

全地下式污水处理厂地面排水系统设计探讨

李 琪

[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: 针对丘陵地区全地下式污水处理厂场地竖向复杂、山体汇水影响显著、地下箱体顶板防渗要求高等问题,结合一处工程实例,开展景观水系与地面排水系统、顶板防排水体系及海绵城市一体化设计研究。工程采用地下为构筑物箱体、地上为景观公园的建设模式,依托场地高差构建以再生水为水源的瀑布溪流景观;通过截洪管疏导周边山体来水,采用找坡层、排水板及排水管的组合构造解决地下顶板排水难题;根据场地地形合理利用海绵设施,实现管控目标。工程将景观水系与雨水转输调蓄系统耦合,在保障排水安全与结构防渗的同时,显著提升生态效益与经济性。研究成果可为丘陵地区全地下式污水处理厂地面排水、顶板防渗漏及海绵城市协同设计提供参考与借鉴。

关键词: 全地下式污水处理厂;顶板排水;竖向设计;海绵城市;景观水系;丘陵地形

中图分类号: X703

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)07-0338-03

Discussion on Design of Ground Drainage System of Fully Underground Wastewater Treatment Plant

LI Qi

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: In response to the problems such as complex vertical site of fully underground wastewater treatment plants (WWTPs) in hilly areas, significant impact of mountain water convergence, and high anti-seepage requirements for the roofs of underground tanks, combined with a practical engineering case, the integrated design of landscape water system, ground drainage system, roof drainage and waterproofing system, and sponge city is studied. The construction modes of the project are the structure tanks in the underground and the landscape parks on the ground. Relying on the height difference of the site, a waterfall and stream landscape with reclaimed water as the water source is constructed. The flood-intercepting pipes are used to divert the water from the surrounding mountains. The composite construction of sloping layer, drainage boards and drainage pipes is used to solve the difficulties of underground roof drainage. Based on the site terrain, the sponge facilities are reasonably utilized to achieve the goals of management and control. The landscape water system is coupled with the rainwater conveying storage system in the project. At the same time to guarantee the drainage safety and structure seepage-proofing, the ecological benefits and economic efficiency are remarkably enhanced. The research achievements can provide the references for the collaborative design of ground drainage, roof seepage prevention and sponge city of fully underground WWTPs in hilly regions.

Keywords: fully underground wastewater treatment plant (WWTP); roof drainage; vertical design; sponge city; landscape water system; hilly terrain

0 引言

近年来,全地下式污水处理厂凭借占地集约、环境友好、地面可复合利用等优势,在城市水环境治理与新区建设中得到快速推广应用。该类项目通常采用污水处理箱体布置在地下,地面整片绿地打造为公园,并配套景观水系以提升生态展示与公共服务

功能^[1]。丘陵与山谷地带地形起伏大、汇流路径复杂,如何统筹地面雨水组织、海绵城市建设、景观水系营造与地下箱体安全运行,已成为全地下式污水处理厂设计的重点与难点^[2]。

1 工程概况

本项目位于四川天府新区,设计污水处理规模6万m³/d,土建一次性建成,设备按近期3万m³/d配置。厂区采用全地下式布置,地面建设开放式景观公园,总用地面积4.6hm²。地下箱体为主体处理构

收稿日期: 2026-02-27

作者简介: 李琪(1992.07—),女,硕士,工程师,从事市政排水设计工作。

筑物,地上建筑包括东南角与箱体合建的综合楼、西北角为含地下停车场的配套用房。项目地处两山之间的盆地地段,竖向落差显著、外部汇水条件复杂,设计需同时解决周边山体雨水疏导、场地地面排水、地下箱体顶板防渗、景观水系营造及海绵城市指标落地等关键问题。

2 竖向布局与景观水系设计

2.1 竖向布局

项目场地东西两侧为山体,南侧毗邻河谷,自然地形起伏明显。场地竖向整体呈北高南低、东西两侧高中间低的格局,北侧较南侧高差约 3 m,东侧较西侧高差约 3 m。受工艺布置影响,西侧污泥处理区对室内净空要求较高,为优化结构造价,箱体顶板采用双标高设计,西侧顶板较其余区域抬高 1.5 m,箱体负一层操作区净高为 5.0 ~ 6.5 m。

