
浅析固定式建筑垃圾资源化处理项目设计要点和注意事项

田兆东¹，陈家珑²，王丽丽³，孙建兵⁴

(1. 北京建筑工程设计有限责任公司；2. 北京建筑大学；3. 北京桑德环境工程有限公司；4. 北京建工国际建设工程有限责任公司)

摘要：本文首先论述了固定式建筑垃圾资源化处理项目的设计流程，重点对不同处置工艺共性重要环节进行分析，提出了现阶段固定式建筑垃圾资源化处理项目设计过程中存在的一些问题及解决建议，为后续类似项目设计起到参考和借鉴作用。

关键词：固定式；建筑垃圾；资源化处理；设计流程；处置工艺共性重要环节；问题及解决建议

城市建筑垃圾有两个明显的属性：首要特性是环境危害性，具体表现为占用土地，污染土壤、污染水体、污染空气、影响市容。我国在去年“大气十条”的基础上，今年将进一步出台“水十条”，新修订的《环境保护法》也已于2015年1月1日正式实施，因此建筑垃圾对环境危害的治理势在必行；其次是可资源化属性，经过资源化处理的建筑垃圾95%以上可成为工程建设的原材料并能应用到建设工程中去，可以充分替代不可再生的天然砂等资源，国家已经充分认识到建筑垃圾可资源化的属性，并颁布了若干指导意见及要求，强化建筑垃圾循环利用^[1]。

目前，全国已建成并具备年生产能力在100万吨/年以上的生产线约有20条左右，多数企业处于停滞和半停滞状态^[1]，原因有多种，但有一个不可回避的共性原因是由于前期设计不合理，导致运行时事故率较高和处置成本过高，鉴于此，本文将重点探讨固定式建筑垃圾资源化处理项目的设计要点和注意事项。

一、设计流程探讨

一个优秀的固定式建筑垃圾资源化处理项目的设计应该是一个系统、完整、规范的设计，这首先必须有一个科学的设计流程作保证。笔者认为按照时间顺序排列，应在项目可行性研究报告的基础上进一步深度分析论者建筑垃圾产量、再生产品方案、建设规模、厂址选择、工艺方案、总图运输方案、工程方案以及配套工程方案等，在设计的全过程中任何一个环节被忽视或者考虑不周全，项目建成后都难以达到事前预想的效果。

1、建筑垃圾产量预测

城市建筑垃圾资源化处理工程从各规划阶段到具体项目实施，确定其建筑垃

圾产量都是首要内容，规模预测是否符合发展趋势和实际需要，将对工程总体布局、实施步骤和工程费用产生重大影响。目前有些城市由于预测规模偏大，建成工程不能充分发挥效益；又有些项目由于预测规模滞后，产量大于处理量，导致建筑垃圾处理率较低，因此合理预测建筑垃圾产量规模十分重要。影响建筑垃圾产量预测的因素：1) 有效运距范围内的建筑垃圾基础数据的全面性和准确性；2) 建筑垃圾产量预测方法的科学性。

2、再生产品方案研究

建筑垃圾资源化再生产品种类较多，目前常见的应用方向有再生混凝土空心砌块、再生路面透水砖、再生标准砖、再生道路材料、再生骨料、再生预拌砂浆、再生粉体等再生产品。如何结合当地实际情况，正确选择高附加值、市场潜力大的再生产品是项目能正常运转，并产生经济效益的关键因素。再生产品选择应考虑如下因素：1) 再生产品市场需求；2) 国家产业政策和企业发展战略；3) 专业化协作；4) 资源综合利用；5) 环境制约条件；6) 原材料、燃料供应；7) 技术设备条件；8) 生产、运输包装、存储等条件的要求。综合考虑上述因素，进行方案比选后提出推荐再生产品方案。

3、工程建设规模论证

建筑垃圾资源化处理厂的设计规模是工艺选择及其他专业设计主要基础数据，应当引起设计人员的高度重视。建设规模是在建筑垃圾产量、再生产品方案的基础上，结合工艺技术、原材料和能源供应、协作配套、项目投融资以及规模经济等因素进行的研究。建设规模研究应考虑的影响因素如下：1) 建筑垃圾产量对处理规模的影响；2) 市场需求量对再生产品生产规模的影响；3) 资源供应及其他外部建设条件；4) 生产技术和设备的先进性及其来源；5) 环境容量；6) 社会因素和政策法规；7) 行业因素等。综合考虑上述因素，确定建筑垃圾资源化处理厂的处理规模和再生产品生产规模。

