第七篇

尾矿设施的操作
运行维护管理

第一章　尾矿设施管理工作的一般要求

尾矿设施维护管理工作的基本任务是:做好选矿厂尾矿的排除、输送、堆存和尾矿库的防洪排洪、回水设施的维护管理工作,确保安全运行,要认真贯彻国家关于环境保护的方针,大力开展综合利用,严防发生危害本企业和其他工农业生产及人身安全的事故。

各厂矿企业应根据设计意图和本单位的具体情况,制订合理的尾矿设施维护管理规章制度,并认真贯彻执行,不断总结经验,提高管理水平。

下面选录云锡公司尾矿设施维护管理办法(草案)供参考。

云锡公司各厂尾矿设施维护管理办法(草案)

第一章　总　　则

一、尾矿设施维护管理工作的基本任务是:做好选厂尾矿排除、堆存、回水及防洪排洪设施的维护管理工作,保证其安全使用,严防发生危害本企业和其他工农业生产及人身安全的事故。

二、对新建尾矿设施,各厂应认真做好尾矿设施的设计审查、施工监督和验收工作。

三、尾矿库要有三年以上的储备容积,当储备容积不足时应及时进行新尾矿库的建设,以免临渴掘井,造成被动。

四、各选厂应根据生产规模和实际需要设立一定的尾矿管理机构(工段、小组)并配备足够的技术和管理人员,按照设计要求和维护管理办法负责尾矿设施的维护管理。

五、尾矿设施各组成部分,应制订岗位责任制、交接班制、设备维修制度等,以保证操作维护的正常进行。

六，选厂应根据生产计划及尾矿设施的具体情况，编制尾矿工段的作业计划（包括年、季度）及厂大修计划（年、季）。作业计划为生产计划的组成部分。大修计划应列出所需设备、器材、劳力与作业计划，一并报公司备案。

七、对于新建尾矿设施，设计前，选厂应向设计部门提供必要的尾矿设计基础资料。

第二章　组织机构和职责分工

（略）。

第三章　尾矿输送系烧的维护管理

一、任务要求

经常使输送管渠和砂泵站处于良好状态，对输送系统进行经常巡视和定期检查，防止或减少事故的发生，以保证尾矿排除和堆积工作的顺利进行。

二、输送管渠

1. 分班分段固定专人认真进行巡视检查，当发现有淤积、堵塞、磨通、渗漏、坍塌、沉陷等现象时，要及时采取措施处理，对排放出来的矿浆应妥善处理，以减少危害。

2. 备用的管渠应经常处于良好状态，以便检修或出事故时能立即轮换使用。

3. 输送管渠应按计划进行检修及清除淤泥、杂物等，木质的槽渠、栈桥和钢管外壁应定期涂刷防腐剂。

4. 管渠沿线的排水明沟和排水暗涵，必须保持畅通无阻，以免水流漫出冲坏管渠基础。

5. 对钢管或铸铁输送管，要定期翻转以延长使用年限，在翻转时要记录好管子的坡度、直径、材质、壁厚、磨损的长度、厚度、部位等，以及使用的时间与所输送尾矿流速、平均粒度等，以便积累资料，摸清规律，提高业务管理水平。

6. 对尾矿堆坝输送干管，必须按计划要求定期提升，并须防止管道闸门埋入砂内，以利检修维护。

三、砂泵站

1. 分班固定专人严格按照岗位操作责任制进行操作维护，须经常注意来矿量、浓度、压力表、电流表、电压表的变化，并及时操作调节，做到均匀正常排送。

2. 备用砂泵必须经常处于良好状态，易磨损的备件应按计划进行更换和检修，以确保矿浆输送连续进行。

3. 事故尾矿沟必须定期进行清理，设有事故尾矿池的尾矿场，事故尾矿池也必须定

期进行清理，并应保持足够的储存库容，以避免调整砂泵成调整管渠所排放出的矿浆到处乱流造成危害。

4. 定期（月或季）对砂泵的压力、流量等性能进行测定，发现性能下降时，应分析原因，采取措施，使之恢复。

第四章　尾矿库和尾矿坝的维护管理

一、任务要求

经常保持尾矿库有必要的贮存容积，保证尾矿砂的堆积和尾矿水的澄清，严防倒坝、坍塌、陷落事故的发生及其危害。

二、尾矿库

1. 各厂应根据地形条件、库容曲线、尾矿粒级特性、设计图纸等作出尾矿的堆存作业设计和作业计划，一般可采取以下堆存方法。

（1）尾矿库面积较大，尾矿上涨速度较缓，可采取分片分期交替堆存的方法，以减少蒸发渗漏或作事故备用场。

（2）有坝体构筑物的尾矿库，尾矿应沿坝内坡均匀沉积分散堆放，经常保持尾矿砂面露出水面一定距离（该距离应根据生产特点及有关因素确定）以保持坝体稳定，不受水浪冲击和减少渗漏。并严格控制水位，经常保持水面距坝顶有 1.5～2.3 米的安全高程，以防止洪水漫顶造成事故。

（3）无坝体构筑物的尾矿库（注 :指天然封闭洼地），尾矿库沿库周边均匀分散沉积堆放，并严格控制水位，经常保持砂面露出水面一定距离（该距离应根据生产特点和有关因素确定）以增加库周土层覆盖厚度，减少落水洞的隐患事故。

2. 应分班固定专人按岗位操作责任制进行检查维护，如发现水位升降突然或其他事故象征时，须立即采取措施进行处理，并向调度室进行汇报。

3. 应设置照明通讯工具，并装设标尺，检查水位和尾矿上涨速度，以便掌握尾矿砂的沉积情况，充分利用尾矿库的有效容积。

4. 定期（季）测定库内尾矿沉积的粒度分布特性和悬浮体的分布现状，并作记录，注明部位，当悬浮体较多时，应采取措施处理，以保护尾矿坝的安全。

5. 库内水位标尺读数，应与绝对标高相联系，并定期用仪器检查，水位至少每日观测一次，并作出记录。

三、尾矿坝

1. 根据选厂排出的尾矿量及尾矿池面积的大小确定每年堆坝的高度，并编制每年的

堆坝作业计划。

2. 坝体加高的方法，一般有人工尾矿堆坝或沟渠尾矿冲填法等，不论用任何一种，都应根据堆坝的设计和设计规定的技术质量标准（如内外边坡、容重、顶宽、每次加高的高度等）编制作业计划，保证坝体安全稳定。

3. 严格按照堆坝的作业计划及设计规定的技术质量标准及时加高，克服和防止不讲质量，水涨船高突击性加坝。

4. 分班固定专人按岗位操作责任制进行检查维护，如发现有沉陷、滑坡、开裂等非常情况，须立即采取措施进行处理，并向调度室汇报。

5. 建立坝体变形观测制度，在坝体上设置高程标点、平面标点，其位置应和两岸的永久水准点联系起来，定期（正常时每月不少于 1 次）进行中线测量，检查坝体的水平及垂直位移，如坝上设有浸润线观测孔，也应按设计规定定期观测，并将观测结果作出记录，整理清楚，每年抄报公司选冶处尾矿科及设计室水道科各一份，以便掌握坝的安全变化情况。

6. 坝外坡按规定种植青草，或用块石、碎石护面，不得在坝体上或对坝有影响的地方，开取土石方及增设构筑物。

第五章　尾矿回水及防洪设施的维护管理

一、任务要求

经常保持回水及防洪、排洪设施的正常运行，保证尾矿水及雨水顺利的排除，防止或减少事故的发生。

二、尾矿回水

1. 回水设施应分班固定专人按岗位操作责任制进行操作维护，并要进行定期的检查和修缮，使它经常处于良好状态，以保证尾矿澄清水的正常排出。

2. 从尾矿库排出的水，应达到要求的回水质量标准，其浓度控制在 0.2%，若需排放的尾矿水，必须符合卫生、农业等有关部门的规定。

3. 严格控制尾矿库内的水位，必须经常及时地排出库内预定水位以上的水量，只有在保证安全的前提下，符合以上尾矿库维护管理的规定条件，才允许适当储水。

4. 尾矿库回水，应安设量水设施（包括水堰）、标尺（绝对标高读数），进行测量记录。

三、防洪排洪

1. 每年雨季前应对防洪沟、防洪道、防洪闸门以及其它防洪设施认真进行一次检查修缮，保持原设计的调洪容积和泄洪能力，以保证洪水畅通排出。

2. 雨季期间应指定专人负责守护排洪关口，暴雨时须加强尾矿库的巡视，密切注意水位的上升速度，遇有非常情况，应采取紧急措施，严格防止洪水漫坝。

3. 做好事故排洪抢险的准备，应该在值班房附近或方便的地方，存放必要的工具和备用材料。

4. 对重要的坝，设计上有规定时，应按设计规定作出降雨量及洪水量等记录。

第二章　尾矿库的操作

第一节　尾矿排放

一、概述

提高尾矿排放作业的质量是尾矿库操作管理的主要任务之一。冲积法筑坝作业沿坝长至少分三段进行：二段作为冲积段，一段作为干燥段，另一段作为准备段，交替作业（如图 7－2－1 所示）。在冲积段内连续打开 3～5 个或更多的放矿支管作为一组（视放矿主管和支管断面面积的比例和矿浆量大小确定）进行放矿，并不断改变放矿段的位置，使放出尾矿向库内水区流动的路径平直稳定。

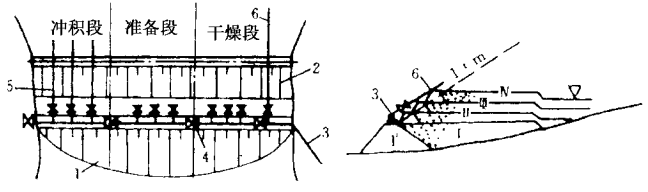


图 7－2－1　冲积法筑坝

1—初期坝；2—子坝；3—矿浆管；4—闸阀；5—放矿支管；6—集中放矿管；Ⅰ～Ⅳ为冲积顺序

在实践中，有的山谷型尾矿库，大部分放矿集中在尾矿管道上坝一端（近端）进行，远

端则放矿较少。这样，一方面造成坝顶高度不一致，近高远低，另一方面远端坝前沉积的尾矿多为较细颗粒的尾矿，物理力学性质显著降低，导致远端坝体成为薄弱环节。

有的尾矿库长时间不改变放矿口的位置，放矿口下形成一堆堆孤立的高砂丘，尾矿向水区流动的路径不稳定，回流曲折，水洼滞留，甚至沿坝顶方向横流，导致坝前沉积尾矿中形成多层细泥夹层。

有的尾矿库采用坝上独管放矿，放矿流量大且集中，加大了在滩面上的流动速度，导致沉积滩的坡度变缓，不利于尾矿库的调洪。

沉积滩的形成质量体现着放矿作业的质量。质量良好的沉积滩应是尾矿颗粒沿滩长分级明显，滩面平整无坑洼回流且均衡上升，冲积段内的滩长大致相等，也就是说库内水边线近于与滩顶平行。这样的尾矿沉积体内含细泥夹层较少，物理力学性质较好。

二、尾矿排放的操作管理

(1)放矿时应有专人管理，做到勤巡视、勤检查、勤记录和勤汇报，不得离岗。

(2)在排放尾矿作业时，应根据排放的尾矿量，开启足够的放矿支管根数，使尾矿均匀沉积。

(3)经常调整放矿地点，使滩面沿着平行坝轴线方向均匀整齐，应避免出现侧坡、扇形坡等起伏不平现象，以确保库区所有堆坝区的滩面均匀上升。

(4)严禁独头放矿。因独头放矿会造成坝前尾矿沉积粗细不均，细粒尾矿在坝前大量集中，对坝体稳定不利。

(5)严禁出现矿浆冲刷子坝内坡的现象。

(6)除一次建坝的尾矿库外，严禁在非堆坝区放矿。因为它既对坝体稳定不利，又减少了必要的调洪库容。

(7)对于有副坝且需在副坝上进行尾矿堆坝的尾矿库，应于适当时机提前在副坝上放矿，为后期堆坝创造有利的坝基条件。

(8)放矿主管一旦出现漏矿，极易冲毁坝体。发现此情，应立即汇报车间调度，停止运行，及时处理。特别是在沉积滩顶接近坝顶又未堆筑子坝时，是矿浆漫顶事故的多发期。在此期间放矿尤须勤巡查、勤调换放矿点，谨防矿浆漫顶。

(9)对处于备用的管道，应将其矿浆放尽，以免在冬季剩余矿浆冻裂管道。

(10)多开启几个调节阀门可减小矿浆在支管内的过流速度，从而减小其磨损；阀门的开启和关闭应快速制动，且应开启到位或完全关闭，严禁半开半闭，也可减少其磨损。

(11)阀门在(我国的北方地区)严寒的环境下极易冻裂。因此，在冬季应采取措施予

以保护。一般情况下可采用草绳或麻绳多层缠绕，或用电热带缠绕保温，也可根据当地的最大冻层厚度，用尾砂覆盖阀门体等措施加以保护。

(12)尾矿排放是露天作业，受自然因素影响很大。在强风天气放矿时，应尽量使矿浆至溢水塔的流径最长且在顺风的排放点排放。若流径短，矿浆在沉淀区域的澄清时间缩短，回水水质降低。如果逆风放矿，矿浆被强风卷起冲刷子坝内坡，同时使输送尾矿管道悬空，可能产生意外事故。

(13)放矿支管的支架变形或折断，会造成放矿支管、调节阀门、三通和放矿主管之间漏矿，从而冲刷坝体。因此，如支架松动、悬空或折断，应及时处理修复。

(14)在冰冻期一般采用库内冰下集中放矿，以免在尾矿沉积滩内(特别是边棱体)有冰夹层或尾矿冰冻层存在而影响坝体强度。

第二节　尾矿坝堆筑

一、尾矿筑坝的基本要求

(1)尾矿筑坝一般先堆筑子坝，再通过排放尾矿，靠尾矿自然沉积形成尾矿坝的主体，子坝最后成为尾矿坝的下游坡面的一层坝壳。所以说尾矿筑坝应包含堆筑子坝和尾矿排放两部分，而且后者更为重要。

(2)每期堆坝作业之前必须严格按照设计的坝面坡度，结合本期子坝高度放出子坝坝基的轮廓线。筑成的子坝轮廓清楚，坡面平整，坝顶标高要一致。

(3)对岸坡进行清基处理。将草皮、树根、废石、废管件、管墩、坟墓及有关危及坝体安全的杂物等应全部清除。若遇有泉眼、水井、洞穴等，应进行妥善处理，作好隐蔽工程记录，经主管技术人员检验合格后，方可冲填筑坝。

(4)尾矿堆坝的稳定性取决于沉积尾砂的粒径粗细和密实程度。因此，必须从坝前排放尾矿，以使粗粒尾矿沉积于坝前。子坝力求夯实或碾压。

(5)浸润线的高低也是影响尾矿堆坝稳定性的重要因素。坝前沉积大片矿泥会抬高坝体内的浸润线。因此，在放矿过程中，应尽量避免大量矿泥分布于坝前。

二、排矿管件的使用与维护

尾矿排放的管件主要指放矿主管、放矿支管、调节阀门、三通联接管、铠装胶管和水

力旋流器等。

(一)放矿主管

沿坝顶敷设的尾矿输送管称为放矿主管。冬季昼夜温差较大时,因管道伸缩不均匀,其薄弱处极易开焊或被拉断,此时矿浆易冲毁子坝,造成事故。

(二)放矿支管(又称分散放矿管)

将放矿主管内矿浆引流排入尾矿库的管道,称为放矿支管。主管与支管用特制的三通(俗称贴底叉)联结。放矿支管由矿浆调节阀门和支管两部分组成。支管一般采用焊接钢管,放矿支管的分布间距、长度、管径的大小可根据各矿山尾矿性质、排尾量等情况确定。在尾矿排放时,尾矿的沉积都是以支管口的抛落点为圆心,由高到低,由近到远呈扇型体彼此叠加。一般支管的间距以交线与抛落点高差不大于 200 毫米为宜。支管的长度太短,矿浆会直接冲刷子坝坝趾。支管太长,则放矿后矿浆回流冲刷子坝内坡坡面,且细粒尾矿沉积于坝前,影响坝体稳定。放矿支管管径一般为主管的 1/5 ~ 1/3。

(三)矿浆调节阀门

联接贴底叉与放矿支管并控制排矿量的阀门,称为放矿调节阀门。在尾矿排放作业中消耗量较大。尾矿排放如采用普通闸阀控制,其密封圈极易磨损失去控制能力而报废。现在可用高耐磨硬质合金密封圈替代铜质密封圈,高耐磨胶管阀替代普通闸阀,使用寿命大大地提高。

(四)支管联接三通

放矿主管与调节阀门联接的偏心三通管,称为支管联接三通,俗称“贴底叉”,如图 7 - 2 - 2 所示。在尾矿排放过程中,该三通极易磨损,而且磨损的部位主要是迎矿侧,维修困难。一般采用管壁较厚的无缝钢管制作或采用迎矿侧水泥沙浆外包,以延长其使用寿命。

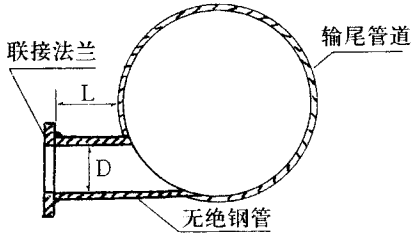


图 7 - 2 - 2　支管联接三通

L—贴底叉长度;D—贴底叉直径

(五)铠装胶管

铠装胶管是夹有钢丝弹簧的橡胶管。一般在初期坝顶放矿时使用。将其接在放矿

支管的前端，胶管头部伸到初期坝内坡坡面以外，以免矿浆直接冲毁坝坡。后期也可用它调剂放矿点。

（六）水力旋流器

水力旋流器是一种分级设备，其种类较多，以锥形旋流器应用较广，如图 7－2－3 所示。矿浆以给矿压力进入旋流器后高速旋转，在离心力作用下固体颗粒分级。粗粒尾砂由沉砂口排出，用以堆坝；细粒尾矿浆由溢流口排出，用管道送往库内较远处。旋流器的规格及数量应根据尾矿特性和总尾矿量确定。初选时可参考表 7－2－1 确定，必要时可通过试验确定。

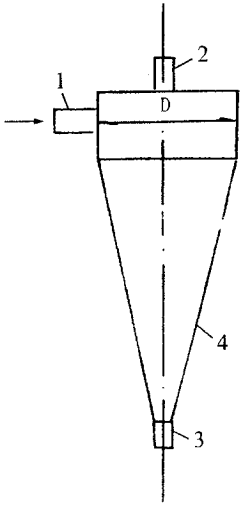


图 7－2－3　水力旋流器

1—给矿口；2—溢流口；3—排矿口；4—锥体部分

表 7－2－1　水力旋流器选用表

旋流器直径 D(mm)	平均生产能力 (t/min，P＝100kp)	溢流最大粒径 (μm)	砂泵压力管直径 (mm)
50	25～60	0～50	
75	40～125	10～60	25～50
125	125～250	13～80	25～50
150	200～350	19～95	25～50
200	300～500	27～124	25～100
250	450～850	32～125	50～100
300	800～1080	37～150	75～150
350	1000～1500	44～180	75～150

旋流器直径 D(mm)	平均生产能力 (t/min,P = 100kp)	溢流最大粒径 (μm)	砂泵压力管直径 (mm)
500	1500 ~ 3000	52 ~ 240	150 ~ 200
700	3500 ~ 6500	74 ~ 340	200 ~ 250
1000	6200 ~ 10000	74 ~ 400	250 ~ 300

在下游式和中线式尾矿坝中,都普遍采用水力旋流器堆坝。对于细粒级尾矿堆坝者,也有采用水力旋流器进行分级筑坝的。

三、尾矿子坝的堆筑与维护

(一)尾矿子坝的堆筑方法

子坝的堆筑方法主要有冲积法、池填法、渠槽法和旋流器法等。

1. 冲积法(图 7 – 2 – 4)

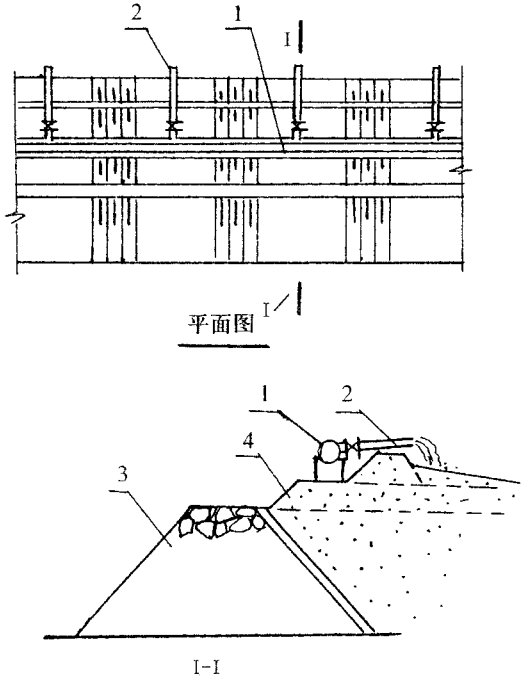


图 7 – 2 – 4　冲积法筑坝

1—放矿主管;2—放矿支管;3—初期坝;4—子坝

此法筑坝是采用机械或人工从库内沉积滩上取砂,分层压实,堆筑子坝。子坝不宜太高,一般以 1 ~ 3 米为宜。尾矿坝上升速度较快者可高些;尾矿坝上升速度较慢者可矮

些。子坝顶宽一般为 1.5～3 米，视放矿主管大小及行车需要而定。外坡坡比可用 1∶2，内坡坡比可用 1∶1.5。

该法筑坝速度快、密实度高，成本较低，操作较简单。国内采用此法筑坝比较普遍。

2. 池填法(图 7－2－5)

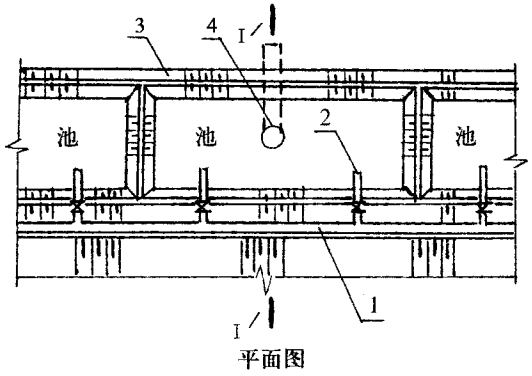


图 7－2－5　池填法筑坝

1—放矿主管；2—放矿支软管；3—围埝；4—溢流管；5—子坝轮廓线

此法筑坝是沿坝长先用人工堆筑子堤，形成连续封闭的若干个矩形池子(也称围埝)，池子宽度根据子坝高度确定，长度可取 20～40 米，太长沉积的尾矿粗细不均。围埝高 0.5～1.0 米，顶宽约 0.5 米，坡比为 1∶1～1.5。池子中部埋设溢流圈、溢流管，通向库内。溢流管可采用承插式的陶土管、砼予制管或钢管。溢流圈进浆口可低于埝顶 0.2 米左右。

围埝筑成后，即可向池内排放尾矿浆，粗粒尾矿沉积于池内，细粒尾矿进入溢流圈，由溢流管流入库内。在放矿过程中，应有专人在池内控制尾矿沉积状态和调剂放矿流量，防止冲毁堤埂。

待尾矿沉满池顶并干到能站人以后，可再在其上继续构筑围埝，加高子坝。如果子

坝较长时，围埝、放矿、干燥可交替进行。但整个坝体应均匀上升。

放矿形成的子坝外形为阶梯状，必须用人工修齐外坡，并填实溢流口。

此法在筑坝期间细粒矿泥容易沉积在子坝前，对坝体稳定不利。如果子坝太高，坝前沉积矿泥较厚，还会抬高坝体内的浸润线。所以子坝高度以不大于 2 米为宜。但此法毕竟操作较简单，成本低。所以国内采用者也较多。

3. 渠槽法(图 7－2－6)

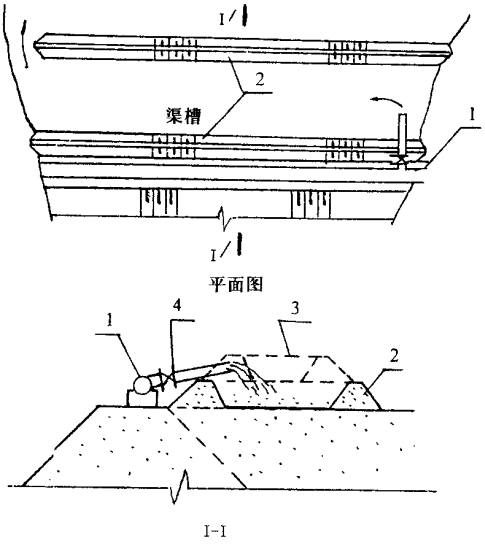


图 7－2－6　渠槽法筑坝

1—放矿主管；2—水尾砂堤；3—子坝轮廓线；4—放矿阀门

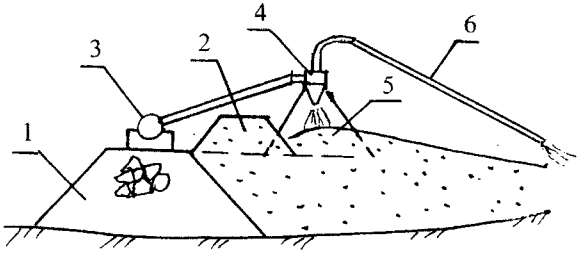
此法是沿坝长方向先用人工筑成两道平行的子堤，形成一条渠槽，从槽一端排放尾矿，尾矿在流动中沉积于渠内，细粒尾矿和水从槽的另一端流入库内，沉满以后，加高子堤继续排矿，逐层冲积最终形成子坝。子堤大小与池填法的围埝相同。槽宽根据所筑子坝外形确定。

只筑一条渠槽者，称单槽法；有的坝需筑多条平行的渠槽冲填者，称多槽法。它可用于需较快加高或加宽子坝，以满足洪水位时的干滩长度的需要，也可起到增加调洪库容的作用。但筑堤工作量较大。

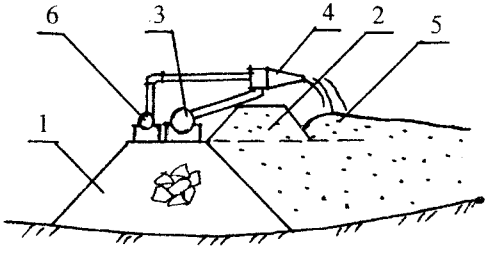
该法成本低，操作简单。但槽内沉积的尾矿一端粗，一端细，不均匀。密实度也不如压实的效果好。

4. 旋流器法(图 7－2－7)

此法是利用水力旋流器将矿浆进行分级，由沉砂嘴排出的高浓度粗粒尾矿用于筑坝；由溢流口排出的低浓度细粒尾矿浆用橡胶软管引入库内。排矿流量较小者，可沿坝顶每隔一定间距设置支架，在架顶安设旋流器；排矿流量较大者，须在坝顶铺设轨道，由安装有旋流器组的移动车排矿筑坝。由于堆积的尾矿不成坝形，需用人工或机械修整。生产管理的任务就是要调整给矿压力和排矿口的大小，使沉砂流量、排矿浓度和分级粒度符合设计要求。



立式放矿



卧式放矿

图 7－2－7　水力旋流器筑坝法

1—初期坝；2—子坝；3—放矿主管；4—水力旋流器；5—沉砂；6—溢流总管

中线式和下游式尾矿坝普遍采用此法。上游式尾矿坝只有原尾矿颗粒较细者才采用水力旋流器进行分级筑坝。该法堆筑的子坝质量好，物理力学强度高。但筑坝工艺较复杂，成本较高，管理比较复杂。

(二)尾矿子坝的维护

(1)子坝若是分层筑成的，外坡的台阶应修整拍平。

(2)在坝顶和坝坡应覆盖护坡土(厚度为坝顶 500 毫米，坝坡 300 毫米)，种植草皮，防止坝面尾砂被大风吹走，扬尘而造成环境污染。

(3)坝肩和坝坡面需建纵、横排水沟，并应经常疏浚，保证水流畅通，以防止雨水冲刷坝坡。对降雨或漏矿造成的坝坡面冲沟，应及时回填并夯实。

(4)子坝筑好后,应及时移动安装尾矿输送管,架设照明线路,尽早放矿,保护坝趾。

(5)新筑的子坝坝体的密实度较差,且放矿支管的支架不牢固。因此,须勤调放矿地点,杜绝回流掏刷坝趾,造成拉坝或支架悬空。

(6)由于放矿管、三通、阀门均属易磨损件,一旦漏矿,应及时处理。否则,会冲坏子坝。

第三章　尾矿坝的观测

对尾矿坝和排水管等构筑物进行经常系统的观测，以掌握其工作状态，对确保构筑物的安全运用，并为设计和科学研究积累基础资料，具有重要的意义。为此，对某些重要的有条件的工程，设计时应考虑埋设必要的观测设备。这些设备有的需要在施工时埋设，有的则需要在生产过程中逐步埋设。管理工作应按照要求及时埋设观测设备，加强对观测设备的保养，定期进行各项观测，保证观测成果的真实性和可靠性，并认真作好观测资料的记录和整理工作。

由于目前还无尾矿坝观测的成套方法和成熟经验，本节所述为水库观测所用方法。设计引用时，应结合尾矿坝的特点加以实施。

第一节　土坝的变形观测

一、目的

为及时掌握尾矿坝的变形情况及规律，研究其有无滑坡、滑动和倾覆等趋势，以确保尾矿坝运用的稳定与安全。

二、观测设备

观测设备包括观测标点、工作基点和起测基点。

(一)观测标点

观测标点埋设于坝体表层，用以反映坝的变形量。

1. 标点布置

标点布置应根据坝的重要性、结构尺寸和地质情况而定，并以能全面掌握构筑物的变形状态为原则。可选择有代表性且能控制主要变形情况的断面，如最大坝高断面、合拢段、有排水管通过的断面以及地基地形地质变化较大的地段布置观测横断面，断面间距 50 ~ 100 米，断面数量不少于三个。

每个观测横断面上，在坝顶下游坝肩、各马道的外缘，各级坝坡的中间以及坝脚外 5 ~ 10 米范围内的地面上布置观测标点，如图 7 - 3 - 1。

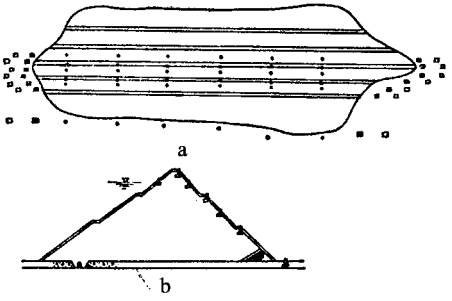


图 7 - 3 - 1　坝体观测标点布置示意图

a—平面图(■—工作基点；□—校核基点；●—观测标点)；b—断面图

2. 标点结构与埋设

观测标点一般由底板、立柱和标点头三部分组成。根据坝面结构和现场条件，可按图 7 - 3 - 2、7 - 3 - 3 所示形式选用。

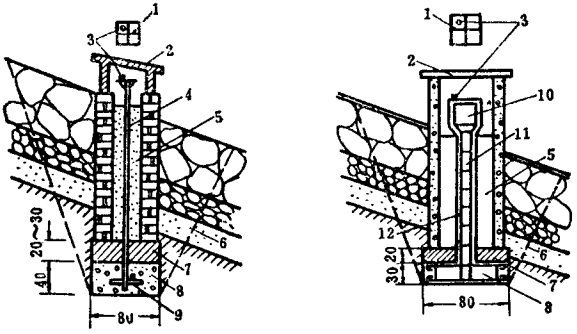


图 7 - 3 - 2　有块石护坡的土坝用观测标点

1—300 × 300 × 5 毫米铁板，刻划十字线；2—保护盖；3—垂直位移标点，用铜焊成；4—直径 50 毫米铁管；5—填砂；6—开挖线；7—回填土料；8—底座；9—交错横焊的两根 400 毫米长、12 毫米直径的钢筋；10—标点头；11—立柱；12—钢筋

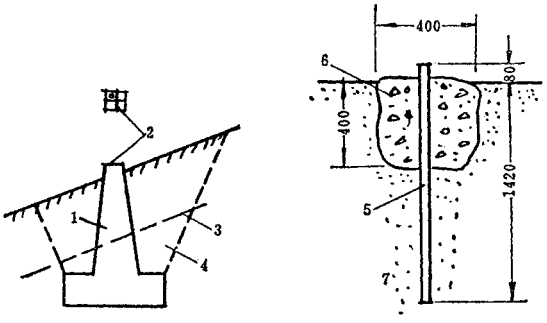


图 7－3－3　无块石护坡的土坝用观测标点

1—钢筋混凝土立柱；2—200×200×5 毫米铁板，刻划十字线；3—最大冰冻线；4—回填土；5—直径 20～25 毫米涂锌钢筋，顶端刻划十字线；6—浇注混凝土；7—填土或尾矿

(二)起测基点

起测基点为实施垂直变形测量的起点或终点。一般可在每一排纵标点的两岸岩石或坚实土基上各设一点，其高程应大致接近。

起测基点的结构见图 7－3－4。

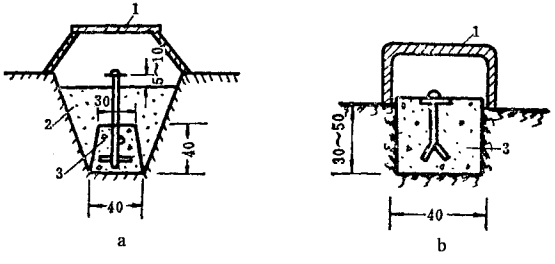


图 7－3－4　起测基点结构示意图(单位：厘米)

a—土基上的起测基点；b—岩基上的起测基点

1—保护盖；2—填砂；3—混凝土

为了引测和校测起测基点的高程，尾矿库应有水准基点不少于三个，并连结成观测网。

(三)工作基点

工作基点为实施水平变形测量的基点。可在坝端两岸每一纵排标点的延长线上各布置一点，安设在不受坝的变形影响，不受外来机械破坏及便于观测的地方，其高程宜接近观测标点的高程。

工作基点的结构见图 7－3－5。

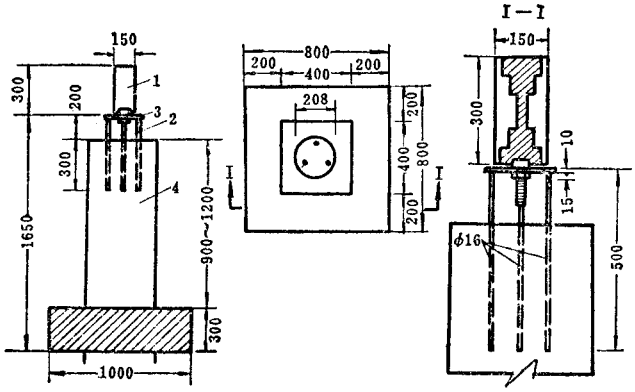


图 7－3－5　工作基点结构示意图

1—觇标；2—固定支座；3—安装经纬仪或后视觇标及测钎的托板，用黄铜或铸铁制成，直径 208 毫米，厚 10 毫米，中心开一与经纬仪连接螺栓直径密切吻合的圆孔，托板安装须校正水平；4—立柱，0.4×0.4 米，高 0.9～1.2 米

设置观测设备时，应先建立两岸的工作基点和起测基点，然后根据两端工作基点的连线控制每个观测标点的埋设位置，使标点上十字线的纵线（平行坝轴线方向的线）偏差不大于 10 毫米。标点上供测垂直位移的标点头均应位于左上方。

三、观测

（一）观测方法

水平变形观测采用视准线法，以两工作基点的联线（视准线）为基准，分别测量该纵排各观测标点的水平位移量。在工作基点 A 的支承托架上安放经纬仪，后视工作基点 B，照准后视觇标，固定视准线。然后用标点觇标或测钎测读观测标点与视准线的偏移距离。倒转镜筒重对后视，再测读一次，正、倒镜各一次为一测回，每一测点应进行两个测回，两测回误差不应大于 5 毫米，取其平均值作为该点的观测成果。

垂直变形观测用水准仪，根据起测基点的高程观测标点的高程变化。按一般水准测量程序及方法往返测量一次，测站和转点数目应尽量减少，前后视距离应相等，并不超过 50 米，往返测量闭塞差对于大型尾矿库土坝不应超过 $\pm 1.4\sqrt{N}$ 毫米，中型不超过 $\pm 2.8\sqrt{N}$ 毫米，N 为测站数。

（二）观测时间

土坝使用初期每月观测一次。当坝体垂直或水平变形量已基本稳定，并已掌握其变化规律后，可逐渐减为每季或半年一次。但遇下列情况时应增加测次：①地震以后；②变

形量显著增大时；③库水位超过最高水位时；④久雨或暴雨后；⑤渗透情况显著变坏时。

第二节　土坝的固结观测

一、目的

为了解尾矿坝的实际固结情况，并结合其它观测资料作为验证设计、判定坝体稳定的依据，并为科研、设计积累资料。

二、测点布置

测点布置应根据工程的重要程度、坝的尺寸，地形地质等因素确定，一般应在最大坝高断面、合龙段以及进行固结计算的断面内布置观测横断面，横断面不少于 2 个。每个横断面上埋设 2～3 根固结管（见图 7－3－6），并应结合孔隙水压力测点进行布置，以便根据实测固结量计算孔隙水压力，与实测孔隙水压力进行比较。

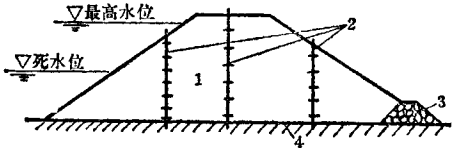


图 7－3－6　固结观测测点布置示意图

1—坝身；2—横梁式固结管；3—反滤设备；4—清基线

三、观测设备

水库土坝固结观测采用横梁式固结管或深标式固结管。后者适用于坝高不超过 20 米而且基础变化不大的均质土坝。

（一）横梁式固结管

1. 结构

固结管由带有横梁的细管和套管套接而成（图 7－3－7）。套管采用直径 50 毫米的铁管，其长度应较测点间距（即各横梁之间的间距，一般采用 5 米）短 0.6 米。最下层套管底部应用铁板封闭。带有横梁的细管的构造，如图 7－3－8 所示。

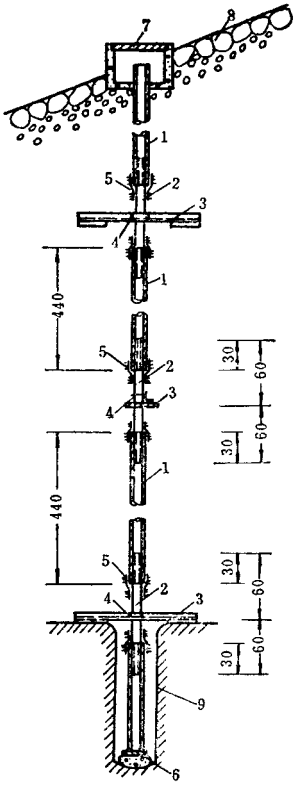


图 7－3－7　横梁式固结管示意图(单位:厘米)

1—套管;2—带有横梁的细管;3—横梁;4—U 形螺栓;5—浸柏油的麻布或棕皮;6—300×300×6 毫米的封口铁板;7—保护盒;8—块石护坡;9—岩石

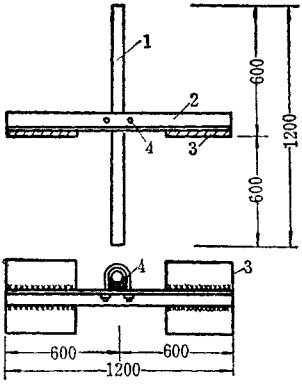


图 7－3－8　带横梁的细管示意图(单位:厘米)

1—D = 38 毫米铁管;2—75×5 毫米角钢横梁;3—300×300×3 毫米铁板(翼板);4—U 形螺栓

横梁翼板随坝体土层的固结带动细管在套管中移动，横梁间距的变化即反映各层之间的固结量。

2. 埋设

(1)基础套管的埋设

清基完毕后，用经纬仪定出固结管的埋设位置，然后挖坑或钻孔深约 1.4 米。把长 4.4 米的套管分成四节，将一节的管底封闭，管顶加管盖，放入孔中使其铅直，视地基情况把管四周回填密实，当填土与管顶齐平时，在管顶上直立一定位标尺(图 7－3－9)。

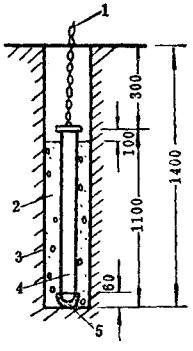


图 7－3－9　基础套管埋设示意图

1—管盖及定位标尺；2—水泥砂浆；3—钻孔或挖坑；

4—基础套管；5—水泥砂浆

(2)带横梁的细管埋设

当坝体填土面超过套管管顶 1.1 米时，可按定位标尺的位置开挖土坑深 0.8 米，坑底约高出套管顶 0.3 米，坑底面积为 1.2×0.8 米。在坑底中心再向下挖深 0.4 米，面积为 0.5×0.5 米的小坑(图 7－3－10)。小心地拿掉管盖，勿使杂物土块落入管中，将带有横梁的细管放入套管内，翼板放在大坑坑底面上，在套管与细管套接处裹上浸有柏油的麻袋布或棕皮，并用铅丝扎紧，然后在细管管顶装上管盖。用水平尺校正横梁水平和细管铅直，然后在 U 形螺栓处将横梁和细管焊死，向坑内回填土料，所填土料的含水量和夯实密度应和坝体填土相近。当填土面达开挖前的高程时，再在管上立一定位标尺。

(3)套管的埋设

当填土面高出细管顶端 0.6 米时，按定位标尺的位置挖 0.8×1.0 米土坑深 0.6 米，

当坑底与细管管顶齐平时，再在坑底中心挖 0.5×0.5 米的小坑深 0.4 米。小心拧掉管盖，将套管的第一节套在细管上，套进 0.3 米（图 7－3－11），然后用麻袋布将套接处包扎。在套管管顶拧上管盖，用水平尺将套管校正铅直，然后回填土。

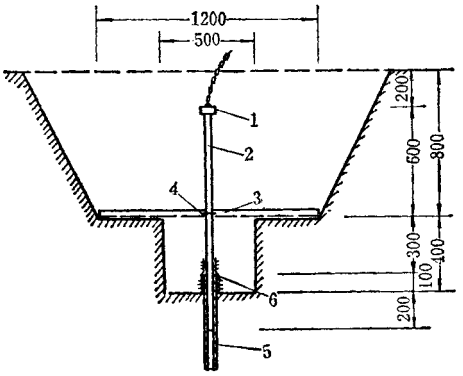


图 7－3－10　带横梁细管埋设示意图（单位 厘米）

1—管盖及定位标尺；2—细管；3—横梁；4—U 形螺栓；5—套管；6—麻袋布

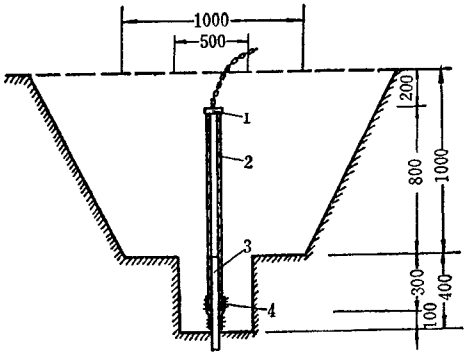


图 7－3－11　第一节套管埋设示意图（单位 厘米）

1—管盖及定位标尺；2—第一节套管；3—细管；4—麻袋布

当坝体填土高出套管第一节管顶 1.3 米时，按定位标尺位置开挖 0.6×1.0 米的土坑深 1.0 米，再在坑底中心向下挖 0.5×0.5 米小坑，深 0.4 米（图 7－3－12）。拧掉管盖将套管第二节用管接头与第一节连接起来，中间不准留有空隙。

第三、四节套管的埋设均与第二节套管同。

在安放完第四节套管后，埋设第二个带横梁的细管，使相邻两横梁交错 90°（图 7－3－7）。其余套管和细管的安设均同上述。

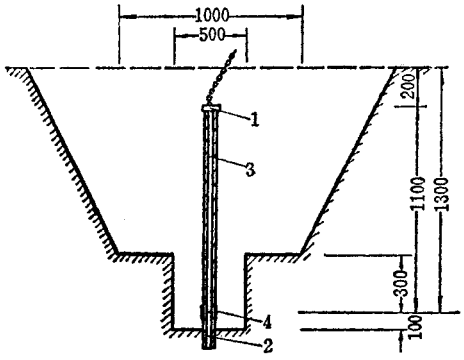


图 7－3－12　第二节套管埋设示意图(单位 :厘米)

1—管盖及定位标尺 ;2—第一节套管 ;3—第二节套管 ;4—管接头

3. 观测

横梁式固结管的观测采用测沉器或测沉棒。

测沉器筒内装有弹簧翼片,两翼片上边成一水平线,翼片张开时可伸出筒壁外(图 7－3－13a)。观测时将测沉器系在钢卷尺上,放入固结管中,每通过一节细管下端时,弹

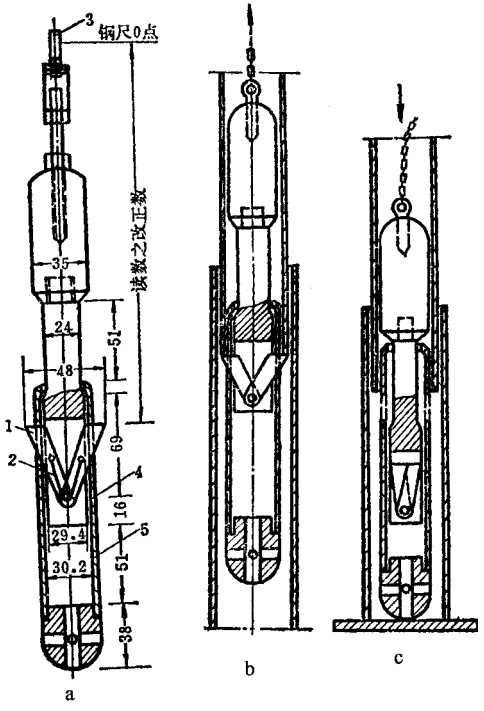


图 7－3－13　测沉器示意图

1—翼片 ;2—弹簧 ;3—钢卷尺 ;4—护筒内壁凹部 ;5—护筒

簧翼片即张开，卡在细管下口处(图 7－3－13b)，此时用弹簧秤将钢尺向上拉紧(其拉力稍大于仪器、护绳及钢尺总重即可，约为 5～7 公斤)，测记管顶至测点距离，换算出各测点的高程。当测沉器下放至管底时，其护筒随之上托，使弹簧片缩回到测沉器内，即可将测沉器从固结管中提出(图 7－3－13c)。

