

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50863 – 2013

尾矿设施设计规范

Code for design of tailings facilities

2013 – 06 – 08 发布

2013 – 12 – 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

尾矿设施设计规范

Code for design of tailings facilities

GB 50863-2013

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:2013年12月1日

中国计划出版社

2013 北 京

中华人民共和国国家标准

尾矿设施设计规范

GB 50863-2013

☆

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

北京世知印务有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 4.125印张 102千字

2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

☆

统一书号: 1580242·129

定价: 25.00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 51 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《尾矿设施设计规范》的公告

现批准《尾矿设施设计规范》为国家标准，编号为 GB 50863—2013，自 2013 年 12 月 1 日起实施。其中，第 1.0.3、3.1.1、4.1.4、4.3.5、6.1.2 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

2013 年 6 月 8 日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2005 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》建标函〔2005〕124 号的要求,由中国恩菲工程技术有限公司会同有关单位共同编制完成。

在规范编制过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,认真总结了新中国成立 60 年来、特别是改革开放 30 年来我国矿山尾矿设施建设的经验,并在广泛征求意见的基础上,经过反复讨论、修改和完善,最后经审查定稿。

本规范共分 13 章和 5 个附录。主要技术内容是:总则、术语、尾矿库、尾矿坝、尾矿干式堆存、尾矿库排洪、尾矿库闭库、尾矿回采、尾矿库回水、尾矿浓缩、尾矿输送、尾矿泵站、尾矿设施的环保措施等。

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工程建设标准规范管理处负责日常管理,由中国恩菲工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中如有意见和建议,请寄送中国恩菲工程技术有限公司(地址:北京复兴路 12 号,邮政编码:100038),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:中国恩菲工程技术有限公司

中国有色金属工业工程建设标准规范管理处

参 编 单 位:中冶北方工程技术有限公司

中冶建筑研究总院

长沙有色冶金设计研究院有限公司

中冶长天国际工程技术有限公司
中国瑞林工程技术有限公司
昆明有色冶金设计研究院股份公司
马鞍山长江地质工程公司
长春黄金设计院
中冶沈勘秦皇岛工程技术有限公司
金堆城钼业集团有限公司
紫金矿业集团股份有限公司
北京高能时代环境技术股份有限公司
广东东方管业有限公司

主要起草人:田文旗 陈守仁 杨 燕 赵锡铭 戈 振
刘德忠 刘石桥 杨春福 徐洪达 沈楼燕
张礼学 张元瑞 王 树 郭振世 岑 建
赵东寅 刘 勇 林津强
主要审查人:王治平 王汉强 郭天勇 王立忠 滕志国
徐 政 李明阳 宗子就 李绪忠 周成湘
张岳安

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(4)
3	尾矿库	(7)
3.1	选址	(7)
3.2	库容	(7)
3.3	尾矿库等别和构筑物级别	(8)
3.4	监测设施	(9)
3.5	辅助设施	(10)
4	尾矿坝	(11)
4.1	一般规定	(11)
4.2	沉积滩的最小安全超高和最小干滩长度	(12)
4.3	渗流控制要求及控制措施	(13)
4.4	稳定计算	(14)
4.5	构造要求	(18)
4.6	中线式及下游式尾矿坝的堆筑	(19)
5	尾矿干式堆存	(21)
5.1	一般规定	(21)
5.2	尾矿脱水设备的选择	(21)
5.3	干式尾矿排放及堆坝方式	(22)
5.4	干式尾矿的运输、平整和压实	(22)
5.5	干式堆存尾矿坝坡稳定计算要点	(22)
5.6	干式堆存尾矿库的排洪设计	(23)
5.7	干式堆存尾矿库的其他技术要求	(23)

5.8	压滤(过滤)厂房位置的确定	(24)
6	尾矿库排洪	(25)
6.1	一般规定	(25)
6.2	水文、水力及调洪计算	(26)
6.3	排洪构筑物	(27)
7	尾矿库闭库	(29)
8	尾矿回采	(30)
9	尾矿库回水	(32)
10	尾矿浓缩	(33)
11	尾矿输送	(36)
11.1	一般规定	(36)
11.2	水力计算	(37)
11.3	管槽敷设	(38)
11.4	管槽材料及附属装置	(42)
12	尾矿泵站	(44)
12.1	一般规定	(44)
12.2	矿浆池及清水池	(44)
12.3	设备选择与配置	(45)
12.4	泵站配置	(50)
12.5	供电通信及其他	(51)
13	尾矿设施的环保措施	(52)
13.1	一般规定	(52)
13.2	尾矿库的环保防渗设计	(52)
13.3	尾矿设施的其他环保措施	(54)
附录 A	原尾矿定名	(55)
附录 B	尾矿沉积滩平均坡度确定方法	(56)
附录 C	坝体尾矿平均物理力学性质指标	(58)
附录 D	拦挡坝最大一次洪水冲刷泥沙量估算公式	(59)

附录 E 尾矿浆体输送试验项目	(60)
本规范用词说明	(61)
引用标准名录	(62)
附:条文说明	(63)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(4)
3	Tailings pond	(7)
3.1	Site selection	(7)
3.2	Storage capacity	(7)
3.3	Class of tailings pond and grade of corresponding structures	(8)
3.4	Monitoring facilities	(9)
3.5	Auxiliary facilities	(10)
4	Tailings dam	(11)
4.1	General requirement	(11)
4.2	Minimum free height and beach width of deposited beach	(12)
4.3	Requirements and measures for seepage control	(13)
4.4	Stability calculation	(14)
4.5	Construction requirements	(18)
4.6	Construction of centerline embankment and downstream embankment	(19)
5	Dry-stacking of tailings	(21)
5.1	General requirement	(21)
5.2	Tailings dewatering equipment selection	(21)
5.3	Dry tailings discharging and stacking method	(22)
5.4	Dry tailings transportation, leveling and compaction	(22)
5.5	Key calculation points of dry-stacking tailings dam slope stability	(22)

5.6	Flood discharge design for dry-stacking tailings pond	.....	( 23)
5.7	Other technical requirements for dry-stacking tailings pond	.....	( 23)
5.8	Determination of filtering plant location	.....	( 24)
6	Flood drainage design of tailings pond	.....	( 25)
6.1	General requirement	.....	( 25)
6.2	Hydrological,hydraulic & flood regulation calculation	.....	( 26)
6.3	Structures for flood drainage	.....	( 27)
7	Closure design for tailings pond	.....	( 29)
8	Tailings extraction	.....	( 30)
9	Reclaimed water of tailings pond	.....	( 32)
10	Thickening of tailings slurry	.....	( 33)
11	Delivery of tailings slurry	.....	( 36)
11.1	General requirement	.....	( 36)
11.2	Hydraulic calculation	.....	( 37)
11.3	Pipe and channel laying	.....	( 38)
11.4	Pipe and channel material and accessory device	.....	( 42)
12	Tailings slurry pump station	.....	( 44)
12.1	General requirement	.....	( 44)
12.2	Slurry tank and clean water tank	.....	( 44)
12.3	Equipment selection and configuration	.....	( 45)
12.4	Pump station configuration	.....	( 50)
12.5	Power supply,communication and other facilities	.....	( 51)
13	Environmental protection measures of tailings facilities	.....	( 52)
13.1	General requirement	.....	( 52)
13.2	Seepage control design for tailings pond environmental protection	.....	( 52)
13.3	Other environmental protection measures of tailings		

facilities	(54)
Appendix A Classification list of fresh tailings	(55)
Appendix B Determination method for the tailings deposited beach slope	(56)
Appendix C Average physical & mechanical property indices of tailings dam material	(58)
Appendix D Estimation formula of sediment volume washed by the heaviest flood at one time for landslide dam	(59)
Appendix E Tests of tailings slurry delivery	(60)
Explanation of wording in this code	(61)
List of quoted standards	(62)
Addition: Explanation of provisions	(63)

1 总 则

1.0.1 为统一尾矿设施设计的原则和技术要求,使其符合国家的方针、政策和法规,达到安全、合理贮存尾矿和保护环境及节能节水的要求,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于金属和非金属矿山的新建、改建和扩建尾矿设施及氧化铝厂湿式堆存的赤泥堆场的设计。本规范不适用于核工业有放射性物质尾矿、采用特殊处置方式的尾矿及电厂灰渣等具有特殊性质的尾矿处理设施的设计。

1.0.3 选矿厂必须有尾矿设施,严禁任意排放尾矿。

1.0.4 尾矿设施设计应符合下列要求:

1 应符合企业的总体规划,尾矿库的服务年限应与选矿厂的生产年限相适应;当采用多库分期建设方案合理时,应制订分期建库规划,后期库的竣工投产时间应比前期库的闭库时间提前 0.5 年~1 年。每期尾矿库的服务年限,小型选矿厂不应少于 5 年;大中型选矿厂不应少于 10 年;当采用多厂一库合理时,应制订合建库的运行规划;

2 在满足生产要求和确保安全的前提下,应充分利用荒地和贫瘠土地,应不占、少占和缓占农田,并应提出闭库后复垦及生态恢复计划;

3 宜采用安全可靠、符合国情、经济合理的新技术、新工艺、新设备及新材料;

4 尾矿水应充分回收利用;外排水水质标准应按现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978、《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467、《铝工业污染物排放标准》GB 25465、《铅、锌工业污染物排放标准》GB 25466、《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468、《钢铁

工业水污染物排放标准》GB 13456 等的有关规定执行；

5 供电的负荷等级应与选矿厂一致。

1.0.5 施工图设计文件中应包括专供厂矿安全生产管理使用的要点说明及有关的图纸,并应作为尾矿设施生产运行的主要依据。施工图设计文件应包括下列内容:

1 尾矿库设计总坝高、总库容、等别;尾矿库总平面图、纵剖面图和库容曲线图;

2 尾矿放矿方式及要求、尾矿坝堆积方式及要求、堆积坡比控制、坝坡覆土植被及排水要求、浸润线控制标准、尾矿坝横剖面图;

3 尾矿库不同运行期防洪标准及最小调洪高度,最小安全超高及最小干滩长度的控制参数;

4 尾矿库排水设施的运行及封堵要求;

5 尾矿量及颗粒组成、矿浆浓度及流量等尾矿工艺参数;

6 尾矿浓缩、输送、回水系统图,尾矿输送临界流速控制要求;

7 尾矿设施监测系统设置及运行要求;

8 其他应说明的内容及附图。

1.0.6 尾矿设施设计应具有下列部分或全部基础资料:

1 尾矿颗粒组成、尾矿浆重量浓度、排出口标高等选矿工艺资料;

2 尾矿量和尾矿的物理、化学性质资料;

3 尾矿浆的沉降及浓缩试验资料;

4 尾矿水水质分析及水处理试验资料;

5 尾矿水力输送试验或流变学试验资料;

6 尾矿土力学试验资料;

7 尾矿堆坝试验及渗流试验资料;

8 气象及水文资料;

9 尾矿库库区、坝址、排水构筑物沿线、筑坝材料场地和尾矿

输送管槽线路等的地形图、工程地质与水文地质勘察(含地震有关参数)资料;

10 矿区及周边地区的区域地形图、区域地质图、矿权矿点分布图等;

11 尾矿库上、下游居民区、重要工业设施及工农业经济调查资料;

12 尾矿库占用土地、房屋和其他设施拆迁及管道穿越铁路、公路、通航河流等的协议文件;

13 尾矿及尾矿水的危害性属类等环保资料;

14 受纳水体的环境功能要求。

1.0.7 尾矿设施的设计,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 尾矿库 tailings pond

用以贮存金属、非金属矿山进行矿石选别后排出尾矿的场所。

2.0.2 全库容 whole storage capacity

坝顶标高平面以下、库底面以上所围成的空间的容积(不含非尾矿构筑的坝体体积)。

2.0.3 有效库容 effective storage capacity

沉积滩面以下、库底以上用于贮存尾矿(含悬浮状尾矿浆体)的空间容积。

2.0.4 调洪库容 flood regulation storage capacity

正常水位以上、设计洪水位以下可蓄积洪水的容积。

2.0.5 总库容 total storage capacity

设计最终坝顶标高时的全库容。

2.0.6 尾矿坝 tailings dam

拦挡尾矿和水的尾矿库外围构筑物。通常指初期坝和尾矿堆积坝的总体。

2.0.7 初期坝 starter dam

用土、石材料等筑成,作为尾矿堆积坝的排渗或支撑体的坝。

2.0.8 尾矿堆积坝 embankment

生产过程中用尾矿堆积而成的坝。

2.0.9 上游式尾矿筑坝法 upstream embankment method

在初期坝上游方向堆积尾矿的筑坝方式,其特点是堆积坝坝顶轴线逐级向初期坝上游方向推移。

2.0.10 中线式尾矿筑坝法 centerline embankment method

在初期坝轴线处用旋流器分离粗尾砂筑坝方式,其特点是堆

积坝坝顶轴线始终不变。

2.0.11 下游式尾矿筑坝法 downstream embankment method

在初期坝下游方向用旋流器分离粗尾砂筑坝方式,其特点是堆积坝坝顶轴线逐级向初期坝下游方向推移。

2.0.12 浸润线 phreatic line

坝体中渗流水的自由表面的位置,在横剖面上为一条曲线。

2.0.13 临界浸润线 criticaled position of the phreatic line

指坝体抗滑稳定安全系数能满足本规范最低要求时的坝体浸润线。

2.0.14 控制浸润线 controled position of the phreatic line

既满足临界浸润线要求、又满足尾矿堆积坝下游坡最小埋深浸润线要求的坝体最高浸润线。

2.0.15 正常生产水位 nonmal production level

在用尾矿库内能满足生产回水和排放要求的水位。

2.0.16 沉积滩 deposited beach

水力冲积尾矿形成的沉积体表层,按库内集水区水面划分为水上和水下两部分。

2.0.17 滩顶 beach crest

沉积滩面与子坝外坡面的交线。

2.0.18 干滩长度 beach width

库内水边线至滩顶的水平距离。

2.0.19 安全超高 free height

在非地震运行条件下,尾矿堆积坝为滩顶标高与设计洪水位的高差;挡水坝和一次性筑坝尾矿坝为设计洪水位加最大波浪爬高和最大风壅水面高度之和与坝顶标高的高差。在地震运行条件下,尾矿堆积坝为滩顶标高与正常生产水位加地震沉降和地震壅浪高度之和的高差;挡水坝和一次性筑坝尾矿坝为正常生产水位加最大波浪爬高、最大风壅水面高度、地震沉降和地震壅浪高度之和与坝顶标高的高差。

2.0.20 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。

2.0.21 尾矿坝高 tailings dam height

上游式筑坝为堆积坝坝顶与初期坝坝轴线处原地面的高差；
中线式、下游式筑坝为坝顶与坝轴线处原地面的高差。

2.0.22 总坝高 total dam height

设计最终堆积标高时的坝高。

2.0.23 堆坝高度或堆积高度 embankment height or accumulation height

上游式尾矿坝为尾矿堆积坝坝顶与初期坝坝顶的高差；中线式和下游式尾矿坝为尾矿堆积坝坝顶与坝顶轴线处原地面的高差。

2.0.24 尾矿库挡水坝 water dam of tailings pond

长期或较长期挡水的坝体，常指不用尾矿堆坝的主坝及副坝。

2.0.25 库长 length of tailings pond

由滩顶(对初期坝为坝轴线)起，沿垂直坝轴线方向至尾矿库最远水边线的距离，对于多面堆坝的尾矿库则为各处堆坝坝顶至库内排水口的距离。

2.0.26 一次建坝 one-step constructed dam

指全部用除尾矿以外的筑坝材料一次或分期建造的尾矿坝。

3 尾 矿 库

3.1 选 址

3.1.1 尾矿库不应设在下列地区：

- 1 风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区；
- 2 国家法律禁止的矿产开采区域。

3.1.2 尾矿库选址应经多方案技术经济比较综合确定，并应符合下列要求：

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 不宜位于居民集中区主导风向的上风侧；
- 3 应不占或少占农田，并应不迁或少迁居民；
- 4 不宜位于有开采价值的矿床上面；
- 5 汇水面积应小，并应有足够的库容；
- 6 上游式湿排尾矿库应有足够的初、终期库长；
- 7 筑坝工程量应小，生产管理应方便；
- 8 应避开地质构造复杂、不良地质现象严重区域；
- 9 尾矿输送距离应短，宜能自流或扬程小。

3.1.3 在同一沟谷内建设两座或两座以上尾矿库时，后建库设计时应充分论证各尾矿库之间的相互关系与影响。

3.1.4 废弃的露天采坑及凹地储存尾矿时，应进行安全性专项论证；露天采坑下部有采矿活动时，不宜储存尾矿。

3.2 库 容

3.2.1 所需的尾矿库有效库容应按式确定：

$$V = \frac{W}{\rho_d} \quad (3.2.1)$$

式中: V ——所需尾矿库的有效库容(m^3);

W ——尾矿库设计年限内需贮存的尾矿量(t);

ρ_d ——尾矿库内的尾矿平均堆积干密度(t/m^3)。

3.2.2 尾矿库内的尾矿平均堆积干密度应根据试验或类似尾矿库的实测资料确定;当缺少资料时,尾矿颗粒密度 ρ_s 为 $2.7\text{t}/\text{m}^3$ 的水力冲积尾矿可按表 3.2.2 选定;其他密度的尾矿应将表 3.2.2 中的数值乘以校正系数 β 。 β 值可按下式确定:

$$\beta = \frac{\rho_s}{2.7} \quad (3.2.2)$$

表 3.2.2 尾矿平均堆积干密度(t/m^3)

原尾矿名称	尾粗砂	尾中砂	尾细砂	尾粉砂	尾粉土	尾粉质黏土	尾黏土
平均堆积	1.45~	1.40~	1.35~	1.30~	1.20~	1.10~	1.05~
干密度	1.55	1.50	1.45	1.40	1.30	1.20	1.10

注:原尾矿系指选矿厂排出未经自然或机械分级的尾矿;原尾矿名称的定义按本规范附录 A 确定。

3.2.3 尾矿库的有效库容和调洪库容应按尾矿不同坡度的沉积滩面和库底地形分别计算确定。

尾矿沉积滩面的坡度 i_t 可按尾矿物理性质、尾矿库地形及放矿条件类似的其他尾矿库实测资料或由试验确定。当缺少资料时,可按本规范附录 B 计算。计算有效库容时可取较大值 $1.0i_t \sim 1.2i_t$, 计算调洪库容时可取较小值 $0.8i_t \sim 1.0i_t$ 。

3.3 尾矿库等别和构筑物级别

3.3.1 尾矿库等别应根据尾矿库的最终全库容及最终坝高按表 3.3.1 确定。尾矿库各使用期的设计等别应根据该期的全库容和坝高分别按表 3.3.1 确定。当按尾矿库的全库容和坝高分别确定的尾矿库等别的等差为一等时,应以高者为准;当等差大于一等时,应按高者降一等确定。

露天废弃采坑及凹地储存尾矿,且周边未建尾矿坝时,可不定等别;建尾矿坝时,应根据坝高及其对应的库容确定尾矿库的等别。

除一等库外,对于尾矿库失事将使下游重要城镇、工矿企业、铁路干线或高速公路等遭受严重灾害者,经充分论证后,其设计等别可提高一等。

表 3.3.1 尾矿库各使用期的设计等别

等 别	全库容 $V(10000\text{m}^3)$	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	$V < 100$	$H < 30$

3.3.2 尾矿库构筑物的级别应根据尾矿库的等别及其重要性按表 3.3.2 确定。

表 3.3.2 尾矿库构筑物的级别

尾矿库等别	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 主要构筑物系指尾矿坝、排水构筑物等失事后将造成下游灾害的构筑物;

2 次要构筑物系指除主要构筑物外的永久性构筑物;

3 临时构筑物系指施工期临时使用的构筑物。

3.4 监测设施

3.4.1 尾矿库应根据设计等别、尾矿坝筑坝方式、尾矿及尾矿水污染物性质、地形地质条件及地理环境等因素,设置必要的安全和

环保监测设施。三等及三等以上尾矿库应设置人工监测与自动监测相结合的安全监测设施。

3.4.2 监测仪器、设施的选择,应在可靠、耐久、经济、适用前提下,力求技术先进。

3.4.3 安全监测项目应包括下列内容:

1 湿排尾矿库应监测库水位、滩顶标高、干滩长度、浸润线深度、坝体坡度和位移;

2 四等及四等以上湿排尾矿库还应监测降雨量;三等及三等以上湿排尾矿库必要时还应监测孔隙水压力、渗透水量及其水质。

3.4.4 安全监测设施应按下列原则进行布置:

1 应全面反映尾矿库的运行状态;

2 尾矿坝位移监测点的布置应延伸到坝脚以外的一定范围;

3 坝肩及基岩断层带、坝内埋管处宜加设监测设施。

3.4.5 环保监测项目应包括下列内容:

1 入库尾矿量及成分监测、外排尾矿水量及成分监测;

2 尾矿库地下水及周边水体的水质监测。

3.4.6 环保监测设施布置应满足反映尾矿库的运行状况的要求。

3.5 辅助设施

3.5.1 尾矿库的辅助设施应根据筑坝工程量、排水构筑物型式和操作要求,以及库区与厂区的距离等因素配备筑坝机械、工作船、工程车、交通道路、值班室、应急器材库、通信和照明等设施。必要时可设置宿舍和库区简易气象水文观测点。

3.5.2 尾矿库值班室和宿舍宜避开坝体下游。

4 尾 矿 坝

4.1 一 般 规 定

4.1.1 尾矿坝坝址的选择应以筑(堆)坝工程量小,以及形成的库容大和避免不良的工程、水文地质条件为原则,并结合筑坝材料来源、施工条件、尾矿澄清距离及排水构筑物的布置等因素,经综合论证确定。

4.1.2 初期坝坝型选择应符合下列要求:

- 1 初期坝宜采用当地材料构筑;
- 2 上游式尾矿库的初期坝宜采用透水坝型;中线式、下游式尾矿库的初期坝坝型可根据需要确定;
- 3 一次建坝的尾矿坝可分期建设,第一期坝应符合初期坝的有关规定,后期筑坝高度应始终大于尾矿堆积高度的要求;

4 对于有特殊要求的尾矿库可采用不透水坝型。

4.1.3 初期坝坝高的确定应符合下列要求:

- 1 可至少贮存选矿厂投产后半年以上的尾矿量;
- 2 应使尾矿水得以澄清;
- 3 当尾矿堆积坝沉积滩顶与初期坝顶齐平时,应满足相应等别尾矿库防洪标准要求;
- 4 投产初期需利用尾矿库调蓄生产供水时,应贮存所需的调蓄水量;
- 5 在冰冻地区应满足冰下排矿的要求;
- 6 新建上游式尾矿坝初期坝高与总坝高之比值宜采用 $1/8 \sim 1/4$ 。

