

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.015

四川某全地下污水处理厂结构设计

宋宏宇

(大连市市政设计研究院有限责任公司, 辽宁 大连 116011)

摘要: 四川某全地下污水处理厂采用全地下结构设计,地下箱体平面尺寸为124.2 m × 89.3 m,深度超过15 m。本项目设置膨胀加强带,解决了混凝土结构超长问题;采用放坡基坑施工方案,加快了施工进度;采用池体底部预留排水盲沟及设置抗浮锚杆的方案,解决了本区域地下水位超高的问题;指定巡检安装路线,确定了地下一层活荷载,减少了不必要的浪费。项目的BIM设计有效降低了施工过程中的错、漏问题,施工单位利用BIM模型,计算出各分区所需的各种材料,实现了对模板、脚手架等周转材料的合理调配,为施工带来了极大的便利。

关键词: 全地下污水处理厂; 超长混凝土结构; 结构设计; 抗浮设计; 膨胀加强带; BIM设计

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0083-05

Structural Design of a Whole Underground Wastewater Treatment Plant in Sichuan Province

SONG Hong-yu

(Dalian Municipal Design & Research Institute Co. Ltd., Dalian 116011, China)

Abstract: A wastewater treatment plant in Sichuan Province adopts the whole underground structure design. The plane size of the underground box is 124.2 m × 89.3 m, and the depth is more than 15 m. Key points and difficulties of the project are as follows: setting expansion reinforcing belt to solve the problem of over length of concrete structure; adopting the construction scheme of sloping foundation pit to speed up the construction progress; using the scheme of reserving drainage blind ditch at the bottom of tank body and setting anti-floating anchor to solve the problem of super high groundwater level in this area; designating inspection and installation route to determine the live load of the first underground layer and to reduce unnecessary waste. The BIM design of the project effectively reduces the errors and leakage in the construction process. The construction unit uses BIM model to calculate all kinds of materials required for each zone, and realizes the reasonable allocation of turnover materials such as formwork and scaffold, which brings great convenience to construction.

Key words: underground wastewater treatment plant; super-long concrete structure; structural design; anti-floating design; expansion reinforcing belt; BIM design

1 工程概况

某全地下式污水处理厂位于四川省某县医药产业园示范园内,厂区规划用地面积为5.36 hm²,紧邻大石河景观带。污水处理厂设计规模为5 × 10⁴

m³/d。主要污水处理构筑物布置在地下两层,综合楼、鼓风机房、门卫为地上建筑。总建筑面积为25 357 m²,场地绿地率为87.6%。

厂区总平面图见图1。



图1 厂区总图

Fig. 1 General layout of plant area

表1 土层的工程特性指标

Tab. 1 Engineering properties index of soil

项 目	重度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	压缩模量/MPa	黏聚力/kPa	内摩擦角/($^{\circ}$)	地基承载力特征值/kPa
素填土	18.5		5.0	10.0	
黏土	20.0	8.0	30.0	13.0	180
粉土	19.5	3.5	12.0	15.0	120
强风化泥质砂岩	21.0	30.0	60.0	30.0	300
中风化泥质砂岩	25.0				800

3 污水处理结构方案确定

因污水厂为全地下污水处理厂,地下部分房间多,功能多,布局复杂,所以结构专业提前介入整体方案的确定,通过各个专业协调,具体方案如下:

① 地下一层为设备间、操作间、除臭间、污泥脱水间,地下二层为生物池、膜池、膜设备间、污泥储池等^[1],这样布置的好处是可以减少地下一层楼面荷载,防止出现架空水池的情况。

② 根据工艺设计要求及结构初步核算,确定地下二层箱体层高为7.5 m,地下一层箱体层高为6.6 m。

③ 根据污水处理厂分期特点,确定地下箱体中心轴线。地下二层中心轴线为管廊,负责给水池配管,地下一层中心轴线为车辆通行通道,负责设备运输、污泥运输等,整体地下箱体以主轴线为主,尽量按主轴线对称布置。

