

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 10. 015

# 上海凌桥水厂不停产提标改造的运行安全控制

姜晓琳

(上海浦东威立雅自来水有限公司, 上海 200137)

**摘要:** 为提升出水水质,保障区域供水安全,上海凌桥水厂实施了深度处理提标改造工程,且施工期间不间断供水。凌桥水厂作为运营方,识别出高压配电改造、新老管道接驳、工程开挖以及调试并网四类工程风险点。通过采取有效措施和进行流程控制,既保障了水厂水质水量运行安全,又确保了项目工程按进度计划竣工验收。根据29个月施工配合的实际运营工作情况,总结了提标改造中的技术安全运营管理经验,可为同类老旧水厂提标改造工程决策提供参考。

**关键词:** 凌桥水厂; 提标改造; 流程控制

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)10-0091-05

## Operation Safety Control of Shanghai Lingqiao Waterworks in Upgrading and Reconstruction without Stopping Production

JIANG Xiao-lin

(Shanghai Pudong Veolia Water Co. Ltd., Shanghai 200137, China)

**Abstract:** In order to improve effluent water quality and ensure safety of regional water supply, Lingqiao waterworks was upgraded and reconstructed for advanced treatment without stopping production. As operators, risk points were identified in reconstruction of high-voltage power distribution room, connections between new and old pipes, excavation and engineering commissioning. By taking measures and the process control, the waterworks was operated safely in quality and quantity, and the projects were finished as planned. According to 29 months of actual operation during construction, technical safety management experiences were summarized, which can provide reference for decision making of similar old waterworks upgrading and reconstruction projects.

**Key words:** Lingqiao waterworks; upgrading and reconstruction; process control

根据《上海市水系统治理“十四五”规划》要求,2025年底给水厂深度处理率需达到90%。凌桥水厂供水能力为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,主要供水服务区域包括外高桥保税区、金桥出口加工区和张桥。为更好地保障浦东北部供水,集约用地,按计划完成出水水质的提标改造,此次凌桥水厂深度处理改造工程不额外征地,施工期间不间断供水。作为运营方,水厂既要保生产又要保工期,还涉及高压配电、接管、开挖及调试工程,运营风险极高。目前,在水厂不停产提

标改造施工中,从总承包或施工方的角度去分析总结施工安全管理较多<sup>[1-3]</sup>,以水厂运营方为主体的经验总结较少<sup>[4]</sup>。凌桥水厂深度处理提标改造工程于2020年12月开工,2023年4月并网,施工期间水厂生产运行稳定,无一例水质事件及安全事件发生。

### 1 深度处理改造工程

#### 1.1 工程概况

凌桥水厂采用常规处理工艺,一期工程于1993年投产(规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ),二期工程于1996年投

产(规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ),污泥处理工程于2015年投产。深度处理提标改造工程新增臭氧-活性炭工艺,并对原有高压配电室进行改造,全景见图1。新增池体为预臭氧池及综合池,综合池为叠加组合池,含中间提升泵房、后臭氧池、炭滤池、下叠式氯接触池、臭氧间、预浓缩池。



图1 凌桥水厂深度处理工程全景

Fig.1 Panorama of advanced treatment project in Lingqiao waterworks

### 1.2 相关方职责及目标

凌桥水厂深度处理改造主要涉及三个相关方:凌桥水厂、工程部及EPC总承包,各方职责及目标见表1。其中,工程部为公司职能部门。凌桥水厂作为运营方进行施工配合,提出项目优化建议,重点保障水厂不间断供水的运行安全。

表1 相关方职责及目标

Tab.1 Responsibilities and objectives of relevant parties

相关方	职责及目标
凌桥水厂	运行安全:为首要目标,采取各类措施确保施工调试中现有工艺的优质安全供水;施工配合:包括项目现场交底、施工方案确定、工艺运行配合等,确保施工进度;项目优化:根据运行实际需求,及时提出设计变更或整改要求
工程部	作为直接甲方,牵头负责该工程项目,协调各参建方的工作,确保工程进度,保质保量完成任务,并进行成本控制
EPC总承包	交钥匙工程,重点是施工安全和成本控制,确保工程进度,保质保量完成任务

