

煤矸石堆场生态恢复治理技术规范

Technical specifications for ecological restoration treatment of coal guague field



2018 - 12 - 05 发布

2019 - 02 - 05 实施



地方标准信息服务平台

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 煤矸石堆场分类及分区	3
5 治理原则及工作内容	3
6 煤矸石堆场调查评估	3
7 煤矸石堆场治理工程	5
8 施工与验收	7
9 后期管理与维护	8
附录 A（资料性附录） 煤矸石堆场生态恢复治理工作内容	9
附录 B（资料性附录） 煤矸石堆场调查内容	10
附录 C（规范性附录） 堆体边坡稳定性评估方法	12
附录 D（资料性附录） 自燃煤矸石堆场灭火方法	13

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由山西省生态环境厅提出。

本标准由山西省环境保护标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：山西省固体废物管理中心、煤炭工业太原设计研究院、山西省生态环境研究中心、山西大学国家环境保护煤炭废弃物资源化高效利用技术重点实验室。

本标准主要起草人：李晓姣、韩永亮、郭斌、陈友明、袁进、杜世勋、冯蕊、赵亚平、杨凤玲、翟平全、赵亮、石春宇、董完毛、李晶晶、韩翠花、李瑞云、惠晓梅、郭彦霞。



煤矸石堆场生态恢复治理技术规范

1 范围

本标准规定了煤矸石堆场生态恢复治理的术语和定义、煤矸石堆场分类及分区、治理原则及工作内容、煤矸石堆场调查评估、煤矸石堆场治理工程、施工与验收、后期管理与维护。

本标准适用于我省历史堆存煤矸石堆场的生态恢复治理。自标准发布之日起已完成生态恢复治理的除外，正在实施生态恢复治理的可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB 15562.2 环境保护图形标志—固体废物贮存（处置）场
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
- GB 20426 煤炭工业污染物排放标准
- GB/T 32864 滑坡防治工程勘察规范
- GB/T 34230 煤和煤矸石淋溶试验方法
- 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 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 50326 建设工程项目管理规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB 50433 开发建设项目水土保持技术规范
- GB 51018 水土保持工程设计规范
- GB 51214 煤炭工业露天矿边坡工程监测规范
- HJ 25.2 场地环境监测技术导则
- HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
- HJ/T 164 地下水环境监测技术规范
- HJ 651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）
- TD/T 1036 土地复垦质量控制标准
- DB14/T 707 煤矸石场植被建设技术规程
- DB14/T 1113 复垦农田土壤肥力评价及提升技术规程
- DB14/T 1114 煤矸石填埋造田技术规程
- 建设项目（工程）竣工验收办法 计建设[1990]1215号
- 建设项目竣工环境保护验收暂行办法 国环规环评[2017]4号

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矸石

煤矿在开拓掘进、采煤和煤炭洗选等生产过程中排出的含碳岩石。

3.2

煤矸石堆场

集中堆放煤矸石的场地。

3.3

历史堆存煤矸石堆场

不再继续使用，且未按GB 18599、GB 20426和HJ 651规定要求堆放，应恢复治理的煤矸石堆场。

3.4

煤矸石自燃

煤矸石中的可燃成分在自然条件下氧化发热达到其燃点后发生燃烧的现象。

3.5

非自燃煤矸石堆场

未发生自燃且无自燃倾向性的煤矸石堆场。

3.6

自燃煤矸石堆场

发生自燃或具有自燃倾向性的煤矸石堆场。

3.7

自燃煤矸石堆场防控区

温度监测 $<70^{\circ}\text{C}$ 的煤矸石集中堆放区域。

3.8

自燃煤矸石堆场临界区

温度监测 $<90^{\circ}\text{C}$ ，且 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ 的煤矸石集中堆放区域。

3.9

自燃煤矸石堆场蓄热区

温度监测 $<230^{\circ}\text{C}$ ，且 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ 的煤矸石集中堆放区域。

