

# 上海市建筑垃圾中转站垃圾理化特性研究

金宁奔, 邵俊, 许碧君

(上海环境卫生工程设计院有限公司, 上海 200232)

**【摘要】** 针对上海老港末端处理的建筑垃圾残渣组分差异较大问题, 本文对上海市九个区建筑垃圾中转站的建筑垃圾可燃组分和不可燃残渣的组分质量比例、含水率、热值、灰分、碳浓度和硫浓度进行了研究分析。结果表明, 上海市各区建筑垃圾之间的组分差异较大, 对建筑垃圾组分质量比例、含水率、热值和焚烧灰分等指标的影响大小分别为塑料、竹、布和纸, 建筑垃圾残渣中总有机碳(Total Organic Carbon, TOC)的含量均在5%以下, 硫元素含量为0.11%~0.54%, 与生活垃圾的含硫量基本相似。

**【关键词】** 建筑垃圾; 中转站; 组分; 残渣

中图分类号: X705 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2020)05-0068-04 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202005068

上海市中心城区建筑垃圾管理模式有两种: 一种是全区集中建设一处建筑垃圾收集点(资源化分拣中心), 比如徐汇区、虹口区、普陀区、长宁区、黄浦区、杨浦区、静安区; 另一种是区内各个街道、镇单独建立建筑垃圾收集点、自行处理, 宝山区和闵行区就是这种模式<sup>[1]</sup>。

在全区集中处置的模式中, 又分为机械分选和人工分选两类<sup>[2]</sup>。徐汇区采用机械分选, 技术路线是分选-破碎-筛分, 分成粗细骨料和轻物质, 还有一部分残渣。虹口区、普陀区、长宁区、黄浦区、杨浦区、静安区采用人工分选, 其中普陀区和虹口区分选效果较好; 杨浦区和静安区的“毛垃圾”量最大; 黄浦区总体的建筑垃圾量非常少, 可能没有被全部收集(进入生活垃圾收运系统); 长宁区还建有大件垃圾分拣中心。

由于不同区的建筑垃圾分选工艺路线、设备存在差异, 运至上海老港进行末端处理的残渣组分差异性较大, 需要采取的对应技术路线也需要进行科学分析和判断, 从而对分选环节的工艺进行相应要求<sup>[3]</sup>。

本文根据上海老港对上海市建筑垃圾统筹管理区域划分, 对上海市九个区(徐汇区、杨浦区、静安区、黄浦区、虹口区、普陀区、长宁区、闵行区和宝山区)的建筑垃圾中转站进行采样, 就建筑垃圾样品中可燃组分和不可燃残渣分别进行检测和实验分析, 为未来制定切实可行的建筑垃圾源头分拣标准提供基础依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

根据《生活垃圾采样和分析方法》(CJT 313—2009)对现场建筑垃圾堆体设置采样点, 通过现场取样工具采集建筑垃圾, 进行混匀后称取1t的建筑垃圾进行后续分选。利用现场分选条件对建筑垃圾进行分选, 将纸、

塑料、木头、织布等可燃组分分类筛选, 同时分选出金属、陶瓷、砖块、砌块等不可燃组分。将可燃组分和剩余残渣进行取样带回实验室, 分别做可燃组分的含水率、热值等检测分析。

### 1.2 分析测试方法

采用重量法测定建筑垃圾样品组分质量比例、含水率, 采用元素分析法测定样品的热值<sup>[4]</sup>, 参照国标 GB/T 5009.4 和 GB/T 23530 测定样品的灰分。硫浓度的测定方法如下: 取建筑垃圾中不可燃组分5g, 加50g去离子水, 放入摇床(200r/min)振荡12h后离心(6000r/min, 5min)取出, 并用0.45 $\mu$ m滤膜抽滤, 将抽滤后清液稀释100倍, 通过离子色谱测得其 $SO_4^{2-}$ 浓度。采用总有机碳(Total Organic Carbon, TOC)含量测定方法测定建筑垃圾样品中碳浓度<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 组分质量比例分析

