

UDP

中华人民共和国国家标准



P

GB 50986 – 2014

干法赤泥堆场设计规范

Code for design of dry red mud stack

2014 – 04 – 15 发布

2015 – 01 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

干法赤泥堆场设计规范

Code for design of dry red mud stack

GB 50986-2014

主编部门:中国有色金属工业协会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2015年1月1日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国国家标准
干法赤泥堆场设计规范

GB 50986-2014



中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 3.5 印张 88 千字

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷



统一书号: 1580242·442

定价: 21.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 399 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《干法赤泥堆场设计规范》的公告

现批准《干法赤泥堆场设计规范》为国家标准，编号为 GB 50986—2014，自 2015 年 1 月 1 日起实施。其中，第 3.2.1、5.3.1、6.1.1、10.1.1 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 4 月 15 日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2009〕88 号)的要求,由中国有色工程有限公司和贵阳铝镁设计研究院有限公司会同有关单位共同编制完成的。

本规范编制过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,认真总结了我国氧化铝厂干法赤泥堆场建设和运行的经验,并在广泛征求意见的基础上,通过反复讨论、修改和完善,最后经审查定稿。

本规范共分 10 章,主要内容包括总则,术语,赤泥堆场,堆存工艺,赤泥坝,堆场排洪,堆场排渗及回水,赤泥浆输送,赤泥过滤及滤饼输送和堆场环保措施等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业协会负责日常管理工作,由贵阳铝镁设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送贵阳铝镁设计研究院有限公司(地址:贵州省贵阳市观山湖区金阳北路 469 号,邮政编码:550081),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国有色工程有限公司

贵阳铝镁设计研究院有限公司

参 编 单 位:沈阳铝镁设计研究院有限公司

中国铝业股份有限公司广西分公司

北京高能时代环境技术股份有限公司

北京中非博克科技有限公司

北京轩昂环保科技股份有限公司

主要起草人:李明阳 徐树涛 袁大钧 胡禹志 乔英卉

刘希泉 冷杰斌 刘 勇 马建华

主要审查人:田文旗 陈守仁 戈 振 郭天勇 徐洪达

蓝 蓉 赵 岗 高振文 骆先庆 蔡良钧

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	赤泥堆场	(5)
3.1	设计基础资料和设计文件组成	(5)
3.2	选址	(6)
3.3	堆存工艺选择	(7)
3.4	库容	(8)
3.5	堆场等别和构筑物级别	(9)
3.6	监测设施	(10)
3.7	附属设施	(12)
3.8	封场与回采	(12)
4	堆存工艺	(13)
4.1	堆场分区	(13)
4.2	堆场布料	(14)
4.3	堆存工艺	(15)
5	赤泥坝	(17)
5.1	初期坝	(17)
5.2	堆积坝	(19)
5.3	稳定计算	(21)
6	堆场排洪	(25)
6.1	防洪标准及排洪设施	(25)
6.2	洪水计算	(26)
6.3	调洪演算及排水构筑物设置	(26)
6.4	排水构筑物要求	(28)

7	堆场排渗及回水	(31)
7.1	排渗及回水系统设置	(31)
7.2	回水池及泵房	(32)
8	赤泥浆输送	(34)
8.1	赤泥泵站	(34)
8.2	赤泥浆输送管线	(37)
9	赤泥过滤及滤饼输送	(40)
9.1	赤泥过滤	(40)
9.2	赤泥滤饼输送	(42)
10	堆场环保措施	(44)
10.1	环保措施	(44)
10.2	地基处理	(44)
10.3	场地平整	(46)
10.4	防渗层	(46)
	本规范用词说明	(48)
	引用标准名录	(49)
	附:条文说明	(51)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Red mud stack	(5)
3.1	Basic data for design and design documentation	(5)
3.2	Site Selection	(6)
3.3	Selection of stacking process	(7)
3.4	Storage capacity	(8)
3.5	Class of stack and corresponding structures	(9)
3.6	Monitoring facilities	(10)
3.7	Auxiliary facilities	(12)
3.8	Closure and remining for stack	(12)
4	Stacking process	(13)
4.1	Subarea of stack	(13)
4.2	Discharge of red mud	(14)
4.3	Stacking process	(15)
5	Red mud dam	(17)
5.1	Starter dam	(17)
5.2	Embankment	(19)
5.3	Stability calculation	(21)
6	Flood drainage of stack	(25)
6.1	Flood control standard and drainage facilities	(25)
6.2	Flood calculation	(26)
6.3	Flood regulation calculations and layout for flood drainage structures	(26)

6.4	Design for flood drainage structures	(28)
7	Stack draining facilities and returning water	(31)
7.1	Draining facilities and returning water of stack	(31)
7.2	Returning water pond and pump room	(32)
8	Conveying of red mud slurry	(34)
8.1	Red mud pump station	(34)
8.2	Conveying pipeline of red mud slurry	(37)
9	Filtration of red mud and conveying of filter cake	(40)
9.1	Filtration of red mud	(40)
9.2	Conveying of red mud filter cake	(42)
10	Environmental protection measures of stack	(44)
10.1	Environmental protection measures	(44)
10.2	Ground treatment	(44)
10.3	Ground leveling	(46)
10.4	Impermeable layer	(46)
	Explanation of wording in this code	(48)
	List of quoted standards	(49)
	Addition:Explanation of provisions	(51)

1 总 则

1.0.1 为了在干法赤泥堆场设计中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、安全适用、保护环境、经济合理、确保质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的干法赤泥堆场设计,以及将湿法赤泥堆场改造为干法赤泥堆场的设计。

1.0.3 干法赤泥堆场的设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 赤泥 red mud

用含铝的矿物原料制取氧化铝或氢氧化铝后所产生的废渣。

2.0.2 赤泥含水率 water ratio of red mud

赤泥试样在 105℃~110℃ 烘干到恒重时,所失去的水质量和达到恒量后赤泥质量的比值,以百分数表示。

2.0.3 干赤泥 dry red mud

经晾晒或机械脱水处理后液性指数小于 0.75 的赤泥。

2.0.4 赤泥堆场 red mud yard

用以贮存氧化铝或氢氧化铝生产企业生产过程中排出赤泥的场所。

2.0.5 干法赤泥堆场 dry red mud stack

采用浆体干法堆存工艺或滤饼干法堆存工艺的赤泥堆场。

2.0.6 浆体干法堆存工艺 dry stocking process of paste

将含水率大于液限、小于 150% 的赤泥浆体,用管道输送的方式送到赤泥堆场,并在堆场进行布料、晾晒、翻晒、碾压、筑坝作业的赤泥堆存工艺。

2.0.7 滤饼干法堆存工艺 dry stocking process of filter cake

将赤泥浆用过滤机过滤为含水率小于液限的滤饼,再用胶带输送机或汽车将滤饼运送到赤泥堆场,并在堆场进行摊铺、晾晒、碾压作业的赤泥堆存工艺。

2.0.8 浆体干法赤泥堆场 dry red mud stack of paste

采用浆体干法堆存工艺的赤泥堆场。

2.0.9 滤饼干法赤泥堆场 dry red mud stack of filter cake

采用滤饼干法堆存工艺的赤泥堆场。

2.0.10 赤泥坝 red mud dam

赤泥堆场中用于挡赤泥浆或赤泥滤饼的建筑物,通常指赤泥堆场初期坝和堆积坝的总体。

2.0.11 初期坝 starter dam

用土、石或其他材料筑成的、作为赤泥堆积坝的支撑体的坝。

2.0.12 堆积坝 embankment

生产过程中用赤泥堆积而成的坝。

2.0.13 上游式赤泥筑坝法 damming way of upstream red mud

在初期坝上游方向堆积赤泥的筑坝方式。

2.0.14 赤泥坝高 height of red mud dam

堆积坝坝顶与初期坝坝轴线处原地面的高差。对于采用库尾排放方式的滤饼干法赤泥堆场,赤泥坝高指赤泥堆积体最高高程与最低高程的差值。

2.0.15 总坝高 total dam height

设计最终堆积标高时的赤泥坝高。

2.0.16 全库容 whole storage capacity

某坝顶标高时,坝顶标高平面以下、库底面以上所围成的、不含非赤泥构筑的坝体体积的空间容积。

2.0.17 总库容 total storage capacity

设计最终坝顶标高时的全库容。

2.0.18 有效库容 effective capacity

某坝顶标高时,赤泥滩面以下、库底以上用于贮存赤泥的空间容积。

2.0.19 调洪库容 flood regulation storage capacity

某坝顶标高时,赤泥滩面以上、设计洪水位以下可蓄积洪水的容积。

2.0.20 赤泥滩面 red mud beach

排放赤泥浆或布放赤泥滤饼形成的赤泥堆积体表层。

2.0.21 干滩长度 length of dry bank

设计洪水位时,赤泥堆场水面与赤泥滩面的交点至赤泥滩面与坝上游坡交点间的水平距离。

2.0.22 安全超高 free height

坝顶高程与设计洪水位之间的高差。

2.0.23 赤泥堆积高度 stacking height of red mud

堆积坝坝顶与初期坝坝顶的高差。

2.0.24 调洪高度 flood regulation height

指正常泄洪起始水位与设计洪水位的高差。

3 赤 泥 堆 场

3.1 设计基础资料和设计文件组成

3.1.1 干法赤泥堆场设计宜依据其工程规模、设计阶段、项目组成和重要性,并宜具备下列设计基础资料:

- 1 赤泥量及赤泥的化学成分、物理力学性质资料;
- 2 赤泥浆的压滤试验资料;
- 3 赤泥附液的水质分析资料;
- 4 赤泥水力输送试验或流变学试验资料;
- 5 赤泥土力学试验资料;
- 6 赤泥筑坝试验资料;
- 7 气象及水文资料;
- 8 赤泥堆场库区、坝址、排水构筑物沿线、筑坝材料场地和赤泥输送管槽线路的测量、工程地质与水文地质勘察资料;
- 9 地质灾害危险性评估资料;
- 10 地震资料;
- 11 赤泥堆场上下游居民区、重要设施及经济调查资料;
- 12 赤泥堆场占用土地、房屋和其他设施拆迁及管道穿越铁路、公路、通航河流的协议文件;
- 13 环境影响评价资料。

3.1.2 提供的设计文件中应有专供企业生产管理使用的设计要点说明及主要图纸。设计要点说明及主要图纸应包括下列内容:

- 1 赤泥堆场设计总坝高、总库容、等别,赤泥堆场总平面图和纵剖面图;
- 2 赤泥堆场布料方式及要求、赤泥堆积坝堆积方式及要求、

堆积坡比控制、坝坡覆土植被及排水要求,赤泥堆积坝平面图、剖面图;

3 赤泥堆场不同运行期防洪标准及最高洪水位、最小安全超高及最小滩长的控制标准;

4 赤泥堆场排洪构筑物形式、尺寸及运行和封堵要求;

5 赤泥工艺参数:赤泥量及粒度、赤泥含水率;

6 赤泥输送、回水系统图;

7 赤泥堆场安全监测和环保监测系统设置及运行要求;

8 其他应说明的内容和附图。

3.2 选 址

3.2.1 干法赤泥堆场不得设在下列地区:

1 风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区;

2 国家规定的其他不得建设赤泥堆场的区域。

3.2.2 干法赤泥堆场选址应经多方案技术经济比较确定,并应遵守下列原则:

1 不宜位于大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地和大型居民区上游;

2 不宜位于大型居民区及厂区最大频率风向的上风侧;

3 不占或少占农田,不迁或少迁居民;

4 不宜位于有开采价值的矿床上面;

5 汇水面积小,有足够的库容,有足够的初、终期库长;

6 筑坝工程量小,生产管理方便;

7 宜避开地质构造复杂、不良地质现象严重的区域;

8 赤泥浆输送距离短,输送能耗较低。

3.2.3 浆体干法赤泥堆场的选址除应符合本规范第 3.2.2 条的规定外,尚应满足下列条件:

1 堆场使用期间的堆存面积能满足赤泥浆体的摊晒需要;

2 气象条件有利于赤泥浆的干燥固结,降雨量较小,蒸发量

较大。

3.2.4 在同一沟谷内建设两座或两座以上赤泥堆场时,后建堆场设计时应论证各堆场之间的相互关系与影响。

3.2.5 对废弃的露天采坑及凹地储存赤泥的,应进行安全性专项论证;对露天采坑下部有采矿活动的,不宜储存赤泥。

3.3 堆存工艺选择

3.3.1 当赤泥堆场场址符合下列条件时,宜采用浆体干法堆存工艺:

- 1 堆场各高程的堆存面积均大于赤泥浆体摊晒所需最小面积;
- 2 气候条件有利于赤泥浆的干燥;
- 3 场址与厂区的距离在 5km 以内;
- 4 场址岩溶不发育,水文地质条件较简单。

3.3.2 当赤泥堆场场址符合下列条件之一时,宜采用滤饼干法堆存工艺:

- 1 由于堆存面积或气象条件的限制不宜采用浆体干法堆存工艺时;
- 2 场址岩溶较发育,水文地质、工程地质条件复杂而无法避开时;
- 3 场址周边区域的环境保护要求较高、采用湿法或浆体干法堆存工艺难以满足要求时。

3.3.3 对原湿法赤泥堆场进行干法改造扩容时,宜选择滤饼干法堆存工艺。

3.3.4 对于气象条件有利、地质条件较好、输送距离适中的山谷型赤泥堆场,初期晾晒面积不足时可采用滤饼干法堆存,后期晾晒条件适宜时可采用浆体干法工艺堆存。采用浆体干法堆存工艺的平地型赤泥堆场,当后期晾晒面积不足时,可采用滤饼干法堆存。

3.3.5 浆体干法赤泥堆场宜选择四周轮换放料、中间排水的排放方式,并应使运行过程中赤泥滩面始终保持外高里低的坡向。

3.3.6 滤饼干法赤泥堆场排放方式可采用库尾、库前、库中或周边排放方式,并应符合下列规定:

1 库尾排放方式应自库区尾部(上游)向库区前部(下游)排放,并应按设计要求设置台阶并碾压,每级台阶高度不宜超过15m,平台应保持1%~2%的坡度,坡向应为拦挡坝方向;

2 库前排放方式应自初期坝前向库尾排放,边堆放边碾压并修整边坡;

3 库中排放方式应自库区中部向库尾和库前推进,边堆放边碾压,设计最终堆高时应一次修整堆积坝外坡;

4 周边排放方式应自库周向库中间推进,并应始终保持库周高、库中低,边堆放边碾压并修整边坡。

3.4 库 容

3.4.1 干法赤泥堆场库容应符合下列规定:

1 规划阶段时,堆场总库容应能堆存20a以上或与氧化铝厂生产年限相同的按氧化铝厂规划产能计算的赤泥量;

2 设计阶段时,堆场有效库容应能堆存10a以上按氧化铝厂设计产能计算的赤泥量;

3 初期坝形成的有效库容,采用浆体干法堆存工艺时,使用年限不宜少于3a;采用滤饼干法堆存工艺时,使用年限不宜少于0.5a。每级堆积坝加高形成的库容的使用时间不应少于1a。

3.4.2 干法赤泥堆场总库容应按下列公式计算:

$$V = V_{ef} + W_t + V_s \quad (3.4.2)$$

式中: V ——赤泥堆场的总库容(m^3);

V_{ef} ——赤泥堆场的最大有效库容(m^3);

W_t ——汇入堆场的洪水形成的调洪库容(m^3);

V_s ——堆场安全超高所形成的安全库容(m^3)。

3.4.3 赤泥堆场的有效库容、调洪库容和安全库容应按设计赤泥滩面坡度和库区地形分别计算确定。计算有效库容时,采用的沉积滩坡度宜为设计滩面坡度的 1.0 倍~1.2 倍,计算调洪库容时,采用的沉积滩坡度宜为设计滩面坡度的 0.8 倍~1.0 倍。

3.4.4 干法赤泥堆场的使用年限应按下式计算:

$$T=V_{\text{ef}} \cdot \gamma_{\text{d}}/G \quad (3.4.4)$$

式中: T ——赤泥堆场的使用年限(a);

V_{ef} ——赤泥堆场的有效库容(m^3);

G ——氧化铝厂的年赤泥量(t/a);

γ_{d} ——赤泥的堆积干密度(t/m^3)。

3.4.5 赤泥的堆积干密度应根据土工试验或类似工艺赤泥堆场的实测资料确定。

3.4.6 干法赤泥堆场的总坝高应按堆场自然地形、地质条件、堆存年限、干法堆存工艺条件、坝坡稳定安全要求和堆场防洪安全要求确定。浆体干法赤泥堆场应确保各级坝使用期内的堆存面积均满足赤泥浆的晾晒需要。

3.5 堆场等别和构筑物级别

3.5.1 干法赤泥堆场各使用期的设计等别应根据该期的总库容和最终坝高分别按表 3.5.1 确定,并应符合下列规定:

1 当两者的等差为一等时,应以高者为准;当等差大于一等时,应按高者降一等;

2 除一等赤泥堆场外,当堆场失事将使下游重要城镇、工矿企业、高速公路或铁路干线遭受严重灾害者,经论证后,其设计等别可提高一等;

3 对于露天废弃采坑及凹地储存赤泥的,周边未建赤泥坝时,可不定等别;建赤泥坝时,应根据坝高及其对应的库容确定尾矿库的等别。

表 3.5.1 干法赤泥堆场各使用期的设计等别

等 别	全库容 $V(\times 10^4 \text{ m}^3)$	坝高 $H(\text{m})$
一	$V \geq 50000$	$H \geq 200$
二	$10000 \leq V < 50000$	$100 \leq H < 200$
三	$1000 \leq V < 10000$	$60 \leq H < 100$
四	$100 \leq V < 1000$	$30 \leq H < 60$
五	$V < 100$	$H < 30$

3.5.2 赤泥堆场构筑物的级别应根据堆场等别及重要性按表 3.5.2 确定。

表 3.5.2 赤泥堆场构筑物的级别

赤泥堆场等别	构筑物的级别		
	主要构筑物	次要构筑物	临时构筑物
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	5	5
四	4	5	5
五	5	5	5

- 注：1 主要构筑物指赤泥坝、排水构筑物等失事后难以修复的构筑物；
 2 次要构筑物指除主要构筑物以外的永久性构筑物；
 3 临时构筑物指施工期临时使用的构筑物。

3.6 监 测 设 施

3.6.1 干法赤泥堆场应根据排放工艺、堆场等别、地形地质条件及地理环境的因素,设置安全和水质监测设施。三等及三等以上赤泥堆场应设置人工监测与自动监测相结合的安全监测设施。

3.6.2 安全监测项目应包括下列内容：

- 1 浆体干法赤泥堆场应监测浸润线深度、坝体位移；
- 2 滤饼干法赤泥堆场应监测坝体位移。

3.6.3 浸润线监测设计应符合下列规定：

1 山谷型、傍山型赤泥堆场浸润线测压点应沿坝轴线方向埋设在最大坝高及浸润线变化有代表性的部位，不宜少于 3 排。垂直坝轴线方向应能控制上游入渗点、中间点、初期坝及各级堆积坝坝顶、下游溢出点及其他有代表性的位置，不宜少于 4 点。

2 平地型赤泥堆场浸润线测压点的布置，每条坝不应少于 2 排，每排不宜少于 3 点。

3.6.4 坝体位移应进行水平位移及沉降监测，两种监测标点可设在同一标点桩上。标点桩布置应符合下列规定：

1 山谷型、傍山型赤泥堆场标点桩应布置在最大坝高处、设排水管处及地形地质变化较大的横断面上，监测断面不宜少于 3 个。每个横断面上标点不宜少于 3 个，布置在坝顶下游及马道外缘。各断面同位置标点宜在一条直线上。

2 平地型赤泥堆场设置的变位监测设施，按地基及坝高情况布置每条坝监测横断面不宜少于 2 个。标点的间距，坝长小于 300m 时，宜取 20m~100m；坝长大于 300m 时，宜取 50m~200m；坝长大于 1000m 时，宜取 100m~300m。