3.10

自燃煤矸石堆场发火区

温度监测 $\geq 230^{\circ}\text{C}$ 的煤矸石集中堆放区域。

3.11

回填区

煤矸石堆场在整形、削坡治理过程中产生的多余煤矸石回填堆放的空间区域。

3.12

层间覆土

为了防止煤矸石自燃，回填区分层堆矸采取的中间层覆土。

3.13

生态恢复治理

对因煤矸石堆放导致受损的生态系统，采取灭火、挡护及排水治理、生态恢复等人为的促进措施，恢复为符合生态规律和当地社会经济发展需要的可持续生态系统的过程。

4 煤矸石堆场分类及分区

4.1 根据煤矸石堆场的自燃情况，可分为自燃煤矸石堆场和非自燃煤矸石堆场两大类。

4.2 自燃煤矸石堆场可根据堆场内温度测点情况划分为：防控区、临界区、蓄热区和发火区。

5 治理原则及工作内容

5.1 治理原则

煤矸石堆场治理应本着安全优先、环保并重、因地制宜、生态协调的原则，科学开展调查评估、规范实施恢复治理，严格后期管理和维护，防控水土流失，避免二次污染。

5.2 工作内容

煤矸石堆场生态恢复治理工作内容包括调查评估、治理工程、验收、后期管理及维护，参见附录A。

6 煤矸石堆场调查评估

6.1 煤矸石堆场调查

6.1.1 一般规定

拟实施生态恢复治理的煤矸石堆场均应开展调查。明确煤矸石堆场的范围、特征、堆存状态、已采取措施的有效性以及对环境造成的影响等，为生态恢复治理工作提供依据。

6.1.2 调查范围

以煤矸石堆场区域为主要调查对象，必要时可延伸至堆场可能影响的外延区域。

6.1.3 调查方法

应采用资料收集、现场踏勘、工程勘查、分析监测等综合方法开展调查工作。

6.1.4 调查内容

煤矸石堆场调查内容参见附录B。

6.2 煤矸石堆场评估

6.2.1 自燃倾向性评估

6.2.1.1 拟实施生态恢复治理的煤矸石堆场均应开展自燃倾向性评估。经评估具有自燃倾向性的堆场应按照自燃煤矸石堆场开展生态恢复治理和管理。

6.2.1.2 自燃倾向性评估应采取定性判断和定量分析相结合的方法。

6.2.1.3 历史或现状发生过自燃现象，或者堆体内部温度超过环境温度且呈持续上升趋势的堆场，可判定具有自燃倾向性。

6.2.2 安全稳定性评估

6.2.2.1 一般规定

经调查，存在不良地质作用或工程地质类比判断存在不稳定因素的堆场，应委托第三方专业机构开展安全稳定性评估，为场址适宜性评估和后续针对性治理提供依据。评估内容包括：场地稳定性评估、堆体边坡稳定性评估、防洪排水可行性评估。

6.2.2.2 场地稳定性评估

场地稳定性评估包括：活动断裂、地裂缝、滑坡、泥石流、崩塌、岩溶、采空区、土洞塌陷等不良地质作用对煤矸石堆场整体稳定性的评估，应按照GB/T 32864、GB 50021开展评估。

6.2.2.3 堆体边坡稳定性评估

6.2.2.3.1 应在模拟煤矸石堆体边坡破坏形式的基础上开展堆体边坡稳定性评估。可选择工程地质类比法、极限平衡法、图解分析法、有限单元法等进行综合评估。当堆场边界条件不一致时，应分区段分别评估。