4.1.4 尾矿坝必须满足渗流控制和静、动力稳定的要求。

4.1.5 遇有下列情况时,尾矿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。

4.1.6 尾矿堆积坝筑坝方式选择应符合下列要求：

1 地震设防烈度为 7 度及 7 度以下的地区，宜采用上游式筑坝；地震设防烈度为 8 度～9 度的地区，宜采用下游式或中线式筑坝，采用上游式筑坝时应采取抗震措施；

2 上游式尾矿筑坝，尾矿颗粒较粗者可采用直接冲积法筑坝；尾矿颗粒较细者宜采用分级冲积法筑坝；

3 下游式或中线式尾矿筑坝分级后用于筑坝的 $d \geq 0.074\text{mm}$ 尾矿颗粒含量不宜少于 75%， $d \leq 0.02\text{mm}$ 尾矿颗粒含量不宜大于 10%，当分级后用于筑坝的尾矿颗粒不满足以上要求时，应进行筑坝试验。筑坝上升速度应满足沉积滩面上升速度的要求；

4 上游式堆坝的尾矿浆重量浓度超过 35%（不含干堆尾矿）时，不宜采用冲积法直接筑坝；当尾矿浆重量浓度超过 35%，且采用冲积法直接上游式筑坝时，应进行尾矿堆坝试验研究；

5 对于湿式尾矿库，当全尾矿颗粒极细（ $d < 0.074\text{mm}$ 含量大于 85% 或 $d < 0.005\text{mm}$ 含量大于 15%）时，宜采用一次建坝，并可分期建设；当全尾矿颗粒极细且采用尾矿筑坝时，应进行尾矿堆坝试验研究。

4.1.7 上游式尾矿筑坝，中、粗尾矿可采用直接冲积筑坝法，尾矿颗粒较细时宜采用分级冲积筑坝法。每期子坝宜采用尾矿堆筑，也可采用废石、砂石堆筑。

4.1.8 尾矿库的挡水坝应按坝型采用相应的水库坝设计规范设计，但防洪标准不应低于本规范的规定。

4.2 沉积滩的最小安全超高和最小干滩长度

4.2.1 上游式尾矿堆积坝沉积滩顶与设计洪水位的高差，应符合表 4.2.1 的最小安全超高值的规定。同时，滩顶至设计洪水位水

边线的距离,应符合表 4.2.1 的最小干滩长度值的规定。

表 4.2.1 上游式尾矿堆积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	70	50	40

注:1 3级及3级以下的尾矿坝经渗流稳定论证安全时,表内最小干滩长度最多可减少30%;

2 地震区的最小干滩长度尚应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定。

4.2.2 下游式和中线式尾矿坝坝顶外缘至设计洪水位水边线的距离,宜符合表 4.2.2 的规定;同时,坝顶与设计洪水位的高差,应符合表 4.2.1 的最小安全超高值的规定。

表 4.2.2 下游式和中线式尾矿坝的最小干滩长度(m)

坝的级别	1	2	3	4	5
最小干滩长度	100	70	50	35	25

注:地震区的最小干滩长度还应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定。

4.2.3 尾矿库挡水坝坝顶与设计洪水位的高差,不应小于表 4.2.1 的最小安全超高值、最大风壅水面高度和最大波浪爬高三者之和。最大风壅水面高度和最大波浪爬高可按现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》SL 274 的有关规定计算。

4.2.4 地震水平加速度不小于 0.05g 地震区的尾矿库,尾矿堆积坝坝顶与正常生产水位的高差,还不应小于表 4.2.1 的最小安全超高值和地震沉降值、地震壅浪高度之和。挡水坝和一次性筑坝尾矿坝坝顶与正常生产水位的高差,还不应小于表 4.2.1 的最小安全超高值和地震沉降值、地震壅浪高度、最大风壅水面高度及最大波浪爬高值之和。地震壅浪高度应按现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 的有关规定确定。

4.3 渗流控制要求及控制措施

4.3.1 尾矿坝设计应进行渗流计算,1级及2级尾矿坝还应根据

地形条件做专门渗流模拟试验。渗流计算应按下列要求进行：

- 1 新建尾矿坝在可行性研究阶段可不进行坝体渗流计算；
- 2 扩建或加高的尾矿坝在可行性研究阶段应进行坝体渗流计算；
- 3 初步设计阶段应对坝体进行渗流计算。

4.3.2 尾矿坝浸润线的确定还应分析放矿、雨水和地震等因素对尾矿坝浸润线的影响。

4.3.3 尾矿堆积坝下游坡浸润线的最小埋深除应满足坝坡抗滑稳定的条件外，尚应满足表 4.3.3 的要求。

表 4.3.3 尾矿堆积坝下游坡浸润线的最小埋深(m)

堆积坝高度 H	$H \geq 150$	$150 > H \geq 100$	$100 > H \geq 60$	$60 > H \geq 30$	$H < 30$
浸润线最小埋深	10~8	8~6	6~4	4~2	2

注：任意高度堆积坝的浸润线最小埋深可用插入法确定。

4.3.4 对于尾矿堆积坝，设计时可用拟合法确定各使用期及各运行条件下的临界浸润线，并结合表 4.3.3 的要求确定控制浸润线。

4.3.5 尾矿坝的渗流控制措施必须确保浸润线低于控制浸润线。

4.3.6 降低浸润线的措施应结合坝的级别、坝体稳定计算和抗震构造等要求综合分析确定，宜采取下列措施：

- 1 尾矿库建设阶段，在尾矿堆积坝坝基范围内设置排渗褥垫（碎石或土工排水网垫）、排渗管（或盲沟）及排渗井等型的水平和垂直排渗系统；

- 2 尾矿坝运行中，随坝体升高适时设置排渗管、盲沟、席垫、垂直塑料排水板或排渗井等型的排渗系统；

- 3 尾矿坝运行中，当实测浸润线高于控制浸润线时，可在坝坡或沉积滩上增设排渗管、辐射排渗井等排渗设施；

- 4 降低库内水位。

4.4 稳定计算

4.4.1 尾矿坝的稳定性计算应符合下列要求：

- 1 尾矿库初期坝与堆积坝的抗滑稳定性应根据坝体材料及坝基

的物理力学性质经计算确定。计算方法应采用简化毕肖普法或瑞典圆弧法,地震荷载应按拟静力法计算。稳定计算应按下列要求进行:

- 1)新建尾矿坝在可行性研究阶段可不进行坝体稳定计算;
- 2)扩建或加高的尾矿坝在可行性研究阶段应进行坝体稳定计算;
- 3)初步设计阶段应对坝体进行稳定计算;
- 4)三等及三等以下的尾矿库在尾矿坝堆至 $1/2 \sim 2/3$ 最终设计总坝高,一等及二等尾矿库在尾矿坝堆至 $1/3 \sim 1/2$ 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;对于尾矿性质特殊,投产后选矿规模或工艺流程发生重大改变,尾矿性质或放矿方式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;根据勘察结果,由设计单位对尾矿坝作全面论证,以验证最终坝体的稳定性和确定后期的处理措施;
- 5)尾矿库挡水坝应进行稳定计算。

2 尾矿坝稳定计算的荷载,可根据不同运行条件按表 4.4.1-1 进行组合。

表 4.4.1-1 尾矿坝稳定计算的荷载组合

运行条件	荷载类别	1	2	3	4	5
	计算方法					
正常运行	总应力法	有	有	—	—	—
	有效应力法	有	有	有	—	—
洪水运行	总应力法	—	有	—	有	—
	有效应力法	—	有	有	有	—
特殊运行	总应力法	有	有	—	—	有
	有效应力法	有	有	有	—	有

注:1 荷载类别 1 系指运行期正常库水位时的稳定渗透压力;

2 荷载类别 2 系指坝体自重;

3 荷载类别 3 系指坝体及坝基中的孔隙水压力;

4 荷载类别 4 系指设计洪水位时有可能形成的稳定渗透压力;

5 荷载类别 5 系指地震荷载。

3 坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于表 4.4.1-2 规定的数值。

表 4.4.1-2 坝坡抗滑稳定最小安全系数

计算方法	坝的级别	1	2	3	4、5
	运行条件				
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
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

4 尾矿坝坝体材料及坝基土的抗剪强度指标类别,应根据强度计算方法与土的类别按表 4.4.1-3 取得。

表 4.4.1-3 尾矿坝坝体材料及坝基土的抗剪强度指标试验方法

强度计算方法	土的类别		使用仪器	试验方法及代号	强度指标	试样起始状态
总应力法	无黏性土		三轴仪	固结不排水剪(CU)	$c_{cu} + \varphi_{cu}$	一、坝体材料: 1. 含水量及密度与原状一致; 2. 浸润线以下和水中应预先饱和; 3. 试验应力与坝体实际应力一致。 二、坝基土用原状土
	少黏性土		直剪仪	固结快剪(CQ)		
			三轴仪	固结不排水剪(CU)		
	黏性土		直剪仪	固结快剪(CQ)		
三轴仪			固结不排水剪(CU)			
有效应力法	无黏性土		直剪仪	慢剪(S)	c', φ'	
			三轴仪	固结排水剪(CD)		
			黏性土	直剪仪			慢剪(S)
	饱和度小于 80%	三轴仪		不排水剪测孔压(UU)		
	饱和度大于 80%	直剪仪		慢剪(S)		
		三轴仪		固结不排水剪测孔压($\bar{C}U$)		

注:1 无黏性土系指黏粒含量小于 5% 的尾矿或坝基土。少黏性土系指黏粒含量小于 15% 的尾矿或坝基土;

2 软弱尾黏土类黏性土采用固结快剪指标时,应根据其固结程度确定;当采用十字板抗剪强度指标时,应根据固结程度修正强度指标。

5 新建尾矿库尾矿坝的稳定计算断面应根据颗粒粗细程度和尾矿的固结度进行概化分区。各区尾矿的物理力学性质指标可按类似尾矿坝的勘察资料或按本规范附录 C 确定。

6 扩建、改建及中期论证的尾矿库尾矿坝稳定计算断面,应根据勘察资料进行概化分区。

7 3 级及 3 级以下的尾矿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,当尾矿坝溃决产生严重次生灾害时,尾矿坝的地震设防标准应提高一档。1 级和 2 级尾矿坝的地震设计烈度应按批准的场地危险性分析结果确定。地震荷载应按现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 的有关规定进行计算。

8 除 1 级和 2 级尾矿坝外,场地设计基本地震加速度应按表 4.4.1-4 选用。

表 4.4.1-4 场地设计基本地震加速度 a

地震烈度	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	\geq Ⅸ
水平加速度 a	0.05g	0.10g,0.15g	0.20g,0.30g	\geq 0.40g

4.4.2 尾矿坝动应力抗震计算应符合下列要求:

1 对于 1 级及 2 级尾矿坝的抗滑稳定性,除应按拟静力法计算外,尚应进行专门的动力抗震计算,动力抗震计算应包括地震液化分析、地震稳定性分析和地震永久变形分析;

2 位于地震设计烈度为 7 度地区的 3 级尾矿坝和设计烈度为 7 度及 7 度以上地区的 4 级和 5 级尾矿坝,地震液化可采用简化计算分析法;3 级尾矿坝地震液化分析结果不利时,尚应进行动力抗震计算;

3 位于地震设计烈度为 9 度地区的各级尾矿坝或位于 8 度地区的 3 级及 3 级以上的尾矿坝,抗震稳定分析除应采用拟静力法外,尚应采用时程法进行分析;

4 采用时程法计算分析时应符合下列要求:

1)宜按材料的非线性应力应变关系计算地震前的初始剪应

- 力状态；
- 2) 宜采用室内动力试验测定材料的动力变形特性和抗液化强度；
 - 3) 宜采用等效线形或非线性时程分析法求解地震应力和加速度反应；
 - 4) 根据地震作用效应计算可能滑动面的抗滑稳定性，并计算由地震引起的坝体永久变形；
 - 5) 应至少选取 2 条~3 条类似场地和地震地质环境的实测地震加速度记录和一条拟合人工地震加速度时程；
 - 6) 人工地震加速度时程的目标谱应为场地的反应谱；
 - 7) 地震加速度时程的峰值应为场地设计基本加速度值；
 - 8) 合成地震加速度时程的持续时间可按表 4.4.2 取值。

表 4.4.2 合成地震加速度时程的持续时间(s)

潜在震源震级	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
持续时间	10~20	10~25	15~30	25~35	35~45

4.5 构造要求

4.5.1 当无行车要求时，初期坝坝顶最小宽度宜符合表 4.5.1 规定的数值；当有行车要求时，坝顶宽度及路面构造应符合现行国家标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的规定。

表 4.5.1 初期坝坝顶最小宽度(m)

坝 高	<10	10~20	20~30	>30
坝顶最小宽度	2.5	3.0	3.5	4.0

4.5.2 下游式、中线式尾矿筑坝坝顶宽度应按本规范第 4.6.10 条的规定确定。

4.5.3 透水堆石坝堆石体上游坡坡比不宜陡于 1:1.6；土坝上游坡坡比可略陡于下游坡。初期坝下游坡坡比在初定时可按表 4.5.3 确定。

表 4.5.3 初期坝下游坡坡比

坝高(m)	土坝下游坡坡比	透水堆石坝下游坡坡比	
		岩 基	非岩基(软基除外)
5~10	1:1.75~1:2.0	1:1.6~1:1.75	1:1.75~1:2.0
10~20	1:2.0~1:2.5		
20~30	1:2.5~1:3.0		

4.5.4 透水初期坝上游坡面采用土工布组合反滤层时,宜设置嵌固平台,高差宜为 10m~15m,宽度不宜小于 1.5m。土工布嵌入坝基及坝肩的深度不应小于 0.5m,并应填塞密实。

4.5.5 上游式尾矿坝的初期坝下游坡面应沿标高每隔 10m~15m 设一条马道,宽度不宜小于 1.5m。尾矿堆积坝有行车要求时,下游坡面应沿标高每隔 10m~15m 设一条马道,宽度不宜小于 5m。

4.5.6 尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处应设置坝肩截水沟,并宜在初期坝设置踏步,踏步宽度不宜小于 1.0m。

4.5.7 上游式尾矿坝的堆积下游坡面上,应结合排渗设施每隔 5m~10m 高差设置排水沟。

4.5.8 初期坝上游坡面应有防止初期放矿直接冲刷初期坝的措施。

4.5.9 尾矿堆积坝下游坡与两岸山坡结合处应设置截水沟。

4.5.10 尾矿堆积坝下游坡面维护宜采用下列措施:

- 1 采用碎石、废石或山坡土覆盖坡面;
- 2 坡面植草或灌木类植物;
- 3 坡面修筑人字沟或网状排水沟;
- 4 沿坝轴线方向每隔 500m 设踏步一道。

4.6 中线式及下游式尾矿坝的堆筑

4.6.1 中线式和下游式尾矿筑坝宜采用水力旋流器分级后的粗尾矿堆筑。用于筑坝的粗尾砂应满足本规范第 4.1.6 条第 3 款的

要求。

4.6.2 中线式及下游式尾矿坝均应设置初期坝和滤水拦砂坝,滤水拦砂坝可设多座,在初期坝与拦砂坝之间的坝基范围内应设排渗设施。

4.6.3 中线式、下游式尾矿坝和滤水拦砂坝之间的洪水应通过滤水拦砂坝渗出坝外,也可在滤水拦砂坝前设置排洪设施,排洪标准宜按 50 年一遇洪水设防。

4.6.4 初期坝坝高除应符合本规范第 4.1.3 条的有关规定外,尚应满足下游粗粒尾矿与上游剩余尾矿平衡升高速度的要求。

4.6.5 滤水拦砂坝坝高可根据实际需要确定。

4.6.6 坝基排渗设施的型式可采用褥垫、盲沟(管)或其他型式,其断面尺寸应满足排出渗水的要求。

4.6.7 对尾矿库全部运行期内的粗尾矿堆坝量与库内堆存量应按高度进行平衡计算,坝顶上升速度应满足库内沉积滩面的上升速度和防洪安全的需要,并应由此确定各阶段需要的粗砂产率。所选设备和分级工艺的最终成品粗砂的产率不宜少于各堆坝阶段需要的最大粗砂产率的 1.2 倍。

4.6.8 当采用旋流器底流尾矿直接充填筑坝时,可调整底流尾矿浆的排放浓度,但底流尾矿浆的排放浓度不应小于不分选浓度。

4.6.9 尾矿坝的下游坝坡应经稳定计算确定,在初步估算时,下游坝坡比不宜陡于 1:3。

4.6.10 尾矿坝坝顶宽度应满足分级设备和管道安装及交通的需要,不宜小于 20m。最终下游坝坡应设置维护平台和排水设施,维护平台的宽度不宜小于 3m。

4.6.11 尾矿分级设备宜采用水力旋流器,分级设备的选型、工作压力和设备参数宜根据设计确定的沉砂粒度、产率和浓度要求由设备厂商提供,并应经试验复核。

4.6.12 备用的分级设备应根据需要设置。

5 尾矿干式堆存

5.1 一般规定

- 5.1.1** 对于水资源缺乏、尾矿库纵深不能满足湿式堆存要求或有其他特殊要求,并经技术经济比较合理时,可采用尾矿干式堆存。
- 5.1.2** 尾矿干式堆存应将选矿厂排出尾矿经脱水处理,并应满足干式运输、堆积及碾压要求后再进行堆存。
- 5.1.3** 干式堆存尾矿库平时库区表面不应积存雨水,汛期降雨时库区积存的雨水应及时排出库外,排空时间不应超过 72h。
- 5.1.4** 排入库内的尾矿应整平、碾压堆存。
- 5.1.5** 干式堆存尾矿库不得干、湿尾矿混排。

5.2 尾矿脱水设备的选择

- 5.2.1** 尾矿脱水可经比较采用先浓缩后脱水或直接脱水工艺。当全尾矿颗粒较粗时,宜采用高频振动筛筛出符合堆存的尾矿,直接送至库内堆存,筛余部分再浓缩、脱水。浓缩设备的选择可按本规范第 10 章的规定进行。
- 5.2.2** 脱水设备的种类、规格和数量应根据选矿厂尾矿的产量、性质、运输及地形条件等因素确定,并应设有备用。
- 5.2.3** 脱水设备应通过试验确定其选型的合理性。脱水设备宜选用板框压滤机和陶瓷过滤机或其他设备,并应符合下列规定:
- 1** 板框压滤机规格和台数应通过试验确定;
 - 2** 陶瓷过滤机规格和台数的选择应通过试验确定,并应分析陶瓷过滤板在生产中脱水能力衰减的影响。
- 5.2.4** 严寒地区脱水系统应采取防冻措施,也可加盖厂房并采暖。

5.3 干式尾矿排放及堆坝方式

5.3.1 干式尾矿排放方式可包括库尾、库前、库中及周边排矿方式,在库下游应设回水澄清池。各种干式尾矿排放方式应符合下列要求:

1 库尾排矿应采用由库区尾部(上游)向库区前部(下游)排放的方式。排矿时应自下而上分层碾压并设置台阶,台阶高度与堆积坝最终外坡面设置的台阶高度一致,分层碾压顶面应保持1%~2%的坡度,坡向拦挡坝方向;

2 库前排矿应自拦挡坝前向库尾推进,应边堆放边碾压并修整边坡;

3 库中排矿应自库区中部向库尾和库前推进,应边堆放边碾压,并应在达到设计最终堆高时一次修整堆积坝外坡;

4 周边排矿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。

5.3.2 堆积坝最终外坡面每隔5m~10m高度应设一道台阶,并应在台阶上修建永久性纵、横向排水沟。

5.4 干式尾矿的运输、平整和压实

5.4.1 干式尾矿的运输宜采用胶带机运输和汽车运输。

5.4.2 进入库内的尾矿可采用移动胶带机、装载机和推土机倒运、推平,应采用碾压机械碾压,碾压参数应通过试验确定。影响堆积坝体稳定性的区域应分层碾压加高,压实度不应低于0.92。在不影响堆积坝体稳定的区域可适当降低碾压标准。

5.4.3 对于库尾排矿的尾矿库,应逐层碾压到不小于设计坝高持力区需要的宽度。

5.5 干式堆存尾矿坝坡稳定计算要点

5.5.1 干式堆存尾矿坝边坡稳定性应符合本规范表4.4.1-2

的规定。采用库尾排矿方式的尾矿坝可不计算洪水运行的工况。

5.5.2 尾矿堆体的物理力学性质指标,应按碾压取样试验或类似工程实测资料确定。

5.6 干式堆存尾矿库的排洪设计

5.6.1 干式堆存尾矿库,宜根据堆存方式在周边设置拦、截排洪设施,其位置应根据整个服务期的需要综合确定。防洪标准应按本规范第 6.1.1 条执行。当设计的尾矿最终堆积高度超过 60m 时,还应增设中间截洪沟;当上游汇水面积较大并有合适地形时,应设截排洪设施。

5.6.2 库前排矿的尾矿库,库前应建初期坝。库内排洪系统应按湿式堆存尾矿库设计。

5.6.3 库尾排矿的干式尾矿库,排洪设计应符合下列要求:

1 库前应建拦挡坝,形成的库容应满足储存一次洪水冲刷挟带的泥沙量,泥沙量可由现场调查或按本规范附录 D 估算确定;其高度与总坝高之比宜为 $1/8 \sim 1/4$,并不宜小于 5m;

2 应在拦挡坝前设排水井、管或其他排水设施,坝前排水口应高于泥沙淤积标高 0.5m~1.0m 以上,并应及时清理坝前淤积的尾矿;

3 当库区面积较大时,应在尾矿堆积区设临时排水沟,将水排入两侧截洪沟,并应在尾矿堆积体最终的下游坡面设永久性纵横向截排水沟。

5.7 干式堆存尾矿库的其他技术要求

5.7.1 当库内有泉水或常年流水时,应设盲沟(管)或其他设施将水排出库外。

5.7.2 库内尾矿堆积区可采取洒水喷淋等防尘措施,坝坡应进行覆土、植被绿化。

5.8 压滤(过滤)厂房位置的确定

5.8.1 除有特殊要求外,压滤(过滤)厂房宜布置在尾矿库附近。

5.8.2 对于库尾排矿方式,压滤(过滤)厂房位置宜布置在库区中部偏上位置,并宜高于尾矿最终堆积标高。

6 尾矿库排洪

6.1 一般规定

6.1.1 尾矿库的防洪标准应符合下列规定：

1 尾矿库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等因素，按表 6.1.1 确定。

表 6.1.1 尾矿库防洪标准

尾矿库 各使用期等别	一	二	三	四	五
洪水重现期 (年)	1000~5000 或 PMF	500~1000	200~500	100~200	100

注：PMF 为可能最大洪水。

2 当确定的尾矿库等别的库容或坝高偏于该等下限，尾矿库使用年限较短或失事后对下游不会造成严重危害者，防洪标准可取下限；当确定的尾矿库等别的库容或坝高偏于该等上限，尾矿库使用年限较长或失事后对下游会造成严重危害者，防洪标准应取上限。对于高堆坝或下游有重要居民点时，防洪标准可提高一等。尾矿库失事后对下游环境造成极其严重危害的尾矿库，防洪标准应提高，必要时可按可能最大洪水进行设计。

