

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.07.075

# 大型地下污水处理厂土建工程技术经济分析

杨旻

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:**随着我国社会经济的飞速发展,水环境污染的问题越来越突出,建设大型污水处理厂可以有效解决水环境污染的问题。目前各地区建设的不同工艺类型和处理规模的污水处理厂中,越来越多采用地下式污水厂的建设形式。地下污水处理厂的土建费用占比较大,不同设计方案的土建费用差异也较大,是工程投资中的重要部分,必须准确合理计算并做好投资控制。以上海某全地下污水处理厂工程为例,探讨大型地下污水处理厂的土建工程造价计算方法及费用优化措施,为今后同类型项目提供参考。

**关键词:** 地下污水处理厂; 土建工程; 技术经济

**中图分类号:** TU992.3

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)07-0316-03

## 0 引言

随着我国社会经济的飞速发展,水环境污染的问题越来越突出,建设大型污水处理厂可以有效解决水环境污染的问题,并使周边生活与环境得到优化与改善。目前各地区建设的不同工艺类型和处理规模的污水处理厂中,越来越多采用地下式污水厂的建设形式。与地面污水处理厂相比,地下污水处理厂具有占用空间少、噪音污染小、环境污染小、温度较恒定、节省土地资源 and 美观性好等优点<sup>[1]</sup>。

经过对国内多个全地下污水处理厂的工程费用的对比,可以发现,地下污水厂的土建工程费用较高,是一般地面污水厂的2~3倍。而且,不同设计方案的土建工程费用差异较大,土建费用指标从5000元/t水到10000元/t水不等,费用差异悬殊。因此,准确地计算土建工程费用是做好地下污水厂工程投资控制的关键。因此,本文以上海某全地下污水处理厂工程为例,探讨大型地下污水处理厂的土建工程造价计算方法及费用优化措施。

## 1 工程概况

上海某大型污水处理厂建设规模20万m<sup>3</sup>/d,采用全地下式布置形式,地面除20%的污水厂用地外,其余用地均布置为开放式的公共绿地。本工程的出水水质执行国家一级A标准,其中氨氮和总磷指

标执行地表水IV类水标准。

该污水处理厂扩建工程的污水处理工艺采用粗格栅及进水泵房+中、细格栅及曝气沉砂池+初沉池+AAO生反池+二沉池+中间提升泵房+高效沉淀池+反硝化滤池+紫外消毒(次氯酸钠辅助消毒)+出水泵房提升外排河道的工艺路线。

本工程的全地下箱体平面尺寸约225.8~196.2m×353.67m,共分为两层。地下二层为水处理层,主要为钢筋混凝土水池结构,平面布置见图1;地下一层为操作层,主体为框架结构,外墙为钢筋混凝土墙。

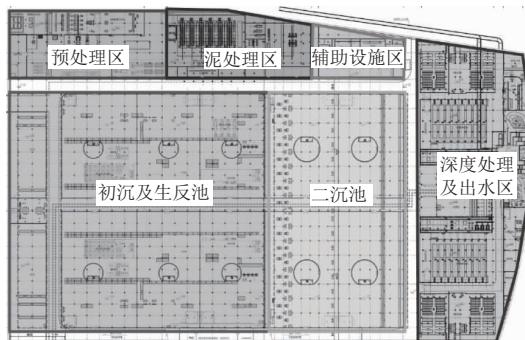


图1 地下污水处理厂平面图

本文基于初步设计概算,编制依据为《上海市城镇给排水工程预算定额》(2016)、《上海市市政工程预算定额》(2016)、《上海市建筑和装饰工程预算定额》(2016),材料依据为《上海建设与造价资讯》2021年10月。本文着重讨论污水处理厂的土建部分,初步设计概算中土建工程费用为195238.61万元,具体组成情况见表1。本工程仅考虑20%厂区范围内的景观绿化,其余公共绿地不属于本工程范围。

收稿日期: 2023-08-07

作者简介: 杨旻(1991—),女,硕士,工程师,从事工程技术经济工作。

表1 地下污水处理厂工程费用组成

| 序号 | 工程及费用名称   | 工程费用金额 / 万元 | 技术经济指标            |           |             | 费用占比    | 备注       |
|----|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|---------|----------|
|    |           |             | 单位                | 数量        | 单位价值 / 元    |         |          |
| 1  | 地基处理      | 25 513.93   | 项                 | 1         | 255 139 320 | 13.07%  |          |
| 2  | 基坑围护及支撑工程 | 54 586.79   | 项                 | 1         | 54 5867 880 | 27.96%  |          |
| 3  | 土方及降水工程   | 24 958.50   | m <sup>3</sup>    | 1 196 171 | 209         | 12.78%  | 土方工程量指标  |
| 4  | 箱体下部      | 36 354.22   | m <sup>3</sup>    | 709 510   | 512         | 18.62%  | 箱体下部容积指标 |
| 5  | 箱体上部      | 20 687.60   | m <sup>3</sup>    | 511 341   | 405         | 10.60%  | 箱体上部容积指标 |
| 6  | 水处理构筑物    | 24 169.48   | m <sup>3</sup>    | 404 194   | 598         | 12.38%  | 构筑物容积指标  |
| 7  | 箱体内辅助生产用房 | 2 536.80    | m <sup>2</sup>    | 13 657    | 1857        | 1.30%   | 建筑物面积指标  |
| 8  | 地下通道等附属工程 | 1 563.66    | 项                 | 1         | 15 636 604  | 0.80%   |          |
| 9  | 地面建筑      | 2 780.25    | m <sup>3</sup>    | 4 287     | 6 485       | 1.42%   | 建筑物面积指标  |
| 10 | 平面布置及绿化   | 2 087.38    | 项                 | 1         | 20 873 769  | 1.07%   |          |
| 合计 |           | 195 238.61  | m <sup>3</sup> /d | 200 000   | 9 762       | 100.00% |          |

