DOI:10.19789/j.1004-9398.2018.06.009

基于节能环保的厕纸处置方式调查与研究*

许 威 王艳秋** 姜 楠
(辽宁科技大学化学工程学院,辽宁 鞍山 114051)

摘 要

目前对厕纸使用后处置方式无规范要求,对于国人厕纸使用后处理方法缺少统计资料,因此,对居民在生活中将使用后的厕纸丢进马桶中冲走,还是将其丢入纸篓中作为固废处理的问题,通过对全国一定范围内的居民生活习惯的调查研究,分析调查结果,得到厕纸处置现状. 实验监测厕纸置于水中产生各种污染物对水体环境的影响情况,得到厕纸进入下水道对污水处理厂的污染物贡献占比,进而分析厕纸入下水道的环境影响. 对厕纸作为固废处理对环境的影响情况进行了分析. 结果表明,居民在日常生活中将厕纸使用后直接丢进马桶的占66.2%,丢进纸篓中的占33.8%;若厕纸全部入下水道化学需氧量排放量占0.097%,氨氮排放量占0.096%,可生化性评价指标均值达0.45;若厕纸全部作为固废处理,其排放量约占生活垃圾总清运量的3.09%,同时带来卫生问题. 最后,得出了将使用后的厕纸丢进马桶中处理是更加节能环保的处置方式.

关键词: 厕纸污染,调查研究,节能环保.
中图分类号: X33,X50

随着"低碳环保"理念的普及,公众愈加倾向选择更"节能环保"的生活方式[1-2],如随手关闭水龙头,使用环保购物袋代替塑料袋等,但对于如何处理厕纸更"节能环保"这一问题却争议颇多. 厕纸的处理习惯也因人而异,一些人认为将其丢进马桶,最终进入水体,既方便卫生,又节能环保,另一些人认为将其丢进纸篓形成生活垃圾,既不污染水体,又可以防止马桶被堵[3]. 在一些公共场所,如机场、车站、饭店等卫生间内的"请将厕纸投入纸篓"或"请将厕纸投入马桶"的提示语更增加了人们的困惑. 与此同时,对于国人厕纸使用后处理方法缺少统计资料,对不同的处理方式对环境的实际影响缺少定量的研究和明确的研究结论,特别是对于厕纸进入下水道作为生活污水中的一部分对污水处理的影响研究[4]基本属于空白.

基于此,本研究通过实地与网上两种形式对居民厕纸使用后的处理方式进行调查,并根据调查结果进行统计分析,了解人们对厕纸的处理习惯及厕纸处置现状. 为探究两种方式对环境的影响,采用实验室模拟的方式,测定厕纸置于水中后不同时间产生的化学需氧量(COD)、悬浮物(SS)、氨氮、五天生化需氧量(BOD_5),得到厕纸进入下水道对污水处理厂的污染物贡献值;另一方面为了分析将厕纸作为固废处理会对环境产生怎样的污染情况,采用客观的统计数据和科学的研究实验,最后通过分析结果与实验监测等得出的数据作为依据,正确地回答了"如何处理厕纸更符合节能环保理念"的问题.

1 调查统计

1.1 调查方式及调查对象

对于城镇居民对厕纸的处理方式通常分为两种,投入马桶,最终进入水体和丢进纸篓形成固废[5-7]. 采用调查问卷的方式,了解当前普通居民的厕纸处理方式,同时调查居民选择不同的厕纸处理方式的考虑因素. 抽样调查辽宁科技大学在校学生和鞍山市不同地区的居民,以及采用网上调查(QQ、微信、公共平台、论坛等)方式抽样调查全国各地的居民.

