案例：总磷限值0.05mg/L的污水厂升级改造怎么做？

昆明市第十四污水处理厂设计规模20万m^3/d，配套建设一级强化处理设施规模40万m^3/d，采用全地下建设型式，出水水质标准优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准，其中TN为5mg/L，TP为0.05mg/L。处理工艺采用二级生化＋生物滤池＋气浮池＋炭砂滤池+消毒工艺，处理后的尾水排至金汁河，回补河道满足景观水体要求。

1工程概况

昆明市第十四污水处理厂服务范围位于昆明主城北片区，北至西北绕城线-松华坝水库，南至长虹路-圆通山-联盟路，西至云南警官学院-长虫山，东至穿金路-清水河-金浑公路-支161公路，规划面积约69.3km2，规划人口117万人。辖区内已建2座污水处理厂，分别为第四污水处理厂，设计规模6万m^3/d；第五污水处理厂，设计规模18.5万m^3/d，污水收集管网干管系统基本形成。

目前第四、第五污水处理厂均满负荷运行，且两厂均无扩建用地。根据服务流域内水量监测污水量已达到30万m^3/d左右，考虑到北片区地块快速发展趋势，规划年限污水量将增加到44.5万m^3/d。现状污水处理设施无法满足片区污水处理需求，有必要尽快新建污水处理厂，拟建的第十四污水厂位于盘龙江东侧、宝云路南侧、沣源路北侧，盘龙区政府的西侧，总用地约7.83hm2，现状为公园绿地及待建空地，地势较低。

2设计进出水质

2.1旱季出水水质

按照《滇池流域水环境保护治理“十三五”规划（2016~2020年）》及《滇池保护治理三年攻坚行动计划实施方案（2018~2020年）》的要求，结合国内其他地区高标准城镇污水处理厂尾水排放标准及滇池蓝藻暴发成因研究成果，昆明市第十四污水处理厂出水水质要求达到昆明市实施的《昆明市城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》A级标准（水质指标见表1）。

表1 设计进出水水质

Tab.1 Design water quality of influent and effluent

水质指标	COD /mg/L	BOD_5 /mg/L	SS /mg/L	TN /mg/L	NH_3-N /mg/L	TP /mg/L	大肠菌群 /个/L
旱季进水	400	240	300	40	32	5	
旱季出水	20	4	5	5(8)①	1.0(1.5)①	0.05	1 000
雨季进水	140～175	60～100	75～150	30～31.6	15～15.8	3.0～5.0	
雨季出水	70	30	30	30	15(20)②	2	

注：①括号内数值为水温小于12 ℃时的控制指标；②仅限于每年12月1日至次年1月31日执行。

给水排水

2.2雨季出水水质

目前，第十四污水处理厂服务范围内，即主城北片区存在着严重的雨季合流污水溢流污染问题，对盘龙江的水质保护和滇池水环境的改善造成了不利影响，因此，本工程在确定雨季处理规模时，充分考虑了服务范围内雨季面源污染负荷的削减。

但是，考虑到节约污水处理厂建设投资和运行成本，同时考虑到本工程尾水受纳水体金汁河、盘龙江在雨季时流量增大，水体环境容量增加，雨季时合流污水处理工艺进行了分类，在充分利用旱季污水处理设施高峰能力，并达到旱季出水标准的前提下，对超量合流污水采用一级强化处理，最大限度减少合流污水的污染。出水水质达到昆明市实施的《昆明市城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》E级标准（水质指标见表1）。

2.3设计进出水水质

根据昆明北片区已建的第四、第五污水处理厂旱季及雨季现状水质统计分析，考虑周边发展区域的性质，设计进出水水质汇总如下（水质指标见表1）。

由表1分析可见，旱季出水标准执行更为严格的昆明市地方标准《昆明市城镇污水处理厂主要水污染物排放限值》中A级标准，尤其COD、TN、TP优于GB18918-2002一级A指标。雨季超量的合流污水出水标准执行《昆明市城镇污水处理厂主要水污染物排放限值》中E级标准。

3处理工艺

本工程出水水质要求较高，仅靠常规二级生化脱氮除磷功能的污水处理工艺，无法大幅度削减COD、BOD5、SS、TN、NH3-N、TP等污染物浓度，要达到昆明地标A级排放标准，在二级生化处理的基础上，还要增加深度处理工艺。