从上海九个区的建筑垃圾组分上看(如表1所示), 各区之间的组分差异较大, 可能与各区建筑垃圾的来源有关。从大类上看(主要分可燃物组分和不可燃物组分), 黄浦、虹口两个区的建筑垃圾以不可燃组分为主; 从外观上和组分上判断, 分选后以砖瓦石块为主, 比例均在95%以上, 可燃物和其他金属等杂质含量较低, 这两个区的建筑垃圾可能主要来自拆违建筑垃圾。其他7个区的建筑垃圾混杂度较高, 可能主要来自装修垃圾。7个区的建筑垃圾中可燃物组分占总量的比例为29.55%~57.42%(宝山区为12.34%), 静安区最高, 宝山区最低。其中塑料组分比例最高, 占可燃物组分的比例均值高达54.83%, 随后依次为竹、布和纸, 占可燃物组分的比例均值分别为23.34%、19.84%和2.02%。

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划项目(项目编号17DZ1202404)

作者简介: 金宁奔, 博士, 工程师, 主要从事固体废物处置与资源化工程的设计、咨询与研发工作

表 1 各采样点建筑垃圾组分质量比例

采样点	可燃物/%					不可燃物/%		
	纸	塑	竹	布	总计	金属	其他	总计
徐汇区	0.00	23.31	12.67	11.06	47.04	3.66	49.30	52.96
杨浦区-原生垃圾	0.00	27.31	23.45	5.64	56.40	0.30	43.29	43.60
杨浦区-存余垃圾	0.00	15.97	10.27	10.98	37.21	1.28	61.50	62.79
静安区	0.33	41.07	12.29	3.74	57.42	1.87	40.71	42.58
黄浦区-原生垃圾	0.32	2.07	2.07	0.00	4.46	0.00	95.54	95.54
黄浦区-存余垃圾	0.02	0.34	0.46	0.01	0.83	0.00	99.17	99.17
长宁区	0.44	32.17	4.17	15.72	52.50	1.15	46.35	47.50
虹口区	0.02	0.02	0.47	0.00	0.50	0.02	99.48	99.50
普陀区-可燃物	0.00	84.00	1.63	14.04	99.67	0.33	0.00	0.33
普陀区-残渣	0.06	0.15	0.88	0.05	1.13	0.17	98.70	98.87
闵行区	3.61	18.68	3.39	3.87	29.55	0.15	70.30	70.45
宝山区	0.06	5.79	3.26	3.25	12.34	0.35	87.31	87.66

## 2.2 含水率分析

建筑垃圾总含水率与其中可燃物组分占比和可燃物组分含水率有关。上海市各区建筑垃圾中可燃物组分含水率为 2.87%~31.08% (闵行区为 40.53%), 杨浦区最低, 闵行区最高(见表 2), 闵行区可燃物组分含水率较高可能与建筑垃圾中掺杂了较多含水率较高的园林垃圾

和生活垃圾等有关。各区可燃物组分含水率基本都低于 40%, 较生活垃圾含水率低。同时, 总的含水率也普遍较低(0.08%~13.97%)。其中, 可燃物组分中塑料成分占比最高且其含水率亦最高(均值为 18.74%), 因此塑料是影响建筑垃圾含水率的关键组分。随后依次为竹、布和纸, 各区含水率均值分别为 14.42%、13.78%和 11.41%。

