

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2019081401

穷达卓玛, 汪晶, 周文武, 等. 拉萨垃圾填埋场渗滤液处理站周边土壤重金属含量分析及评价[J]. 环境化学, 2020, 39(5): 1404-1409.
QIONGDA Zhuoma, WANG Jing, ZHOU Wenwu, et al. Analysis and evaluation of heavy metal content in soil around leachate treatment station of
Lhasa landfill site[J]. Environmental Chemistry, 2020, 39(5): 1404-1409.

拉萨垃圾填埋场渗滤液处理站周边 土壤重金属含量分析及评价*

穷达卓玛¹ 汪晶¹ 周文武¹ 周鹏¹ 孟德安¹ 旦增^{1,2**}

(1. 西藏大学理学院, 拉萨, 850000; 2. 天津大学环境科学与工程学院, 天津, 300072)

摘要 填埋是西藏城乡生活垃圾处理处置主要方式. 受垃圾填埋场渗滤液的影响, 垃圾填埋场周边环境
污染问题越来越引起社会关注. 本文于2018年3月22日对拉萨市渗滤液处理站正南50 m和西南200 m处进行
土壤采样, 分析土壤酸度及Cd、Hg、As、Ni、Cu、Pb、Cr、Zn等8种重金属含量水平, 采用Hakanson潜在生态风险
危害法对垃圾填埋场周边土壤生态风险进行分析评价. 结果表明, 受垃圾渗滤液的影响, 垃圾渗滤液处理站周
边土壤酸度降低; Cd、As和Zn等3种重金属在两个监测点的含量均高于拉萨城市土壤元素背景值和中国土
壤元素背景值, 其中污染贡献率最大的是Cd, 分别是拉萨城市土壤背景值的6.67倍和中国城市土壤元素背景
值的8.25倍; 根据两个监测RI值可知, $150 \leq RI < 300$ 为中等生态危害, 其危害程度为西南200 m > 正南50 m.
关键词 拉萨, 垃圾填埋场, 渗滤液, 重金属污染.

Analysis and evaluation of heavy metal content in soil around leachate treatment station of Lhasa landfill site

QIONGDA Zhuoma¹ WANG Jing¹ ZHOU Wenwu¹ ZHOU Peng¹
MENG Dean¹ DAN Zeng^{1,2**}

(1. School of Science, Tibet University, Lhasa, 850000, China;

2. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin, 300072, China)

Abstract: Landfill is the main way of municipal solid waste disposal in Tibet. Due to the influence of
landfill leachate, the environmental pollution around landfill has attracted more and more attention.
In this paper, soil samples were taken from 50m south and 200m southwest of the Lhasa Leachate
Treatment Station respectively on March 22, 2018. Soil acidity and heavy metals including Cd, Hg,
As, Ni, Cu, Pb, Cr and Zn were analyzed. The potential ecological risk index method of Hakanson
was adopted to evaluate the ecological risk of soil around the landfill sites. The results showed that
landfill leachate reduced the pH of the soil around the Lhasa Leachate Treatment Station, and the
content of Cd, As and Zn in the two monitoring sites were higher than the background values of soil
elements in Lhasa and in China. Among them, the largest contribution to the pollution was Cd,

2019年8月14日收稿(Received: August 14, 2019).

* 国家自然科学基金(51668056), 西藏大学科研培育基金之成长计划项目(ZDTSJH19-14)和西藏自治区重点科技计划
(Z2016C01G01106)资助.

Supported by National Natural Science Foundation Regional Fund Project(51668056), Growth Plan Project of Research and Cultivation
Fund of Tibet University(ZDTSJH19-14) and the Key Science and Technology Program of Tibet Autonomous Region(Z2016C01G01106).

** 通讯联系人, Tel: 13638988545, E-mail: yongzhong2008@163.com

Corresponding author, Tel: 13638988545, E-mail: yongzhong2008@163.com

which was 6.67 times of the background values in Lhasa and 8.25 times of that in China. The RI values of the two monitoring sites were within the limits of $150 \leq RI < 300$, which were of medium level of pollution, and the site of the southwest was more polluted.

Keywords: Lhasa, landfill, leachate, heavy metals pollution.

