

三峡库区小城镇生活垃圾处理模式情景分析

刘元元¹,王里奥²,李百战¹,马曦³,钱宗琴⁴,钟山²

(1. 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室,重庆 400044;2. 重庆大学 资环学院,重庆 400044;
3. 广东省环境辐射研究监测中心,广东 广州 510300;4. 重庆市环卫集团,重庆 400121)

摘要:为了确保三峡库区生态环境和水库水质安全,发展三峡库区小城镇的生活垃圾处理迫在眉睫。构建三个情景探讨了三峡库区小城镇生活垃圾处理模式,采用SWOT方法分析了各个情景的内在因素和外在因素。指出“各镇预处理”+“县(区)域联合处理”处理模式对于三峡库区小城镇具有更理想的发展机会。

关键词:三峡库区;小城镇;生活垃圾;垃圾处理;情景分析

中图分类号:F062.2 文献标志码:A 文章编号:1008-5831(2009)03-0012-05

一、三峡库区小城镇及其生活垃圾处理特点

三峡库区位于北纬 $28^{\circ}31' \sim 31^{\circ}44'$,东经 $105^{\circ}44' \sim 111^{\circ}39'$ 之间,面积5.67万平方公里,地形十分复杂。山高坡陡,地貌类型多样。西北部和中部以丘陵低山为主,东南部靠大巴山和武陵山,整个库区山地和丘陵占库区总面积的95.7%,其中山地又占74%,河谷平坝地仅占总面积的4.3%。主要包括湖北省的宜昌市、秭归县、兴山县和巴东县;重庆万州区所辖的天城区、龙宝区、五桥区;巫山县、巫溪县、奉节县、云阳县、开县、忠县,石柱土家族自治县,丰都县、涪陵区和武隆县,长寿县、渝北区、巴南区、重庆市主城七区(北碚、江北、渝中、南岸、沙坪坝、大渡口、九龙坡)、江津市等22个县、市、区,856个乡镇)。

三峡库区处于内陆西部地区,其经济实力总体上比较落后。生产力水平较低,是全国贫困县和省级贫困县最为集中的地区之一。就整体而言,三峡库区经济社会发展呈二元化结构特征。

(一)三峡库区小城镇的特点

三峡库区除了湖北宜昌等4个县(市)外,其他18个区县均位于库区重庆段。随着乡改镇步伐的加快,小城镇的数量也迅速增加,尤其是1997年改为直辖市以后,重庆市城镇建设进一步发展,不仅在数量上,而且在人口规模、用地规模、基础设施等方面建设也得到了加强和提高,城镇化水平从1980年14.0%提高到目前的36.4%(其中,三峡库区生态经济区的城镇化率23%),目前建制镇673个、乡镇763个。

三峡库区城镇虽然数量多,但是规模较小:如忠县有23个小城镇,除忠州镇外,其余小城镇人口规模比较小,1~5万人的小城镇有2个,0.3~1万人的小城镇有10个,0.3万人以下的建制镇有10个。从长江三峡库区重庆段沿岸41个小城镇2000年的建成区面积和人口规模来看,小城镇面积在 $0.11 \sim 1.87 \text{ km}^2$,人口在0.18~2.33万人之间(表1)。

收稿日期:2008-12-20

基金项目:荷兰政府赠款项目(2003-MOC-NGGP-76)

作者简介:刘元元(1977-),男,山西运城人,重庆大学城市建设与环境工程学院讲师,博士研究生,主要

表1 长江三峡库区重庆段沿岸41个主要小城镇规模

区县	镇名	面积(km ²)	人口(万人)	区县	镇名	面积(km ²)	人口(万人)	
江津	珞璜	1.754	1.602	忠县	任家	0.199	0.187	
巴南	木洞	0.889	1.402		洋渡	0.304	0.257	
	麻柳	0.877	1.251		新生	0.222	0.210	
南岸	鸡冠石	1.017	1.310		乌杨	0.339	0.281	
	峡口	0.877	1.251		复兴	0.257	0.246	
	广阳	0.877	1.251		石宝	0.362	0.362	
江北	唐家沱	1.824	2.081	石柱	西沱	0.713	0.725	
	鱼嘴	0.935	0.795		万州	新乡	0.246	0.257
渝北	洛渍	0.468	1.754		武陵	0.468	0.409	
长寿	江南	0.561	0.655		壤渡	0.456	0.468	
	朱家	1.871	2.338		新田	0.818	0.935	
涪陵	石沱	0.327	1.368	云阳	太龙	0.222	0.234	
	镇安	0.397	0.842		巴阳	0.269	0.269	
	蔺市	0.351	0.737		盘石	0.491	0.479	
	龙桥	0.538	1.099		双江	1.450	1.426	
	李渡	1.321	1.871		故陵	0.152	0.152	
	清溪	0.772	0.409		湛普	0.362	0.550	
	珍溪	0.421	1.017		丰都	镇江	0.701	0.585
	南沱	0.327	1.368			兴义	0.374	0.409
白帝	永乐	0.175	1.164		高家	0.468	0.702	
	白帝	0.117	0.199					

