
《固体废物玻璃化处理产物技术要求》

（征求意见稿）

编制说明

标准编制组

2020年3月

《固体废物玻璃化处理产物技术要求》（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

目前我国已有多家企业利用等离子体、水煤浆气化以及工业炉窑协同处置等高温熔融手段对固体废物特别是危险废物进行玻璃化安全处置，取得了较好的经济、社会和环境效益。为了规范固体废物玻璃化处理技术，推动固体废物资源化利用，根据《“十三五”生态环境保护规划》关于“建立危险废物利用处置无害化管理标准和技术体系”的规定，原环境保护部固体废物与化学品管理技术中心、中国标准化研究院、中国再生资源回收利用协会等单位牵头，联合部分企业拟参考发达国家的相关标准或法规，在对我国固体废物玻璃化处理产物的组成、浸出毒性等进行检测和分析的基础上，研究制定固体废物玻璃化处理产物的基本要求及其评价指标和检测方法等。

2016年，标准牵头单位组织研究提出了《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准立项建议，该计划于2017年7月正式获得国家标准化管理委员会的批准，计划编号为20171153-T-469，由全国产品回收利用基础与管理标准化技术委员会（SAC/TC415，秘书处设在中国标准化研究院）归口管理。该标准对于固体废物玻璃化处理产物的界定和资源化利用环境风险评价具有重要意义。

2. 标准编制单位

本标准由生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、中国标准化研究院和中国再生资源回收利用协会牵头，组织了部分龙头企业、科研院所参与，共同完成了本标准的技术调研、标准编制、实验验证等工作。

3. 标准编制过程

2015年8月至10月，原环境保护部固体废物与化学品管理技术中心、中国标准化研究院、中再生协会危险废物专业委员会与相关企业组织起草了《固体废物玻璃化处理技术标准》立项建议书，并提交至全国产品回收利用基础与管理标准化技术委员会（SAC/TC415）。

2015年12月，TC415在北京组织召开了标准立项论证会，近30名危险废物管理专家、技术专家和企业代表参加了会议。与会专家在听取标准起草工作立项背景及国内外标准现状汇报的基础上对标准立项的必要性、标准名称及技术要求等进行了研讨，并对标准编制的组织形式和经费进行了讨论。

2015年12月-2016年1月，SAC/TC415组织标委会委员对该项标准提案进行立项投票，共有29位委员投票，一致同意该标准立项。

2016年1月，标准编制领导小组在北京召开工作会议，研究向有关企业发放《固体废物玻璃化处置企业信息调查表》，落实国内外玻璃化处理技术及行业发展相关文献调研和翻译、标准草稿编制、项目任务书编制和预研报告编制等工作，并明确下一次会议的讨论议题。

2016年1月至2017年3月，标准编制领导小组继续收集国内外玻璃化相关的文献、技术报告、法规和标准，完善标准内容，完成标准立项申请，答辩工作，按照标准委审批要求，补充材料。

2017年3月，中国标准化研究院代表SAC/TC415参加国家标准化管理委员会组织的国家标准立项答辩，答辩专家同意本标准立项。

2017年7月正式获得国家标准化管理委员会的立项许可，计划编号为20171153-T-469。

2017年10月，标准编制组在北京组织召开了《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准启动会。编制组介绍了项目立项背景、必要性、可行性及国内外标准研究现状情况，部分参会代表对固体废物玻璃化处理技术研究及应用情况进行了介绍。与会代表就标准编制内容进行了深入研讨，明确了下一步的组织原则、重点工作和工作计划。

2018年1月，标准编制工作会议在北京顺利召开，会议介绍了标准参编单位的职责与分工，并结合国内外玻璃化处理产物的检测、界定技术等介绍了标准主要框架，来自8家参编单位的专家分别结合本企业玻璃化项目运行或建设进展情况，对标准内容做了细致

深入的研讨。

2018年6月，在淄博组织召开了《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准工作研讨会。会上，标准编制组介绍了标准工作进展情况，参会专家和代表就玻璃化处理产物长期稳定性检测方法以及取样和检测方案等内容进行了深入研讨，并对下一步工作做出了安排。

2018年12月，SAC/TC415在北京组织了《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准研讨会。对标准内容进行了深入讨论，在严格防止污染扩散的前提下，充分考虑玻璃化处理产物的实际去向及未来市场接受度等因素，会议基本对标准讨论稿的基本框架及主要内容达成了共识，深入探讨玻璃化处理产物有害物质控制的要求，以及玻璃化处理产物资源化利用的限制条件。会议认为，在资源化利用的同时，要考虑玻璃的长期化学稳定性，与会专家对进一步完善标准讨论稿提出了建议。

2019年2月，标准编制组向SAC/TC415提交了《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准初稿及编制说明。

2019年1月-6月，标准编制组先后对国内6家企业的样品进行取样和测试，对样品的玻璃体含量、Si、Ca、Al的含量、不同测试条件的浸出毒性、酸溶失率等指标进行检测。

2019年6月，标准编制组在上海组织召开了《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准研讨会，就玻璃化处理产物技术要求和检测方法等内容进行了深入研讨，下一步编制组将开展标准技术要求的数据验证工作，进一步完善标准技术文本。