6.2.2.3.2 煤矸石堆体边坡稳定性可划分为：稳定、基本稳定、欠稳定和不稳定四种状态。划分依据按照附录C执行。

6.2.2.4 防洪排水可行性评估

按照GB 51018相关规定开展煤矸石堆场现有防洪排水措施可行性评估。

6.2.3 场址适宜性评估

6.2.3.1 应根据堆场调查和安全稳定性评估结果，综合分析评估堆场场址是否适宜。

6.2.3.2 以下情形场址应判定为不适宜：

- a) 位于生活饮用水水源保护区内；

- b) 位于生态保护红线范围内，且无法通过生态恢复治理满足相应红线保护要求；
- c) 位于行洪河道内妨碍行洪，且无法通过工程措施泄洪；
- d) 经堆场安全稳定性评估，无法通过工程措施消除安全隐患；
- e) 堆场现状监测已造成地表水、地下水和土壤环境中重金属和多环芳烃等有毒有害物质超标，且无法通过工程措施消除环境污染。

6.2.3.3 经评估场址不适宜的煤矸石堆场，应实施煤矸石异地处置。异地处置应满足 GB 18599、GB 20426 和 HJ 651 规定要求。

7 煤矸石堆场治理工程

7.1 自燃煤矸石堆场防灭火治理

7.1.1 治理原则

自燃煤矸石堆场应实施综合治理，将系统灭火防复燃、堆体整形截排水、分层压实覆土、生态恢复等各环节紧密联结，将隔氧、降温落实到治理全过程，加强治理前、治理中和治理后自燃情况监测监控，实施动态设计、信息法施工的工程管理方法。

7.1.2 火源探测

7.1.2.1 实施治理前，应开展煤矸石堆场火源探测。

7.1.2.2 可采用测温法、同位素测氦法和气体测量法等综合性探测方法。

7.1.2.3 经综合探测分析，绘制煤矸石堆场温度等值线图。

7.1.2.4 根据测温结果及温度等值线图，按照防控区、临界区、蓄热区和发火区，绘制煤矸石堆场自燃分区图。

7.1.2.5 当堆体内温度超过环境温度，且呈上升态势时，应持续关注；防控区和临界区应纳入重点监控范围；蓄热区和发火区应纳入灭火治理范围。

7.1.3 灭火方法

灭火方法包括：覆盖法、挖除火源法、槽沟灌浆法、钻孔注浆法，以及实际应用中证明安全、有效的其它方法。各灭火方法适用范围及技术要求参见附录D。应根据煤矸石堆场的地区环境，选择一种或多种结合的适宜灭火方法。

7.1.4 灭火效果检测

7.1.4.1 一般规定

灭火治理工程竣工3个月后，应根据实际情况采用钻孔抽检法、综合物探法或其他安全有效的一种或多种方法进行灭火效果检测。

7.1.4.2 钻孔抽检法

抽检孔根据火区范围随机布设，探测深度应达到对应区域火源最大深度，抽检率不小于全部注浆孔总数的3%。灭火效果检测标准如下：

- a) 地表着火征状消失。
- b) 各观测孔内气体温度呈持续下降趋势，全孔最高温度小于 100℃，且 90%以上观测孔最高温度稳定在 70℃以下。

- c) 各观测孔内一氧化碳浓度持续下降，孔内最高值小于 $625\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，且 90%以上观测孔一氧化碳最大浓度稳定在 $125\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下。
- d) 各观测孔内气体温度及一氧化碳浓度的月平均值在 6 个月内呈持续下降趋势。

7.1.4.3 综合物探法

可选用磁法、电法等综合物探法。灭火效果检测标准如下：

- a) 地表着火征状消失。
- b) 磁场异常值基本稳定；电异常有消失趋向。

7.1.5 补充灭火

通过灭火效果检测情况，综合评价煤矸石堆场的灭火效果，对灭火不充分的地段应重点采用补充注浆、分层碾压覆土等措施防止复燃。

7.2 堆体整形及边坡治理

7.2.1 煤矸石堆体应根据区域地形地质、水文条件、施工方式、景观要求等因素，采取削坡开级、挡护、坡面固定、滑坡防治等整形及边坡治理措施。治理后的边坡应达到稳定状态。

