

浅谈西部小城镇污水处理系统

唐然，龙腾锐，姜文超，龙向宇

（重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室，重庆 400045）

摘 要：本文结合西部小城镇的特点，认为西部小城镇污水处理系统的排水体制以截流式合流制为宜，污水处理工艺首选 SBR 系列、氧化沟系列和 BAF 工艺，污染物排放标准应结合受纳水体的环境容量来确定。

关键词：西部小城镇；排水体制；处理工艺；排放标准

西部大开发战略为西部小城镇的发展带来了良好的契机，各地在积极进行小城镇建设时对水环境造成的污染也日益严重。一方面，西部地区是我国诸多大江大河的发源地，生态环境脆弱，加强小城镇污水处理系统的建设迫在眉睫；另一方面，西部地区经济欠发达、技术力量落后、地理条件差，如何针对西部小城镇的自然、社会、经济和技术特点建立切实有效的污水处理系统成为世人关注的热点。本文就此对西部（主要指西南）小城镇污水处理系统的排水体制、污水处理工艺及污染物排放标准问题作了一些探讨。

1 排水体制

健全、完善的排水体制既是小城镇可持续发展的基础，也是污水处理厂正常稳定运行的前提。排水体制常被分为合流制和分流制两大类，其中，合流制可分为截流式、直排式和完全处理合流制三种，分流制也可分为完全、不完全和截流式分流制三种。直排式合流制对水体污染严重，现已不予采用；截流式合流制在雨期会溢流部分污水到水体，周期性地对水环境造成一定污染；完全处理合流制对水体环境的污染最小，但对污水处理厂的要求高、投资大，实际中鲜有采用。分流制将生活污水与工业废水由污水管道排除，雨水由雨水管道排除，为系统终端的分质处理和处置提供较理想的条件，是种理想排水体制，但实用时较难做到完全的分流。

1.1 西部小城镇排水体制现状

西部小城镇普遍存在排水体制不健全的情况，四川、重庆小城镇现状排水管网普及率约 40% ~ 60%，三峡库区重庆段建制镇与集镇的排水密度分别仅为 233 m/hm^2 和 131 m/hm^2 ^[1]。合流制较多，分流制较少，许多尚未修建（或筹建）污水处理厂的小城镇尚只有明渠或简单排水渠道，生活污水、雨水甚至包括生产废水常常混合通过简单的排水明沟或暗渠等直接排入就近河流。

新建区采用分流制，老城区是合流制并通过增设截污干管分阶段逐步改造为分流制是多数小城镇的排水体制规划，部分经济实力稍强的小城镇已按此建设、改造了城镇管网，但实际效果却不尽人意，表现在：

① 分流制中很难做到完全分流：在采用分流制的新建区，存在排水体制混乱的状况。首先，人为或无意造成的雨水管道和污水管道混接、乱接或错接现象十分严重。其次，某些企业、餐饮业、建筑业向雨水管道乱排污水。另外，市政管道不完善或滞后，导致分流制小区的雨水管只能接到市政污水管道。种种原因使得按分流制设计的管道实际按合流制方式运行。由于城镇排水监管措施及法规不完善，居民科学文化素质尚且不高，排水制度混乱的状况还将继续存在。

② 老城区改造困难：合流制的老城区改造成分流制时，不仅要改造城市道路排水干管，还要改造干管服务区内所有单位的支管。改造时，由于合流制的污水管道既接有污水管又接有雨水管，管

道取舍和施工的工作量大。此外，老城区一般人口密集、建筑紧密，改造时需大量拆迁，拓宽道路，工程历时长，耗资大。因此，老城区改造迟迟提不上议程。

③ 管网不完善现象仍然严重：即使污水处理厂的截污主干管已修好，但处理厂实际处理能力仍长期达不到设计规模，表 1 列出了部分西部小城镇污水处理厂的处理规模情况。

1.2 建议采用截流式合流制

小城镇排水体制应结合城镇总体规划，考虑原有排水设施、当地自然条件、水体因素，综合环境、经济和社会效应来确定。针对西部地区排水体制不健全，市政资金缺口大，多丘陵、山地和高原地形，人民环保意识尚薄弱的现状，认为截流式合流制是一种宜于西部小城镇的排水体制，经济条件差的城镇可先修合流制，在拟建污水处理厂时，再增设截污干管将合流制改为截流式合流制。下面将从环境保护、基建投资、施工难度三个方面论述：

