

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/ T XXXX—2024

公路工程煤矸石混凝土施工技术规范

Technical specification for coal gangue concrete construction in highway engineering

(编制说明)

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

《公路工程煤矸石混凝土施工技术规范》

编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

煤矸石是煤矿开采过程中产生的固体废弃物，随着环保政策的逐步加强和资源化利用需求的提升，煤矸石作为一种有潜力的建筑材料，逐渐进入公路工程领域。采用煤矸石作为混凝土集料，不仅可以有效利用煤矸石资源，还能减少其对环境的污染，具有良好的生态环保效益。

根据《绿色交通“十四五”发展规划》提出的“推动交通行业节能降碳、绿色发展”的目标，公路建设与养护亟需采用低碳环保材料和技术，以促进交通行业的可持续发展。在此背景下，煤矸石混凝土作为一种绿色环保材料，其应用研究和标准化工作迫在眉睫。特别是在公路工程中，煤矸石混凝土的应用有助于降低工程建设成本，减少碳排放和资源消耗，是实现绿色交通发展目标的重要技术手段。

目前，煤矸石在公路工程中应用的研究相对较少，尤其在施工技术、混凝土设计配比、材料选择和施工工艺等方面，尚缺乏统一的标准与规范。随着煤矸石混凝土技术在国内外的逐步推广，国内多个地区已在公路基础设施建设中进行试点应用，并取得了一定的实践成果。但由于各地区煤矸石的性质差异、施工工艺的不规范以及对煤矸石混凝土性能的认识不统一，煤矸石混凝土的施工技术仍面临诸多问题。

为了规范煤矸石混凝土在公路工程中的应用，确保其可靠性和耐久性，西安科技大学在 2024 年度制定了公路工程煤矸石混凝土施工技术规范的编制计划。该项目由西安科技大学、榆林市交通运输综合执法支队及榆林市公路局共同承担，目标是通过科学研究和工程实践，结合陕西地区煤矸石资源的特点，制定适用于本地区及相似环境条件下的公路工程煤矸石混凝土施工技术规范。

本技术规范的编制，将立足于煤矸石资源化利用的绿色发展理念，结合公路工程的实际需求，重点规范煤矸石混凝土的材料要求、配合比设计、施工工艺、质量控制、验收标准等关键技术要求，推动煤矸石混凝土技术在公路工程中的推广应用。该规范的制定不仅有助于降低公路工程建设成本，还有助于进一步促进煤矸石的资源化利用，减少煤矿废弃物的环境污染，符合当前生态文明建设的战略目标。

1.2 标准制定过程和阶段性成果

1.2.1 标准制定过程

2024 年 11 月由西安科技大学、榆林市交通运输综合执法支队、榆林市公路局向陕西

省市场监督管理局提出申请的《公路工程煤矸石混凝土施工技术规范》获得陕西省市场监督管理局批准立项。本文件制订任务下达后，西安科技大学、榆林市交通运输综合执法支队、榆林市公路局积极组织，成立标准编写小组，明确标准编写任务。围绕煤矸石混凝土的原材料特性、应用现状、施工难点等关键问题，开展了大量前期调研。通过查阅国内外相关技术资料、走访典型工程应用案例，全面掌握煤矸石混凝土在公路工程中应用的现状与瓶颈。在调研基础上，组织开展煤矸石混凝土配合比优化、工作性能、力学性能及抗冻性能测试等系列试验，形成初步的技术参数体系，并结合典型施工工艺提出相应控制指标，支撑规范技术条文的制定。

编制组在对国内外相关技术标准充分调研的基础上，开始起草该地方标准。依据《公路活化煤矸石筑路材料的资源化应用研究》、《煤矸石修筑公路路基及路面基层成套技术研究》等项目内容和任务，对公路工程煤矸石混凝土施工技术规范进行编写，并于 2025 年 2 月完成了标准初稿。编写人员就标准内容反复讨论、修正，并邀请相关领导和知名专家提供宝贵意见和建议。历经多次修改和完善，于 2025 年 4 月形成了标准征求意见稿。

1.2.2 阶段性成果

(1) 完成多项基础性试验研究

编制组完成了陕西境内不同矿源煤矸石理化性质、力学性能和抗冻性能等基础性试验研究。其中，矿源包括小保当煤矿、柠条塔煤矿、红柳林煤矿、张家峁煤矿、曹家滩煤矿、孙家岔煤矿、大柳塔煤矿等典型煤矿。陕北地区不同矿源煤矸石物理性能如表 1 所示，元素含量如表 2 所示。