(二) 三峡库区小城镇的生活垃圾处理现状

通过对三峡库区城镇垃圾产量调研分析,三峡库区小城镇人均生活垃圾为0.7~1.4kg/人·d,单一城镇生活垃圾产量70t/d以下,主要成分是居民生

活垃圾。由于以农业镇为主,生活垃圾的排放中含有少量农业垃圾,但工业垃圾较少。根据调研结果,三峡库区部分具有代表性的小城镇的垃圾组成成分及理化性质如表2。

表2 2004年三峡库区部分城镇生活垃圾组成成分及理化性质^[1]

城镇	有机物 (%)	无机废物 (%)	纸 (%)	玻璃 (%)	金属 (%)	塑料 (%)	木竹 (%)	织物 (%)	容重 (t/m ³)	热值 (KJ/Kg)	含水率 (%)
西沱	40.0	47.0	5.0	1.5	0.8	4.0	0.5	1.2	0.55	4 800	42.5
新田	22.0	57.6	5.1	1	0.3	9.8	0.7	3.5	-	4 400	50.1
李渡	39.0	45.0	7.0	1.6	1.0	5.0	0.6	0.8	-	4 600	48.3
镇江	36.1	41.3	5.0	1.5	0.7	8.9	5.6	0.9	-	4 500	46.8
冯家	34.1	61.5	1.0	0.8	0.5	1.4	0.2	0.5	-	4 300	41.2
平均	34.3	50.5	4.6	1.3	0.7	5.8	1.5	1.3	0.55	3 000 5 000	45.7

三峡库区小城镇垃圾收集采用混合散装收集方式如图1所示。目前,少部分地区正开始逐步推行袋装化收集,有的城镇甚至设置了分类收集箱,尝试分类收集。部分城镇采用直运的形式,由环卫部门定时上门收集垃圾;大多数城镇采用垃圾站,垃圾桶等收集容器进行垃圾转运。小城镇生活垃圾有效收集率

在15%~50%范围内,大多数小城镇收集率约20%左右。垃圾运输主要有人力车和机动车辆两种方式,在三峡库区的沿江重点城镇,国家投资了一些比较先进的收运设施,但总体上比较落后,垃圾收集运输系统不够完善,普遍存在垃圾随意丢弃的现象。

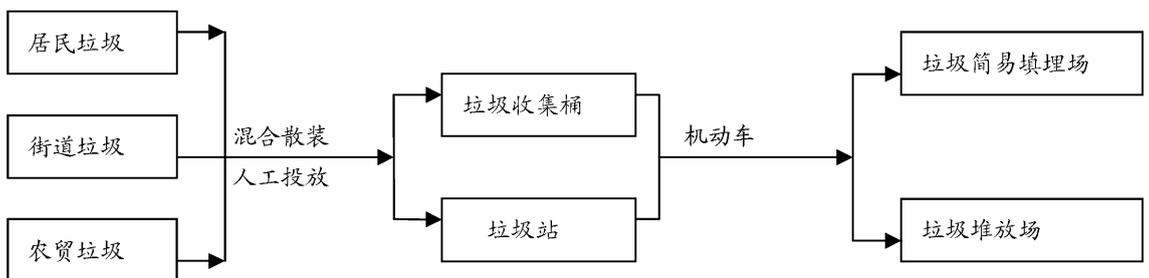


图1 三峡库区小城镇生活垃圾收集处理系统

目前,三峡库区小城镇生活垃圾主要进行简易处理或粗放型排放。有的小城镇采用临时堆放场进行堆放,少数地区对生活垃圾进行简易填埋处理,由于缺乏规范引导和技术指导,远不能满足污染控制标准;绝大多数城镇通常是在城镇周边选择天然洼地、废弃的沙坑、窑坑进行自然堆放,或是倾倒在周围水体附近,沿长江干流及支流两岸形成大小小沿江垃圾堆放场。