表 1 部分污水处理厂设计规模及实际处理规模 (×10⁴ m³/d)

处理厂	设计规模	实际处理规模	当地污水总排放量	备注
A	4	1~2	6	已运行 3 年
B	5	1		自备水源较多，水厂供水量 2.5~3×10 ⁴ m ³ /d
C	4	2.4		
D	5	1~3		分流设计，实为合流
E	4	3.5	5.4	

注：大写英文字母为处理厂的代号，均运行一年以上

① 环境保护：已有研究表明，对亚热带或温带地区，合流制在瞬间污染、年度污染总量、重金属污染等方面的污染效应不一定大于分流制^[2]。截流式合流制在雨期的溢流污水可能会对水体环境造成一定污染，但这种污染的历时不长。而且，在初期雨水污染严重的地区，截流式比分流式更利于改善水体水质，尤其对封闭或半封闭水体。

② 基建投资：合流制的管道长度远小于分流制排水系统，后者的管道造价是前者的 1.2~1.4 倍。此外，美国在 20 世纪 60 年代的研究表明，保留合流制并增建截污管与将合流制改为分流制的投资之比为 1:3^[3]。

③ 施工难度：合流制仅有一条排水管道，对地下建筑物的矛盾小，施工建设较分流制方便，尤其适于街道狭窄、地下空间紧张的山地城镇。

2 污水处理工艺

如今，世界上可供选择的污水处理工艺技术众多，按作用原理，可分为：物理法、化学法和生物法，其中生物法在城镇污水处理中的应用较多。生物法大体可分为两大类，一类是生物悬浮生长的活性污泥法，一类是生物附着生长的生物膜法。我国城镇污水处理使用较多的工艺有：传统活性污泥法、A/O 工艺、A²/O 工艺、SBR 工艺系列、氧化沟工艺系列、AB 工艺、BIOLAK 工艺、BAF 工艺和水解—好氧处理工艺等，另外，自然净化处理工艺也有应用，如人工湿地、氧化塘等。

2.1 污水处理工艺现状

据不完全统计，四川省目前已建、在建的污水处理厂大约 40 余家，其中设计处理能力低于 5 万 m³/d 的已建和在建小型污水处理厂 30 余家，工艺主要包括 SBR 系列、氧化沟系列、生物膜法等，自然净化处理工艺尚未见报道。云南省已建和在建的城镇污水处理厂 35 余家，设计规模 5 万 m³/d 以下的 20 余家，多数采用氧化沟和 SBR 工艺系列。三峡库区将于 2010 年前建成城市污水处理厂 151

家，设计规模基本为 3 万~5 万 m³/d，大部分采用氧化沟和 SBR 工艺系列，个别为生物膜法。

2.2 讨论与建议

小城镇污水处理工艺应根据处理规模、当地自然条件、受纳水体功能、环境容量、城镇的经济社会条件和环境要求等综合因素来确定，应该经济、高效、节能和简便易行。西部地区大多数城镇经济欠发达，污水专业技术人员缺乏，且多高原、山地、丘陵地形，小城镇污水处理工艺除应满足污染物去除要求外，还应具备工程投资少、处理成本低、工艺运行稳定、操作管理方便及占地面积小等特点。通过对国内 40 余家小城镇污水处理厂的实地了解，认为 SBR 系列、氧化沟系列适于西部小城镇 5 万 m³/d 以下的污水处理厂，此外，BAF 工艺也有一定市场。

2.2.1 工程投资

此处所指的工程投资主要指厂内土建费和设备费，不含征地费和厂外管网费。工程投资额往往与设计规模、构筑物结构类型、设备种类和数量有关。在 10×10⁴ m³/d 规模下，SBR 和氧化沟系列的基建费用明显低于传统活性污泥法、A/O 和 A²/O 工艺，规模越小优势越明显^[4]。BIOLAK 工艺采用土工结构，土建费用大为降低。目前，四川、云南采用 SBR 或氧化沟系列的小城镇污水处理厂，单位基建投资一般在 1000~1300 元/(m³/d)，BAF 污水处理厂的单位基建投资略大于这个范围，主要源于滤池土建费用较高。

