

文章编号:1673-0836(2006)08-1313-07

地下污水处理厂优势分析与前景展望

谭学军^{1,2}, 唐利², 郭东军^{1,2}

(1. 上海市市政工程设计研究总院 上海 200092; 2. 同济大学 上海 200092)

摘要:本文从减少环境污染、节约土地资源和改善出水水质的角度,分析了地上污水处理厂存在的问题和地下污水处理厂的优点;从地下建筑的投资与维护管理方面,探讨了地下污水处理厂建造模式的技术经济可行性;根据现有的地下污水处理厂建设情况,介绍了国内外地下污水处理厂的发展概况;根据污水治理趋势和我国国情,分析了地下污水处理厂在我国的发展前景。

关键词:地上;地下;污水处理厂;水污染

中图分类号:X703

文献标识码:A

Analysis and Prospect of Underground Sewage Treatment Plant

TAN Xue-jun^{1,2}, TANG Li², GUO Dong-jun^{1,2}

(1. Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute, Shanghai 200092, P. R. China;

2. Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

Abstract: In order to reduce environmental pollution, save land resource and improve effluent quality, the problems of aboveground sewage treatment plant and advantages of underground sewage treatment plant were analyzed. The feasibility of technology and economy of constructing underground sewage treatment plant were discussed, from the aspects of investment, operation and maintenance of underground building. The status of underground sewage treatment plant development was introduced. The prospect of underground sewage treatment plant in China was analyzed, based on the trend of sewage treatment and the situation in China.

Keywords: aboveground; underground; sewage treatment plant; water pollution

1 前言

随着我国经济和社会的发展,城市面临的环境污染问题日趋严重,人们对环境质量的要求不断提高。在我国面临的各种环境污染问题之中,水环境污染是其中的重要问题之一。污水处理厂的建设是解决水环境污染问题的基本举措,我国近年来为改善水污染的现况,优化生活与投资环境,各地均加快了污水处理厂的建设步伐,不同工艺类型、不同处理规模的污水处理厂纷纷涌现。目前,尽管我

国污水处理厂工艺组成和建设规模各异,但在建设模式上,所有污水处理厂均采用地上式。地上污水处理厂固然有其优点,但同时应看到,地上污水处理厂的建设,一方面存在土地资源浪费及环境污染的问题,另一方面还会造成到周边土地资源的贬值。随着我国城市化水平和居民环境要求的提高,能够与周边环境协调、封闭性强、无二次污染的地下污水处理厂可能成为城市污水治理工程建设的新的发展趋势和发展方向。

• 收稿日期:2006-09-15

作者简介:谭学军(1976-),男,汉族,吉林省舒兰市人,博士,研究方向为水污染控制。E-mail:frankytan@163.com

2 地上污水处理厂存在的问题

地上污水处理厂在改善城市生态环境、节约水资源、提高居民生活质量方面发挥了巨大的作用,成为市政和环保工作的重要组成部分。但由于其自身的特殊性,绝大多数地上污水处理厂在净化污水的同时,又成为新的污染源,对周边环境造成不同程度的污染。主要表现为恶臭、噪声、污泥和出水不能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的二级排放标准等方面。地上污水处理厂对周边环境的污染,不仅影响了居民的正常生活,而且在一定程度上制约了周边地区的经济发展,对商业、房地产业、服务业的影响尤其明显。

2.1 恶臭

城市污水处理厂内臭气的主要来源为预处理区、水处理区及污泥处理区三部分,包括粗格栅、进水泵房、细格栅、沉砂池、初沉池、生物反应池、污泥浓缩池、贮泥池和污泥脱水机房等构筑物。从广义上来讲,污水处理厂的臭气可分为2类:第1类是直接从污水中挥发出来的,如直接或间接的来自排入下水道的工业废水和其它废水中含有的溶剂、石油衍生物及其它可挥发的有机成分直接造成了臭气问题;第2类是由于微生物的生物化学反应而新形成的,尤其是与厌氧菌的活动有很大关系。从物质组分分析来看,城市污水处理厂的恶臭气体可以分为4类:第1类为含硫化合物,如硫化氢、硫醇类和噻吩类;第2类是含氮化合物,如氨、胺类、酰胺类以及吡啶类等;第3类是烃类化合物,如烷烃、烯烃、炔烃以及芳香烃等;第4类是含氧有机物,如醇、醛、酮及有机酸等,这些物质在污水处理设施中广泛存在。目前,有关城市污水生物处理系统产生恶臭气体的研究主要集中在对人体及处理构筑物危害性较大的含氮和含硫化合物。城市污水处理厂的臭气被感知是因为它从液/固相转移到气相中,污水和污泥中的恶臭物质向大气扩散受到诸多因素的影响,如水温、水质、处理工艺、污泥龄、周边建筑物的密度及气象条件等。表1列出了GB18918-2002中规定的城镇污水处理厂废气排放标准值。表2给出了德国工程师协会对城市污水处理厂各污水处理设施中可能产生的臭气浓度、臭味阈值的调查结果^[1]。表3是我国天津市纪庄子污水处理厂恶臭污染物的实际检测结果^[2]。

