

述评与讨论

我国地下污水处理厂建设现状及展望

邱 维

(广州市市政工程设计研究总院, 广东 广州 510060)

摘 要: 为应对稀缺土地资源限制和满足更高生态环境需求,我国城市污水处理厂建设开始向地下寻求空间。对我国近年来刚刚兴起的地下污水处理厂工程实例进行全面调查分析,揭示其在占地、投资、厂址、工艺、地面功能设计等方面与传统地上污水处理厂的不同特点,并对地下污水处理厂未来发展趋势、关注重点和突出作用进行展望。

关键词: 地下污水处理厂; 构造形式; 工程实例; 应用概况; 发展展望

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0018-09

The Current Status and Prospect of Underground Wastewater Treatment Plant in China

QIU Wei

(Guangzhou Municipal Engineering Design and Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: When land resource is a limited factor in China, the municipal wastewater treatment plants (WWTPs) have to be built under the ground to save space required. Additional driving force of underground WWTP construction lies in protecting the integrity of the above-ground ecological environment. Recently, many underground WWTPs have been constructed in China. According to the overview of these underground WWTPs, the differences between the underground WWTPs and the traditional above-ground WWTPs in terms of the space requirement, investment, plants site, technology, functional application of ground design were compared and discussed in this paper. The prospect of the underground WWTPs including the future developing trend, attention focuses and the prominent role was also presented.

Key words: underground wastewater treatment plant; construction form; project example; application summary; development prospect

在城市化迅速推进、城市土地越来越稀缺、人们对环境要求越来越高的背景下,地下污水处理厂在节约用地、环境友好方面展现出越来越显著的优势。随着我国地下污水处理厂的相继建成投产,其设计、研究也成为了一个新的热点。笔者结合多座地下污水处理厂工程设计经验,全面调查我国现有地下污水处理厂工程实例,重点与传统地上式污水处理厂进行对比,揭示地下污水处理厂产生背景,分析其构造形式特点,归纳已有案例共性,并提出未来发展趋

势,供业界参考。

1 地下污水处理厂产生背景

地下空间开发利用是城市发展到一定阶段的产物,合理开发利用地下空间,可缓和现代城市发展中的各种矛盾,为人类开拓了新的生活领域。国际上把21世纪作为“人类开发利用地下空间的年代”。我国地下建筑、城市地铁等各类地下空间利用蓬勃发展,污水处理厂作为城市发展配套的重要市政基础设施,也开始向地下寻求发展空间。近年来,我国

北京、上海、广州、深圳、昆明、贵阳等城市在一些城市中心的人口密集区,传统地上污水处理厂难以实施,开始建设地下污水处理厂,以解决土地资源紧缺、周边城市环境要求高的矛盾。

污水处理的发展历史表明,污水处理技术从一级处理发展到三级处理,从简单消毒沉淀到有机物去除、脱氮除磷再到深度处理回用,从地上敞开式到池面加盖除臭,再到全地下式,无一不反映人们对环境、健康、资源利用、技术的不懈追求和不断进步。从我国污水处理发展历史来看,污水处理厂设计标准和建设理念随着城市的变迁不断发展。从污水处理厂功能目标、厂区地面空气质量及景观环境等方面看,我国污水处理厂发展可简单分为污水处理厂从无到有、加盖除臭、开始“下地”三个阶段。

阶段一:污水处理厂从无到有阶段。1920 年—2000 年,我国污水处理厂从无到有,先后从一级处理发展到二级处理,且选址一般位于远离城市的郊区,其恶臭问题长期不受关注,直至《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)规定恶臭污染物厂界标准值,要求 1994 年 6 月 1 日起立项的新、扩、改建项目及其建成后投产的企业执行二级、三级标准中相应的标准值。

阶段二:污水处理厂加盖除臭阶段。2000 年—2010 年,污水处理业迅猛发展,城市化使得过去位于郊区的污水处理厂变成了城市中心区,在污水处理厂新建、扩建或改造中,池体加盖除臭开始成为基本需求,厂区环境得到一定改善,但臭气问题仍未得到根本解决,地面景观环境也未得到足够关注,污水厂因其恶臭问题而引起的扰民现象越来越频繁。