随着国家对三峡库区环境的重视和保护,已经分批开始投资三峡库区小城镇生活垃圾处理场,在万州区大周镇、新田镇、武陵镇、石柱县的西沱镇、涪陵区的李渡镇、清溪镇、丰都县的高家镇、忠县的乌杨镇、石宝镇、云阳县的高阳镇、故陵镇和巫山县的大昌镇等12个重点小城镇建成12个卫生填埋场,垃圾处理的设计规模为 $13t/d \sim 38t/d$,使用年限为13.5~31年。但是,由于垃圾产量的制约,此类小规模的垃圾处理设施建设成本偏大,单位投资高达100~200万元/(t/d)。

二、三峡库区小城镇垃圾处理的情景分析

(一)三峡库区小城镇垃圾处理的情景构建

情景构建是情景分析中的核心步骤,为了实现安全有效处理三峡库区小城镇的生活垃圾的目标,以投资运营成本、二次污染或环境破坏控制、操作难易程度等作为核心情景驱动因子^[2],基于三峡库区小城镇和国内外生活垃圾处理现状,确定主要采用卫生填埋技术^[3],针对三峡库区小城镇的生活垃圾处理,构建三个三峡库区小城镇处理模式情景。

情景一:“一镇一设施”,即(1)根据行政区划,在各城镇行政辖区内,选择符合条件的场址建设生活垃圾卫生填埋场,用来处理各城镇范围内产生的生活垃圾;(2)各镇政府负责垃圾管理队伍建立、垃圾处理费用征收、生活垃圾收集和运输、垃圾填埋场的运行管理;(3)原则上由各城镇投资建设生活垃圾收集设施和卫生填埋场。

情景二:“县(区)域联合处理”,即(1)在县(区)辖区范围内,确定最适合范围,修建区域性合建卫生填埋场,可以充分利用各个城镇的地理位置、地形、地貌等自然条件进行填埋场的选址;(2)相邻的若干城镇形成多个城镇群联合处理垃圾,每个城镇群由两个或两个以上的城镇构成,来自该城镇群的生活垃圾均运往联合卫生填埋场进行处理;(3)由县(区)相关管理部门筹建专门机构进行管理或城镇群自治管理联合卫生填埋场,城镇辖区内垃圾收集运输以及处理费征收等由各城镇自行负责;(4)由县(区)政府或城镇群投资建设卫生填埋场,填埋场管理者向垃圾运输车征收垃圾处理费。

情景三:“各镇预处理”+“县(区)域联合处理”,即在情景二基础上推行垃圾分类和资源回收制度,各城镇建立预处理站或垃圾转运站,将可回收部分进行资源回收,有机部分进行堆肥处理,无机部分先贮存于垃圾转运站,然后运往县(区)域联合卫生填埋场集中处理。

(二)三峡库区小城镇生活垃圾处理约束和优势

影响垃圾处理的因素较多,主要可以概括为区域基础条件、经济条件和技术条件等方面。而三峡库区小城镇在这些方面对于其发展生活垃圾处理均存在着不同程度的约束。但是,其独特的空间分布

对生活垃圾处理也有一定优势。

1. 约束条件

(1)基础条件。

地形、地质、气象和水文等自然条件以及人口规模等是影响和制约城镇垃圾处理技术有效应用的重要因素^[4]。三峡库区多山区和丘陵地带,地形落差较大,有的区域地质结构不稳定,尤其是滑坡体较多,不易选定、征用合适的垃圾填埋场址。

城镇人口规模也对垃圾处理有很大制约。三峡库区小城镇规模普遍较小,人口密度低,城镇人口多在一万人以下。垃圾产量与人口数量成正比,小城镇的人口规模决定了垃圾产量很小,日均垃圾产量均在几十吨左右。垃圾产量导致单一城镇投资建设小规模的垃圾处理设施的成本偏大,难以实现规模经济效应。

