

地下式污水处理厂优缺点的探讨及工程实例

李天然

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 成都 611130

【摘要】：地下式污水处理厂与地上式污水处理厂各有优缺点，城市污水处理厂的建设有了新的选择。大理市某污水处理厂是位于大理市洱海畔的一座全地下式污水处理厂，设计规模 $1.0 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ ，采用 CAST 工艺。本文通过工艺的选择、占地、地面空间的利用、投资和节能技术的应用等方面讨论了地下式污水处理厂的优缺点，并对地下式污水处理厂的选择给出了建议。

【关键词】：地下式污水处理厂；CAST 工艺；优点；缺点；新选择

前言

随着我国城镇化进程的逐渐加快和城市的快速发展，除了污水量的快速增长外，还出现了城市包围污水厂的问题，但是传统的污水处理厂因为臭气和噪音等问题难以融入城市。而随着国内第一座地下式污水处理厂，深圳布吉污水处理厂的建成运营，城市污水处理又有了新的选择方向，近些年来全国各地有多处地下式污水处理厂建成或在建。

1 污水处理厂的形式与特点

污水处理厂有地上式和地下式，其中地下式又分为半地下式完全地下式。

地上厂的优点：

- (1) 投资少；
- (2) 管理方便，运行成本低；
- (3) 建设难度小；
- (4) 建设时间短；
- (5) 设计难度小；
- (6) 安全性高。

缺点：

- (1) 占地面积大；
- (2) 与周边环境不协调；
- (3) 对环境影响大：噪声、臭气；
- (4) 运行易受外界环境影响。

地下厂的优点：

- (1) 占地面积小；
- (2) 资源有效利用，地下结构紧凑，地面部分可利用

形式多样；

- (3) 厂内环境恒定，运行不受外界条件影响；
- (4) 环境友好，对周边环境影响小；
- (5) 有利于城市的景观和谐；
- (6) 可提升周边土地利用价值。

缺点：

- (1) 投资高；
- (2) 设计难度大，设计精度要求高；
- (3) 对安全性要求高；
- (4) 建设难度大，建设周期长；
- (5) 运行费用较高。

2 地下式污水处理厂的选择

地下式污水处理厂的选择本质上是用地面积和工程投资的一种平衡。土地资源作为一种不可再生的资源，在城市的发展规划中占有重要地位，而地下式污水处理厂在一定程度上满足了这种平衡。

传统地上式污水处理厂在设计选址时必须满足“厂址与规划居住或公共建筑群的卫生防护距离应当根据当地具体情况，与有关环保部门协商确定，一般不小于 300m ”^[1]。在满足卫生防护距离的情况下，占用了大量的土地无法得到利用，而且对水厂周边的环境有多种不利影响。

而地下式污水厂，在技术可行的情况下，可以用较高的投资来换取更小的占地和更好的环境效益。相比于地上厂单调的地面景观，地下厂的地面部分利用形式多样化，有更多的选择。比如北京通州碧水污水厂利用天河的概念打造了北部地区第一座科普教育基地；贵阳麻堤河污水厂的地面开发

成休闲娱乐的公园；而在土地资源极为有限的日本，甚至与商业地产进行了结合，大大提高了周边的土地价值。总之其开发形式与城市发展相结合，具有明显的优势。

但是，即使在投资、地面空间利用等方面均满足要的情况下，地下式污水处理厂的选择还是会受到限制。在有“山城”之称的重庆，地形相当复杂，落差大。应结合实际地质地形，采取地上与地下，地上与半地下相结合的方式进行污水处理厂的建设，从而节约投资，并与周边环境更好的结合^[2]。

因此，对于半地下与全地下式污水处理厂的选择要根据实际情况而定。其优缺点见表1。

表1 半地下式、地下式优缺点比较^[3]

项目	半地下式	地下式
上部空间利用	上部空间可利用形式单一	上部空间利用率高，利用形式多样化，可与周边结合，影响小
通风换气	采取简单的通风换气措施	地下式布置对通风换气的要求高，应设有专用的通风换气间
消防	满足一般的消防要求	消防要求高，应满足相应规范的要求，设置专门的消防灭火系统
运行	运行管理成本较低，对运行人员健康影响小，维护检修较方便	运行管理成本高，对运行人员健康影响较大，维护检修不便