表 1 不同矿源煤矸石物理性能

矿源	压碎值 (%)	密度 (kg·m ⁻³)	吸水率 (%)	针片状含量 (%)	烧失量 (%)
小保当	20.12	2659	4.2	12.1	6.54
大柳塔	33.61	2058	5.2	24.8	15.91
柠条塔	27.66	2542	4.7	18.9	14.18

表 2 不同矿源煤矸石元素含量

矿源	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)
小保当	1.05	0.46	0.17	0.04
大柳塔	2.55	0.22	0.18	0.11
柠条塔	2.52	0.70	0.14	0.12

(2) 应用示范工程建设

①大柳塔至锦界高速公路暨包茂联络线

该工程项目煤矸石混凝土强度等级为 C25，试验段长度为 375m，消纳煤矸石数量为

179.2 吨。经通车运营测试后，试验段现场强度可达 31.74MPa，满足设计文件对混凝土强度等级的要求，表面仅出现少量孔洞、裂缝，当前运营状况良好。



②榆林市 2024 年第二批普通干线公路大中修及预防性养护工程

本项目混凝土强度等级为 C30，试验段长度为 500m，消纳煤矸石数量为 147 吨。经通车运营测试后，试验段现场强度可达 39.21MPa，满足设计文件对混凝土强度等级的要求，表面未出现蜂窝、麻面和裂缝，当前运营状况良好。



(3) 科研成果发表与知识产权转化

①发表论文

依托西安科技大学省部共建国家重点实验室创新平台，编制组在固废资源化利用领域取得一定进展，研究成果发表于权威期刊。其中在国际 TOP 期刊《Construction and Building Materials》《Journal of Building Engineering》等发表煤矸石混凝土相关 SCI 论文 11 篇；在《建筑材料学报》《煤炭科学技术》《材料导报》等国内高水平期刊发表 E1 论文 18 篇，核心论文 20 篇，并培养博士生 2 名，硕士毕业生 6 名。

②知识产权转化

基于自主创新的煤矸石混凝土强化技术体系，构建了覆盖原料处理、配合比设计、施工工艺的专利保护链条。目前已获发明专利授权 1 项，2 项核心专利进入实质审查阶段。

1.3 起草组成员及其所做的主要工作

起草组组长：景宏君。主要工作：全面审核标准编制内容和流程；对部分关键指标进行研究；组织定期召开标准编制讨论会议，研究进展和实施深度，并根据标准编制进展情况

况布置下阶段重点工作。

起草组副组长：雷江峰。主要工作：全面审核标准编制内容和流程；负责室内试验，对部分关键指标进行研究；协助组长完成标准编制的其他工作。

起草组成员：李少平。主要工作：全面审核标准编制内容和流程；负责室内试验，对部分关键指标进行研究；协助组长完成标准编制的其他工作。

起草组成员：张晓轴。主要工作：全面审核标准编制内容和流程；负责室内试验，对部分关键指标进行研究；协助组长完成标准编制的其他工作。

起草组成员：延喜乐。主要工作：参与编制本文件；负责试验段现场指导，研究部分关键指标。

起草组成员：邱继生。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：邹晓龙。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：高萌。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：单俊伟。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：郭美蓉。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：崔源泉。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：张超伟。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：周子涵。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：高睿。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：韩晓龙。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

起草组成员：闫湘晨。主要工作：参与编制本文件；参与试验段现场指导与室内试验，研究部分关键指标。

2 标准编制原则和主要内容

2.1 标准编制原则

本文件编制重点为提出煤矸石混凝土的材料要求、配合比设计及施工的技术要求，立足于我省公路工程煤矸石混凝土应用现状，以相关科研成果为依据，积极借鉴国内外先进标准与规范，遵循“科学性、实用性、统一性、规范性”，有利于促进该技术进步，广泛适用于陕西省境内公路工程为原则，重点突出材料、配合比、施工工艺及验收的技术指标要求，并注重标准的指导性、合理性、可操作性。

2.2 主要技术内容

本地方标准包含以下主要内容：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 材料要求；5 混凝土配合比；6 施工；7 施工质量检验与验收。

2.3 与原标准主要差异情况

本文件为首次发布。

3 主要技术要求的说明

3.1 试验（或验证）准确度、可靠性、稳定性的分析和说明

本文件根据陕西省境内公路煤矸石混凝土工程利用实际情况和课题研究成果制定，针对煤矸石混凝土材料、设计、施工与验收提出了指标要求，以指导本规范的编写。

本文件在制定期间，采用室外调研、室内试验等手段，对煤矸石混凝土原材料各项技术指标进行试验分析，确保各项技术标准对煤矸石混凝土设计指标和施工工艺有指导意义，按本文件技术要求进行，能大规模地应用于实际工程中。