阶段三:污水处理厂开始“下地”阶段。2010 年后,随着我国首座全地下式 MBR 污水处理厂——广州京溪地下净水厂的建成投产,各地地下污水处理厂开始快速发展,这些地下污水处理厂颠覆了过去人们对其避之不及的充满臭气、噪音和满目都是污水池体的污水处理厂传统形象认识,污水处理厂开始融入城市中心区,其地面花园式环境彻底解决了传统污水处理厂与城市居住环境的格格不入问题。由于,公众对恶臭的控制呼声越来越高,恶臭控制问题越来越受到重视。例如,在编的上海市地方标准《恶臭污染物排放标准》(2016 年征求意见稿)中,恶臭污染物限值标准都大大严格于现行国家标准《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)。另外,

现行污水处理厂设计厂区绿化率按照不低于 30% 控制,城市生态宜居对绿化率的要求越来越高,例如,2014 年施行的《天津市绿化条例》规定新建污水处理厂绿地率不得低于 45%。双层加盖、地面绿化的地下污水处理厂在除臭、景观等美化环境方面取得理想的效果。目前,我国已建和在建 30 余座地下污水处理厂,占污水厂总数量的比例不到 1%;并且,对于新建污水厂,地下污水处理厂呈现快速增长的态势。

总之,地下污水处理厂的产生顺应经济社会发展,符合以人为本、节约用地、生态优先原则,是满足人们更高的生态环境需求的必要进程。

2 地下污水处理厂概念、特点与形式

2.1 地下污水处理厂术语

目前,我国已有地下污水处理厂有关的术语包括:地下式污水处理厂、全/半地下式污水处理厂、全/半地埋式污水处理厂、下沉式污水处理厂、全封闭式污水处理厂。有时,该术语中的污水处理厂又称为污水厂、水质净化厂、净水厂、再生水厂等。

现有相关术语较多,容易混淆,部分术语不能准确反映该类污水处理厂的内涵特点。为了更加精炼、准确界定地下污水处理厂的概念,笔者建议采用如下术语:

① 地下污水处理厂、地下污水厂——对污水进行净化处理以满足排放标准或回用要求的工厂,各处理构筑物 and 辅助建筑物整体或部分设置于地面以下天然形成的或人工挖掘的地下空间,运行人员可经常在地下空间内进行日常巡视、操作和维护等生产活动。

② 半地下污水处理厂、半地下污水厂——若上述地下污水处理厂部分位于地下,部分位于地上,则为半地下污水处理厂、半地下污水厂。

2.2 地下污水处理厂构造特点

① 主要生产构筑物设于地下空间。各处理构筑物和辅助建筑物整体或部分设置于地面以下的空间,厂区地上作为建筑物(一般为厂区综合楼、办公楼)、停车场、运动场、道路、公园或绿化景观等其他用途。对池体而言,设计为通常称作的“双层加盖”形式,即池体加盖满足除臭要求,池面维护空间加盖隔绝于地下,创造良好的地面环境。

② 日常现场操作维护主要在地下空间。运行人员可经常在地下空间内进行日常巡视、操作和维

护等生产活动。其竖向剖面典型形式一般分为三层:地下负二层(污水处理构筑物池体层)、地下负一层(处理池面层、生产辅助建筑层、生产运行管理空间层)、地面层(地面其他用途层)。当然,这个总体分层理念并非绝对,地下污水处理厂建、构筑物分层设计须因地制宜地综合考虑,根据具体的高程、平面特点合理优化平面组团和空间层叠方式。例如,常常局部存在负三层设置排水事故池等更低高程的池体,负二层通常是管廊层或部分设备、设施层,负一层常布置预处理构筑物池体层,地面层通常会布置加药罐体、排风塔、辅助用房等辅助生产设施。

