

国家标准

固废处理装备运行效果评价技术要求 循环流化床

**Technical requirements of high efficiency solid waste care
equipment for assessment—echnical requirements of high
effi**

编制说明

《固废处理装备运行效果评价技术要求-循环流化床》

编制组

二零二二年三月

目录

一、项目背景.....	3
1.1 任务来源.....	3
1.2 工作过程.....	错误！未定义书签。
二、循环流化床处理固废概况.....	4
2.1 固废分类、产量及相关处理政策概况.....	4
2.2 固废处理技术应用概况.....	5
2.3 循环流化床技术特点及发展概况.....	7
三、标准编制的必要性.....	8
四、标准编制的原则.....	9
五、标准主要技术内容.....	10
5.1 适用范围.....	10
5.2 规范性引用文件.....	10
5.3 术语与定义.....	11
5.4 总则.....	11
5.5 评价要求.....	12
5.6 试验方法.....	17
5.7 评价方法.....	24
5.8 评价报告.....	25
5.9 附录.....	26
六、与现行国家法规、政策、标准的符合性及协调性.....	26
七、标准实施的建议.....	27

一、项目背景

1.1 任务来源

为规范固废处理装备一循环流化床的运行，保证循环流化床的运行效果，根据国家重点研发计划《支撑重大环保设施高质高效运营的关键技术标准研究及应用》的目标要求，《固废处理装备运行效果评价技术要求-循环流化床》国家标准（计划号：20215043-T-303）由全国环保产业标准化技术委员会（SAC/TC275）提出并归口，参编单位有中国标准化研究院、中冶南方都市环保工程技术股份有限公司等。

1.2 工作过程

1.2.1 相关政策、技术标准的调研

《固废处理装备运行效果评价技术要求-循环流化床》国家标准是国内首次制定。项目下达后，为了使标准制定过程科学合理，主编单位中冶南方都市环保工程技术股份有限公司和中国标准化研究院共同成立编制小组，并召开标准启动现场会，明确编制小组成员、任务及分工，制定了总体工作计划。为使标准的制定更加科学合理，且便于今后为其他类似的固废处理装备运行效果评价起指导作用，2021年3月开始编制小组开展了前期的资料准备工作，查阅、分析了国内外相关流化床装备的技术文献和资料，对大量与流化床相关的信息、政策和标准进行了梳理，由此为标准整体设计、内容规划的确立奠定基础。目前部分已发布并实施的有关循环流化床或者装备运行评价的标准如表1所示。

表1 部分相关的标准

标准编号	标准名称	发布单位
CECS 250-2008	城镇污水污泥流化床干化焚烧技术规程	中国工程建设标准化协会
DL/T 1034-2016	135MW 循环流化床运行导则	国家能源局
DL/T 1326-2014	300MW 循环流化床锅炉运行导则	国家能源局
DL/T 1600-2016	循环流化床锅炉燃烧系统技术条件	国家能源局
DL/T 2198-2020	超临界循环流化床锅炉运行导则	国家能源局
DL/T5556-2019	火力发电厂循环流化床锅炉系统设计规范	国家能源局
GB/T34552-2017	生活垃圾循环流化床焚烧锅炉	国家质量监督检验检疫总局
RISN-TG016-2014	生活垃圾流化床焚烧工程技术导则	住建部
NB/T 47062-2017	生物质成型燃料锅炉	国家能源局

.....		
-------	--	--

1.2.2 标准起草和讨论

2021年6月，中国标准化研究院主持召开了《固废处理装备运行效果评价技术要求-循环流化床》的线上开题论证会。与会专家充分听取了标准编制工作小组关于标准必要性、可行性、适用范围和拟要解决的问题等内容的汇报，经过质询和讨论，形成如下意见：（1）进一步明确标准的适用对象、边界条件。（2）标准修订需要与国家重点研发计划《支撑重大环保设施高质高效运营的关键技术标准研究及应用》中将要编制的系列标准相适应，形成完善的标准体系。（3）加强调研，尤其注意吸纳循环流化床固废处理企业的工程实践和经验，使运行效果评价具备可操作的同时能对行业有积极的规范作用。

按照与会专家的意见，编制小组多次就标准的范围、内容、框架等展开内部讨论，并组织调研工作，于2021年7月形成初稿。为确保规范内容的科学性、合理性，工作小组于2021年8~10月间邀请行业专家与相关工程人员就初稿内容进行评审，特别就标准中指标的选取、指标级别的限定数值等关键内容进行了详细讨论，并现场进行指导和修正。专家对指标的代表性和普遍性提出了要求，并指出了部分指标需要到工程现场调研核验的问题。

根据研讨会的精神，编制小组于2021年下半年走访调研了江苏、浙江等装备有循环流化床处理固废（主要为生物质和生活垃圾）的企业，重点针对初稿内容中的技术经济指标、环保性能指标和安全稳定性指标同专业运维人员进行了核验，就运行管理指标和设备状况指标同现场人员进行了深入讨论。之后，召开第二次研讨会，重点讨论了指标的分级合理性，对文本语句进行了修改，于2022年3月形成征求意见稿及编制说明。

二、循环流化床处理固废概况

2.1 固废分类、产量及相关处理政策概况

固废废物指人类在生产和生活活动中，对所有不再具有使用价值而被丢弃的固体/泥状物质，简称固废。固体废物实际只是针对原所有者而言。在任何生产或生活过程中，所有者对原料、商品或消费品，往往仅利用了其中某些有效成分，而对于原所有者不再具有使用价值的大多数固体废物中仍含有其它生产行业中需要的成分，经过一定的技术环节，可以转变为有关部门行业中的生产原料，

甚至可以直接使用。固体废物的分类方法有多种，按其组成可分为有机废物和无机废物；按其形态可分为固体废物、半固体废物和液态(气态)废物；按其污染特性可分为危险废物和一般废物等；按其来源可分为矿业的、工业的、城市生活的、农业的和放射性的。此外，固体废物还可分为有毒和无毒的两大类。有毒有害固体废物是指具有毒性、易燃性、腐蚀性、反应性、放射性和传染性的固体、半固体废物。根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》则分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废物。2019年，全国共有200个大、中城市向社会发布了2018年固体废物污染环境防治信息。其中，应开展信息发布工作的47个环境保护重点城市和55个环境保护模范城市均已按照规定发布信息，还有98个城市自愿开展了信息发布工作。据《2020全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》的统计结果，2019年196个大、中城市一般工业固体废物产生量为13.8亿吨，工业危险废物产生量为0.4亿吨，医疗废物产生量为84.3万吨，城市生活垃圾产生量为2.4亿吨。于此同时，以秸秆为代表的农作物产量约8亿吨，可收集农林固废约6.7亿吨。数量巨大的固废不仅造成了严重的环境污染，同时也是资源的极大浪费。这种情况下，固废处理的问题受到越来越多关注。固废处理行业作为保护生态平衡、实现可循环经济的重要推动力量受到了国家的极大重视。

固废处理行业作为保护生态平衡、实现可循环经济的重要推动力量，与之相关的国家政策频频发布。2018年发布了《“无废城市”建设试点工作方案》，2019年发布了《关于推进大宗固体废弃物综合利用产业集聚发展的通知》。2020年3月3日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于构建现代环境治理体系的指导意见》，环保行业再一次引起社会的关注。《意见》中提出：要健全环境治理市场体系，其中包括构建规范开放的市场、强化环保产业支撑、创新环境治理模式和健全价格收费机制。这在市场开放、技术装备和管理运营方面都将有利地推动固废处理行业的发展。