表 2 各采样点建筑垃圾组分含水率

采样点	可燃物/%					不可燃物/%		总计/%
	纸	塑	竹	布	总计	金属	其他	
徐汇区	0.00	25.25	32.12	36.34	29.71	—	—	13.97
杨浦区-原生垃圾	0.00	22.22	7.32	8.49	14.65	—	—	8.26
杨浦区-存余垃圾	0.00	1.49	5.26	2.63	2.87	—	—	1.07
静安区	7.46	2.08	19.01	3.45	5.82	—	—	3.34
黄浦区-原生垃圾	11.11	14.47	6.08	0.00	10.33	—	—	0.46
黄浦区-存余垃圾	20.00	9.09	9.49	12.07	9.61	—	—	0.08
长宁区	33.5	32.84	9.3	12.56	24.90	—	—	13.07
虹口区	27.78	9.38	32.14	0.00	31.08	—	—	0.16
普陀区-可燃物	0.00	5.00	29.51	13.29	6.57	—	—	6.55
普陀区-残渣	38.05	8.00	5.04	45.11	8.92	—	—	0.10
闵行区	2.82	51.88	9.09	48.45	40.53	—	—	11.98
宝山区	—	—	—	—	—	—	—	—

## 2.3 热值分析

上海市各区建筑垃圾的总热值为 3944~13912 kJ/kg (见表 3), 除了黄浦和虹口两区外, 因不可燃物占绝大部分导致总热值偏低(50~892 kJ/kg)。同时, 建筑垃圾中可燃物组分的热值均较高(15095~32418 kJ/kg), 虹口区最低, 普陀区最高, 基本均能满足垃圾焚烧热值 5000~8000 kJ/kg 的需求, 尤其是普陀、静安、黄浦等区建筑垃圾中可燃物组分含水率较低, 其热值普遍较高。其中, 可燃物组分中热值最高的成分为塑料(尽管其含水率亦最高), 各区均值为 32523 kJ/kg; 随后依次为竹、布和纸, 各区热值均值分别为 15035 kJ/kg、13153 kJ/kg 和 10718 kJ/kg。原生垃圾中可燃物的热值

均要高于存余垃圾中可燃物的热值(尽管前者含水率要高于后者), 如杨浦、普陀等区(黄浦区基本相同), 这与原生垃圾经进场后初步人工分选出的可燃物均为热值较高物质有关(如大件塑料、竹木等)。

## 2.4 灰分分析

上海市各区建筑垃圾中可燃组分焚烧灰分占可燃物质量比例为 11.60%~17.57% (见表 4), 占比较高, 主要与分选过程中可燃物中裹挟了不可燃组分有关(自身焚烧灰分占比要低一个数量级)。可燃物中灰分的占比最低的为长宁区, 最高的为杨浦区, 这主要可能与分选的水平相关, 导致可燃物中携带非可燃组分比例差异。从普陀区可燃物和残渣中可燃物组分焚烧灰分占比可以

得出,分选前的可燃物焚烧灰分占比较低,分选后残渣中可燃物焚烧灰分占比较高,主要可能与残渣中可燃物较细碎,裹挟非可燃组分比例较大有关。从杨浦区和黄浦区原生垃圾和存余垃圾中可燃物焚烧灰分占比可以发现,原生垃圾中可燃物焚烧灰分均比存余垃圾的要高,可能与存余垃圾堆放和翻堆等过程中可燃组分和非可燃组分之间剥离及沉降等有关。各区建筑垃圾中可燃组分焚烧灰分占总建筑垃圾质量比例为4.26%~8.60%,占

比较低,除了黄浦区和虹口区的总占比分别为0.09%和0.06%,主要与这两区的可燃物组分占比较低有关。

此外,可燃物燃烧后产生灰分占比最大的组分为塑料类,各区占比均值为17.53%;随后依次为竹、布和纸,各区可燃物焚烧灰分占比均值分别为12.74%、4.51%和3.99%。这可能与塑料单位质量表面积较大且含水率较高,对非可燃组分的裹挟能力较强有关。

