

花都水厂项目建设的关键问题与优化策略研究

周玉杰

广州市花都自来水有限公司 广东 广州 510000

【摘要】：广州北江引水工程(花都水厂及配水管道部分)是广州市北部重要的民生供水工程，负责花都区全部主力供水，为克服花都区原有产能不足、水源单一、区域水压差异大、水质难以保障等历史供水难题而建，借助项目初步设计全套资料，从水源安全、分期建设管控、供水供需平衡、管网水力、工艺适配、智慧运维、工程综合管理 7 个方面，对项目规划、施工、运营全周期各阶段可能遇到的主要制约问题进行梳理，结合区域供水规划、现行给水规范及同类大型引水工程经验，提出分阶段、可实施的优化建议，用数据对比图表量化论证优化效果，为珠三角同类跨流域引水净水厂规划建设、提质增效提供借鉴

【关键词】：北江引水；花都水厂；分期建设；多水源保障；供水管网；智慧水务

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.088

1 引言

花都水厂项目作为当地重点民生工程建设项目,其建设质量及运营效率的高低与花都区水资源合理利用、社会可持续发展息息相关。而花都区原有供水设施存在水质性缺水问题明显、现有水厂产能超载、区域水压差异较大、水源构成单一等结构性缺陷,于是广州北江引水花都水厂工程立项,作为花都区“一主四辅”供水格局的主力水厂,补齐花都区供水短板,研究项目全周期内各关键问题,分水源、建设时序、供需、管网、工艺、智慧化、综合管理七类进行梳理成因;结合设计规范、区域供水预测、水质监测数据提出优化建议。

2 花都水厂项目关键问题识别与成因分析

2.1 水源保障系统存在诸多安全隐患

其一,常规水源单一,远距离输送风险大,北江取水口到花都水厂输水线路总长约 26km,以隧洞为主,是单管单线供水,没有并行备用管线。无法满足 40 万 m^3/d 首期供水缺口。其二,应急水库水源水质不达标,调度受限,芙蓉嶂、福源水库现状水质多为Ⅲ类,总氮、石油类时常超标,铁元素还有季节性爆发超标现象;福源水库承担着大量灌溉用水,每年只能向芙蓉嶂补水约 600 万 m^3 ,可应急调蓄水量有限,工农用水冲突。而且水源监测碎片化,北江取水口只进行年度阶段性监测,水库监测频率低,没有“水源-水厂进厂水”一体化在线监测网络,突发污染无法实现提前预警,只能在进厂后发现水质异常,滞后处置容易造成出厂水超标风险^[1]。

2.2 分期建设时序与规模调整造成工程管控难题

其一,前期规模多次变更,设计衔接存在漏洞,项目 2013

年立项,首期规划 60 万 m^3/d ,后结合广州北部水厂投产、花都区用水增速下降。规模多次调整造成前期构筑物、管网两套设计版本,部分辅助配套(仓库、机修、配电)与目前 40 万 m^3/d 规模匹配度不高,出现土建预留偏大、设备装机冗余或局部输水能力不足问题。其二,分期施工交叉干扰,施工效率低,一期投产运行期间,同时进行二期池体、管线施工,存在施工扬尘、噪声、污水污染一期净水流程风险;同时厂区道路、加药系统、污泥脱水车间共用,施工与运维交叉,安全管理难度大大增加。

2.3 配水管网水力设计与区域供水需求不相适应

其一,主干管远期流速范围偏高。两条 DN2200 配水管用于供水厂出厂水,初期 40 万 m^3/d 流速 0.91m/s,远期 100 万 m^3/d 流速达 1.52m/s,接近经济流速上限,长期高流速将导致管道磨损加剧、水头损失增加,水泵能耗增加,爆管概率增加。其二,全域管网连通性差,北部低压问题不能彻底解决。现状花都区管网纵向配套支管规划滞后,远期水厂产能释放后,北部高地输水阻力大,难以稳定达到 0.28MPa 新建城区水压要求。其三,全域仅有少量人工测压点,没有网格化在线压力、流量监测系统,无法实时掌握低压片区情况,缺少变频加压、调压阀分布式调控设施,高峰期只能靠水厂出厂泵统一升压,能耗浪费严重。

2.4 水量供需预测与产能匹配不准确

其一,两种预测方法结果有差值。资料采用单位人口指标法、年增长率法两套预测,需要长期外购西江转供水,运营成本增加,如表 1 所示。其二,工业用水增长预判不足。狮岭皮具产业集群、汽车城片区工业用水增速未在预测模型中体现,