2019年10月，标准编制组先后组织两次专家研讨会，对固体废物玻璃化处理产物的有害物质控制指标、产物去向及资源化利用环境风险防控进行研讨。

2020年2月，形成了国家标准《固体废物玻璃化处理产物技术要求》征求意见稿及编制说明。

二、标准编制原则和标准主要内容确定的依据

1. 编制原则

- (1) 确保资源化利用产品生态安全性；

-
- (2) 与国际接轨，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国际标准；
 - (3) 标准要具有科学性、先进性和可操作性；
 - (4) 要结合国情和产品特点；
 - (5) 与相关标准法规协调一致；
 - (6) 促进行业健康发展与技术进步。

2. 编制法律依据和参考的标准

《中华人民共和国循环经济促进法》

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国大气污染防治法》

《中华人民共和国水污染防治法》

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》

《中华人民共和国清洁生产促进法》

GB 5085 危险废物鉴别标准

GB 8978 污水综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准

GB 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 18046-2017 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 30904 无机化工产品 晶型结构分析 X射线衍射法

GB/T 30810-2014 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法

HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

FD X 30-440 用于固体基质环境表征的试验方法（法国标准）

JIS A 5031 一般废弃物、下水污泥或其燃烧灰熔融固化后的混凝土用熔渣骨料

JIS A 5032 一般废弃物、下水污泥或其燃烧灰熔融固化后的道路用熔渣骨料

JIS K 0058 -1 熔渣类的化学物质试验方法-第1部分：溶出量试验方法

JIS K 0058 -2 熔渣类的化学物质试验方法-第2部分：含有量试验方法

JIS Q 0064:1998 在产品规格中导入环境方面的指导方针

NEN 7371 废物中无机组分有效量测试

NEN 7375 块状废物或建材中无机组分扩散浸出行为测试

3. 标准编制的背景

3.1 国内外玻璃化处理技术现状

我国是世界上资源消耗大国，也是固体废物产生大国，当前，我国面临着资源赋存紧张、环境污染严重的双重压力。同时，我国固体废物产生强度高、利用不充分，既污染环境，又浪费资源，与人民日益增长的优美生态环境需要还有较大差距。

我国每年产生大量的固体废物，造成严重的环境和地质危害，并占用了大量的土地。固体废物尤其是危险废物处理处置和利用问题一直是制约我国生态文明建设的关键，已成为社会、公众和政府部门高度关注的重点问题。当前广泛应用的焚烧处理并不能一次性解决无害化问题。玻璃化处理技术是目前国内外一种对固体废物进行无害化处理的方法，特别适用于含有重金属等有害物质的危险废物，它利用等离子体等高温手段将固体废物高温熔融转化为具有无定形结构的玻璃态物质。

与一般焚烧技术（温度低于 900℃）相比，玻璃化处理技术可处置包括 POPs 在内的各种类型和各种形态的危险废物，适应范围广、处置能力大，焚毁效率高，烟气净化程度高，同时高温熔融后产生的残渣为玻璃体残渣，具有较高的稳定性，浸出毒性低，在发达国家通常作为一般固体废物填埋，或者作为建筑、铺路材料进行综合利用，有利于减少危险废物的填埋量，提高危险废物高温热处理设施的环境经济效益，实现危险废物的减量化、无害化和资源化。

3.1.1 欧盟

2000 年欧盟委员会为了简化废物的分类体系，增加名录的可操作性，构建了一个既包含危险废物又包含非危险废物的废物分类体系（2000/532/EC 号决定），颁布了欧盟废物名录（European Waste List）。欧盟废物名录明确规定危险废物处置后所产生的玻璃态残渣是一般固体废物（代码：19 04 01），不作为危险废物进行管理。

按照欧盟的《废物填埋技术指令》（1999/31/EC），将废物填埋分为危险废物、非危险废物和惰性废物 3 个等级。危险废物经高温熔融玻璃化处理后的残渣为玻璃态物质，经浸出毒性分析，低于惰性废物鉴别标准，通常作为一般固体废物填埋。目前，欧盟国家超过一半的危险废物处置设施采用了熔融玻璃化处理技术。各成员国结合自身实际情况，制定相关政策鼓励危险废物玻璃化处置技术应用，如要求焚毁去除率高、焚烧残渣必须达到玻璃态等。

玻璃化处理后的玻璃态熔渣符合相应标准后可用于混凝土骨料、路基材料等建筑材料用途。对于废物用于生产建材，欧盟建筑产品指令（89/106/EEC）中指出，建筑产品应满足环境方面的要求，具体是指建筑产品使用中释放出来的污染物不应影响土壤、地表水和地下水的正常功能。但该指令中未就建筑产品中污染物的检测、浓度限值及环境影响评价做出明确规定。2005 年，欧盟委员会正式委任欧洲“废物表征”标准化技术委员会（CEN/TC 292）开展“关于建筑产品指令中规定的危险物质评价方法标准”（M/366）的研究。该研究任务主要针对建筑产品中可能释放出来而污染土壤、地表水和地下水的有机和无机污染物的环境影响建立评价方法，包括建筑产品(材料)的浸出方法的标准化程序。目前，CEN/TC 292 已经完成了“废物特定应用场景下再利用的环境影响评价方法”标准制定（ENV-12920）和包括水泥基材等建材、废物固化块中污染物浸出程序的统一方法。同时，为更好执行欧盟建筑产品指令中环境无害化的要求，德国水泥研究协会和荷兰能源研究中心受德国联邦环保局和荷兰标准化委员会委托，共同开展了建筑产品中危险物质进入土壤、地表水和地下水的释放规律研究，旨在为欧盟对建材中危险物质的管理提供指导，为更大范围的建筑产品环境影响评价提供一般性评价方法。

