定对泵站进水管网、泵站叠压工艺进行分析，确保实现2025年最高日供水 $10 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ 供水能力。

本文仅针对加压泵站内部叠压化改造部分进行阐述。内容主要为泵站内部管网、附属阀门、稳压和保护系统及排水系统、电气及控制系统等建设和改造。

2.1 泵站内部进水管网改造

超越直供改造：因原进水超越管道影响叠压改造实施，需要提前进行迁改，通过优化布局，在进水总管开一个支路与出水总管连接形成旁通，支管上设置电动阀，保留夜间出水流量低于 $2000 \text{m}^3/\text{h}$ 时超越供水能力。

叠压/非叠压联动供水：新建DN1200进水总管，管道材质选用埋地螺旋钢管，吸水母管增设一个 4m^3 的压力罐，稳定进水总管的压力。吸水母管上设置的5条进水切换支路分别与现状5台泵组进水管连接，同时在泵站加压泵房进水的5条支路上各增设一个电动蝶阀，共计增设10个电动蝶阀，两套电动蝶阀通过泵站进水压力或时间实现切换，实现叠压/非叠压运行模式的切换，市政压力不足时仍能采用水池+变频泵的方式来保

障供水。每台水泵前端管路增设一个压力传感器和组合式空气阀。吸水总管设置一根水锤消除管路，管路配置一个水锤消除阀，排水接至附近雨水井。出水总管设置两根水锤消除管路，每根管路配置一个水锤消除阀，排水接至附近雨水井。叠压改造平面布置图见图1。

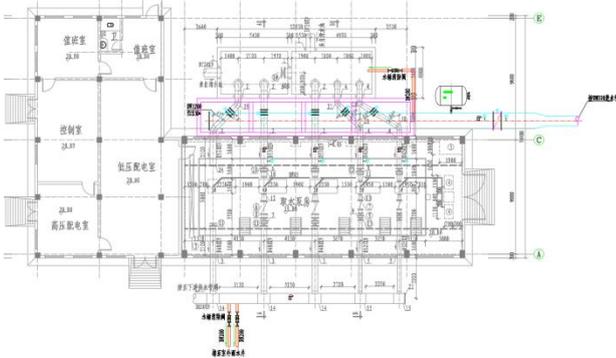


图1：叠压改造平面布置图

2.2 泵组选型

三棵树增压泵站原有泵组采用四用一备，泵组信息见下表1

表1：泵组信息

泵的位置和编号	1#和 2#	3#、4#	5#
泵的型号	KP29-80153-150069	KP29-12281-G-7069	LS500-300-710B
流量 (m ³ /h)	600	1020	1020
扬程(m)	40	50	50
转速 (rpm)	1480	990	993
轴功率 (kw)	90	185	185

水泵的选型是加压泵站设备选型的关键，根据历史运行记录测算，泵站高峰用水和低谷用水的倍率大概为2400/1300=1.85；因此泵站出水流量扩容到4800m³/h后，低谷流量的中心平移到2000-2500m³/h左右，峰值用水的区域可能平移到3500-4000m³/h左右。

经管网平差计算后，在保证加压泵站前用户用水无影响情况下，可以保证站前进水压力达到0.28-0.35MPa，考虑过站管损，实际站前市政管网可利用压力尚有0.25MPa，反算泵站的出水压力为0.40Mpa即可满足末端控制点0.28Mpa的供水压力需求。

未叠压之前运行条件为：供水压力0.46Mpa，供水流量2600m³/h，5台机组全部运行。叠压改造完成后，经调试，启用1台185KW机组满频启动，最大供水量达到1800m³/h，压力达到0.36Mpa，压力流量未达到正常运行条件；开启第二台185KW机组，随后两台机组频率

调节至40Hz，供水量达到2600m³/h，压力达到0.46Mpa，已达到原有生产运行情况。随着泵站出水DN1000配水管网建设完成后，开启3台185KW机组，供水量最大达到4800m³/h，原有泵组性能满足2025年实现最高日10×104m³/d供水能力的水量、水压需求，本次泵站叠压改造可在不更换原有泵组的情况下实施，也能减少建设和泵组更换成本。

