



高等学校污水再生利用的途径与效益研究

王兵¹,王伯铎¹,林积泉¹,张铭²,冯华伟³

(1. 西北大学 环境科学系, 陕西 西安 710069; 2. 陕西省环境保护局, 陕西 西安 710004; 3. 煤炭科学研究总院西安分院, 陕西 西安 710054)

摘要:目的 探讨高等学校污水再生利用的可行性。方法 以陕西某高校为例,采用类比分析法和效益分析方法。结果 某高校除去部分较难处理污水,如冲厕所产生污水、厨房污水等,可用污水为 $2\,528\text{ m}^3/\text{d}$,占总污水量的 67%,经处理后得到可用水约 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$,完全满足该校区 $1\,658\text{ m}^3/\text{d}$ 杂用水量的预算。该校区如果实施污水再生利用,每年可以节省绿化、洗车等杂水费用约 52.2 万元,20年收益为 1 044 万元。其污水再生处理工艺适合采用生物接触氧化法。结论 在高等学校实施污水再生利用是必要的,而且技术是可行的。

关键词:污水再生利用;经济效益;环境效益;高等学校

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-274 (2007)02-0322-04

高等学校污水再生利用主要是将污水处理到一定程度,其水质指标低于城市给水中饮用水水质标准,但又高于污水综合排放标准,以满足高校杂用水的要求。目前,高等学校中实施污水再生利用所占比例并不乐观。高等院校是用水大户,人员素质较高,而且现有的污水再生利用技术工艺成熟、可行,所以高等院校应充分利用这些有利条件,在污水的再生利用方面树立典范,增强学生的节水意识。以陕西某高校新校区为例,探讨高校实施污水再生利用具备的有利条件、采用的工艺以及所带来的社会效益、经济效益和环境效益。

1 高等学校污水再生利用的途径

1.1 高等学校再生利用的污水水源选择和用途

高等学校实施污水再生利用并不是单纯的收集、处理校内产生的所有污水,它是根据满足校内杂用水对水质和水量的要求而有选择地收集水质相对较好、污染物单一、产生量较大的污水进行处理,使得处理费用趋于最小,实现效益最大化。因此,在高等学校污水再生利用过程中,应当注意分类收集、分类处理。学生宿舍是主要的用水建筑,其用水量因

学校不同而占高校总用水量的 25% ~ 50%。学生宿舍卫生间的洗涤污水产生量大,而且也比较容易处理,在选择再生利用水源时应把其作为主要的收集对象;浴室和游泳池污水同属于优质杂排水,是较优的污水处理水源。经简单处理后,出水水质可以满足校园绿化、洗车、冲厕及冲洗地面等方面的要求。厕所污水和食堂污水的污染物浓度较高,水质较差,难于处理;实验室产生的污水组成情况较复杂,处理费用高,因此均不考虑回收利用。

1.2 高等学校污水再生利用处理方法

传统的污水处理再生利用的方法主要有生物处理法、物理-化学法和膜处理法^[1,2]。目前,污水再生利用较多采用生物处理方法中的活性污泥法、SBR法、化学氧化法和生物接触氧化法。活性污泥法主要适应于大型污水处理厂,虽然其处理效果很好,但由于占地面积较大,抗冲击能力较差,容易出现污泥膨胀、管理技术要求高等原因一般不适合高校。SBR法是间歇反应,其改进工艺主要有CAST, PASS, UNITANK, MSBR等,处理效果好,运行灵活、安全、稳定、可靠,抗冲击能力较强,占地少,但因其工艺复杂,自动化要求高,管理复杂而不被高校所采用。化学氧化法主要有光催化氧化法、湿式氧化法、

收稿日期: 2005-03-01

基金项目: 陕西省教育厅专项科研基金资助项目 (01JK109)

作者简介: 王兵 (1982—),男,陕西杨凌人,西北大学硕士生,从事污染防治与资源研究。

临界氧化法以及强化分子氧化法(ATM法),但复杂的工艺、高能耗、复杂的管理和巨大的基建运行费用使其止步于高校门外。生物接触氧化法主要适应于小型污水处理厂和工业污水处理^[3-6],其处理效果较好,工艺简单,运行灵活、稳定,管理方便,适合于高校污水的再生利用。此外,在选择污水再生利用处理工艺时,应考虑不同地域差别和具体情况。