3.1.2 美国

在美国，根据危险废物的鉴别标准，具有危险特性的废物处理处置过程产生的残渣，仅当其表现出危险特性时才属于危险废物，否则属于一般固体废物。危险废物玻璃化处置后的残渣达到一般固废标准，并能够被安全回收再利用。1992 年美国环保署（EPA）出台危险废物玻璃化工程技术手册（Handbook: Vitrification technologies for treatment of hazardous and radioactive waste），用于指导并鼓励危险废物玻璃化处置技术的应用和推广。手册指出危险废物玻璃化技术主要包括电处理技术和高温热处理技术，并对各种处理技术在可用性、通用性、处理规模、成本等方面进行了对比。

危险废物污染防治最佳可行技术（BAT）和最佳环境实践（BEP）中提到“一些热处理残渣（最常见的是高温过程中所产生的玻璃化残渣）可直接利用技术”，并重点推荐了在欧洲等发达国家广泛应用的“高温焚烧”的玻璃化技术。在美国近 1/3 的危险废物处置厂采用了高温玻璃化技术。

3.1.3 日本

受土地资源的限制，为了有效控制危险废物的填埋量，玻璃化处理技术在日本得到了广泛应用。日本主要把生活垃圾焚烧残渣、普通废物焚烧残渣（包括飞灰），采用高炉或者熔融焚烧炉二次熔融的方式玻璃化处理，减少填埋量。日本有超过 30 个企业采用了危险废物熔融玻璃化热处理技术。

日本在玻璃化熔渣的建材利用方面建立了最为完备的管理体系。先后于 1998 年制定了 JIS Q 0064（ISO Guide64:1997）《将环境方面引入制品规格的指导方针》，于 2002 年制定了《促进环境 JIS 指定的行动计划》等，2003 年 3 月日本工业标准调查会标准部会同土木技术专门委员会及建筑技术专门委员会制定了《关于向建设领域规格导入环境方面的指导方针》，面向建设领域中的环境标准的制定，针对建设工程的企划、计划、设计、施工、使用、修补、拆卸、进行拆卸后处理时对环境影响的改善而制定的指导方针。

根据这些标准和指导方针的宗旨，2005 年 3 月，制定了熔渣类的试验标准：JIS K 0058-1《熔渣类的化学物质试验方法-第 1 部分：溶出量试验方法》、JIS K 0058-2《熔渣类的化学物质试验方法-第 2 部分：含有量试验方法》。另外，2006 年 7 月，将 JIS K 0058-1，JIS K 0058-2 作为引用标准，作为具备“溶出量标准”及“含有量基准”的质量标准，制定了 JIS A 5031《一般废弃物、下水污泥或其燃烧灰熔融固化后的混凝土用熔渣骨料》以及 JIS A 5032《一般废弃物、下水污泥或其燃烧灰熔融固化后的道路用熔渣骨料》。

日本认为任何建筑物，在包括从使用建设材料的原料采集到制造、施工、提供使用、修补、拆卸、废弃，以及各阶段产生的废弃材料再利用在内的全部生命周期中，会对环境造成某种影响。在可以合理设想熔渣集料的生命周期中，着眼于最应该考虑的暴露环境，规定环境安全质量，使该暴露环境中的土壤、地下水或海水等环境媒体能够满足环境标准。一般用途的混凝土用集料的“合理设想的生命周期”有初次混凝土建筑物等状态和再生路基材料的状态，其中，由于被破碎，在表面积增加的同时，对熔渣集料表面的暴露也增加，因此，“最应该考虑的暴露环境”是再生路基材料的状态。一般用途情况下，再生路基材料与雨水和地表流水相接触，组成成分有可能会溶出。另外，在将来进行多次再利用时，

其中包括操作者在内有可能会直接摄入，因此试验项目要进行溶出量试验和含有量试验。日本土壤污染对策法对溶出量基准和含有量基准进行了规定。

3.1.4 中国

我国已有 20 余家企业利用等离子体气化、水煤浆气化或者工业炉窑协同处置等高温熔融手段对固体废物特别是危险废物进行玻璃化安全处置，取得了较好的经济、社会和环境效益。我国 2016 年 8 月 1 日施行的《国家危险废物名录》规定：“危险废物等离子体、高温熔融等处置过程产生的非玻璃态物质和飞灰属于危险废物（废物代码：772-004-18）”。根据调研和研究结果，国内大部分危险废物高温熔融玻璃化处理产物，进行危险废物鉴别后，可以认为不是危险废物。但是，由于目前国内缺少对玻璃态产物进行界定的标准，不同地方生态环境主管部门对玻璃态产物的界定尺度不一，有的地方允许对玻璃化处理产物进行鉴别，鉴定为一般工业固体废物后，可以作为建材原料等进行资源化利用，有的地方生态环境主管部门不允许对玻璃化处理产物进行鉴别，认为是危险废物，一定程度上制约了玻璃化处理技术的健康发展。

