

城市污水处理排放标准若干问题的探讨

陈 珺¹ 王洪臣²

(1 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100044; 2 中国人民大学环境学院, 北京 100872)

摘要 从污水处理排放标准在污水处理设计及运行过程中所面临的具体问题出发, 在污水处理厂规模、取样方法、评价方法及例外原则等方面对排放标准的影响进行讨论, 提出了排放标准亟待完善的几个问题。

关键词 污水处理 采样方法 评价方法 排放标准

随着城市污水处理治理力度的日渐深入, 排放标准对污水处理厂设计和运行的影响越来越重要, 排放标准的科学性及其可实施性愈来愈成为影响行业发展的重要因素。污水处理排放标准不仅仅包括标准的具体数值, 污水处理厂规模大小、取样方法以及评价方法对污水处理排放标准也有至关重要的影响^[1]。

1 规模的适用性

我国各地经济发展水平差异很大, 污水处理的发展水平不尽相同, 污水处理厂的建设规模也差异较大。我国现行的《城市污水处理工程项目建设标准》中将处理规模分为五类, 其中 I 类为 50 万 ~ 100 万 m^3/d V 类为 1 万 ~ 5 万 m^3/d 。我国小城镇具有不同于大城市的特点, 如技术、经济相对落后, 基础设施不配套, 建设资金来源少, 污水处理规模较小,

绝大多数小城镇的污处理量低于 2 万 m^3/d 等^[2]。而国内外大中城市污水处理厂建设的历史和经验表明, 大型集中污水处理厂在治理水环境污染方面发挥着重要作用。2004 年全国城市污水处理量 163 亿 m^3 , 污水处理率 45.7%, 其中城市污水集中处理设施的污水处理量 116 亿 m^3 , 占 71.1%。上述数据表明, 城市大中型污水处理厂在治理和保护水环境方面起着至关重要的作用。

在当前各地经济发展水平的条件下, 尽快地建设起中小型污水处理厂, 切实地起到有机污染物的去除效果是主要目的; 对于封闭性或半封闭性水体, 或是敏感区域的水体, 小城镇污水处理厂的排放标准应有所严格。实际上, 小型污水处理厂对环境的影响较小, 对不同规模城镇污水处理厂制定不同的标准有利于标准的贯彻实施, 如果小型污水处理厂

(3) 进一步改善出水水质的措施需要及早研究。一般出水 COD_{Cr} 小于 50 mg/L , 基本上为不可生化降解的 COD_{Cr} , 德国结合 1989 年开始的在污水处理厂实施除磷除氮措施, 一直致力于不可降解 COD_{Cr} 的去除, 取得了明显的成效。在去除 COD_{Cr} 的同时, 其他污染物也得到了降低。除了工艺性的工程措施外, 德国也采取了许多在线的工艺控制措施。另外, 德国按照排污当量向污水处理厂收取排污费的法律也起到了重要的作用。上海市污水处理厂在“十一五”污染物减排中做出了极其重要的贡献, 为了及早应对“十二五”的污染物减排任务, 应在学习国外先进经验, 不断加强污水处理厂的运行管理的基础上, 应及早研究相应的工程措

施、管理措施、政策措施等, 最大限度地降低污染物排放浓度。

参考文献

- 1 DWA. Leistungsvergleich Kommunaler Kläranlagen 2004
- 2 DWA. Leistungsvergleich Kommunaler Kläranlagen 2008
- 3 唐建国. 德国一段硝化和反硝化活性污泥法曝气池设计计算. 给水排水, 1997, 23(1): 13~15

& 通讯处: 200003 上海市江苏路 389 号 上海市水务局
水资源处

电话: (021) 62522189

E-mail tangjianguoxsh@163.com

收稿日期: 2009-11-24

按照大型污水处理厂的排放标准进行设计, 往往会造成工程投资偏大且运行成本高。而大多数小城镇都难以承受工程建设投资和运行费用高的问题, 进而影响了水环境保护计划的实施。而且对于规模较小的污水处理厂而言, 其进水水量的变化幅度更大, 在相同条件下达到一定的出水标准更加困难。