3 工作基点应布置在便于对标点进行监测的岩石或坚实的土基上，也可增设校核基点。

3.6.5 干法赤泥堆场应定期监测回水水质及周边环境水体水质，并应符合下列规定：

1 回水水质监测可在回水池取样，重点监测 pH 值、悬浮物，碱含量以 Na_2O 计。当发现回水水质异常时应分析原因并采取处理措施。

2 周边环境水体监测应在堆场下游布置监测井，在堆场上游设置对照井，并在堆场竣工前取得环境水体本底值。

3 环境水体监测井应布置在与场址地下水存在水力联系的地下径流通道上，具体位置应由地勘单位经详细勘察确定。

4 当发现环境水体水质异常时，应分析原因并采取处理措施。

3.7 附属设施

3.7.1 干法赤泥堆场应根据堆存工艺、筑坝工程量、排水构筑物形式和操作要求以及库区与厂区的距离配置管理站、筑坝机械、工程车、交通道路、现场值班室、通信、供配电和照明设施。也可设置宿舍和库区简易气象水文观测点。

3.7.2 干法赤泥堆场管理站的配置应符合下列规定：

- 1 管理站和宿舍的布置宜避开坝体下游；
- 2 管理站应配置供管理人员上下班使用和巡库用的交通工具；
- 3 管理站应配置生产调度电话和供操作人员、管理人员使用的无线通讯工具；
- 4 管理站宜设置检修间，并配置检修和吊装设备；
- 5 管理站应设置应急器材库；
- 6 管理站宜设置机具库；
- 7 堆场宜设置土工试验室，配置试验设备，并配备专职试验人员。

3.7.3 堆场应设置入库道路，并宜设置环库检修便道。堆场入库道路应随着堆积坝的加高逐渐延伸。道路宽度、坡度、等级应满足堆场运输或作业机械的通行需要。

3.8 封场与回采

3.8.1 对已达到最终堆积标高而停止使用，或未达到设计最终堆积标高而提前停止使用的赤泥堆场应进行封场设计。封场设计应按现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 中关于尾矿库闭库的有关规定执行。

3.8.2 赤泥堆场需进行回采时，应进行回采设计。回采设计应按现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 中关于尾矿回采的有关规定执行。

4 堆 存 工 艺

4.1 堆 场 分 区

4.1.1 浆体干法赤泥堆场应用分隔坝分为至少 3 个相对独立、大小相近的库区,并应轮流进行布料、晾晒、筑坝作业。滤饼干法赤泥堆场可不分区。

4.1.2 浆体干法赤泥堆场各库区的中间分隔坝应符合下列规定:

1 初期分隔坝宜设置在堆场排渗层之上,可用土石材料碾压构筑,压实度应大于 0.95,坝顶标高可按满足不小于 1a 的使用要求计算确定。

2 初期分隔坝堆满后可采用干赤泥碾压分级加高,压实度应大于 0.95。初期坝以上每级分隔坝加高高度宜与相应堆积坝相同。

3 分隔坝边坡坡比可略陡于初期坝和堆积坝,但应满足稳定要求。

4 分隔坝坝顶宽度不宜小于 5m。

4.1.3 浆体干法赤泥堆场的分区数量及各分区大小应根据堆场地形条件、排洪设施布置、赤泥干燥周期和赤泥浆排放量确定。堆场使用期内所需最小分区面积应按下式计算:

$$S=QT/d \quad (4.1.3)$$

式中: S ——赤泥堆场最小分区面积(m^2);

Q ——设计输送含水率下的赤泥浆流量(m^3/d);

T ——赤泥干燥周期,即在设计布料厚度下赤泥浆进入堆场起至干燥到塑限所需时间(d);

d ——设计布料厚度(m)。

4.1.4 寒冷地区的浆体干法赤泥堆场在计算赤泥干燥周期时,应

根据冬季结冰因素留有余量。

4.2 堆场布料

4.2.1 浆体干法赤泥堆场的布料应符合下列规定：

1 各库区应至少有一条入库干管与库区环形布料干管相连接,布料时应采用周边放料的方式。

2 布料支管间距宜为 15m~30m。

3 布料支管与布料干管以三通连接时,宜在干管底部连接;布料干管宜采用法兰逐段连接,每段长度不宜大于 8m。

4 各个布料支管阀门应轮流开启,将赤泥均匀地布放在堆场表面,也可在布料支管管口用铁丝捆扎橡胶软管延伸布料口。

5 当堆场运行初期布料赤泥浆可能冲刷坝体或边坡排渗层时,应采取加分散放料斗或其他保护措施。

4.2.2 滤饼干法赤泥堆场可采用汽车布料或胶带输送机布料方式。

4.2.3 滤饼干法赤泥堆场应划分为若干作业区块,轮流卸料并用推土机摊平。

4.2.4 滤饼干法赤泥堆场采用汽车布料方式时应符合下列规定：

1 堆场应设置供汽车行驶的环境运输道路和场内运输道路,道路等级可采用厂外三级道路标准;

2 场内运输道路末端应设置卸料平台,其直径应满足运输车辆回转的需要;

3 卸料平台的布置应满足将赤泥布放在整个堆场的需要,其间距不宜大于 100m;

4 场内运输道路及卸料平台应随赤泥面的上升而用于赤泥碾压后逐级加高;

5 环境运输道路和场内运输道路坡度应小于 9%。

4.2.5 滤饼干法赤泥堆场采用胶带输送机布料方式时应符合下列规定：

1 胶带输送机的长度和数量应满足将赤泥布放在整个堆场的需要；

2 胶带输送机的末端应具有一定的仰角和高度，并应满足推土机作业的安全距离；

3 胶带输送机及其支架宜采用轻质结构，其基础设置不应影响堆场防渗层的完整性；

4 寒冷地区采用胶带输送机时，应采取防冻措施。

4.2.6 滤饼干法赤泥堆场应至少设置一个应急排料点，其高度应满足暴雨、凝冻及其他特殊气象条件下的应急排放需要。

4.3 堆 存 工 艺

4.3.1 浆体干法赤泥堆场的作业工艺设计应符合下列规定：

1 一次布放的赤泥浆厚度不宜大于 0.5m；

2 当某一库区赤泥层布料厚度达到设计厚度时，应停止布料，进行晾晒；

3 当仅靠自然晾晒后赤泥层含水率难以达到设计要求时，应使用湿地型推土机或其他机械对赤泥进行辅助翻晒作业；

4 当自然晾晒或翻晒后赤泥层平均含水率达到设计要求时，可重新布放上一层赤泥；

5 当某一库区的赤泥堆积高程达到设计高程时，应采用装载机、推土机、挖掘机和压实机将干赤泥推运到堆积坝构筑区进行筑坝作业；

6 设计应配置满足堆场正常运行需要的推土机、湿地型推土机、压实机、装载机和挖掘机；

7 堆场应随赤泥面上升按设计要求加高排洪竖井，并设置反滤层。

4.3.2 滤饼干法赤泥堆场的作业工艺设计应符合下列规定：

1 一次布放的赤泥滤饼摊平后厚度不宜大于 1.0m。

2 当某一库区赤泥层布料厚度达到设计厚度时，应停止布

料,进行晾晒。

3 当经晾晒后赤泥层平均含水率达到设计要求时,应用推土机或压实机进行碾压,达到设计压实度后,可重新布放上一层赤泥。

4 当某一库区的赤泥堆积高程达到设计高程时,应采用装载机、推土机。挖掘机和压实机将干赤泥运送到堆积坝构筑区进行筑坝作业,压实度应达到设计要求。

5 设计应配置满足堆场正常运行需要的推土机、压实机、装载机和挖掘机。

6 堆场运行中应进行分区压实。坝坡稳定安全区压实度不应小于 0.95,调洪池边坡区压实度不应小于 0.92,库区其余部分的压实度不应小于 0.90。

7 堆场运行过程中应采取有效措施防止赤泥排放不均匀或作业机械误操作而损伤胶带输送机或转运站支柱。

4.3.3 滤饼干法赤泥堆场采用库前、库中或库周排放方式时,堆场运行中应随赤泥面上升按设计要求封堵排洪竖井上低于赤泥面高程的进水口。

5 赤 泥 坝

5.1 初 期 坝

5.1.1 初期坝轴线应根据坝址区域的地形、地质条件,并应依据后期堆积坝加高、排水系统、施工条件和环境影响因素,通过技术经济比较确定。

5.1.2 初期坝坝高可按初期赤泥堆存年限要求计算确定。当堆场设计洪水量很大且地形较特殊时,宜在设计阶段通过技术经济比较论证确定。

5.1.3 初期坝坝型的选择应根据下列因素经技术经济比较论证确定:

1 当地可用筑坝材料的种类、性质、储量、分布、埋深和开采运输条件;

2 地质和抗震设防烈度条件;

3 堆场下游环境条件及环境保护要求;

4 工程量、工期和总造价。

5.1.4 初期坝筑坝材料的选择应符合下列规定:

1 利用当地材料,优先在堆场内取料,少占或不占堆场外农田;

2 选用筑坝材料前,应在堆场内及附近地区对筑坝材料进行调查和勘察,查明所需筑坝材料的种类、性质、储量、分布、埋深及开采、运输、施工条件;

3 当堆场附近有足够数量的干赤泥或灰渣时,经技术经济论证可选择干赤泥或灰渣作为初期坝的筑坝材料。

5.1.5 遇有下列情况时,初期坝坝基应进行专门研究处理:

1 易产生尾矿渗漏的砂砾石地基;

2 易液化土、软黏土和湿陷性黄土地基;

- 3 岩溶发育地基；
- 4 涌泉及矿山井洞。

5.1.6 坝体设计填筑标准应按堆场等别、筑坝材料、压实方式、抗震设防烈度及经济性,通过重型击实试验和现场碾压试验确定。

5.1.7 初期坝坝顶构造应符合下列规定:

1 坝顶最小宽度应根据坝顶敷设布料管、运行检修道路、机械施工、作业机械通行要求确定,不宜小于 5m。当坝顶兼作公用交通道路时,宽度应由道路通行标准确定和设计。

2 坝顶应铺以盖面材料,可采用压密的砂砾石、石渣、浆砌片石或泥结石。

3 坝顶设有布料管时,布料管线宜靠近坝顶上游侧。

4 坝顶面应设坡向两侧或一侧的排水坡,坡度宜为 2%~3%。

5.1.8 坝体构造应符合下列规定:

1 坝体坡比应按坝高、坝体材料、坝基条件、浸润线位置和抗震设防烈度,经稳定验算确定。

2 上、下游坝坡马道的设置应根据坝面排水、检修、观测、道路、增加护坡和坝基稳定要求确定。

3 当坝体下游坡材料易遭受雨水冲刷、大风剥蚀、冻胀干裂和人为踩踏的破坏时,应设置护坡。护坡形式应按就地取材、经济适用的原则,可选用抛石、干(浆)砌块石、铺卵石或碎石、种植草皮、混凝土框格填土、土工格栅填土、模袋混凝土。

4 坝体下游坡面宜设置上坝人行踏步,踏步宽度不宜小于 1m。

5 坝体下游坡可能产生坡面径流时,应布置竖向及横向排水沟。竖向排水沟应沿坝长每隔 50m~100m 设置一条,横向排水沟宜设在马道内侧。坝体下游坡与岸坡结合处应设置坝肩截水沟。

5.1.9 坝体与坝基、岸坡、埋管的连接处应进行处理。

5.1.10 坝体与排水管连接时应符合下列规定:

1 混凝土排水管应采用柔性连接,接头处不得漏水,管体设置混凝土止水环;

- 2 钢管应做好防腐,管体设钢止水环;
- 3 管体周围坝体土料要仔细分层夯实;
- 4 排水管通过堆石体时,管周围应分层填以砂砾或碎石,块石不得直接接触管壁。

5.2 堆 积 坝

5.2.1 赤泥坝加高应符合下列规定:

1 赤泥坝加高宜采用上游式筑坝法。堆积坝分级及每级高度应根据堆场地形、使用年限、施工条件、赤泥固结程度和坝体稳定因素确定。堆积坝加高应在汛期或冰冻前完成。

2 每级堆积坝高度宜采用 4m~6m,并应满足至少 1a 的使用年限及防洪要求。

3 堆积坝轴线宜紧靠前期坝的坝顶上游侧平行布置,并应满足平均堆积坡比要求。

4 堆积坝加高宜采用碾压法施工。

5 采用浆体干法堆存工艺时,各级堆积坝加高前,均应对原坝体和赤泥地基进行勘察和试验,并应由设计单位复核原设计堆积坡比的稳定性。

6 对于浆体干法赤泥堆场,当经检测赤泥滩面上不能直接加筑堆积坝时,应对坝基进行加固处理。

7 对于滤饼干法赤泥堆场,应在一级堆积坝加高前对原坝体和赤泥地基进行勘察和试验,由设计单位复核原设计各级堆积坝加高的稳定性。

5.2.2 堆积坝筑坝材料的选择应符合下列规定:

1 滤饼干法赤泥堆场应采用干赤泥填筑堆积坝;

2 浆体干法赤泥堆场宜采用干赤泥填筑堆积坝。当干赤泥数量不能满足堆积坝填筑要求时,可采用土石料填筑。

5.2.3 堆积坝坝坡坡比应按坝高、堆积坝材料、坝基赤泥固结程度和抗震设防烈度因素,根据坝体稳定性计算确定。各级堆积坝

上游边坡不宜陡于 1 : 1.5,下游边坡不宜陡于 1 : 2.0。

5.2.4 堆积坝坝体构造应符合下列规定:

1 堆积坝坝顶宽度应按敷设布料管、运行检修道路和机械施工要求确定,并不小于 5m。

2 堆积坝坝顶应铺以盖面材料,可采用压密的砂砾石、碎石、单层干砌块石或泥结石材料。

3 堆积坝坝顶设有布料管时,布料管线宜靠近坝顶上游侧。

4 堆积坝坝顶面应有坡向库内的排水坡,坡度宜采用 2%~3%。

5 堆积坝与岸坡的连接应妥善处理。岸坡应彻底清基,岸坡开挖应大致平顺。

6 堆积坝下游坡和岸坡连接处以及堆积坝下游坡脚处应设排水沟;

7 堆积坝下游坡面应设置草皮护坡。

5.2.5 浆体干法赤泥堆场的堆积坝是否设置排渗设施以及排渗设施的设置范围和间距,应结合前期坝坝型和类似工程实测浸润线,经渗流计算或渗流试验确定。

5.2.6 当采用赤泥构筑堆积坝时,应符合下列规定:

1 碾压赤泥筑坝应有足够数量的符合条件的干赤泥,其含水率应接近最优含水率,数量宜为筑坝所需方量的 1.5 倍;

2 筑坝前坝基强度应符合筑坝要求;

3 设计前应通过勘察取得赤泥的物理力学指标;

4 填筑赤泥的压实度不应低于 0.95;

5 施工时应分层压实,每层厚度不大于 0.5m;

6 内外坝坡处,填筑时需加不小于 0.3m 宽的超填量,宜采用最终一次削坡成形;

7 赤泥筑坝施工前,应进行现场碾压试验,确定符合设计要求的碾压参数。

5.2.7 赤泥取样与试验应满足下列规定:

1 碾压赤泥筑坝的赤泥采用堆场内含水率接近最优含水率

的干赤泥,应取代表性赤泥样进行试验。

2 赤泥筑坝料试验应按现行行业标准《土工试验规程》SL 237的有关规定进行。

3 赤泥土工试验应进行下列内容:

- 1) 比重、干密度和含水率;
- 2) 颗粒分析试验;
- 3) 渗透试验;
- 4) 击实试验;
- 5) 剪切试验;
- 6) 固结试验。

5.3 稳 定 计 算

5.3.1 干法赤泥堆场必须根据堆场的等别、坝址所处地区的抗震设防烈度进行坝体抗滑稳定计算。

5.3.2 赤泥堆场初期坝与堆积坝的抗滑稳定性应根据坝型、坝体材料、堆存工艺及地基土的物理力学性质和各种运行工况,根据各种荷载组合计算确定。计算方法应采用瑞典圆弧法或简化毕肖甫法。地震荷载应按拟静力法计算。

5.3.3 坝体稳定计算应符合下列规定:

1 设计应对初期坝顶标高、各等别特征坝顶标高和最终堆积标高相应的堆积坝体最大坝高断面分别进行抗滑稳定计算;

2 在堆场设计阶段,可按类似堆场赤泥的物理力学性质,进行初期坝体和堆积坝加高后的抗滑稳定计算;

3 堆积坝加高前进行稳定分析时,应具有该堆场赤泥堆积体的物理、力学特性试验资料及现场原位测试资料,综合判断赤泥的工程性质。

5.3.4 三等及三等以下的赤泥堆场在赤泥坝堆至 $1/2 \sim 2/3$ 最终设计总坝高时,一等及二等赤泥堆场在赤泥坝堆至 $1/3 \sim 1/2$ 最终设计总坝高时,应对坝体进行全面的工程地质和水文地质勘察;对

于堆场投产后排放规模或工艺流程发生重大改变,或赤泥性质或堆存工艺与初步设计相差较大时,可不受堆高的限制,根据需要进行全面勘察;设计单位应根据勘察结果对赤泥坝进行论证,验证最终坝体的稳定性并确定后期的处理措施。

5.3.5 抗滑稳定计算宜采用总应力法。当需涉及孔隙水压力消散和强度增长时,可采用有效应力法。计算所采用的强度指标测定方法应与计算方法相符。抗剪强度指标试验方法的选用应符合表 5.3.5 的规定。

表 5.3.5 抗剪强度指标试验方法

计算方法	土的类型	使用仪器	试验方法	强度指标	试样起始状态
总应力法	无黏性土	直剪仪	固结快剪	C_{cu} φ_{cu}	1. 坝体材料： （1）含水量及密度与原状一致； （2）浸润线以下和水下要预先饱和； （3）试验应力与坝体应力相一致
		三轴仪	固结不排水剪 CU		
	黏性土	直剪仪	固结快剪		
		三轴仪	固结不排水剪 CU		
	赤泥	直剪仪	固结快剪		
		三轴仪	固结不排水剪 CU		
有效应力法	无黏性土	直剪仪	慢剪	C_{cd} φ_{cd}	2. 赤泥：取原状赤泥样，其他同坝体 3. 坝基土：坝基土试样用原状土
		三轴仪	固结排水剪 CD		
	黏性土	直剪仪	慢剪	C', Φ'	
		三轴仪	固结不排水 CU 测孔隙水压		
	赤泥	直剪仪	慢剪	C_{cd} φ_{cd}	
		三轴仪	固结排水剪 CD		

注: C 为凝聚力(kPa), φ 为内摩擦角($^{\circ}$)。

5.3.6 干法赤泥堆场稳定计算的荷载应包含下列三类,荷载的组合应根据不同运行工况按表 5.3.6 进行组合:

- 1 坝体自重;
- 2 坝体及坝基中的孔隙压力;
- 3 地震荷载。

表 5.3.6 荷载的组合

运行条件	荷载类别 计算方法	坝体自重	坝体及坝基中的孔隙压力	地震荷载
正常运行	总应力法	有	—	—
	有效应力法	有	有	—
洪水运行	总应力法	有	—	—
	有效应力法	有	有	—
特殊运行	总应力法	有	—	有
	有效应力法	有	有	有