地下污水处理厂构造形式见图1。

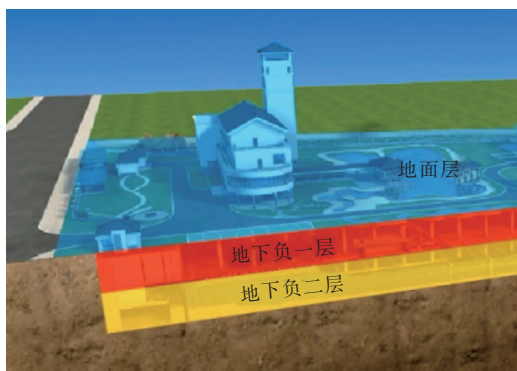


图1 地下污水处理厂构造形式示意图

Fig.1 Schematic diagram of structural form of underground WWTP

2.3 地下污水处理厂与地埋式污水处理厂的区别

国内部分文献将地埋式污水处理厂概念等同于地下污水处理厂(国内尚无权威定义)。笔者认为,地埋式污水处理厂侧重于反映污水处理厂构筑物主体池面标高与地面标高的相对关系。如果池面标高小于或等于地坪标高(即全部池体埋于地下),则为全地埋式;池面标高大于地坪标高且池底标高小于地坪标高,则为半地埋式。若按此概念,传统观念的地上式污水处理厂有很多处理构筑物部分埋于地下,则为半地埋式。

地埋式污水处理厂与地下污水处理厂概念的核心差别主要在于判断运行人员日常巡视、操作和维护等生产活动是否进入地下空间内。地埋式污水处理厂巡视空间仍在地面上进行,地下污水处理厂巡视空间则主要在地下完成;地埋式污水处理厂的构筑物须在池面以上的地面设置观察孔、检修孔等开口设施,就好比将地下污水处理厂往上整体提高了一层。过去常见的地埋式一体化污水处理装置全部

埋于地下,即属于地埋式。

地下空间是否有“人”的经常介入对污水处理厂设计要求有着本质的区别,地下污水处理厂如果有“人”的经常介入(运行维护),则设计上必须特别注重地下空间环境的控制,如温度、湿度、氧气含量等空气环境控制和消防、安全逃生等应急措施设置。因此,笔者建议将二者分别定义,以示区分。本文研究的对象也特指地下污水处理厂,而非地埋式污水处理厂。

地埋式污水处理厂示意图见图2。



图2 地埋式污水处理厂示意图

Fig.2 Schematic diagram of buried WWTP

2.4 地下污水处理厂的衍生形式

① 隧道式地下污水处理厂

隧道式地下污水处理厂即为建于隧道(岩洞、山洞)内的地下污水处理厂,一般不改变原有的地上山体结构和地表景观,在多山城市具有较好的适应性。例如,1995年完工的香港赤柱污水处理厂(见图3)为亚洲首座建于岩洞内的地下污水处理厂^[1],主要由三个大约120 m长、15 m宽和17 m高的大洞室组成,并有超过450 m的道路通道和通风隧道及竖井连接。

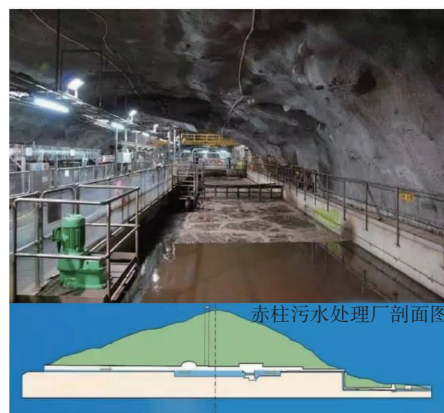


图3 隧道式地下污水处理厂示意图

Fig.3 Schematic diagram of tunnel underground WWTP

② 人造坡地式地下污水处理厂

国内目前的地下污水处理厂一般也会考虑将地下空间和厂区地坪标高尽量抬高,以减少基坑深度。如广州市京溪污水处理厂、昆明市第九及第十污水处理厂的设计厂区地坪标高均比周边地面高2 m左右。如果地下空间整体抬高足够高度,即形成人造坡地式地下污水处理厂(见图4)。

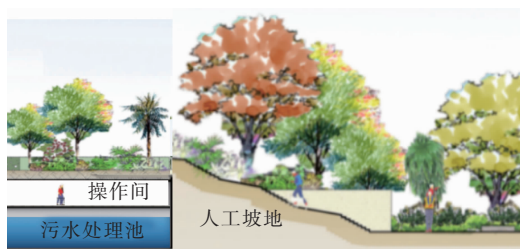


图4 人造坡地式地下污水处理厂示意图

Fig.4 Schematic diagram of artificial slope underground WWTP

人造坡地式地下污水处理厂周边仍利用原地坪标高,处理构筑物按常规污水处理厂设置为地上式或半地理式,池面加盖后的上部操作空间为封闭建筑空间,建筑屋顶上再加盖覆土,并与周边地坪以坡地衔接处理,形成人造地下式结构。人造坡地式地下污水处理厂即为将地下基坑很深的地下污水处理厂抬高标高,相应抬高建成后的厂区地坪,以减少土建投资,但需要考虑与周边地貌坡地衔接的用地范围。