表1 厂界(防护带边缘)废气排放最高允许浓度(mg/m³)

Table 1 Max. concentration limit of exhaust at plant boundary

控制项目	一级标准	二级标准	三级标准
氨	1.0	1.5	4.0
硫化氢	0.03	0.06	0.32
臭气浓度(无量纲)	10	20	60
甲烷(厂界最高体积浓度%)	0.5	1.0	1.0

注:位于环境空气质量标准(GB3095)一类区的所有污水处理厂均执行一级标准,二、三级相应类推。

表2 城市污水处理厂各部位产生的臭气值与波动范围

Table 2 Stink value and its range at different locations of the sewage treatment plant

处理工序部位	臭气浓度 (无量纲)	波动范围 (无量纲)	产生原因
进水格栅	45 85	25~80 32~136	废水自身携带恶臭物质 栅渣积累
曝气沉砂池	60	30~90	进水有机物浓度过高,因缺氧产生大量还原性恶臭物质
高负荷曝气池	60	33~84	曝气量不足,出现厌氧过程,产生臭气
一般负荷曝气池	50	21~101	废水和污泥自身气味
延时曝气法曝气池	30	10~43	
初沉池	55	29~84	进水水流的湍动、出水的辐流方式,均会促使恶臭气体散发
中间沉淀池	30	23~31	污泥沉淀时间过长或污泥出现死角,发生厌氧发酵,并释放恶臭气体
二沉池	30	12~50	
初沉污泥提升	85	74~105	pH值变化和水流湍动均会引起恶臭气体的释放
二沉污泥提升	45	26~82	
生污泥存放	200	30~800	因厌氧发酵而产生硫化氢、有机硫以及氨等恶臭气体
消化污泥存放	80	35~240	
机械污泥脱水室	400	50~770	发生缺氧反应,污泥也会因湍动而引起恶臭气体的释放
污泥脱水滤液		3300~95500	污泥中臭气成份溶入滤液中
热处理污泥	7100(在浓缩池内测出)		污泥因加热而促进恶臭气体释放

由表1~3可知,即使德国这样无论在环境治理水平还是在环境质量要求上都很高的发达国家,其地上污水处理厂很多部位产生的臭气污染物浓

度仍高于我国规定的标准;而以天津市纪庄子污水处理厂为例,其曝气池、储泥池和脱水机房周边的臭气浓度比 GB18918-2002 中的标准值高 10~333 倍(虽然厂界处的臭气浓度比构筑物周边的臭气浓度低,但仍远高于标准值)。这不仅影响了周边居民的生活,而且对污水处理厂工作人员的身体健康构成了较大的威胁。

表 3 天津纪庄子污水处理厂恶臭

污染物监测结果(mg/m^3)

Table 3 Result of monitoring on stink pollutant at Jizhuangzi Sewage Treatment Plant, Tianjin

源点	硫化氢	氨	甲硫醇	臭气浓度 (无量纲)
普通曝气池	0.222	0.479	0.084	570
储泥池	30.95	0.312	0.347	6500
脱水机房	52.72	0.475	0.495	20000

为了防止和消除城市污水处理厂臭味对周围环境及居民生活的影响,一些发达国家先后制定和逐步完善了一些有关的具体规定。目前中国兴建的城市污水处理厂在规划选址时尽量避开居民区、交通要道或村落,由于土地资源紧张和规划的连续性,难免会靠近居民区、交通要道或村落,有的甚至靠近旅游景点。污水处理厂在设计的时候,虽然都安装除臭设备,但不一定能消除全部臭味^[3]。