2.2.2 污水处理成本

活性污泥处理存在明显规模效应，处理成本一般与处理厂规模成反比，小型污水处理厂的单位处理费用要比中型污水处理厂多 40%^[1]。类似规模的污水处理厂，能源消耗量常会影响单位污水处理成本。SBR 系列和氧化沟系列工艺流程简洁，设备少，电耗一般较传统活性污泥法、A/O 和 A²/O 工艺少。表 2 列出了 20 余家小型城镇污水处理厂在实际处理规模时的污水处理成本，在这些厂中：

- ① 相同处理规模等级中，A/O、A²/O 工艺的处理成本远高于其他工艺；
- ② 污水处理成本随处理规模与工艺的不同而不同，除 A/O、A²/O 工艺处理成本≥2 元/m³ 外，各工艺的处理成本均<1.5 元/m³。

从污水处理成本而言，SBR 系列、氧化沟系列工艺及 BAF 工艺适于小城镇污水处理厂。

表 2 部分小型城镇污水处理厂实际处理规模时的污水处理成本（元/m³）

规模 (×10 ⁴ m ³ /d)	工艺	污水处理成本	规模 (×10 ⁴ m ³ /d)	工艺	污水处理成本
≤1	CASS	1.28	2~3	改良型 DE	0.5
	UNITANK	0.6~1		Carrousel	0.34~0.44
	ICEAS	0.76, 0.77		BAF	1.2
	A/O	2		A/O 氧化沟	0.8
1~2	CASS	1.3~1.4		Biolak	0.87, 0.38
	ICEAS	0.74		ICEAS	0.64
	A ² /O	3		水解-SBR	1.228
	改良型 DE	0.5	3~4	Carrousel	0.5
	Orbal	1.2	4~5	改良型 DE	0.8
	人工湿地	0.195		A ² /O 氧化沟	1.23

注：以上数据根据各处理厂技术、管理人员介绍整理而得

2.2.3 运行稳定性和操作难度

SBR 和氧化沟系列工艺一般不设初沉池和污泥消化池，整个处理单元比常规活性污泥法少 50%

以上，操作管理大大简化。而且，SBR 和氧化沟系列工艺的抗冲击负荷能力较强，有利于处理厂的稳定运行。

为了解 SBR 和氧化沟系列工艺的实际运行情况，将“工艺运行稳定性”分为：差、较差、一般、较好、好五个等级，将“工艺操作难度”分为：难、较难、一般、较易和易五个等级，请当地污水处理厂的技术人员及管理人员对该厂工艺的运行稳定性与操作难度进行打分，调查结果见表 3。由表 3 可知，由于对这些工艺的成功引进和吸收，加之污水处理厂的自动控制水平普遍较高，这些工艺在实际应用中运行稳定、而且操作简便，适于西部小城镇污水处理厂。此外，现场人员反映 BAF 工艺的操作相对较难，主要体现在滤池的反冲洗操作和控制方面。

表 3 评分结果表

工艺类型	实际处理规模 (×10 ⁴ m ³ /d)	工艺运行稳定性	工艺操作难度
改良型 DE 氧化沟	1 ~ 2	较好	易
	3	好	较易
CASS 工艺	2	一般	易
UNITANK 工艺	1	较好	易
BAF 工艺	2.4	一般	较难
	3.5	一般	一般

2.2.4 占地面积

占地面积少可以减少征地费，必要的处理设施少，相应的总投资也减少，而且，占地面积少的工艺更适应地形高差大、建设用地缺乏的西南山地地形。

SBR 和氧化沟系列工艺不设初沉池和污泥消化池，占地较传统活性污泥法、A/O、A²/O 工艺少。其中，SBR 系列工艺集进水、反应、沉淀、排放和闲置于同一构筑物，无二沉池和污泥回流，占地省。氧化沟可分为合建式和分建式两类，分建式虽然要设单独的二沉池，但因其一般采用转碟曝气，沟深较大，减少了占地。BAF 工艺滤池高又无二沉池，占地少。表 4 列出了部分小型污水处理厂的占地面积，由表 4 可知，A²/O 工艺占地较多，不适于小型污水处理厂。