③ 半地下污水处理厂

上述人造坡地式地下污水处理厂如果没有人工坡地退缩的用地条件,地下空间结构部分埋设在地下、部分在地上,半地下空间顶部和外部地台的较大高差,即为半地下污水处理厂(见图5)。



图5 半地下污水处理厂示意图

Fig.5 Schematic diagram of structural form of semi underground WWTP

例如,烟台套子湾污水处理厂扩建工程即为在原有厂区的西北侧预留用地上新建一座半地下式污水处理厂^[2]。该厂周边有大规模的商业住宅和旅游项目,对除臭、降噪等提出了更高要求,且对地面环境要求高。

④ 楼宇式半地下污水处理厂

将“双层加盖”的地下污水处理厂进一步增加层数并整体构成有地下室和地面层的“楼宇”,污水处理构筑物进一步分层设计,地下层及地上多层均可设置污水处理池体或辅助设施用房,结合整体建筑设计,即形成楼宇式半地下污水处理厂(见图6)。



图6 楼宇式半地下污水处理厂示意图

Fig.6 Schematic diagram of structural form of building semi underground WWTP

该类型污水处理厂借鉴了地下污水处理厂的分层叠加、组团集约化设计理念,又因箱体整体抬高形成了突出地面的建筑形式,已不是全地下式,属于半地下式污水处理厂范畴。

例如,苏州工业园区综合污水处理厂一期工程体现该“楼宇式”理念,其综合处理厂房为三层框架结构,建筑采用地下一层、地上两层的叠加全封闭结构,建筑面积为23 837.9 m²,建筑高度为20.02 m,地下一层及地上两层主要为污水处理池体及辅助设施。

