

城市污泥中重金属形态及资源化可行性分析

袁柯馨, 孙荣, 李玉, 洪俊明

(华侨大学 化工学院, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 以南方某市 6 个污水处理厂为例,分析污泥中重金属 Cu,Zn,Ni,Pb,Cd,Cr 的质量比及其形态分布特征,分析污泥农用的最大施用量和制砖的最大添加量.结果表明:污泥中的 Pb,Ni,Cd 有效态比例较高,Zn,Cr 主要以不可利用态存在,Cu 主要以潜在有效态和不可利用态存在.污泥农用的静态环境容量分析结果显示:不同来源污泥的最大施用量有显著差异,可将 Cd 作为主要监控污染元素,同时作为控制城市污水污泥农过程中最高施用量的计算参考指标,以保证土壤环境安全.通过制砖污泥添加比例的计算,选取 Cu 作为 E 污水厂污泥制砖过程的限制性指标,其余 5 个污水处理厂的限制性指标为 Cr.

**关键词:** 污泥; 重金属; 形态分布; 资源化

**中图分类号:** X 703 **文献标志码:** A

随着城市化和工业化的推进,污水处理率不断提高,污泥产量随之增加,污泥处理问题愈加突出<sup>[1]</sup>.污泥的任意排放或堆放,不但对环境造成严重的二次污染,还造成了资源的浪费<sup>[2]</sup>.一直以来城市污泥主要采用卫生填埋、堆肥农用、焚烧、制砖等处置方式<sup>[3]</sup>.污泥农用和资源化制砖,一方面有效利用污泥,变废为宝,降低处置成本;另一方面有效避免二次污染,被认为是处理容量大且经济可行的污泥资源化方法<sup>[4]</sup>.污泥中含有的重金属是污泥资源化的主要限制因素之一,此外,污泥中重金属生物有效性及潜在迁移性不仅与其总量有关,更大程度上依赖于其在环境介质中的存在形态<sup>[5-6]</sup>.城市污泥中重金属质量分数和形态分布已成为研究热点<sup>[7-9]</sup>,但对污泥在农用和制砖过程中的施用量及添加量的研究还鲜有报道.本文对南方某市 6 个污水处理厂脱水污泥进行系统取样分析,为城市污泥资源化利用提供参考.

1 材料与方法

1.1 污泥样品的采集和预处理

污泥采自南方某城市 A~F 等 6 座污水处理厂的脱水机房,于 5~7 月间多次采样,采得的污泥阴干后过 100 目筛.6 座污水处理厂的基本情况,如表 1 所示.表 1 中: $Q_1$  为设计水量; $\eta$  为工业废水比例;

表 1 6 座污水处理厂的基本情况

Tab.1 Description of the six wastewater treatment plants

| 编号 | $Q_1 / \text{万 t} \cdot \text{d}^{-1}$ | 处理工艺                    | $\eta / \%$ | $Q_2 / \text{万 t} \cdot \text{d}^{-1}$ | $Q_3 / \text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ | 工业废水类型      | 出水标准 |
|----|--|-------------------------|-------------|--|--------------------------------------|-------------|------|
| A  | 30.0                                   | 前置反硝化曝气生物滤池             | 10          | 26~28                                  | 195~210                              | 商业、码头       | 一级 B |
| B  | 20.0                                   | A <sub>2</sub> /O 结合氧化沟 | 15          | 16~18                                  | 120~135                              | 商业、光电       | 一级 B |
| C  | 10.0                                   | A <sub>2</sub> /O       | 50          | 6~8                                    | 45~60                                | 化工、电镀、垃圾渗滤液 | 一级 B |
| D  | 6.0                                    | DE 氧化沟                  | 60          | 5~6                                    | 37.5~45                              | 电镀、机械五金、食品  | 一级 B |
| E  | 2.5                                    | 氧化沟                     | 70          | 1.5~2.0                                | 11~15                                | 电子、光电、电镀    | 一级 B |
| F  | 5.0                                    | Orbal 氧化沟               | 30          | 4~5                                    | 30.0~37.5                            | 电子、电镀       | 一级 B |

收稿日期: 2013-09-04

通信作者: 洪俊明(1974-),男,副教授,主要从事水污染控制工程及清洁生产的研究. E-mail:jmhong@hqu.edu.cn.