2.2 固废处理技术应用概况

产生于农林业的生物质和产生于城市的生活垃圾占据了固废总量的20%左右。这部分固废需要进行无害化处理，主要有填埋、焚烧和堆肥三种方式。其中，堆肥的方式只适于以可降解有机物为主的固废（通常为厨余物和生物质），尽管该方式是典型的资源化手段，但周期长、技术要求高、适用面窄，面对耕种过程

的时间限制，并不是主流的固废处理方式，因此处置产能占比小于 5%。填埋和焚烧是目前主流的处理工艺，处置产能各占近一半。填埋在早期因技术简单、成本低等特点得到大规模应用。但占地面积较大，与紧缺的土地资源天然具有对抗性，近年来产能增速明显放缓。而且，填埋场超负荷运转现象突出，库容趋饱和，封场进程加速。

在填埋“新增难+存量减”背景下，焚烧替代属性凸显，处置占比有望进一步提升。焚烧具有占地面积小、处理效率高、环境污染小、能源利用高等多方面优势。2020 年 8 月，国家发展改革委、住房城乡建设部和生态环境部等三部委联合印发《城镇生活垃圾分类和处理设施补短板强弱项实施方案》，明确提出“原则上地级以上城市以及具备焚烧处理能力的县(市、区)，不再新建原生生活垃圾填埋场，现有生活垃圾填埋场主要作为垃圾无害化处理的应急保障设施使用。世界范围内看，欧洲处置生活垃圾的主要方式为焚烧发电，日本则是世界上使用焚烧方式比例最高的国家，不但大城市的生活垃圾采用焚烧进行处理，市、町、村的生活垃圾也基本上采用焚烧来进行处理。近十年来，日本全国现有 1200 多座垃圾焚烧厂，其中各种规模的都有。上个世纪九十年代以来，美国处理固废以卫生填埋为主（约占一半），生活垃圾管理以可再生资源回收为主，在焚烧厂方面注重运营，而不是建设新的设施。但近几年来，美国又重新开始认识到焚烧建设的必要性，新项目日益增加。我国焚烧发电虽然起步晚，但发展快。以垃圾焚烧为例，从深圳建起中国第一座垃圾焚烧厂到现在，中国焚烧厂的处理产能普遍达到了 1.5-2 万吨/天的水平，规模最大的公司更是能达到 10 万吨/天。预计 2022 年，中国的日处理规模生活垃圾规模将达到 60 多万吨左右。其中，循环流化床投运 160 余台，日处理生活垃圾量达到约 8 万吨/天。

根据对我国已建成的规模化的垃圾焚烧发电厂调研结果，我国目前的焚烧厂主要以炉排炉和流化床炉为主。全国运行的固废（生活垃圾和生物质）焚烧处理厂 800 座左右，涉及近 2000 台焚烧炉。生活垃圾的焚烧多采用炉排炉，循环流化床的比例则在 15%左右。生物质的焚烧主要采用循环流化床，比例达 60%以上，分布在东部地区较多，以浙江和江苏为主。这些地方农业发达，普遍具有较丰富的生物质。

2020 年第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七会议通过的《中华人

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》对固废处理提出了明确要求，以焚烧为代表的处理方式契合“减量化、无害化、资源化”的发展趋势，将继续得到发展。生态环境部环境发展中心亦将该技术（循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电技术）列入到了第一批“无废城市”建设试点先进适用技术行列。

2.3 循环流化床技术特点及发展概况

循环流化床通常由快速上升段、气固分离装置和固体物料回送装置三部分所组成。快速上升段中，固体颗粒放置在布风装置上，当气体通过床层的速度逐渐提高到某值时，颗粒间空隙增大，床层体积出现膨胀，颗粒全部悬浮于流体中，显示出塞状流。固体颗粒充满整个上升段空间。颗粒间有强烈的物料返混以及颗粒团不断形成和解体，并且向各个方向运动；颗粒与气体之间的相对速度大。气固分离装置安装于上升段出口位置，主要用来分离气体和固体颗粒。分离后的气体排出，固体颗粒则直接进入固体物料回送装置，由此分离的固体从下层回到上升段内，由此形成了固体颗粒的外部循环。

20世纪60年代开始，循环流化床被用于煤的燃烧，并且很快成为主要的燃烧方式之一，是一种新型清洁燃烧技术。早期流化床运行流化速度较低，许多研究机构开始进行流态化的研究，研究重点放在流化床的气泡特性等方面。因此这段时间投运的流化床也基本上是鼓泡流化床。随后，流化速度逐渐增加，循环流化床被发现在煤燃烧中的效果更好，流化风速范围上升到5-7m/s左右。由于煤的良好燃烧效果，循环流化床进一步扩展到其他可燃固废废物中，成为固废处理的主要装备之一。

循环流化床燃烧的主要过程为：固体废弃物以颗粒方式送入炉膛底部，炉内固体废物和床料的混合颗粒在烟气携带下沿炉膛上升，固废在上升段中充分燃烧后减量和放热。燃烧后的飞灰和床料经炉膛上部出口进入旋风分离器，在分离器中进行气、固两相分离后，烟气经分离器上部出口，进入锅炉尾部烟道进行余热回收和烟气处理。余热通常被用来产生蒸汽并带动汽机发电。被分离出来的固体颗粒则经回料阀再返回炉膛下部；炉膛下部同时也有卸料阀，用以一段时间后排出一定量的颗粒从而维持床料稳定。循环流化床炉的运行中，含有燃料、燃料灰及其反应产物的固体床料，在炉膛—分离器—回料阀—炉膛这一封闭循环回路里处于不停的高温循环流动中，并使得炉内始终保持850-900℃高温、高效率的燃

烧反应。

基于以上特性，将循环流化床作为生活垃圾和生物质焚烧的方式具有以下先进性：

1、燃料适应性广，可燃烧高水分、低热值和高灰分的燃料。流化床焚烧炉是根据化工单元过程，经改进后用于焚烧垃圾的。循环流化床燃烧借助炽热的床料（热载体）对新鲜燃料进行直接混合加热，垃圾和床料都处于流化状态，它们之间的接触、掺混和热交换都十分强烈，瞬时即可干燥高水份含量的垃圾，并在几秒之内把它引燃，使其稳定燃烧直到完全燃烬。即使对低品位的燃料，也能确保着火迅速、燃烧稳定、转化彻底，因而适合焚烧低热值、高水份的生物质，符合中国生活垃圾复杂的现状。

2、运行稳定性好。循环流化床可以燃烧形态各异（气、液、固等）、热值悬殊的燃料和废弃物，同时蓄热量大、床内混合剧烈及高负荷调节性能等特点使循环流化床较容易适应生活垃圾和生物质的原料多变性，燃烬度高。

3、燃烧强度大。循环流化床焚烧炉由于炉内燃烧强度和传热强度高，相同生活垃圾处理量的循环流化床炉相比炉排炉体积小，故而投资省，适宜于向大型化发展。炉内没有机械运动部件，使用寿命长。生活垃圾贮坑内的垃圾渗沥液（或其他的浓缩液）可在炉内直接雾化焚烧处理。采用循环流化床垃圾焚烧技术相比同等规模采用国外技术的投资要低 30%以上，与我国目前所处的经济社会发展程度相适应。

