

黄金尾矿基混凝土路缘石

Gold tailings based concrete curbstone

编制说明

（征求意见稿）

标准编制组

二〇二四年九月

目 录

一、工作简况	1
1. 任务来源	1
2. 主要工作过程	1
二、标准编制原则和主要内容	2
1. 标准编制原则	2
2. 主要指标来源说明	3
三、主要试验验证情况分析 with 指标确定	7
1. 黄金尾矿基混凝土路缘石强度、吸水率、抗冻性指标验证	7
2. 总结	7
四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明	7
五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况	7
六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况	8
七、与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性	8
八、重大分歧意见的处理经过和依据	8
九、指标体系性质的建议说明	8
十、贯彻标准的要求和措施建议	8
十一、废止或代替现行相关标准的建议	8
十二、其他应予说明的事项	8

一、工作简况

1. 任务来源

根据《关于下达2024年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第四批）的通知》（中制协字[2024]39号）文件要求，《黄金尾矿基混凝土路缘石》为协会标准制定项目，计划号为2024-10-cbjh。本标准由山东大学联合山东黄金新源矿业有限公司等相关单位提出，由山东大学等单位负责起草并组织相关单位共同完成，由中国混凝土与水泥制品协会管理并归口。

黄金尾矿基混凝土路缘石是一种绿色轻质、高强耐蚀的可振动或静压成型的免蒸养预制混凝土构件，常用于铺设在路面边缘或标定路面界限。其制备过程以免烧轻骨料代替传统天然骨料，以硫铝铁系低碳胶凝材料结合黄金尾矿等多源固废掺合料为胶结剂，骨料端和胶凝材料端均高比例利用黄金尾矿，制备的新型轻骨料混凝土路缘石具备轻质、早强，后期强度稳定增长，生产周期短、吸水率低，抗冻、耐盐溶液侵蚀性能好等特点，作为一种新型绿色建材，具有显著的低成本和低碳排放优势，符合道路交通行业的绿色可持续发展需求。

山东大学在固废资源绿色转化领域深耕近二十年，已发展形成多项具备影响力的固废资源高值利用关键技术，包括固废协同互补提值增值利用制备的硫铝铁系低碳胶凝材料，进而衍生制备绿色免烧免蒸养轻骨料，基于硫铝铁系低碳胶凝材料和免烧轻骨料并进一步耦合黄金尾矿制备了高性能混凝土路缘石，通过组分优化，性能综合调控和工艺优化提升了产品质量和制备技术，对产品进行中试制备和实际环境示范应用均取得良好效果。

黄金尾矿基混凝土路缘石具备轻质高强和高抗冻性，尤其是抗盐冻性，在道路与交通基础设施、公共设施与景观建设、环保与可持续发展以及经济与社会效益等方面具有广泛的应用前景。随着技术的不断进步和环保意识的提高，其应用领域还将不断拓展和深化。但目前没有针对该材料相应的产品标准，无法进行大规模生产、销售、推广应用，是新产品推广的重要瓶颈问题，因此迫切需要制定该项标准。山东大学联合黄金尾矿生产企业及部分已在使用黄金尾矿的生产企业联合编制标准，具有很强的可行性、正确性、有效性及可操作性。

基于前期工作基础，山东大学联合山东黄金新源矿业有限公司等相关单位于2024年1月向中国混凝土与水泥制品协会提出了编制《黄金尾矿基混凝土路缘石》标准的申请。在充分论证的基础上，2024年5月10日，中国混凝土与水泥制品协会批准并下达了2024年协会标准制修订计划（第四批）的通知。

2. 主要工作过程

结合标准主要章节确定的目录内容，编制组在编制组成立暨第一次工作会议上对完成标准所需工作进行了内部分工，确保每项工作有行业对应的企业参与，**本标准的参加单位及所做工作如下：**