基金项目: 国家水专项城市污水处理系统运行特性与工艺设计技术研究项目(2012ZX07313-001);福建省厦门市科技计划项目(3502Z20110008, 3502Z20123029)

$Q_2$  为实际运行水量; $Q_3$  为污泥产生量;出水标准参考 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》. 样品采集点选择正常工况下各污水处理厂污泥脱水车间连续稳定运行的脱水机出泥口. 其中:A,B 污水处理厂主要处理生活污水和少量工业废水;C~F 污水处理厂进水中的工业废水比例相对较高.

### 1.2 污泥中重金属的总量和形态分布测定

参考 CJ/T 221—2005《城市污水处理厂污泥检验方法》,采用  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2\text{-HCl}$  常压消解法提取污泥中重金属总量. 采用 Tessier 五步提取法<sup>[10]</sup>对污泥重金属形态进行分析. 上述分析均设 3 次重复,并且在测定过程中,每 10 个测定样品间用标准样检测结果,以确保测定精度. 采用 SPSS 19.0 软件进行数据统计分析和作图,采用单因素方差分析进行差异显著性检验.

## 2 结果与分析

### 2.1 污水处理厂污泥中重金属总量分布及其影响因素

污泥中重金属质量比受污水处理厂进水水源、重金属形态、污水处理规模、污水处理工艺等因素影响. 其中,城市污水处理厂进水水源对重金属质量比的影响较大. 我国城市污水处理厂进水主要由生活污水、工业污水和降水组成. 冶炼、电镀、化工、制革和机械加工等行业易排放含有重金属的污水. 而塑料、制药和食品等轻工业所排放的重金属相对较少. 6 个污水处理厂中污泥重金属质量比,如表 2 所示. 表 2 中:不同的字母表示不同污水处理厂污泥中的重金属质量比差异有统计学意义,“\*”为  $P<0.05$ ,“\*\*”为  $P=0.000$ .

表 2 南方某城市污水处理厂中污泥重金属质量比  
Tab. 2 Content of heavy metals of sewage sludge from the southern city mg · kg<sup>-1</sup>

| 项目        | w(Cu)            | w(Pb)          | w(Ni)            |
|-----------|------------------|----------------|------------------|
| A         | 289.40±1.62a**   | 277.06±1.33d** | 79.14±0.54a**    |
| B         | 600.46±2.21c**   | 240.37±1.24b** | 156.22±0.93b**   |
| C         | 1 093.55±4.23d** | 258.72±1.04c** | 551.90±2.45e**   |
| D         | 5 889.40±6.09e** | 222.02±1.65a** | 1 702.98±3.21f** |
| E         | 9 760.37±8.31f** | 295.41±1.79f** | 330.94±1.44d**   |
| F         | 450.69±1.94b**   | 240.37±1.20b** | 192.19±1.01c**   |
| 中国城市污泥平均值 | 486.00           | 131.00         | 77.50            |
| 南方某市土壤平均值 | 18.40            | 73.26          | 9.61             |

| 项目        | w(Cr)             | w(Zn)            | w(Cd)           |
|-----------|-------------------|------------------|-----------------|
| A         | 1 788.57±3.87a**  | 1 011.78±2.12c** | 5.25±0.000 21a* |
| B         | 2 331.43±3.56b**  | 543.78±1.11a**   | 6.02±0.000 52a* |
| C         | 2 760.00±3.99d**  | 1 081.82±3.50d** | 6.02±0.000 49a* |
| D         | 20 588.57±2.95f** | 1 260.11±3.24e** | 4.48±0.000 11a* |
| E         | 3 274.29±3.76e**  | 578.80±2.01b**   | 4.48±0.000 14a* |
| F         | 2 645.71±3.22c**  | 1 260.11±2.89e** | 7.56±0.000 49b* |
| 中国城市污泥平均值 | 397.00            | 185.00           | 2.97            |
| 南方某市土壤平均值 | 48.50             | 153.80           | 0.17            |

