

一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉  
陷区恢复治理技术规范  
编制说明



标准编制组

2026 年 3 月

# 目 录

一、工作概况 .....	1
（一）任务来源 .....	1
（二）起草单位 .....	2
（三）制定背景 .....	3
（四）起草过程 .....	5
二、编制原则和标准主要内容 .....	10
（一）编制原则 .....	10
（二）标准主要内容 .....	11
三、知识产权说明 .....	14
四、采标情况 .....	14
五、与现行法律规章及标准的协调性 .....	17
六、重大意见分歧的处理 .....	17
七、其他予以说明的事项 .....	17
八、结论 .....	17

# 《一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范》—编制说明

## 一、工作概况

### （一）任务来源

陕西省是国家核心能源化工基地之一，煤炭资源优越，全省含煤面积达 5.7 万平方公里，约占国土总面积的 27.7%，主要集中于陕北侏罗纪煤田及黄陇侏罗纪煤田等区域。然而，长期、高强度的煤炭资源开发在支撑国家能源安全与区域经济发展的同时，也遗留了大量露天采坑及采煤沉陷区。这些区域普遍面临地表塌陷、植被损毁、水土流失等严峻的地质环境问题。特别是陕北黄土高原生态脆弱区，因采矿诱发的土地沙化面积年均递增 1.2%，已对黄河流域中上游的生态安全屏障构成直接威胁。与此同时，伴随煤炭开采与加工，煤矸石、粉煤灰等一般工业固体废物大量堆存，不仅占用土地资源，更存在较高扬尘、淋溶等环境污染风险。

面对“生态破坏”与“固废围城”的双重制约，探索一条兼顾矿区生态修复与大宗固废资源化利用的协同治理路径迫在眉睫。依据《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》关于推进矿山生态环境综合治理的核心精神，以及《“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》的具体要求，陕西省亟需加快推动矿山生态修复与一般工业固体废物源

头减量和综合利用。结合《地质灾害防治条例》、《土地复垦条例》、《矿山地质环境保护规定》及《陕西省矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金实施办法》等现行法规政策，将煤矸石、粉煤灰等一般工业固体废物科学、安全地应用于露天采坑及采煤沉陷区的回填与恢复治理工程中，是践行“以废治废、循环经济”理念的关键举措。该模式既能有效消纳区域大宗工业固废，消除固废堆存安全隐患，又能高质高效地实现沉陷区土地复垦与生态重塑。

尽管采用一般工业固废进行采区回填具有显著的生态与经济效益，但目前全省针对该项工程的适用材料标准、环保控制指标、施工工艺及验收评价体系尚缺乏统一、系统的省级地方技术规范。基于上述背景与现实需求，由西安建筑科技大学牵头负责编制，于 2025 年 2 月正式向陕西省市场监督管理局提交了《一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范》的省级地方标准立项申请，至此，该省级地方标准的编制工作全面启动。

## **（二）起草单位**

本标准（草案）由西安建筑科技大学牵头，中化学城市投资有限公司、北京固废通固废资源化利用有限公司、生态环境部环境发展中心、中煤西安设计工程有限责任公司、西安科技大学、陕西地矿九 0 八环境地质有限公司共同参与。

### （三）制定背景

近年来，随着陕西省能源化工产业的快速发展，全省一般工业固体废物（尤其是煤矸石、粉煤灰等）的产生量与堆存量持续高位运行，但受限于技术与成本瓶颈，现阶段的综合利用率依然偏低，亟需开辟规模化、高价值的资源化利用新途径。与此同时，长期的煤炭开采形成了大量闲置的露天采坑及采煤沉陷区，不仅造成了土地资源的严重浪费，更引发了地表塌陷、植被退化等一系列生态环境问题。如何妥善处置巨量固废以减轻环境承载压力，同时修复矿山受损生态，已成为制约区域绿色高质量发展的两大“痛点”。

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》明确确立了固废“减量化、资源化、无害化”的处理原则；作为黄河流域的重要节点省份，国家《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》对陕西矿区历史遗留生态问题的综合治理提出了硬性要求。此外，国家十部委联合印发的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》中，明确鼓励将煤矸石、粉煤灰等大宗固废安全用于生态修复等领域。《陕西省固体废物污染环境防治条例》及《陕西省“十四五”生态环境保护规划》均将提升大宗工业固废综合利用率、推进矿山地质环境治理恢复列为全省“十四五”期间的核心环保任务。在这一系列国家政策与地方法规的强力驱动下，探索固废资源化与矿区生态修复的协同路径，已成为落实环保目标的