序号	参加单位	主要工作
1	中国混凝土与水泥制品协会	沟通协调、综合管理
2	山东大学	大纲拟定、标准撰写

3	山东黄金新源矿业有限公司	试验/生产验证（主要技术指标验证）
4	济南大学	试验验证（主要技术指标验证）
5	湖北昌耀新材料有限公司	试验/生产验证（主要技术指标验证）
6	山东高速新材料有限公司	试验/生产验证（主要技术指标验证）
7	碳理达固废处理（山东）有限公司	试验/生产验证（主要技术指标验证）
8	山东卓联环保科技有限公司	试验/生产验证（主要技术指标验证）

本标准编制过程如下：

中国混凝土与水泥制品协会于2024年5月22日组织召开了标准编制启动会，22名参编骨干参加了启动会。在会上，主编单位介绍了编制标准的意义、必要性，标准的大纲，并对标准编制的分工及具体的时间安排进行详细的介绍。与会领导、专家纷纷表达了支持的意见，也一致认同大纲、分工及具体的时间安排，由此编制组正式启动编制工作。

此后，编制组查阅了大量资料，调研多家生产企业，实地了解生产企业的生产产品种类、产品性能指标、检验检测方法、频度等，并了解了生产线运行状况和运行指标。并对在山东新泰工业技术研究院研制期、生产期的产品进行取样分析、委托第三方检测。山东大学黄金尾矿基路缘石研发团队对标准中产品的性能指标、矿物组分、制备工艺等，进行了大量的验证试验。编制组同时查阅了相关的国际、国家、行业、地方标准，编制完成本标准的草稿。

2024年5月26日和2024年9月18日，标准编制组两次组织召开专题讨论会讨论了征求意见稿，此后征求了生产企业及研究单位的意见，向中国混凝土与水泥制品协会标准质量部提出征求意见稿及编制说明。

二、标准编制原则和主要内容

1. 标准编制原则

编制组充分参考国内已有企业中应用的成熟可靠技术与产品，并对新产品、新工艺进行专项试验检测、分析与技术验证，确保列入规程的技术与产品具有合理、适用、安全、可靠的特点。以科学、合理、先进、实用为原则，与国家现行标准规范协调统一、内容互补，参考国内相关标准，与现有标准一致的直接引用，重点根据黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料的产品特点，对现有标准暂不覆盖或不具备针对性的内容进行补充，制定本团体标准。

本标准直接引用的规范性文件如下：

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 14684 建设用砂

GB/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 17431.1 轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料

GB/T 17431.2 轻集料及其试验方法 第2部分：轻集料试验方法

JGJ 51 轻骨料混凝土技术规程

GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

JC/T 539 混凝土和砂浆用颜料及其试验方法

JGJ 63 混凝土用水标准

JC/T 899 混凝土路缘石

T/CCPA 42 硫铝铁系低碳胶凝材料

参考的标准如下：

JC/T 321 混凝土路缘石

T/FCEAS 008 仿石型混凝土路缘石应用技术标准.....

DB32/T 1011 混凝土路沿石施工及验收规范

T/CUA02 干法振压成型仿石型混凝土路缘石.....

T/CUA01 湿法压滤成型仿石型混凝土路缘石

2. 主要指标来源说明

黄金尾矿基混凝土路缘石是一种新型环保型的低碳道路交通材料，符合国家的双碳战略需要。编制本标准，能规范产品的组成及性能指标，对产品的应用给予质量保证。指导材料的生产控制、产品销售、应用。

黄金尾矿基混凝土路缘石具有绿色度高、轻质、免蒸早强、后期强度持续增进等众多优良的性能。在提高资源利用效率，高比例使用大宗工业固废方面具备优势，可广泛用于市政工程、海洋工程、道路园林建筑等多领域。