1.2 分析统计与调查结果

通过实地调查了80位居民,其中将厕纸使用后

收稿日期:2018-03-23
* 辽宁科技大学大学生创新创业训练项目(No. 201510146000094).
**通信作者

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

直接丢进马桶处理的有 49 位,将厕纸使用后丢进纸篓处理的有 31 位. 同时随机调查了 20 位大学生,其中 17 位认为应直接丢进马桶冲走,3 位认为应丢入纸篓. 同时在网上调查结果统计得到不同地区 48 人的有效回复,其中 32 人认为厕纸使用后丢进马桶冲走的方式更合理一些,16 人回复认为丢进纸篓中方式更好.

调查结果统计,居民的日常生活中将厕纸使用后直接丢进马桶的占 66. 2%,厕纸使用后丢进纸篓中的占 33. 8%. 说明多数人习惯于将使用后的厕纸丢进马桶中处理,这样做的理由大多认为更环保卫生,但这样的做法真的符合节能减排的要求吗?

基于上述情况采用定性分析与定量监测相结合的方式对两种方式对环境的实际影响进行评价分析. 首先设计实验,研究厕纸入下水道对水体的污染情况.

2　厕纸对水体污染实验研究

2. 1　实验方案

众所周知,厕纸粘染物与实际排放物相比微乎其微,可忽略不计,厕纸入厕的主要污染物为纸张与水接触后产生的可溶物及碎屑,可用 COD、SS、氨氮、BOD_5 等污染指标表示. 实验室模拟厕纸入水后的变化,测定不同品质的厕纸溶于水后,在不同时间水体中的 COD、SS、氨氮、BOD_5 的浓度值,计算单位厕纸的污染物量,进而推算家庭以至全国的污染物排放总量. 通过计算厕纸进入下水道对污水处理厂的污染物贡献占比及可生化性评价指标(B/C) 值(BOD_5/COD) ,评价厕纸入水后的可生化性,进而评价其对城市污水处理厂的影响.

2. 2　实验材料

据调查结果选取具有代表性的不同品质、类型的卫生纸做为实验对象,分别为低档卫生纸(粗制低价) 、中档卫生纸(普通一般) 、高档卫生纸(昂贵小众) 及报纸(图 1) .

2. 3　实验过程与监测方法

将这些不同类型厕纸做相同处理(将纸剪成 4 cm^2 大小) 置于一定量水(2 000 mL) 中,搅拌均匀,并分别于 24、48、72 h 后取水样检测水中的 COD、氨氮、SS 以及 BOD_5 浓度,其中 COD、氨氮、BOD_5 测定取上清液,SS 测定取水样经筛网过滤后的悬浊液,筛网的作用相当于污水处理厂的细格栅. 指标测定方法均采用国标方法[8] 即 COD 采用重铬酸钾氧化法,SS 采用滤膜法,氨氮测定采用蒸馏—酸滴定法,BOD_5 的测定采用五天培养法.

2. 4　监测结果

分别于 24、48、72 h 检测水中的 COD、氨氮、SS 以及 BOD_5 含量,检测结果见表 1. 图 1 为实验用纸,图 2 为实验过程.

表 1　实验监测结果

监测指标	时间/h	监测结果/mg·L^{-1} 低档卫生纸	中档卫生纸	高档卫生纸	报纸
COD	24	72. 000	40. 000	64. 000	16. 000
	48	68. 000	44. 000	76. 000	16. 000
	72	96. 000	42. 000	72. 000	16. 000
BOD_5	48	29. 120	12. 935	13. 740	14. 664
SS	24	2. 600	2. 576	2. 649	2. 549
	48	6. 250	2. 488	2. 539	8. 360
	72	7. 175	3. 340	2. 944	9. 805
氨氮	24	6. 300	6. 500	6. 500	6. 000
	48	8. 000	8. 800	8. 800	8. 600
	72	8. 000	8. 800	8. 200	8. 800

注: COD. 化学需氧量; BOD_5. 五天生化需氧量; SS. 悬浮物.