3 采用露天废弃采坑及凹地储存尾矿的尾矿库，周边未建尾矿坝时，防洪标准应采用百年一遇的洪水；建尾矿坝时，应根据坝高及其对应的库容确定库的等别及防洪标准。

6.1.2 尾矿库必须设置排洪设施。

6.1.3 尾矿库的排洪方式及布置应根据地形、地质条件、洪水总量、调洪能力、尾矿性质、回水方式及水质要求、操作条件与使用年限等因素，经技术经济比较确定，并应符合下列要求：

1 上游式尾矿库宜采用排水井(或斜槽)—排水管(或隧洞)排洪系统;

2 一次建坝的尾矿库在地形条件许可时,可采用溢洪道排洪,同时宜以排水井(或斜槽)控制库内运行水位;

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。采用压力流控制时,应进行可靠性技术论证,必要时应通过水工模型试验确定;

4 除库尾排矿的干式尾矿库外,三等及三等以上尾矿库不得采用截洪沟排洪;

5 当尾矿库周边地形、地质条件适合时,四等及五等尾矿库经论证可设截洪沟截洪分流。

6.1.4 排洪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。排洪构筑物不得直接坐落在尾矿沉积滩上。

6.1.5 地下排洪构筑物应采用钢筋混凝土结构,其基础应置于有足够承载力的基岩上。对于非岩基的地下排洪构筑物,应采取符合基础承载力要求的工程措施。

6.1.6 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。

6.1.7 尾矿库应采取防止泥石流、滑坡、树木杂物等影响泄洪能力的工程措施。

6.2 水文、水力及调洪计算

6.2.1 尾矿库洪水计算应符合下列要求:

1 应根据各省水文图集或有关部门建议的特小汇水面积的计算方法进行计算。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。对于三等及三等以上尾矿库宜取两种以上方法计算,宜以各省水文图册推荐的计算公式为准或选取大值;

2 库内水面面积不超过流域面积的 10% 时,可按全面积陆面汇流计算。库内水面面积超过流域面积的 10% 时,水面和陆面面积的汇流应分别计算。

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。

6.2.3 计算调洪库容时,应按本规范第 3.2.3 条的规定执行。

6.2.4 尾矿库排洪构筑物型式及尺寸应根据水力计算和调洪计算确定,并应满足设计流态和防洪安全要求。对特别复杂的排洪系统,宜进行水工模型试验验证。

6.2.5 排洪构筑物的设计最大流速不应大于构筑物材料的容许流速。

6.2.6 调洪计算应采用水量平衡法按下式计算:

$$\frac{1}{2}(Q_s + Q_z)\Delta t - \frac{1}{2}(q_s + q_z)\Delta t = V_z - V_s \quad (6.2.6)$$

式中: Q_s 、 Q_z ——时段始、终尾矿库的来洪流量(m^3/s);

q_s 、 q_z ——时段始、终尾矿库的泄洪流量(m^3/s);

V_s 、 V_z ——时段始、终尾矿库的蓄洪量(m^3);

Δt ——该时段的时间(h)。

6.2.7 尾矿库的一次洪水排出时间应小于 72h。

6.2.8 尾矿库不得采用机械排洪。

6.3 排洪构筑物

6.3.1 进水构筑物的型式应根据排水量大小、尾矿库的地形条件和是否兼作回水设施等因素确定。当排水量较大时,宜采用框架

式排水井；排水量较小时，宜采用窗口式排水井或斜槽；排水井内径不宜小于 1.5m。

6.3.2 排水井井底应设置消力坑。在排水管或隧洞变坡、转弯和出口处，应根据具体情况采取消能防冲措施。

6.3.3 排水管或斜槽的净高不宜小于 1.2m。

6.3.4 排水隧洞的净高不应小于 1.8m，净宽不应小于 1.5m，最小设计坡度不宜小于 0.3%。

6.3.5 沟埋式和平埋式排水管，两侧回填土应夯实，顶部应松填，其厚度不应小于 0.5m；上埋式排水管管顶的垂直荷载应根据上覆尾砂厚度确定附加系数。

6.3.6 排水管应根据气温和地基条件确定伸缩缝和沉降缝的分缝长度。建在岩基上的排水管宜每隔 10m~20m 设一条伸缩缝，在岩性变化或断层处应设沉降缝；建在非岩基上的排水管宜每隔 4m~8m 设一条沉降缝。接缝处应采用密闭型橡胶（或塑料）止水带，止水带厚度应满足内、外工作水压的要求，当尾矿渗水不会污染下游环境时，无压管亦可采用反滤接头。接缝处均应设套管。建在季节性冻土区的排水管管基应设在冻土深度以下。

6.3.7 排水管外壁宜涂刷沥青。

6.3.8 隧洞岩体条件较好且隧洞中的水流流速在该岩体或喷锚支护衬砌的允许流速范围内时，可采用不衬砌或喷锚支护。

6.3.9 排洪设施在终止使用时应进行封堵，封堵后应同时保证封堵段下游的永久性结构安全和封堵段上游尾矿堆积坝渗透稳定安全和相邻排水建筑物安全。

6.3.10 排水井在终止使用时，应在井座上部、井座、支洞进口或支洞内采取封堵措施，封堵体宜采用刚性结构，封堵设计应按现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279 的有关规定执行。封堵体不得设置在井顶。

7 尾矿库闭库

7.0.1 对已达到设计最终堆积标高并不再继续加高扩容,或由于各种原因未达到设计最终堆积标高而提前停止使用的尾矿库,应进行闭库设计。

7.0.2 闭库设计应在充分掌握停用尾矿库存在的不符合国家有关安全、环保要求的各种隐患和风险基础上进行。

7.0.3 闭库设计应对各种隐患作出可行的整治措施设计。设计重点应包括下列内容:

- 1 坝体(包括初期坝、堆积坝和副坝)整治;
- 2 尾矿库排洪系统整治;
- 3 周边环境整治;
- 4 完善监测设施;
- 5 闭库后管理的要求。

7.0.4 尾矿坝整治应包括下列内容:

- 1 对坝体稳定性不足的,应采取加固坝体、降低浸润线等措施,使坝体稳定性符合本规范的要求;
- 2 整治坝体的塌陷、裂缝、冲沟;
- 3 完善坝面排水沟和土石覆盖或植被绿化、坝肩截水沟、监测设施等。

7.0.5 排洪系统整治应包括下列内容:

- 1 尾矿库闭库后的防洪能力应符合本规范防洪标准的要求。当防洪能力不足时,应采取增大调洪库容或增建排洪系统等措施;必要时,可增设永久溢洪道;

- 2 当原排洪设施结构强度不能满足要求或受损严重时,应进行加固处理;必要时,可新建永久性排洪设施,同时应将原排洪设施进行封堵。

8 尾矿回采

8.0.1 尾矿回采用于再选时,应进行资源地质勘察,并应在确认尾矿具有回采再选价值的基础上且具备回采再选后的尾矿贮存场地后,再进行尾矿的回采再选。同一座尾矿库内不得同时进行尾矿的回采和排放。

8.0.2 尾矿回采设计应符合下列要求:

1 回采方式应技术合理、安全可靠;

2 在回采全过程中应保证尾矿库安全、环保设施的完整性和可靠性。

8.0.3 尾矿的回采宜采用均衡地由库内向库周、自上而下分层控制的开采方式。上游式湿排尾矿库不得采用由堆积坝向库内推进的回采方式。

8.0.4 回采过程中尾矿库的等别应按本规范第 3.3.1 条尾矿库的全库容和坝高确定。回采过程中尾矿库的防洪标准应按本规范第 6.1.1 条确定,沉积滩的最小安全超高和最小干滩长度应按本规范第 4.2 节确定。

8.0.5 回采过程中尾矿堆积坝的稳定性应符合本规范第 4.4 节的要求,库内回采内坡的抗滑稳定最小安全系数可根据具体情况,并按本规范表 4.4.1-2 规定的数值采用。

8.0.6 尾矿回采全过程应有排洪设施,尾矿库的一次洪水排出时间不应超过 72h。

距尾矿库内排水井、排水斜槽、排水涵管等设施 15m 范围内的尾矿,不得采用挖掘机械回采,可进行人工干采、水枪回采或湿式回采,并应对原排洪系统采取保护、防止淤堵措施。

8.0.7 尾矿回采设计应包括下列主要内容:

- 1 尾矿回采的规模、总量；
- 2 尾矿回采的规划及顺序,包括回采工艺、输送方式、设备配置、回采后排出尾矿的处置,以及原有设施的利用、保护等；
- 3 回采期间尾矿坝及库内回采边坡的稳定性分析及安全措施；
- 4 回采期间尾矿库防洪标准、调洪演算及防洪安全措施；
- 5 回采期间尾矿库的监测设施；
- 6 回采结束后尾矿库的治理与复垦规划等。

9 尾矿库回水

9.0.1 尾矿库回水率应结合选矿厂厂区回水综合确定,尾矿澄清水应回收利用。

9.0.2 尾矿库回水水量,应在尾矿库回水设计保证率条件下,根据入库水量、水面蒸发量和渗透损失水量等,经水量平衡计算确定。回水设计保证率应与新水水源设计保证率相同;采用雨水回用时,降雨量的设计保证率应与尾矿库回水设计保证率一致;水面蒸发量设计频率应与尾矿库回水设计保证率相对应。渗透损失水量可按表 9.0.2 所列损失水层厚度估算。对于特殊工程地质情况的尾矿库,应分别计算坝体、坝基、库底和沿岸的渗透损失水量。

表 9.0.2 尾矿库渗透损失水层厚度(m)

水文地质条件	年	月
渗透较小(不透水地层)	0.5	0.04
中等渗漏	0.5~1.0	0.04~0.08
渗透较大(不含水的透水地层)	1.0~2.0	0.08~0.16

9.0.3 尾矿库回水设计应充分利用库内水的位能。有条件时应采用静压回水方式。对于尾矿坝较高、回水率和回水均衡性要求较高,以及水面结冰期较短的尾矿库,宜采用库内缆车式或囤船式回水泵站回水。

9.0.4 回水泵站的设计宜留有富裕能力。

9.0.5 尾矿库内回水取水点距尾矿沉积滩水边线的距离,在尾矿库全部使用期间均应满足不小于尾矿澄清距离的要求。尾矿澄清距离可按类似尾矿库实测数据或通过计算确定。

9.0.6 尾矿库回水水池的容积,对于中、小型选矿厂不宜少于 4h~6h 回水供水量,大型选矿厂不宜少于 1h~3h 回水供水量。

10 尾矿浓缩

10.0.1 经技术经济比较需实行厂区回水或提高尾矿输送浓度时,应对尾矿进行浓缩处理。对于干式排放尾矿,可对尾矿先进行浓缩处理后再脱水。

10.0.2 尾矿浓缩设计应满足溢流回水悬浮物含量要求(选矿工艺或采矿工艺水质要求)、尾矿输送浓度要求和浓密机允许固体负荷量要求,对于干式排放尾矿,还应满足过滤脱水工艺的要求。

10.0.3 浓密机的种类、规格和数量应根据选矿厂尾矿产量、性质、给矿浓度和排矿浓度及地形条件等因素确定,可不设备用。当矿山规模有发展潜力时,可预留场地。

10.0.4 浓密机所需面积,应根据溢流水悬浮物含量、排矿浓度和浓密机允许固体负荷量要求,对有代表性矿样进行静态沉降试验或动态沉降试验,并按类似尾矿浓缩的实际运行资料或经计算综合确定。计算可采取下列规定:

1 按单位面积处理量计算所需浓密机面积,可采用下列公式:

$$A = \frac{G_d}{q} \quad (10.0.4-1)$$

$$D = 1.13 \sqrt{A} \quad (10.0.4-2)$$

式中:A——浓密机面积(m^2);

G_d ——给入浓密机的固体量(t/d);

q ——单位面积处理量 $[(t/d)/m^2]$,可根据工业性试验、静态沉降试验或动态沉降试验选取;无试验数据时,可按类似选矿厂的实际生产指标选取;

D ——浓密机直径(m)。

2 按溢流中最大颗粒的沉降速度计算所需浓密机面积,可采用下列公式:

$$A = \frac{G_d(m_1 - m_2)k_1}{86.4u_0k\rho_s} \quad (10.0.4-3)$$

$$u_0 = 545(\rho_g - 1)d^2 \quad (10.0.4-4)$$

$$u = \frac{Q_1}{A} \times 1000 \quad (10.0.4-5)$$

$$u < u_0 \quad (10.0.4-6)$$

式中: m_1 ——浓缩前尾矿浆体中水重与固体重之比(水固比);

m_2 ——浓缩后尾矿浆体水固比;

k_1 ——矿量波动系数, $k_1 = 1.05 \sim 1.20$;

k ——浓密机有效面积系数, $k = 0.85 \sim 0.95$;

u_0 ——溢流中最大颗粒的自由沉降速度(mm/s),可由试验取得,无试验数据可按公式(10.0.4-4)计算;

ρ_s ——水密度(t/m^3);

ρ_g ——尾矿密度(t/m^3);

d ——溢流中允许的最大尾矿颗粒直径(mm),尾矿 $d = 0.01mm \sim 0.005mm$;

Q_1 ——浓密机溢流量(m^3/s);

u ——浓密机上升水流流速(mm/s)。

10.0.5 浓密机的布置应结合选矿厂及尾矿设施总体确定,并应做到布置紧凑、管槽线路短、工程量小、管理方便。有厂区回水要求的尾矿浓缩系统应设在选矿厂区,对于尾矿干排的浓缩系统应根据实际情况确定。大型浓密机特别是地处寒冷地区浓密机宜采用半地下布置。

10.0.6 在有可能出现冰冻的地区,露天设置的周边传动浓密机应采用齿轮传动。严寒地区浓密机应采取防冻措施或加盖厂房,并应设采暖设施。

10.0.7 浓密机给矿管(槽)应安装在桁架上,并应留有人行通道,

通道宽度不应小于 0.8m, 并应采取安全防护措施。给矿口前应设置拦污格栅, 栅条净距宜采用 15mm~25mm。

10.0.8 浓密机周边溢流槽和排水口的断面应通过水力计算确定, 槽宽不应小于 0.2m。

10.0.9 溢流堰形式可采用薄壁堰、三角堰、宽顶堰和淹没孔口, 并应满足均匀出水要求。当浓密机直径较大或地基条件较差时, 不宜采用宽顶堰, 宜采用可调式薄壁堰或三角堰。当矿浆中含有泡沫或漂浮物时, 在溢流堰前应设置挡板, 必要时可采取喷水消泡或者药剂消泡措施。

10.0.10 浓密机底部排矿口不应少于 2 个, 其上应设置双阀门。浓密机底部锥底应装设清堵水管, 其水压不应小于 300kPa。排矿管穿过机壁处应设置柔性防水穿墙套管。

10.0.11 底部通廊的净空高度不宜低于 2.2m, 人行道宽度不宜小于 0.7m。通廊内应设有排水边沟, 地坪的纵、横方向应有不小于 1% 的坡度。通廊内应有安全照明和通风要求。当自然通风无法满足时, 应设置机械通风。

10.0.12 普通浓密机应装设过载报警、提升耙齿的限位开关及必要的保护装置。必要时还应装设计量、检测仪表。高效浓密机和深锥膏体浓密机应根据设备要求配置自身循环的剪切泵、扭矩传感器、位移传感器、自动提耙机构、絮凝层高度监测、底流浓度控制和底流泵的变频控制等自动监控设施。

10.0.13 浓密机操作、检修的部位应设有安全、照明设施。

10.0.14 高效浓密机和深锥膏体浓密机应设有絮凝剂制备和添加设施。絮凝剂的种类和添加量应根据尾矿浆 pH 值及物料性质通过试验确定。絮凝剂添加可两点或多点分散添加, 也可一点集中添加, 具体采用分散添加或集中添加应根据试验确定。

11 尾矿输送

11.1 一般规定

11.1.1 湿式尾矿水力输送可根据地形条件采用无压自流、静压自流和加压输送等方式,也可采用几种形式联合的输送方式。干式尾矿宜采用胶带或汽车运输。

11.1.2 尾矿输送管槽线路的选择和设计,应符合下列要求:

- 1 符合企业及线路通过地区的总体布置要求;
- 2 宜采用自流或局部自流输送;
- 3 不占或少占农田;
- 4 线路应短,土石方及构筑物工程量应小;
- 5 减少及减小平面与纵断面上的转角,不宜形成 V 形管段;
- 6 不宜穿过居民住宅区、铁路及公路;
- 7 避开不良工程地质地段和洪水淹没区;不得通过陷(崩)落区、爆破危险区和废石堆放区等;
- 8 邻近道路、水源和电源,并便于施工及维修。

11.1.3 尾矿管槽的输送能力应与选矿厂排出的尾矿量相适应。当选矿厂各期尾矿量变化较大、设置一条工作管道技术经济不合理时,可分期敷设两条或多条工作管道。

11.1.4 对大中型选矿厂尾矿输送重量浓度不宜低于 35%,应经技术经济比较后确定尾矿输送重量浓度值。

11.1.5 无压自流输送管槽可不设备用。静压自流输送和加压输送管道宜采用耐磨管材及管件,对磨蚀性较大的尾矿浆宜设置备用管道。

11.1.6 输送管线最低处宜设置事故放矿阀及事故池。

11.1.7 寒冷地区的输送管槽经热工计算矿浆有可能冻结时,应

采取防冻措施。

11.2 水力计算

11.2.1 尾矿浆体输送时应进行小型静态试验；对重大工程，输送距离大于10km的长距离尾矿输送及特殊浆体的输送，除应进行小型静态试验外，尚应进行半工业性环管试验。尾矿浆体输送试验项目应按本规范附录E进行。

11.2.2 尾矿浆体流变参数应通过试验测定。在没有测定数据时，可按有关的经验公式计算出可供参考的流变参数。

11.2.3 选矿厂排出的尾矿浆体正常流量可按下列公式计算：

$$Q_k = \frac{W}{86400} \left(\frac{1}{\rho_g} + \frac{m}{\rho_s} \right) \quad (11.2.3-1)$$

$$m = \frac{1 - C_w}{C_w} \quad (11.2.3-2)$$

式中： Q_k ——尾矿浆体正常流量(m^3/s)；

W ——尾矿固体重量(t/d)；

m ——尾矿浆体中水重与固体重之比(水固比)；

ρ_g ——尾矿颗粒密度(t/m^3)；

ρ_s ——水密度(t/m^3)；

C_w ——尾矿浆体重量浓度，以小数计。

11.2.4 尾矿浆体输送不宜设大型流量调节装置，输送流量应在正常流量基础上加上一定的波动范围。当选矿厂工艺无法提供确切数据时，输送流量波动范围可取 $\pm 10\%$ 。

11.2.5 尾矿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浆体性质相关的经验公式计算确定。设计时应根据可靠的试验资料、经验数据、计算结果及类似系统运行资料，经综合分析后确定。

11.2.6 尾矿浆体管道输送水力计算中，应按 Q_{max} 及 Q_{min} 分别校核计算其临界管径 D_{max} 和 D_{min} ，并选用适当的标准管径 D ，同时应

符合下列要求：

1 计算摩阻损失时，流量与管径的取值应符合下列规定：

1) 当 $D < D_{\min}$ 时，流量取 Q_{\max} ，管径取 D ；

2) 当 $D > D_{\max}$ 时，流量取 Q_{\min} ，管径取 D_{\min} ；

3) 当 $D_{\min} < D < D_{\max}$ 时，应取 Q_{\min} 和 D_{\min} 及 Q_{\max} 和 D 分别计算，取其中大值。

2 在尾矿浆体明槽输送水力计算中，计算过流断面时流量应取 Q_{\max} ，计算摩阻损失时流量应取 Q_{\min} 。

3 管道输送与明槽输送设计摩阻损失，其安全系数应取 1.1~1.2。

11.2.7 尾矿输送自流管道的最大设计充满度可按表 11.2.7 确定。

表 11.2.7 尾矿输送自流管道的最大设计充满度

管 径(mm)	最大设计充满度
150~300	0.55
350~450	0.65
500~900	0.70
≥ 1000	0.75

11.2.8 尾矿输送明槽的断面可采用矩形、梯形或 U 形，槽底最小宽度宜为 0.2m。自流槽的水面超高宜采用 0.2m~0.4m，断面大、流速大时宜取大值，断面小、流速小时宜取小值。转角处或坡度由大变小处的超高可根据经验或计算适当加大。

11.2.9 尾矿浆体自流明槽输送、静压自流管道输送和加压管道输送的最大设计流速，不宜超过临界流速的 1.3 倍，最小流速不宜小于 1.0m/s。

11.3 管 槽 敷 设

11.3.1 尾矿管道可明设、半埋设或地下埋设。对长距离浆体管

道应采用地下埋设方式,尾矿自流槽宜明设。管槽明设对交通或环境有影响时,管槽可暗设在地沟或通廊内,对自流槽可加设盖板。对于管道通过地质条件复杂、地形坡度大的山体时,宜采用隧洞或管桥。

11.3.2 自流槽的平面转角不宜大于 60° , 并应做成曲线, 曲线半径不应小于槽宽的 5 倍。当转角大于 60° , 或虽不大于 60° 、但受地形限制不能按要求做成曲线时, 可采用转角井, 有落差时可采用跌水井。管道转角使用的弯头不宜大于 45° , 当转角角度较小时, 可利用接头偏转调整。

11.3.3 现场冷弯弯管的最小弯曲半径应符合下列要求:

- 1 管径小于或等于 300mm 的管道不应小于管道外径的 18 倍;
- 2 管径为 350mm 的管道不应小于管道外径的 21 倍;
- 3 管径为 400mm 的管道不应小于管道外径的 24 倍;
- 4 管径为 450mm 的管道不应小于管道外径的 27 倍;
- 5 管径大于或等于 500mm 的管道不应小于管道外径的 30 倍。
- 6 弯管两端宜设置不小于 2m 的直管段。

