

# 山区城市污水处理工程设计特点探讨

张华伟

(中国市政工程中南设计研究总院, 武汉 430010)

**摘要** 山区城市地形复杂, 污水处理工程的设计具有其独到的特点。重庆主城蔡家组团污水处理工程近期设计规模为 4 万吨/天, 通过介绍其厂区及厂外配套管网的设计情况, 从厂址布局、厂区平面布置、高程布置、管网系统方案、管网结构形式等方面进行论证比较, 总结出山区城市污水处理工程的设计特点。

**关键词** 山区城市 蔡家组团污水厂 厂址布局 厂区高程布置 架空管道 防洪措施

## 1、概况

污水处理工程是较为复杂、庞大的系统工程, 通常包括了污水处理厂及污水收集系统两大部分。针对地形复杂的山区地形, 科学合理的进行污水处理厂厂区及污水收集系统的设计与施工, 做到运行安全, 节省投资是极其关键的。

重庆蔡家组团位于嘉陵江西岸, 属典型山区地貌, 其地形特点是: 中部高, 四周低, 呈辐射状高低分布; 沿江随嘉陵江流向, 北高南低; 多条天然冲沟由中部高区, 呈“爪”字状向江边辐射分布, 沿江地形复杂多变。蔡家组团污水处理工程包括蔡家组团污水处理厂、厂外配套污水管网、厂外提升泵站三个部分。近期污水处理规模为 4 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 远期总规模为 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 采用改良型氧化沟处理工艺。近期新建配套干管总长度约 14km (共分 A、B 两条干管), 新建厂外提升泵站 1 座, 近期规模为 0.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 远期规模为 0.8 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。工程概算总投资约 21000 万元, 资金来源为国债资金。目前该项目已通过国家及地方各项审批, 于 2010 年年底开工建设。

## 2、污水处理厂厂区总体设计

### 2.1 厂址布局

山区城市地形复杂, 可利用的土地资源紧缺, 因此山区城市污水处理厂厂址选择更为复杂, 涉及的因素较多, 沿嘉陵江岸选址, 从远期规模、规划、环境、地形、管网布置、污水输送安全性等诸多方面综合考虑, 规划区内满足要求的拟建地点较少。本工程厂址选择工作历时两年, 其间几次反复, 主要困难是如何在厂址的技术经济性与规划部门、地方

政府的要求之间寻找到合适的平衡点。设计对满足地方政府规划要求的两个厂址（老院子厂址与童家溪厂址）进行了详细的比较，经过综合技术经济比较后，推荐老院子厂址为建设方案。该厂址位于蔡家组团嘉陵江中游西岸，呈坡地状，西高东低，高程范围在 180~220m。推荐厂址充分考虑了服务区域的半岛地形特点，技术经济优势明显，同时也满足了城市建设规划的布局。针对山区城市特点，推荐厂址主要具有以下优势：

(1) 厂址位于蔡家组团中部，便于各流域污水汇入，有效减少了单条截流干管的长度（每条干管长度均可控制在 13km 以内），提高了管网运行的安全性；

(2) 厂址靠近城市半岛规划区，地势较高区域内的污水（约占总污水收集量的 30%）可重力自流至污水厂处理构筑物内，进厂无需水泵提升；

(3) 厂址标高适宜，经厂区平整后（挖、填方基本平衡），可不受洪水威胁；

(4) 厂址周边均为江边规划防护绿地，对环境的影响较小。

## 2.2 厂区平面布置

由于山区地形坡度较大，蔡家组团污水处理厂厂址地形西高东低，高程范围在 180~220m，地形最大高差达 40m。因此厂区平面布置充分利用原有地形，由西向东（由高到低）按污水处理工艺流程布置有细格栅间、旋流沉砂池、氧化沟、二沉池、接触消毒池等构筑物，既可大大降低厂区平整土石方开挖量，同时降低了回填区构筑物的基础处理费用。厂内管理区及辅助生产区同样充分利用了现有地形，各建筑物（综合楼、鼓风机房、加药间等）沿原状地形高低，呈阶梯状布置，即节省了厂区土石方工程量，又增加了污水处理厂总体布局上的层次感。