测沉棒是一长 46 毫米，宽 10 毫米，厚约 10 毫米的铁棒，中间开孔与钢卷尺连接，使测沉棒大致保持水平。在棒的一端开孔系绳(图 7－3－14)。观测时，当测沉棒从细管进入套管后，放松绳索，拉紧钢尺，测沉棒即卡在细管下口处，测记测点至管顶距离。拉紧绳索即可从管中取出测沉棒。

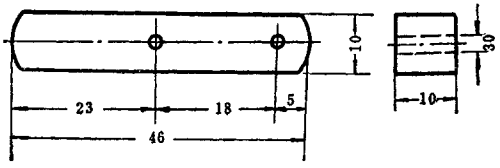


图 7－3－14　测沉棒示意图(单位：厘米)

观测时，每个测点都应测读两次。两次读数差不得超过 2 毫米。

(二)深标式固结管

1. 结构

由套管、导管和底板组成(图 7－3－15)。套管内径一般为 100 毫米，导管内径为 50 毫米，底板为 1～1.5 米的方形，厚度用铁板时为 10 毫米，用混凝土板时为 400 毫米。

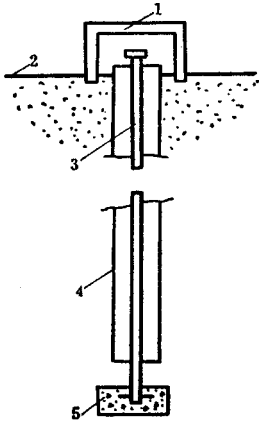


图 7－3－15　深标式固结管示意图

1—保护罩；2—坝面；3—导管；4—套管；5—底板

2. 埋设

导管与套管应分节安装，每节长度一般为 1.5～2 米。

当坝体填土面超过底板设计高程约 0.5 米时，定出埋设位置，然后挖坑，将底板平置于设计高程上，位置校正后，测出底板顶面高程。在底板上安装第一节导管，使其铅直，并与底板连结牢固。当填土面高出底板高程为 0.2～0.5 米时，开始安装第一节套管（套管下端与底板的距离应视导管的长度而定，一般为 0.2～0.5 米），套管上口应低于导管 10 厘米，并在套管上加保护盖。

当填土面接近套管顶部时，去掉管盖，先安装第二节导管再安装套管，上下要紧密接合，不准有空隙。导管在套管中以弹性钢片或铁环固定使其直立，并保持能自由地随底板而下沉。

用同样方法逐节安装其余的导管和套管。

为了解不同深度处的土层固结情况，可采用固结管组。同组各管应集中，但最小间距不小于 1 米。在坝顶上各管可排成一行或多边形，在坝坡上则应平行坝轴线排成一行（图 7－3－16a）。同组各管的底板高程应逐个抬高 3～5 米（图 7－3－16b）。各管底板间的高程变化即反映各层之间的固结量。

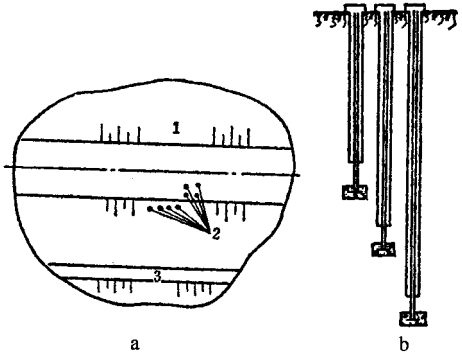


图 7－3－16　深标式固结管组布置图

a—平面图；b—剖面图

1—土坝；2—固结管组；3—排水棱体

3．观测

采用水准仪测量导管管顶高程，减去导管管口至底板的长度，即为底板高程。观测时每个测点应测读两次，精度要求同垂直变形观测。

四、观测时间

新埋设的测点应每月观测一次。待固结基本稳定或通过观测掌握了其变化规律之

后，测次可减为每季一次。

当出现下列情况时应适当增加测次：

①地震；②库水位骤升骤降；③库水位长期保持在高水位或超过正常水位。

第三节　土坝的孔隙水压力观测

一、目的

为了解坝体土料内由于固结而产生的孔隙水压力的分布与消散情况，判明其在运用过程中对坝体稳定的影响，并验证设计，为设计和科研积累基础资料。

二、测点布置

孔隙水压力观测设备应与固结观测设备布置在一个横断面上。至少选择 1～2 个横断面（其中包括最大断面），在每个横断面上应水平地布置几排测点，排与排的高差约 5～10 米，排的位置应尽量与固结管的测点在同一水平面上，每排测点的间距约为 10～15 米（图 7－3－17）。固结管测点附近 3～5 米处应布置孔隙水压力测点。

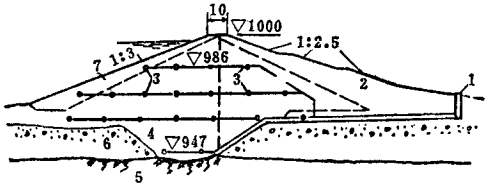


图 7－3－17　孔隙水压力测点布置图

1—观测井；2—碎石；3—孔隙压力测头；4—粘性土；5—砂岩；6—砂砾石；7—抛石

孔隙水压力观测设备还应与渗透观测设备配合布置，以便在孔隙水压力消失以后，利用它进行渗透观测。

三、观测设备

可采用测压管式孔隙水压力计或压力水管式孔隙水压力计。

(一)测压管式孔隙水压力计

此设备结构简单,使用方便,但仅适用于测量含水量较大,压缩性较大和渗透性较大($K \geqslant 10^{-3}$厘米/秒)的坝体土料的孔隙水压力。用于渗透性小的坝体土料测量精度较低。

1. 结构

由测头,测压管组成(图 7－3－18)。测头为一透水石,长 200 毫米,直径 40 毫米。测压管为 d20 毫米铁管,每节长 2～3 米,管顶装上管盖或压力表。

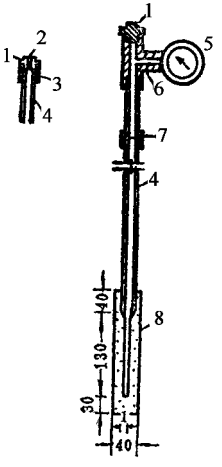


图 7－3－18　测压管式孔隙水压力计

1—管盖;2—开孔;3—束接;4—3/4 英寸标准铁管;

5—压力表;6—三通;7—管束;8—透水石

2. 埋设

当坝体填筑到观测点高程时,在预定的位置上挖坑,直径 0.3 米,深 0.6 米,将测压管末端带透水石的第一节测压管放入孔内,四周填砂,在砂土上部回填胶泥厚约 1 米(图 7－3－19)。

当坝体填土与管顶齐平时,将铁管接高,并在管口上装管盖。如管内水溢出管口,则在管口装压力表。

3. 观测

在高水位或水位骤降期,每月进行四次观测,一般情况下每月进行 1～2 次。用电测水位器或测深钟测量测压管内的水位,每次观测应施测两回,其误差不应大于 2 厘米。孔隙水压力即为管内水位与管下端高程之差;当测压管内水外溢时,可用压力表测量水头压力,孔隙压力即为表压力与管内水柱压力之和。观测时还应同时测量坝上

下游的水位高程。

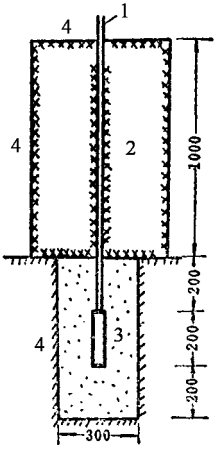


图 7－3－19　测头埋设示意图

1—测压管；2—胶泥；3—填砂；4—坝体填土

(二)压力水管式孔隙水压力仪

1. 结构

由测头、水管和压力表组成。测头是一塑料圆柱体，直径 100 毫米，高 20 毫米，沿直径方向开有直径约 9 毫米的圆孔，两端各与水管连接，顶面装有一块透水石或透水铜板(图 7－3－20)。

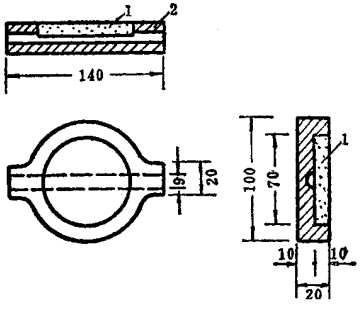


图 7－3－20　测头结构示意图

1—透水石；2—与水管连接的接头

每一测头装一能测正压和负压两用的压力表。其量程视孔隙水压力估算值采用。

水管采用硬质透明塑料管，外径 9 毫米，内径 5 毫米，在内外压力作用下应不变形。为了能迅速准确地反映孔隙水压力，整个管路必须充满水，不准有气泡存在。为此应装

置一套循环设备，以确保水管充水和排气。

循环设备由供水筒、集水筒、脚踏压力泵和手摇抽气筒等组成（图 7－3－21），除唧筒和泵外其余均装在一块 1.6×0.8 米的木板上。循环系统本身应绝对不漏水，校验完毕后装到观测室内，对两用压力表进行校正。待测头埋设好并与观测室连接后，再向通往测头的水管中充水和排气，由供水筒供出不含空气的水经管路进入测头，再由另一水管回至集水筒。

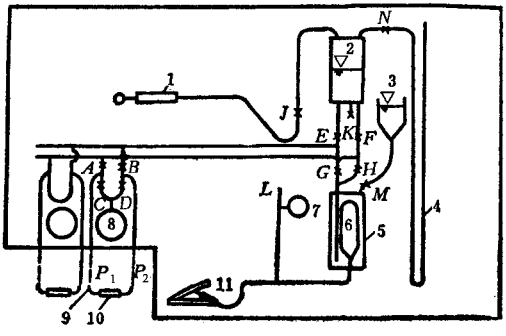


图 7－3－21　循环设备示意图

1—手摇泵；2—集水筒；3—漏斗；4—水银压力计；5—供水筒；6—橡皮袋；7—压力表；8—压力表（两用）；9—塑料管；10—测头（埋入坝体内）；11—脚踏泵；$A \sim N$—闸门

2. 埋设

先在坝址下游附近修建观测室或观测井，测头随坝体填筑逐层埋设。埋设时，由测头埋设地点至观测室开挖一条平整的管沟，沟宽 0.5～0.6 米，深视沟内的水管数目而定。然后将测头平放在沟内，测出其高程后即回填。管沟回填时，每隔 20～30 米填塞胶泥一段长约 0.5 米，以防库内水沿管沟窜流。沟中管线纵横间距为 8～10 厘米。

3. 观测

测头埋设并充水后即可进行观测，先打开阀门 C，测读压力表指数，然后关阀 C 开阀 D，再测读另一压力表的指数，两回读数误差不应超过压力表最小刻度的一倍。否则，说明管路或测头中有气泡存在，应再行循环充水排气。

观测时间要求同测压管式孔隙水压力计。

甲、管路的充水与检验步骤

①将每一测头的两根管（图 7－3－21 中的 P_1、P_2）自行对接起来；

②除阀 M、L、N 和 K 外，将所有阀门打开；

③从阀 J 打入压力；

④当压力增大到压力表表面最大值时，关闭阀 E、F、G 和 H；

⑤经 24 小时后，如压力表上的指数不下降，表示管路不漏气，这时可在管路内充水；

⑥将所有阀全部打开，从漏斗注入不含空气的水经阀 M 入供水筒；

⑦关阀 G、F、K、L 和 N，从阀 J 抽气，使水通过阀 H 进入管路和压力表内；

⑧连续施加数次真空，将管路内的空气完全排除。

乙、压力表校正步骤

①关阀 K、G 和 H，将阀 $A \sim F$、J 和 N 打开；

②准确记录集水筒中的水位和每一压力表之间的高程差；

③从阀 J 逐级施加空气压力，测读水银压力计和压力表的压力，它们之间差值，应等于集水筒中的水面高出压力表的水柱压力；

④绘出各压力表的率定曲线，即压力表的表面读数和水银柱压力之间的关系曲线，以水银柱压力为准。

丙、测头充水步骤

①除阀 A、B、E、H 和 J 外，关闭所有阀门；

②踩动脚踏泵，使供水筒中的橡皮袋膨胀，不含空气的水就从供水筒通过阀 H、A、B、E 回到集水筒中；

③诵过阀 J 施加真空，加速排出管路和测头内的空气；

④关阀 H 和 E，开阀 G 和 F，使水循相反方向流动；

⑤当供水筒中的水用完时，关阀 H 和 G，开 L，将橡皮袋中的压力放走；

⑥开阀 M，让无空气水从漏斗进入供水筒中；

⑦关阀 L 和 M，开阀 H 或 G，再行充水循环；

⑧当回到集水筒中的水不含气泡时，停止循环，关闭阀 A 和 B；

⑨对第二个测头进行充水。

第四节　土坝的浸润线观测

一、目的

为了解坝体内浸润线的位置和变化情况，以判定坝体是否稳定，确保安全运用并验

证设计。

二、测点布置

观测横断面布置在有代表性的断面上，如最大坝高断面、合龙段、及坝内排水管所在断面等处，断面间距一般为 100 ~ 200 米。对于大型水库横断面数不应少于三个，中小型不应少于 2 个。

每个观测横断面上，测点数量和埋设位置应根据断面大小、结构、坝基地质情况以及设计采用的渗透计算方法等因素确定，并以能掌握浸润线的形状及变化为原则。一般最少应布置三个测点 在坝顶上游边缘（常用渗透计算中假设零点位置）以及排水棱体上游边坡与坝基的交点（或褥垫式排水体的起点）各布置一点，其间再埋设一至几点（图 7 - 3 - 22）。

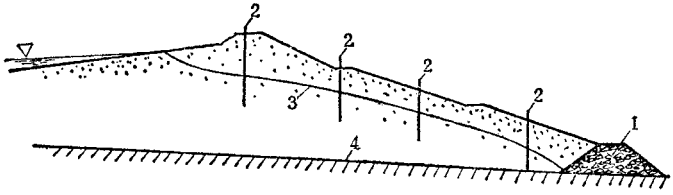


图 7 - 3 - 22　测压管布置示意图

1—坝；2—测压管；3—浸润线；4—不透水层

三、观测设备

一般采用测压管观测。

（一）结构

采用 50 毫米铁管或塑料管，将下端封闭。在封闭端的管壁上钻孔，孔径 5 毫米，孔间纵距 50 ~ 100 毫米，每周钻四孔，钻孔段长 400 毫米。在钻孔段外按次包扎两层 150 号铜丝布，一层 100 号铜丝布，二层麻袋布。在测压管顶端装一通气的管盖。

（二）埋设

在预定地点钻孔，孔径 135 毫米，孔底高程应低于设计最低浸润线 1 ~ 2 米。将测压管放入孔内，周围回填砂土。

当坝体填土到管口下 8 厘米时，可继续向上接长管道。

四、观测

一般平均每月观测一次，如遇上游水位超过正常高水位或经常保持高水位以及坝体异常时应增加测次，必要时每天观测一次。

观测方法同测压管式孔隙水压力计。

第五节　坝的渗透流量观测

一、目的

为了解坝体渗流量的变化规律，及时掌握排水设备的工作情况，判定坝体是否稳定和安全，并验证设计。

二、观测

渗透流量的观测可视渗水情况和具体条件采用量水堰法、容积法和流速法。

容积法适用于 5 升/秒以下的渗流量观测。施测时应连续测量两次，取平均值，两次测值误差不应超过渗流量的 5%。

采用量水堰法时，堰的设置以能测出坝体总渗流量为原则。如渗透水由几条沟排出时，应在各支沟上分设几个堰，并在各支沟的汇合处下游再设一个总量水堰。量水堰应尽量靠近坝趾设置。

各种锐缘薄壁堰的适用条件及过流量计算公式列于表 7－3－1。

表 7－3－1　薄壁堰的适用条件及计算公式

堰的类别	形状特征	适用条件	过流量计算公式
三　角　堰	90°角	$Q < 50$ 升/秒	$Q = 1.4H^{2.5}$
梯　形　堰	边坡 1:0.25	$Q = 10 \sim 300$ 升/秒	$Q = 1.866H^{1.5}$
矩　形　堰		$Q > 50$ 升/秒	$Q = mb\sqrt{2g}H^{1.5}$

注 表中公式符号：Q 为过流量，米^3/秒；H 为堰上水头，米；b 为堰口底宽，米；m 为流量系数，见表 7－3－1 符号说明。

第六节　排水管的土压力观测

一、目的

为了解不同尾矿堆高时作用于排水管及地基上的土压力大小，以验证设计，并为科研积累基础资料。

二、测点布置

在排水管受最大土压处、地质情况复杂处以及需要验证设计或收集资料的管段等处至少选择 2 个断面，在每个断面的排水管外壁上布置测点，测点数不少于 3～4 个（图 7－3－23）。

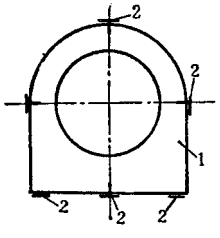


图 7－3－23　土压力测点布置示意图

1—排水管；2—测点

三、观测设备

土压力观测采用土压计，由压力盒和压力指示器组成。土工上常用的土压力盒有钢弦式和电阻应变式两种。选用时，其最大测量范围应至少大于该测点上设计最大土压力的 50%。

（一）钢弦式土压力计

1. 结构

钢弦式土压力盒的结构如图 7－3－24 所示。土压力通过传压板施加压力于横梁上，架在横梁上的钢弦受到张力，振动频率随之改变。根据钢弦的振动频率即可确定土

压力的大小。

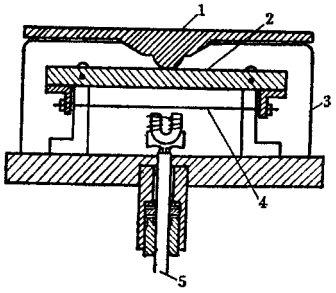


图 7－3－24　钢弦式土压力盒示意图

1—传压板；2—横梁；3—软铁皮；4—钢弦；5—电线

测定钢弦振动频率采用频率接受器(图 7－3－25)。

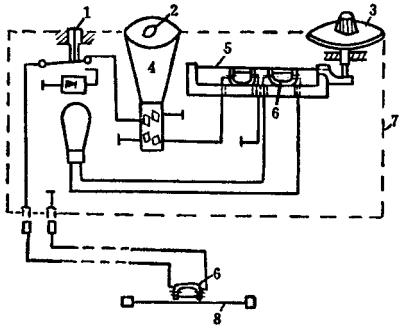


图 7－3－25　频率接受器示意图

1—电钮；2—椭圆形的光圈；3—刻度盘；4—阴极射线管；5—平衡钢弦；

6—马蹄形磁铁；7—接受器木箱；8—测头钢弦

2. 埋设

在埋设土压力盒之前，应对已率定好的土压力盒进行气封和水压试验，并涂环氧树脂防腐。在排水管浇筑混凝土时，将压力盒嵌入管壁内，使其承压面与管壁外表面齐平。在压力盒与观测室之间用电缆线连接。

为满足长期观测的要求，土压力盒的连接导线及电缆接头应具有足够的抗拉强度和良好的防水性能。

3. 观测

一般情况下初期每季观测一次，当通过观测掌握了土压力的变化规律以后，测次可适当减少，改为每年或每次堆坝时观测一次。

观测时先按动电钮，使土压力盒中的磁铁产生磁力吸引钢弦，然后放开电钮使磁力消失，钢弦即产生振动。同时转动接受器上的刻度盘，使仪器中的平衡钢弦受到张力并产生振动。这两个钢弦的振动频率即由各自的马蹄形磁铁线圈所接受，并经电线传至示波管中。如两钢弦的振动频率相同，则在荧光屏上呈现一椭圆形的光圈。根据刻度盘上的刻度即可测出土压力盒内钢弦的振动频率，再从率定曲线上查出土压力大小。

（二）电阻应变仪式土压力计

电阻应变式土压力盒的结构如图 7－3－26 所示。土压力通过受压铜皮经传压油传到钢膜上，钢膜下面粘贴电阻应变丝片，并在钢环上粘贴温度补偿电阻丝片用以校正温度应变的影响。为防止粘贴胶水受潮，在盒内放有矽胶干燥剂。土压力盒用三蕊橡胶软线与观测室集线箱连接。

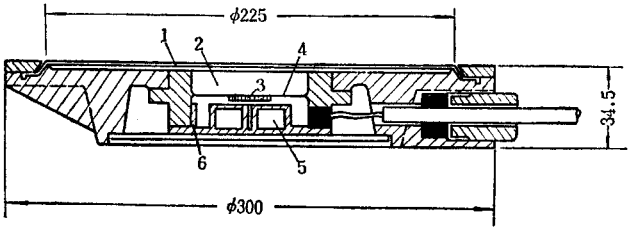


图 7－3－26　电阻应变式土压力盒

1—受压铜皮；2—传压油；3—主动电阻丝片；4—钢膜；

5—矽胶干燥剂；6—温度补偿电阻丝片

电阻应变仪式土压力计的测读设备为一电桥。观测时，在测站内用比例电桥逐个接通集线箱上各个电缆插头，分别测读其电阻和电阻比，再从率定曲线上查出土压力大小。

第四章　尾矿水的回收与排放

尾矿水与其它工业废水相比有如下特点：①数量大；②有害物质含量通常不高；③经过尾矿库较长时间的澄清并与其中的迳流水混合后排出。因此，自尾矿库排出的尾矿澄清水一般对下游危害轻或无害。

为避免工业同农业争水现象，降低选矿厂生产供水系统的基建经营费用，减少工业废水对下游的影响，尾矿水在选矿生产许可的条件下，应通过技术经济比较，尽可能多回收利用，少向下游排放。

第一节　尾矿水的回收

一、尾矿库回水设计的要点

(1)尾矿库回水在选厂生产供水中常占较大比重，有些甚至作为主要的水源，通常希望尾矿库在雨季尽量多储水，以提高回水率。但这样就会使尾矿库长期处于高水位情况下工作；而为了保证尾矿堆积坝的安全，则要求尾矿库常处于低水位情况下工作。在提高回水量和确保坝体安全这一矛盾中，主要矛盾方面是坝体安全的要求。因此，尾矿库的回水量，必须在确保尾矿堆积坝安全工作的前提下，确定尾矿库的允许最高工作水位，并通过水量平衡及迳流调节计算予以确定。

(2)回水取水构筑物的型式对回水率及回水均恒性有很大影响。一般来说，设于坝

内的取水构筑物,回水率较高,回水量比较均匀且易得到保证。坝外固定式泵站取水,回水水量受库内排水构筑物排水孔布置的影响,常产生波动。因此,在确定回水取水构筑物时,应结合对回水率的要求进行考虑。

(3)尾矿库的回水率,在使用初期受库区水文地质条件影响较大,随着尾矿的不断排入,渗透通道逐渐被尾矿淤塞,回水率可逐渐提高。因此,取水设备的选择,应留有一定的富裕能力或逐步增大取水能力的可能性。

(4)尾矿水在库中随澄清距离的增长而逐渐澄清。为保证一定的回水水质,回水取水点应距尾矿排放点有一定的距离。由于尾矿堆积坝是逐步堆高的,因此,回水取水构筑物的布置,应考虑尾矿库整个使用期间尾矿水澄清距离的要求。

(5)尾矿库中的水位随着尾矿堆积坝的不断加高而逐渐上升。因此,尾矿库回水设计应考虑充分利用库中水头的可能性,以减少选矿厂供水电费。

二、尾矿库的水量平衡计算

(一)尾矿库的来水量

1. 径流量

尾矿库的汇水面积一般较小,常缺乏长期的径流观测资料,因此,尾矿库的径流量多通过降雨量来推算。

(1)设计保证率的年降雨量计算

尾矿库的回水保证率应与选矿厂生产供水新水水源的保证率相同,一般可取为 90 ~ 95%,以此作为设计保证率推求设计降雨量。

①经验频率曲线法

尽量收集附近气象站多年的年降雨量资料,按递减次序排列成表,用公式(7 - 4 - 1)计算其相应的频率值:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \qquad (7-4-1)$$

式中　P——经验频率;

m——年降雨量序号;

n——年降雨量总项数。

以计算的频率 P 和相应的年降雨量,点绘于机率格纸上,连接各点即绘成经验频率曲线。将曲线顺势外延,即可求得设计频率的年降雨量。

②理论频率曲线法

为免除经验频率曲线外延的主观随意性,采用适线法以理论频率曲线去附合按经验

频率曲线法确定的经验点，直到两者基本相合时，即可由理论频率曲线求得设计频率的年降雨量。

理论频率曲线可按下列公式计算：

$$H_P = K_P \overline{H} \tag{7-4-2}$$

$$K_P = 1 + C_v \Phi_p \tag{7-4-3}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} \tag{7-4-4}$$

式中　H_P——不同频率 P 时的年降雨量，毫米；

$\overline{H}$——年降雨量系列均值，毫米；

K_P——不同频率时的模比系数，也可由附录Ⅳ查得；

C_v——变差系数，也可由水文图集查得；

K——年降雨量的变率，$K = \frac{H}{\overline{H}}$；

H——系列中各年的降雨量，毫米；

n——年降雨量系列的总项数；

Φ_p——离均系数。

适线时，可先假定偏差系数 $C_s = 2C_v$，按此绘出的理论频率曲线如和经验点不合时，应重新假定 C_s 进行计算，直至两者基本相合为止。

〔例 1〕　某地 17 年(1954～1970)的年降雨量 H 资料列于表 7－4－1，试求保证率为 95%时的年降雨量。

解：

Ⅰ．按经验频率曲线法

用公式(7－4－1)计算的结果列于表 7－4－1 末栏，据此绘成经验频率曲线如图 7－4－1 所示。

将曲线顺势外延，求得保证率为 95%时的年降雨量为 920 毫米。

Ⅱ．按理论频率曲线法

由表 7－4－1 计算出系列均值：

$$\overline{H} = \frac{\sum H}{n} = \frac{23463}{17} = 1380 \text{ 毫米}$$

计算系列的变率 K 值(其总和应等于 n 值)，$(K-1)$值(其总和应为零)，以及 $(K-1)^2$ 值；

计算变差系数 C_v 值：

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.868}{17-1}} = 0.23$$

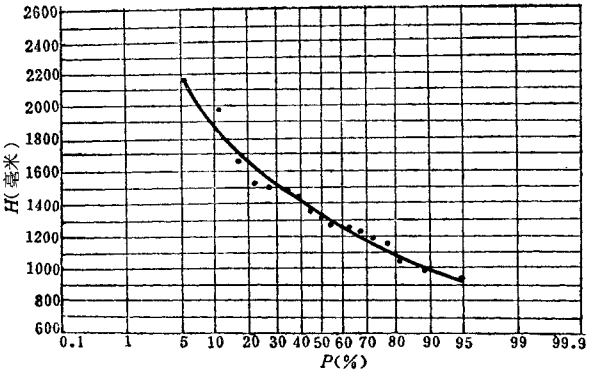


图 7－4－1　经验频率曲线

假定 $C_s = 2C_v$，由附表Ⅳ—1 查出 $C_v = 0.23$（用内插法）时各频率相应的 K_P 值，算出各频率的年降雨量 H_P 值，列于表 7－4－1。

表 7－4－1　年降雨量频率计算表

序　号	年　份	H（毫米）	$K = \frac{H}{\overline{H}}$	$K-1$	$(K-1)^2$	$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$
1	1954	2133	1.55	0.55	0.303	5.6
2	1969	1964	1.43	0.43	0.186	11.1
3	1970	1678	1.21	0.21	0.044	16.7
4	1964	1521	1.10	0.10	0.010	22.2
5	1962	1503	1.09	0.09	0.008	27.8
6	1959	1479	1.07	0.07	0.005	33.3
7	1957	1408	1.02	0.02	0.004	38.9
8	1965	1350	0.98	－0.02	0.004	44.4
9	1958	1310	0.95	－0.05	0.003	50.0
10	1963	1284	0.93	－0.07	0.005	55.6
11	1956	1247	0.90	－0.10	0.010	61.1
12	1960	1230	0.89	－0.11	0.012	66.7
13	1967	1196	0.87	－0.13	0.017	72.2
14	1955	1149	0.83	－0.17	0.029	77.8
15	1961	1077	0.78	－0.22	0.048	83.3
16	1968	996	0.72	－0.28	0.078	88.9
17	1966	938	0.68	－0.32	0.102	94.4
		$\sum H = 23463$			$\sum (K-1)^2 = 0.868$	

表 7－4－2　理论频率曲线计算表

频率(%)	1	2	5	10	20	50	80	90	95
K_P	1.61	1.53	1.41	1.30	1.19	0.98	0.80	0.72	0.65
$H_P = K_P \cdot \overline{H}$	2222	2111	1946	1810	1642	1352	1104	994	897

以表 7－4－2 中的 H_P 与相应的频率 P 绘制理论频率曲线(图 7－4－2)，与经验点基本相符合，说明假定的 $C_s = 2C_v$ 是合适的。

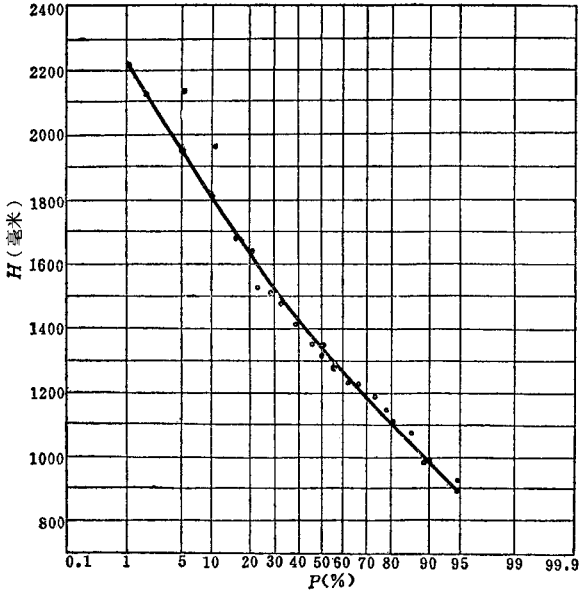


图 7－4－2　理论频率曲线

由图 7－4－2 或表 7－4－2 中查得保证率为 95%的年降雨量为 897 毫米。

③降雨资料短缺的处理

新建矿区往往缺乏长期降雨观测资料，因此在推求设计保证率的年降雨量时，常需借用邻近地区长期观测站的资料，将本地区短期降雨资料加以延长。

有时，本地区无降雨观测资料，不得不直接引用邻近地区的资料，结合本地区特点加以修正后使用。

A. 当本地区降雨观测资料很短时，可找出它与附近地区长期观测站的雨量关系，以求得多年降雨量平均值。

〔例 2〕　已知某矿区仅有 1952～1955 年四年降雨观测资料，其它与邻近地区长期观测站的年降雨关系见表 7－4－3。

表 7－4－3　两地降雨比值表

年　份	邻近地区年降雨量 H_1(毫米)	矿山地区年降雨量 H_2(毫米)	比值 $\frac{H_2}{H_1}$
1952 年	1750	2041	1.17
1953 年	2084	2213	1.06
1954 年	1308	1719	1.31
1955 年	1455	1955	1.34
平　均	—	—	1.22

已知邻近地区长期观测站平均年降雨量为 1545 毫米，则本地区多年平均年降雨量为：

$$1545 \times 1.22 = 1885 \text{ 毫米}$$

年降雨量比值的平均值，在不同计算时段有所不同。因此，当计算时段内兼有水，旱年份时，可采用两地年降雨量比值的平均值 如计算时段内仅为多水年或旱年，则宜采用接近于平均年份的比值。

B. 当本地区观测资料较短，而邻近地区气象站有长期观测资料，且两系列观测资料相关关系良好时，可用相关方程式来延长较短系列的资料。

两系列观测值相关是否良好，可按公式(7－4－5)判别：

$$r = \frac{\sum (x - \overline{x})(y - \overline{y})}{\sqrt{\sum (x - \overline{x})^2 \sum (y - \overline{y})^2}} \qquad (7-4-5)$$

式中　r——相关系数；

x、y——分别为长系列和短系列对应的观测值；

$\overline{x}$、$\overline{y}$——各系列观测值的平均值；

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{n}, \overline{y} = \frac{\sum y}{n}$$

n——短系列的观测项数；

$\sum x$、$\sum y$——各系列观测值的总和(对于长系列取与短系列对应项数观测值的总和)。

一般认为：当 $r = 0.7 \sim 1.0$ $\left($或 $|r| > |4Er| = |2.698 \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}|\right)$ 时，两系列相关良好。

相关方程式见公式(7－4－6)：

$$y - \overline{y} = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}(x - \overline{x}) \qquad (7-4-6)$$

式中　σ_x、σ_y——各系列观测值的均方差，

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \overline{x})^2}{n - 1}} \tag{7-4-7}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \overline{y})^2}{n - 1}} \tag{7-4-8}$$

其余符号同前。

将附近地区长期雨量观测值(以 x 系列代表)代入公式(7-4-6),即可求得本地区对应年的降雨量(以 y 系列代表)。

〔例 3〕 已知某矿区有 11 年的年雨量记录,附近地区有较长期的年雨量记录,试用相关法延长矿区年雨量系列。

解:

计算列表进行(表 7-4-4)。

表 7-4-4　y 与 x 相关计算表

序号	y	x	$y-\overline{y}$	$x-\overline{x}$	$(y-\overline{y})^2$	$(x-\overline{x})^2$	$(y-\overline{y})(x-\overline{x})$
1	124	110	-21	-20	441	400	420
2	196	182	51	52	2601	2704	2652
3	168	145	23	15	529	225	345
4	127	122	-18	-8	324	64	144
5	175	163	30	33	900	1089	990
6	156	143	11	13	121	169	143
7	84	78	-61	-52	3721	2704	3172
8	132	127	-13	-3	169	9	39
9	91	62	-54	-68	2916	4624	3672
10	147	130	2	0	4	0	0
11	195	168	50	38	2500	1444	1900
$\sum$	1595	1430	0	0	14226	13432	13477

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1430}{11} = 130$$

$$\overline{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{1595}{11} = 145$$

$$\frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \sqrt{\frac{\sum (y - \overline{y})^2}{\sum (x - \overline{x})^2}} = \sqrt{\frac{14226}{13432}} = 1.03$$

$$r = \frac{\sum (x - \overline{x})(y - \overline{y})}{\sqrt{\sum (x - \overline{x})^2 \sum (y - \overline{y})^2}}$$

$$= \frac{13477}{\sqrt{13432 \times 14226}} = 0.977$$

$$Er = 0.6745 \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}} = 0.6745 \frac{1 - 0.977^2}{\sqrt{11}} = 0.01$$

$r = 0.977 > 4Er = 0.04$(说明两系列相关良好)

相关计算方程式为：

$$y - 145 = 0.977 \times 1.03(x - 130)$$

即

$$y = 1.01x + 14$$

根据附近地区观测站的 x，代入上式即可求得对应年矿区的雨量 y。

③当矿区处于高程很高的山区，而利用附近平原地区的雨量资料时，则需结合山区地形条件进行修正(对于平原地区的局部山地，汇水面积只有 1～2 平方公里以下的孤立山峰，对气流不起明显的阻挡和抬升作用可不予修正)。山区雨量的特征是：迎风坡的雨量比背风坡的雨量为大，同时雨量随高程的增加而增加。对于雨量充沛地区，增率较大；对于雨量稀少地区，则增率较小。对于比较干旱的地区，雨量随高程增加到某一高度使雨量达到最大值后，由于大部水气已经凝结下降，再往上去雨量不再增加，反而逐渐减少。

根据当地综合出来的地面高程与平均年雨量关系曲线，求得年雨量随高程的增率值，即可用低处的年雨量来推算高处的年雨量。

(2)年迳流总量的计算

$$W_P = 1000 H_P (F_1 \alpha + F_2) \qquad (7-4-9)$$

式中　W_P——设计保证率的年迳流总量，米^3；

H_P——保证率为 P 的年降雨量，毫米；

F_1——汇水面积内的陆面面积，公里^2；

F_2——尾矿库水面面积，公里^2(当水面面积小于 10%汇水面积时，可不单独计算)；

α——枯水年迳流系数，参照当地水文资料确定。如无资料可视当地地表被复、地形地质情况和气象条件，参照表 7－4－5 选用。

当用多年平均迳流系数 α_0 代替枯水年迳流系数 α 计算 W_P 时，将得出偏大的 W_P 值。

$$\alpha_0 = \frac{31.5 M_0}{\overline{H}} \qquad (7-4-10)$$

式中　$\overline{H}$——多年平均年降雨量，毫米；

M_0——年迳流模数，升/秒·公里^2，可由水文图集中查得。

表 7－4－5　各地区迳流系数 α

地　区	山　地	丘　陵	平　原
平均年雨量为 500～1000 毫米时	0.25～0.40	0.10～0.25	0.05～0.10

(3)年迳流量的逐月分配

可由当地水文图集查得。当缺乏资料时,可参照典型枯水年雨量的逐月分配率,按下式进行计算:

$$W_1 = RW_P \tag{7-4-11}$$

式中　W_1——尾矿库的逐月迳流量,米^3;

R——典型枯水年降雨量的逐月分配率,%。

〔例 4〕　已知尾矿库汇水面积 $F = 3.5$ 公里^2,其中水面面积 $F_2 = 0.5$ 公里^2,迳流系数 $\alpha = 0.365$,设计保证率 $P = 95\%$ 时的年降雨量 $H_P = 896$ 毫米,求年迳流量的逐月分配。

解:

计算年迳流总量:

$$W_P = 1000H_P(F_1\alpha + F_2)$$
$$= 1000 \times 896(3 \times 0.365 + 0.5) = 1429000 \text{ 米}^3;$$

计算年迳流量的逐月分配:

某气象站枯水年(1968 年)逐月降雨量、年雨量逐月分配率及年迳流量的逐月分配计算如表 7－4－6。

表 7－4－6　年迳流量的逐月分配计算

月　份	1	2	3	4	5	6	7
1968 年降雨量(毫米)	40.35	31.25	84.5	130.4	178.3	106.55	120.75
年雨量逐月分配率(%)	4.17	3.23	8.74	13.48	18.44	11.02	12.48
年迳流量的逐月分配(千米^3)	59.6	46.2	124.9	192.6	263.5	157.5	178.3

月　份	8	9	10	11	12	全　年
1968 年降雨量(毫米)	30.9	46.45	51.1	39.3	107.35	967.05
年雨量逐月分配率(%)	3.19	4.80	5.28	4.07	11.10	100.00
年迳流量的逐月分配(千米^3)	45.6	68.6	75.4	58.2	158.6	1429

2. 尾矿浆带入水量

$$W_w = \frac{QA}{365}B \tag{7-4-12}$$

式中　W_w——排入尾矿库的尾矿浆逐月带入水量，米^3/月；

Q——尾矿浆中的含水量，米^3/日；

A——选矿厂的年工作日数；

B——各月天数。

(二)尾矿库的损失水量

1. 水面蒸发损失水量

(1)水面年蒸发水量

$$W_F = 1000 Z_P F_2 \tag{7-4-13}$$

式中　W_F——年蒸发损失水量，米^3；

F_2——尾矿库水面面积，公里^2；

Z_P——频率为 P 的年蒸发量，毫米，可由当地气象站的观测资料用经验频率曲线或理论频率曲线法推求①。蒸发量的设计频率应与年雨量保证率相适应(例如年雨量保证率为 95%时，蒸发量的频率取为 5%)。

(2)年蒸发损失水量的逐月分配

采用典型年(接近于设计频率的年份)蒸发量的逐月分配率，按公式(7-4-14)计算：

$$W_z = R_z W_F \tag{7-4-14}$$

式中　W_z——尾矿库水面逐月蒸发损失水量，米^3；

R_z——典型年蒸发量的逐月分配率，%；

W_F——同上。

2. 渗透损失水量

对于一般地质情况的尾矿库，其渗透损失水量粗略计算时可按公式(7-4-15)或(7-4-16)计算：

$$W_s = \frac{F_2 H_s}{365}B \tag{7-4-15}$$

或

① 当蒸发量系用小型蒸发器测得时，其数值应按下式进行修正：$Z_P = KZ'_P$，Z'_P 为用小型蒸发器观测资料推求的频率为 P 时的年蒸发量，K 为折算系数，可由各地编制的气象资料中查得，或用下式计算：$K = \frac{Z_d}{Z_x}$，其中 Z_d 为大型蒸发池(或水面漂浮蒸发器)的观测蒸发量，Z_x 为小型蒸发器的观测蒸发量。

$$W_s = \frac{V_s \delta}{365} B \qquad (7-4-16)$$

式中　W_s——尾矿库逐月渗透损失水量，米^3；

F_2——尾矿库水面面积，米^2；

H_s——尾矿库年渗透水层高度，米，可参照表 7－4－7 选择；

V_s——尾矿库内水体体积，米^3；

δ——尾矿库年渗透水量百分数，由表 7－4－7 选取；

B——各月天数。

表 7－4－7　尾矿库渗透损失的一般数据

水文地质条件	渗透损失			
	H_s(米)		δ(%)	
	年	月	年	月
良好的水文地质条件(尾矿库位于不透水地层上)	0.5	0.04	5～10	0.5～1
中等水文地质条件	0.5～1	0.04～0.08	10～20	1～1.5
不良的水文地质条件(尾矿库位于不含水的透水地层上)	1～2	0.08～0.16	20～40	1.5～3

对于特殊地质情况的尾矿库，则需分别计算坝体、坝基库底和沿岸的渗透量。

3．沉积尾矿空隙中的截留水量

$$W_k = \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_g}\right) W \qquad (7-4-17)$$

式中　W_k——沉积尾矿空隙中的截留水量，米^3/月；

γ_d——尾矿的平均堆积容重，吨/米^3；

γ_g——尾矿比重；

W——排入尾矿库的尾矿量，吨/月。

(三)尾矿库水量平衡计算方法

尾矿库的迳流调节一般均采用季调节(即迳流的利用仅在一个水文年的范围内)。

尾矿库的水量平衡计算方程式如公式(7－4－18)：

$$(W_J + W_w) - (W_z + W_s + W_k) - W_x = \pm \Delta W \qquad (7-4-18)$$

式中　W_J——尾矿库降雨迳流量；

W_w——尾矿浆带入水量；

W_z——尾矿库水面蒸发水量；

W_s——尾矿库库区渗漏水量；

W_k——尾矿库沉积尾矿空隙中的截留水量；

W_x——需要回水量；

ΔW——尾矿库中水的盈亏量。

计算时，先确定一个回水量，用上述水量平衡方程式逐月计算出 $\pm\Delta W$，然后求出所需尾矿库的调节库容。

当所需调节库容的水位较高，不满足尾矿坝的安全要求时，则须降低回水量重作计算。

由于尾矿库的水面面积、容积是随着尾矿堆积坝的增高而变化的，因此水量平衡计算通常选择尾矿库生产初期及后期两个代表性时期进行计算，必要时还须对中期进行验算。

〔例 5〕　已知选矿厂排出尾矿量 8500 吨/日，尾矿浆含水量 30600 米^3/日，尾矿比重 2.8，堆积容重 1.5 吨/米^3，尾矿库汇水面积 4.0 平方公里，选矿厂年工作日数 340 天，要求回水量为矿浆带入水量的 85%，回水设计保证率为 95%，降雨量（保证率 95%）为 896 毫米，初期坝坝顶标高 200 米，正常水位 195 米，相应水面面积为 0.35 平方公里。

试进行尾矿库初期水量平衡计算。

解：

Ⅰ. 年降雨迳流总量及年迳流量的逐月分配（表 7－4－8）：

$$W_P = 1000 H_P F\alpha = 1000 \times 896 \times 4 \times 0.3 = 1075200 \text{ 米}^3$$

（水面面积小于 10%汇水面积，不单独计算）；

表 7－4－8　逐月迳流量计算表

月　份	1	2	3	4	5	6	7
分　配　率(%)	4.17	3.23	8.74	13.48	18.44	11.02	12.48
迳流量(千米^3)	44.84	34.73	93.97	144.94	198.26	118.49	134.18

月　份	8	9	10	11	12	合　计
分　配　率(%)	3.19	4.80	5.28	4.07	11.10	100
迳流量(千米^3)	34.30	51.61	56.77	43.76	119.35	1075.2

Ⅱ. 矿浆带入水量：

大月：$W_w = \dfrac{QA}{365} B = \dfrac{30600 \times 340}{365} \times 31 = 884000$ 米^3；

小月：$W_w = \dfrac{30600 \times 340}{365} \times 30 = 855000$ **米**^{3}；

平月：$W_w = \dfrac{30600 \times 340}{365} \times 28 = 798000$ **米**^{3}。

Ⅲ. **蒸发损失水量：**

设计频率为 5% **的年蒸发量** $Z_P = 1670$ **毫米，**

$$W_z = 1000 Z_P \cdot F_2 = 1000 \times 1670 \times 0.35 = 584500 \text{ 米}^3;$$

表 7－4－9　**逐月蒸发损失水量计算表**

月　份	1	2	3	4	5	6	7
分　配　率(%)	2.84	3.3	6.76	12.9	13.8	15.6	12.0
蒸发水量(千米^3)	16.6	19.29	39.52	75.4	80.66	91.18	70.14

月　份	8	9	10	11	12	合　计
分　配　率(%)	9.3	9.2	7.2	4.26	2.84	100
蒸发水量(千米^3)	54.36	53.77	42.08	24.9	16.6	584.5