### 1.3 风险点及挑战

提标改造过程中共有4类工程运营风险点:高压配电改造、新老管道接驳、工程开挖以及调试并网。各类风险点可能导致的影响见表2。运行安全作为水厂的首要职责,施工过程中考虑周全以及“稳”是必然要求,这与确保工程进度这一目标在一定程度上是相悖的,绝对的安全性也势必导致施工

成本的增加,因此如何采取有效措施以及标准化流程,把控住运营的“底线”,既能确保优质供水,又能让项目按计划实施,在工程建设中起着关键性作用。

表2 运营风险点及影响

Tab.2 Risk points and impacts

风险点	可能影响
高压配电改造	单路或双路失电,停产
新老管道接驳	水质浊度难以控制
工程开挖	未知管线挖断,影响水质水量
调试并网	影响正常运行工艺、水质水量

## 2 风险点的运行控制

### 2.1 高压配电改造

现状供配电系统为2路35 kV电源供电,两常用,互为备用。设35 kV变电所,35 kV系统与6 kV系统均为单母线分段接线,两常用,互为备用。凌桥水厂配合深度处理实施高压配电改造工程,主要时间节点见表3。

表3 高压配电改造工程进度节点

Tab.3 Key points of operating schedule of high-voltage power distribution room reconstruction

时间	进度节点
2022年1月4日—1月9日	35 kV I段主变改造(单路供电)
2022年2月24日—2月28日	35 kV II段主变改造(单路供电)
2022年6月28日—7月2日	高压配电6 kV I段开关柜改造(单路供电)
2022年7月18日—7月19日	6 kV I段及II段联动调试(单路供电)
2022年8月8日—8月12日	6 kV II段开关柜改造(单路供电)
2022年8月16日—8月18日	电容补偿柜改造(单路供电)
2022年10月11日	电力监控后台系统
2023年3月3日—4月3日	高压配电室土建工程
2023年4月24日—5月15日	电缆沟密封件安装

高压配电改造期间,生产不间断运行,共计21 d全天单路供电,每次单路供电按以下流程进行:①改造前召开专题会议,制定单路供电期间运行保障方案;②施工方案和运行保障方案报公司及上级部门审批;③单路供电前从失电、调度两个方面提前多次进行应急处置演练,使运行车间岗位人员能够从容应对单路供电期间的突发状况;④单路供电期间厂长室、电气管理员、电工24 h到厂值班;⑤工程改造全周期水厂落实高压配电改造负责人(电气管

理岗),与总包共同研究施工图及方案的落地,实时关注施工安全,避免因施工影响现有水厂运行。

### 2.1.1 单路供电运行保障方案关键点

以35 kV高压配电I段主变改造为例,凌桥水厂运行保障方案的操作关键点:①施工前向供电所发函,单路供电期间不得安排II段外线路计划检修工作;②开工前一周内完成操作票(含正常施工配合以及应急处置)编制和工作票的审核工作。

### 2.1.2 单路供电应急预案关键逻辑

以35 kV高压配电I段主变改造为例,失电结合调度应急预案关键逻辑如下:若出现全厂供电故障,高压配电岗员工现场判断II段35 kV进线是否没电,若II段35 kV开关柜带电显示没电,则判定为外线路II段供电故障;若开关柜带电显示有电,则失电是由厂内设备原因(II段变压器、6 kV)引起的全厂断电。①当外线路II段供电故障时,告知原水调度降低原水水量,联系供电调度,按照II段外线路失电应急操作票的内容,合上35 kV联络开关,恢复I段外线路供电,恢复原水量;②当厂内高压设备(II段变压器、6 kV开关柜等)故障,在外线供电正常的情况下引起全厂断电时,启动调度停水流程,电气管理员及电工查找故障原因,联系相关人员进行抢修,恢复供电后恢复供水。

