

文章编号: 1007-4929(2007)02-0060-03

制定《北京城市园林绿地使用再生水灌溉指导书》的几点说明

王艳春, 古润泽, 李延明

(北京市园林科学研究所, 北京 100102)

摘要:通过对现有绿化用水水质标准的分析对比,介绍了《北京城市园林绿地使用再生水灌溉指导书》的编写背景、与国家标准水质要求的区别及操作规程、注意事项,该指导书为再生水在北京地区园林绿地中的安全应用提供了科学指导。

关键词:灌溉;再生水;水质要求

中图分类号:X703 **文献标识码:**B

0 引言

北京是一个严重资源性缺水的城市,随着经济的发展和城市化进程的加快,北京的缺水问题更加突出。城市园林绿化是用水较多的行业之一,解决北京园林行业发展与水资源严重短缺之间矛盾的一个重要出路就是城市污水的再生利用。使用再生水灌溉城市园林绿地是城市污水回用的重要方面^[1]。

当前,我国污水回用方面的国家标准中,涉及城市绿化用水的仅《城市污水再生利用 杂用水水质》(GB/T 18920-2002),其中对城市绿化用水水质做出了规定,但水质要求中,城市绿化用水与冲刷、道路清扫、消防等用水水质规定基本一致,这显然是不妥的。城市园林绿地是所有城市基础设施中唯一有生命的组成部分,再生水水质要符合北京地区园林植物和绿地土壤的特点,必须保证园林植物和绿地土壤的安全,保证城市生态系统的可持续发展。

再生水应用于城市园林在北京地区处于起步阶段,相关经验和基础数据十分贫乏。如何更加合理和安全的将再生水资源应用于城市园林行业,是我们面临的新问题。

为了提高再生水利用率,保证再生水安全地应用于城市园林绿化行业,促进经济建设和城市绿地生态系统的可持续发展,在开展再生水应用于城市园林对园林植物、绿地土壤影响等相关研究的基础上,参考现有相关的国家标准,制定了《北京城市园林绿地使用再生水灌溉指导书》。

本指导书规定了北京地区使用再生水灌溉城市园林绿地的水质要求、操作规程及注意事项,不包括园林景观环境用水。其他非饮用水水源(如收集的雨水、河湖水等)用于灌溉城市园林绿地时,可参考本指导书使用。

1 制定指导书的基本原则

1.1 安全性原则

首先,再生水用于园林绿地灌溉对城市绿地土壤和园林植物是安全的,既不会造成绿地土壤的二次污染,也应保证园林植物的正常生长,发挥良好的生态和景观功能,在此基础上,才能有利于城市绿地生态系统的可持续发展。

同时,使用再生水灌溉园林绿地时应保证不会对操作人员、游人、行人等的健康造成不良影响,充分体现以人为本的原则。

本指导书规定古树禁止使用再生水灌溉,这是由古树所具有的重要的科学价值、文化价值、观赏价值和特殊的文物价值所决定的。古树在某一地点已经生长了成百上千年,树木生长势大多逐渐开始衰弱,且古树毕竟在园林植物中只占非常小的比例,同时对于珍稀名木和新引进的植物,则应慎用。

1.2 节约用水原则

再生水与自来水相比,在价格上有一定的优势,但使用再生水灌溉绿地同样必须遵循节约用水的原则。在城市园林绿化行业中应积极推广使用再生水源,尤其在再生水输配水管线覆盖范围内,应采用先进的节水技术和节水灌溉方式,优先利用水质达到要求的再生水源。

1.3 灌溉设施正常使用原则

园林绿地灌溉用水水质应不会对灌溉设施的正常使用造成不良影响,不会引起灌溉设施的堵塞、锈蚀等。

2 水质要求

遵循以上几项原则,总结近年科研成果并在整合现有水质标准的基础上,结合北京地区的实际情况,提出再生水用于灌

溉城市园林绿地的水质要求(共包括 17 个项目,见表 1)。该水质要求与《城市污水再生利用 杂用水水质》相比,相同项目指标有 7 个,指导书中增加了 8 个项目、删减了 2 个项目(色度和溶解氧),个别项目内容根据北京地区具体情况进行了调整。