“刚需”。

针对上述现状与政策要求，充分利用废弃矿山的巨大“空间属性”，将一般工业固体废物作为回填材料应用于露天采坑及采煤沉陷区的恢复治理，是一条科学可行的“以废治废”双向赋能路径。该模式一方面能够规模化消纳煤矸石等工业固废，破解固废堆存带来的土地占用和污染隐患；另一方面能够有效解决矿区生态修复中面临的“土资源匮乏、回填成本高昂”等工程难题，从而降低生态环境破坏风险，快速实现土地复垦与生态重塑的目标。

尽管一般工业固废用于回填具有显著的综合效益且符合政策导向，但该过程伴随着不可忽视的潜在环境风险和施工技术问题。目前，国家层面虽有一般工业固体废物贮存和填埋的相关污染控制标准，但针对“固废用于采坑及沉陷区生态恢复治理”这一特定应用场景，陕西省尚缺乏系统、成熟的技术规范。由于没有明确的固废理化指标入场要求、生态环境风险评估方法以及规范的施工与验收指标，导致部分企业在实际操作中面临“不敢填、无标可依”的窘境，或存在环境风险管控不到位的隐患，严重制约了该模式的推广。

《一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范》的提出与制定，正是为了打通这一技术与监管的“难点”。本标准旨在通过建立科学的地质勘察体系、严格的污染管控指标和规范的施工验收流程，确保固废回填与

生态治理全生命周期的“风险可控、生态向好”。这不仅是对现行一般工业固体废物处理处置标准体系的有力细化与补充，更是将固废转化为生态修复资源标准化的关键一步。本标准的出台，将大幅提高陕西省一般工业固废的综合利用水平，为全省范围内的同类矿山生态修复与固废协同处置工程提供科学、严谨、可操作的实践指南，为管理部门提供有力的监管抓手。

#### （四）起草过程

##### 1. 前期调研（2024 年 9 月—2025 年 2 月）

为确保本标准的科学性、严谨性与强操作性，标准起草组开展了详实的前期基础研究与实地勘察工作，具体过程如下：首先，基于标准的专业跨度与技术要求，由西安建筑科技大学牵头，联合环保科研院所、煤炭开采企业及矿山生态修复施工单位等，共同组建了标准起草工作组。起草组成员涵盖了固体废物处理处置、矿山地质环境保护、生态修复工程及环境风险评估等多个领域的专家与技术骨干，为标准的编制奠定了坚实的技术力量基础；然后，起草组全面检索并系统梳理了国内外关于工业固废（煤矸石、粉煤灰等）资源化利用、矿区生态修复及地下水/土壤污染防范防控的技术文献与政策文件。重点对标研究了《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599）等现行国家、行业及地方标准。通过对比分析，明确了陕西省现有标准体系在“固废用

于采坑及沉陷区回填”这一特定交叉领域的盲区与技术空白，确立了本标准的核心编制方向与关键技术指标边界。最后，起草组赴陕北侏罗纪煤田（如榆林、神木等典型矿区）及黄陇侏罗纪煤田等地，开展了为期数月的工程调查，包括现场勘察、物料取样、案例分析等。基于相关案例与实地勘察数据，起草组对固废入场条件、本底调查、回填工艺、风险管控及生态修复等关键环节进行了系统论证，并据此初步搭建本标准的技术框架与草案大纲，为后续起草指明方向。

## 2. 申请立项（2025 年 2 月—2025 年 6 月）

根据《陕西省市场监督管理局关于印发〈2025 年陕西省地方标准申报指南〉的通知》（陕市监标函〔2025〕3 号）要求，《陕西省自然资源厅关于征集 2025 年陕西省自然资源领域地方标准制修订项目的通知》等要求，起草组按时、高质量地完成了本标准的立项草案（初稿）及各项申报材料的整理与报送工作。2025 年 3 月 25 日，项目负责人及起草团队核心成员参加了由陕西省自然资源标准化技术委员会组织召开省级地方标准立项预审会。会上，项目组就本标准的立项背景、现实必要性、适用范围、核心技术框架及预期生态效益进行了详细汇报与答辩。经预审专家组的严格审查，一致认为该标准紧扣地方生态治理需求，技术路径可行，顺利通过立项预审。