根据最新修订的《危险废物鉴别标准 通则》（GB5085.7）中 6.2 条规定，“具有毒性危险特性的危险废物利用过程产生的固体废物，经鉴别不再具有危险特性的，不属于危险废物”，因此以利用为目的的玻璃化处理过程，其产生的玻璃化处理产物是允许鉴别的，但是即使经鉴别后属于一般工业固体废物，也不意味着可以直接进行建材原料等资源化利用。根据《固体废物鉴别标准 通则》（GB34330）中 5.2 条规定，利用固体废物生产的产物同时满足下述条件的，不作为固体废物管理，按照相应的产品管理：

- a) 符合国家、地方制定或行业通行的所替代原料生产的产品质量标准；
- b) 符合相关国家污染控制标准或技术规范要求，包括该产物生产过程中排放到环境中的有害物质含量标准和该产物中有害物质的含量标准；当没有国家污染控制标准或技术规范时，该产物中所含有害成分含量不高于利用所替代原料生产的产品中的有害成分含量，并且在该产物生产过程中，排放到环境中的有害物质浓度不高于利用所替代原料生产产品过程中排放到环境中的有害物质浓度，当没有所替代原料时，不考虑该条件；
- c) 有稳定、合理的市场需求。

当没有相应产品质量标准或者污染控制标准和技术规范时，根据《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ 1091-2020）中规定，应以再生利用的固体废物中的特征污染物为评价对象，综合考虑其在固体废物再生利用过程中的迁移转化行为以及再生利用产物的

用途，开展环境风险定性和定量评价。但是国内目前还没有统一的固体废物再生利用环境风险评价指标体系。

3.2 标准编制的必要性

由于国内目前缺少对玻璃态产物界定的技术标准，制约了《国家危险废物名录》的可操作性。同时，固体废物玻璃化处理产物用于相应替代材料用途进行资源化利用时，对来源于固体废物特别是危险废物处理过程的产物，现有产品标准体系缺少重金属等有害物质的控制要求。因此，为了贯彻《中华人民共和国循环经济促进法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等国家法律法规和政策文件中促进固体废物资源化利用和建立健全固体废物资源化利用标准体系的有关要求，对于固体废物玻璃化处理产物的管理要求，有必要开展相关研究，制定《固体废物玻璃化处理产物技术要求》国家标准，进一步完善当前固体废物特别是危险废物的资源化利用质量标准体系，进一步提高固体废物资源化利用水平，为“无废城市”建设提供有力技术支撑。

4. 标准主要条款及编制依据

4.1 范围

在固废处理处置领域，采用等离子体等高温熔融技术进行玻璃化处理的有一般工业固体废物，更重要的则是危险废物。为了配合《国家危险废物名录》相关条款的具体实施，为“危险废物等离子体、高温熔融等处置过程产生的玻璃态物质和飞灰（废物代码：772-004-18）”给予技术细化和支撑，本标准将规定危险废物进行玻璃化处置后产物玻璃态的界定准则，以及玻璃化处理产物进行资源化利用时用作相应替代材料质量要求的判定，同时也提供玻璃化处理产物的试验方法和检验规则等。

同时，玻璃化处理技术也被广泛应用于放射性固体废物的处理处置中，但由于放射性物质的特殊理化性质，在我国生态环境管理工作中是一个独立的管理体系，故本标准的适用范围不包括放射性固体废物的处理。

4.2 规范性引用文件

本部分列出了在本标准中所引用的国家标准和行业标准等规范性文件，便于标准使用过程中进行快速检索，具体如下：

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 18046-2017 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准

GB 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

GB/T 30810-2014 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法

4.3 术语和定义

在本标准应用时，需对固体废物、玻璃化处理、玻璃化处理产物以及酸溶失率等进行明确界定，以更好的理解标准，避免标准内容的混淆。

➤ 固体废物 **solid waste**

固体废物是需要首先界定的术语，以明确标准的使用对象，“固体废物”的定义引自《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，即：“在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质，以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。”

➤ 玻璃化处理 **vitriification treatment**

将固体废物或固体废物与易于形成玻璃相的熔剂和助剂混合，或直接将固体废物在高温条件下进行处理，使其中的有机物质被焚烧、气化或热解，无机物质形成均匀的熔融态，然后冷却形成具有无定形结构的玻璃态物质的过程。一般采用等离子体技术、水煤浆气化和其它工业炉窑协同处置等高温熔融处理技术对固体废物进行玻璃化处理。

➤ 玻璃化处理产物 **vitriification product**

固体废物进行玻璃化处理后产生的熔融渣，其中含有玻璃态物质和非玻璃态物质。

➤ 酸溶失率 **loss on acid dissolution**

酸溶失率的定义参考了法国标准 FD X 30-440 《Characterisation of Waste — Silicate glass — Test for determination of the immediately soluble fraction in contact with an acetic acid solution at pH5》，在本标准中指玻璃化处理产物经醋酸/醋酸钠缓冲溶液溶解处理后损失的质量占溶解前质量的百分数。该指标可用来表征酸性环境下玻璃态物质的稳定性。