图 1　实验用纸



图 2　实验过程

2. 5　污染分析

为便于比较,采用单项污染物指数法,按城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918—2002) 中一级标准中 A 标准进行污染分析[9] . 计算公式为:

$$S_i = C_i / C_0$$

式中: S_i 为某污染物的污染指数; C_i 为某污染物的实测浓度, mg/L; C_0 为某污染物的评价标准值, mg/L.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

计算结果列于表 2,由表 2 可知,最大污染指数为 2.912,各污染指标污染程度由大到小依次为 BOD_5、COD、氨氮、SS,SS 符合排放标准,氨氮略有超标,各类卫生纸 COD、BOD_5 等标污染指数由高到低依次为低档卫生纸、高档卫生纸、中档卫生纸、报纸.

表 2 污染指数

指标	时间/h	污染指数			
		低档卫生纸	中档卫生纸	高档卫生纸	报纸
COD	24	1.440	0.800	1.280	0.320
	48	1.360	0.880	1.520	0.320
	72	1.920	0.840	1.440	0.320
BOD_5	48	2.912	1.294	1.374	1.466
SS	24	0.260	0.258	0.265	0.255
	48	0.625	0.249	0.254	0.836
	72	0.718	0.334	0.294	0.981
氨氮	24	0.788	0.813	0.813	0.750
	48	1.000	1.100	1.100	1.075
	72	1.000	1.100	1.025	1.100

3 结果分析计算与讨论

3.1 污染物排放总量计算

3.1.1 厕纸用量计算

计算平均一卷纸的长度,假设以普通正规商场出售的厕纸计算,从厕纸的包装纸上得到以下数据:两层 300 格,每格 11.40 cm × 11.00 cm,量出整卷厕纸的半径(R)与纸筒内芯的半径(r)分别为 5.80 和 2.30 cm,如图 3 所示.

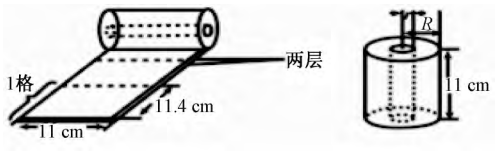


图 3 厕纸结构参数

通过图 3 可计算出一卷厕纸的体积(V):

$$V = 11.40 \times 11.00 \times x \times 2 \times 300 \quad (1)$$

$$V = \pi(R^2 - r^2) \times 11 \quad (2)$$

令(1) = (2),得每层纸的厚度(x)约为 0.013 cm.

通过外圆面积 − 内圆面积 = 横截面(圆环)面积计算一卷厕纸平均长度,以普通厕纸 $R = 60$ mm,$r = 20$ mm,基于上面的推理,设厕纸的长度是 y m:

$$\pi \times 60^2 - \pi \times 20^2 = y \times 0.13 \quad (3)$$

计算得一卷厕纸的长度 $y = 77.29$ m.

同时假设人均每月使用该厕纸 2 卷,计算城镇家庭年使用厕纸量,通过第六次全国人口普查主要数据得全国居住在城镇的人口为 66 557 万人,全国城镇家庭户 21 470 万户,平均每个家庭户的人口为 3.10 人[10].

所以每个家庭年需要使用厕纸为:

$$3.10 \times 2 \times 12 = 74.40 \text{ 卷} \quad (4)$$

$$77.29 \times 74.4 = 5\,750.38 \text{ m} \quad (5)$$

实验中称量 10 g 厕纸约长 1.5 m,每个家庭年需要使用厕纸量为

$$(5\,750.38 \times 10)/1.5 = 38\,335.86 \text{ g},$$

约合 38.30 kg (6)

城镇家庭年使用厕纸量为:

$$38\,335.86 \times 10^{-6} \times (66\,557/3.10) \times 10^4 = 823.07 \text{ 万吨} \quad (7)$$

3.1.2 污染物年总量计算

实验中使用 10 g 厕纸约 1.50 m,与 2 000 mL 自来水充分混合(根据实际冲厕纸使用水量推测),在不同时间段(24、48、72 h)测得 COD 浓度结果如表 1.