为进一步提升标准草案的科学性、严谨性与行业适用性，

2025 年 4 月 14 日，专门组织召开了标准立项起草专题讨论会。会议邀请矿山修复领域、生态环保领域、固废资源化利用领域的知名专家莅临指导。与会专家对标准草案的章节结构、关键技术指标边界及实施风险防范等进行了深入研讨，并提出了建设性的修改指导意见。会后，起草组逐条吸收专家建议，对立项申报材料 and 标准草案进行了全面修订与完善。

2025 年 5 月 16 日，参加了陕西省市场监督管理局组织的 2025 年第一批省级地方标准立项评审会。2025 年 6 月 16 日，陕西省市场监督管理局决定下达 2025 年第一批陕西省地方标准项目计划的通知，该标准正式立项，项目计划编号为：SDBXM 005-2025。

### 3. 标准制定与完善（2025 年 7 月—2026 年 3 月）

2025 年 7 月 10 日，由牵头编制单位西安建筑科技大学联合相关主管部门组织召开了标准编制组成立暨首次工作会议。会议宣读了陕西省市场监督管理局《关于下达 2025 年第一批陕西省地方标准项目计划的函》（项目编号：SDBXM 005-2025），并由项目负责人正式宣布《一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范》编制工作组成立。会议明确了标准编制的核心技术路线、总体进度安排、各参与单位职责及人员分工。会议确定了王艳、夏进文、杜建磊、吕远强、李奥阳、李安定、席国强、刘成国、朱楠、肖磊、高蓉、关琥、郭冰冰等为标准编制组主要技术骨干与

核心成员，全程主导并参与标准编制及调研论证等相关工作。

2025 年 8 月至 10 月，标准编制组先后赴榆林（神木、府谷等）、延安、铜川、渭南等全省煤炭开采与固废产生重点市县开展了深度的实地调研。在此期间，编制组通过召开现场技术交流会与涉煤、环保企业座谈会，全面摸底了各市县煤矸石与粉煤灰等固废的堆存现状、矿山生态修复工程进展、以及实际回填操作中面临的防渗管控与监管难题。同时收集了大量不同矿区的固废理化特性指标、回填施工工艺及地下水长期监测等一手工程资料。结合上述调研成果与前期文献基础，编制组成员对固废入场门槛、回填技术参数等核心内容进行了多轮集中研讨，不断修改完善，形成了标准讨论一稿。随后，编制组针对各项污染控制限值、生态修复指标的规范性与可操作性进行了细致推敲，经修改完善后形成了标准讨论二稿。

2025 年 10 月至 12 月，编制组对标准讨论二稿进行深度打磨。在此期间，主要牵头编制单位西安建筑科技大学组织召开了标准技术审查会，专门邀请了矿山地质环境、固体废物处理处置、生态修复及标准化制定等相关领域的专家学者，对标准讨论稿进行了严格的内部审查。专家组重点针对回填材料的重金属污染防范措施、压实度检验、防渗系数等关键技术条款进行了充分质询与论证。会后，编制组悉心吸纳专家组意见，对标准文本进行了逐条打磨与严谨修订。

2026 年 1 月至 3 月，编制组积极配合陕西省自然资源厅主管部门，邀请市场监督管理局、行业专家等召开标准编写推进会，对标准内容整体框架与具体技术细则进行了全面审查。与会专家认为该标准定位准确、指标设置合理，契合陕西省矿区治理实际。会后，编制组根据专家提出的建议，对文本进行修稿，最终形成了标准《征求意见稿》。

4. 任务分工

西安建筑科技大学为本标准的主编单位，负责编制工作的整体统筹与推进。各参编单位按专业领域分工，配合主编单位完成标准修订与完善，确保编制内容符合实际需求。具体分工如下：