随着人们生活水平的提高,城镇垃圾产量与日俱增,成分越来越复杂,“垃圾围城”已经成为制约城市发展,影响市民生活质量的重要因素之一^[1],填埋法作为垃圾处理的主要方式,被国内外广泛应用^[2-3].而渗滤液作为垃圾填埋场的主要污染源之一,对周边环境和人体健康存在较大的安全隐患.钱丽萍等^[4]调查了哈尔滨柳树林垃圾填埋场渗滤液对周边土壤污染状况,在垃圾堆放场周边 200 m 范围内土壤被严重污染,且在垃圾场底部垂直方向,随着土壤深度的增加而垃圾渗滤液的含量逐渐减少.王莹莹等^[5]研究了西安市江村沟垃圾填埋场渗滤液对周边生态环境的影响,结果表明,垃圾填埋场入口土壤中 pH 值小于出口 pH 值,并且与垃圾填埋场周边土壤进行比较,填埋场重金属 Hg 的变化较大.于萍萍等^[6]分析西藏鲁朗垃圾渗滤液对周边土壤质量的影响,发现垃圾渗滤液侵蚀 8 年的土壤(20—40 cm)金属的综合污染为重污染.贺晓凌等^[7]研究垃圾渗滤液对土壤微生物多样性的影响,结果表明,地域、季节、垃圾堆放时间等的不同都能影响垃圾处理厂附近土壤微生物的多样性,尤其垃圾多的地方微生物种群丰度更大等.

西藏作为我国重要的生态安全屏障,生态环境敏感而十分脆弱.但是目前西藏乡村生活垃圾基本都采用直接堆放、填埋和露天焚烧的方式进行处理处置,城镇生活垃圾主要以卫生填埋为主^[8],这些处理处置方式不可避免地给周边环境带来二次污染,尤其是渗滤液、填埋气体等的影响.由于渗滤液具有水质复杂、有机物浓度、氨氮、重金属含量较高^[9]等特点,使得垃圾渗滤液通过雨水的淋浴、冲刷渗入土层,必将对地下水、地表水、土壤等造成污染^[10].目前拉萨市渗滤液处理站主要接纳拉萨市一期、二期填埋场产生的渗滤液和垃圾焚烧发电厂产生的渗滤液,且整体渗滤液水质复杂,季节性变化较大,对周边土壤,地下水造成影响的隐患较大.为了考察垃圾渗滤液处理站对周边土壤环境污染状况,在拉萨垃圾填埋场渗滤液处理站对周边土壤进行布点采样分析.

1 材料与方法 (Materials and methods)

1.1 调查区概况

拉萨市垃圾填埋场位于拉萨市区往西约 15 km 处拉萨市曲水县聂当乡 318 国道北侧德吉村境内山坡地,地理坐标为东经: $90^{\circ}57'31''$ — $90^{\circ}58'37''$,北纬: $29^{\circ}33'28''$ — $29^{\circ}34'49''$,海拔约 3670 m,占地面积 300 亩,填埋场建设使用年限 20 年(2001—2020),库容量设计为 $190.28 \times 10^4 \text{ m}^3$,填埋垃圾量 172 — $411 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$,填埋场主要收集范围为拉萨市区及周边县、区域的城市生活垃圾.垃圾填埋场属于山谷型且北高南低、东高西低.填埋场北上游基岩泉水流量为 $0.114 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$,西侧的尼浦为季节性溪流和其余支谷为临时性洪流.而渗滤液处理站位于垃圾填埋场东南角,设计处理规模为 $100 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,实际平均每天垃圾渗滤液 $10 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$ 多,且季节性的影响较大,夏季含量明显高于冬季.该站采用“MBR(膜生物反应器)+RO(反渗透)”工艺处理后出水用于周边绿化进行二次利用.

为了考察垃圾渗滤液处理站对周边土壤环境污染状况,在拉萨垃圾填埋场渗滤液处理站对周边土壤进行布点采样分析.

1.2 样品采集及处理

1.2.1 样品采集

本文综合考虑拉萨市垃圾填埋场区域地形地貌、运输路线,同时渗滤液处理站上游只有与北侧山体连体的垃圾填埋场.经现场勘察后综合考虑渗滤液处理站周边其他设施覆盖情况,于 2018 年 3 月 22 日对拉萨垃圾填埋场渗滤液处理站正南 50 m 和西南 200 m 处现场采集土壤样品各 1 份,其监测点位布设如表 1 所示.