利用实验数据计算厕纸进入下水道产生 COD 总量,取平均 COD 浓度值为 50 mg/L;需自来水量 $\frac{5\,750.38}{1.5} \times \frac{2\,000}{1\,000} = 7\,667.16$ L,即一户家庭若将厕纸丢弃在马桶中会产生 COD:$7\,667.16 \text{ L} \times 50 \text{ mg/L} = 3.83 \times 10^{-4}$ t 所以全国城镇家庭户产生的COD 为:21 470 万户 × 3.83×10^{-4} t = 82 306.96 t,根据 2015 年环境统计年报废水排放情况,得到城镇生活源 COD 排放 846.90 万吨[11],计算厕纸进入下水道产生的 COD 占总城镇生活污染源百分比(%):

$$W = \frac{82\,306.96}{846.90 \times 10^4} \times 100\% = 0.097\%$$

计算厕纸进入下水道产生氨氮总量,根据表 1 数据:取平均氨氮含量为 7.8 mg/L;若一户家庭将厕纸使用后丢弃在马桶中会产生氨氮:$7\,667.16 \times 7.8 = 5.98 \times 10^{-5}$ t,全国城镇家庭户 21 470 × 5.98×10^{-5} t = 12 839.89 t,根据 2015 年环境统计年报废水排放情况得到城镇生活源氨氮排放 134.10 万吨[11],计算厕纸进入下水道产生的氨氮占总城镇生活污染源百分比(%):

$$W = \frac{12\,839.89}{134.10 \times 10^4} \times 100\% = 0.096\%$$

3.2 可生化性评价指标分析

通过实验得出的数据,计算 BOD_5/COD,参见表 3.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　B/C 计算结果

指标	低档卫生纸	中档卫生纸	高档卫生纸	报纸	均值
COD/(mg·L^{-1})	68.000	44.000	76.000	16.000	
BOD_5/(mg·L^{-1})	29.120	12.935	13.740	14.664	
B/C	0.430	0.290	0.180	0.920	0.450

注: B/C. 可生化性评价指标.

目前污水处理厂主要处理废水方法为生物降解法[12]，当 $BOD_5/COD > 0.3$ 时，即可考虑对其进行生物降解，当 $BOD_5/COD > 0.5$ 时，认为该废水可生物降解性较好[13]. 由表 3 可知，厕纸产生的水污染物总体可生化性较好，先后顺序为报纸、低档卫生纸、中档卫生纸、高档卫生纸，分析其原因为各种纸张产生的 BOD 量相当，产生的 COD 量相差较大，特别是高档卫生纸更易在水中形成 COD.

通过以上分析可知，厕纸进入下水道产生的 COD、氨氮、BOD_5、SS 对污水处理的污染物贡献值较小，而且厕纸产生的水污染物可生化性较好，对于设置二级污水处理厂(城市污水处理厂包括生化系统)的城市，厕纸经城市下水系统进入污水处理厂后，可得到有效处理，不会对自然水体产生较大影响[14]. 同时在污水厂的一级处理中，通过沉淀、过滤等物理方法可以轻易去除水中的大块厕纸，即使厕纸投入水中会提高原本生活污水中悬浮物的浓度，但相比较与生活污水中的说，这点浓度是足够低的，不用担心增加污水处理厂的处理成本，且能够得到初步净化，也为二级处理提供水质条件. 但对于没有设置二级污水处理厂的城市或农村地区则会与其他污染源一起对自然水体产生污染[15].