单位类型	单位名称	具体职责
主编单位	西安建筑科技大学	1、组织科研团队开展基础研究，为标准提供理论支持。 2、对标准中的技术条款进行科学性论证，参与标准的调研、起草和修改工作。 3、负责标准申请与盖章、前期调度及组织会议评审。
参编单位	研究院校	1、承担相关专题研究，包括固体废物环境影响评估模型研究、生态恢复效果长期监测与评估等。 2、提供最新研究成果和技术方法，参与标准中技术指标的确定和验证工作。 3、对标准实施过程中的关键技术问题提供技术咨询和解决方案。

	产废企业	1、提供企业产生的一般工业固体废物的种类、产量、成分、特性等详细信息，为固体废物筛选和评估提供基础数据。 2、反馈企业在固体废物处置方面的实际需求和问题，参与讨论其在治理中的可行性和适用性，为标准实用性提供实践依据。
	综合利用企业	1、提供固废资源化工艺方案、成本效益分析及工程应用案例； 2、验证技术规范在沉陷区治理中的可操作性。
	设计研究所	1、负责技术规范中工程设计相关内容编写，涵盖回填工程总体设计方案、施工工艺要求等。 2、参与标准整体框架设计与技术路线规划。 3、协调各方意见，确保标准符合工程实际需求及行业发展趋势。

## 二、编制原则和标准主要内容

### （一）编制原则

#### 1. 坚持风险防控、综合利用

露天采坑及采煤沉陷区回填修复治理采用一般工业固体废物作为回填物料可能对土壤、地下水和地表水造成污染，存在潜在的环境风险。因此，需要进行全面的科学评估，并采取必要的管控措施，确保回填和生态修复过程中的环境风险可控且可接受。同时该方法也能有效处理历史遗留和新增的一般工业固废，提升资源综合利用水平。

#### 2. 坚持因地制宜、合理可行

结合陕西省的地质、水文、气象，以及一般工业固体废物产生的种类及特性等实际情况，基于现有法规标准规范的

相关要求，在确保回填和生态修复环境风险可控的前提下，进一步优化防控措施，增强标准的针对性和可操作性。

### 3. 坚持统筹兼顾、充分衔接

在进行本地调查和固体废物污染特征调查时，尽可能采用或参考国家和行业现行标准规定的原则、方法和内容。本标准特别针对回填情形和相关技术要求进行了规定，通过遵循这些规定，能够确保回填过程中，进行本地调查和固体废物污染特征调查时，符合国家和行业的标准要求，以保障环境质量监测的准确性和有效性。

### 4. 坚持生态修复原则

坚持“节约优先、保护优先、自然恢复为主”，“因地制宜、综合治理、经济可行、合理利用”，“政府主导、政策扶持、社会参与、开发式治理、市场化运作”的矿山地质环境治理恢复原则。

## （二）标准主要内容

本标准的主要内容从一般规定、本底调查、露天采坑及采煤沉陷区回填、生态修复、监测与管理等展开，具体内容如下所示。

### 1. 一般规定

一般规定包括了露天采坑及采煤沉陷区要求、回填固废要求、回填要求、生态修复要求、安全和环境监测要求。露天采坑及采煤沉陷区要求明确可治理露天采坑及采煤沉陷

区基本条件，符合管理部门要求；回填固废要求明确固废的种类，对固废的来源进行分析、检测，确定各项指标，如陕西省部分代表地区的煤矸石检测结果如表 1 所示。生态修复要求明确生态修复的基本原则，满足植被恢复、土地复垦的质量要求；安全和环境监测要求明确监测管理制度，提出环境质量标准与风险评估指标。

表 1 陕西省部分地区煤矸石检测结果

原料类别	SiO <sub>2</sub> (%)	烧失量 (%)	发热量 (kJ/kg)	压碎指标 (%)
大柳塔大矿煤矸石	51.72	14.24	2481.16	24
澄城煤矸石	53.41	16.85	4380.22	27
韩城煤矸石	58.97	9.59	900.71	15
神木煤矸石	38.42	12.95	1776.20	18
柠条塔煤矸石	55.89	8.17	664.75	19
红柳林煤矸石	47.90	13.39	1557.45	16
府谷冯家塔煤矿	46.67	8.78	752.94	20
孙家岔煤矸石	49.80	14.82	1869.34	23