景观竖向设计充分结合现状地形、规划标高及

地下箱体消隐需求,保留东西两侧山体形态,场地内部延续北高南低的自然走势,南北景观高差约 3.5 m。为减小基坑开挖深度,设计依托现状地形进行堆坡造型,箱体东侧顶板顶面与南侧规划道路平顺衔接,地面由北向南顺势放坡,箱体覆土厚度控制在 1.0 ~ 3.0 m。通过因地制宜的竖向设计,既实现了地上公园景观层次的丰富性,也有效降低了土方开挖量,提升了土方就地消纳能力。

综合场地条件,厂区排水系统需重点解决 3 类水源的有序排放:一是东西两侧及北侧山体坡面汇水;二是公园场地及建构筑物雨水径流;三是地下箱体顶板汇水与积水排除。

2.2 景观水系设计

为彰显再生水利用理念、提升公园品质,结合场地竖向高差优势,设置瀑布、跌水、溪流等连续性景观水体。景观水源采用污水处理厂达标尾水,尾水水质执行准Ⅲ类标准,主要指标如表 1 所示。

表 1 本项目污水处理厂设计出水水质

指标	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	SS	总氮	总磷	粪大肠杆菌群数/(个·L ⁻¹)
浓度/(mg·L ⁻¹)	20	4	1.0	10	10	0.2	1 000

地面景观水系的主要功能定位为观赏类水,《城市污水再生利用景观环境用水水质》^[3]中观赏类景

观用水(水景类)的主要水质指标要求如表 2 所示。

表 2 水景类景观用水主要水质指标要求

指标	BOD ₅	氨氮	浊度	总氮	总磷	粪大肠杆菌群数/(个·L ⁻¹)
浓度/(mg·L ⁻¹)	10	3.0	5	10	0.3	1 000

本项目出水水质标准高于常规污水处理厂设计出水标准。通过上述指标对比,本项目污水处理厂出水可直接用于公园景观用水。

再生水水质中总磷≤0.2 mg/L,已大幅降低水体富营养化概率^[4]。但考虑到除营养盐浓度(总磷、总氮)外,富营养化还与气候条件(温度、光照)、水动力条件等多种因素有关^[5]。为降低水体富营养化风险,在回用水端设置余氯补充点位,增加不利条件下藻类生长抑制措施。本项目采用的是简便、低碳、生态安全的紫外消毒方式,余氯通过管道混接器的形式进行投加,控制水体中余氯量在 0.05 ~ 0.20 mg/L。

景观补水水源引自箱体负二层再生水泵房。同时,污水处理厂尾水兼作园区道路、广场及设施的冲洗用水。因该用途对大肠埃希氏菌和总氯指标要求较高,再生水中余氯量需相应提升到 1.0 mg/L^[6]。鉴于该余氯浓度通常已高于人体嗅觉阈值^[7],为保障水体周边空气环境质量,系统采用双管路独立设计:针对景观回用水与园区杂用水设置两套供水系统,

且分别独立控制紫外消毒后的余氯投加量。

景观小溪宽度为 1.5 ~ 3.0 m,设计补水流量 5 000 m³/d,在小溪起端和末端均设置跌水瀑布,打造水景观的同时实现水体曝气复氧。溪道纵坡顺应地形布置,坡度范围 8‰ ~ 2‰。控制溪内流速≥0.1 m/s,降低富营养化风险^[8]。

2.3 周边山体来水排放

场地北侧为山体凹地,受规划道路实施时序影响,短期内易形成积水区。设计以山脊线为界划分汇水分区,按照防洪标准确定设计雨水量^[9],沿场地西侧布设 DN800 雨水主干管,将北侧山体汇水及凹地积水统一收集并输送至南侧河道,从源头阻断外围山水对厂区的影响。

3 地下箱体顶板排水设计

对于地下建筑种植顶板,常规做法是在顶板设置排水板,顶板四周设置排水明沟、盲沟^[10];对于面积较大的顶板,顶板上设置排水盲沟、盲管加强排水

效果^[11]。本项目顶板面积较大,且场地位于东西向汇水低洼地带及南北向雨水径流通带,若顶板排水不畅,易形成长期积水,增大渗漏风险并降低结构耐久性。为提高顶板防水安全度,在顶板上增设盲管排水系统,强化顶板雨水快速排除能力。

顶板排水构造自上而下依次为:种植覆土、透水土工布、级配碎石层、HDPE穿孔盲管、排水板、找坡层及顶板结构。排水板采用专用成品板材;盲管采用 $\phi 150$ HDPE穿孔管,布置于200 mm厚级配碎石($\phi 20 \sim 50$ mm)底部。为避免泥沙进入盲管排水系统造成堵塞,级配碎石上部铺设土工布层^[12],并在盲管外包无纺布^[13-14]。