2.2 噪声

地上污水处理厂的噪声主要是在污水处理过程中水泵、鼓风机、管道和水流所产生的。噪声对人体健康的危害是多方面的,尤其是对听觉器官的损伤,长期在强噪声环境下工作可能导致噪声性耳聋。噪声对人体中枢神经系统、植物神经及心血管系统方面的损害也非常严重。此外,一些已建成的污水处理厂由于缺乏足够的噪声隔离设施或是生产设备老化,导致不同程度的噪声超标。

以隔音设施改造前的济南市污水处理厂为例。该厂采用射流曝气活性污泥法的处理工艺,风机房预留 9 台罗茨风机的位置,一期工程先安装 2 台(风压 73 kPa,风量 $112 \text{ m}^3/\text{min}$,转速 960 r/min,配套电机功率 183 kW)。在对隔音设施改造前,厂区噪音严重超标,风机房内噪音平均值达 118.8 dB,曝气池靠近送风道处的噪音达 75.5 dB,超过所在区域厂界噪音标准值(夜间)30.5 dB。这种因机械运转而产生的持续性噪音,对厂区工作人员和周边居民的健康危害很大^[3]。

2.3 污泥

自 1887 年英国伦敦建成世界上第一个污水处理厂以来,全球性的污水处理业迅猛发展,与此同时也产生了新的废弃物——污泥。在污水处理过程中,产生的污泥约为污水处理量的 0.3%~0.5%(以含水率为 97% 计)。根据《中国城市建设统计年报(2004 年)》,2004 年末全国设市城市 661 个,城市人口 3.4 亿,城市面积 39.42 万 km^2 ,全国城市污水处理量 162 亿 m^3 ,污水处理率 45.6%。按目前的污水处理率估算,全国每年产生的污泥量高达 1200 万吨。污水处理厂的污泥的来源主要有:格栅间截流的悬浮物,生物处理工艺产生的污泥,投加化学药剂产生的化学污泥,深度处理时过滤等工艺所产生的污泥以及沉砂池、初沉池和二沉池的沉后污泥。污泥中有大量的病原菌、寄生虫(卵)、有机污染物和重金属等有害成分,易腐烂并产生恶臭。目前,我国处理污泥的主要方法是运到郊外露天堆放或简单的填埋,仅对少量污泥进行焚烧、堆肥或生物处理,没有走上良性的处理处置轨道。

2.4 出水不达标

目前,污水处理厂出水能够达到国家二级排放标准的仅为 50%,另一半污水则未经有效的处理便排入水体。究其原因,主要是:①某些污水处理厂年久失修,处理构筑物无法达到设计要求的处理效果;②流程中某个构筑物发生故障,必须使用超越管暂时将污水直接排入水体;③原水水质与设计时的水质有明显偏差,影响处理效果;④污水处理厂所在地区季节性气温变化很大,低温处理效果无法保障。在这些导致出水不达标因素之中,前三者可通过技术改进或设计参数修订来提高处理效果,但对于温度变化幅度很大的寒冷地区城市污水生物处理系统来说,冬季处理效果很难通过一般的技术手段来实现,这是因为污水生物处理过程受温度影响较大,活性污泥的生物活性和新陈代谢速率及污染物的去除效果会随着水温的降低而下降,而且当水温低于 10°C 时,活性污泥的污染物降解性能更会大幅度降低^[4]。我国北方寒冷地区的冬季城市低温污水时常会达到 $6\sim 10^\circ\text{C}$,有时甚至出现污水处理构筑物内水面结冰的现象,这给以活性污泥法为主导的城市污水处理厂的运行和管理带来很大困难。寒冷地区很多污水处理厂的冬季运行数据及一些低温污水生物处理方面的研究都表明,低温污水的粘滞性增加,传质性差,固体颗粒沉降阻力加大,活性污泥比较细碎,不易形成大块絮凝

体,处理效率大幅度下降,活性污泥沉降性差,泥水分离效果降低,出水的有机物、SS、氮磷浓度偏高,故低温污水的生物处理效果很难保证。目前,如何保障寒冷地区的低温污水处理效果一直是困扰水处理界的难题。人们曾试图利用受温度影响较小的物化法处理寒冷地区的低温污水,但该种方法处理费用昂贵,运行管理困难,根本不适合大型城市污水处理系统,因此,若要改善低温污水处理系统的处理效果,必须寻找其他途径,比如改变污水处理厂的建设模式,即建造地下污水处理厂就是其中的一种重要方法。