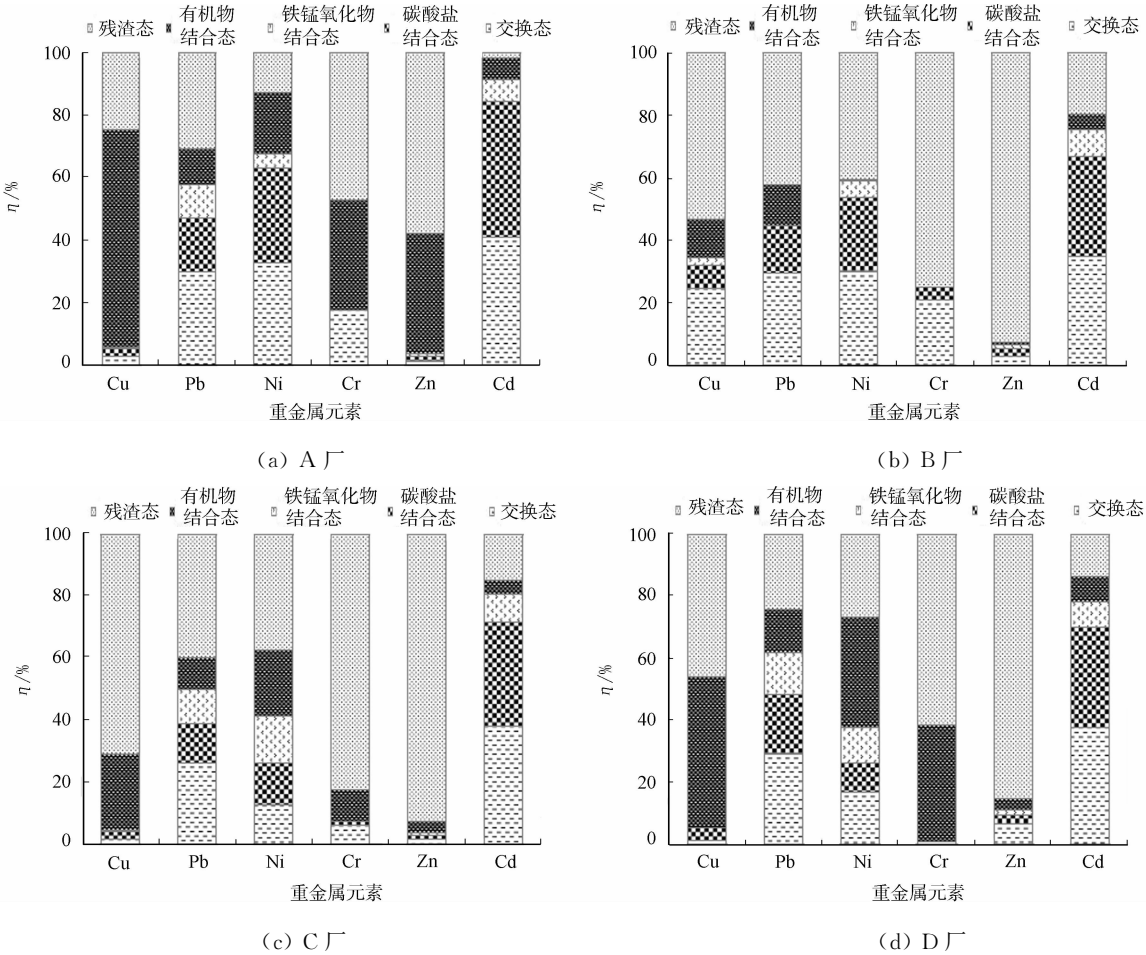
由表 2 可以看出:各污水处理厂污泥中 Zn,Pb 质量比均低于 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》. C~E 污水处理厂 Cu 质量比高于排放标准的限值 800 mg · kg<sup>-1</sup>;A,B,F 污水处理厂 Cu 质量比均达到了排放标准要求限值. B~F 等 5 个污水处理厂中 Ni 质量比未达到标准中所规定的 100 mg · kg<sup>-1</sup> 的排放要求. 6 个污水处理厂中,Cr 质量比在 1 788.57~20 588.57 mg · kg<sup>-1</sup> 之间,不能满足排放要求;从 Cd 质量比来看,A,B,C,F 等 4 个污水处理厂均略高于标准值 5 mg · kg<sup>-1</sup>,而 D 和 E 污水处理厂则在标准值内. 各污水厂重金属均超过该市土壤平均值<sup>[11]</sup>.

