

青草沙水源地原水南汇支线工程设计关键技术

汪 胜, 王家华, 蒋玖璐, 朱霞雁, 徐 平, 屠怡倩

(上海市城市建设设计研究院, 上海 200125)

摘要: 青草沙水源地原水工程是一项大规模的原水输水系统, 南汇支线工程是其子项之一。它包括一座 88 万 m^3/d 增压泵站和总长约 90 km 的输水管线, 输水管口径为 DN2000~DN1000。在设计南汇支线增压泵站过程中, 主要从系统方案、水泵出水管阀门设置、水泵调节方案、水泵变频台数确定、泵站水锤分析等方面进行优化设计, 使整个系统技术和经济更合理, 并在工程中采用计算机技术进行模拟研究, 为工程的优化设计和日后的运行管理提供参考。

关键词: 原水工程; 南汇支线; 水锤; 变频; 青草沙

中图分类号: TU991.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4655 (2008) S1-0050-03

为了解决上海城市中长期的供水需求, 市政府决定开发青草沙水源地, 形成“两江并举, 三足鼎立”的水源地供水格局。

青草沙水源地原水工程三大主体工程由 9 个子项工程组成。子项工程包括: 青草沙水库及泵闸工程(含中央沙圈围工程)、岛域输水管线工程、长江原水过江管工程、五号沟泵站工程、严桥支线工程、凌桥支线工程、金海支线工程、南汇支线工程、黄浦江上游引水系统改造。其中我院承担的是南汇支线工程的设计。

南汇支线工程是一项大规模原水输送系统, 具有输水规模大、距离长、管径大等特点。在工程设计过程中主要对南汇支线的工程系统方案、水泵出水管阀门设置、水泵调节方案、水泵变频台数确定、泵站水锤分析等关键技术等制订了实施方案, 并采用计算机技术进行模拟研究。

1 南汇支线工程系统方案的确定

南汇支线工程在系统上是金海支线工程的下游, 受金海支线的影响和制约。南汇支线工程原设计有 2 座泵站。对泵站的不同设置形成 3 种系统方案。方案一: 2 座泵站。方案二: 南汇北泵站。方案三: 无泵站。以下对 3 种方案进行技术经济比较。

1.1 方案优缺点

方案一的南汇泵站专泵供水至航头和惠南水厂, 水头无跌损, 系统水力平衡较好, 但多一座泵站的水头损失。2 座泵站水泵台数较多, 需占用土地多、操作管理人员多、平时维修保养的工作量也增加。

方案二的南汇北泵站公共泵供水有水头跌损, 近期惠南方向有水头跌损; 远期航头方向有水头跌损,

但少 1 座泵房的水头损失。1 座泵站水泵台数较少, 能节省土地, 并可减少操作管理人员, 相应地平时维修保养的工作量也减少。

方案三不设南汇北泵站和南汇泵站, 由金海泵站直供, 且放大主干线口径。系统有水头跌损, 近期惠南方向有水头跌损; 远期航头方向有水头跌损。南汇支线不设泵站能节省土地及泵站投资费用, 操作管理人员也少。但输水管口径放大的缺点是低流速和淤积、管线布置问题、设置进排气阀问题、运行管理不方便。

1.2 方案经济比较

系统方案经济比较见表 1。

表1 系统方案经济比较表

项目 方案	工程建设费	运行费用	电费折现值 /万元	净现值 /万元
方案一	总投资: 213 300万元	近期年运行费用: 1 854.84万元, 远期年运行费用: 5 273.05万元	28 835.15	242 135.15
方案二	总投资: 185 000万元	近期年运行费用: 1 854.84万元, 远期年运行费用: 5 161.61万元	28 488.78	213 488.78
方案三	总投资: 257 319万元	近期年运行费用: 558.74 万元, 远期年运行费用: 1 260.38万元	7 666.56	264 985.56

从上述技术经济比较中可见: 方案二的工程建设费比方案一和方案三均要节省, 虽然方案二近期和远期年运行电费比方案三多, 但工程建设费加电费折现后的净现值方案二最少, 即一次性投资和经常性费用的经济综合考虑, 方案二最为合理。

2 水泵出水管阀门设置方案优化

离心泵起动时, 阀门处于关闭状态; 当水泵达额定流量和扬程时, 再开启该出口阀门。该出口阀门开启关闭是与水泵开停同步工作的, 且与泵的启闭频率相同, 因此, 要求该阀门采用电动阀门。