4.4 总则

对于固体废物玻璃化处理产物的判定及其利用要求，本部分提出了总体规则：

➤ 玻璃化处理产物的判定

从标准的可操作性考虑，经过对比国内外研究成果，本标准给出了判定方法：即在明确为采用了玻璃化处理工艺对固体废物进行处理的前提下，选定两个指标来判断是否为玻璃态物质：第一，是玻璃相组分比例。这是明确产物的主要物相为玻璃相物质，即为长程无序短程有序的无定形物相，这是玻璃态物质的本质属性，也是玻璃态物质具有较高环境稳定性的内在原因。第二，酸溶失率要求。由于实际工艺过程可能具有不稳定性、物料具有不均匀性，玻璃化处理产物中可能会包覆有可溶性的晶态物质，这些物质会在水环境中逐渐溶解，导致环境风险，在参考了法国相关研究成果后，本标准采用酸溶失率作为衡量玻璃化处理产物中可溶性物质比例的指标。在明确产物是经过玻璃化处理工艺处理后获得的前提下，满足本标准 5.1 规定的指标要求的，判定为玻璃态物质；不能全部满足的，则判定为非玻璃态物质。

➤ 对玻璃化处理产物的利用要求

玻璃化处理产物进行利用或处置时，需要重点考虑其有害物质的控制问题，以免产生二次污染。本标准根据用作一般工业固体废物处置场导气层或导排层替代材料，用作路基材料、混凝土骨料、掺合料或者水泥混合材料等建筑材料，或用作喷砂用途的不同场景，规定了玻璃化处理产物有害物质的控制要求。

4.5 技术要求

4.5.1 玻璃态物质判定要求

欧盟废物清单明确规定危险废物处置后所产生的玻璃态废物是一般固体废物(废物代码：19 04 01)，但是欧盟没有明确提出玻璃态物质的界定标准。虽然高温熔融玻璃化处理技术在日本得到了广泛的应用，但日本的管理体系中并没有涉及玻璃态物质的定义。根据《化学化工大辞典》(2003.1)，晶态是指晶体内部原子、离子、分子在空间排列上呈现一种三维周期性，使晶体内部结构呈长程有序的状态。而玻璃态是指组成原子不存在结构上的长程有序或平移对称性的一种无定型固体状态，是一种非晶态固体结构。由于这种无定形态结构上不含长程三维周期性，不能给出明锐衍射峰，所以可以通过 X 射线衍射光谱来研究固体物质的玻璃态属性。我国《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T

18046-2017) 中对高温熔融过程产生的高炉矿渣中玻璃体含量(质量分数)提出了不低于 85%的要求。

(1) 玻璃体含量

本标准采用玻璃体含量来判定玻璃化处理产物的玻璃态物质属性。对国内典型危险废物玻璃化处理产物进行检测,均能够达到一般工业固体废物浸出要求。而对其玻璃体含量检测结果可知,30%以上样品的玻璃体含量在 92%~95%范围,60%在 88%~92%范围,其他在 86%~88%范围,都能达到 85%以上。由于玻璃化处理产物玻璃体含量越低,对重金属等有害物质的固定化效果越差,为了合理有效控制玻璃化处理产物环境风险,同时更好指导危险废物名录的使用,本标准规定玻璃态物质中玻璃体含量不小于 85%。对于危险废物等离子体、高温熔融等处置过程产生的玻璃化处理产物,如果玻璃体含量小于 85%,则为非玻璃态物质,属于危险废物。

(2) 酸溶失率

由于规定了玻璃态物质玻璃体含量不小于 85%,排除测量方法误差因素,剩余的非玻璃相成分存在可溶性盐的可能较高。为了保证玻璃化处理产物的品质,还需要一个指标来进行控制。粉料酸溶性测试指标是法国玻璃化处理产物环境稳定性研究项目的一个评价指标,规定不小于 1%。本标准将该指标定义为酸溶失率,通过对国内玻璃化处理企业典型玻璃化处理产物的酸溶失率检测结果可知,指标大都小于 1.6%,本标准中规定玻璃态物质酸溶失率不大于 2%。该指标与玻璃体含量指标共同组成了本标准玻璃化处理产物玻璃态物质要求的控制指标。

4.5.2 有害物质控制要求

玻璃化处理技术能够将重金属等有害物质固化于致密的玻璃态三维结构中,从而形成不易环境释放,环境风险较低的一般工业固体废物。由于玻璃化处理过程的原料和工艺不同,从而导致玻璃化处理产物中重金属含量不同。由于实际的工业化的玻璃化处理工艺可能会出现一定的波动,产生的玻璃体可能不是完美的均一玻璃相物质,所以玻璃化处理产物进行资源化利用时,重金属等有害物质可能会带来潜在的环境风险,由于我国现有相应替代材料标准缺少对有关重金属的技术要求,因此需要对其相应用途资源化利用提出有害物质控制要求。