为促进国内黄金尾矿基混凝土路缘石应用，从材料的化学及矿物组分、性能指标、检验检测方法、产品出厂控制及包装等多方面，作为标准的组成要素。主编单位在国家及省部级重点研发项目的支持下，经过近十年的理论分析研究、试验室及半工业试验，确立了标准的核心指标，确保科学性、先进性、可重复性。满足市场化推广应用及质量监管的要求。又对固废制免烧免蒸混凝土路缘石的生产企业山东高速新材料集团公司、新泰工业技术研究院有限公司等企业进行调研，并对新泰工业技术研究院有限公司在生产期间的原料及产品进行了化学分析、性能测试，均达到了本项目确定的指标。

2.1 术语中指标说明

黄金尾矿基混凝土路缘石 Gold tailings based concrete curb 代号 GTCB。

以黄金尾矿或基于黄金尾矿的骨料为原材料，铺设在路面边缘或标定路面界限的预制混凝土边界标石。高掺量利用金尾矿制备混凝土路缘石，使用固废比例大于50%，实现固废大比例资源化利用，同时能得到政府的税收优惠。

2.2 黄金尾矿基混凝土路缘石组成说明

黄金尾矿基混凝土路缘石以硫铝铁系低碳胶凝材料为胶结剂，以黄金尾矿基免烧免蒸轻骨料为轻骨料。其中硫铝铁系低碳胶凝材料由熟料、石膏组成，主要矿物为Fe-Al溶代硫铝酸钙、无

水硫铝酸钙、硅酸二钙、铁相和硫酸钙；黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料以硫铝铁系低碳胶凝材料大比例结合黄金尾矿为原料通过造粒机造粒，免蒸养制备而成。混凝土掺合料以黄金尾矿砂为主，辅助粉煤灰或矿粉，外加剂采用聚羧酸减水剂。

2.3 指标及说明

2.3.1 组分与材料

(1) 组分

为确保黄金尾矿基混凝土路缘石具有良好的性能，强度标号在C30以上，本标准规定了黄金尾矿基混凝土路缘石的物料组分，如表1所示。黄金尾矿基混凝土路缘石由硫铝铁系低碳胶凝材料（以下简称“胶凝材料”）、黄金尾矿砂、黄金尾矿基免烧轻骨料和外加剂组成。黄金尾矿综合含量应不小于30%，免烧轻骨料掺量不少于40%，代号GT-CB。

表1 黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料的代号和组分 /%

名称	代号	组分（质量分数） %		
		黄金尾矿	胶凝材料	免烧轻骨料
黄金尾矿基混凝土路缘石	GT-CB	≥30	≤25	≥40

(2) 材料

(a) 胶凝材料

黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料使用的胶凝材料，应符合T/CCPA 42—2023《硫铝铁系低碳胶凝材料》中 SAF50-60及以上的性能要求，试验表明当胶凝材料符合该性能要求时，可保证胶凝材料在含量低于20%下的黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料强度标号在35以上。硫铝铁系低碳胶凝材料由熟料、石膏以及其他活性混合材和非活性混合材组成，主要矿物为Fe-Al溶代硫铝酸钙、无水硫铝酸钙、硅酸二钙、铁相和无水硫酸钙，氟石膏作为II型硬石膏主要矿物组成为II型无水硫酸钙，建筑石膏为半水石膏主要矿物组成为半水硫酸钙，具体矿物组成见图1。