2.5 占用土地资源

在地上污水处理厂工程建设中,一方面需考虑污水处理构筑物的基本用地,另一方面还需从水厂绿化和防止污水处理厂污染角度考虑,在征地时设置一些绿化带和隔离带用地。我国《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中明确规定地上污水处理厂周围应建设绿化带,并设有一定的防护距离(厂址与规划居住区或公共建筑群的防护距离一般不小于300 m);欧洲和美国要求地上污水处理厂周围至少有200 m的隔离带,这将会使地上污水处理厂占用更多有用的土地。地上污水处理厂除了本身占地,也将影响周边土地的利用。防护距离以外的附近周边土地,至少会由于心理作用,而降低对使用者的吸引力,从而或多或少贬值,即不能实现其最高市场价值。

我国现阶段某些地区的污水处理厂建设中还存在着土地资源浪费的现象,这主要是因为一些污水处理厂在设计过程中,由于取用的排水定额过高或远期排水管网体系规划不合理,使得污水厂设计规模与实际情况不符,实际处理水量常常达不到设计水平(有时实际处理水量仅为设计水量的1/2),污水处理厂建设规模过大,从而造成了土地资源的浪费。

2.6 与自然景观不协调

地上污水处理厂存在着美观性差的弊端,特别是污水的颜色会带来视觉污染,其外观与周围的自然景观很难融合,对市容和市貌会产生较大的负面影响。我国早期曾有一些城市在市区内建造了小型地上废水处理站,但随着城市化的发展,有些处理设施已经成为城市生态环境建设的限制因素,因此一些地方已开始要求部分建在繁华地带的废水处理站限期取消,或转入地下;对于我国的大型城市污水处理厂来说,尽管一般都建在郊区,然而随

着城市规模的不断扩大,很难保证这些污水处理厂以后不会对城市的自然环境构成威胁。

3 地下污水处理厂的优点与技术经济分析

3.1 地下污水处理厂的优点

与地上污水处理厂相比,地下污水处理厂具有如下优点:

3.1.1 占用空间少

在地下污水处理厂设计中,考虑到地下空间和投资的限制,构筑物设计都比较紧凑,技术上也尽量选用占地面积小的处理工艺,此外,地下污水处理厂无需考虑绿化及隔离带等要求,因此,一般占地面积较少。例如,荷兰鹿特丹 Dokhaven 地下污水处理厂采用了AB工艺,占地面积仅为传统工艺的1/4左右^[5];日本神奈川县叶山镇地下污水处理厂所占用的土地面积与一般地上污水处理厂用地面积相比,仅是地上污水处理厂用地面积的1/3^[6]。

3.1.2 噪音污染小

地下污水处理厂的主要处理设备均处于地下,许多机械的噪声和振动将对地面的建筑和居民基本不产生影响,有效地防止了噪音对周围居民生活与工作的影响。

3.1.3 环境污染小

由于处于地下全封闭管理,地下污水处理厂可以对产生的臭气进行全面的处理,对环境和城市居民生活不产生影响。英国伊斯特本的新奇地下污水处理厂虽然建在繁忙的街道和海滩之间,但未对伊斯特本的旅游区自然景观产生任何不利影响^[6]。

3.1.4 节省土地资源

地下污水处理厂由于只有部分辅助建筑物建在地面,占用土地资源很少,节省了城市开阔空间,不会使周边土地贬值,对于周边区域的未来发展没有障碍。地下污水处理厂上部空间利用价值亦较高,可用于绿化、公园等公益事业,也可用于商业开发。芬兰赫尔辛基 Viikinmäki 中心污水处理厂只有办公室、职工活动中心、部分车间及能量生产站处于地上,其余节省下来的用地规划了一处居民区,修建一座8层住宅,总使用面积达 $15 \times 104 \text{ m}^2$,可安置3500人^[7,8]。