7.2.2 应优先选用削坡开级治理煤矸石堆场边坡。每级边坡高度宜为 $5.0\text{m}\sim 8.0\text{m}$ ，坡率不宜大于 1:1.75。台阶设置为 2%~5%坡度的反坡形式，宽度不宜小于 3.0m 。

7.2.3 回填区的煤矸石填埋厚度每达到 1.0m 应摊铺、平整、碾压。

7.2.4 在渗流作用下易产生塌陷、滑坡等不良地质作用的坡段，应采取渗流疏导措施，确保边坡的稳定性。

7.2.5 无削坡及挡护条件时，可采取锚索支护等措施固定坡面。

7.2.6 对易发生滑坡的坡体，应根据堆体的岩性、潜在滑动层、地下水径流条件、人为开挖情况等滑坡要素，采取削坡反压、拦排地表水、控制地下水、抗滑桩等滑坡防治措施。

7.2.7 边坡挡护措施的适用条件与设计应执行 GB 50330 及 GB 50433 的规定要求。

7.3 防洪与疏排水

7.3.1 根据堆场现状和周围地形情况，可采用排水涵洞、挡水坝、截洪沟、防洪堤、溢流道和必要的泄洪通道等防洪工程措施。

7.3.2 堆场边坡坡顶、坡面、坡脚和台阶均应设排水沟，并做好坡脚防护。

7.3.3 当堆场阻碍上游排洪时，应采取有效排洪措施，上游不得产生积水。

7.3.4 当堆场出现地下水渗出或露头现象时，应根据实际情况采取疏水措施。

7.3.5 工程防洪标准、级别及排水构筑物设计按照 GB 51018 相关规定执行。

7.3.6 应在堆场拦矸坝或挡墙下游设置煤矸石淋溶液收集设施，收集的淋溶液可回用于堆场抑尘或绿化。自燃煤矸石堆场酸性淋溶液应进行中和处理。

7.4 覆土

7.4.1 技术要求

7.4.1.1 回填区层间覆土

自燃煤矸石堆场回填区填矸应采取隔层填埋。当矸石填埋厚度达到 3.0m ，应上覆压实土层，厚度应为 $0.3\text{m}\sim 0.5\text{m}$ ，压实系数不小于 0.85，形成覆土阻燃系统。

7.4.1.2 封场平台覆土

7.4.1.2.1 覆土厚度应根据植被恢复类型和场地用途确定。

7.4.1.2.2 自燃煤矸石堆场恢复为农业和林灌草植被的，覆土厚度应在 0.8m 以上，先覆土 0.5m 以上并压实，压实系数不小于 0.85；再覆土 0.3m 以上。

7.4.1.2.3 非自燃煤矸石堆场恢复为农业和林灌草植被的，覆土厚度应在 0.5m 以上。

7.4.1.2.4 恢复为建筑及景观用地的，根据使用功能确定覆土厚度。

7.4.1.3 封场边坡覆土

应按生态修复植被特点合理确定覆土厚度，坡面应在 0.5m 以上，压实系数不小于 0.83。

7.4.2 土壤要求

7.4.2.1 回填区层间覆土

可采用任何不超过 GB 15618 和 GB 36600 土壤污染风险筛选值的天然土壤及符合相关标准的替代材料。

7.4.2.2 封场边坡及平台覆土

7.4.2.2.1 优先使用堆放前剥离的表土，当无剥离土或者剥离土达不到要求时，可采用客土；

7.4.2.2.2 覆土土壤 pH 值应为 5.0~8.5，土粒密度宜保持在 $1.1\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.3\text{g}/\text{cm}^3$ ；

7.4.2.2.3 覆土土壤可溶性盐含量一般小于 0.2%；

7.4.2.2.4 当采用含砾土壤时，砾石体积含量应小于 15%，砾石直径应小于 7cm。

7.5 配套工程

堆场的配套工程主要包括：道路工程、供水工程、供电工程等，均按照各相关行业规范执行。

7.6 生态恢复

7.6.1 煤矸石堆场植被恢复应采用宜农则农、宜林则林、宜草则草的原则，恢复后的植被覆盖率应不低于当地同类土地植被覆盖率，植被类型要与原有类型相适应、与周边自然景观相协调。严禁使用外来入侵有害物种进行植被恢复。