Ⅳ. **渗透损失水量：**

渗透损失按每年渗透水层高度 2 **米计**

大月：$W_s = \dfrac{F_2 \cdot H_s}{365} B = \dfrac{350000 \times 2}{365} \times 31 = 59450$ **米**^{3}；

小月：$W_s = \dfrac{350000 \times 2}{365} \times 30 = 57540$ **米**^{3}；

平月：$W_s = \dfrac{350000 \times 2}{365} \times 28 = 53690$ **米**^{3}。

Ⅴ. **尾矿空隙截留水量：**

大月：$W_k = \left(\dfrac{1}{\gamma_d} - \dfrac{1}{\gamma_g}\right) W = \left(\dfrac{1}{1.5} - \dfrac{1}{2.8}\right) \times 8500 \times 31$

$= 82000$ **米**^{3}；

小月：$W_k = \left(\dfrac{1}{1.5} - \dfrac{1}{2.8}\right) \times 8500 \times 30 = 79000$ **米**^{3}；

平月：$W_k = \left(\dfrac{1}{1.5} - \dfrac{1}{2.8}\right) \times 8500 \times 28 = 74000$ **米**^{3}。

Ⅵ. **选矿厂回水量：**

大月：$W_x = 30600 \times \dfrac{340}{365} \times 31 \times 0.85 = 751400$ **米**^{3}；

小月：$W_x = 30600 \times \dfrac{340}{365} \times 30 \times 0.85 = 726750$ **米**^{3}；

平月：$W_x = 30600 \times \frac{340}{365} \times 28 \times 0.85 = 678300$ 米^3。

Ⅶ. 水量平衡计算(见表 7－4－10)

表 7－4－10　尾矿库初期水量平衡及迳流调节计算表

月份	来水量 W_1(千米^3)			损失水量及回水量 W_2(千米^3)					$W_1 - W_2$(千米^3)		蓄泄水量(千米^3)	
	矿浆带入水量	降雨迳流量	合计	蒸发	渗透	尾矿空隙水	回水	合计	+	－	蓄存	排泄
1	884	44.84	928.84	16.60	59.45	82	751.4	909.45	19.39			19.39
2	798	34.73	832.73	19.29	53.69	74	678.3	825.28	7.45			7.45
3	884	93.97	977.97	39.52	59.45	82	751.4	932.37	45.60			45.6
4	855	144.94	999.94	75.40	57.54	79	726.75	938.69	61.25			61.25
5	884	198.26	1082.26	80.66	59.45	82	751.4	973.51	108.75			108.75
6	855	118.49	973.49	91.18	57.54	79	726.75	954.47	19.02			19.02
7	884	134.18	1018.18	70.14	59.45	82	751.4	962.99	55.19		39.36	15.83
8	884	34.3	918.3	54.36	59.45	82	751.4	947.21		28.91	10.45	
9	855	51.61	906.61	53.77	57.54	79	726.75	917.06		10.45	0	
10	884	56.77	940.77	42.08	59.45	82	751.4	934.93	5.84			5.84
11	855	43.76	898.76	24.90	59.54	79	726.75	888.19	10.57			10.57
12	884	119.35	1003.35	16.60	59.45	82	751.4	909.45	93.90			93.90
合计	10406	1075.2	11481.2	584.5	700	964	8845.1	11093.6	426.96	39.36		

Ⅷ. 调节水位高度：

为提前蓄水 39360 米^3 以备枯水期供选厂生产用水，尾矿库调节水位高度为：

$$\Delta h = \frac{39360}{350000} = 0.11 \text{ 米}$$

三、尾矿库回水取水构筑物

(一)取水构筑物的型式(表 7－4－11)

表 7－4－11　取水构筑物的型式

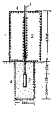
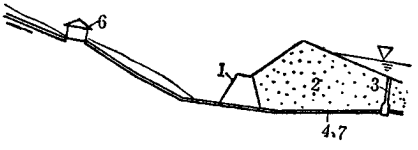
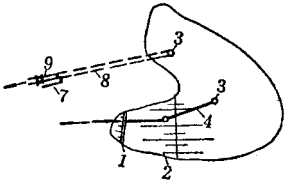
型式		配置特点	优缺点
固定式泵站	坝内	于库内岸边设临时性泵站吸水，随库中水位升高定期移动泵站位置。	1. 可利用库内水头； 2. 泵站多次拆迁生产管理较麻烦

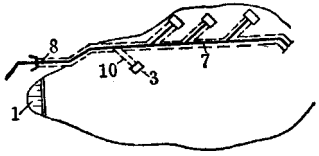
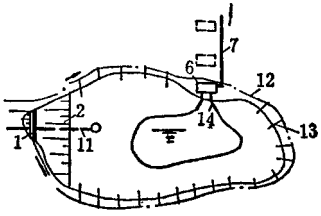
型　式		配　置　特　点	优　缺　点
固定式泵站	坝外承压式	在坝外排水管出口处设泵站取水，水泵的吸水管与排水管直接联接	1. 可充分利用库内水头； 2. 排水管承受内压，一旦损坏影响回水
	坝外吸入式	在坝外排水管出口处设集水池和水泵站	1. 设置简单； 2. 操作管理简便； 3. 不能利用库内水头
移动式泵站	缆车	在库内岸边设斜坡卷扬和缆车	1. 可充分利用库内水头； 2. 能适应较大风浪； 3. 投资较高，管理较麻烦
	囤船	在库内设囤船式水泵站	1. 可充分利用库内水头； 2. 船体维护检修较频繁； 3. 取水较缆车灵活

（二）实例

1. **固定式取水泵站（表** 7－4－12）

表 7－4－12　**固定式取水泵站实例**

型　式	示　意　图	特　点	使用单位
坝外吸入式		在坝外下游排水管出口处设集水池和取水泵站	大冶
坝外承压式		回水与排洪分设两条管路，共置于一个基础上，回水钢管外面采用拼装式拱盖保护	齐大山
坝外承压式		初期不回水，后期在排水涵洞内设压力回水管回水	水厂

型　式	示　　意　　图	特　　点	使用单位
坝外承压式		将压力回水管敷设于溢水塔及排洪隧洞内，生产安全可靠，但维修不便	攀枝花
坝内固定式		尾矿库溶洞发育，采用周边放矿法堵洞防漏；泵站进水池用砂草堆积成喇叭口状，既防止落水洞又改善了进水水质；泵站每 1～2 年移动一次	老厂（背阴山冲）

注：表中图编号：1—初期坝；2—尾矿堆积坝；3—排水井；4—自流排水管；5—集水池；6—取水泵站；7—压力回水管；8—排水涵洞；9—排洪管二根；10—排洪支洞；11—事故排泥沟；12—尾矿放矿沟；13—放矿支沟；14—砂草埂喇叭口。

2. 缆车式取水泵站（表 7－4－13）

表 7－4－13　缆车式取水泵站

使用单位	设计取水量（米³/日）	泵车数量	设备型号及台数	泵车尺寸（米）			最低最高水位差（米）	斜坡道		接管直径（毫米）	接管形式	叉管高差（米）	泵车移动一次		绞车型号	投产日期
				长	宽	净高		倾角（度）	轨距（米）				人数	时间（小时）		
个旧小凹塘	3200	1	12Sh－13 2台 $N=100$ 千瓦	6	4.28	2.3	34	17	2.5	300	橡胶软管	2	8	2	8吨手动	1964年
羊坝底	38000	1	12Sh－6 2台 $N=300$ 千瓦	6.5	5.1	2.3	60	22	3	500	伸缩节接头	3.4	8	2	10吨手动	1974年
牟　定	3500	1	6DA8×3 2台 $N=55$ 千瓦	4.5	3.5	2.5	65	22°36′	2.55	250	伸缩节接头	2.8	8	1	SJ－8手动	1975年2月

注：个旧小凹塘泵站见图 7－4－3，牟定泵站见图 7－4－4。

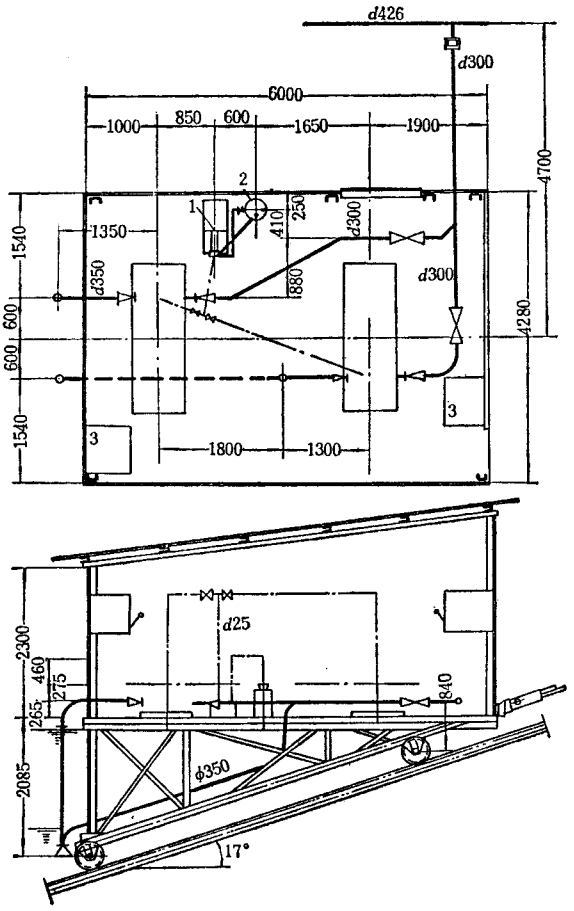


图 7－4－3　个旧小凹塘缆车回水泵站示意图

1—RBH 型真空泵；2—ϕ300×500 气水分离器；3—开关板

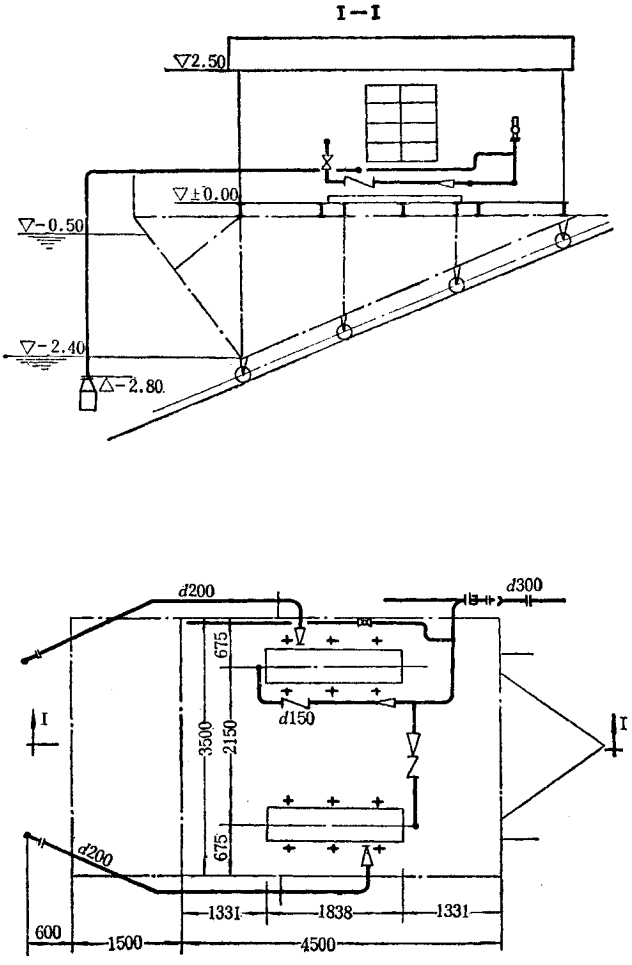


图 7－4－4　牟定缆车回水泵站示意图

3. **囤船式取水泵站(表 7－4－14)**

表 7－4－14　囤船取水泵站

使用单位	设计取水量(米³/日)	最高最低水位差(米)	囤船						水泵型号及台数	锚固方式	移船			连络管			输水斜管				投产日期
			材料	长(米)	宽(米)	吃水(米)	干舷(米)	排水量(吨)			方法	人数	时间(小时)	管径(毫米)	材料	接头	管径(毫米)	材料	坡度	叉管高差(米)	
卡房	60000	5	钢板	9.6	6.2	0.52	0.68	25	14Sh－19 2台 $N=130$ 千瓦	岸边系锚	绞车牵引	5	8	300	钢	球形	400	钢	3%	3	1975年
新冠牛坝荒	20000	24	钢板	6.0	4.4	0.33	0.70	18	12Sh－6 1台 $N=260$ 千瓦	岸边系锚	绞车牵引	2	4	300	钢	球形	300	钢	10%		1972年

使用单位	设计取水量（米³/日）	最高最低水位差（米）	围船						水泵型号及台数	锚固方式	移船			连络管			输水斜管				投产日期
			材料	长（米）	宽（米）	吃水（米）	干舷（米）	排水量（吨）			方法	人数	时间（小时）	管径（毫米）	材料	接头	管径（毫米）	材料	坡度	叉管高差（米）	
大宝山槽对坑	13800	15	钢丝网水泥	12.5	5.0	0.75	0.65	40	8Sh－13 3台 $JO_2$83－2 N＝55千瓦	岸边系锚				300	后期为钢管	前期为胶管后期为球形	400	钢	10～40%	1	尚未投产
233工程		31	钢丝网水泥	11.5	5.0	0.7	0.7	36	5DA－8×4 2台 JO82－4 N＝40千瓦	岸边系锚				250	胶管	胶管	250	钢	10°12′ 11°20′ 21°32′	1.5	
胡家峪①			钢板	8	4.0	1.0	0.5		10Sh－13 2台 JO83－4 N＝55千瓦	岸边系锚	人工	10多人	4	300		胶管	300	钢			1967年
篦子沟②			钢木并装结构	8	4	1.0	0.5		6SA－6 2台 JO93－2 N＝75千瓦	岸边系锚	人工			300		胶管	300	钢			1965年

注：(1)表中①泵站为下承式布置，采用水射器排除舱底积水；②尾矿库用一艘浮船回收水兼排洪，排洪时启动备用泵，生产安全性差；

(2)新冠牛坝荒泵站见图7－4－5，233工程泵站见图7－4－6。

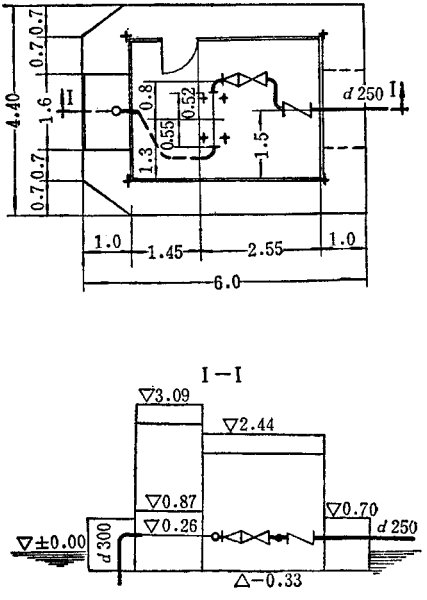


图7－4－5　新冠牛坝荒围船回水泵站示意图

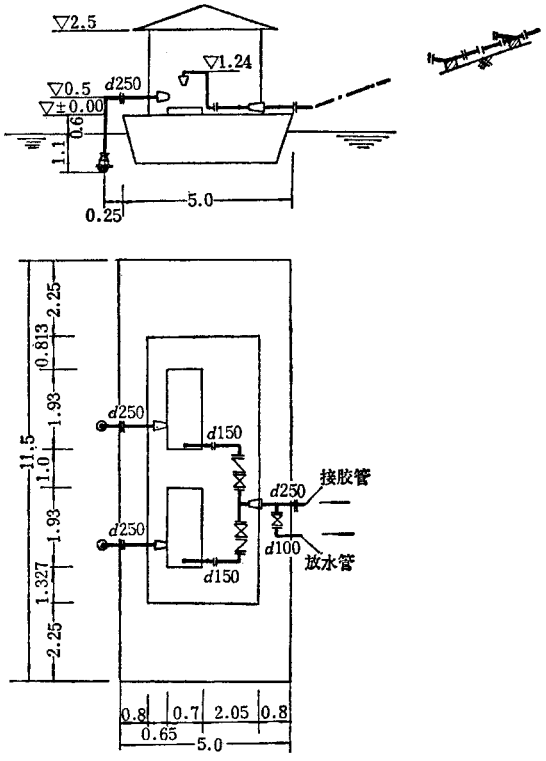


图 7－4－6　233 工程囤船回水泵站示意图

四、尾矿库回水实际资料(表 7－4－15～7－4－16)

表 7－4－15　尾矿库回水实际资料

厂矿名称	回水取水方式	尾矿库地质概况	尾矿水澄清距离(米)	回水率(%)	备注
狮子山	投产初期采用囤船,后改为坝内固定泵站(水位每升高 4 米,移动一次泵站)	表层为冲积亚粘土(厚 4～12 米)和坡积亚粘土(厚 0.5～4 米),下层为风化岩和中等风化闪长岩,水文地质条件良好	244	初期为 50,中期为 60 左右	1. 回水管内有结垢; 2. 浮选添加药剂为黄药 60 克/吨原矿;松油 40 克/吨原矿;石灰(使矿浆 pH 值达到 12)

厂矿名称	回水取水方式	尾矿库地质概况	尾矿水澄清距离（米）	回水率（%）	备注
铜官山（响水冲尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	为中等水文地质条件，边沿有一溶洞，漏水至坑下		初期为50，中后期为60左右	1. 通过试验表明，回水水质对浮选指标影响不大； 2. 浮选添加药剂为： 氰化物 20～25 克/吨矿 丁基黄药 100～120 克/吨矿 石　灰 5～8 克/吨矿 2 号油 100～120 克/吨矿 松油 100～120 克/吨矿 柴油 300～350 克/吨矿 硫酸铜 80～120 克/吨矿 3. 该库已于1967年使用完
铜官山（五里亭尾矿库）	坝内固定泵站	库址原为荒草摊芦苇塘，处在饱和含水层上，水文地质条件良好		60～80左右	为选矿厂主要生产用水水源，仅每年夏秋约3～4个月需补充部分长江水及坑下水
凤凰山（林冲尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	尾矿库位于不透水的地层上，水文地质条件良好		初期为60；中后期为65左右	
杨家杖子	坝外吸入式固定泵站	库区位于花岗岩基上，地层稳固，水文地质条件良好	350左右	>100	靠雨季储水，为选矿厂的主要生产用水水源
洼山	坝外吸入式固定泵站	中等水文地质条件		50左右	回水中含硫量较高
白银厂	坝内固定泵站	中等水文地质条件	200	初期40左右；中期60～70；后期40～50	1. 回水为碱性，游离 CaO 含量高达 600～800 克/米^3，Ca^{++} 含量较高，经常结垢，易堵塞管道； 2. 浮选添加药剂有黄药、2号油、氧化钙、硫酸铜、硫化钠
新冠（火谷都尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	表层为洪积、坡积土，下层为石灰岩，溶洞较发达	450	初期：60 中期：80 后期：85	回水中的悬浮固体量为0.001毫克/升
新冠（松树脑尾矿库）	坝内固定泵站	表层为亚粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	150	初期：40 中期：55 后期：70	回水中的悬浮固体量为0.005毫克/升

厂矿名称	回水取水方式	尾矿库地质概况	尾矿水澄清距离（米）	回水率（%）	备注
新冠（水箐尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	表层为亚粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	243	初期 50 中期 70 后期 80	回水中的悬浮固体量为0.001毫克/升
大屯（官家山尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	表层为亚粘土，下层为石灰岩，有少量溶洞	600	初期 60 中期 85	1. 浮选添加药剂有丁黄药、乙黄药、2号浮选油、水玻璃、苏打、硫酸铜、石灰、硫化钠、硫酸锌、油酸； 2. 回水管内易结垢； 3. 回水中的悬浮固体量为0.001毫克/升
大屯（团山尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	表层为亚粘土，下层为石灰岩，未发现溶洞	292	初期 60 中期 80 后期 85	回水中的悬浮固体量为0.008毫克/升
古山（葫芦塘尾矿库）	闸口	表层为亚粘土，下层为石灰岩，未发现溶洞	120	初期 75 中后期 85	回水中的悬浮固体量为0.005毫克/升
古山（广街尾矿库）	闸口	表层为亚粘土，下层为石灰岩，有少量溶洞	150	初期 70 中期 80 后期 85	回水中的悬浮固体量为0.005毫克/升。
个旧（落水洞尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	表层为亚粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	200	初期 80 中后期 85	回水中的悬浮固体量为0.001毫克/升
个旧（小凹塘尾矿库）	缆车	表层为亚粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	150	初期 40 中期 60 后期 80	回水中的悬浮固体量为0.003毫克/升
黄茅山（木登洞尾矿库）	坝内固定泵站	表层为亚粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	120	初期 70 中后期 80	回水中的悬浮固体量为0.005毫克/升
黄茅山（背阴山冲尾矿库）	坝内固定泵站	石灰岩及断层，溶洞很发达	230	初期 50 中期 80 后期 85	回水中的悬浮固体量为0.005毫克/升
老厂（阿西寨尾矿库）	坝内固定泵站	石灰岩，溶洞很发达	250	初期 45 中期 60 后期 90	回水中的悬浮固体量为0.005毫克/升

厂矿名称	回水取水方式	尾矿库地质概况	尾矿水澄清距离（米）	回水率（%）	备注
老厂（背阴山冲尾矿库）	坝内固定泵站	表层为粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	230	初期：50 中期：75 后期：85	回水中的悬浮固体量为0.006毫克/升
建设矿	坝内固定泵站	表层为粘土，下层为石灰岩，溶洞很发达	200	初期：70 中期：80 后期：85	回水中的悬浮固体量为0.007毫克/升
卡房	囤船	表层为沉积土，下层为石灰岩，溶洞很发达	460	初期：50 中期：70 后期：80	回水中的悬浮固体量为0.001毫克/升
包钢	坝外吸入式固定泵站		800	>75	1. 浮选添加药剂为氧化石腊皂、碳酸钠、水玻璃； 2. 尾矿库回水是选矿厂的主要水源，回水对选矿指标无影响
大冶	坝外吸入式固定泵站				1. 氧化矿系统均从尾矿库回水，由于加入调整剂石灰，水质甚清。硬度大（>70度）使管道和设备有轻微结垢； 2. 浮选添加剂为黄药、硫化钠、2号油、石灰
胡家峪	囤船				选矿厂用水全部来自尾矿库回水
篦子沟	囤船				回水水质系新水与尾矿水的混合水
南芬（小庙儿沟尾矿库）	坝外吸入式固定泵站	为弱透水地层	>380	初期：50 中后期：70	回水中的悬浮固体量为0.0002毫克/升

表 7-4-16 尾矿库的回水水质

厂矿名称		项目名称																
狮子山新华山尾矿库	旱季(12月)雨季(4月)	K^+Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Al^{+++}	Cu^{++}	Fe^{+++}	$SO_4^=$	$CO_3^=$	$SiO_3^=$	Cl^-	OH^-	SO_3^-	总硬度	永久硬度	暂时硬度	总碱度	pH值
		13.45	215.29	1.86	微	0.014	0.2	358.37	171.91	无	54.88	53.26	>7	31.95度	21.49度	10.46度	10.46度	11.40
		—	90.96	—	0.48	0.04	—	260.00	153.60	9.6	无	无	无	—	—	—	—	—
铜官山 响水冲尾矿库	1964.12.11 1965.1.14	Ca^{++}	Mg^{++}	Cu^{++}	$\frac{Fe^{++}}{Fe^{+++}}$	$SO_4^=$	CN^-	Recss$^-$	总硬度	pH值								
		225.2	40.4	0.127	1.17	1586	0.436	0.46	40.7度	7.0								
		516	120	—	4.53	1650	0.487	—	—	6.5								
铜官山 五里亭尾矿库	1973. 1974.10.7 1974.11.6 1974.12.6	200～500	25～40	0.12～0.15	1～4	1500	—	—	40.7度	7.5								
		182	23～40	0.648	无	0.198	0.002	—	—	5.7								
		187	18	无	微	461	无	—	—	6.0								
		347	39	无	微	1026	微	—	—	5.0								
凤凰山林冲尾矿库	1975.3.18	Ca^{++}	Mg^{++}	Fe^{+++}	Fe^{++}	酚	Hg	CN^-	Pb	Co	Cr	As	Cu	Cd	SO_4	总硫化物	pH值	
		63.75	50.40	微	—	0.01	0.001	—	0.012	0.009	—	0.006	微	—	65	0.032	5.7	
白银厂尾矿库		Cu^{++}	Zn^{++}	Ca^{++}	In^{++}	Tl^{++}	As^{+++}	Se^{++++}	CaO	悬浮体	溶解固体	总硬度	暂时硬度	全碱度	pH值			
		1～1.5	1.5～5.3	<0.1	<0.01	<0.04	0.19～0.34	0.12～0.2	1400	102	2920	952	399	2258	11.7			
大屯官家山尾矿库		Ca^{++}	Mg^{++}	$SO_4^=$	SiO_2	OH^-	CO_3	HCO_3	pH									
		167.88	2.06	352.9	3.4	0	15.75	34.39	8.4									
大屯团山尾矿库		50.5	10.2	260	0	0	5.83	85.38	7.5									

厂矿名称		项目名称										
大冶尾矿库		悬浮物	溶解固体	总固体	总硬度	总硫化物	总铁	Cu^{++}	Co	松节油	黄药	pH值
	给矿	96273	896	97169	71.2度	4.4	75	0.5	—	35	2.5	7.75
	回水	39	936	925	74.3度	3.6	0.1	—	—	75	—	7.9

胡家峪毛家湾尾矿库	透明度	色度	总固体	总硬度	暂时硬度	永久硬度	总碱度	酚钛碱度	甲基橙碱度	pH	Ca^{++}	总铁量	Cu	Pb	Zn
	φ2.5CM高20CM透明	5度	244	6.21度	2.8度	3.41度	2.02 Mg-N/升	0.092 Mg-N/升	1.93 Mg-N/升	7.2	16.16	0.3	无	无	无

As	氨氮	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮	Mg^{++}	氯化物	氟化物	杂菌数	大肠菌数	硫化物
无	0.064	0.07	0.048	17.15	7.50	0.6	—	—	0

篦子沟莫家洼尾矿库	透明度	色度	总固体	总硬度	暂时硬度	永久硬度	总碱度	pH	Ca^{++}	总铁量	氨氮	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮	Mg^{++}
	φ2.5CM高20CM透明	3.2度	244	9.03度	6.16度	2.87度	3.31	7	21.21	0.2	2.2	0.19	0.004	26.35

氯化物	氟化物	As
8.5	0.18	0

注：表中数据除注明单位外，均以毫克/升计。

第二节　尾矿水的排放

一、尾矿水中常见的有害成分

某些选矿厂的尾矿水含有有害物质，其来源为选矿过程中加入的浮选药剂以及矿石中的金属元素。常见的有：氰化物①、黄药②、黑药③、松根油、铜、铅、锌，个别情况下还可能有砷、酚、汞等。

浮选药剂留在尾矿水中的占选矿加药量的百分数通常为：

黄药——2.5～3.5%

黑药——＜5%

氰化物——20～30%

酚类——70～95%

松根油——50～90%

这些有害物质的性质见表 7－4－17 所示。

表 7－4－17　常见有害物质的性质

种　类	名　称	性　　质
浮选剂	氰化物	剧毒（铁和亚铁氰化物只有在能释放出氰时才有毒，但其离解常数极低，铬氰化物毒性有限），作用于神经系统，达一定剂量时，可致人急性死亡 0.1～0.6 毫克/升时有芳香嗅，1 毫克/升以上有使人麻醉的嗅味 单氰化合物水中稳定性低，易水解，搅拌和自然曝气能加快分解： $NaCN + CO_2 + H_2O = NaHCO_2 + HCN\uparrow$ $KCN + CO_2 + H_2O = KHCO_3 + HCN\uparrow$ $KCN + H_2O \rightleftharpoons KOH + HCN\uparrow$ $HCN + 2H_2O \rightleftharpoons HCOOH + NH_3$ 复氰化合物较稳定，分解较慢

① 氰化物可分为①单氰化合物——氰的普通化合物，如 $Cu(CN)_2$、KCN、NaCN 等，在溶液中成氰的单一离子（CN^-）；②复氰化合物——氰同两种金属的复合物，如 $NaCu(CN)_3$、$K_2[Zn(CN)_4]$ 等，在溶液中成氰的金属络离于如 $Cu(CN)_3^-$，$Zn(CN)_4^{--}$；

② 黄药（黄原酸盐）有乙基、丁基、戊基等；

③ 黑药（二硫代磷酸盐）有二甲基、二乙基、二丁基等。

种　类	名　称	性　　质
浮选剂	黄　药	有特殊臭味(浓度 0.05 毫克/升时即可感觉)在水中易水解： $ROCSSNa + H_2O \rightleftharpoons ROCSSH + Na^{++} + OH^-$ $ROCSSH \longrightarrow ROH + CS_2$
	黑　药	水中含量很少就有不利的特殊气味
	松节油	松脂味 在水面上形成泡沫
	酚　类化合物	有毒，数量不大就能杀死水中微生物，水中含量超过 0.01 毫克/升即有异味，达到中毒浓度时，其臭味已无法忍受
	石油产品	达 0.5 毫克/升时可使鱼类丧失鲜味
金属离子	铅	蓄积性很强的毒物，超过 1 毫克/升时，一般不能排出而被身体吸收，慢性积累中毒，损害健康或致死，经常少量摄入可引起智力不足，神经病患 达 2～4 毫克/升时，水呈现混浊 在水中易沉淀，但又可重溶于水
	铜	是与人体新陈代谢有关的元素，少量无毒，每日摄入 10～20 毫克不致中毒，长期服入少量也充导致积贮中毒的危险 大量钢或其化合物可致病，严重时肝脏受损，摄入量 100 毫克/升对消化道有刺激，可引起腹痛 水中含量 1～5 毫克/升便可感觉有异味，超过 5 毫克/升时即无法饮用
	锌	毒性甚低，是对动植物生命有重要意义的有益元素，只有每天摄入达数百毫克长期作用才发生中毒，在体内无蓄积作用 水中含量超过 10 毫克/升时即呈混浊，在 5 毫克/升时即可出现金属味
	汞	多慢性中毒，每日服入 15 微克对人无害，大量食入能损害脑及中枢神经系统
其它	砷	有毒，但每日摄入量小于 0.5 毫克时，在人体代谢中不发生毒害作用，每人每日从食物中摄入的砷不超过 0.3 毫克，地面水对砷有一定的自净作用 无机化合物在水中很稳定

二、尾矿水的排放条件

(1)排放的尾矿水，其水质应符合工业“废水”排放标准的规定。工业“废水”的排放标准，与当地的具体情况有密切关系。各地环境保护部门在满足卫生、渔业、灌溉、城建等要求的前提下，制定有地区性“三废”排放标准。位于当地的工矿企业，应按地区性排放标准执行。凡未制定地方排放标准的地区(或地方标准中未列入的项目)均应执行国家标准(表 7－4－18)。

(2)为保护饮用水水源，在城镇集中式生活饮用水水源的卫生防护地带和风景游览区，不得排入工业“废水”。

表 7－4－18　工业“废水”最高容许排放浓度

序号	第一类		第二类	
	名　称	最高容许排放浓度（毫克/升）	名　称	最高容许排放浓度（毫克/升）
1	汞及其无机化合物	0.05（按 Hg 计）	PH 值	6～9（无单位）
2	镉及其无机化合物	0.1（按 Cd 计）	悬浮物	500
3	六价铬化合物	0.5（按 Cr^{+6} 计）	生化需氧量（5 天 20℃）	60
4	砷及其无机化合物	0.5（按 As 计）	化学耗氧量（重铬酸钾法）	100①
5	铅及其无机化合物	1.0（按 Pb 计）	硫化物	1
6			挥发性酚	0.5
7			氰化物（以游离氰根计）	0.5
8			有机磷	0.5
9			石油类	10
10			铜及其化合物	1（按 Cu 计）
11			锌及其化合物	5（按 Zn 计）
12			氟的无机化合物	10（按 F 计）
13			硝基苯类	5
14			苯胺类	3

注：①本表摘自“工业‘三废’排放试行标准”（GBJ 4—93），表内①为造纸、制革、脱脂棉＜300 毫克/升；

②第一类是能在环境或动植物体内蓄积，对人体健康产生长远影响的有害物质，含此类有害物质的“废水”，在车间或车间处理设备排出口即应符合本表规定的标准，不得用稀释的方法代替必要的处理；第二类的长远影响小于第一类，其在工厂排出口的水质应符合本表的规定。

（3）在城镇、工矿区或农村集中取水点上游排放工业“废水”时，应保证经地面水混合稀释① 后，排出口下游最近用水点② 的地面水水质符合“工业企业设计卫生标准”的规定（表 7－4－19 至 10～20）。

（4）为保护水产资源，不得直接向水产养殖场排放有害工业“废水”。工业“废水”排入地面水后，在最近的渔业水体（经济鱼类的产卵场、越冬场、养鱼场、食饵场和有一定价值的捕捞场）的水质，必须符合渔业水体的要求（可参考表 7－4－19、7－4－20），并不得影响经济鱼类的回游通路。

（5）利用工业“废水”灌溉农田，应持积极慎重的态度。“废水”灌溉农田的水质标准由农林部另行制订（表 7－4－21、7－4－22 仅供参考）。

① 计算地面水稀释能力时，地面水按近 20 年最旱年最旱月的平均流量，工业“废水”按设计平均小时流量计算。对于污染比较严重或流量过小的河流，以及不能发挥稀释作用的湖泊和水库，排入的工业废水的水质即应达到表 7－4－20 的要求。

② 最近用水点是指排出口下游最近的：*A*. 城镇、工业企业集中式给水水源，或农村生活饮用水集中取水点；*B*. 经济鱼类产卵区和养鱼场。

表 7－4－19　地面水水质卫生要求

指　标	卫　生　要　求
悬浮物质	含有大量悬浮物质的工业废水和生活污水，不得直接排入地面水，以防止无机物淤积河床和有机物沉积而腐败分解
色、嗅、味	不得呈现工业废水和生活污水所特有的颜色、异嗅或异味
漂浮物质	水面上不得出现大片油膜和浮沫
pH 值	6.5～8.5
生化需氧量（五日 20℃）	不超过 3～4 毫克/升
溶　解　氧	不低于 4 毫克/升（东北地区渔业水体应不低于 5 毫克/升）
有害物质	不超过表 7－4－20 规定的最高容许浓度
病　原　体	含有病原体的工业废水，必须经过处理和严格消毒，彻底消灭病原体后方准排入地面水

表 7－4－20　地面水中有害物质的最高容许浓度

序号	物　质　名　称	含　量（毫克/升）
1	乙　腈	1.0
2	乙　醛	0.05
3	二乙烯基乙炔	0.001
4	二硫化碳	2.0*
5	二硝基苯	1.0
6	二硝基氯苯	1.0
7	二氯苯	0.06
8	丁基黄原酸盐（黄药）	0.005*
9	三氯苯	0.02
10	三硝基甲苯（TNT）	1.0
11	马拉硫磷（4049）	0.25
12	六六六	0.02*
13	六氯苯	0.05
14	内吸磷（1059）	0.03*
15	水合肼	0.01
16	四乙铅	0
17	四氯苯	0.02
18	石油（包括煤油、汽油）	0.2

序号	物　质　名　称	含　量 （毫克/升）
19	甲基对硫磷（甲基 1605）	0.02
20	甲　　醛	0.5*
21	丙烯晴	2.0（1.0）
22	丙烯醛	0.1（0.02）
23	对硫磷（1605）	0.003*
24	汞（无机化合物）	0.001*
25	钒	0.1*
26	吡　啶	0.2*
27	松节油	0.2
28	苯　胺	0.5*
29	苦味酸	0.5*
30	氟（无机化合物）	1.5
31	活性氯	0
32	挥发性酚	0.01*
33	砷	0.04*
34	钼	0.5
35	铅	0.1*
36	钴	1.0*
37	铍	0.0002
38	硒	0.01
39	铬$^{+6}$	0.05
40	铜	0.1（0.01）
41	锌	1.0（0.1）
42	硫化物	0.2*
43	氰化物	0.05*
44	氯丁二烯	0.002
45	氯苯	0.2
46	硝基氯苯	0.05
47	锑	0.05
48	滴滴涕	0.2（0.01）
49	镍	0.5*
50	镉	0.01（0.005）
51	二乙基二硫代磷酸	0.2
52	二甲基二硫代磷酸	0.1

序号	物　质　名　称	含　量 （毫克/升）
53	二硝基萘	1.0
54	二氯乙烷	2.0
55	二氯乙烯	0.1
56	三氯乙烯	0.5
57	三硝基甲烷	0.01
58	乙内酰胺	1.0
59	四硝基甲烷	0.5
60	四氯化碳	5.0
61	四氯乙烷	0.2
62	甲　苯	0.5
63	丙烯脂	2.0
64	苯	0.5
65	苯乙烯	0.1
66	敌百虫	0.04
67	钡	4.0
68	铁	0.5

注：①括号内的数值为渔业水体的要求；

②有＊号者也适用于渔业水体。

表 7－4－21　农田灌溉水质标堆（参考指标之一）

序号	项　　目	数　　值	备　　注
1	pH 值	6～8	国外 4～8
2	温　度	40℃以下	
3	悬浮物	200～300 毫克/升	
4	含盐量	1700 毫克/升	国外 4000
5	氯化物	200～350 毫克/升	国外 350
6	酚　类	30～50（最大 125）毫克/升	国外 125
7	油　类	10～20（最大 100）毫克/升	
8	总固体	1000 毫克/升	国外 1700 以下
9	氰化物	0.1 毫克/升	
10	铅	0.1 毫克/升	
11	铬	1.0 毫克/升	适用蔬菜
12	铜	7.0 毫克/升	适用蔬菜
13	砷	1.0 毫克/升	

序号	项　目	数　值	备　注
14	硼	1.0 毫克/升	适用蔬菜
15	硫化物	20～30 毫克/升	
16	硫化氢	0.1 毫克/升	
17	氯化钠	250 毫克/升	
18	氨　氮	5～30 毫克/升	

注 此标准系建工部给水排水设计院提出，载于《污水灌溉学术会议论文选编》。

表 7－4－22　城市污水灌溉农田水质标准(参考指标之二)

序号	项　目	数　值	备　注
1	pH 值	5.5～8.5	酸性土壤可高些，碱性土可低些
2	温　度	≤35℃	
3	悬浮物	300 毫克/升	
4	含盐量	800～1000 毫克/升	
6	氯化物	300 毫克/升	
6	挥发性酚	5 毫克/升	
7	油　类	20～30 毫克/升	
8	总固体	1500 毫克/升	
9	氰化物	0.1 毫克/升	
10	硫化物	5 毫克/升	养鱼池为 2 毫克/升
	铅	0.1 毫克/升	
	砷	0.2 毫克/升	
	汞	0.005 毫克/升	
	镉	0.1 毫克/升	
	铬	0.1 毫克/升	总　铬

注 本标准摘自《给水排水设计手册》。

三、地面水稀释作用的计算

(一)河流稀释作用的计算

尾矿水排入河流时，二水流在流动过程中逐渐混合趋于均匀。完全混合断面距排放点的距离取决于二水流的流量比值、水流的紊流程度、水流断面以及河床的平面位置。

排放尾矿水的河流如系流量较小，河床不规则(弯曲、糙度大、长有植物等)的周期性山区河流，则混合很快可趋于均匀，此种情况的稀释作用计算可按表 7－4－23 中 1、2 两项公式进行 对于流量较大，河床平整规则的固定性平原河流，则混合过程需时较长，其稀释作用可按表 7－4－23 中 1、3、4、5 等项公式进行计算。

表 7－4－23　稀释计算的有关公式

序　号	计算项目	计　算　公　式	符　号　说　明
1	二水流均匀混合后有害物质的最终浓度 K（毫克/升）	$K=\dfrac{K_h D+K_w}{D+1}$	K_h—河水原含该有害物质的浓度，毫克/升； K_w—排放的尾矿水含该有害物质的浓度，毫克/升； K_B—卫生标准中规定的地面水中有害物质的最高容许浓度，毫克/升，见表 7－4－20； D—河水与排放尾矿水的流量比，河水流量一般可采用保证率 95% 枯水年的最小月平均流量； e—自然对数的底，$e=2.718$； L—下游计算断面距尾矿水排放断面的距离，米； b—混合水力条件影响系数； ξ—排放系数，从岸边排放，$\xi=1.0$，排入河中心 $\xi=1.5$； φ—河道弯曲系数，从排出断面至计算断面的河床全长对该两断面中心间直线长度的比值； E—水流紊流扩散系数； q—尾矿水的排放流量，米^3/秒； g—重力加速度，$g=9.81$ 米/秒^2； h_p—水流的平均水深，米； v_p—水流的平均流速，米/秒； m—水流动量系数； C—谢才系数，见附录Ⅲ； n—河床糙率，见表 7－4－9； N—稀释倍数； a—稀释系数
2	周期性山区河流有害物质的最大可排放浓度 K_k（毫克/升）	$K_k=K_B(D+1)-K_h D$	
3	尾矿水排入固定性平原河流时，下游计算断面处有害物质的最大浓度 K_x（毫克/升）	$K_x=K+(K_w-K)e^T$ $T=-b\sqrt[3]{L}$ $b=\xi\varphi^3\sqrt{\dfrac{E}{q}}$ $E=\dfrac{ghpvp}{2mC}$ $m=18.5nC$	
4	固定性平原河流有害物质的最大可排放浓度 K_k（毫克/升）	$K_k=(K_B-K_h)N+K_h$ $N=aD+1$ $a=\dfrac{1-e^T}{1+De^T}$	
5	下游计算断面处的混合率 P	$P=\dfrac{K}{K_x}$	
6	一定混合率时的混合距离 l_p（米）	$l_p=\left(2.3\dfrac{1}{b}\lg\dfrac{D}{\frac{1}{P}-1}\right)^3$	

〔例 6〕　已知尾矿水的排放流量为 0.6 米^3/秒，其含氰浓度为 0.48 毫克/升，排往固定性平原河流，保证率 95% 的枯水年最小月平均流量为 3.0 米^3/秒，河水含氰浓度为 0.02 毫克/升。距尾矿水排放点下游 2.2 公里处有一集中取水点，试求该处的水中含氰浓度及氰的最大可排放浓度。

解：

Ⅰ．求计算断面处的含氰浓度

经测定，水流过 2.2 公里的距离需时 2.04 小时，河流平均宽度为 24 米，河流水力要素：

$$v_p = \frac{L}{t} = \frac{2200}{2.04 \times 3600} = 0.3 \text{ 米/秒}$$

$$F = \frac{Q + q}{v_p} = \frac{3 + 0.6}{0.3} = 12 \text{ 米}^2$$

$$h_p = \frac{F}{B} = \frac{12}{24} = 0.5 \text{ 米}$$

$$R = \frac{12}{24 + 1} = 0.48 \text{ 米}$$

$n = 0.025$，

$$C = 40 \times 0.48^{1/6} = 35.4$$

稀释计算中的有关系数：

$$m = 18.5 \times 0.025 \times 35.4 = 16.4$$

$$E = \frac{9.81 \times 0.5 \times 0.3}{2 \times 16.4 \times 35.4} = 0.001267$$

取 $\xi = 1.0$，$\varphi = 1.3$　则

$$b = 1 \times 1.3 \sqrt[3]{\frac{0.001267}{0.6}} = 0.167$$

$$D = \frac{3}{0.6} = 5$$

$$a = \frac{1 - e^{-0.167\sqrt[3]{2200}}}{1 + 5e^{-0.167\sqrt[3]{2200}}} = 0.564$$

$$N = 0.564 \times 5 + 1 = 3.82$$

下游计算断面处的含氰浓度：

$$K = \frac{0.02 \times 5 + 0.48}{5 + 1} = 0.0967$$

$$K_x = 0.0967 + (0.48 - 0.0967) e^{-0.167\sqrt[3]{2200}} = 0.14 \text{ 毫克/升}$$

该断面处的混合率为

$$P = \frac{0.0967}{0.14} = 69\%$$

由上计算可知，排放的尾矿水含氰浓度虽未超过表 7－4－18 规定的排放标准，但使下游地面水的含氰浓度超过表 7－4－20 规定的卫生标准，故仍应采取净化处理措施。

Ⅱ．求氰的最大可排放浓度

$$K_k = (0.05 - 0.02) \times 3.82 + 0.02 = 0.135 \text{ 毫克/升}$$

Ⅲ．试求混合率为 85% 的混合距离

$$L_p = \left(2.3 \frac{1}{0.167} \lg \frac{5}{\frac{1}{0.86} - 1}\right)^3 = 8000 \text{ 米}$$

(二)湖泊稀释作用的计算

尾矿水排入不流动水体时,混合的主要动力是风。风和水面的摩擦力以及风对水面的压力形成波浪引起表层水的运动,从而迫使下层水向相反的方向流动。

尾矿水在排出口附近与水体初步混合,称为初始稀释;后在流动过程中进一步混合,称为主要稀释。初始稀释与主要稀释的乘积即为尾矿水在静止水体中的全稀释。

湖泊中尾矿水的稀释与排放条件有很大关系。离岸边足够远的深水排放较之岸边排放可增大稀释 3 ~ 4 倍。

湖泊稀释作用可按表 7 – 4 – 24 所列公式进行计算。

表 7 – 4 – 24　湖泊稀释计算的有关公式

计算项目	当尾矿水排入水体的上部三分之一水深中或浅水的岸边时	当尾矿水排入水体的下部三分之一水深中时(远离岸边深水排放)
全稀释后的有害物质最高浓度(毫克/升)	$K_m = \frac{K_w}{n}$ $n = n_1 \times n_2$	$K_m = \frac{K_w}{n}$ $n = n_1 \times n_2$
初始稀释系数	$n_1 = \frac{Q + 0.0118 \frac{v_p}{5.5} H_p^2}{Q + 0.00118 \frac{v_p}{5.5} H_p^2}$	$n_1 = \frac{Q + 0.0087 \frac{v_p}{5.5} H_p^2}{Q + 0.000435 \frac{v_p}{5.5} H_p^2}$
主要稀释系数	$n_2 = 1 + 0.412 \left(\frac{L}{\Delta x}\right)^{0.627 + 0.0002 \frac{L}{\Delta x}}$ $\Delta x = 6.53 H_p^{1.167}$	$n_2 = 1.85 + 2.32 \left(\frac{L}{\Delta x}\right)^{0.41 + 0.0064 \frac{L}{\Delta x}}$ $\Delta x = 4.41 H_p^{1.167}$