3.1.5 温度较恒定

地下污水处理厂由于处于地下,除受污水水质

条件的影响以外,基本不受外部环境因素的影响,特别是地下常年温差较地面温差要小,温度比较恒定,因此有利于各种污水生物处理工艺的稳定运行。

3.1.6 安全性高

地下建筑防灾能力强,防爆炸、防细菌及防外部火灾都能起到一定作用。

3.1.7 美观性好

由于地下污水处理厂是不可见的,因此既不会对自然景观产生影响,也不会影响到周围建筑的整体视觉效果。瑞典首都斯德哥尔摩的地下污水厂区地面布置成为一个公园,地下污水处理厂的进口,采用巧妙的建筑艺术,大大美化了市容,同时又为城市增加了绿化面积,因而引起了全世界的注意^[6]。

3.2 地下污水处理厂技术经济分析

目前,随着先进的污水生物处理技术和地下空间开发技术的发展,特别是地下连续墙挖槽机、大型混凝土输送泵、大型钻孔机的使用,使地下污水处理厂的建造规模、质量及施工速度不断提高,现代科技的发展为地下污水处理厂的建设提供了强大的技术保障,国外地下污水处理厂在技术上已经相当成熟,在土地资源短缺或气温变化幅度较大的寒冷地区应用也已相当广泛,因此,地下污水处理厂在技术上是完全可行的^[9]。

表面看来,地下污水处理厂的投资成本较高,但是当人类可利用的土地资源日趋减少,土地价格逐渐增高时,地下污水处理厂的价值就会显现出来。一般来说,将地面污水处理厂建设成本加上土地的价值,地下和地面污水处理厂的造价就相差无几,如果再考虑环境价值,地下污水处理厂的“性价比”明显要高于地面污水处理厂的“性价比”。

地下建筑的经济优势还体现在受气候影响较小、节能效果好、运营费用低。运营费可分两部分:维修费和采暖与制冷费,地下建筑的维修费比传统的地上维修费少,因为地下建筑的岩土覆盖的内表面没有或极少窗户要维修;没有每隔 10~15a 就要翻新屋顶的工作;地下建筑不必考虑由风、冰、雹、雨、雪或其它自然因素的侵袭。至于采暖和制冷,地下建筑比传统同类用途的房屋费用要省一半到 2/3 以上。图 1 是一个地下与地上建筑使用周期的费用比较^[9,10]。

1982 年,联合国自然资源委员会在瑞典斯德哥尔摩召开了发展中国家地下空间利用讨论会,其

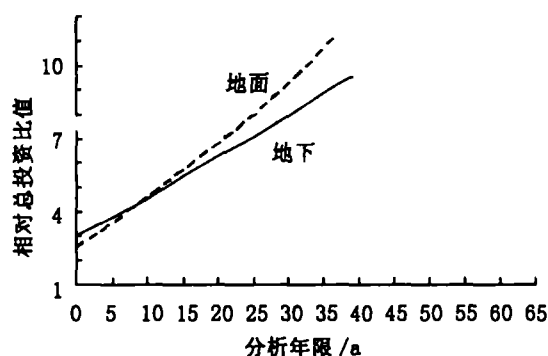


图 1 地下与地上建筑的使用周期费用的比较

Fig. 1 Service life cost of under-and above ground buildings

中,讨论了城市公共设施系统为什么要建在地下等有关问题,特别对地上污水处理厂和地下污水处理厂进行了对比分析(如表 2 所示)^[9,10]。结果表明,地下污水处理厂建造投资略为高于地上污水处理厂,但地下污水处理厂大大节约了城区土地(仅为地面污水处理厂的 8%),并取得了良好的生态环境效益和社会效益。

表 4 地面和地下污水处理厂的投资对比 百万元

Table 4 Comparison of investments for ground and underground sewage treatment plants

投资项目	地面	地下
总投资(征土费用除外)	98.8	118.4
建造费用	68.8	81.4
地面土木工程	55.0	41.2
地下土木工程		23.0
处理设备	13.8	13.8
通风		3.4
其它费用(征土费用除外)	15.8	22.7
建造中资金利息	11.7	13.8
征地费用	$250\,000 \times L$ $20\,000 \times L$	