表 1 垃圾填埋场监测点位及坐标

Table 1 Landfill monitoring points and coordinates

监测点位 Monitoring point	坐标 Coordinate
正南 50 m	E90°57.708'N29°33.980'
西南 200 m	E90°57.666'N29°33.926'

1.2.2 样品处理

将采集的土壤样品装入 PVC 密封袋,在实验室内风干后去除土壤中的植物根系等异物,在 600 °C 下干燥恒重,通过 200 目土样筛,筛下物封存于 PVC 密封袋中以备分析使用.根据《土壤环境监测技术规范》(HJ 166—2004)确定各监测指标分析测试方法,即 pH 值采用 pHS-3C pH 计,重金属 Cu、Pb、Cr、Zn、Ni 和 Cd 采用原子吸收分光光度计,重金属 As 和 Hg 采用原子荧光光度计,具体数据检测由西藏博源环境检测有限公司实验室完成.

1.2.3 评价标准

采用《拉萨城市土壤元素背景值》和中国《土壤环境质量标准》进行分析评价.

1.2.4 评价方法

本论文主要采用 Hakanson 潜在生态风险危害法进行评价.潜在生态风险危害法将重金属的环境生态效应与毒理学联系起来,反映各种重金属对环境的综合污染程度^[11-13],以引用背景值为参比值,评价方法^[14]如下:

$$\begin{aligned}
 RI &= \sum E_r^i \\
 E_r^i &= T_r^i \times C_r^i \\
 C_r^i &= C_{\text{实测}}^i / C_n^i
 \end{aligned} \quad (1)$$

式中,RI 为潜在生态危害指数; E_r^i 为金属 i 的潜在生态危害系数; T_r^i 为金属 i 的毒性响应系数 Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr、Zn 和 Ni 的 T_r^i 分别为 30、40、10、5、5、2、1 和 5; C_r^i 为金属 i 的污染系数, $C_{\text{实测}}^i$ 为金属 i 含量的实测值, C_n^i 为金属 i 参比值(引用背景值)

表 2 潜在生态风险危害评价等级

Table 2 Grading standard of E_r^i and RI-the potential ecological risk index

E_r^i	污染程度 Degree of pollution	RI	污染程度 Degree of pollution
$E_r^i < 40$	低生态危害	RI < 150	轻微生态危害
$40 \leq E_r^i < 80$	中等生态危害	$150 \leq \text{RI} < 300$	中等生态危害
$80 \leq E_r^i < 160$	较重生态危害	$300 \leq \text{RI} < 600$	强生态危害
$160 \leq E_r^i < 320$	重生态危害	RI ≥ 600	极强生态危害
$E_r^i \geq 320$	严重生态危害		

2 结果与讨论 (Results and discussion)

2.1 垃圾填埋场渗滤液水质特点

为了分析垃圾渗滤液对周边土壤的影响,首先对拉萨垃圾填埋场渗滤液取样分析,分析结果见表 3.结果表明,垃圾渗滤液中 COD_{Cr}、NH₃-N、TP 和 TN 含量偏高.如果不能正常集中收集处理或者处理系统不能正常运行,通过雨水的淋浴、冲刷渗入土层,导致对周边环境有造成污染的隐患.

2.2 垃圾渗滤液处理站周边土壤 pH 值

将文献[20]中的拉萨城市土壤元素背景值数据作为对照值与拉萨市生活垃圾渗滤液处理站正南 50 m、西南 200 m 处的土壤 pH 值进行对比分析,结果见图 1.拉萨城市土壤元素普遍为偏碱性^[15],由于垃圾在收集、运输等过程中对周边土壤的 pH 值都有不同程度的变化.土壤 pH 值对土壤中物质的迁移转化有着重要的影响,由于渗滤液的土壤 pH 值偏弱碱性(pH7.05—7.65),因而周围土壤在偏碱性渗滤

液中长期浸泡、淋洗下,土壤 pH 值就会有降低的趋势.其中西南 200 m 处土壤 pH 值比拉萨城市土壤背景值 pH 值降低了 0.79,变化幅度较大,而正南 50 m 采样点的土壤 pH 值也有不同程度的降低,但降低幅度不大.王莹莹对西安江村垃圾渗滤液对周边土壤影响的结果发现,由于江村垃圾填埋场属于老龄垃圾填埋场,渗滤液 pH 值偏碱性,而周围土壤在偏碱性渗滤液中长期浸泡,使得周围土壤 pH 值有升高的趋势^[5].