注:表中公式符号:

K_w—尾矿水中有害成分的相对浓度(尾矿水含该有害成分的浓度减去湖水中含该有害成分的浓度),毫克/升;

n—全稀释系数;

v_p—夏季平均风速,米/秒;

H_p—湖泊计算段的平均水深,米;

L—计算断面至尾矿水排出口的距离,米。

〔例 7〕

已知尾矿水的排放流量为 0.57 米^3/秒,其含氰浓度为 37.6 毫克/升,自岸边排入湖中,湖水含氰浓度为 0.5 毫克/升,试计算离排出口 3.8 公里远处湖水的含氰浓度。

解：

经测量，计算段的湖水平均深度为 3 **米。该地区夏季平均风速为** 5.5 **米/秒。则**

$$\Delta x = 6.53 \times 3^{1.167} = 23.5$$

$$\frac{L}{\Delta x} = \frac{3800}{23.5} = 162$$

$$n_1 = \frac{0.57 + 0.0118 \times 3^2}{0.57 + 0.00118 \times 3^2} = 1.165$$

$$n_2 = 1 + 0.412 \times 162^{0.627 + 0.0002 \times 162} = 12.73$$

$$\therefore \quad n = 1.165 \times 12.73 = 14.83$$

$$K_m = \frac{37.6 - 0.5}{14.83} = 2.5 \text{ 毫克/升}$$

第五章　尾矿库的安全管理

尾矿库的安全是矿山安全生产的重要环节之一，同时也是矿山环境保护工作的一个重要方面。在尾矿库安全管理工作中，要认真贯彻‘安全第一、预防为主、防重于抢、有备无患’的方针，切实执行‘谁使用、谁管理、谁负责’的原则，严格遵照‘尾矿设施安全监督管理办法（试行）’（劳动部 1995 年 4 月）、“冶金矿山尾矿设施管理规程”（冶金部、有色总公司，1990 年 3 月）及‘关于加强尾矿坝等的管理的通知’（国家防汛指挥部 1988 年）等有关规定，认真做好尾矿库的安全管理工作。

第一节　尾矿库管理的任务、机构与职责

尾矿库管理的任务是做好尾矿的分级、输送、排放、筑坝、尾矿水调蓄、回水、防汛、抗震、环境保护和尾矿坝、排洪构筑物的检查、维护、监测、分析等各项工作，确保尾矿设施安全生产，防止发生事故和灾害。

为加强尾矿设施的安全管理，应设立不同层次的管理机构各负其责。

一、各行业应设立尾矿坝工程安全技术监督机构

冶金部、有色金属工业总公司已分别设立冶金工业部尾矿坝工程安全技术监督站和中国有色金属工业总公司尾矿坝工程安全技术监督站，以加强冶金行业尾矿坝的安全管理，各厅（地区公司）也应成立相应的机构。

行业尾矿坝工程安全技术监督机构的职责是：

(1)分别代表行业主管部门对本系统尾矿设施的安全状况进行检查和监督；组织尾矿坝工程安全技术监督网，并实施管理；

(2)接受主管部门委托，组织制订尾矿设施安全管理的有关文件；

(3)负责组织尾矿设施管理人员的技术培训；负责与国外尾矿坝工程有关机构建立联系，进行技术交流，加强国际间的合作与交流，提高我国尾矿库安全管理水平；

(4)建立尾矿库工程技术档案，逐步完善尾矿库工程安全管理数据库，以实现对尾矿库工程安全的科学化、系统化管理；

(5)接受企业委托，对尾矿库的安全管理、生产运行状态进行技术咨询、评估，对坝体工程安全措施实施监测、科学试验、工程设计及重大工程问题处理等。

二、各公司应设立尾矿坝安全生产管理机构

云锡公司、大冶有色公司等公司均已设立下属尾矿坝安全技术监督站。

公司级安全生产管理机构的职责是：

(1)贯彻上级有关方针政策，编制尾矿设施的长远规划和近期规划，审查所属尾矿库的年运行计划：

(2)组织所属企业尾矿设施工程的设计、审查、技术鉴定和工程验收工作；

(3)组织对所属企业尾矿设施工程的安全运行状态进行检查和监督；

(4)及时处理下级单位的有关报告和报表，积累、分析、整编有关资料，建立健全技术档案，逐步走向管理科学化。

三、各厂矿应设立尾矿坝安全生产领导小组

其职责是：

(1)认真贯彻上级单位下达的各项指令和任务，根据管理规程和设计要求，编制并实施本单位尾矿库安全生产规章制度；结合工程的实际情况，编制年、季度作业和运行图表；

(2)定期或不定期(汛前)组织进行尾矿坝安全大检查，对尾矿库存在的隐患和问题及时进行整改；

(3)作好尾矿坝监测记录、资料的整理、分析工作；

(4)保持尾矿库管理队伍的稳定性，有计划地安排操作管理人员培训并进行日常安全管理教育工作，以加强安全生产意识和提高管理水平；

四、车间或工段是尾矿设施安全生产操作管理的基层机构

其职责是严格按照设计和有关技术规定，组织操作管理人员做好尾矿的排放、筑坝、回水、泄洪、坝体监测等项目的日常操作管理工作，其主要要求如下：

(1)尾矿坝的坝顶标高(以最低点计)在满足尾矿堆存需要的同时，必须满足防汛、生产回水所需的库容(在寒冷地区尚应留有冬季冰下放矿的库容)，并确保有足够的安全超高；

(2)严格控制库内水位，在满足回水水质和水量要求的前提下，尽量降低库内水位；当回水与坝体安全要求的沉积滩滩长相矛盾时，应以确保坝体安全为主控制水位；

(3)尾矿库排水构筑物应经常保持畅通无阻，善后封堵工作必须严格按照设计要求施工，并保证其质量；

(4)尾矿沉积滩的长度和坡度、下游坝面坡度、澄清距离等，必须按设计或有关技术规定严格进行控制 如不满足，应限期纠正并记入技术档案；

(5)尾矿筑坝必须按作业计划及操作技术规定精心施工，注意坝体与岸坡结合部的清理和堆筑质量，对清理中发现的不良地质条件，应及时进行技术处理，并做好记录，经验收后方可开展下一步工作；

(6)坝体观测必须按规定的时间进行，认真记好原始记录；

(7)未经技术论证和主管部门批准，涉及生产安全的内容不得随意改变，如最终坝轴线的位置、坝外坡平均坡比、筑坝方式、坝体排渗型式、位置与数量、非尾矿废料、废水入库以及尾矿回采利用等；

(8)如发现不安全因素，应立即采取应急措施并及时向上级单位报告。

第二节　尾矿库的安全管理制度

尾矿库的安全管理制度主要包括责任制、安全检查制、奖惩制和考核制。

尾矿库的安全管理实行公司(矿)、厂、车间(工段)三级管理承包责任制。公司(矿)的经理(矿长)为全公司(矿)尾矿库的安全第一负责人 ;生产付经理(付矿长)为直接负责人 ;各厂厂长为选厂尾矿库的安全第一负责人，生产付厂长为直接负责人 ;车间(工段)主任(工段长)为尾矿库安全的直接负责人。

尾矿库的安全检查，作为安全管理制度的一项主要内容，可分为四级，即：日常检查，定期检查，特别检查，和安全鉴定。

日常检查：尾矿车间（工段或班组）应对尾矿库进行日常检查，交接班应有记录，并妥为保存。

定期检查：选厂应组织有关人员对尾矿库的安全运行情况进行定期检查，每月一次，发现问题及时研究处理，并将检查结果向主管领导报告，将有关技术资料归档；公司（矿）主管尾矿库安全部门应组织有关职能部门的人员，每年汛前、汛后对尾矿库的安全运行情况进行一次全面的检查，并于汛期前一个季度提出尾矿库渡汛方案报当地防汛指挥部，同时抄报行业尾矿坝工程安全技术监督站。

特别检查：当发生特大洪水、暴雨、强烈地震及重大事故等灾害后，公司（矿）主管应组织有关部门及基层管理单位对尾矿库的安全状态进行一次全面的大检查，必要时报请上级有关单位会同检查，检查结果应同时抄报上级主管部门。

安全鉴定：对于大、中型及位于地震区的尾矿坝，当尾矿坝堆积坝高度达到总堆积高度的一半至三分之二时，应根据具体情况按现行规范标准进行一至二次安全鉴定工作，其重点应为抗洪能力及坝体稳定性。

尾矿库的安全管理应纳入矿山正常生产计划，并列入安全生产、质量评比工作内。建立严格的奖惩制度，对在确保尾矿库安全运行方面作出贡献的管理、操作人员实行奖励，并作为晋级的条件之一；对于玩忽职守、违反管理规程的人员及造成事故的直接责任人，要追究责任进行严肃处理。

各级安全管理机构应设置一定数量的专职或兼职尾矿安全管理人员，负责具体技术工作，其人员应具备尾矿库安全管理方面的基本专业知识，掌握尾矿库设计文件及有关规定，了解尾矿处理的工艺流程，熟悉国家或部门有关标准及规定、规范等。

尾矿库操作人员已被国家劳动部列为特殊工种，必须经过培训考核合格后持证上岗。对于无证上岗操作者劳动部门将给予处罚并追究其责任。

第三节　尾矿库的规划

尾矿设施的建设应与矿山建设同时进行，并于矿山投产时，同期投入运行。但由于选址、占地、工期、投资等方面的原因，很难一次建成既满足工期要求又满足储存全部矿

山储量要求的尾矿库；同时，矿山生产过程也是不断进行探矿的过程，往往会探明新的可采储量。因此，矿山尾矿矿库工程多数要分期建设，或建设多个尾矿库以满足矿山生产中尾矿堆存的需要。

尾矿库工程建设周期长，投资大，多存在资金紧张和征地等困难问题。为确保安全生产，应根据企业的生产年限，结合采场、选厂的总体规划，做好尾矿库中、长期规划和近期工程安排，做到既有长治久安计，又解决好当务之急，远近结合，分期实施，确保新老尾矿库的合理衔接。后续尾矿库的建设，对于大中型工程，应于尾矿库使用期满之前至少 5 年，小型工程应于尾矿库使用期满之前至少 3 年开始着手进行建设的前期工作，制订计划，筹备建设；加高增容扩建尾矿库工程应在尾矿库达到最终堆积标高前三年做好安全验证和扩建设计。切忌“临渴而掘井”，造成措手不及留下安全隐患。

每年年末，要在实测库内尾矿堆积情况的基础上，结合生产计划拟定好第二年的尾矿排放计划，对筑坝、尾矿沉积滩长度、库内泄洪、澄清水距离、排洪等相应措施，必须进行认真核算，做出安排，有条不紊地按计划实施。

当尾矿堆积坝高度达到设计最终高度的一半至三分之二时，应按规范的规定进行一次以尾矿库抗洪和坝体稳定性为重点的安全验证工作。

当尾矿库将达到设计最终堆积高程时，应委托设计部门进行闭库设计。

第四节　尾矿库的险情预测

根据不完全统计，导致尾矿库溃坝事故的直接原因为：洪水约占 50%，坝体稳定性不足约占 20%，渗流破坏约占 20%左右，其它约占 10%，而事故的根源则是尾矿库存在隐患。尾矿库建设前期工作对自然条件（如工程地质、水文、气象等）了解不够，设计不当（如考虑不周，盲目压低资金而置安全于不顾，由不具备设计资格的设计单位进行设计等）或施工质量不良是造成隐患的先天因素。在生产运行中，尾矿库由不有具备专业知识的人员管理，未按设计要求或有关规定执行，是造成隐患的后天因素。

尾矿库险情预测就是通过日常检查尾矿库各构筑物的工况，发现不正常现象，藉以研判可能发生的事故。

（1）坝前尾矿沉积滩是否已形成，尾矿沉积滩长度是否符合要求，沉积滩坡度是否符合原控制（设计）条件，调洪高度是否满足需要，安全超高是否足够，排水构筑物、截洪构

筑物是否完好畅通，断面是否够大，库区内有无大的泥石流，泥石流栏截设施是否完好有效，岸坡有无滑坡和塌方的征兆。这些项目中如有不正常者，就是可能导致洪水溃坝成灾的隐患。

(2)坝体边坡是否过陡，有无局部坍滑或隆起，坝面有无发生冲刷、塌坑等不良现象，有无裂缝，是纵缝还是横缝，裂缝形状及开展宽度，是趋于稳定还是在继续扩大，变化速度怎样(若速度加快，裂缝增大，且其下部有局部隆起，这是发生坝体滑坡的前期征兆)，浸润线是否过高，坝基下是否存在软基或岩溶，坝体是否疏松。这些项目中如有异常者，就是可能导致坝体失稳破坏的隐患。

(3)浸润线的位置是否过高(由测压管中的水位量测或观察其出逸位置)，尾矿沉积滩的长度是否过短，坝面或下游有无发生沼泽化，沼泽化面积是否不断扩大，有无产生管涌、流土，坝体、坝肩和不同材料结合部位有无渗流水流出，渗流量是否在增大，位置是否有变化，渗流水是否清澈透明。这些项目中如有不正常者，就是可能导致渗流破坏的隐患。

第五节　尾矿库的闭库

根据‘冶金矿山尾矿设施管理规程’的规定，在尾矿库使用到最终设计高程前三年应做出闭库处理设计和安全维护方案，报上级主管部门审批实施。闭库设计方案中应包括以下内容：

(1)根据现行设计规范规定的洪水设防标准，对洪水重新核定，并尽可能减少暴雨洪水的入库流量，可采取分流，截流等措施将洪流排至库外；

(2)对现存的排洪系统及其构筑物的泄流能力和强度进行复核；

(3)对现存坝体的稳定性(静力、动力及渗流)做出评价；

(4)对库区及其周围的环境状况进行本底调查并记录(重点是水及尾尘污染)；

(5)确保闭库后安全的治理方案。

尾矿库闭库必须根据闭库设计要求进行工程处理，竣工后经验收方可闭库。闭库后的尾矿库在库区范围内(不包括尾矿坝)，应逐步进行植树造林工作，以利于防风及水土保持，并严禁滥伐、滥垦、乱牧。尾矿库干涸的沉积滩上，应按闭库设计的要求有计划地逐步实施土地复垦工作，使之恢复良好的生态环境和自然景观，以造福于人民。尾矿坝

应设置警戒线,采取隔离措施,并设立警示牌,以防止对坝体及其坡面的人为破坏。尾矿坝外坡面应按闭库设计要求,做好排水设施及坝面防尘的维护工作。

闭库后,若发生新的情况,应按以下规定办理:

(1)库内尾矿做为资源回收利用时,必须进行开发工程设计,并报主管部门批准,同时报送当地劳动管理部门备案后方可实施;

(2)尾矿库若再次使用时,应视同新建尾矿库,需进行加高增容工程设计,报请主管部门审批,同时报请同级劳动部门审查备案。

尾矿库闭库后的资产及资源仍属于原单位所有,其管理工作仍由原单位负责。如因土地复垦等原因需要变更管理单位的,必须报请主管部门批准,并办理相应的法律手续。

第六节　尾矿库的档案工作

技术档案资料是尾矿库安全生产,维护,治理的重要依据。因此必须做好技术资料的整理归档工作。

一、尾矿库建设阶段资料

(1)测绘资料:包括永久水准基点标高及座标位置、控制网、不同比例尺的地形图等;

(2)工程、水文地质资料:包括地表水、地下水以及降雨、迳流等资料、库区、坝体、取土采石场及主要构筑物的工程地质勘察资料及试验资料;

(3)设计资料:包括不同设计阶段的有关设计文件、图纸以及有关审批文件等;

(4)施工资料:包括开工批准文件、征地资料、工程施工记录、隐蔽工程的验收记录、质量检查及评定资料、主要建筑物、构筑物测量记录、沉降变形的观测记录、图纸会审记录、设计变更、材料构件的合格证明、事故处理记录、竣工图及其它有关技术文件等。

二、尾矿库运行期的资料

尾矿库工程的特点是投入运行期即是进入续建工程施工期,如筑坝工作是利用排放出的尾矿材料自身进行堆筑,而且是边生产边筑坝的。同时各主体构筑物随着尾矿库的投入运行,荷载逐年加大,各种溶蚀、冲刷、腐蚀等也随着使用时间的增长而加剧,相应的运行状态也在不断地变化。因此运行期的技术档案,观测数据及分析资料等尤为宝贵,

必须认真做好档案的保存工作。

(一)尾矿库运行资料

包括正常期、汛前汛后期尾矿沉积滩长度、坡度、不同位置上沉积滩的尾矿粒度分析资料,尾矿库内的正常水位、汛前水位、汛后水位、澄清水距离及水质、库内调洪高度及安全超高、交接班记录、事故记录以及安全管理的有关规定、管理细则和操作规程等;

(二)尾矿筑坝资料

包括逐年堆筑子坝前、后的尾矿坝体断面(注明标高,坝顶宽度,堆坝高度,平均坝外坡比)、堆筑质量、堆坝中存在的问题及处理结果、新增库容、筑坝尾矿的粒度分析资料、坝体浸润线及变形观测资料、渗流情况(包括部位、标高、渗流量、渗水水质等)、坝外坡面排水设施及其运行情况等;

(三)排水构筑物资料

包括尾矿排水构筑物过流断面及结构强度情况、运行状态、封堵情况(方法、材料、部位),发生的问题及处理等有关文件及图纸等;

(四)其它资料

如运行发生的事故(部位、性质、形态)及处理方法、结果,环境保护及环境影响情况,运行期有关尾矿库安全管理的往来文件以及基层报表和分析资料等。

所有这些资料的原始资料应在基层单位妥为保存,复制整理的资料应在公司(矿)的管理机构中按库逐一分类保管,以便随时查找调阅。有条件的尚应建立数据库,逐步实现标准化管理。

第六章　尾矿坝的维护

尾矿坝多远离矿区，易受自然的、社会的多种不利因素的影响，其管理工作较为复杂，且难度较大，必须予以特别关注。

在尾矿坝的维护管理中，首先要严格按设计要求及有关的技术规程、规范的规定进行管理，确保尾矿坝安全运行所必需的尾矿沉积滩长度、坝体安全超高，控制好浸润线，根据各种不同类型尾矿坝特点做好维护工作，防止环境因素的危害，及时处理好坝体出现的隐患，使尾矿坝在正常状态下运行。

第一节　尾矿坝的安全治理

一、尾矿坝裂缝的处理

裂缝是一种尾矿坝较为常见的病患，某些细小的横向裂缝有可能发展成为坝体的集中渗漏通道，有的纵向裂缝也可能是坝体发生滑坡的予兆，应予以充分重视。

(一)裂缝的种类与成因

土坝裂缝是较为常见的现象，有的裂缝在坝体表面就可以看到，有的隐藏在坝体内部，要开挖检查才能发现。裂缝宽度最窄的不到 1mm，宽的可达数十厘米，甚至更大。裂缝长度短的不到 1m，长的数十米，甚至更长。裂缝的深度有的不到一米，有的深达坝基。裂缝的走向有的是平行坝轴线的纵缝，有的是垂直坝轴线的横缝，有的是大致水平的水

平缝，还有的是倾斜的裂缝。总之，有各式各样的裂缝，且各有其特征，归纳起来如表 7－6－1 所示。

表 7－6－1　裂缝种类及特征

种　类	裂缝名称	裂　缝　特　征
按裂缝部位	表面裂缝	裂缝暴露在坝体表面，缝口较宽，深处变窄逐渐消失
	内部裂缝	裂缝隐藏在坝体内部，水平裂缝常呈透镜状，垂直裂缝多为下宽上窄的形状
按裂缝走向	横向裂缝	裂缝走向与坝轴线垂直或斜交，一般出现在坝顶，严重的发展至坝坡，近似铅垂或稍有倾斜
	纵向裂缝	裂缝走向与坝轴线平行或接近平行，多出现在坝坡浸润线逸出点的上下
	龟纹裂缝	裂缝呈龟纹状，没有固定的方向，纹理分布均匀，一般与坝体表面垂直，缝口较窄，深度 10～20cm，很少超过 1m
按裂缝成因	沉陷裂缝	多发生在坝体与岸坡接合段、河床与台地接合面、土坝合龙段、坝体分区分期填土交界处、坝下埋管的部位
	滑坡裂缝	裂缝段接近平行坝轴线，缝两端逐渐向坝脚延伸，在平面上略呈弧形，缝较长。多出现在坝顶、坝肩、背水坡坝坡及排水不畅的坝坡下部。在地震情况下，迎水坡也可能出现。形成过程短，缝口有明显错动，下部土体移动，有离开坝体倾向
	干缩裂缝	多出现在坝体表面，密集交错，没有固定方向，分布均匀，有的呈龟纹裂缝形状，降雨后裂缝变窄或消失。有的也出现在防渗体内部，其形状呈薄透镜状
	冷冻裂缝	发生在冰冻影响深度以内，表层呈破碎、脱空现象，缝宽及缝深随气温而异
	振动裂缝	在经受强烈振动或烈度较大的地震以后发生纵横向裂缝，横向裂缝的缝口，随时间延长逐渐变小或弥合，纵向裂缝缝口没有变化

裂缝的成因，主要是由于坝基承载能力不均衡、坝体施工质量差、坝身结构及断面尺寸设计不当或其他因素等所引起。有的裂缝是由于单一因素所造成，有的则是多种因素所形成。

(二)裂缝的检查与判断

裂缝检查需特别注意坝体与两岸山坡接合处及附近部位，坝基地质条件有变化及地基条件不好的坝段，坝高变化较大处，坝体分期分段施工接合处及合拢部位，坝体施工质量较差的坝段，坝体与其他刚性建筑物接合的部位。

当坝的沉陷、位移量有剧烈变化，坝面有隆起、坍陷，坝体浸润线不正常，坝基渗漏量显著增大或出现渗透变形，坝基为湿陷性黄土的尾矿库开始放矿后或经长期干燥或冰冻期后以及发生地震或其它强烈振动后应加强检查。

检查前应先整理分析坝体沉陷、位移、测压管、渗流量等有关观测资料。对没条件进

行钻探试验的土坝，要进行调查访问，了解施工及管理情况，检查施工记录，了解坝料上坝速度及填土质量是否符合设计要求；采用开挖或钻探检查时，对裂缝部位及没发现裂缝的坝段，应分别取土样进行物理力学性质试验，以便进行对比，分析裂缝原因；因土基问题造成裂缝的，应对土基钻探取土，进行物理力学性质试验，了解筑坝后坝基压缩、重度、含水量等变化，以便分析裂缝与坝基变形的关系。

裂缝的种类很多，如果不了解裂缝的性质，就不能正确地处理，特别是滑动性裂缝和非滑动性裂缝，一定要认真予以辨别。应根据裂缝的特征（见表 7－6－1）进行判断。滑坡裂缝与沉陷裂缝的发展过程不同，滑坡裂缝初期发展较慢而后期突然加快，而沉陷裂缝的发展过程则是缓慢的，并到一定程度而停止。只有通过系统的检查观测和分析研究才能正确判断裂缝的性质。

内部裂缝一般可结合坝基、坝体情况进行分析判断。当库水位升到某一高程时，在无外界影响的情况下，渗漏量突然增加的，个别坝段沉陷、位移量比较大的，个别测压管水位比同断面的其他测压管水位低很多，浸润线呈现反常情况的，注水试验测定其渗透系数大大超过坝体其他部位的，当库水位升到某一高程时，测压管水位突然升高的，钻探时孔口无回水或钻杆突然掉落的，相邻坝段沉陷率（单位坝高的沉陷量）相差悬殊等现象都可能预示产生内部裂缝。

（三）裂缝的处理

发现裂缝后都应采取临时防护措施，以防止雨水或冰冻加剧裂缝的开展。对于滑动性裂缝的处理，应结合坝坡稳定性分析统一考虑；对于非滑动性裂缝可采取以下措施进行处理。

（1）采用开挖回填是处理裂缝比较彻底的方法，适用于不太深的表层裂缝及防渗部位的裂缝。

处理方法有梯形楔入法（适用于裂缝在不深的非防渗部位）、梯形加盖法（适用于裂缝不深的防渗斜墙及均质土坝迎水面的裂缝）和梯形十字法（适用于处理坝体或坝端的横向裂缝）等（如图 7－6－1）所示。

裂缝的开挖长度应超过裂缝两端 1m 以外，开挖深度应超过裂缝尽头 0.5m。开挖坑槽的底部宽度至少 0.5m，边坡应满足稳定及新旧填土接合的要求，应根据土质、碾压工具及开挖深度等具体条件确定。较深坑槽也可挖成阶梯形，以便出土和安全施工。开挖前应向裂缝内灌入白灰水，以利掌握开挖边界。挖出的土料不要大量堆积在坑边，不同土质应分区存放。开挖后，应保护坑口，避免日晒、雨淋或冰冻，以防干裂、进水或冻裂。

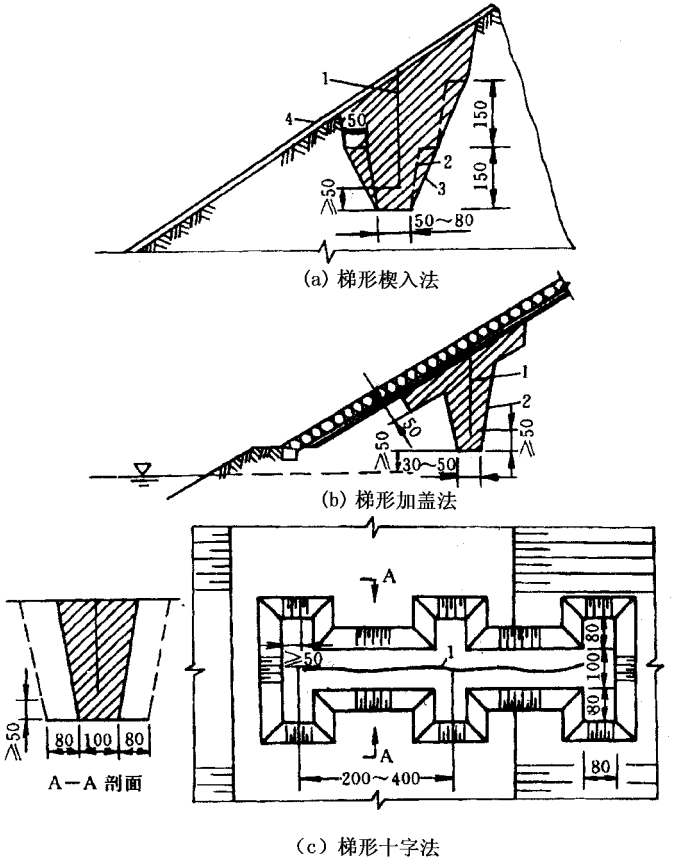


图 7－6－1　开挖回填法处理裂缝

(a)梯形楔入法；(b)梯形加盖法；(c)梯形十字法

1—裂缝；2—开挖线；3—回填时削均线；4—草皮护坡

回填的土料应根据坝体土料的裂缝性质选用，并应进行物理力学性质试验。对沉陷裂缝应选用塑性较大的土料，控制含水量大于最优含水量 1%～2%；对滑坡、干缩和冰冻裂缝的回填土料，应控制含水量等于或低于最优含水量的 1%～2%。坝体挖出的土料，要鉴定合格后才能使用。对于浅小裂缝可用原坝的土料回填。

回填前应检查坑槽周围土体的含水量，如偏干则应将表面润湿；如土体过湿或冰冻，应清除后再进行回填。回填土应分层夯实，填土层厚度以 10～15cm 为宜。压实工具视工作面大小，可采用人工夯实或机械碾压。一般要求压实厚度为填土厚度的 2/3。回填土料的干重度，应比原坝体干重度稍大一些。回填时，应将开挖坑槽的阶梯逐层削成斜坡，并进行创毛，要特别注意坑槽边角处的夯实质量。

(2)对坝内裂缝、非滑动性很深的表面裂缝，由于开挖回填处理工程量过大，可采取

灌浆处理。一般采用重力灌浆或压力灌浆方法。灌浆的浆液，通常为粘土泥浆；在浸润线以下部位，可掺入一部分水泥，制成粘土水泥浆，以促其硬化。

对于表面裂缝的每条裂缝，都应在两端及转弯处、缝宽突变处以及裂缝密集和错综复杂部位布置灌浆孔。灌浆孔距导渗设施和观测设备应有足够的距离，一般不应少于3m，以防止因串浆而影响其正常工作。

对于内部裂缝，则采用帷幕灌浆式布孔。一般宜在坝顶上游侧布置1～2排，必要时可增加排数。孔距可根据灌浆压力和裂缝大小而定，一般为3～6m。

浆液制备应选用价格低廉、可就地取材（如粘土等材料）、有足够的流动性、灌入性、凝固过程中体积收缩变形较小、凝固时间适宜并有足够的强度、凝固时与原土结合牢固、浆液的均匀性和稳定性较好的造浆材料。粘土浆液的重量配合比一般可采用1∶1至1∶2（水∶固体），浆液稠度一般按重度控制，应尽量采用较浓的浆液。浸润线以下裂缝灌浆采用的粘土水泥浆，水泥的渗入量一般为干料的10%～30%。在渗透流速较大的裂缝中灌浆时，可掺加易堵塞通道的掺合物，如砂、木屑、玻璃纤维等。造浆用的粘土及掺合料等，应通过试验来确定。

灌浆压力的大小，直接影响到灌浆质量。要在保证坝体安全的前提下选用灌浆压力，压力过大，对坝体稳定将会造成不利影响。采用的最大压力应小于灌浆部位以上的土体重量。在裂缝不深及坝体单薄的情况下，应首先使用重力灌浆；采用的压力大小，应经过试验决定。对于长而深的非滑动性纵向裂缝，灌浆时应特别慎重，一般宜用重力或低压灌浆，以免影响坝坡的稳定。对于尚未判明的纵向裂缝，不应采用压力灌浆处理。在雨季及库水位较高时，由于泥浆不易固结，一般不宜进行灌浆。

灌浆后，浆液中的水分向裂缝两侧土体渗入，土体含水量增高，构筑物自身强度降低，因此采用灌浆处理时，要密切注意坝坡稳定情况。要防止浆液堵塞滤层或进入测压管等观测设备中，以免影响观测工作。在灌浆过程中，要加强土坝沉陷、位移和测压管的观测工作，发现问题，及时处理。

（3）对于中等深度的裂缝，因库水位较高不宜全部采用开挖回填办法处理的部位或开挖困难的部位可采用开挖回填与灌浆相结合的方法进行处理。裂缝的上部采用开挖回填法；下部采用灌浆法处理。先沿裂缝开挖至一定深度（一般为2m左右）即进行回填，在回填时按上述布孔原则，预埋灌浆管，然后对下部裂缝进行灌浆处理。

二、尾矿坝渗漏的处理

尾矿坝坝体及坝基的渗漏有正常渗流和异常渗漏之分。正常渗流有利于尾矿坝坝

体及坝前干滩的固结,从而有利于提高坝的整体稳定性。异常渗漏则是有害的。由于设计考虑不周,施工不当以及后期管理不善等原因而产生非正常渗流,异致渗流出口处坝体产生流土、冲刷及管涌多种形式的破坏,严重的可导致垮坝事故。因此,对尾矿坝的渗流必须认真对待,根据情况及时采取措施。

(一)渗漏的种类与成因

渗漏的种类及特征如表 7－6－2 所示。

表 7－6－2　渗漏的种类与特征

分类	渗漏类别	特　　征
按渗漏的部位	坝体渗漏	渗漏的逸出点均在背水坡面或坡脚,其逸出现象有散漫(亦称坝坡湿润)和集中渗漏两种
	坝基渗漏	渗水通过坝基的透水层,从坝脚或坝脚以外覆盖层的薄弱部位逸出,如坝后沼泽化、流土和管涌等
	接触渗漏	渗入从坝体、坝基、岸坡的接触面或坝体与刚性构筑物的接触面通过,在下游坡相应部位逸出
	绕坝渗漏	渗入通过坝端岸坡未挖除的坡积层、岩石裂缝、溶洞或生物洞穴等,从下游岸坡逸出
按渗漏的现象	散　　浸	坝体渗漏部位呈湿润状态,随时间延长可使土体饱和软化,甚至在坝下游坡面形成细小而分布较广的水流
	集中渗漏	渗水可从坝体、坝基或两岸山坡的一个或几个孔穴集中流出

造成坝体渗漏的设计方面原因有:土坝坝体单薄,边坡太徒,渗水从滤水体以上逸出;复式断面土坝的粘土防渗体设计断面不足或与下游坝体缺乏良好的过渡层,使防渗体破坏而漏水;埋设于坝体内的压力管道强度不够或管道埋置于不同性质的地基,地基处理不当,管身断裂;有压水流通过裂缝沿管壁或坝体薄弱部位流出,管身未设截流环;坝后滤水体排水效果不良;对于下游可能出现的洪水倒灌防护不足,在泄洪时滤水体被淤塞失效,迫使坝体下游浸润线升高,渗水从坡面逸出等。施工方面的原因有:土坝分层填筑时,土层太厚,碾压不透致使每层填土上部密实,下部疏松,库内放矿后形成水平渗水带;土料含砂砾太多,渗透系数大;没有严格按要求控制及调整填筑土料的含水量,致使碾压达不到设计要求的密实度;在分段进行填筑时,由于土层厚薄不同,上升速度不一,相邻两段的接合部位可能出现少压或漏压的松土带;料场土料的取土与坝体填筑的部位分布不合理,致使浸润线与设计不符,渗水从坝坡逸出;冬季施工中,对碾压后的冻土层未彻底处理,或把大量冻土块填在坝内;坝后滤水体施工时,砂石料质量不好,级配不合理,或滤层材料铺设混乱,致滤水体失效,坝体浸润线升高等。其他方面,如白蚁、

獾、蛇、鼠等动物在坝身打洞营巢；地震引起坝体或防渗体发生贯穿性的横向裂缝等也是造成坝体集中渗漏的原因。

造成坝基渗漏的设计方面原因有：对坝址的地质勘探工作做得不够，设计时未能采取有效的防渗措施，如坝前水平铺盖的长度或厚度不足，垂直防渗墙深度不够；粘土铺盖与透水砂砾石地基之间，未设有效的滤层，铺盖在渗水压力作用下破坏；对天然铺盖了解不够，薄弱部位未做处理等。施工方面的原因有：水平铺盖或垂直防渗设施施工质量差；施工管理不善，在库内任意挖坑取土，天然铺盖被破坏；岩基的强风化层及破碎带未处理或截水墙未按设计要求施工；岩基上部的冲积层未按设计要求清理等。管理运用方面的原因有：坝前干滩裸露暴晒而开裂，尾矿放矿水等从裂缝渗透；对防渗设施养护维修不善，下游逐渐出现沼泽化，甚至形成管涌；在坝后任意取土，影响地基的渗透稳定等。

造成接触渗漏的主要原因有：基础清理不好，未做接合槽或做得不彻底；土坝两端与山坡接合部分的坡面过陡，而且清基不彻底或未做防渗齿墙；涵管等构筑物与坝体接触处，因施工条件不好，回填夯实质量差，或未设截流环（墙）及其他止水措施，造成渗流等。

造成绕坝渗漏的主要原因有：与土坝两端连接的岸坡属条形山或覆盖层单薄的山坡而且有透水层；山坡的岩石破碎，节理发育，或有断层通过；因施工取土或库内存水后由于风浪的淘刷，岸坡的天然铺盖被破坏；溶洞以及生物洞穴或植物根茎腐烂后形成的孔洞等。

（二）渗漏的研判

掌握渗漏的变化规律，才能对渗漏作出正确的研判。

土坝坝基渗透破坏，可分为管涌和流土两种。管涌为细颗粒通过粗颗粒孔隙被推动和带出；流土则为土体表层所有颗粒同时被渗水顶托而移动。渗透破坏与坝基情况、颗粒级配及水力条件等因素有关。对于非岩石坝基，不均匀系数 $\eta < 10$（$\eta = d_{60}/d_{10}$，其中，d_{60}为筛下量等于 60% 的颗粒直径，d_{10}为筛下量等于 10% 的颗粒直径）的均匀砂土，其渗透破坏的形式为流土。对正常级配的砂砾石，当细粒含量小于 30% ~ 35%，不均匀系数 $\eta < 10$ 时产生流土，$10 < \eta < 20$ 时，可能产生流土，也可能产生管涌；$\eta > 20$ 时产生管涌，当细粒含量大于 35% 时，其渗透破坏形式为流土。缺乏中间粒径的砂砾料，其细料含量小于 25% ~ 30% 的为管涌，大于 30% 的为流土。对于不同的坝基土料，其允许的水力坡降（渗水水头与渗径之比）为：

粘性土	0.5
非粘性土 $\eta < 10$	0.4
非粘性土 $10 < \eta < 20$	0.2

非粘性土 $\eta > 20$　　0.1

缺乏中间粒径且细粒含量小于 30% 的砂砾或砂卵石 < 0.1

此外，在研究渗透破坏时，还应对渗水进行化学分析，判断地基岩土发生化学溶蚀和化学管涌的可能性以及对工程可能产生的危害。

绕坝渗漏逸出点如离坝址较远，岸坡地质较好，可予以监视，以观其变化和影响；如果岸坡比较单薄、节理发育、逸出点较高而又距坝址较近，则应在渗漏部位安装测压管进行观测，岸坡可适当增设测压管，进一步了解三向渗流对坝体浸润线的影响。

根据观测资料，掌握渗漏量与库水位、渗漏量与浸润线的关系。如库水位到达某一高程以上，坝后的逸出点便急剧抬高或渗漏量突然增大，则应在该水位线附近仔细检查坝体和坝端岸坡迎水面有无裂缝和孔洞等现象。必要时，可做渗水染色观察。

土坝渗漏易引起浸润区扩大，降低土壤的抗剪强度，并增大浮托力，对坝坡稳定不利。因此，应对坝坡稳定性进行核算，特别是核算最高洪水位情况下的坝坡稳定。为此，应根据库水位与测压管水位关系曲线的延伸线，推求出最高洪水位时的测压管水位。按推求所得的测压管水位，绘制出最高洪水位时的浸润线。

正常渗流和异常渗漏可由表面观察和对渗漏观测资料的分析进行判别。从排水设施或坝后地基中渗出的水，如果清彻不含土颗粒，一般属于正常渗流。若渗水由清变浑，或明显的看到水中含有土颗粒，则属于异常渗漏。坝脚出现集中渗漏且渗漏通道顶壁坍塌，是坝体内部渗漏破坏进一步恶化的危险信号。在滤水体以上坝坡出现的渗水属异常渗漏。对于均质砂土地基或表层具有较厚的弱透水覆盖层的非均质地基（上层为砂层，下部为透水性大的砂砾石层），往往有翻砂冒水现象。开始时，水流带出的砂粒沉积在涌水口附近，堆成砂环。砂环随时间延长而增大，但发展到一定程度因渗量增大砂被带走，砂环虽不再增大，但有可能出现塌坑。对于表层有较薄的弱透水覆盖层的非均质地基（表层大都为较薄的中细砂或粘性土层，下部为透求性较大的砂砾石层），往往发生地基表层被渗流穿洞、涌水翻砂、渗流量随水头升高而不断增大。有的土坝，渗水中含有化学物质。这种物质有黄色、红色或黑色等，但都是松软物质，外表很象粘土。其中常见的是红色，俗称铁锈水。

根据库水位、测压管水位、渗流量等过程线及库水位与测压管水位关系曲线、库水位与渗流量关系曲线来判断渗水情况。在同水位下，渗漏量没有变化或逐年减少，坝后渗水即属正常渗流；若渗漏量随时间的增长而增大，甚至发生突然变化，则属于异常渗漏。

（三）渗漏的处理

渗漏处理的原则是“内截、外排”。“内截”就是在坝上游封堵渗漏入口，截断渗漏途

径，防止渗入。“外排”就是在坝下游采用导渗和滤水措施，使渗水在不带走土颗粒的前提下，迅速安全地排出，以达到渗透稳定。

除少数库后放矿的尾矿库（坝前为水区）可考虑采用在渗漏坝段的上游抛土作铺盖等方式进行“内截”外，一般的尾矿库主要采用坝前放矿，在坝前迅速地形成一定长度的干滩，起到防渗作用。若某坝段上无干滩或干滩单薄，则应在此处加强放矿。“外排”常用的方法有反滤、导渗、压渗等。

三、尾矿坝滑坡的处理

尾矿坝滑坡往往导致尾矿库溃决事故，因此，即使是较小的滑坡也不能掉以轻心。有些滑坡是突然发生的，有些是先由裂缝开始的，如不及时注意，任其逐步扩大和漫延，就可能造成重大的垮坝事故。如云锡公司 1962 年的火谷都尾矿库事故，就是从裂缝、滑坡而溃决的。

（一）滑坡的种类及成因

滑坡的种类按滑坡的性质可分为剪切性滑坡，塑流性滑坡和液化性滑坡；按滑面的形状可分为圆弧滑坡，折线滑坡和混合滑坡。

造成滑坡的原因勘探设计方面有：在勘探时没有查明基础有淤泥层或其他高压缩性软土层，设计时未能采取相应的措施；选择坝址时，没有避开位于坝脚附近的渊潭或水塘，筑坝后由于坝脚处沉陷过大而引起滑坡；坝端岩石破碎、节理发育，设计时未采取适当的防渗措施，产生绕坝渗流，使局部坝体饱和，引起滑坡；设计中坝坡稳定分析所选择计算指标偏高，或对地震因素注意不够以及排水设施设计不当等。施工方面的原因有：在碾压土坝施工中，由于铺土太厚，碾压不实，或含水量不合要求，干重度没有达到设计标准；抢筑临时拦洪断面和合拢断面，边坡过陡，填筑质量差；冬季施工时没有采取适当措施，以致形成冻土层，在解冻或蓄水后，库水入渗形成软弱夹层；采用风化程度不同的残积土筑坝时，将粘性土填在土坝下部，而上部又填了透水性较大的土料，放矿后，背水坡上部湿润饱和；尾矿堆积坝与初期坝二者之间或各期堆积坝坝体之间没有结合好，在渗水饱和后，造成滑坡等。其他原因有：强烈地震引起土坝滑坡；持续的特大暴雨，使坝坡土体饱和，或风浪淘刷，使护坡遭破坏，致坝坡形成陡坡以及在土坝附近爆破或者在坝体上部堆有物料等人为因素。

（二）滑坡的检查与判断

滑坡检查应在高水位时期、发生强烈地震后、持续特大暴雨和台风袭击时以及回春解冻之际进行。

从裂缝的形状、裂缝的发展规律、位移观测资料、浸润线观测分析和孔隙水压力观测成果等方面进行滑坡的判断。

(三)滑坡的预防及处理

防止滑坡的发生应尽可能消除促成滑坡的因素。注意做好经常性的维护工作,防止或减轻外界因素对坝坡稳定的影响。当发现有滑坡征兆或有滑动趋势但尚未坍塌时,应及时采取有效措施进行抢护。防止险情恶化;一旦发生滑坡,则应采取可靠的处理措施,恢复并补强坝坡,提高抗滑能力。抢护中应特别注意安全问题。

滑坡抢护的基本原则是:上部减载,下部压重,即在主裂缝部位进行削坡,而在坝脚部位进行压坡。尽可能降低库水位,沿滑动体和附近的坡面上开沟导渗,使渗透水能够很快排出。若滑动裂缝达到坝脚,应该首先采取压重固脚的措施。因土坝渗漏而引起的背水坡滑坡,应同时在迎水坡进行抛土防渗。

因坝身填土碾压不实,浸润线过高而造成的背水坡滑坡,一般应以上游防渗为主,辅以下游压坡、导渗和放缓坝坡,以达到稳定坝坡的目的。在压坡体的底部一般可设双向水平滤层,并与原坝脚滤水体相连接,其厚度一般为 80 ~ 150cm。滤层上部的压坡体一般用砂、石料填筑,在缺少砂石料时,亦可用土料分层回填压实。

对于滑坡体上部已松动的土体,应彻底挖除,然后按坝坡线分层回填夯实,并做好护坡(如图 7 - 6 - 2 和图 7 - 6 - 3 所示)。

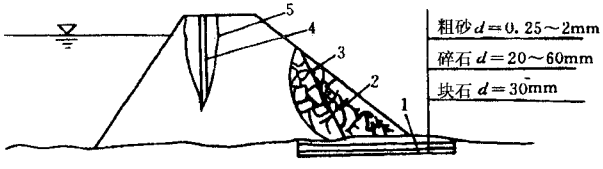


图 7 - 6 - 2　上游防渗、下游导渗压坡处理滑坡

1—排渗盲沟;2—块石压坡体;3—滑裂线;

4—灌浆花管;5—泥浆或化学灌浆防渗体

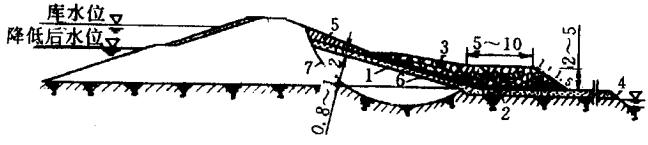


图 7 - 6 - 3　导渗压渗处理滑坡

1—导渗沟;2—卵石层;3—块石压重台;4—排水沟;

5—补坡填土;6—原坝坡线;7—滑裂线

坝体有软弱夹层或抗剪强度较低且背水坡较陡而造成的滑坡，首先应降低库水位，如清除夹层有困难时，则以放缓坝坡为主，辅以在坝脚排水压重的方法处理。地基存在淤泥层、湿陷性黄土层或液化等不良地质条件，施工时又没有清除或清除不彻底而引起的滑坡，处理的重点是清除不良的地质条件，并进行固脚防滑。因排水设施堵塞而引起的背水坡滑坡，主要是恢复排水设施效能，筑压重台固脚（如图 7－6－4 所示）。