2 高等学校污水再生利用的效益分析

2.1 社会经济效益分析

全国高校林立,在校学生大约 2 200 万,其用水量和污水排放量相当大,而实施污水再生处理后,不仅可以满足高校杂用水在质和量上的要求,而且减少了新鲜用水量,提高水资源的再生利用率,为学校节约了资金。同时,在高等学校实施污水再生利用还有着间接的经济效益,表现为校园污水处理工程可为学校相关专业的学生提供实验和实习的平台,有助于学习兴趣和学习效率的提高,节省因进行这些课程所带来的费用。此外,在高等学校实施污水再生利用起到了示范作用,为高等学校树立了形象,也为居民小区污水再生利用乃至区域实施资源循环利用,实施清洁生产奠定了基础。

2.2 环境效益分析

高等学校实施污水再生利用,提高了水资源的利用率,减少了污水排放量,相应地也就减少了污染物的排放量,这样可以缓解城市污水处理厂的处理负荷,而且也减轻了对接纳水体的压力。处理过的污水可用于浇洒道路,解决道路扬尘问题,改善校园的环境空气质量;增加景观用水量,改善校园生态环境,为建成以水为主体的生态校园提供了一定的基础。同时,高校实施污水再生利用体现了节水意识,减少对新鲜用水量的需求,缓解了目前由于浪费严重造成的水资源短缺,有助于实现水资源的可持续利用。

3 实例研究

3.1 陕西某高校新校区污水再生利用概述

陕西某高校新校区位于西安市,主要建筑物有教学楼、图书馆、院系教学、实验、办公楼、学校办公楼、体育馆、学生活动中心、学生公寓、食堂、教职工住宅及其他附属设施等。

该校新校区污水处理再生利用给排水系统(见图 1)是一个包括新鲜水供水系统、污水处理系统和

污水回用系统的复杂大系统,每个系统又可分为若干个子系统。新鲜水供水系统是为只能使用新鲜水的用水部门服务。污水处理回用系统承担着新鲜用水的排水处理和杂用水排水的再处理。污水处理设施的规模取决于污水回用量和排水量。



图 1 校园给排水系统

Fig 1 Water supply and drainage system in campus

3.2 陕西某高校新校区实施污水再生利用分析

3.2.1 校园类建筑配建污水处理设施的有利条件

1) 优质杂排水容易收集

淋浴排水、盥洗排水、洗衣排水比厨房排水和厕所排水污染浓度低,为优质杂排水,其 BOD₅ 100 mg/L, COD 150 mg/L,应作为污水资源化的水源,经过较为简单的污水处理工艺后,就可作为杂用水。杂用水的主要用途是冲洗厕所、消防用水和喷洒道路、浇洒花草等。现有的居住小区和许多公共建筑^[7],多采用合流制管道,厨房、厕所污水和洗涤、沐浴污水没有分流,无法得到优质杂排水,其排水水质较差,不易处理。学校类建筑(如教学楼、学生宿舍、实验楼等)卫生间的排水立管自然形成了水质分流,只要把排放洗浴、洗涤污水的立管集中起来,就可形成分流管系统。

2) 污水再生处理设施便于建筑

该校区具有学校类建筑的共同特点,用水点比较集中,空间开阔,对美观方面的要求不高,室内外安装中水管道较为容易。污水处理站应设置在所收集污水的建筑与污水再生利用地点便于连接的地方,可将之设在相对偏僻的半地下,并注意建筑荫蔽、隔离和环境的美化。

3.2.2 污水处理再生利用水源的选择 该校区的污水主要为生活污水。在选择水源时,应该选择排放量大且容易处理的学生宿舍楼洗涤水作为水源,同时还应当考虑教工住宅楼盥洗污水、教学楼部分的洗涤污水以及澡堂污水和游泳池污水,这些污水水质单一,比较容易处理。实验室污水、食堂污水以及厕所污水水质较差,难以处理,在这里不予考虑。该校区主要建筑污水排放量如表 1 所示。

由表 1 可知,学生公寓、教工住宅产生的可用污水分别占总排水量的 25% 和 23%,教学实验(教学部分)、办公、中小学、幼儿园、游泳馆、公共浴室、交流中心和活动中心等产生的可用污水占总排水量的 18.7%。除去部分较难处理污水,如冲厕所产生污