收稿日期: 2008-09-18

突然失电停泵时, 出口电动阀门不能正常关闭, 此时, 管道中水流会倒流, 水流倒流会带来水泵叶轮反转和系统泄空的危害。在工程中通常是在水泵出水管路上设置止回阀来预防失电停泵时的水流倒流。因缓闭止回阀对防护水锤有很明显的作用, 止回阀通常采用缓闭止回阀。根据泵站水锤分析, 水泵全部失电停泵时, 为防止水锤危害, 要求缓闭止回阀不关; 而单泵失电停泵, 出水电动阀又没关, 为防止水泵倒流速度过快, 要求缓闭止回阀 2 s 关闭 80%, 15s 全关, 因此, 在水泵出水管路上设置缓闭止回阀, 但这缓闭止回阀要采用智能型缓闭止回阀。另外, 如果止回阀不关闭, 要求蝶阀关闭时间 30 s。

考虑水泵和电动阀门的检修, 在水泵出水管路上还需设置手动阀门作为检修隔断阀门。

3 水泵调节方案分析与确定

由于本工程输水规模大, 水泵运行效率直接影响到运行电费, 因此, 在本工程中考虑采取水泵调节措施, 使水泵在满足流量和扬程同时, 具有高效、减耗、达到节省运行费用的目的。

可采用的工况调节措施包括阀门节流、调节转速、切削叶轮或更换叶轮等。阀门可调节流量但不能节能, 本工程中不予考虑。由于叶轮切削是将水泵由一条性能曲线更改为另一条性能曲线, 其与管道特性曲线仍然只有一个交点, 因此仍无法满足多种工况调节的需要; 同时, 叶轮切削具有不可逆性, 叶轮切削后水泵效率还会有所降低, 本工程中也不采用。

变频调速已成为当今主流的交流电动机调速方式。除了变频器本身设备成本较高外, 其他方面均具有显著的优越性。变频器价格高可由其优越的节能效果弥补, 所以在给水工程中被广泛采用。因此本工程中推荐采用变频调速方式作为工程水泵调速控制方式。

4 水泵变频台数的确定

南汇北泵站共设 5 台泵 (4 用 1 备)。当水泵扬程在 31~42 m 范围段时, 水泵处于效率 85% 的高效区。3 台泵工作时的扬程为 36 m, 处于高效发挥状态; 多于 3 台水泵并联工作时的效率均在大于 85% 高效率区域内。为此, 确定 4 台工作泵中, 采用 3 台调速泵, 1 台定速泵。因为扬程在 27~31 m 范围段时, 2 台定速泵工作效率不处于高效区, 因此, 确定备用泵也采用调速泵。则南汇北泵站共设的 5 台水泵 (4 用 1 备) 中, 4 台为调速泵, 1 台为定速泵。上述水泵配置可以保证南汇北泵站在各种工况的特征流量条件下, 水泵均处在高效区内运行。

5 泵站水锤分析

从输水系统角度来考虑, 五号沟泵站到金海泵站再到南汇北泵站是一个完整的输水系统, 南汇北泵站的失电所引起的水锤会受到金海泵站和五号沟泵站的影响, 因此, 应从系统上分析南汇北泵站失电所引起的水锤。一般, 对泵站失电后产生水锤的消除方法有 4 种方案。

1) 方案一: 加大泵组的转动惯量, 使失电后转速变化平稳, 由此流量缓慢变化, 减少泵后负压。

2) 方案二: 泵站后设置压力空气罐。

3) 方案三: 采用二阶段关闭缓闭止回阀或取消止回阀。

4) 方案四: 泵站后沿线设置单向补压塔。

对于方案一, 加大泵组的转动惯量将大幅度增加泵站投资, 另外水泵厂家尚没有完全明确, 采用性能相近的水泵特性曲线进行分析, 计算的可靠度并不高, 故不宜采用。

对于方案二, 各级泵站出现的负压需要较大的空气罐来平衡, 空气罐一方面运行维护很不方便, 另外泵站内设置了一个压力钢包, 一旦出事后果不堪设想, 故也不宜采用。

对于方案三, 缓闭止回阀可有效地消除停泵水锤, 阀门缓慢关闭或不全闭, 允许局部倒流, 能有效减弱由于开阀停泵产生的高压水锤, 压力的上升值控制与阀的缓闭过程有关。

