制定《再生水景观灌溉水质标准》需考虑的主要问题*

佟　魏　林逢凯　郑兴灿

提要　景观灌溉是再生水利用的重要方面。推荐了制定再生水景观灌溉水质标准的原则,并从保护植物生长和人类健康的角度,重点介绍了盐分、特殊离子、营养物质、重金属、病原体等组分的限值。

关键词　再生水　景观灌溉　限值　标准

城市产生的废水经过充分可靠的处理可以成为一种新的水资源——再生水,用于获益性使用,如工业冷却水、地下水回灌、城市杂用水和景观灌溉等。在美国景观灌溉用水可以达到城市用水量的70%以上,同样在我国随着人们对美好生活环境的不断追求,城市景观也必将逐年增多,因此景观灌溉是再生水利用的重要方面。再生水灌溉过程中可能产生的主要问题是:景观植物的伤害,人类健康损害和土壤条件的破坏。如果再生水水质符合特定的标准,那么这些问题就可以解决。然而目前我国还没有颁布《再生水景观灌溉水质标准》,因此对于当前的再生水景观灌溉使用,本文将推荐制定标准的原则和几个重要的水质指标限值。

1　标准制定的原则

(1)制定水质标准的目的:充分保障人们的身体健康;保证废水中有用物质的充分利用,植物产量和质量有所提高;植物和土壤不受到污染物质的伤害。

(2)制定标准前需要查阅大量的国内外资料,综合考虑国家的地理、气候、经济、政策、人口素质等因素,注重经济效益和环境、社会效益的有机结合。

(3)确定再生水景观灌溉的等级,按区域分为限制性地区(如高速公路景观)和开放性地区(如公园、居民区景观及学校操场),限制性地区对水质的要求相对低一些。

(4)在标准中推荐适宜的处理工艺,来保证再生水水质的可靠性并藉此免除对一些成分的监测。

2　保证景观植物生长质量的水质限值

2.1　盐分

盐分引起的植物伤害主要表现为:增长缓慢,树冠瘦小,枝叶变褐变黄,植物组织脱水,缺少活力,产量下降,花朵变小等等。大多数情况下盐分引起的植物枝叶破坏比根部还要严重。然而景观植物的评价是通过外观而不是产量,因此对于再生水灌溉的景观植物,枝叶的耐盐性是至关重要的特性。此外,景观植物是多种不同作物的组合,对于灌溉水也有着不同的耐盐能力。木本植物相对于草类耐盐性低,大多数草可以承受5 000 mg/L的盐度,再生水中的盐分一般不足以引起草根部的损害,但是对于草叶的伤害仍然比较大。因此制定盐分的限制值,要考虑到不同植物以及同一植物不同部位的耐盐性。单个的指标值过于宽松,不能确保所有植株的安全;过于严格,也会造成不必要的浪费。确定多个指标才能保证标准的实用性。确定限值之前,首先要对值物的耐盐能力进行分级,确定低耐盐性、中等耐盐性及高耐盐性植物,不同类型的植物有不同的盐分限值,假定为*a*, *b*, *c*。根据再生水的盐分相对于*a*, *b*, *c*的大小,确定盐分对灌溉产生影响的程度,即没有影响、中度影响和高度影响。美国的高尔夫协会研究结果是[1]:对于草皮TDS(总溶解固体)小于450 mg/L没有影响,450~ 2 000 mg/L轻度或中度影响,大于2 000 mg/L重度影响。大多数再生水的TDS低于500 mg/L,对植物的影响不大。美国佛罗里达州对205种景观植物研究发现,高耐盐性的55种,中等耐盐性的108种,需要保护的和不能使用再生水的42种,可见大多数景观植物都可以利用再生水灌溉。