除部分污水处理厂的 Cu、Ni 和 Cr, 其他重金属均在 GB/T 25031—2010《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》标准限值内; 各污水处理厂中 6 种重金属质量比大多高于 GB 4284—1984《农用污泥中污染物的控制标准》中的限值。C~E 等 3 个污水处理厂的进水中含有电子、化工、机械制造、电镀、皮革等工业污水, 因此, 重金属质量比明显高于其他 3 个污水处理厂。由表 2 还可知: 各污水处理厂污泥中的 Cu、Pb、Ni、Cr 和 Zn 差异性显著, Cd 在 A~E 等 5 个污水处理厂污泥中的质量比与 F 中存在显著性差异, 但各厂之间差异性不显著。因此, 在污泥农业利用和资源化制砖前需对污泥中重金属进行严格控制。

2.2 污泥中重金属的形态特征

重金属元素的存在形态直接影响该元素的环境行为、生物可给性、迁移转化能力, 以及在生物体中的积累能力及毒性。根据各结合态生物利用性的大小, 可把重金属的各种化学形态大致归为 3 类: 有效态、潜在有效态和不可利用态。交换态和碳酸盐结合态归为有效态, 易发生淋滤并被植物吸收; 铁锰氧化物结合态和有机结合态归为潜在有效态, 它们的有效态的直接提供者, 在 pH 和氧化还原条件改变时, 容易被生物吸收; 残渣态稳定性强, 几乎无生物有效性, 故被归为不可利用态<sup>[12]</sup>。

6 个污水处理厂污泥中各种重金属形态分布, 如图 1 所示。由图 1 可以看出: B、C、F 等 3 个污水处理厂污泥中 Cu 主要以不可利用态形式存在, 比例分别为 53.15%, 70.91%, 52.84%, 生物有效性很低。A、D、E、F 污水处理厂污泥 Pb 的有效态质量比较高, 分别为 47.01%, 48.61%, 51.89%, 62.90%。A、B、E、F 污水处理厂污泥中 Ni 的有效态质量比较高, 分别为 65.60%, 41.23%, 53.82%, 59.92%; 而 C 和 D 污水处理厂中 Ni 的潜在有效态比例相对较高, 当环境变化时, 会被释放而被生物所利用, 因此, 其有效性仍不可忽略, 在污泥资源化时要综合考虑其环境危害。6 个污水处理厂 Cr、Zn 都主要以不可利用态形式存在, 这说明污泥中 Cr 和 Zn 大部分被束缚在矿物晶格中, 其潜在生物毒性相对较弱。相反, 6 个污水处理厂污泥中 Cd 以有效态为主, 都占到了总量的 60% 以上, 具有较强的直接生物有效性, 易被释放到环境形成“二次污染”, 对环境的潜在危害很大。因此, 在资源化过程中应重点考察其危害性。



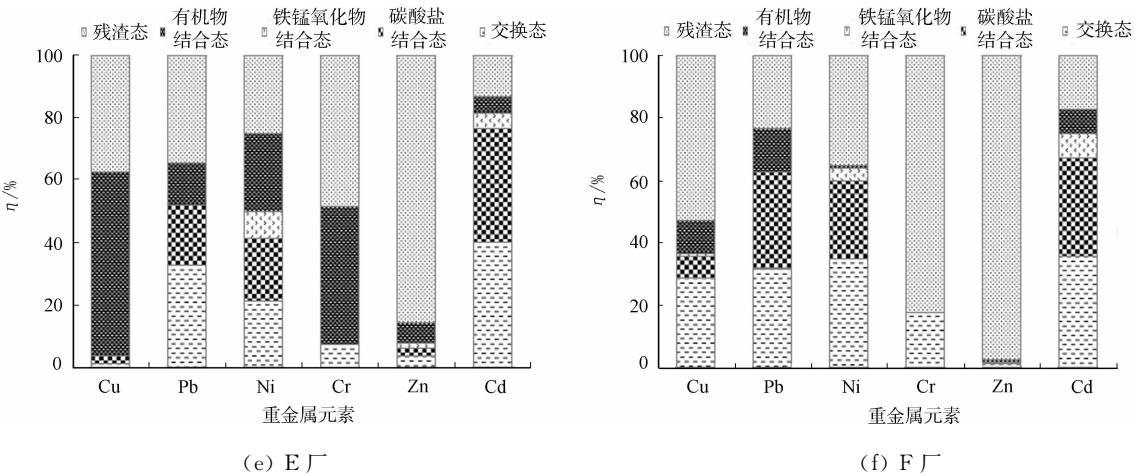


图 1 6 种城市污泥中重金属的形态分布

Fig. 1 Distribution of various fractions of heavy metals in six sludge samples

3 城市污泥资源化分析

3.1 土壤重金属的环境容量及污泥土地利用分析

污泥所施用地区的土壤重金属的环境容量是确定一个城市的污泥安全输入量的关键因素,土壤重金属的环境容量包括了静态容量和动态容量.静态容量的计算公式<sup>[13]</sup>为