本标准研制过程中,借鉴了日本建材利用全生命周期中“最应该考虑的暴露环境”理念,以及欧盟关于建材在不同利用场景中的风险评估方法体系。通过对玻璃化处理产物的

暴露环境和利用场景进行研究，根据其资源化利用场景的不同，分别提出了玻璃化处理产物用于相应用途替代原料的有害物质控制要求。

(1) 用作一般工业固体废物处置场导气层或导排层替代材料用途

玻璃化处理产物用作一般工业固体废物处置场导气层或导排层替代材料用途时，除满足相应替代材料质量要求外，为避免给处置场增加额外的污染源，玻璃化处理产物中有害物质控制应达到《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599)规定的第一类一般工业固体废物要求。即按照《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ 557)进行浸出，浸出液中主要重金属的浓度限值不得超过《污水综合排放标准》(GB 8978)中最高允许排放浓度(对第二类污染物而言，从严要求，规定不得超过一级标准的最高允许排放浓度)。可浸出有害物质限值要求如表 1 所示。

表 1 玻璃化处理产物用作导气层或导排层替代材料时可浸出有害物质限值

序号	有害物质项目	限值 (mg/L)
1	总铜	0.5
2	总锌	2.0
3	总镉	0.1
4	总铅	1.0
5	总铬	1.5
6	六价铬	0.5
7	总汞	0.05
8	总铍	0.005
9	总镍	1.0
10	总砷	0.5
11	总锰	2.0

(2) 用作路基材料、混凝土骨料、掺合料或者水泥混合材料等建筑材料用途

玻璃化处理产物用作路基材料、混凝土骨料、掺合料或者水泥混合材料等建筑材料时，编制组依据环境保护目标(如饮用水、地表水、地下水和土壤)，同时参考国内外相关污染控制标准以及危险废物浸出毒性鉴别标准中的检测项目，确定了需要控制的有害物质项目。由于有机物和氰化物等有害物质在高温熔融时被破坏掉，因此不作为检测项目。

➤ 水浸出

日本在进行路基材料环境安全质量评价时，溶出量基准设定为必须遵守各自的环境基准和土壤污染对策法的基准，也就是考虑摄入风险的地下水基准值，该基准值对应于我国《地下水质量标准》(GB/T 14848)中Ⅲ类地下水指标限值要求。根据日本建材利用的全

生命周期理念，一般用途情况下，所有的建材最后都要进行再生利用，除了不能利用的一部分进入填埋场，作为再生路基材料利用是最应该被考虑的暴露环境。因此，日本土壤污染对策法规定，熔渣的溶出量基准和含有量基准适用于其所有建材用途。

编制组参考了上述几项标准，认为 5.2.2 中玻璃化处理产物用作路基材料、混凝土骨料、掺合料或水泥混合材料等建筑材料时，考虑建筑材料的全生命周期，在一般情况下，建筑材料的使用将可能影响到地下水质量，如果玻璃化处理产物在用作建筑材料时，其水浸出液能够达到《地下水质量标准》（GB/T 14848）中Ⅲ类地下水指标限值要求，可以认为其环境风险是可以接受的，即玻璃化处理产物的水浸出有害物质含量限值不得超过《地下水质量标准》（GB/T 14848）中Ⅲ类地下水指标限值，如文中表 2 所示。

表 2 玻璃化处理产物用作建筑材料和喷砂原料时可浸出有害物质含量限值

序号	有害物质项目	限值 (mg/L)	
		水浸出	酸浸出
1	铜	1.0	1.0
2	锌	1.0	1.0
3	镉	0.005	0.03
4	铅	0.01	0.3
5	铬	/	0.2
6	六价铬	0.05	/
7	汞	0.001	/
8	铍	0.002	/
9	钡	0.7	/
10	镍	0.02	0.2
11	砷	0.01	0.1
12	硒	0.01	/
13	锰	0.1	1.0
14	氟化物	1.0	/

➤ 酸浸出

《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760）对水泥熟料的有害物质含量提出了控制要求，相关限值要求的确定采用了欧盟的建材利用环境风险评估方法体系，模拟了混凝土路面场景下酸雨沉降导致的有害物质溶出对土壤和地下水的影响。玻璃化处理产物用作水泥混合材料或者混凝土骨料、掺合料时，与上述暴露场景完全一致，所以玻璃化处理产物的酸浸出有害物质含量限值可以直接采用 GB 30760 中表 3 要求，如文中表 2 所示。

综上，本标准中玻璃化处理产物的有害物质控制要求适用于其全部建材用途。

(3) 用作喷砂原料时

玻璃化处理产物用作表面处理行业喷砂原料时,由于除锈或者除漆后的喷砂一般属于危险废物,并且往往作为水泥生产的替代原料进入水泥窑协同处置,所以其有害物质控制要求只考虑重金属水浸出毒性限值要求,即满足水浸出有害物质含量限值要求时可认为环境风险可控。

4.6 试验方法

(1) 玻璃体含量

玻璃体含量的检测参照了 GB/T 18046-2017 附录 C 规定的 X 射线衍射法:

——对于较易研磨成粉末的玻璃化处理产物,将样品破碎并研磨至粒径小于 325 目,即过 325 目标标准筛,取筛下物进行粉末按 GB/T 18046-2017 附录 C 规定的 X 射线衍射法测定其玻璃体的质量分数。

——对不易研磨成粉末的玻璃化处理产物,可采用磨样法进行制样。即取一个块状样品,选择相对光滑的一个平面进行打磨,直至形成一个平整、光滑的平面。对该样品打磨后的平面进行 X 射线衍射测试,参照 GB/T 18046-2017 附录 C 规定的方法计算其玻璃体的质量分数。