2. 本底调查

本底调查规定了调查范围、内容与方法、地质条件调查、生态现状调查、环境质量调查。其中，地质调查主要调查了露天采坑及采煤沉陷区工程地质、生态现状等基本情况；固体废物主要调查了一般工业固体废物的产生来源，分析其潜在污染特征；环境调查主要调查了土壤、地表水及地下水的

环境质量与本底水平。

3. 露天采坑及采煤沉陷区回填

露天采坑及采煤沉陷区回填包括了勘察、设计、施工、回填区域封闭、运营及污染控制。其中，设计是主体工程应根据实际需求设计，确保安全性，并有利于物料运输、回填等作业；施工主要考虑质量、安全与环境等制定施工方案，对不同固废的回填措施提出施工参数要求；回填区域封闭是根据区域封闭结构，提出风险控制要求，设置阻隔层、覆盖土层、雨水导排系统等；运营及污染控制是回填过程应建立检查维护制度，制定污染防治及应急措施，防止环境污染。

4. 生态修复

生态修复包括植被修复、养护与管理。生态修复的主要技术路线见图 1。

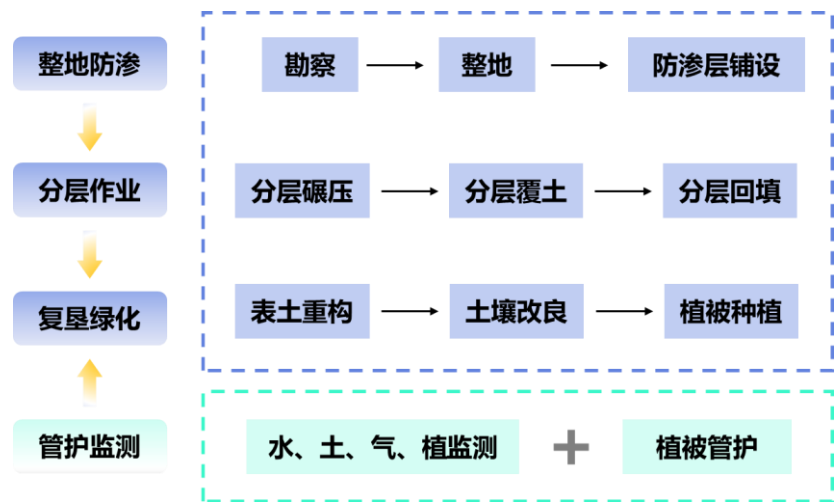


图 1 生态修复的主要技术路线

植被修复是设定修复目标，优先使用原生表土，确保修复成效；养护与管理采取定期或不定期喷水、追肥、防治病虫害等措施，对复绿植被进行养护；验收是针对修复后的植

被类型、分布、成活率、覆盖度的变化情况进行调查。

## 5. 监测与管理

监测与管理主要有土壤监测、水资源监测、大气监测、评估与管理。土壤监测包括调查土壤环境，布置土壤监测点，定期采集土壤样品，评估生态修复后的土壤质量；水资源监测是指对存在影响的地表水和地下水布置监测点，确定监测指标，进行定期取样，评估水质状况；大气监测仅在回填作业期间开展，通过监测点采集空气质量数据，确定是否存在超标情况；评估与管理是指建立长期管理制度和应急事件处理手段，防止突发性环境污染事件，并设置标识牌等。

## 三、知识产权说明

本标准不涉及专利、知识产权等相关问题，无知识产权纠纷。

## 四、采标情况

### 1. 与国家标准的比较：

① GB 18599-2020,《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》，生态环境部发布，2020 年 12 月 8 日。

② GB 42251-2022,《采矿沉陷区生态修复技术规程》，国家市场监督管理总局发布，2022 年 12 月 30 日。

《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）、《采矿沉陷区生态修复技术规程》（GB 42251-

2022) 发布, 对一般工业固废回填和采坑沉陷区修复提出了相关的污染控制参数。参考国家标准, 本地方标准对相关细节进行了补充说明, 部分内容如下:

- 回填固废要求: 露天采坑及采煤沉陷区开展生态修复治理选用的回填固废除应满足第 I 类或第 II 类一般工业固体废物要求外, 同时应符合以下要求: 有机质含量  $< 5\%$  (煤矸石、气化渣除外); 硫含量  $\leq 3\%$ ; 水溶性盐总量  $\leq 3\%$ 。
- 阻隔层可采用改性压实粘土类材料或具有同等以上隔水效力的其他材料, 其防渗性能应至少相当于渗透系数为  $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ , 且厚度不少于  $0.3 \text{ m}$  的天然基础层。

本地方标准还规范了露天采坑及采煤沉陷区生态修复的环境监测要求和评估管理细节, 以保障环境质量监测的准确性和有效性, 确保符合国家和行业的实际要求, 部分内容如下:

- 露天采坑及采煤沉陷区上游地下水对照井每年枯水期、丰水期、平水期各监测 1 次, 污染监控井每年单月各采样 1 次, 全年共监测 6 次。
- 露天采坑及采煤沉陷区生态修复后要结合每年生态调查的结果评估植被生态修复的状况。一般以矿区周边典型的自然植被系统为参照, 从植物多样性、优势物种数量、植被覆盖度、植被生物量等相关指标评估生态修复的效果。

## 2. 与地方标准的比较:

① DB15/T 2763-2022,《一般工业固体废物用于矿山采坑回填和生态恢复技术规范》,内蒙古自治区市场监督管理局发布,2022年8月15日。

DB15/T 2763-2022 规定了利用一般工业固体废物对矿山采坑进行回填和生态恢复的工作流程、基本要求、本底与固体废物调查、回填可行性分析、回填要求、生态恢复要求、污染控制要求、环境质量监测及相关管理要求。本地方标准对采煤沉陷区定义、勘察、设计、施工和验收进行了详细补充,新增了回填时沉陷区稳定性的施工技术指标,部分内容如下:

- 采坑整体回填时,应确保回填过程及回填区域长期安全稳定,回填高度不得高于原始地貌,最终回填边坡坡面角一般不大于 25°。
- 选择煤矸石堆放场地时,应选择平坦、稳定、不易滑动地面,周围布设防护措施。煤矸石堆放高度一般不超过三层,每层高度不大于 2 m。

② DB34/T 4541-2023,《废弃露天采坑一般工业固废处置与生态修复技术规范》,安徽省市场监督管理局发布,2023年7月31日。

DB34/T 4541-2023 规定了利用一般工业固体废物回填废弃露天采坑进行地貌重塑与生态修复工程的选址、勘察、设计、堆填、生态修复、竣工验收及后期监测管护等技术要求

和相关管理要求。本地方标准对露天采坑提出新的回填技术要求，以及露天采坑生态修复后的回填区域封闭管理、施工场地运营等，部分内容如下：

- 若需要煤矸石对沉陷区回填时，应满足以下要求：填充物粒径应控制在 $\leq 300\text{ mm}$ ，粒径小于  $80\text{ mm}$  的填充物所占比例为  $70\% \sim 95\%$ ；
- 回填完成后，应设置阻隔层、覆盖土层、雨水导排系统等进行封闭，其中覆盖土层的厚度依据材料颗粒度大小和拟种植物种类确定，覆盖土层厚度不少于  $0.3\text{ m}$ 。
- 施工场地运营应定期检查维护堤、坝、挡土墙、导流渠等设施，定期检查频率至少每半年 1 次。

## 五、与现行法律法规及标准的协调性

本标准与现行的国家相关法律法规和强制性标准不冲突。

## 六、重大意见分歧的处理

无。

## 七、其他予以说明的事项

无。

## 八、结论

综上所述，《一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范》的制定，紧密契合国家生态保护和

高质量发展战略，全面贯彻了“减量化、资源化、无害化”的固体废物治理原则。本标准的编制过程严谨扎实，编制组深入陕西省典型煤炭开采与固废产生区域开展了大量实地工程调查。标准条文的设定充分结合了陕西省工业固体废物堆存现状与矿区生态修复的实际需求，经过了多轮技术论证、指标测算与专家审查，各项技术指标科学合理，污染防治措施严密有效，具备充分的技术可行性与较强的工程可操作性。本标准的出台，及后续的大力推广，将真正实现“以废治废、协同增效”。同时，有效化解大宗固废“围城”压力，大幅降低矿山修复成本，促进受损生态环境的快速重塑，具有显著的生态效益、经济效益与社会效益。