$$Q_i = (2.25 \times 10^6) \times (S_i - C_i) \times 10^{-6}.$$
 (1)

式(1)中: $Q_i$ 为土壤重金属*i*的静态环境容量, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $S_i$ 为土壤重金属*i*的临界值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $C_i$ 为土壤重金属*i*的质量比, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $2.25 \times 10^6$ 为每  $10\,000\text{ m}^2$  的土壤平均质量, $\text{kg}$ ;  $10^{-6}$ 为换算系数.

将这些城市污泥农用时,一次性投入量较大,此时根据土壤静态容量计算得到的施用量即为该城市污泥的最高施用量.其具体的计算公式<sup>[13]</sup>为

$$S_{i,\max} = Q_i / w_{s,i} \times 10^9.$$
 (2)

式(2)中: $S_{i,\max}$ 为污泥最高施用量, $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $w_{s,i}$ 为城市污泥中重金属*i*的平均质量比, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

该市地处福建东南部,土壤类型属于赤红壤,这种土壤的风化淋溶作用略弱于砖红壤,颜色红,土层较厚,质地较粘重,肥力较差,呈酸性, $\text{pH} < 6.5$ <sup>[11]</sup>.选择 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》中二级标准  $\text{pH} < 6.5$  中的重金属为临界值,参考该市土壤重金属质量比调查结果,将其中土壤的重金属质量比设为背景值,计算城市污泥农用的最高施用量,如表 3,4 所示.

表 3 南方某市土壤重金属的静态环境容量及城市污泥的最高施用量(I)

| 项目                                   | Cu    | Pb     | Ni    | Cr     | Zn     | Cd   |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|------|
| $S_i/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ | 50.00 | 250.00 | 40.00 | 150.00 | 200.00 | 0.30 |
| $C_i/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ | 18.40 | 73.26  | 9.61  | 48.50  | 153.80 | 0.17 |
| $Q_i/\text{mg} \cdot \text{hm}^{-2}$ | 71.10 | 397.67 | 68.39 | 228.37 | 103.95 | 0.28 |

表 4 南方某市土壤重金属的静态环境容量及城市污泥的最高施用量(II)

| 项目   | 工厂 | Cu        | Pb          | Ni        | Cr        | Zn        | Cd      |
|--|----|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| $S_{i,\max}/\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ | A  | 245.68e** | 1 435.30b** | 864.16f** | 127.68e** | 102.74c** | 54.02c* |
|  | B  | 118.41c** | 1 654.43d** | 437.76e** | 97.95d**  | 191.16e** | 47.10b* |
|  | C  | 65.02b**  | 1 537.09c** | 123.91b** | 82.74c**  | 96.09b**  | 47.10b* |
|  | D  | 12.07a**  | 1 791.16e** | 40.16a**  | 11.09a**  | 82.49a**  | 63.34d* |
|  | E  | 7.28a**   | 1 346.15a** | 206.65c** | 69.75b**  | 179.60d** | 63.34d* |
|  | F  | 157.76d** | 1 654.43d** | 355.83d** | 86.32c**  | 82.49a**  | 37.48a* |

由表 3,4 可知:Cu,Cr 和 Cd 的最高污泥施用量较低. 张丽丽等<sup>[9]</sup>认为 Cr 在土壤中多以难溶性化合物形态存在,迁移能力较弱,城市污泥施加到土壤后,Cr 也多转变为难溶态,且 90% 以上迅速被土壤吸附固定,在土壤中难再迁移,其迁移活性相对较弱,不宜作为限制性指标.