## 2.2 新老管道接驳

老厂提标改造势必会遇到新排管道与老旧管道连接通水,对于常规处理工艺水厂而言,砂滤池为最后一道去除浊度工艺单元,砂滤后新老管道接驳以及相关的停复役操作对出厂水浊度的控制是一大挑战。

### 2.2.1 管道接驳质量控制

对于出水相关新老管道接驳,为保障出水水质,确定如下质量控制原则:①要求总包方新排管道与老旧管道同时清洗,人工确认管道状态后,再进行消毒通水;②根据出厂水质要求,吸水井浊度低于0.18 NTU时方可开启对应出水机泵,实施新排管道并网。新老管道同时清洗案例经验:DN1 600生产管线迁改管道与原有管线接驳碰头工程共有2个碰头点,即原水厂滤池下叠式水库DN1 600管道出水管处和吸水井DN1 600管道进水管处,其中老旧管道已运行近30年,其间未有停水情况。因原施工计划仅涉及新排管道冲洗及消毒(见表4),接驳通水管道至满管后,吊取吸水井水样,检测浊度较

高,故立即停止通水(因水质不合格未出水并网)。通过水下机器人查看管道情况<sup>[5]</sup>,发现尽管新排管道干净无垃圾,但老旧管道管底存在大量沉积物(见图2)。经再次抽水后,施工人员进入管道,推测导致浊度异常的原因:①老旧管道因接管抽干水,空气进入,原防腐层氧化脱落;②老旧管道水中杂质长年积累沉降,通水时水力冲击较大,底泥翻起,导致浊度上升。对此,水厂联系总包方清理老旧管道垃圾,重新冲洗并消毒。补救措施完成后再次通水,浊度、余氯均恢复至正常水平。

表4 新排管道施工计划

Tab.4 Plan of new drainage pipes construction

工序名称	工作内容	施工计划时间	备注
管道清洗	新建DN1 600 管道冲洗	3 d	人工清洗2 d、气水脉冲1 d
管道消毒	新建DN1 600 管道消毒	24 h	



a. 新排管道 b. 老旧管道 c. 老旧管道管壁

图2 新老管道探测结果

Fig.2 Detection results of new and aging drainage pipes

### 2.2.2 停复役运行控制

在提标改造中,厂区平面接管共涉及6次停复役( $20 \times 10^4 \text{ m}^3$ ),即生产能力的1/2。水库停役48 h以上需清洗消毒,砂滤池停役7 d以上需反冲洗消毒。涉及停复役工程参照以下流程执行:①召开专题会议,根据施工方案制定水厂运行保障方案;②上报公司,由公司上报上级部门,确定实施时间及停复役工期,报批;③施工前做好运行设备的维护保养工作,按运行保障方案应急演练;④施工中加强正常供水设备的检(维)修工作;⑤施工后水库等进水前确认相关池体内无人;⑥按照水厂实际工艺复役。

## 2.3 工程开挖

凌桥水厂于1993年通水至今,涉及二期工程、污泥处理工程多次改造,地下管线资料缺失,熟悉情况的老员工已基本退休,现有专业技术人员队伍较年轻,对地下管线的情况难以掌控。为在开挖过程中不影响现有管线,降低开挖对运营的风险,采取以下8项措施:①施工范围内进行物探勘测,对可