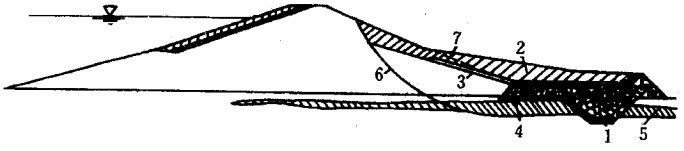


图 7－6－4　软弱夹层地基引起滑坡的处理

1—双向滤层的块石固脚齿槽；2—回填土；3—砂层；4—原有滤水体；5—软弱夹层；6—滑裂线；7—滑坡前坝坡线

处理滑坡时应注意：开挖与回填应符合上部减载，下部压重的原则。开挖回填工作应分段进行，并保持允许的开挖边坡。开挖中，对于松土与稀泥都必须彻底清除。填土应严格掌握施工质量、土料的含水量和干重度必须符合设计要求，新旧土体的结合面应刨毛，以利结合。对于水中填土坝，在处理滑坡阶段进行填土时，最好不要采用碾压施工，以免因原坝体固结沉陷而开裂。滑坡主裂缝，一般不宜采取灌浆方法处理。

滑坡处理前，应严格防止雨水渗入裂缝内。可用塑性薄膜、沥青油毡或油布等加以覆盖。同时还应在裂缝上方修截水沟，以拦截和引走坝面的积水。

四、尾矿坝管涌的处理

管涌是尾矿坝坝基在较大渗透压力作用下而产生的险情，可采用降低内外水头差，减少渗透压力或用滤料导渗等措施进行处理。

（一）滤水围井

在地基好，管涌影响范围不大的情况下可抢筑滤水围井。在管涌口沙环的外围，用土袋围一个不太高的围井，然后用滤料分层铺压，其顺序是自下而上分别填 0.2～0.3m 厚的粗砂、砾石、碎石、块石，一般情况可用三级级配。滤料最好要清洗，不含杂质，级配应符合要求，或用土工织物代替砂石滤层，上部直接堆放块石或砾石。围井内的涌水，在上部用管引出（如图 7－6－5 所示）。

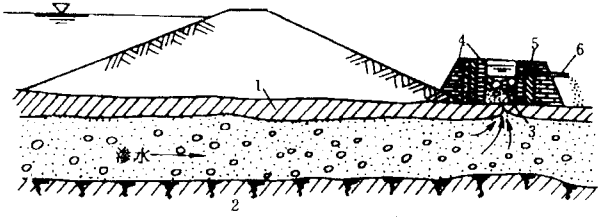


图 7－6－5　滤水围井

1—覆盖层；2—基础透水层；3—三层滤料；4—土袋；5—粘土；6—竹管

如险处水势太猛，第一层粗砂被喷出，可先以碎石或小块石消杀水势，然后再按级配填筑；或铺设土工织物，如遇填料下沉，可以继续填砂石料，直至稳定。若发现井壁渗水，应在原井壁外，侧再包以土袋，中间填土夯实。

(二)蓄水减渗

险情面积较大，地形适合而附近又有土料时，可在其周围填筑土埂或用土工织物包裹，以形成水池，蓄存渗水，利用池内水位升高，减少内外水头差，控制险情发展。

(三)塘内压渗

若坝后渊塘、积水坑、渠道、河床内积水水位较低，且发现水中有不断翻花或间断翻花等管涌现象时，不要任意降低积水位，可用芦苇杆和竹子做成竹帘、竹箔、苇箔(或荆笆)围在险处周围，然后在围圈内填放滤料，以控制险情的发展。如需要处理的管涌范围较大，而砂、石、土料又可解决时，可先向水内抛铺粗砂或砾石一层，厚 15～30cm，然后再铺压卵石或块石，做成透水压渗台，如图 7－6－6 所示。或用柳枝秸料等做成 15～30cm 厚的柴排(尺寸可根据材料的情况而定)，柴排上铺草垫厚 5～10cm，然后再在上面压砂袋或块石，使柴排潜埋在水内(或用土工布直接铺放)，亦可控制险情的发展。

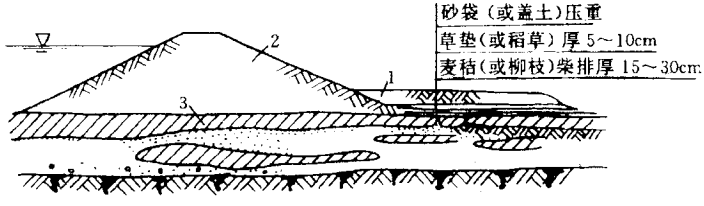


图 7－6－6　透水压渗

1—压渗台；2—坝体；3—覆盖层；4—透水层

(四)如堤坝后严重渗水

采用一些临时防护措施尚不能改善险情时，宜降低库内的水位，以减少渗透压力，使

险情不致迅速恶化，但应控制水位下降速度。

第二节　尾矿坝的抢险

尾矿坝的险情常在汛期发生，而重大险情又多在暴雨时发生。汛期尾矿库处于高水位工作状态，调洪库容有所减少，遇特大暴雨极易造成洪水漫顶。同时，浸润线的位置处于高位，坝体饱和区扩大，使坝的稳定性降低。此外，风浪冲击也易造成坝顶决口溃坝。因此，做好汛期尾矿坝抢险工作对于确保尾矿库的安全运行至关重要。

首先，应根据气象预报和库情，制订出各种抢险措施及下游群众安全转移措施等计划和预案，从思想、组织、物质、交通、联络、报警信号等各个方面做好抢险准备工作。其次，加强汛期巡检，及早发现险情，及时采取抢护措施。

一、防漫顶措施

尾矿坝多为散粒结构，如果洪水漫顶就会迅速冲出决口，造成溃坝事故。当排水设施已全部使用水位仍继续上升，根据水情预报可能出现险情时，应抢筑子堤，增加挡水高度。

在堤顶不宽、土质较差的情况下，可用土袋抢筑子堤（如图 7－6－7 所示）。在铺第一层土袋前，要清理堤坝顶的杂物并耙松表土。

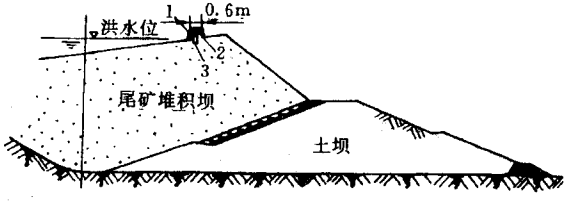


图 7－6－7　土袋筑子堤

1—土袋；2—填土；3—接合槽

用草袋、编织袋、麻袋或蒲包等装土七成左右，将袋口缝紧，铺于子堤的迎水面。铺砌时，袋口应向背水侧互相搭接，用脚踩实，要求上下层袋缝必须错开。待铺叠至予计水位以上时，再在土袋背水面填土夯实。填土的背水坡度不得陡于 1∶1。

在缺土、浪大、堤顶较窄的场合下，可采用单层木板或埽捆子堤。其具体作法，是先

在提顶距上游边缘约 0.5～1.0m 处打小木桩一排，木桩长 1.5～2.0m，入土 0.5～1.0m，桩距 1.0m。再在木桩的背水侧用钉子、铅丝将单层木板或预制埽捆（长 2～3m，直径约 0.3m）钉牢，然后在后面填土加戗（如图 7－6－8 所示）。

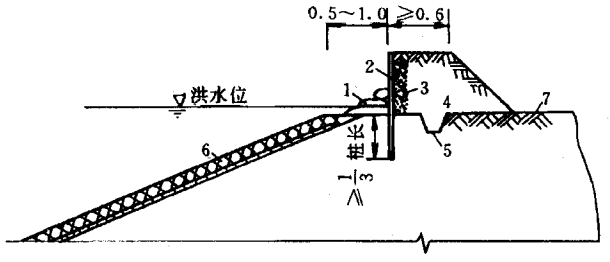


图 7－6－8　埽捆（或木板）筑子堤

1—砂袋或块石；2—木桩；3—埽捆或木板；4—填土；

5—接合槽；6—护坡；7—原坝顶

当出现超过设计标准的特大洪水时，应在抢筑子堤的同时，报请上级批准，采取非常措施加强排洪，降低库水位。如选定单薄山脊或基岩较好的副坝炸出缺口排洪，开放上游河道预先选定的分洪口分洪或打开排水井正常水位以下的多层窗口加大排水能力（这样做可能会排出库内部份悬浮矿泥），以确保主坝坝体的安全。严禁任意在主坝坝顶上开沟泄洪。

二、防风浪冲击

对尾矿坝坝顶受风浪冲击而决口的抢护，除参照前面有关办法进行处理外，还可采取防浪措施处理。用草袋或麻袋装土（或砂）约 70%，放置在波浪上下波动的部位，袋口用绳缝合，并互相叠压成鱼鳞状，如图 7－6－9 所示。当风浪较小时，还可采用柴排防浪。用柳枝、芦苇或其他秸杆扎成直径为 0.5～0.8m 的柴枕，长 10～30m，枕的中心卷入二根 5～7m 的竹缆做芯子，枕的纵向每 0.6～1.0m 用铅丝捆扎。在堤顶或背水坡签钉木桩，用麻绳或竹缆把柴枕连在桩上，然后推放到迎水坡波浪拍击的地段。可根据水位的涨落，松紧绳缆，使柴排浮在水面上。

挂树防浪是砍下枝叶繁茂的灌木，使树梢向下放入水中，并用块石或砂袋压住，其树干用铅丝、麻绳或竹缆连接于堤坝顶的桩上。木桩直径 0.1～0.15m，长 1.0～1.5m，布置形式可为单桩、双桩或梅花桩等（如图 7－6－10 所示）。



图 7－6－9　草袋防浪

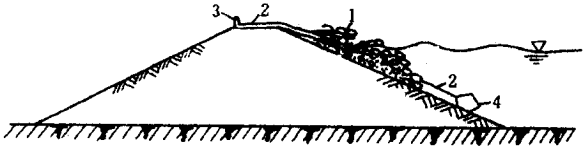


图 7－6－10　挂树防浪

1—树梢；2—铁丝；3—木桩；4—石块

第三节　尾矿库的巡检

尾矿库的任何事故都不是突然爆发的，而是由隐患逐渐发展扩大，最终导致事故形成。巡检工作就是从不正常现象的蛛丝马迹上及时发现隐患，以便采取措施消除之。因此，尾矿库的巡检工作非常重要。应建立巡检制度，规定巡检工作的内容，办法和时间等。

尾矿库的巡检应检查尾矿堆积坝顶高程是否一致，坝上放矿是否均匀，尾矿沉积滩是否平整，沉积滩长度、坡度是否符合要求，水边线是否与坝轴线大致平行，库内水位是否符合规定，子坝堆筑是否符合要求，尾矿排放是否冲刷坝体、坝坡，坝体有无裂缝、滑坡、塌陷、表面冲刷、兽蚁洞穴等危及坝体安全的现象，坝面护坡、排水系统是否完好，有无淤堵、沉降、积水等不良现象，坝体下游坡面、坝脚、坝下埋管出坝处、坝肩等部位有无散浸、渗水、漏水、管涌、流土等现象，渗流水量是否稳定，水质是否有变化，观测设施（测压管、测点、水尺、警示设备、孔隙水压力计、测压盒、量水堰等）是否完好等。

排水构筑物的巡检应检查排水井、排水管涵、隧洞、截洪沟、溢洪道等是否完好，有无淤堵，排水井、斜槽盖板的封堵方式、材料、方法是否符合要求，有无损坏，启闭设备有无锈蚀，是否灵活可靠，下游泄流区有无障碍物妨害行洪等。

其他尚应检查交通道路是否畅通，通讯、照明系统是否完好有效，防汛物资、器材和

工具是否完好、齐备，岗位人员是否到位，管理制度与细则是否完善并行之有效等。

值得特别指出的是，上述巡检工作仅是日常的巡检内容。汛期尚应根据气象预报加强检查，并做好予警工作。汛前、汛后、暴雨期、地震后等应对尾矿库进行全面的安全大检查，必要时应请主管部门派员参与共同检查。

第七章　尾矿库病害治理

第一节　尾矿库病害的产生因素

尾矿库从勘察、设计、施工到使用的全过程中，任何一个环节有毛病，都可能导致尾矿库不能正常使用。其中，由于生产管理不善、操作不当或外界环境因素干扰所造成的病害比较容易检查发现，而勘察、设计、施工或其它原因造成隐患，在使用初期不易显现出来，这些常被人忽视的隐患往往属于很难补救和治理的病害。

一、勘察因素造成的病害

对库区、坝基、排洪管线等处的不良地质条件未能查明，就可能造成库内滑坡、坝体变形、坝基渗漏、排洪涵管断裂、排水井倒塌等病害。

对尾矿堆坝坝体及沉积滩的勘察质量低劣，则导致稳定分析、排洪验算等结论的不可靠。

二、设计因素造成的病害

设计质量低劣表现在基础资料不确切、设计方案及技术论证方法不当、不遵循设计规范、对库水位及浸润线深度的控制要求不明确，或要求不切实际等方面。尽管目前设计单位资质齐全，但上述因素造成尾矿库带病运行的现象屡见不鲜。由此造成的隐患大多为坝体在中、后期稳定性和防洪能力不能满足设计规范的要求。其次，排水构筑物出

现断裂、气蚀、倒塌等病害也可能是由于设计人员技术不高或经验不足所造成。

三、施工因素造成的病害

初期坝施工中清基不彻底、坝体密实度不均、坝料不符合要求、反滤层铺设不当等，会造成坝体沉降不均、坝基或坝体漏矿、后期坝局部塌陷；排洪构筑物有蜂窝、麻面或强度不达标，当负荷载逐渐增大时，会造成掉块、漏筋、断裂，甚至倒塌等病害。

四、操作管理不当造成的病害

在长期生产过程中，由于操作不当造成的常见病害和隐患如下：

(1)放矿支管开启太少，造成沉积滩坡度过缓，导致调洪库容不足；

(2)未能均匀放矿，沉积滩此起彼伏，造成局部坝段干滩过短；

(3)长期独头放矿，致使矿浆顺坝流淌，冲刷子坝坡脚，且易造成细粒尾矿在坝前大量聚积，严重影响坝体稳定；

(4)长时间不调换放矿点，造成个别放矿点的矿浆外溢，冲刷坝体；

(5)巡查不及时，放矿管件漏矿冲刷坝体；

(6)坝面维护不善，雨水冲刷拉沟，严重时会造成局部坝段滑坡；

(7)每级子坝高度堆筑太高，致使坝前沉积厚层抗剪强度很低、渗透性极差的矿泥，抬高了坝体内的浸润线，对坝体稳定十分不利；

(8)片面追求回水水质而抬高库水位，造成调洪库容不足；

(9)长期对排洪构筑物不进行检查、维修，致使堵塞、露筋、塌陷等隐患未能及时发现。

由于管理不当造成的问题主要表现在未能有效地对勘察、设计、施工和操作进行必要的审查和监督；对设计意图不甚了解，片面追求经济效益，未按设计要求指导生产；对防洪、防震问题抱有侥幸心理；明知有隐患，不能及时采取措施消除；未经原设计同意，擅自修改设计等。

五、其它因素造成的病害

暴雨、地震之后可能对坝体、排洪构筑物造成病害：

(1)由于矿石性质或选矿工艺流程变更，引起尾矿性质(粒度组成、粒径、比重、矿浆浓度等)的改变，而这种改变如果对坝体稳定和防洪不利时，自然会成为隐患；

(2)因工农关系未协调好，而产生的干扰常常造成尾矿库隐患。如农民在库区上游

甚至于在库区以内乱采、滥挖等。

第二节　尾矿库常见病害的治理

《尾矿库安全管理规定》中根据尾矿库存在的隐患和病害程度不同，分为危库、险库和病库。并明确规定了针对这三种非正常库应采取的病害消除措施，详见《尾矿库安全管理规定》第七十八至八十六条。

本章第一节详细介绍了尾矿库产生病害的主要原因。显然，今后认真消除上述种种原因是避免产生尾矿库病害的最为有效的措施。

下面介绍几种现有尾矿库常见病害的治理措施。

一、尾矿坝漏砂的治理措施

新建的尾矿坝在使用的初期，往往会在初期坝脚附近泄漏尾砂；有的漏砂由排水涵洞口随回水流走。时间一长，将导致后期坝的外坡面或在沉积滩面出现大大小小的塌陷坑洞，严重威胁坝体安全。治理前要分析漏砂原因，一般可分成下列几种情况：

(1)因初期坝内坡面与坝基接触部位处理不严造成漏砂；

(2)由于初期坝内坡面的反滤层受到破坏而引起漏砂；

(3)由于坝基土产生渗透破坏而漏砂；

(4)由于浆砌石涵洞不密实或砼涵管产生裂缝而漏砂。

对于上述四种情况，当矿浆淹没漏砂点不久就出现时，应暂停排矿，找出漏砂点仔细处理好即可；当坝坡或沉积滩面出现塌陷时，可用土工布袋装粗砂和碎石混合料堆放在塌坑内，自行下沉，最终自然堵塞漏矿点。

对于第(4)种情况，如果漏砂量较大，上述简易方法无效时，可采取以下措施：

(1)反滤井法：漏砂面积较小者，在漏砂沙环的外围，用土(砂)袋围一个井，然后用级配符合一定要求的滤料(粗砂、砾石、碎石)分层铺压。滤料最好要清洗，不含杂质。也可用土工布或铜纱网代替砂石反滤层，上部覆盖砾石或碎石，围井内的水用导水管将水导出，如图 7－7－1 所示。

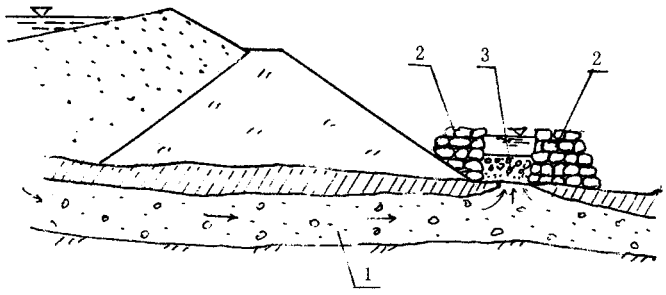


图 7－7－1　反滤井处理示意图

1—透水层；2—粘土袋；3—反滤料

(2)蓄水减渗法：当漏砂面积较大，地形适合而附近又有土料时，可在其周围堆筑土埂以形成水池，蓄存渗水。利用池内的水头减少内外的水头压差，控制漏砂的发展。

二、浸润线过高的治理措施

尾矿堆坝浸润线位置的高低是影响坝体渗透稳定和抗滑稳定的最为重要的因素之一。对于较矮的低等别尾矿坝，只要抗滑稳定满足安全要求，通常允许浸润线从坝坡溢出。但应在其溢出范围内用贴坡反滤层加以覆盖，如图 7－7－2 所示。其原理是让渗透水顺利流到坝外，而坝体的土粒受到反滤层的保护。否则，溢出点的渗透坡降较陡时，坝坡就会发生流土、管涌，甚至滑坡、垮坝。这种办法不能降低浸润线，只能消散坝体内的孔隙压力，但施工简单，费用低。

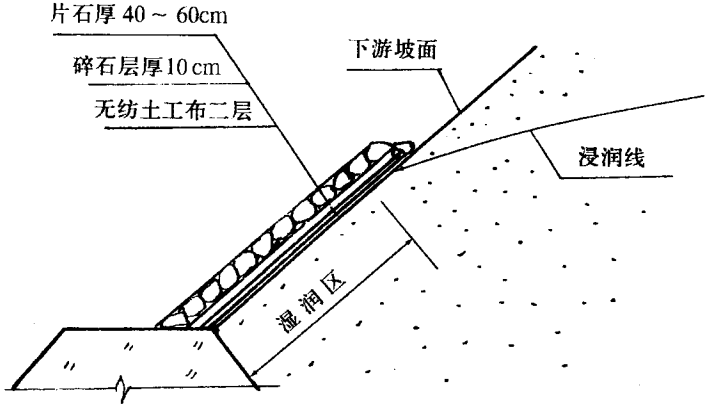


图 7－7－2　贴坡反滤处理示意图

对于较高等别的尾矿坝，一般不允许浸润线从坝坡溢出。特别是在地震区的尾矿

坝，浸润线的深度要求达到 6～8 米以下。为此，国内矿山曾采取过下列措施（简称降水措施）来降低坝体内的浸润线：

（一）预埋盲沟排渗法

在沉积干滩上垂直于坝长方向每隔 30～50 米敷设一道横向盲沟。再在平行于坝长方向敷设一道纵向盲沟，与各条横沟连通。在纵沟上每隔 50～80 米联接一根导水管，通到坝坡以外。横向盲沟汇集的渗水先进入纵向盲沟，再与纵向盲沟汇集的渗水一起进入导水沟，排向坝外。盲沟的坡度及尺寸根据排水量确定，沟内的滤料应选用有一定级配比例的砂石，上部覆盖尾砂即成，如图 7－7－3。当堆坝长度太长，盲沟数量太多时，也可用预制好的钢筋笼架外包无纺土工布代替盲沟，施工简单。近几年来，有采用各种软式透水管取代传统盲沟者，施工更加方便，但是造价较高。

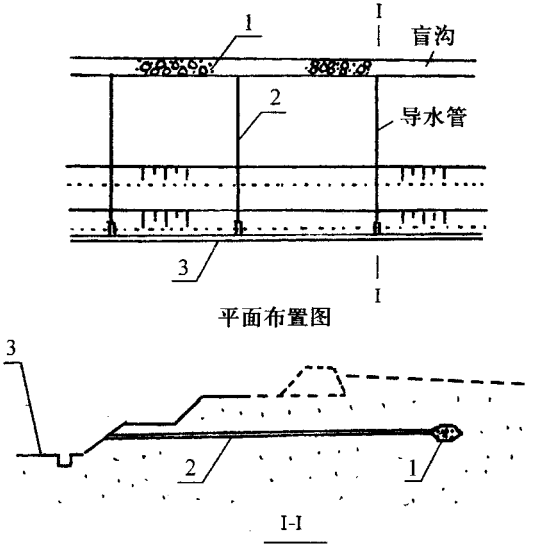


图 7－7－3　预埋排渗盲沟图

1—盲沟；2—导水管；3—水沟

为了充分发挥盲沟的作用，可在盲沟的上部均匀布设一些垂直滤水井，随着坝体的升高可继续向上延伸，形成三维排渗系统，效果较好。

上述措施是在堆坝期间由人工敷设的，造价较低，施工简单，所以一直普遍采用。但盲沟的反滤层选料不当或盲沟纵坡控制不严，排渗效果会大受影响。

（二）轻型井点管抽水排渗法

该法先使用钻机在子坝顶部平台竖直向下敷设井点管（下端带有针状过滤器的钢管），各井点管的上端用胶管与地表敷设的水平总管连接，总管一端封闭，另一端引入地

表泵房，接在泵（真空泵或射流泵）的进水口上。由泵造成负压（真空），通过总管和井点管传到埋入地层的过滤器，在其周围形成负压带，则尾矿渗水在重力作用下沿负压合力的矢量方向流向过滤器，进入井点管和总管，由泵的出水口排到坝外，如图 7－7－4 所示，从而达到降低浸润线的目的。

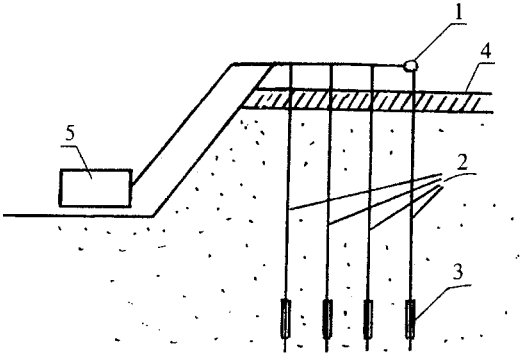


图 7－7－4　轻型井点管排渗示意图

1—主管；2—导水管；3—过滤器；

4—止水（气）带；5—抽水泵房

此法属于强制性抽水，可以使浸润线聚降到预计的位置，应防止大量的细粒尾砂被抽吸带出坝外，造成坝坡或坝面的塌陷；由于是长时间的动力抽吸，机械磨损程度有差异，在并联泵中往往会造成抽水不匹配，产生倒流现象；此外，连接胶管老化开裂，露天电源保护困难等因素都会影响其正常使用。因此，在设备运转的过程中，应勤观察，勤保养，以延长设备的使用寿命。由于该法存在上述问题，目前应用不多。

（三）水平滤管—塑料插板联合排渗法

该法是在尾矿坝外坡上采用水平钻机按照一定仰角向坝内钻孔，同步跟进套管。套管到位后，拔出钻杆，洗净孔内的残沙，将预先制作好的滤管用钻机推进孔内，最后拔出套管，坝内渗水立刻由滤管流出，如图 7－7－5 所示。因为滤管仰角很小，一般为 1°～3°，就简称为水平滤管。施工时应特别注意钻孔的角度，严禁钻成俯角，否则水不能流出孔外；同时在推送滤管时，严禁将土工布磨损，否则产生漏砂现象，造成隐患。

滤管的间距、长度、直径、开孔率等参数应根据浸润线的现状和降深的要求确定。滤管的外包滤布一般采用无纺土工布；管材根据承受压力的大小，可选择普通硬质塑料管、增强塑料管或钢管。钢管强度高，但易结垢和腐蚀，采用较少。

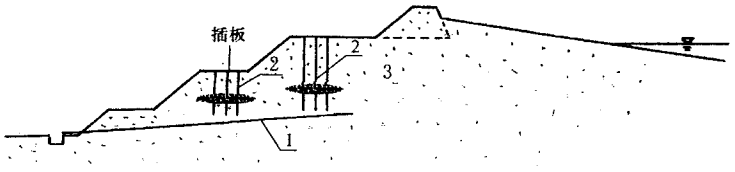


图 7－7－5　水平滤管—塑料滤板排渗示意图

1—水平滤管；2—塑料插板；3—矿泥夹层

大量勘察资料表明：尾矿沉积体内都或多或少地会有细泥夹层，特别是一些较厚的矿泥层严重阻碍了水的垂直下渗，导致浸润线升高。为此，可在敷设了水平滤管的上部坝面上垂直插入塑料排水板，将各细泥夹层上部的积水导入排水板，使其富集到水平滤管附近，通过滤管排出坝外。

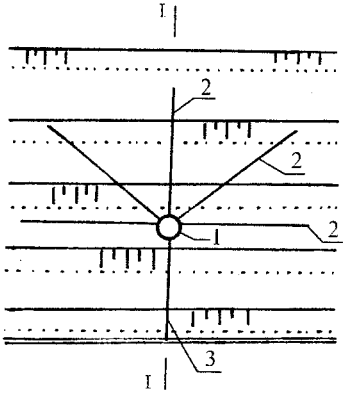
该法施工手段虽比预埋法复杂些，但收效快，效果好，不耗电、属自流，不易损坏、平时不需管理。目前受各种条件所限，滤管长度多为 50～80 米左右，因此浸润线降低深度一般为 5～8 米。这基本上能满足了绝大多数尾矿坝的稳定和抗震的构造要求。该项技术自 1989 年在南京九华山铜矿的尾矿坝闻世以来，已得到广泛应用，技术上也在大力发展。

(四)辐射井内水平滤管排渗法

在坝坡或沉积滩面的适当位置先施工预定深度的钢筋砼竖井，在井内用小型水平钻机敷设水平滤管，如图 7－7－6 所示。由图可知，只要竖井有多深，水平滤管就相应可随之降深，浸润线也应随之降低。必要时，还可采用分层敷设水平滤管，以求更佳效果。

此法的优点与地表水平滤管排渗法相类似，且浸润线的深度有可能降得更低些。但其水平滤管均以辐射井为中心，向外辐射，井壁附近的滤管分布过密，未能得到充分利用。另外，施工难度较大，在软弱的地层上沉井较困难，工程费用高，竖井深度越深，费用越高。

目前，实践表明要想使用少量辐射井将浸润线降到 8 米以下、甚至更深的程度，是非常困难的。或者说，工程和费用将需要很大。



辐射井平面布置图

图 7－7－6　辐射井排渗示意图

1—辐射井；2—水平滤管；3—导水管

第三节　尾矿库典型事故实例

尾矿库重大事故的诱发因素比较容易分辨，但导致事故发生的主要原因或根本原因是很难确定的。从我国尾矿库重大事故来看，都有着多种原因，而且往往互为因果。因而事故的教训也是多方面的。勘察、设计、施工、生产管理以及政府有关部门都能从下面几个典型事故实例中汲取教训。

一、火谷都尾矿库溃坝事故及教训

(一)事故概况

火谷都尾矿库当时存放新冠选矿厂的尾矿，属砂锡矿的尾矿，平均粒径约为 0.022 毫米，而 0.019 毫米的占 74.44%，由于颗粒太细，设计采用一次建坝，分期施工的方案。

图 7－7－7 为原设计的尾矿坝示意图。总坝高为 35 米，总库容为 1270 万立方米。该库 1957 年 7 月开始施工，1958 年 8 月投入使用，1962 年 9 月 26 日发生垮坝事故。垮坝前尾矿坝的实际断面如图 7－7－8 所示。当时总坝高为 29 米，储存的总尾矿量为 814.3 万吨。

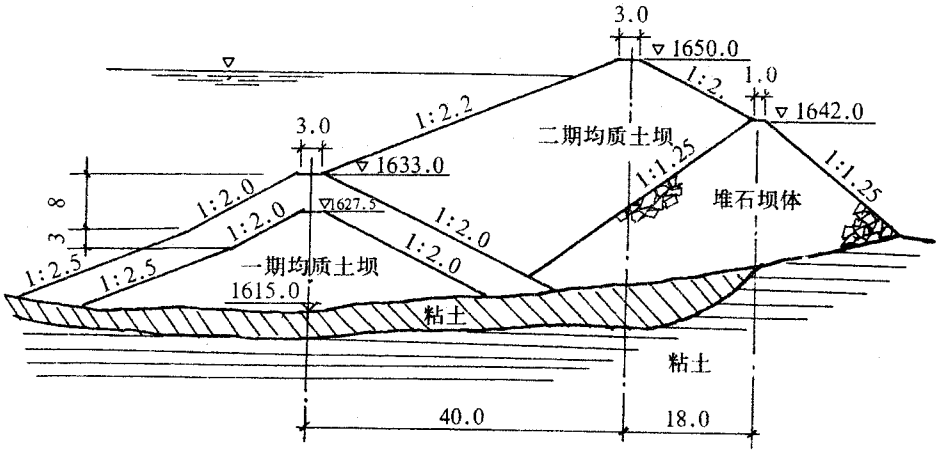


图 7－7－7　火谷都尾矿坝原设计示意图

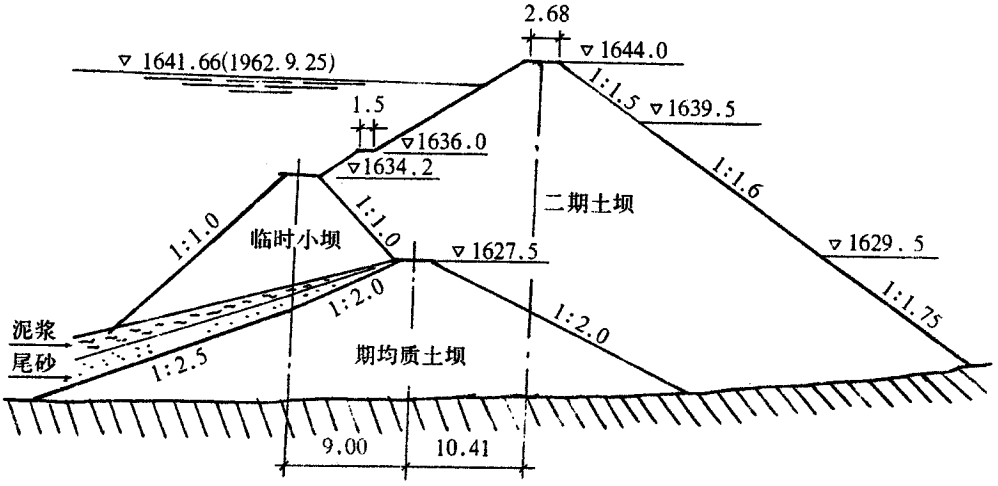


图 7－7－8　火谷都尾矿坝溃坝前实际图

9 月 20 日发现坝的南端和中部坝顶各有 2～3 毫米的裂缝两条，长度约 12 米，在迎水坡上距坝顶约 0.8 米处也发现一条同样裂缝。

事故前三天降了中雨，降雨量共 28.8 毫米，库水位上升较快，9 月 25 日库水位达

1641.66 米，是投产以来的最高水位，下午 6 点查看未发现任何变化。

事故发生在 9 月 26 日凌晨 2 点半到 3 点之间。坝顶中部决口，上宽 113 米，下宽 45 米，深约 14 米，共涌出尾矿浆 368 万立方米。库水位由 1641.66 米降至 1633 米。由于涌量大，冲力猛。冲毁及淹没的田地 8112 亩，损失粮食 675 吨；冲毁房屋 575 间；伤亡 263 人，其中死亡 171 人；此外，冲刷、淤塞河道 1700 米，另有 3800 米沟渠受到局部破坏；损坏公路路基 180 米，淹没公路路面 4500 米；受输电线路和提水泵站严重损坏的影响，大量厂矿停产 10 天；再加上新冠选厂无尾矿库而长期停产和被淹农田几年内都种不出好庄稼，总的损失相当惨重。

（二）事故原因

1. 第二期坝的修改，未作稳定验算，坝坡太陡，坝体断面单薄；上坝土料含水率和压实干容重都未明确，每层铺土过厚，土料不均。以至坝的碾压质量不好；坝体多次分期加高，较大的结合面有六处，小的接缝更多，且都未按规范要求处理；构筑时，又是边施工、边生产，蓄水放矿同时进行，坝身土壤不能很好固结；其上游坡又压在质量很差的临时小坝上；由此可知，该坝质量很差，容易产生变形和位移，坝体的整体性和稳定性都深受影响。

2. 当时作为维持生产的临时小坝基础座落在尾矿砂和矿泥层上，本身就不稳定；其下游坡没有很好压实，有一段含水饱和无法碾压；1960 年抢险时投入的树木、支架、草席和施工生产留下的石墩钢轨等也没有清除；而二期坝又压在上面，增加小坝变形和下滑的危险。

3. 在第二期坝设计时，原考虑在上游坡利用尾矿堆积，使之对土坝起保护作用，但在使用过程中，由于没有及时在坝前放矿，以至清水逼近坝前。水浪对上游坡不断冲刷浸蚀，加之坝身断面本来就比较单薄，更降低了坝的稳定性。

4. 在尾矿设施的运行管理上，缺少严格的防护、维修、观测、记录制度。运行过程中对尾矿砂的堆积情况研究不够。

（三）经验教训

1. 尾矿处理是冶金工业生产的一个重要环节，无论在企业投资安排、劳动力安排、经营管理，都应把尾矿处理放在重要地位，做到首尾兼顾。

2. 尾矿设施的建设安排必须根据矿山生产服务年限作出长远规划。一项尾矿设施工程建设周期长，必须提前几年建设才能保证生产，不能临渴挖井或采取填填补补的临时措施。

3. 尾矿库建设必须严格按基本建设程序办事。切忌边设计、边施工、边生产。

4. 无论设计、施工和生产管理都要认真贯彻落实技术责任制。设计应严格执行规范,施工要确保质量,生产管理要配备足够的技术力量和维护人员,经常观测检查,重要的尾矿坝应作为要害设施,日夜巡逻。

5. 对细粒级量大的尾矿来说,必须坚持从坝前均匀分散放矿,使粗粒尾矿压在坝内坡,把细粒泥浆和清水赶到尾矿池中间或末端去。

6. 要充分认识尾矿设施在选矿厂的重要地位。尾矿设施直接关系到选矿厂的正常生产、经济效益、矿产资源保存和环境保护,特别是下游人民生命财产的安全。尾矿库的建设必须安全可靠,万无一失。

"设计是基础,管理是关键。"对尾矿库的复杂性一定要有充分认识,必须建立一套科学管理的规章制度,并严格贯彻执行,及时发现和消除隐患,方能确保尾矿库的安全。

(本例摘自《中国有色金属尾矿库概论》,有所删节。)

二、牛角垅尾矿库溃坝事故及教训

(一)事故概况

该库于 1971 年 1 月建成投产。初期坝采用有粘土防渗斜墙的干砌石坝,属不透水坝,初期坝高为 16 米;该矿尾矿平均粒径为 0.08 毫米,后期坝为尾矿堆坝,设计堆高 41.5 米,总库容 215 万立方米,有效库容为 150 万立方米,等级为 3 级。垮坝前已堆尾矿量 110 万立方米(约 150 万吨)。库区汇水面积为 3 平方公里,调洪高度 1.6 米。尾矿水所需澄清距离为 60 米。排水沟及坝底涵洞全长 570 米,断面为 1.2 米 × 1.9 米。1979 年该涵洞压裂漏砂,后用钢材支护,水泥喷抹处理。尾矿库尾端建有一截洪沟,长 222.7 米,断面为 4 米 × 2.9 米。

1985 年 8 月 24 ~ 25 日连降暴雨,25 日凌晨 3 点 40 分左右,山洪暴发,坡陡水急,洪水夹带大量泥砂石、杂草,排洪涵洞和截洪沟已无法承担,洪水直接冲入尾矿库,加之离尾矿坝基 100 米处发生 1 # 和 2 # 泥石流直冲库内,见图 7 – 7 – 9。仅几分钟,洪水漫顶冲垮牛角垅尾矿库。事后测算,库内尾矿约被冲走 110 万吨左右。

损失情况在矿区内:冲毁房屋 39 栋,造成危房 22 栋还淹没房屋 27 栋;冲毁设备 25 台,冲走钢材 200 多吨,水泥 1200 多吨,各种原材料 84.7 万元;冲毁输电线路 3.5 公里,通讯线路 4.38 公里,矿区自备公路 4.3 公里,国家公路 3 公里,冲毁桥梁 3 座,致使通讯、供电、交通全部中断。矿区直接经济损失 1300 万元;在下游地区:倒塌部分大型临时工程,一些房屋进水,污染东河两岸农田 15454 亩、生活水井 29 个;还造成东河河堤决口 39 处,冲垮拦河坝 17 座、涵洞 15 个、渠道 11 条,河床淤塞泥石量达 201 万立方米,水系污染

相当严重。

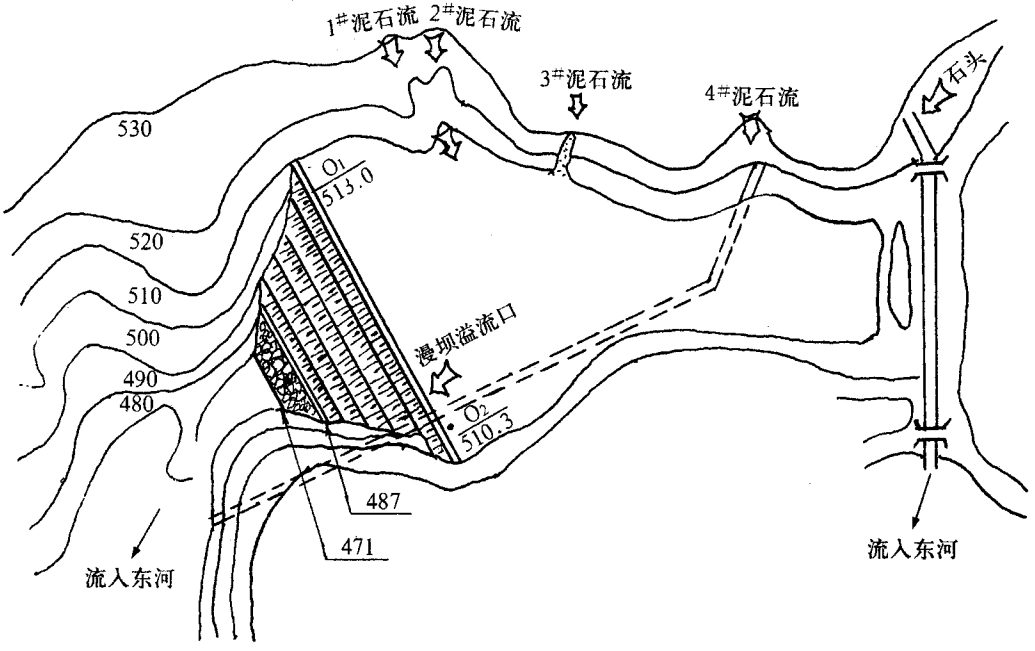


图 7－7－9　牛角垅尾矿库溃坝示意图

(二)垮坝原因

(1)经多方面综合分析及现场勘察,认定为不可抗拒的自然灾害冲垮了尾矿坝。

(2)设计时收集的日最大降雨量为 180 毫米,设计考虑的最大日降雨量为 195 毫米,而实际达 429.6 毫米,因此排洪设施无法满足要求。

(3)设计部门只按最大日降雨量和最大小时降雨量进行设计,也是不合适的。

(三)经验教训

(1)设计前的汇水面积、降雨量、降雨频率、排洪能力大小等主要因素应反复调查论证,切不可马虎。

(2)山谷型尾矿库的排洪系统要建立防堵塞措施,还要解决泥石流对尾矿库侵害的可行措施。

(3)尾矿库的汇水面积不能只计算地表面积,还应考虑地下水的流量。

(4)尾矿库的供电及通讯线路要选择可靠的线路,绝不能从坝基向上输送。

(5)值班室不能建在坝下,要建在安全可靠的地点;坝下游已建好的生活、生产设施应组织撤退演习,要有明确的撤退通道。

(6)尾矿库绝对禁止超期服役。

(本例摘自《中国有色金属尾矿库概论》,有所删节。)

三、金山尾矿库溃坝事故

(一)事故概况

金山尾矿库原设计的初期坝址位于金山坳公路北侧,库区纵深长度为 338 米,尾矿坝总高为 30 米,汇水面积为 0.25 平方公里,总库容为 240 万立方米,服务年限为 15 年。1970 年 5 月省主管领导现场决定,将原设计的初期坝坝址向库内移动 188 米,库区纵深长度减为 150 米,汇水面积为 0.20 平方公里,库容按堆至 50 米标高计只有 103 万立方米,服务年限只有 5 年。初期坝为不透水的均质土坝,坝高约 6 米。1980 年尾矿库正式投入使用。

由于坝址内移,造成库内纵深长度只有 150 米,使用时若要保证原设计尾矿库干滩长度达到 70 米的要求,尾矿坝就不能满足必要的尾矿水澄清距离。尾矿颗粒中小于 0.019 毫米的含量达 33.16%,为了改善库内溢流水的水质,尾矿库经常处于高水位状态作业,平时干滩长度只有 20 米左右。在雨季经常被迫停用,基本不能正常运行。1985 年 3 月设计院曾明文提出 经稳定计算,该坝坝顶不能超过 45 米标高。

1986 年 4 月 30 日凌晨 3 点零 5 分发生溃坝。当时,尾矿坝子坝坝顶标高为 45.7 米,子坝前滩面标高为 44.88 米,而库内水位为 44.96 米,垮坝前子坝处于直接挡水状态,见图 7-7-10。坝顶决口宽 245.5 米,底部决口宽 111 米,库内 84 万立方米的尾矿和水大部分顷刻而下,尾矿坝下游两公里范围内的农田及水塘均被淹没或污染 ;坝下回水泵站不见踪影,部分民房被污染 造成 19 人死亡,100 多人受伤,损失惨重。

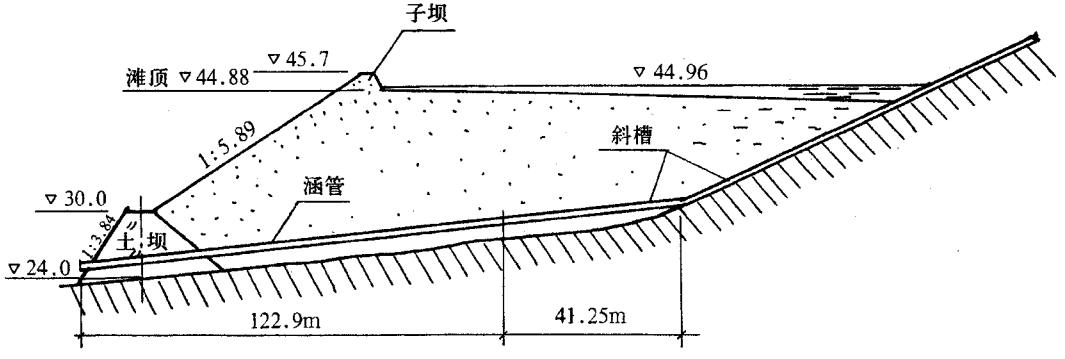


图 7-7-10　金山尾矿库溃坝前示意图

(二)事故原因

(1)库内水位过高,直接淹到子坝内坡,离小子坝顶只差 0.7 米,子坝顶宽只有 1.2 米左右,系用松散尾砂堆成,不可能承受水的渗透压力,先发生渗透坍塌,很快导致漫过沉积滩顶(简称漫顶)溃坝。

(2)尾矿库长期处于高水位运行状态,会导致坝体浸润线过高,稳定性较差,一旦局部产生渗流破坏,会立即引发整体崩溃。

(3)生产与安全的关系处理不当,未能按设计确认的 45 米坝顶标高及时停用闭库。

(三)经验教训

(1)尾矿库是采选工程中的一个重要组成环节,也是一项近期与长远相结合的筑坝工程任务,不仅与生产密切相关,而且与安全、环保及下游居民的生命财产、工农业生产等有关。因此,尾矿坝的安全问题必须予以充分重视。该坝将原设计坝轴线内移 188 米,不仅服务年限由 12 年降为 5 年,而且造成尾矿坝安全干滩长度和澄清距离的长期矛盾尤为突出。这是片面强调节省投资,不尊重科学,违反客观规律,不按基建程序办事的必然结果。这是最主要的教训。