水、厨房污水等,可用污水为 2 528 m³ /d,占总污水量的 67%。经处理后得到可用水约 2 000 m³ /d,完全满足该校区 1 658 m³ /d杂用水量的预算。

表 1 陕西某高校新校区排水量

Tab 1 Tonnage of new campus of certain university in Shaanxi

序号	用水类别	用水标准 /L · (人 · d) ⁻¹	用水人数 /个	最高日排水量 /m ³ · d ⁻¹
1	教学实验	40	15 000	540
2	办公	50	2 000	90
3	中小学	30	1 800	49
4	幼儿园	50	180	9
5	食堂	20	16 000 ×3次	864
6	学生公寓	70 (仅冷水)	15 000	945
7	教工住宅	160 (仅冷水)	6 000	864
8	游泳馆	日补水 10%	-	90
9	公共浴室	50 L/人 · 次 (仅冷水)	2 000	90
10	交流中心	120 L/人 · d (仅冷水)	300	33
11	活动中心	50 L/人 · 次	1 500	68
12	医院	700	100	63

3.2.3 污水再生处理工艺 学生宿舍卫生间的洗涤水属优质杂排水,其主要污染物浓度 BOD₅ 100 mg/L, COD 150 g/L, SS 100 mg/L, LAS (阴离子合成洗涤剂) 5 mg/L。在设计处理工艺时,应重点考虑去除洗涤水中的洗涤剂,强化消毒措施。通过上述各种处理方法的比较分析,该校区采用生物接触氧化法比较合适,其工艺流程如图 2 所示。

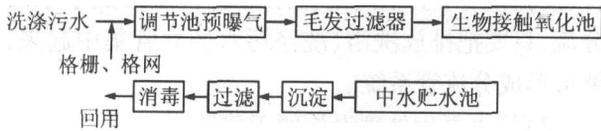


图 2 污水再生处理工艺

Fig 2 Techniques of wastewater recycle

3.3 陕西某高校新校区污水再生利用效益分析

3.3.1 污水处理再生利用设施的建设费用 污水处理再生利用设施的建设费用主要包括污水处理站的建设费用和污水收集管道的敷设费用。按照该校区对杂用水量及水质的要求,建设日处理能力 1 600 m³ 的污水处理设施,基建费用约 200 万元。

3.3.2 污水处理再生利用的处理费用 污水处理再生利用的经济性是决定其能否广泛应用的关键因素之一。污水处理费用主要由能源消耗费用、药剂费、工人工资福利等费用构成,约为 25 万元。污水处理设施使用寿命按 20 a 计,加上检修及运行费用,处理费用约 0.9 元 /m³。

3.3.3 污水再生利用效益分析 根据西安市现行的居民用水水价,该校区如果实施污水再生利用,每年可以节省绿化、洗车等杂用水费约 52.2 万元,20 年收益为 1 044 万元,费用与效益比为 0.46。随着目前水市场进一步完善,在最近 5 年内,用水费用将占到衣食住行等八大基础支出的 1/32 或 1/16,即

每立方米自来水水价将达到 3 元或 5 元^[8]。如此该校区实施污水再生利用后每年将可以节约水费 104.5 万元或 203.9 万元,20 年可带来 2 089 万元或 4 078 万元的收益。同时,该校区实施污水再生利用可以节约用于绿化等杂用水的新鲜用水 1 658 m³ /d。污水经生化 - 物化处理系统后出水水质可满足《生活杂用水水质标准》要求,可用于厕所冲洗、绿化、浇洒等,回用污水约占该校污水排放总量的 50%,具有明显的经济效益和环境效益。

4 结 语

1) 高等学校污水再生利用技术成熟,采用生物接触氧化法处理后,出水水质完全可以满足该校区杂用水的要求,实现了污水的再生利用。

2) 通过对该校区污水处理再生利用经济效益分析,表明污水资源化有着很高的经济可行性,解决了占新校区总用水量约 25% 绿化等方面的用水,经济效益显著。

3) 目前,国内居民小区污水再生利用并不乐观,这所高校新校区污水再生利用可以为其提供很好的范例,具有一定的推广作用。同时,也为区域实施资源再生利用的循环经济理念迈出了坚实的一步,起到了示范作用。

参考文献:

[1] 杨宗政, 庞金钊. 校园生活污水处理新技术 [J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15 (5): 14-16

[2] 陈克玲, 詹键. CAST 工艺处理城市污水原理及设计 [J]. 环境科学与技术, 2004, 27 (4): 71-75.