另外可以采取一些辅助手段减少盐分对植物的伤害,如景观中引进高耐盐性的植物;尽量采用地面

---

* 国家十五科技攻关重大课题项目(2001BA610A-05)。

灌溉方式，减轻对枝叶的伤害；保证足够的水量来满足蒸发和浸出作用，降低盐水对植物的影响。

2.2　特定离子

再生水中的钠离子、氯离子和硼离子长期的积累都会给植物带来危害。

对于大多数植物来说，钠的需求是非常有限的，钠通过影响土壤的渗透性间接影响植物的生长，并引起植物营养障碍。如果土壤交换络合物被钠饱和，钙就会从植物根部组织去除，结果因为缺钙而引起死亡，钠中毒还可引起叶灼伤。当土壤吸附的钠离子量超过土壤上阳离子总量的10%～15%时，土壤渗透性较差，渗透性减小的典型征兆包括：水堵塞、慢渗透、结壳、压紧、不良通风、野草入侵、疾病出没。相对渗透性经常用钠吸附比(SAR)表示，当这个值大于6，表明出现渗透性问题。对于根[1]吸收的植物不造成影响的值< 3，造成中度影响的3～9，高度影响> 9，对于叶吸收的植物没有影响的值< 3，造成中度影响以上的> 3。

氯离子对植物造成伤害的主要症状是叶变黄，叶类灼烧和生长速度降低。对于草皮氯没有显著的毒性，但是大多数树木和灌木对氯浓度355 mg/L相当敏感。对于根吸收的植物[1]，氯浓度< 70 mg/L没有影响，70～355 mg/L中度影响，> 355 mg/L重度影响。对于叶吸收的植物，< 100 mg/L没有影响，> 100 mg/L中度影响以上。

通过使用肥皂和清洁剂硼进入水中，变化范围0.5～1 mg/L。这个范围本身对于很多植物是无毒的，但高水平的硼会影响敏感性植物，尤其是树木和灌木。硼在叶间积累对叶组织造成毒害，导致叶变黄、灼伤和减产。草皮对硼的耐受性比其他植物要高。硼浓度[1]< 1 mg/L没有影响，1～2 mg/L中度影响，> 2 mg/L重度影响。

2.3　营养物质

氮、磷、钾是植物生长必不可少的营养物质，其中氮是最有益的，它的浓度和形式都影响着植物的吸收。过量的氮会刺激植物的生长，引起不正常的开花结果问题。通常氮以硝酸根的形式被植物利用，所以规定再生水中的硝酸根浓度[1]：在5～50 mg/L间程度适当，高于50 mg/L则对植物影响较大。通过调研国内污水处理厂资料，发现多数二级出水硝酸根浓度低于5 mg/L，因此不会造成氮过量的现象。

过量的磷和钾一般不会对植物造成伤害，且再生水中含量也很低，因此不是重点考虑的元素。

2.4　重金属

再生水可能包含大量低浓度重金属元素。当土壤中该种元素积累到对草皮和植物有害时，问题就会出现。毒性出现是由于铜、镍、锌、镉等重金属元素的累积。因此要限定重金属元素的最大值，尤其对长期使用的土壤。美国环保局推荐的最高浓度[2]是镉0.005 mg/L，铜0.2 mg/L，镍0.5 mg/L，锌5 mg/L。大多数二级处理的再生水可以满足这个标准。

3　保护人体健康的水质限值

病原体引起的微生物风险通常是再生水利用的主要风险。导致水体疾病的病原体可以分为三类：细菌、病毒、原生动物。目前国际通用的指示微生物为大肠杆菌，包括总大肠菌、粪便大肠菌和耐热大肠杆菌。制定微生物限值，需要考虑和健康风险有关的流行病学和微生物风险评价研究结果。城市景观灌溉导致的病原体危害，主要通过气溶胶传播。原因是大多数城市景观采用喷灌方式，人们直接接触较少，气溶胶可能通过呼吸途径进入人体造成感染，也可能沉淀在食物、皮肤和衣服上，造成间接感染。一般，再生水经过消毒处理，细菌量显著减少对健康影响不大。美国环保局[3]推荐的不限制接触的灌溉水标准是粪便大肠菌数0 CFU/100 mL，限制接触的灌溉水标准是200 CFU/100 mL。世界卫生组织推荐的公园灌溉标准[4]是粪便大肠杆菌1 000 CFU/100 mL。两个指标相差很大，原因是标准的制定不仅是纯技术问题，还涉及到经济发达程度，工艺技术条件和人们的生活质量要求等诸多方面。墨西哥[5]等国的试验研究表明，即使和粪便大肠杆菌1 000 CFU/100 mL的再生水直接接触，也没有明显的疾病发生，因此选择世界卫生组织推荐的微生物指标比较适合我国的现实情况。另外从我国的污水治理发展状况看，消毒、过滤是切实可行的去除病原体工艺，平均病毒灭活效率可达99.99%，可以充分保证再生水满足健康要求。