常见二级生物脱氮除磷工艺有AAO、氧化沟、MSBR和MBR等工艺，每种处理工艺各有特点，在国内外均有较多成功案例，考虑到本工程为地下污水处理厂，重点比选了多段AAO+双层二沉池和MSBR工艺，为尽量减少地下箱体的占地面积，推荐二级生化处理工艺采用MSBR工艺。

深度处理工艺包括生物深度处理和物化深度处理，生物深度处理主要用于进一步降低COD、BOD5、TN及NH3-N等指标，通常采用生物滤池、MBBR工艺等，其中生物滤池应用较广。物化深度处理主要用于去除SS、TP、COD、BOD5、重金属、细菌、病毒等，通常采用混凝沉淀、混凝气浮、过滤、活性炭吸附、臭氧氧化及膜技术等，视处理目

标的不同，可以采用以上工艺的组合。

考虑到高速气浮处理占地小、表面负荷高、除磷效果好等特点，物理除磷技术采用混凝+高速气浮工艺；臭氧氧化和膜技术虽然对COD、SS、色度等处理效果好，但是运行成本较高，为保证COD、SS指标达标推荐采用砂过滤+活性炭吸附工艺，视出水水质可超越活性炭滤池。

综合以上分析，本工程对旱季出水指标较高，处理工艺经多方案比选，推荐采用MSBR+生物滤池+混凝气浮+砂过滤+活性炭吸附+消毒工艺，工艺流程如图1所示。

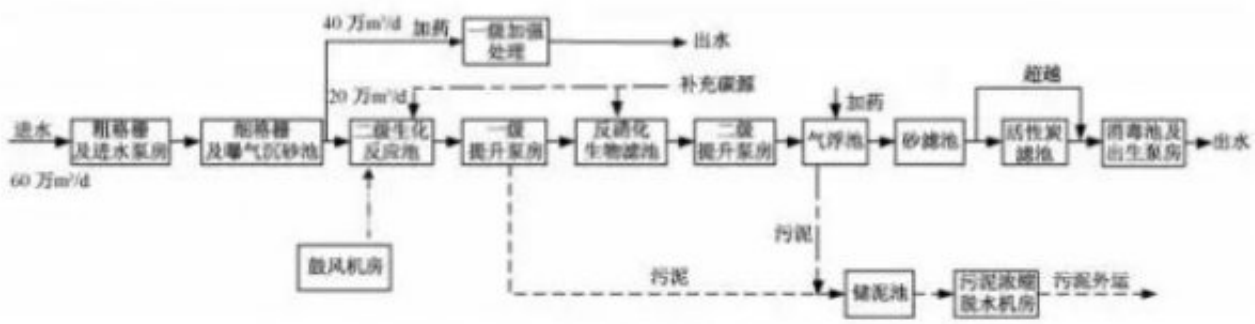

图 1　污水处理厂工艺流程

4建设型式及平面布置

昆明主城北片区地势北高南低，东西两侧地势较高，向中部盘龙江落坡，拟建污水处理厂靠近城北片区南侧，片区地势较低，并且靠近河道，方便尾水排放和中水回用。由于北片区开发强度较高，可供建厂的空地较少，经多厂址比选，现状田溪公园地势开阔，拆迁量较小，地势较低，适合建厂，总控制用地约7.83hm2，按照绿地规划要求，不能因污水处理厂建设减少绿地面积，因此污水处理厂建设型式采用地下式，污水处理厂建成后原状恢复公园。