说明: L: 1978 年平均土地价格为 85 美元/ m^2 。

4 国内外地下污水处理厂现状

4.1 国外地下污水处理厂的发展与现状

国外地下空间的发展已经历了相当长的一段时间,城市地下大型排水及污水处理系统也取得了很好的发展。芬兰在世界上首次于 1932 年开始建造地下污水处理厂,但由于受当时技术条件的限制,地下污水处理厂并未得到快速发展,直至 1991 年,芬兰从环境保护、土地资源节约和经济效益提高的前提出发,同时又考虑到地下空间开发技术已经比较成熟,决定用新建的一座中心地下污水处理厂替换现有的 7 座地上污水处理厂,从而加速了芬

兰地下污水处理厂的发展。1942 年瑞典首都斯德哥尔摩利用当地优越的地质条件和先进的开挖技术,建造了世界上第一座现代化的岩石地下污水处理厂。瑞典的大型地下污水收集和处理系统,不论在数量上还是在质量上,在世界上均处于领先地位,其地下污水处理厂已经成功地运行了 50 多年。瑞典排水系统的污水处理厂全在地下,仅斯德哥尔

摩市就有大型排水隧道 200 km,拥有大型污水处理厂 6 座,处理率为 100 %,其它一些中、小城市中,也都有地下污水处理厂。目前,世界许多国家都在开发地下污水处理厂,如美国、英国、日本等,在这些国家,地下污水处理厂均取得了巨大的经济效益和社会效益。本文将文献报道的国外地下污水处理厂概况做了总结,见表 5^[5,6,11]。

表 5 国外地下污水处理厂概况

Table 5 Data of underground sewage treatment plants abroad

国家	处理厂名称	所在地	处理规模	建成时间	备注
芬兰	Viikinki 污水处理厂	赫尔辛基	$1.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$	1994 年	
	Henriksdal 污水处理厂		$23 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		
瑞典	Bromma 污水处理厂	斯德哥尔摩	$14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		瑞典所有污水处理厂均在地下
	Loudden 污水处理厂		$1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		
挪威	Veas 污水处理厂	奥斯陆	$25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		为挪威最大的地下污水厂
荷兰	Dokhaven 污水处理厂	鹿特丹	$34 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	1987 年	建在废弃多年的船坞码头处
英国	新奇地下污水处理厂	伊斯特本	$21.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		
法国	土伦地下污水处理厂	土伦			建于海边的悬崖边上
	安提普地下污水处理厂	安提普			建于别墅区旁边坡地处
瑞士	日内瓦地下污水处理厂	日内瓦		2002 年	地上两层、地下一层
意大利	Media Pusteria 地下污水处理厂	波尔查诺		1995 年	
摩纳哥	摩纳哥王国地下污水处理厂				
美国		芝加哥			
日本	叶山镇污水处理厂	神奈川县	$2.47 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		山中隧道式处理厂
	大邱地下污水处理厂	大邱市	$4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	2002 年	
韩国	永仁地下污水处理厂	永仁市	$11 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$		
	仁川地下污水处理厂	仁川市	$13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	2005 年	

4.2 我国地下污水处理厂的发展情况

我国建在地下的污水处理厂较少,该项技术起步也较晚。香港地区建造的赤柱污水处理厂,是亚洲第一个建于岩洞内的地下污水处理厂。赤柱地下污水处理厂始建于 1990 年 11 月,1995 年 2 月正式完工,处理水量为 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,服务人口为 27000 人。该处理厂是 1989 年确定的赤柱排水系统及排水规划的主要部分,主要用于处理赤柱半岛、大潭等地区的污水,为维持该地区的景观,污水处理厂决定建于地下。这种地下建造的模式,不但对于环境景观没有影响,对周围邻近居民也未构成任何干扰,取得了良好的社会效益和经济效益。

台北市从 1998 年 2 月开始建设的内湖地下污水处理厂是台湾省第一座地下污水处理厂,其目的

主要是为了缓和日益增加的污水,并改善基隆河的自净能力。除收集基隆河以北及内湖地区的污水外,兼收部分地区家庭污水,其设计处理能力为 $24 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

目前,大陆地区尚未建有地下污水处理厂,但已开始重视该项建设模式,拟建的首座地下污水处理厂——北京市大兴区天堂河污水处理厂,已开始国际招标,拉开了在国内采用地下建设模式的序幕。天堂河污水处理厂位于大兴工业开发区,毗邻北京生物医药基地及区内高档住宅小区,为与周边环境协调,拟采用全封闭、无污染、零公害的地下建设模式。该项目污水处理规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工程分为两期建设,其中一期工程 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期工程 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,拟于 2011 年 12 月投入试运行。

