

辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/T XXXX—2024

一般工业固体废物回填与修复矿山采坑
技术规范 粉煤灰、炉渣

Technical specifications for backfilling and remediation of mining pits using
non-hazardous industrial solid wastes: fly ash and slag

（报批稿）

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

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 工作流程 2

5 选址和环境本底调查 3

 5.1 选址 3

 5.2 环境本底调查 4

6 粉煤灰/炉渣样品采集与检测 5

7 环境风险评估 5

8 回填设计 6

9 回填作业 6

10 封场和修复要求 7

11 环境监测 7

 11.1 一般要求 7

 11.2 土壤监测要求 7

 11.3 地下水监测要求 8

12 管理要求 8

附录 A（规范性） 环境风险评估模型 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件为首次发布。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由辽宁省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、华润电力（锦州）有限公司、葛洲坝生态治理（湖北）股份有限公司、抚顺鑫达电力粉煤灰开发有限公司。

本文件主要起草人：罗庆明、白杨、柏继松、郭庆明、王雪雪、郭含文、侯海盟、郭永恒、罗野、魏喜德、刘一威、李文政、张子伯、任万福、杨杉、马嘉乐、曹晗霖、王永明、毕桂超、郭秋实、李亚焕、纪伟、吴月婵。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址：辽宁省生态环境厅(沈阳市浑南区双园路30甲)，联系电话：024-62788591。

标准起草单位通讯地址：北京市朝阳区育慧南路1号，联系电话：010-84665902。

一般工业固体废物回填与修复矿山采坑技术规范 粉煤灰、炉渣

1 范围

本文件规定了利用粉煤灰和炉渣对矿山采坑进行回填和修复的环境技术要求，包括选址和环境本底调查、粉煤灰/炉渣样品采集与检测、环境风险评估、回填设计、回填作业、封场和修复要求、环境监测、管理要求等。

本文件适用于利用粉煤灰和炉渣对矿山采坑进行回填与修复全过程的污染控制和环境管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3838 地表水环境质量标准

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 14848 地下水质量标准

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和填埋污染控制标准

GB/T 21010 土地利用现状分类

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 50201 防洪标准

DL/T 5488 火力发电厂干式贮灰场设计规程

HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ/T 393 防治城市扬尘污染技术规范

HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境

HJ 651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）

HJ 766 固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法

HJ 781 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则

HJ 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）

TD/T 1036 土地复垦质量控制标准

《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

粉煤灰 fly ash

从燃煤过程产生的烟气中收捕下来的细微固体颗粒物，不包括从燃煤设施炉膛排出的灰渣。主要来自电力、热力的生产和供应业和其他使用燃煤设施的行业，又称飞灰或烟道灰。

3.2

炉渣 slag

煤炭燃烧产生的炉渣。

3.3

矿山采坑 mining pits

采矿挖掘、剥离等生产过程中形成的煤矿露天采场、取土场、采石场等露天开采地表挖掘区。

3.4

回填 backfilling

以土地复垦为目的，利用粉煤灰和炉渣替代土、砂、石等生产材料填充煤矿露天采场、取土场、采石场等露天开采地表挖掘区的活动。

3.5

修复 remediation

对矿山采坑采取回填等各类修复措施，使其生态系统健康、安全、稳定，并与周边生态环境相协调的过程。

3.6

封场 closure

回填作业结束后，对其采取关闭的措施。

4 工作流程

利用粉煤灰和炉渣开展矿山采坑回填与修复，工作流程主要包括选址和环境本底调查、粉煤灰/炉渣样品采集与检测、环境风险评估、回填设计、回填作业、封场和修复要求、环境监测以及管理要求等，见图1。