该厂是韩国三星高世代液晶面板项目的配套项目,主要处理包括三星高世代液晶面板项目在内的电子企业高浓度工业废水。

3 我国地下污水处理厂应用案例分析

近年来,地下污水处理厂作为地下空间利用的一种形式在北京、上海、广州、深圳、昆明、贵阳等很多城市得到推广应用。目前,我国已建、在建地下污水处理厂的情况详见表1。

表 1 我国地下污水处理厂工程实例

Tab. 1 Engineering examples of underground WWTP in China

项 目	规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	建成 时间	出水 标准	主体 工艺	出水 用途	顶板覆 土深/m	地面用途	占地/ 10^4 m^2	投资/ 亿元	备注
香港赤柱污 水处理厂 ^[1]	1.2	1995 年			排海		自然山体 景观		4.1 (港元)	亚洲首座建于岩洞内的 地下污水厂
台北内湖地 下污水处理 厂 ^[3]	15	2002 年		活性污泥 法 + 氯消 毒	再生水 + 排入基隆 河		景观亲水 公园			首期规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 2016 年扩建至 $24 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
台北迪化 地下污水 处理厂	50	2007 年		活性污泥 法 + 氯消 毒	再生水 + 排入淡水 河		休闲公园、 运动场			始建于 1980 年, 后由 原一级处理工艺改造 为二级处理工艺
广州市京溪 污水处理厂	10	2010 年	一级 A *	MBR + 紫 外消毒	再生水 + 沙河涌补 水	1.5	园林景观	1.831	5.8	* 出水同时满足广东 省地标一级标准
广州市生物 岛再生水 厂 ^[4]	1.0	2010 年	一级 A	CASS/CMF + 二氧化 氯消毒	回用	0.5	绿化	1.27	0.849 1	
深圳市布 吉污水处 理厂 ^[5]	20	2011 年	一级 A	MBBR + 双 层平流式 二沉池 + D 型滤池 + 紫外消毒		1.5	公园	5.95	8.84	
昆明市第十 污水处理厂	15	2012 年	一级 A	MBR + 紫 外消毒 + 钠 消毒	再生水 + 海明河补 水	2.0	小区花园 景观	3.893	7.47	另含再生水规模 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
张家港金港污 水处理厂 ^[6]	5 (2.5 *)	2012 年	一级 A	MBR + 紫 外消毒			绿化	4.8	2.89 *	* 表示一期
昆明市第九 污水处理厂	10	2013 年	一级 A	MBR + 紫 外/次氯酸 钠消毒	再生水 + 西边小河 补水	2.0	公园	2.99	6.46	另含再生水规模 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
苏州工业园 区综合污水 处理厂一期	3.6	2013 年 *		化学沉淀 + 水解酸 化 + MBR	再生水			9.6	8.28	* 一期部分投产 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 总规模为 $9.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
青岛市高新 区污水处 理厂	18(9 *)	2014 年	一级 A	MBBR	祥茂河景 观补水 + 城镇杂用 水	1.5	公园	6.35	5.6 *	* 表示一期; 另含再生 水规模 $9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (一期 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)
郑州市南 三环污水 处理厂	10	2014 年	一级 A	A/A/O + 高效沉淀 池 + 均质 滤池 + 二氧 化氯消毒	城市绿地	1.5	生产区 + 公共开放 区(城市绿 地)	7.093	5.8	
昆明市第 十一污水 处理厂	6	2015 年	一级 A	A/A/O + 二沉池 + 高效沉淀 池 + V 型 滤池 + 紫 外线消毒	东北沙河 景观补水 + 再生水	2.0	花园	4.07	5.6	
昆明市第 十二污水 处理厂一期	5 *	2015 年	一级 A	MSBR + 滤 布滤池 + 紫外线消 毒			公园	7.96	4.98 *	* 规划规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
正定新区 全地下污 水厂 ^[7]	10 *	2015 年	一级 A	MBR	周汉河景 观用水 + 中水回用		花园绿地	11	4	* 规划规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

续表 1 (Continued)

项 目	规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	建成 时间	出水 标准	主体 工艺	出水 用途	顶板覆 土深/m	地面用途	占地/ 10^4 m^2	投资/ 亿元	备注
贵阳市青山污水处理厂工程 ^[8]	5	2015 年	COD、氨氮达地表水Ⅳ类,其余国标一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 生物滤池 + 紫外消毒	再生水 + 南明河生态补水		活水公园及科普教育基地	2.1	3.2	
贵阳市麻堤河污水处理厂工程	3	2015 年	COD、氨氮达地表水Ⅳ类,其余一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 生物滤池 + 紫外消毒	南明河生态补水		活水公园	1.629	1.91	
北京市大兴区天堂河再生水厂(污水厂二期)	8(4*)	2016 年 (2008 年*)	北京地标 B 标准	MBR (A/A/O*) + 紫外消毒	河流景观补水 + 远期回用		花园	10.4	3.128 5	* 表示一期(二期将一期 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模改造为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 再新增 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)
烟台套子湾污水厂扩建工程 ^[2]	15*	2016 年	一级 A	MBR + 紫外消毒	排入芝罘岛海域尾水排放混合区 + 再生水		景观绿化	3	5.93	在一期预留用地上新建半地下污水厂
山西太原晋阳污水处理厂	20 + 12	2016 年	一级 A	A/A/O 和 MBR*	工业用水 + 绿化用水		园林景观	27	15.7	* 采用 2 种主体工艺
广安市再生水厂	5	2016 年	一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 紫外消毒	西溪河及渠江生态补水 + 再生水		活水公园及科普教育基地	2.3	2.45	
北京市稻香湖再生水厂一期	8	2016 年	北京地标 B 标准	MBR + 臭氧消毒	再生水 + 南沙河补水		湿地公园	4.4	4.73	* 规划规模为 $26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
北京市通州碧水再生水厂	18	在建	COD、BOD ₅ 、氨氮、TP 达地表水Ⅳ类,其余北京地标 B 标准	多级 A/O + 二沉池 + 高效沉淀池 + 过滤 + 紫外消毒	玉带河生态补水 + 再生水		活水公园及科普教育基地		11.5	地上式始建于 2002 年,2015 年升级改造,在原址上新建地下式
上海市嘉定南翔污水处理厂一期工程	10 (*5)	在建	COD、氨氮达地表水Ⅳ类,其余一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 转盘滤池 + 加氯消毒	玉带河生态补水		活水公园及科普教育基地	11.32		* 表示一期设备规模,远期规划为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
广安市奎阁(临港)污水处理厂一期	2*	在建	一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 紫外消毒	渠江生态补水		活水公园		1.39*	* 一期设备规模 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 规划规模 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
贵阳市三桥污水处理厂	4	在建	COD、氨氮达地表水Ⅳ类,其余一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 活性砂滤池 + 紫外消毒	市西河及南明河生态补水		活水公园	1.1	2.94	
贵阳市彭家湾五里冲棚户区改造污水处理综合工程 ^[9]	6(*3)	在建	一级 A	A/A/O + 高效沉淀池 + 紫外消毒	小车河补水 + 再生水		景观公园	3.94	6.5	* 一期设备规模。地下三、四层为污水厂,地下一层为商业用房和机械停车库,地下二层为公交站及附属用房