4、厂址选择

厂址选择不仅关系到设施建设的投资和速度，而且在很大程度上决定了所提供的产品和服务的成本，从而影响企业的生产管理活动和经济效益。厂址选择是根据地区规划、城市规划等的要求，结合拟建项目的性质、功能、条件研究等选择建设地点和地址。影响项目选址的区域因素如下：1) 自然因素；2) 运输因素；

3) 市场因素; 4) 劳动力因素; 5) 政策因素; 6) 聚集因素等。综合考虑上述因素, 合理确定项目建设位置。

5、工艺方案

建筑垃圾处理工艺通常根据建筑垃圾的成分组成、源头垃圾分类情况、再生产品对骨料的要求、污染物排放标准及其他社会、经济条件, 经过分析和比较确定的。建筑垃圾具有明显的区域性、成分复杂性特点, 这些属性决定了在治理空间上技术方案选择的多样性和治理成效上对整体技术集成而非单一技术的依赖, 在工艺选择时应注重整体最优, 而不只是追求某一环节的最优。因此本文将不讨论单一建筑垃圾处理工艺方案, 而是对重要共性工艺环节进行分析, 具体详见本文第二节。

6、总图运输方案研究

总图运输方案研究主要是依据确定的项目建设规模, 结合场地、物流、环境、安全、美学等条件和要求, 对工程总体空间和设施进行合理布置。主要包括: 1) 总体布置与厂区总平面布置; 2) 竖向布置; 3) 运输; 4) 厂区道路; 5) 绿化; 6) 总图技术经济指标等。

7、工程方案研究

工程方案是研究论证主要建筑物、构筑物的建造方案。工程方案选择的基本要求是: 1) 满足生产使用功能; 2) 适应已选定的厂址; 3) 符合工程标准规范要求; 4) 经济合理等。

8、配套工程方案研究

配套工程系指公用工程、辅助工程和厂外配套工程。公用和辅助工程一般包括: 电气工程、仪表及自控工程、给水排水工程、暖通空调工程、环保工程、消防工程、分析化验以及机修仓储设施等。厂外配套工程是指七通一平, 使其达到具备给水、排水、通电、通路、通讯、通暖气、通天然气或煤气、以及场地平整的条件。

二、处置工艺共性重要环节分析

如本文第一节第 4 点所述, 本节不对某一具体组合工艺进行分析, 而是将各种组合工艺均会涉及到的重要共性环节进行分析:

1、建筑垃圾产量预测方法分析

在建立建筑垃圾产量预测方法时, 应从预测区域社会经济、人口、基础设施

建设情况出发，把握对建筑垃圾产生量起关键作用的影响因素，从而保证预测方法的可行性，目前常用的建筑垃圾产生量预测方法有如下四种：

- 1) 根据人均产生的建筑垃圾量和项目区内人口总数，来推测项目内建筑垃圾产生总量，简称为“人均产生量预测法”；
- 2) 根据单位施工面积产生的建筑垃圾量及项目区内新建建筑面积和拆除建筑面积，来推算建筑垃圾产生总量，简称为“新建—拆除面积预测法”。
- 3) 根据生活垃圾产生量与拆除建筑垃圾产生量的比值以及项目区内生活垃圾产生量，来推算建筑垃圾产生量，简称为“生活垃圾与拆除建筑垃圾比值预测法”。
- 4) 根据影响建筑垃圾产生量的主要指标——GDP、商品房销售面积、建筑施工面积等多指标建立多元回归方程，来推算项目区建筑垃圾产生总量，简称为“多元线性回归方程预测法”^[2]。