3.3　固废处理分析

厕纸做为固废处理对环境的影响主要体现在生活垃圾问题的增加，据 E20 研究院数据显示，2016 年城镇生活垃圾清运量为 26 636 万吨[16]，按厕纸每年约会产生垃圾 823.07 万吨计，占全国生活垃圾总量约为 3.09%. 同时根据生活经验可知，将使用后的厕纸丢进纸篓中更加容易造成环境的污染和导致细菌病毒的传播，纸篓中的厕纸卫生问题是该处理方式的最大弊端，另外，虽然目前包括垃圾焚烧、填埋等在内的生活垃圾处置方式已相对成熟[17]，但前端的垃圾清扫、运输等工作大多还由人工进行，厕纸仍有可能对其造成污染危害[18]. 从人性化的角度来讲，厕纸作为垃圾扔到垃圾箱，清理垃圾的清洁工很容易碰到脏物，同时增加垃圾处理规模，并增加了塑料垃圾袋使用量[19-20].

3.4　其他因素分析

调查时有人提出，老式马桶管径小、管道倾斜度不标准、排水老化等各种问题，都可能导致马桶堵塞，但通过我们调查分析以及查阅资料可知，目前抽水马桶根据冲水类型，可分为直冲式和虹吸式，直冲式排污管大，冲水量强、杂声大，不易堵塞，虹吸式利用虹吸原理，排污管较小比较弯曲，冲水声小，虽较前者易堵塞，但是多冲洗几次就不易发生堵塞问题，马桶堵塞的原因多为原始排污设计不合理、马桶位移过大、马桶质量差、管道内壁没釉且狭小等因素所致，而管道疏通公司的技术人员表示，排污管道口径比马桶出口大很多，厕纸通常情况下不会堵塞马桶. 约 70% 的堵塞，都是不溶解的硬物造成的[3]，同时根据国家卫生部颁布的卫生纸的标准《卫生纸(含卫生纸原纸)》(GB/T 20810－2006)，厕用卫生纸一般不允许具有湿韧性，就是为了防止在使用后纸张不易分解而堵塞卫生化粪池[21]. 并且目前居家使用的为溶水卫生纸，所以厕纸等软纸类不会造成马桶的堵塞[22].

4　结　论

经问卷调查结果分析，居民在日常生活中将厕纸使用后直接丢进马桶的占 66.2%，厕纸使用后丢进纸篓中的占 33.8%，若厕纸全部入下水道化学需氧量排放量占 0.097%，氨氮排放量占总城镇生活污染源 0.096%，B/C 均值达 0.45; 若厕纸全部作为固废处理，其排放量约占生活垃圾总清运量的 3.09%，同时带来卫生问题. 最终认为居民将使用后的厕纸丢弃在马桶中更符合节能环保的理念，一方面可以减少固废的产生量，解决厕纸清运卫生问题. 另一方面对于设置二级污水处理厂的城市，厕纸经城市下水系统进入污水处理厂后，可得到有效处理，不会对自然水体产生较大影响.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] 秦秀清. “低碳理念”在实际生活中的实施情况调查[J]. 产业与科技论坛,2014(3):116-117.

[2] 白莹. 转变观念倡导低碳生活[J]. 网络财富,2010(12):222.

[3] 网易家居综合. 用过的厕纸应该扔马桶冲走还是丢进纸篓[EB/OL]. [2017-11-01]. http://home.163.com/15/0126/06/AGS71AVQ00104J5U.html

[4] He X, Iasmin M, Dean L O, et al. Evidence for fat, oil, grease (FOG) deposit formation mechanisms in sewer lines[J]. Environ Sci Technol, 2011, 45(10): 4385-4391.

[5] Eren B, Karadagli F. Physical disintegration of toilet paper in waste water systems: experimental analusis snd mathematical modeling[J]. Environmental Science & Tachnology, 2012, 46(5): 2870-2876.

[6] Walski T, Edwards B, Helfer E, et al. Transport of large solids in sewer pipes[J]. Water Environ Res, 2009, 81(7): 709-714.

[7] Friedler E, Brown D M, Butler D. A study of WC derived sewer solids[J]. Water Sci Technol, 1996, 33(9): 17-24.

[8] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 200-284.