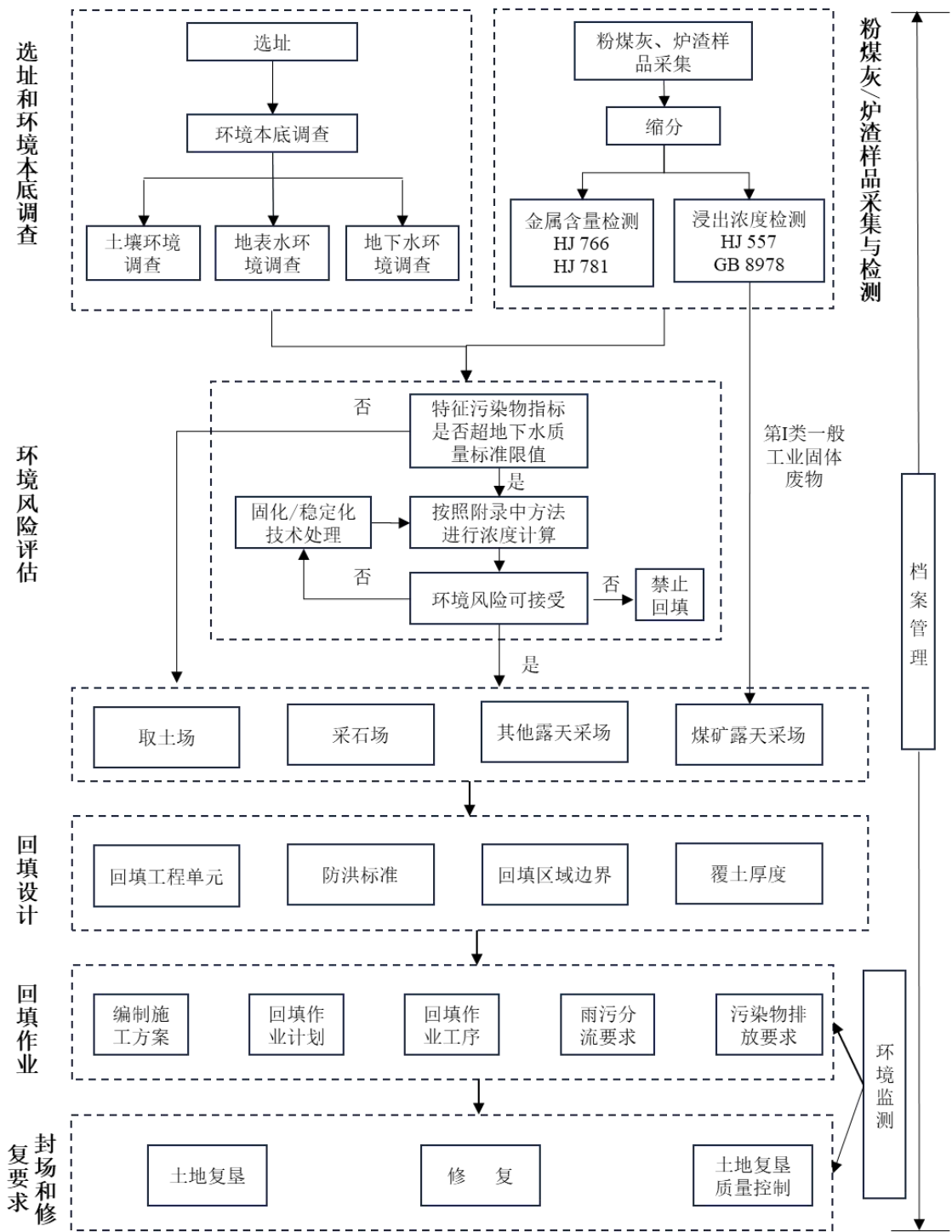


图1 工作流程图

5 选址和环境本底调查

5.1 选址

5.1.1 矿山采坑的选址应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求。

5.1.2 矿山采坑的位置与周围居民区的距离应依据环境影响评价文件及审批意见确定。

5.1.3 矿山采坑不得选在生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内。

5.1.4 矿山采坑的选址应避开活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域。

5.1.5 矿山采坑不得选在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。粉煤灰/炉渣回填层最低标高应高于地下水年最高水位。

5.1.6 应提供水文地质、矿山开采、工程勘察、环境影响评价等数据资料，初步评估矿山采坑作为回填和生态修复治理场地的适宜性。

5.1.7 优先选择以下土地复垦方向的矿山采坑：GB/T 21010 规定的林地或草地。

5.2 环境本底调查

5.2.1 调查范围

应根据矿山采坑及受其影响区域所在水文地质单元，结合大气沉降、地表径流或地表水流域的影响，并参照 HJ 2.3、HJ 610 等文件确定调查范围。调查范围不应小于矿山采坑的范围。