(2)经济条件。

经济承受能力是生活垃圾处理设施建成后正常运行的关键条件。目前,三峡库区总体经济水平较低,库区内经济条件相对较好的大城市的垃圾处理近几年才起步,经济发展相对落后,地方政府财政实力较弱的小城镇开展生活垃圾处理难度会更大。小城镇普遍经济承受能力弱,资金匮乏,筹集困难,大部分的资金用于生产性投入,而不是基础建设和环保设施投入,县城及以下的城镇也基本没有相应的融资渠道来进行垃圾处理设施的建设。小城镇即使可以借助国债投资或其他渠道建设垃圾处理设施,但是建成之后运行资金完全靠当地政府,很多情况下会出现“建得起但用不起”,最终成为一个集中污染源的尴尬局面。

(3)技术条件。

生活垃圾的组分和性质是垃圾处理技术选择的重要依据。相比大城市,小城镇的生活水平、燃料消费、地理特征和传统的生活方式都有较大差异,这导致了小城镇与大城市垃圾构成区别十分明显。小城镇垃圾主要成分为植物性有机物和灰土无机物,不可燃物比重较大,可回收物质较少,垃圾的含水率较高,垃圾的热值较低。同时,城镇垃圾的混装、混收、收运方式、城镇的生活方式、居民素质、设施条件等实际情况,对垃圾处理技术的选择有很大制约。另外,由于三峡库区小城镇多以农业镇为主,农忙时节与农闲时节所带来的人群对垃圾的产量与组分的季节变换性对垃圾处理技术的抗波动性也有一定要求。再者,由于小城镇经济实力落后,专业技术人员配备数量不足,专业水平不高,管理能力较差,垃圾处理技术既要求技术可靠、成熟、综合性能好、二次污染物排放少,又要考虑工程运行的可操作性应符合小城镇人力资源特点的实际情况。

2. 优势条件

三峡库区小城镇在发展垃圾处理方面的优势主要体现在三个方面:第一,三峡库区小城镇与库区广大的农村地区紧密联系,将生活垃圾中的有机部分进行堆肥生产肥料,农村地区拥有巨大的市场潜力;第二,小城镇生活垃圾组分较为单一,工业垃圾成分较少,可以保证有机部分生产堆肥肥料的品质;第三,相比较于城市,小城镇拥有更加丰富的劳动力,有利于垃圾的分拣归类和资源回收,从而可以大幅提高后期处理的效果。三峡库区小城镇生活垃圾处

理的约束与优势总结如表 3 所示。

3. 三峡库区小城镇生活垃圾处理情景分析

在分析三峡库区小城镇生活垃圾处理现状以及其发展生活垃圾处理约束和优势条件基础上,采用

SWOT 分析法,对笔者构建的三个情景进行优势因素、弱点因素、威胁因素和机会因素进行综合分析,判断未来 20 年内适合三峡库区小城镇生活垃圾处理的发展情景,如表 4 所示。

表 3 三峡库区小城镇生活垃圾处理的约束与优势

约束	优势
<ol style="list-style-type: none"> 1. 经济承受能力弱、资金匮乏,融资困难; 2. 城镇规模普遍较小,人口密度低,生活垃圾产量较小; 3. 地质结构不稳定,不易选定垃圾填埋场址; 4. 垃圾主要成分不可燃物比重较大,可回收物质较少,热值较低; 5. 垃圾产量与组分具有季节周期变换性; 6. 专业技术人员配备数量不足,专业水平不高,管理能力较差。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 背靠库区广阔的农村地区,堆肥潜在市场大; 2. 工业垃圾成分较少,保证堆肥肥料品质; 3. 拥有更加丰富的劳动力,有利于垃圾的分类、资源回收。