上述各种预测方法都有其优缺点，建议在实际设计过程中，采用多种方法预测，互相验证，最终确定项目区范围内逐年建筑垃圾产量。

2、建筑垃圾处理规模确定分析

建筑垃圾资源化处理厂处理规模不应等同于项目区范围内预测的建筑垃圾产量，应考虑建筑垃圾从收集到运输到处理厂，存在一定的损耗，因此处理厂规模应按如下公式计算：

$$Q_{\text{处理}} = K_{\text{收集}} * Q_{\text{产量}}$$

$Q_{\text{处理}}$ ——建筑垃圾处理规模，吨/年；

$K_{\text{收集}}$ ——建筑垃圾收集系数，小于等于 1；

$Q_{\text{产量}}$ ——建筑垃圾产量规模，吨/年；

3、工艺流程分析

建筑垃圾处理的核心工艺是破碎环节，而破碎的级数又是由再生骨料的粒径大小、颗粒形状决定的。具体而言，当主要用于生产 50mm~100mm 粗骨料时，多数采用单级颚式破碎机；当主要用于生产 37.5mm~50mm 骨料时，多数采用二级破碎；当主要用于生产 4.75mm~37.5mm 骨料时，多数采用带循环破碎的二级破碎或三级破碎；当主要用于生产 0mm~4.75mm 骨料时，多数采用二级破碎和一级粉磨（粗磨）的组合工艺；当主要用于生产 300 目至 3000 目再生粉体时，多数采用二级破碎和二级粉磨（粗磨和细磨）的组合工艺。

4、工艺高程分析

从现有建筑垃圾工程范例看，很少有案例对场地竖向布置、工艺高程有深入研究，关注点都集中在设备节能，对于整体节能考虑较少。建议在设计时要结合场地自然地势，合理设计场地竖向，合理平衡土方，合理排水；要尽量降低建筑垃圾提升总高度，避免反复提升，节省电耗；要尽量减少使用大角度传输带，提高传输带利用效率。

5、堆放区设置分析

堆放区是建筑垃圾资源化处理厂的必要设施之一，主要用于调整建筑垃圾产量、建筑垃圾处理能力、以及再生产品骨料用量三者之间的供需平衡。堆放区的设置一般分先堆后破和先破后堆^[3]两种形式，两种方式各有其优缺点，先堆后破的主要优点：在堆场的建筑垃圾经人工粗选后，大块建筑垃圾进行预破，能控制进入后续流程的最大粒径（一般小于 500mm），进而减少对后续设备尤其是传输带的破坏作用；其次经过人工粗选后，可以将大块垃圾如沙发、木头、衣服等杂物去除，减少后续单元处理复杂难度。先堆后破的主要缺点是无组织堆放，占地面积大，存在二次倒运；先破后堆的主要优点：破碎后的骨料成分较为纯净，采用有组织堆放，既能起到均质作用又能起到均量作用，减少由于骨料成分波动对再生产品质量的影响，同时较少二次倒运。相比而言，先破后堆方式优点较多，实用性较强，正逐渐成为一种主流布置方式。

6、破碎筛分设备分析

建筑垃圾常见的破碎设备有颚式破碎机、反击式破碎机、圆锥式破碎机、立式冲击破碎机等，近几年截辊破碎机、球磨机等也逐渐投放市场使用。建筑垃圾常见的筛分设备有振动筛、滚筒筛、和棒条筛等。破碎和筛分设备的选择应根据物料成分性质和骨料性质要求决定，每种破碎和筛分设备均有其适用范围，要灵活选取，通常情况下破碎后紧跟筛分处理。

7、分选方式分析

建筑垃圾分选方式主要有人工分选、磁选、风选、浮选等。其中人工分选、磁、风选是必选环节，浮选方式多数情况下与其它分选方式联合使用，主要用于对骨料纯度要求较高的场合，此外当项目所在地对环保排放标准要求较高时（如北京市环保要求从排气口排放尾气粉尘管理标准不超过 10mg/m³），多采用风选

和浮选结合方式。

三、设计中存在的问题

建筑垃圾资源化处理作为一个新兴的产业，与成熟的相关产业（环保产业和建材产业）相比，在设计环节存在如下主要问题：

1、行业归属不明确，设计主体技术全面性差

建筑垃圾资源化处理属于新兴产业，行业归属并不十分不明确，目前从事建筑垃圾设计的单位性质多种多样，有从事有从事环保设计的单位、有从事建材设计的单位、也有从事建筑设计的单位。从建筑垃圾无害化角度看，从事环保设计的单位技术优势明显，从建筑垃圾资源化角度看，从事建材设计的单位技术优势明显，但二者也都存在技术不全面的问题。

2、现有技术规范指导性不强

现有《建筑垃圾处理技术规范》（CJJ 134-2009）由于编制时间较早，定性描述多于定量要求，与相似行业规范（如《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90-2009）、《生活垃圾卫生填埋程技术规范》（CJJ17-2004））相比，深度明显不够，造成该规范对现有建筑垃圾资源化处理项目的设计指导性不强。例如：该规范中没有给出建筑垃圾产量的预测方法，对于设计单位确定工程规模影响较大，进而导致很多工程设计规模与实际产量不相符合的情况发生，或者造成投资浪费或者造成产量不足；此外对于不同处理工艺的主要控制参数也没提出，导致现有实际案例中各种工艺参数频出，处理效果、自动化水平、能耗、环保措施等参差不齐，成功项目少失败项目多，造成很大的工程浪费，其它不足之处不一一详举。