5.2.2 调查内容

主要包括矿山采坑内及周边的土壤环境、地下水环境以及地表水环境等，可参考采坑已有的环境影响评价以及相关水文地质资料。

5.2.3 布点采样

a) 土壤：

——根据矿山采坑及周边可能受到影响区域的地形特征、主导风向、地表径流方向等情况，设置表层样采样点，如有固体废物堆存等可能污染土壤和地下水的情形，还应当布设深层采样点。

——涉及大气沉降影响的，应在矿山采坑外主导风向的上、下风向各设置至少 1 个表层样采样点。

——涉及地表径流影响的，应结合地形地貌，在矿山采坑区域范围外的上、下游各设置至少 1 个表层样采样点。

——矿山采坑内的土壤布点应当参照 HJ 25.1、HJ 25.2、HJ/T 166，结合采坑面积、污染源情况等综合确定；另外布设 1 个土壤监测对照点。

——表层采样点和深层采样点的采样深度参照 HJ 964 有关规定。

b) 地表水：参照 HJ 91.2、HJ 2.3 的规定，在可能受到导排水、淋溶液影响的下游布设采样点，每次同步连续采样 2~4 天，每个采样点位每天采 1 组样品。

c) 地下水：

——参照 HJ 610 中工业固体废物（含污泥）集中处置类项目环评要求，以及《地下水环境状况调查评价工作指南》中初步采样布点方法的相关要求，在回填区域地下水流向上游、下游，

以及可能受污染物扩散影响的周边区域内布设监测井，监测井建设与管理按 HJ 164 的规定执行。

——调查范围内现有的地下水监测井，如果符合本文件及 HJ 164 的筛选要求，可以作为地下水对照点或污染物监测井。

5.2.4 监测项目

- a) 土壤：根据土地利用规划用途，结合 GB 36600 或 GB 15618、土地利用现状、拟回填的粉煤灰/炉渣污染特征确定检测指标。
- b) 地表水：依据地表水水域环境功能和保护目标，结合 GB 3838、拟回填的粉煤灰/炉渣污染特征确定检测指标。
- c) 地下水：结合 GB/T 14848、HJ 610 以及拟回填的粉煤灰/炉渣污染特征确定地下水检测指标。

6 粉煤灰/炉渣样品采集与检测

6.1 对于连续生产工艺产生的粉煤灰/炉渣，应在燃煤锅炉稳定运行且原辅材料类别稳定的时间段，等时间间隔进行采样，根据 HJ/T 20 确定时间间隔和采样数。

6.2 对于已贮存的粉煤灰/炉渣，按照对角线型、梅花型、棋盘型、蛇形等点分布确定采样位置，同时结合堆积高度，按照上部、中部、下部确定采样位置。

6.3 将采集到的样品按照 HJ/T 20 规定进行充分混合后进行缩分，可采用份样缩分法、圆锥四分法等方法开展缩分后备用。

6.4 经混合缩分后的样品依据 HJ 557 规定方法获取浸出液，按照 GB 8978 的检测要求和标准，明确该样品为第 I 类一般工业固体废物或第 II 类一般工业固体废物。

6.5 经混合缩分后的样品依据 HJ 766、HJ 781 检测方法，开展粉煤灰/炉渣中金属元素含量的测定。

7 环境风险评估

7.1 经 6.4 判定属于第 I 类一般工业固体废物的粉煤灰/炉渣，在煤矿露天采场中回填，无需开展环境风险评估。

7.2 粉煤灰/炉渣按照 HJ 557 制备的浸出液中，镉、汞、砷、铅、铬（六价）、铜、镍、锌浓度不超过 GB/T 14848 中对应的 III 类限值，无需开展环境风险评估。

7.3 对于不满足 7.1 和 7.2 的情形，将 6.5 检测的粉煤灰/炉渣中污染物含量结果，按照附录 A 计算其到达地下水时的浓度，污染物至少应包括：镉、汞、砷、铅、铬（六价）、铜、镍、锌。

7.4 根据矿山采坑所在区域的地下水质量环境管理要求，将 7.3 的计算结果对照 GB/T 14848 中地下水环境质量规定的限值，低于标准限值的，认为环境风险可接受，可开展回填。