在过去的二十年中，流化床焚烧技术逐渐在日本、北美、欧洲等一些发达国家得到一定应用。国外拥有先进循环流化床焚烧炉技术的公司以日本为代表，如日本的石川岛播磨、三井造船、栗本、荏原制作所。其中最典型的流化床焚烧系统是由荏原制作所制造的内循环流化床焚烧炉，垃圾不经预处理就可以直接焚烧。中国的循环流化床技术采用自主开发策略，主要研究单位有浙江大学、中国科学院工程热物理所、清华大学等。国内第一台循环流化床垃圾焚烧装置由浙江大学与杭州锦江集团合作开发，并于 1998 年在杭州余杭成功投运，此后，循环流化床焚烧技术进入飞速发展阶段，目前已形成单炉日处理规模 150、200、300、400、500、600、700、800t 的流化床焚烧炉系列产品。

三、标准编制的必要性

我国近些年的固废总量持续上升，而且固废具有来源广、种类多、数量大、成分复杂的特点，这对固废处理提出很高的要求。以城市生活垃圾和农林废弃物（狭义上的生物质）为代表的固废具备可分解、可燃烧等性质。利用焚烧技术进行处理，具有占地面积小、处理效率高、环境污染小、能源利用高等多方面优势。其中循环流化床的燃烧适应性广，可燃烧大尺度、高水分、低热值和高灰分的燃料；因为蓄热量大、床内混合剧烈及高负荷调节性能等特点，运行稳定性好，能适应固废的多变性；燃烧强度和传热性能高使得在相同处理量条件下，流化床的体积更小、投资更省。固废的充分燃烧使得减量化效果好、污染物尤其是二噁英的排放量更小。大容量的循环流化床具有明显优势。由于这些原因，循环流化床装备迅速发展，已经成为目前主流的处理固废装备之一，而且在未来的规模还会进一步扩大。

然而循环流化床装备的不断迅速投运也带来许多问题。行业内泥沙俱下，部分公司受限于资质和实力，建设后的循环流化床装备的运行效果参差不齐，反而会造成资源浪费。国内有关循环流化床运行的标准主要集中于大规模的燃煤电厂，有关处理固废的循环流化床的相关标准配套工作稍显落后，缺少对循环流化床运行的客观、科学、系统评价。本标准项目一《固废处理装备运行效果评价技术要求-循环流化床》的制定与实施就是为解决上述问题。通过梳理影响循环流化床焚烧固废的运行指标并做出规范，针对不同运行效果的循环流化床进行分级评价，能促进行业对标，提升循环流化床的运行水平，让流化床装备运行专业化、社会化、市场化和规范化。

本标准的制定将填补国内有关固废处理用循环流化床锅炉评价标准空白，指导现阶段我国固废处理用循环流化床锅炉性能分析、评价和改进，作为规范固废处理用循环流化床锅炉性能评价工作的技术依据，将有助于推动国内绿色制造、绿色生产的管理工作，能够有效引导企业开展制造、生产工艺升级改造等活动。本标准实施后，将为我国高效能固废处理用的循环流化床锅炉的评定提供科学依据，能有效提高固废处理用循环流化床锅炉的生产率，具体表现为**更高的焚烧率效率和较低的厂用电率**，可减少运行成本，提高电厂上网电量，即降本增效。随着高效能固废处理用循环流化床锅炉安装量的增长，经济效益将更加显著。

四、标准编制的原则

(1) 以相关法律、法规、标准为准绳原则。

本标准遵循《中华人民共和国环境保护法》、《节约能源法》和《固体废物污染环境防治法》等相关法律法规，从技术角度来贯彻实施上述条例和规定的要求。本标准立足于循环流化床处理固废过程的评价工作，与其他环保设备评价标准形成系统规范。

(2) 可行性、代表性原则。

本标准的编写基础来源于对循环流化床装备实际运行过程的分析 and 总结。指标值均具备切实可行性，所涉及检测方法均为标准方法，成熟可靠，具有成果实例。指标具备代表性，是针对循环流化床焚烧固废运行过程评价工作而制订的，标准的内容、要求和有关规定等均应体现运行过程的特征和环境装备的特点，全面、客观反映和区分评价运行的真实情况。

(3) 规范性原则。

标准按照依据 GB/T 1.1 的要求编写，力求在结构上清晰合理，在表述上简要明确，无模棱两可。

五、标准主要技术内容

5.1 适用范围

本标准适用于以固废处理为目的的循环流化床运行效果评价。文件规定了固废处理装备-循环流化床运行效果评价的术语和定义、总则、评价要求、评价方法、评价报告。

本标准适用于应用了循环流化床锅炉处理固废的企业，这里的固废主要是指生物质和生活垃圾，处理其他固废（纸渣、废塑料等）的循环流化床的运行效果评价可参考该标准执行。本标准的实施应该以政府为主导与后盾，以监管部门为执行主体，对辖区内各企业的处理固废用循环流化床锅炉的运行效果进行评价。

5.2 规范性引用文件

本标准引用的相关规范和标准，直接引用了其中的内容。相关标准所包含的条文，通过在本规范中引用而构成本规范的条文，与本规范同效。引用的相关标准，当其被修订时，应使用其最新版本。引用标准的选择以和生活垃圾和生物质

处理、工业锅炉评价和技术指标规范等密切相关的标准为主。

5.3 术语与定义

为执行本规范制定的专门的术语和对容易产生歧义的名词进行定义和解释。主要包括固体废物、固废处理、生物质、生活垃圾、循环流化床、额定生活垃圾处理量、炉渣热灼减率、灰渣含碳量、飞灰、炉渣、低位热值、炉膛热负荷、年运行小时数、锅炉出口烟气污染物浓度、二噁英类、毒性当量、1 小时均值、24 小时均值、锅炉强迫停用率等。GB/T 2900.48、GB/T 34552、GB/T 34911 界定术语和定义适用于本文件。

5.4 总则

固废处理装备循环流化床运行效果评价除应执行本标准之外，尚应符合国家现行有关法律、法规、标准的规定，以达到国家、地方以及行业（专业）标准要求为前提，科学、客观、公正、公平地评价固废处理装备循环流化床的运行效果。

本标准确定了固废处理装备循环流化床运行效果的评价原则。本标准按照重要性和涉及范围建立技术经济性能指标、环保性能指标、安全可靠性能指标、运行管理指标、设备状况指标等一级指标，形成固废处理用循环流化床的运行效果指标体系总体框架，一级指标体现了为满足循环流化床高效运行，大方向的要求。

在此评价指标体系总体框架中，一级指标可各自细分为若干二级指标。如：技术经济性能指标主要用来评价技术经济性，包含炉渣含碳量、炉渣热灼减率、能效等级等二级指标。二级指标统计运行工况参数，其中技术性能指标、环保性能指标和安全稳定性能指标所含指标能够量化，将进一步分级

对技术性能指标、环保性能指标和安全稳定性能指标进行分级，需要按照焚烧的固体废物种类，将循环流化床分为生物质循环流化床和生活垃圾循环流化床两类进行分开讨论。原因是焚烧固废种类的不同影响热值和元素组成，从而导致分级标准的选择不同。分级从高到低依次为 A\B\C\D 四等级，并根据指标所代表的工况参数在一级指标中的重要程度赋予每个等级不同分数，由此划分优劣。