2.3 自控系统改造

本次泵站自控系统改造主要用于叠压系统新增加切换电动阀门的自动控制、阀门井潜水排污泵的自动控制和控制系统配置的压力表数据的采集传输。控制柜内部配置PLC控制模块，与原有系统实现通信，将数据反馈到自控系统，并接受自控系统的命令，实现对泵站水质、水量、水压实时调控，确保供水稳定性。

3 运行效果

增压泵站叠压改造项目自2020年9月26日正式开始施工，至2021年1月15日完成设备调试运行，总历时近四个月，项目建设总投资约200万元。

泵站由传统增压方式，变成了叠压/非叠压联动供水方式，并增加PLC自控系统，对实时运行状态进行监测、控制，提高供水安全。叠压改造完成后，对泵站出水压力、输水水量提升都非常明显。同时随着DN1000配水管网正式建成，供水规模由6.5万m³/d提升至10万m³/d，叠压运行模式下，在减少启泵数量及频率的同时，能获得更高的出水压力和输水量，节能效果显著。

4 能耗分析

2021年2月份三棵树增压泵站开始使用叠压供水模式，截至目前，三年期间运行稳定。选取2020年与2021年数据及2020年与2023年数据进行比较分析，见表2、3。

表2：2020年与2021年能耗分析表

序号	项目	2020年2月	2020年12月	2021年2月	同比	环比
1	加压水量 (m ³)	769,313	1,131,173	1,206,258	56.80%	6.64%
2	电量 (kwh)	159,324	230,724	131,722	-17.32%	-42.91%
3	电单耗 (kwh/m ³)	0.207	0.204	0.109	-47.27%	-46.46%
4	最高峰压力 (Mpa)	0.45	0.45	0.55	22.22%	22.22%
5	平均压力 (Mpa)	0.35	0.38	0.41	17.14%	7.89%

表3：2020年与2023年能耗分析表

序号	项目	2020年12月	2023年12月	同比
1	加压水量 (m ³)	1,131,173	2,202,885	94.74%
2	电量 (kwh)	230,724	217,386	-5.78%
3	电单耗 (kwh/m ³)	0.20	0.10	-51.62%
4	最高峰压力 (Mpa)	0.45	0.43	-4.44%
5	平均压力 (Mpa)	0.38	0.38	0.00%

4.1 电单耗分析

在不考虑供水压力的情况下，2021年同比2020年水量增加56.8%，电量减少17.32%，电单耗降低47.27%；环比水量增加6.64%，电量减少42.91%，电单耗降低46.46%。经三年稳定运行后，再次分析电单耗数据，2023年同比2020年水量增涨94.74%，电量减少5.78%，电单耗降低51.62%。

小结

市政给水增压泵站是城市供水系统中重要组成部分，在水务公司日常运行中能耗占比比重大，宿迁市某给水增压泵站通过采用叠压/非叠压联动供水方式，在

不增加现有水泵的情况下，通过叠压运行合理利用原市政供水压力，提高了泵组供水能力。配合出水管网建设，实现了供水规模由6.5万m³/d提升至10万m³/d。采用叠压运行，不但充分利旧，节能效果明显，电单耗下降50%以上；同时供水能力大幅增加，因叠压运行无需建设清水池，一定程度上节约建设用地。

目前，我国绿色低碳发展已驶入“快车道”，碳达峰、碳中和已纳入生态文明建设整体布局，供水泵站作为自来水生产和供应系统中的耗能主要单元，需要进行节能降耗，促进水务行业绿色低碳和高质量发展，本项目的成功应用为城市供水节能降耗开辟了新思路。

参考文献

- [1]戴榛超, 蒋玫瑰. 城市给水二次增压泵站的工艺设计及节能【J】, 中国市政工程, 给排水与污水处理, 1004—4655(2008)S1—0045—03.
- [2]杨苗. 城市给水二次增压泵站的工艺设计【J】, 建筑理论与设计, 96—97.