分析现有已建、在建的地下污水处理厂情况,可得出以下结论:

① 规模不受限制, $(1 \sim 50) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 都有。

② 占地省,现有地下污水处理厂占地一般为传统式的 $1/3 \sim 1/2$ 。其中广州市京溪污水处理厂单位占地指标低至 $0.183 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$,仅为国家标准的 $1/5$ 。

③ 投资较高,现有规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 级的地下污水处理厂吨水投资(扣除征地、拆迁等其他费用后的工程直接费)约为 $4\,000 \sim 6\,000 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$,比常规地上污水处理厂投资高 $1/3 \sim 1/2$ (按同等功能基准考虑)。

④ 厂址受限小,现有地下污水处理厂在大、中、小城市中均有应用,主要位于城市上游区、城市中心区,很多还位于城市居住区内。

⑤ 处理工艺以短流程、效果好、占地省的工艺类型为主,现有地下污水处理厂主体工艺主要有MBR、MBBR、矩形二沉池、高效沉淀池等。

⑥ 厂区地面功能多元化,现有地下污水处理厂地面用途除了建设厂区综合楼以外,主要作为厂区绿化、小区花园、城市公园、休闲健身场地、停车场、道路、活水公园等。

4 地下污水处理厂发展展望

① 城镇化快速发展催生地下污水处理厂快速发展。

1978年—2013年,我国城镇化率从17.9%提升到53.7%,预计2020年城镇化率将达60%。根据世界城镇化发展普遍规律,我国仍处于城镇化率为30%~70%的快速发展区间。《国家新型城镇化规划(2014年—2020年)》提出城镇化水平和质量稳步提升、城市发展模式科学合理、城市生活和谐宜人等发展目标,具体包括:密度较高、功能混用的集约紧凑型开发模式成为主导,绿色生产成为主流,基础设施和公共服务设施更加完善,生态环境明显改善,空气质量逐步好转等。按照我国城镇化发展态势,统筹规划发展包括地下污水处理厂的地上地下空间开发,符合当前中国城镇化建设集约紧凑化发展道路。

现有已建地下污水处理厂多是因城镇化发展凸显的土地约束条件催生必须从地下寻求市政设施建设空间的案例。未来,地下污水处理厂将从一种技术选择发展为一种趋势,更多城市必然会从“被动”

发展到“主动”,积极从规划层面提前作为,统筹规划地下污水处理厂等地下市政设施建设。

② 可持续发展要求地下污水处理厂建设关注与周边生态和未来资源发展的交融。

1987年联合国环境与发展委员会出版的《我们共同的未来》中可持续发展的定义:“既满足当代人的需求又不危及后代人满足其需求的发展”。现有地下污水处理厂建设体现可持续发展理念,在其治污的同时,最大限度地实现功能的延展,极力追求与周边环境融合,例如,将地面景观打造为小区花园、城市公园,地面建设休闲健身场,建设停车场,与市政道路、公交站场结合,建设活水公园,尾水作为再生水回用水、生态补水,环境资源体现周边居民参与共享受益等。