根据现场建筑物、河道、地下管线实际情况，地下污水处理厂南北向布置，南北长500m，东西宽177m，地下箱体形状不规则。地下箱体总平面布置如图2。

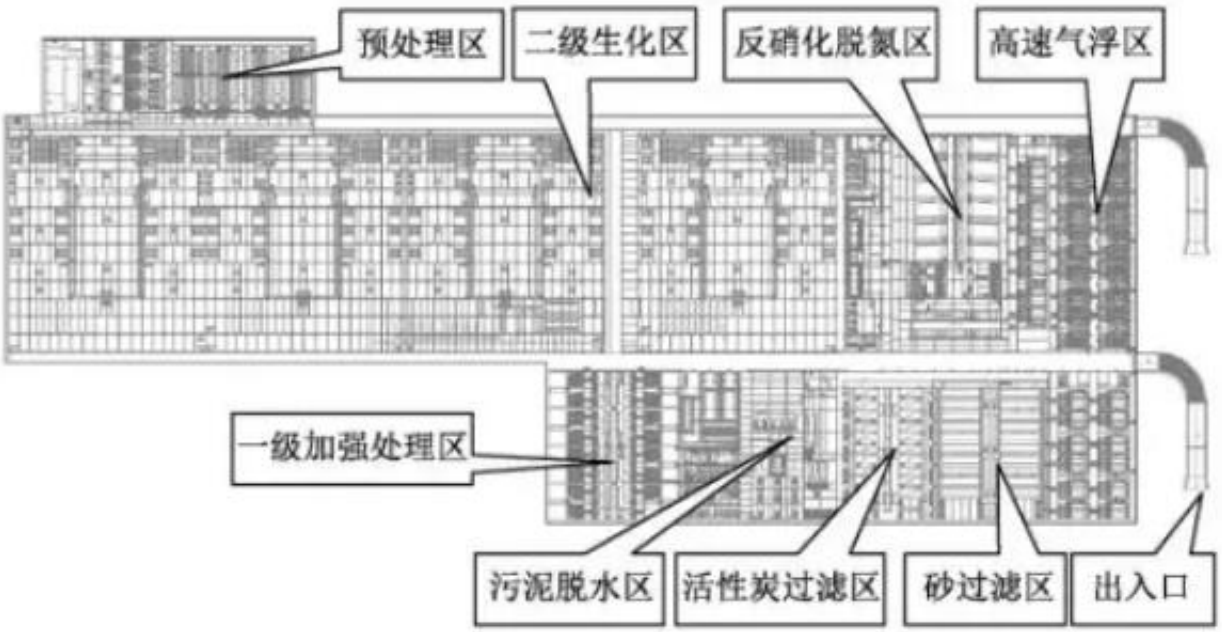

图 2　地下箱体总平面布置

5主要设计参数

5.1预处理构筑物

预处理构筑物包括粗格栅间及进水泵房、细格栅及曝气沉砂池，设计规模按照旱季20万m^3/d，雨季增加40万m^3/d，一次建成。

5.2一级加强处理构筑物

一级加强处理设计规模40万m^3/d一次建成，构筑物型式采用高效沉淀池，共4座，每座2池，总尺寸L×B×H=60.1m×53m×9.3m，沉淀区表面负荷9.3m^3/(m2·h)，混合区水力停留时间51s；絮凝池水力停留时间13.1min。

5.3MSBR反应池

设计规模20万m^3/d，混合液浓度MLSS为3.5g/L，污泥负荷LS为0.064kgBOD5/(kgMLSS·d)，总停留时间HRT为25h（含沉淀时间），最大气水比7.4：1，剩余污泥产量23551kg/d，碳需氧量1 25kgO2/kgBOD5，氮需氧量4.6kgO2/kgTKN，空气堰堰口负荷7.95L/（m·s）（平均）、10.34L/（m·s）（高峰），有效水深8m。

5.4反硝化生物滤池

设计规模20万m^3/d，设计滤速（高峰）为8m/h，强制滤速（高峰、一格反冲洗）为8.7m/h，反硝化负荷为0.13kgNO-3-N/(m^3·d)，空床接触时间（高峰）为26.2min；碳源为30%有效含量的液态乙酸钠。

5.5高速气浮池

设计规模20万m^3/d，接触区上升流速表面负荷为60～70m^3/（m^2·h），分离区向下流速表面负荷为9～10m^3/（m^2·h），溶气压力为0.35～0.4MPa，回流比为20%～30%。

5.6气水反冲洗砂滤池

设计规模20万m^3/d，滤池共2座，每座6格，高峰流量滤速为8.26m/h，强制滤速为9.92m/h。单格有效面积为110m^2。气水同时反冲洗时，气洗强度55m^3/（m^2·h），水洗强度15m^3/（m^2·h）；单独水反冲时强度为15m^3/（m^2·h），反冲洗全过程伴有表面扫洗，表面扫洗强度8m^3/（m^2·h）。

5.7活性炭滤池

设计规模20万m^3/d，滤池共1座，12格，设计滤速（高峰）为14.1m/h，强制滤速（高峰、一格冲洗）为15.4m/h，活性炭滤料厚度为3m，空床接触时间（高峰）为12.7min。连续运行，根据滤池水头损失，对滤池进行反冲洗。

6工艺流程各阶段污染物负荷消减分析计算

本工程对出水水质要求较高，工艺流程各阶段对污染物负荷消减的侧重点不同，通过二级生化处理对各污染物大幅消减，反硝化滤池通过补充碳源进一步生化处理加强TN的去除。在二级生物除磷的基础上通过高速气浮池加药除磷增强TP的消减，滤池通过砂滤和活性炭吸附加强对SS、COD等污染物的过滤和吸附去除，最后通过加氯消毒保证中水回用水质达标，通过紫外消毒保证出水水质达标。工艺各阶段对污染物负荷削减计算过程如图3所示。