11.3.4 自流槽与管道连接时, 宜设连接井。

11.3.5 管槽路基面的宽度, 应根据管槽断面大小、管槽外壁之间和外壁至路缘的距离, 以及人行道或简易车道的宽度等因素确定。其中管槽外壁之间的距离不应小于 0.4m, 外壁至路缘的距离不应小于 0.3m, 人行道宽宜为 0.6m~0.8m。

11.3.6 管槽路基的排水, 应根据地形和工程地质条件设一侧或两侧排水沟。路基面应有 2% 的横向坡度坡向排水沟。排水沟的纵向坡度与路基纵坡应相同。

11.3.7 管槽路堑的边坡坡比, 可根据工程地质勘察报告或按表 11.3.7 确定。

当有地下水时, 边坡应通过稳定验算确定, 并应设置排水设施。

表 11.3.7 管槽路堑的边坡坡比

序号	岩土种类		边坡高度(m)	边坡坡比
1	黏性土		<15	1:1~1:1.5
2	黄土及类黄土		<15	1:0.3~1:1.25
3	碎石(角砾)和 卵石(圆砾)土	胶结密实	<15	1:0.5~1:1
		中密	<15	1:1~1:1.5
4	强风化岩石		<15	1:0.35~1:1.25
5	中等风化岩石		<15	1:0.2~1:1
6	微风化岩石		<15	直立~1:0.75

11.3.8 管槽路堤的边坡坡比,可根据填料的物理力学性质指标及路堤高度确定。对于中等密实的岩土,可按表 11.3.8 确定。

路堤受水浸淹部分的边坡坡比,应采用 1:2,必要时应采取边坡加固和防护措施。

表 11.3.8 管槽路堤的边坡坡比

序号	岩土种类	边坡高度(m)	边坡坡比
1	黏性土	<12	1:1.5~1:1.75
2	砾石土、粗砂、中砂	<12	1:1.5
3	碎石土、卵石土	<12	1:1.5
4	易风化的石块	<8	1:1.5
5	不易风化的石块	<8	1:1.3

11.3.9 管线跨越或穿越公路及铁路时应符合下列要求:

- 1 应取得相关部门的同意;
- 2 穿越时,应首先利用已有桥涵敷设。当不能利用已有桥涵时,应设专用的涵管或套管;
- 3 与铁路或公路宜垂直交叉。

11.3.10 输送管槽与河流交叉设计时应符合下列要求:

- 1 应取得相关部门的同意；
- 2 与河流宜垂直交叉；
- 3 跨越河流时，宜利用已有的桥梁。

11.3.11 敷设尾矿输送管槽的暗沟，应根据管槽设置深度与检修要求，设计为可通行或不可通行的暗沟。可通行的暗沟，走道宽度不应小于 0.6m，净高不应小于 1.8m。当与其他地下设施相交时，局部高度可降低至 1.2m。暗沟沟壁同管壁之间以及管壁与管壁之间的净距，不应小于 0.3m。对于较长的可通行暗沟，尚应采取通风措施。

11.3.12 敷设尾矿输送管槽的隧道，隧道断面除应满足施工最小断面要求外，尚应满足走道宽度不小于 0.6m、净高不小于 1.8m，隧道洞壁与管壁之间以及管壁与管壁之间的净距不小于 0.3m 的要求。

11.3.13 当地形坡度过大时，对自流槽的设计，应采取沿陡坡人工加糙、单级或多级跌水等局部消能措施；对压力管道的设计，应采取沿陡坡缩小管径增加沿程阻力、单级孔板或多级孔板组成的调节环管等局部消能措施。

11.3.14 尾矿管道在停泵时不需排空者，其敷设坡度不应大于尾矿颗粒在管内的下滑坡度；需排空者，敷设坡度不宜小于矿浆计算水力坡降，对于敷设坡度无法达到计算水力坡降的管道，应采取管道冲洗措施。

11.3.15 尾矿输送管道 V 形管段的管径不应大于临界管径。最低处宜设置事故放矿阀及事故池。放矿阀的操作根据需要可采用人工或自动控制。

11.3.16 对于线路较长、断面较大的尾矿输送管槽，应结合尾矿泵站和尾矿库（坝）的施工及检修，统一修建简易车道。

11.3.17 坝顶放矿支管的间距宜采用 8m~15m。放矿的支管断面面积之和应为主管断面面积的 1.5 倍~2.0 倍。初期放矿时，应将放矿支管延至尾矿坝坝踵上游处。较长的尾矿坝应用矿浆阀

将主管分成几段并应分段分区放矿。

11.4 管槽材料及附属装置

11.4.1 尾矿管道工作压力在 1.6MPa 以上的管道、V 形管段及架空管和有特殊要求的局部管道,宜采用耐磨蚀高强度钢管或钢管内衬耐磨蚀材料的复合管道;对于管道工作压力在 1.6MPa 以内的管道,还可采用满足压力要求的高密度聚乙烯管道、超高密度聚乙烯管道和尼龙管道等;坝上放矿管宜采用钢管或塑料管。自流槽可采用混凝土、钢筋混凝土结构等,架空渡槽也可采用钢结构。

11.4.2 尾矿管槽应设计磨耗层或衬板。自流槽可用混凝土原槽壁外预留磨耗层、水泥砂浆磨耗层或耐磨衬板等;压力管道可预留磨耗壁厚或加衬其他耐磨材料。

11.4.3 钢管可采用焊接、法兰或拆装方便的快速接头连接。塑料管可采用热熔连接或法兰连接。

11.4.4 明设在路基和管桥上的尾矿管道应放置在枕垫上。枕垫可用混凝土预制,净高不应小于 0.2m;间距应根据管道材质、壁厚及管径大小确定。

11.4.5 管道经过陡坡、高度较大的上下坡段或水平转角处,应根据气温、管材、矿浆特性、工作压力及管道敷设情况进行推力计算,并应设置固定镇、支墩。

11.4.6 明设管道伸缩节设置的数量及位置,应根据当地温差、管道布置情况、接口连接方式和强度等因素经计算确定。两平行管道上相邻伸缩节的位置应错开布置。两个固定点间应设置伸缩节。采用快速管接头或其他措施能补偿伸缩量时可不设伸缩节。

11.4.7 尾矿管道及泵站内的阀门应选用耐磨性能好的矿浆专用阀门,不应采用清水阀门。

11.4.8 尾矿管道明显隆起点应设置排气装置。

11.4.9 钢管及钢制管件的外表面应采取防腐措施。

11.4.10 输送管槽起点附近或适当位置可根据需要设置取样、计量装置和拦污格栅。栅条净距宜为 15mm~25mm,栅条间隙的总面积不宜小于管槽过水断面的 1.5 倍~2.0 倍。

12 尾矿泵站

12.1 一般规定

12.1.1 尾矿浆体泵宜选用国家推荐的系列产品；当具有多种泵型可供选择时，应根据泵性能参数、机组造价、工程投资和运行检修等因素择优确定。对同一系统宜选用同一种类型的泵。

12.1.2 尾矿输送泵站的数量，应根据不同工况的水力计算结果和可选用的泵型，经技术经济论证确定。在设备允许的前提下，应减少泵站数量。

12.1.3 输送泵宜设置变频调速装置。

12.1.4 泵站位置的确定应符合下列要求：

- 1 宜设计成地上式，并应避免过大的挖方；
- 2 应设在稳定的地基上；
- 3 泵站的地坪应高出洪水重现期为 50 年一遇的洪水位 0.5m 以上。特殊情况下，可采取其他防洪措施；
- 4 宜设在具有交通运输条件的区域；
- 5 当需设置多级泵站时，中间泵站的位置应按泵的允许使用压力并结合泵站处的地形、地质情况及交通、供水、供电等条件确定；最后一级泵站的位置宜设置在不致引起终端余压过大的区域，当无法避免时，应减少产生加速流的管段长度和加速流强度。

12.2 矿浆池及清水池

12.2.1 每台(组)泵宜设独立的矿浆池。矿浆池容积，对于离心式矿浆泵，可采用 1min~3min 的扬送矿浆量；对于容积式泵，可采用 10min 的扬送矿浆量；对于长距离管道输送的首站可采用不小于 8h 的扬送矿浆量，并应设搅拌设施。兼作调节或事故池的矿

浆池容积应适当加大。

12.2.2 矿浆池池底应有 1:1~1:3 的坡比倾向吸入管口,高浓度矿浆及大容量矿浆池应设置电动搅拌装置。

12.2.3 矿浆池可设于室外,并应设有上下用的斜梯、池内爬梯及栏杆维护的操作平台。

12.2.4 矿浆池应设溢流管,并应按最大矿浆流量确定其泄流能力。溢流矿浆应引入事故池。

12.2.5 需加水冲洗调节的尾矿输送系统,给水管应接至第一座泵站的各个矿浆池,控制阀门的设置位置应便于操作,阀门宜采用自动控制。寒冷地区的室外给水管道应采取防冻措施。

12.2.6 矿浆泵吸入管穿越矿浆池池壁处,应设置柔性防水套管。

12.2.7 矿浆池前应设置拦污格栅。对于容积式泵,在矿浆池和搅拌槽进口处应设置安全筛,孔径应为 2mm~3mm。

12.2.8 对于水隔离泵,应设置独立的清水池及补水管,清水池容积宜采用 10min 扬送的矿浆量,补水管流量宜采用单位时间内扬送矿浆量的 5%~10%;清水池可设置在室内或室外,每台(组)泵宜单独用一格清水池。清水池为两格以上时,可在清水池总高度的 3/4~4/5 处设置溢流洞口。

12.3 设备选择与配置

12.3.1 尾矿浆体泵选型应满足尾矿浆体设计流量、设计扬程和选矿厂流量扬程波动的要求。在正常流量扬程时,离心式矿浆泵应在高效区运行,在最高和最低流量扬程时,应能保证泵的安全、稳定运行。

12.3.2 尾矿浆体泵扬程应大于尾矿浆体输送所需的总扬程。尾矿浆体输送所需的总扬程应按式(12.3.2)计算:

$$P_k = \rho_k g \cdot H + \rho_s g \cdot i_k L + P_j + P_n + P_z \quad (12.3.2)$$

式中: P_k ——尾矿浆体输送总扬程(kPa);

H ——扬送尾矿浆体的几何高度(m);

ρ_k ——矿浆密度(t/m^3);

ρ_s ——水密度(t/m^3);

L ——管道长度(m);

i_k ——管道沿程摩阻损失(mH_2O/m);

P_j ——管道局部摩阻损失(kPa),可按管道沿程摩阻损失压力的5%~10%计;

P_n ——泵站内管道零件摩阻损失(kPa),可计算确定或每座泵站取20kPa~30kPa;

P_z ——终端剩余扬程(kPa),每个排出口可取20kPa~30kPa。

12.3.3 离心式矿浆泵的总扬程应按下列公式计算:

$$P_b = \sum P_s \left(\frac{\rho_k}{\rho_s} \right) \cdot K_p K_m \quad (12.3.3-1)$$

$$K_p = 1 - 0.25C_w \quad (12.3.3-2)$$

式中: P_b ——矿浆泵输送尾矿浆体时的总扬程(kPa);

P_s ——矿浆泵扬送清水时扬程(kPa);

K_p ——矿浆泵输送尾矿浆体的扬程降低率,可根据公式(12.3.3-2)确定;

K_m ——矿浆泵磨蚀后扬程折减率,可取0.85~0.98,对于磨蚀性较大、口径小于或等于100mm的小型敞开式泵宜取小值;对于磨蚀性较小、口径为200mm或200mm以上的大型、封闭式泵可取大值;

C_w ——尾矿浆体重量浓度。

12.3.4 容积式矿浆泵的总扬程应按下式计算:

$$P_b = \sum P_e \cdot K \quad (12.3.4)$$

式中: P_e ——泵的额定压力(kPa);

K ——泵的压力储备系数,隔膜泵、柱塞泵、活塞泵和水隔离泵宜取0.75~0.95,对停电时不需排空的尾矿浆体管道宜取小值。

12.3.5 离心式矿浆泵配用的电机功率应按下式计算:

$$N = K_1 \frac{Q_j P_s}{\eta_j \eta_b} \left(\frac{\rho_k}{\rho_s} \right) \quad (12.3.5)$$

式中： N ——泵所需电机功率(kW)；

K_1 ——电机功率储备系数， $N \leq 40\text{kW}$ 取 1.2， $N > 40\text{kW}$ 取 1.1；

Q_j ——泵输送尾矿浆体的计算流量(m^3/s)；

η_j ——机组的传动效率，联轴器传动取 1.0，三角皮带传动取 0.95~0.96，齿轮传动取 0.97~0.98；

η_b ——泵扬送清水时的效率。

12.3.6 容积式矿浆泵配用的电机功率应按下列式计算：

$$N = K_1 \frac{Q_j P_k}{\eta_v \eta_c} \quad (12.3.6)$$

式中： η_v ——泵容积效率，应根据制造厂提供的数值采用或取 0.85~0.90；

η_c ——机械总效率，可取 0.94。

12.3.7 矿浆泵的备用数量，应根据尾矿的磨蚀性、所选矿浆泵的类型、材质、泵站的工作条件，以及检修水平等因素按表 12.3.7 确定。磨损严重或其他条件不利时应取大值，磨损较轻或其他条件有利时应取小值。

当用矿浆泵冲洗管道时，备用泵的台数还应满足冲洗管道要求。

表 12.3.7 矿浆泵的备用数量

泵 型	规格	工作台(组)数	备用台(组)数
离心式矿浆泵	口径 $\leq 200\text{mm}$	1	1
		2	2
		3~4	2~3
	口径 $> 200\text{mm}$	1	1~2
		2	2~3
		3~4	3~4

续表 12.3.7

泵 型	规格	工作台(组)数	备用台(组)数
隔膜泵、柱塞泵、 活塞泵	—	1	1
		2	1~2
		3~4	2
水隔离泵	—	1~2	1
		2~4	2

12.3.8 离心式矿浆泵需要水封水时,其水量、水质与水压应按设备要求确定。当无具体资料时,水量可按矿浆流量的1%~2%计算,水质应满足水中悬浮物含量小于或等于300mg/l的要求,矿浆泵进口处的水压应大于矿浆泵工作压力50kPa~200kPa。水封水泵应设有备用。

12.3.9 泵站内的排水应排往附近的事故池,不得任意排放。

12.3.10 采用离心式矿浆泵多段扬送矿浆时,泵站之间宜采用矿浆池衔接,也可远距离直接串联。在同一泵站内近距离直接串联时,总扬程应在泵体强度允许范围内。

12.3.11 离心式矿浆泵在生产中需要随时改变转数以改变泵的扬程和流量时,可采取变频调速和调速电机等措施。容积式矿浆泵串联运行时,每台泵均应设相同的调速装置。

12.3.12 离心式矿浆泵采用三角皮带或联轴器传动时,应设置安全罩。

12.3.13 隔膜泵、柱塞泵和活塞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,并应设有备用。充气压力应大于泵工作压力300kPa~500kPa,容量可采用0.4m³/min~1.0m³/min。缓冲装置还应设安全超压保护装置。

12.3.14 泵站内设置柱塞泵或水隔离泵时应安设给水系统,给水水量、水压和水质要求应由制造厂提供。

12.3.15 尾矿泵站的起重设备应按表12.3.15确定。

对于离心式泵, 泵的重量应按整体计算; 对于隔膜泵、柱塞泵、活塞泵和水隔离泵, 泵的重量应按最大部件计算。

矿浆泵磨蚀较严重、检修较频繁、工作泵在 3 台(组)以上或为地下式泵站时, 起重设备水平应按表 12.3.15 中的高者选取。

表 12.3.15 尾矿泵站的起重设备

泵或电机的重量(t)	起重设备
<0.5	手动或电动固定单轨吊车
0.5~1.5	电动固定单轨或手动桥式吊车
>1.5	电动桥式吊车

12.3.16 对于泵站内矿浆管上操作较频繁的阀门, 直径小于 DN250mm 时, 宜采用手动或液压矿浆阀; 直径大于或等于 DN250mm 时, 宜采用电动、气动或液压矿浆阀。

12.3.17 矿浆泵的配置应设计为压入式, 容积式矿浆泵给矿压力不宜小于 300kPa, 水隔离泵给矿压力不宜小于 150kPa。

12.3.18 泵站内的矿浆管道应采用钢管, 并应在矿浆泵进出口管段上的适当位置设置快速管接头或伸缩接头。

12.3.19 泵站内矿浆泵、管道及阀门的布置应符合下列要求:

- 1 技术经济比较合理时, 宜布置为一台(组)泵配置一条输送管道的“单打一”系统;
- 2 阀门的设置位置应方便操作与检修。当阀门高出地面 1.2m 以上时, 应设置操作平台;
- 3 管道布置应力求线路短、阀门少、转角小、转点少, 并应避免直交和死角过长;
- 4 管道应设置在地面或平台上, 管壁与地面、墙壁间的净距不应小于 0.3m。管道有碍通行时, 应设跨越管道的走台;
- 5 管道的最低段宜设排矿口;
- 6 管道不得在电气设备上方通过;
- 7 管道及阀门应设置支撑。

12.4 泵站配置

12.4.1 泵站平面布置应符合下列要求：

1 泵机组基础之间、机组伸出基础部分之间，以及机组伸出基础部分与墙壁之间的通道宽度，应按表 12.4.1-1 确定；

表 12.4.1-1 泵站内通道宽度

泵类别及工作条件		基础间通道宽度 (m)	主泵机组伸出基础部分之间的通道宽度 (m)	主泵机组伸出基础与墙之间、辅助设备之间及其周围的净宽度 (m)
离心式矿浆泵	低压电机	≥ 1.2	≥ 1.2	≥ 1.0
	高压电机	≥ 1.5		
水隔离泥浆泵、隔膜泵、活塞泵、柱塞泵		≥ 2.5	≥ 3.0	≥ 1.5

2 配电盘前的通道宽度不应小于 2m，通道的个别地点有建筑物凸出部分时，通道宽度可减为 1.5m；

3 高压开关柜与机器间应隔开；

4 泵站应设检修场地，检修场地面积可按表 12.4.1-2 确定；

表 12.4.1-2 检修场地面积

泵类别	检修场地面积 (m ²)
离心式矿浆泵	≥ 9
水隔离泥浆泵、活塞泵、柱塞泵等	30~50
隔膜泵	> 50

5 泵站平面尺寸应符合建筑模数的要求。

12.4.2 泵站高度应符合下列要求：

1 地上式泵站设备间的有效高度应按起吊物底部与跨越物顶部之间的净空距离不小于 0.5m 的条件确定。离心式矿浆泵站

净高度不应小于 3.2m；水隔离泥浆泵站净高度不应小于 8.0m；隔膜泵站等净高度不应小于 6.0m；

2 地下式泵站地面以上部分的高度应根据设备装卸的要求确定，但不应小于 3m。

12.4.3 水隔离泥浆泵站的给料泵和高压水泵及隔膜泵的给料泵等设备，宜设隔墙与主泵隔开或设在单独的偏跨内。偏跨的净高度不应小于 4.5m。

12.4.4 泵站应设置单独的中控室、值班房及备品备料库房等，位置宜布置在偏跨内。配电室的地面宜高出主厂房 0.15m~0.3m。当泵站距厂区及工人居住区较远时，应有生活设施。

12.4.5 泵站大门的宽度应按汽车运载最大设备或部件可直接进入的要求确定。矿浆池、清水池应设于室外，并应在泵站设置通往矿浆池、清水池的便门。

12.4.6 泵站内应设置地沟，地沟宽度不应小于 0.3m，地沟坡度不宜小于 1%，并宜倾向事故池。室内地坪面倾向地沟的坡度不宜小于 1%。

12.4.7 泵站应设置事故池及事故池清除泵。

12.4.8 泵站范围内宜设置安全围护设施。

12.5 供电通信及其他

12.5.1 矿浆池应设液面指示器，其指示部分应设于室内便于观察的位置。在最高、最低液面应警报，并应在最低液面时自动停泵。

12.5.2 泵站内应设有检修电源和联系电话。

12.5.3 泵站内外及矿浆池上应设照明，必要时尚应设检修照明。

12.5.4 泵站内应设置流量、压力检测仪表，宜设置矿浆浓度检测仪表。

12.5.5 泵站内应设有管道冲洗水和地坪冲洗水系统。

12.5.6 对于不满足采暖与通风要求的泵站，应设置采暖与通风设施。

13 尾矿设施的环保措施

13.1 一般规定

13.1.1 尾矿设施环境污染控制指标除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 及《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 的有关规定外,尚应符合国家、行业、地方其他现行相关环保标准的要求。

13.1.2 湿排尾矿库水面长度应满足澄清距离的要求。

13.1.3 尾矿库的澄清水应返回选矿、采矿工艺使用。当必须外排时,水质标准应符合现行国家标准《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467、《铝工业污染物排放标准》GB 25465、《铅、锌工业污染物排放标准》GB 25466、《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468、《钢铁工业水污染物排放标准》GB 13456、《污水综合排放标准》GB 8978 等及地方相关环保标准的要求;当不能符合要求时,应设计尾矿水处理系统。

13.1.4 尾矿库宜采取清污分流的措施。

13.1.5 尾矿库的扬尘等大气污染应符合国家现行标准中有关无组织排放的要求。

13.1.6 尾矿设施的环保措施应与尾矿设施主体工程同时设计、同时施工和同时验收。

13.2 尾矿库的环保防渗设计

13.2.1 尾矿性质应根据国家有关法规和标准的规定进行鉴别。尾矿性质确定后,应按现行国家标准《地下水质量标准》GB/T 14848 的有关规定对尾矿库运行后的地下水水质进行评定,并根据尾矿库区地下水的功能要求,对尾矿库采取相应的环保防

渗措施。环保防渗措施可分期实施。

13.2.2 尾矿应根据现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599、《危险废物鉴别标准》GB 5085、《国家危险废物名录》的有关规定分为第Ⅰ类一般工业固体废物、第Ⅱ类一般工业固体废物和危险废物。

13.2.3 根据尾矿库堆存物的种类,尾矿库可按环保要求的严格程度依次分类,并应符合下列规定:

- 1 堆存第Ⅰ类一般工业固体废物的尾矿库应为Ⅰ类库;
- 2 堆存第Ⅱ类一般工业固体废物的尾矿库应为Ⅱ类库;
- 3 堆存危险废物的尾矿库应为危险废物库。

13.2.4 环保要求严格程度高的尾矿不得排入环保要求严格程度低的尾矿库。

13.2.5 Ⅱ类库应符合环保防渗要求,防止尾矿库的尾矿及尾矿水对地下水和地表水产生污染,并防止地下水进入尾矿库。

13.2.6 Ⅱ类库的环保防渗要求为库的底部和周边应具有一层防渗系统,并具备相当于一层饱和渗透系数不大于 1.0×10^{-7} cm/s、厚度不小于1.5m的黏土层的防渗性能。防渗层的材料可采用黏土等天然材料或土工膜、复合土工膜等土工合成材料及钠基膨润土防渗毯等复合防渗材料。防渗层的结构可采用单层压实天然黏土或改性黏土,也可采用土工膜与压实黏土或钠基膨润土防渗毯等的组合结构。