(2)尾矿库安全所需的干滩长(调洪滩长和最小安全滩长之和)与澄清距离发生矛盾往往是中、小型尾矿库不能正常使用和不安全因素的重要原因。在这种情况下,应设法降低库水位,必要时,排泥甚至停产,也得保坝。

(3)上游法尾矿筑坝未经技术论证用子坝挡水、拦洪,不仅是违反上游法尾矿筑坝的基本原则,而且往往是造成决口垮坝的直接原因,这种做法今后是绝对不允许的。

(4)对尾矿坝存在坝坡渗水、沼泽化、浸润线偏高等不安全因素,应及时采取有效的治理措施。

(5)尾矿库的接替工程建设应早落实,确保采选厂的持续生产,绝对要禁止未经技术论证和批准,擅自加高尾矿坝,冒险使用。

四、尾矿库其它事故及教训

很多矿山的尾矿库自投入使用以来,都在不同程度上存在着病害史。如:防洪能力不足、坝体浸润线过高、坝体渗漏、坝坡渗水、坝体局部坍塌、暴雨冲刷拉沟、尾矿漏浆冲毁子坝及坡面、排洪系统倒塌、排水管断裂、细颗粒集中形成的软弱夹层以及地震灾害形成的液化区等,其中有些隐蔽的病害尚未进行有效的整治。其实,尾矿库的事故除了整体溃坝以外,其它方面的事故造成的灾害也非同小可。例如:

1988 年 4 月 13 日 23 点左右,栗西尾矿库排洪隧洞因在施工过程中留下的隐患未能

及时发现而塌陷，共泻出尾矿水砂 136 万立方米，其中含有氰化物和重金属，严重污染了下游河流，在横跨两省一市长达 440 多公里的河床内，淤积了大量尾矿砂。水头所到之处，冲垮桥梁，冲倒树木和电杆；破坏农灌水渠和鱼塘；沿岸工厂和水力发电站也受到不同程度的影响。陕西省境内直接经济损失约 530 万元。河南省要求赔偿 2100 万元，金堆城钼业公司为了防止事故的扩大，进行了多项抢险工程，花费了大量的投资。总经济损失为 3200 万元。

1993 年 6 月 13 日上午 8 点 55 分潘洛铁矿尾矿库由于个体户和地方企业在库区以内乱采滥挖，发生山体滑坡，滑坡总土石方量约有 60 万立方米。虽未将坝冲垮，但排洪系统、砂泵房被毁，部分厂房被淹，下游村民房屋及水系遭到污染，还造成 14 人死亡，多人受伤。

1994 年 5 月 7 日，云南永福锡矿因违反安全规程，在已闭库的尾矿库坝下挖采尾砂，而引起大面积坍塌，造成 13 人死亡。

2000 年 10 月 18 日 9 时许，广西南丹县“鸿图选矿厂”尾矿库筑坝的材料仅仅是用稻草和树枝等构成，垮坝后造成 100 多人失踪。

我国目前尾矿库的安全状况很不一致。总体来说，国企大、中型尾矿库稍好一些，乡镇和个体经营企业的小型尾矿库较差；黑色冶金矿山尾矿库稍好一些，有色冶金矿山的尾矿库问题多些；虽然各级政府和企、事业部门为加强尾矿库的安全做了大量的工作，但是尾矿库事故仍然时有发生。许多地方的中小型企业，特别是乡镇企业和个体经营者，比较重视经济效益，而忽视了对尾矿库的科学管理，对尾矿库的危害程度认识不足。各企业应从上述尾矿库事故中，吸取教训，引以为戒。

第八章　尾矿库的安全监督

第一节　我国尾矿库安全的概况

一、我国尾矿库的基本情况

我国是矿业大国，冶金、有色、化工、核工业、建材和轻工业等行业的矿山都有尾矿设施。据初步统计，形成一定规模的尾矿设施约有 1500 座左右。其中主要是冶金和有色行业的尾矿设施占绝大多数，其它行业约占 20%。每年产生出的尾矿约 3 亿吨。

我国库容超过 1 亿 m^3 的尾矿库约有 10 座，最大的达 8 亿 m^3。坝高超过 100m 的约有 12 座，最高可达 260m。从数量上，小型尾矿库（坝高小于 30m）占 80%以上，但从贮存量上，大中型尾矿库贮存 80%以上的尾矿量。

二、我国尾矿库的特点

相对国外的尾矿库来说，我国尾矿库从安全的角度分析有一些很明显的特点。

（一）坝的分等标准高

我国尾矿库从设计规范上规定，坝高低于 30 米的为五等库，即最小的一类库，低于 60m 的为四等库，低于 100m 的为三等库，高于 100m 的为二等库。而前苏联的尾矿库的标准是，坝高低于 25m 的为小型库，坝高低于 50m 的为中型库，坝高高于 50m 的为大型库。在南非坝高小于 12m 的为小型库，坝高小于 30m 的为中型库，坝高高于 30m 的为大

型库。

由于我国土地资源紧张，征地很困难，60 年代以来建造的尾矿库大都已处于中后期，在没有新的接替尾矿库情况下，老坝加高改造已是一种迫不得已的措施。如山西峨口铁矿原设计坝高 160m，现欲改为中线法加高到 260m，而在加拿大，用同样方法筑坝一般只有 50～60m 高。

（二）上游法堆坝多

在尾矿坝的堆筑方法中，上游法动力稳定性相对较差，所以国外多发展下游法和中线法筑坝，较高的坝一般是用下游法和中线法筑坝。而我国鉴于上游法工艺简单，便于管理，适用性高的特点，90％以上的尾矿坝都是用上游法堆筑。

（三）筑坝尾矿粒度细

我国为了充分利用矿产资源，对一些品位低的矿体也进行开采，而且相对国外的某些产矿大国，我国的矿石品位也较低，所以在选矿时磨得很细，尾矿的产出量不但多，而且粒度普遍较细。粒度细的尾矿强度低，透水性差，不易固结，筑坝速度和坝高受到限制。尽管如此，有些矿山企业还要最大限度地挖掘矿产资源，对较粗一些的尾砂加以综合利用（如作建材等）。这样，能用于堆坝的尾矿粒度就更细，筑坝更加困难。

（四）尾矿坝坝坡稳定性安全系数标准低

我国尾矿坝坝坡稳定性安全系数规定得比国外标准低些（如果提高安全系数，坝体的造价就要提高很多，对绝大多数矿山是难于承受的。）我国设计标准规定，用瑞典圆弧法计算时，4、5 级尾矿坝在正常运行条件下的稳定安全系数是 1.15；而美国的标准规定用毕肖普法计算时，安全系数为 1.5（一般情况下毕肖普法计算结果仅比瑞典圆弧法高 10％）。

（五）尾矿库位置很难避开居民区

尾矿库应选在偏僻的地方，这一点在人口少，地域辽阔的外国较易做到，如在澳大利亚，尾矿库一般建在荒无人烟的地方。而在我国，则很难做到。人口密集、可利用土地少是我国的特点。如本钢南芬铁矿位于沈丹铁路和公路交通要道，坝下城镇居民稠密。位于云南的牛坝荒尾矿库，库容三千多万立方米，处于个旧市的头顶之上，垂直落差 250m，虎视眈眈，时刻危胁下游 10 多万人民的安全。

三、我国尾矿库主要的安全问题

在我国尾矿库的重大事故时有发生。如云锡公司火谷都尾矿库 1962 年 9 月 26 日发生溃坝，造成 171 人死亡，受伤 92 人，受灾人口 13970 人。湖南柿竹园尾矿库 1985 年 8

月 25 日发生溃坝，造成 49 人死亡。安徽黄梅山铁矿尾矿库 1986 年 4 月 30 日发生溃坝，造成 19 人死亡，受伤 100 人。河南滦川县赤土店乡钼矿 1992 年 5 月 24 日抢修尾矿库排洪洞时发生大规模坍塌，死亡 12 人。福建省潘洛铁矿 1993 年库区内发生山体大规模滑坡，造成 14 人死亡，4 人重伤。湖北省大冶有色金属公司龙角山铜矿 1994 年 7 月 13 日由于暴雨冲击，尾矿库溃坝，死亡 28 人，失踪 3 人。每次尾矿库的事故不但造成人员伤亡，而且在经济上也造成巨大的损失，在社会上造成极坏的影响。

我国尾矿库的安全现状是很复杂的。虽然各级政府，各矿山企业主管部门和矿山企业为加强尾矿库的安全做了大量工作，但是仍然存在很多问题亟待解决。重点矿山的尾矿库自启用以来，大都有程度不同有病害史，如坝体渗漏，坝坡渗水，暴雨冲刷，排水塔倒塌，排水涵管断裂，压力回水洞口爆裂以及地震灾害等。据初步统计，重点黑色冶金矿山尾矿库安全运行状况较好的约占 70%，有一定问题和问题较多的约占 30%。有色总公司直属企业的尾矿库正常状态的占 52%，带病运行的占 33%，超期服役的占 9%，处于危险状况的占 6%。化工部直属企业中的 18 个尾矿库中，正常运行的占 61%，超期运行的占 17%，病库占 22%。这是前几年的统计，从 95 年劳动部和有色总公司共同组织的对有色系统部分矿山 18 个尾矿库的抽查情况分析看，问题还是很多的，有的非常严重。

许多地方中小型矿山，包括乡镇集体矿山的尾矿库，由于管理水平较低，尾矿设施先天不足，能达到安全运行标准的更少。

造成我国尾矿库安全问题的主要原因，归纳起来有以下几点：

(一)设计不规范

我国有相当一批尾矿库是 60 至 70 年代建造的，当时国家还没有颁发正式的尾矿设施设计规范，加之‘文化大革命’特定环境的影响，设计中的问题很多。还有一种情况是，改革开放以来，地方矿山如雨后春笋般建立起来，特别是乡镇集体和个体矿山企业的尾矿库，根本没有正规设计。

(二)勘察不规范

有的矿山企业片面强调节约资金，在尾矿库设计之前不做必要的地质勘察，在尾矿坝建成后，发现初期坝坝基透水或库内发生落水洞和跑水等事故。

(三)工程质量问题

有些矿山企业在尾矿库建设中以承包代替管理，忽视建设质量，对建设工程的质量监督流于形式，使得尾矿坝的隐蔽工程存在严重问题，有的坝体刚刚建成，就不得不投入大量资金重新加固。

(四)建设不遵守程序

有些矿山企业片面理解当前的改革政策，各取所需，不遵守国家规定的有关矿山建

设的设计审查和竣工验收程序，有的设计单位没有取得相应的设计资格，有的设计没有经过审查和批准，有的建成投产后，长期不申请验收。特别是在设计和验收中不征求劳动部门的安全监察意见。

（五）管理工作弱化

一些矿山企业视尾矿库为矿山的包袱，投入越哆，企业效益越差，在管理上存在侥幸心理和短期行为，不严格执行规程、规范，发现问题不及时处理以至酿成重大事故，管理机构不健全，人员素质不高，企业规章制度不完备。企业内部对尾矿库的安全检查流于形式。

（六）外界干挠严重

由于在经济体制改革和经济发展过程中，必然存在法规制度不适应或不健全的过程，地方利益和国家利益存在统筹兼顾的问题，一些地方群众法制观念不强，个体和集体矿山企业到国家重点矿山尾矿库附近非法越界开采，有的在坝区采石放炮，有的在库下开采，有的偷抢尾沙，对尾矿库的安全形成极大的危胁。

第二节　尾矿库安全监督管理的重要性

一、国外对尾矿库安全的监督管理

世界上正在使用的尾矿库和工业废料库约有 20 万个，1982 年 29 个国家的不完全资料中有近 900 个尾矿坝有据可查，其中最早的建于本世纪初，库容较大的均在千万至一亿立方米以上。加拿大布列颠哥伦比亚的直布罗陀尾矿库 82 年的库容已达 1.06 亿 m^3，最终库容达 1.85 亿 m^3。1972 年完成的美国阳基杜特尔尾矿库坝高达 173.8m，库容达 1.5 亿 m^3。伊朗的切什梅尔汗尾矿库最终坝高 90m，库容达 2.42 亿 m^3。这些尾矿库的基础材料几乎全为土石，绝大多数位于山谷。

国外尾矿库的破坏事故也时有报道，且实际发生的事故要比公开报道的多得多。美国克拉克大学公害评定小组的研究表明，尾矿库事故的危害，在世界 93 种事故、公害的隐患中，名列第 18 位。它仅次于核武器爆炸、DDT、神经毒气、核幅射以及其它 13 种灾害，而比航空失事、火灾等其它 60 种灾害严重，直接引起百人以上死亡的尾矿库事故已不新鲜。

1985 年 7 月中旬，意大利东北部的普瑞皮尔尾矿库溃坝，250 人丧生。1965 年智利某铜矿因地震溃坝，死亡 210 人。非洲的赞比亚某铜矿和南非某铂矿，分别在 1970 年和 1974 年溃坝，有 100 人丧生。美国布法罗尼河矿尾矿坝 1972 年 2 月 26 日溃坝，造成 125 人死亡，4000 人无家可归。尾矿坝溃坝破坏时，尾矿往往立即液化，扩大坝的缺口，沿山谷往下游倾泄，其危害程度比水坝溃坝严重得多。

世界各国非常重视尾矿库的安全。美国，加拿大等国都把对尾矿库的安全列为该国劳动部门安全监察的重要内容。在美国，劳工部矿山安全卫生署所属的技术中心制定有尾矿库的安全检查指南。矿山安全卫生署下属 6 个区的安全检查总部及各检查站对尾矿库每年必须检查 2 次，对检查出的安全隐患及时发出通知限期治理。对未及时处理又没有充分理由说明原因的，处以严厉的经济处罚甚至起诉。加拿大等国都规定，尾矿库的设计和验收都必须经劳动部门的审查。国际大坝委员会在 1984 年组建了国际大坝委员会矿山和工业尾矿坝分会（这个分会目前已经独立出来），针对全世界日益增多的尾矿库制定一系列安全方面的方针，交流各国对尾矿库安全工作的法规资料和技术经验，促进尾矿库安全技术的发展。

二、我国目前对尾矿库的管理

建国 46 年来，尾矿技术得到很大发展。建国初期，我国就组建了一支尾矿工程专业队伍，在党和国家重视和关怀下，已发展壮大到拥有尾矿工程科研、勘察、设计、施工与生产管理人才的专业齐全、水平较高、素质过硬的专门队伍。他们借鉴国外先进经验，结合我国的实际，大大提高了尾矿处理专业水平。如尾矿浓缩与输送的理论研究和新型高效设备的应用，高堆坝渗流与稳定分析的理论研究和生产实践，降低坝内浸润线增加坝体稳定的理论与实践，岩溶区和地震区的尾矿库建设，尾矿水处理，尾矿坝观测系统，中线法和下游法筑坝工艺研究和实践，细泥筑坝理论与实践，排水系统、复垦和尾矿的综合利用等方面都达到了很高水平，尤其在上游法筑高坝的理论和实践，我国在世界上享有殊誉。在中国金属学会设有尾矿设施专业委员会，定期召开学术交流会，对尾矿工程专业发展起到促进作用。

在管理系统上，基本上建立了行业与企业管理体系。在尾矿设施集中的黑色冶金系统，有色冶金系统，化工系统和核工业系统都先后建立了尾矿坝工程安全技术监督站，许多大型企业集团或地区也建立了区域性的监督站，协助行业主管部门加强尾矿库安全技术监督与检查。各矿山企业也设立了尾矿库管理机构并制定了安全管理规程和细则。

为了促使我国尾矿工程向科学化、规范化和标准化发展，国家各有关部门和行业集

团总公司先后编制颁发了一系列标准、规范、如《选矿厂尾矿设施设计规范》,《冶金矿山尾矿设施管理规程》,《上游法尾矿坝工程地质勘察规程》,《选矿厂尾矿设施施工及验收规程》,《铀水冶厂尾矿设施设计规程》等。

三、劳动部门对尾矿设施的安全监督

为了突出尾矿设施在矿山企业安全的重要性,《中华人民共和国矿山安全法》特别强调了对尾矿设施的安全监督内容。指出:矿山企业对尾矿库可能引起的危害,应当采取预防措施。

尾矿设施是矿山的重大危险源,在国外,许多国家都把对尾矿设施的安全监督列入劳动部门的重要内容,制定了有关法规,建立健全了监督体系。自 80 年代中期以来,尾矿库的安全得到了有效的控制,事故发生次数大大下降。如加拿大安大略《矿山和矿山企业规程》就规定"矿山或矿山企业所有者在进行尾矿坝或任何拦尾矿用的地表构筑物的施工之前,应通知地方行政长官,并提供劳动部门工程师要求审查的有关图纸,计划及说明书"。

在我国,加强劳动部门对尾矿设施的安全监督,不但是对国外先进经验的学习和借鉴,也是我国社会发展的必然结果。

《矿山安全法》规定:国务院劳动行政主管部门对全国矿山安全工作实施统一监督。县级以上各级人民政府劳动行政主管部门对本行政区域内的矿山安全工作实施统一监督。这些规定表明,劳动行政主管部门为主体实施的安全监督是代表国家监督。这种具有法律化形式的统一监督有如下一些基本特征:

(1)权威性。首先根源于法律是由国家的最高权力机关制定和认可的,它体现的是国家意志。这种对矿山安全的统一监督的权威是其它种类的监督和其它部门的工作职责中所不具有的。

(2)强制性。国家的法律都必然要由国家强制力来保证实施。劳动行政主管部门对矿山安全工作实施统一监督,由于是依法行使的监督权,它就是以国家强制力作为后盾的。这种以《矿山安全法》为基础的监督关系,决不是以被监督者的自愿为基础建立起来的,而是不管被监督者是否愿意,都必须接受监督,监督部门对被监督对象的违法行为,必要时要依照法定权限作出处罚或者依照法定程序建议提交法定的机关惩办。

(3)普遍的约束性。对我国管辖领域内的矿产资源开采活动,劳动部门的监督是具有普遍的约束力,各种采矿活动中凡属矿山安全的工作都必须接受这种统一的监督,履行《矿山安全法》规定的职责。不允许存在超越于法律之上的,抗拒或逃避《矿山安全法》

所确定的监督。这种普遍的约束性，实际上是法律的普遍约束性在矿山安全工作中的具体体现。

第三节　尾矿库安全监督管理的法规建设

一、尾矿库安全监督管理的法规体系

尾矿库的安全工作是一项综合的系统工程，涉及到国家许多部门和各个地区，需要各个方面的通力合作，相互的配合，才能切实做好。必须建立关于尾矿库的一套完整的，相互联系的法规体系，才能保证尾矿库的安全工作有条不紊地开展。

所以，尾矿库安全的法规体系，也就是调整关于尾矿库安全方面的权力，义务，责任关系的法律，行政法规，部门规章和地方性法规所构成的一个有机的法规群体。尾矿库安全的法规体系是以全国人大常委会颁布的《中华人民共和国矿山安全法》为基本准则，包括国务院有关部门制定的尾矿库方面的部门规章，还包括地方人大制定的地方性法规和地方政府制定的地方政府规章。这些法规群体构成了尾矿库法规体系。这些法规既有其内在的联系，又有其各自独立的调整对象和其层次逻辑。这些法规具体地规范了国家对尾矿库所采取的一系列的监督管理制度以及违法者的法律责任。这些法律、行政法规和部门规章、地方性法规、规章，是劳动行政主管部门和有关部门依法行政的重要依据，也是查处尾矿库方面的违法行为，进行行政处罚的主要法律依据。我国尾矿库法规体系如图 7－8－1 所示。

二、《尾矿设施安全监督管理办法(试行)》的指导思想和主要内容

《尾矿设施安全监督管理办法(试行)》是劳动部门对尾矿设施进行监督的一部重要规章。它是劳动部与国务院有关矿山企业主管部门、总公司反复磋商，并多次征求各地劳动部门以及矿山企业的意见，经过认真修改后制定的。它颁发后，各矿山企业主管部门和总公司都在本系统内进行转发。

该办法的指导思想是："坚持"企业负责、行业管理、国家监察和群众监督"的方针，规范矿山企业、企业主管部门以及劳动行政主管部门的主要职责，加强预防性安全监察，遏制尾矿库重、特大事故的发生，保护人民生命和国家财产的安全。

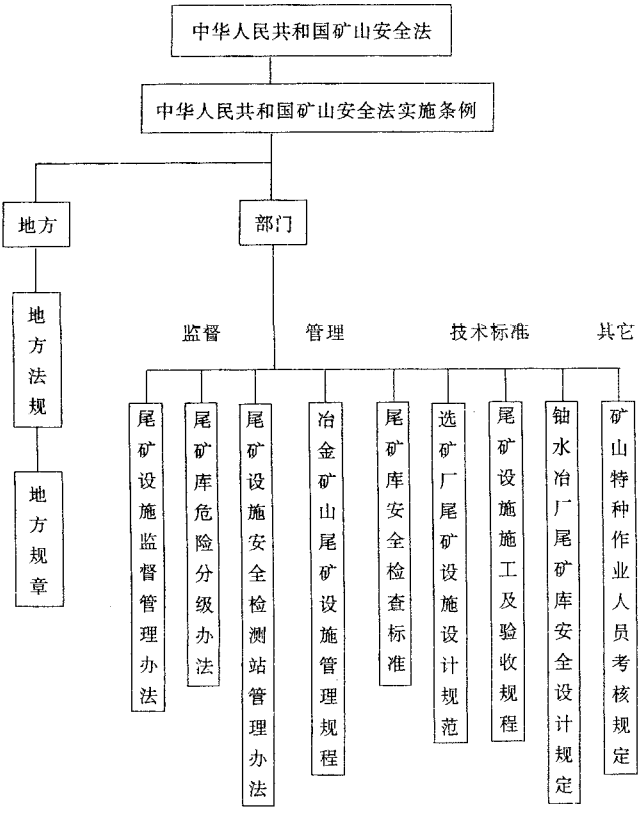


图 7－8－1　尾矿库安全法规体系表

该办法共有 20 条。第一条至第四条是总则部分。第一条说明该办法的法律依据是《中华人民共和国矿山安全法》和有关法规，制定的目的是加强对尾矿设施的安全监督管理，防止尾矿设施造成危害。第二条是说明该办法所称的尾矿设施的内容，不但包括一般的湿法选厂的尾矿设施也包括如核工业的水冶厂的尾矿设施等其它生产过程所产生的尾矿设施。第三条是说明该办法适用范围，它适用于所有矿山企业。第四条是对尾矿设施的危害程度分级的定义。对重大危险源，通过风险评价进行分级，有针对性地进行重点监督和管理，是国内外安全管理的成功经验。通过对尾矿设施的危害分级的过程，也是就是对目前存在的尾矿库重大事故隐患进行调查、建档和评估，有重点地监督企业对事故隐患进行治理和监控，防止尾矿设施因重大事故隐患失管失控造成重大的恶性事故。

第五条至第九条是规范矿山企业对尾矿设施的安全管理的职责。这 5 条是对矿山安全法规定的企业职责的延伸。矿山安全法和本办法都高度重视加强矿山企业的安全

管理。对尾矿设施的安全管理，是指对尾矿产生、运输、贮存过程的安全进行计划、组织、指挥、控制等一系列的管理活动。矿山法人代表必须把搞好尾矿库的安全作为自己的重大责任，不能抱侥幸心理，不能有临时思想，不能在自己的任职期间得过且过。要以对人民生命财产高度负责的精神，认真抓好管理，踏踏实实地解决问题。第五条规定了矿山企业的 8 条基本责任。第六条规定了企业对尾矿的安全检查周期和频率。第七条规定了矿山企业必须编制尾矿设施安全渡汛的计划。第八条规定了矿山企业必须对尾矿设施进行特别检查，第九条规定了矿山企业必须保证对尾矿设施有足够的治理资金。

第十条至第十二条规定了矿山企业主管部门对尾矿设施安全管理的基本职责。这 3 条是对矿山安全法中规定的企业主管部门职责的延伸，也是对冶金矿山尾矿设施管理规程中有关重点内容的再次强调。国务院领导多次在重要场合强调指出 在机构改革和政府职能转变过程中，无论怎样改，安全生产管理和安全生产责任只能加强，不能削弱。各有关部门必须承担起自己的责任。第十条规定了矿山企业主管部门的 6 条基本职责。第十一条规定了矿山企业主管部门必须组织定期全面检查。第十二条规定矿山企业主管部门应奖励对尾矿设施安全管理做突出贡献的单位和个人。

第十三条至第十五条规定了劳动行政主管部门对尾矿设施安全监督的基本职责。第十三条规定了劳动行政主管部门的 6 条基本职责，第十四条规定了国务院劳动行政主管部门组织制定安全评价办法，第十五条规定劳动行政主管部门安全检查的周期频率及分级监督。

第十六条规定了对尾矿设施安全检测的原则办法。安全检测是使对尾矿设施的安全监督建立在科学决策基础上的基本手段。检测检验工作应有序地进行。

第十七条规定了对尾矿库操作人员培训考核的原则办法。安全培训工作是实现尾矿设施安全的一项重要基础工作。劳动部颁发了《矿山特种作业人员考核规定》，具体规定了特种作业人员，其中包括尾矿库操作人员的培训考核办法。

第十八条规定了违反本办法的有关单位及其负责人的法律责任。

根据矿山安全法及有关规定，尾矿设施的设计审查和竣工验收必须有劳动部门参加。不符合安全规程和技术规范的不得验收，不得投入生产。劳动行政主管部门应会同企业主管部门责令停止生产，并由劳动行政主管部门处以罚款 拒不停产的，提请县级以上人民政府决定由有关主管部门吊销其采矿许可证和营业执照。已经投入生产的尾矿设施不具备安全生产条件而强行使用的，由劳动行政主管部门会同企业主管部门责令限期改进，逾期仍不具备安全生产条件的，由劳动行政主管部门提请县级以上人民政府决定责令停产整顿或者由有关主管部门吊销采矿许可证和营业执照。

矿长不具备安全专业知识的，安全生产的特种作业人员未取得操作资格证书而上岗作业的，由劳动行政主管部门责令限期改正，逾期不改的，提请县级以上人民政府决定责令停产，调整配备合格人员后，方可恢复生产。

矿山企业主管人员对尾矿库事故隐患不采取措施，因而发生重大伤亡事故的要追究刑事责任。矿山安全监督人员和安全管理人员滥用职权，玩忽职守，徇私舞弊，构成犯罪的，依法追究刑事责任；不构成犯罪的，给予行政处分。

三、《尾矿库危险分级办法》的指导思想和主要内容

《尾矿库危险分级办法》是根据《尾矿设施安全监督管理办法（试行）》第十四条而制定的。《尾矿库危险分级办法》的宗旨就是对尾矿库的安全评价工作进行具体的规定。现代安全工程的重要内容之一，就是分析、评价和控制系统中的各种危险，防止灾害事故的发生，减少灾害发生的概率及后果，从而实现系统的安全。《尾矿库危险分级办法》的指导思想就是，采用安全评价的方法，对尾矿库的安全度和危害后果进行科学而实用的定性和定量的综合分析，进而对尾矿库的危险等级做出合理的判断，监督和促进企业对尾矿库的安全管理和隐患治理，确保尾矿库的安全。

安全评价亦称风险评价，就是为了选择适当的安全措施，对在危险状态下可能造成的人身伤亡或财产损失概率和程度全面评估。安全评价要涉及两个内容，即某一危险发生的可能性和如果发生其后果的幅度大小，为针对分析结果提出处理和实施的方案的决策提供科学的依据。

在安全评价中要建立对危险的定量分析，这种定量涉及：

（1）建立“危害”的度量标准；

（2）估计伤害或损坏的严重性。

所谓度量标准，就是用什么来衡量“危害”。危害的度量标准是很多的，如人员的潜在的或直接的伤害、疾病、或死亡，设备或财产的损失和破坏等等。为了使对尾矿设施的“危害”的度量简单而明确，把事故一旦发生可能造成的死亡和直接经济损失做为标准。诸如对人身造成可能寿命降低、生命质量衰退、操作能力降低或损失等伤害和间接经济损失等，由于它们不便衡量，所以就不做为尾矿库的“危害”标准。此外，对尾矿库安全评价的根本目的是对尾矿库的隐患进行治理，而不是要把它可能造成的影响在数量上评估得非常清楚。

在《尾矿库安全监督管理办法（试行）》中，根据我国对事故的严重程度标准和惯例，把尾矿设施的危害严重程度分为三类：

一类尾矿设施：一旦发生最大可能造成的溃坝事故，殃及居民区或重要建(构)筑物等，可能造成死亡 50 人以上或经济损失 1000 万元以上的；

二类尾矿设施：一旦发生最大可能造成的的溃坝事故，殃及居民区或重要建(构)筑物等，可能造成死亡 10 人以上至 50 人以下或经济损失 100 万元以上至 1000 万元以下的；

三类尾矿设施：一旦发生最大可能造成的的溃坝事故，殃及居民区或重要建(构)筑物等，可能造成死亡 10 人以下或经济损失 100 万元以下的。

这个分类方法隐含了那些一旦发生溃坝事故不可能造成死亡的情况。如在荒无人烟的地方建尾矿库，或者尾矿库的下游没有人居住，就属于这种情况。所以实质上是四种类型。在《尾矿库危险分级办法》中就是提出了这四种类型。

国际上对尾矿设施也根据其可能造成的伤害或损失的严重性进行危害分类。如南非对尾矿设施的危害分类如表 7－8－1 所示。

表 7－8－1　南非对尾矿设施的危害分类

危害分类	可能死亡的人类	可能的经济损失
低	没有	微小
大	低于 10 人	大
重大	多于 10 人	重大

澳大利亚对尾矿设施的危害分类如表 7－8－2 所示。

表 7－8－2　澳大利亚对尾矿设施的危害分类

危害内容 \ 危害等级		高	中等	低
垮坝事故	对人危害	预计对居民区或其它开发区造成生命危害	下游没有城镇和开发区，居民建筑很少，发生生命危害的可能性很少	预计不可能造成生命危害
	直接经济损失	极大的经济损失如：居民区、工业、农业、商业设施、重要财产、矿山建筑、尾矿库本身及它下游库的重大损失	可估计到的经济损失，如：二级道路、小铁路、较重要的公共设施、矿山建筑、尾矿库本身的及它下游库的损失	没有明显的经济损失，如：对农业、土地、次要道路、矿山建筑等造成有限的损害
	间接经济损失	不能对尾矿库进行修复	能够对尾矿库进行修复	能够对尾矿库进行修复并且损失不明显

在《尾矿库危险分级办法》中提出尾矿库的安全度。安全的对立面就是危险。即安全度越高，危险度就越低。安全度的判断标准是尾矿设施自身的状态条件。根据国外的有关资料，把尾矿设施的安全度分为安全的、较好的、带病的和危险的四类（如表 7－8－3 所示）。

表 7－8－3　国外对尾矿设施的安全度分类

坝的状况	安全	较好	带病	危险
年限	< 5	5 ~ 24	25 ~ 29	> 30
一般状况	极好	好	一般	差
渗流	无	少量	中等	高
构造变化	在	—	部分在	不在

注 构造变化是指当前对构造变化的测量是否在允许范围内。

在《尾矿库危险分级办法》中，参考国外的思路并针对目前我国尾矿设施存在问题较多的实际状况，把尾矿设施的安全度分为五类，即危库、险库、病库、疑问库和正常库。对疑问库又根据其可能存在的问题的严重程度进一步分为疑危一 ~ 疑危四级，疑险一 ~ 疑险四级，疑病一 ~ 疑病四，共 12 级。

综合尾矿设施的危害分类和安全度分类，列成矩阵的形式，就把尾矿设施的危险分级简化为一个尾矿设施危险分级表。使尾矿设施的危险分级具有良好的通用性和可操作性。在《尾矿库危险分级办法》中，提出了针对危险分级的结果所必须采取的安全监督办法和技术处理办法。通过不断的加强安全监督、管理和对隐患的治理，虽然尾矿设施由于坝体逐年增高堆积量逐年增多，其危害类别是逐步提高，但安全度类别也是逐度好转。尾矿设施危险分级工作的效果发展趋势如图 7－8－2 所示。

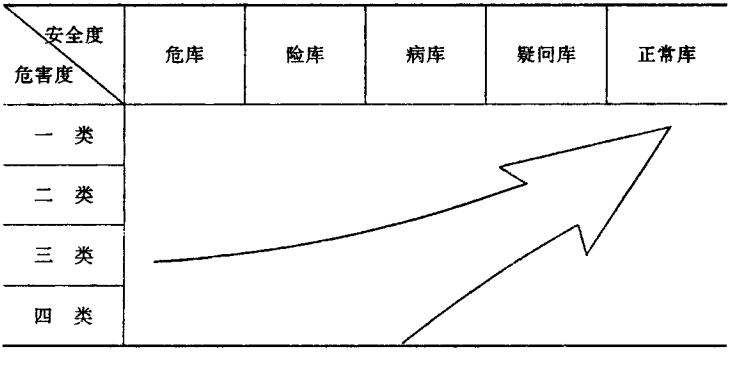


图 7－8－2　尾矿设施危险分级效果趋势图

四、《尾矿设施安全检查标准》的指导思想和主要内容

所谓标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学技术实践经验的综合成果为基础，经过有关方面协商一致，由主管部门批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。重复性事物和概念是标准产生的依据；科学技术和实践经验的综合成果是标准产生的基础；经有关方面协商，由主管机构批准体现出标准制定的民主性、科学性和权威性；以特定形式发布体现出标准的严肃性和规范性；作为共同遵守的准则和依据，体现了标准的统一性。

安全检查是安全监督和管理的最基本的任务之一。在《尾矿设施安全监督管理办法(试行)》和行业的有关管理规定中对安全检查都有明确的规定，如经常检查、定期检查、特别检查和安全鉴定等，但对这些检查的具体要求和内容尚过于笼统。在美国，劳工部的矿山安全卫生署(MSHA)所属的技术中心制定有尾矿坝安全检查指南，具体规定了检查的主要内容、方法、报表格式等。一般每年对尾矿库都要检查两次。

劳动部组织制定《尾矿设施安全检查标准》的指导思想就是规范我国各级劳动安全监察部门对尾矿设施的安全检查行为，使安全检查有共同遵守的准则和依据，更加科学和有效地督促企业及其主管部门改善尾矿设施的安全状况。

安全检查标准的主要内容有：

(1)对拟建的尾矿库，规定其安全技术标准及安全审批程序；

(2)对运行中尾矿库，规定其安全技术标准，检查其运行中存在的影响坝体稳定及防洪能力的项目内容以及检测方法和手段；

(3)对闭库的尾矿库，规定其安全技术标准，检测方法和手段。

第九章　我国尾矿库运行经验及事故教训

第一节　黑色冶金矿山尾矿库运行经验及事故教训

一、黑色重点矿山尾矿库现状

我国黑色重点矿山现拥有大小尾矿库约 70 余座。其中设计库容超过 $1000m^3$，设计坝超过 60m 的大中型尾矿库(包括新建库在内)共计 39 座。主要集中于全国各钢铁公司的矿山基地，见表(7－9－1)。这些重点尾矿库大都是 60 年代以来陆续兴建的。尾矿堆积坝高超过 60m 的尾矿库已有 17 座。其中坝高超过 100m 有 3 座，最大坝高达 160m，已进入世界高坝行列。

目前尚有不少尾矿库已进入中后期服务年限，有的已达设计坝高，为保护环境，少占山林耕地，延长服务年限，节省建库巨额投资，当今尾矿坝建造正朝着尾矿高堆坝方向发展，新坝高筑，老坝加高已势在必行。现大型尾矿库最大设计坝高已超过 200m，最大设计库容超过 2 亿 m^3，为世界所仅见。

值得注意的是 我国大中型尾矿库地理位置十分重要，尾矿坝下游大都有稠密的城镇居民和交通要道或面临大江湖泊，且位于地震区。如攀钢尾矿库位于长江上游，金沙江畔。包钢尾矿库面临包兰铁路，下游又有黄河。本钢南芬尾矿库位于沈丹铁路和公路交通要道，坝下城镇居民稠密。鞍钢尾矿库大都处于工业区。今后随着坝体不断增高，尾矿坝安全管理将更为重要。

这些现有尾矿库自启用以来，大都有程度不同的病害历史，参见表 7－9－3 如坝体渗漏，坝坡渗水，瀑雨冲涮，洪水漫坝，排水塔倒塌，排水涵管开裂，压力回水洞口爆裂，地震害等病害历史。同时也积累不了少经验和教训。自 1986 年黄梅山尾矿库溃坝后，遵照‘预防为主、安全第一、防重于抢、有备无患’的方针。现大中型尾矿库已逐步纳入正常化、制度化、规范化管理轨道，事故率已大大减少。目前重点矿山尾矿库安全运行状况比较好的约占 70%，有一定问题和问题较多的约占 30%。总体来看，现尾矿坝安全生产形势已有所好转，但各种矛盾和问题尚依然存在，主要表现在以下方面：

(1)随着矿山的不断开发，为堆存大量尾矿，建库征地与农业的矛盾将更加突出。

(2)新库建设不仅投资巨大，而且建库周期长，尚存在新老尾矿库衔接使用问题。如首钢水厂尾矿库为延长服务年限，老坝已加高使用，现又达设计最终坝高，若新库不能如期投入使用，势必影响安全生产。

(3)老坝加高存在改造问题。如峨口第一尾矿库，坝高已达 160m，欲改为中线法加高坝体设计坝高达 260m，尚有难度，且有山洪影响。又如马钢凹山尾矿库现已接近设计坝高，尚需扩库后才能联合加高使用。

(4)尾矿堆积坝体浸润线尚偏高而不利于地震区尾矿坝抗震。

(5)库区地形条件差，尾矿颗粒细，尾矿沉积滩面薄弱，调洪库容小，尚有安全筑坝与安全度汛问题。

(6)粗粒尾矿开发利用与剩余的细粒尾矿筑坝建库的矛盾，如乌龙泉尾矿库，姑山尾矿库，均有此类问题。

(7)坝体安全监测设施尚未健全。

(8)尾矿(库)坝受地方干挠，影响尾矿坝安全使用。

(9)现有选厂的尾矿排放浓度普遍较低，一般仅为 15% ~ 20%，即输送 1 吨固体尾矿，需要 5 吨水，大量排矿水不仅导致坝体浸润线大大超高，而且不利于坝体的安全与稳定，已往尾矿坝出现的病害常与此有关。现少数矿山尾矿输送浓度可达 30% ~ 50%。为节能、高效、安全，尚需提高尾矿固体输送浓度，与之相应的高浓度尾矿筑坝技术尚需研究应用。这将是进一步改善我国上游法尾矿安全筑坝条件的一项重要任务。

(10)地方矿山问题较多，尾矿污染严重，因缺乏资金而更难治理。

(11)尾矿坝安全管理水平尚需进一步提高。

(12)法规尚不健全。

黑色重点冶金矿山尾矿库设计坝高和现有坝高统计表

	设计坝高			现有坝高		
坝高（m）	60～100 以上	30～<60	<30	60～100 以上	30～<60	<30
数量（座）	35	20	23	18	22	38

黑色重点冶金矿山尾矿库设计库容统计表

	设计库容万 m^3			
设计库容 v 万 m^3	≥10000	1000≤v<10000	100≤v<1000	v<100
尾矿库数量（座）	6	28	35	9
总库容（m^3）	94332	98753	13485	450
合计（m^3）	207020 万 m^2≈20.7 亿 m^3			

我国黑色冶金矿山基地大中型尾矿库设计库容约占总库容的 90% 左右，现剩余库容约占 45%。

二、尾矿库类型及其主要特点

尾矿库类型一般可分为山谷型、傍山型和平地型三种，不同类型的尾矿库均有其不同的特点，我国现有尾矿库多数为山谷型，这类尾矿库由于地型条件不一，其库容与库区汇水面积亦各不相同，差别甚大。

一般较好的库址，库容较大而汇水面积相对较小，如库区汇水面积为 $1km^2$，设计库容大于 1000 万 m^3；库区汇水面积为 7－8km^2，设计库容可达 8000～1 亿 m^3。而库址地形条件差的尾矿库、必然库容小而汇水面积大，这类尾矿库因缺少调洪库容，易受山洪影响而难于满足防洪要求。参见表 7－9－1。

上述情况仅就库址条件而言，实际上尾矿库安全使用条件除与库址有关外，尚与不同尾矿库尺寸大小，不同尾矿冲填筑坝条件以及排洪设施等有关。

表 7－9－1　我国黑色冶金矿山基地大型及中小型尾矿库及部分省厅尾矿库一览表

	尾矿库名称	初期坝高（m）	设计总坝高（m）	现有坝高（m）	设计总库容（万 m^3）	库型	流域面积 km^2	筑坝方式	使用情况
鞍钢	＊东鞍山西果园尾矿库	滤水堆石坝 21－24	108	80	12000	山谷	3.6	上游法	中后期服务年限
	＊齐大山周家沟尾矿库	滤水堆厂坝 21	85	80	4000	山谷	2.3	上游法	已接近最终设计坝高
	＊齐大山风水沟尾矿库	滤水堆石坝	≈100		＞6000	山谷		上游法	新建库将投入使用
	＊大孤山尾矿库	土坝 19	99	70	17000	山谷	10	废石筑坝	尚可服务 15 年
	＊弓长岭前峪尾矿库 ＊弓长岭后峪尾矿库	土坝 16 滤水堆石坝 24	86 87.5	75 75	15000	山谷	6.2 5.0	上游法 上游法	容积大有长期使用条件
本钢	＊南芬小庙儿沟尾矿库	滤水堆石坝 21.3	120	110	10500	山谷	7.65	上游法	已接近设计坝高尚有加高条件
	＊南芬卧龙沟尾矿库	滤水堆石坝 31	140		26000	山谷	26	上游法	正在兴建
	＊歪头山尾矿库	砂石坝 11.4	90	70	5400	山谷	2.0	上游法	中后期服务年限
首钢	＊大石河尾矿库	土坝 14	93	80	8400	山谷	2.5	上游法	已两次加高设计使用处于终期服务年限
	＊水厂新水尾矿库	土坝 21	114	110	8890	山谷	1.8	上游法	已处于最终服务年限(已加高设计使用)
	＊水厂尹庄尾矿库	滤水堆石坝 37	117		10232	山谷	3.3	上游法	正在兴建 95 年 6 月投入使用
	＊密云尚谷尾矿库	滤水堆石坝 21.35	78	21.35	1350	山谷	0.47	上游法	初期使用
	＊密云齐家沟尾矿库	废石坝 26	50	50	230	山谷	0.22	上游法	已闭库
武钢	＊大冶洪山溪尾矿库	土坝 8	40.5	40.5	1087	旁山	0.9	上游法	现已至设计坝高，停用

	尾矿库名称	初期坝高（m）	设计总坝高（m）	现有坝高（m）	设计总库容（万 m^3）	库型	流域面积 km^2	筑坝方式	使用情况
武钢	* 大冶白雉山尾矿库	滤水堆石坝 24.5	113.5	55	1630	山谷	2.1	上游法	前期使用
	程潮尾矿库	土坝 12	45	40	410.66	山谷	0.25	上游法	现已停用启用新库
	程潮扩建尾矿库		50		> 600			上游法	现已启用今后与老库并用
	* 金山店尾矿库	土坝 9 – 11	45	16	2150	旁山型	1.0	上游法	前期使用
	* 乌龙泉尾矿库	土坝 7.5	16.5 – 24.5	17	394 –（ ）	山谷	0.78	上游法	石灰石矿尾矿库中期使用
包钢	* 第一尾矿库	土坝 8	20 – 30	18	6883 –	平地型	18	上游法	接近原设计坝高，加高设计至 30m
太钢	* 峨口牛圈沟第一尾矿库	爆破堆石坝 65	160 —	160	3000 —	山谷	13.5	上游法	设计准备采用中线法加高至 260m
	* 牛圈沟第二尾矿库	滤水堆石坝 37	130	64.5	1920	山谷	1.4	下游法	由待改造中线法筑坝
	* 尖山尾矿库	28	123		> 1000	山谷		上游法	新库尚未启用
马钢	* 南山凹山尾矿库	滤水坝 12	69	60	5740	山谷	2.2	上游法	已接近设计坝高今后扩库加高使用
	* 南山坳尾矿库	滤水堆石坝 20	55	22	1000	山谷		上游法	使用初期，今后与凹山尾矿库并用
	* 城门洞尾矿库	滤水堆石坝 40	≈100		3000	山谷		上游法	新库已建成准备启用
	* 姑山尾矿库	滤水坝 12	67	24	2150	旁山	1.80	上游法	中期使用
	* 桃冲拐冲尾矿库	堆石坝 14	67	30	520	山谷	0.3	上游法	中期使拥
唐钢	* 石人沟尾矿库	堆石坝 17	105	60	5000	山谷	2.45	上游法	需征地继续使用
	* 棒唐山尾矿库	土坝			1148	旁山	1.0	废石筑坝	

	尾矿库名称	初期坝高（m）	设计总坝高（m）	现有坝高（m）	设计总库容（万 m^3）	库型	流域面积 km^2	筑坝方式	使用情况
攀钢	* 马家田尾矿库	滤水堆石坝 35.5	210.5	93.5	18600	山谷	17.92	上游法	中期使用
重钢	* 满江红尾矿库	堆石坝 29	119	60	101	山谷	1.03	上游法	后期使用
	大和尾矿库	砾石坝 15	一期 15		47.6				二期加高使用
酒钢	* 断山口尾矿库	戈壁滩 4	19	10	2858.5	平地	2.56	上游法	中期使用
昆钢	王家滩尾矿库	土坝 17.8	46	40	110	山谷	0.185	上游法	后期使用
	上厂尾矿库	26	26		600	喀斯特地型	1.2		后期使用
	罗次尾矿库	13.5		20	555.68	山谷	1.0		
	八街尾矿库	17.5	43.5	20	101.14	山谷	0.813		因当地 1990 年出现险情前期使用
鲁中	* 御驾泉尾矿库	滤水堆石坝 29	原设计 94	39	3590	山谷	1.93	上游法	泥质尾矿筑坝，设计坝高研究确定
海南	* 红旗尾矿库	砂土坝 16	25	18	1417	山谷	6.68	上游法	中期使用
邯郸	* 符山尾矿库	堆石坝 41	96 – 106	96	500	山谷	1.2	上游法	已至设计最终坝高继续加高 10m 延长使用
	* 玉石洼尾矿库	砌石坝 20	60	50	934	山谷	0.52	上游法	后期使用
	* 西石门后井尾矿库		> 60		1790	山谷		上游法	前期使用
广东	* 大宝山一期尾矿库	斜墙坝 40.9	53.8	49.2	一期 430 1050	山谷	3.3	分期加高	二期加高使用（有渗漏问题）库容 1045 万 m^3
	* 泥竹墙尾矿库	堆石坝 22	68	24	217	山谷		上游法	初期使用因混乱排矿 1993 年沦为险库停用