能存在的管线进行现场确认；②实施现场交底制度，水厂各专业（工艺、电气、设备、仪表、自控等）多方参与，结合物探结果以及现有图纸对管线进行确认并签字；③子项目落实水厂项目负责人，严格落实水厂现有工程项目开工制度，包括开工单、调试告知单、培训记录、环境检查记录以及安全检查记录等；④严格落实五大作业制度，进行开挖作业等申请；⑤对于危险性高的区域（如下方有电缆且具体埋深位置未知），先人工开挖，保护好现有管线，确认危险性降低后，再进行大型机械开挖；⑥如遇未知管线位置与新排管道位置“打架”，水厂在未确认管线功能前，不能盲目施工，要坚守水厂运营底线，与各方共同商讨解决方案，绕位或再测排摸；⑦原则上工程设置全封闭围挡，施工人员不得进入生产区域，但因老厂改造，存在大量在隔离施工围挡外、与正常生产区域范围交叉的项目，对此，水厂各子项目负责人与监理共同监督子项目施工安全，重点关注现有运行管线的保护，确保施工过程中现有管线不被挖断；⑧如在开挖中发生突发情况影响水质，运行车间当班员工需第一时间按流程上报（见图 3），并立即进行应急处置。

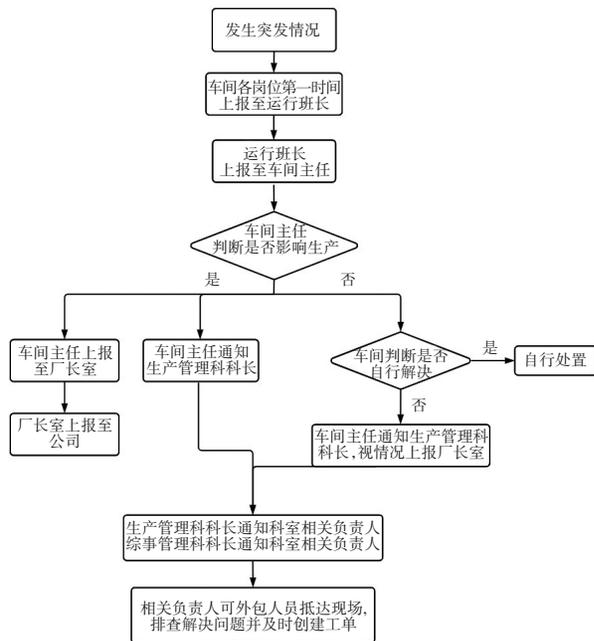


图 3 应急上报流程

Fig.3 Reporting process of emergency

## 2.4 调试并网

### 2.4.1 调试洗炭的运行控制

调试过程中，活性炭滤池的洗炭周期是影响工

程并网节点进度的关键因素。活性炭反冲洗去除浊度、降低 pH 是一个缓慢过程，进水浸泡后冲洗分为气冲洗、小水量反冲洗、大水量反冲洗三个步骤，当单格炭后水（通过初滤水管道）浊度低于 1 NTU、pH 低于 9 时，视为炭滤池洗炭完成。凌桥水厂共 12 格炭滤池，依次排队错峰反冲，经检测大水量反冲洗 5~7 次可满足洗炭标准。洗炭初期，氯接触池已完成工程清洗消毒工作，通过水库氯接触池反向提供反冲洗水源。部分滤格洗炭结束后炭滤池进入正向过滤阶段，此时反向供水停止，确认已关闭氯接触池进水阀门，通过正向过滤水供给其他炭滤池反冲洗使用。当所有单格炭滤池正向过滤水浊度均低于 0.2 NTU、pH 低于 8.5 后，炭滤池出水用于对应氯接触池二次消毒，消毒指标达标后，则具备并网前的准备条件。由于制水条线需保障供水量，原生产废水处理系统（泥线）日间除接纳运行沉淀池排泥水以及砂滤池反冲洗水外，基本已无容量。为确保调试进度，根据炭滤池正向过滤及反冲洗的需求，水厂提供 500~1 000 m<sup>3</sup>/h 水量，炭滤池未达标过滤水（通过初滤水管道）及反冲洗水均排入预浓缩池，上清液达到公司回用水标准后回用，底泥排至水厂泥线，未达回用水标准的则直接通过排泥阀排入泥线。常规沉淀池排泥及砂滤反冲日间进行，如日间泥线已达最大处理能力，则部分洗炭夜间进行。同时为确保水厂水量水质不受影响，制定如下措施：①建立相关人员工作群，确保水厂岗位人员与总包方沟通顺畅，每次开启或关闭向深度处理供水的阀门，需提前告知岗位人员，且动作前后拍照记录阀门刻度，确认阀门状态；②水厂运行车间岗位人员根据水量变化及时调整原水量及加药量；③化验室加强检测回用水水质，发现水质异常及时停止回用；④如遇突发事件，则按图 3 启动应急上报流程。