表 3 拉萨垃圾填埋场渗滤液水质分析($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

Table 3 Analysis of main components of leachate in Lhasa landfill ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

测定项目 Measurement item	COD _{Cr}	NH ₃ -N	Cr	Cd	Hg	TP	TN
浓度范围 Concentration range	179—2230	1.08—30.958	0.0048—0.24	0.00003—0.00004	0.0001—0.0036	0.73—17.79	2.44—40.6

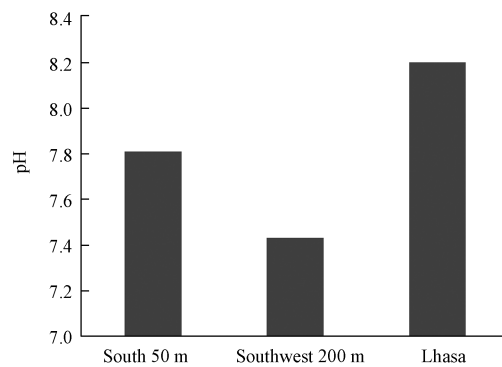


图 1 不同采样点土壤 pH 和对照点的对比

Fig.1 Comparison of soil pH and control values at different sampling points

2.3 垃圾渗滤液处理站周边土壤重金属含量分析

由于未对垃圾进行分类,垃圾来源中还含有有毒有害的垃圾,包括锌、汞、镉废旧电池和废铅蓄电池,导致垃圾渗滤液重金属种类繁多,含量很高.这些重金属会在土壤中产生一系列的物理、化学和生物作用使得土壤重金属累积而造成土壤污染^[16-18].表 4 为拉萨市垃圾渗滤液周边土壤样品中各重金属的测定值及环境背景值.

表 4 土壤样品中各元素的测定值及环境背景值($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Table 4 Test result of elements and environmental background values of soil ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

重金属 Heavy metal	正南 50 m South 50 m	西南 200 m Southwest 200 m	平均值 Average value	拉萨土壤环境背景值 Soil environmental background value of Lhasa	中国土壤环境背景值 Soil environmental background value of China
Pb	13.0	17.2	15.1	31	26.0
Cd	0.69	0.90	0.80	0.12	0.097
Cr	26.8	36.3	63.1	42	61.0
As	27.6	29.0	28.3	20	11.2
Hg	0.034	0.051	0.043	0.092	0.065
Zn	73.6	99.6	86.6	65	74.2
Ni	21.4	29.0	25.2	21	26.9
Cu	24.1	18.0	21.05	22	22.6

从表 4 可以看出,相对于垃圾城市土壤元素背景值,监测数据中 Cd、As、Cr 和 Zn 的含量明显高于拉萨土壤元素背景值,这表明受到渗滤液的影响,周边土壤重金属已受到污染,特别是土壤中 Cd 是拉萨城市土壤元素 Cd 背景值的 6.67 倍.此外,在垃圾填埋场西南 200 m 处土壤中 As、Zn 和 Ni 含量分别是土壤背景值的 1.41、1.33 和 1.2 倍,垃圾渗滤液对周边土壤重金属污染顺序为 Cd>As>Zn>Ni>Cu>Hg>Cr>Pb.

相对于中国城市土壤元素背景值,监测数据中 Cd、As、Cr 和 Zn 的含量明显高于中国土壤元素背景值,这表明受到渗滤液的影响,周边土壤重金属已受到污染,特别是土壤中 Cd 是中国城市土壤元素 Cd 背景值的 8.25 倍,说明土壤 Cd 污染严重.此外,在垃圾填埋场下游 200 m 处土壤中 As、Zn 含量分别是土壤背景值的 2.53、1.17 倍.研究表明,由于垃圾渗滤液中重金属的富集作用,土壤开始出现污染.且两个采样点的污染程度顺序为西南 200 m>正南 50 m.

2.4 Hakanson 潜在生态风险危害法评价

采用文献[20]中拉萨城市土壤元素背景值数据为参比值,依照公式(1)进行潜在生态危害评价,其评价结果见表 5. 表 5 可看出,依照表 2 分级标准可知,只有 Cd 元素在两个监测点存在较高的潜在生态危害($160 \leq E_r^i < 320$),其他重金属元素在监测点的单一潜在生态危害较低,为低生态危害系数($E_r^i < 40$).且根据两个监测点 RI 值可知, $150 \leq RI < 300$ 为中等风险,其危害程度为西南 200 m 生态危害风险(RI)>正南 50 m 生态危害风险(RI),Cd 元素具有较高的潜在生态危害贡献率.

