



市政工程创新建设系列丛书

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

城市给水排水新技术与

市政工程生态核算

杨顺生 黄芸 著



CHENGSHI JISHUI PAISHUI XINJISHU YU
SHIZHENG GONGCHENG SHENGTAI HESUAN

非外借

《《 市政工程创新建设系列丛书

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

城市给水排水新技术与 市政工程生态核算



杨顺生 黄芸◎著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城市给水排水新技术与市政工程生态核算 / 杨顺生, 黄芸著. —成都: 西南交通大学出版社, 2017.8

(市政工程创新建设系列丛书)

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5643-4479-5

I. ①城… II. ①杨… ②黄… III. ①给排水系统-城市规划-经济核算②市政工程-经济核算 IV.

①TU723.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 318621 号

市政工程创新建设系列丛书

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

城市给水排水新技术与市政工程生态核算

杨顺生 黄芸 著

*

责任编辑 姜锡伟

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼

邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://www.xnjdcbs.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

*

成品尺寸: 170 mm × 230 mm 印张: 14.75

字数: 264 千

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-4479-5

定价: 78.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言



从给排水和生态学的角度看，水的化学结构式 $H-O-H$ 至少揭示了四层重要含义：其一，两端开放，中间封闭，实际反映了用水单位与上下游之间的关系——在人类社会初期，它表示“河水—锅碗瓢盆—河水”，当代则应理解为水源、水厂、用户、污水厂和接纳水体之间用管路连接，是地球水圈里人为建造的循环旁路，应善始善终。其二，水的物质载体功能，空间上开放与封闭的交替出现，表明自来水携带着矿物质出厂必须进入管网封闭输送，以防污染物混入，而废水也必须经由管网封闭输送，以防污染物流出渗入地下水。这是市政工程的重要内容，也是生态系统物质循环的组成部分，尤其是城镇化推进和大型污水厂的建设，改变了碳、氮、硫、磷、金属等元素的循环路径，也在潜移默化地影响着地球生物圈，这是进行生态核算的科学理由和伦理学基础。其三，结构式代表了给排水过程中最常见的设施——明渠流（上述结构式中的字母“H”）和管流（字母“O”），其输送能力和波动范围依据设计手册。结构式两端的明渠中的水可以外溢（河段涨水），中间的管道可能充满水，这两种情况我们越来越经常看到，无论哪种情况，直接后果都是城区内涝，这其实就是在气候异常的背景下，城市观海乃至污水倒灌的水力学原因。其四，从文化层面看，这个结构式还暗合了中国园林的精髓，即水所代表的灵气，便如苏州园林中小桥亭台与水中倒影构成的完整图式，如半圆形拱桥与倒影形成的完整圆形，或者亭台楼阁及其倒影，共同点是构成某种完整的“水陆交际线”。

在我国历史上，因为旱情年馑频发，治水更重要，给排水受到的重视程度要差一些。几千年来，人们推崇大禹，并用“吃水不忘打井人”表达对给水工作者的敬意，却很少有谁留意那些城市旱厕的清理者。我们是一个祖辈在土坷垃里刨食的民族，历史上农业生产对粪水的需求掩盖了排水者职业的重要性，人们即使承认其高尚，却也达不到治水给水者那个高度，上述结构

图式所寓的“善始善终”只做了一半，就算是皇宫，也不例外。好在国人很早就养成了吃熟食的习惯，能有效切断疾病传染途径，几千年来，排水“系统”总体上简陋而平稳。现在行业内喊出了“每个人都是上游，也是下游”，是一个好的开端。