3.2 试验结果综述

本文件规定了适用范围，采用本文件所确定的技术要求，达到节约资源、降低造价的目的。本文件旨在明确煤矸石混凝土原材料技术指标，规范公路工程煤矸石混凝土设计指标要求，指导公路工程煤矸石混凝土施工。

本文件 3 详细介绍了煤矸石、煤矸石集料、水洗煤矸石、煤矸石混凝土的含义。

本文件 4 介绍了本文件的材料要求，从煤矸石、细集料、水泥、掺合料、水和外加剂方面对原材料进行控制，其中煤矸石粗集料要求如表 3 所示，煤矸石粗集料的推荐级配如表 4 所示，细集料的规格要求如表 5 所示，细集料的推荐级配如表 6 所示，粉煤灰的质量要求如表 7 所示，矿渣粉的质量要求如表 8 所示。

表 3 煤矸石粗集料技术要求

项次	项目	技术要求	试验方法
1	压碎值（%）≤	30.0	JTG 3432
2	坚固性（按质量损失计）（%）≤	15.0	JTG 3432
3	针片状颗粒含量（按质量计）（%）≤	15.0	JTG 3432
4	微粉含量（按质量计）（%）≤	3.0	JTG 3432
5	含泥量（按质量计）（%）≤	2.0	JTG 3432

表 3 煤矸石粗集料技术要求（续表）

6	吸水率（按质量计）（%）≤	6.0	JTG 3432
7	硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ ，质量计）（%）≤	2.0	JTG 3432
8	氯化物含量（以氯离子质量计）（%）≤	0.06	JTG 3432
9	洛杉矶磨耗损失（%）≤	45	JTG 3432
10	表观密度（kg/m ³ ）≥	2000.0	JTG 3432
11	空隙率（%）≤	53	JTG 3432
12	含碳量（%）<	2.09	GB 50821
13	发热量（KJ/kg）<	1869.34	GB 50821
14	塑性指数（%）<	10	JTG 3432

表 4 粗集料的推荐级配范围

方孔筛尺寸	2.36	4.75	9.5	16	19	26.5	31.5	试验方法
累计筛余（以质量计算）（%）								
合成级配	4.75~16.0	95~100	85~100	40~60	0~10	-	-	JTG E42 T0302
	4.75~19.0	95~100	85~95	60~75	30~45	0~5	0	
	4.75~26.5	95~100	90~100	70~90	50~70	25~40	0~5	

表 5 细集料规格要求

项次	项目	技术要求	试验方法
1	坚固性（按质量损失计）（%）≤	10.0	JTG E42 T0340
2	含泥量（按质量计）（%）≤	3.0	JTG E42 T9333
3	泥块含量（按质量计）（%）≤	1.0	JTG E42 T0335
4	氯离子含量 ^a （按质量计）（%）≤	0.06	GB/T 14684
5	云母含量（按质量计）（%）≤	2.0	JTG E42 T0337
6	硫化物及硫酸盐含量 ^a （按 SO ₃ 质量计）（%）≤	0.5	JTG E42 T0341
7	海砂中的贝壳类物质含量（按质量计）（%）≤	8.0	JGJ 206
8	轻物质含量（按质量计）（%）≤	1.0	JTG E42 T0338
9	吸水率（%）≤	2.0	JTG E42 T0330
10	表观密度（kg/m ³ ）≥	2500.0	JTG E42 T0328
11	松散堆积密度（kg/m ³ ）≥	1400.0	JTG E42 T0331
12	空隙率（%）≤	45.0	JTG E42 T0331
13	有机物含量（比色法）	合格	JTG E42 T0336
14	机制砂石粉含量（按质量计）<	MB 值<1.4 或合格	JTG E42 T0349
		MB 值≥1.4 或合格	
15	碱活性反应 ^a	不得有碱活性反应或疑似碱活性反应	JTG E42 T0325
16	结晶态二氧化硅含量 ^b （%）≥	25.0	JTG E42 T0324

表 6 细集料的推荐级配范围

分级	细度模数	方孔筛尺寸（mm）（试验方法 JTG E42 T0302）							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
		通过各筛孔的质量百分率（%）							
天然砂	2.3~3.1	100	90~100	75~100	50~90	30~60	8~30	0~10	-
机制砂	2.3~3.0	100	90~100	80~95	50~85	30~60	10~20	0~10	-