表 5 潜在生态危害系数法评价结果($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

Table 5 The evaluate results-the Potential Ecological Risk Index ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

样点 Sampling sites	E_r^i								RI
	Pb	Cd	Cr	As	Hg	Zn	Ni	Cu	
正南 50 m	2.1	172.5	1.3	13.8	14.8	1.1	5.1	5.5	216.2
西南 200 m	2.8	225	1.7	14.5	22.2	1.5	6.9	4.1	278.7

3 结论 (Conclusion)

(1) 监测结果表明,垃圾渗滤液处理站周边土壤的 pH 值在 (pH7.05—7.65) 范围,比拉萨城市土壤元素背景值明显降低;相比之下西南 200 m 处土壤 pH 值比拉萨城市土壤元素背景值降低了 0.79,正南采样点的土壤 pH 值也有所降低,但降低幅度相对较小.周边土壤 pH 降低可能与垃圾渗滤液处理站带来的影响有关.

(2) 渗滤液处理站周围土壤重金属监测结果表明,采样点土壤重金属 Cd 含量最高,为拉萨城市土壤元素 Cd 背景值的 6.67 倍,为中国土壤元素背景值的 8.25 倍.垃圾填埋场周边土壤重金属 Cd、As、Zn 含量明显高于拉萨城市土壤元素背景值和中国土壤元素背景值,表明垃圾渗滤液处理站周边已受到重金属污染,其垃圾渗滤液处理站对周边土壤重金属污染顺序为 $\text{Cd} > \text{As} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Cr} > \text{Pb}$,两个采样点的污染顺序为西南 200 m>正南 50 m.

(3) 采用 Hakanson 潜在生态危害指数评价结果表明,除两个监测点 Cd 元素的单一潜在生态危害系数 $160 \leq E_r^i < 320$ 为属于重生态危害外,其他重金属元素单一潜在生态危害系数 ($E_r^i < 40$) 为低生态危害系数.根据 Hakanson 潜在生态风险危害法中综合潜在生态危害指数 RI 值可知, $150 \leq RI < 300$ 为中等生态危害,其危害程度为西南 200 m>正南 50 m.且增^[19]等对拉萨垃圾填埋场土壤重金属污染调查分析结果表明,除了西南侧重金属 Hg 元素为中等潜在生态危害外,其他重金属的潜在生态危害较小,且存在的危害程度排序为:西南>正南>正北>正东>东北.

(4) 为了降低渗滤液处理站对周边土壤重金属的影响,结合区域实际情况,应在源头上加强垃圾分类,防止重金属含量高的有害垃圾进入填埋场;应进一步完善渗滤液收集处理系统,防止渗滤液外漏;完善填埋场附属设施,确保场区雨污分流;加强渗滤液处理过程监管,确保渗滤液稳定达标排放,完善渗滤液处理站周边环境综合治理和防护能力,确保周边环境不受其他来源的交叉污染.

参考文献 (References)

- [1] 柴袁骏.南京市生活垃圾分类现状、问题及制度完善[J].安庆师范学院学报(社会科学版),2012,31(6):59-61.
CHAI Y L. The status quo, problems and system improvement of domestic garbage classification in Nanjing[J]. Journal of Anqing Teachers College(Social Science Edition),2012,31(6):59-61(in Chinese).
- [2] 王江辉,姜新建,武亚磊.城市生活垃圾处置现状综述[J].河南建材,2016(6):61-62.