[9] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 城镇污水处理厂污染物排放标准: GB18918—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

[10] 中华人民共和国国家统计局. 2010 年第六次全国人口普查主要数据公报[EB/OL]. [2018-02-10]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/201104/t20110428_30327.html

[11] 中华人民共和国生态环境部. 2015 年环境统计年报[EB/OL]. [2018-02-20]. http://www.zhb.gov.cn/gzfw_13107/hjtj/hjtjnb/201702/P020170223595802837498.pdf

[12] Almeida M C, Butler D, Friedler E. At-source domestic waste water quality[J]. Urban Water, 1999, 1(1): 49-55.

[13] 韩玮. 污废水可生化性评价方法的可行性研究[J]. 环境科技, 2004, 17(3): 8-10.

[14] 徐连伟. 城市内河环境综合整治工程环境影响评价探讨[J]. 农业与技术, 2014, 34(3): 252.

[15] 龚剑丽, 刘勇弟, 孙贤波, 等. 城市污水二级生化出水中有机污染物特征表征[J]. 环境化学, 2007, 26(5): 706-707.

[16] E20 环境平台, E20 研究院. 中国城市生活垃圾处理行业分析报告(2017 版)[EB/OL]. [2018-03-17]. http://zt.h2o-china.com/report/2017/2017laji_report/

[17] 北京市政协城市生活垃圾处理课题组. 北京生活垃圾问题与对策——北京生活垃圾分类处理情况调研报告[J]. 城市管理与科技, 2009, 11(2): 9-14.

[18] 智研咨询集团. 2017—2022 年中国城市生活垃圾处理市场深度评估及未来发展趋势报告[OL]. [2018-03-17]. http://www.chyxx.com/research/201610/457243.html

[19] 任蓉. 城郊农村生活垃圾收集现状分析及对策研究[D]. 天津: 天津大学, 2011.

[20] 马迁利, 李健, 王璇. 居民生活垃圾发生量持续增长的微观经济分析——一个时间机会成本的视角[J]. 消费经济, 2007, 23(4): 21-24.

[21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卫生纸(含卫生纸原纸)标准: GB/T 20810-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

[22] Karadagli F, Rittmann B E, McAvoy D C. Development of a mathematical model for physical disintegration of flushable consumer products in wastewater systems[J]. Water Environ Res, 2009, 81(5): 459-465.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Investigation and Research on the Disposal of Toilet Paper Based on Energy Saving and Environmental Protection

Xu Wei　Wang Yanqiu　Jiang Nan

(School of Chemical Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning　114051)

Abstract

At present, there was no specification requirement and lack of statistical data on the used toilet paper proposal in China. Therefore, to get the status of toilet paper disposal, a survey on residents´ habits whether they threw the toilet paper in the toilet to wash it away or threw it in the wastebasket as a solid waste was conducted within a certain range of China. To assess the environmental impact of toilet paper into the sewer, various pollutants caused by toilet paper in water were monitored in the experiment and the contribution of pollutants to sewage treatment plant was studied. The effect of toilet paper as solid waste on the environment was also analyzed. The result showed that the proportion of residents who threw toilet paper directly into toilet in daily life were 66.2% and 33.8% of the residents preferred to drop the toilet paper into waste baskets. If all toilet paper were thrown into the sewer, the chemical oxygen demand emissions would account for 0.097% and the ammonia account for 0.096%. The mean B/C value of the indicator of biodegradability was 0.45. If all the toilet paper were treated as solid waste, the discharge amount would account for 3.09% of the total amount of household garbage, which would also bring health problems. Finally, it is concluded that throwing the toilet paper into the toilet is a more energy saving and environmental protection disposal method.

Key words: toilet paper pollution, investigation and research, energy conservation and environment protection.

作者简介　**许威**(1994 -),**男,辽宁科技大学化学工程学院环境工程专业硕士研究生,主要从事污水处理方向研究.**

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net