早期罗马人不清楚明渠流和管流的区别，认为“水往低处流”是绝对的，所以“逢水（谷）架桥”就成了其必然选择。他们通过给自己出难题的方式，铸就了多个给水工程奇迹，比如两千年前完成的给水项目，在 50 km 的长度上逢山绕行、遇水架桥，维持着万分之三的坡度，其中嘎尔输水渡槽（Pont du Gard），跨越嘎尔冬河（Gardon），至今保存完好。当然，在创造奇迹的同时，也消耗了过多社会资源，根据文献记载，罗马城居民人数当时超过百万，人均用水量达 450 L/d（作为对比：现在德国人均耗水 130 L/d）。市政当局修建了 11 条输水明渠，加上市区的 1 360 多口水井，才能满足这个用水需求。为了维护给排水设施，每年需要大量的预算。在尼禄统治结束时，罗马帝国的债务达 400 亿赛斯特（Sesterzen），部分就与此有关，而那时一个普通从业人员的年收入是 1 000 赛斯特。其实，大科学家阿基米德那时已经将蜗杆泵从埃及引入希腊（欧洲今天仍然称其为“阿基米德蜗杆”），可以解决提升水位的问题。当罗马士兵野蛮杀害阿基米德的时候，大概不会想到这位大科学家可以解决很多实际问题，甚至进而加快历史的进程。古罗马移植了希腊文化，却没有学到后者的科学精神，否则也不至于在 276 年后那场大火中，眼睁睁看着罗马城化为灰烬。在土耳其南部古城阿斯喷多斯（Aspendos）发现的古迹显示，人们开始对倒虹吸管有一定认识并尝试应用，实践却并不成功，今天能见到的承压管古迹极其罕见，技术上的原因可能是密封问题没法解决。也是在这个地区，活水成了奢侈品，有精明的商人建造了“活水厕所”，生动体现了给水排水的紧密关联：活水从如厕者面前的小水槽流过，考虑到造纸术尚未出现，每个蹲位前有活水是非常实用和体面的事，活水在此经人左手变为污水。因为场所稀缺，达官贵人以此为时尚，许多重大的政治经济决策在这里完成，也因此将有流动水洗手的厕所变为全世界最早的腐败场所。

同样是给排水，尼禄之后的皇帝维斯帕申（Imperator Caesar Vespasianus Augustus）却在分散型排水设施上找到了发财的机会。当时罗马市政部门在很多公共场所设置了小便收集桶，制革和农业生产者将其取走，而且很抢手。受此启发，他发明了“尿税”，规定取尿者要交税。当他儿子提图斯（Titus）对此举有微词时，他捏着一枚硬币凑近其鼻子，说了那句至今广为流传的话：“钱不臭！”。这个不起眼的税却不可小看：维斯帕申一边收尿税，一边卖荣誉头衔，在十年任期里居然还清了前任留下的 400 亿赛斯特债务。维斯帕申的

模式实现了经济、卫生和生态效益的结合，是给排水良性循环的一个里程碑，在随后的1800年里被广泛借鉴，无论民间还是官方。在法语里，男用便池今天仍然沿用这位罗马皇帝的名字，叫作 Vespasiennes。

欧洲历史上的大疫事件使他们对水源污染有切肤之痛，意识到排水系统是重要的基础设施，因此规划排水设施都按千年大计，大城市基本上继承罗马人的传统，许多古代的排水设施今天仍然在发挥作用。但是有很多临河而建的小城市，没有管网，因此一些地区形成很特别的排泄习惯：简单地说，就是在封闭的阳台外墙上掏一个大窟窿，人可以将屁股伸到外边排便，粪便落到河里或者湖里。历史上有多次水源污染引发的大面积死亡，亦与此有关。由于粪便的价值一直存在，普通居民也用夜壶夜盆等，将粪污收集，卖给农民。在风调雨顺的欧洲，农业生产要容易得多，只要肥力充足，不愁收成。

工业革命开始后，技术进步使现代排水系统统一建设成为可能。19世纪，英国建造了世界上第一套现代公共排水管网，城市卫生环境发生了革命性的改变。但是有趣的是：很多城市居民抗议这套系统，原因是粪污不能自己卖了，他们因此少了一笔收入。1828年，沃勒（Friedrich Wöhler）合成了尿素；20世纪初，哈博（Fritz Haber）和博世（Carl Bosch）发明了工业方法合成氨，是终结这种状况的根本原因。维斯帕申模式的原动力消失，此后城市排水遇到了资金障碍，直到今天仍然是市政部门的重要课题。