表 7 粉煤灰的质量要求

序号	项目		技术要求	试验方法
1	细度 (45 μm 气流筛, 筛余量) (%), \leq		25.0	GB/T 1596
2	氯离子含量 (%), \leq		0.02	GB/T 176
3	需水量比 (%), \leq		105.0	GB/T 1596
4	烧失量 (%), \leq		8.0	GB/T 176
5	SO_3 含量 (%), \leq		3.0	GB/T 176
6	游离 CaO (%), $<$		1.0 (F 类粉煤灰)	GB/T 176
7	含水率 (%), \leq		1.0	GB/T 1596
8	混合砂浆强度活性指数 (%)	7d, \geq	70	GB/T 1596
		28d, \geq	80	

表 8 矿渣粉质量标准

序号	项目	技术要求	试验方法
1	SO_3 含量 (%), \leq	4.0	GB/T 176
2	烧失量 (%), \leq	3.0	GB/T 18046
3	氯离子含量 (%), $<$	0.06	GB/T 176
4	比表面积 (m^2/kg), \geq	400	GB/T 8074
5	含水率 (%), \leq	1.0	GB/T 18046
6	玻璃体含量 (%), \geq	85.0	GB/T 18046
7	活性指数 28 d (%), \geq	95.0	GB/T 18046

本文件 5 介绍了煤矸石混凝土配合比设计原则, 按照相关规范进行设计即可。其中, 不同强度混凝土最大水灰比 (胶) 与最小单位水泥用量如表 9 所示。

表 9 混凝土最大水灰比 (胶) 与最小单位水泥用量

强度等级	最小单位水泥用量	最大水灰比 (胶)
C20	300	0.55
C25	350	0.50
C30	450	0.40

本文件 6 对公路工程煤矸石混凝土施工进行了要求, 按照相关规范进行设计即可。其中, 混凝土拌合物出料到运抵现场允许最长时间见表 10。

表 10 混凝土拌合物出料到运抵现场允许最长时间

施工气温 ($^{\circ}\text{C}$)	到运输完毕允许最长时间 (h)
5~9	1.2
10~19	1.0
20~29	0.75
30~35	0.40

本文件 7 对公路工程煤矸石混凝土质量检验与验收进行了要求, 按照相关规范对煤矸石混凝土进行质量检验与验收即可。其中, 混凝土拌合物的质量检验项目和频率见表 11。

表 11 混凝土拌合物的质量检验项目和频率

序号	检查项目	检查频率	试验方法
1	水灰比及稳定性	每 5000 m ³ 抽检 1 次，有变化随时测	JTG 3420 T0529
2	坍落度及其均匀性	每工班测 3 次，有变化随时测	JTG 3420 T0522
3	坍落度损失率	开工、气温较高和有变化随时测	JTG 3420 T0522
4	振动粘度系数	试拌、原材料和配合比有变化时测	JTG/T F30-2014 附录 A
5	含气量	每工班测 1 次，有抗冻要求不少于 3 次	JTG 3420 T0526
6	泌水率	必要时测	JTG 3420 T0528
7	体积密度	每工班测 1 次	JTG 3420 T0525
8	温度、凝结时间、 水化发热量	冬、夏季施工，气温最高、最低时，每工 班至少测 1 次	JTG 3420 T0527
9	离析	随时观察	-

4 知识产权说明

本文件不涉及专利问题。

5 采标情况

本文件为首次起草的陕西省地方标准，未采用国际标准和国外先进技术。

6 重大分歧意见的处理经过和依据

无

7 标准性质的建议说明

本文件对公路工程煤矸石混凝土原材料提出明确技术要求，并对煤矸石混凝土配合比设计及施工工艺提出主要技术指标。可为陕西省公路工程的煤矸石混凝土设计与施工提供有力的技术指导，建议本文件审批发布为推荐性行业标准。

8 其他应予以说明的事项

主要参考资料：

GB 175	通用硅酸盐水泥
GB 5749	生活饮用水卫生标准
GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB 8076	混凝土外加剂
GB 50119	混凝土外加剂应用技术规范
GB 50821	煤炭工业环境保护设计规范
GB/T 176	水泥化学分析方法
GB/T 208	水泥密度测定方法
GB/T 213	煤的发热量测定方法
GB/T 476	煤中碳和氢的测定方法
GB/T 1596	用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 8074	水泥比表面积测定方法 勃氏法
GB/T 14684	建设用砂
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
GB/T 18046	用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB/T 26408	混凝土搅拌运输车
GB/T 50476	混凝土结构耐久性设计标准
HJ 1091	固体废物再生利用污染防治技术导则
JGJ 55	普通混凝土配合比设计规程
JGJ 63	混凝土用水标准
JGJ 206	海砂混凝土应用技术规范
JGJ/T 193	混凝土耐久性检验评定标准
JTG 3420	公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG 3430	公路土工试验规程
JTG/T F30	公路水泥混凝土路面施工技术细则
JTG 3432	公路工程集料试验规程