表3 各采样点建筑垃圾可燃组分热值

采样点	可燃物/(kJ/kg)					不可燃物/(kJ/kg)		总计/(kJ/kg)
	纸	塑	竹	布	总计	金属	其他	
徐汇区	0	30546	15612	17030	23346	—	—	7032
杨浦区-原生垃圾	0	32194	14860	16807	23448	—	—	10037
杨浦区-存余垃圾	0	21015	16750	16148	18402	—	—	6104
静安区	17674	31490	15215	16197	26932	—	—	13912
黄浦区-原生垃圾	16199	33245	13808	0	23001	—	—	892
黄浦区-存余垃圾	18527	36945	16702	16354	25034	—	—	186
长宁区	15800	32703	17798	16415	26500	—	—	9722
虹口区	14777	36763	14187	0	15095	—	—	50
普陀区-可燃物	0	35836	15472	13934	32418	—	—	30311
普陀区-残渣	19430	34736	9387	16294	13554	—	—	136
闵行区	15497	32287	15600	15512	26125	—	—	3944
宝山区	—	—	—	—	—	—	—	—

表4 各采样点建筑垃圾灰分比例

采样点	可燃物/%					不可燃物/%		总计/%
	纸	塑	竹	布	总计	金属	其他	
徐汇区	0.00	26.28	10.02	3.46	16.54	—	—	5.68
杨浦区-原生垃圾	0.00	14.30	24.53	4.48	17.57	—	—	8.60
杨浦区-存余垃圾	0.00	25.53	9.45	2.85	14.40	—	—	5.24
静安区	9.28	13.27	17.53	3.09	13.50	—	—	7.22
黄浦区-原生垃圾	7.62	15.17	15.10	0.00	14.60	—	—	0.58
黄浦区-存余垃圾	8.83	13.77	10.63	4.19	11.80	—	—	0.09
长宁区	14.66	16.23	5.33	3.70	11.60	—	—	4.26
虹口区	9.95	13.53	17.96	0.00	17.47	—	—	0.06
普陀区-可燃物	0.00	9.56	9.58	9.47	9.55	—	—	8.89
普陀区-残渣	13.04	12.88	26.30	3.85	22.85	—	—	0.24
闵行区	10.40	12.58	24.73	8.47	13.17	—	—	2.43
宝山区	—	—	—	—	—	—	—	—

2.5 碳浓度分析

从图1可以看出,上海市各区建筑垃圾残渣中TOC的含量均在5%以下(即50g/kg以下)。其中宝山区建筑垃圾中的TOC含量最高,约40g/kg建筑垃圾,与采样过程中发现其具有较为明显的生活垃圾特征及较强的恶臭感相一致;虹口区建筑垃圾中的TOC含量最低,约3g/kg建筑垃圾,与该建筑垃圾中非可燃组分占比较高有关。而杨浦区的建筑垃圾残渣中的TOC含量约为36g/kg建筑垃圾,相比上海市其他区建筑垃圾残渣中有机质含量,处于较高的水平。

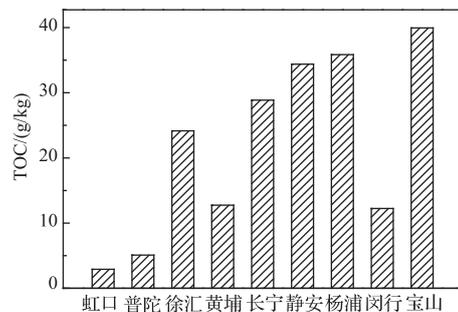


图1 上海市各区建筑垃圾有机质含量情况

## 2.6 硫浓度分析

样品采集自上海市各区建筑垃圾中转站, 混匀分拣后检测得到表 5 数据。

从表 5 可以看出, 上海各区建筑垃圾分选后残渣中的硫酸根含量并不高, 与分选残渣中未见明显的石膏板

成分现象相一致。残渣中硫酸根质量比为 0.33% ~ 1.63%, 其中长宁区的占比最高(1.63%), 闵行区的占比最低(0.33%), 而杨浦区的占比为 1.47%, 在上海市各区中处于较高的水平。建筑垃圾中硫元素含量为 0.11%~0.54%, 与生活垃圾中含硫量基本相似。