## 2 地下污水处理厂土建工程技术经济分析

### 2.1 地基处理

考虑到本工程地基为软土地基,为解决构筑物抗浮及地基承载力与地基变形问题,宜采用桩基。由于一体化箱体场地周边有高压走廊、一期构建筑物等现有设施,大面积预制桩的挤土效应容易造成周边环境的影响,所以本工程采用的是钻孔灌注桩。由于地下箱体埋深大,灌注桩需同时考虑箱体的承压与抗浮。

在计算桩基费用时需注意以下几点:一是桩基的配筋率。深基坑的桩基配筋要满足抗拔承载力要求,且桩顶至地面段要增加辅助钢筋笼,故抗浮桩基的整体含钢量(即每立方混凝土中的钢筋用量)较一般承压桩提高,含钢量为160~180 kg/m<sup>3</sup>。二是增加了桩端后注浆。本工程桩基设置单一桩端后注浆(设计桩底压浆量按3 000 kg/根,水灰比0.5),可提高约10%的承载力,有效减少整体桩基数量。三是桩顶空钻段要回填。为防止塌孔现象并保证施工安全,桩基完成后的桩顶空钻部分需要全部回填,这部分费用容易缺漏。经计算,本工程桩基单价指标为3 499元/m<sup>3</sup>。

### 2.2 基坑围护及支撑工程

本工程的基坑平面尺寸大、跨度大、开挖深度大,基坑平面见图2,各区域开挖深度A区14.40~18.30 m,B区14.4 m,C区6.5 m。考虑到项目周边环境复杂,为减少对周边地基的扰动,基坑采用“地下连续墙+钢筋混凝土支撑”的围护结构。地连墙深度40 m,插入不透水层隔断微承压水和承压水土层。基坑采用顺作法,横向设置四道钢筋混凝土水平支撑,竖向设置临时钢立柱及柱下钻孔灌注桩,见图3。基坑周边采用旋喷桩裙边加固,坑底为旋喷桩抽条加固。

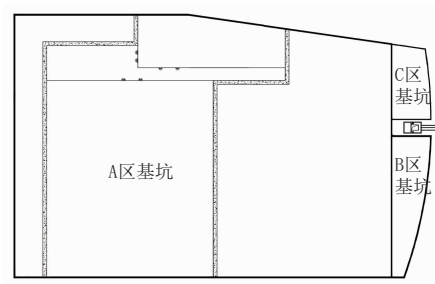


图2 基坑平面图

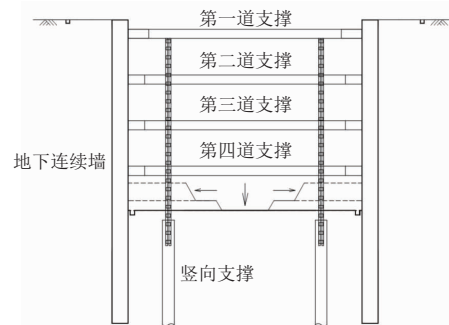


图3 基坑剖面图

在计算地下连续墙的工程费用时需注意以下几点:一是成槽机械的选择。本工程的地连墙深度小于50 m,全部采用液压抓斗挖土成槽。二是槽壁加固及接缝止水形式。本次槽壁加固采用三轴搅拌桩,接缝止水采用RJP工法旋喷桩。三是墙底注浆。为防止不均匀沉降,地下连续墙要考虑墙底注浆,以提高地连墙墙底承载力。四是墙体预埋件。地连墙与内部结构需采取必要的连接措施,包括与箱体底板连接位置预埋接驳器及内支撑围檩连接处预留插筋等,这部分费用容易缺漏。经计算,40 m地连墙单价指标为4 193元/m<sup>3</sup>。

此外,本次基坑支撑体系的造价占基坑围护费用约46%,工程费用2.5亿元。由于水平支撑杆件跨度大,杆件的截面面积和配筋率都要提高,本项目水

平支撑的含钢量按  $350 \text{ kg/m}^3$  计算。此外,在顺作法情况下,要考虑坑内支撑全部拆除及废料外运费。经计算,钢筋混凝土支撑单价指标为  $4\,263 \text{ 元/m}^3$ 。