4　常规成分的限值

4.1 SS

灌溉水中的悬浮固体在很多方面影响灌溉过程。对于灌溉系统，悬浮的固体可引起水泵和喷洒器喷嘴的过度磨损或堵塞，从而降低灌溉效率。悬浮固体的沉积对土壤也很不利，会引起硬块生成，降低籽苗出土率。美国环保局[3]推荐的限制接触的灌溉水质标准是30 mg/L，大多数二级处理的再生水可以满足这个标准。

4.2 BOD

有机物质带来的危害包括：感官上的不愉快，即恶臭和色度，排放到土壤引起厌氧环境，较高的有机负荷也会导致土壤入渗能力的降低。美国环保局[3]推荐的限制接触的灌溉水质标准是30 mg/L，大多数二级处理的再生水也可以满足这个标准。

4.3 pH

pH通过影响金属的可溶性和土壤的碱度造成间接的影响。美国环保局[3]推荐的限制接触的灌溉水质标准是6~9，一般城市污水的变化范围在这个区间。但是我国的废水收集系统，大多数是生活和工业废水混合的，不可避免地受到工业水质影响，因此工业废水排入管道前要进行适当的处理。

5 结语

本文推荐的污染物质限值多是参考了美国的再生水水质标准，它的再生水研究有着几十年的历史，研究结果真实可信。但是由于我国的城市污水、景观植物具有自己的特性，因此在制定我国的再生水标准过程中，应重点考虑这些差别。

参考文献

1 Water Reclaimed Problem of Golf Course. USGA, 1997, 30~40

2 The Utilizations of Treated Effluent by Irrigation. EPA NSW, 1995, 1~3

3 Guidelines for Water Reuse. EPA, 1992, 15~17

4 Health Guideline of Wastewater Reused in Agriculture and Aquaculture. WHO, 1989

5 Dr Anne peasey, Dr Ursula Blumenthal. review about policy and criterion of wastewater reused in Agriculture, a Latin America review point. Part 68, 2000, (7): 45~47

▽作者通讯处：200237 华东理工大学资源环境学院
郑兴灿 300074 国家给水排水工程中心
电话：(022) 23545367
E-mail: hddengwei@mail.china.com

优质石英海砂滤料、均粒滤料

我场位于福建东南沿海围头半岛突出部，石英海砂资源丰富，各种理化性能均优于海滩砂、内陆砂。所产均粒、均质、常规滤料经建设系统滤料检测中心连续六年现场抽检：$SiO_2 > 97.83\%$、含泥量<0.07%、相对密度2.65、破碎率0.08%、磨损率0.05%、盐酸可溶率0.12%，质量符合CJ24.1-88标准，并经法国Degremont公司、美国P.W.T公司及德国、加拿大、意大利专家首肯，已广泛应用于北京水源九厂、南京上元门、武汉白鹤咀、佛山沙口水厂、深圳梅林、珠海西区、淄博引黄、大庆油田、武钢等各种V型滤池、气水反冲洗滤池、普通滤池、滤罐中，并被日本、斯里兰卡、以及香港、台湾等国家和地区用户批量购买，效果良好。被国家科技、建设、机械工业、技术监督主管部门评为水工业首选产品，质量达到国际先进水平。

我场坚持优质服务，信誉第一，平等互利的原则，欢迎光临指导，考察比较，择优选用。

主要产品
1. 均粒(质)滤料：0.3-0.5，0.6-0.8，0.8-1.0，1.0-1.25，0.8-1.2，0.95-1.35，1.8-2.0 mm；
2. 常规滤料：0.4-0.8，0.5-1.0，0.6-1.2，1-2 mm；
3. 承托层砾石：2-4，4-8，8-16，16-32，32-64 mm；
4. 精铸树脂砂，冶炼引流砂、覆膜砂无烟煤滤料、磁铁矿滤料；
5. 可根据设计要求生产各种特殊规格滤料。

福建省晋江市榕霞水工业设备有限公司
福建省晋江市榕霞砂场

场　址：福建省晋江市金井
电　挂：3152
总经理：陈树汉
邮　编：362251
传　真：(0595)5331410
联系人：陈马别　黄昌兴　施清渊
电　话：(0595)5382410　5332410
E-mail：rxsgy@public.qz.fj.cn
URL：http://www.chinawaterindustry.com