作者简介:周玉杰(1991年3月3日)性别:男;籍贯:湖南衡阳;民族:汉族;职称:市政公用工程工程师;毕业于:兰州理工大学技术工程学院;学历:本科;研究方向:市政工程。

夏季工业高峰叠加居民用水,供需缺口会进一步加大,现有40万 m^3/d 首期产能压力较大^[2]。

表1 两种预测方法水量对比表(单位:万 m^3/d)

年份	单位人口综合指标法	年递增率法	水量差值
2025	64.735	61.59	3.145
2030	78.830	69.69	9.140

2.5 净水工艺系统匹配性不高,运行薄弱

其一,设计时只预留预处理、深度处理场地,未同时建设。北江汛期高浊水、季节性藻类、微量污染物变化时,仅用常规“混合—絮凝—沉淀—V型滤池—消毒”工艺,抵御冲击负荷能力有限,出厂水浊度、高锰酸盐指数容易接近控制上限。其二,污泥处理系统远期负荷预留过多,首期运行不经济。污泥浓缩、脱水车间土建按100万 m^3/d 建设,首期只有40万 m^3/d 产泥量少,设备低负荷运行,药剂单耗、电耗较高,污泥外运处置成本高。

2.6 智慧化、绿色配套建设滞后

自控系统仅限于厂区内,与全域管网、既有水厂、加压站数据隔离,不能实现多厂联合智能调度;海绵城市、中水回用、厂区光伏节能配套设计深度不足,排泥水回收利用仅简单上清回流,未系统化中水回收工艺,水资源浪费;人员编制、数字化运维平台规划滞后,后期运营人力成本高,自动化减效空间未充分挖掘。

3 花都水厂项目全周期优化策略

3.1 水库应急水源水质及调度双优化

水质优化:在芙蓉嶂、福源取水泵站前增设预处理构筑物(粉末活性炭投加+简易沉淀),去除藻类、总氮、铁锰,水库出水稳定达到生活水源前置要求;其一,联合调度:编制《多水源联合调度方案》,分为日常、预警、事故三级工况;其二,日常以北江为主,水库只作为调峰补充;其三,预警(北江水质波动):提前启动水库预供水,降低水厂冲击负荷;其四,水库满负荷30万 m^3/d 供水,同时联动石角、东部水厂超产+广州转供水,全域总应急供水规模增加到64万 m^3/d ,覆盖首期40万 m^3/d 需求;其五,协调水利部门优化福源水库灌溉分水调度,增加非灌溉期向芙蓉嶂调蓄水量^[3]。

3.1.1 搭建全域水源一体化在线监测网络

形成“北江取水口-输水隧洞中段-水厂进厂管-两座水库”

四级在线监测站点,实时监测浊度、氨氮、COD、铁、锰、藻类等指标,数据接入智慧调度平台,实现污染溯源、提前预警,形成小时、日、月三级自动报表,替代人工季度监测。

北江取水口(一级监测)→26km输水隧洞(中段监测点)→花都水厂进厂水监测芙蓉嶂水库(监测+预处理泵站)→DN2000联通管→水厂福源水库(监测+隧洞补水)→芙蓉嶂水库现有石角/东部水厂、广州西江转供水加压站→管网互通调度智慧水务平台统一监控、自动切换水源。

3.2 分期建设全流程管控优化策略

3.2.1 统一远期标准,整合两套设计版本

整理2013年初期版60万 m^3/d 与2022年40万 m^3/d 两套设计文件,对配电、机修、污泥车间等冗余设施进行简化优化,降低首期建安投资;远期扩建构筑物预留标准化接口,防止二次改造拆除,减少分期变更签证。

3.2.2 分区分段施工隔离,运维施工分区隔离

厂区划分一期运维区、二期施工区,设置物理围挡、独立污水收集系统,施工生产废水经沉淀处理后再排放,严禁混入一期净水流程;加药、脱水等共用设施错峰检修,制定月度施工运维错峰计划表,建立专职交叉安全管理岗,每天巡检扬尘、污水、设备隔离状态。

3.2.3 分阶段投资动态管控

按2023、2025、远期三期编制分级投资台账,把深度处理、智慧平台、水库预处理等远期配套工程单独列项,预留专项资金,防止后期追加投资无预算支撑。

3.3 输配水管网水力与布局优化

3.3.1 主干管流速优化,增设并联调流支管

远期DN2200管道流速1.52m/s偏高,优化措施:在两条主干管之间增设多条连通调流支管,高峰时段双通道分流,低峰单管运行;远期扩建同时,新增一条DN1800备用出厂管,将100万 m^3/d 工况下平均流速控制在1.0m以内,减少水头损失,降低水泵电耗。