经形态分析,由图 1 可以看出:Cu 主要以相对稳定的形态存在,其迁移活性弱,不宜作为限制性指标. 相较其他测定金属而言,Cd 有较强的潜在迁移活性<sup>[14-15]</sup>. 因此,选取 Cd 作为城市污泥最高施用量的主要限制性指标.

3.2 城市污泥制砖利用分析

GB/T 25031—2010《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》中提出:污泥用于制砖时,污泥中重金属质量比要低于相关限值,此外,将污泥与其他制砖原料混合时,污泥与制砖总原料的质量比,即混合比例小于或等于 10%. 利用这一比例上限值,结合标准中污泥重金属浓度限值,采用污泥添加比例计算公式,对文中污泥进行添加比例计算,即

$$X = (M_i \times 10\%) / w_{s,i} \times 100.$$
 (3)

式(3)中:  $M_i$  为污泥制砖标准中重金属  $i$  的质量比限值,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $w_{s,i}$  为城市污泥中重金属  $i$  的平均质量比,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $X$  为污泥实际添加比例.

6 个污水处理厂污泥的 Cr 均超标,C 污水处理厂 Ni 超标,D,E 污水处理厂 Cu,Ni 超标. 针对污水处理厂超标重金属元素进行污泥制砖添加比例( $\delta$ )计算,为污泥制砖无害化提供理论基础,计算结果如表 5 所示. 由表 5 可知:A,B,C,D,F 等 5 个污水处理厂 Cr 的污泥添加比例最低,E 污水处理厂 Cu 的污泥添加比例最低,其次为 Cr.

表 5 城市污泥制砖资源化添加比例

Tab. 5 Addition proportions of sewage sludge in brick

| 工厂 | $\delta/\%$ |    |      |      |    |    |
|----|-------------|----|------|------|----|----|
|    | Cu          | Pb | Ni   | Cr   | Zn | Cd |
| A  | —           | —  | —    | 5.59 | —  | —  |
| B  | —           | —  | —    | 4.29 | —  | —  |
| C  | —           | —  | 3.62 | 3.62 | —  | —  |
| D  | 2.55        | —  | 1.17 | 0.49 | —  | —  |
| E  | 1.54        | —  | 6.04 | 3.05 | —  | —  |
| F  | —           | —  | —    | 3.78 | —  | —  |

污泥砖烧制过程中,大部分有机物被氧化分解,金属硫化物发生氧化而转化为氧化物,导致污泥中不稳定部分的重金属形态比例降低,而稳定部分比例升高. 由于物理、化学性质的差异,不同重金属元素经过高温烧结后的迁移固定表现也各不相同<sup>[16]</sup>. 因此,在污泥制砖过程中,除考虑污泥本身重金属的危害,还应综合考虑污泥中重金属在高温烧结过程的迁移、转化和固定.

Obrador 等<sup>[17]</sup>发现 Zn,Ni 和 Pb 高温热处理后,原有的不稳定形态基本消失,残渣态比例明显增加. Ni 在高温烧结过程中会形成一系列不易浸出化合物,得到明显固化<sup>[16]</sup>. 鉴于 E 污水处理厂中 Cu 的添加比例最低,选取 Cu 作为污泥制砖过程的限制性指标. Cr 是典型的亲氧元素,高温下发生氧化反应,易发生迁移、转化,高温条件对 Cr 的固化作用不明显<sup>[16]</sup>;另外,研究发现 Cr 在所调查的 A,B,C,D,F 等 5 个污水处理厂的超标现象也最为严重,因此,将 Cr 作为这 5 个污水厂污泥制砖过程的限制性指标.

4 结论

1) 各污水处理厂中重金属质量比和形态分布规律均存在差异. 其中,Zn,Cr 主要以不可利用态存在,Cu 主要以潜在有效态和不可利用态存在,而 Pb,Ni,Cd 有效态比例较高.

2) 根据该市主要旱地赤红壤静态环境容量计算表明,污泥农用过程中,Cd 是主要限制性指标. 不同污水处理厂污泥的最大施用量有明显差异,为保证土壤环境的安全,建议将 Cd 作为城市污水处理厂污泥农用过程中最高施用量的限制性指标.

3) 制砖过程中污泥添加比例研究表明,E 污水厂 Cu 添加比例最低,作为该厂污泥制砖过程的限制性指标;其余 5 个污水厂的 Cr 添加比例最低,作为其制砖资源化过程的限制性指标.