3 工程实例

3.1 项目概况

大理市某污水处理厂近期规模5000m³/d，远期规模10000m³/d。该厂为全地下式新建污水处理厂，用于处理环湖截污的污水与初期雨水，近期服务面积1.6km²，远期服务面积3.03km²。其主要工艺流程见图1。

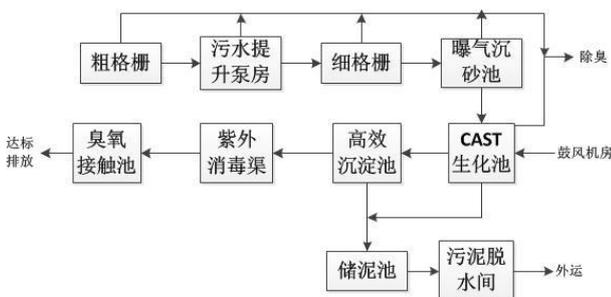


图1 工艺流程图

该污水处理厂出水水质指标执行优于《城镇污水厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级A标准设计，其进

出水水质主要指标见表2。

表2 设计进出水水质

项目	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	pH
进水指标	200	450	200	55	4.4	45	6~9
出水指标	10	50	10	15	0.5	5	6~9

3.2 工艺选择与占地

该污水处理厂的主体工艺选择的是CAST工艺，其工艺的选择是由用地面积决定的。大理市地处滇西中部，横断山脉南端，是一个依山傍水的高原盆地。山区面积占总面积的67.27%，水域面积占总面积的17.02%，坝区面积仅占总面积的15.71%，且呈狭长条形分布于山脚。作为旅游胜地其可利用土地资源有限，极为宝贵。因此必须选择占地小的处理工艺，目前较成熟的可选工艺为MBR与CAST。

其中，MBR工艺节约用地，出水SS与色度极低，但是其投资远高于其他工艺，在后期运行中费用高，同时对于膜的清洗要求较高，需要定期跟换，也增加了运行费用。

而CAST工艺，运行费用低，不需要二沉池，箱体内存构筑物紧凑结合使得箱体面积较小。同时，将远期CAST生化池在近期作为调蓄池使用的设计，进一步缩小了箱体的面积。

最终，该污水处理厂选择了CAST工艺，总用地面积仅15.3亩。地下箱体平面为75.6m×56.6m，箱体高度为13.7m，顶板覆土厚度为1.5m；整个箱体分为2层，负一层为操作层，负二层为池体层和管廊层。

按《城市污水处理工程项目建设标准》进行计算，10000m³/d的地上式污水处理厂占地为2.5~3.0hm²，其中深度处理按0.8m²/吨水计算，生产管理与生活福利用房仅按二级污水厂计算。与实际占地比较，节约了1.48~2.98hm²，大大节省了征地费用。

3.3 工程投资

地下式污水处理厂相比于地上式污水处理厂，其投资的增加主要来源于深基坑费用(结构专业)及通风(暖通专业)等。该污水处理厂总投资9236.22万元，吨水投资9236.22元/吨，其中费用增加部分的投资见表3。

表3 投资增加部分明细

项目	投资/万元
厂区土石方	715.66
挡土墙	193.29
深基坑支护	1231.68
降水	100
通风设备	44.29
合计	2284.92

与国内其他地下式污水处理厂的投资对比见表4。

表4 国内部分地下污水处理厂(再生水厂)投资对比

项目名称	建设规模 (万 m ³ /d)	总投资 (万元)	吨水投资 (元/m ³)
北京郑王坟再生水厂	60	533633	8893.88
合肥清溪净水厂	20	123926.83	6196.34
北京稻香湖再生水厂	8	47324.42	5915.55
上海嘉定南翔污水厂	10	75658.00	7565.80
贵阳青山再生水厂 ^[4]	5	30134.12	6026.82
贵阳麻堤河再生水厂	3	19289.26	6429.75
昆明第十一污水厂	6	56758.87	9459.81
昆明第九污水厂	10	65000.00	6500.00
昆明第十污水厂	15	74700.00	7470.00
烟台套子湾污水厂二期	10	59300.00	5930.00
广安再生水厂	5	24806.00	4961.20