在德国历史上，曾经出现过与排水设施有关的故事，并且影响了历史的进程，这个事故发生在腓特烈大帝位于爱尔福特（Erfurt）的行宫排水系统。这位大帝是12世纪领导德国走上崛起之路的王者。德国人做事情认真仔细是有传统的，我们今天都知道德国产品质量可靠、耐用。这一点当然也体现在一些孤立大型建筑物的排水设施建设上——将大型粪池修建在房子地板下方，几十年清掏一次，既方便，又避免了那种恼人气味经常发生。由于材料和施工质量可靠，这种做法丝毫不影响日常生活质量，甚至皇室也采用这种方法。

12世纪，腓特烈大帝统一了德国，他在爱尔福特的行宫自带一个大型粪池，就在豪华大厅的下方。因为大厅地板质量很好，剧毒的硫化氢竟然不能丝毫泄漏，因此没有异味示警！限于当时的知识水平，人们没有留意沼气很强烈地腐蚀了地板，也不去检查。悲剧由此发生：1183年，腓特烈在此主持帝国大会时，地板突然垮塌，与会者大部分直接落入粪池！几十年没有清掏，满满一池子粪水，当场淹死了100多位高级官员和骑士。缺乏全面的排水知识，建筑质量又很高，反而屏蔽了预警功能，以致造成了重大损失。这件事情对腓特烈大帝打击很大，一直不能释怀，七年后他追随那些干将去了。腓

特烈大帝死的方式相同，不过地方干净得多——于 1190 年在萨勒弗河淹死。

在我国历史上，因为水污染造成的大疫不算多，最近的一次发生在 1644 年，也影响了历史进程。粪池里淹死高官的事件要早得多，有文字记载的就有晋景公。《左传》记，晋景公上厕所的时候坠入粪池淹死了（将食，胀，如厕，坠而卒）。史料中用了“坠”，说明两个问题：第一，那时候的粪池位于蹲位正下方，当然不会有管网；第二，粪池相当深，具有一定的储存能力。由于中国的农耕文明开始得早，对粪污的使用轻车熟路，加上农业生产节气压力，粪便不可能积累几十年才清理。在很多地方，这种情形一直持续到 21 世纪初，随着旧城改造、雨污分流等市政措施的实施，排水系统实现了现代化。

然而，气候变化的脚步超过了很多人的预期，近几年，全球范围内降水的时空分布发生了剧烈的变化，例如德国就有不少城市七月份某一天的降雨量超过平年全年全月的量。这其实也是国内排水行业面临的问题：峰值远超管网的输送能力，于是出现了低影响开发（海绵城市）、恢复力城市等概念，目的无非是减少径流。纽约市在这方面做了非常成功的尝试，其路边渗水洼地能有效消减径流量，将部分降水直接导入地下，既补充地下水，又减轻了管网压力。当然要从根本上解决问题，还要从气候变化的策略入手，即：缓解和适应，具体到给排水行业，就是既要节能减排，又要考虑管网具备更大的缓冲能力，来消纳更大的峰值。四川柳江古镇的低影响开发建设，亦为国内方兴未艾的同类建设提供了新的样本。

我们今天遇到的所有环境污染问题，均源于产业生态与自然生态间的不协调。环保事业发展到今天，已经不仅限于治理达标，而要从生态角度对生产生活行为作出评估。因此，对市政工程各个环节不同物质的排放进行核算是有必要的，因为任何人为排放都会影响地球生物圈和水圈的运行。

本书从以上角度讨论给排水新技术和生态核算的基本概念，可作为高等院校、科研院所及设计部门的参考书。

作者

2015 年 11 月

目 录



1 绪论：市政工程与气候变化	1
1.1 市政工程的生态影响	1
1.2 生态核算的主要内容	3
参考文献	5
2 市政污水厂的减排	6
2.1 市政污泥的碳汇价值及其利用前景	6
2.2 污泥碳源用于市政污水厂减排	13
2.3 污水厂硅氧烷来源及其对沼气技术的制约	25
2.4 德国污水厂减排设计实例	46
参考文献	54
3 垃圾热工艺处理中的生态考量与飞灰	60
3.1 德国不同垃圾热处理工艺的生态核算分析	60
3.2 焚烧工艺处理垃圾的模型	65
3.3 危废（飞灰）的处理	69
3.4 垃圾焚烧装置飞灰酸洗生态核算分析（瑞士）	72
3.5 二噁英对健康的危害以及残留物的消除方法	75
参考文献	93
4 欧洲市政与基础设施建设中的环境和生态要求	95
4.1 环评的法律基础：相关法律文件	95
4.2 基础设施建设及环保法律体系：欧盟法律与 成员国法律的关系、欧洲司法法院	96