## 2.3 厂区高程布置

厂区平面布置确定之后，设计共采用了两个高程布置方案进行比选。

**方案一：**嘉陵江老院子段 50 年一遇洪水位为 200.50m（厂区防洪水位），为保证在嘉陵江洪水位时，厂内尾水能够顺利自流排放，接触消毒池出水渠道标高至少应在 201.50m 以上（已考虑江水风浪爬高），同时根据厂址现状地形条件及平面布置，确定厂区地面高

程为 202.50-209.00m (亦满足防洪要求)。该高程布置方案进水泵房水泵提升扬程最低, 电耗最省, 但厂区土石方量较大, 挖方量较填方量多出 6.7 万 m<sup>3</sup>。

**方案二:** 针对方案一存在的缺点, 为尽量保证厂区挖、填方量平衡, 同时尽可能减少进水泵房水泵提升扬程, 考虑将方案一确定的厂内地面高程 (含构建筑物) 抬高 1.0-2.0m。最终确定厂区地面高程为 203.50-211.00m。该高程布置方案使厂区挖、填方量基本平衡, 但增加了部分构筑物的基础处理费用, 并增加了进水泵房水泵提升的扬程。

对上述两个方案进行经济、技术综合比较, 详见表 1:

**表 1 厂区高程布置方案技术经济比较表**

比较项目	方案一	方案二 (推荐)	比较结果
厂区土石方量	挖方: 20.50 万 m <sup>3</sup> 填方: 13.80 万 m <sup>3</sup>	挖方: 17.28 万 m <sup>3</sup> 填方: 16.60 万 m <sup>3</sup>	方案二优
基础处理费用 (万元)	174.56	189.48	方案一优
环境边坡费用 (万元)	950.71	1052.90	方案一优
厂区土石方费用 (万元)	929.48	417.23	方案二优
厂区工程投资 (万元)	8812.42	8400.17	方案二优
污水提升扬程	19m	21m	方案一优
近期污水提升费用	78.3 万元/年	83.7 万元/年	方案一优
厂区征地面积	4.48ha	4.48ha	相同

注: 1、经现场调查, 多余土方外运距离约为 5.0km。

综合考虑土石方平衡、工程投资、运行费用等诸多因素可以得出, 方案二由于土石方量较为平衡, 外运土石方量较少, 工程投资较方案一节省约 412 万元; 即使方案一污水提升费用较方案二节省 5.4 万元/年, 方案二仍然优势明显。因此本工程高程布置将采用方案二, 确定近期厂区设计地面标高为 203.5-211.0m。

### 3、厂外污水管网设计

#### 3.1 管网系统方案论证

根据蔡家组团地形条件, 可将整个服务区域划分为 14 个小排水流域, 同时结合污水

处理厂的位置，本工程共布置两个管网系统布置方案进行比选，见表 2：

**表 2 污水干管系统布置方案经济技术比较表**

比较项目	方案	方案一（推荐） 分区收集，高水高排	方案二（比较） 沿江大截流
近期干管总长度（km） ※		13963	13460
近期管道及泵站工程投资（万元）		5318.66	5259.89 元
近期厂区工程投资（万元）		8400.17	8452.90
近期项目总投资（万元）		21742.44	21735.67
污水厂泵站规模		近期：2.7 万 m <sup>3</sup> /d 远期：7.5 万 m <sup>3</sup> /d	近期：4.0 万 m <sup>3</sup> /d 近期：10.0 万 m <sup>3</sup> /d
污水厂泵站提升电耗		近期：84 万元/年 远期：220 万元/年	近期：124 万元/年 远期：300 万元/年
厂区经营成本（元/m <sup>3</sup> ）		0.88	0.91