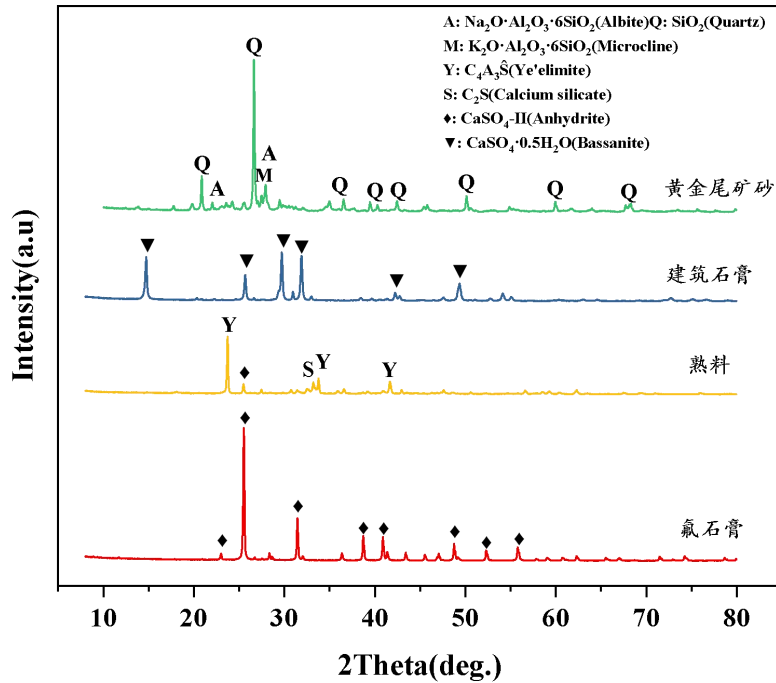


图1 原材料矿物组成

(b) 矿物掺合料

黄金尾矿基混凝土路缘石使用的黄金尾矿为矿物掺合料，黄金尾矿作为掺合料主体材料，矿物组成以石英、长石、云母、黏土和残余金属矿物为主见图1，化学成分由含有接近90%的SiO₂和Al₂O₃，同时含有一定量的Fe₂O₃、CaO等组成见表2。不同产地的黄金尾矿应有相似的化学成分及矿物组成，满足细度为R80小于13%，具有一定的火山灰活性，活性指数大于70%。同时，长石通常在碱源作用下，可以转化为玻璃态前驱体，石英也可部分参与反应。黄金尾矿颗粒具有尺寸小、粒径分布不均匀、表面粗糙且伴有多个棱角的特点。随着黄金尾矿堆存量增多，造成重金属污染，对地表水、地下水产生严重危害，还会占用土地，消耗大量建设和维护成本，且尾矿库是矿山中最大的危险源之一。

表2 原料化学成分 (wt%)

材料	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	备注
黄金尾矿	2.714	72.1	17	1.994	0.4592	0.8184	4.722	2.588	

(c) 粗骨料

黄金尾矿基混凝土路缘石使用的黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料为粗骨料，

(d) 细骨料

黄金尾矿基混凝土路缘石使用的机制砂、河砂或陶砂为粗细骨料，

(e) 外加剂

黄金尾矿基混凝土路缘石外加剂应符合GB 8076-2008的规定。

(f) 混凝土拌合用水和养护用水

应符合JGJ 63的规定。

2.3.2 黄金尾矿基混凝土路缘石配合比设计

混凝土属轻骨料混凝土范畴，配合比设计应符合JGJ51-2002 轻骨料混凝土技术规程的规定表3 颗粒级配

2.3.3 黄金尾矿基混凝土路缘石强度等级

黄金尾矿基混凝土路缘石的主要优势体现在其成型硬化快，早期强度高，且后期具有较高的强度增进率。本标准以大量的试验结果为依据，并参考混凝土路缘石的产品标准，将黄金尾矿基混凝土路缘石按照5个强度指标，对强度等级进行了划分，如表5所示。

表5 黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料粗骨料筒压强度

强度等级	抗压强度/MPa
GC30	≥ 30
GC35	≥ 35
GC40	≥ 40
GC45	≥ 45

2.3.4 黄金尾矿基混凝土路缘石吸水率

表7 黄金尾矿基免烧免蒸养轻粗骨料的吸水率

密度等级	1h吸水率/%
800-1200	≤ 10

a) 软化系数应不小于0.8。

b) 黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料细骨料的吸水率和软化系数不作规定，报告实测试验结果。

2.3.5 黄金尾矿基混凝土路缘石抗冻性及抗盐冻性

寒冷地区、严寒地区路缘石应进行慢冻法抗冻性试验。路缘石经D50次冻融试验的质量损失率应不大于3.0%。寒冷地区、严寒地区冬季道路使用除冰盐除雪时及盐碱地区应进行抗盐冻性试验。路缘石经ND28次抗盐冻性试验的平均质量损失应不大于1.0kg/m²；任意一试样质量损失应不大于1.5 kg/m²需做抗盐冻性试验时，可不作抗冻性试验