(2) 酸溶失率

酸溶失率检测方法借鉴了《用于固体基质环境表征的试验方法》(法国标准 FD X 30-440),在同等水平下进行了标准的本地化。试验条件对比情况如附表 1 所示。

(3) 有害物质检测

a) 水浸出液制备

关于水浸出液的制备方法,日本标准《熔渣类的化学物质试验方法-第 1 部分:溶出量试验方法》(JIS K 0058-1)与国内的《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ 557)相当,两个浸出方法的试验条件对比如表 3 所示。本标准中,玻璃化处理产物的水浸出液制备采用《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ 557)。

表 3 日本和中国水浸出液制备试验条件对比

项目	JIS K 0058-1	HJ 557
粒径和质量	<2mm, >50g	<3mm, 100g
浸出液	用 HCl 或 NaOH 将纯水 pH 调至 5.8-6.3	纯水, GB/T 6682, 二级。

液固比	10: 1	10:1
震荡方式	水平震荡, 200 次/min, 振幅 4~5cm	水平振荡, 110±10 次/min、振幅 40 mm
浸出时间	6h, 20℃左右	室温下振荡 8 h
过滤方式	静置 10~30min, 3000r/min 离心分离 20min, 0.45 μ m 微孔过滤	离心分离, 0.45 μ m 微孔过滤

b) 酸浸出液制备

按照 GB/T 30810 制作水泥胶砂试体时,玻璃化处理产物用于不同用途建材替代辅料,水泥胶砂试体就需要进行相应辅料更换,程序繁琐,操作性差。同时,水泥胶砂试体中,水泥熟料、水泥混合材料,粗细骨料等都可能涉及废物,只模拟一种废物组分得到的结果也不能真实反映混凝土的有害物质浸出毒性。日本熔渣用于建材进行环境安全质量检查时,既认可成型体的检测结果,也认可直接使用熔渣单体的浸出试验结果。基于上述几点考虑,本标准中酸浸出液制备时,不进行水泥胶砂试体的制备,直接使用玻璃化处理产物代替水泥胶砂试样进行后续浸出试验。

c) 检测方法

玻璃化处理产物用作一般工业固体废物处置场导气层或导排层替代材料时,其浸出液按 HJ 557 的规定制备,浸出液中有害物质含量按文中表 4 的方法进行检测。

表 4 用作导气层或导排层替代材料时可浸出有害物质含量检测方法

序号	有害物质项目	检测方法	依据标准
1	总铜	原子吸收分光光谱法	GB/T 7475
		二乙基二硫代氨基甲酸钠分光光度法	GB/T 7474
2	总锌	原子吸收分光光谱法	GB/T 7475
		双硫脲分光光度法	GB/T 7472
3	总镉	原子吸收分光光谱法	GB/T 7475
4	总铅	原子吸收分光光谱法	GB/T 7475
5	总铬	高锰酸钾氧化-二苯碳酰二肼分光光度法	GB/T 7466
6	六价铬	二苯碳酰二肼分光光度法	GB/T 7467
7	总汞	冷原子吸收分光光度法	GB/T 7468
8	总铍	活性炭吸附-铬菁 R 分光光度法	HJ/T 58
9	总镍	火焰原子吸收分光光度法	GB/T 11912
		丁二酮肟分光光度法	GB/T 11910
10	总砷	二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	GB/T 7485
11	总锰	火焰原子吸收分光光度法	GB/T 11911
		高碘酸钾分光光度法	GB/T 11906

玻璃化处理产物用作建筑材料时，水浸出液中有害物质检测按 GB/T 14848 的规定进行，酸浸出液中有害物质检测按 GB/T 30810 的规定进行。

玻璃化处理产物用作喷砂原料时，水浸出液中有害物质检测方法按 GB/T 14848 的规定进行。

4.7 检验规则

本部分规定了玻璃化处理产物编号、取样及检验规则。

为了有效控制玻璃化处理产物资源化利用环境风险，借鉴了日本产业废弃物熔渣建材利用的出厂管理要求，即在熔渣出库前必须进行试验并符合环境基准值。本部分也规定了玻璃化处理产物必须达到相关技术要求后才能出厂。同时，为了便于玻璃化处理产物的全生命周期追溯，本部分在检验报告中提出了相应管理要求。

4.8 包装、标志、运输与贮存

本部分规定了玻璃化处理产物出厂包装、标志、运输与贮存相关要求。

三、标准涉及专利情况

本标准技术内容不涉及专利。

四、本标准技术经济分析

固体废物玻璃化处理技术相对成熟，在国内已有一定应用，但是由于固体废物特别是危险废物玻璃化处理产物资源化利用缺少相应有害物质控制标准，并且危险废物玻璃化处理产物往往由于玻璃态物质界定的模糊性而被地方生态环境主管部门认定为危险废物，从而给企业带来巨大的危险废物贮存和处置压力，从而制约了固体废物玻璃化处理技术的健康快速发展。

本标准的实施，将有力推动玻璃化处理产物的资源化安全利用进程，对于玻璃化处理企业而言，一方面降低了企业的贮存和填埋成本，另一方面玻璃化处理产物又能给企业带来每吨几十元到几百元的收益，从而大大提高了企业的经济效益；对地方生态环境主管部门而言，为非玻璃态物质的界定提供了依据。标准颁布实施后，将大大缓解经济发达地区危险废物焚烧和填埋设施不足的问题，为“无废城市”建设提供强有力的技术支撑。