二级指标以及分级内容通过表格的方式呈现。最后，通过总分合计对装备的运行形成优秀、良好、一般三种评价结果。固废处理装备循环流化床运行效果的评价总分为 100 分。

5.5 评价要求

本标准对一级指标和二级指标的选择和分级做出要求，保证科学性。具体包括一般性的“一般规定”和具体性的“评价技术要求”。

5.5.1 一般规定

为了使循环流化床满足达到额定（设计）工况的前提条件，要求：固废处理装备-循环流化床运行效果的评价应在其达产稳定运行 12 个月后进行，且评价期间，循环流化床燃用设计燃料或尽量接近设计燃料。

为保证评价支撑数据的真实、客观性，要求：现场检测应符合 GB/T 16157、GB/T 10180、GB/T 10184 等。

为保证运行考核具有长时间的代表性，要求：运行考核时间不低于 3 个月，考核期内燃料热值尽量接近（热值差异小于 20%）设计工况条件，收集装备系统的设计参数及考核期内各类运行及检测数据。

5.5.2 评价技术要求

（1）技术性能指标

技术性能指标是核心指标之一，反映了循环流化床运行过程中的燃烧水平以及燃烧的经济性，是循环流化床高效运行的关键。其二级指标包括能效等级、主蒸汽波动范围（70%-100%负荷）、锅炉出口烟气中氧含量、炉渣含碳量、炉渣热灼减率。具体解释如下：

1) 能效等级即是锅炉效率，该指标的高低将是装备运行效果的直接反映，因此属于最为核心的指标。锅炉效率除了受运行效果影响外，还和焚烧的燃料以及装备本身的容量有密切关系。因此，将锅炉效率根据蒸汽蒸发量和燃料热值的不同进行分级，该分级方法参考了《GB 24500 工业锅炉能效限定值及能效等级》，并根据工程实际运行所能达到的效果，对具体数值进行了调整。

2) 生物质、生活垃圾循环流化床的蒸汽系统和燃煤循环流化床的蒸汽系统保持一致，主汽温度的波动范围（70%-100%负荷）遵循 135MW 和 300MW 燃煤的循环流化床锅炉运行要求，运行良好的装备的主汽（过热蒸汽）温度需要控制为额定值的+5 ~ -10 °C。

3) 锅炉出口烟气氧含量同时适用于生物质和垃圾循环流化床。锅炉出口烟气中氧含量反映了空气在燃烧过程中的氧耗量程度，其代表燃烧用空气的控

制水平。氧含量过大，则风量有富余，风机负荷不经济。氧含量过低说明燃烧不充分，将会导致氮氧化物排放过高，环保性能降低，同样不经济。因此氧含量有个最佳范围，其值的大小与锅炉结构、燃料的种类和性质、锅炉负荷的大小、运行配风工况及设备密封状况等因素均有关。出口烟气氧含量是日常运行监控的重要指标。结合工程现场实际运行，生物质循环流化床要求一般参考火力发电厂，控制在6~10%为佳。在《RISN-TG016-2014 生活垃圾流化床焚烧工程技术导则》中，生活垃圾循环流化床的出口烟气氧含量被要求控制在6~8%之间，该值是工程实际中普遍遵守的，较为合理。

4) 炉渣含碳量适用于生物质循环流化床，反映了循环流化床炉膛内的燃料的燃尽效果。炉渣含碳量为控制指标，该值越低说明循环流化床未燃烧损失低，固废的减容效果好。该值可以通过合理配风进行控制。该值未有明确标准和规定，结合锅炉厂家设计和实际运行过程，基本要求低于3%，优秀控制低于1%。

5) 炉渣热灼减率适用于生活垃圾循环流化床，是生活垃圾循环流化床的主要控制指标，是生活垃圾减容量的重要保证，同样反映了循环流化床炉膛内的燃料的燃尽效果。该值越低说明循环流化床未燃烧损失低，固废的减容效果好，该值具有严格规定。《RISN-TG016-2014 生活垃圾流化床焚烧工程技术导则》建议小于5%、《GB/T34552-2017 生活垃圾流化床焚烧锅炉》建议小于3%。根据工程实际运行情况，基本要求低于5%，优秀控制低于3%。

依据上述调研统计结果，将技术性能指标进行分级，如表1所示，具体的评分见附录C。

表1 技术性能指标及其分级

指标分级		生物质循环流化床锅炉	生活垃圾循环流化床锅炉	
技术性能指标	能效等级	A级	I	I
		B级	II	II
		C级	III	III
		D级	IV	IV
	主汽温度的波动范围 (70%-100%负荷)	A级	+5℃ — -10℃	+5℃ — -10℃
		B级	超出上述范围	超出上述范围
		A级	≥6%，≤10%	≥6%，≤8%

	氧含量	B 级	超出上述范围	超出上述范围
	炉渣含碳量	A 级	<1%	/
		B 级	≥1%, ≤3%	
		C 级	>3%	
	炉渣热灼减率	A 级	/	<3%
		B 级		≥3%, ≤5%
		C 级		>5%

(2) 环保性能指标

环保性能指标属于限定性指标，反映了循环流化床运行过程中污染物的控制能力，是循环流化床环境友好的必要要求。以循环流化床锅炉出口（空预器后，烟气处理系统前）为监测点，二级指标包括 24 小时 CO 均值、24 小时 NO_x 均值（不投 SNCR）、24 小时飞灰均值/飞灰测定均值、炉膛内高温烟气停留时间。以下具体解释：

1) 24 小时 CO 均值。CO 气体无色无味，且有毒有害，超过限制将产生安全问题。烟气中 CO 的浓度大小反映了炉膛在燃烧过程中的缺氧水平，是和出口烟气中氧含量密切关联的指标，两者呈现反比例关系。24 小时 CO 均值也受到锅炉结构、燃料的种类和性质、锅炉负荷的大小、运行配风工况及设备密封状况等因素影响。在出口氧含量限制的范围内，该值越小表明循环流化床内的送风量和流场分布越合理，燃料和燃烧所需空气量刚好匹配。该值在《GB18485-2014 生活垃圾焚烧污染物控制标准》和《NB / T 47062-2017 生物质成型燃料锅炉》均有明确规定，结合现场调研的控制情况和统计生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据公开平台，规定基本要求 <80mg/m³，优秀的要求达到 <50mg/m³。

2) 24 小时 NO_x 均值（不投 SNCR）。氮氧化物对环境的损害作用极大，它既是形成酸雨的主要物质之一，也是形成大气中光化学烟雾的重要物质和消耗 O₃ 的一个重要因子，因此是典型的大气污染物监控项。燃料型的氮氧化物和固废性质有关外，热力型和瞬时型的氮氧化物则受炉膛燃烧过程影响，尤其是空气氧含量不足情况下大量生产。因此，该参数和 CO 均值、出口烟气中氧含量相互关联。受到锅炉结构、燃料的种类和性质、锅炉负荷的大小、运行配风工况及设备密封状况等因素影响。参考《NB / T 47062-2017 生物质成型燃料锅炉》以及

江苏部分焚烧生物质热电厂的具体情况，NO_x基本要求<200 mg/m³，低氮燃烧的情况下可以控制在<100 mg/m³。生活垃圾综合考虑《GB18485-2014 生活垃圾焚烧污染物控制标准》规定的烟囱排口氮氧化物的限制、正常脱硝设备的效率，炉膛出口的监测结果等，NO_x基本要求<350 mg/m³，优秀情况下可以控制在<250 mg/m³。