- WANG J H,JIANG X J,WU Y L. Summary of the status quo of municipal solid waste disposal[J]. Henan Building Materials, 2016(6): 61-62(in Chinese).
- [3] YUAN J,MU Y K,ZHENG L,YANF ZH.Urban garbage disposal and management in China[J]. Journal of Environment Sciences,2003,15(4):531-541.
- [4] 钱丽萍,赵世德. 哈尔滨柳树林垃圾场垃圾渗滤液对周边土壤污染状况的调查//江苏省地质学会.地球科学与社会可持续发展——2005年华东六省一市地学科技论坛论文集[C].江苏省地质学会:上海市地质学会,2005:5.
QIAN L P,ZHAO S D.Investigation on landfill leachate pollution to soil nearby Liushulin Landfill site of Harbin City//Jiangsu Institute of Geology. Earth science and social sustainable development-Proceedings of the Science and Technology Forum of Six Provinces and One City in East China in 2005[C]. Jiangsu Institute of Geology: Shanghai Geological Society,2005(in Chinese).
- [5] 王莹莹. 西安市江村沟垃圾填埋场渗滤液对周边环境的影响研究[D].西安:长安大学,2008.
WANG Y Y. Effects of leachate on ecological environment in Xi'an Jiangcungou landfill ground[D]. Xi'an: Chang'an University,2008(in Chinese).
- [6] 于萍萍,谢涛,徐瑾.西藏鲁朗镇生活垃圾渗滤液对土壤质量的影响分析[J].农技服务,2016,33(1):74-75.
YU P P,XIE T,XU J. Analysis of the Influence of domestic landfill leachate on soil quality in Lulang Town, Tibet[J]. Agricultural Technology Service,2016,33(1):74-75(in Chinese).
- [7] 贺晓凌,宋超,张蕾萍,等.垃圾渗滤液对土壤微生物多样性的影响[J].天津工业大学学报,2017,36(1):36-40,47.
HE X L,SONG C,ZHANG L P, et al. Effects of landfill leachate on microbial diversity in contaminated soil[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University,2017,36(1):36-40,47(in Chinese).
- [8] 次仁罗布,多吉,娄志颖,等.浅谈西藏城市生活垃圾现状[J].西藏科技,2007(10):26-27,33.
CI REN L B,DUO J,LOU Z Y, et al. Talking about the current situation of domestic garbage in Tibet[J]. Tibet Science and Technology, 2007(10):26-27,33(in Chinese).
- [9] 裴建芳. 沙河市生活垃圾填埋场渗滤液处理工艺设计及运行调试[D].石家庄:河北科技大学,2016.
PEI J F.Design and operation of landfill leachate treatment process in Shahe municipal solid waste landfill site. [D].Shijiazhuang:Hebei University of Science and Technology,2016(in Chinese).
- [10] VOLESKY B,HOLAN Z R.Biosorption of heavy metals[J].Biotechnology Progress,1995,11(3):235-250.
- [11] 郭笑笑,刘丛强,朱兆洲,等.土壤重金属污染评价方法[J].生态学杂志,2011,30(5):889-896.
GUO X X,LIU C Q,ZHU Z Z,et al.Evaluation methods for soil heavy metals contamination a review[J].Chines Journal of Ecology, 2011, 30(5):889-896(in Chinese).
- [12] 王海振,都荣智.某城市垃圾填埋场周围土壤重金属污染状况分析[J].山东化工,2016,45(17):157-158,161.
WANG H Z,DOU R Z. Analysis of heavy metal pollution in the soil around a municipal solid waste landfill[J]. Shandong Chemical,2016, 45(17):157-158,161(in Chinese).
- [13] LARS H.An ecological risk index for aquatic pollution control A sedimentological approach[J].Water Research,1980,14(8):975-1001.
- [14] 徐争启,倪师军,虞先国,等.潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J].环境科学与技术,2008,31(2):112-115.
XU Z Q,NI S J,TUO X G, et al. Calculation of heavy metals' toxicity coefficient in the evaluation of potential ecological risk index[J]. Environmental Science and Technology, 2008,31(2):112-115(in Chinese).
- [15] 普布次仁,米玛次仁,土登江层,等.拉萨市周边土壤养分分析[J].农业与技术,2015,35(7):18-20,44.
PU BU CH,MI MA C R,TU DENG J C,et al. Analysis of soil nutrients around Lhasa[J]. Agriculture and Technology, 2015,35(7):18-20,44(in Chinese).
- [16] 夏立江,温小乐.生活垃圾堆填区周边土壤的性状变化及其污染状况[J].土壤与环境,2001,10(1):17-19.
XIA L J,WEN X L. The quality variation of the soil nearby municipal waste landfill and its contamination situation [J]. Soil and Environmental Sciences, 2001,10(1):17-19(in Chinese).
- [17] PANT D,JOSHI D,UPRETI M K,et al. Chemical and biological extraction of metals present in E waste: A hybrid technology[J]. Waste Management,2012,32(5):979-990.
- [18] SONG Q,LI J. Environmental effects of heavy metals derived from the e-waste recycling activities in China: A systematic review[J]. Waste Management,2014,34(12):258-2594.
- [19] 旦增,周鹏,汪晶,等.拉萨市生活垃圾卫生填埋场土壤重金属调查和分析评价研究[J].环境工程,2019,37(11):194-199,115.
DAN Z,ZHOU P,WANG J,et al. Investigation and research about the soil heavy metals in the vicinity of the domestic waste sanitary landfill site-Lhasa[J].Environmental Engineering, 2019,37(11):194-199,115(in Chinese).
- [20] 成杭新,李括,李敏,等.中国城市土壤化学元素的背景值与基准值[J].地学前缘,2014,21(3):265-306.
CHENG H X,LI K,LI M,et al.Geochemical background and baseline value of chemical elements in urban soil in China[J].Geoscience Front,2014,21(3):265-306(in Chinese).