深圳市也计划在布吉建设一座占地 $5 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的地下污水处理厂,污水厂上方建成市政公园,供布吉群众休闲游乐。

5 地下污水处理厂在我国的发展前景

我国过去曾一度将大型化、集中化作为城市污水处理厂建设的主导方向。如单从经济角度考虑,大型污水处理厂固然有其优点,比如规模越大的污水处理厂,其单位造价和管理费用都比小型污水处理厂经济,但与大型污水处理厂配套的、庞大的排水管网系统,其投资往往很高(管道埋深大、泵站提升费用高),将远远超过污水处理厂的建设费用,这在地方政府资金有限的情况下,实施起来难度很大。我国大型城市污水处理厂的建设受城市规划的影响较大,一方面有些地方的城市总体规划不合理,城市排水管网系统未按预期规划方向发展,结果在设计污水处理厂时,由于处理水量预测值过高,造成水厂的设计规模过大,资金严重浪费;另一方面有些地方注重短期规划,在进行污水处理厂规划选址时,选择城乡结合部、人烟稀少或未列入发展规划的区域,建造大型污水处理厂,以节省成本。由于对经济发展速度低估或发展速度超出当初预期,污水处理厂周边日新月异,结果导致污水处理厂成了拖累周边发展的瓶颈。

污水处理厂的建设规模,一般应该遵循因地制宜、由点到面的治理原则,即能在点源和小范围治理的污水,不应拿到面上来解决,不能扩大范围,特别是含重金属和有毒有害污染物的工业废水,如果不在点上治理,将对大型城市污水处理系统的运行带来严重危害。城市污水处理厂的建设还一定要从实际出发,在地方政府缺乏资金以至无力建设大型排水管网系统的条件下,逐渐修建一些小型污水处理厂。小型污水处理厂可实现近处理、就近回用,不仅具有污水收集和中水回用的管网短、可节约资金的特点,而且还可根据各地污水的水质情况,采取有针对性的技术路线,处理效果好。污水处理厂由集中走向分散是一个趋势,现在国外发达国家的污水处理厂一般也在走向小型化,像日本的许多大城市,两三万吨的小型污水处理厂很多。我国正在加快小城市建设,更适合建设小型污水处理厂。由于受到地形条件的限制,某些小型污水处理厂不得不位于居民区和商业中心附近,若要避免或降低对周边环境的影响,节约城市用地,地下污水处理厂成为必然的选择。

城市污水处理厂建在地下的另外一个好处是实现冬天保温,这对我国地处北方寒冷地区城市,有着重要的现实意义。因为我国北方寒冷地区冬季气温很低,而污水生化处理系统需要一定的温度,建在地下不但可以保证稳定的处理效果,而且还可以节约因保温而消耗的大量能源。

由上述分析可见,地下污水处理厂的建设适合我国人多地少、气候差异较大的国情,符合现代化大都市公共设施走向地下和污水处理厂由集中走向分散的发展趋势,因此,随着我国环境治理力度的加大,地下污水处理厂在我国必将具有较好的发展前景。

6 结语

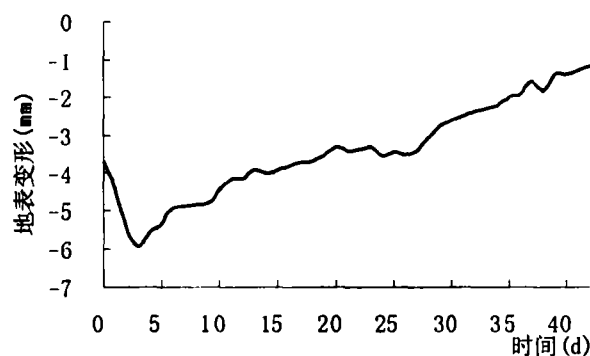
污水处理厂是城市水污染治理的主要承担者,按照建设模式,主要可分为地上式和地下式两种。地上污水处理厂是目前污水处理的主要形式,但由于处于敞开状态,对周围环境和居民生活会产生不良影响,处理效果时常难以保证,占地面积较大,浪费土地资源。