7.6.2 煤矸石堆场植被恢复执行 DB14/T 707 规定要求。

7.6.3 煤矸石堆场造田恢复执行 DB14/T 1114 规定要求，土壤肥力评价及提升执行 DB14/T 1113 规定要求。自燃煤矸石堆场恢复为农用地时，应开展生态风险评估。

7.6.4 煤矸石堆场封场后如用于建筑场地等用途，应符合国家相关政策要求。

8 施工与验收

8.1 施工

8.1.1 工程施工应符合国家和行业相应专项工程施工规范、施工程序及管理文件的要求。

8.1.2 工程质量监督管理应符合 GB/T 50326 相关规定。

8.1.3 工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合相关国家标准，并取得供货商的产品合格证后方可使用。

8.1.4 施工单位应制定并落实环境监测计划，并接受地方生态环境行政主管部门监督检查。

- 8.1.5 施工期大气污染物排放应执行 GB 20426 规定要求，噪声排放应执行 GB 12523 规定要求。
- 8.1.6 大雨和暴雨天气严禁灭火施工作业。

8.2 验收

8.2.1 竣工验收应按照《建设项目（工程）竣工验收办法》《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》和本标准有关规定执行。

8.2.2 验收内容及标准如下：

- a) 灭火效果检测符合 7.1.4 要求；
- b) 堆体整形及边坡治理、防洪及疏排水、覆土、配套工程、生态恢复等各项工程均按照设计完成，并满足本标准要求；
- c) 生态恢复植被覆盖符合 7.6.1 要求；
- d) 治理后土地质量满足 TD/T 1036 要求；
- e) 项目勘察、设计、施工、监理、管理等全过程的技术资料和档案齐全；
- f) 建立后期管理和维护制度，并落实资金保障。

8.2.3 验收完成后，责任主体应向当地生态环境主管部门备案。

9 后期管理与维护

9.1 设置标志

煤矸石堆场治理封场后，应设置标志牌和边界标志物，注明封场时间、坐标范围、责任单位以及使用该土地时应注意的事项。图形标志应符合 GB 15562.2 规定要求，并对标志定期检查和维修。

9.2 建立档案

煤矸石堆场封场后期管理与维护期间，应建立记录制度，主要记录管护情况和监测数据等。

9.3 跟踪监测

9.3.1 自燃监测

应对生态治理后的煤矸石堆场的内部温度进行监测，每半年至少监测一次。

9.3.2 边坡稳定性监测

对治理后煤矸石堆场的坡体和坝体进行变形监测。封场后连续监测不少于三年，每个季度监测不少于一次。三年以后每年应监测一次。变形监测应按照 GB 51214 有关要求执行。