④ 因使用功能需要,综合楼、鼓风机房及变电所两座配套设施为地上建筑。

⑤ 根据地下二层水池墙体位置,合理布置柱网,最大柱网尺寸为7.9 m×9.5 m。

⑥ 污水处理厂周边为公园,为结合景观设计,确定地下一层顶板覆土 ≤ 1.5 m。

⑦ 确定污水污水处理厂的主要持力层为中风化泥质砂岩。

2 工程地质

厂区地层结构按土层由上到下的顺序分别为素填土,层厚0.50~1.30 m;黏土,层厚0.80~5.70 m;粉土,层厚0.60~3.00 m;强风化泥质砂岩,层厚0.90~1.60 m;中风化泥质砂岩,地勘钻孔未钻透本层。

场地地下水类型主要为上层滞水和基岩裂隙水,水位埋深为1.00~1.50 m,考虑到周边大石河,抗浮设防水位按标高377.00 m考虑。

场地内土层的工程特性指标见表1。

4 结构设计过程中难点及解决方案

4.1 设计工作难点

本工程的主要结构设计难点包括混凝土结构超长、基坑支护、地下结构抗浮及地下一层活荷载确定。

① 混凝土结构超长

本工程地下箱体平面尺寸为124.2 m×89.3 m,属于超长结构,根据规范要求,需要设置变形缝。但设置变形缝存在以下问题:设置变形缝将会影响工艺布置;变形缝内橡胶止水带容易发生渗漏,而且止水带使用年限也无法保证。如设置普通后浇带因后浇时间太长,会对结构工期及施工工序产生很大的影响。

② 基坑支护

因本工程为地下二层箱体结构,基坑深度最深为16.6 m,属于深基坑。拟建污水厂位置周边无其他建(构)筑物,基坑属于临时基坑,设计使用年限为一年,基坑安全等级为二级,基坑周边地面超载为20 kPa。如果基坑施工方案选择合理,可以加快施工进度,保证施工安全,同时还能降低工程造价。

③ 地下结构抗浮

污水处理厂埋深较深,本区域基坑开挖后,形成汇水区域,将对地下综合单体产生漂浮破坏。根据地勘报告,本地区抗浮设计水位按377.00 m考虑

(基础底标高 360.70 m, 地面标高为 377.50 m), 抗浮水头为 16.8 m, 仅靠结构自重无法满足抗浮安全系数 1.05 的要求^[2], 选择合理的抗浮措施, 是确保污水处理厂安全运行的必要条件。

④ 地下一层活荷载确定

因地下一层通行车道主要负责设备运输、污泥运输及消防通道(污泥运输车重 320 kN), 地下一层设备较多, 且位置分散, 如全部考虑车辆通行, 将增加地下二层楼板荷载, 造成不必要的造价增加, 如何解决此问题, 是降低造价的关键。

4.2 设计工作难点解决方案

① 混凝土结构超长解决方案

根据以往设计经验及国内一些类似项目设计实例, 本工程采用补偿收缩混凝土技术^[3], 通过合理地设置后浇式膨胀加强带, 达到地下结构无缝设计的目的。

本工程综合单体沿长方向设置 5 道膨胀加强带, 短方向设置 3 道膨胀加强带。加强带宽度 2.0 m, 外加剂在普通混凝土部位掺量暂定为胶凝材料质量的 8% ~ 10%, 在膨胀加强带部位掺量暂定为胶凝材料质量的 10% ~ 12%。补偿收缩混凝土的限制膨胀率要求: 普通混凝土的限制膨胀率为水中 14 d 不小于 0.015%, 水中 14 d 转空气中 28 d 不小于 -0.03%, 加强带内混凝土的限制膨胀率为水中 14 d 不小于 0.025%, 水中 14 d 转空气中 28 d 不小于 -0.02%。通过掺入外加剂, 使加强带在整体混凝土中产生一定的预压应力, 以补偿混凝土内的收缩应力, 最终实现结构无缝设计(见图 2)。