表 1 再生水浇灌城市园林绿地的水质要求 mg/L

序号	项目	标准值
1	pH 值(无量纲)	6.5~8.5
2	嗅	无不快感
3	全盐量(溶解性总固体)	≤1000
4	氯化物	≤250
5	总磷(以 P 计)	≤10
6	氨氮	≤20
7	生化需氧量(BOD ₅)	≤20
8	浊度(NTU)	≤10
9	铁	≤0.3
10	总汞	≤0.001
11	总镉	≤0.005
12	总砷	≤0.05
13	铬(六价)	≤0.1
14	总铅	≤0.1
15	阴离子表面活性剂(LAS)	≤1.0
16	总余氯	0.2≤管网末端≤0.5
17	总大肠菌群数	≤3 个/L

2.1 相同项目

《城市污水再生利用 杂用水水质》中包括的物理指标(嗅和浊度)、化学指标(全盐量、氨氮、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂)和卫生学指标(总大肠菌群数),这 7 项共有指标保证了再生水满足再生回用的基本水质要求,因此在北京地区的灌溉指导书中均进行了引用。以下仅就与植物正常生长密切相关的盐分进行说明。

盐分引起的植物伤害主要表现为:生长缓慢,树冠瘦小,枝叶变褐变黄,严重时出现焦边症状,花朵变小,植物组织脱水,缺少活力等,使植物的观赏价值大大下降。因此使用再生水灌溉绿地时,首先要考虑的水质指标就是盐分含量(即溶解性总固体)。再生水含盐量的水平与植物生长质量密切相关。

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,需要保护和不能使用再生水的 42 种^[1]。北京园林植物的耐盐性不同种类之间也有较大差异,相关研究表明,大部分园林植物尤其是乡土植物具有较强的耐盐性,如国槐、栾树、白蜡、桧柏、白皮松、小檗、黄杨、月季及草坪草等使用再生水灌溉植物外观没有出现不良症状。但部分园林植物耐盐性较弱,如油松、玉兰、棣棠、紫薇等^[2],使用再生水要慎重。

目前再生水中盐分种类以氯化钠为主^[3],经过连续几年的对北京市市政再生水水质调查,结果表明再生水含盐量在 700~800 mg/L 的水平,高于自来水。现有《城市污水再生利用 杂用水水质》和《农田灌溉水质标准》(GB 5084-92)两项国家标准中均规定为全盐量不高于 1 g/L,本指导书引用了国家标准中的规定。

2.2 增加项目

在《城市污水再生利用 杂用水水质》基础上,主要包括氯化物、总磷(以 P 计)、铁、总汞、总镉、总砷、六价铬、总铅共 8 个项目。这 8 项指标引自《农田灌溉水质标准》(GB 5084-92)。

氯化物含量过高,则可能造成土壤次生盐渍化,引起植物“盐害”^[4]。使用再生水灌溉园林绿地既要保证对土壤不造成二次污染,又要保证园林植物的正常生长。因此本指导书引用了《农田灌溉水质标准》(GB 5084-92)中氯化物不高于 250 mg/L 的要求。本项目与溶解性总固体协同考虑,均为了保证城市绿地土壤的安全。

磷素作为植物生长必需的大量元素之一,灌溉用水中适宜浓度的磷对改善植物磷素营养具有积极的作用。但在土壤碱性较强的北京地区,总磷含量过高,则会引起土壤中铁、镁、锌元素的缺乏,影响植物正常生长。同时考虑到对地下水的安全性,指导书中对总磷的上限做出了规定^[5]。

有人认为园林植物不进入人类的食物链,重金属指标高低可以不做规定。但作为城市绿地灌溉用水的再生水,必须保证对绿地土壤不会造成重金属污染。另一方面,城市表层土壤中重金属含量较高时,可以通过扬尘等途径进入人体,危害人体健康^[5~7]。目前北京市部分公园土壤已经受到明显铅污染^[8]。因此综合考虑以上原因,本指导书中对重金属的含量做出了规定。

2.3 删减项目

本指导书删减了色度和溶解氧两项指标。色度指标主要影响景观水体的感官效果,灌溉用水可以不做要求。溶解氧指标主要与景观水体水质有关,溶解氧过低,表明水体中缺氧,会对水生动植物产生不良影响。目前灌溉绿地大多采用喷灌的灌溉方式,该方式类似于“曝气”过程,再生水中溶解氧含量相对充足。因此作为灌溉用水的水质要求,没有必要对色度和溶解氧做出规定,本指导书删减了这两项指标。

2.4 调整项目

本指导书对 pH 和总余氯两项指标规定范围进行了调整。

2.4.1 pH 值

《城市污水再生利用 杂用水水质》中规定 pH 值为 6.0~9.0,作为国家标准,要综合考虑全国各地区的特点,南方地区属于酸性土壤,用 pH 值接近 9.0 的水灌溉是没有问题的,北方地区则属于碱性至强碱性的土壤,用 pH 值为 6.0 的水灌溉同样对土壤改良是有益处的,因此 pH 值范围比较宽泛,这与《农田灌溉水质标准》中 pH 值的规定是一致的,这也是为了满足标准的科学性和适用性的要求。