4.3	《欧盟环境影响评价导则》及其宗旨	96
4.4	《导则》的适用范围	97
4.5	《导则》中概念的定义	97
4.6	《导则》的豁免范围	98
4.7	《导则》规定的例外情况	98
4.8	欧盟执法保障要求	98
4.9	环评信息通报	98
4.10	环评期限与审批结果	99
4.11	必须进行环评的项目	99
4.12	施工和运营阶段的环保措施	100
4.13	政府失职情况下的补偿义务	107
4.14	法律条文有差异时的个人权利	107
4.15	生态影响评价的法律基础和“精神”	107
4.16	欧盟关于生物多样性的关切点	108
4.17	欧盟政策环境下将气候变化与生物多样性 纳入环评中的必要性	110
4.18	基于 LCA 的生态核算	111
4.19	将气候变化和生物多样性与环评衔接：步骤化流程	111
4.20	识别环评中的气候变化与生物多样性因子	111
4.21	环评中涉及气候变化和生物多样性工作的难点	112
4.22	与气候变化和生物多样性有关的效应评价方法	112
4.23	环境和生态保护评价的例子	113
4.24	环境和生态保护评价的科学性与严肃性	114
	参考文献	114
5	市政工程中的排放与生态核算——低碳市政的源头	116
5.1	绪论	116
5.2	生态核算的基础	120
5.3	环境 IO 分析	125
5.4	D 产品的 IO-SB	135
5.5	IO-LCI 数据计算	154
5.6	验证生成的 IO-LCI 和 P-LCI 数据	159
	参考文献	159

6 缓解与适应——气候变化背景下市政工程规划考虑	164
6.1 绪论	164
6.2 理论和概念	169
6.3 在区域科学层面上规划对气候变化的适应	179
6.4 地区适应气候变化的战略规划模型	190
6.5 地区适应气候变化战略的经验研究	196
6.6 结论	212
6.7 总结	214
参考文献	215

结论：市政工程与气候变化

1.1 市政工程的生态影响

现代生产生活方式和商业引导下的价值显性取向，极大地改变了生物圈的物质循环节奏和流动方向，甚至“无中生有”地创造了新的物质；人口和人均资源消耗的增加使人类社会冲破了传统的禁忌，开始动摇生态系统的根基——工业生态和自然生态极端不协调，是我们今天面临的所有污染问题的根本原因，无论所谓“健康的”还是“不健康的”生产过程，都或多或少、有意无意地为此做出了“贡献”。污染从“陆海空”袭来，自然会影响居民的健康，没有人能逃脱。传统中医里，一些地方特定的土壤可以治病，拿来就用，而今天则必须先评估、化验，以确定其安全性。对中国这么一个幅员辽阔、快速发展、法治尚不完善的社会，许多轻率决策造成的恶果将成为几代人的包袱，例如（地下）水体污染，温室气体、二噁英及重金属的无组织排放等。市政工程涉及以下设施：给水排水，大型垃圾处置设施，道路、桥梁，各种通信、能源设施等。

从全寿命周期的角度看，上述市政设施的建设和使用均涉及大量的污染物排放和能耗。在当前全球变暖的背景下，温室气体排放是第一关注点。无论从国际义务还是从我国自身利益出发，这种做法都是正确的。而其他核算内容均直接涉及环境质量和公众健康，其意义丝毫不亚于温室气体。《京都议定书》列出了 6 种温室气体： CO_2 ， CH_4 ， N_2O ，PFC，HFC， SF_6 。《京都议定书》附件 II 上所列的 38 个发达国家具有量化的减排义务，我国没有量化的减排义务，不过我国政府向国际社会承诺到 2020 年，单位产值的温室气体排放量下降 45%。图 1.1.1 显示，到 2010 年，全球的温室气体排放量已超过 400 亿吨（二氧化碳当量），而根据 IPCC 资料，我国已经是全球第一大排放国（IPCC 2007 年报）^[101]，占全球排放量的 20% 以上。2014 年，中美两国领导人宣布了两国各自 2020 年后应对气候变化的行动，认识到这些行动是向低碳经济转型长期努力的组成部分并考虑到 2℃ 全球温升目标。美国计划