※ 注：方案一近期干管长度较方案二长约 500 米，但相应配套二级干管长度将缩短 500 米。

经上述综合比较可以看出，两个方案服务范围基本相同，从建设投资上比较：方案一近期管道实施长度较长，管道工程投资相对较高（若考虑二级干管投资，则两者投资相当），但由于方案一采用高水高排方式，部分污水直接进入厂区构筑物，无需水泵提升，因此相应减少了污水提升泵房的建设规模（土建及设备安装），节约了厂区工程投资，两个方案项目总投资相差不大。从运行费用上比较：方案一污水提升规模较小，近期电耗较方案二可节省 40 万元/年，远期电耗较方案二可节省 80 万元/年。

综上所述，两方案投资相差不大，但方案一运行费用优势明显，因此本工程推荐采用方案一：分区收集，高水高排作为管网系统布置方案。

### 3.2 管道结构形式

山区城市地形复杂，本工程根据不同地形条件及地质条件，将管道结构型式分为 3 类：

(1) 明槽开挖埋地管段：埋地管道采用钢筋混凝土管（d800-d1200），主要分布在嘉陵江河岸之下，根据其埋置深度采用不同的管道级别及基础做法。

(2) 顶管段：顶管采用机械开挖掘进式顶管（d800-d1200），顶管管道基本悬浮于管外壁与毛洞壁间的触变泥浆中，顶管前进所需克服的摩擦阻力很小，顶管完成之后以水泥砂

浆置换触变泥浆，以填充机头刀片超挖部分的岩石；机头刀片切削的岩石在机头经自动打包后以皮带输送机运送至工作井提升出洞；整个顶管工艺无人员在洞内操作，施工工艺类似于盾构法，是比较安全的一种非开挖管道施工方式。

(3) 架空段：设计从经济、技术和施工角度，对架空钢管(D820×12)、架空钢筋砼管(d800)及架空箱涵(0.8×0.8m)三种不同架空方式（见图 1、图 2、图 3）进行综合比较，架空平均高度按 5 米计，架空长度按 1km 计，结果如表 3 所示：