9.3.3 环境监测

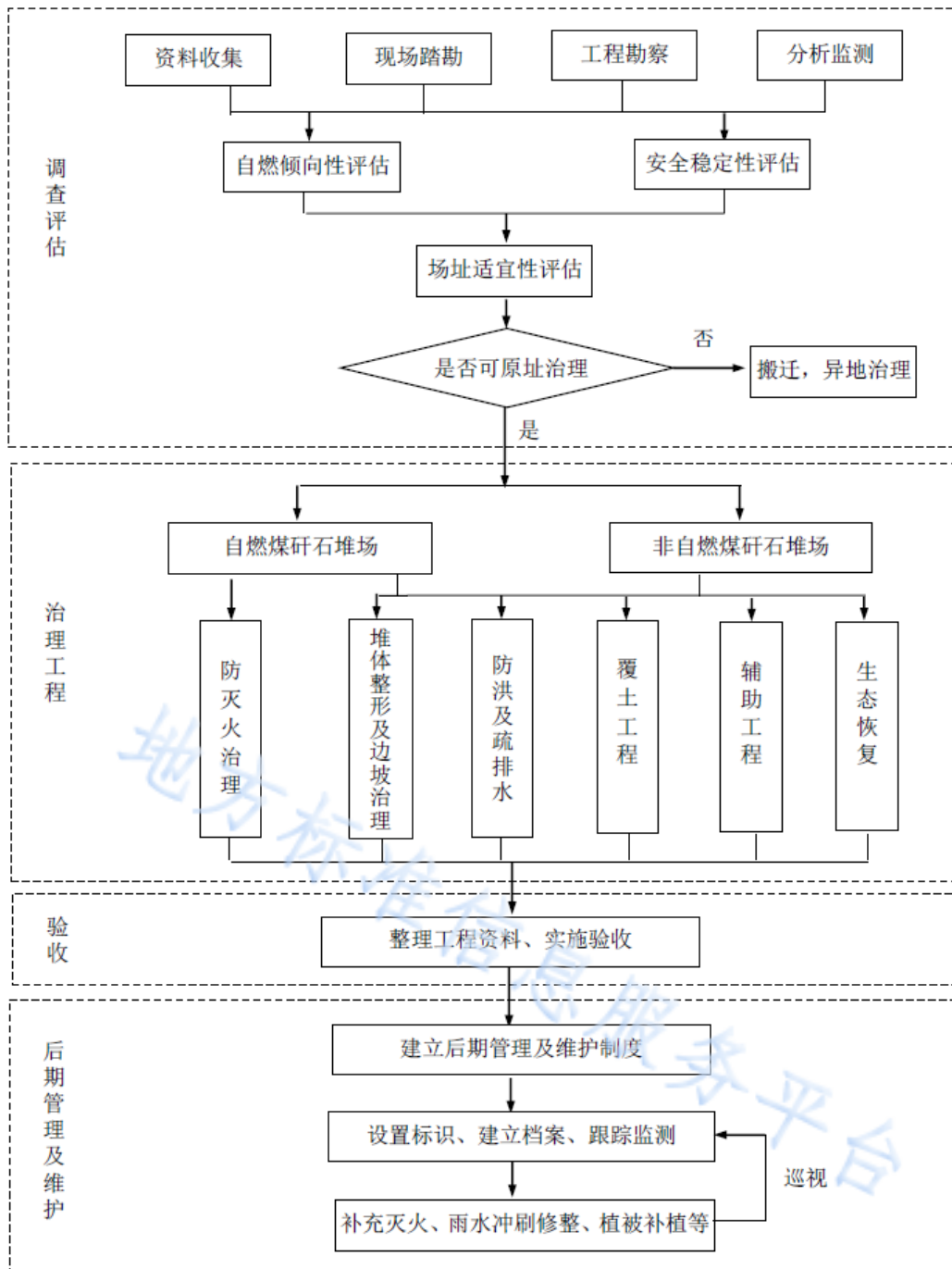
自燃煤矸石堆场生态恢复治理完成后，应对地下水和土壤环境进行连续三年跟踪监测，监测点位、频次、因子、采样及分析方法等参考附录 B 中 B.4.2 执行，如地下水和土壤环境质量恶化，应分析原因，制定治理方案，开展针对性治理。

9.4 维护管护

生态治理竣工的煤矸石堆场应制定管护制度体系，制度中应包括：定期巡视、植被维护和补植等主要内容。

附 录 A
(资料性附录)
煤矸石堆场生态恢复治理工作内容

图A.1给出了煤矸石堆场生态恢复治理工作内容。



图A.1 煤矸石堆场生态恢复治理工作内容

附 录 B
(资料性附录)
煤矸石堆场调查内容

B.1 资料收集

B.1.1 堆场基本情况

堆场基本情况包括但不限于如下信息：

- a) 堆场名称、地理位置、占地面积、矸石主要来源、堆矸企业、堆矸时间、堆矸量、堆放方式、最大堆矸高度；
- b) 煤矸石成分及淋溶试验结果；
- c) 堆场已采取的工程治理措施及相关方案、设计资料；
- d) 堆场是否发生过自燃或其他环境污染事件及相关记录资料；
- e) 堆场是否发生过滑坡、泥石流、溃坝等安全事故及相关记录资料；
- f) 堆场历史变迁情况。