### 2.4.2 提标工程并网的运行控制

为确保并网期间水厂不间断供水，此次并网分两次进行，综合池北池 20×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 先行并网，与常规处理 20×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 混合出水，并网生产运行稳定 1 个月，综合池南池 20×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 并网，此时 40×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 深度处理能力全部出水。并网前期对应水库保持恒液位运行，水量控制在 1 000 m<sup>3</sup>/h 左右，对应吸水井下排水泵将水抽至预浓缩池回用，待第三方取样检测合格后，开启对应出水机泵，正式并网通水。

### 3 结语

凌桥水厂不停水提标改造工程历时29个月,水厂作为运营方通过对工程风险点的识别及流程管控,全力保障了施工期间的水质水量,可为同类水厂的深度处理改造工程提供借鉴。高压配电改造至今,水厂运行稳定,新设备安装好后进一步提高了电气设备供电的可靠性和安全性;深度处理工艺并网后,提标优质水已供给千家万户。

#### 参考文献:

- [1] 宁运芳,刘柱,陈学水,等. 大型老旧水厂不断水集约化重建技术与实践[J]. 给水排水,2022,48(9):1-6.  
NING Yunfang, LIU Zhu, CHEN Xueshui, et al. Technology and practice of intensive reconstruction of large and old water plants under continuous water supply conditions [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(9):1-6 (in Chinese).
- [2] 秦彦祥. 给水厂站改扩建工程施工管理重难点及建议——以合肥供水集团高新加压站为例[J]. 城市建筑,2020,17(30):194-196.  
QIN Yanxiang. Important and difficult points in the construction management of reconstruction and expansion projects of water supply station and corresponding suggestions: a case of the pressure pumping station of Hefei water supply group in national high-tech industry development zone [J]. Urbanism and Architecture, 2020, 17(30):194-196 (in Chinese).
- [3] 马家欢. 基于EPC模式的老旧水厂升级改造工程难点及对策[J]. 工程建设与设计,2023(9):259-261.  
MA Jiahuan. Difficulties and countermeasures of old waterworks reconstruction project based on EPC mode [J]. Construction & Design for Engineering, 2023(9):259-261 (in Chinese).
- [4] 徐庶伟. 苏州市吴江区庙港水厂不停产深度处理改造工程安全管理问题与措施分析[J]. 城镇供水,2023(3):85-89.  
XU Shuwei. Analysis of safety management problems and measures of non-stop deep treatment and reconstruction project of Miaogang water plant in Wujiang District, Suzhou City [J]. City and Town Water Supply, 2023(3):85-89 (in Chinese).
- [5] 姜晓琳. 凌桥水厂大数据数字化转型的探索[J]. 城镇供水,2023(1):79-82.  
JIANG Xiaolin. Exploration of digital transformation of Lingqiao water treatment plant based on the big data system [J]. City and Town Water Supply, 2023(1):79-82 (in Chinese).

作者简介:姜晓琳(1990- ),女,河北邯郸人,硕士,工程师,一级建造师,注册咨询工程师(投资),凌桥水厂生产管理科科长,主要研究方向为给水厂运行管理。

E-mail:jiangxl@pudongwater.com

收稿日期:2023-09-16

修回日期:2023-10-19

(编辑:衣春敏)

推进地下水超采综合治理,

复苏河湖生态环境