3、设备厂家方案对工程误导性强

中国水网和中国固废网总编傅涛博士曾表达过，环保行业 20 年来经历了四代公司的引领，第一代是设备公司，第二代是总包工程公司，第三代是投资公司，第四代是综合服务商，建筑垃圾作为城市固体废弃物之一，是一个新兴的环保方向，依然遵循着上述发展规律。由于现有《建筑垃圾处理技术规范》（CJJ 134-2009）对于设计单位的指导性不强，实际设计过程中建筑垃圾处理工艺一般都是由设备厂家提供，而设备厂家仅是对处理工艺中某个环节的设备较为了解和熟悉，且专业人员配置也不齐全，导致工程系统整体性较差，表面上看某个设备处理效果较好、节能效果较好，但项目整体处理效果一般，整体节能效果较差，且适应性和

灵活性均较差。

4、重视后端资源化轻视前端无害化

现阶段从事建筑垃圾资源化处理的业主单位多数由建材产品生产的单位转变而来，从事建筑垃圾资源化处理的科研单位多数由建材产品研究的科研院所承担，各企业均在再生产品端花大力气研究，眼里看重的是经济效益，忽略了前段无害化处理，致使设计中普遍既存在环保隐患，同时由于前端无害化处理设计不合理造成工程投资浪费和前段处理成本偏高。

四、解决建议

面对设计环节存在的问题，笔者提出如下建议：

1、政府相关部门应尽快明确设计主体归属问题，具有资格的设计单位应补充短板，完善专业配置、深入研究处理方法和工艺。

笔者个人理解，根据《建筑垃圾处理技术规范》（CJJ 134-2009）中第 3.0.1 条和第 5.0.2 条分别规定：“建筑垃圾处理设施的设置应纳入当地城镇环境卫生专业规划”，“转运调配场的配置应符合城镇环境卫生专业规划的规定，选址应根据当地建筑垃圾产量及资源化利用要求确定。”，上述两条均阐明建筑垃圾管理应由城镇环境卫生专业规划指导，因此建筑垃圾资源化处理项目应由具有市政行业环境卫生工程资质或环境工程专项设计资质中的固体废弃物处理处置工程设计资质的设计单位从事。但在上述专业设计资质人员配置均是按照生活垃圾或其它工业固体废弃物处理需求设置，缺少建筑垃圾再生产品相关专业人才，整体上对再生产品缺少研究和实际应用，因此在对再生产品端设计存在知识和经验欠缺，进而也影响处理端的设计。然而现阶段从事建筑垃圾设计的单位多数为建材类设计单位和矿山破碎筛分设备厂家结合体，虽然对后端再生产品部分和矿山破碎设计经验较为丰富，但对于建筑垃圾无害化处理部分的设计欠缺经验。建议各设计单位将无害化处理和资源化设计人才结合起来，方能完成一个优秀的设计。

2、建议相关部门尽快完善相关建筑垃圾资源化涉及到的设计规范和标准，以适应工程建设需要。

3、建筑垃圾行业发展要充分借鉴其它相关成熟行业发展的规律，总结经验，少走弯路。

4 业主单位应该充分重视设计工作的重要性，委托具有设计资格和相关经验

的正规设计公司承接设计工作，同等重视无害化处理和资源化处理。

四、结语

综上所述，建筑垃圾资源化处理项目应该首要解决的是无害化问题，其次才是解决资源化问题。因此在项目建设立项、可行性研究、设计、施工、运营等各个环节应充分将环境工程专业和建材行业的各自特点充分结合起来考虑，将上述两个行业的成熟经验进行借鉴，少走弯路。此外应尽快完善适合建筑垃圾资源化处理行业自身的相关标准和规范，为建筑垃圾资源化处理行业健康快速持续发展保驾护航！

参考文献：

- [1] 陈家珑.我国建筑垃圾资源化利用现状与建议.建设科技，2014.No.01:9-12.
- [2]. 陆宁等，马红军.中国城市建筑垃圾产量计算及预测方法. 长安大学学报(社会科学版)，Vol.10 No.3 Sept 2008：79-82
- [3]. 王珊珊等，工厂式建筑垃圾资源化处理系统及其工艺流程. 上海国砣环保设备有限公司,专利号，201310048406.2