3) 锅炉出口颗粒物浓度。颗粒物同样是大气污染物主要的监控项，是雾霾生产的主要原因之一。该参数受炉膛内流场状态影响，和运行配风状况密切相关。该参数的控制是分离器运行情况良好，炉膛流场合理的重要保证。通常情况下，结合《NB / T 47062-2017 生物质成型燃料锅炉》及某生物质热电厂实测数据，颗粒物基本要求<15 g/m³，优秀情况下可以控制在<10 g/m³。

4) 炉膛内高温烟气停留时间适用于生活垃圾循环流化床。该参数在焚烧生活垃圾时是控制重点，代表了炉内的工作状态。由于生活垃圾成分复杂，需要对烟气温度和停留时间进行要求，避免二噁英的产生。有关生活垃圾焚烧的标准（《CJJ90-2009：生活垃圾焚烧处理工程技术规范》、《CJJ/T137-2019：生活垃圾焚烧厂评价标准》）以及自动监测统计的数据情况看，烟气温度≥850℃，且停留时间≥2s 是合理的。

依据上述调研统计结果，将环保性能指标进行分级，如表 2 所示，具体的评分见附录 D。

表 2 环保性能指标及其分级

指标分级		生物质循环流化床锅炉	生活垃圾循环流化床锅炉	
环保 指标	24 小时 CO 均值	A 级	<50mg/Nm ³	<50mg/Nm ³
		B 级	≥50mg/Nm ³ , ≤80mg/Nm ³	≥50mg/Nm ³ , ≤80mg/Nm ³
		C 级	>80mg/Nm ³	>80mg/Nm ³
	24 小时 NO _x 均值 (不投 SNCR)	A 级	<100mg/Nm ³	<250mg/Nm ³
		B 级	≥100mg/Nm ³ , ≤200mg/Nm ³	≥250mg/Nm ³ , ≤350mg/Nm ³
		C 级	>200 mg/Nm ³	>350 mg/Nm ³
	24 小时飞灰均值 或飞灰测定均值	A 级	<10g/Nm ³	<10g/Nm ³
		B 级	≥10g/Nm ³ , ≤15g/Nm ³	≥10g/Nm ³ , ≤15g/Nm ³
		C 级	>15 g/Nm ³	>15 g/Nm ³

炉膛内高温烟气 停留时间	A 级	/	$\geq 850^{\circ}\text{C}$ 且 $\geq 2\text{s}$
	B 级		超出上述范围

(3) 安全稳定性能指标

该指标反映了循环流化床运行过程稳定性，是循环流化床长时间运行的关键。其二级指标包括锅炉年运行小时数、锅炉强迫停用率、锅炉连续运行小时数、耐火材料耐磨或耐腐蚀层减薄速率，以下具体解释：

锅炉连续运行小时数，是指循环流化床两次停运检修期间运行的时间，反映了循环流化床连续运行的能力，时间越长代表循环流化床越稳定，是典型的可靠性指标之一。根据生活垃圾焚烧发电厂、火力发电厂相关标准的要求，8000h 的累积运行时间是比较理想的情况。结合《RISN-TG016-2014 生活垃圾流化床焚烧工程技术导则》的建议以及调研结果，一般情况下生活垃圾循环流化床的年运行小时数能够保证在 6500~8000h 之间。根据调研，生物质循环流化床的年运行小时数能够保证在 7200~8000h 之间。

锅炉强迫停用率是指一年内循环流化床因主体设备故障被迫停用的小时数在一年运行的总小时数中的占比，该参数反映了设备的稳定运行情况。根据调研，一般要求循环流化床锅炉的强迫停用率小于 2%，较优的可达到 1%以下。

锅炉连续运行小时数是指循环流化床不停炉情况下可运行的最长时间，该参数侧重反映锅炉的稳定运行情况，一定程度上影响经济性。该时间越长，说明锅炉的运行效果维护的越好。根据江浙地区的调研情况，运行较好的生物质循环流化床最长能连续运行四个月左右，一般情况下的能连续运行两到三个月左右。因为燃料状况较生物质较恶劣，生活垃圾循环流化床每年的小修次数较多，一般为 4~6 次，因此生活垃圾循环流化床的连续运行小时数一般较生物质的低。

耐火材料耐磨或耐腐蚀层减薄速率反映了每年炉膛或管道内壁磨损的严重程度，能够显示循环流化床的运行状况是否符合健康。该参数需保持在合理范围内，代表了循环流化床的长期安全性。根据调研，一般要求循环流化床锅炉的耐火材料耐磨或耐腐蚀层减薄速率小于 1cm/年，较优的可达到 0.5cm/年以下。

依据上述调研统计结果，将安全稳定性能指标进行分级，如表 3 所示，具体的评分见附录 E。

表 3 安全稳定性能指标及其分级

指标分级		生物质循环流化床锅炉	生活垃圾循环流化床锅炉	
安全可靠 性指 标	锅炉年运行小时数	A 级	>8000h	>8000h
		B 级	≥7000h, ≤8000h	≥6500h, ≤8000h
		C 级	<7000h	<6500h
	锅炉强迫停用率	A 级	<1%	<1%
		B 级	≥1%, ≤2%	≥1%, ≤2%
		C 级	>2%	>2%
	锅炉连续运行小时数	A 级	>2800h	>2000h
		B 级	≥1500h, ≤2800h	≥1200h, ≤2000h
		C 级	<1500h	<1200h
	耐火材料耐磨、耐腐蚀 层减薄速率	A 级	<0.5cm/年	<0.5cm/年
		B 级	≥0.5cm/年, ≤1cm/年	≥0.5cm/年, ≤1cm/年
		C 级	>1cm/年	>1cm/年

(4) 运行管理指标和设备状况指标

运行管理指标和设备状况指标无法量化，以规定动作和执行情况的完成程度进行分级。这两个指标反映了运行过程中循环流化床设备整体的损耗情况和维护情况，是重要的保障性指标。

运行管理指标的二级指标分为系统监测和检修及维护，具体的分级及评分如附录 F 所示。设备状况的二级指标则根据循环流化床的组成单元进行分类，包括：锅炉本体，给料及烟风系统、锅炉灰渣冷却及输送系统、锅炉耐火防腐层和飞灰再循环和补料系统，具体的分级及评分如附录 G 所示。

5.6 测试/计算方法

针对有历史记录的指标，其值取考核期内接近设计工况条件时间段内的平均值，针对缺乏历史记录的指标，其值需要通过现场测试或基于已有数据进行计算来获取。

本章规定了二级指标数值的具体测试或计算方法。包括：能效等级、主蒸汽温度波动范围、锅炉出口烟气氧含量、灰渣含碳量、热灼减率、24 小时 CO 均值、24 小时 NO_x 均值（不投 SNCR）、飞灰测定均值、炉膛内高温烟气停留时

间、锅炉年运行小时数、锅炉强迫停用率、锅炉连续运行小时数、耐火材料耐磨或耐腐蚀层减薄速率。

对已有相关检测方法标准的指标，直接引用相应方法标准进行测试，凡是注明日期的方法标准，仅所注日期的版本适用于本文件，凡是不注明日期的方法标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