于 2025 年实现在 2005 年基础上减排 26%~28% 的全经济范围减排目标并将努力减排 28%。在 2015 年 12 月初举行的巴黎气候变化会议上，习近平总书记指出，我国的温室气体排放将在 2030 年达到峰值并计划到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重提高到 20% 左右^[102]（图 1.1.2）。

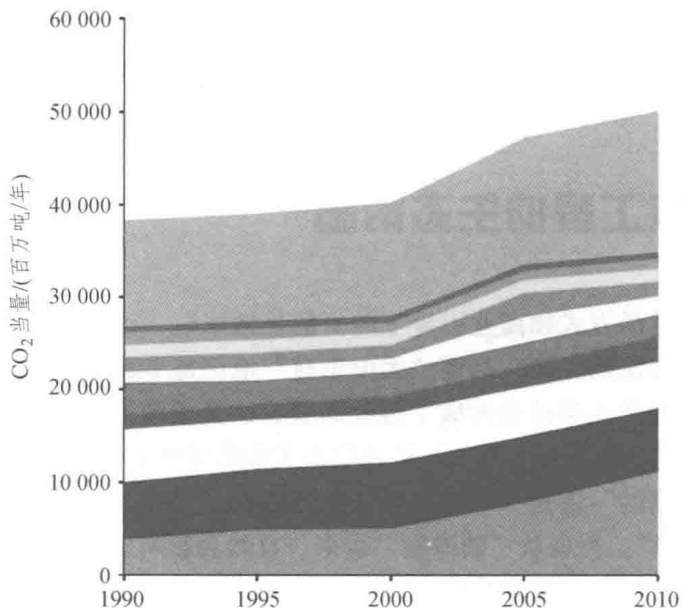


图 1.1.1 全球温室气体排放量发展情况



图 1.1.2 巴黎气候变化会议中国边会

1.2 生态核算的主要内容

(1) 一次能源消耗，包括石油产品、天然气、煤炭和核燃料铀等。需要注意：石油、天然气和煤炭除了作为燃料外，还常常作为生产建材的原料，要分开计算，一般换算成单位为兆焦（MJ）。

(2) 温室效应潜力，用 GWP（Global Warming Potential）表示。各种温室气体被换算成二氧化碳等代值，考察周期一般为 100 年。

(3) 消耗（破坏）平流层臭氧潜力（Ozone Depletion Potential, ODP），换算成 R-11（一种消耗臭氧产品）等代值，指破坏平流层臭氧的能力。这些物质主要是卤化物（FCCH）和氮氧化物（ NO_x ）。平流层臭氧破坏会导致地面温度升高，而且必须特别考虑人和动植物对紫外线（UV-A, UV-B）的敏感性。

(4) 酸雨潜力（Acidification Potential, AP）。土壤和水域酸化的原因主要是酸性物质进入大气，主要是硫酸和硝酸，使降雨和雾的 pH 值降到 5.6 和 4 以下。AP 一般用 SO_2 （二氧化硫）等代值给出。AP 实际上是某种物质形成并输送氢离子的能力。一些温室气体和酸雨潜力相关联，参考物质是二氧化硫。

(5) 营养化潜力（Eutrofication Potential, EP）。富营养化是指营养物质在某个地方的富集，有水体和陆相富营养化，均源自空气中的有害物质、废水和农业面源施肥。

富营养化的后果是藻类疯长，使进入深层水的阳光减少，光合作用减弱，生产的氧减少，加上藻类残体降解需要消耗氧，两个效应叠加，使水里溶解氧浓度降低，后果就是鱼类死亡，而且厌氧过程启动，生产出甲烷和硫化氢，水体由此“崩溃”。