事实上, 欧美国家在污水处理排放标准的规模适用性上非常有针对性, 欧盟对于不同规模的污水处理厂的要求是不一样的, 小型污水处理厂的排放要求较低, 因为其对环境的影响较小; 而较大的污水处理厂则要求相对严格一些。这样的规定使标准能够在工程的设计和运行中得到贯彻。欧盟对于 1 万人口当量以下的污水处理厂没有脱氮除磷的要求, 人口当量大于 1 万的污水处理厂有氮磷排放标准, 而人口当量 10 万以上的污水处理厂氮磷排放标准更严格。

因此, 从水污染控制的角度而言, 对大型处理厂要求严格、小型处理厂要求相对宽松无疑可以更好地实施污水处理工程, 可以更有效地建设、运行污水处理厂, 充分发挥污水处理厂的污染物减排功能。

2 取样方法

从技术的角度而言, 水样越多越能反映出水水质的特点, 但由于费用的关系, 不可能取无限多的水样来反映污水处理厂的出水。在实际工程中, 采样方法主要有瞬时样、时间比例混合样、流量比例混合样。不同的采样方法各有特点, 其所反映出的技术特点也是不同的。

对于组成较稳定的水体, 或水体的组成在相当长的时间和相当大的空间范围变化不大, 采瞬时样品具有很好的代表性。当水体的组成随时间发生变化, 则要在适当时间间隔内进行瞬时采样, 分别进行分析, 测出水质的变化程度、频率和周期。如果有间断性的工业废水排入污水处理厂, 此时应采集瞬时样来评价进水的类型和异常排水的源头。此外, 当需要评价污水处理厂进水高峰时刻的进水水质, 也应采用瞬时样, 因为峰值流量对池容设计非常有用, 如果峰值流量在设计阶段没有考虑, 则污水处理厂的效能会受到较大的影响。

时间混合样在观察平均浓度时非常有用。当不需要测定每个水样而只需要平均值时, 混合水样能节省监测分析工作量和试剂等的消耗。混合水样不适用于测试成分在水样储存过程中发生明显变化的水样, 如挥发性酚、油类、硫化物等。对于 pH、DO、细菌学指标以及余氯等指标应采取瞬时样, 因为这些指标随时间会发生显著的变化, 应尽快测定; 而油脂由于可能会黏附在采样器上, 也应采用瞬时样。

国外对污水处理厂的采样方法非常重视, 它直接关系到出水标准的具体体现, 表 1 是部分欧洲国家污水处理采样方法。

表 1 部分欧洲国家污水处理采样方法

| 国家或地区 | 频率次/年 | 采样方法 | | | 污水处理厂规模 人口当量 |
|-------|----------------------------|------|--------------|--------------|-----------------|
| | | 瞬时样 | 24 h 时间比例混合样 | 24 h 流量比例混合样 | |
| 欧盟 | 12(4) | | ✓ | ✓ | 2 000~ 10 000 |
| | 12 | | ✓ | ✓ | 10 000~ 50 000 |
| | 24 | | ✓ | ✓ | > 50 000 |
| 德国 | > 欧盟标准 ^① | ✓ | | | |
| 丹麦 | 12~ 24 | | | ✓ | > 2 000 |
| 法国 | 4~ 12 | | | ✓ | > 2 000 |
| | 6~ 104 | | | ✓ | 10 000~ 100 000 |
| | 52~ 365 | | | ✓ | > 100 000 |
| 芬兰 | 12~ 52 | | | ✓ | |
| 意大利 | 12 | ✓ | | | |
| 荷兰 | 12/12~ 24 ^② | | ✓ | | 1 800~ 18 000 |
| | 12~ 24/24~ 28 ^② | | ✓ | | 18 000~ 90 000 |
| | 24/60 ^② | | ✓ | ✓ | > 90 000 |
| 俄罗斯 | | | ✓ | | |
| 英国 | 4 | ✓ | | | 250~ 1 000 |
| | 12 | ✓ | | | 1 000~ 10 000 |
| | 26 | ✓ | | | 10 000~ 100 000 |
| | 52 | ✓ | | | > 100 000 |

注: ①州政府的监控的采样频率、污水处理厂自身控制的采样频率都不尽相同, 但都高于欧盟的标准; ②xx/yy: xx代表 COD、BOD、SS, yy代表 TN 和 TP。

从表 1 可以看出, 绝大部分国家是采用混合样, 为了更好地反映进水的水质特征, 大型污水处理厂更多地采取流量比例混合样。而且采样频率与污水处理厂的规模紧密联系, 大型的污水处理厂采样数较多, 而小型的污水处理厂采样数较少, 这也反映出