对于方案四, 单向补压塔是一种用于防止水柱分离的水锤防护措施, 装设在管道系统中容易产生负压的部位。对于长输水管道系统, 适宜采取单向补压塔进水锤防护, 这是因为当管道内压力降低至一定值单向补压塔可以给管道补水, 防止产生负压而形成水柱分离; 另外在单向补压塔与输水主管相连的管上安装有止回阀, 防止水由管道逆向流入塔内, 此法可以减小补压塔的高度。补压塔向主管补水, 由另外装设的与浮球阀 (或其他装置) 相连的补管对补压塔充水, 使塔内水位达到预定的高度, 以补充下一次补水的压力与水量。单向补压塔的水位度及容积应通过计算求得最佳值。单向补压塔适用于防止输水管道系统停泵过程中产生“水柱分离及其再弥合”现象, 具有良好的水锤防护特性。

通过以上的分析, 从设置缓闭止回阀、设置单向补压塔以及它们的组合等几种方式着手来分析选择消除水锤的最佳方案。

6 计算机技术的应用

在工程设计过程中, 采用计算机技术对水泵组合

运行和防止水锤等工况进行了模拟, 以期达到对工程设计和生产运行起到指导作用。

6.1 水泵组合运行工况模拟

为更好地分析和了解水泵组合运行工况, 利用先进的管网水力模拟软件对南汇支线串联泵站进行各个工况仿真模拟, 以期验证工况分析结论和指导水泵组合运行, 满足不同工况下用户对水量和水压的要求。

依据实际各级泵站平面布置和各级泵站间管线平面和高程的布置, 建立金海泵站和南汇北泵站运行工况模拟模型, 模拟模型如图 1 所示。

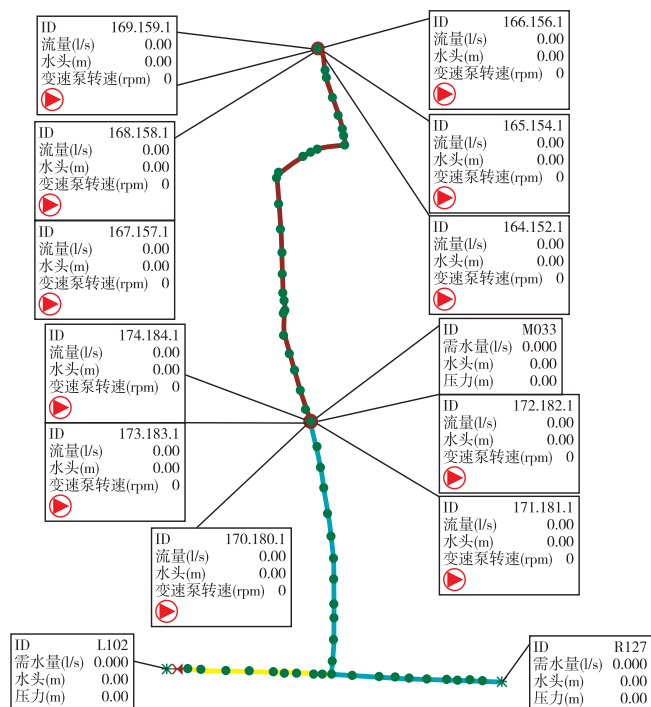


图1 工况模拟模型示意图

在给定各个用水点的水量和水压随时间变化的条件下, 金海泵站和南汇北泵站运行工况模拟模型可以动态显示不同时刻水泵和阀门的运行数据, 对运行实践具有一定的参考和指导作用。