2.3.6 试验方法

由于黄金尾矿混凝土路缘石基 主要采用硫铝铁系低碳胶凝材料做作胶凝剂，硫铝铁系低碳胶凝材料的水化矿物主要是钙矾石，其在 60℃会产生分解，进而影响被检测轻骨料性能失真。因此本标准把恒温温度为50℃~55℃。

三、主要试验验证情况分析 with 指标确定

1.黄金尾矿基混凝土路缘石强度、吸水率、抗冻性指标验证

强度等级	抗压强度/MPa	验证值
GC30	≥30	30.5
GC35	≥35	39.66
GC40	≥40	40.7
GC45	≥45	45.22

经第三方检测，黄金尾矿基混凝土路缘石吸水率3.8%，抗冻性% 0.7%

2. 总结

从主编单位和参编单位试验室研究产品的性能数据及工厂实际生产产品的性能数据分析，本标准制定的指标均能实现。

四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

本标准中没有涉及专利。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

本标准是主、参编单位和编制组成员在多年的研究及大量工业生产线生产验证的基础上制定的。从对山东新泰工业研究院有限公司生产的产品进行的第三方的检测表明，性能指标均优于本标准中产品，且生产的产品用于公路、公园、城市广场等多场景并取得了良好的经济效益。

黄金尾矿基混凝土路缘石具有快速成型、免蒸早强、后期强度、抗腐蚀性好等众多优良的性能可广泛用于海洋工程交通、城市建设等多领域。

黄金尾矿基混凝土路缘石是新型、高性能的低碳建筑材料，生产免煅烧，养护免蒸养，系统能耗低，过程碳排放显著降低。黄金尾矿基混凝土路缘石的制造，大量使用固体废弃物，符合国家的双碳战略的需要。新配方、高性能、低成本的黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料水泥用量低，且以硫铝铁系低碳胶凝材料替代普通硅酸盐水泥使用，进一步降低成本及碳排放量，达到绿色低碳的目的。因此，黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料的市场空间广阔，经济效益、环保效益、社会效益显著。

本标准能规范产品的组成及性能指标，对产品的应用给予质量保证。指导材料的生产控制、产品销售、应用。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

标准编制组查阅了大量的国内外关于路缘石的文献及标准，尚未关于黄金尾矿基混凝土路缘石标准，本标准属于该方面首创的标准，填补了国内行业标准的空白。

标准编制组调研了混凝土路缘石生产企业，收集了相关生产厂家的产品性能数据。了解路缘石生产原料、产品及出厂包装等运行数据，但目前尚未有黄金尾矿基混凝土路缘石的生产企业。在多家企业进行黄金尾矿基混凝土路缘石的试生产，并进行指标验证性测试。标准编制组全面系统深入分析研究标准的所有要素，提供了标准中所有指标的验证所有。内容完整，依据充分、可靠。

黄金尾矿基混凝土路缘石大比例使用固废，且强度指标、吸水率，抗冻性指标等施工性能指标均是国际先进指标。

本标准对黄金尾矿基混凝土路缘石生产企业的产品质量提升及产品推广应用，具有重要支持作用，促进行业技术进步。

七、与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与国家、地方现行的法律、法规、规章及相关标准协调一致。

本标准强调了黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料各项性能，且矿物组成与烧结陶粒有所差别，其具有优良的强度、施工性能。标准的框架体系及包含内容与烧结陶粒标准基本一致。因此与现有标准既有一致性，又有创新性、先进性。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、指标体系性质的建议说明

建议《黄金尾矿基免烧免蒸养轻骨料》协会标准作为推荐性节能与综合利用标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布后尽快实施并组织宣贯。

十一、废止或代替现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。