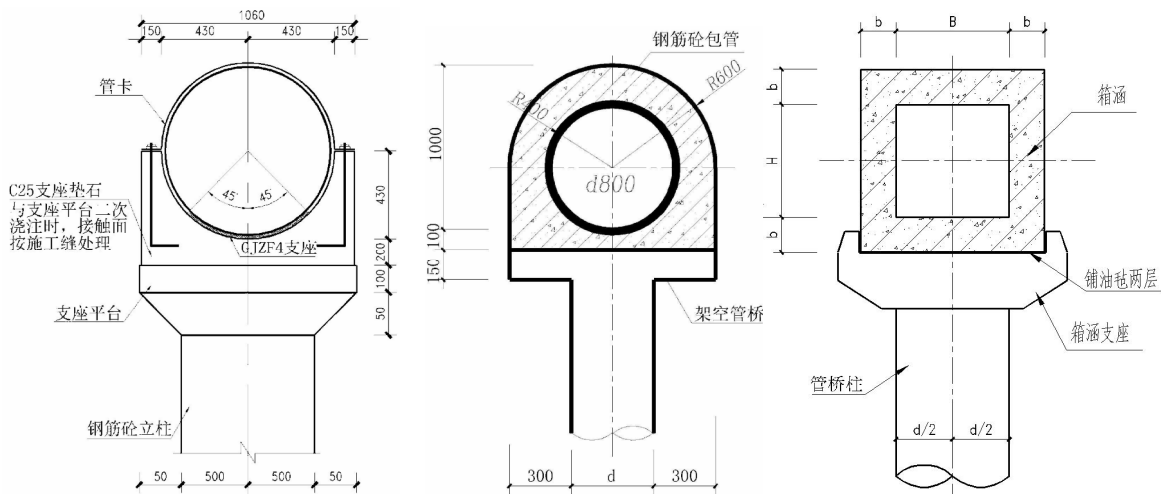


图 1 架空钢管

图 2 架空钢筋砼管

图 3 架空箱涵

表 3 架空方案经济技术比较表

	方案一（架空钢管）	方案二（架空钢筋砼管）	方案三（架空箱涵） 推荐方案
优点	1、施工工艺简单； 2、施工工期相对较短；	1、施工工艺简单； 2、维护简单； 3、可现场浇筑； 4、造价相对低廉。	1、施工工艺简单； 2、维护简单； 3、可现场浇筑； 4、造价相对低廉。
缺点	1、钢管腐蚀性相对较为严重，运行维护难度相对较大； 2、河岸边钢管吊装有一定难度； 3、造价相对较高； 3、影响景观。	1、施工相对难度较大，需搭脚手架及模板； 2、河岸边钢筋砼管吊装有一定难度； 3、桩柱间距较小，施工工期相对较长； 4、影响景观。	1、施工相对难度较大，需搭脚手架及模板； 2、施工工期相对较长； 3、影响景观。
工程投资 d800/km	305.4 万元	298.5 万元	294.5 万元
结论	架空箱涵投资最省，运行维护简单，故推荐采用		

上述三种管道架空方案均采用人工挖孔桩基础，排架柱支撑。通过综合比较，架空箱

涵投资最省，运行维护简单，同时由于山区地形复杂，受场地条件限制，吊装机械设备进场很困难，而采用架空箱涵可进行现场浇筑，大大提高了工程的可实施性。

架空砼箱涵可采用预应力砼和普通钢筋砼箱梁：预应力砼箱涵较之普通钢筋砼箱涵，具有架越跨度大的优点，可以节省桩、柱的数量，但施工工艺复杂，工期较长，箱涵工程费用高。本工程为节省投资，考虑采用普通钢筋砼箱梁。

### 3.3 防洪及安全措施

本工程污水管道沿嘉陵江西岸敷设，管道检查井及其他附属设施防洪标准为三峡成库淤积三十年后二十年一遇洪水位 195m。因此检查井及其他附属设施井口标高低于 195m 时，均需采用双层压力密封井盖，以防止洪水时江水倒灌。该井盖为成品，选用高分子复合材料。外层井盖为普通检查井井盖，内层井盖则配有螺栓螺母与井座进行固定。

为保证管道的安全运行，在连续设置压力密封井盖的地段，原则上每隔 200m（可根据现场情况与污水管道直径大小调整间距），需设置通气管进行通气，通气管顶部标高亦需满足 195m 的防洪标准。

## 4、设计总结

山区城市地形复杂，城市污水处理工程的设计较之平原城市有着相对较大的难度，并具有其独到的特点：

(1) 分析服务区域地形特点，应充分利用山区城市地势高差大的特点，合理进行厂址的选择，最大限度的减少污水的提升费用，节约污水处理运行成本。

(2) 厂区平面布置可充分利用原有地形，各处理构筑物由高到低按工艺流程顺序进行布置，同时厂内建筑物可呈阶梯状布置，即节省了厂区土石方工程量，又增加了污水处理厂总体布局上的层次感。

(3) 污水处理厂建设用地地势高差较大时，需进行高程方案比选，对各方案的厂区土石方、边坡挡墙、构筑物基础处理费用以及污水提升费用进行综合比较，从而选择出最优的高程方案。

(4) 污水管网布置应结合山区地形，宜采取高水高排，低水低排的分区收集方式，可最大限度的节约污水厂污水提升费用。

(5) 山区城市地形复杂，应根据不同地形及地质情况，选择合理的管道结构形式。相对平原地形，山区地形污水架空管涵较为常见。经综合比较，架空箱涵较其他管道架空方式，具有投资省，运行维护相对简单的优势。