污水治理和达标排放是传统污水处理厂设计的主要目标,现有地下污水处理厂建设开始展示出清洁生产、环境友好、综合利用、区域共享、生命周期寻优的广阔目标和极大潜力,这也将是未来地下污水处理厂设计的方向。

未来地下污水处理厂的建设,将会更加追求土地资源和生态资源的保护和利用,更加考虑与周边环境和未来发展的立体交叉、系统融合,实现人与自然和谐统一,生态经济与社会协调发展。

③ 地下空间利用技术迅猛发展将进一步提高地下污水处理厂的经济性。

21世纪我国迎来了地下空间的大发展,地下空间成为可供人类大规模利用的另一个空间,具有广阔的开发前景。随着地下空间开发技术的迅猛发展,过去面对的技术困难,将随着技术的发展得以逐步解决,地下污水处理厂的建造规模、质量、造价及速度不断提高。可以预见,21世纪内,包括地下污水处理厂在内的很多公共服务设施,将会随着地下空间的大量开发,越来越多地进入地下。

现有地下污水处理厂的成功建设表明,我国地下污水处理厂设计、建造技术已不是问题。提高技术水平,不断降低造价、成本还需要技术的不断进步。城市地下空间的开发利用涉及到多个专业的协同配合,岩土、结构、环境、市政、安全等多个学科的交叉融合,地下污水处理厂建设相关技术包括:地下空间复合通风节能技术、阳光采集导入技术、地下空间高效照明技术、地下空间环境友好型降噪技术等环境控制技术;地下工程的工业化建造技术、新型支

护桩技术、止水帷幕优化与改进技术、桩-梁-竖锚支护技术、可回收式锚杆技术、地下工程临时结构优化替代技术、深大基坑支护技术、组合式内支撑支护技术、超深地连墙施工技术、深层地基加固技术等施工技术。以上环境控制技术和地下空间施工技术在不断发展,地下污水处理厂建设费用及运行成本将越来越低,将进一步推动地下污水处理厂的应用。

④ 污水处理技术进步将推动地下污水处理厂的进一步发展应用。

自活性污泥法处理污水诞生一百年以来,污水处理技术得到迅猛发展。现代社会土地资源越来越稀缺,对污水处理技术的追求不仅要求投资小、效果好,还要求占地小。

我国目前已建的地下污水处理厂应用较多的工艺主要有 MBR、MBBR、矩形二沉池、高效沉淀池等具有用地优势的工艺类型。我国已超过 10 座 MBR 地下污水处理厂在全国多地得到应用。膜生物反应器(MBR)技术是膜分离技术和污水生物处理技术的结合,以超滤、微滤膜分离过程取代传统活性污泥处理过程中的泥水重力沉降分离过程,用占地很小的膜池取代传统流程中二沉池和滤池的建设,同时膜分离保持很高的生物相浓度,大大节省用地。移动床生物膜反应器(MBBR)技术是向反应器投加悬浮载体,提高反应器生物量及生物种类,兼具传统流化床和生物接触氧化法两者的优点,具有容积负荷高、紧凑省地、性能稳定、运行可靠等优点。周进周出矩形二沉池、高效沉淀池等工艺也均因其负荷高、节省用地、处理效果好而在地下污水处理厂中应用较多。

21 世纪高新科学技术主要表现在两个领域,一个是电子信息技术,一个是生物工程技术。这两种高新技术的发展更新为城市污水生物处理技术的发展提供了基础。占地小、流程短、效果好的污水处理工艺,已在地下污水处理厂中得到广泛应用。未来污水处理技术的进一步发展,兼具技术性、经济性和节地性的工艺将推动地下污水处理厂的进一步发展应用。

⑤ 地下污水处理厂设计应提升至城市设计、城市经营的更高高度。

一般意义上的市政设计是为解决现代城市生活所产生的各种问题,用现代的技术和手段予以实现城市公共功能的完善。城市污水处理厂是城市市政

基础设施的重要组成部分,其市政设计的目的即在于解决水体污染、实现城市污水治理的功能,仅从这单一的目的出发,则大大约束其技术性、经济性论证的边界条件。

从城市设计、城市经营的角度出发,地下污水处理厂设计实现了功能与环境的立体交叉、系统融合,不仅具有除污治污的基本功能,处理后尾水作为河道补水,还能实现功能的延展,提升下游的城市价值;因为地下式设计,地面上湖泊、瀑布、园林小品创造出宜人的花园式环境,与周边环境和谐,处处彰显人性化、艺术化特点;盘活周边土地价值;中水回用、变废为宝,实现资源循环利用的水文化价值。