但根据北京地区的土壤特点,如果用 pH 值 8.5 以上的水质灌溉时,则可能会造成土壤中多种元素(磷、铁、镁、锌、铜等)的有效性降低^[9],引起植物营养元素的缺乏,影响植物正常生长。同时,pH 值低于 6.5 的水质则可能会使部分乡土植物生长不良。

因此作为北京地区适用的指导书,充分考虑了北京地区土壤和植物的特点,把 pH 值调整为 6.5~8.5。

2.4.2 总余氯

《城市污水再生利用 杂用水水质》中规定总余氯为:接触 30 min 后≥1.0 mg/L,管网末端≥0.2 mg/L,本指导书中调整为 0.2 mg/L≤管网末端≤0.5 mg/L,对上限做出了规定。这

主要考虑到了目前以加氯消毒为主的消毒方式中,如果过量使用则可能会引起土壤中氯化物浓度升高,影响植物正常生长。

3 操作规程及注意事项

本指导书的服务对象主要是以各区县绿化队和园林工程公司为主的基层单位,为了保证再生水在绿化施工和养护中的安全使用,给使用再生水灌溉绿地的用户提出了以下操作规程和注意事项。

3.1 灌溉制度和施肥管理

从灌溉次数、灌溉量及施肥管理上与自来水一致,虽然再生水中含有一定浓度的氮、磷等植物营养物质,但仍然不能取代施肥,否则可能造成土壤肥力水平的下降。

3.2 操作人员的劳动保护

使用再生水源时,应对操作人员进行必要的知识、技术培训。操作人员应尽可能减少皮肤接触。

3.3 加强再生水的标识和安全管理

再生水已进入游人、行人及居民可触及的区域,为了保证再生水安全回用,在使用再生水的绿地中,井盖、水箱、管道及出水口等设施应涂成绿色,应在显著位置给予醒目的标识,标注“再生水—禁止饮用”字样,以免误饮、误用。目前在朝阳区东四环绿地中做出了颇具艺术性的标识,值得同行借鉴。

使用再生水灌溉园林绿地,应采取有人看管式,非灌溉用途时不能开启阀门。

从公共卫生学角度考虑,喷灌出水口附近 5~10 m 范围内不宜设食品店、食品摊点。这是公园绿地和居住区绿地中使用再生水灌溉时应引起注意并严格遵守的。

3.4 跟踪监测

为了保证再生水在城市园林绿化行业的安全使用,相关部门应加强对再生水浇灌的植物生长状况、土壤状况(如酸碱度、全盐量和交换态钠、重金属等)和再生水水质状况等进行定期跟踪监测。如使用过程中发现植物生长不良等异常情况,应及时报告相关部门,查找原因。

3.5 注意不同园林植物的耐盐性差异

目前再生水的溶解性总固体(即全盐量)一般在 800 mg/L 的水平,没有超过规定的 1 000 mg/L 的要求,但其绝对值仍高于自来水,大约是自来水溶解性总固体的 2 倍,长期灌溉是否会造土壤盐分的累积目前尚在跟踪研究中。溶解性总固体是与植物生长关系最密切的指标之一,因此在总结相关研究成果的基础上,对种类繁多的园林植物的耐盐性进行了分类(见指导书附录)。大部分的乡土植物如栾树、白蜡、国槐、毛白杨、大叶黄杨、碧桃、桧柏、金叶女贞、紫叶小檗、高羊茅、野牛草、苔草、萱草、鸢尾、矮牵牛、一串红、月季等,使用再生水灌溉是安全的。油松、玉兰、紫薇等植物种类使用再生水浇灌时要慎重。

3.6 禁止使用再生水配药

鉴于再生水成分的复杂性,配制农药时应禁用再生水。同时考虑配制农药需水量相对灌溉而言微乎其微,从安全性角度考虑,使用自来水配制农药为宜。

4 小结与讨论

近年来随着高碑店、酒仙桥、清河、北小河、吴家村等一批

污水处理厂的建成,北京地区的污水处理率超过 60%,并在南二环、东四环沿线等铺设了一定范围的输水管线,在一定程度上促进了再生水的回用。目前北京地区的污水处理及回用工程总体水平位于全国前列。但目前再生水在北京园林绿地中的应用仍局限在很小的范围内,大部分绿地尚不具备使用再生水浇灌的条件。综合分析,有以下几方面的原因。