13.2.7 Ⅱ类库采用的防渗材料材质、类型及厚度的选择,应按材料上水头大小、尾矿性质及材料上堆积荷载和铺设条件等确定。土工膜的厚度不应小于1.5mm,防渗层除应具备满足设计要求的物理力学性能、水力性能和耐久性能要求外,尚应按现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290的有关规定进行防渗结构设计。

13.2.8 尾矿库的周边应设置不少于3口地下水水质监控井。第1口井应沿地下水流向设在库上游;第2口井应沿地下水流向设在

库下游;第3口井应设在最可能受到扩散影响的库周边。

当根据水文地质资料确定地下水含水层埋藏较深、经论证认定地下水不会被污染时,可不设地下水水质监测井。

13.2.9 在防渗系统施工完成后、尾矿堆存前,应对防渗系统进行渗漏检测,并应对漏洞进行修补。

13.2.10 当地下水水位较高并对防渗系统产生危害时,应设置地下水收集导排系统,地下水收集导排系统顶部距防渗系统底部不应小于1.0m。

13.2.11 在工程地质和水文地质条件适宜时,Ⅱ类库也可采用垂直防渗系统,防渗效果应符合本规范第13.2.6条的规定。

13.2.12 属于危险废物的尾矿,应按现行国家标准《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598及其他危险废物的有关规定进行安全处置。

13.3 尾矿设施的其他环保措施

13.3.1 尾矿库堆积坝外坡面应随着尾矿堆积坝的加高,用碎石土覆面或种植草皮、灌木;沉积干滩应采取洒水喷淋等防止粉尘污染的措施。

13.3.2 尾矿泵站和尾矿输送管V形管段最低点的附近应设事故池(库)。事故池应及时清理。

13.3.3 尾矿设施应采取水土保持及土地复垦等环保措施。

13.3.4 在库区地形地质条件允许情况下,尾矿库可设置周边截水沟以实现清污分流。截水沟过流断面设计标准宜根据尾矿环保分类确定:Ⅰ类一般工业固废可按多年平均24h暴雨标准设置;Ⅱ类一般工业固废可按十年一遇暴雨标准设置;危险废物可按百年一遇暴雨标准设置。

13.3.5 有渗水的尾矿坝下游应设置渗水收集设施,应将不达标的渗水收集、回用或处理。

附录 A 原尾矿定名

表 A 原尾矿定名

原尾矿		判 别 标 准
类别	名称	
砂性 尾矿	尾砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量的 25%~50%
	尾粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
	尾中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
	尾细砂	粒径大于 0.074mm 的颗粒质量超过总质量的 85%
	尾粉砂	粒径大于 0.074mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
粉性 尾矿	尾粉土	粒径大于 0.074mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%， 且塑性指数不大于 10
黏性 尾矿	尾粉质黏土	塑性指数大于 10，且小于或等于 17
	尾黏土	塑性指数大于 17

注：1 定名时应根据颗粒级配由大到小，以最先符合者确定；

2 塑性指数应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限计算确定。

附录 B 尾矿沉积滩平均坡度确定方法

B.0.1 任意滩长的平均坡度可按下式计算：

$$i_1 = i_{100} (100/L)^{0.3} \quad (\text{B.0.1})$$

式中： i_1 ——计算滩长的平均坡度(%)；

L ——计算滩长(m)；

i_{100} ——百米滩长的平均坡度(%)，可由表 B.0.1 查得。

表 B.0.1 百米滩长的平均坡度 i_{100}

尾矿 平均粒径 (mm)	放矿 流量 (L/s)	i_{100} (%)				
		当放矿重量浓度为 p (%)				
		10	15	20	25	30
0.03	3	0.64	0.74	0.82	0.94	1.04
	10	0.47	0.54	0.60	0.69	0.77
	30	0.35	0.41	0.45	0.51	0.58
	100	0.26	0.30	0.33	0.38	0.42
0.05	3	1.24	1.44	1.60	1.83	2.04
	10	0.91	1.09	1.17	1.34	1.49
	30	0.68	0.79	0.88	1.00	1.12
	100	0.50	0.58	0.64	0.73	0.82
0.075	3	2.10	2.44	2.70	3.09	3.43
	10	1.54	1.78	1.98	2.26	2.52
	30	1.16	1.34	1.49	1.70	1.90
	100	0.85	0.98	1.09	1.24	1.39

续表 B.0.1

尾矿 平均粒径 (mm)	放矿 流量 (L/s)	$i_{100}(\%)$				
		当放矿重量浓度为 $p(\%)$				
		10	15	20	25	30
0.10	3	2.59	3.00	3.33	3.80	4.24
	10	1.89	2.19	2.43	2.78	3.10
	30	1.42	1.65	1.83	2.09	2.33
	100	1.04	1.20	1.34	1.53	1.71
0.15	3	3.47	4.01	4.46	5.09	5.68
	10	2.54	2.94	3.26	3.73	4.15
	30	1.91	2.21	2.45	2.80	3.12
	100	1.39	1.61	1.79	2.05	2.28
0.20	3	4.37	4.94	5.48	6.27	6.99
	10	3.12	3.61	4.01	4.58	5.11
	30	2.35	2.71	3.01	3.44	3.84
	100	1.71	1.98	2.20	2.52	2.81
0.40	3	7.03	8.13	9.02	10.32	11.52
	10	5.14	5.95	6.60	7.55	8.42
	30	3.86	4.47	4.96	5.67	6.33
	100	2.82	3.27	3.63	4.15	4.63

附录 C 坝体尾矿平均物理力学性质指标

表 C 坝体尾矿平均物理力学性质指标

项目	尾中砂	尾细砂	尾粉砂	尾粉土	尾粉质黏土	尾黏土
平均粒径 d_p (mm)	0.35	0.2	0.074	0.05	0.035	<0.02
有效粒径 d_{10} (mm)	0.10	0.07	0.02	0.01	0.003	0.002
不均匀系数 d_{60}/d_{10}	3	3	4	6	10	5
天然容重 γ (g/cm ³)	1.8	1.85	1.9	2.0	1.95	1.8
孔隙比 e	0.8	0.9	0.9	0.95	1.0	1.4
内摩擦角 φ (°)	34	33	30	28	16	8
凝聚力 C (kPa)	7.84	7.84	9.8	9.8	10.78	13.72
压缩系数 α_{1-2} (1/kPa)	1.7×10^{-4}	1.7×10^{-4}	1.6×10^{-4}	2.1×10^{-4}	4.1×10^{-4}	9.2×10^{-4}
渗透系数 k (cm/s)	1.5×10^{-3}	1.3×10^{-3}	3.75×10^{-4}	1.25×10^{-4}	3.0×10^{-6}	2.0×10^{-7}

注:1 表中指标均系从坝体取样试验所得的平均值;

2 C 、 φ 值为直剪(固结快剪)强度指标。

附录 D 拦挡坝最大一次洪水冲刷泥沙量估算公式

D.0.1 尾矿库拦挡坝最大一次洪水冲刷的泥沙量可按下式进行估算：

$$W_{CH} = 1000 H_P a F P \quad (\text{D.0.1})$$

式中： W_{CH} ——最大一次冲沙量(m^3)；

H_P ——频率 20 年～50 年一遇洪水最大 24h 的降雨量 (mm)；

a ——尾矿细度系数，按表 D.0.1-1 取值；

F ——终期尾矿堆积区面积 km^2 ；

P ——尾矿库等别系数，按表 D.0.1-2 取值。

表 D.0.1-1 尾矿细度系数 a 值

粒度小于 0.074mm 的尾矿含量	a 值
<75%	0.1
75%~80%	0.15
80%~85%	0.2
>85%	0.25

表 D.0.1-2 尾矿库等别系数 P 值

尾矿库等别	一	二	三	四	五
P 值	0.45	0.35~0.4	0.3~0.35	0.25~0.3	0.2~0.25

附录 E 尾矿浆体输送试验项目

表 E 尾矿浆体输送试验项目

序号	试验项目	试验内容
1	水特性	总酸度、总碱度、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 S^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Ce^- 、 K^+ 、 Na^+ 、DO、pH
2	物料特性	比重,粒径及分布,硬度,化学成分
3	浆体特性	沉降,极限浓度,流变参数,pH
4	管道特性	临界流速,阻力损失,最佳浓度,最佳管径等
5	操作特性	停车启动流速,极限坡度
6	腐蚀特性	确定管道年腐蚀率

注:1 表中 1、2、3 项需矿样少,试验规模小,称试验室小型静态试验;

2 表中 4、5、6 项需矿样多,试验规模大,称半工业环管试验。

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

- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《土工合成材料应用技术规范》GB 50290
- 《危险废物鉴别标准》GB 5085
- 《污水综合排放标准》GB 8978
- 《钢铁工业水污染物排放标准》GB 13456
- 《大气污染物综合排放标准》GB 16297
- 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599
- 《铝工业污染物排放标准》GB 25465
- 《铅、锌工业污染物排放标准》GB 25466
- 《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467
- 《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468
- 《地下水质量标准》GB/T 14848
- 《厂矿道路设计规范》GBJ 22
- 《水工混凝土结构设计规范》SL 191
- 《水工建筑物抗震设计规范》SL 203
- 《碾压式土石坝设计规范》SL 274
- 《水工隧洞设计规范》SL 279
- 《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

中华人民共和国国家标准

尾矿设施设计规范

GB 50863 - 2013

条文说明

制 订 说 明

《尾矿设施设计规范》GB 50863—2013,经住房和城乡建设部2013年6月8日以第51号公告批准发布。

本规范是在原行业标准《选矿厂尾矿设施设计规范》ZBJ 1—90的基础上制订,所增加和修改的主要技术内容包括:尾矿坝简化毕肖普法稳定计算、尾矿坝动力稳定计算、动力液化分析及抗震设计、干式尾矿堆存、下游式筑坝及中线式筑坝、尾矿坝加固技术、尾矿坝降低浸润线技术、高浓度尾矿输送水力计算、尾矿回采设计、尾矿库安全监测设计、尾矿库闭库设计和尾矿库环境保护设计等。

本规范制订过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国矿山尾矿设施建设的经验,同时参考了国家现行有关标准和法规。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《尾矿设施设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对部分条文规定的目的、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标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(69)
2	术 语	(71)
3	尾矿库	(72)
3.1	选址	(72)
3.2	库容	(73)
3.3	尾矿库等别和构筑物级别	(73)
3.4	监测设施	(74)
4	尾矿坝	(75)
4.1	一般规定	(75)
4.2	沉积滩的最小安全超高和最小干滩长度	(75)
4.3	渗流控制要求及控制措施	(76)
4.4	稳定计算	(76)
4.6	中线式及下游式尾矿坝的堆筑	(78)
5	尾矿干式堆存	(81)
5.1	一般规定	(81)
5.2	尾矿脱水设备的选择	(81)
5.4	干式尾矿的运输、平整和压实	(82)
5.6	干式堆存尾矿库的排洪设计	(82)
6	尾矿库排洪	(83)
6.1	一般规定	(83)
6.2	水文、水力及调洪计算	(84)
6.3	排洪构筑物	(85)
7	尾矿库闭库	(86)
8	尾矿回采	(87)

9	尾矿库回水	(88)
10	尾矿浓缩	(89)
11	尾矿输送	(90)
11.1	一般规定	(90)
11.2	水力计算	(91)
11.3	管槽敷设	(102)
11.4	管槽材料及附属装置	(104)
12	尾矿泵站	(106)
12.1	一般规定	(106)
12.2	矿浆池及清水池	(106)
12.3	设备选择与配置	(107)
12.4	泵站配置	(110)
12.5	供电通信及其他	(111)
13	尾矿设施的环保措施	(112)
13.1	一般规定	(112)
13.2	尾矿库的环保防渗设计	(113)
13.3	尾矿设施的其他环保措施	(117)

1 总 则

1.0.3 本条为强制性条文,必须严格执行。选矿厂排出的尾矿属工业废渣,若未经妥善处理,任意排放堆存,将严重危害环境,同时尾矿堆积体也是一个重大危险源,一旦垮塌必对下游居民与设施造成重大损失。新中国成立初期,有的矿山选厂受经济条件限制,曾将尾矿直接排入江河,对下游造成严重污染。20世纪60年代后期,国家严格限制尾矿排入江河,各矿山基本都建有较正规的尾矿库,矿山环境得到了明显改善。但进入20世纪90年代特别是2000年后,随着矿业发展,尤其是民营矿业得到快速发展,一些矿山因陋就简,不建或简化尾矿处理设施,尾矿浆任意排放,尾矿任意堆积,不仅严重污染环境,而且存在严重安全隐患,甚至出现溃坝事故,造成重大伤亡事故。如2006年4月30日陕西镇安金矿尾矿坝溃坝事故,死亡17人,伤5人,含有氰化物的尾矿浆流失了15万 m^3 ,造成严重污染。2008年9月8日山西襄汾尾矿坝溃坝事故,死亡277人,失踪4人。因此,国家环境保护法和安全生产法以及政府有关法规都对尾矿处置和尾矿库进行严格规定,选矿厂必须设有完善的尾矿处理设施,不得任意排放尾矿。

1.0.4 分期建设多座尾矿库,通常占地多、投资大、费时费力。因此,只有在分期建设合理或矿山资源储量大,选矿厂生产年限很长,单一库不能满足要求的前提下才宜采用分期建库。规定每期库的最少使用年限是因为尾矿库的建设包括勘察、设计、征地迁民和施工需要一定的时间,特别是征地迁民有时需要很长的时间。前期库使用年限太短不能保证后期库的接替使用,导致选矿厂不能持续生产的被动局面。

尾矿库建设应充分利用荒地和贫瘠土地,尽量不占、少占和缓

占农田,对人口众多、耕地相对较少的我国来说是一项极其重要的方针。但是,对于湿式堆存的尾矿选用过小的尾矿库或将坝址尽量偏向山沟上游,正常生产与安全的要求常常不能兼顾。

1.0.5 尾矿库建成投产后的生产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厂矿生产管理使用的设计要点说明及有关的图纸,作为尾矿设施生产运行的主要依据。

2 术 语

本节共列了 26 个术语,其中大多数是在原规范中需进行单独解释的,如尾矿库、全库容、有效库容、总库容、初期坝、堆积坝等,基本上来自原规范。此外,又根据尾矿库技术发展和经验总结,增加了一些术语解释,如控制浸润线、一次建坝等。

3 尾 矿 库

3.1 选 址

3.1.1 尾矿库作为堆存尾矿的场所,既是矿山重要的生产设施,又是重点危险源和污染源。风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区和国家法律禁止的矿产开采区域,均属国家法律规定的保护区,不得建设尾矿库,故作出本条强制性规定。

3.1.2 关于尾矿库选址的要求。

1 尾矿库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、矿山数量大,难以完全满足此要求,为适应国情,本款只提“不宜”。目前,我国已有许多尾矿库建于大型居民区、大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路上游,这些尾矿库有正规设计和规范化管理,完全可以做到长期安全运行。

4 是为了保证采矿场的安全生产。当矿体埋藏较深,上覆地层较厚且地质条件较好,采用充填法采矿或用其他措施能有效地保护地表不致塌陷和防止矿浆渗漏,尾矿库也可建在有开采价值的矿床上面,国内外都有成功经验。

6 上游式湿排尾矿库全部运行期内的库长均应大于坝体稳定的最小滩长、调洪所需的最小滩长、生产蓄水所需滩长及最小澄清距离之和,并满足排水构筑物布置的要求。有些中小型尾矿库由于库长不够,出现干滩长度与澄清距离的矛盾,造成生产中安全与环保不能兼顾的被动局面,甚至有的尾矿库沟短坡陡,两者均不满足要求。因此,满足库长要求是上游式湿排尾矿库选址的重要原则之一。

3.1.3 在同一沟谷内建设两座或两座以上的尾矿库,在安全上是存在相互影响的,故应进行安全可靠论证。

3.1.4 对废弃的露天采坑及凹地储存尾矿的,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尾矿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尾矿。

3.2 库 容

3.2.2 尾矿平均堆积干密度主要用于计算尾矿库的有效库容。由于库内尾矿有相当数量的细粒矿泥不能充分固结,甚至长期呈悬浮状态。因此,从库内沉积滩上取样实测时,应充分考虑到这一特点,进行适当折减。表 3.2.2 的参考值是根据部分未经自然或机械压密的全尾矿资料编制的。

3.2.3 尾矿沉积滩面的坡度是一条由陡到缓的渐变曲线。本条中的 i_i 是在初步设计期间近似取其平均坡比来计算尾矿库的有效库容和调洪库容。为使计算结果偏于安全,规定尾矿库的有效库容和调洪库容按不同坡度的沉积滩面分别计算确定,即计算有效库容用较大坡度,计算调洪库容用较小坡度。

3.3 尾矿库等别和构筑物级别

3.3.1 尾矿库的等别决定尾矿库的防洪标准和各主要、次要、临时构筑物的级别。由于尾矿库用以堆存尾矿,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,尾矿库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尾矿库等别,由低等向高等过渡,可使尾矿坝和排水设施的设计更经济、合理。

随着我国矿业的迅速发展,尾矿库建设也出现向高坝、大库发展的趋势,目前设计的最高尾矿坝已达 325m,最大库容达 8.3 亿 m^3 。为

适应尾矿库发展的要求,本规范增加了一等库的标准。

对于经论证可以储存尾矿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;建尾矿坝时,一旦发生溃坝,只有原地面以上尾矿可能溢出地面,故根据坝高及其对应的库容确定库的等别。

3.3.2 水工建筑物结构设计的安全系数与构筑物级别有关,尾矿库各构筑物均应属水工建筑物。为便于其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,结合尾矿库构筑物的特点编制了表 3.3.2。

3.4 监测设施

3.4.1 尾矿库监测包括安全监测和环保监测,从监测手段上可分为人工监测和在线监测,其设置的监测设施都是重要的安全设施和环保设施。由于人工监测较为简单,而在线监测在尾矿库上的运用才刚刚起步,缺少可靠的经验,故本规范仅分别对安全监测和环保监测设计的监测项目内容、监测设施的选择和布置等作原则性规定。

4 尾 矿 坝

4.1 一 般 规 定

4.1.2 关于初期坝坝型。

1 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。

2 为加强尾矿坝排渗性,提高坝体稳定性,推荐上游式尾矿坝采用透水型初期坝,常用堆石、废石堆筑,当采用不透水材料(如黏土)筑坝时,也可增设排渗设施,成为透水坝型。

3 一次建坝的尾矿坝可分期建设,但其建设进度计划必须保证筑坝高度始终大于库内尾矿堆积高度的要求,并始终满足防洪要求。

4.1.4 尾矿坝是尾矿库拦挡构筑物,直接关系到尾矿库安全。当其渗流稳定性、静力稳定性和动力稳定性不足时,将可能发生失稳破坏,严重时可导致溃坝,造成泥石流灾害事故,自 2000 年以来,已发生 20 余起尾矿库溃坝事故。为保护人民生命财产安全,本条强制规定尾矿坝设计与运行必须满足坝体稳定性要求。

4.1.6 当尾矿浆重量浓度超过 35% 时,上游式堆坝的尾矿沉积后分选效果不佳,所筑坝体稳定性往往达不到安全要求。

4.2 沉积滩的最小安全超高和最小干滩长度

4.2.1 表 4.2.1 注 1 考虑了某些尾矿粒度较粗,坝前沉积滩坡度较大,这时对最小干滩长度适当减少比较合理。但并不减少最小安全超高。注 2 地震区在本规范中指地震动峰值水平加速度不小于 0.05g,相当于地震设防烈度 6 度及以上的地区。

4.3 渗流控制要求及控制措施

4.3.4 拟合法即根据浸润线的基本特性事先假定位置绘制的一条浸润线的方法。其上端始于库内水边线,中段大致平行于尾矿堆坝的下游坡面,下端交于初期坝的上游坡面。开始计算时,两条平行线的竖直距离可参照表 4.3.3 确定,进行坝体抗滑稳定试算。如安全系数不够,再将中段浸润线向下平移,直到满足安全要求为止。此线在本规范中称作临界浸润线。

4.3.5 尾矿坝运行期间的浸润线如果高于临界浸润线,坝体抗滑稳定性肯定不能满足安全要求。另外,尾矿坝运行期间的浸润线若各点埋深小于表 4.3.3 的最小值,坝体也极易产生渗透破坏。以上两点是导致坝体总体垮塌的关键因素。因此,通常认为控制浸润线就是尾矿坝的“生命线”。

为保证尾矿坝安全运行,本条强制要求设计与生产,在尾矿坝整个运行期间的浸润线始终维持低于控制浸润线的状态。当出现运行浸润线高于控制浸润线时,则须立即采取有效排渗降水措施,将浸润线降至控制浸润线以下,保证坝体安全运行。

4.4 稳定计算

4.4.1 尾矿坝稳定计算。

(1)第 1 款第 4 项,考虑到一般一、二等库坝均较高,将原规定的 $1/2 \sim 2/3$ 最终设计总坝高时进行稳定性验算提前至 $1/3 \sim 1/2$ 最终设计总坝高时进行,应对坝体进行一次全面的工程地质和水文地质勘察。

考虑到有时选矿厂进矿来源多变,选矿流程调整,致使尾矿性质发生不利于坝体稳定或降低防洪能力的影响,设计应在设计文件中明示:如果出现上述情况,业主应另行委托设计单位对此进行技术论证,以确保尾矿库安全运行。

(2)第 2 款,根据现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》

SL 274 的规定,考虑到同时遭遇设计频率的洪水和设防烈度的地震的几率太小,设计频率的洪水不易形成稳定的浸润线,尾矿坝稳定计算特殊运行工况中地震荷载不再与设计频率洪水位的渗透压力组合。

(3)第 3 款,在尾矿坝稳定计算方法中,除保留了瑞典圆弧法外,根据现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》SL 274 的规定和长期实践,增加了简化毕肖普法,并规定了其最小安全系数。当两种计算方法的计算结论出现差别时,设计应通过分析,合理确定。