5.3.7 坝体抗滑稳定计算工况应按表 5.3.7 采用。

表 5.3.7 坝体抗滑稳定计算工况

计 算 工 况	运 行 条 件
正常运行	库内无降雨、无自由水面
洪水运行	库内水面达到最高洪水位
特殊运行	正常运行条件遇地震

注：滤饼干法赤泥堆场采用库尾排放方式时，稳定计算可不计算洪水运行工况。

5.3.8 坝坡抗滑稳定最小安全系数不应小于表 5.3.8 规定的数值。

表 5.3.8 坝坡抗滑稳定最小安全系数

计算方法	堆场等别 运行条件	一	二	三	四、五
瑞典圆弧法	正常运行	1.30	1.25	1.20	1.15
	洪水运行	1.20	1.15	1.10	1.05
	特殊运行	1.10	1.05	1.05	1.00
简化毕肖普法	正常运行	1.50	1.35	1.30	1.25
	洪水运行	1.30	1.25	1.20	1.15
	特殊运行	1.20	1.15	1.15	1.10

5.3.9 新建干法赤泥堆场赤泥坝的稳定计算断面应根据赤泥的设计固结度或压实度进行概化分区。各区赤泥的物理力学性质指标可根据类似赤泥坝的勘察资料确定,扩建、改建及中期论证的赤泥堆场赤泥坝稳定计算断面应根据勘察资料进行概化分区。

5.3.10 三级及三级以下的赤泥坝可采用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 中的地震基本烈度作为地震设计烈度,一级和二级赤泥坝的地震设计烈度应按批准的场地危险性分析结果确定。涉及地震荷载时,应按现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的有关规定进行计算。

5.3.11 除一级和二级赤泥坝外,场地设计基本地震加速度还应按表 5.3.11 选用。

表 5.3.11 场地设计基本地震加速度 a

地震烈度	6	7	8	9
水平加速度 a	0.05g	0.10g、0.15g	0.20g、0.30g	0.40g

6 堆场排洪

6.1 防洪标准及排洪设施

6.1.1 干法赤泥堆场必须设置可靠的排洪设施,并应满足在设计洪水条件下防洪安全和正常生产的要求。

6.1.2 赤泥堆场各使用期的防洪标准应根据使用期库的等别、库容、坝高、使用年限及对下游可能造成的危害程度按表 6.1.2 的规定确定,并应符合下列规定:

表 6.1.2 赤泥堆场各使用期的防洪标准

赤泥堆场各 使用期等别	一	二	三	四	五
洪水重现期 (a)	1000~5000 或 PMF	500~1000	200~500	100~200	100

注:PMF 为可能最大洪水。

1 当确定的堆场等别的库容或坝高偏于该等下限,堆场使用年限较短或失事后对下游不会造成严重危害者可取下限,反之应取上限。对于高堆坝或下游有重要居民点的,防洪标准可提高一等。堆场失事后可能对下游环境造成极其严重危害时,防洪标准应提高,也可按可能最大洪水进行设计。

2 采用露天废弃采坑及凹地储存赤泥的堆场,周边未建赤泥坝时,防洪应按百年一遇的洪水设计;建赤泥坝时,应根据坝高及其对应的库容确定库的等别及防洪标准。

6.1.3 赤泥堆场的排洪方式应根据地形、地质条件、洪水总量、调洪能力、回水方式、操作条件与使用年限因素,经过技术经济比较确定,并应符合下列规定:

1 上游式赤泥堆场宜采用排水井(或斜槽)-排水管(或隧洞)

排洪系统。

2 堆场在地形条件许可时,可采用溢洪道排洪。

3 当上游汇水面积较大,库内调洪难以满足要求时,可采用上游设拦洪坝截洪和库内另设排洪系统的联合排洪系统。拦洪坝以上的库外排洪系统不宜与库内排洪系统合并;当与库内排洪系统合并时,应进行论证,合并后的排水管或隧洞宜采用无压流控制。当采用压力流控制时应进行可靠性技术论证,也可通过水工模型试验确定。

4 除库尾排放的滤饼干法赤泥堆场外,三等及三等以上赤泥堆场不得采用截洪沟排洪。

5 当堆场周边地形、地质条件适合时,四等及五等赤泥堆场经论证可设截洪沟截洪分流。

6 赤泥堆场不得采用机械排洪。

6.1.4 赤泥堆场应设置防止泥石流、滑坡、树木杂物影响泄洪能力的工程措施。

6.2 洪水计算

6.2.1 干法赤泥堆场洪水计算应根据当地水文图册或适用于特小汇水面积的计算公式进行计算。当采用全国通用的公式时,应采用当地的水文参数。有条件时,应结合现场洪水调查予以验证。

6.2.2 设计洪水的降雨历时应采用 24h 计算,经论证也可采用短历时计算。

6.3 调洪演算及排水构筑物设置

6.3.1 干法赤泥堆场排水构筑物形式及尺寸应根据水力计算和调洪演算确定,满足设计流态和防洪安全要求。当滤饼干法赤泥堆场采用库尾排放方式时,可不进行调洪演算。

6.3.2 浆体干法赤泥堆场各级赤泥坝坝顶与设计洪水位的高差不应小于表 6.3.2 的最小安全超高值。同时,滩顶至设计洪水位

水边线的距离不应小于表 6.3.2 的最小干滩长度值。

表 6.3.2 浆体干法赤泥堆场赤泥坝的最小安全超高与最小干滩长度(m)

坝的级别	1	2	3	4	5
最小安全超高	1.5	1.0	0.7	0.5	0.4
最小干滩长度	150	100	50	35	25

6.3.3 滤饼干法赤泥堆场采用库前、库中或四周排放方式时,其各级赤泥坝坝顶与设计洪水位的高差不应小于本规范表 6.3.2 的最小安全超高值。同时,滩顶至设计洪水位水边线的距离不应小于表 6.3.3 的最小干滩长度值。

表 6.3.3 滤饼干法赤泥堆场赤泥坝的最小干滩长度(m)

坝的级别	1	2	3	4	5
最小干滩长度	100	70	50	35	25

6.3.4 调洪计算应采用水量平衡法按下式计算:

$$\frac{1}{2}(Q_s + Q_z)\Delta t - \frac{1}{2}(q_s + q_z)\Delta t = V_z - V_s \quad (6.3.4)$$

式中: Q_s 、 Q_z ——时段始、终赤泥堆场的来洪流量(m^3/s);

q_s 、 q_z ——时段始、终赤泥堆场的泄洪流量(m^3/s);

V_s 、 V_z ——时段始、终赤泥堆场的蓄洪量(m^3);

Δt ——该时段的时间(h)。

6.3.5 浆体干法赤泥堆场分隔为多个库区时,各库区应分别设置排水构筑物,并分别进行洪水计算和调洪演算。

6.3.6 堆场的一次洪水排出时间应小于 72h。

6.3.7 滤饼干法赤泥堆场采用库前、库中或四周排放方式时,可在进水构筑物附近设置调洪池,其容量应满足赤泥堆场各使用期降雨时调蓄洪水的需要。库区赤泥层表面应按不小于 1% 的坡度坡向调洪池。调洪池边坡坡比不宜大于 1:6,边坡上适当位置应设置供操作人员上下的台阶。

6.3.8 滤饼干法赤泥堆场采用库尾排放方式时,排洪构筑物设置应符合下列规定:

1 库前应建设拦挡坝。其高度应满足储存一次洪水冲刷挟带的赤泥量,该量应根据赤泥滤饼冲刷试验确定。缺少资料时,可按式估算确定:

$$W_{CH} = 1000 H_P \cdot a \cdot F \cdot P \quad (6.3.8)$$

式中: W_{CH} ——最大一次冲泥量(m^3);

H_P ——设计频率的最大 24h 的降雨量(mm);

a ——赤泥细度系数,可取 0.25;

F ——终期赤泥堆积区面积(km^2);

P ——赤泥堆场等别系数,一等库取 0.45,二等库取 0.35,三等库取 0.30,四等库取 0.25,五等库取 0.20。

2 在拦挡坝前应设置排水井-排水管排洪系统,排水井进口底标高应高于设计赤泥淤积标高 0.5m 以上。

3 在赤泥堆积区应设临时截水沟,排入两侧截洪沟;在赤泥堆积体最终的下游坡面应设置永久性纵横向截排水沟,被截径流汇至拦挡坝前,经井、管排出坝外。

4 拦挡坝未设置坝肩溢洪道时,排水井-排水管系统的泄洪能力不应低于堆场设计频率的洪峰流量;拦挡坝设置了坝肩溢洪道时,溢洪道的泄洪能力不应低于堆场设计频率的洪峰流量。

6.4 排水构筑物要求

6.4.1 滤饼干法赤泥堆场的进水构筑物的形式应根据洪水量大小、堆场地形条件确定。排洪量较小时,可采用窗口式排水井或斜槽,排洪量较大时宜采用框架式排水井。当采用排水井时,其内径不宜小于 1.2m。

6.4.2 浆体干法赤泥堆场的进水构筑物宜采用逐段加高的排水竖井。井壁应开设供正常运行时排泄赤泥附液的小孔,井壁外围应设置防止赤泥进入竖井的反滤层。竖井直径和每段高度应根据排洪时洪水从井顶溢流的泄流能力计算确定。

- 6.4.3** 堆场排水构筑物宜控制常年洪水不产生无压与有压流交替工作状态。当设计为有压流时,排水管接缝处的止水应满足工作水压的要求。
- 6.4.4** 排水管或隧洞中的最大流速不应大于管(洞)壁材料的容许流速。
- 6.4.5** 排水构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避开时,应进行地基处理设计。
- 6.4.6** 排水井底部应设置消力坑。消力池坑深度不宜小于 1m。排水管或隧洞变坡、转弯和出口处,应视具体情况采取消能防冲措施。
- 6.4.7** 排洪管或斜槽的净高不宜小于 1.2m。隧洞的净高不宜小于 1.8m,净宽不宜小于 1.5m。排洪管或隧洞的最小设计坡度不宜小于 0.003。
- 6.4.8** 排水隧洞岩石条件较好且在允许流速范围内时,可设置喷锚支护或不衬砌。
- 6.4.9** 排水构筑物可采用钢筋混凝土结构或钢结构,并按岩土压力、自重、内外水压力、弹性抗力、风荷载、地震力和施工吊装等荷载的最不利组合进行设计。
- 6.4.10** 排水构筑物采用钢结构时,内、外壁应采取防腐措施。
- 6.4.11** 钢筋混凝土排洪构筑物的结构设计应按现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》SL 191 的有关规定执行,排水隧洞设计应按现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279 和《水工建筑物荷载设计规范》DL 5077 的有关规定执行。排水管道应按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定执行。
- 6.4.12** 钢筋混凝土排水管应根据地基和气温条件确定分缝长度。建在岩基上的排水管,宜每隔 15m~25m 设一条温度缝;在岩性变化或断层处应设沉降缝;建在土基上的排水管,宜每隔 4m~8m 设一条沉降缝。接缝处可采用橡胶或塑料止水带。当排

水管的地基为软弱土层或沉陷量过大时,应进行地基加固处理。

6.4.13 钢制排水管应设置可曲绕橡胶柔性管接头,并应符合下列规定:

- 1 建在岩基上的排水管宜每隔 15m~25m 设一个管接头;
- 2 在岩性变化或断层处应设管接头;
- 3 建在土基上的排水管宜每隔 8m 设一个管接头;
- 4 管接头外壁宜采用钢筋混凝土环管保护,环管内径宜比管接头外径大 0.1m。环管长度宜比管接头长度大 0.6m。环管壁厚应根据最大赤泥荷载计算确定。

6.4.14 排水管通过土坝地段,宜每隔 10m~15m 设一道截水环。管道两侧及管顶以上 0.5m 的回填土应人工夯实,其密实度不应低于坝体的填筑标准。排水管道过堆石坝地段,应在管周围填筑级配良好的碎石过渡层,厚度不应小于 0.5m。

6.4.15 赤泥堆场内的沟埋式和平埋式管段可就地取土回填,管道两侧回填土应夯实,管顶部应松填,其厚度不应小于 0.5m。

6.4.16 排洪系统设计应采用终止使用时在井座上部或支洞末端进行封堵的措施。

6.4.17 在排洪构筑物上或赤泥堆场内适当地点应设立清晰醒目的高程标尺。

7 堆场排渗及回水

7.1 排渗及回水系统设置

7.1.1 干法赤泥堆场应设置收集赤泥附液和初期雨水的回水系统,回水系统应由排渗层、竖井、排水管、回水池、回水泵房、回水管组成。场内回水构筑物可与排水构筑物合并设置。排水系统在回水池附近应设置分流井,并设置连接回水池的进水支管,进水支管上应设置电动阀门。

7.1.2 浆体干法赤泥堆场采用排水竖井兼作回水构筑物时,竖井井壁应均匀开设小孔,开孔率应根据回水量计算确定。井壁四周应设置可有效阻挡赤泥进入的砂石反滤层。反滤层级配应根据赤泥颗粒级配和反滤准则确定。

7.1.3 浆体干法赤泥堆场应在初期坝上游坡面及堆场底部满铺砂石排渗层,并应符合下列规定:

1 排渗层应铺设在防渗层上部,其级配应根据赤泥颗粒级配和反滤准则确定。

2 排渗层可根据堆场等别、赤泥排放量因素采用单层结构或双层结构。三等及以上赤泥堆场宜采用双层结构。

3 排渗层采用单层结构时,厚度不宜小于0.5m;采用双层结构时,上层厚度不宜小于0.4m,可用级配良好的细砂构成;下层厚度不宜小于0.3m,可用级配良好的碎石构成,上、下层的颗粒级配应满足反滤要求。底部排渗层的下层内宜敷设排渗管网,由穿孔钢管或穿孔排水铸铁管构成。

4 底部排渗层应坡向排水竖井,竖井与排渗层的交接段应均匀开孔,并在井壁四周设置反滤层。

7.2 回水池及泵房

7.2.1 赤泥坝下游应设置回水池,并应符合下列规定:

1 回水池有效容积宜满足收集库区中小降雨的需要,可按场址的 60min 降雨量均值计算。缺水地区需回收利用库区雨水时,可利用回水池作雨水收集池,其有效容积可按容纳场址多年最大 24h 降雨量均值计算。

2 回水池宜至少分为两格。浆体干法赤泥堆场的正常回水宜与初期雨水分格存放。

3 回水池应设置水位计并与进水支管上的电动阀门连锁,当回水池水位距池顶 0.3m 时自动关闭电动阀门并发出报警信号。

4 岩溶地区赤泥堆场的回水池结构设计,应按地下水可能达到的最高水位设置抗浮设施。

5 回水池进水阀门关闭后,洪水 pH 值小于 9 时可直接排放,pH 值大于 9 时,应加废酸进行中和处理达标后再排放。当回水池有效容积大于设计频率的 24h 洪水量时,可不设置中和处理设施。

6 回水池结构设计应设置抗渗设施。

7 回水池设计应设置清理设施。

7.2.2 对于沟谷型赤泥堆场,当库形、地质条件适宜在堆场下游建设挡水坝形成回水库时,回水库有效容积宜按容纳场址设计频率下 24h 降雨量计算。挡水坝应按水库坝的有关规范设计,回水库应设置全面的水平防渗设施。

7.2.3 回水泵房设计应符合现行国家标准《泵站设计规范》GB 50265 的有关规定,并应符合下列规定:

1 回水泵流量应根据回水量和厂区工艺系统接纳能力经计算确定;

2 回水泵扬程应根据回水池最低水位、厂区回水用户高程、回水管线阻力损失计算确定;

- 3 回水泵应设置备用；
 - 4 回水泵房应设置吊装、计量和配电设施。
- 7.2.4** 回水管线可与赤泥输送管线共架敷设，管径、壁厚应根据回水量和回水泵扬程经计算确定。

8 赤泥浆输送

8.1 赤泥泵站

8.1.1 赤泥泵站的数量应根据不同工况的流体力学计算结果和选用的泵型经计算确定。在设备性能允许、技术论证经济合理的前提下,应减少泵站数量。

8.1.2 赤泥输送主泵应根据输送的赤泥浆流量、所需扬程、赤泥浆浓度进行选型。浆体干法赤泥堆存工艺的赤泥浆输送泵站宜采用隔膜泵。滤饼干法赤泥堆存工艺的赤泥浆输送宜采用离心泵、水隔离泵或油隔离泵。

8.1.3 氧化铝厂排出的赤泥浆体正常流量应按下式计算:

$$Q_k = \frac{W}{86400} \left(\frac{1}{\rho_g} + \frac{m}{\rho_s} \right) \quad (8.1.3)$$

式中: Q_k ——赤泥浆体正常流量(m^3/s);

W ——赤泥干固体量(t/d);

ρ_g ——赤泥的颗粒密度(t/m^3);

ρ_s ——水的密度(t/m^3);

m ——赤泥浆体中水重与固体重之比(水固比)。

8.1.4 赤泥浆输送流量波动范围宜取 $\pm 10\%$ 。

8.1.5 赤泥浆体输送应确定输送的临界流速和摩阻损失,可按相应的试验或按类似工程的实测资料计算确定。

8.1.6 赤泥浆输送含水率大于 150% 时,赤泥浆输送泵的扬程及电机功率可按现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 中关于尾矿输送的有关公式计算。

8.1.7 赤泥浆输送含水率小于 150% 时,赤泥浆输送泵的扬程及电机功率宜根据赤泥输送流变试验确定,或根据相似工程试验资

料经推算确定。

8.1.8 赤泥输送泵的备用数量应根据赤泥的磨蚀性、选用矿浆泵的类型、材质、泵站的工作条件以及检修水平确定。主泵数量在 3 台以下时,宜备用 1 台;主泵数量多于 3 台时,备用泵不宜少于 2 台。

8.1.9 每台(组)泵应设置独立的赤泥贮槽,并应符合下列规定:

- 1 贮槽内应设置电动搅拌装置。
- 2 赤泥贮槽的有效容积宜大于 8h 的扬送赤泥浆量。
- 3 赤泥贮槽应设自动液位指示器,其指示部分应设于控制室。在最高、最低液面应报警,并在最低液面时自动停止给料泵。
- 4 赤泥贮槽应设有上下用的斜梯、槽内爬梯及有栏杆维护的操作平台。

8.1.10 每台隔膜泵进料口应配置 2 台过滤器,1 台工作,1 台备用。

8.1.11 泵站内应设置地沟,其宽度不得小于 0.3m,地沟以不应小于 0.02 的坡度坡向污水池。室内地坪面坡向地沟的坡度不应小于 0.01。污水池内应设置污水泵,将废水及废渣送回工艺系统。

8.1.12 采用离心式矿浆泵多段扬送赤泥浆时,泵与泵之间宜采用赤泥贮槽衔接或在同一泵站内直接串联。当采用在同一泵站内直接串联时,其总扬程应在泵体强度允许范围之内。

8.1.13 当离心式矿浆泵采用三角胶带输送机或联轴器传动时,应设置安全罩。

8.1.14 隔膜泵和油隔离矿浆泵缓冲装置宜采用高压充气方式。泵站内应设专用的充气装置,并需备用。充气压力应大于泵工作压力 300kPa~500kPa,容量可采用 $0.4\text{m}^3 \sim 1.0\text{m}^3$ 。在缓冲装置上应设安全超压保护装置。

8.1.15 泵站内设置隔膜泵、水隔离泵时应设置给水系统,给水水量、水压和水质等参数由制造商提供。泵站内设置油隔离泵时应

安设加油装置及调节油位的给水装置,给水水压不应小于100kPa。

8.1.16 赤泥泵站的起重设备应按表 8.1.16 确定。

表 8.1.16 赤泥泵站的起重设备

泵或电机的重量(t)	起重设备名称
<0.5	手拉葫芦或电动葫芦
0.5~1.5	电动葫芦或手拉葫芦
1.5~4.0	电动葫芦
>4.0	电动桥式起重机或电动悬挂式起重机

注:泵的重量按最大部件计算。

8.1.17 泵站内赤泥浆管上操作较频繁的阀门,直径小于 300mm 时,宜采用手动阀;直径等于或大于 300mm 时,宜采用电动或气动阀。

8.1.18 赤泥泵的配置应设计成压入式,其给料压力应由赤泥泵设备制造商提供。

8.1.19 泵站内赤泥输送泵、管道及阀门的布置应符合下列规定:

1 在设备、阀门、管件发生故障时,对泵站的正常工作影响最小。

2 在技术经济论证合理的情况下,宜布置成一台(组)泵配置一条输送管道的独立系统。

3 阀门应设置在操作及检修方便的地点。阀门的手轮中心与操作面距离宜为 0.75m~1.5m。不需经常操作的阀门安装高度可采用 1.5m~1.8m。当安装高度无法降低且又需要经常操作时,应设置操作踏步。阀门手轮中心与操作面的距离超过 1.8m 时,应设置链轮挂钩,链轮的链子距地面宜为 0.8m。链子下端宜挂在靠近的墙上或柱子上。

4 管道布置宜阀门少,转角小,转点少,并避免直交和死角过长。

5 管道有碍通行时,应设跨越管道的走台。

- 6 管道应具有不小于 0.03 的坡度,最低段应设有放空管。
- 7 管道不得在电气设备上方通过。
- 8 管道及阀门应设置支座。

8.2 赤泥浆输送管线

- 8.2.1 赤泥浆输送宜采用有压管道输送方式。
- 8.2.2 赤泥浆输送管线线路的选择和设计应符合下列规定:
 - 1 符合企业及线路通过地区总体规划要求;
 - 2 不占或少占农田;
 - 3 线路短,土石方及构筑物工程量小;
 - 4 减少及减小平面与纵断面上的转角;
 - 5 避免穿过居民住宅区、铁路及公路;
 - 6 避开滑坡、崩塌、沉陷、泥石流、沼泽及其他不良工程地质地段和洪水淹没区;
 - 7 邻近道路、水源和电源。
- 8.2.3 赤泥浆输送管线的输送能力应与氧化铝厂排出赤泥量相适应,并宜设置备用管。当氧化铝厂各期赤泥量变化较大,设置一条工作管道不经济时,可分期敷设多条工作管道。
- 8.2.4 赤泥浆输送管道宜采用无缝钢管及管件。其壁厚应根据管材许用应力、管道试验压力及磨蚀余量计算确定。
- 8.2.5 赤泥浆输送管道的临界流速和摩阻损失应根据流变试验资料、经验数据、经验公式计算及类似系统运行资料,经综合分析后确定。
- 8.2.6 赤泥浆输送管道的最大设计流速不宜超过临界流速的 1.5 倍。
- 8.2.7 赤泥浆输送管道宜采用明设。经论证技术经济合理时,也可采用埋地敷设方式。
- 8.2.8 寒冷地区明设管道应采取保温措施,还应按需要设置伴热防冻措施。

8.2.9 输送管架与铁路或公路交叉时应符合下列规定：

1 与铁路或公路的交叉应取得该铁路或公路所属管理部门的批复文件；

2 与铁路或公路宜垂直交叉；

3 管架跨越公路时，路面上的净高不应小于 5m，柱(墩)边与公路边缘的距离不应小于 1m。跨越铁路时轨顶以上的净高不应小于 6.5m，柱(墩)边与铁路中心线的距离不应小于 2.5m。

8.2.10 输送管道与河流交叉时应符合下列规定：

1 与河流的交叉应取得该河流所属管理部门的批复文件；

2 与河流宜垂直交叉；

3 跨越河流时，应利用已有的桥梁。当需新建管桥时，对于通航河流，桥下的净空应符合航运部门的要求；对不通航河流，桥梁底应比洪水重现期 50a~100a 一遇的洪水位高 1.0m。

8.2.11 赤泥浆输送管道敷设应具有不小于 0.005 的坡度。

8.2.12 赤泥浆输送管道最低处宜设置放料阀及事故池。放料阀的操作宜采用自动控制。

8.2.13 赤泥浆输送管道沿线宜设置检修巡视便道。

8.2.14 赤泥浆输送管道的隆起点应设置手动或自动排气阀。

8.2.15 赤泥浆输送管道设置阀门处应配置阀门操作平台，并应设置爬梯及栏杆。

8.2.16 管道固定支架和柔性补偿的设置应视温差、管道布置情况经计算确定。管道柔性补偿宜采用水平方型补偿器。

8.2.17 赤泥浆输送管道宜采用焊接，焊缝检验应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的有关规定。

8.2.18 赤泥浆输送管道的防腐和保温应符合下列规定：

1 管道外壁应进行防腐。管道防腐应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》GB 50726 和《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50727 的有关规定。

2 当管道需要保温时,应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程施工规范》GB 50126 和《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》GB 50185 的有关规定。

3 管道的基本识别色、识别符号和安全标识应符合现行国家标准《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231 的有关规定。

8.2.19 管道的适当位置可根据需要设置取样、压力测量装置。

9 赤泥过滤及滤饼输送

9.1 赤泥过滤

9.1.1 滤饼干法赤泥堆场应设置赤泥过滤工段。过滤设备宜采用压滤机。

9.1.2 中小型氧化铝厂的赤泥过滤工段可设置在厂区或堆场附近,大型氧化铝厂的赤泥过滤工段宜设置在堆场附近。

9.1.3 当赤泥过滤工段设置在厂区时,宜采用汽车运输方式将赤泥滤饼运输进堆场。当赤泥过滤工段设置在堆场区域时,可采用胶带输送机运输或汽车运输方式运送赤泥滤饼。

9.1.4 当赤泥过滤工段设置在堆场附近时,宜配置在高程较高的位置,并应根据赤泥浆输送管线走向、堆场道路设置和胶带输送机廊走向确定。

9.1.5 赤泥过滤工段应设置赤泥贮槽,其有效容积应满足贮存3h~5h赤泥浆的需要。赤泥储槽应设置搅拌装置。

9.1.6 当过滤设备采用压滤机时,压滤机的工作台数应按式(9.1.6)计算。压滤机的备用台数宜按工作台数的20%计算,计算结果应取整数。

$$N = \frac{W_1 \times T_2}{60 \times W_2 \times T_1} \quad (9.1.6)$$

式中: N ——压滤机的工作台数(台);

W_1 ——每天需脱水的赤泥干固体量(t/d);

W_2 ——每台压滤机每个周期产出干滤饼量(t/周期);

T_1 ——每台压滤机每天的工作时间(h);

T_2 ——每台压滤机每个过滤周期运行时间(min/周期)。

9.1.7 每台压滤机应配置一台喂料泵。喂料泵的流量应按下式

计算：

$$Q = \frac{\frac{W_2}{G_s} + \frac{W_2}{\lambda_1}}{t} \quad (9.1.7)$$

式中： Q ——喂料泵流量(m^3/h)；

W_2 ——每台压滤机每个周期产出干滤饼量(t)；

G_s ——赤泥的比重；

λ_1 ——赤泥浆的含水率；

t ——压滤机每次进料时间(min)。

9.1.8 赤泥滤液量及滤液槽有效容积应按下列公式计算：

$$Q_y = \frac{W_1 \times (\lambda_1 - \lambda_2)}{24 \times \rho_{\text{滤液}}} \quad (9.1.8-1)$$

$$V_y = \frac{Q_y}{T_3} \quad (9.1.8-2)$$

式中： Q_y ——赤泥滤液量(m^3/h)；

V_y ——滤液槽有效容积(m^3)；

W_1 ——每天需脱水的赤泥干固体量(t/d)；

λ_1 ——赤泥浆的含水率；

λ_2 ——赤泥滤饼的含水率；

T_3 ——滤液槽贮存滤液的时间，可取 $2\text{h} \sim 4\text{h}$ ；

$\rho_{\text{滤液}}$ ——滤液的密度，取 $1000\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1050\text{kg}/\text{m}^3$ 。

9.1.9 滤液泵选型应根据滤液量、滤液槽最低液位、工艺回水用户高程、滤液管线阻力损失计算确定。滤液泵应至少设置 1 台备用。

9.1.10 滤布冲洗泵选型应根据压滤机设备要求的流量、冲洗压力确定，并应至少设置 1 台备用。

9.1.11 空压机选型应根据压滤机设备要求的气量、压力确定。

9.1.12 压滤厂房内转运赤泥滤饼用的胶带输送机带宽不宜小于 1.0m 。

9.1.13 当采用汽车运输赤泥滤饼时，压滤厂房内应设置装车用

的下料斗,下料斗应设置备用并采用电动开关。

9.1.14 当采用汽车运输赤泥滤饼时,压滤厂房内宜设置滤饼暂存库,其容积应能存放 48h 的滤饼量。暂存库内应配置装载机、推土机及其他作业机械。当压滤厂房设置有应急胶带输送机及其他备用设施时,可不设置滤饼暂存库。

9.1.15 压滤厂房内应设置配电室、控制室、休息室和值班室。

9.2 赤泥滤饼输送

9.2.1 当赤泥滤饼从压滤厂房到赤泥堆场采用汽车运输方式时,应符合下列规定:

1 运输车辆宜选择载重量为 15t~30t 的自卸汽车。

2 运输车辆的工作台数应按下列公式计算,并按计算结果中的台数多者取值。

$$N_{c_1} = \frac{W_1 \times (1 + \lambda_2) \times T_c}{W_c \times T_g \times 60} \quad (9.2.1-1)$$

$$N_{c_2} = \frac{W_1 \times T_c}{V_c \times \gamma_d \times T_g \times 60} \quad (9.2.1-2)$$

式中: N_{c_1} ——按赤泥运输质量计算的运输车辆的工作台数(台);

λ_2 ——赤泥滤饼的含水率;

T_c ——包含装车、卸车、从压滤厂房至堆场路途往返一次所需平均时间(min);

T_g ——每天运输的工作时间(h);

W_c ——每台汽车的载重量(t);

N_{c_2} ——按赤泥运输体积计算的运输车辆的工作台数(台);

γ_d ——赤泥滤饼的干密度(t/m^3);

V_c ——每台汽车可装载赤泥的容积(m^3)。

3 运输车辆的备用台数宜取工作台数的 20%。

4 运输车辆车厢底部宜设置防粘板。

5 运输道路构造应满足重型车辆长期通行需要,当需要会车

时,路面宽度不宜小于 8m。不需要会车时,路面宽度不宜小于 5m。

6 运输道路沿线应设置照明设施。

7 运输道路最大坡度不宜大于 9%。

8 运输道路应与堆场环库道路平顺连接。

9.2.2 当赤泥滤饼从压滤厂房到赤泥堆场采用胶带输送机运输方式时,应符合下列规定:

1 胶带输送机数量应根据需运输的赤泥滤饼产量和胶带输送机的运输能力经计算确定,并宜设置备用;

2 运输胶带输送机宽度不宜小于 1.2m,行走速度宜为 1.6m/s~2.5m/s;

3 胶带输送机的安装坡度不宜大于 16°;

4 胶带输送机应设置防雨、防冻措施以及检修、巡视设施。

10 堆场环保措施

10.1 环 保 措 施

10.1.1 干法赤泥堆场必须设置防渗层。

10.1.2 干法赤泥堆场防渗层设计应符合现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599—2001 中Ⅱ类场的第 5.1 节、第 5.3 节、第 6.1 节、第 6.2 节的规定。

10.1.3 干法赤泥堆场应设置收集赤泥附液和初期雨水的回水设施,当回水池容积小于一次洪水总量时,外排水水质应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的有关规定。当雨水直接外排不能满足排放标准要求时,应进行中和处理。

10.1.4 在库区地形地质条件允许的情况下,赤泥堆场应设置周边截水沟进行清污分流。截水沟过流断面设计标准宜按十年一遇暴雨标准设置。

10.1.5 当干法赤泥堆场表面可能产生扬尘时,应用洒水车喷洒表面。

10.1.6 干法赤泥堆场的防渗层应设置在稳定的地基上。防渗层施工前,应对地基进行可靠处理,并应平整场地使之满足防渗层的铺设要求。

10.2 地 基 处 理

10.2.1 堆场地基处理应为赤泥堆存提供稳定的基础。

10.2.2 赤泥堆场地基处理应符合下列规定:

1 处理后的地基在赤泥荷载作用下其沉降变形量在设计允许范围内;

2 当场区地下水位较高时,地基处理应对场区地下水进行有

效疏排和导气；

3 地基处理应对可能导致赤泥泄漏的通道采取有效封堵措施。

10.2.3 库区为湿陷性黄土地基时，视具体情况可采用挖除、翻压、预浸水、强夯、灰土挤密桩的方法处理。

10.2.4 库区存在软弱土地基时，可采用下列方法处理：

1 当软弱土层厚度不大，且埋深较浅时，可采用挖除换填的方法处理；

2 当软弱土层厚度较大，视具体情况可采用镇压、预压、打砂井、插排水板、抛石挤淤、爆破挤淤、振冲的方法处理。

10.2.5 库区存在可能液化土层时，视具体情况可采用挖除、加强排水、振动压密、强夯、振冲、设置砂石桩的方法处理。

10.2.6 库区存在采空区时，视具体情况可采用强夯、水泥灌浆的方法处理。

10.2.7 库区位于岩溶发育区时，其地基处理应符合下列规定：

1 地基处理设计前应了解堆场区域地质构造和水文地质特点，确定本堆场的地下水流向和可能渗漏通道及其影响范围；

2 地基处理设计应注意场平后各岩溶发育点高程的变化，区分需要处理的岩溶发育点和无须处理的岩溶发育点；

3 岩溶地基处理应按从低到高的顺序逐层处理；

4 场平后顶板埋藏深度不大于 2m 的岩溶发育点宜开挖揭露，再视其深浅宽窄，在清除充填物后，依次回填块石、碎石并夯实，开挖后顶面以下 2m 则填毛石混凝土至顶面，再在表面喷覆 C15 混凝土，厚度不小于 300mm；

5 落水洞处理后应从洞中引出通气管，连接到地下盲沟内集水管或沿地形敷设到边坡上；

6 场平后顶板埋藏深度大于 2m 的隐伏溶洞，宜采用注浆的方法治理；

7 堆场底部宜设置网状的排渗导气盲沟，盲沟内回填块石、

碎石,并在盲沟内埋设穿孔的排渗导气管,并与落水洞处理中引出的通气管连通;

8 当库区内存在断层时,其处理方式应根据地质勘察报告确定。

10.3 场 地 平 整

10.3.1 场地平整应使堆场土石方量总体基本平衡。场地平整前应对堆场及其附近区域土石料的分布和储量进行详细勘察。

10.3.2 场地平整应保证堆场底部排水所需的最小坡度。平整后的库区各点均应坡向排水构筑物。

10.3.3 场地平整应整治堆场边坡。

10.3.4 场地平整应与地基处理结合按高程顺序施工。

10.4 防 渗 层

10.4.1 防渗层应由支持层、土工膜、保护层组成。

10.4.2 干法赤泥堆场防渗土工膜应采用高密度聚乙烯土工膜(HDPE膜),其材质应符合现行国家标准《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643的有关规定。

10.4.3 土工膜的设计、施工和验收应符合国家现行标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290和《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》SL/T 231的有关规定。

10.4.4 堆场设计文件应提出防渗层施工技术要求。

10.4.5 堆场防渗用土工膜的选择应符合下列规定:

1 土工膜的膜材厚度不应小于1.5mm。当赤泥堆场处于岩溶发育区或设计赤泥堆积高度大于60m时,膜材厚度不应小于2.0mm。

2 土工膜可根据堆场地形条件选用环保用光面膜、单糙面或双糙面高密度聚乙烯土工膜,一布一膜或两布一膜。堆场底部宜采用光面膜,一布一膜。堆场边坡宜采用单糙面膜或双糙面膜,两

布一膜。

3 土工膜宜选用黑色、加防老化添加剂的 HDPE 土工膜。

4 土工膜幅宽宜选用 6m~8m。

10.4.6 支持层设计应符合下列规定：

1 支持层的形式应根据天然基础条件和所用土工膜特性进行选择。

2 土工膜应铺设在密实的基础上。与膜接触的表面宜为碾压密实的细土料层、细砂层或混凝土层。层面应平整；当细粒土料缺乏时，可用土工聚合黏土材料(GCL)代替。

3 支持层上有阴、阳角时应修圆，其半径不宜小于 0.5m，并应在紧贴土工膜下面加设土工聚合黏土材料(GCL)。

10.4.7 保护层设计应符合下列规定：

1 土工膜防渗层表面应设保护层。保护层的结构和材料应按使用条件及材料来源确定。

2 边坡上土工膜的保护层应满足稳定性要求。

3 保护层厚度宜按边坡稳定、日晒和冰冻、堆场作业工艺条件及施工要求经现场试验确定。

10.4.8 保护层应由垫层和面层组成，其设计应符合下列规定：

1 垫层宜根据工程要求采用泡沫塑料片材或针刺土工织物；

2 面层可采用黏土、干赤泥或其他不影响土工膜完整性的细粒材料，其厚度对于浆体干法赤泥堆场不应小于 0.3m，对于滤饼干法赤泥堆场不应小于 0.6m。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《工业设备及管道绝热工程施工规范》GB 50126
- 《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》GB 50185
- 《工业金属管道工程施工规范》GB 50235
- 《泵站设计规范》GB 50265
- 《土工合成材料应用技术规范》GB 50290
- 《工业金属管道设计规范》GB 50316
- 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
- 《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》GB 50726
- 《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50727
- 《尾矿设施设计规范》GB 50863
- 《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231
- 《污水综合排放标准》GB 8978
- 《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643
- 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599
- 《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073
- 《水工建筑物荷载设计规范》DL 5077
- 《水工混凝土结构设计规范》SL 191
- 《土工试验规程》SL 237
- 《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》SL/T 231
- 《水工隧洞设计规范》SL 279

中华人民共和国国家标准

干法赤泥堆场设计规范

GB 50986-2014

条 文 说 明

修 订 说 明

《干法赤泥堆场设计规范》GB 50986—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 4 月 15 日以第 399 号公告批准发布。

本规范编制过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了我国氧化铝厂干法赤泥堆场建设和运行的经验,并在广泛征求意见的基础上,通过反复讨论、修改和完善,最后形成本规范。

为便于广大设计、施工、科研、生产等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《干法赤泥堆场设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明(还着重对规范的强制性条文的强制性理由作了解释)。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(5 7)
3	赤泥堆场	(5 8)
3.1	设计基础资料和设计文件组成	(5 8)
3.2	选址	(5 8)
3.3	堆存工艺选择	(5 9)
3.4	库容	(6 1)
3.5	堆场等别和构筑物级别	(6 2)
3.6	监测设施	(6 2)
3.7	附属设施	(6 4)
3.8	封场与回采	(6 4)
4	堆存工艺	(6 5)
4.1	堆场分区	(6 5)
4.2	堆场布料	(6 6)
4.3	堆存工艺	(6 7)
5	赤泥坝	(6 8)
5.1	初期坝	(6 8)
5.2	堆积坝	(7 2)
5.3	稳定计算	(7 3)
6	堆场排洪	(8 6)
6.1	防洪标准及排洪设施	(8 6)
6.2	洪水计算	(8 7)
6.3	调洪演算及排水构筑物设置	(8 7)
6.4	排水构筑物要求	(8 9)

7	堆场排渗及回水	(9 2)
7.1	排渗及回水系统设置	(9 2)
7.2	回水池及泵房	(9 2)
8	赤泥浆输送	(9 4)
8.1	赤泥泵站	(9 4)
8.2	赤泥浆输送管线	(9 4)
9	赤泥过滤及滤饼输送	(9 6)
9.1	赤泥过滤	(9 6)
9.2	赤泥滤饼输送	(9 7)
10	堆场环保措施	(9 8)
10.1	环保措施	(9 8)
10.2	地基处理	(9 9)
10.3	场地平整	(100)
10.4	防渗层	(100)