地下污水处理厂在技术上已经相当成熟,而且在海外应用相当广泛。地下污水处理厂由于处于地下全封闭状态,对周围环境的影响较小,与周边环境协调性强,可节约土地资源,防止周边土地贬值,特别适合于在土地资源高度紧张、环境要求高的地区建设,从长远看也符合资源节约、人与自然和谐发展的科学发展观的要求。有理由相信,地下污水处理厂有可能成为水污染治理设施建设的新的发展趋势和发展方向,在改善水环境质量,促进经济与社会协调发展方面,必将起到重要的作用。

参考文献

- [1] 尹军,谭学军. 污水污泥处理处置与资源化利用[M]. 北京:化学工业出版社. 2004
- [2] 郭静,梁娟,匡颖等. 污水处理厂恶臭污染状况分析与评价[J]. 中国给水排水,2002,18(2):41-42
- [3] 郝薇. 城市污水处理厂对周边环境的污染及治理[J]. 给水排水,2004,30(4):15-18
- [4] 姜安玺,孟雪征,曹相生等. 耐冷菌的分离及在低温污水处理中的应用研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2002,34(4):563-569
- [5] 郝晓地, Mark van Loosdrecht. 荷兰鹿特丹 DOKHAVEN 污水处理厂介绍[J]. 给水排水,2003,29(10):19-25

(下转第 1345 页)



(b) 融沉注浆期间通道中部地表变形曲线
(b) Ground settlement above the middle of connected aisle during thaw settlement grouting construction

图9 通道中部地表变形曲线
Fig.9 Curves of ground settlement above the middle of connected aisle

在图9(a)中,因冻结钻孔过程中的水土流失,地表起初产生沉降。在冻结一周之后,土体冻胀才得以表现出来。冻胀量在冻土帷幕交圈时达到最大值,随后开始回落并趋于稳定。图9(b)为融沉注浆期间的地表沉降曲线。融化沉降起初较大,后随着注浆量的增加,沉降得到控制,地表开始上抬。整个融沉注浆施工地表变形沉降量小于3 mm,最大抬升量小于1 mm,完全控制在设计的范围内。

5 结语

(1)实践证明冻土帷幕和冻结工艺设计合理,利用地表、地铁隧道的跟踪变形监测数据及其它信息指导、调整各环节的施工工艺,是保证施工安全的重要措施。

(2)土体冻结时引起的过量冻胀通过设置压力释放孔,局部冻结等措施得到了有效地控制。

(3)土体融沉通过强制解冻融沉注浆得到了控制。上海轨道交通杨浦线(M8线)曲阳路站~虹口足球场站区间隧道联络通道首次采用强制解冻冻胀融沉注浆技术获得了成功,实践为同类工程积累了经验。

(4)实践证明冻结法因其加固强度高、所需时间短、整体稳定性好、隔水性能好等优点,成为了地铁联络通道穿越富含水,稳定性差软弱地层的可靠工法。该工法是一项安全性好、可靠性高的含水软土地层加固新技术,同时冻胀融沉的有效控制也为冻结法在市政工程中的应用开辟了广阔的前景。

参考文献:

- [1] 张庆贺等. 地铁区间隧道旁通道施工及监测技术[J]. 施工技术, 2001, 30(1): 32~33
- [2] 周晓敏, 苏立凡, 贺长俊等. 北京地铁隧道冻结法施工[J]. 岩土工程学报, 1999, 21(3): 319~322
- [3] 徐晶. 冻结法在上海地铁联络通道施工中的应用[J]. 中国市政工程, 2004, 5

(上接第1319页)

- [6] 包太, 朱可善, 刘新荣. 国内外城市地下污水处理厂概况浅析[J]. 地下空间, 2003, 23(3): 335~340
- [7] Kamppi A. Viikinkäki: Helsinki's new central wastewater treatment plant[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 1994, 9(3): 373~377
- [8] Johansson E. J. W. Treating sewage underground[J]. Tunnels & Tunnelling, 1995, 27(7): 21~23
- [9] 刘新荣, 包太, 朱可善. 重庆市建造地下污水处理厂的可行性分析[J]. 重庆大学学报, 2004, 27(4): 103~106
- [10] 李相然. 地下空间利用的经济问题探讨[J]. 地下空间, 1995, 15(2): 118~123
- [11] Wilson D. Underground solution for wastewater treatment plant[J]. Tunnels & Tunnelling, 1994, 26(11): 24~26