(4)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)第 7 款,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)尾矿坝一般采用基本烈度作为设防烈度,考虑到 1、2 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。3 级及 3 级以下尾矿坝,当尾矿坝溃决,将产生严重次生灾害时,尾矿坝的设防标准应提高一档。该处的“档”系指表 4.4.1-4 表内的水平加速度 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,1、2 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向地震作用,设计烈度 8、9 度的 1、2 级的尾矿坝应同时计入水平向和竖向地震作用。当同时计算水平向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向地震作用

效应直接相加。

4.4.2 尾矿坝动应力抗震计算的基本要求。

1 对于1级及2级尾矿坝,还应进行专门的动力抗震计算。即要求在动有限元基础上进行地震液化分析、地震稳定分析和地震永久变形分析。其中地震稳定分析的安全系数应满足表4.4.1-2中的毕肖普法特殊运行工况的要求;其他分析由于目前计算方法不统一,又缺乏试验和实践资料,对分析结果尚难给出具体的判别标准。

4 考虑到设计单位目前尚难以全面掌握动力时程分析法计算,通常委托有经验的专门从事抗震的研究院和高等院校承担此项工作。故本条只对此法提出基本要求。具体计算还应满足现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的要求。

4.6 中线式及下游式尾矿坝的堆筑

4.6.1 中线式尾矿坝和下游式尾矿坝可以采用尾矿、土石料和采场废石堆筑,本节主要是对尾矿筑坝作出的有关规定。尾矿的粒度较细,为改善尾矿坝的性能,一般均需采用旋流器分级后的粗尾矿堆筑。

堆坝尾矿的粒度是保证尾矿坝力学强度和排渗性能的重要指标,同时又直接影响到可得到的堆坝尾矿量,与尾矿坝的上升速度和升高方法也有着密切关系。根据太沙基的研究,影响土的渗透性的主要因素是有效粒径 d_{10} 和空隙比 e ,并以 $k=2e^2 d_{10}^2$ 表达。根据大量的工程经验,大部分中线式、下游式尾矿坝的空隙比在0.6~0.8之间(干密度在 $1.6\text{t}/\text{m}^3$ 左右),而渗透系数 $k>10^{-4}\text{cm}/\text{s}$ 时便能基本保证土体较快的排渗固结,由此可推算出 d_{10} 不应小于0.01mm。而国内外大部分中线式、下游式尾矿筑坝的尾矿粒度 d_{10} 大都大于0.02mm。因此,在本次规范中建议有效粒径 d_{10} 不小于0.02mm。但考虑到我国在设计阶段往往缺少细颗粒的分析资料,因此,也参照国内外经验、矿业习惯和与原规范的衔接,提出

分别以粗、细颗粒含量作为粒度的控制指标。在本次规范编制中,鉴于我国中线式、下游式尾矿筑坝的实践尚少的现状,采用了谨慎的态度。与原规范相比,将粗颗粒($d \geq 0.074\text{mm}$)含量一般不宜少于 70% 提高到了 75%,并增加了细颗粒($d \leq 0.02\text{mm}$)不宜大于 10% 的规定。

4.6.2 本条中初期坝系指在生产初期将分级后的粗尾矿与剩余尾矿分隔开,并为初期排放尾矿创造基本条件而建造的坝,一般采用当地土石材料。滤水拦砂坝是指为防止堆坝尾矿流失而设于初期坝下游的坝。

4.6.4 上游式尾矿坝一般是在坝顶向上游放矿,所以坝顶标高始终高于上游的沉积尾矿,而中线式、下游式尾矿坝则是将分级后的尾矿分别向初期坝的上、下游两侧排放,用粗粒尾矿筑坝。因此,初期坝的高度除满足 4.1.3 的有关要求外,还必须有充分的时间产出足够的粗尾矿,以满足堆筑的尾矿坝顶标高大于上游剩余尾矿沉积标高的要求。

4.6.5 滤水拦砂坝的基本功能是防止尾矿流失和稳固坝脚,但有时还会有其他的用途,故对坝高未作具体规定。

4.6.7 本条主要基于以下三点:

(1)堆坝区的地形条件往往变化较大,为防止某堆坝期间的粗尾矿堆筑的尾矿坝顶标高上升速度低于上游尾矿的上升速度,不能以尾矿堆坝需要的平均粗砂产率来选择分级设备和分级工艺,而必须计算各筑坝阶段需要的粗砂产率。

(2)对于尾矿筑坝需要的粗砂产率,包括两个概念,一个是为满足堆坝工程量所需要的粗砂产率,另一个是为满足堆坝尾矿粒度所需要的粗砂产率,这两种需要有时是不能同时满足的,只有分阶段进行平衡计算才能发现问题和采取相应的措施。

(3)在制订尾矿坝的堆筑计划时,应考虑坝顶的加高方式,若采用坝肩一端或两端进占法加高,在还未加高的部分必须满足防洪的要求。

在一般情况下,最大堆坝用砂量发生在生产初期,而此时尾矿输送系统、分级系统往往是在调试阶段,分级设备的给矿条件、设备参数往往不能达到最佳状态,即使在正常生产后,实际运行状况往往也与理论计算或实验有很大差异。江西铜业公司德兴铜矿的四号尾矿库是采用两段旋流器分级后的粗尾矿中线式筑坝,各设备厂商提供的最终产品粗尾矿的产率均达到 30%~35%,自 1990 年投产至 2011 年,其最终的粗尾矿产率只达到 20%~22%。因此在分级设备和工艺的选择时对成品粗尾矿产率的要求需要有较为充分的富裕量。

4.6.8 此条主要是为保证坝体内尾砂的均匀性,防止因尾矿颗粒分选造成细粒尾矿集中到底部从而减弱坝体的透水性。若设计者特意利用尾矿粒度的分选特性或采取相应的措施,则不应受该条的限制。

4.6.11 该条主要是考虑旋流器的种类及分级性能差异较大,影响因素较多,又往往缺少必要的性能曲线和统一的选型计算方法,根据以往的经验,分级设备的选型、分级工艺、工作压力和设备参数的确定,比较可靠的办法是由设备厂商根据设计人员提出的技术参数和工艺要求来确定,并提供技术保证和相关资料,还要通过实验室的和现场的试验复核。

4.6.12 旋流器的易损件主要是排沙口,整体损坏的几率较小,可考虑较小的整体设备备用率。

5 尾矿干式堆存

5.1 一般规定

5.1.2 根据我国已建的多座干式尾矿库统计数据,采用压滤或过滤等设备进行固液分离后,全尾矿粒度较细者含水率在 25% 左右,全尾矿粒度较粗者含水率在 10% 左右。我国大多数全尾矿既不属于砂性土,也不属于黏性土。考虑到干式尾矿的多样性,不宜单纯用含水量、塑性指数或相对密度等指标分类,本规范仅以满足干式尾矿运输、堆积及碾压要求作为干堆尾矿条件。

5.2 尾矿脱水设备的选择

5.2.3 板框压滤机的台数可按下列公式估算或通过试验确定:

$$T = W / (W_y S) \quad (1)$$

$$W_y = V \gamma_d \quad (2)$$

$$S = 24\lambda / t \quad (3)$$

$$V = 0.001\beta F h \quad (4)$$

式中: T ——所需台数(台);

W ——设计每天需压滤的干尾矿量(t);

W_y ——单台每次压滤的干尾矿量(t);

S ——单台压滤机每天的工作循环次数;

V ——单台压滤机滤室容积(m^3);

F ——压滤机过滤面积(m^2);

h ——压滤机滤室厚度(mm);

β ——过滤面积系数(滤室单面过滤取 1,双面过滤取 0.5);

γ_d ——压滤后滤室中尾矿干密度(t/m^3);

λ ——压滤机利用系数(一般取 0.9~0.95);

t ——单台压滤机一个工作循环所需时间(h)。

5.4 干式尾矿的运输、平整和压实

5.4.1 胶带机运输费用较低,有固定式胶带运输机和移动式胶带运输机两种。固定式胶带运输机适宜长距离输送,应尽量采用,便于管理;在寒冷地区应设防寒设施,在降雨量较大地区应设防雨设施。移动式胶带运输机通常限于尾矿堆场内短距离运输,较为灵活,与推土机配合,将尾砂运送到指定地点。汽车运输机动性较大但输送费用较高,当堆场容积较小或需多座堆场时采用。

5.4.2 整平设备通常采用湿地推土机推运整平,推土机推运距离宜为10m~50m,推刀的偏角宜在 20° 以内,尾矿堆场采用湿地推土机推运为宜。碾压设备结合实际情况确定。

5.6 干式堆存尾矿库的排洪设计

5.6.1~5.6.3 干式堆存尾矿库的排洪设计。

(1)库尾排矿:由库区尾部(上游)向库区前部(下游)排放的方式。库前设拦挡坝和排水设施。

(2)库前排矿:类似上游法堆坝,排矿时自库前向库尾推进。库区排水、筑坝等执行湿式排矿上游法筑坝的有关规定。这种排矿方式库内不蓄水。

(3)库中排放:排矿时自库区中部向库区尾部和库区前部排放的方式,库区尾部应设排洪设施。这种排矿方式库内不蓄水。

(4)周边排矿:排矿时自四周向库中间推移,始终保持外围高、中心低。库内坡面的雨水(含洪水)由库中心的排洪设施排出库外。这种排矿方式库内不蓄水。

6 尾矿库排洪

6.1 一般规定

6.1.1 尾矿库等别的确定已考虑尾矿堆积逐渐上升的特点,采用各使用期等别的防洪标准,已含有对前、中、后期区别对待的因素。故取消了原规范中初期和中后期的规定。

对于经论证可以储存尾矿的露天废弃采坑及凹地,周边未建尾矿坝时,在尾矿储存到后期临近原地表时,为防止汛期洪水溢出地面,对周边造成危害,要求洪水有序排放,参照矿山防洪标准,考虑到储存尾矿的特殊性,故将防洪标准定为百年一遇的洪水设计;建尾矿坝时,根据坝高及其对应原地面以上增加的库容确定库的等别及防洪标准。

6.1.2 当尾矿库未设置可靠的排洪设施或排洪设施的可靠性不足时,尾矿库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,本条作为强制性条文,规定尾矿库必须设置可靠的排洪设施。

6.1.3 尾矿库的排洪方式及布置。

(1)该条中的水质要求主要指尾矿库在不同运行期维持足够的澄清距离,保证回水中固体含量不超标。故排洪构筑物的布置应考虑尾矿性质在生产运行中的变化,最小澄清距离和最小干滩长度均应留有余地。

(2)第3款,采用库内和库外联合排洪设计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。

(3)第4款,考虑到截洪沟在汛期运行中容易出现堵塞、毁坏现象,排洪可靠性较低,为安全计,规定除库尾排矿的干式尾矿库

外,三等及三等以上尾矿库不得依靠截洪沟排洪,截洪沟仅可作为清污分流的环保设施。

6.1.4 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,地基承载力应考虑尾矿荷载的影响。正常排洪管道直接铺在尾矿沉积滩上,当尾矿继续堆高后,极易发生排洪管断裂事故。

6.1.5 地上排洪构筑物是指开敞式溢洪道、明渠等,可采用浆砌块石结构。由于浆砌块石结构抗冲刷能力低,施工质量控制难度大,事故率高,是尾矿库地下排洪系统事故的重要原因之一,故地下排洪构筑物不推荐采用浆砌块石结构。

6.1.7 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 水文、水力及调洪计算

6.2.1 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。

6.2.4 特别复杂的排洪是指排洪时存在库内外洪水合并呈压力流或半压力流流态,泄洪流速过高,或产生密闭水跃影响泄流能力的情况。

6.2.5 构筑物材料的允许抗冲流速可按表1执行。

表1 构筑物材料的允许抗冲流速(m/s)

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

6.2.6 调洪计算中计算时段 Δt 宜小于或等于洪水汇流时间。

6.2.7 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。

6.2.8 考虑到机械排洪(如排水泵)的可靠性低,规定尾矿库不得采用机械排洪。

6.3 排洪构筑物

6.3.2 排洪井井底设置消力坑目的是防止井底被冲刷,对于排洪井下接竖井的,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。

6.3.3 排洪管设计净高国外一般要求不小于 1.6m~1.8m,主要是为了便于检查和维修。近年来尾矿库排水管事故不少,需进入排水管维修施工,如作业面过小则操作不便,故规定排洪管最小净高不宜小于 1.2m。

6.3.4 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 0.3%;为减少常年洪水有压流和无压流交替工作状态,不宜小于 1%;从施工考虑,通常轻便铁轨矿车出渣时不宜大于 2%;手推车出渣时不宜大于 5%;农用拖拉机出渣时不宜大于 10%。

6.3.5 排洪管两侧及顶部回填土要求是根据排洪管的受力条件提出的,上埋式排洪管的垂直荷载附加系数可参考相关设计资料确定。

6.3.7 本条主要考虑混凝土在施工过程中难免振捣不密形成微小孔隙,此孔隙的空气与钢筋接触会对钢筋造成危害,一般涂刷 1 遍~2 遍沥青即可。

6.3.8 隧洞岩体条件较好是指未风化岩层且完整性较好的岩石。

7 尾矿库闭库

7.0.1 长期停用的尾矿库在安全与环保方面仍会存在一定的隐患和风险,为消除这些隐患和风险,维持尾矿库长期安全稳定,应进行闭库设计和整治。

7.0.2 闭库设计应对停用尾矿库存在的隐患和风险进行调查、分析,作为闭库设计的依据。

8 尾矿回采

8.0.1 尾矿回采如果用于再选,必然产生新的尾矿,因此要求回采设计必须考虑再选后尾矿的妥善处理,包括再选后的尾矿贮存场地。为避免尾矿回采和排放的相互干扰,保证尾矿库的安全运行,规定不应在同一个尾矿库内同时进行尾矿的回采和排放。

8.0.2 尾矿在回采过程中,尾矿库作为危险源和污染源始终存在风险,因此规定在回采全过程中必须保证尾矿库安全、环保设施的可靠性。

8.0.3 尾矿库初期坝和副坝及堆积坝均为尾矿堆积体和尾矿水的周边支撑体,其稳定性直接影响尾矿库安全,故规定宜采用由库内向库周、自上而下的均衡开采方式,以保证整个回采期间尾矿坝稳定性和尾矿库防洪安全。

8.0.4 进行回采的尾矿库在整个回采期间,其等别、坝体稳定性及防洪标准均按本规范执行。

8.0.5 库内回采边坡属临时边坡,在不危及堆积坝下游坡的稳定性的条件下,其抗滑稳定安全系数可比堆积坝下游坡适当降低。

8.0.6 为避免库内排洪设施受到损毁,规定距排洪设施 15m 范围内禁止采用挖掘机械回采。

11 尾矿输送

11.1 一般规定

11.1.1 在尾矿库选址时,应充分考虑节能因素,尽量选择低于选矿厂厂址标高的尾矿库以采用自流输送。当受条件限制,尾矿库高于选矿厂或地形起伏较大时,采用压力输送或几种形式联合的输送方式。

11.1.2 本条规定管槽线路不宜或不得穿越的地区,主要是保证管线安全生产和避免因事故而对这些地区造成不良影响;管线在不得已需穿越若干敏感地区时,应采取必要措施以消除这些影响,同时还要征得有关部门和单位的批准。布线时,尚应尽量避免工程地质条件差的地段,即因地基自身原因可能产生坍塌、滑坡等地质灾害、不能保障管线安全运行的地段。

应尽量选择顺直、地形起伏不大的线路,这样可避免管线转角过多过大,减少管线长度,减少泵站数量,节约投资和经营费用,对改善线路的运营条件和安全性有较大意义。

从节能角度出发,根据线路地形条件,能实现自流输送的线路尽可能采用自流输送。

不占及少占农田,可节省土地资源,降低工程征地费用。

管线纵断面上转角过大时,易形成 V 形管段,管线停止运行和再启动时,管道中的沉积物易在最低凹处形成阻塞。

考虑便于施工和生产的维护管理,对于交通与水电等供应尽可能利用现有设施,以减少基建投资。

11.1.3 部分选矿厂生产能力在各个时期不尽相同,为适应其尾矿量的变化,在各时期敷设不同或相同管径的多条管道,这样既可减少一次性投资,也可保障泵站及管道运行安全可靠。

11.1.4 为贯彻国家节能政策,对大中型选矿厂尾矿输送重量浓度一般不低于 35%,这是依据《中国节能技术政策大纲》第 12.2.2 条规定推广尾矿输送重量浓度的最低要求,具体采用何种浓度,应经技术经济比较后确定。

11.1.5 对于自流管道而言,自流输送的流速一般较低,浆体对管道的磨蚀较小且更换管道较容易,故可不设备用管道;对于压力管道,在选择管材或管道壁厚时如已充分考虑管道磨蚀量,则可不设置备用管道,以降低部分投资及维护工作量。

11.1.6 本条是为防止管道在最低处发生堵塞所作的规定。

11.1.7 采取必要的防冻措施,保持浆体的流态为设计限定状态,防止浆体结冰输送达不到目的地。

11.2 水力计算

11.2.1 本条是新增加的条文,尾矿浆体输送距离 5km~10km 一般应做小型静态试验,以了解水、尾矿及浆体的物理化学性质。尾矿的密度、粒度分布及组成是尾矿的重要特性,尾矿浆体的极限浓度和流变参数是输送的基础资料,是小型静态试验必做的项目。对重大工程,输送距离大于 10km 的长距离尾矿输送及特殊浆体(如颗粒粗、密度大、浓度高及有添加剂)的输送还应做半工业性环管试验,以了解尾矿浆体输送的管道特性、操作特性和腐蚀特性,为管道输送提供依据。

11.2.2 本条是新增加的条文,由于尾矿浆体的流变参数是尾矿浆体“水力计算”的重要基础参数,故新增本条文。

在水中加入尾矿颗粒增加了尾矿浆体的黏度,大多数情况下还会使尾矿浆体流型发生变化,从牛顿体转变为非牛顿体。

尾矿浆体的流变参数与尾矿的浓度、尾矿细度等因素有关。

当尾矿浓度较低,尾矿颗粒较粗,如大于 50 μm ,尾矿浆体具有牛顿体特性,其数学模型是 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$, μ 为黏度。

当尾矿浓度较高,尾矿颗粒较细,如小于 $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$,尾矿浆体具有非牛顿体特性。

对尾矿浆体而言,大量试验结果表明,随着尾矿浆体浓度的提高,多数表现出宾汉体特性,其数学模型是 $\tau = \tau_B + \eta \frac{du}{dy}$, τ_B 为屈服应力, η 为刚度系数。

由于尾矿含有一定的细颗粒,细颗粒在有电解质水中形成颗粒表面吸附水膜,吸附水膜牢固地附在细颗粒表面,实际上等于增加了尾矿的固体体积。细颗粒具有絮凝作用,当达到一定浓度时,絮凝团互相搭接,形成絮网,絮网中间充满了封闭水,所有这些现象均使含有黏性细颗粒浆体黏度增加,尾矿浆体中的絮网结构很容易产生屈服应力。

在尾矿浆体水力计算时用到的浆体流变参数,应通过试验测定出具体矿浆样品的宾汉体屈服应力 $\tau_B = f(C_V)$ 曲线和宾汉体刚度系数 $\eta = f(C_V)$ 曲线或回归出计算式以备应用。

在没有条件测定时,可通过计算确定。本条文说明中牛顿体黏度 $\mu(\text{Pa}\cdot\text{s})$ 或宾汉体屈服应力 $\tau_B(\text{Pa})$ 和刚度系数 $\eta(\text{Pa}\cdot\text{s})$ 可按费祥俊公式计算,该公式引自费祥俊所著《浆体与粒状物料输送水力学》。详见本条文说明表 2,其中 d_i 粒径中需有 $d_5(\text{mm})$ 、 $d_{10}(\text{mm})$ 的数值。

表 2 尾矿牛顿体与宾汉体费祥俊流变参数公式

流体类型	参数名称	经验公式	说明
特征浓度	极限体积浓度 C_{Vm}	$C_{Vm} = 0.92 - 0.2 \log \sum \frac{\Delta P_i}{d_i}$	$d_i(\text{mm})$ ΔP_i (小数) d_i 粒级权重
	牛顿体与宾汉体分界浓度 C_{V0}	$C_{V0} = AC_{Vm}^{3.2}$	$A = 1.26$

续表 2

流体类型	参数名称	经验公式	说明
牛顿体 $C_V \leq C_{V0}$ $\tau_B \approx 0$	牛顿体黏度 μ (Pa·s)	$\mu = \mu_s \left(1 - \frac{C_V}{C_{Vm}}\right)^{-2}$	μ (Pa·s) 水黏度, 20℃ 时 $\mu_s = 0.001$
非牛顿宾汉体 $C_V > C_{V0}$ $\tau_B > 0$	宾汉体屈服应力 τ_B (Pa)	$\tau_B = 0.098 \exp\left(B \frac{C_V - C_{V0}}{C_{Vm}} + 1.5\right)$	$B = 8.45$
	宾汉体刚度系数 η (Pa·s)	$\eta = \mu_s \left(1 - K \frac{C_V}{C_{Vm}}\right)^{-2.5}$ $K = 1 + 2 \left(\frac{C_V}{C_{Vm}}\right)^{0.3} \left(1 - \frac{C_V}{C_{Vm}}\right)^4$	K 为系数

11.2.3 本条规定了计算选矿厂排出的尾矿浆体正常流量和正常流速的计算方法。

尾矿浆体输送工程, 取决于选矿厂排出的尾矿流量和浓度。对小型黑色和有色浮选流程, 选矿厂排出的尾矿流量相对较小, 排矿浓度相对较高, 通常为 20%~30%, 尾矿浆体输送流量可按选矿厂排出的尾矿浆体正常流量设计。中型黑色重选和有色浮选流程是否采取浓缩设施提高浓度减少流量输送, 应经技术经济比较后确定。

对大型黑色重选和有色浮选流程, 选矿厂排出的尾矿流量相对较大, 排矿浓度相对较低, 通常为 5%~15%, 为节水节能, 降低投资和经营费, 设计应采用浓缩设施, 可将浓度提高到 30%~50%, 此时尾矿浆体输送流程应按浓密机底流排矿浓度计算尾矿浆体正常流量。

11.2.4 我国多数尾矿泵站首部设置矿浆仓采用压入式向矿浆泵进料, 为适应流量波动, 原规范规定在正常流量基础上波动范围取 ±10%。根据多年工程实践经验, 波动范围取 ±10% 是适宜的, 故