表 4 三峡库区小城镇生活垃圾处理情景 SWOT 分析

	情景一:一镇一设施	情景二:县(区)域联合处理	情景三:“各镇预处理”+“县(区)域联合处理”
优势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 点状发展,易于推行; 2. 各镇独立投资建设、管理垃圾收集运输和处理设施,降低政府间协商成本; 3. 单个垃圾填埋场对周边环境造成影响较小; 4. 运输距离短、成本低,而且避免沿途二次污染。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因集中处理量较大,可以提高处理设施的利用效率,降低投资成本,中大型卫生填埋场投资可降至 30 万元/(t/d); 2. 卫生填埋场的选址可以充分利用各个城镇的地理位置、地形、地貌等自然条件及其互补性,选择条件较好的场址; 3. 并易于集中控制二次污染; 4. 有条件推行技术含量较高的处理技术。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 垃圾分类和资源回收,形成垃圾分流,减少最终处理量,降低建设和运行成本; 2. 因集中处理量较大,可以提高处理设施的利用效率,体现规模经济效益,降低投资成本,中大型卫生填埋场投资可降至 30 万元/(t/d); 3. 经济发展水平较低的城镇不用单独负担投资建设费用,可以确保垃圾处理设施的建设质量和有效利用; 4. 有条件推行技术含量较高的处理技术。
弱点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单个城镇经济能力较弱,人员素质较低,将难以推行高技术含量的处理技术; 2. 三峡库区地质状况较差,难以选择数量众多的符合填埋场要求的场址; 3. 卫生填埋场规模较小,单位垃圾投资和运行成本较高,小型卫生填埋场投资常高达 100~200 万元/(t/d)。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各个小城镇一般要建设垃圾转运站; 2. 增加各镇政府之间协作成本。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整个系统较为复杂,节点较多,需要精心设计; 2. 各个小城镇需要建设垃圾预处理站,配备专职人员进行垃圾分拣和堆肥。各城镇预处理环节的管理运行,需进一步规范; 3. 增加各镇政府之间协作成本。
机会	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模式较为传统,易于组织建设、管理和推行; 2. 中国东部省市一些经济条件较好的小城镇已经采用了“一镇一设施”模式进行生活垃圾处理,小城镇生活垃圾造成的环境污染得到缓解; 3. 在较短时间内有效解决局部地区的垃圾处理问题。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 垃圾收集腹地较大,垃圾来源较为充足,有利于操作与管理; 2. 由于经济发展水平较低的城镇无须单独负担投资建设费用,可以确保其生活垃圾可以得到无害化处理; 3. 增进分工合作,相互支持,有利区域发展; 4. 中国东部一些经济发达地区,比如中山市和佛山市,已经开展了县(市)域联合处理生活垃圾的实践^[5-7]。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 符合国家生活垃圾处理发展的资源化、减量化和无害化的先进方向; 2. 符合城乡统筹发展模式; 3. 垃圾收集腹地较大,垃圾来源充足,有利其操作与管理;并易于集中控制二次污染; 4. 生产堆肥产品,增加各城镇的收入,并提供就业机会; 5. 增进分工合作,相互支持,有利区域发展。
挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1. 经济能力较差的小城镇,可能无力建设卫生填埋场,或建成之后无力正常运行; 2. 为提高各自卫生填埋场的使用率,可能会对当地源头减量与资源回收政策的实施造成抑制; 3. 各小城镇二次污染物总体负荷可能更高,数量众多的卫生填埋场的环境监控将给各区县(区)环境管理部门带来难题; 4. 容易造成处理设施和处理能力分布不均,将会造成建设重复或处理能力浪费。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管理部门不熟悉这种模式,需要时间进行探索; 2. 垃圾运送可能跨越较远距离,增加运输交通量及环境危害影响与风险; 3. 可能抑制当地源头减量与资源回收的实施。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 垃圾运送可能跨越较远距离,增加运输交通量及环境影响与风险; 2. 生产堆肥肥料的质量保证; 3. 该模式应用于实践的案例尚未见诸报道,参考经验较少。

通过表4分析可以看出,情景一:“一镇一设施”虽然模式较为传统易于建设和管理,但是无法突破三峡库区小城镇在发展垃圾处理的约束:建设和运行成本较高;同时,技术水平难以保证垃圾处理设施的有效运行。情景二:“县(区)域联合处理”在一定程度上可以降低垃圾处理设施建设和运行成本,可以选择较好的垃圾处理场址,有条件采用高技术含量的处理技术;但是,有可能抑制当地生活垃圾的源头减量与资源回收。情景三:“各镇预处理”+“县(区)域联合处理”不仅可以全面突破三峡库区小城镇在发展垃圾处理的约束,又充分利用背靠库区广阔的农村地区,堆肥潜在市场大,工业垃圾成分较少,保证堆肥肥料品质,劳动力资源丰富等优势,可以对小城镇生活垃圾进行规模处理,同时可以发展垃圾的分类和资源回收。