对大型污水处理厂的排放标准更为严格,而小型污水处理厂的要求则相对宽松。

3 评价方法

在实际运行中,污水处理厂的出水水质会受到诸多因素的影响,如暴雨、季节变化、大风及进水水量水质突变等情况,因此实际污水处理过程是一个多变量、非线性、高度复杂的过程,污水处理厂的出水水质也在一定范围内波动,其过程属于典型的非稳态过程。因此,如何通过有限的监测数据来科学合理地评价实际污水处理厂的出水水质是排放标准的核心内容,评价方法对污水处理厂的设计、运行及绩效评价至关重要。

污水处理排放标准评价方法一般可以分为以下几类:①每个水样都符合某一限值;②一定比例的水样符合某一限值;③不定比例的水样符合某一限值;④多个水样的算术平均值符合某一限值;⑤经标准偏差修正的算术平均值符合标准值 K ;⑥污染物量浓度的去除率符合某一限值。

以上各种评价方法中③和⑤是建立在统计概念基础上的,③在英国称之为“查表”的方法,现在欧盟用于评价 COD、BOD、SS 这种方法在总水样数中规定了允许超标的水样数,不同的采样数中容许的超标数是不同的,超标的比例不定,具体可参考欧盟的 Directive 91/271/EEC 标准^[3]。⑤这种方法在丹麦自 1981 年就开始使用,这种评价方法源于产品控制,它把监测数据的标准偏差考虑进去,该方法相对较复杂一些。周克钊的研究认为^[4],污水处理厂的出水基本服从正态分布,因为污水处理厂的出水在某种程度上也可以看成是一种产品,而产品质量受多因素影响,产品质量的好坏也是独立的,所以通过样品的正态研究可以知道总体的质量。

表 2 为部分欧洲国家污水处理厂出水水质评价方法^[5],由该表可以看出氮磷的标准各国更多地采用平均值,而对 COD、BOD、SS 的标准则更多地采用统计学意义上的概念,即保证出水水质的达标达到一定置信度,容许有部分水样超标。

无论采用哪种评价方法,评价方法必须和排放限值相结合。如果排放限值较为严格,则评价方法应宽松;反之,如果排放限值较为宽松,则评价方法

表 2 部分欧洲国家污水处理厂出水水质评价方法

| 国家或地区 | COD | BOD | SS | TN | TP |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 欧盟 | I (+ 100%), III | I (+ 100%), III | I (+ 150%), III | IV | IV |
| 奥地利 | III | III | III | IV | |
| 瑞士 | | 同欧盟 | 同欧盟 | | IV |
| 德国 | I (+ 100%), II (80%) |
| 丹麦 | V | V | | V | V |
| 西班牙 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 |
| 法国 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 |
| 意大利 | I | I | I | I | I |
| 挪威 | | | | | I (+ 100%), IV |
| 荷兰 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | IV 或者 VI | IV 或者 VI |
| 葡萄牙 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 |
| 俄罗斯 | | IV | IV | | IV |
| 瑞典 | | | | IV | IV |
| 英国 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 | 同欧盟 |

注: I 为每个水样都符合标准值 K ; I (+ 100%) 为每个水样都符合 K ; I (+ 150%) 为每个水样都符合 $2K$; II (80%) 为 80% 的水样都符合标准值 K ; III 为不定比例的水样数都符合标准值 K ; IV 为水样的算术平均值符合标准值 K ; V 为经标准偏差修正的算术平均值符合标准值 K ; VI 为在敏感水域,污水处理厂污染物量浓度的去除率符合标准。

可适当严格。如果两者都很严格,则排放标准可能会脱离实际,难以起到标准应有的作用。

4 排放限值的探讨

无论是设计者还是运行人员对于排放限值都非常关注,因为其直接关系到投资和运行费用。排放限值的确定应考虑目前实用技术所能达到的水平。目前广泛应用的污水处理技术仍为生物处理技术,尤以活性污泥工艺为主的污水处理厂居多。排放标准的制定和实施必然要和实际的污水处理技术相结合,制定符合污水处理技术特点的排放标准。污水处理厂出水 COD_{Cr} 达到 60 mg/L 依靠稳定的二级生物处理和良好的泥水分离完全可以达到。但是,如果地方标准要求出水 COD_{Cr} 达到 40 mg/L 或 30 mg/L ,