图2 预留加强带位置

Fig. 2 Reserved position of reinforcing belt

本方案优点: 因无缝设计, 可以完全解决变形缝止水带老化和漏水的问题, 通过合理设计外加剂的掺量, 可解决后浇带浇筑时间过长的问题, 所以本方

案既解决了结构超长问题, 又可加快施工工期。

② 基坑支护解决方案

因本工程基坑范围较大, 基坑深度深, 设计时应采取可靠的措施, 确保主体施工安全。根据地形图及现场调研情况, 拟建污水厂位置开阔, 周边地面无其他建(构)筑物, 地面无市政管网, 且近期内本区域无其他市政道路、管网等基础设施施工计划, 所以最终确定基坑开挖采用放坡的基坑支护方案, 因本区域地下水量较少, 不需设置止水帷幕, 可以采用设置排水沟 + 集水井的方法排除地下水。

根据地勘报告, 地层从上到下依次为素填土、粉质黏土、粉土、强风化泥质砂岩、中风化泥质砂岩层。基坑按放两道坡设计: 第一道坡主要为土层放坡及强风化泥质砂岩层, 根据当地气象情况、土质情况及地勘单位、施工单位的经验, 将土质边坡坡度系数定为 1 : 1.5, 因强风化泥质砂岩岩性较差, 岩层较薄(层厚 0.90 ~ 1.60 m), 为确保施工安全, 将强风化泥质砂岩边坡坡度系数也定为 1 : 1.5; 第二道坡主要为中风化泥质砂岩放坡, 根据地勘报告及当地施工经验, 将中风化泥质砂岩边坡坡度系数定为 1 : 0.5。为防止坡面被雨水冲刷, 放坡坡面采用挂钢筋网喷射 100 mm 厚 C20 混凝土的护坡方法, 并在坡顶设置截水沟及集水坑, 以防止地面雨水流入基坑内, 在坡底设置集水井及排水沟, 负责收集并降低地下水位(见图 3)。

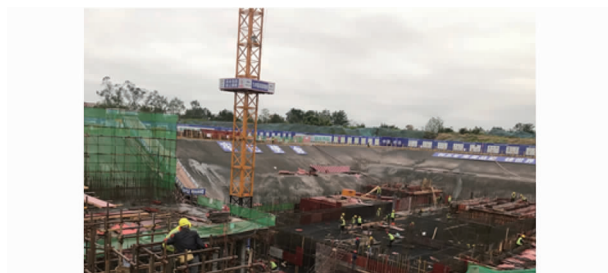


图3 基坑放坡

Fig. 3 Foundation pit grading

本方案优点: 因地制宜地采用合理的基坑支护及降水方案, 加快了施工进度, 并降低了工程造价。

③ 地下结构抗浮问题解决方案

根据地勘报告, 结合本地区防洪水位, 确定抗浮设计水位绝对高程为 377.00 m, 此抗浮水位较高, 高出地下箱体顶板 1.0 m, 经过核算, 仅靠结构自重无法满足地下水抗浮要求。根据当地抗浮设计经验, 抗浮设计考虑抗浮锚杆和排水盲沟 + 集水井降

水措施。

抗浮锚杆直径为 150 mm, 长度为 6.0 m, 间距 2.0 m, 单根抗拔承载力特征值为 330 kN, 主体共设置 2 806 根锚杆。根据计算, 抗浮安全系数为 1.25, 满足抗浮安全要求。同时, 基坑内设置排水盲沟(见图 4)和集水井, 施工期间集水井可以用于降低周围地下水位。在污水厂运行期间, 当水池需要放空检修时, 可以利用集水井及排水盲沟形成区域降水体系, 降低整个区域地下水, 防止抗浮锚杆失效而导致池体漂浮破坏。