7.5 经评估环境风险不可接受的，可采取固化/稳定化等技术处理粉煤灰/炉渣，并重新开展环境风险评估。

8 回填设计

8.1 回填工程一般应包括以下单元：

- a) 回填主体单元；
- b) 雨污分流系统；
- c) 环境监测系统；
- d) 公用工程和配套设施。

8.2 回填场址的防洪标准应符合 GB 50201、DL/T 5488 等规定，国家已有标准提出更高要求的除外。回填场址位于沟谷时，场址上游汇水需通过敷设于场址下方的暗涵或者沿场址周边设置的排水沟导排至下游后排出场区，以确保场址无长期积水。采用暗涵时，其断面除应满足排洪要求外，还应兼顾清淤的需要。

8.3 矿山采坑回填区域边界原则上不应超过其边界，除必要的边坡修正等安全措施外，不应扩大回填范围。

8.4 覆盖土层的设计厚度应当满足 TD/T 1036 规定的土地复垦质量控制要求，同时需结合周边地形因素，控制场地坡度和高度，以利于回填后区域排水为宜，防止雨水侵蚀和过度冲刷。

9 回填作业

9.1 回填作业实施前，应当编制施工方案，依据施工方案开展回填作业。

9.2 回填作业实施前，应根据场地条件和回填规模，制定分区分单元填埋作业计划，对回填到位的单元及时覆盖，减少回填过程中粉煤灰/炉渣的裸露面积。

9.3 回填过程中禁止掺加经环境风险评估的粉煤灰/炉渣之外的其它固体废物。

9.4 回填单元作业工序应按照从下至上，分层摊铺碾压的作业要求进行，回填作业流程为卸车、分层摊铺、压实，达到规定高度后应进行覆盖、再压实，循环往复。

9.5 回填作业期间，坡面及堆贮面应做好雨污分流，且符合 GB 8978 相关要求。应避开雨天作业，做好防雨应急措施。

9.6 回填终场封闭的同时，场址永久性排水设施应同步完成。

9.7 污染物排放控制要求

9.7.1 设置专业的洒水车对运输路线进行定时洒水抑尘；车辆运输过程中做好密封措施；运输路线采用指定的最短路线进行运输，避让环境敏感点；运输道路由专人负责及时清扫、洒水抑尘。

9.7.2 回填作业过程中，应参照 HJ/T 393 相关要求，采取洒水、覆盖等必要措施，防止扬尘。粉煤灰/炉渣回填压实后，为防止粉煤灰/炉渣飞散，同时防止雨水进入堆体形成渗滤液，应对作业面进行及时覆盖；大风天气禁止进行回填作业；施工现场实行封闭管理，设置硬质围挡，四周种植绿化隔离带，控制扬尘扩散。

9.7.3 回填作业期间应设置污水收集设施，收集受雨水淋溶产生的污水。收集水可用于填埋区扬尘治理、提高粉煤灰/炉渣的压实度；需排放时，应进行处理并符合 GB 8978 的要求。

9.7.4 禁止噪音超标机械进入施工现场；合理安排施工组织计划，尽量减少施工活动对周边居民集中点的干扰。施工单位必须选用符合国家有关标准的施工机具和运输车辆，尽量选用低噪声的施工机械和工艺。

10 封场和修复要求

10.1 回填作业结束后，应按照 GB 18599 和 HJ 651 的相关要求进行土地复垦和修复。

10.2 土地复垦实施过程应满足 TD/T 1036 规定的相关土地复垦质量控制要求。

10.3 土地复垦后用作建设用地的，应满足 GB 36600 的要求；用作农用地的，应满足 GB 15618 的要求。

11 环境监测

11.1 一般要求

11.1.1 应按照有关法律和 GB 18599、HJ 819 要求，建立企业自行监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及对周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录和报告。

11.1.2 结合环境本底调查，布设土壤、地下水监测对照点各 1 个，作为环境质量本底水平，对照点应保证不受回填及生态恢复治理施工影响。

11.1.3 当监测发现土壤、地下水等指标超出环境质量本底水平值时，应当采取相应的应急处置措施。

11.2 土壤监测要求

11.2.1 在采坑下游周边雨水易于汇流和积聚的区域以及采坑外主导风向的下风向区域布设土壤采样监测点，采样深度根据可能影响的深度适当调整，以表层土壤为重点采样层。