则必须通过进一步的深度处理,为了降低少量的出水 COD_{Cr} 而付出昂贵的深度处理,投入产出是否合理值得商榷。事实上,二级出水 COD_{Cr} 的溶解性成分基本属于生物难降解的,这些惰性的物质在环境中并不会造成显著的污染,没有必要达到很低的出水标准。

氨氮与总氮的标准应充分考虑污水生物处理技术的特点。尽管温度对硝化有明显的影响,但由于硝化是一个自养过程,硝化菌的比增殖速率和半饱和常数都比较小,因而硝化的特点往往是要么完全硝化,要么完全不硝化,部分硝化很不稳定。对于温度的影响,实际上只要设施设备留有余地,通过延长泥龄与加大曝气量的方法完全可以实现充分的硝化。因此,出水氨氮的标准限值宜区分得较为明显。污水处理厂在达到稳定充分的硝化时,出水的氨氮一般都低于 3 mg/L ,而且从保证水体不再进一步耗氧及保护水生生物的角度考虑,污水处理厂出水的氨氮应尽量低。此外,实现充分稳定的硝化是脱氮除磷的第一步,也是污水处理厂升级改造所必须解决的技术问题。

温度对脱氮也会有一定的影响,反硝化速率会随着温度的降低而下降。而且,为了保证冬季的硝化效果,欧美污水处理厂往往会降低曝气池的反硝化容积比例,延长好氧泥龄,保证出水氨氮达标,适当降低冬季的出水总氮;而在夏季,由于硝化较为容易,曝气池的反硝化容积比例会相应较高,出水的总氮较低。所以,出水总氮的评价标准宜以年平均值更为合理。

排放标准的限值还应考虑不同地区的进水水质特点,如南方地区和北方地区的进水水质明显不同,北方地区的污水处理厂进水水质较高,而南方地区较低。因此,污染物的去除率对于不同地区的污水处理厂更能反映污水处理厂的运行水平。

5 例外原则

污水处理不同于化工生产,污水处理受气候及人类活动的影响较大,实际污水处理厂的运行都是动态的,稳态的实际情况并不存在。对污水处理厂进行考核评价时必须考虑这种实际情况,暴雨是影响污水处理厂达标的重要因素,在暴雨期间,污水处

理厂受瞬时的冲击水量影响很大,尤其是氨氮和悬浮物,极易超标。当发生暴雨时,应尽量减少污水处理厂的跨越溢流,并最大可能抽升处理污水,此时的出水水质必然会受到一定程度的影响。

此外,有毒物质对污水处理厂也有不容忽视的影响,工业废水中含有的有毒物质排入城市下水道,进入污水处理厂后对污水生物系统可能带来致命的影响,活性污泥的处理性能会急剧下降,影响出水水质,上述情况下的例外原则应在排放标准中得到明确的体现。

6 结语

(1) 排放标准应充分考虑污水处理厂的规模大小,不同规模污水处理厂的排放标准应有所区别,这样有利于标准的实施。

(2) 取样方法对不同的水质指标应有所区别,评价方法对排放标准至关重要,氮磷的标准宜采用平均值,而对 COD 、 BOD 、 SS 的标准建立在统计学基础上的评价更为科学合理。

(3) 排放限值的确定应考虑目前实用技术所能达到的水平及当前实用技术的特点,排放标准还应考虑暴雨和有毒物质对污水处理厂运行影响的例外原则。

参考文献

- 1 王洪臣,陈璐,谢晓慧.让污水处理排放标准在行业改革发展中归位.环境经济,2007(6):58~60
- 2 杭世珺.小城镇污水处理工程设计的反思与建议.给水排水,2004 30(5):17~21
- 3 <http://ec.europa.eu/environment/water/water-urban-waste/directive.htm>
- 4 周克钊,周毅.城市污水处理厂设计进水水质确定和出水水质评价.给水排水,2006 32(9):26~30
- 5 Overview and comparison of effluent standards for urban wastewater treatment plants in European countries European Water Management 1999 2(6):25~39

& 通讯处:100044北京市西城区车公庄大街北里乙37号北京排水集团206室

E-mail activesludge@126.com

收稿日期:2009-04-14