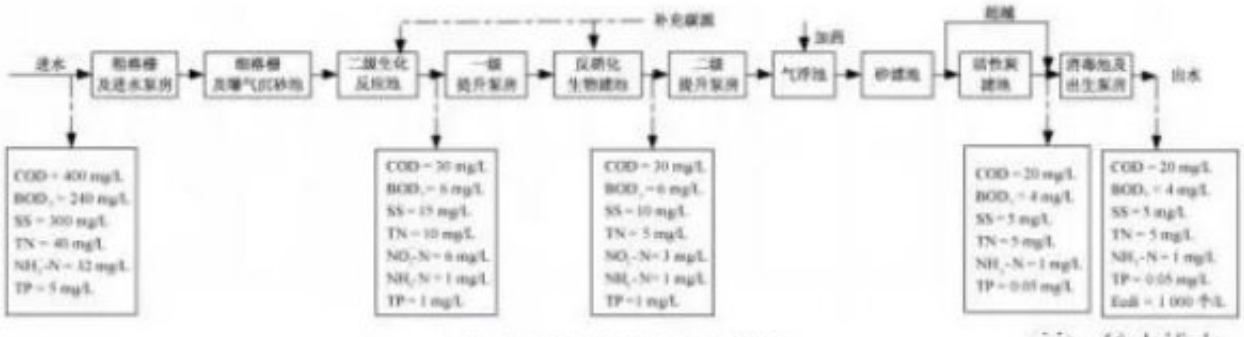

图 3　各工艺对污染物负荷削减情况

Fig.3　The load reduction of pollutants in various processes

7设计要点

由于污水处理厂位于地面下，为了防止污水处理厂水淹，总进水处需至少设置一道正向速闭闸门，并且速闭闸门现场按钮箱应抬高至操作平台以上1.5m以上。粗细格栅选型应根据格栅上部净空高度选择，粗格栅选型宜为回转式、动轨式，细格栅选型宜为内径流式或转鼓式。曝气沉沙池排砂方式宜采用池底螺旋排砂，便于密封除臭，采用行车式吸砂，池体上部需要橡胶板密封除臭，效果欠佳。

地下污水处理厂反应池池型宜选择沟流式，可以减少立柱对水流流态的影响；好氧区曝气巡视观察不便，曝气盘连接管道宜选用不锈钢管道，寿命优于塑料管道。地下污水处理厂检修不易，各池均宜设置单格放空措施。

为便于观察紫外消毒池出水水质，消毒池上部易敞开，除地下箱体照明外此处宜增加灯光照明强度。中水回用消毒剂次氯酸钠属危险化学品，不得放置于地下箱体内，可放置在顶板以上，节约空间，加药靠重力进药，无需进药泵。由于地下污水处理厂鼓风机散热不易扩散，宜配备空调系统。受地下污水处理厂净空限制，脱水机房污泥料仓宜采用“矮胖型”，并且此处顶板宜局部抬高，增加净空高度。

现行建筑防火规范中对地下式污水处理厂地下建筑并未有明确的相关条款，消防设计需要与当地消防部门密切沟通。地下污水处理厂在除臭系统及通风系统的作用下，产生的可燃性气体远低于该气体的爆炸燃烧极限，并远低于《建筑设计防火规范》(GB50016-2014)中规定的“可不按物质火灾危险特性确定生产火灾危险性类别的最大允许量”，地下箱体内臭气（可燃性气体）将维持在一个相当低的浓度水平，一般不做防爆要求。

8小结

（1）设计出水标准要求高，出水指标COD20mg/L、TN5mg/L、TP0.05mg/L等优于GB18918-2002一级A标准。

（2）采用MSBR工艺加反硝化生物滤池、气浮池、过滤、活性炭吸附等组合工艺，保证处理效果。可根据进水水质的变化，超越部分处理单元，运行管理方便，节省运行费用。

（3）受选址影响，为了体现环保、节能、节地、绿色的理念，本工程采用全地下布置型式。与地上污水处理厂相比，用地面积节省50%以上；由于设备及构筑物均位于地下，产生的噪音、震动不会对周边环境造成影响；产生的臭气处于全封闭空间，便于收集处理。另外污水处理厂位于地下，温度较恒定，有利于污水处理工艺各阶段的稳定运行。顶部建成对公众开放的公园，美观性较好。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/135278.html