

文章编号:1673-9469(2009)01-0063-03

基于 Crystal Ball 的粪大肠菌健康安全评价

陈 颖,李清雪

(河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038)

摘要:以邯郸市东污水处理厂的二级出水并经深度处理后的出水为评价对象,采用粪大肠菌群为健康安全评价指标,采用 Monte-Carlo 技术建立仿真模型,并确定概率分布。通过 Crystal Ball 软件进行快速仿真计算,从而确定评价对象回用的健康保障率。结果表明,二级出水及深度处理后出水未经消毒直接回用于景观环境和地下水回灌途径,卫生安全保障率较低。为保障再生水回用的卫生安全,在深度处理工艺中添加消毒处理工艺是必需的。

关键词:健康安全评价;粪大肠菌;Crystal Ball

中图分类号: X820.4

文献标识码: A

The health safety assessments based on Crystal Ball for fecal coliform groups

CHEN Jie, LI Qing-xue

(College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: The secondary outflow of Handan East Sewage Treatment Plant and its advanced treated reclaimed water were taken as the evaluating objects. The fecal coliform group was taken as the health safety assessments index, and Monte-Carlo technology was used to carry on the simulation of model establishment and the certainty of probability distribution, then simulation of health safety certainty of evaluating objects which were reused for urban reclaimed water consumption was carried out by using Crystal Ball soft. The results show that the sanitary safety of the secondary effluent and advanced treated effluent reused for scenic environment and groundwater recharge consumption will be lower without disinfections. So the disinfections process in advanced treatment process is necessary to ensure the sanitary safety of reclaimed water.

Key words: the health safety assessments; fecal coliform; crystal ball

随着经济的发展,环境污染日趋严重,污水排放量持续增加^[1]。目前,污水作为一种稳定的非传统水源,再生利用量也逐渐增多。为了保障再生水回用安全,进行再生水回用的风险评价研究非常必要。风险评价兴起于20世纪70年代,其中,最具有里程碑意义的是1983年美国国家科学院(NAS)发布的《联邦政府的风险评价管理》,提出了风险评价的“四步法”^[2],形成了风险评价的基本框架。随着相关基础学科的发展和风险评价规范、准则的颁布,使得风险评价技术迅速发展并在全世界范围内得到广泛应用^[3]。

Crystal Ball 是一个由 Decisioneering 公司开发的、建立在微软 EXCEL 平台上使用简单、功能强大

的 Monte-Carlo 仿真程序,通过它可以对各种方案的风险预测进行快速、准确、直观的评估。本文以 Crystal Ball 7.2 为工具,采用商值法对再生水中粪大肠菌群的健康保障率进行模拟预测。

1 试验设计

1.1 试验内容

本试验以邯郸市东污水处理厂二级出水为原水,该厂总处理能力为 $10^5 \text{ m}^3/\text{d}$,处理工艺采用丹麦 Kruger 公司三槽式氧化沟污水处理工艺,邯郸市东污水处理厂运行至今效果良好,水质稳定,出水水质情况见表 1。

表 1 平均出水水质统计表

Tab.1 Handan East Sewage Treatment Plant effluent water quality average statistic table unit: mg / L

年份	指 标					
	BOD ₅	COD _{Cr}	SS	NH ₃ -N	TN	TP
1998	13	25	7	1.55	8.7	0.77
1999	17	27	9	2.39	9.0	0.75
2000	13	22	8	2.09	10.6	0.67
2002	14.3	25.7	6	4.3	14.3	1.80
平均	14.3	24.9	7.5	2.58	10.7	0.99

试验采用混凝沉淀→粗砂过滤→精砂过滤→消毒工艺对该厂的二级出水进行了深度处理。出水按照次氯酸钠(NaClO₂) = 2mg/L, 接触时间 = 10min 进行消毒。水中粪大肠菌群的测定采用滤膜法^[4]。

1.2 商值法风险评价原理

商值法是针对某一种暴露途径,将风险因子的浓度和已经制定的风险因子的相关标准进行比较,若其浓度超过标准值,则认为会对人体健康和生态环境造成一定危害,即产生风险。由于风险因子的浓度值常常随时间变化,并符合一定概率分布,因此可以看作是一个变量,可用概率的方法对这种风险发生的机率进行定量评价。在评价水环境质量时,假设排入水体中某种污染物的浓度为 C_t ,为保护水环境生态系统而制定的该污染物的标准为 C_o ,如果 $C_t > C_o$ 即可认为该污染物对水体生态系统产生风险。如果 C_t 是变量并符合某一分布函数 $F(c)$,则该污染物排入水体后对环境产生的风险可表示为 $R = P(C_t > C_o)$ ^[5]。

2 概率分布函数的匹配

根据数理统计,对数正态分布的特征是:设随机变量 X ,若其对数满足正态分布,则称 X 服从对数正态分布,即 $\ln X \sim N(\mu, \sigma^2)$ 。为求对数正态变量 X 的有关事件的概率,经过变换后就转化为求相应变量 $Y = \ln X$ 的相应事件的概率,即 $P(X < a) = P(\ln X < \ln a) = P(Y < \ln a)$ 。本文采用柯尔莫哥洛夫非参数假设检验^[6]来判断样本数据是否来自对数正态分布的总体。