土壤里营养成分过多会导致地下水里的硝酸盐浓度升高，并可能进入饮用水系统。硝酸盐只要剂量不大，对人体无害，但是亚硝酸盐是有毒的。

富营养化潜力一般用磷酸盐（ PO_4^{3-} ）等代值给出。

(6) 近地臭氧潜力（Photochemical Ozone Creation Potential, POCP，光化学臭氧产生潜力）。和平流层臭氧不同，近地臭氧是一种有害的痕量气体，也是一种温室气体。对流层的臭氧被怀疑导致蔬菜等受损。较高浓度的臭氧对人体有害。近地臭氧的产生源自氮氧化物和碳氢化合物，它们一旦受到阳光照射，经过一系列复杂的光化学反应，就会生成多种活性高的物质，最重要的就是臭氧。仅仅有氮氧化物还不能形成高浓度的臭氧。不完全燃烧、燃

料油的储存和转运、有机溶剂等均可产生臭氧。高浓度臭氧出现的条件：阳光明媚、空气湿度低、空气交换不畅通、碳氢化合物浓度高。

CO 能将臭氧还原成氧和二氧化碳，而城市里汽车尾气含有大量的 CO，因此最大的臭氧浓度不会发生在城市里或者尾气排放口附近，而发生在下风向郊外的多，甚至上千千米以外。这一点已经被美国的系统跟踪分析证实。在空气纯度高的地方，如森林，臭氧浓度反而高，原因就在于灰尘少，阳光紫外线穿透率高，几乎没有 CO。

在生态核算时，POCP 用乙烯等代值（ C_2H_4 等代值）给出。

(7) 废弃物生产量，包括从矿石开采到桥梁拆除产生的所有废弃物，如洗矿废渣废液、拆除后建渣产量等，以千克计。废弃物分成三类：第一是剥离土层岩层和堆积物，如开矿边角料、表层岩土、灰分、矿渣、钢渣等；第二是生活垃圾类固体废弃物（固废），包括生活垃圾和工商经营垃圾；第三是特种固废，需要特殊处置和堆放的垃圾，如油漆污泥、电镀污泥、过滤粉尘、核电厂废料以及其他放射性废弃物。

(8) 非生命资源消耗潜力（Abiotic Resource Depletion Potential, ADP），换算成元素锑（Sb）的消耗，指各种天然资源的消耗，包括矿石、原油、煤炭、矿物原料等。因为“非生命”，因此非生命资源是不可再生的原料。在自然界，更新周期大于 500 a 的原料均算作不可再生原料。

(9) 对人类和生态系统的毒性潜力。

在这个毒性潜力分析中，我们一般区分水域毒性潜力（AETP）和陆域毒性潜力（TETP），同时区分急性、亚急性和慢性毒性潜力。化学形态、物理特性、排放地点等均可影响材料的毒性，对其考察总是考虑陆海空三域。计算模型具有以下特征：

- ① 雨水和空气低度交换；
- ② 毒性物质在环境里停留较长时间；
- ③ 中等风力；
- ④ 与系统外部有低度物质交换。

目前，具有代表性的基本假设是 3% 水面、60% 天然土壤、27% 耕地、10% 的工业用地，25% 的雨水渗入土壤。

毒性潜力计算一般使用的参照物质是 1,4-重氯苯（ $C_6H_4Cl_2$ ），使用的单位是每千克排放量对应的 1,4-重氯苯等代值。

上述排放直接或间接促成雾霾形成，这一点在大城市尤其明显，图 1.2.1 是某大城市晴天和雾霾天能见度对比。



图 1.2.1 某大城市晴天和雾霾天对比（图片来自网络）

参考文献

- [101] PARRY M L, CANZIANI O F, PALUTIKOF J P, et al. Climate Change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability//Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 982.
- [102] UN Organizing Commission of Paris Climate Change Conference//Paris Agreement. Paris, 2015-12.
- [103] UNEP 2013. Drawing Down N₂O to Protect Climate and the Ozone Layer. Kenya. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).