B.1.2 自然环境概况

自然环境概况包括但不限于如下信息：

- a) 堆场所在区域气温、年积温、降水、风向、风速、冻土深度和无霜期等气象气候资料；
- b) 堆场地形地貌、地质及构造，活动断裂、地裂缝、滑坡、崩塌、岩溶、采空区、土洞塌陷等不良地质作用资料；
- c) 堆场及其所在区域地表水及地下水分布资料；
- d) 堆场土地利用现状、规划及土壤理化性质等资料；
- e) 当地农作物及植物群落、物种等资料。

B.1.3 社会环境概况

社会环境概况包括但不限于如下信息：

- a) 堆场所在地的经济现状和发展规划、人口密度和分布；
- b) 周边敏感目标分布，包括名称、与堆场的相对位置关系、规模、所在环境功能区及保护内容等。

B.2 现场踏勘

B.2.1 应对煤矸石堆放工艺过程及现状存在的问题、堆场及周边生态环境状况、自然环境及人文景观、社会经济状况进行全面踏勘。

B.2.2 对人员进行访谈，访谈对象包括地方政府行政人员、堆场周边居民、堆场土地不同阶段使用者、以及熟悉当地情况或矿山的第三方等。访谈内容主要包括堆场生态破坏、环境污染的历史及现状、社会经济状况等。

B.3 工程勘察

应根据设计需要，开展堆场地形测量、工程及水文地质勘察、火区勘察、安全稳定性勘察等。

B.4 分析监测

B.4.1 煤矸石成分鉴定

应对堆存的煤矸石物理化学成分进行分析，按照GB/T 34230开展煤矸石淋溶试验。

B.4.2 环境质量监测

B.4.2.1 环境空气质量监测

自燃煤矸石堆场应开展环境空气质量监测，监测项目应包括： $PM_{2.5}$ 、 SO_2 、CO、 H_2S 等四项指标。至少布设3个监测点位，分别位于堆场当时上风向50m处、堆场中心区域、下风向50m处，监测点位距地面或堆体高1.5~2.0m。采样和分析方法按照GB 3095相关规定执行。至少连续监测3天。

B.4.2.2 地表水环境质量监测

位于行洪道内或可能影响地表水体的煤矸石堆场，应开展地表水环境质量监测。监测项目应包括：pH值、COD、氨氮、总磷、氟化物、硫化物、砷、镍、铅、汞、镉、六价铬、铜、锌等十四项指标。监测点位、采样及分析方法按照HJ/T 91执行。至少连续监测2天。

B.4.2.3 地下水环境质量监测

所在区域地下水埋藏深度小于15m的煤矸石堆场，应开展地下水环境质量监测。监测项目应包括：pH值、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、硫化物、氟化物、砷、镍、铅、汞、镉、六价铬、铜、锌等十四项指标。至少布设3个监测点位，分别位于堆场地下水流向上游50m处，地下水流向下游30m和50m处。采样和分析方法按照HJ/T 164相关规定执行。至少连续监测2天。

B.4.2.4 土壤环境质量监测

应开展煤矸石堆场周边区域土壤环境质量监测，监测项目应包括：pH值、氟化物、硫化物、砷、铅、汞、镉、总铬、六价铬、镍、铜、锌等十二项，自燃煤矸石堆场应增测苯并芘。至少布设4个土壤监测点位，分别在堆场地下水流向上游200m处，地下水流向下游50m、100m、200m处，共采集1次。采集深度、采样和分析方法按照HJ 25.2执行。