二级指标数值的具体测试或计算方法详述如下：

(1) 能效等级

能效等级依据燃料品种、锅炉容量和锅炉热效率来确定，具体如表 4 所示。

表 4 能效等级

燃料品种	燃料收到基低位 发热量	锅炉容量 D/(t/h)或 Q/MW		能效等级
		6≤D ≤20 (或 4.2≤ Q≤1 4)	D > 2 0) Q > 1 4)	
		锅炉热效率/%		
	≥	≥	≥	
	9	≥	9	
	.	89%	0	
	2		%	
	M	<	<	
	J	89%	9	
	/	, ≥	0	
		87%	%	

		k		,	
		g		\geq	
				8	
				8	
				%	
				<	
				8	
				8	
			<	%	
			87%	,	
			, \geq	\geq	
			84%	8	
				5	
				%	
				<	
				8	
			<	5	
			84%	%	
				\geq	
		\geq		8	
		5		5	
				%	
		M		<	
		J		8	
		/		5	
		k	<	%	
		g	, \geq	,	
			80%	\geq	
				8	

			1 % ,
		< 8 1 % , ≥ 7 8 %	< 8 1 % , ≥ 7 8 %
		< 80% , ≥ 77%	< 7 8 %

热损失法计算锅炉热效率，计算公式如下。

$$\eta_t = 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5)$$

式中：

η_t — 焚烧炉热效率，%；

q_1 — 气体未完全燃烧热损失，%；

q_2 — 固体未完全燃烧热损失，%；

q_3 — 焚烧炉散热损失，%；

q_4 — 灰、渣物理显热损失，%；

q_5 — 其他热损失，%。

$$q_1 = \frac{LHV_C \times Q_d \times \frac{D_c}{10^6 + HV_{CO}} \times Q_d \times \frac{D_{CO}}{10^6}}{Q_d \times B}$$

LHV_{CO} — 烟气中未燃尽 CO 的低位热值，kJ/kg；

D_{CO} — 焚烧炉烟气量中 CO 质量浓度，mg/Nm³；

LHV_C — 烟气中未燃尽炭颗粒的低位热值, kJ/kg;

D_c — 烟气量中未燃尽炭颗粒的质量浓度, mg/Nm³;

Q_d — 焚烧炉烟气量, Nm³/h;

Q_d — 燃料低位热值, kJ/kg;

B — 燃料焚烧量, kg/h。

$$q_2 = \frac{B_a \times P_a \times LHV_C + B_f \times P_f \times LHV_f}{Q_d \times B}$$

B_a — 焚烧炉的炉渣量, kg/h;

P_a — 炉渣的热灼减率, %;

LHV_C — 炉渣中未燃尽物质热值, kJ/kg;

B_f — 焚烧炉的飞灰量, kg/h;

P_f — 飞灰的热灼减率, %;

LHV_f — 飞灰中未燃尽物质热值, kJ/kg;

Q_d — 燃料低位热值, kJ/kg;

B — 燃料焚烧量, kg/h。

$$q_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \{Si \times [h \times (T_b - T_0) + C \times \sigma \times (T_b^4 - T_0^4)]\}}{Q_d \times \frac{B}{\frac{3600}{1000}}}$$

Si — 焚烧炉本体某一外表面面积, m²;

n — 焚烧炉本体外表面面积数量;

h — 锅炉房内对流换热系数, W/(m²·K);

T_b — 焚烧炉表面温度, K;

T_0 — 锅炉房内环境温度, K;

C — 黑体辐射常数, W/(m²·K⁴);

σ — 焚烧炉外表面发射率;

Q_d — 燃料低位热值, kJ/kg;

B — 燃料焚烧量, kg/h。

$$q_4 = \frac{Cp_a \times B_a \times (T_a - T_0)}{Q_d \times B}$$

Cp_a — 焚烧炉炉渣的比热, kJ/(kg·K);

B_a — 焚烧炉的炉渣量, kg/h;

T_a — 焚烧炉尾部的排渣温度, K;

T_0 — 环境温度, K;

Q_d — 燃料低位热值, kJ/kg;

B — 燃料焚烧量, kg/h。

(2) 主蒸汽温度的波动范围

主蒸汽的额定负荷范围在 70-100%时,通过记录数据计算主蒸汽的平均温度,及最低温度和最高温度与平均温度的差值。

(3) 锅炉出口烟气氧含量

锅炉出口烟气氧含量的测定按《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法标准》(GB/T 16157)中相关规定执行,检测 3 次,时间间隔大于 20 天,最终结果取 3 次检测结果的算术平均值。

(4) 灰渣含碳量

先分别计算飞灰和炉渣的含碳量,再依据飞灰和炉渣的生成量通过加权平均计算得到灰渣含碳量,检测 3 次,时间间隔大于 20 天,最终结果取 3 次检测结果的算术平均值,具体如下:

飞灰或炉渣的含碳量依据下式进行计算。

$$P_i = (A_i - B_i) / A_i \times 100\%$$

式中:

P_i — 碳含量, %;

A_i — 飞灰或炉渣经 110 °C 干燥 2 h 后冷却至室温的质量, g;

B_i — 飞灰或炉渣经 800 °C (± 25 °C) 灼烧 3 小时后冷却至室温的质量, g。

以上式分别计算飞灰和炉渣含碳量后,再以下式计算灰渣含碳量。

$$P = (P_1 M_1 + P_2 M_2) / (M_1 + M_2)$$

式中:

P — 灰渣含碳量, %;

P_1 — 飞灰含碳量, %;

P_2 — 炉渣含碳量, %;

M_1 — 飞灰生成量, t/h;

M_2 — 炉渣生成量, t/h;

(5) 炉渣热灼减率

炉渣热灼减率的测定按《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB/T 16157）中相关规定执行，检测 3 次，时间间隔大于 20 天，最终结果取 3 次检测结果的算术平均值。

(6) 24 小时 CO 均值

CO 浓度的测定按《固定污染源排气中一氧化碳的测定 非色散红外吸收法》（HJ/T 44）执行，单次连续采样监测 24h 后取平均值，检测 3 次，时间间隔大于 20 天，最终结果取 3 次检测结果的算术平均值。

(7) 24 小时 NO_x 均值（不投 SNCR）

NO_x 浓度的测定按《固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法》（HJ 693）执行，在脱硝装置入口前采样监测，检测期间不投运 SNCR，单次连续采样监测 24h 后取平均值，检测 3 次，时间间隔大于 20 天，最终结果取 3 次检测结果的算术平均值。

(8) 飞灰测定均值

飞灰浓度的测定按《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157）中相关规定执行，检测 3 次，时间间隔大于 20 天，最终结果取 3 次检测结果的算术平均值。

(9) 炉膛内高温烟气停留时间

烟气停留时间主要取决于炉膛主温控区的高度、断面尺寸及焚烧规模（烟气流量）。可以根据焚烧炉设计图纸中显示的炉膛主控温度区尺寸和最大设计烟气量来估算烟气在炉膛主控温度区内的停留时间。简易估算公式如下。

$$S=L/(Q/A)$$

式中：

S — 烟气在炉膛主控温度区内的停留时间，s；

L — 炉膛主控温度区的长度，即最上（后）二次空气喷入口所在炉膛主控温度区温度监测断面至炉膛主控温度区顶部温度监测断面的长度，m；

Q — 换算成炉膛主温控区平均温度下的设计最大烟气流量，m³/s；

A — 炉膛截面积，m²。

(10) 锅炉年运行小时数

考核前一年期间内锅炉的实际运行小时数即为锅炉年运行小时数。

(11) 锅炉强迫停用率

一年内因锅炉本体质量问题引起的强迫停用率小于 2%，强迫停用率的计算公式如下。

$$q = \frac{t_1}{t_0} \times 100\%$$

式中：

q — 锅炉产品强迫停用率，%；

t_1 — 锅炉产品强迫停用小时数，h；

t_0 — 锅炉产品运行小时数，h。

(12) 锅炉连续运行小时数

考核前一年期间内锅炉的最长连续运行小时数作为锅炉连续运行小时数。

(13) 耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄速率

在焚烧炉投运之前，焚烧炉内耐火材料表面一个或多个基点处沿耐火材料厚度方向延伸至炉壳体内表面的距离，为耐火材料原始厚度；当焚烧炉运行若干时间后，再于原来位置的一个或多个基点，通过直接或者间接方法测量的耐火材料实际厚度，前后之差即为耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄的厚度。耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄速率计算公式如下。

$$K = \frac{H}{T}$$

式中：

K — 耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄速率，cm/年；

H — 耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄的厚度，cm；

T — 耐火材料耐磨、耐腐蚀层使用的时间，年。

5.7 评价方法

本章规定了以二级指标分级为基础的评分方法。包括单项指标的考核和综合后的整体评分。之后，规定了评分结果与最终评价结果的对应关系。评价结果“优秀”“良好”“一般”，共计三档。需要注意的是，评分考虑了设备运行的时间维度。根据运行时间长短，有不同折算因子。