表 5 上海市各区建筑垃圾浸提液稀释 100 倍  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度表

单位/(mg/L)

来源	闵行	黄浦	虹口	杨浦	徐汇	静安	宝山	普陀	长宁
$\text{SO}_4^{2-}$ 浓度	3.281	3.907	8.235	14.689	14.883	15.684	15.978	16.026	16.339

## 3 小 结

针对上海老港末端处理的建筑垃圾残渣组分差异较大问题, 本文对上海市九个区建筑垃圾中转站的建筑垃圾可燃组分和不可燃残渣的组分质量比例、含水率、热值、灰分、碳浓度和硫浓度进行了研究分析。研究结论如下:

(1) 上海市各区建筑垃圾之间的组分差异较大, 残渣中可燃组分占比基本在 29.55% ~ 57.42% (宝山为 12.34%), 静安区最高, 宝山区最低; 虹口区和黄浦区除外, 均在 5% 以下; 含水率为 0.08% ~ 13.97%, 其中可燃物组分含水率为 2.87% ~ 31.08% (闵行区为 40.53%), 杨浦区最低, 闵行区最高; 热值基本为 3944 ~ 13912kJ/kg (虹口区和黄浦区除外, 为 50 ~ 892kJ/kg), 其中可燃物组分的热值为 15095 ~ 32418kJ/kg, 虹口区最低, 普陀区最高, 原生垃圾中可燃物的热值均要高于存余垃圾中可燃物的热值; 焚烧灰分占总比大致为 4.26% ~ 8.60%, 除

了黄浦区和虹口区的总占比分别为 0.0.9% 和 0.06%, 焚烧灰分占可燃物质量比例大致为 11.60% ~ 17.57%, 最低的为长宁区, 最高的为杨浦区, 分选前的可燃物焚烧灰分占比较低, 分选后残渣中可燃物焚烧灰分占比较高, 原生垃圾中可燃物焚烧灰分均比存余垃圾的要高。

(2) 对建筑垃圾组分质量比例、含水率、热值和焚烧灰分等指标的影响大小分别为塑料、竹、布和纸。

(3) 上海市各区建筑垃圾残渣中 TOC 的含量均在 5% 以下; 硫元素含量为 0.11% ~ 0.54%, 与生活垃圾的含硫量基本相似, 其中杨浦区的 TOC 含量和硫含量均处于较高的水平。

### 参考文献:

- [1] 贾悦, 程炬, 戴诚晨. 上海市主要固体废物处置现状及未来展望 [J]. 上海环境科学集, 2018(2): 137-141.
- [2] 汤立杰. 上海市建筑垃圾资源化利用发展策略与规划研究 [J]. 建筑科技, 2018(3): 117-120.
- [3] 古吉群. 垃圾发热值的实用测定方法 [J]. 云南节能通, 2007(1): 15-16.
- [4] 余天, 邱忠平, 付春霞, 等. 填埋垃圾中 TOC 含量的测定方法优化 [J]. 环境工程学报, 2012(6): 3313-3317.

## Study on physical and chemical characteristics of waste from construction waste transfer stations in Shanghai

JIN Ningben, TAI Jun, XU Bijun

(Shanghai Environmental Sanitation Engineering Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200232, China)

**Abstract:** In view of the great difference in the composition of construction waste residue treated at the end of Shanghai Laogang, this paper analyzes the mass ratio, moisture content, calorific value, ash content, carbon concentration and sulfur concentration of combustible components and non-combustible residues of construction waste from construction waste transfer stations in nine districts of Shanghai. The results show that the components of construction waste in different districts of Shanghai are quite different. The influences on the mass ratio of components, moisture content, calorific value and incineration ash of construction waste are plastic, bamboo, cloth and paper respectively. The total organic carbon (TOC) content in construction waste residue is below 5%, and the sulfur content is 0.11% ~ 0.54%, which is basically similar to the sulfur content of domestic waste.

**Keywords:** construction waste; transfer station; components; residue