本条仍按±10%规定取值。

11.2.5 尾矿浆体输送临界流速与摩阻损失是尾矿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。

关于经验公式计算问题,由于影响尾矿浆体输送临界流速与摩阻损失的因素复杂,其中包括颗粒大小、粒径分布、尾矿密度、颗粒形状、尾矿浓度、浆体流变参数、浆体流量及过流断面的边界条件等,国内外众多的试验研究及据此归纳出的经验公式都有一定局限性,很难普遍适用,加之经验公式种类繁多,众说纷纭,目前在正文中推荐出公认的临界流速与摩阻损失经验公式确有难度。根据设计需要,考虑到我国历史及现实情况,临界流速和摩阻损失的计算方法可参考以下方法计算。

(1)尾矿浆体流态的定义及计算方法。

第一,关于流态判别式。

尾矿浆体流态采用相对体积浓度 $\frac{C}{C_A}$ 值判别,对全部尾矿浆体的 $\frac{C}{C_A}$ 值按下式计算:

$$\frac{C}{C_A} = \sum \left(\frac{C}{C_A} \right)_i \Delta P_i \quad (5)$$

$$\left(\frac{C}{C_A} \right)_i = 10^{-\frac{1.8u_i}{K \cdot \rho \cdot D}} \quad (6)$$

$$U = V \sqrt{\frac{f}{2}} \quad (7)$$

$$f = \frac{0.33259}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.7385}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (8)$$

$$Re = \frac{VD\rho_1}{\eta} \quad (9)$$

$$\rho_1 = \rho_s C_{1V} + (1 - C_{1V})\rho_s \quad (10)$$

式中： $\frac{C}{C_A}$ ——相对体积浓度， C 为距管内底 $0.92D$ 处的体积浓度，

C_A 为管中心线 $0.5D$ 处的体积浓度；

$\left(\frac{C}{C_A}\right)_i$ ——尾矿 d_i 级粒径权重 ΔP_i (以小数计) 的相对体积浓度；

ω_i —— d_i 粒级的沉速 (m/s)，见本条文说明表 3；

K ——修正卡门常数， $K=0.36$ ；

β ——伊斯梅尔系数， $\beta=1$ ；

U ——摩阻流速 (m/s)；

f ——刘德忠范宁摩阻系数，可按公式(8)计算；

ϵ ——管道内壁粗糙度 (mm)，钢管 $\epsilon = 0.0508\text{mm} \sim 0.15\text{mm}$ ；

D ——管道内径 (mm)；

Re ——雷诺数；

ρ_1 ——似均质浆体密度 (kg/m^3)；

η ——似均质浆体宾汉体刚度系数 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)。

第二，关于流态定义与判别。

当 $\frac{C}{C_A} \geq 0.8$ ，且 $\left(\frac{C}{C_A}\right)_{d_{95}} \geq 0.5$ 时，定义为似均质流态，尾矿浆体接近均质流，为区别单相均质流，称似均质流，尾矿为细颗粒，载体为全部浆体，尾矿浆体高浓度长距离管道输送应采用似均质流态；

当 $\frac{C}{C_A} < 0.1$ 时，定义为非均质流态，尾矿为粗颗粒，载体为水，尾矿浆体输送比较少见；

当 $0.1 \leq \frac{C}{C_A} < 0.8$ 或 $\frac{C}{C_A} \geq 0.8$ 、且 $\left(\frac{C}{C_A}\right)_{d_{95}} < 0.5$ 时，定义为复合流态，尾矿浆体中细颗粒似均质部分来输送粗颗粒非均质部分的组合流态称复合流态，绝大多数尾矿浆体属于复合流态。

表3 尾矿沉速 ω (m/s)计算公式

N_d 和 N_w 定义	计算公式	说明
标准度量 粒径 d_L (m)	$d_L = \frac{\left(\frac{\eta}{\rho_1}\right)^{2/3}}{\left[g\left(\frac{\rho_s}{\rho_1} - 1\right)\right]^{1/3}}$	适用尾矿 ω_L 和 d_L 的计算
尾矿粒径数 N_d	$N_d = \frac{d}{d_L}$	
标准度量 沉速 ω_L	$\omega_L = \left[g\left(\frac{\rho_s}{\rho_1} - 1\right)\frac{\eta}{\rho_1}\right]^{1/3}$	
尾矿沉速数 N_w	$N_w = \frac{\omega}{\omega_L}$	
已知 N_d 求 N_w	$N_w = \frac{20.5209}{N_d} [(1 + 0.1055878 N_d^{1.5})^{0.5} - 1]^2$	刘德忠公式
求尾矿沉速 ω_i	$\omega_i = \omega_L N_w$	
已知 N_w 求 N_d	$N_d = 0.05325 N_w^2 [1 + (1 + 78.52327 N_w^{-1.5})^{0.5}]^2$	刘德忠公式
求尾矿粒径 d_i	$d_i = d_L N_d$	

(2)复合流态短距离($L \leq 10\text{km}$)尾矿浆体输送经验公式。

有关复合流态尾矿浆体输送临界流速计算,可按刘德忠临界流速公式、E. J. 瓦斯普临界流速公式和 B. C. 克诺罗兹临界流速公式计算,影响尾矿浆体临界流速的因素错综复杂,目前尚无公认的公式,表中列出的公式供设计参考,应用时注意应用条件。管道输送临界流速见本条文说明表4,其中, ρ_s 为尾矿浆体密度(kg/m^3); ρ_1 为尾矿浆体细颗粒似均质部分密度(kg/m^3); ω 为尾矿颗粒在似均质部分加权平均沉速(m/s),按表3计算; ω_s 为尾矿在水中加权平均沉速(m/s),按表3计算。明槽输送见本条文说明表5,其中 h 为临界水深(m)。

表 4 尾矿浆体压力流临界流速 V_c (m/s) 计算公式

公式名称	计算公式	应用条件
刘德忠公式	$V_c = 9.5 \left[gD \left(\frac{\rho_g - \rho_l}{\rho_l} \right) \omega \right]^{1/3} C_v^{1/6} \left(\frac{\omega_s}{\omega} \right)^{1/6}$	$N_d \leq 17$
E. J. 瓦斯普公式	$V_c = 3.113 C_v^{0.1858} \left[2gD \left(\frac{\rho_g - \rho_k}{\rho_k} \right) \right]^{1/2} \left(\frac{d_{85}}{D} \right)^{1/6}$	只重视 d_{85}
B. C. 克诺罗兹公式	$d \leq 0.07 \text{ mm}$ $V_c = 0.2(1 + 3.43 \sqrt[4]{PD^{0.75}}) \beta$ $0.07 \text{ mm} \leq d \leq 0.4 \text{ mm}$ $V_c = 0.255(1 + 2.48 \sqrt[3]{P} \sqrt{D}) \beta$ $0.4 \text{ mm} < d \leq 1.5 \text{ mm}$ $V_c = 0.85(0.35 + 1.36 \sqrt[3]{PD^2}) \beta$ $P = \frac{100C_w}{1 - C_w}$ $\beta = \frac{\rho_g - 1}{1.7}$	$\rho_g \leq 3.0 \text{ t/m}^3$ $\rho_k < 1.25 \text{ t/m}^3$ 尾矿粒径只在计算条件中反映

表 5 尾矿浆体明槽输送临界流速 V_c (m/s) 计算公式

公式名称	计算公式	应用条件
刘德忠公式	$V_c = 12.5 \left[gh \left(\frac{\rho_g - \rho_k}{\rho_k} \right) \omega \right]^{1/3} C_v^{1/6} \left(\frac{\omega_s}{\omega} \right)^{1/6}$	$N_d \leq 17$
B. C. 克诺罗兹公式	$d \leq 0.07 \text{ mm}$ $V_c = 0.2(1 + 3.43 \sqrt[4]{Ph^{0.75}}) \beta$ $0.07 < d \leq 0.15 \text{ mm}$ $V_c = 0.3(1 + 3.5 \sqrt[3]{P} \sqrt{h}) \beta$ $P = \frac{100C_w}{1 - C_w}$ $\beta = \frac{\rho_g - 1}{1.7}$	$\rho_g \leq 3.0 \text{ t/m}^3$ $\rho_k < 1.25 \text{ t/m}^3$ 尾矿粒径只在计算条件中反映

有关管道复合流态尾矿浆体摩阻损失计算如下。

第一,进行似均质流部分体积浓度 C_{1V} 和非均质流部分体积浓度 C_{2V} 计算。

在进行复合流态尾矿浆体摩阻损失之前,首先需计算出复合

流态似均质流部分体积浓度 C_{1V} 和非均质流部分体积浓度 C_{2V} 。

尾矿浆体复合流态整体体积浓度为 C_V ，则有：

$$C_V = C_{1V} + C_{2V} \quad (11)$$

对复合流态尾矿浆体中尾矿粒径 d_i 权重 ΔP_i 的浆体，似均质部分体积浓度为 $(C_{1V})_i$ ，非均质部分体积浓度为 $(C_{2V})_i$ ，则有：

$$(C_V)_i = (C_{1V})_i + (C_{2V})_i \quad (12)$$

$$(C_V)_i = C_V \Delta P_i \quad (13)$$

$$(C_{1V})_i = (C_V)_i \left(\frac{C}{C_A} \right)_i \quad (14)$$

$$(C_{2V})_i = (C_V)_i \left[1 - \left(\frac{C}{C_A} \right)_i \right] \quad (15)$$

似均质部分体积浓度 C_{1V} 和非均质部分体积浓度 C_{2V} 按下式计算：

$$C_{1V} = \sum (C_V)_i \left(\frac{C}{C_A} \right)_i \quad (16)$$

$$C_{2V} = \sum (C_V)_i \left[1 - \left(\frac{C}{C_A} \right)_i \right] \quad (17)$$

应说明，计算复合流态尾矿浆体 C_{1V} 和 C_{2V} 时，需将尾矿分成较窄粒级段进行分段计算，对尾矿粒级 d_i 权重 ΔP_i 的浆体，试算步骤如下：

第一次试算先设 $C_{1V(0)} = C_V$ ，用 $C_{1V(0)}$ 即 C_V 按本条文说明表 2 尾矿牛顿体与宾汉体费祥俊流变参数公式求出宾汉体刚度系数 η (Pa·s) 和本条文说明公式 (10) 求出浆体密度 $\rho_1 = \rho_k$ (kg/m³)，按本条文说明表 3 尾矿沉速 ω (m/s) 计算公式计算尾矿 d_i 相应的 ω_i (m/s)，按本条文说明公式 (6) 计算出 $\left(\frac{C}{C_A} \right)_i$ ，再按公式 (14) 计算出 $C_{1V(1)}$ ，该 $C_{1V(1)} \neq C_{1V(0)} = C_V$ ，二者相差较大。

第二次用 $C_{1V(1)}$ 重复第一次计算得 $C_{1V(2)}$ ，该 $C_{1V(2)} \neq C_{1V(1)}$ ，二者相差较小。

第 n 次用 $C_{1V(n-1)}$ 重复前次计算得 $C_{1V(n)}$ ，该 $C_{1V(n)} \neq C_{1V(n-1)}$ ，

但二者接近。

第 $n+1$ 次用 $C_{1V(n)}$ 重复前次计算得 $C_{1V(n+1)}$, 该 $C_{1V(n+1)} \approx C_{1V(n)}$, 二者近似相等, 达到 5 位有效数字相等即可, 此时 $C_{1V(n+1)}$ 就是最终求得的复合流态似均质流部分体积浓度 C_{1V} 。

同理, 可求出复合流态非均质流部分体积浓度 C_{2V} 。

第二, 管道复合流态摩阻损失按下式计算。

$$i_k = i_1 + \Delta i_2 \quad (18)$$

公式(18)中 i_1 用达西-韦斯巴赫公式计算:

$$i_1 = \lambda \frac{V^2}{2gD^5} \quad (19)$$

公式(18)中 Δi_2 用 E. J. 瓦斯普-R. 杜兰德公式计算:

$$\Delta i_2 = K \cdot i_1 \left[\frac{gD \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} - 1 \right)}{V^2} \right]^{1.5} \sum (C_{2V})_i (C_{1D})_i^{-0.75} \quad (20)$$

$$(C_{1D})_i = \frac{4}{3} \frac{gd_i \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} - 1 \right)}{\omega_i^2} \quad (21)$$

式中: i_k ——复合流态摩阻损失(mH₂O/m);

i_1 ——似均质部分摩阻损失(mH₂O/m);

Δi_2 ——非均质部分摩阻损失(mH₂O/m);

$(C_{1D})_i$ ——尾矿颗粒在载体似均质部分沉降阻力系数;

ω_i ——尾矿在载体似均质部分沉速(m/s), 见本条文说明表 3;

K ——系数, 复合流态可根据似均质部分占的比重多少酌量选取, 若似均质部分占的比重多可取 $K=150$, 若非均质部分占的比重多可取 $K=82$;

λ ——达西摩阻系数 $\lambda=4f$ (范宁摩阻系数);

s ——相对密度, $s = \frac{\rho_l}{\rho_s}$ 。

第三, 进行明槽复合流态浆体摩阻损失计算。

对明槽输送, C 为距槽内底 $0.9h$ (h 为液面深) 处的体积浓度,

C_A 为距槽内底 $0.08h$ 处的体积浓度。 $\frac{C}{C_A}$ 按公式(22)计算:

$$\frac{C}{C_A} = \sum \left(\frac{C}{C} \right)_i \Delta P_i \quad (22)$$

$$\left(\frac{C}{C_A} \right)_i = [9.66 \times 10^{-3}]^{\frac{u_i}{K-\beta \cdot U}} \quad (23)$$

$$V = \frac{Q_k}{A} \quad (24)$$

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (25)$$

式中: A ——过流断面面积(m^2);

χ ——明槽湿周(m);

R ——水力半径(m)。

尾矿明槽复合流态摩阻损失,只要将公式(23)取代(6),并在公式(8)、(9)、(19)和(20)中将 $D=4R$ 代入,并计算得似均质流摩阻损失 i_1 和非均质流摩阻损失 Δi_2 ,二者之和即为明槽复合流态摩阻损失 i_k 。

复合流态尾矿浆体输送摩阻损失 i_k 等于细颗粒似均质部分摩阻损失 i_1 与粗颗粒非均质部分摩阻损失 Δi_2 之和。细颗粒似均质部分摩阻损失 i_1 按达西-韦斯巴赫公式(19)计算。粗颗粒非均质部分摩阻损失 Δi_2 按 E. J. 瓦斯普-R. 杜兰德公式(20)计算。

(3)尾矿浆体高浓度长距离($L>10km$)管道输送经验公式。

尾矿浆体高浓度长距离管道输送应选取合适的尾矿粒度、输送浓度(黏度),流速等参数,满足 $\frac{C}{C_A} \geq 0.8$, 且 $\left(\frac{C}{C_A} \right)_{d_{95}} \geq 0.5$ 的条件,使绝大部分浆体形成似均质流态。该浆体在流动时几乎没有粗颗粒沉积,流动浆体处于比较稳定状态。

高浓度长距离管道输送似均质流态临界流速可按 E. J. 瓦斯普、刘德忠公式计算,见本条文说明表 4。高浓度长距离管道输送似均质流的输送流速还必须大于过渡流速,宾汉体过渡流速可按汉克斯公式计算,详见本条文说明表 6。

表 6 宾汉体雷诺数 Re_B 划分范围及范宁摩阻系数 f 计算

流态	参数名称	计算公式	说明
过渡 雷诺数 Re_{BC}	赫氏数 He	$He = \frac{\tau_B \rho_k D^2}{\eta^2}$	τ_{wc} —过渡管壁切应力 (Pa) V_{TC} —过渡临界流速 (m/s)
	过渡时管壁切应力系数 ξ_{OC}	$\xi_{OC} = \frac{\tau_B}{\tau_{wc}}$ $\frac{\xi_{OC}}{(1-\xi_{OC})^3} = \frac{He}{16800}$	
	过渡临界雷诺数 Re_{BC}	$Re_{BC} = \left(1 - \frac{4}{3}\xi_{OC} + \frac{1}{3}\xi_{OC}^4\right) \frac{He}{8\xi_{OC}}$ $Re_{BC} = \frac{V_{TC} D \rho}{\eta}$	
	V_{TC} (m/s)	$V_{TC} = \frac{\eta Re_{BC}}{\rho_k D}$	
层流区 $Re \leq Re_{BC}$	范宁摩阻系数 f	$\frac{f}{16} = \frac{1}{Re} + \frac{He}{6Re^2} - \frac{He^4}{3f^3 Re^8}$	
紊流区 $Re > Re_{BC}$	范宁摩阻系数 f	$f = \frac{R_B^2}{Re_B^2}$ 设 $R_B > R_{BC} = Re_{BC} \sqrt{f_c}$ $\xi_0 = \frac{2He}{R_B^2}$ $\phi_B = \frac{R_B - R_{BC}}{2\sqrt{2}B_B}$ $B_B = 22 \left[1 + \frac{0.00352He}{(1+0.000504He)^2} \right]$ $Re_B = \frac{1}{2} R_B^2 \int_{\xi_0}^1 x^2 G(x, \xi_0, R_B) dx$ $G(x, \xi_0, R_B) = \frac{x - \xi_0}{1 + \left[1 + \frac{1}{2} K^2 R_B^2 (x - \xi_0)(1-x^2)(1-E)^2 \right]^{0.5}}$ $E = \exp[-\phi_B(1-x)]$ $K = 0.36$	f_c —过渡时摩阻系数

高浓度长距离管道输送似均质流态摩阻损失按达西-韦斯巴赫公式(19)计算,范宁摩阻系数 f 可按本条文说明公式(8)和表 6 宾汉体汉克斯范宁摩阻系数 f 计算,二者取大者。

(4)我国传统习用的经验公式。

对尾矿密度 $\rho_g \leq 3t/m^3$, 尾矿浆体重量浓度 $C_w \leq 30\%$ 短距离输送可按我国传统习用的经验公式计算。

我国传统习用的尾矿浆体输送临界流速可按 B. C. 克诺罗兹公式计算, 见本规范条文说明表 4。

我国传统习用的尾矿浆体输送摩阻损失是把全部尾矿浆体都按似均质流态考虑, 按达西-韦斯巴赫公式(19)计算, 达西摩阻系数 λ 按 φ . A. 舍维列夫新钢管摩阻系数公式计算。

$$\lambda = \frac{0.0159}{D^{0.226}} \left[1 + \frac{0.684}{V} \right]^{0.226} \quad (26)$$

11.2.7 尾矿浆体输送自流管道的最大设计充满度是考虑流量的波动及流动中的波浪影响, 并参考现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014—2006 中第 4.2.4 条的有关规定制订的。

11.2.9 尾矿浆体输说明槽、自流管道及压力管道最大设计流速不宜超过临界流速的 1.3 倍。流速过大会造成管槽摩阻损失加大, 磨蚀加剧。最小流速 1.0m/s 是参考现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014—2006 中第 4.2.4 条的有关规定制订的。

11.3 管槽敷设

11.3.1 管道埋设方式较为经济安全, 便于维护管理, 同时不影响交通和农业耕作, 受气温影响小; 埋在冰冻线下可防止管道内浆体冻结, 对于长距离输送的管道宜优先采用埋设方式。

明设、半埋设管槽易于发现管道泄漏, 便于检修和翻转, 但受地表影响大, 安全性低, 易漏浆、易冻结, 对于短距离输送、物料磨蚀性较大的浆体及自流输送时采用明设、半埋设方式。

11.3.2 自流槽转角过大时, 矿浆在转弯处容易溅起漏浆, 在 60° 转角范围内设置不小于 5 倍槽宽的转弯半径能有效降低矿浆在转弯处溅起高度, 防止矿浆泄漏, 对特殊地段转弯采用转角井或跌落转角井时可有效地增大转弯处的槽高, 防止矿浆泄漏。

管道转角过大容易造成管道堵塞,所以规定在 45° 转角范围内。

11.3.3 现场冷弯弯管有最小半径的要求,管道弯曲半径不小于管道的倍数是为了浆体输送的流畅,同时保证在弯管时不至于使管壁厚度变化过大影响使用。

11.3.4 自流槽与管道连接处由于受管道阻力影响容易溅出浆体,设置结合井是为保证防止槽内浆体溅出,同时也起到消能作用,减小自流槽与管道连接处的磨蚀,保证浆体顺畅流入管道内。

11.3.5 管槽路基面的宽度主要是考虑行人或简易车道要求,其中管槽外壁至路缘的距离是保证管道安全的要求。

11.3.6 管槽路基的排水设置要求是为将管槽路基内的积水及时排走,以免积水影响管槽地基的稳定。

11.3.7、11.3.8 管槽路堑、路堤的边坡坡比要求可根据各岩性、层理及路堑、路堤高度等确定,以保证管槽路堑、路堤边坡的稳定,以免影响管槽的安全。

11.3.9 输送管槽与公路或铁路交叉时的相关要求是为了尽可能减小穿越施工工程量,同时保证输送管槽不影响公路或铁路的正常运行。公路或铁路具有相应主管部门,管槽与公路或铁路的交叉应取得有关部门的同意及符合其相关技术规范的要求。

11.3.10 输送管槽与河流交叉时相关要求是为了尽可能减小穿越段长度,同时保证输送管槽不影响河道正常航运及泄洪。埋管穿越河流时设于河床稳定层内是保证管道不受河水与所挟泥沙的冲刷等影响。

当河流有相应主管部门管理时,管槽与河流交叉应取得有关部门的同意。

11.3.11 尾矿输送管槽的暗沟敷设,根据管槽设置深度与检修要求有可通行的或不可通行的。对可通行的暗沟,必须满足相应通行的最小宽(0.6m)和高(1.8m)。暗沟沟壁同管壁之间以及管壁与管壁之间的净距要求,是为防止管道相互影响的安全距离。对

于较长的可通行暗沟,采取通风措施是为保证暗沟内的环境安全。

11.3.12 尾矿输送管槽穿越的隧道由于施工要求有最小结构断面的规定,故首先应满足此规定再考虑管壁间、通行等的宽度要求。

11.3.13 尾矿自流槽的设计坡度应等于或稍大于计算坡度,是为防止尾矿浆中粗颗粒沉降。而当地形坡度过大时,采取陡坡人工加糙、单级或多级跌水及跌落井等消能措施,是为避免槽中浆体产生加速流磨蚀自流槽。

11.3.14 尾矿压力管道在停泵时不需排空者,其敷设最大坡度要求是为防止尾矿颗粒向管道低处下滑,沉积在此堵塞管道;需排空者,敷设最小坡度要求是考虑矿浆可自动自流排空管内矿浆,防止管道堵塞。

11.3.15 尾矿输送管道 V 形管段的管径要求,是为防止矿浆在通过 V 形管时流速减小,从而在 V 形管低处沉积。最低处宜设置排矿口是为停止输送时排空管内矿浆,以免堵塞。