由上表可知地下式污水处理厂的投资差距较大,这是由多种因素导致的,而地质地形和设备是其中比较重要的。比如广安再生水厂,其地质条件较好,本身就是洼地,因此基坑费用较低;而地下厂的设备使用进口设备和国产设备也会造成投资的差异。

就中小型(Q≤20万 m³/d)地上污水处理厂而言,因规模、工艺及设计等方面的差异,其吨水投资主要分布在1500~3000元/吨^[5]。

因此,地下式污水处理厂的投资一般是地上式的2~5倍。

3.4 地面空间利用

大理是旅游胜地,古迹与自然风光俯拾皆是,而该污水处理厂的占地面积并不大,并不适合打造为公园或者广场等。

受地形限制,该地区人口稠密街道狭窄,且旅游业发达,导致车辆众多,车流量大,停车位紧缺。该污水处理厂上部空间因地制宜的建设成停车场,且紧邻双廊高速收费站利于车辆的停放。

3.5 节能技术的应用

该污水处理厂使用了封闭式中水源热泵系统。

水源热泵服务于地面的综合楼,总服务面积2200m²,系统中水设计温度为10℃(冬季)/20℃(夏季),中水设计温差为3℃(冬季)/5℃(夏季)。系统使用两台内切中水源热泵机组,单台制冷量115kw,制热量113kw。

大理太阳高度角大,光照资源好,太阳全年可照射时数在4400小时左右,多年平均日照时为276.6小时。坝区年太阳总辐射量133~142千卡/平方厘米。该污水处理厂预留了光伏发电接口,便于后期的节能提升。

3.6 安全措施

双廊污水厂是全地下式污水厂,为了保证厂内工作人员的身心健康,保持良好的厂内空气环境,对厂内的通风和除臭有较高的要求。

除臭:需要除臭的构筑物有整个预处理部分,CAST生化池、调蓄池(远期生化池)和污泥脱水间四个部分。考虑到风量平衡,分为预处理除臭系统和生化池、调蓄池及污泥脱水间除臭系统,除臭风量均为10000m³/d。使用两级除臭工艺,处理后的气体经出气口统一排放,出气口设置于地面绿化带,经绿化带进一步吸收后,对周边环境影响较小。

通风:双廊污水厂建筑功能为地下式污水处理厂,建筑类型为戊类厂房,总建筑面积约8557.92m²,通风设计满足国家建筑空调与防火的相关规范。全厂通风系统包括:1、防烟楼梯间及其前室机械加压送风系统;2、高、低压配电间平时通风兼灭火后的机械通风系统;3、污泥配电间的机械通风系统;4、碳源投加间机械通风系统;5、污泥处理部分、预处理机械通风系统;6、CAST生化池、高效沉淀池机械通风系统;7、提升泵房、尾水泵房、消防泵房机械通风系统;8、近期调蓄池机械通风系统;9、地下二层管廊区机械通风系统。总共配置了9台低噪声离心风机箱,XPL-I No9B,L=4280m³/h。

4 结论

(1) 地下式污水处理厂可在一定程度上解决污水厂占地与城市发展需要的平衡。

(2) 地下式污水处理厂的出水达标, 甚至达到更高的标准。

(3) 地下式污水处理厂地面部分空间利用多样化。

(4) 地下式污水处理厂的选择需谨慎, 不能盲目。需要根据当地的规划、地质地形、经济实力等因素进行综合考虑。

5 结语

地下式污水处理厂相比于传统的地上式污水处理厂拥有其优势的同时, 也有其劣势。是污水处理厂发展的一种新的探索, 城市发展的新选择。

参考文献:

[1] 给水排水手册手册-第五册 城镇排水.

[2] 刘亚丽,罗翔,陈治刚,等.山地城市污水处理厂建设模式探索[J].城市规划,2013,12(6):3-6.

[3] 邱明,杨书平.地下式污水处理厂工程设计探讨与实例[J].中国给水排水,2015,31(12):48-51.

[4] 何国刚,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.

[5] 李俊奇,张颖夏,向璐璐,等.中小型城市污水处理厂技术经济调查与分析[J].中国给水排水,2006,22(10):13-16.