3.3.2 全域环状管网补齐,根治北部低压

沿山前大道、芙蓉大道、金狮大道新建纵向DN1600~DN1200环状干管,打通花都水厂至狮岭、芙蓉、汽车城的通道,形成“两横六纵”规划管网完整环网;北部低压片区增设分布式加压泵站和管网调压阀组,在线压力监测,联动变频设备,将北部区域平均水压稳定提高到0.28MPa以上。

3.3.3 网格化管网监测体系建设

在全区主干、支管关键节点布置 192 套压力、流量在线监测终端(匹配现有 42 个供水网格),数据实时上传智慧平台,自动定位低压、爆管、管网高损耗区域,分区计量管控管网漏损,将全域漏损率控制在 10%以内。

3.4 水量供需精准匹配优化

3.4.1 融合双预测模型,建立动态用水更新机制

利用人口指标法与增长率法的加权均值作为规划控制水量,每年依据花都区常住人口、工业产值、历年实际供水量等数据更新预测值,动态调整水厂扩建、管网建设时序,防止出现产能过剩或供水不足问题。

表 2 优化后综合预测水量(单位:万 m³/d)

年份	加权综合预测值	花都水厂供给	其余水源补充
2025	63.16	40	23.16
2030	74.26	100(远期)	0

3.4.2 工业用水专项建模

引入狮岭皮具、汽车制造园区用水增长系数,制定夏季工业高峰供水预案,运用多水源调度、管网调蓄池缓冲夏季高峰水量,解决夏季供需矛盾。

3.5 净水工艺系统升级优化

3.5.1 同步建设预处理及深度处理设施

一期同步建设生物预处理池+臭氧活性炭深度处理组合工艺,解决北江汛期高浊、藻类、微量有机物冲击问题,出厂水浊度稳定在≤0.3NTU,优于国标控制指标,增强水质抗冲击能力。

参考文献:

- [1] 吴位思.实例探析农村饮水安全工程输水管道设计与施工[J].水利科技与经济,2014,20(8):61-63.
- [2] 广州北江引水工程(花都水厂及配水管道部分)初步设计说明书[R].广东省建筑设计研究院,2022.
- [3] 赵富为,王洪坤.红沿河核电厂供水管线工程施工管理与实践[J].科技信息,2011(17):303-304.
- [4] 王仲.花都水厂智慧调度系统建设与应用实践[J].城镇供水,2026.

3.5.2 污泥处理系统分阶段适配改造

污泥脱水设备分两期采购,第一期匹配 40 万 m³/d 产泥规模,远期新增设备至 100 万 m³/d;增设污泥调节缓冲池,均衡低负荷工况下污泥浓度,降低药剂单耗;排泥水、滤池冲洗水组成完整中水回用系统,回用于厂区绿化、滤池反冲洗,提高水资源循环利用率。

3.6 智慧水务与绿色低碳体系优化

3.6.1 全域一体化智慧调度平台建设

利用花都水厂、原有东部/石角/各加压站、全域管网、两大水库监测数据,建设统一数字孪生调度平台,实现:多水源自动切换、泵组变频智能优化;管网压力分区自动调控;水质全流程预警、故障自动派单;能耗、药耗、水量大数据分析,自动优化运行工况^[4]。

3.6.2 海绵城市及节能改造优化

厂区全部落实海绵城市设计:下凹绿地、透水铺装、雨水收集池;厂区屋顶、空地配套光伏电站,覆盖泵房、综合楼用电;中水回用系统规模化建设,再生水回用率≥30%,降低自来水自用消耗。

4 结论

利用广州北江引水花都水厂初步设计全部资料,全面研究项目在水源、分期建设、管网、供需、工艺、智慧运维、综合管理 7 个方面的主要问题,对北江单长距离输水无备用、应急水库水质不达标、分期规模多次变更造成设计施工矛盾、管网布局有结构性短板、工艺抗冲击性差、数字化调度割裂等问题,提出双取水+输水旁通+水库预处理三级水源安全体系,分期隔离施工管控,补齐全域环状管网、水力优化,融合双预测模型精准匹配供需,同步建设预处理与深度处理,搭建全域数字孪生智慧平台、配套海绵中水低碳系统等优化方案,切实解决花都区长期水质性缺水、北部水压不足、供水产能过载等民生问题。