1 总 则

1.0.1 赤泥的处置是氧化铝、氢氧化铝生产工艺的重要组成部分。赤泥干法堆存是指将含水率低于 150% 的赤泥,用管道、胶带输送机或汽车送入赤泥堆场,并在堆场内进行摊布、晾晒、碾压、逐级加高坝体等作业的赤泥堆存工艺。从 20 世纪 90 年代以来,我国铝行业设计院与各氧化铝生产企业共同努力,对赤泥干法堆存技术作了大量工作,从工程实践到理论研究积累了许多成功的经验,实现了用纯拜尔法赤泥筑坝和构筑防渗层,获得了显著的社会效益和经济效益。赤泥干法堆存与传统湿法堆存工艺相比,土地利用效率提高了 30%~40%,堆场溃坝和渗漏的风险大大降低。

据不完全统计,全国已建成干法赤泥堆场十余座。在赤泥综合利用尚未消化大部分赤泥的情况下,干法堆存已成为赤泥堆存技术的发展方向,而国内外目前尚无这方面的设计技术规范。为了总结我国已有的科研成果、工程实践、设计及施工运行管理经验,更好地推广赤泥干法堆存技术,住房和城乡建设部《关于印发 2009 年工程建设标准规范制定修订计划的通知》(建标〔2009〕88 号)将《干法赤泥堆场设计规范》列入编制计划,以指导工程设计与施工运行管理、统一设计标准。

本规范编制过程中,注意了赤泥堆场与普通尾矿库共有的一些特点,相关规定注意了与现行尾矿库设计规范相协调。同时,结合赤泥干法堆存的特殊性而作了一些针对性的规定。

1.0.2 本条说明了干法赤泥堆场设计规范的适用范围。本规范适用于采用干法堆存工艺的新建、改建和扩建的赤泥堆场,包括浆体干法赤泥堆场和滤饼干法赤泥堆场。本规范不适用于湿法赤泥堆场的设计。

3 赤 泥 堆 场

3.1 设计基础资料和设计文件组成

3.1.1 对于新建企业,设计前取得本企业实际矿石加工试验产生的赤泥有困难时,可收集矿石产地接近、生产工艺类似的已投产的其他企业的赤泥试验资料作为设计依据,待本企业投产后产生赤泥,再进行试验和校核。

3.1.2 赤泥堆场建成投产后的运行过程也是其建设过程的延续,因此在施工图中应有专供堆场生产管理使用的设计说明及有关图纸,作为堆场生产运行的主要依据。

3.2 选 址

3.2.1 本条为强制性条文。赤泥堆场作为堆存赤泥的场所,既是氧化铝企业重要的生产设施,又是重要的危险源和污染源。风景名胜區、自然保护区、饮用水源保护区和国家法律禁止设置赤泥堆场的区域(如军事要地、军工基地等)都属国家法律规定的保护区,不得建设赤泥堆场,故作出本条强制性规定。

3.2.2 本条为干法赤泥堆场选址时应综合考虑的影响因素。

1 赤泥堆场既是安全上的危险源,也是环保上的污染源,应尽量不要建在大型居民区、大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地上游。但由于我国人口众多、土地面积有限,有时难以完全满足这些要求,为适应国情,本款只提“不宜”。

2 本款规定是为了防止堆场表面扬尘时影响居民区及厂区的空气质量。

3 本款规定符合国家相关土地政策。干法赤泥堆场应尽量利用荒地、荒谷,即使有时会增加一定的输送距离或增加一定的地

基处理工程投资,也应做到少占农田,少迁居民。

4 在选址前应取得地矿部门出具的是否压覆矿产的意见,作为场址比选的依据之一。

5、6 汇水面积小和筑坝工程量小均可节约建设投资,有足够库容和足够库长能满足基本的生产排放需要。

7 选址宜避开地质构造复杂、不良地质现象严重的区域,在南方喀斯特地区进行堆场选址往往很难完全避开岩溶发育区域,在这种情况下宜采用滤饼干法堆存工艺,并对岩溶等不良地质进行妥善处理。

8 本款是考虑降低运行成本的因素。

3.2.3 本条规定是堆存工艺选择对于浆体干法赤泥堆场选址原则的附加要求。为保证浆体干法堆存工艺的顺利实施,要求场址具备一定的晾晒面积和气象条件。由于赤泥浆体干燥所需晾晒面积与赤泥性质、赤泥排放量、气象条件密切相关,设计时宜进行模拟干燥试验或参照条件类似的工程经验确定。

3.2.4 在同一沟谷内建设两座或两座以上的赤泥堆场,在安全上是存在相互影响的,故应做安全可靠论证。

3.2.5 对废弃的露天采坑及凹地储存赤泥的,应对边坡稳定性、周边山体稳定性、不良工程地质与水文地质条件及原有设施的影响等进行安全可行性论证。

为避免废弃露天采坑内储存赤泥和下部采矿的相互不利影响,故规定废弃露天采坑下部有采矿活动的不宜储存赤泥。

3.3 堆存工艺选择

3.3.1 国内运行中的干法赤泥堆场,既有浆体干法赤泥堆场,也有滤饼干法赤泥堆场。两种干法堆存工艺各有优缺点和适用条件,一般而言,凡适宜采用浆体干法堆存工艺的堆场,都可以采用滤饼干法堆存工艺,反之则不然。

本条规定了浆体干法堆存工艺的适用条件。浆体干法堆存工

艺的关键是通过蒸发作用降低赤泥含水率而加快赤泥的干燥,故一定的晾晒面积和蒸发量较大是实施的必要条件。平地型赤泥堆场比山谷型赤泥堆场在晾晒面积上更容易满足堆存工艺的要求。由于浆体干法堆存工艺中赤泥浆的含水率远低于湿法堆存工艺,输送能耗较高,输送距离不宜过大。浆体干法赤泥堆场内赤泥的饱和度较高,在地质条件较复杂的地区采用时,如防渗层失效仍存在一定的附液渗漏的风险,故不宜在地质条件较复杂的场地(如岩溶发育区、采空区等)采用。

3.3.2 本条规定了滤饼干法堆存工艺的适用条件。滤饼干法堆存工艺的优点是适应性强,赤泥含水率的降低主要靠压滤机的过滤作用实现,堆存工艺对于晾晒面积、气候、地形、地质条件的要求较低,容易形成赤泥筑坝条件,筑坝费用较低。其输送工艺一般采用湿法输送,对输送距离要求低。赤泥浆中大部分水分在进入堆场前滤出,造成环境污染的风险较小。其缺点是增加了赤泥压滤环节,运行成本高于浆体干法堆存工艺。

3.3.3 对原湿法赤泥堆场进行干法改造扩容时推荐采用滤饼干法堆存工艺。主要原因是考虑到原湿法赤泥堆场已堆存赤泥的含水率较高,承载力较低,软基处理的费用和难度较大,采用滤饼干法堆存工艺进行改造扩容在工期、投资、安全性等方面更为适宜。

3.3.4 在技术经济比较合理的情况下,同一场址可以先后采用两种干法堆存工艺。沟谷型场址一般底部面积小,可以先采用滤饼干法工艺,待堆积高程上升、堆存面积增加后,再改用浆体干法堆存工艺;平地型场址随堆积高程上升,面积逐渐减小,至干燥面积不足时改用滤饼干法工艺,可充分利用堆存场地,延长使用时间。但同一场址采用两种干法堆存工艺尚需进行赤泥过滤及输送等配套设施的改造,故应进行技术经济比较。

3.3.5 浆体干法赤泥堆场需将赤泥浆均匀布放在整个库区以进行晾晒干燥,故应采用四周放料、中间排水的排放工艺。

3.3.6 滤饼干法赤泥堆场因其适应性强,各种地形均可采用,故

可根据库形条件选择库前排放、库尾排放、四周排放方式。

3.4 库 容

3.4.1 目前氧化铝厂生产规模有大型化趋势,相应地年外排赤泥量达数十万甚至数百万吨,赤泥堆场的建设规模也越来越大,征地难度高,建设周期长。如建设前未进行长远规划,氧化铝生产中可能会面临赤泥无处堆存的困难,影响生产的持续性。故氧化铝厂建设之前,应在场址选择阶段根据当地的总体规划合理规划企业近期、中期、远期的使用场址,满足氧化铝厂选厂阶段建厂条件要求。

浆体干法赤泥堆场的筑坝难度、筑坝周期、运行管理难度要大于滤饼干法赤泥堆场,堆场投入运行后需要进行一定时间的试验和探索,根据可行性和经济性的综合考虑,分别规定了不同堆存工艺初期坝的使用年限。

3.4.3 浆体干法赤泥堆场放料后,赤泥浆自然流淌可形成 $0.5\% \sim 3\%$ 的坡度,一般与放料操作和干燥面积有关,每层布料厚度越大,形成的滩面坡度越小。滩面坡度设计时可参照类似工程的实测数据确定。滤饼干法赤泥堆场的赤泥滩面坡度可在运行中人为控制,设计时可根据调洪演算要求确定,一般可取 1% ,便于表面排水通畅。在堆场运行中严格执行才能保证设计调洪库容和安全超高的实现。

3.4.4 赤泥堆存年限计算中,赤泥堆积干密度作为计算使用年限的重要参数,在实际生产中受碾压条件和干固状况的影响有一定波动,计算赤泥堆存年限时赤泥干密度取值应适当留有余地。

3.4.5 赤泥的堆积干密度与赤泥化学成分、堆存工艺、干燥条件、碾压方式等因素有关,故一般应根据试验或类似赤泥堆场的实测统计资料确定。中铝广西分公司浆体干法赤泥堆场的平均堆积干密度为 $1.51\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.77\text{g}/\text{cm}^3$,中铝贵州分公司滤饼干法赤泥堆场的平均堆积干密度为 $1.18\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.23\text{g}/\text{cm}^3$ 。

3.4.6 浆体干法赤泥堆场的干固程度对堆场的边坡稳定性有较大影响,故达到最大坝高时其堆存面积仍应大于最小晾晒面积。

3.5 堆场等别和构筑物级别

3.5.1 赤泥堆场的等别决定堆场的防洪标准和各主要、次要、临时构筑物的级别。由于堆场用以堆存赤泥,坝高与库容是逐年增加的,重要性和危险性亦随之加大,因此堆场在各不同运行期的等别有所不同。本条规定按不同运行期的全库容和坝高分期确定堆场等别,由低等向高等过渡,可使赤泥坝和排水设施的设计更经济、合理。

对于经论证可以储存赤泥的露天废弃采坑及凹地,当周边未建尾矿坝时,所储存的尾矿不会溢出原地面,故不定等别;建赤泥坝时,一旦发生溃坝,只有原地面以上赤泥可能溢出地面,故根据坝高及其对应的库容确定库的等别。需要注意的是,与坝高对应的库容仅计算坝底高程以上的部分,不包含坝底高程以下的凹地原有容积。

3.5.2 水工建筑物结构设计的安全系数与构筑物级别有关,堆场各构筑物均应属水工建筑物。为便于使用水工建筑物的有关规范,如现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》SL 274、《水工混凝土结构设计规范》SL 191、《水工隧洞设计规范》SL 279 等,结合堆场构筑物的特点编制了表 3.5.2。

3.6 监测设施

3.6.1 根据现行国家标准《尾矿库安全监测技术规范》AQ 2030 的规定,三等及以上的尾矿库应采用在线自动监测。

3.6.2 赤泥堆场常规监测项目包括浸润线监测、变位监测、水质监测,是在堆场运行过程中监视坝体安全度和环境影响的重要手段。对于滤饼干法赤泥堆场,正常运行中没有积水面,降雨时由于赤泥的渗透系数较低而不能形成稳定渗流,故可不设置浸润线监

测设施。浆体干法赤泥堆场一般也不会形成稳定渗流,但当干燥条件较差或运行管理不规范时堆场也可能有长时间积水的情形,故规定浆体干法赤泥堆场需设置浸润线监测设施,并定期根据监测结果校核坝体的稳定性。

3.6.3 干法赤泥堆场正常运行时一般没有积水面,仅暴雨时竖井附近短时小范围积水,故可在排洪井井壁或岸边固定的山体上设置高程标尺,用于监测赤泥堆积高程,暴雨时也用于监测洪水位。

干法赤泥堆场正常运行时整个赤泥面均为干滩面,一般无需设置监测干滩长度的仪器,暴雨时当有必要测量干滩长度时,可直接用尺丈量,或在雨季前,在滩面上安置若干标示干滩长度的标桩或标杆。

浆体干法赤泥堆场测量浸润线的装置有测压管、孔隙水压力计或其他装置,管口要做好保护。

平地型赤泥堆场一般堤坝较低,地形较平坦,但坝轴线较长,故浸润线观测点的埋设位置及点数可根据工程具体情况增减,但每条坝不宜少于 2 排,每排不宜少于 3 点。

3.6.4 对坝体的变位监测是为了及时掌握坝体在运行中的变化规律,监测其是否存在发生滑动、滑坡、裂缝的趋势,确保坝体安全稳定。坝体变位监测设施应包括监测标点和工作基点,并可设在同一标点桩上。

水平向变位(位移)、垂直向变位(沉降)监测设施的布置及要求是按照水工建筑物的安全监测要求提出的。对山谷型、傍山型赤泥堆场,监测横断面不宜少于 3 个,每个横断面上标点不宜少于 3 个测点,并要求布置在坝顶下游坝肩及马道外缘。由于每级子坝的高度随各工程而异,故不需要每级子坝坝顶都设,可视每级子坝填筑高度而定,可按 10m 左右高度设置一点。

平地型赤泥堆场由于坝高较小,故应根据地基及坝高情况设置变位监测点,每条坝监测横断面宜不少于 2 个。

工作基点是监测工作的基础,故要求坚固、不易受破坏、便于

观测,并应注意保护。

3.6.5 水质监测是监测堆场环境影响程度的重要手段。监测回水水质可分析排渗设施有无穿透现象。监测周边环境水体水质可分析堆场防渗设施的工作状况。

正常运行工况下,回水 pH 值、悬浮物、碱含量等指标应在小范围波动。当悬浮物突然升高时,说明排渗设施已被赤泥穿透,此时应及时修复排渗层,防止赤泥堵塞排水系统。

监测井数量应根据堆场地形、地质条件确定,力求覆盖堆场发生渗漏时的可能影响范围。堆场渗漏影响范围的勘察是地勘单位在详细勘察阶段的主要工作内容之一,环境监测井的位置、环境水体本底值应在详勘报告中提供,作为设计依据。

当发现环境水体水质异常时,说明堆场防渗层局部失效,这时应结合地质资料、施工记录和运行管理记录分析渗漏原因、途径,并采取补救措施,防止污染进一步扩散。一般可在堆场内采取局部开挖回填、灌浆等方式堵塞渗漏入口。同时应在场外渗漏出露点采取工程措施将含碱废水收集返回回水系统。

3.7 附属设施

3.7.1 与传统湿法赤泥堆场相比,干法赤泥堆场的运行管理要求更为复杂、精细、严格。故应设置专门的赤泥堆场管理站,并配备相应的人员和设备进行管理。

3.8 封场与回采

3.8.1、3.8.2 目前干法赤泥堆场尚无进行封场或回采的实例,故暂时按照现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 中的相关规定执行,待积累经验后再行修订。

4 堆 存 工 艺

4.1 堆 场 分 区

4.1.1 根据堆存工艺要求,浆体干法赤泥堆场应分为若干个相对独立的库区,轮流进行布料、晾晒、筑坝作业,才能实现赤泥的干固过程。滤饼干法赤泥堆场中赤泥的大部分水分已在进场前滤出,蒸发作用相对较小,故一般不分区。

4.1.2 分隔坝的作用是实现堆场分区。根据浆体干法赤泥堆场的运行经验,中间分隔坝初期可修筑 5m 高左右,边坡坡度可比初期坝略陡,待堆场运行后产生干赤泥,再用于赤泥加高。中间坝设置在排渗层上是为了保证排渗层的完整性。为满足坝顶通行作业机械和敷设布料管的要求,分隔坝坝顶宽度不宜小于 5m。

4.1.3、4.1.4 浆体干法赤泥堆场的分区原则,一是分区后便于布置各库区的排洪系统;二是各库区面积大小要基本相当,便于轮换使用;三是各库区在加筑各级子坝后仍能保证排洪时具有符合规定的干滩长度;四是各库区在堆场使用期内均能容纳在设计布料厚度限制条件下一个干燥周期内排放的赤泥浆量。需要指出的是,堆场各分区的干燥面积是随时间变化的,平地型赤泥堆场的库区干燥面积随着子坝的加筑而逐渐减小,山谷型赤泥堆场的库区干燥面积初期较小,随赤泥面上升逐渐增加,加筑子坝到一定级数后又逐渐减小。

设计布料厚度下赤泥干燥周期即赤泥从浆体经蒸发、翻晒等过程后变为可塑状所需要的时间,一般需进行干燥试验测定,方案设计时可采用条件类似的干法赤泥堆场的经验数据。堆场的蒸发量一般是夏季较大,冬季较小,设计时应按冬季的不利条件考虑。北方地区冬季有长达数月的冰冻期,选用浆体干法堆存工艺应经

试验论证并适当留有余量。

设计布料厚度一般不大于 0.5m, 因为赤泥干燥期间表面结壳阻碍下层赤泥蒸发, 需用推土机等机械翻晒, 布料厚度过厚容易造成翻晒不匀。

4.2 堆场布料

4.2.1 本条是浆体干法赤泥堆场布料工艺的技术规定。

各库区至少有一条入库干管与库区环形布料干管相连接是为了便于分区轮换布料时切换控制阀门。采用周边放料工艺, 可使赤泥附液流向排水竖井, 保持坝前具有良好的干燥条件, 有利于子坝填筑。

布料支管的间距与赤泥浆的流淌性能有关, 间距过小时操作较为繁琐, 间距过大又不利于均匀布料。

布料支管与布料干管宜在底部连接是为了防止干管底部沉积赤泥。

赤泥布料干管将随着子坝加高而逐渐向上迁移, 采用法兰连接便于拆卸和搬运。

轮流开启布料支管阀门是为了将赤泥浆均匀地布撒在库区表面, 避免厚薄不一。当赤泥布料过厚时, 所需干燥时间将成倍增加, 故运行中需严格控制布料厚度在设计范围内。干法赤泥浆的流动性较差, 流淌距离有限, 故运行中可采取加延伸布料软管的方式使赤泥布放在整个库区。

当堆场的堤坝坝顶或边坡与底部的高差较大时, 放料过程容易冲刷设置在坝体内坡或堆场边坡上的排渗层, 故应采取保护措施。常用的有加分散放料斗或用软管延伸到堆场底部放料等方法。

4.2.4 滤饼干法赤泥堆场采用汽车布料时, 其运输通道为环场运输道路—场内运输道路—卸料平台。场内运输道路和卸料平台设置在防渗层之上, 初期用土石材料作基层, 后续用干赤泥加高。

堆场应划分为若干区块,每一区块均有卸料平台,推土机在每个区块作业时均不超过经济半径。

4.2.5、4.2.6 滤饼干法赤泥堆场宜采用多台可移动的轻质胶带输送机接力布料。运行初期使用时,其基础可架设在防渗层的保护层上。待干赤泥产生后可用压实赤泥作为支架基础的垫层。堆场设置应急排料点(高抛点)的目的是,当遭遇暴雨等极端天气推土机不能作业时,堆场仍能连续排料,待恢复正常作业后再用推土机将应急点赤泥滤饼推运到作业面上。