三、结论

突破行政区划的制约,进行县(区)域联合处理是小城镇垃圾处理的一个新思路,中国东部地区的实践^[5-7]表明其具有一定的可行性。在城乡统筹发展背景下,对三峡库区小城镇生活垃圾区域性集中处理,可以突破其存在约束条件,又可以发挥其优势条件。从小城镇的上一级行政地域内进行区域联合,进行联合集中处理的城镇个体地处一个行政管理地域内,人为的行政与财政体制所造成的阻碍比较少,而且容易克服;同时,高速城市化使城镇之间的距离缩短,也使得采用城镇垃圾区域集中处置的可能性随着城镇化的进程日益增大;在集中处理模式内,区域垃圾处理设施的管理可以委托专门成立的固废管理企业进行运作,各小城镇可以依据处理量交纳处置费;考虑到库区小城镇的经济水平和人员素质,可以制定相关政策防止垃圾收集后逃避运输成本和处理费用进行就近乱倾倒的现象,防治由此引起的环境污染。

在“县(区)域联合处理”模式前设置预处理环节,将更加符合中国生活垃圾处理的“资源化、减量

化、无害化”的总体原则和发展方向。在各个小城镇建设垃圾预处理站,配备专职人员进行垃圾分拣和堆肥;回收垃圾中有效组分,生产堆肥产品,增加各城镇的收入,并提供就业机会;可以增进小城镇间分工合作,相互支持,有利于区域发展。

因此,打破小城镇原有行政区划限制,从县域乃至更高层次进行统筹规划,按照集中与分散处理结合的思路在区域范围内进行土地、资金、技术等资源的再优化配置,建立垃圾处理区域集中处理系统即发展情景三:“各镇预处理”+“县(区)域联合处理”,才能有效提高其规模效益,促使三峡库区生活垃圾处理的城乡统筹发展。但是,该模式在以下几个方面存在较大挑战,建议进行进一步研究:(1)如何合理确定最经济的集中处理范围;(2)垃圾运送可能跨越较远距离,如何降低运输交通量及环境风险;(3)垃圾预处理模式的规范化,预处理产品的质量监控和销售;(4)小城镇之间协作方式以及上级政府部门的管理模式创新等。

参考文献:

- [1] 马曦. 三峡库区小城镇生活垃圾处理技术政策研究[D]. 重庆大学硕士论文, 2006. 6.
- [2] 刘永, 郭怀成, 王丽婧, 等. 环境规划中情景分析方法及应用研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(3): 82-87.
- [3] 王里奥, 马曦, 刘元元. 西部小城镇生活垃圾处理模式研究[J]. 重庆大学学报(社科版), 2006(2): 33-37.
- [4] 赵坤, 吕志强. 城市生活垃圾处理方案的选择、垃圾处理处置技术及工程实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 101-105.
- [5] 陈海滨, 等. 中山市市域垃圾处理设施建设布局研究[J]. 环境卫生工程, 2000, 9(3): 93-96.
- [6] 陈海滨, 等. 中小城市(城镇)垃圾处理管理模式研究[J]. 武汉城市建设学院学报, 2000, 17(3): 31-35.
- [7] 吴大庆. 小城镇组团式垃圾综合处理模式研究[D]. 华中科技大学硕士论文, 2002.

Scenario Analysis of Residential Solid Wastes

Treatment of the Small Towns in the Three Gorges Region

LIU Yuan-yuan¹, WANG Li-ao², LI Bai-zhan¹, MA Xi³, QIAN Zong-qin⁴, ZHONG Shan²

(1. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's

Eco-environmental of Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

3. Environmental Radiation Research and Monitoring Center of Guangdong Province, Guangzhou 510300, China;

4. Chongqing Environment & Sanitation Group, Chongqing 400121, China)

Abstract: To prevent the eco-environment and water quality safety of the Three Gorges Region from pollution, it is urgent to develop the solid waste treatment in the small towns of the Three Gorges Region. Three scenarios are established to explore the residential solid waste treatment modes in the small towns in the Three Gorges Region, and then the challenges and opportunities facing them are analyzed by using the methodology of SWOT. It concludes that the scenario 'pretreatment in each town + regional treatment in the range of a county or district' is the more suitable mode for the residential treatment of the small towns in the Three Gorges Region.

Key words: the Three Gorges Region; small towns; residential solid wastes; waste treatment; scenario analysis

(责任编辑 傅旭东)