市政污水厂的减排

2.1 市政污泥的碳汇价值及其利用前景

2.1.1 污泥问题的由来和利用现状

我国现在有 4 000 座污水厂在运行，每年处理 400 多亿立方米的污水，产生干泥近 4 000 万吨，并且以每年 10% 左右的速度增长。污泥正在成为我国污水处理界各种悲喜故事的主角，人们对污泥的看法也千差万别，涵盖了从“资源”到“负担”两种极端情况之间的所有可能。污泥问题实际上是浓缩了的污水问题，进水携带的化学需氧量（COD）有 80% 左右进入污泥，只有 20% 在污水处理过程中被降解或者随着出水排走。因此可以说，污泥问题解决不好，污水厂投资的环境效益就没有完全发挥出来^[201, 202]。

无害化、稳定化、减量化并鼓励资源化是我国处理污泥的总原则。污泥的无害化、稳定化、减量化必然要求一定的投入，而且少有产出，这就势必增加污水厂的负担，从而抬高水价。而近几年这是十分敏感的事情，是污水厂运行方最为头痛的。资源化处理利用是一个发展方向，有的学者进行了探讨，实践中也有各种例子，其中厌氧消化是欧洲国家用得最多的形式。我国早期建造的一些污水厂一般也都有污泥厌氧消化设施，但在经历了若干厌氧消化不成功的教训，并考虑到我国城市污水的特点以后，目前国内许多新建的污水厂不再建造污泥厌氧消化池，而代之以直接脱水后处置。对污泥处理利用及处置的研究大多集中在如何进行无害化、减量化、稳定化处理，在资源化利用方面研究较多的是进行农用（作肥料）以及热解。

经上述“四化”处理后，污泥大多要最终处置。最终处置的方式有填埋、干化、焚烧等，技术水平和价格构成等因素的不同使各地处置成本的差异很大。

在《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中，环境保护、生态安全等被提到了一个前所未有的高度。可以预见，无论从资源充分利用的角

度还是环境执法的角度，污泥处理处置以及利用都将比以往任何时候更加受重视，这是科学发展观的必然要求。

欧洲国家，如德国，其污泥的资源化处理利用已经成熟进行了几十年，积累了大量的经验，污泥的厌氧消化成为绝大多数污水厂的自觉选择。由于经济效益显著以及法规对污泥卫生学指标方面的要求，欧洲国家对污泥资源化利用的研究一直没有停止过，人们在现有的基础上不断探索更新更高效的技术。随着研究的深入，人们对污泥的认识也在不断深入。

2.1.2 污泥的价值以及污水厂功能的拓展

2.1.2.1 发酵催化剂价值

奈斯等人发现，对污泥进行超声波处理后，大量微生物细胞被击破并释放出各种有用物质^[203, 204]。污泥中有大量好氧微生物，来自前段污水处理工艺，属于微生物细胞增殖部分，须从污水处理系统中排出。这些好氧微生物细胞在污泥消化池中将被降解。这个厌氧消化过程一共有 4 个步骤，其中“瓶颈”因素是第一步，即水解步骤，直接原因是剩余污泥中大量存在的好氧微生物细胞和一些难降解物质的分子，它们很难被水解，需要很长时间才能完成水解过程，因此是时间上的控制因素。这和好氧微生物细胞的生态学特性有关，从微观上分析，微生物的细胞壁起一个屏障作用，使微生物可以适应各种有利和不利环境，即使在厌氧环境里，这些细胞壁也需要很长时间才能被突破，实践中一般按照 (25 ~ 30) d 设计。但是在超声场内，这些细胞壁瞬间就被击破或撕裂，生命力消失，同时释放出细胞质和酶并且扩散开来，使更多的细胞对厌氧环境失去适应能力而被加速水解。同时被击破或撕裂的还有难降解物质分子，其可生化性大大改善，和细胞质一起被降解成简单物质，进入沼气，使沼气产量增加。研究发现，好氧微生物细胞内所包含的细胞质和酶是很好的碳源物质和催化剂，将好氧微生物细胞击破后和污泥混合，可以突破水解“瓶颈”，提高各种厌氧菌的活性和降解效率。从这个意义上说，污泥的作用不仅在于其本身的能源等价值，更在于它是酶的提供源，可以提高消化池内所有底料的降解速度，使产沼量成倍提高。

2.1.2.2 能源价值

污泥经过厌氧消化，其中可挥发物质被转化成沼气，利用沼气进行发电