4.3 堆 存 工 艺

4.3.1 本条规定了浆体干法赤泥堆场的作业工艺要求。其核心是在每一库区均匀布料,控制布料厚度;分区轮换布料—晾晒—筑坝循环;及时翻晒;及时加高竖井。

4.3.2 本条规定布料厚度是为了达到较好的碾压效果。堆场内排放的新鲜滤饼需晾晒至最优含水率附近,才能达到较好的碾压效果。

4.3.3 本条规定的目的是防止赤泥进入排洪竖井造成堵塞。设计文件中应根据竖井结构形式规定竖井附近赤泥面与进水口底部高程的最小差值。

5 赤 泥 坝

5.1 初 期 坝

5.1.2 在确定初期坝坝高时,为节约初期投资,浆体干法赤泥堆场一般按堆存年限不少于 3a 计算确定,滤饼干法赤泥堆场一般按堆存年限不少于 0.5a 计算确定。主要考虑了两种堆存工艺在加筑子坝方面的难易程度、运行管理的复杂程度等因素。有些赤泥堆场设计洪水量较大,地形较陡窄,需要坝顶超高很大,致使子坝加高的费用增加。因此,在初步设计中,应通过技术经济比较,选取满足总堆存年限要求的筑坝总费用最省的初期坝坝高。

5.1.3 坝型选择考虑因素中,从经济合理性考虑,推荐采用当地材料、常用土石类材料建造初期坝,不推荐诸如浆砌石、混凝土重力坝或拱坝。其次,应考虑的因素是坝址处的地基条件等综合自然条件和施工条件等。最终尚需按工期、投资等因素经过技术经济比较后合理选取。

5.1.4 选择筑坝材料首先要考虑的原则是就地取材,优先在堆场内取材,以充分利用资源,又增加库容。当必须在堆场外取料时,应少占或不占良田。筑坝材料的性质又与初期坝坝型选择、子坝加高条件、排渗设施设置、环境影响等密切相关,最终又反映在经济性和合理性上。

对堆场内及附近地区材料进行调查和勘察的准确性和深度决定了所选坝型的合理性。故本条阐明了需查明的内容。若当地有多种适用的材料,应根据查明的情况进行技术经济比较后选用。

赤泥或灰渣作为一种特殊的土可以用作初期坝的筑坝材料。条件适宜的地方可优先选用,既可减少开采土石对环境的影响,又可增加原有堆场的库容。但应经过勘察和试验,确保其数量、质量满足筑坝要求,且运距在经济合理的范围之内。中铝贵州分公司

曾用赤泥和灰渣构筑初期坝坝体取得良好效果。

5.1.5 所选坝址处的地基条件直接影响坝体的安全,当坝基不能满足渗透稳定、控制渗流量、静力和动力稳定、不均匀沉降等方面的要求时,需要进行地基处理。

应在地勘工作提出地基土性质各项指标的基础上进行分析研究,确定作何处理、处理范围等。

地基处理方案的选择是需要经过技术经济比较确定的,考虑的因素是地基的具体条件、施工条件、投资大小、处理效果、进度要求等因素,必要时应进行试验。

对软弱土层进行地基处理的着眼点是提高土的抗剪强度、承载力,减少压缩性。在对地基土进行详细勘察的基础上,应尽量采用简单易行的有效方法,如挖除换填、在滑出侧加镇压层,然后才是其他方法。应根据具体情况经技术经济比较和试验确定。

对可能液化土层的地基处理应首先考虑挖除换填是否可行,在挖除换填比较困难或不经济时,再考虑加强排水、人工加密等措施,经技术经济比较和试验确定。

对湿陷性黄土地基处理的着眼点是消除其湿陷性,在有可能时应首先考虑挖除换填好土,然后才视具体情况采用强夯等其他方法。

对断裂破碎的岩石地基不一定都要处理,当对坝体无不利影响时可不处理。处理时一般不采用帷幕灌浆,可仅在断裂破碎处进行水泥灌浆。

5.1.6 坝体填筑压实是为了提高土体的密实度和均匀性,使填土具有足够的抗剪强度和较小的压缩性。填筑和碾压不匀都可能产生不均匀变形,严重时会造成形成渗透通道。

填筑标准应根据保证坝体安全和经济合理的要求来选定。不同等别的坝体及坝的不同部位,其填筑标准是不同的。不同的土料具有各自的力学性质和压实特性,在不同的含水率下其压缩性也是不同的。各种碾压机具的有效压实深度各异,而采用何种碾压机具和压实方式又应考虑坝体土料和坝基土的强度与压缩性。

另外,还应考虑坝址所处地区的气候、地震烈度等因素。而不同的填筑标准又直接反映在施工难易程度、进度和造价上。因此填筑标准要综合各方面条件,通过压实试验综合分析确定。现场碾压试验对各种等别的坝体都是必不可少的。

砾石土和黏性土的填筑标准应以设计填筑干密度为设计控制值。在最优含水率下进行压实,所得密度为最大干密度,设计所需的填筑干密度则是在坝体满足强度要求的前提下,根据土料击实试验成果和工程的重要性确定。设计填筑干密度为标准击实试验最大干密度乘以压实度求得。

砾石土一般应以全料的大型击实试验来确定最大干密度,才能较真实地反映掺入了碎石对干密度的影响。但往往缺乏做大型击实试验的条件,故当粗料含量在 30% 以下时,可用细料做击实试验,再经修正确定设计填筑干密度。修正方法可用《工程地质手册》上的理论公式。

砂砾石和砂的填筑标准以相对密实度为设计控制指标,并依照现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》SL 274 的要求确定。

堆石料的密实程度与其最大粒径和颗粒级配、施工方法密切相关,应由碾压试验来确定。

石渣料筑坝时由于石渣的可压碎性,其填筑标准是以设计填筑干密度来控制的。石渣料的压实程度和可压碎程度与母岩性质有关,应由碾压试验确定。石渣料在碾压后的自然颗粒级配一般都较好,设计填筑干密度较易达到。

对各种性质特殊的土石料,如湿陷性黄土、黄土状黄土、赤泥、灰渣等,其填筑标准应通过专门试验确定,试验内容根据拟采用土石料的特点而异。

5.1.7 从各干法赤泥堆场的运行情况来看,坝顶上敷设了布料管(浆体干法赤泥堆场)和边坡截水沟,并兼作维修道路,施工时还要考虑机械化施工的基本宽度要求,作业机械(推土机、压实机、载重汽车等)的通行要求一般均不小于 5.0m,应用时可根据实际需要采用。

当坝顶兼作公用交通道路时,宽度应由道路通行标准确定和设计。

坝顶是运行管理时巡视检修的通道,为保护坝顶和方便交通,应铺以盖面。盖面材料可根据当地材料和坝址所处位置,选用经压实的砂砾石、石渣、浆砌片石或泥结石,要求做到坝顶平整,便于车行和人行。

浆体干法赤泥堆场要求赤泥管线宜尽量靠近坝顶上游侧敷设,是为了有效利用坝顶宽度并利于赤泥排放。赤泥管线可架设在坡脚排水沟上方。

为避免坝面积水,要求坝顶面设倾斜坡以及时排除雨水。

干法赤泥堆场一般均为 24h 运行,为满足夜间作业及巡视、检修需要,要求坝顶设置照明设施,并按有关规定和规范进行设计。

5.1.8 坝坡取决于坝型、坝高、坝的等级、坝体材料、坝基性质、浸润线位置、抗震设防烈度等因素,而最终要通过稳定验算来确定。可先参照已建成的类似坝体或用近似方法初步拟定坝坡,然后进行坝坡及坝体稳定验算,确定合理的坝体断面。坝的上游坡面随着堆场内赤泥的排放逐渐被赤泥所覆盖,而下游坡面是一直要运行至终期的,故上游坡面可陡于下游坡面。

由于坝体下游坡面是要一直运行至堆场终期的,要防止雨水冲刷、大风剥蚀、冻胀干裂等因素对坝坡的破坏,故应设置护坡。只有当下游坝坡本身是由具有抗御能力的材料筑成时才可不另行设置护面。护面形式的选用在达到防护目的的同时要注意护面形式的美观。卵石、碎石要铺设均匀,块石要铺砌整齐并重视应有的构造措施。

为方便上坝巡视,下游坝坡宜设置上坝人行踏步,较长的坝体可视运行方便,确定设置条数和位置。

为避免雨水漫流造成坝坡坡面冲刷,在可能产生坝面径流时,坝体下游坡面应布置竖向及纵向排水沟,将雨水导出坝面。

5.1.9 坝体与土质地基及岸坡连接时要求在坝断面范围内清除薄弱层和杂物,使坝体与坝基结合良好,以增强坝体抗滑能力;清除后的地基应进行压实是为了提高密实度和承载力,促使坝基沉降提

前完成;清除后的岸坡不应小于自然稳定边坡,以免产生岸坡滑裂。

坝体与岩石地基及岸坡连接时,要求在坝断面范围内清除凹处积土。松动石块不利于结合,突出石块的下部不利于填筑也应去掉。清理后的边坡不陡于自然安息角,以免产生塌方。

5.1.10 坝体与排水管连接时可能出现的问题是管接头漏水及管周围坝体填筑不实,逐渐形成渗流通道,造成渗透破坏。严重时,产生管基不均匀沉降,导致管道断裂,坝体产生裂缝。因此混凝土排水管应采用柔性连接,接头处不得漏水;管道周围回填土从两侧同时分层夯实;在管体上设置止水环等。

在管道施工时,不论管道是采用弧形土基或纵向连续刚性座垫,也不论管基是采用什么角度,都应注意管体与基础面的充分吻合,使坝体埋土均匀传递。

5.2 堆 积 坝

5.2.1 与湿法赤泥堆场常用的水力冲填法、池填法等子坝加高方法相比,干法赤泥堆场一般采用含水率较低的干赤泥为筑坝材料。子坝加高采用分层碾压法,具有密实度高、干密度大、施工方便等优点。根据干法堆存的特点,本条规定子坝加高宜采用碾压法施工。

堆积坝加高的年限,考虑到填筑需考虑汛期影响,一般需在汛期前完成坝体填筑,故每级堆积坝高度应至少满足一年的赤泥堆存需要,并满足防洪所需的调洪高度和安全超高。

堆积坝距前一级坝的距离越远,抗滑安全系数越大,但堆场的容积损失也相应增大。为获得较大容积,本条规定堆积坝宜紧靠前一级坝的坝顶上游坡肩平行布置,当坝体稳定不能满足要求时,可将堆积坝轴线向上游方向移动一定距离。

浆体干法赤泥堆场堆积坝基础的强度受干燥条件和管理水平的影响很大,故规定加筑堆积坝前,应对赤泥堆积体进行勘察。

5.2.2 赤泥干法堆存的过程是不断筑坝的过程,每级堆积坝坝体对于整个堆积体而言仅仅是下游坝坡的一级护体,其材料可采用

当地土石料,也可采用堆场内的干赤泥筑成。为节约运行费用,减少土石料占用堆场库容,干法赤泥堆场应尽量采用干赤泥筑坝。对于滤饼干法赤泥堆场,获得足够数量的干赤泥比较容易,浆体干法赤泥堆场一般也可通过晾晒获得满足筑坝要求的干赤泥。但个别晾晒面积较小的浆体干法赤泥堆场,可能存在符合要求的干赤泥不足的情况,此时可采用土石料填筑堆积坝。

5.2.3 各级堆积坝坝坡的确定,除考虑该级堆积坝的稳定外,尚需考虑连同前期各级坝体的赤泥堆积体的整体稳定。随着坝高、材料、地基赤泥固结程度、抗震设防烈度等因素的不同,稳定边坡也各异。但考虑干法赤泥堆场坝体基本是由干固赤泥组成的特点,结合国内各干法赤泥堆场的设计运行情况,本条对各级边坡及整体边坡的设计值作了一般性规定。

5.2.5 目前运行中的干法赤泥堆场的堆积坝均未设置排渗设施。这是因为赤泥粒度较细,设置排渗设施难以达到预期效果。但由于赤泥种类随矿石条件和工艺条件变化较大,不排除存在赤泥粒度较粗的赤泥堆场采取排渗措施的可能性。

5.2.6 碾压赤泥筑坝是赤泥堆场的常用筑坝方式。赤泥筑坝施工中一般采用 20t 以上的振动式压路机作为碾压设备,根据实践经验,赤泥铺填厚度大于 0.5m 时不易压实,故分层碾压的每层厚度不应大于 0.5m。碾压设备对坝体边缘的碾压质量不易控制,故要求填筑时需加不小于 0.5m 宽的超填量,并最终一次削坡成形。现场施工时,一般按碾压遍数控制,碾压遍数与碾压设备选型、碾压方式、碾压厚度、设计要求的压实度等有关,需经现场碾压试验确定。

5.3 稳 定 计 算

5.3.1 本条为强制性条文。赤泥坝是赤泥堆场拦挡构筑物,直接关系到堆场安全。当其稳定性不足时,可能发生失稳破坏,严重时可导致垮坝或滑坡,造成安全事故,自 1980 年以来,已发生多起赤泥堆场垮坝事故。为保护人民生命财产安全,本条强制规定赤泥

坝设计与运行必须满足坝体稳定性要求。

5.3.2 坝体抗滑稳定计算以极限平衡理论为基础,假设土体破坏是沿最危险滑弧发生滑动,其计算结果是滑动力矩和抗滑力矩平衡安全系数 K 值,用以判断坝体是否发生滑动。当考虑地震作用时,用计入地震作用力后的拟静力法计算并判断。采用瑞典圆弧法或简化毕肖普法进行抗滑稳定计算的分条宽度原则上应根据滑弧半径 R 确定。当发现计算结果不合理时,应考虑增加分条数量减小分条宽度。

5.3.6 本条规定了干法赤泥堆场稳定计算应考虑的荷载类别。与湿法赤泥堆场相比,正常水位的渗透压力、最高洪水位有可能形成的稳定渗透压力对于运行正常的干法赤泥堆场是没有的。

5.3.7 本条规定了稳定计算中需考虑的三种计算工况。按照现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073,抗震设防烈度为 6 度及以下地区可不进行抗震计算。故特殊运行工况仅当抗震设防烈度为 6 度以上时才进行计算。

对于干法赤泥堆场,洪水运行工况下将使表层一定深度内赤泥层的含水率上升,力学指标有所降低。根据赤泥浸泡试验,干固赤泥被水浸泡后,表层 2m 以内的赤泥的力学参数将下降 1/3 左右。

特殊运行工况规定为按正常运行条件下遇地震,与现行碾压式土石坝设计规范相一致。

5.3.9 新建企业赤泥的物理力学参数一般参照矿石成分和生产工艺类似的氧化铝厂取值,自然堆存的赤泥均接近或达到饱和状态,故计算参数中饱和状态强度指标不再另行取值。为方便设计,提供部分干法赤泥堆场的实测数据供参考(表 1~表 16)。

表 1 广西某氧化铝厂拜耳法赤泥化学成分表

成分	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Na_2O
最大含量(%)	36.65	24.94	9.58	30.20	3.62
最小含量(%)	21.50	13.71	5.00	15.80	0.63
平均含量(%)	27.08	18.89	7.25	22.56	1.85

表 2 广西某氧化铝厂拜耳法赤泥粒径级配表

分类	砂 粒		粉 粒				黏 粒				不均匀 系数 C_u	曲率系数 C_c
	砂	粒	0.075~ 0.05	0.05~ 0.035	0.035~ 0.02	0.02~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.002	0.002~ 0.001	<0.001		
颗粒大小(mm)	>0.25	0.25~ 0.075	0.075~ 0.05	0.05~ 0.035	0.035~ 0.02	0.02~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.002	0.002~ 0.001	<0.001		
百分比(%)	1.13~ 2.01	0.4~ 0.6	2.3~ 3.8	9.1~ 9.9	5.2~ 8.8	9.8~ 11.7	13.1~ 13.4	7.5~ 16.5	21.1~ 24.4	13.1~ 13.7	6.8~ 8.8	9.55~ 12.31
百分比均值	1.57	0.5	3.1	9.5	7.0	10.8	13.3	12.0	22.8	13.4	7.8	10.93

表 3 广西某氧化铝厂拜耳法现场实测赤泥的物理力学参数

指 标	地层名称		尾粉土与尾粉质 黏土互层密实	尾粉土与尾粉质 黏土互层中密	尾粉土与尾粉质 黏土互层稍密	尾粉土与尾粉质 黏土互层松散
			22.3	21.7	21.0	20.6
天然重度 $\gamma(\text{kN}/\text{m}^3)$			260	220	140	100
承载力特征值 $f_{ak}(\text{kPa})$						
压缩模量 $E_s(\text{MPa})$	$E_{s1\sim2}$		13.7	12.7	9.3	8.3
	$E_{s2\sim4}$		16.4	15.7	12.8	11.3
	$E_{s4\sim6}$		20.0	19.3	18.3	16.0
	$E_{s6\sim8}$		24.4	23.6	22.6	21.0
	$E_{s8\sim10}$		28.3	28.0	27.7	25.7

续表 3

地层名称		尾粉土与尾粉质 黏土互层密实	尾粉土与尾粉质 黏土互层中密	尾粉土与尾粉质 黏土互层稍密	尾粉土与尾粉质 黏土互层松散	
指 标	天然快剪	粘聚力 $C(\text{kPa})$	17.2	15.2	11.6	9.2
		内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	18.0	17.0	16.0	14.0
	固结快剪	粘聚力 $C(\text{kPa})$	15.3	11.0	10.4	3.0
		内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	24.0	23.0	19.0	16.0
三轴固结 不排水剪 (CU)	总应力法	粘聚力 $C(\text{kPa})$	24.3	23.0	20.0	12.4
		内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	25.3	25.0	23.0	19.0
	有效应力	粘聚力 $C(\text{kPa})$	22.4	21.0	10.3	7.5
		内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	26.5	26.0	25.0	24.0
渗透系数 $K(\text{cm/s})$		垂直	4.0×10^{-6}	6.6×10^{-6}	7.0×10^{-6}	6.0×10^{-5}
		水平	3.0×10^{-6}	5.4×10^{-6}	6.1×10^{-6}	5.5×10^{-5}

表 4 贵州某氧化铝厂赤泥主要化学成分

材料名称	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	其他
烧结法赤泥	21.03	5.02	9.60	11.36	38.00	3.27	11.72
拜尔法赤泥	13.32	4.43	12.70	21.83	21.09	5.35	21.28
混合赤泥(1:1)	19.48	4.77	9.76	14.14	33.62	4.31	13.92

表 5 贵州某氧化铝厂拜尔法赤泥滤饼颗粒分析

粒组尺寸(mm)	2.0	2~1	1~0.5	0.5~ 0.25	0.25~0.1	0.1~ 0.075	0.075~ 0.05	0.05~0.01	0.01~ 0.005	<0.005
粒组百分比(%)	0.000	1.901	5.818	6.846	6.608	6.549	15.433	25.047	7.474	24.324
颗粒界限尺寸(mm)	2.000	1.000	0.500	0.250	0.100	0.075	0.050	0.010	0.005	—
小于界限尺寸 的百分比(%)	100.000	98.099	92.281	85.435	78.827	72.278	56.845	31.798	24.324	—
特征粒径(mm)	d_{60}	0.054		d_{10}	0.001		d_{30}	0.009		
级配指标	C_u	54.00		C_c	1.50					

表 6 贵州某氧化铝厂烧结法赤泥滤饼颗粒分析

粒组尺寸(mm)	2.0	2~1	1~0.5	0.5~ 0.25	0.25~0.1	0.1~ 0.075	0.075~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	<0.005
粒组百分比(%)	0.000	0.701	12.731	45.136	27.424	6.554	7.454	—	—	—
颗粒界限尺寸(mm)	2.000	1.000	0.500	0.250	0.100	0.075	0.050	—	—	—
小于界限尺寸 的百分比(%)	100.000	99.299	86.568	41.432	14.008	7.454	0.000	—	—	—
特征粒径(mm)	d_{60}	0.320	d_{10}	0.084	d_{30}	0.180				
级配指标	C_u	3.81	C_c	1.21						