运用 Crystal Ball 软件可以对二级出水和深度处理出水粪大肠菌群的概率分布函数进行快速匹配。首先运行 Crystal Ball 7.2 软件,然后点击分布匹配(Fit Distribution),弹出界面后选中数据范围(Range),再选中对数正态分布和柯尔莫哥洛夫检

验,点击 OK,运行后得到匹配对照表(Comparison Chart)。结果表明样本数据服从对数正态分布,柯尔莫哥洛夫非参数假设检验结果见表 2。

表 2 对数正态分布非参数检验表

Tab.2 Non-parameter hypothesis testing of lognormal distribution table

处理工艺	样本容量	检验值 D_n	临界值 $D_{n,\alpha}$
二级出水	16	0.1309	0.327($\alpha=0.05$)
深度处理出水	16	0.1369	0.327($\alpha=0.05$)

由表 2 可以看出,二级出水及深度处理后出水在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下接受粪大肠菌群符合对数正态分布的假设。同时计算出二级出水样本的粪大肠菌群均值 μ_1 、标准差 σ_1 及深度处理后样本的粪大肠菌群均值 μ_2 、标准差 σ_2 。

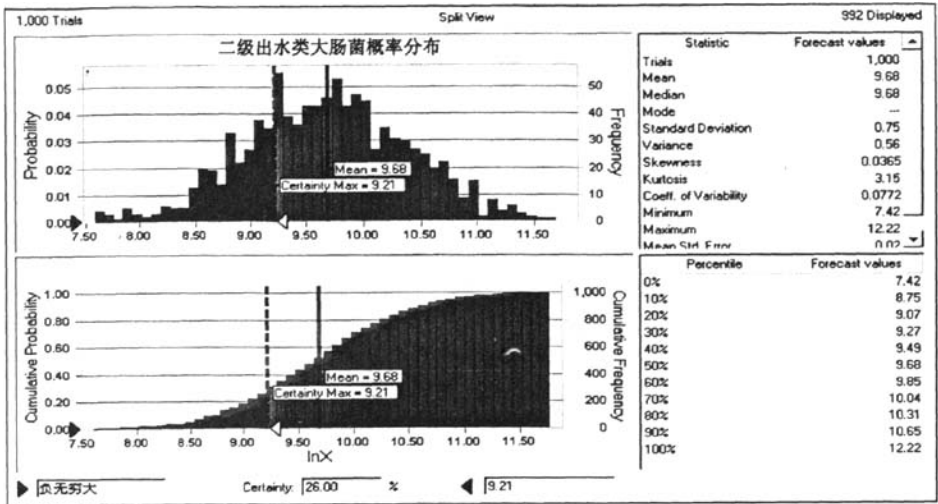
3 计算结果与分析

将 GB/T 18921-2002 和 GB/T 19772-2005 标准中对粪大肠菌群数的规定设为 C_o ,排入水体中粪大肠菌群数设为 C_t 。

运行 Crystal Ball 7.2 后,首先定义假设变量(Define Assumption),确定该变量 C_t 的概率分布为对数正态分布;再定义 $\ln(C_t)$ 为预测值(Define Forecast),确定后点击运行(Start Simulation),Crystal Ball 就会自动进行大约 1 000 次的试算,在模拟预测结果的窗口底部输入各标准的 $\ln(C_o)$ 值,模拟结果将以图表的形式显示在屏幕上,黑色部分面积即为发生的健康保障率,如图 1 所示。出水健康保障率模拟结果见表 3。

从表 3 可以看出,二级出水回用于娱乐性景观环境和地下水回灌途径,水中粪大肠菌群数符合标准要求的概率为 0.00%;回用于观赏性景观环境中的河道类湖泊类途径,符合标准要求的概率仅为 26.00%;回用于观赏性景观环境中的水景类途径,符合标准要求的概率仅为 0.30%。目前在我国,绝大多数污水处理厂二级出水均未经消毒直接排入河道湖泊中作为景观环境用水,人体如果接触这种水将有被病原微生物感染的危险,存在极大的健康安全风险。

城市污水厂二级出水经混凝沉淀→粗砂过滤→精砂过滤处理后,水中粪大肠菌群得到有效去除。该出水回用于观赏性景观环境(河道类湖泊类)途径,健康保障率得到大幅度提高,从原来的 26% 提高到 78.23%,由于不与人体接触,观赏性景观环境用水对粪大肠菌群指标要求不高,可以未经