单项考核为一级单项指标的评价考核，按下式计算。

$$P_i = \frac{X_i}{X_{i0}} \times 100\%$$

式中：

P_i — 单项相对得分率，%；

X_i —单项实际得分，单位为分；

X_{i0} —单项标准分，单位为分。

综合考核按下式计算。

$$P = \frac{\lambda \sum X_i}{X_0} \times 100\%$$

式中：

P —综合相对得分率，%；

λ —时间折算因子，见表 8；

X_0 —总标准分(100)，单位为分。

表 8 运行时间折算因子

序号	装备投入运行时间 t, 月	时间折算因子 λ
1	$6 \leq t < 8$	1
2	$8 \leq t < 10$	1.01
3	$10 \leq t < 12$	1.02
4	$12 \leq t < 18$	1.03
5	$18 \leq t < 24$	1.04
6	$t \geq 24$	1.05

综合评价结果见表 9。当某项或多项一类指标项目的单项相对得分率不能满足表 9 的等级设定要求时，综合考核评价应作降一级处理。

表 9 综合评价结果

评价结果	综合相对得分率	单项相对得分率
优秀	$\geq 90\%$	$\geq 70\%$
良好	$75\% \leq P < 90\%$	$\geq 60\%$
一般	$60\% \leq P < 75\%$	—

5.8 评价报告

本章规定了固废处理装备-循环流化床锅炉的评价报告，为保证全面性，报告应至少包括以下几部分内容：固废处理装备-循环流化床锅炉环境保护工作概况；固废处理装备-循环流化床锅炉的系统流程和主要性能参数；性能指标所执行的标准；运行效果评价试验；技术性能、环保性能等五个指标；存在问题及整改建议；综合评价结论。

5.9 附录

附录含重要运行数据、检测数据、批复文件、评分表等。

附录 A 为规范性总表，即固废处理装备-循环流化床运行效果评价总表，列出了所有一级评价指标，并相应分值。给出了二级评价指标的指引。

附录 B 是资料性附录，给出了循环流化床基本信息。包括：循环流化床编号、固废处理量、燃料种类、燃料热值、锅炉蒸汽温度、锅炉蒸汽压力、锅炉蒸汽量、炉膛主控温度区尺寸(包括高度和断面)、炉膛主控温度区、温度年垃圾或年生物质处理量、平均每吨垃圾或生物质烟气产生量、锅炉出口污染物浓度、锅炉出口 O₂ 浓度、炉渣热灼减率、年累计正常运行时间、年累计被迫停运时间、年启停炉次数、炉渣量、炉渣中未燃尽物质热值、飞灰的热灼减率、飞灰中未燃尽物质热值、焚烧炉本体外表面积、锅炉房环境温度、炉墙外侧温度、炉渣的比热、焚烧炉尾部的排渣温度、环境温度、耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄的厚度、耐火材料耐磨、耐腐蚀层使用的时间、投入运行时间等内容。同时列明了设计和实际的差距，并备注相关说明。

附录 C、D 和 E 是规范性附录，分别列出了技术性能指标、环保性能指标、安全稳定性指标的详细内容、分级和分数权重。

附录 F 和 G 是规范性附录，分别列出了运行管理和设备状况指标的详细评价方法、分级方法和分数权重。

六、与现行国家法规、政策、标准的符合性及协调性

本标准技术内容以国家现有《节约能源法》和《固体废物污染环境防治法》等节能、环保法律法规为基础进行编制。同时，本标准和国家节能环保政策、规划、制度所述的战略目标保持一致。例如，第十九届中央委员会第五次全体会议通过的《“十四五”规划和二〇三五年远景目标》中提出推进清洁生产，发展环保产业，推进重点行业和重要领域绿色化改造，推动能源清洁低碳安全高效利用；国家发展改革委联合科技部等多部门发布的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》中要求提高大宗固废资源利用效率，推进大宗固废综合利用绿色发展，推动大宗固废综合利用创新发展；2019 年底，生态环境部环境发展中心将“循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电技术”列入第一批“无废城市”

建设试点先进适用技术。

与本标准协调配套的相关标准:①《生活垃圾流化床焚烧锅炉》(GB/T 34552-2017),属于产品标准,规定了生活垃圾流化床焚烧锅炉的基本技术要求,为本标准中的指标分级提供了重要参考;②《工业固体废物综合利用技术评价导则》(GB/T 32326-2015),该标准综合性强,未具化到循环流化床锅炉,但为本标准中指标的确定和分类提供了重要参考;③《固体废物处理处置工程技术导则》(HJ 2035-2013),该标准提出了固体废物处理处置工程设计、施工、验收和运行维护的通用技术要求,为本标准中的指标分级提供了重要参考。已有相关标准与本标准各有侧重,互为补充,协调配套性良好。

综上,本标准充分考虑了与现行环保技术、装备国家标准、环保服务领域行业标准之间的协调性。

七、标准实施的建议

为保证本标准的有效实施,建议加强监测评价技术和方法的培训,保证各级监测部门遵循一致的评价标准对本辖区内固废处理用循环流化床锅炉的运行效果进行评价,为监管部门制定管理决策提供有效支撑;建议加大标准的宣传力度,要分别对标准的不同使用对象,包括产品的生产单位、使用单位、质量监管部门等,有侧重点地进行培训、宣传,扩大标准的影响力;建议政府建设行政主管部门推荐工程建设领域的建设单位尤其是政府采购单位优先购买执行本标准的生产单位提供的产品;同时,为了满足生产单位对产品定型鉴定的需要,建设行政主管部门、生态环境行政主管部门或市场监督管理部门可以认定一批具备对本类产品实施型式检验的质检单位。

附录 A

(规范性总表)

表 A 固废处理装备-循环流化床运行效果评价总表

序号	一级评价指标	标准分/分	二级指标及评价
1	技术经济性能	40	见附录 C
2	环保性能	20	见附录 D
3	安全可靠	20	见附录 E
4	运行管理	10	见附录 F
5	设备状况	10	见附录 G
合计		100	

附录 B

(资料性附录)