表 7 贵州某氧化铝厂新鲜赤泥滤饼的物理力学参数

试样 类型	物理性质指标					土粒 比重	液限	塑限	塑性 指数	土的固结性		抗剪强度(快剪)	
	含水率	密度		孔隙比	饱和度					压缩 系数	压缩 模量	粘聚力	摩擦角
		湿	干										
		w	ρ	ρ_d	e	s_r	G_s	w_l	w_p	I_p	a_v	E_s	c
	%	g/cm ³		—	%	—	%	%	—	MPa ⁻¹	MPa	kPa	°
纯拜尔法赤泥	48.4	1.75	1.17	1.35	99.4	2.78	41	24	17	0.21	11.8	8.4	25.7
纯烧结法赤泥	53.2	1.80	1.17	1.78	97.7	3.26	44	34	10	0.25	11.0	6.0	34.8
拜：烧=1：1	50.5	1.77	1.17	1.57	97.4	3.03	43	34	9	0.21	12.6	6.5	29.3

表 8 贵州某氧化铝厂自然固结赤泥滤饼浸泡 24h 前后的物理力学参数

赤泥 类型	试验 状态	统计 结果	含水量 $W(\%)$	湿密度 ρ (g/cm^3)	饱和度 $S_r(\%)$	直剪强度指标(快剪)		渗透系数 $k_v(\text{cm}/\text{s})$
						$C(\text{kPa})$	$\phi(^{\circ})$	
纯拜 尔法 赤泥 滤饼 场地	浸泡前	范围值	43.2~43.3	1.75~1.76	94.2~95.3	95.1~97.6	31.7~40.9	—
		平均值	43.3	1.76	94.9	96.4	34.9	1.71×10^{-6}
	浸泡后 0.0m 深	范围值	58.9~59.8	1.57~1.63	89.8~96.6	45.4~59.9	23.7~28.2	—
		平均值	59.5	1.60	93.4	50.6	25.6	2.37×10^{-6}
	浸泡后 0.5m 深	范围值	68.6~69.0	1.57~1.60	96.3~99.6	42.2~46.6	22.5~29.0	—
		平均值	68.8	1.59	98.1	45.1	25.6	1.45×10^{-6}
	浸泡后 1.0m 深	范围值	51.7~52.1	1.70~1.71	97.8~99.3	38.7~43.4	28.0~29.1	—
		平均值	51.9	1.71	98.5	41.0	28.7	2.84×10^{-6}
混合 法赤 泥滤 饼场地	浸泡前	范围值	50.0~50.5	1.69~1.70	94.0~95.8	232.2~ 245.3	26.6~32.2	—
		平均值	50.2	1.69	94.7	238.1	30.3	4.27×10^{-6}
	浸泡后 0.0m	范围值	59.6~59.9	1.59~1.63	92.8~96.2	77.1~85.9	19.1~21.4	—
		平均值	59.7	1.61	94.7	82.9	20.4	4.17×10^{-6}
	浸泡后 0.5m	范围值	59.0~60.4	1.65~1.66	98.2~99.5	41.6~43.4	22.9~26.2	—
		平均值	59.8	1.66	99.1	42.3	25.1	5.08×10^{-6}
	浸泡后 1.0m	范围值	57.1~57.9	1.69~1.70	99.2~99.6	37.2~53.7	24.6~30.8	—
		平均值	57.4	1.69	99.3	45.5	28.7	6.45×10^{-6}

续表 8

赤泥 类型	试验 状态	统计 结果	含水量 W(%)	湿密度 ρ (g/cm ³)	饱和度 S _r (%)	直剪强度指标(快剪)		渗透系数 k_v (cm/s)
						C(kPa)	$\phi(^{\circ})$	
纯烧 结法 赤泥 滤饼 场地	浸泡前	范围值	39.2~39.8	1.85~1.89	90.8~93.8	313.6~350.8	39.7~42.9	—
		平均值	39.6	1.87	92.6	329.6	41.3	7.65×10^{-6}
	浸泡后 0.0m 深	范围值	45.8~47.3	1.73~1.75	91.1~91.8	121.3~136.7	25.5~28.7	—
		平均值	46.5	1.74	91.6	130.5	26.6	6.78×10^{-6}
	浸泡后 0.5m 深	范围值	42.6~44.5	1.79~1.82	92.6~95.9	186.9~188.7	30.1~34.5	—
		平均值	43.6	1.80	93.9	187.7	32.2	7.00×10^{-6}
	浸泡后 1.0m 深	范围值	39.9~40.1	1.86~1.88	92.8~95.6	321.5~324.4	37.8~40.6	—
		平均值	40.0	1.87	94.1	322.8	39.4	5.94×10^{-6}

表 9 贵州某氧化铝厂拜耳法赤泥滤饼布料 1.0m 厚用 220 型推土机碾压后的物理力学指标

指标均值	碾压遍数				
	2	4	6	8	10
含水量 W(%)	38.3	38.4	39.4	38.6	38.6
湿密度 ρ (g/cm ³)	1.47	1.52	1.60	1.62	1.62
干密度 ρ_d (g/cm ³)	1.06	1.10	1.15	1.17	1.17
压实度 λ (%)	88.3	91.7	95.8	97.5	97.5
粘聚力 C(kPa)	24.1	27.5	33.3	36.2	36.0
内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	20.6	23.3	24.0	26.1	23.2

表 10 贵州某氧化铝厂拜尔法赤泥滤饼布料 0.5m 厚用 220 型推土机碾压后的物理力学指标

指标均值	碾压遍数									
	2	4	6	8	10					
含水量 $W(\%)$	38.6	39.1	39.3	38.7	38.2					
湿密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.45	1.49	1.54	1.60	1.60					
干密度 $\rho_d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.04	1.07	1.10	1.15	1.16					
压实度 $\lambda(\%)$	86.7	89.2	91.7	95.8	96.7					
粘聚力 $C(\text{kPa})$	24.6	26.6	32.6	34.2	35.9					
内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	22.9	23.5	22.8	24.1	22.7					

表 11 山东某氧化铝厂赤泥的化学成分分析 (%)

化学成分	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	灼减
拜尔法赤泥	23.68	27.59	20.01	2.66	0.10	1.65	12.18	0.37	10.36
烧结法赤泥	18.09	13.63	7.89	36.74	1.36	3.40	6.23	0.44	9.48

表 12 山东某氧化铝厂赤泥粒级组成表

赤泥名称	颗粒组成 (%)					
	粗砂 (mm)	中砂 (mm)	细砂 (mm)	粉粒 (mm)		黏粒 (mm)
	2.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.075	0.075~0.05	0.05~0.01	<0.005
拜尔法赤泥	2.28	3.28	3.15	17.28	7.76	59.07
烧结法赤泥	8.22	7.35	11.38	19.76	13.56	23.26

表 13 山东某氧化铝厂赤泥的物理性质

试样 分类	统计 内容	含水量 (%)	天然重度 (kN/m ³)	干燥重度 (kN/m ³)	孔隙比	饱和度 (%)	液限 (%)	塑限 (%)	塑性指数	液性指数	压缩系数 a_{1-2} (MPa ⁻¹)
拜尔法 赤泥	n	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	范围值	50.2~ 70.3	15.8~ 17.0	9.4~11.1	1.403~ 1.824	82.5~ 100.0	55.1~ 69.0	42.3~ 55.3	12.4~ 13.7	0.23~ 1.80	1.09~ 1.43
	ϕ_m	63.1	16.5	10.1	1.643	98.7	60.2	47.3	12.9	1.22	1.28
	σ	5.462	0.309	0.396	0.101	4.116	2.773	2.588	0.334	0.445	0.111
	δ	0.087	0.019	0.039	0.062	0.042	0.046	0.055	0.026	0.362	0.087
烧结法 赤泥	n	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	范围值	59.4~ 79.2	15.3~ 16.0	8.6~9.8	1.690~ 2.062	83.5~ 100.0	65.9~ 76.2	56.4~ 66.5	9.4~9.8	0.71~ 2.12	0.57~ 1.08
	ϕ_m	72.8	15.7	9.1	1.919	98.5	71.0	61.4	9.6	1.28	0.83
	σ	4.917	0.210	0.286	0.091	3.966	3.158	3.159	0.129	0.433	0.149
	δ	0.068	0.013	0.032	0.047	0.040	0.044	0.051	0.014	0.338	0.179

注: n 为频数, ϕ_m 为平均值, σ 为标准差, δ 为变异系数。

表 14 山东某氧化铝厂赤泥的力学指标(直剪)

分 类	统计指标	统 计 值				
		n	ϕ_m	σ	δ	修正后标准值 ϕ_m
拜耳法赤泥快剪	粘聚力 C (kPa)	6	22.7	5.279	0.233	18.3
	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	6	21.1	1.171	0.055	20.1
烧结法赤泥快剪	粘聚力 C (kPa)	6	37.5	6.024	0.161	32.5
	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	6	24.8	3.694	0.148	21.8
拜耳法赤泥固结快剪	粘聚力 C (kPa)	6	28.8	4.792	0.166	24.9
	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	6	23.2	1.657	0.071	21.8
烧结法赤泥固结快剪	粘聚力 C (kPa)	6	35.0	5.550	0.159	30.4
	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	6	23.2	1.657	0.071	21.8

表 15 山西某氧化铝厂击实拜耳法赤泥的直剪试验指标(快剪)

试样编号		压实系数	干密度(g/cm ³)	含水量(%)	粘聚力 C(kPa)	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$
拜耳 法赤泥	B1#	0.95	1.204	34.85	61	30.7
	B2#			37.85	58	28.4
	B3#			40.85	32	25.0
拜耳 法赤泥	B4#	0.97	1.229	34.85	37	34.0
	B5#			37.85	28	31.1
	B6#			40.85	44	27.1

表 16 山西某氧化铝厂自然堆积拜耳法赤泥的物理力学指标(均值)

试 样 状 态	物理性质指标					土粒 比重	液限	塑限	塑性 指数	液性 指数	土的固结性			抗剪强度(快剪)	
	含水率	密度		孔隙比	饱和度						固结 系数	压缩 系数	压缩 模量	粘聚力	摩擦角
		湿	干												
湿 赤 泥	w	ρ	ρ_d	e	s_r	G_s	w_l	w_p	I_p	I_l	—	E_s	c	ϕ	
	%	g/cm ³		—	%	—	%	%	—	---	10^{-3} cm ² /s	MPa	kPa	([°])	
	54.62	1.68	1.08	1.51	98.06	2.75	47.17	25.07	22.10	1.43	5.96	4.40	12.90	22.88	

5.3.10、5.3.11 根据现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 的有关规定进行计算的要求如下：

(1) 赤泥坝一般采用基本烈度作为设防烈度，考虑到一、二级坝的重要性，故规定应对其进行场地危险性分析，根据分析结果，确定其设防烈度。三级及三级以下赤泥堆场，当赤泥坝垮坝将产生严重次生灾害时，赤泥坝的设防标准应提高一档。该处的“档”系指表 5.3.11 内的水平加速度 a ($0.05g$ 、 $0.10g$ 、 $0.15g$ 、 $0.20g$ 、 $0.30g$ 、 $0.40g$)。

(2) 采用拟静力法进行抗震稳定计算时，一、二级坝宜通过动力试验测定土体的动态抗剪强度，当动力试验给出的动态强度高于相应的静态强度时应取静态强度值。

(3) 地震作用的效应折减系数除另有规定外，取 0.25。

(4) 竖向设计地震加速度的代表值 a_v 应取水平向设计地震加速度代表值的 $2/3$ 。

(5) 一般情况下，坝体稳定计算可只考虑水平地震作用，设计烈度 8、9 度的 1、2 级的赤泥坝应同时计入水平和竖向地震作用。当同时计算水平和竖向地震作用效应时，总的地震效应也可将竖向地震作用效应乘以 0.5 的遇合系数后与水平地震作用效应直接相加。

6 堆场排洪

6.1 防洪标准及排洪设施

6.1.1 本条为强制性条文。当赤泥堆场未设置可靠的排洪设施或排洪设施的可靠性不足时,堆场将不具备防洪能力或防洪能力不足,有可能在汛期遭遇设计洪水时出现洪水漫顶导致溃坝,造成严重灾害事故。因此,强制规定赤泥堆场必须设置可靠的排洪设施。

6.1.2 赤泥堆场的防洪标准与现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 相一致。

6.1.3 赤泥堆场设置排洪系统的作用有二:一是为了及时排除库内洪水,二是兼作回收库内赤泥附液用。对于天然凹地型的赤泥堆场,可在山坡上开挖溢洪道排洪。对于普通的干法赤泥堆场,排洪系统应靠堆场一侧山坡进行布置。选线应力求短直,基础置于坚实岩基上,尽量避开断层、破碎带、滑坡带及软弱岩层。排洪系统布置的关键是进水构筑物的位置。当采用排水井作为进水构筑物时,为了适应布料口位置的不断推进,往往需建多个井接替使用,相邻两井井筒有一定高度的重叠(一般为 0.5m~1.0m)。进水构筑物以下可采用排水涵管或排水隧洞的结构形式进行排水。当采用排水斜槽方案排洪时,需根据地形条件和排洪量大小确定斜槽的断面和敷设坡度。

截洪沟易被杂物堵塞或垮塌而失效,可靠性较差。对三等及以上干法赤泥堆场来说,仅适于作为环保设施实行清污分流。为节省投资,可适当降低截洪沟的防洪标准。赤泥堆场应按截洪沟失效后的全部汇水面积设计。

机械排洪(包括水泵、虹吸系统等)均需要可靠的供电条件,而

赤泥堆场一般远离厂区,暴雨时难以确保供电设施安全,故规定不得采用机械排洪。

采用库内和库外联合排洪当按有压合并外排设计时,水力学条件比较复杂,故应进行可靠性技术论证,必要时应通过水工模型试验确定。

6.1.4 防治泥石流主要采取拦挡设施,如铁石笼坝、谷坊等,其拦挡库容应大于汛期二次泥石流总量,当淤满后应继续加高。库区有大型滑坡体要评价库址的适宜性,排洪系统进出口应避开滑坡体,必要时应进行边坡加固或削坡治理。对树木、杂物宜设置拦污栅,同时要考虑拦污栅对泄洪能力的影响。

6.2 洪水计算

6.2.1 确定防洪标准后,可从当地水文手册查得有关降雨量等水文参数,先求出堆场不同高程汇水面积的设计洪峰流量和设计洪水总量及设计洪水过程线。

洪水计算目前仍以推理公式为主,与当地经验公式对比计算。等流时线法不适用汇流时间小于 1h 的尾矿库洪水计算。水面汇流与陆面汇流分开计算时,水面汇流按汇流时间为零均匀计算。

6.2.2 短历时计算是指经论证汇流时间小于 1h 的暴雨计算。

6.3 调洪演算及排水构筑物设置

6.3.1 调洪演算的目的在于根据选定的排洪系统和布置,计算出不同库水位时的泄洪流量,以确定排洪构筑物的结构尺寸。当堆场的调洪库容足够大,可以容纳下一场暴雨的洪水总量时,先将洪水汇集后再慢慢排出,排水构筑物可做得较小,工程投资费用最低;当堆场没有足够的调洪库容时,排水构筑物要做得较大,工程投资费用较高。一般情况下,赤泥堆场都有一定的调洪库容,但不足以容纳全部洪水,在设计排水构筑物时要充分考虑利用调洪库容进行排洪计算,以便减小排水构筑物的尺寸,节省工程投资

费用。

调洪演算时,要根据设计赤泥滩面坡度求出不同高程的调洪库容,作出水位-调洪库容关系曲线;根据经验选取一定的排洪构筑物,并作出水位-泄洪流量关系曲线。再根据洪水过程线、水位-调洪库容关系曲线和水位-泄洪流量关系曲线,逐时段进行水量平衡计算,确定堆场最高洪水位和排洪构筑物最大下泄流量,并作出排水过程线。设计上应选取多个排洪构筑物的过水断面,经反复计算,进行技术经济比较,确定最优排洪方案。

经调洪演算确定的最高洪水位,不仅应符合堆场安全超高和最小干滩长度的规定,而且还应满足堆场坝体稳定性的要求。

当滤饼干法赤泥堆场采用自上游向下游堆存的排放工艺时,库区雨水不在库区停留,而是随时排放,故可不作调洪演算。

6.3.4 调洪计算中计算时段 Δt 宜小于或等于洪水汇流时间。

6.3.5 为满足干法堆存工艺的要求,浆体干法赤泥堆场一般需用中间坝分隔为三个以上的库区,各库区相对独立,轮流进行布料—干燥—筑坝作业,此时各库区均应设置满足防洪标准要求的排洪系统,在堆场使用期内每一库区排洪时的干滩长度和安全超高均应满足本规范的要求。

6.3.6 本条对一次洪水排出时间作出规定,目的在于尽快腾空调洪库容,以接纳下一次洪水。

6.3.7 根据滤饼干法赤泥堆场适宜机械布料和碾压的特点,堆场内赤泥面坡度和积洪区形状均可人为控制。在排洪竖井或斜槽附近设置满足调洪要求的调洪池,将排洪时库区积水面控制在一个较小的范围,有利于增大进水构筑物的泄流水头和减少雨水浸泡对已干固赤泥的影响,从而增加堆场的安全性。堆场调洪池是在排料过程中逐步形成并逐渐升高的,即每级坝体使用时有计划地在竖井附近一定范围内不布料,即可获得天然的调洪库容。此时调洪池顶部即为最高洪水位,调洪池边界与坝体的最小距离即为最小干滩长度,坝顶与调洪池顶部的高程差即为安全超高,调洪池

容积即为调洪库容,调洪池顶部与底部的高程差即为调洪高度。

6.3.8 本条是采用库尾排放方式时滤饼干法赤泥堆场防洪设施的规定,与现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 一致。

6.4 排水构筑物要求

6.4.1、6.4.2 干法赤泥堆场常用排洪构筑物包括排洪竖井(排洪斜槽)、排洪管道(排洪隧洞)等。排洪竖井又有管口(窗口)溢流式、框架式竖井之分。其形式及尺寸需根据堆存工艺、水力计算及调洪计算确定。窗口式排水井或斜槽具有封堵操作简便、造价较低的优点,但泄流能力有限,选用斜槽需有适宜的地形条件。框架式、砌块式排水井泄流能力大,但封堵操作较麻烦、造价稍高。具体形式可根据洪水量大小、堆场地形条件等因素选择。特殊情况下排水井需人工检修维护,故内径不宜小于 1.2m。

排洪隧洞的可靠性要好于排洪管道,但造价稍高,可根据堆场地形、地质条件、设计泄流量大小、堆场等别等因素综合比较。

浆体干法赤泥堆场的进水构筑物需兼作回水设施使用,为防止赤泥浆进入竖井,井壁需穿孔并在四周设置反滤层,排洪时雨水从井顶溢流排出,故竖井形式一般采用逐段加高的钢制竖井,每段之间用法兰连接。

6.4.4 排水管或隧洞中流速过高将导致管(洞)壁的冲刷和气蚀破坏,故最大流速不应大于管(洞)壁材料的容许流速。当场址地形较陡时,可采用分段跌水等消能措施。构筑物材料的允许抗冲流速可参照表 17 执行。

表 17 构筑物材料的允许抗冲流速

构筑物材料	允许抗冲流速(m/s)
浆砌块石	6
喷射混凝土支护隧洞	8
钢筋混凝土	20
钢管	20

6.4.5 排水构筑物是赤泥堆场重要的安全设施,又是隐蔽工程,必须安全可靠。因此排水构筑物的基础应尽量设置在基岩或老土层上,当无法设置在基岩时,应进行基础处理,满足构筑物稳定和结构要求;对排水涵管需要填方地段,可采用素混凝土或毛石混凝土基础;对置于非岩基的排水涵管,在结构上可采取“短管”技术,即控制每节管段长度(或沉降缝间距)不超过 8m,以适应地基沉降。

地基处理设计的目的是将不均匀变形控制在结构允许的范围内,地基承载力应考虑赤泥荷载的影响。国内曾有部分赤泥堆场的排水管因地基处理不当而发生管道断裂的情形,应引起重视。