### 2.3 土方及降水工程

本工程的土方及降水工程造价占污水厂工程费用约 10%。土方工程方面,土方开挖量为  $1\,196\,171 \text{ m}^3$ ,开挖费用须按“大型支撑下基坑挖土”来计算。根据上海市市政工程预算定额,不同深度的挖土单价不同,应按开挖深度分层计算。降水工程方面,设计采用真空深井降水,每  $200 \text{ m}^2$  设置一座。本基坑共设置坑内降水井 416 座,坑外观察井 27 座,降水井深度为  $30 \text{ m}$ ,按设计降水天数计算费用。经计算,本工程土方及降水费用单价指标为  $209 \text{ 元/m}^3$ 。

### 2.4 一体化箱体

一体化箱体具有底板厚、外壁厚结构特点,为更好总结造价指标,本工程将箱体钢筋混凝土结构分成下部、上部、内部池体三部分来计算费用。其中,“箱体下部”为箱体底板、外墙(含操作层及池体层外墙)、中板(即构筑物顶板);“箱体上部”为操作层柱、梁、顶板,“内部池体”为扣除箱体外墙后所有水处理构筑物的隔墙。按这一划分原则,将这三部分的容积指标作为今后项目的参考依据。除主体结构外,箱体内操作层装饰及辅助生产用房隔墙等,则另行计算。

### 2.5 地面建筑、平面布置及绿化

本工程地面建筑包括进水单元用房、污泥装料车间、深度处理单元用房、综合用房及箱体出入口。地面其余均为开放式公共绿地,不属于本工程范围。

由于地下厂主要工艺管道设于箱体内,无沟槽开挖,平面布置中仅计算地面其他管道费用,如进出水及给水、雨污水管道。

## 3 投资控制优化所采取的具体措施

本文研究探讨了投资控制优化的具体措施,使本工程在不缺项漏项的前提下,工程概算投资得到合理控制。其中,技经方面的优化措施主要针对地基处理、基坑围护及支撑工程、土方及降水工程这三部分进行讨论。

### 3.1 地基处理费用优化措施

为防止塌孔并保证施工安全,桩基上部空钻部分需要回填。若按最不利条件,空钻段应选用黄砂回填,以达到密实度要求。根据计算,桩基空钻段回填量为  $35\,753 \text{ m}^3$ ,按上海预算定额回填砂单价为  $481.37 \text{ 元/m}^3$ ,回填总费用约  $1\,721 \text{ 万元}$ 。在确保施

工质量的前提下,根据地勘报告了解到原土土质良好,故本工程采用原土作为回填材料,可减少投资约  $1\,387 \text{ 万元}$ 。

此外,钻孔灌注桩桩基施工过程中产生大量泥浆,参考以往同类工程,计算费用时不考虑现场泥浆干化处理后外运,概算中按全部泥浆外运费计算。

### 3.2 基坑围护及支撑工程费用优化措施

经计算,坑内水平支撑的混凝土工程量高达  $51\,584 \text{ m}^3$ ,钢筋工程量  $18\,054 \text{ t}$ 。由于基坑顺作,所有钢筋混凝土支撑要拆除,导致造价更高。为了优化此部分工程费,本次考虑了钢筋混凝土支撑拆除后的钢筋废料回收。钢筋回收量要考虑一定的施工损耗,按总钢筋量的 80% 计算,回收单价按市场价  $3\,000 \text{ 元/t}$  考虑。

同样的,在计算竖向支撑格构柱的费用时,若按常规考虑格构柱租赁,根据基坑施工周期  $450 \text{ d}$ ,租赁时间较长,本次竖向格构柱按直接购置、拆除回收来考虑,回收单价按型钢废料回收  $1\,500 \text{ 元/t}$  考虑。

地下连续墙施工同样产生泥浆,泥浆外运费用计算同上述灌注桩的计算方法。

### 3.3 土方及降水工程费用优化措施

在计算土方工程费用的过程中,土方外运单价及基坑降水天数的取值,直接影响土方工程造价。

基坑降水天数是由基坑现场的施工时间来确定的,取值大小直接影响造价,具体天数由施工单位按现场降水方案确定。考虑到一年中不同季节雨水量有少,地下水的回渗也需要时间,不需要  $24 \text{ h}$  全天采取降水措施,所以基坑降水天数比整个基坑施工周期短。参考同规模大型基坑降水天数,本次概算按  $300 \text{ d}$  计算基坑降水费用。

## 4 结 语

大型地下污水处理厂的土建工程设计方案与地面污水处理厂完全不同,土建投资往往较高。为了准确合理地计算此类项目的土建工程投资,本文基于对上海全地下污水处理厂工程的实例分析,对该工程的地基处理、基坑围护及支撑工程、土方及降水工程、一体化箱体、地面建筑和平面布置等主要土建工程中费用计算问题进行了梳理总结,并提出了针对土建工程费用优化的具体措施,可供类似工程参考。

#### 参考文献:

- [1] 谭学军,唐利,郭东军.地下污水处理厂优势分析与前景展望[J].地下空间与工程学报,2006(S2):1313-1319,1345.