6.2 防止水锤模拟

本工程运行流量大, 输水距离远, 为三级泵站串联, 为避免水锤的发生, 须对其进行水锤计算分析, 以分析水锤产生的严重程度, 为设计水锤防护措施提

供设计依据。

依据实际各级泵站平面布置和各级泵站间管线平面和高程的布置, 建立金海—南汇支线系统模型, 系统模型如图 2 所示。

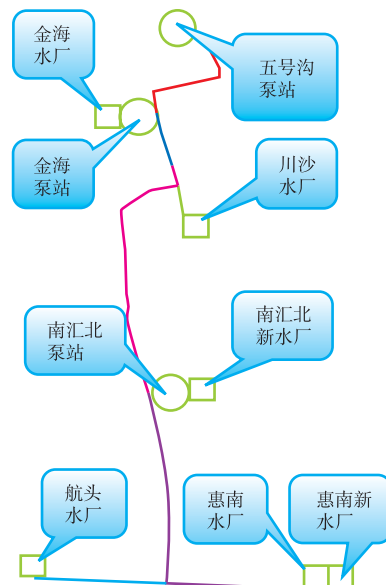


图2 系统水锤模拟图

根据已有的研究成果, 结合系统方案部分结论, 确定金海—南汇支线系统模型的边界条件, 根据确定的边界条件, 建立金海—南汇支线系统模型, 进行水力计算, 并对系统进行水锤计算分析。分析内容主要有:

- 1) 系统正常运行时水力坡降线。
- 2) 各级泵站失电状态下水力过渡过程分析。
- 3) 各级泵站正常运行末端关阀时间要求。
- 4) 水泵闭阀启动阀前压力分析。
- 5) 消除水锤措施的研究。

7 结语

南汇支线增压泵站在设计过程中主要从系统方案、泵站总平面、水泵出水管阀门设置、水泵调节方案、水泵变频台数确定、泵站水锤分析等方面进行优化设计, 目的是减少工程投资并为生产运行提供便利。同时, 可以在条件允许下采用计算机技术进行模拟研究, 为工程的优化设计和日后的运行管理提供参考。

欢迎订阅《中国市政工程》

application

Key Techniques in Design of Nanhui Branch Works in the Raw Water Project at Qingcaosha Water Source in Shanghai

**WANG Sheng, WANG Jia-hua, JIANG Jiu-lu, ZHU
Xia-yan, XU Ping, TU Yi-qian**
(Shanghai Urban Construction Design and Research
Institute, Shanghai 200125, China)

Abstract: The Raw Water Project at Qingcaosha Water Source is a huge convey system of raw water, and Nanhui Branch Works is a component, covering a lift pumping station of 880 000 m³/d and the water conveyer of about 90 km in total length, DN2000~ DN1000 in diameter. The design of the lift pumping station on Nanhui Branch Works is optimized generally in the proposed system, valve fixed at the pump outlet, proposed adjustment of pumps, determination of the number of variable frequency pumps and analysis of the water hammer of the station, making the whole system more rational technically and economically. Simulation study is done with the computer which is a good reference for optimized design and operation management.

Key words: raw water project;
Nanhui Branch; water hammer;
variable frequency; Qingcaosha

An Approach to Energy Saving in Tunnel Ventilation Design

YAN Han

(Shanghai Urban Construction Design and Research
Institute, Shanghai 200125, China)

Abstract: Based on the selection of ways of ventilation, and calculation of the wind demand, etc. in the design, measures adoptable for energy saving are summed up, proposals are made for the use of the jet fan, variable frequency speed regulation for the axial flow fan, control of ventilation system, etc. and finally introduced is the energy saving design for the air purification system.

Key words: tunnel ventilation; energy saving;
jet fan; variable frequency speed
regulation

Key Points for Evacuation Safety in the Design of Underground Rail Transit Station against Hazard

HU Wei

(Shanghai Urban Construction Design and Research
Institute, Shanghai 200125, China)

Abstract: The design of floors and stairways in between is of the greatest importance in the design of the underground station against hazard. In connection with the requirements and specifications for architecture, analysis is made of the relevant specification for the design of floors and stairways. Based on the analysis of design, the reasonable number and location of the floors and stairways in the rail transit station are given, with additional explanation of the required 6 min evacuation in the specification for the rail transit system, and a proposal for providing the staircase for emergent evacuation at the end of the platform.

Key words: rail transit; underground station;
evacuation safety;
width of stairway;
check of evacuation time

Deformation of the Underground

Diaphragm--Counter Analysis of Internal Force

WANG Yin-chang

(Shanghai Urban Construction Design and Research
Institute, Shanghai 200125, China)

Abstract: Based on the horizontal deformation value of the diaphragm, the least square method is adopted for curve fitting to get its deformed bending line, the counter analysis is made of the internal force of the wall, so that the actual situation of the diaphragm performance can be judged out. A comparison of the counter calculated bending and the actually measured one shows that they vary to the same rule and trend, which can be the base for optimization of design and adjustment of construction parameters.

Key words: foundation pit with support
structure;
underground diaphragm;
fitting of bending line;
internal force of moment