当初期坝使用中排洪管发生断裂或堵塞而失效时,在堆积坝设计中应增加排洪管道,此时排洪管道沿线赤泥层应压实,并采取措施防止不均匀沉降。这种情况下宜每级堆积坝设置单独的排洪系统,防止赤泥荷载过大造成排洪管道失效。

6.4.6 排洪井井底设置消力坑的目的是防止井底被冲刷,对于排洪斜槽下接竖井的,可在竖井底设消力坑。有关试验表明,消力坑的消能效果与坑深的关系不明显,一般可取 1.0m~5.0m。排洪管和隧洞陡坡段的末端宜设消力坑,排洪管(洞)出口应设消力池。

6.4.7 排洪管设计净高要求不小于 1.2m,主要是为了便于检查和维修。排洪隧洞纵坡过大可能造成冲刷,应控制排洪时的最大流速小于衬砌材料的允许流速。而纵坡过小会导致隧洞断面增大。从排洪时不淤积条件考虑,不宜小于 0.003。

6.4.8 隧洞岩石条件较好是指未风化岩层且完整性较好的岩石。

6.4.9、6.4.10 工程实践中排水构筑物一般采用钢筋混凝土结构较为经济和耐久。但在部分汇水面积较小的赤泥堆场中也有采用钢结构的实例。采用钢结构时应特别注意,根据荷载组合计算出的壁厚应考虑钢结构的腐蚀等因素而留有余量。

6.4.12 本条是关于排水管温度缝和沉降缝的设置规定,目的是防止排水管因地基或温度的变化发生裂缝或断裂,危及赤泥堆场

的防洪安全。

6.4.13 在已建成的干法赤泥堆场中,中铝遵义氧化铝公司赤泥堆场的排水管采用钢管,其沿线地基既有黏土层也有岩基,为避免管道因地基不均匀沉降而损坏,每隔一定间距设置了橡胶柔性接头,取得了较好效果。

6.4.14 本条是排水管穿越坝体部分的处理要求,目的是防止排水管穿坝部分形成渗流通道,危及坝体安全。

6.4.16 本条规定了排洪竖井及隧洞终止使用时的封堵要求。堆场排洪系统要求长期可靠运行,如设计对终止使用的竖井或隧洞未考虑可靠的封堵措施,运行中可能导致赤泥进入排洪系统而造成排洪系统失效,引发安全事故。故设计排洪系统时,应考虑终止使用时在井座上部、井座和支洞进口或支洞内进行封堵的措施,封堵体宜采用刚性结构,封堵设计按现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279 进行。

排洪系统进行封堵时,应同时考虑封堵段下游的永久性结构安全和封堵段上游库内水压力对尾矿堆积坝渗透稳定安全及相邻排水建筑物安全的影响。

6.4.17 赤泥堆积高程是干法赤泥堆场日常运行和汛期防洪的重要控制参数,故排洪竖井上或堆场内稳定、较平整的边坡上应设置清晰醒目的高程标尺。其颜色、字号应便于堆场管理人员在坝体上或巡视便道上观测。

7 堆场排渗及回水

7.1 排渗及回水系统设置

7.1.1 干法赤泥堆场设置回水系统的目的,一是回收含碱赤泥附液和初期雨水,避免废水外排污染环境,二是含碱废水返回氧化铝工艺流程后,可相应降低新水和碱的消耗,达到节水、减排、降耗的效果。为降低堆场投资,堆场内回水系统一般与排洪系统合并设置,即排洪系统出口正常运行时先进入回水池,回水池装满后再关闭进水阀门,以确保堆场正常运行时无外排废水。

7.1.2 浆体干法赤泥堆场的排水竖井一般采用逐段加高的方式,当竖井加高时井壁四周反滤层也应同步加高。

7.1.3 实践表明,排渗层采用双层结构具有较好的排渗效果,但造价较高,宜在三等及以上的浆体干法赤泥堆场使用。中铝广西分公司一、二期赤泥堆场排渗层采用单层结构,三期赤泥堆场则采用了内设排渗管网的双层结构。华银氧化铝公司一号赤泥堆场排渗层也采用了双层结构,但未埋设排渗管网。

7.2 回水池及泵房

7.2.1 本条是回水池设计的有关规定。

1 本款是关于回水池容积的规定。干法赤泥堆场的库区内不积蓄雨水,而降落到堆场表面的初期(一般 1h 内)雨水又不可避免地因洗涤表层而带碱,不能直接外排,外排则需先进行中和处理,故需在场外设置回水池。回水池容积越大,暴雨时可容纳的雨水越多,则需处理后外排的部分越小。但容积过大将增加工程一次投资,且回水池大部分时间将闲置。所以存在经济合理的问题。从目前干法赤泥堆场的运行实践看,大部分按照库区小时降雨量

均值设计,能够达到较好的环保效果。缺水地区需回收利用库区雨水时,在技术经济合理的情况下宜适当加大回水池容积。

2 本款是关于回水池分格的规定。分格的目的是为了清理池子和分质存放。降雨时不可避免地会有少量赤泥被携带到回水池,故回水池需定期清理沉淀物,为保证清池时回水池工作的连续性,回水池宜分格。浆体干法赤泥堆场正常回水时碱浓度很高,pH 值可达 13~14,而洗涤堆场表面的雨水 pH 值为 10~12。故正常回水与初期雨水应分格存放,暴雨时关闭正常回水一格的进出水阀门,减轻排放雨水中和处理的负荷。

3 本款是回水池水位计和进水阀门设置的规定。洪水量超过回水池容积时将产生溢流,设置进水阀门的目的是有组织地将其余雨水引入中和池处理后外排,避免无序外溢污染环境。

4 本款是关于岩溶地区回水池考虑抗浮措施的规定。岩溶地区部分干法赤泥堆场的回水池曾发生汛期在地下水顶托作用下水池开裂破坏的案例。故岩溶地区的干法堆场回水池设计时要特别注意抗浮问题。

5 本款规定的目的是使堆场运行满足环境保护要求。堆场平时应在管理站储备一定数量的废酸,暴雨时加强水质监测,确保超过水池调节能力的雨水进入环境时达到现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的要求。

7 本款所指清理措施包括:池底设置一定坡度坡向集水坑,池壁布置冲洗水管,泵房内配置潜水泵或渣浆泵等。

7.2.2 库形、地质条件适宜时,沟谷型赤泥堆场在下游建设回水库可达到投资省、容积大、环保效果好、节约水资源的目标。

8 赤泥浆输送

8.1 赤泥泵站

8.1.1 目前国内采用干法堆存工艺的氧化铝厂设置的赤泥泵站大多为一座。在可能条件下赤泥输送宜采用一泵到底的方式,尽量选用扬程较高的泵。当输送距离较远,中途必须设接力泵站时,应尽可能减少接力泵站数量,以节约投资和管理费用。

8.1.5 赤泥浆体输送临界流速与摩阻损失是赤泥浆体输送设计的重要参数。对于该参数的确定,如果做半工业性环管试验,可根据相应的试验确定,如果未做试验,可参考相似工程试验、经验数据、类似系统运行资料和经验公式计算确定。

8.1.6 赤泥浆输送含水率大于 150% 时,赤泥浆仍属于牛顿流体,故可采用普通尾矿浆输送扬程的计算公式。

8.1.7 赤泥浆输送含水率小于 150% 时,属于非牛顿流体。一般应进行流变试验确定所需扬程。方案设计阶段可参考相似工程试验资料经推算确定。

8.1.9 本条是关于赤泥贮槽的设计规定。为防止赤泥在贮槽内沉积,设置搅拌装置是必要的。对于采用隔膜泵的赤泥泵站,赤泥贮槽内搅拌装置还可降低赤泥的黏度。

8.1.10 为防止粗颗粒进入隔膜泵泵体,隔膜泵进料口应配置过滤器。

8.1.11 泵站内设置地沟是便于设备或管道清洗时地面排水。污水池收集的废水、废渣含有一定浓度的碱,不能直接外排。

8.2 赤泥浆输送管线

8.2.1 为避免赤泥在管道内沉降,一般宜采用压力管道输送

方式。

8.2.3 氧化铝厂一般是按产能系列化建设,与此对应赤泥浆输送管道也应按各系列排出的赤泥量逐条敷设。赤泥浆输送管道在过低流速工况下运行时,赤泥容易在管道内沉积,管道需要定期冲洗,为保持生产连续性,宜设置备用管。

8.2.5 赤泥浆输送管道的临界流速和摩阻损失与赤泥特性、输送浓度等密切相关,采用经验数据或类似工程的运行资料时应注意其差异性。

8.2.7 赤泥浆输送管道一般采用管架方式明设,目的是便于检修维护。但也有部分氧化铝厂为节约征地费用,将赤泥浆输送管埋地敷设。

9 赤泥过滤及滤饼输送

9.1 赤 泥 过 滤

9.1.1、9.1.2 赤泥过滤是实施滤饼干法堆存工艺的前提条件。目前各采用滤饼干法工艺的企业均使用压滤机作为过滤设备。

采用滤饼干法堆存工艺的赤泥堆场中,南川、武隆等小型氧化铝厂的赤泥压滤工段均设置在厂区内,管理比较方便。中铝贵州分公司、山东分公司、遵义氧化铝厂等大型企业的赤泥压滤工段则设置在堆场附近,可节省赤泥滤饼的运输能耗。

9.1.3 当赤泥压滤工段设置在厂区时,处置工艺为干法输送干法堆存,采用胶带输送机运输赤泥滤饼造价较高,且沿线交叉设施较多,维护工作量大,故宜采用汽车运输方式。当赤泥压滤工段设置在堆场附近时,处置工艺为湿法输送干法堆存,此时采用汽车运输或胶带输送机运输均可将滤饼送入堆场内,汽车运输方式初期投资省,但运行能耗较高,且受气候影响较大,胶带输送机运输方式则相反。

9.1.4 赤泥过滤工段设置在堆场附近高程较高的位置,可以节约赤泥滤饼的运输能耗,且当滤饼输送系统故障或极端气候条件停止运输时,可直接从应急排放点高抛入库。

9.1.5 赤泥压滤工段一般由赤泥贮槽、压滤机、喂料泵、滤液泵、空压机、滤液槽、滤布冲洗泵等设备和相应的工艺管道、阀门、仪表、控制系统、供电设施等组成。本条是赤泥贮槽的设计规定。

9.1.6 本条规定了压滤机工作台数的计算公式。设计中压滤机选型宜尽量与氧化铝生产线相配套,以便在某一生产线检修时,停止相应的压滤机组工作。

9.1.14 汽车运输方式受气候条件的影响较大,设置暂存库的目

的是当遭遇暴雨、凝冻等极端天气而暂停汽车运输时,赤泥滤饼可堆放在暂存库内,待恢复正常运输后再二次倒运。

9.2 赤泥滤饼输送

9.2.1 赤泥滤饼从压滤厂房到赤泥堆场采用汽车运输方式时,应特别注意道路的维护,路面宜硬化。

9.2.2 目前国内滤饼干法赤泥堆场仅中铝贵州分公司采用胶带输送机运输方式,设备的检修和维护工作量较大,为保持生产的连续性,宜设置备用。

10 堆场环保措施

10.1 环 保 措 施

10.1.1 本条为强制性条文。干法赤泥属于碱性废渣,其附液或库区雨水均属于碱性废水,堆场如未采取防渗漏措施将造成环境污染事故,危害公众利益,故本条规定干法赤泥堆场必须设置防渗层。

10.1.2 根据多个企业对于干赤泥进行化学成分分析及浸出试验的结果,干赤泥的主要成分是二氧化硅、氧化钙、氧化铁、氧化铝等,不含对环境有特别危害的重金属等污染物。干法赤泥浸出液的pH值为11~12,根据现行国家标准《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》GB 5085.1、《危险废物鉴别标准 急性毒性初筛》GB 5085.2、《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3和《国家危险废物名录》(2008年8月1日施行),干法赤泥属于Ⅱ类一般固体废物。其防渗标准应按现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599中Ⅱ类场的规定执行。

10.1.3 回水池是堆场重要的环保设施。湿法赤泥堆场可用库区调蓄洪水,回水池容积普遍较小,一般仅数百至数千立方米。而干法堆存工艺要求尽快排出雨洪,尽量减少洪水在库区的停留时间,故堆场下游需设置较大容积的回水池收集赤泥附液和雨水,减少外排水量。当回水池容积小于一次洪水总量时,必然会有部分雨水外溢,此时应采取加酸中和等措施后方可外排。

10.1.4 当截水沟作为清污分流使用时,其设计标准可低于库区排洪系统。

10.1.5 当堆场表面可能产生扬尘时,除喷洒表面外,对已干燥的赤泥及时压实也可减少扬尘。

10.1.6 堆场的施工顺序应为:先对地基进行可靠处理,堵塞可能的渗漏通道并确保地基在赤泥荷载作用下保持稳定性,再进行场地平整,为防渗层的铺设创造条件。故地基处理和场地平整也属于堆场环保措施之一。

10.2 地基处理

10.2.1 本条规定了地基处理的总体要求。防渗层是赤泥堆场重要的环保设施,其可靠性不但取决于土工膜膜材质量和施工质量,也取决于膜下地基的密实度和稳定性。

10.2.2 本条规定了赤泥堆场地基处理的主要设计要求。

1 本款是地基的密实度要求。地基不均匀沉降过大将导致防渗层的撕裂破坏,故地基处理应将堆场底部在赤泥荷载作用下的不均匀沉降消减到设计允许范围内。

2 本款是堆场位于地下水位较高地区时,对地下水的疏排要求。一般可采取设网状碎石盲沟、导气管等措施来防止地下水位变化对防渗层的破坏。

3 本款是堆场的防漏要求。

10.2.7 本条是对岩溶地基的处理要求。

1 岩溶地区地质条件复杂,赤泥附液泄漏的可能性较大,故设计前需详细了解堆场区域地质构造和水文地质特点,通过连通试验、示踪试验等手段确定本堆场的地下水流向和可能渗漏通道及其影响范围,通过物探、钻探等手段查明岩溶发育的范围、规模、深度、充填情况等,以在设计、施工中采取针对性的治理措施。

2 在地基处理设计中,宜在地质剖面图上标示场地平整线,选出需要处理的岩溶发育点。

3 由于勘察精度的局限,详细勘察后施工中仍可能发现新的岩溶发育点,故施工中应将勘察和施工发现的待处理的岩溶点汇总后逐一标识出来,按高程顺序逐层处理。

4 本款是埋藏较浅的溶洞的处理要求。

5 本款是落水洞的处理要求。有些落水洞是与地下岩溶管道连通的,设置通气管可防止地下水位的涨落对防渗层产生顶托或真空吸陷破坏。

6 本款是埋藏较深的溶洞的处理要求。

7 本款规定的目的是有效疏排堆场地下水,保护防渗层。

8 有些断层为非活动断层,且充填物胶结良好,这种情况下无需处理。

10.3 场 地 平 整

10.3.1 本条是关于场地平整的基本原则。场地平整应使堆场土石方总体保持平衡,尽量不外运或运入土石料。场地平整中应使挖方大于填方,挖方的赢余部分可用于初期坝构筑用土石料、初期坝和子坝边坡保护用耕植土、防渗层垫层和保护层用黏土、排水层和反滤层用级配碎石等。场地平整前对堆场及其附近区域土石料的分布和储量进行详细勘察,以便安排堆场建设所需各种土石料的来源和运距。

10.3.2 场地平整有三个主要目的:通过场平在库内获得堆场建设所需土石材料;通过场平在堆场内削高填低,使堆场表面排水通畅,不积水;通过场平整治局部较陡的边坡,为防渗层的铺设创造条件。

10.3.3 某些山谷型赤泥堆场边坡陡峻或凸凹不平,防渗层施工比较困难,一般需在场平中分台阶整治,满足边坡上防渗层的施工和锚固要求。

10.3.4 场地平整应与地基处理结合按高程顺序施工。如某些需要处理的岩溶发育点处于挖方区,开挖后即消除而无需处理,某些岩溶发育点处于填方区,这时就需要先处理岩溶,再进行回填。

10.4 防 渗 层

10.4.1 按照现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染

控制标准》GB 18599—2001 第 6.2.1 条的要求,“当天然基础层的渗透系数大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 时,应采用天然或人工材料构筑防渗层,防渗层的厚度应相当于渗透系数 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 和厚度 1.5m 的黏土层的防渗性能。”由于赤泥堆场对于防渗用黏土的需求量较大,对于黏土质量的要求较高,工程实践中采用黏土作防渗材料往往很难满足赤泥堆场的建设需要,且施工取土对生态环境的破坏程度也较大,故本条规定干法赤泥堆场应设置防渗层,防渗层应由支持层、土工膜、保护层组成。即推荐采用人工材料—土工膜作为防渗主材。

10.4.2 本条是关于防渗土工膜材质选择的规定。国内各氧化铝厂赤泥堆场中防渗土工膜先后采用过沥青类、橡塑类、PVC 类和 HDPE 类。其中,沥青类耐碱性较差,橡塑类受碱和温度影响后收缩,这两种材料均趋于淘汰。目前使用较多的是耐碱性较好的聚氯乙烯(PVC)和高密度聚乙烯(HDPE)膜。PVC 膜先后在中铝广西分公司、广西华银铝业公司、遵义氧化铝公司等企业的赤泥堆场使用,HDPE 膜则在阳泉氧化铝厂、中铝重庆氧化铝公司、云南文山氧化铝厂等企业的赤泥堆场中使用。从强度、伸长率等技术指标比较,HDPE 膜要好于 PVC 膜,但造价稍高。国内外生活垃圾填埋场也广泛使用 HDPE 膜作为防渗主材。

10.4.4 防渗层的成败除与进场防渗材料的质量有关外,很大程度上取决于施工过程中的质量控制。故设计文件中应提出明确的防渗层施工技术要求。

10.4.5 本条是参照现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 中土工膜的有关要求提出的。1.5mm 是赤泥堆场防渗土工膜膜材厚度的最低要求。岩溶发育地区地质条件复杂,赤泥堆积高度大于 60m 时土工膜承受的赤泥荷载较大,为确保堆场环境保护设施的可靠性,这两种情况下土工膜宜适当加厚。

土工膜采用复合了土工布的一布一膜或两布一膜,其土工布可增强土工膜的强度,增加土工膜的耐久性,同时对土工膜起保护

作用。边坡采用单面加糙膜或双面加糙膜是为了增强土工膜的稳定性。

赤泥堆场的防渗系统要求保持长期稳定,宜选用有抗老化作用的土工膜。

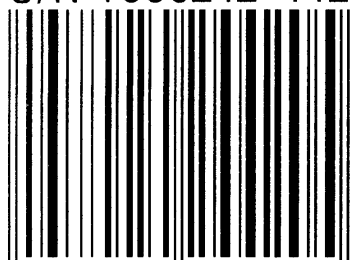
土工膜在可能的情况下宜选用幅宽大的产品,以便在施工中减少土工膜的接缝数量。

10.4.6 本条是土工膜支持层的设计规定。土工膜一般可采用场平弃土碾压后作为支持层,但应注意支持层中不应含有耕植土及其他可能损坏土工膜的材料。有条件时也可采用干赤泥或粉煤灰构筑支持层。我国南方岩溶地区常缺乏细粒土料,这种情况下也可用土工聚合黏土材料(GCL)代替土料。

10.4.7 本条是土工膜保护层的设计规定。设置土工膜上保护层的目的是保护土工膜免受日晒、冰冻、雨淋等气候影响,以及防止堆场布料作业中损坏土工膜。

10.4.8 滤饼干法赤泥堆场日常运行中将使用推土机等设备进行摊平碾压作业,为防止作业过程中损坏土工膜,保护层的面层厚度不应小于0.6m。浆体干法赤泥堆场的防渗层上一般还铺设有厚度0.5m~0.7m的排渗层,故土工膜保护层的面层可稍薄。

S/N:1580242·442



9 158024 244205 >



统一书号: 1580242·442

定 价: 21.00 元