	尾矿库名称	初期坝高（m）	设计总坝高（m）	现有坝高（m）	设计总库容（万 m^3）	库型	流域面积 km^2	筑坝方式	使用情况
福建	潘洛尾矿库	土坝 27.3	>40	40	原设计200后修改缩小	山谷	2.78	上游法	因地方在库区开采，1993年山体崩塌停用
浙江	*漓渚尾矿库	土坝 25	102	70	1300	山谷	0.75	上游法	中期使用
江西	铁坑尾矿库	土坝 8.5	22.5	22.5	300	山谷	0.33	上游法	已至服务年限，在建新库800万 m^3。
山东	*韩旺尾矿库	堆石坝 15	65	50	494	山谷	0.7	废石筑坝	正在使用
	金岭尾矿库					废矿坑			尚在使用
河北	*承钢双塔山尾矿库	土坝 7	60.4	60.4	725	山谷	0.6	上游法	已至服务年限，加高使用
	*宣钢龙口迁北庄尾矿库	堆石坝 29	61	43	440（4级库）	山谷		上游法	中期使用
	宣钢小妞营小南沟尾矿库	废石坝			135（120）				初期使用
江苏	冷山尾矿库	土坝 13	43.5	30	400	山谷	0.92	上游法	库内有地方大理石厂干扰
	梅山尾矿库	堆石坝 14.5	43.5	40	164	山谷	0.4	上游法	已接近服务年限
	*船山尾矿库	堆石坝 15	60		700	山谷	1.0	上游法	宝钢石灰石矿尾矿库可服务40年
	韦岗尾矿库	堆石坝 13.5			540	山谷	0.32		正在使用
	吉山尾矿库	堆石坝 18.5			7.58	山谷	0.49	上游法	
安徽	黄梅山尾矿库	土坝 6	30	21.7	108	山谷	0.2	上游法	1986年4月溃坝停用
	合钢钟山尾矿库	土坝 19	57	35	600	山谷	1.15	上游法	正在使用

	尾矿库名称	初期坝高（m）	设计总坝高（m）	现有坝高（m）	设计总库容（万 m^3）	库型	流域面积 km^2	筑坝方式	使用情况
江西	良山尾矿库	土坝 12	41	36	430	山谷	0.5	上游法	尚在使用
	七宝山尾矿库	土坝 20		20	240	分期建库	1.3	水库型	库底管道破裂，尾矿渗漏，上游有农用水库
辽宁	* 北台张家沟尾矿库	碎石坝 40	110		2000	山谷	2.15		初期使用
河南	林钢石村尾矿库	土坝 20	23	22	152	山谷	1.57	上游法	1989 年 30 年一遇洪水满库后期使用（利用尾矿制砖）
	安钢李珍尾矿库	土坝 16		33（已破坏）	130	山谷	0.16	上游法	地方挖砂已严重破坏坝高 33m 削了 17m 留待治理
	邢钢村尾矿库					天然凹地			一期尚有库容 18.4 万
湖南	清水南冲尾矿库	土坝 15	29	27	75	山谷	0.33	上游法	接近服务年限
	富垅里乔冲口尾矿库	堆石坝 18		18			0.2		初期使用（无干滩面）
	湘潭锰矿小塘坳尾矿库	废石坝 12.5		12.5	30	山谷	0.04	分期加高	尚可服务 17 年
	湘潭锰矿水浒尾矿库	废石坝 11	14	14	43	山谷	0.105	分期加高	尚可服务 10 年
	桃江锰矿尾矿库	心墙坝 14	26.9	16.5		山谷		分期加高	尚可服务 10 年
广西	平乐锰矿燕水尾矿库	浆砌石墙坡当水坝 10	50	22	（279）	山谷	（0.24）	分期加高	已至坝顶标高留待加高
	和风调尾矿库	土坝 20	52.4	26.7	405	山谷	0.56	分期加高	留待加高（库后排砂）
云南	建水锰矿尾矿库	浆砌石坝（3.5）	13.5	7.0	23.5	溶岩地型	0.2	上游法	锰铁综合利用可满足矿山服务要求
贵州	遵义锰矿舟山桥尾矿库	土坝 20	40		155.5		0.178		

带 * 号为设计坝高超过 60m，库容超过 1000 万 m^3 大中型尾矿库

一般来说，库区纵深长，库容较大，有利于砂类尾矿堆筑高坝，亦有利于尾矿库调洪和排洪，如本钢南芬尾矿库，库区纵深约 2km，库容 1.05 亿 m^2，尾矿沉积滩长可达 1000m，现尾矿堆积高度已超过 100m。若库区纵深短，筑坝段长而库容小，汇水面积大，且尾矿颗粒细，通常不利于安全筑坝与排洪，特别是一些沟谷小库，遇有细粒泥质尾矿冲填筑坝，因不能满足尾矿沉积的干滩长度和尾矿水澄清距离要求，常导致库内水位过高，甚至子坝挡水而难保坝体安全，这也是小库易发生溃坝事故的重要原因，其中包括洪水漫顶、地震破坏、渗透变形，坝体失稳均与此有关。如黄梅山尾矿库，尾矿颗粒细，其中悬浮质矿泥含量高达 33%，同时该库坝址又内移 188m，使库区纵深仅为 150m 左右，而筑坝段长达 395m，设计库容仅为 108 万 m^3，已难于满足尾矿沉积滩长和尾矿水澄清要求，终因子坝挡水而溃决。

由于我国暴雨集中，尾矿库地形条件又相对较差，且尾矿颗粒较细，因此健全排洪，截洪系统，加强尾矿安全筑坝与度汛管理，尤为重要。

傍山型尾矿库，一面靠山，三面筑坝，一般库容相对较小，通常为中小型库，最大设计库容亦可达 1000～2000 万 m^3，其主要特点是尾矿筑坝段较长，如武钢金山店尾矿库坝长达 2km，但库区纵深距离相对较短约 600m，设计坝高一般不超过 50m，这类尾矿库若纵深距离过短，亦不利于安全筑坝与渡汛管理。为此，通常采用的斜槽式排洪系统其排洪能力更应加以确保。

平地型尾矿库，一般占地面积大，尾矿筑坝段长，设计常为低坝。如包钢尾矿库筑坝周长达 10km，不利于尾矿筑坝与管理，且受风砂影响较大。特别是小库遇有细粒泥质尾矿筑坝，亦难保坝体安全与稳定，如我国唐山地震过程中，天津塘沽碱厂的一座平地型碱渣库，库内存有大量粥状矿泥，坝壳薄弱被震毁。

三、上游法尾矿堆积坝安全运行条件

上游法尾矿堆积坝是在初期坝基础上主要通过坝顶均匀分散排矿，形成尾砂沉积滩而不断加高坝体。为满足排矿筑坝，库区调洪，达到安全使用的目的，尾矿堆积坝应保有较长的尾砂沉积滩，同时库区应有足够的尾矿水澄清距离。并应满足设计最高洪水位所需的最小安全超高与最小滩长，见图 7－9－1。

据统计，我国大中型尾矿库在正常运行条件下，尾矿沉积滩长与尾矿堆积坝高之比，一般为 4～8 倍，当两者之比为 2 倍左右时，尾矿库大都已处于不正常运行状态。特别是细粒尾矿冲填筑坝，其滩面坡度十分平缓，若尾矿沉积滩面过短，因缺乏调洪库容而不满足最小安全超高与最小滩长要求，势必影响坝体的安全与稳定。因此，在尾矿筑坝管理

中尾矿沉积滩坡度的测定，设计滩长与水位的控制至关重要，这是尾矿库安全运行的基本要求。

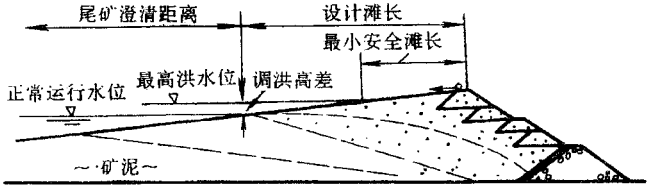


图 7－9－1　尾矿库安全运行图

还应注意的是：上游法尾矿堆积坝主要弊病之一，在于坝体缺乏防渗条件，浸润线位置较高，常因渗流失控，逸出坝坡而产生流土，坝坡塌滑等病害事故。同时饱和松散尾砂易受地震液化破坏。实践研究表明，尾矿库正常运行的滩面长短，对坝体渗流水位影响较大，当滩长过短，库水位靠近坝顶时，将导致坝体浸润线大大抬高，甚至造成整个坝体饱和，坝坡发生渗透变形而危及坝体安全。为保证坝坡渗流稳定，关键在于控制上游尾砂沉积滩长与水位，健全下游坝坡的排渗设施。据实践经验，我国常见的尾矿堆积坝坡与正常运行的滩长见表 7－9－2。一般小库低坝，其正常运行的滩长亦应保有百米左右为宜。

表 7－9－2　上游法尾矿堆积坝坡及正常运行滩长

尾矿堆坝高（m）	尾矿沉积滩长（m）	常见的尾矿积坝坡（1∶m）
20～50	100～200	1∶4～1∶5
60～100	200～400	1∶4～1∶5

为达到尾矿库安全运行的目的，库区排洪截洪系统的设置及其正常使用又是尾矿库安全运行的关键，据调查，尾矿库排洪截洪系统出现的问题和发生的事故较多，主要表现在：

(1)排洪截洪系统设置不当，排洪能力小，易造成山洪漫坝。

(2)排洪塔倒塌，库区底部排水管压裂或不均匀沉降开裂。

排洪截洪系统出现问题，不仅使尾矿库失去安全运行条件，而且常导致大量尾矿泄漏，危及坝体安全。因此尾矿库必须健全排洪截洪系统，在尾矿库安全运行过程中，必须定期检查，发现问题应及时处理，才能确保安全。

四、尾矿库(坝)发生病害事故的原因及其教训

我国黑色冶金矿山尾矿库大都是60年代以来陆续兴建的,有不少尾矿库曾发生过各种各样的病害事故。特别是1986年黄梅山尾矿库发生溃坝失事,不仅对矿山生产,而且给下游人民生命财产都带来了重大损失。现将历年有关尾矿库(坝)发生各种病害事故的原因及其处理措施列于表7-9-3,以便吸取经验教训,避免重蹈覆辙。下面就表中几座尾矿坝失事实例及有关事故作一概述:

表7-9-3　尾矿坝各种病害事故一览表

尾矿坝名称	病害事故及其主要原因	后果及处理措施
大石河尾矿坝	(1)尾矿筑坝初期因坝体渗流失控,坝坡常年渗水;1976年春解冻,初期土坝外坡发生大面积滑动,面积达1500m^2	采取开挖排渗明沟,设置排渗井,加固坝坡等稳固措施,当年正逢唐山地震,虽受震害但坝体保持了稳定
	(2)同年暴雨,尾矿堆积坝坡因缺乏排水设施,被大面积冲刷,冲深少则数米,坝肩更深,尤为严重	设置坝肩截洪沟,坝坡设置纵横排水沟,至今效果良好,是我国尾矿坝安全管理的一项重要措施
峨口第一尾矿库	初期采用定向爆破堆石坝,因坝岸岩体破裂,坝体渗漏,造成尾矿泄漏事故	污染下游农田而赔款,经采用旋沉器沉砂堵漏筑坝效果良好
西果园尾矿库	(1)1978年西沟2#、3#溢水塔发现砼强度低,仅为50#～100#存在施工质量问题	为消除隐患,推倒重建,损失重大
	(2)1980年1#排水支洞与溢水塔联接封堵墙因采用单薄的浆砌石未达设计砼结构要求被冲毁	尾矿水直接由支洞泄出,危害民房,赔款7万多元
	(3)1983年1#溢水塔因施工质量低曾采用钢套加固使用,但随坝体增高,终于倒塌	泄出尾矿和水十余万m^3,淹没良田数十亩,赔款10多万元采取封堵支洞后,恢复正常使用
	(4)1981年初期坝反滤层穿孔,子坝顶出现直径10m深6～8m塌坑	回填砂卵石7000m^3
水厂尾矿坝	1992年因压力回水洞超载运行导致洞口段岩体爆裂	停产抢修临时回水管,洞口段采用大直径钢管内衬加固恢复使用
弓长岭尾矿库	(1)1979年前峪1^3#塔断裂倒塌库内出现直径为300m深20m的塌坑,其主要原因与施工质量和采用顶封有关	尾矿流入汤河达20多万m^3,采用塔底封堵,漏矿被制止
	(2)1991年后峪1#塔亦因顶封随尾矿堆积坝增高而破裂倒塌引为教训	库内出现直径为30m深12m塌坑,经填料后,漏矿被制止
洪山溪尾矿库	63年投产初期因库区纵深短,调洪库容小,斜槽排水能力低,导致山洪漫至坝顶,经抢险加高堤坝,坝侧开挖溢洪口,未造成垮坝,引为教训	溢洪汇水,下游农田被淹,采取增设泄洪措施安全度汛,该库现已至服务年限

尾矿坝名称	病害事故及其主要原因	后果及处理措施
白雉山尾矿库 御驾泉尾矿库	均因初期堆石坝反滤层未设置好，导致初期排矿泄漏	下游小水库局部被淹没，采用旋流器沉砂堵漏，不失为一种经济有效的方法
黄梅山 尾矿库	因库区纵深缩短，库容小，尾矿含泥量大，不满足滩长与尾矿水澄清要求，1986 年库内水位抬高，子坝挡水，坝体饱和而溃决	流失尾矿和水 70 万 m^3，冲毁 28 户 114 间瓦房，两个乡办厂伤 95 人，死亡 19 人，淹没良田 700 多亩，水塘 400 亩，现已停用
西石门 一期 尾矿库	1987 年因库内水位抬高无干滩面排矿不均匀，库水偏于坝侧，子坝渗水变形，造成溃口。（类似坝肩渗透破坏造成坝端决口尚有南芬老坝、大宝山尾矿坝，引为教训。）	流失尾矿 2230m^3 冲毁初期坝土石方 4500m^3，选厂停产 40 天，降低库水位，修复使用。现已闭库
潘洛 尾矿库	1993 年库内山体饱水崩塌其主要原因与库区地方采掘有关	死亡 12 人 库内溢水塔被冲毁停用该库容积小而汇水面积相对较大，安全筑坝条件差尚有待处理
泥竹塘 尾矿库	投产后，因库后，库侧混乱排矿不仅造成排洪涵管严重磨损被堵且排洪口被砂体淤积，失去泄水能力。1993 年暴雨期间库区水面集于坝前，迫近坝顶沦为险库	应急措施：停止乱排尾矿清理库后淤积恢复泄洪能力，疏干坝前积水加高坝体
大孤山 尾矿库	废石三面筑坝与尾矿之间的过渡层不完好，1980 年随库内水位上升渗漏更为严重，每小时达 700m^3，不仅污染下游农田而且生产回水率不到 40%	提高排矿浓度至（40%）利用多管排矿使库区周边形成干滩面以防渗漏（过渡层采用 3m 厚粘土层用以防渗）
（双塔山尾矿库， （弓长岭尾矿库）	双塔山尾矿库排水斜槽与隧洞连接的排水管因沉陷破坏漏矿。 弓长岭尾矿坝底部 ϕ600 排水管接头漏水导致初期土坝坝体塌陷	其中弓长岭坝处理无效穿越土坝段管道作废，另行改道
（齐大山尾矿坝） （歪头山尾矿坝） （小庙儿沟尾矿坝）	因尾矿堆积坝体与山体接触段渗漏而塌方，其中齐大山周家沟尾矿坝自 1979 年至 1982 年渗漏塌方达 1600m^3；歪头山尾矿坝 1983 年尾矿跑漏 4000m^3；小庙儿沟尾矿坝 1984 年渗漏塌方 340m^3	回填处理
大石河尾矿库 东鞍山老库	大石河尾矿坝在加高改造过程中，位于 5# 副坝段溢水塔因滩面位移倾斜破裂东鞍山老库在启用废石场加载过程中溢水塔倾倒，其主要原因均由于加载作用尾矿沉积体位移，导致附近溢水塔倾斜	塔身报废，封堵。 否则造成尾矿和水泄漏而危害下游安全
棒磨山尾矿库	1995 年该库因底部排水管接口错位导致大量尾矿水泄漏，其主要原因是管道接口施工不严，管基未处理好	排水管报废，改建。尾矿水泄至河沟，未造成人身伤亡。

(一)黄梅山铁矿金山尾矿库

该库初期土坝高 6m,汇水面积为 0.2km^2,库内排水斜槽截面为 1.3×1.1m,1980 年开始启用至 1986 年 4 月,尾矿堆积坝(包括子坝在内)总高达 21.7m。由于该库施开时将原设计初期坝轴线向库内推移 188m 后,库区纵深泾流距仅为 150m。因尾矿颗粒较细(尾矿中小于 0.019mm 的悬浮质矿泥含量高达 33.16%),选厂为满足生产澄清回水要求,尾矿冲填筑坝经常处于高水位状态,尾矿筑坝干滩面仅为 20m。这不仅影响尾矿筑坝,而且为确保坝体安全在雨季经常被迫停产,这是该库尾矿筑坝存在的主要弊病和不安全因素。

该库于 1986 年 4 月 30 日凌震 3 点零 5 分,在尾矿坝中段发生溃决,坝顶决口宽为 245m,库内水及尾矿总量 84 万 m^3,绝大部份倾泄下游,不仅选厂停产、农田房屋被毁,而且造成 19 人死亡,伤 95 人。

据测定该坝子坝坝顶堆筑标高为 45.7m,子坝前滩面标高为 44.8m,库内水位高达 44.96m,上述情况表明,垮坝前子坝处于直接挡水状态,该子坝顶宽仅为 1.2~1.5m,这样情况下尾砂堆积的小堤往往发生渗透坍塌,从而导致漫坝溃决,同时该坝勘察表明,浸润线位置已接近坝坡,当库内水位满到子坝后,势必坝体浸润线进一步抬高,整个尾矿堆积坝坡已接近饱和状态,必然加剧了坝体的溃决。

溃坝教训:

(1)上游法尾矿筑坝,无筑坝干滩面,甚至子坝挡水,不仅直接违反尾矿筑坝的基本原则,而且是导致垮坝的直接原因。今后这样情况应绝对避免。

(2)库内水位接近坝顶或筑坝干滩面过短,不仅无安全超高,而且必然导致上游法尾矿堆积坝浸润线过高,甚至使整个坝体处于饱和状态,这一严重不安全因素,是绝对不允许的。

(3)该坝在实施过程中将原设计坝轴线内推 188m,不仅库容减少,由原来服务 12 年减少为 5 年,而且使库区纵深减小到 150m,导致该库尾矿筑坝干滩面过短,并与库内尾矿水澄清发生矛盾,这往往也是中小型尾矿库不能正常使用和不安全因素的一个重要原因。当出现这种情况时,首先应保坝,决不能任意抬高水位,否则垮坝将无可挽回。

(二)西石门一期尾矿库

该库初期堆石坝高 16m,坝长 120m,库区汇水面积为 0.12km^2,库内设有一条直径为 600mm 的排水管和两座溢水塔,该库于 1985 年 9 月 26 日投产后用,至 1987 年 2 月 25 日初期库容已充满尾矿。由于初期采选尾矿含泥量偏高,该库在使用过程中为澄清水外排,库内水位较高,坝前仅能形成 32m 的尾矿筑坝滩面,其水下库容基本被矿泥所占有,

据测定由初期坝顶至库内 1 号溢水塔之间形成的水上和水下的最小平均坡度仅为 6‰，因尾矿筑坝干滩面短，被迫在 2 月 25 日停产，采用人工堆筑第一级尾矿子坝（子坝顶宽 2m、底宽 4m、高 1.4m）。3 月 1 日第一级子坝堆筑后即恢复生产排尾，此时子坝前尚有 20m 干滩面，在此情况下于 3 月 16 日 1 号塔又封堵了一排溢水孔（溢水塔每排孔高差为 50cm），导致库内水位边冲填尾矿边上升，至 3 月 21 日凌震 2 点 40 分，在尾矿坝东侧坝肩首先在小子堤冲开缺口，导致库内水漫溢初期坝，并在中部冲开缺口，溃口顶宽 20m、底宽 9m、深 6.4m，好在矿方及时停产组织抢险，库内放水，在上游尾矿沉积滩上用草袋封堵，于凌震 4 点截流成功，据测算，共流出尾矿 2230m^3，仅占尾矿库内总量的 1.67%，冲毁初期坝土石方 4580m^3，未造成人身伤亡。

据测定溃口前库内水位标高为 271.10m，已接近东侧子坝前滩面标高，据值班人员讲，溃口当日凌晨 2 点 40 分，在东侧坝肩堆筑的子坝外坡首先渗水，随之尾矿流坍，经补救不及，冲开缺口而报警抢险。

上述情况表明，该库水位已满到子坝，处于挡水状态，导致人工堆筑的松散尾砂子坝产生渗透变形，而迅速破坏。此次溃口仅在初期坝形成冲沟，而未造成整个尾矿冲填体失稳，一方面与及时抢险降低库内水位有关，另一方面主要还在于该坝处于初期筑坝阶段，预计坝体浸润线较低，坝前滩面沉积的尾矿处于未饱和状态，使事态没有进一步扩大。

此次事故再次表明：子坝挡水是造成溃口的直接原因，今后决不能重蹈覆辙。

（三）大冶铁山洪山溪尾矿库

该库汇水面积为 0.9km^2，初期土坝高 5.5m，坝长 1021m，为一傍山型尾矿库，库内设有两条排水斜槽，其截面分别为 0.5×0.5m 和 0.7×0.7m，1959 年投入使用，至 1961 年加高了两级子坝，总坝高仅为 8m。至 1963 年库内尾矿冲满后未加高子坝，库内水位与坝顶高差仅为 0.5m，加上初期缺乏调洪库容。当年 5 月山洪漫至坝顶，虽采用人工在坝侧决口，但因排洪能力小，未能有效降低库水位，幸而暴雨停止，及时抢险而未造成垮坝。

这一事故表明：由于尾矿库初期库容小，特别是尾矿库当初期库容冲满后未及时筑坝而失去调洪能力。同时初期库容过小往往是造成初期危库的重要原因。

第二节　我国有色金属矿山尾矿库概况

建国以来，特别是党的十一届三中全会以来，随着我国有色金属工业的发展，有色金

属矿山尾矿技术有了很大的进步，尾矿工程的建设取得了很大成就。据不完全统计，有色矿山先后建成500余座尾矿库，已堆存尾矿量15亿吨，保证了有色矿山生产的需要，防止了尾矿的流失和对环境的污染。

一、有色矿山尾矿及尾矿库的特性

我国有色矿山遍布全国各地，规模大小不一，选矿方法各异，但其尾矿及尾矿库有共同的特性。主要有：

（一）尾矿产率高

有色矿山原矿金属品位较低，一般不超过1%，有的甚至0.1%以下。因此尾矿产率很高，大多数在90%以上。目前，处理矿山尾矿的主要措施仍是尾矿库堆存。因此，做好尾矿库的建设和管理，对有色金属工业的发展有着特殊的重要性。

（二）尾矿库规模小

有色矿山尾矿库除少数1亿 m^3 以上库容的大型库外，多为1000万 m^3 以下库容的中小型库，在安全管理上往往未受到应有的重视。

（三）尾矿及尾矿水成份复杂

由于多种矿物共生、伴生，选矿工艺流程各异，添加药剂种类繁多，这就决定了有色矿山的尾矿和尾矿水中大都含有对生态环境有不利影响的重金属离子和其他化学成分。因此，保证尾矿库安全运行，防止尾矿库溃泄事故的发生，尤为重要。

（四）尾矿粒度细

有色矿山多采用浮选工艺，尾矿粒度200目含量多在65%以上，平均粒径小于0.07mm。另外，由于推广尾矿充填采矿技术，使送到尾矿库的尾矿更加细化，一200目含量达90%以上。细尾矿的透水性差，不易固结，力学指标低，不利于尾矿坝的稳定。

二、尾矿库分类

根据中国有色金属工业总公司1989年对直属企业尾矿库的初步统计，其坝高、库容等分类结果分别列于表7－9－4～7－9－8：

表7－9－4　尾矿库规模分类

统计指标	类　型			
	大型（一、二等）	中型（三等）	小一型（四等）	小二型（五等）
座数（座）所占比例（%）	16	45	85	34
	8.9	25	47.2	18.9

注 :类型划分标准以规范（ZBJ—90）为准。

表 7－9－5　尾矿库挡水坝及初期坝的坝型统计

坝　型	座数（座）	比例（%）	最大坝高（m）	最大坝高的尾矿库名称
土　坝	86	45.74	36	凡口铅锌矿沉泥库、贵州铝厂曹官一期赤泥堆场(30)
堆石坝	36	19.15	43	安庆铜矿失家冲、荡坪钨矿小樟坑尾矿库等(30)
透水堆石坝	23	12.23	68	锡矿山龙王池、金堆城栗西尾矿库等(40.5)
定向爆破堆石坝	2	1.1	36	厂坝七架沟尾矿库一期初期坝
浆砌石坝	20	10.6	25	瑶岭钨矿坪山选厂尾矿库
拱坝	4	2.13	54.2	贵州汞矿大溪尾矿库
水坠坝	4	2.13	23.2	白银公司选厂第二尾矿库
赤泥初期坝	4	2.13	50	山东铝厂赤泥堆场
砼坝	1	0.5	9	栗木锡矿新木选厂尾矿库
草土坝	8	4.3	17.4	平桂新路白面山川窿尾矿库、平桂珊瑚矿长营岭尾矿库(13)

注：①堆石坝包括干砌、抛填、碾压等方法修成的坝，材料来源包括矿山剥离废石、爆破石渣及天然卵砾石。表中所列堆石坝为防渗的堆石坝。

②尾矿库名称一栏填有两个库名的，前边的表示尾矿库挡水坝，后者是初期坝，括号内数字表示该库坝高。只写一个库名者表示该坝为初期坝或者此种坝型没有作初期坝的。

③厂坝铅锌矿三期坝高度达 85m，因系规划设计数，未列入。木子沟尾矿库初期坝高 61m，系废石堆坝，坝的上游未作防渗或透水的处理，也未列入。

表 7－9－6　初期坝坝高统计

坝高范围	座数（座）	比例（%）	备　注
< 15m	80(15)	51.95(49.22)	表右第二列括号内为尾矿库挡水坝的座数；第三列括号中的数为初期坝与尾矿库挡水坝之和所占的比例。
15 ~ 30m	64(17)	41.56(41.97)	尾矿库挡水坝之和所占的比例。
30 ~ 40m	6(2)	3.90(4.15)	
40 ~ 50m	2(1)	1.3(1.55)	
50 ~ 60m	(3)	(1.55)	
60 ~ 85m	2(1)	1.3(1.55)	木子沟尾矿坝高 61m；七架沟尾矿坝高 85m；龙王池尾矿库高 68m。

表 7－9－7　尾矿坝设计坝高统计

设计坝高（m）	座数（座）	比例（%）	所属矿山
204 ~ 215	2	1.0	德兴铜矿

设计坝高（m）	座数（座）	比例（%）	所属矿山
164.5～173	2	1.0	金堆城钼业公司，厂坝铅锌矿
80～122.5	5	2.6	小寺沟铜矿、金堆城钼业公司、漂塘钨矿、大厂车河选厂、柿竹园
80～99	11	5.7	瑶岗仙钨矿、大厂巴里选厂、中条山铜矿峪，牟定铜矿、大姚铜矿、德兴铜矿、湘东钨矿、天宝山矿、瑶岭锡矿、川口钨矿等
60～78	26	13.5	中条山铜矿、盘古山钨矿、宜春钽铌矿等
30～59.4	59	30.6	铜陵铜官山铜矿等
7～29.7	88	45.6	下垅钨矿、可可托海八七选厂、云锡公司等

表 7－9－8　尾矿坝已堆坝高统计（1989 年底）

坝高（m）	座数（座）	所属厂矿及尾矿库
122.5	1	金堆城钼业公司木子沟尾矿库
92	1	德兴铜矿 2# 尾矿库
86	1	德兴铜矿 1# 尾矿库
80	1	大厂巴里选厂尾矿库
78	1	金堆城钼业公司栗西沟尾矿库
73.1	1	汝城钨矿选厂一期尾矿库
71	1	中条山胡家峪毛家湾尾矿库
70	1	湘东钨 4# 尾矿库
69～50	16	寿王坟铜矿
49.5～30	37	银山铅锌矿、大厂长坡锡矿选矿厂 7# 尾矿等
29.5 以下	93	务川汞矿二坑选矿厂、石人嶂钨矿梅坑尾矿库等

三、尾矿库安全状况

建国以来，由于各级政府和行业主管部门以及企业领导的重视，有色矿山绝大多数尾矿库基本上做到安全运行，满足了有色金属工业发展的需要。但还存在一定的问题，尤其仍有不少的尾矿库安全状况不能令人满意，甚至问题还十分严峻。

（一）一些尾矿库由于各种原因曾发生过严重事故，造成重大损失

（1）1962 年 9 月 26 日云锡公司火谷都尾矿库溃坝，涌出尾矿 330 万 m^3、水 38 万 m^3，冲毁耕地 8112 亩，11 个村寨和一个农场共 13970 人受灾，其中死亡 171 人、伤 92 人，直接经济损失 2000 万元。

（2）1985 年 8 月 25 日湖南柿竹园有色矿牛角垅尾矿库溃坝，死亡 49 人，冲毁房屋

17810m^2，直接经济损失1300万元。

(3)1988年4月13日，陕西金堆城钼矿栗西尾矿库排洪隧洞塌陷，流失含有氰化物的尾矿水136万m^3，直接经济损失3200万元。

(4)1989年2月16日山东铝厂赤泥坝决口。

(5)1989年2月25日郑州铝厂灰渣库岸滑塌，库水漫溢，死亡1人，直接经济损失1410万元。

(6)1992年7月24日河南滦川钼矿尾矿库尾砂塌方事故，死亡12人。

(7)1994年5月7日，云南永福锡矿因违反安全规程，在已闭库的尾矿坝下挖采尾砂，引起大面积坍塌，死亡13人。

(8)1994年7月12日湖北新冶铜矿尾矿库洪水漫顶溃坝，死亡26人，失踪2人。

(二)尾矿库安全现状

根据中国有色金属工业总公司1989年对直属企业尾矿库的初步统计，其尾矿库安全现状分类结果列于表7－9－9。

表7－9－9　有色金属矿山尾矿库运行状态统计

项目	数量(座)	占在用库比例%	占总库数比例%
尾矿库总数	204		100
闭库数	55		27
在用库数	149	100	73
正常库数	78	52	38.2
病害库数	48	33	23.5
超期库数	14	9	6.9
险库数	9	6	4.4

据1989年统计

从上表看出，除了闭库的55座外在用的149座尾矿库中，正常状态的占52%，带病害运行的占33%，超期服役的占9%，处于危险状态的占6%，即有近一半的尾矿库处于不正常状态，正常率较低。必须指出，已闭库的55座尾矿库，绝大多数未作正规的闭库设计，管理维护不善，仍然潜在着危害。

(三)尾矿库病害类型

带病运行的尾矿库数量不少，概括其病害类型有：

尾矿坝堆积边坡过陡，稳定性不足；

尾矿堆积坝浸润线逸出,坝面沼泽化,坝体裂缝、滑塌、塌陷、冲刷等;

土坝类初期坝浸润线过高或逸出,坝面裂缝、滑塌、冲刷成沟;

堆石类初期坝渗漏浑水及渗流稳定问题;

浆砌石类坝体出现裂缝、渗漏和抗滑稳定问题;

排水构筑物断裂、渗漏、排水能力不足;

尾矿库防洪能力和调洪库容不足;

尾矿坝安全超高或沉积滩长度不足;

尾矿坝没有足够的抗震能力;

坝基、坝肩出现稳定和渗流问题;

库区渗漏、坍岸和泥石流等。

造成尾矿库病害的原因是多方面的。主要有:设计考虑不周、施工质量不严、生产管理不善和社会因素的影响等。

四、有色矿山尾矿库工程的法规

我国尾矿工程的技术和建设是从有色矿山开始发展起来的。七十年代以来,在总结我国成功经验的基础上,陆续制定了一系列的法规。目前执行的主要法规有:

选矿厂尾矿设施设计规范(ZBJ1—90);

冶金矿山尾矿设施管理规程(1990 年);

上游法尾矿堆积坝工程地质勘察规程(YBJ11—86);

碾压式土石坝施工技术规范(SDJ213—83);

尾矿设施施工与验收规程(YS5418—95)等。

五、有色矿山尾矿库安全防范重点

鉴于有色矿山尾矿库安全正常率较低的实际情况,大力加强尾矿库的安全防范工作就显得尤其重要。重点是:

(1)各级主管部门和企业领导应认真贯彻《矿山安全法》,进一步克服侥幸和麻痹心理,树立‘安全第一’的思想,加强安全意识,确保尾矿库的安全运行;

(2)完善和加强全行业的尾矿库安全监督检查体系;

(3)建立健全企业内部尾矿库安全管理体系和岗位责任制,企业的安全、技术和生产专职人员各负其责,做好尾矿库的日常管理;

(4)建设单位应选择具有相应资质的单位,按‘设计规范’和‘施工及验收规程’的要

求,精心设计,精心施工。坚决杜绝无证设计和无证施工的现象;

(5)安全渡汛是尾矿库安全防范的重点之一,每年汛前应对尾矿库进行安全检查,要采取措施,消除不安全隐患,同时要从人力、物力和财力上作好抢险准备;

(6)在工程技术方面,尾矿库安全防范的重点部位在于尾矿坝和排洪系统。

尾矿坝应满足整体和局部的稳定性要求,对于堆积边坡过陡、浸润线过高、出现裂缝滑坍等现象的尾矿坝,必须及时处理,确保尾矿坝安全可靠。

对于那些防洪标准不够、尾矿坝安全超高和沉积干滩长度不足、排洪库容和排水能力不够的尾矿库,也必须采取措施,确保尾矿库安全渡汛。

六、尾矿库生产管理人员操作管理要点

尾矿库生产管理人员应根据设计编制的'生产管理细则'和'冶金矿山尾矿设施管理规程'的要求,切实做好尾矿库的日常管理。其要点如下:

(1)及时合理调换放矿口,做到尾矿分散沉积,均匀上升,避免独头放矿,不得在库后或一侧岸边放矿;在沉积滩范围内不允许有大面积的矿泥沉积;

(2)放矿时应有专人管理,不得离岗,所排矿浆不得冲刷初期坝坡和子坝;

(3)要根据生产要求,及时堆筑子坝;子坝的位置、标高、剖面尺寸和坡比等均应符合设计要求,并作好质量检验和工程记录;

(4)要及时做好坝肩和坝坡的截水沟,防止雨水冲刷;

(5)必须执行巡坝护坝制度。严防矿浆管和水管暴裂冲刷坝体;遇有坝体出现裂缝、滑坍、滑坡、沉陷现象时,要查明原因,妥善处理并作好记录;要经常观测坝体浸润线及逸出点的位置以及渗水流量水质,当出现浸润线骤升或渗漏浑水等异常现象时,要查明原因,妥善处理并作好记录;在库区严禁爆破、采石、挖土、滥挖尾矿等危害尾矿库安全的活动;

(6)严格控制库内水位,并按下列要求执行:

①在尾矿库全部运行期内,均需满足设计防洪要求;在最高洪水位时,尾矿坝的安全超高和安全滩长均不得低于表 7-9-10 中的规定值:

表 7-9-10　上游式尾矿坝的最小安全超高和最小滩长

坝的级别	1	2	3	4	5
最小安全超高(m)	1.5	1.0	0.7	0.5	0.4
最小滩长(m)	150	100	70	50	40

注:①表中数值系指在设计最高洪水位时必须满足的要求;

②尾矿坝在任何时期必须同时满足最小安全超高和最小滩长的要求。

不得在尾矿滩面或坝肩设置排水口，未经技术论证和上级技术主管部门的批准，严禁用子坝抗洪挡水。

②在满足回水水质和水量的要求下，尽量降低库水位；当回水与坝体安全对滩长的要求相互矛盾时，应确保坝体安全。

③当尾矿库的实际情况与设计要求不符时，应在汛前进行调洪演算，以指导防洪工作。

(7)对尾矿库的排洪设施经常进行检查，发现问题，及时处理，确保排洪畅通。

(8)作好库水位的观测记录，出现异常，立即报告。

第三节　化工矿山尾矿设施简况

一、化工部所属矿山部分尾矿设施的数量、类型、坝高分类(30m 以下、30～50m、50m 以上)

详见“化工矿山部分尾矿设施汇总表”

1. 按矿种分类尾矿库数量

①磷矿尾矿库　　9 座

②硫铁矿尾矿库　　7 座

③锶矿尾矿库　　1 座

2. 按尾矿库型式分类数量

①山谷型尾矿库　　12 座

②山坡型尾矿库　　2 座

③塌陷坑或平地型尾矿库　2 座

④河弯型尾矿库　　1 座

3. 按尾矿总堆高分类数量

(初期坝高＋堆积高)

①30m 以下　　9 座

②30～50m　　4 座

③50m 以上　　5 座

4. 按坝型分类

①土坝　　12 座

②堆石坝　　4 座

③卵石坝　　3 座

二、化工部所属矿山尾矿设施运行中的安全状况(正常、超期运行、病险库的数量及比例)

1. 正常运行　　11 座　　61%

2. 超期运行　　3 座　　19%

3. 病险库　　4 座　　22%

三、化工部所属矿山尾矿设施发生的事故、伤亡及经济损失情况、善后处理结果

(一)江苏省连云港市锦屏磷矿尾矿库

(1)尾矿库超期运行,尾矿堆积坝无排渗设施,使坝体浸润线抬高从堆积坝坡渗出。由于工作水位不能抬高导致澄清距离不够,使尾矿库排出的水含泥砂量增多。

(2)入库尾矿砂很松散,子坝堆成后很快就会被风吹平,吹到坝外埋没初期坝、埋没坝外农田。

(3)1994 年秋天 1 号排水井封盖被尾矿压坏、使尾矿流出 3 万多 m^3,堵塞了坝外排水沟。有 400 亩农田和 200 亩果园被淹,经济损失约 140 余万元。

(二)安微省马鞍山市向山硫铁矿尾矿库

尾矿库超期运行使坝体浸润线抬高、后期坝外坡大面积渗水。1987 年被迫停产抢修,用掉费用 120 万元。事故原因为尾矿库超期运行而堆积坝体内的排渗设施没有相应设置所造成的。

(三)湖南省长沙市七宝山硫铁矿

(1)尾矿库使用年限为 10 年,由于采矿井下排出的地下水 pH 值为 2 ~ 3,此种酸性水超过卫生标准,不能直接排入附近河流。因此,生产单位决定将井下排出的水加石灰乳中和后送入尾矿库沉淀,然后将澄清水排入天然河流。可是加石灰乳中和后使酸性地下水变成碱性水,此种碱性水再与含硫尾矿进行化学作用使尾矿颗粒变成泥,水中酸碱中和物变成絮状物。这种泥和絮状物干容重极小,所以,将尾矿库很快充满(约 2 年时间)。就是这絮状物为红颜色会使耕地板结变红更加不能外排出库。另建新库投资很高,不另建新库矿山无法继续生产。

化工矿山部分尾矿设施汇总表

矿山名称	年尾矿量（万t）	库容（万m^2）	汇水面积（km^2）	尾矿库型式	排洪型式	初期坝			后期坝		总坝高（m）	尾矿输送					回水情况	存在和发生的主要问题
						坝型	坝高（m）	坝长（m）	堆筑方式	堆高（m）		尾矿粒度d_{cp}（mm）	管径（mm）	管材	管长（m）	泵站数（座）		
锦屏磷矿	82	2000	2.73	山谷	井－管	土坝	10	1100	上游式	23	33	0.097	300	铸	4000	3	回水	排水封顶破坏尾矿流失
王集磷矿	75	4500	4	山谷	井－洞	土、堆石	10.80	1400	下游式	65	75	0.029	300	铸	4000	4	回水	二矿合用龙会冲尾矿库
大峪口磷矿	75												351	钢	3000	1	回水	细粒尾矿堆坝待研究
贺兰山磷矿	5.52	65	0.4	山坡	井－管	卵石	5	600	上游式	7	12	0.047	125	铸	1500	1	回水	
承德磷矿	19.13	260	0.61	山谷	井－管	土坝	25	120	上游式	45	70	0.10	250	铸	1000	4	回水	
瓮福磷矿	55	1600	1.27	山谷	井－洞	堆石	35	200	上游式	60	95	0.0372	351	钢	9000	1	回水	细粒尾矿堆坝待研究
放马山磷矿	16.5	210	1.35	山谷	槽－管	土坝	19.6	110	上游式	17.4	37	0.031	150	木	200	—	—	
大浦磷矿	10	67.4	0.08	平地	井－管	土、堆石	4	1680	上游式	4	8	0.097	100	钢	400	1	—	
向山硫铁矿	50	510	0.6	山谷	井－洞	土坝	11.7	210	上游式	35	46.7	0.07	250	铸	4000	2	回水	超期使用
马山硫铁矿	50	510	0.2	露天坑	槽－管	堆石	7	740	上游式	3	10	0.07	250	塑	500	1	回水	尾矿库紧靠居民区
云台山硫铁矿	22.2	300	0.49	山谷	井－管	土坝	10	90	上游式	31	41	0.062	150	铸	1300	2	—	
云浮硫铁矿	80.6	1600	1.6	山谷	井－洞	土坝	24.1	1400	上游式	36	60.1	0.068	400	铸	9000	1	—	
雁门硫铁矿	9.45	40	0.06	河弯	井－管	卵石	5	600	上游式	5	10	0.06	125	铸	1200	—	—	坝被洪水冲垮一次
七宝山硫铁矿	5.4	90	0.5	山谷	槽－管	土坝	18	90	不堆坝	—	—	0.031	100	铸	300	1	—	尾矿泥水漏掉一次
炭寨口硫铁矿	72.8	1480	0.6	山坡	井－管	卵石	10	500	下游式	43	53	0.05	300	铸	3500	2	回水	
安宁磷矿	10	27	0.5	山谷	井－管	土坝	16	110	不堆坝	—	—	0.029	300	铸	1500	1	回水	堆积干容重 0.35t/m^3
海口磷矿	10	32	0.4	山谷	井－管	土坝	27	120	不堆坝	—	—	0.029	200	铸	300	1	回水	
南京锶矿	2.208	12.4	0.23	山谷	井－管	土坝	6	60	干法	10	16		汽运		300			

(2)1991 年 5 月该矿有人偶然经过尾矿库,发现库中水已跑光,库中淤泥也流出约 2 万 m^3。因该库无常人管理检查,所以,什么时间发生的不得而知,流到什么地方不得而知。事后没有作深一步研究,也再没有发生过第二次。应该说这是尾矿库的一个隐患。

(四)云南省昆明市安宁磷矿尾矿库

1991 年尾矿设施建成。建成后的尾矿坝全坝体渗水,建成后的尾矿输送系统不能使用。用去坝体灌浆费 30 余万元,用去尾矿管道返工费 20 余万元。造成的原因是建设承包单位缺乏技术力量和建设单位的材料代用所造成的。

四、化工部所属矿山尾矿设施的特点及共性,在生产运行中的要求

(一)化工矿山尾矿设施的特点

1. 胶磷矿选矿厂的尾矿

因有用矿物与脉石嵌布粒度很细、磨矿细度达到 200 目占 92% 以上才能进行选别。尾矿粒度也为 200 目占 92% 以上,其加权平均粒径在 0.027 ~ 0.03mm。该种尾矿入库后脱水甚慢,有效干滩长很短,有时为 0。此种尾矿采用普通上游法筑坝困难很大或者说是不可能的。在湖北王集磷矿和大峪口磷矿合用的龙会冲尾矿库,采用了用旋流器沉砂堆筑下游式尾矿后期坝。由于这种下游式堆坝法经验不足,正着手准备进行堆坝试验。因为尾矿粒度细造成出库尾矿水含泥量很高,又因选矿用浮选药剂多为化工厂废料,因此尾矿库排出的水危害很大,必须经过治理才能排放。

2. 磷矿擦洗厂的尾矿

该类磷矿一般为磷灰岩,原矿洗掉矿泥即为磷精矿。擦洗厂排掉的矿泥量(尾矿)为总矿量的 20% 左右,其颗粒组成以泥粒占多数。矿泥在库中的堆积干容重在 0.35t/m^3,无法用来筑后期坝。擦洗厂的尾矿库要一次建坝。需要的库容大,要建高坝,基建投资高。尾矿库的排水不含药剂可重复利用和农田灌溉。

3. 硫铁矿尾矿

其加权平均粒径一般为 0.06mm 左右,颗粒在水中沉降快,易脱水固结便于堆筑后期坝。尾矿库排出的溢流水含泥量低,水的 pH 值为 2 ~ 3。此种尾矿水不处理不能外排,但可供选厂重复使用。

(二)化工矿山尾矿设施的共性:

化工矿山尾矿设施的共性也分为三大类,同一类尾矿其物理、力学性质一致,设计内容也相似。

1. 胶磷尾矿

加权平均粒径 0.3mm 左右，比重 2.7～3，堆后期坝困难。尾矿库排水水质差不能直接排往天然水系。尾矿管道输送较易。对泵、阀门和管道的磨损不严重。

2. 磷矿擦洗尾矿

尾矿中含泥量(0.005mm 的细粒)占 30%，堆积干容重不会超过 0.35t/m^3。尾矿水不含药剂，如果尾矿库有足够的澄清距离时，尾矿库溢流水可重复使用和用于农田灌溉。

3. 硫铁矿尾矿

尾矿加权平均粒径在 0.06～0.09mm 之间、尾矿比重在 2.75 左右。堆筑的后期坝易板结，对后期坝稳定有利。尾矿水对环境保护有影响。硫铁矿选矿工艺一般为碱性流程其尾矿对泵和管道没有严重的腐蚀。

(三)化工矿山尾矿设施的特殊要求

擦洗厂磷尾矿都是一次建坝生产管理简单。硫铁矿尾矿同国内一般黑色金属矿山和有色金属矿山的性质大致相同无什么特殊要求。有特殊要求的是胶磷矿尾矿。除中国对胶磷矿进行选矿外只有俄国有一座胶磷选矿厂。我国胶磷矿选矿技术为其他国家所没有。胶磷尾矿粒度之细也是国内外没有的。胶磷尾矿一般占总处理量的 50%以上。为减少尾矿库占地和少用天然筑坝材料，从胶磷矿石进行试验定选矿研究阶段开始，就应同时开展胶磷细粒尾矿堆坝的试验研究。目前把握性比较大的是用旋流器对尾矿进行分级，用沉砂堆筑下游式尾矿后期坝。旋流器分级的沉砂平均粒径可达 0.03mm 以上，用此种尾矿堆筑下游式尾矿坝，在坝体内采用立体排渗。使设计、生产、科研进行三结合，直至该种尾矿坝堆成。这就是胶磷尾矿堆坝与国内的其它尾矿堆坝的不同之处，这也是胶磷尾矿堆筑后期坝的一项特殊要求。

五、化工部所属矿山尾矿设施安全防范重点，已制定的规章、规程、规范、规定，现在的安全管理体系和制度

(1)安全防范重点：化工矿山建矿时间都不长，对尾矿设施缺少管理经验，对尾矿库安全的重要性认识不足。往往是在尾矿库发生了问题或事故后才有了防范重点：防洪排水、坝体排渗、子坝的堆积等重点。并随之建立了相应的行之有效的管理体系和制度。

(2)在矿山投产初期都制定了各种规章制度，用表格和形象图挂在车间的墙上。

(3)在矿山投产初期都能建立完整的生产和管理体系如：尾矿工段或尾矿车间，人数从几人到数十人。配备通讯设施和交通车。

六、化工部所属矿山尾矿设施的安全工作尚存的问题(包括技术、科研、社会等问题)

(1)尾矿输送和尾矿堆存是一种不见效益的生产，从表面上看是企业的一项负担，所

以,生产中能维持过得去就算了。只有在发生事故或出问题时才能得到重视。显而易见,有问题时才进行处理和治理时,不但工程费用高而且还会造成隐患。例如尾矿库投产初期企业为了省事,往往不是按设计要求在坝前均匀冲填,而是在坝的一端集中放矿。这样就造成了在坝的另一端是泥浆塘,即使对泥浆塘进行治理,也会造成后期子坝压在淤泥层上,留下不应有的隐患。

(2)尾矿库投产后应有计划的进行勘探和研究工作,但此项工作难于得到企业的配合,只有在发生问题时才不得不进行勘探和科研,结果是事倍功半。

(3)尾矿设施附近居民经常在管道上打洞取水和拆走管道附件去卖。与当地居民打交道很难,企业对尾矿设施的管理难度很大。

(4)近年来化工部兴建了许多化工厂,出现了磷石膏堆存问题。设计部门出于经济效益的考虑,往往由其他专业代为设计。有些专业设计院也缺乏对新人的培养。这种状况不但给设计质量造成问题,同时也给企业带来经济问题,给社会带来安全问题。

七、为坚持‘安全第一,预防为主’的方针,确保安全,做好防范工作的具体建议和意见

(1)组织编写的‘尾矿设施安全培训教材’是很有必要的。一般看来企业对尾矿设施的管理不够重视,实际上是对该方面的技术不熟悉又找不到有关资料所致。

(2)企业应对主管部门定期汇报尾矿库运行状况,尾矿输送状况等,以便及时解决对安全的隐患和尾矿输送中的耗电问题。

(3)国内对压力容器的设计者都要进行考核、持证上岗。建议对各设计部门的尾矿设施的设计者也应进行必要的考核。

第四节　核工业铀矿冶尾矿库运行经验及事故教训

一、概况

我国采用湿法冶金技术提取和精制铀的工厂统称铀水冶厂。在核工业创业初期,中共中央和国务院十分关心职业人员和核设施周围广大居民的安全和健康,周总理一再指示要搞好安全防护卫生工作。为此,1959 年当时的二机部提出了‘生产未动,防护先行”

的方针，为贯彻“防护先行”的方针，铀水冶厂建设初期就非常重视其尾矿设施的建设。在吸取国内外有色金属、黑色金属、化工矿山等尾矿设施的建设、管理和运行经验的基础上，针对铀水冶厂所产生废水、废渣的特点，在尽可能防止和减少辐射危害的前提下，我国第一批铀水冶厂就设计、施工有完整、可靠的尾矿设施。根据我国的具体国情，随着铀矿冶工业的发展，铀矿冶尾矿设施在科学研究、设计、施工、管理方面积累了丰富的经验，培养了一大批工程技术人员，制定了适用核工业尾矿设施勘察、设计、施工和管理的规定、条例、规章制度。为了加强尾矿库工程的检查和监督，1992 年核工业总公司成立了“核工业尾矿坝工程安全技术监督站”，负责检查、监督、指导核工业铀矿冶系统尾矿库的安全运行。

随着国家环保法的公布，全民环境意识大大增强。核工业遵照已故总理周恩来“防护先行”的要求，在铀矿冶第二批水冶厂尾矿库的建设中，都配套设计有完整的较可靠的尾矿水处理设施。广泛采用了较先进的流动床离子交换除铀工艺，加强了废水治理和提高了净化效率，使水冶厂的废水复用量不断增加，外排量逐年下降，从而保证了尾矿库的正常多余水在经过化学处理、使之达到国家规定的排放标准后再行排入天然水系。这样，铀矿冶尾矿库对天然水体的污染降低到了最低的限度。

随着国际形势的缓和以及国家对铀产品需要量的减少，核工业铀水冶厂的大部分尾矿库正在或即将“关闭”（我国统称为尾矿库退役）。为了保护环境，防止污染，中国核工业总公司，借鉴国外经验、结合本国国情，对退役的核设施及放射性废物治理工作颁发了一系列的标准、规定、通知。要求对退役的铀尾矿库必须进行退役治理工作。退役治理的目的就是要对永久终止运行的铀矿冶尾矿设施进行各种善后处理，使尾矿库及附近环境恢复自然状态，以保证公众免受残留放射性照射的危害。并要保证尾矿库在今后百年甚至数百年内的稳定安全。退役治理工程是艰巨的，所需费用是惊人的，往往大大超过新建尾矿库的投资。

二、我国核工业铀矿冶尾矿库现状

（一）我国铀矿冶尾矿的特性

我国铀矿石的特点是品位较低，类型较多、有的含伴生元素，经过化学过程的水冶提铀后，所产生的铀尾矿较之黑色金属和有色金属尾矿具有鲜明特点，主要表现为：

1. 尾矿产率高

由于我国铀矿石品位较低，大多在 0.1%左右，故尾矿产率很高。加之铀矿石在水冶过程中加入大量的酸、碱、氨等化学药剂，使得铀水冶厂排出的尾矿量一般要多于处理原

矿石的数量。我国铀矿冶的尾矿量约为处理原矿石的 110% 以上。这是我国铀矿冶比较明显的特点之一。因此，对铀尾矿的处理是我国铀矿冶建设中比较突出的问题。目前，铀矿冶已开始试验不从地下采取矿石，而是将浸出液注入矿石层，直接抽取合格液制取铀的办法，我国称这种办法为“地浸”，这样就不再产生尾矿。但这只是刚刚起步，若试验成功则可以根本改善铀水冶厂的环境状况。就目前情况，在铀矿冶的建设中还不能摆脱采用尾矿库堆存尾矿的技术手段。因此，铀尾矿库的建设和管理在我国铀矿冶工业的发展中仍具特殊的重要性。

2. 尾矿的物理力学性质特异

铀矿石在水冶过程中加入了酸、碱等化学药剂，使铀尾矿具有了比较特殊的物理力学性质。贮存在尾矿库内的铀尾矿矿泥的干容重很低，干容重一般在 $0.5 \sim 0.7 t/m^3$，其含水量高、孔隙比大，致使总的堆积干容重偏低，也就是说，同等容积的尾矿库贮存铀尾矿的吨数要少。

(二)铀尾矿库的工程现状

1. 铀尾矿库数量、类型

自 1958 年以来，我国铀矿冶工业已兴建尾矿库 15 座，总库容达几千万吨。大部分为山谷型尾矿库，也有丘陵地区尾矿库经更新改造而成为四周筑坝中心排水的平地型尾矿库，它由九座坝围拦而成，故铀矿冶共拥有 24 座尾矿坝。采用上游法堆筑尾矿坝，以不断增大尾矿库的库容。

(1)初期坝：铀矿冶尾矿库的初期坝均使用当地材料——土、石筑成。初期坝的坝型起初是单一的均质土坝。我国第一座大型铀水冶厂是前苏联援建项目之一，其尾矿设施的设计是在前苏联专家指导下完成的。尾矿库的初期坝和拦水坝均为碾压式均质土坝。1960 年 8 月前苏联毁约停援后，完全依靠我国自己的技术力量设计施工了我国第二批、第三批铀水冶厂的尾矿设施。初期坝的坝型开始往多类型过渡。根据我国的具体国情和实际情况，因地制宜、经济合理的坝型不断出现，如：水中填土坝型、透水堆石坝型、多种土质组合坝型、土中注水坝型等，均先后出现在铀矿冶尾矿库的工程中。

铀矿冶尾矿库的初期坝高度一般在 20m 左右，最高的为 32m，最低的是在新疆戈壁滩上的坡地型尾矿库 $H = 8.0m$。

(2)尾矿堆积坝：铀矿冶尾矿库在初期坝所成库容堆满后均采用上游法尾矿筑坝。设计最大坝高(包括初期坝) ~ 90m。目前超过 60m 坝高的有 4 座、30m 坝高以下的 2 座，其它均在 40 ~ 60m 之间。在尾矿堆积坝的不同高度，设有排渗设施，降低坝体浸润线避免了尾矿库运行中，下游坡沼泽化现象的出现。

为了防止污染,改善环境,铀矿冶尾矿库尾矿堆积坝基本上做到了随堆高随用天然土料覆盖屏蔽外坡,并及时植草护坡,防止了风雨对尾矿堆积坝外坡的冲蚀。

2. 铀尾矿库的安全状况

(1)铀尾矿库的工程等级高:核工业制定的铀矿冶尾矿库的工程等级和设计标准较之同等规模的水库和有色金属、黑色金属尾矿库高出 1～2 级,工程设施完善,还没有出现带病坚持工作的病险库工程。

(2)铀尾矿库的抗洪水能力强:由于工程等级较高,相应的洪水设计标准较高。尾矿库汇水面积内产生的暴雨洪水是影响尾矿库安全的重要因素。由于暴雨洪水渲泄不畅而导致尾矿库失事的实例很多。铀矿冶建设初期,在总结国内外尾矿库失事经验教训的基础上,考虑到辐射防护安全的特殊要求,制定了提高铀尾矿库防洪设计标准的政策性措施,保证了三十年来铀尾矿库运行中从未发生洪水安全事故。铀矿冶 15 座尾矿库的汇水面积最大为 $14.4km^2$,最小者仅只 $0.4km^2$,一般均在 $1～3km^2$ 左右。其设计洪水标准均采用百年一遇设计,千年一遇校核。遇有特殊情况则用可能最大降雨洪水校核。较之同等库容的水库和有色、黑色选矿厂尾矿库的洪水标准提高了 1～2 级,铀尾矿库的排洪构筑物保证了尾矿库的洪水安全。

三、核工业铀矿冶尾矿设施的事故状况

铀矿冶的尾矿库运行历史较短,加之工程等级及设计标准较高,尚未发生过灾害性事故。使用单位在尾矿库未达到设计规定的使用年限和堆积标高前均能及时做出扩(改)建、更新改造尾矿库的技术措施。因而,使铀矿冶的尾矿库能在正常的运行条件工作、但是也曾发生过两起比较大的尾矿库初期坝滑坡事故。

(一)某矿初期坝滑坡事故及处理结果

1. 事故经过

1992 年 7 月上旬,广东省局部地区连降暴雨,铀矿冶在广东省北部山区有两座铀水冶的尾矿库初期坝先后发生浅层滑坡,滑出土方近万方。滑坡范围是自下游排水棱体以上至初期坝顶附近最大深度约 2.0m 的范围内。没有伤亡事故,没有影响下游农田,没有影响尾矿库的正常运行。

事故发生后,核总公司领导和核工业尾矿坝工程安全技术监督站的技术专家立即奔赴现场指挥、研究、抢险、修复。总公司拨款两百万元,于次年二月修复完工验收。目前运行正常。

2. 事故原因分析

发生浅层滑坡的两座初期坝同是均质土坝，下游排水棱体以上为草皮护面。分析滑坡原因是由于坝脚排水沟断裂排水不畅，使来自坝体侧面的山沟雨水冲上坝坡，侧向冲刷形成冲沟，造成了平行于坝轴方向的临空面。连日暴雨使坝坡表面全部饱和，强度降低，使坝坡沿临空面塌滑。这个问题本应及早发现，但是由于在坝坡上一人多高的茅草丛生，表面看去郁郁丛丛，实际上坝面已冲刷得纵横交错。任何事情都有个从微观到宏观的变化过程，而茅草丛生是妨碍发现其变化过程的主要因素。

3. 处理结果

经过分析原因，研究处理措施后，决定采取清除游泥、加高下游排水棱体、放缓坝坡、下游坡全部设置反滤排水层和块石加重，并增加防止坝体侧向山沟冲刷坝体的防冲墙等技术措施。两座发生滑坡事故的尾矿库，抢险完工后，面貌焕然一新。

4. 损失情况

由于是浅层滑坡，影响范围小，没有伤亡和造成尾矿流失，没有停止生产，损失只是投入的抢险加固费用，约为 230 万元。

5. 经验教训

通过对滑坡原因的分析，使人们认识到，在土坝的外坡上茅草任意丛生，并不是好事。相反，它妨碍了巡坝人员对坝面的视、检。下面已是冲沟纵横，表面观之却是郁郁丛丛，给人以错觉，这是造成大祸的起因。当然管理人员的疏忽大意是事故的直接原因。为此，核工业尾矿坝工程安全技术监督站已通知有尾矿库的单位，必须将尾矿坝下游坡的杂草灌木全部清除，造成良好的对坝面的视、检条件，一定要将事故杜绝在初始阶段。

(二)其它环境污染事故

1. 尾矿输送管道对环境的污染

60 年代初期我国最早的铀水冶厂建成投产后，尾矿设施出现最多的安全事故是输送尾矿的矿浆管道因磨穿而喷洒矿浆，造成对管道沿线的污染。在走中国人自己的建设道路信念指引下，科技人员勇于探索、创新，积极采用新技术、新设备，完全依靠自己的力量建成的新一批水冶厂的尾矿设施，创出了适合我国具体国情的铀尾矿建设技术。

为了改善环境、防止污染，60 年代末和 70 年代初期，我国铀矿冶对各个铀水冶厂的尾矿输送系统进行了更新、换代改造。尾矿输送系统全部装备成钢衬铸石输送管道和高扬程油隔离泥浆泵配套使用，从而杜绝了铀尾矿输送管道对沿线的污染，大大提高了环境质量。

钢衬铸石尾矿输送管道的一次投资较大，但经营运转费用少，耐磨、耐腐性能极好，只要设计、施工、安装合理，运行操作得当，完全可以杜绝尾矿在输送过程中的跑、冒、滴、

漏现象。新的铀矿冶尾矿输送系统运行二十几年来没有发生对环境的污染。

2. 尾矿库对环境的影响：

迄今为止，铀矿冶尾矿库未发生过灾害性事故。由于在堆筑尾矿坝过程中能坚持随堆筑升高，随时覆盖屏蔽并植草护坡的措施，故固体尾矿对库周围的污染不明显。

由于尾矿库内沉淀池水位是不断升高的，渗流区随之扩大，尾矿坝的渗透水流出库外，对坝下游产生一定影响，为了防治这种现象，铀矿冶尾矿库普遍采用的办法是设置渗水泵房，将渗流水收集集中，送回尾矿库内或送至污水处理厂。

对于尾矿库内正常多余水的排放，我国第二批铀水冶厂均配套建有尾矿水处理厂（车间），保证了正常排放的尾矿水均能达到国家规定的排放标准。

四、铀矿冶尾矿库的特殊性

（一）尾矿量大

从铀矿石中提取铀不是物理过程而是化学过程。所以，铀尾矿与黑色矿山和有色矿山的尾矿相比，除具有残留放射性物质的特殊性外，其它的物理力学性质也有很大的不同，主要表现为细粒尾矿的含水量高、干容重低。水冶厂排的尾矿量一般均大于处理的原矿石量。而有色矿山和黑色矿山排出的尾矿量大都小于处理的原矿石量。

（二）尾矿中有残留放射性

铀矿石在水冶过程中，仅放射性同位素中的铀被浸出、提取，其余核素仍留在尾矿中排入尾矿库，致使铀尾矿库具有残留放射性。

五、核工业铀矿冶尾矿设施的安全管理体系

铀矿冶工业运行三十年来已形成比较完整的尾矿设施管理体系。各铀水冶厂都设置有尾矿车间或尾矿工段，负责尾矿设施的运行和管理。辐射防护人员定期对尾矿水和空气进行取样监测。总公司针对铀矿冶的特殊性颁发了一系列通知、规定、条例和标准，使铀矿冶的尾矿设施从勘察、设计到施工、运行都有章可循。早在 1978 年原二机部召开了第一届尾矿工作会议，制定颁布了二机部系统“尾矿设施管理条例”。1992 年核总公司成立了核工业尾矿坝工程安全技术监督站，负责检查、监督尾矿坝工程的安全运行。

三十多年的运行经验使领导机关和各个基层部门得到一个共识，那就是科学的、规范化的管理是保证铀尾矿设施安全的关键因素。再高的工程标准，再好的工程设计只是为工程安全提供了基础条件，如果疏于管理将会酿成大祸。

为了加强管理、提高水平，中国核工业对于尾矿设施的管理颁布如下部级规定：

(1)“铀水冶厂尾矿设施管理条例”,1978。

(2)“第二机械工业部矿冶企业设计若干问题规定”,1981。

(3)“铀水冶厂尾矿库安全设计规定”,(EJ794—93),1993。

各厂矿均制定有尾矿设施安全操作规定、规程,汛期均设立应急防汛组织。

铀矿冶比较注意汲取其它行业尾矿库的设计、施工、管理经验,取人之长,为我所用。水利电力部的‘碾压式土石坝设计规范"碾压式土石坝施工技术规范"水工建筑物抗震设计规范’等,冶金部、有色总公司的‘选矿厂尾矿设施设计规范’、“冶金矿山尾矿设施管理规程’等等均是铀矿冶尾矿设施遵照执行的规范、标准。

六、影响铀尾矿设施安全的主要问题

(1)管理人员素质低

核行业铀尾矿库的管理人员和库工,均未经过专门的培训,大都是在实际工作中自行摸索、总结提高,逐渐完善自己。管理人员虽具有较高的学历,限于专业界限‘土力学’、“水力学"水工结构’等知识欠缺。近年虽有专业水利院校毕业生分配铀厂、矿,但很难生根留住。

(2)有待建立科学的、完整的、全过程的管理体系,这是目前铀矿冶尾矿库管理的的薄弱环节。

(3)社会安全因素极待净化

铀矿冶尾矿设施大都在荒山野岭中,距离厂区较远,尾矿管道、管件及尾矿库的通讯、照明器材,坝上的观测设备等丢失严重,甚至有些地区的老百姓连护坡用的干砌石都搬回家去盖房用。管库人员人少力单,实难维持正常生产。

这是目前铀尾矿库安全管理的难点。

第五节　我国黄金矿山尾矿库概况

一、概述

(一)黄金矿山尾矿库(坝)运行现状

尾矿库(坝)是黄金矿山安全生产的重要设施之一。近年来由于黄金工业的迅猛发展,矿山选矿厂的处理能力日益加大,相应的排放尾矿也日益增加,据不完全统计,黄金

矿山(岩金矿山)现有尾矿库(坝)已达 368 座。(20 座以上的省份有:山东、河南、河北、辽宁、陕西、吉林、内蒙、新疆等,其中山东省有 80 多座)由于黄金工业选矿工艺的特点,尾矿堆积坝的筑坝形式多采用上游法,一般坝体包括初期坝和后期坝(堆积坝)二部分。初期坝的类型及所占有比例为:

坝体类型	占有比例(%)
土坝(废石)	43
堆石坝(废石)	38
土石混合坝	12
浆砌石坝	5
海砂坝(池)	2

由于黄金矿山的规模相对于黑色和有色矿山小得多,而且多数地处偏远山区,尾矿库的容量较小,堆坝高度相对也较低,据粗略统计,坝高及所占比例为:

坝高(m)	占比例(%)
< 10	6
10 ~ 30	82
30 ~ 60	12

尾矿库内一般设置排水构筑物,如排水井 ~ 涵管(隧洞)或斜槽 ~ 涵洞(隧洞)、开敞式溢洪道、拦洪坝及截洪沟等。

由于矿山排放的尾矿量不断增加,随之而来的安全和环保问题日益突出。尾矿坝塌坍、决口等恶性事故时有发生,运行中的安全状况不容乐观。据部分调查资料表明,尾矿库(坝)存在的隐患较多,不少的尾矿库(坝)带病运行,尾矿库(坝)的安全状况分类及所占比例为:

尾矿库(坝)安全状况分类	占比例(%)
正常运行	56
超期运行	18
带病运行	22
险库(坝)	4

长期以来,人们对尾矿库(坝))的安全认识不足,从事矿山生产建设的多为地质,采矿、选矿和机电等专业人员,缺乏有关尾矿坝工程管理方面的基本知识,往往造成尾矿库(坝)的许多隐患和尾矿坝的带病运行。

(二)黄金矿山尾矿库(坝)的特点

由于黄金工业生产的特殊性,形成其尾矿库(坝)的一些特点。

(1)黄金矿山的尾矿库(坝)往往地处偏远山区,尾矿库(坝)址的选择,往往为了少占农田,多数地形条件差,山谷峡窄、坡陡、库容量小,调洪库容小,汇水面积相对较大,致使坝体相对较高。干旱地区如选矿厂有回水要求时,坝内水位长期居高不下,形成人工建起的高势能‘泥石流”,因此对尾矿库(坝)的防洪有特别要求。

(2)由于选矿工艺的特点,多采用浮选、氰化或浮选与氰化等联合工艺提金,并且近年来为提高金的回收率,加大了磨矿细度,其尾矿料度为200目达70%~95%,给尾矿筑坝带来一定困难,通常容易造成堆积坝体的浸润线偏高,出现坝外坡渗流、管涌、流土和坝脚的沼泽化。给坝体稳定性带来不利因素。

(3)随着生产规模扩大,选矿厂排出的尾矿及‘三废’的急剧增加,诸如安全防汛,环境保护和占地、复垦等问题都提到议事日程上来。安全与环保工作量日趋繁重。

二、尾矿库(坝)运行经验

(一)严格执行尾矿库(坝)安全管理规程

尾矿库(坝)生产管理和安全防范的重点应放在尾矿坝体和排水构筑物上,安全管理的准则是遵照执行《冶金矿山尾矿设施管理规程》(90)冶矿字第185号文件规定,其基本任务是将尾矿输送(包括砂泵站,管道等)、回水、尾矿排放与尾矿筑坝、坝体维护与加固、坝内水位控制、汛期防洪抗震、尾矿坝监测与环保等各项工作做好,确保尾矿库(坝)安全运行,防止溃坝和破坏性灾害事故的发生。

考虑到尾矿库(坝)的隐患和病害问题,有的是由于设计上不严肃或自行设计、施工,其设计、施工质量差造成的,因此,应从设计和施工的关健环节上把好质量关。

尾矿库(坝)的设计应严格执行设计规范的原则。如:

《选矿厂尾矿设施设计规范》ZBJ1—90(90)建标字第695号文件;

《黄金矿山设计若干原则规定(试行)》国金基字(1989)第004号文件;

《黄金企业可行性研究内容和深度的原则规定》(试行)国金计字[1988]第2号文件

《黄金矿山企业初步设计内容和深度的原则规定》(岩金部分)国金基字(1990)第201号文件;

设计者应符合设计资格要求，实行黄金行业（安全）管理机构予审和审批制度。

有条件的矿山企业应加快实行尾矿库（坝）工程建设监理，严格施工质量验收制度。

尤其在市场经济条件下，更应综合运用法律、行政和技术手段，对工程参与者的行为和他们的责、权、利进行必要的协调和约束，以杜绝工程的盲目性，随意性，以控制工程质量，工期和造价。

近年来，许多矿山企业，对尾矿库（坝）从设计、施工到生产管理都做了很大努力，尤其尾矿库（坝）管理工作，舍得下大力气，取得许多宝贵经验。成绩突出的矿山有：

（1）山东省的招远金矿、三山岛金矿；

（2）河南省的秦岭金矿、上宫金矿；

（3）河北省的金厂峪金矿、东坪金矿；

（4）辽宁省的五龙金矿、二道沟金矿；

（5）陕西省的太白金矿、陈耳金矿；

（6）内蒙自治区的金厂沟梁金矿；

（7）吉林省的夹皮沟金矿、海沟金矿；

（8）湖南省的湘西金矿；

（9）浙江省的遂昌金矿；

许多矿山采取有效具体措施，如：

（1）尾矿坝管理工作，作为选矿厂生产必不可少的一个工段，列入生产调度计划之中；

（2）尾矿坝安全技术工作由生产矿长抓，安全环保专业人员具体管理。

（3）严格执行矿山企业内部的管理细则，尾矿库（坝）操作规程和安全责任制度等。

（4）尾矿坝出现问题应及时发现，及时汇报及时研究处理，力争防患于未然，最大限度降低损失程度；

（5）对尾矿坝防汛所需物资，器材、和资金等给予优先考虑和安排；

（6）定期邀请上级部门和尾矿专家来现场研究，指导工作。

每年汛前，都召集有关部门如安全环保、基建、选矿厂等有针对性的对尾矿坝高度、库内水位、排洪口标高等按防洪要求标准逐项检查核对，对溢流井，隧洞、涵管、斜槽等重点部位认真检查，对查出的隐患和未遂事故，要‘三定”，即定解决负责人，定解决期限，定解决措施并复查督促。

矿山防汛领导小组对坝上交通，通汛，照明、防汛器材，抢险材料等逐项检查落实，抢险器材不准占用，派专人负责，专库堆存。

(二)领导干部重视尾矿库(坝)的安全管理

矿山企业的领导,尤其是第一、二把手对生产安全管理的重视是搞好尾矿库(坝)工作的关键。

大量生动事实说明,领导干部的重视与否大不一样,关键时刻领导干部是否站在第一线大不一样,不少矿山领导干部能够汛前作出周密安排,抢险时几天几夜吃住在现场,靠前指挥,把灾害降低到最小程度。

领导干部对有关尾矿库(坝)的设计,施工、加固改造及事故处理等事项应列入议事日程,仔细听取汇报,详细研究,落实具体措施。

领导干部对涉及到尾矿库(坝)安全的费用,要舍得作出安排,不挤占不挪用,以往事故统计资料表明,只要拿出相当于每年灾害直接经济损失的5%用于加强工程安全管理和预防灾害的措施上,就可有效避免或大大减少灾害带来的巨大损失。

领导干部要优先从全局高度来认识尾矿库(坝)安全管理工作重要性,带头抓尾矿库(坝)的安全教育和技术培训,不断接受新事物,引进新技术,新设备,新材料,开创黄金生产安全管理新局面。

三、尾矿库(坝)运行的事故教训

(一)安全在于加强管理

尾矿库(坝)的安全关键在管理。尾矿库(坝)的管理,包括尾矿输送、排放;堆筑尾矿坝体;防汛抗震;坝体监测和加固维护;回水及环保综合利用等方面工作。

对随时发生的问题应及时果断处理,防止事故扩大。从初期坝竣工到尾矿终期堆积坝标高止,都是利用选矿厂尾矿筑坝的施工过程,因此尾矿坝管理是边生产边筑坝,始终存在着安全问题。

由于设计上的不慎,施工质量上的疏忽,加上长期盲目管理等,遗留下来的隐患逐步暴露出来;"病、危坝"增多,每年汛期总要发生尾矿坝灾害性事故,究其原因,是个管理问题。个别矿山尾矿坝上无看坝房,无通讯电话,无照明,无抢险器材等;有的矿山只安排二名妇女或伤残退休老工人护坝;领导干部只在汛期过问一下,汛后对发生的问题应善后处理的事全忘记,而忙于采选生产去了;一些矿山对有关尾矿库(坝)的设计图纸、技术资料,事故处理会议纪要,现场施工照片,记录及总结报告等,未能装入档案或残缺不全;有的矿山不按规程操作管理,想当然自行其事,造成隐患或事故;有的领导干部明知有隐患,或因缺少资金,或因无暇顾及,而任其带病运行;北方地区因多年干旱,普遍有侥幸心理,疏于安全管理。

近几年连续发生洪灾并由南方向北方扩展，去年是黄金行业遭受洪水灾害最严重的一年，共有 10 个省（市）56 个黄金矿山企业遭到不同程度的破坏，造成经济损失多达 1.2 亿元，其中广西龙山金矿，河南文峪金矿，北京平谷县金矿等的尾矿坝均发生坍塌、垮坝，或冲走尾砂的严重灾害。

（二）尾矿库（坝）主要病害类型

（1）尾矿坝的排渗水设施遭到破坏或被堵塞 有的尾矿坝初期为土坝，甚至根本无排渗水设施，放矿后堆积坝体内的浸润线逐年抬高，造成浸润线在坝外坡逸出，坝脚出现沼泽化、坝体出现裂缝、塌陷、冲沟或滑塌等。

（2）坝基、坝肩有浑水渗漏，坝内两岸有坍岸，绕流、泥石流等。

（3）透水堆石坝渗漏浑水，浆砌石坝体有裂缝、有渗漏水，使坝体稳定性受威胁。

（4）尾矿库内的排水构筑物，如排水井，涵管或斜槽等其泄水能力不足，或损坏失修或断裂渗漏，跑浑水，及下游消能设施不善等。

（5）尾矿库内水域小，澄清距离不足，干滩距离太短，出现跑浑，其抗洪和调洪能力太小。

（6）由于随意放矿，坝端集中放矿等错误放矿方法造成沉积滩面倾斜、侧坡、淤泥夹层、积水等现象，加上筑坝外坡过陡，致使坝体稳定性和抗震能力不足。

上述尾矿库（坝）病害的存在，部分是由于设计和施工质量差遗留下来的，部分是由于管理上的盲目性，疏忽大意造成的，解决这些问题都应首先进行‘会诊’，找出症结所在，对症治理。

对于排洪能力不足的，如涵洞，排水井或斜槽、隧洞等断面尺寸不足，须经审查后，按设计规范和现场实际条件增设排洪井，涵洞或开挖非常溢洪道，以便千方百计增加泄洪能力。

（三）尾矿库（坝）失事实例

1. 湖南省新邵县锑金矿尾矿坝

1988 年 9 月 2 日遭受大暴雨袭击，日降雨量达 100 毫米，由于库区上游山谷两侧有 18 处民采坑口堆积的废石与洪水俱下，形成泥石流直冲矿区 630 工业场地，阻塞了尾矿库内泄水涵洞，洪水漫过拦洪坝，以 64m^3/s 的流量涌入尾矿库，在尾矿库失去排洪水能力的条件下造成洪水漫坝，冲走 3 万 m^3 尾砂。虽经全矿职工 4 个多小时直到半夜冒雨奋力抢险，仍未能挽回局面，造成垮坝灾害，直接经济损失达 395 万元。下游农田受淹，水塘受淤，300 户村民受灾。

主要技术原因：尾矿库区上游民采坑口较多，乱采滥挖，废石弃土经暴雨冲刷后汇集

成泥石流阻塞排水涵洞，淤塞河床和拦洪坝，使尾矿库失去泄洪能力所致。

2. 河南省文峪金矿尾矿坝

文峪金矿地处河南，陕西两省交界的河南省灵宝市境内；1994 年 7 月 11 日晚 19 时至 12 日凌晨 3 时，遭受特大暴雨袭击，山洪暴发，洪水从矿区上游挟带大量坑口废石、向下游倾泄，冲毁矿区公路，沿途生产设施、物资仓库、汽车等荡然无存。

尾矿坝位于大西峪东侧的东木峪沟内，7 月 12 日凌晨 2 时 40 分，坝头溢流，咆哮的洪水冲出缺口宽 4m × 深 4m × 长 300m，冲走坝面护坡块石 4000m^3，挟走库内尾砂达十几万方。

主要技术原因：尾矿库区上游非法民采坑口 5 处，大量坑口废石堆放在沟里，被山洪冲下造成巨大泥石流，洪水翻越拦洪坝和截洪沟而直接进入尾矿库内，泥石流淤堵排水井和排水隧洞而出现险情。

抢险及善后处理有：

(1)及时清理隧洞进水口，运走淤积的废石及杂物；

(2)架设水泵排走库内积水，降低坝内水位；

(3)调运大批编织袋及草袋，叠筑临时坝堵住坝头缺口；

(4)坝外坡采用废石，块石填平补齐，修整坝面；

(5)及早恢复生产，短期内使尾砂充填已流失的塌坑；

(6)修复局部被破坏的截洪沟等。

3. 山东省乳山县乳山金矿尾矿坝

1980 ~ 1984 年连续多次发生排水涵洞塌坍破坏，最后一次涵洞破坏长达 20m，尾矿坝内干滩下陷塌坑直径达 30m，大量尾砂外泄。为抢险，工人进入涵洞被炮烟熏死 4 人，伤 20 人。

事故主要技术原因：该尾矿坝下排水涵洞为浆砌石侧墙、条石盖板方涵，断面尺寸 $B \times H = 1.2m \times 1.5m$，由于基础未加固处理，洞身砌石施工质量差，当尾砂堆高后，条石盖板抗弯强度低难以承受压力而破坏。

4. 河北省金厂峪金矿尾矿坝

1990 年夏季涵洞内壁多处出现塌坍，造成尾砂外泄跑浑。

该尾矿坝内设置了 3 座排水井，井高 24m，内径 $D = 1.2m$，排水涵洞为浆砌石结构，断面尺寸 1.5m × 1.5m，尾矿堆高 $H = 53.7m$。

造成事故主要技术原因：尾矿堆高后，涵洞承受压力加大，个别地段浆砌石施工质量较差发生侧墙倒塌，尾砂涌入洞内外泄跑浑。

抢险及善后处理:库内陷坑抛入块石和柴捆进行填塞;涵洞内衬钢板补强,尾矿库另新增溢洪道以备防汛需要。

第六节　我国建材行业尾矿库概况

一、建材行业矿山概况及特点

建材行业的品种主要是水泥、玻璃、非金属及新型建筑材料等,就其产生的废石尾矿也不相同,而水泥矿山的开采的废石,一般都是用废石堆场来解决,车间生产没有尾矿。新型建筑材料是某些建筑材料在一定工艺条件下,由工厂加工而成,所产生的废尾料颇少,处理办法多采用综合利用或运至附近低洼地充填。建材行业的尾矿多集中在非金属工业和少数玻璃工业上。非金属矿种特别多,有石墨石膏、金刚石、瓷土、膨润土、滑石等数十余种,就我国目前查明的非金属分布较广,遍及全国各地,而且一般规模较小,大部分由地方政府和部门经营,总体来看管理水平较低,很多矿山企业,也没有经过正规设计,或者只有部分设计,在运行过程中发生一些问题也在所难免,再鉴于规模小、交通不便效益也一直成问题,以致对尾矿的管理堆放无规划,更有甚者,直接向河道和低洼地随意排放,这样无疑直接影响周围的环境,随着国家环保管理力度的加强。像这样是完全不允许,当然也有不少矿山是经过正规设计的管理也基本属于正常的。

二、建材行业尾矿库的状况

现介绍建材行业的有关矿种的尾矿库:

本行业的尾矿库有堆石坝、土坝(初期坝)尾矿坝。放矿型式有坝前和坝后两种,如建材 70l 矿一期工程就是干砌块石尾矿库,坝长 100 余米,坝高 15m 左右,库容较小,服务年限为 10 年,其排水系统采用边沟式,库区排水用块石砌筑,顶部用拱型带孔盖板随着尾矿逐步加高,拱型盖板的排水孔逐步向远盖没,该矿使用终期基本上符合设计要求,没有发生什么事故。建材 701 矿二期工程的尾矿库初期坝是土坝,该地区用水较紧张,为了解决农业用水,在尾矿坝的下游 300m 处再筑一道土坝蓄水成为水库,本尾矿库采用坝后放矿,其尾矿库址的特点,库型窄长,汇水面积较小,排水采用边沟式接排水管,排水管直径 ϕ1200mm,穿过坝体排至下游水库,土坝的坝长 240m,坝高平均约 18m,顶宽为

4m，边坡采用 1∶4～1∶5。该库的设计服务年限为 15 年，但该矿种受到国际市场行情和国内生产的实际情况，造成国内生产成本远大于国际市场价格，以致造成企业压缩生产能力和停停开开现象，到目前为止，该矿正处于小规模的生产中。

山东南墅石墨矿的尾矿坝是土坝，坝长 300 余米，坝高 18m，排水管为 ϕ1200mm，库内设有五个直径为 2m 的排水塔，初期坝坝顶宽为 4m，边坡亦采用 1∶4～1∶5 左右，尾矿坝采用人工砌筑，堆到终期没有产生什么问题，只是尾矿送输系统，在后期，该矿采用钢管内衬铸石管。

柳毛石墨矿的尾矿坝也是土坝，坝长 200 余米，坝高 16m，排水管为 ϕ1200 库内设四个 2m 直径钢筋混凝土排水塔，初期坝坝顶宽 4m，边坡 1∶4～1∶5，但该坝使用到三分之一的库容量时，突然发现排水管的排水有“跑砂”现象，根据判断，排水管有断裂现象，后又进人察看（这样是不安全的）主要是排水管基础当时没有做好，后经修补，但由于上部荷载较大，见效甚微，后该矿二期工程，又要上马，如何将此问题统筹解决，在二期工程再建的方案时，在原坝坝址的下游另筑一条坝，坝长 300m，坝高 10m 左右，在两坝之间设置一排水井，该井除接通原排水管，再设计排水管 ϕ1200m 穿过新设计的坝体，这样使排水系统沟通，另该井还接通原尾矿库两边新设计的排水管 ϕ700m，其意图当原坝底排水系统，排水不通畅时，原尾矿库两边的排水管即能起到排水作用，降低老库的水位，该库投入运行，使用情况良好。

广东飞天燕瓷土矿，该矿的尾矿在车间脱水由皮带机直接排至尾矿库，该库初期坝用土堆筑，坝长 300 余米，顶宽 3m 坝高 6m 边坡 1∶4。库内设置三个钢筋混凝土排水塔。排水管 ϕ800，该库使用十余年反映良好。

苏州瓷土公司二期工程尾矿库。该地区用地较为紧张，选址困难，经多方案比较后，利用原有露天开采的矿坑，进行堆放，经验算其容积可以满足尾矿总量的堆放要求，但后来限于国家资金紧张，到目前为止该工程项目尚未上马。

北海砂矿和平潭中国砂厂，前者是作为玻璃行业的原料，后者是水泥行业的标准砂样，该矿种在洗砂的工艺中，会产生一些泥质和废砂的泥矿，我们在设计上一般是滩边筑成低的堤坝进行分格排放。

还有一些小型矿山如湖南汨罗瓷土矿，由于矿量较少，并且综合利用也有前途，其尾矿的堆置是利用在选厂附近的山坡，三面筑坝成一小型尾矿库数座，一但落实综合利用时，可直接外运。

三、尾矿库使用的基本情况

建行材业的矿山特点，一是品种多，二是规模小，三是远离城镇和国家重要设施，就

行业通报来看尚未发现较大的问题，但应该看到由于种种的原因，只是许多问题没有暴露出来罢了，随意乱排乱放是时有发生。这些必须由当地环保部门来执法解决，比如东北鸡西硅绒石矿，其矿山是在该市上游 20 余公里处，在二期工程上马时，在环保评价时，由于河道排污总量卫生超标，要求对此工程是零排放，即 100% 回用，但是东北地区、冬季排放尾矿，不管是采用冰上或冰下排放一般在最冷的三四个月里都是要结冰的，按我们的说法是冬储夏排，也就是夏排时，不可能使用全部回水（冬季的冰也要融开）倘若再处理尾矿水外排，势必造成费用增高，其实到了夏季河流流量较大增强了稀释能力，这时尾矿水排水对河流的污染不会是很大的。

建材行业据不完全统计的资料，尾矿库的安全运行正常率 70 ~ 80% 且超期，不超量的运行较多，原因生产不稳定，受到市场的调剂，实际上库容未能按库容曲线去堆积，大部分是延长了使用期。病险库所占 10% ~ 20% 左右，其主要问题，初期坝排水设施等施工质量不好，未经过正式验收就投入生产，以使后期造成隐患，另外尾砂堆坝，粒径偏小，有时由选矿工艺发生变化，没有及时采取措施（比如用水力旋流分四级即可解决），以致造成坝体排水不畅，以影响其稳定性，还有由于排水系统偏小，在较大雨量时，感到压力较大。

建材行业在总局和地方建材局所管辖的企业中，尚未发生重大事故（全国众多的小型和乡镇企业情况也未见行业报刊报道过）。就以鸡面硅绒石所发生的排水管‘跑砂’现象，其主要原因是当时施工质量问题所致，后来又费资另筑一坝和添置部分排水设施，从而又能使该库维持运行下去，这也是一种补救的措施，另外凡是粒径偏小的尾砂坝，我们一般采用开盲沟，加块石护坡来解决，这样可以降低坝体浸润浅以确保坝体的安全。

四、建材行业的共性问题和生产运行的特殊要求

综前所述，建材的尾矿库特点是规模小、品种多，尾砂粒径较细，但从选库址、设计、规划以及到施工、生产运行各个环节都要重视，就比如选址问题，由于矿山规模小，那么投资也是较少的，倘若将库址远离选厂，尽管库区建设本身条件虽然合理，然而尾矿输送距离远，不但基建工程造价大，而且经营成本也较高，这种方案未必上优，但在其选厂附近设库，也未必能选择到理想之点，所以在这个前提下，都给规划和设计带来一定难度。其次，正是由于规模小，设计参数的选用，设计公式的选择，都带来一定问题，很多都凭经验数据，这样一来势必造成误差较大，例如汇水面积的计算，越是小，反而造成实际的误差越大，这也是小型矿山的通病。此外在尾矿库运行时，小型库一般都采用人工修筑（大、中型的多采用机械堆筑），劳动强度大，很多矿山将这部分工作承包给附近农民或个

人,倘若管理不妥,质量也难保证。还有在生产运行过程,由于市场竞争,当矿山产品加大生产量或投入新的选厂(或限于资金紧张,尾矿库一时不能新建)这样使原有的尾矿库加大负荷去运行,其产生的后果是多样的,缩短了服务年限;尾坝处的放矿口筑坝澄清距离、排放水质都带来了不少问题,为此我们应在尾矿库安全的有效范围去考虑,切忌盲目从事,导致国家财产带来不必要的损失。

五、尾矿库的管理

尾矿库本身是矿山企业组成的一个重要部分,它涉及到工艺流程的通顺,安全生产,综合利用,环境保护一系列的政策问题,所以一个尾矿库的从选址、规划、设计、施工到安全运行,一直到堆放到终期(包括绿化、复垦等),应该始终都要贯穿一个安全可靠。那么首先必须在各个环节上都要符合规范和规定,也就是首先各种"硬件"要严格把关,比如初期坝排水系统都要符合设计,施工验收规范,经验收合格后方可投入运行。切记勿要将隐患留到今后的使用中,库内排水设施也应完好无损,凡有损坏处,应及时修补,按设计要求,在库区下游的禁区内居民区一定要搬迁,以防止突发事故的发生。

另外一个重要的问题是管理,它是个"软件",一个再好设备和设施,它都是由人去操作和使用的,因此抓好管理工作是保证尾矿库安全运行的重要的环节,必须做到:①要明确各级岗位责任制,订好各种安全制度和操作规程,而这些制度和规程要在岗位处上墙,并定期有人负责检查和落实。②各级管理和操作人员除熟悉本职工作外,要熟悉全库的性能和特点,对各种设备、设施明了其性能和各司其职地去操作。③加强值班制度(晚间不生产时也配有巡视人员),要明确值班人员的职责,在库区附近设有值班室,要有电话与矿区选厂保持联系。④筑坝工作要保质,保量。要符合设计的工作量,放矿点的移管、架管等都得有专人负责,真正确保堆坝、放矿顺利地进行。⑤要注意库区周围的环境,凡有碍本库正常工作的不利因素和动向,应立即向上级反映或领导出面协调解决,以避免对本库产生危害。⑥要注意尾矿堆积坝的粒径组成和浸润线的动向,在坝体内各测样点采样分析,凡有不符者应作出对策,以确保坝体的安全。⑦要注意观察库内的水位变化并作好记录。⑧做好交流工作,要对尾矿库工上岗的培训工作有组织有计划,并加强与兄弟行业管理经验工作的交流。