注: 图中黑色部分为发生的健康保障率, 灰色部分为发生的健康风险

图1 二级出水粪大肠菌群概率分布图

Fig.1 Secondary effluent fecal coliform groups probability distribution

表 3 出水健康保障率模拟结果

Tab.3 The simulation results of certainty of health safety

评价项目	观赏性景观环境用水			娱乐性景观环境用水			地下水回灌	
	河道类	湖泊类	水景类	河道类	湖泊类	水景类	地表回灌	井灌
标准中粪大肠菌群数(个/L)	10000	2000	500	不得检出	1000	3		
二级出水健康保障率	26.00%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
未经消毒深度处理出水健康保障率	78.23%	12.66%	0.37%	0.00%	2.26%	0.00%		
经消毒深度处理出水健康保障率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

消毒直接排放或采用阶段性消毒。当该出水回用于与人类接触频繁的观赏性景观(水景类)、娱乐性景观和地下水回灌途径时,健康保障率略有提高,最大只有 12.66%。因此,不经消毒的深度处理出水直接回用仍然存在很大的健康安全风险。

深度处理出水经消毒后各评价样本中粪大肠菌群数结果均为 0 个/L,因此,城市污水厂二级出水经混凝沉淀→粗砂过滤→精砂过滤→消毒工艺处理后,100%可以达到观赏性景观环境用水、娱乐性景观用水和地下水回灌用水的微生物学指标,回用水的卫生安全可以得到保障。

4 结论

运用 Crystal Ball 软件可以对二级出水和深度处理出水粪大肠菌群的健康安全风险进行快速模拟预测。二级出水及深度处理后出水未经消毒直接回用于景观环境和地下水回灌途径,卫生安全保障率较低。深度处理后出水经次氯酸钠消毒可


以有效去除水中的粪大肠菌群,再生水回用的卫生安全保障率可以达到 100%。

参考文献:

- [1] 王冬云,黄友波,王安平.生活污水的化学强化一级处理的研究[J].河北建筑科技学院学报,2003,20(2): 20-22.
- [2] USEPA. The risk assessment guidelines of 1986 (EPA/600/8-87/045) [R]. Washington, D. C: U. S. Environmental Protection Agency. 1986.
- [3] 汪晶. 风险评价技术的原理与进展[J]. 环境科学, 1998, 19(3): 68-69.
- [4] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社,2002.
- [5] 仇付国. 城市污水再生利用健康风险评价理论及方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学,2004.
- [6] 陈方樱,徐赐文,郑更新. 概率论与数理统计[M]. 北京: 机械工业出版社,2006.

(责任编辑 闫纯有)

基于Crystal Ball的粪大肠菌健康安全评价

作者: [陈颖](#), [李清雪](#), [CHEN Jie](#), [LI Qing-xue](#)
作者单位: [河北工程大学, 城建学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26(1)

参考文献(6条)

1. 王冬云;黄友波;王安平 [生活污水的化学强化一级处理的研究](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2003(02)
2. USEPA [The risk assessment guidelines of 1986](#)[EPA/600/8-87/045] 1986
3. 汪晶 [风险评价技术的原理与进展](#) 1998(03)
4. 国家环境保护总局 [水和废水监测分析方法](#) 2002
5. 仇付国 [城市污水再生利用健康风险评价理论及方法研究](#)[学位论文] 2004
6. 陈方樱;徐赐文;郑更新 [概率论与数理统计](#) 2006

本文读者也读过(10条)

1. [朱玲](#), [叶向](#) [项目管理方法——PERT/CPM与Crystal Ball模拟](#)[会议论文]-2006
2. [高峻](#) [利用Crystal Ball进行模拟财务预测——以武商集团为例\(I\)](#)[期刊论文]-[中国管理信息化](#)2008, 11(2)
3. [高峻](#) [利用Crystal Ball进行模拟财务预测——以武商集团为例\(II\)](#)[期刊论文]-[中国管理信息化](#)2008, 11(3)
4. [高峻](#) [利用Crystal Ball进行基于时间序列的财务预测——以武商集团为例](#)[期刊论文]-[中国科技信息](#)2007(18)
5. [贺宝成](#), [江红涛](#), [贺宝元](#), [HE Bao-cheng](#), [JIANG Hong-tao](#), [HE Bao-yuan](#) [水晶球模拟在R&D决策中的运用](#)[期刊论文]-[陕西科技大学学报\(自然科学版\)](#)2009, 27(5)
6. [叶向](#), [杨永艳](#) [使用Crystal Ball进行期权定价的计算机仿真](#)[会议论文]-2005
7. [王启军](#), [王志明](#), [刘江斌](#) [冷敏钢生产实践](#)[会议论文]-2007
8. [李元鹏](#), [郭寰](#), [唐玉兰](#), [丁大力](#), [LI Yuan-peng](#), [GUO Huan](#), [TANG Yu-lan](#), [DING Da-li](#) [蒙特卡罗仿真方法在水处理中的应用研究进展](#)[期刊论文]-[辽宁化工](#)2006, 35(7)
9. [胡静波](#) [风险管理工具——Crystal Ball在企业经营风险中的应用](#)[期刊论文]-[中小企业管理与科技](#) 2009(31)
10. [徐建青](#) [包钢自动轧管机组技改项目管理研究](#)[学位论文]2005

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200901016.aspx