附录 C
(规范性附录)
堆体边坡稳定性评估方法

C.1 煤矸石堆体边坡稳定状态根据堆体边坡稳定性系数 F_s 按表C.1确定。

表C.1 边坡稳定性状态划分

边坡稳定性系数 F_s	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
边坡稳定性状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

C.2 煤矸石堆体边坡稳定安全系数，应根据边坡安全等级（边坡高度、地质条件复杂程度）按表C.2确定；地质条件复杂程度按表C.3确定。

表C.2 边坡稳定安全系数 F_{st}

边坡安全等级	边坡高度 H (m)	地质条件复杂程度	边坡稳定安全系数 F_{st}
一级	$H > 100$	简单~复杂	1.35
	$100 \geq H > 50$	复杂	
二级	$100 \geq H > 50$	中等复杂	1.25
	$H \leq 50$	复杂	
三级	$100 \geq H > 50$	简单	1.20
	$H \leq 50$	简单~中等复杂	

表C.3 地质条件复杂程度

地质条件复杂	地质条件中等复杂	地质条件简单
1.抗震危险地段； 2.不良地质作用强烈发育； 3.地质环境已经或可能受到强烈破坏； 4.基底地形坡度较陡； 5.地质构造复杂； 6.基底地层软弱，强度低； 7.地下水埋藏较浅，对地基影响大； 8.基底含特殊性土； 9.具有小窑空巷或采空区。	1.抗震不利地段； 2.不良地质作用一般发育； 3.地质环境已经或可能受到一般破坏； 4.基底地形坡度中等平缓； 5.地质构造较复杂； 6.基底地层较软弱，强度较低； 7.地下水埋藏较深，对地基影响中等。	1.抗震有利地段； 2.不良地质作用不发育； 3.地质环境基本未受到破坏； 4.基底地形坡度平缓； 5.地质构造简单； 6.基底地层强度较高； 7.地下水埋藏较深，对地基影响小。

附 录 D
(资料性附录)
自燃煤矸石堆场灭火方法

自燃煤矸石堆场主要灭火方法见表D.1。

表D.1 主要灭火方法

灭火方法	适用范围	灭火材料	技术要求
覆盖法	火区深度较浅，一般小于3.0m	黄土、土拌矸等	覆盖总厚度应不小于2.0m。每覆盖0.5m应进行压实，压实系数不小于0.85。
挖除火源法	火区深度较浅，一般小于3.0m，初燃煤矸石堆场	黄土、其他符合标准的替代材料	将燃烧煤矸石直接挖除，自然冷却至70℃，稳定10-15天后，将煤矸石与黄土或其他灭火材料搅拌分层夯实回填。
槽沟灌浆法	火区范围较小、深度小于6.0m	黄土、水泥、石灰、高分子灭火材料等	在平台、坡面挖设沟槽灌浆，通过浆液下渗熄灭浅层火源。槽沟布置可采用网格状、梅花状、鱼鳞状等形式，具体尺寸可根据堆场实际情况和施工经验确定。
钻孔注浆法	火区范围较大、深度大于6.0m	黄土、水泥、石灰、高分子灭火材料等	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻孔间距：取决于浆液的渗透范围，由煤矸石的水平渗透系数、注浆压力、注浆孔深度、浆液重度等按柱状扩散理论的Prison公式确定，钻孔间距宜为2.0m~5.0m。 2. 钻孔深度应控制在自燃煤矸石层下1.0m；注浆段长度宜控制在自燃矸石层上2.0m至自燃矸石层的底部。 3. 单孔注浆量：浆液中水的体积不小于单孔扩散范围内矸石温度降至70℃所需水体积的1.2倍；浆液中的固相材料体积应根据设计要求确定，浆液水固比宜控制在1.0~1.5之间。 4. 标定钻孔孔位：钻机就位前，测量人员应用全站仪准确确定钻孔位置，钻孔偏差不得超过10cm。 5. 单孔注浆结束标准：全孔最高温度应小于100℃；注浆压力达到设计压力后单孔注浆量小于50L/min且稳定15min以上。