11.2.2 应根据环境本底调查及环境风险评估结果，确定土壤监测因子。土壤监测因子的分析方法按 GB 36600 或 GB 15618 的规定执行。

11.2.3 回填作业期间，监测频次至少每 3 年 1 次。

11.2.4 回填作业结束后，监测频次至少每年 1 次，直到相关指标连续 2 年不超过环境质量本底水平。

11.3 地下水监测要求

11.3.1 地下水监测点位和采样要求与环境本底调查的要求一致。

11.3.2 地下水常规测定项目应至少包括：浑浊度、pH、溶解性总固体、氯化物、硝酸盐（以 N 计）、亚硝酸盐（以 N 计），以及环境风险评估的关注污染因子。地下水监测因子的分析方法参照 HJ 164 的规定执行。

11.3.3 回填作业期间，监测频次至少每季度 1 次，每两次监测之间间隔不少于 1 个月。

11.3.4 回填作业结束后，监测频次至少每年 1 次，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。

12 管理要求

12.1 矿山采坑回填应建立全过程档案管理制度。档案资料包括但不限于以下内容：

- a) 采坑选址、勘察、征地、设计、施工、环评、工程验收等资料；
- b) 粉煤灰/炉渣的来源、污染特征、入场台账和回填位置等资料；
- c) 封场和封场后、环境监测、应急处置等管理资料。

12.2 回填作业结束后，需建立长期维护管理制度，其中应包括环境污染应急预案，防治对周边地下水、土壤造成污染。

12.3 应在场区边界外设置明显标识牌，注明施工开始、完成时间，以及设施运行管理责任主体。

附录 A

(规范性)

环境风险评估模型

A.1 污染物迁移至地下水的浓度计算模型

污染物迁移进入地下水的浓度可采用公式 (A.1) 计算：

$$C_{gw} = C_{sw} \times LF_{sgw} \quad (A.1)$$

公式 (A.1) 中：

C_{gw} ——污染物到达地下水时的浓度， $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ；

C_{sw} ——粉煤灰/炉渣中污染物含量， $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；

LF_{sgw} ——污染物进入地下水的淋溶因子， $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，根据公式 (A.2) 计算。

A.2 污染物迁移进入地下水的淋溶因子计算模型

粉煤灰/炉渣中污染物迁移进入地下水的淋溶因子，采用公式 (A.2) 计算：

$$LF_{sgw} = \frac{LF_{sgw-gw}}{K_{sw}} \times \frac{L_1}{L_2} \quad (A.2)$$

公式 (A.2) 中：

LF_{sgw-gw} ——孔隙水中污染物迁移进入地下水的淋溶因子，无量纲，采用公式 (A.3) 计算；

K_{sw} ——固体废物-水中污染物分配系数， $\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ ，采用公式 (A.4) 计算；

L_1 ——粉煤灰/炉渣回填层厚度，m；

L_2 ——粉煤灰/炉渣回填层顶部到地下水的距离，m。

$$LF_{sgw-gw} = \frac{1}{1 + \frac{U_{gw} \times \delta_{gw}}{I \times W}} \quad (A.3)$$

公式 (A.3) 中：

U_{gw} ——地下水的达西速率， $\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ；

δ_{gw} ——地下水混合区厚度，cm；

I ——土壤中水的入渗速率， $\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ；

ρ_b ——土壤容重， $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ；

W ——污染源区宽度，cm。

$$K_{sw} = \frac{\theta_{ws} + K_d \times \rho_b + H' \times \theta_{as}}{\rho_b} \quad (A.4)$$

公式 (A.4) 中：

K_{sw} ——固体废物-水中污染物分配系数， $\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ ；

K_d ——固体废物固相-水中污染物分配系数， $\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ ，可通过文献或浸出测试确定；

ρ_b ——固体废物容重， $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ；

θ_{ws} ——固体废物孔隙水体积比，无量纲；

θ_{as} ——固体废物孔隙空气体积比，无量纲；

H' ——无量纲亨利常数， $\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

上述参数的选取按照实测值优先的原则，可依据地质勘察报告的实测值对参数进行取值，如无法获取实测值，可参考HJ 25.3附录G的参数推荐值。