盲管采用纵横交叉方式全覆盖布置,横向盲管间距为30 m,纵向盲管间距为20 m,整体排水方向与顶板找坡方向一致。顶板排水系统布置示意图如图1所示。

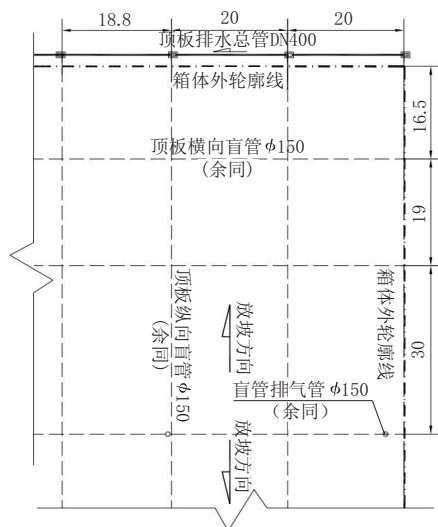


图1 顶板排水系统平面布置示意图(单位:m)

纵向盲管汇水接入箱体顶板外侧DN400横向排水总管,总管以4‰坡度接入厂区雨水系统。设计严格控制下游雨水管标高低于排水总管管底标高,确保重力自流排放,防止雨水系统倒灌顶板排水系统。

为提升系统可靠性,盲管沿线设置透气孔,节点处设置检修井,井盖采用混凝土盖板,便于后期清淤与维护。考虑地下箱体与外部管道可能产生不均匀沉降,在盲管与总管连接处设置橡胶柔性接头,提高系统变形适应能力。盲管、检修井布置位置如图2所示。

4 海绵城市与景观排水协同设计

海绵城市建设是天府新区市政工程建设

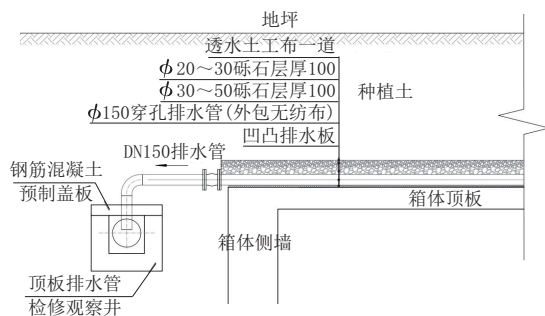


图2 顶板排水系统剖面图

性管控要求^[15]。本项目海绵城市控制指标为:年径流总量控制率86%,TSS去除率50%。设计以海绵城市理念为核心,构建源头滞蓄、转输有序、生态排放的复合雨水系统。

项目主要采用下凹式绿地、雨水花园、植草沟三类海绵设施。下凹式绿地与雨水花园布置于堆坡低洼及汇流区域,实现雨水就地滞蓄、下渗与缓释;植草沟布置于园路、运动场地周边,承担雨水转输与滞留功能^[16]。为减少管网工程量、提升排水系统生态化水平,将景观小溪作为园区主要雨水转输与调蓄通道,使小溪所在的排水分区无需额外设计雨水总管(约占场地总面积的55%)。海绵设施处理后的雨水就近排入小溪,局部标高不匹配段落接入下游合适位置。

系统采用雨量计联动控制:降雨时关闭景观再生水泵,小溪转换为雨水行洪通道,经核算过水断面排水能力可满足5年一遇降雨径流要求。雨天工况下,河道水位可提升至常水位以上5 mm,用于雨水滞留调蓄。

场地铺装采用差异化设计:厂前区因污泥车通行,采用普通沥青路面,防止渗滤液污染地下水;其余区域园路采用透水沥青、广场采用透水砖、运动场地采用透水混凝土,以提高场地透水性能,契合海绵城市建设目标。

5 结论

(1)本工程针对丘陵盆地地形条件,构建了外围山体截洪、场地雨水组织、顶板专项排水、海绵设施滞蓄、景观水系耦合的一体化排水体系,有效解决了大高差、复杂汇流条件下全地下式污水处理厂排水安全、结构防渗与景观营造的协同难题,系统布局合理、运行可靠。

(2)地下箱体采用“找坡层、排水板和排水管”的组合式顶板排水系统,排水效率高、抗堵塞性能强,

(下转第347)