4.1 城市再生水利用系统的整体规划尚待完善

虽然北京市在城市总体规划中已经制定了城市污水再生利用的发展规划,制定规划时充分考虑了再生水的综合利用范围,但目前该规划的实施尚有一定的困难。目前大部分绿地尚不能使用再生水浇灌,仅南二环和东四环沿线的部分绿地具有再生水水源。

4.2 强制再生水使用的法规政策尚待完善

对于北京市这样一个资源型缺水的城市,应大力提倡使用再生水。最新颁布实施的《北京市节约用水办法》对再生水的使用做出了相应的规定:“绿化用水鼓励使用雨水和符合用水水质要求的再生水,逐步减少使用城市自来水”。

目前虽然在城市园林绿化行业大力提倡使用再生水,但仅靠现有的政策支持,显然力度显得有些不够,尚待建立强制性的法规政策。要求能够使用再生水的必须使用再生水,并制定明确的奖惩措施,为再生水在园林中的推广使用提供法律和政策保障。

4.3 再生水水质尚待加强管理

园林绿化用户基本都不具备自行进行水质监测的条件,因此需要供水部门增加供水水质的透明度,定期向用户公布再生水水质情况。同时为了满足不同用户的使用用途,比如应用于园林灌溉和景观水体对再生水水质的要求具有很大不同,应进一步完善目前再生水的水质标准体系,制定相关的技术标准,实现按需按质供水,确保城市再生水的科学使用。

4.4 再生水应用于园林的基础研究尚待深入

再生水回用在北京地区尚处于起步阶段,针对北京城市园林绿化用水问题开展的专门研究尚在进行中,周期较短,一些问题尚待探索,关于再生水对人、对园林植物、绿地土壤及环境的安全性研究较少,相关基础研究亟待加强。今后将根据研究的进展及行业发展对指导书不断予以完善提高。

对于北京市这样一个严重缺水的城市,在用水量较大的园林绿化行业应大力推广使用再生水。本指导书的编写对推动再生水在城市绿地中的推广使用具有积极的促进作用,对于推动园林行业的节水工作起到了重要的指导作用,对其他城市再生水回用事业的发展有一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 佟魏,林逢凯,郑兴灿.制定《再生水景观灌溉水质标准》需考虑的主要问题[J].给水排水,2003,29(9):53-55.
- [2] 王艳春.再生水灌溉对园林植物和绿地土壤的影响[J].北京园林,2005,(4):6-11.
- [3] 杨景辉.土壤污染与防治[M].北京:科学出版社,1995.
- [4] 王德荣.农田灌溉水质标准详解[M].北京:中国农业出版社,1992.

表 1 方案比较表

方案	投资费用/万元				优点	缺点
	小计	机泵设备	土建工程	机泵安装		
一	155.6	29.2	123.6	2.8	设备价格低, 维修技术简单。	土建投资大, 维修困难, 运行费高。
二	171.4	54.5	109.7	1.2	安全运行可靠性高, 维修方便, 运行费低。	土建投资及机泵设备价格均较高。
三	125.4	46.1	77.6	1.7	安全运行可靠性高, 维修方便, 运行费低, 土建投资少。	机泵设备价格较高。

由表 1 可以看出, 斜卧式潜水轴流泵方案的工程投资最小, 分别占普通轴流泵型和潜水轴流泵型的 80.6% 和 73.2%。由于斜卧式潜水轴流泵的特殊结构, 在运行上也是安全可靠的, 尤其符合汛期降雨时突击排水对泵安全运行要求高的实际, 故最终选择了斜卧式潜水轴流泵型及其结构方案。

3 泵站设计及施工

3.1 设计指标

泵站设计流量 $6.4 \text{ m}^3/\text{s}$, 安装 4 台 700QZ-160GA 型斜卧式潜水轴流泵, 装机容量 $4 \times 110 \text{ kW}$, 转速 $730 \text{ r}/\text{min}$, 叶片安装角为 $+2^\circ$ 。设计进水位 0.1 m , 最低进水位 -0.6 m , 设计出水位 2.9 m , 设计净扬程 2.8 m , 最大净扬程 3.5 m 。