- [3] 李彦斌,朱高雄,张亮,等. MBR 工艺处理机场污水并回用 [J]. 中国给水排水, 2005, 21(1): 91-92
- [4] 周勤,肖锦,吴友明,等. PASS 去除微污染原水胶体颗粒的研究 [J]. 水处理技术, 2002, 28(3): 140-142
- [5] 雷明,陶涛,苏锡波,等. UN IIANK 工艺在东鄱污水厂的应用 [J]. 中国给水排水, 2005, 21(1): 75-78
- [6] 杨殿海,顾国维. 改进型 MSBR 工艺特点与运行效果 [J]. 中国给水排水, 2004, 20(1): 62-65.
- [7] 栾卓亚. 西北水资源的危机及对策 [J]. 西北大学学报:自然科学版, 2003, 33(增刊): 236-239.
- [8] 吴季松. 循环经济 [M]. 北京:北京出版社, 2003.

(编辑 徐象平)

A study on how to deal with wastewater recycle in institutions of higher learning

WANG Bing¹, WANG Bo-duo¹, L N Ji-quan¹, ZHANG Ming², FENG Hua-wei³

(1. Department of Environmental Science, Northwest University, Xi an 710069, China; 2. Shaanxi Environmental Protection Agency, Xi an 710004, China; 3. Xi an B Branch, China Coal Research Institute, Xi an 710054, China)

Abstract: **Aim** Feasibility of wastewater recycle in university was discussed **Methods** Take one university of Shaanxi as an example, analogical analysis and cost-benefit way were used **Results** Except some wastewater difficult to be dealt with such as toilet wastewater and kitchen wastewater, wastewater able to be recycled is 2 528 m³ / d, composing 67% of total wastewater And water able to be used after cleansed in 2 000 m³ / d, which can satisfy the budget amount of 1 658 m³ / d of the university. If the wastewater is recycled, 5. 22 × 10⁵ RMB per year can be saved, and the total benefits of 20 years will reach 1. 044 × 10⁷. The best technology of wastewater recycle is biological contact oxidation **Conclusion** Wastewater recycle in university is necessary and feasible in technology

Key words: wastewater recycle; economical benefit; environmental benefit; university

· 学术动态 ·

秦巴山区弱智人综合防治研究顺利通过验收

受国家科技部委托、由陕西省科技厅主持,以中国科学院院士、上海交通大学贺林教授为首席科学家组成的专家组对我校张富昌教授主持负责的国家科技部“十五”科技攻关重大项目“秦巴山区弱智人综合防治研究”进行验收,并顺利通过。

秦巴山区弱智人综合防治研究是“九五”、“十五”国家科技部和陕西省重大科技攻关项目,该研究由我校张富昌教授负责,课题组包括西安交通大学第一医院、第二医院、交通大学医学院、管理学院以及陕西省地方病防治研究所等科研单位的近百名专家,历经 10 年的艰苦努力,取得了重要进展和研究成果。来自北京师范大学、北京大学、首都医科大学、天津医科大学、西安交通大学医学院等院校的专家们认为:此项目在国内首次提出和编制了诊断儿童贫困山区社会文化型弱智的智力诊断标准与环境评价标准;首次在国内提出了亚克汀病与儿童社会文化型弱智的鉴别诊断标准与诊断方法;首次在国内对缺碘贫困地区的弱智儿童进行了主要致病因素及其主病因的诊断,在缺碘贫困地区儿童弱智病因结构的诊断与分析方面具有突破和创新;首次在国际上报道了脱碘酶(D O₂)基因的突变型和戴脂蛋白 E(APOE)基因的 4 是碘缺乏地区弱智的遗传风险因子;首次在国内贫困地区建立了防治弱智儿童的试点与示范区,开展了防治弱智儿童的干预措施研究,筛选和提炼出一套有综合防治功能的系统干预措施,显著降低了试验点与示范区儿童的弱智患病率和边缘检出率,提高了儿童的弱智患病率和边缘检出率,提高了儿童的智力水平,达到国内领先水平,初步探索出在贫困山区落实上述系统的组织实施模式并具有一定的新颖性和先进性。专家组一致通过项目验收。

(薛 鲍)