11.3.16 本条规定主要考虑减少人员巡视工作量及巡视时间。

11.3.17 坝顶放矿支管的间距要求是考虑分区放矿作业需要。控制放矿支管的断面面积是为控制放矿支管的流速不致过大,使尾矿浆中粗颗粒尽量沉积在坝前。

11.4 管槽材料及附属装置

11.4.1 对于高压管道、V 形管段及架空管和有特殊要求的局部管道,由于其具有的特殊性,宜采用耐磨管材;而对于管道工作压力 1.6MPa 以内的中低压管道,则宜采用高密度聚乙烯等材料管材,它具有输送磨阻小、施工方便、造价相对低廉等特点。对于自流槽其结构形式为混凝土、钢筋混凝土或砖石结构等均可满足输送要求。

11.4.2 大多数尾矿浆体对管槽材料都具有磨蚀作用,故为延长管槽的使用寿命,应对管槽预留磨耗层厚度或加设耐磨衬层。

11.4.3 管槽一般长度较长,在施工现场进行管槽连接作业时,应根据所选材料采用施工简便的方式进行连接。

11.4.4 明设在路基和管桥上的尾矿管道放置在枕垫上,以便固定管槽及调整管道坡度。

11.4.5 斜坡上设置固定镇、支墩的目的是稳固管道,以免管道滑移。

11.4.6 伸缩节的设置是为热胀冷缩时释放管道应力,保护管道安全。

11.4.7 尾矿管道上的阀门选用耐磨性能好的矿浆专用阀门,以延长阀门的使用寿命。

11.4.8 尾矿管道明显隆起点应设置排气装置,以免在管道排空时管内形成真空带。

11.4.9 钢管及钢制管件的外表面应采取必要的防腐措施,以免管道被腐蚀,延长其使用寿命。

11.4.10 输送管槽起点附近或适当位置根据需要设置取样、计量装置和拦污格栅等设施,是为了满足管槽的管理运行需要。

12 尾矿泵站

12.1 一般规定

12.1.1 目前适用于各种扬程及流量的输送泵型较多,可通过技术经济论证选择适宜泵型。同一系统采用一种类型的主泵,其配置、操作、管理等均可简化。

12.1.2 泵站数量与选用的泵型密切相关,在多个泵型均满足输送的前提下,宜选用高扬程泵型,目的是尽可能减少泵站数量,这样可减少工程投资及运行管理费用。

12.1.3 设置变频调速装置的目的,一是为节电,二是输送系统的输送参数可在一定范围内进行调整,使浆体流态达到稳定。

12.1.4 地上式泵站较地下式泵站投资低;当泵站地坪标高低于50年一遇洪水位0.5m时,应设置挡水围堰等将洪水拦挡住,保证泵房不被洪水淹没,有公路直达的泵站,其备品备件、生活物资的运输较方便;第一级泵站设置在首站,主要是考虑某些矿浆可能要进行前处理,其处理设施设备尽可能与第一组泵站布置在同一场地,这样可减少工程投资、方便管理,中间泵站及最后一级泵站的位置均应结合地形来考虑,目的是保证管道末端余压适中。

12.2 矿浆池及清水池

12.2.1 设置矿浆池一是为矿浆经池调节后进浆管的矿浆流态平稳,二是产生一定的压差以使泵进口为压入式进浆。每台(组)泵设独立的矿浆池可避免相互台(组)的互相干扰,清理一格矿浆池时只需停用对应的泵(组),检修、维护和管理均较为方便。

12.2.2 池底做成台锥状主要是减少矿浆沉积在池底。高浓度、大容量矿浆池设电动搅拌装置亦是避免矿浆沉积在池内而无法输送。

12.2.3 本条规定主要是考虑人员的维护操作及安全的需要。

12.2.4 设置溢流管是从保护环境的角度出发,当出现意外时,溢出的矿浆可有序地进入事故池。

12.2.5 针对要求加水调节浓度和流量的泵站,设置加水阀门应考虑方便操作控制,最好采用电控阀门。

12.2.6 本条规定主要是防止在穿壁段矿浆顺管壁流出,设置套管是起防水作用。

12.2.7 几种泵型对浆体中粗颗粒的粒径及含量均有严格控制,设置拦污格栅和安全筛不让上限颗粒进入泵体,但拦污格栅及安全筛应定期清理。

12.2.8 由于水隔泵罐体与浮球间存在很小的缝隙,高压清水传递给浮球压力的同时,部分高压清水会通过缝隙进入到浆体中,故清水补充系统中应考虑该部分损失水量。

12.3 设备选择与配置

12.3.1 本条是新增加的条文,规定了设备选择的基本原则。

12.3.2~12.3.4 规定了离心式矿浆泵和容积式矿浆泵总扬程的计算公式。

在容积式矿浆泵总扬程计算公式(12.3.4)中,对于隔膜泵、柱塞泵、活塞泵和水隔离泵的压力储备系数取 0.75~0.95。

泵的生产厂家认为本厂产品出厂前已经过较大安全系数试压,可以按额定压力值选用,但设计多对其额定压力值进行折减,折减考虑的因素如下:

(1)生产厂中矿浆流量和浓度有波动,被输送的尾矿颗粒有变化,从而可能使管道摩阻损失比计算值增大。

(2)事故停电后再启动时,为冲起管底沉积尾矿,所需扬程比正常运行时扬程大。

(3)局部堵塞后,为冲管需更高的扬程。

(4)泵调速的需要,选额定值时泵的扬程只能往小调,考虑泵

压力储备系数后,泵的扬程不仅能往小调,也能往大调。

(5)使用扬程愈接近额定值,泵的振动愈大。

现行行业标准《火力发电厂除灰设计规程》DL/T 5142—2002第 5.9.1 条规定,泵流量应为灰浆量和冲洗量之和的 100%,压力宜为管道阻力的 140%。本条规定可按 0.75~0.95 进行折减。

12.3.5、12.3.6 规定了离心式矿浆泵和容积式矿浆泵配用电动机功率的计算公式。

12.3.7 矿浆泵备用率的确定与多种因素有关,除尾矿特性、尾矿浆体流变特性、泵的型号外,泵站管道布置、采用阀门型式和操作检修水平都是考虑的因素。其中主要取决于尾矿与浆体特性、设备本身的耐磨性、检修时间长短和备品备件的质量等。

早期国产泵材质差、使用寿命短,多采用 200% 的备用率。随着新型耐磨泵的产生,泵的备用率已有所降低。如新冠选矿厂的 12P-7 型泵,原设计备用率为 200%,采用碳化硅新材料衬里后,主要部件使用寿命由原来的 700h 提高到 2200h,目前备用率已降至 50%。

本条规定的备用率是根据现有矿浆泵型号的耐磨材质,国内一些厂矿的实际生产情况,并参考冶金水力除灰等部门的有关规定制订的。

12.3.8 矿浆泵水封效果的好坏直接影响盘根和轴承的使用寿命。水封效果又与水封水流量、压力和水质有关。

关于水封的压力,过去沿用传统的经验,为矿浆泵工作压力加 100kPa~150kPa。从理论上说是合理的,但国内有些厂矿实际上采用更高的压力。据分析,这可能与水封水压力定义不明确、理解不同有关。如把水封水压理解为水封泵的工作压力则不妥,而应是在矿浆泵水封水进口处应具有的水压。否则,当泵站内水封水管过长、管件多、管径又小时,管道摩阻损失很大,不能保证所需的水封水压。

矿浆泵水封水量是参照生产厂家所提供的数据和实际生产情

况制订的。

12.3.10 离心式矿浆泵远距离直接串联工作国内虽有先例,但要求有可靠的监控仪表和完善的通讯设备,操作、管理比较复杂,生产初期缺乏操作经验,往往事故较多。如大孤山选矿厂采用12P-7型砂泵二级泵站远距离直接串联,生产初期曾发生过泵体的逆止阀爆裂事故。现在监控仪表和通讯设备已很完善,操作水平有很大提高,经认真考虑后亦可采用,但不及多级泵在同一泵站内直接串联。多级泵在同一泵站内直接串联操作管理集中、方便,可减少建筑面积和管理人员,因此优于远距离直接串联。这方面国内已有很多成功的实例和成熟的经验。特别是沃曼泵在我国应用以来,设备本身允许多级泵直接串联使用,这就为采用这种配置方式创造了条件,因此不推荐远距离直接串联的配置方式。

12.3.13 隔膜泵、柱塞泵、活塞泵应设有稳定泵出口压力的缓冲装置,定期往缓冲装置中高压充气,高压充气方式需设专用空压机,空压机虽每日只开数次,每次15min~30min,但为保证泵的连续工作,仍应设备用设备。冲氮气亦可用高压充气瓶。

12.3.15 尾矿泵站的起重设备关系到能否保持泵站正常运行以及劳动条件的好坏。考虑到矿浆泵的检修比较频繁,检修工作劳动强度大,为了加快检修速度,改善劳动条件,故规定起重设备按离心泵泵体或电动机的整体重量考虑,且标准比水车站高一些。

12.3.16 开闭尾矿泵站管道阀门较之开闭水管道阀门既费时又费力,一般管道直径DN250mm以上的阀门要两个人才能开闭。为了缩短启闭阀门时间,减轻劳动强度,本条规定管道直径DN250mm以上阀门宜采用电动、气动或液压传动驱动器启闭阀门。

12.3.19 尾矿泵站的管道和阀门配置形式很多,总体来说可分为一泵一管的“单打一”式和一泵多管的“多通路”式两大类。

“多通路”布置阀门多,操作管理繁琐。由于阀门磨损快,使用寿命短,从而使管理费增加,维修拆换工作量大,事故机会多,为

此,有些设计人员和厂矿生产管理人员倾向于采用“单打一”配置。

“单打一”式配置可最大限度减少阀门数量,简化泵站内管道布局,改善水力条件,减少建筑面积,使操作管理简便,减少事故发生概率。但换泵就需换管,增加了管道放矿的次数和处理放矿的工作量,同时在外部管道较长的情况下并不经济。具体情况应经技术经济比较后确定。

因此本条规定只有在技术经济比较合理时才宜采用“单打一”式配置。

12.4 泵站配置

12.4.1 泵站内的通道宽度主要是考虑到工作人员日常巡查及通行的要求;检修场地面积综合考虑了泵组件的大小及所需检修作业场地两方面的需要。

12.4.2 泵站高度主要根据起吊最长(高)部件可自由跨越泵机组时的高度加一定的富裕高度确定;对地下式泵站,地面以上部件的高度主要考虑了运输设备及备品备件的需要,故地下式泵站高度一般较大。

12.4.3 给料泵及高压水泵运行时噪声较大,设置隔墙与主泵隔开或设在单独的偏跨内,以减小对工作人员正常工作及生活的影响。

12.4.4 本条规定的主要目的是方便管理及维修,将其设置在单独的区域,适当与生产区隔开,可减少噪声对值班人员的影响。当泵站远离厂区及生活区时,具备一定的生活设施可不影响其正常工作及生活。

12.4.5 泵站在设备安装及更换备品备件时,均需用汽车将设备及备品备件运至泵站内再使用起重设施进行安装操作,因此泵站大门的宽度应满足车辆直接进出的需要。为方便值班人员对室外矿浆池、清水泵的巡视检查,除大门外,还应在其附近的厂房墙上设置便门。

12.4.6 在进行泵站检修时,通常要放空管道,另外在进行泵站日常的卫生清扫中也有一定的污水产生,故设置地沟将矿浆及污水有序的收集起来并排除。

12.4.7 事故池中矿浆需及时扬至矿浆池,一般考虑采用机械设备清理池内浆体。

12.4.8 设置维护设施是为避免非作业人员误入生产区域,造成设备损坏及人身伤亡等事件。

12.5 供电通信及其他

12.5.1 设置矿浆池液位指示器主要是为了便于观察矿浆池中液位情况,防止矿浆溢出和设备空转运行。

12.5.2 尾矿泵站位置一般相对独立,距选矿厂其他车间或工段一般较远,为联系方便,需设置电话。考虑到泵站检修时不易从其他部分获得电源,所以要求设置专门的检修电源。

12.5.3 尾矿泵站都是三班制,所以要设置较为完善的照明设施。

12.5.4 仪表设置应根据工艺要求,通常设置的有流量计、压力计及浓度计等。

12.5.5 尾矿泵站运行时有尾矿泄漏和溢出的情况发生,设置冲洗水管是为了清洁地坪。

12.5.6 根据泵站所处外部环境条件,应考虑泵站的采暖和通风。

13 尾矿设施的环保措施

13.1 一般规定

13.1.1 据有关资料介绍和对矿石成分及选矿工艺分析可知,我国的尾矿一般均属于“一般工业固体废物”,但也有极少数含高砷尾矿(如云南个旧地区锡精选矿厂排出的高砷高硫尾矿)和含铀尾矿属于危险废物。

本规范采用现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 及《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598为尾矿设施的环境污染控制标准。同时要求符合国家、行业和地方有关环保标准的要求,例如,现行行业标准《有色金属工业环境保护设计技术规范》YS 5017、现行国家标准《钢铁工业环境保护设计规范》GB 50406 和《有色金属工业污染排放标准》各分册 GB 25465~GB 25468 等。

13.1.2 本条保留了原行业标准《选矿厂尾矿设施设计规范》ZBJ 1—1990 第 5.0.5 条的内容。由于原条文只是针对库内回水时水面长度应不小于澄清距离的要求而提出的,故对其作了修改,扩大了条文的适用范围。尾矿库的澄清距离可参照类似尾矿库实例数据或通过计算来确定。

13.1.3 2010 年国家颁布了《铝工业污染物排放标准》GB 25465、《铅、锌工业污染物排放标准》GB 25466、《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467 及《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468 等标准,这些标准较《污水综合排放标准》GB 8978 更加严格。如对于铜矿山来说,《污水综合排放标准》GB 8978 与《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467 的对比如表 7 所示。为此,本规范将两种标准都列入,从严执行。

表 7 污水综合排放标准值(mg/L,pH 除外)

项目	pH	SS	CODCr	BOD5	Cu	Pb	Zn	As	Cd
GB 8978— 1996 一级标准值	6~9	70	100	20	0.5	1.0	2.0	0.5	0.1
GB 8978— 1996 二级标准值	6~9	300(采 矿、选矿 行业)	150	30	1.0	1.0	5.0	0.5	0.1
GB 25467— 2010 标准值	6~9	80	60	—	0.5	0.5	1.5	0.5	0.1

13.1.5 除《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》外,国家还先后颁发了《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国水污染防治法》和《水污染防治法细则》、《中华人民共和国环境噪声污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国土地管理法》和《中华人民共和国水土保持法》等,这些法律与条例必须在尾矿设施工程设计中贯彻执行。

13.2 尾矿库的环保防渗设计

13.2.1 《中华人民共和国环境保护法》第二十七条对有关污染物排放申报登记作了原则规定;《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第三十二条规定,国家实行工业固体废物申报登记制度。申报登记具体按国家环保局第七号令《排放污染物申报登记管理规定》操作、执行。按照法规要求,企业应定期对其产生的工业固体废物按有关标准进行鉴别,以确定哪些是危险废物,哪些是一般工业固体废物(第Ⅰ类或第Ⅱ类),并将鉴别结果向所在地环保行政主管部门申报。设计尾矿库时,应要求业主提供企业产生的尾矿是危险废物还是第Ⅰ类或第Ⅱ类一般工业固体废物的鉴别资料。

13.2.2 尾矿按环保要求分类。

(1)我国对于固体废物性质的鉴别程序为:对照《国家危险废物名录》,凡列入名录的固体废物为危险废物。未列入名录的固体废物再按下面标准的规定进行性质鉴别。依据现行国家标准《危险废物鉴别标准》GB 5085 进行鉴别,凡其浸出液具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性等一种或一种以上危险特性的,属危险废物;凡其浸出液不具有危险特性的工业固体废物为一般工业固体废物。

(2)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 将一般工业固体废物分为两类:第Ⅰ类一般工业固体废物和第Ⅱ类一般工业固体废物。

13.2.3 将尾矿库按贮存尾矿的性质分类,是为了有针对性地对不同类型的尾矿库提出不同的环保防渗要求。分类原则按现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599、《危险废物鉴别标准》GB 5085、《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598、《国家危险废物名录》的有关规定执行。

13.2.5 “环保防渗要求”概念是从生活垃圾卫生填埋场防渗技术要求引申过来的。本条吸取了现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 和现行行业标准《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17 的防渗标准执行过程中的经验。

13.2.6 借鉴国外垃圾填埋场防渗衬垫应用的经验和国内垃圾填埋场的实践,本规范推荐单层土工膜复合防渗衬垫结构作为Ⅱ类尾矿库的环保防渗结构。

Ⅱ类尾矿库环保防渗衬垫的结构设计,按照现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290 的规定,并参照现行行业标准《聚乙烯(PE)土工膜防渗技术规范》SL/T 231、《生活垃圾卫生填埋场技术规范》CJJ 17 和《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》CJJ 113 等规范的相关要求进行。设计时应考虑尾矿库与垃圾填埋场防渗条件的差异,针对尾矿库的具体条件,选定相应的防渗衬垫结构与材料。

随着国家环保执法力度的加大和企业环保意识的提高,在原行业标准《选矿厂尾矿设施设计规范》ZBJ 1—1990 修订前已有一些尾矿库采用单层土工膜复合防渗衬垫结构。下面是其中的一个设计实例。

中国铝业公司河南分公司第四赤泥库,其赤泥库环保防渗设计的关键点在于赤泥性质的确定:赤泥附液的 pH 值大于 12.5 (危险废物鉴别上限标准),赤泥似属于危险废物。然而,按照现行国家标准《危险废物鉴别标准》GB 5085,固体废物的性质是用其浸出液的污染物含量及 pH 值来鉴别的。中国铝业公司河南分公司赤泥浸出液成分如表 8 所示(2003 年)。将表中指标与现行国家标准《危险废物鉴别标准——腐蚀性鉴别》GB 5085.1 和《危险废物鉴别标准——浸出毒性鉴别》GB 5085.3 对照,可看出各污染因子均不超标,判别该赤泥不属于危险废物,而属于一般工业固体废物。再对照现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599—2001 的第 3.3 节,浸出液的 pH 值在 6~9 范围之外,该赤泥应为第 II 类一般工业固体废物。

表 8 赤泥浸出液成分

试样编号	1	2	危险废物鉴别标准
pH 值	11.0	11.37	≥ 12.5 或 ≤ 2.0 (GB 5085.1—1996)
氟化物(mg/L)	3.90	3.80	50(GB 5085.3—1996)

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 标准第 4 章的规定,该赤泥库应为 II 类场,具体来说采用水平防渗结构,按现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290 第 5.3.4 条的要求,采用单层土工膜复合防渗结构。

应当说明的是,虽然不以赤泥附液的 pH 值来判别赤泥的性质,但该赤泥附液的 pH 值为 12.75,大于 12.5,具有碱腐蚀性,应按照现行行业标准《有色金属工业环境保护设计技术规范》YS 5017 第 5.4.1 条“赤泥堆场澄清的赤泥附液必须全部返回氧

化铝厂利用,不得外排”的要求,采取相应的措施。

13.2.7 本条规定土工膜的最小厚度为 1.5mm。这一规定只是土工膜的最小厚度,设计时应根据尾矿库的具体条件,考虑防渗要求、膜的力学性能、膜上荷载、施工损伤、焊接要求和铺设条件等因素,经论证后综合选定膜的厚度。据德国资料介绍:1.5mm 厚的 HDPE 膜在 20m 左右废物填埋高度的压力下不会因拉伸而发生破损或断裂,2.0mm 厚的膜可以承受 50m 左右废物填埋高度的压力,考虑到施工时可能的机械损伤,他们倾向于选厚一点的 HDPE 膜。

13.2.8 本条系引用现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 第 6.2.3 条的条文。地下水水质监控井应根据尾矿库库区水文地质条件以及能及时反映地下水水质变化为原则来具体布置。现行国家标准《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889 第 10.2.1 条规定,本底井设在地下水流向上游 30m~50m 处;污染监视监测井 2 口,各设在地下水流向下游 30m 及 50m 处;污染扩散监测井设在地下水走向两侧各 30m~50m 处。以上要求可供设计者参考。

13.2.9 本条规定是参照垃圾填埋场土工膜防渗安全性分析的有关资料制订的,并参照现行行业标准《生活垃圾卫生填埋场防渗系统技术规范》CJJ 113—2007 第 6.1.9 条的规定和现行国家标准《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889 第 5.20 节的规定而制订的。

13.2.10 国外对于填埋场底部地下水位深度要求较高,一般要求地下水位深度不小于 2.0m。国内对此有不同的看法。本规定从地下水影响防渗结构安全角度出发(失事了就会造成污染),采用现行行业标准《生活垃圾卫生填埋场防渗系统技术规范》CJJ 113 的规定,即不应小于 1.0m。

13.2.11 垂直防渗系统是垂直设置的,只能隔断水平流向的地下水流和阻止污染物向四周扩散。只有在尾矿库底部场地存在不透

水层或厚的弱透水层时,将垂直防渗系统嵌入其中一定深度(一般要求嵌入渗透系数不大于 10^{-7} cm/s 的地层深度不小于 2m),才有可能满足环保防渗要求中防渗性能相等原则。

尾矿库垂直防渗系统可采用地下塑性混凝土防渗连续墙、化学水泥复合灌浆帷幕或上墙下幕联合防渗系统等。

垂直防渗帷幕的“防渗等效”应从两个方面考虑:“防渗透等效”和“防污染扩散等效”。“防渗透等效”与水利防渗要求相同,按要求的 $K=1.0\times 10^{-7}$ cm/s 和厚 1.5m 黏土防渗性能换算出与实际施工能达到的帷幕 K 值所对应的帷幕厚度即可;但对防污染扩散等效,目前还没有可用于工程的帷幕厚度实用计算方法。因此,必要时可委托有关科研院所进行专题论证,确定防污染扩散要求的帷幕厚度。

13.3 尾矿设施的其他环保措施

13.3.1 本条保留原行业标准《选矿厂尾矿设施设计规范》ZBJ 1—1990 第 9.0.4 条和第 9.0.5 条的内容。

13.3.2 本条保留原行业标准《选矿厂尾矿设施设计规范》ZBJ 1—1990 第 9.0.6 条的内容。

13.3.3 开发建设项目的水土保持与土地复垦均与环保措施紧密相关,前二者可以说是后者的补充和有机组成部分。现行行业标准《有色金属工业环境保护设计技术规范》YS 5017 和现行国家标准《钢铁工业环境保护设计规范》GB 50406 均将水土保持与土地复垦内容列入。本规范与《有色金属工业环境保护设计技术规范》和《钢铁工业环境保护设计规范》保持一致。在设计文件中可将水土保持与土地复垦单列章节编写。