3.2 结构设计

泵站引水部分由引水段和前池组成, 进水池为开敞式斜坡护岸结构, 长 8.0 m , 宽 11.5 m , 4 台水泵依次排列, 泵中心间距 2.8 m 。进水池混凝土底板厚 0.5 m , 侧墙为砌石斜坡护岸, 后墙斜坡护岸为厚 0.5 m 的混凝土, 坡长 7.85 m , 兼作泵体基础。泵的轨道和出水管道依次排列固定在斜坡上, 泵体斜卧在可沿轨道上下移动的小车上, 与管道采用自动耦合连接。运行时水泵沿轨道放至池底, 耦合接口自动对接; 非工作期, 可利用卷扬机将水泵拉到水面以上, 便于维护保养, 延长水泵的使用寿命。

进水池底板及后墙下地基采用水泥深层搅拌桩加固, 桩径 500 mm , 设计桩长 $6 \sim 8 \text{ m}$, 桩中心间距 $0.8 \sim 1.0 \text{ m}$, 梅花形布置。

3.3 水泵及其他构件防腐

泵站地处沿海, 地下水对机泵及其他金属构件有较强的腐蚀性, 水泵制造要有特殊要求: 叶片及其他泵体构件改用不锈钢材料, 泵壳及出水管道内外壁用环氧煤涂层防腐, 轨道采用牺牲阳极法防腐。采用上述措施后, 能够有效地阻止锈蚀现象的发生。

3.4 泵站施工

泵站土建部分施工与常规的施工方法相同, 这里不再赘

述。仅就泵体轨道与出水管道的固定安装作一介绍。

轨道安装时, 严格控制轨道铺设角度 (包括水平角度和垂直角度), 以便控制出水管路的出水方向, 保证管路间的紧密连接; 在水泵准确就位后, 安装出水管道; 出水管道以自动耦合接口为基准, 在已浇注好的管道支座上准确调整管道位置, 确保安装角度和安装高程的准确性, 然后固定好管道, 以保证自动耦合接口的紧密连接。

3.5 泵站运行状况

孤东泵站投入运行 6 年多来, 机组运行平稳、可靠, 各项指标均达到了设计要求, 没有出现任何故障, 设备的检修更是方便、快捷, 只需 2 名工人利用一个 5 t 导链, 通过出水池外壁预埋拉环, 用油绳沿轨道将泵体拉至斜坡以上进行检修, 待检修完毕后, 仍然利用导链沿轨道将泵体放回原处, 靠泵体自重使泵体与取水管线轻松联成一体, 达到省时、省力、可靠、高效的效果。

4 结 语

孤东 303 泵站扩建工程初步运行的实践表明, 在软弱地基上的泵站采用斜卧式潜水轴流泵具有显著的优点。

(1) 工程结构简单, 将传统的墩墙式结构改为斜坡式, 大大减小了地基压力, 减小工程量, 降低工程造价, 适合沿海地区软弱地基泵站的建设。

(2) 由于电机与水泵构成一体, 现场安装无需进行耗工、耗时、复杂的轴线对中装配工序; 机泵斜卧在可上下移动的小车上, 检修和非运行期可将水泵沿斜坡拉至坡顶, 停放在水位以上, 安装、维修及保养工作十分方便, 并能有效延长机泵的使用寿命。

(3) 水泵在水中运行, 水流从电机周围通过, 电机冷却条件好, 运行平稳可靠; 水泵省去了机泵间的长轴, 提高了安全性, 提高了出水效率, 减少了运行费用, 适用于长时间运行。

(4) 机泵采用自动控制, 保护功能齐全, 安全可靠; 运行噪音小, 改善了工作人员的环境。

综上所述, 在软弱地基上采用斜卧式潜水轴流泵及斜坡结构型式的泵站, 建筑物结构安全, 建设投入低, 施工方便, 运行可靠, 这些优势都是其他型式轴流泵站所不能比拟的, 具有较高的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 严登丰. 泵站设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 1997.
- [2] 湖北省水利厅. 泵站施工规范[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.
- [3] 冯训文, 王 玺, 许慕松. 泵站技术规范[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.

(上接第 62 页)

- [5] Staglini W M, Doelman P, Salomons W, et al. Chemical time bombs: predicting the unpredictable[J]. Environment, 1991, 33: 4-30.
- [6] Konstern C J M. Summary of the workshop on delayed effects of chemical in soils and sediments (chemical time bombs) with emphasis the Scandinavian region[J]. Applied Geochem., 1993, 12: 295-299.

- [7] Chen T B, Wong M H, Wong W J C, et al. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hongkong [J]. Environ. Pollution, 1997, 96: 61-68.
- [8] 郑袁明, 余 轲, 吴泓涛, 等. 北京城市公园土壤铅含量及其污染评价[J]. 地理研究, 2002, (4): 21-27.
- [9] 王敬国. 植物营养的土壤化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.