表 4 部分小型污水处理厂占地面积 (m²/(m³/d))

工艺类型	工艺	占地面积	工艺类型	工艺	占地面积
SBR 系列	CASS	0.6003 ~ 0.9	氧化沟系列	A/O 氧化沟	0.725
	ICEAS	0.867 ~ 1.226		改良型 DE	0.48 ~ 1
	UNITANK	0.4		Carrousel	1.622
	水解-SBR	0.9	Biolak		0.84
悬挂链移动曝气 A ² /O 工艺		2.3821	BAF		0.4725

注：工艺流程大体为粗格栅、提升泵、细格栅、沉砂池、生化池、消毒池。

此外，SBR 系列、氧化沟系列和 BAF 工艺的剩余污泥已基本达到好氧稳定，只需浓缩脱水就可外运，降低了处理厂的建设、处理成本，便于操作管理。

3 排放标准

污水处理工艺最重要的特征就是必须满足受纳水体从现在到将来的水质要求，为此，国家制定了《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)。

3.1 排放标准执行情况

西部是我国诸多大江大河的发源地和上游，属于国家重点水资源保护区。西部有世界闻名的三

峡工程和高原滇池，多封闭和半封闭的敏感水体。西部小城镇污水处理厂一般执行 GB18918-2002 一级排放标准。大部分污水处理厂能达标排放，但普遍需要政府给予财政支持。已实施污水收费的小城镇，征收的居民生活用水和事业用水的污水费多小于 0.4 元/m³，商业用水介于 0.17 ~ 0.6 元/m³，特殊行业用水为 0.3 ~ 0.8 元/m³，而处理厂的处理成本一般是 1 元/m³ 左右。

3.2 结合受纳水体环境容量，建立更科学的污染物排放标准

西部小城镇环境基础设施基础差、市政资金匮乏是不争的事实。面对日益恶化的生态环境，在加大资金和技术投入的同时，还应保证污水处理厂建得起、用得起，切实发挥处理厂的环境效应。经济基础较差的小城镇在建设污水处理厂时，应考虑结合受纳水体环境容量，合理确定应达到的污染物排放标准。也就是说，对环境容量大的受纳水体，在科学研究确定其环境容量并保证水体环境功能的前提下，合理利用环境容量，达到既保护水体又经济进行污水治理的目的。

例如甘孜州府康定是长江上游敏感区与国家生态建设关键区，按照国家有关标准，需建二级处理工艺，达到一级排放标准。康定地处海拔 2500 m 的高原峡谷，城市用地紧张，年均温度 7℃，经济总量低且专业技术管理人员极度缺乏。流经康定县的折多河，水质佳，河流湍急且流量大，河水跌越产生的自然曝气现象随处可见。对这种的受纳水体，可以先科学研究确定其环境容量，在保证水体环境功能的前提下合理利用环境容量，确定低于国家要求的排放标准。

4 结语

结合西部地区经济落后、专业技术人员缺乏以及多高原、山地、丘陵的特点，对西部小城镇在排水体制方面建议采用截流式合流制，在污水处理工艺方面推荐采用 SBR、氧化沟系列工艺和 BAF 工艺，并结合受纳水体的环境容量更科学地制定污水处理厂污染物排放标准。

参考文献

- [1] 中国城市规划设计研究院，等.小城镇规划标准研究（第一版）. 北京：中国建筑工业出版社，2002.
- [2] 龙腾锐，姜文超. 三峡库区城镇排水体制. 重庆环境科学，1999，21(1): 3-5.
- [3] 唐鸿亮. 雨污兼流的排水系统体制探讨. 给水排水，2005，31(3): 45-49.
- [4] 周雹，谭振江. 中、小型城市污水处理厂的优选工艺. 中国给水排水，2000，16(10): 21-24.

唐然（1979~ ），女，湖南人，博士研究生

电话：023-65127192

E-mail: tangranhncq@126.com