参考文献:

[1] 杨军,郭广慧,陈同斌,等. 中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J]. 中国给水排水,2009,25(13):122-124.

[2] FYTILI D,ZABANIOTOU A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new method; A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2008,12(1):116-140.

[3] 胡绵好,袁菊红,黄和平,等. 南昌市城市污泥重金属形态分布及其生物活性研究[J]. 水土保持通报,2010,30(5): 64-67.

[4] BASEM S I K,KALAVROUZIS P H,KOUKOULAKIS A Y. Soil pollution indices under the effect of sludge [J]. Water, Air and Soil Pollution,2013,224(2):1436-1441.

[5] IMPELLITTERI C A,SAXE J K,COCHRAN M,et al. Predicting the bioavailability of copper and zinc in soils: Modeling the partitioning of potentially bioavailable copper and zinc from soil solid to soil solution[J]. Environmental Toxicology and Chemistry,2003,22(6):1380-1386.

[6] SASTRE J,HERNANDEZ E,RODRIGUEZ R,et al. Use of sorption and extraction tests to predict the dynamics of the interaction of trace elements in agricultural soils contaminated by a mine tailing accident[J]. Science of the Total Environment,2004,329(1/2/3):261-281.

[7] 谢莹,张涛,金建峰,等. 污水处理厂脱水污泥中重金属的形态分布特征研究[J]. 中国给水排水,2012,28(5):93-96.

[8] 姚金铃,王海燕,于云江,等. 城市污水处理厂污泥重金属污染状况及特征[J]. 环境科学研究,2010,23(6):676-702.

[9] 张丽丽,李花粉,苏德纯. 我国城市污水处理厂污泥中重金属分布特征及变化规律[J]. 环境科学研究,2013,26(3): 313-319.

[10] TESSIER A,CAMPBELL P G C,BISSON M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals[J]. Analytical Chemistry,1979,51(7):844-851.

[11] 邱海源. 厦门市翔安区土壤重金属分布、形态及生态效应研究[D]. 厦门:厦门大学,2008:163-165.

[12] 于瑞莲,胡恭任,张丽玲. 泉州城市污泥中重金属赋存形态和生物有效性分析[J]. 环境化学,2011,30(11):1965-1966.

[13] 姜勇,梁文举,张玉革,等. 污灌对土壤重金属环境容量及水稻生长的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12 (3):124-127.

[14] 冯春,杨光,杜俊,等. 污水污泥堆肥重金属总量及形态变化[J]. 环境科学研究,2008,21(1):97-102.

[15] 李淑更,张可方,周少奇,等. 脱水污泥在美人蕉种植中的应用[J]. 环境科学研究,2008,21(2):158-162.

[16] 马雯,呼世斌. 以城市污泥为掺量制备烧结砖[J]. 环境工程学报,2012,6(3):1035-1038.

[17] OBRADOR A,RICO M I,ALVAREZ J M,et al. Influence of thermal treatment on sequential extraction and leaching behavior of trace metals in a contaminated sewage sludge[J]. Bioresource Technology,2001,76(3):259-264.

## Form of Heavy Metals in Sewage Sludge and Resource Feasibility in Southern City

YUAN Ke-xin, SUN Rong, LI Yu, HONG Jun-ming

(College of Chemical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** The content and form distribution of heavy metals (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) from sewage sludge in six wastewater treatment plants in a southern city of China were investigated. The maximum amount of sewage sludge which could be applied to agricultural soil and brick was also calculated. Results revealed that Zn and Cr existed mainly in unavailable form, and Cu was in a state of potentially effective and unavailable fraction. The effective proportions of Pb, Ni and Cd were larger than other metals. As calculated by the static environmental capacity of latosolic red solid of the city, the main detected harmful heavy metal was Cd in the course of agriculture utilization of sludge. The maximum application amount of sludge from various sources were significantly different. Therefore, we suggested that the content of Cd in sewage sludge could be used as a reference index, which was used for calculating the maximal application rate in the control of application rate of sludge for agricultural land, and for the protection of solid environment. As calculated by the addition ratio of the sewage sludge in the brick, the main control index was Cu in the E wastewater treatment plant, meanwhile Cr was selected as the dangerous heavy metal in the other five wastewater treatment plants.

**Keywords:** sewage sludge; heavy metal; form distribution; resource