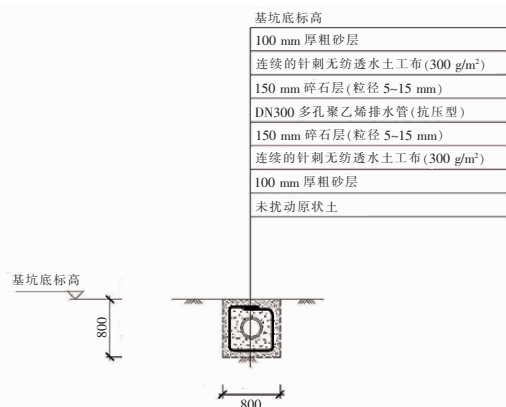


图 4 排水盲沟详图

Fig. 4 Drainage blind ditch detail drawing

本方案优点: 因本区域抗浮水位较高, 对比配重抗浮后(配重抗浮底板需加厚至 2.0 m), 确定采用锚杆抗浮, 锚杆抗浮在当地是一种常用的抗浮措施, 施工技术成熟, 资源充裕, 可以整个底板大面积同时施工, 不会对工期造成延误。

④ 地下一层活荷载问题解决方案

根据地下一层及地下二层的设备位置, 画出设备安装巡检图, 指定设备运输及安装线路, 在室内分别设置主要通道和次要通道, 主要通道为污泥车辆、消防车辆、设备初次安装运输车辆通行, 次要通道为污水厂运行期间叉车车辆通行。

最终确定: 主要通道活荷载为 40 kPa, 次要通道活荷载为 15 kPa, 其余无车辆通行位置均按 5 kPa 考虑。

本方案优点: 因地下一层荷载对结构设计影响较大, 本方案通过合理的设备安装巡检布置, 提高主要通道的利用率, 有效降低其他区域活荷载, 使结构设计更合理。

5 地下污水处理厂 BIM 设计

因本项目设计周期原因, 无法在项目开始时进行协同 BIM 设计^[4], 在项目设计结束后, 项目送审阶段, 由建筑、结构专业组织, 为检验工程的实施情况及建筑结构专业的碰撞情况, 对本工程进行了 BIM 设计(见图 5)。

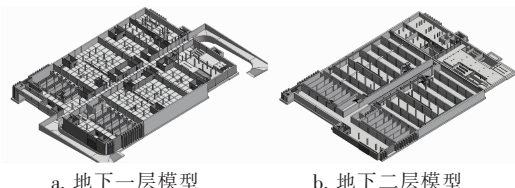


图 5 地下 BIM 模型

Fig. 5 Underground BIM model

根据 BIM 模型碰撞检查, 仅建筑学专业就有许多相碰的地方, 整个模型的建立, 相当于对原有设计图纸的一次充分校核, 模型完成后, 根据碰撞结果对图纸重新完善, 在现场开展施工前, 将修改施工图纸送至建设单位。后期施工单位根据 BIM 模型, 继续深化整个模型, 对整个工程进行施工分区, 计算出各分区所需的各种材料, 实现了对模板、脚手架等周转材料的合理调配, 降低了材料成本, 为施工带来了极大的便利。

6 结语

地下污水处理厂虽然土建投资较大, 但如果前期方案确定合理, 也可以降低工程投资。

基坑支护是地下污水处理厂投资较大的部分, 通过合理的基坑方案对比, 选择最合理的基坑方案, 可以大大降低建设成本。

BIM 设计是未来的发展方向, 在复杂项目中, BIM 环境下各专业协同设计, 有助于强化各专业间的配合深度, 优化设计, 并提升工作效率。

参考文献:

- [1] 杨先华, 张发科. 广州市京溪污水处理厂结构设计小结[J]. 城市道桥与防洪, 2012(9): 142-144, 148.
Yang Xianhua, Zhang Fake. Summary of structural design of Guangzhou Jingxi wastewater treatment plant[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2012(9): 142-144, 148(in Chinese).
- [2] GB 50069—2002, 给水排水工程构筑物结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

(下转第 91 页)