表 B 固废处理装备 循环流化床基本信息表

序号	信息名称	单位	数据或信息		说明	
	循环流化床编号					
	固废处理量	t/h	设计			
			实际			
	燃料种类		设计		包括混烧燃料种类以及混烧比例	
			实际			
	燃料热值	MJ/kg	设计			
			实际			
	锅炉蒸汽温度	°C	设计			
			实际	最大值: 最小值:		
	锅炉蒸汽压力	Pa	设计			
			实际			
	锅炉蒸汽量	t/h	设计			
			实际			
	炉膛主控温度区尺寸(包括高度和断面)				自二次空气I喷人口所在断丽至耐火材料(卫燃带)上端的部分	
	炉膛主控温度区温度	°C				
	年垃圾或年生物质处理量	t/a	入厂: 入炉:		可从申请评价前月份往前的12个月统计,也可按年度统计,可按入厂和人炉分别给出	
	平均每吨垃圾或生物质烟气产生量	Nm ³ /h			根据实测烟气量和垃圾或生物质焚烧量测算,换算成标准状态下干烟气量	
	锅炉出口污染物浓度		小时均值/日均值			
			颗粒物	/		GB/T 16157
			CO	/		HJ/T 44
			NO _x	/		HJ 693
	锅炉出口O ₂ 浓度	%				
	飞灰生成量	t/h				
	炉渣生成量	t/h				
	炉渣热灼减率	%				

	年累计正常运行时间	h		从申请评价前月份往前的12个月统计
	年累计被迫停运时间	h		从申请评价前月份往前的12个月统计
	年启停炉次数			
	炉渣中未燃尽物质热值	kJ/kg		
	飞灰的热灼减率	%		
	飞灰中未燃尽物质热值	kJ/kg		
	焚烧炉本体外表面积	m ²		
	锅炉房环境温度	℃		
	炉墙外侧温度	℃		
	炉渣的比热	kJ/(kg·K)		
	焚烧炉尾部的排渣温度	℃		
	环境温度	℃		
	耐火材料耐磨、耐腐蚀层减薄的厚度	cm		以最近一次检修时的测试结果为准
	耐火材料耐磨、耐腐蚀层使用的时间	年		
	投入运行时间	年		

附录 C

(规范性附录)

表 C 固废处理装备运行效果评价 循环流化床 技术性能评价表

指标分级		生物质循环流化床锅炉	生活垃圾循环流化床锅炉	
技术性能指标	能效等级	A 级	<input type="checkbox"/> 18 分	<input type="checkbox"/> 18 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 12 分	<input type="checkbox"/> 12 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 6 分	<input type="checkbox"/> 6 分
		D 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	主汽温度的波动范围 (70%-100%负荷)	A 级	<input type="checkbox"/> 8 分	<input type="checkbox"/> 8 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	锅炉出口烟气 氧含量	A 级	<input type="checkbox"/> 8 分	<input type="checkbox"/> 8 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	炉渣含碳量	A 级	<input type="checkbox"/> 6 分	/
		B 级	<input type="checkbox"/> 3 分	
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	
	炉渣热灼减率	A 级	/	<input type="checkbox"/> 6 分
B 级		<input type="checkbox"/> 3 分		
C 级		<input type="checkbox"/> 0 分		
总分	40 分	得分		
		得分率		

附录 D

(规范性附录)

表 D 固废处理装备运行效果评价 循环流化床 环保性能评价表

指标分级			生物质循环流化床锅炉	生活垃圾循环流化床锅炉
环保 指标	24 小时 CO 均值	A 级	<input type="checkbox"/> 8 分	<input type="checkbox"/> 6 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 4 分	<input type="checkbox"/> 3 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	24 小时 NO _x 均值 (不投 SNCR)	A 级	<input type="checkbox"/> 8 分	<input type="checkbox"/> 6 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 4 分	<input type="checkbox"/> 2 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	飞灰 24 小时均值或飞 灰测定均值	A 级	<input type="checkbox"/> 4 分	<input type="checkbox"/> 4 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 2 分	<input type="checkbox"/> 2 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	炉膛内高温烟气 停留时间	A 级	/	<input type="checkbox"/> 4 分
B 级		<input type="checkbox"/> 0 分		
总分	20 分	得分		
		得分率		

附录 E

(规范性附录)

表 E 固废处理装备运行效果评价 循环流化床 安全稳定性指标评价表

指标分级			生物质循环流化床锅炉	生活垃圾循环流化床锅炉
安全 可靠 性指 标	锅炉年运行小时 数	A 级	<input type="checkbox"/> 6 分	<input type="checkbox"/> 6 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 3 分	<input type="checkbox"/> 3 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	锅炉强迫停用率	A 级	<input type="checkbox"/> 6 分	<input type="checkbox"/> 6 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 3 分	<input type="checkbox"/> 3 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	锅炉连续运行小 时数	A 级	<input type="checkbox"/> 4 分	<input type="checkbox"/> 4 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 2 分	<input type="checkbox"/> 2 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
	耐火材料耐磨、耐 腐蚀层减薄速率	A 级	<input type="checkbox"/> 4 分	<input type="checkbox"/> 4 分
		B 级	<input type="checkbox"/> 2 分	<input type="checkbox"/> 2 分
		C 级	<input type="checkbox"/> 0 分	<input type="checkbox"/> 0 分
总分	20 分	得分		
		得分率		

附录 F

(规范性附录)

表 F 固废处理装备运行效果评价 循环流化床 运行管理评价表

指标		评价内容			评价分级	
运行管理	系统监测	1) 运行、台账日报和月报记录完整			A 级, 满足全部选项, 5 分	
		2) 运行过程参数和排放数据储存 3 年以上			B 级, 满足 2~3 个选项, 3 分	
		3) 检测分析报告齐全			C 级, 满足 1 个及以下的选项, 0 分	
	检修及维护	4) 在线监控系统校验周期不大于 6 个月			C 级, 满足 1 个及以下的选项, 0 分	
		1) 检修、维护记录完整			A 级, 满足全部选项, 5 分	
		2) 设备台账完整			B 级, 满足 4~5 个选项, 3 分	
		3) 实现两票三制, 且记录完整			B 级, 满足 4~5 个选项, 3 分	
		4) 采用信息化管理系统			C 级, 满足 3 个及以下的选项, 0 分	
		5) 每年有安全演习, 制定有检修计划和应急预案			C 级, 满足 3 个及以下的选项, 0 分	
		6) 运行人员持证上岗			C 级, 满足 3 个及以下的选项, 0 分	
总分	10 分	得分		得分率		

附录 G

(规范性附录)

表 G 固废处理装备运行效果评价 循环流化床 设备状况评价表

二级指标		评价方法		评价分级	
设备状况	锅炉本体	1) 水冷壁和屏式受热面无裂缝、无异常或严重磨损、无异常形变.		A 级: 满足全部选项, 2 分	
		2) 物料循环系统无堵塞		B 级: 未满足全部选项, 0 分	
	给料及烟风系统	1) 给料系统无异常磨损、无堵塞		A 级: 满足全部选项, 2 分	
		2) 烟风系统无异音、无堵塞		B 级: 未满足全部选项, 0 分	
	锅炉灰渣冷却及输送系统	系统无裂纹、无异常磨损、无变形、无漏灰		A 级: 满足全部选项, 2 分	
				B 级: 未满足全部选项, 0 分	
	锅炉耐火防腐层	耐火耐磨、保温浇注料无异常减薄、		A 级: 满足全部选项, 2 分	
				B 级: 未满足全部选项, 0 分	
	飞灰再循环和补料系统	1) 喷射输送装置无堵塞、无异常磨损、无泄漏		A 级: 满足全部选项, 2 分	
		2) 补料装置无形变、连结牢固、无裂纹		B 级: 未满足全部选项, 0 分	
总分	10 分	得分		得分率	