五、采用国际标准或国外先进标准的情况

不涉及。

六、与我国现行法律、法规和相关强制性标准的关系

原国家环境保护部 2016 年发布了《国家危险废物名录》，明确规定：“危险废物等离子体、高温熔融等处置过程产生的非玻璃态物质和飞灰”为危险废物，代码为 772-004-18。本标准对固体废物玻璃化处理产物的玻璃态提出了明确的判定要求，为《国家危险废物名录》中规定的危险废物经过等离子体、高温熔融等处置后产生的非玻璃态物质判定提供了标准，对危险废物的规范化处理处置起到了积极的支撑作用。

同时，《中华人民共和国循环经济促进法》明确要求，国务院标准化主管部门会同国务院循环经济发展综合管理和环境保护等有关主管部门建立健全循环经济标准体系，制定和完善节能、节水、节材和废物再利用、资源化等标准。

本标准的制定，与我国现行法律法规和强制性标准是符合的。

七、国外相关法律、法规和标准情况的说明。（只适用于强制性标准）

不适用。

八、重大分歧意见的处理经过和依据。

无。

九、标准作为强制性标准或推荐性标准、指导性技术文件的建议及其理由；密级确定的建议及其理由。

本标准为推荐性标准，可用于固体废物玻璃化处理产物质量要求的判定，建议作为推荐性国家标准发布。

十、贯彻国家标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）。

经国家标准化委员会审核批准后，建议作为推荐性国家标准发布，自发布之日起3个月后实施，以便相关监督部门、技术机构提前做好准备。

十一、设立标准实施过渡期的理由：根据国家经济、技术政策需要和该强制性标准涉及的产品的技术改造难度等因素，提出标准的实施日期的建议。（仅适用于强制性标准）

不适用。

十二、代替或废止现行有关标准的建议。

无。

十三、其他主要内容的解释和其他需要说明的事项。如系列标准或划分部分制定的标准的编号建议，参考文献目录等。

无。

标准编制组

2020年3月

附:

表 1 玻璃化处理产物酸溶失率测试与法国标准试验条件对比

操作条件	法国标准 (FD X 30-440) 规定	本标准规定	备注
样品大小	采用不锈钢制成的 1 毫米开口方形网格的筛分设备和筛滤器, 至少 95%的微粒 (质量) 尺寸小于 1mm	破碎后至少 95%的微粒可通过 1mm 的筛网	
破碎设备	颚式破碎机	颚式破碎机、锤子或其它破碎设备	在任何情况下, 都不应对材料进行精细磨碎
浸出剂	醋酸/醋酸钠和 0.05M 醋酸钠的等摩尔缓冲溶液	pH 为 4.6~4.8 的醋酸缓冲溶液	
pH 值控制	4.5 < pH < 5.5	4.5 < pH < 5.5	至少检查 2 次, 建议 4 次
pH 计	符合标准 EN 16192	符合《GB/T 11165-2005 实验室 pH 计》	
试验用水	符合标准 NF EN ISO 3696 中 3 级质量要求	应符合 GB/T 6682 规定的三级水要求	
冰醋酸	具有 1N 的分析级溶液 (浓度为 60 克/升的醋酸溶液)	分析纯	
氢氧化钠	具有 1N 的分析级溶液 (浓度为 40 克/升的氢氧化钠溶液)	分析纯	
醋酸钠	/	分析纯	本标准中利用醋酸、醋酸钠配置缓冲溶液
试验样品质量	干质量 (100±5) g	干基 (100±5) g	
称量天平	可以称重 100 克, 精确至 0.01g	可以称重 100 克, 天平精度为±0.01g	
液固比 L/S	10L/千克	10L/千克	等于 1L/100g
浸出容器	玻璃、高密度聚乙烯或聚丙烯密封瓶	耐腐蚀玻璃、高密度聚乙烯或聚丙烯密封瓶	玻璃瓶需配置惰性瓶塞
浸出时间	(6±0.5) 小时	(6±0.5) 小时	

搅拌	翻转式（可调整为 5 转/分钟）或 辊道式（10 转/分钟）搅拌器	翻转式或摆动式搅拌器（20 转/分钟）	禁止使用磁力搅拌器
过滤	平均孔径为 0.45μm 薄膜上的过滤系统	孔径为 0.45μm 的微孔滤膜	
称重	M : 试验材料的总质量（单位为克） M_{s1} : 试验前试验材料的干物质质量（单位为克） M_{s2} : 试验后试验材料的干物质质量（单位为克） PM : 试验期间的相对质量损失（单位为%）	M_0 : 玻璃化处理产物试验样品干质量，单位为克（g）； M_1 : 酸溶试验前滤膜的干质量，单位为克（g）； M_2 : 酸溶试验后滤膜及残留固体的干质量，单位为克（g）。	考虑到玻璃化处理产物的特性，过滤过程可以洗净（通过浸提剂及试验用水分别冲洗三次以上）浸出瓶及过滤装置（如漏斗）中残留固体。
结果计算	$PM = 100 \times (M_{s1} - M_{s2}) / M_{s1}$	$PM = 100 \times [M_0 - (M_2 - M_1)] / M_0$	