市政设计包含在城市设计的前提下,作为城市的外展面,地下污水处理厂的规划设计应提升至城市设计、城市经营的更高高度^[10],这样才能突破传统市政设计的相对局部内容的、微观层面的限制条件,站在一个更广阔、更长远平台,立足于“以人为本”,促进城市经济、社会和环境效益的综合优化与可持续发展。

5 结语

在地下空间广泛开发利用的大背景下,我国城市污水处理厂建设从地上敞开式、到加盖除臭式、再到全地下式(封闭式)的发展过程,是顺应经济社会发展、满足更高生态环境需求的必要进程。

地下污水处理厂在结构形式上与传统地上污水处理厂的本质区别是处理构筑物整体或部分设置于地面以下天然形成的或人工挖掘的地下空间,并且运行人员可经常在地下空间内进行日常巡视、操作和维护等生产活动。地下污水处理厂及多种衍生形式都具有处理构筑物和操作空间的双重封闭性共同点,均可防止噪声、恶臭污染泄漏扩散,污染治理更为彻底。

调查分析我国现有地下污水处理厂工程实例,揭示其在占地、投资、厂址、工艺、地面功能设计等方面与传统地上污水处理厂的不同特点,有助于对我国刚刚兴起的地下污水处理厂全面的认识。

可以展望,我国城镇化快速发展催生地下污水处理厂的需求更加迫切,地下污水处理厂逐渐地将从一种被动选择发展为一种趋势,主要从规划层面提前统筹地下污水处理厂等地下市政设施建设;地下污水处理厂建设核心是关注与周边生态和未来资源发展的交融以体现可持续发展的内在要求;地下

空间利用技术、污水处理技术继续发展将进一步增强地下污水处理厂经济性、可行性,进而扩大其应用范围;未来,地下污水处理厂设计将在提升至城市设计、城市经营的更高高度发挥更加突出的作用。

参考文献:

- [1] 包太,朱可善,刘新荣. 国内外地下污水处理厂概况浅析[J]. 地下空间,2003,23(3):335-340.
- [2] 王文喜,赵维春,姚明炫. UCT-MBR/RO 工艺用于烟台套子湾污水厂扩建工程[J]. 中国给水排水,2014,30(6):65-69.
- [3] 羊寿生. 台北市城市污水处理现状[J]. 给水排水,1998,24(1):19-22.
- [4] 赵国志,张显忠. 广州国际生物岛再生水处理工程设计[J]. 中国给水排水,2009,25(11):52-55.
- [5] 靳云辉,周建忠,张学兵,等. 双层平流沉淀池在深圳布吉污水处理厂工程中的应用[J]. 中国给水排水,2012,28(20):5-9.
- [6] 施卫娟,李培培. 金港地下污水处理厂工程建设及设计特点[J]. 中国给水排水,2013,29(18):81-83.
- [7] 刘绪为,尤颖,王利剑,等. 正定新区全地下污水处理厂生物除臭设计计算[J]. 中国给水排水,2015,31(4):69-71.
- [8] 何国钢,侯锋,邵彦青,等. 贵阳青山下沉式污水处理厂设计[J]. 中国给水排水,2016,32(4):51-54.
- [9] 张明杰,周建忠,杨斌,等. 地下式污水厂与商场、公交站相结合的地下综合利用工程[J]. 中国给水排水,2016,32(22):68-72.
- [10] 邱维. 广州京溪地下污水处理厂设计经验总结[J]. 中国给水排水,2011,27(24):47-49.



作者简介:邱维(1975-),男,四川广安人,硕士,高级工程师,总工程师,注册设备工程师,注册咨询工程师,注册造价工程师,从事给水排水工程设计研究工作20年,获得国家、省、市工程优秀设计咨询奖二十余项,授权专利技术四项。

E-mail:86076293@qq.com

收稿日期:2016-12-29

提高水源利用效率
减少生态环境污染
促进持续稳定发展