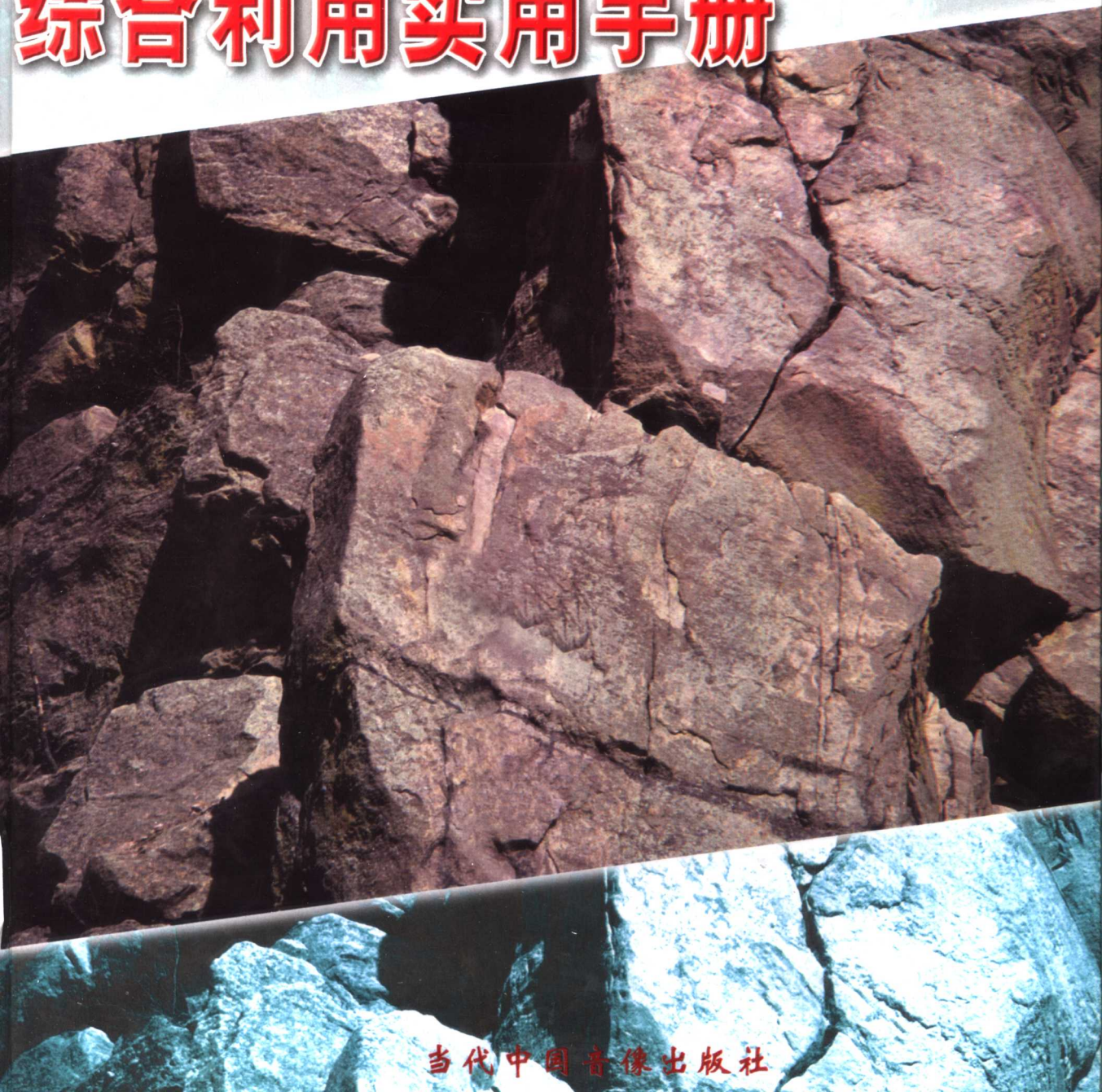


现代尾矿设施设计与 管理 维护技术及尾矿资源 综合利用实用手册



当代中国音像出版社

现代尾矿设施设计与 管理 维护技术及尾矿资源 综合利用实用手册

金钟集 石 明 主编

第二册

当代中国音像出版社

目 录

第一篇 尾矿概论	(1)
第一章 尾矿概述	(3)
第一节 尾矿的定义及分类	(4)
第二节 尾矿的成分	(5)
第二章 矿物加工过程	(8)
第一节 采矿	(8)
第二节 破碎、磨矿和选矿	(8)
第三节 溶浸	(10)
第四节 固液分离	(11)
第五节 溶液提纯与金属回收	(11)
第三章 尾矿的形成	(13)
第一节 矿床与围岩	(13)
第二节 矿石与脉石	(14)
第三节 选矿与尾矿	(18)
第四章 尾矿的类型	(20)
第一节 尾矿的矿床学类型	(21)
第二节 尾矿的选矿工艺类型	(23)
第三节 尾矿的岩石化学类型	(24)
第五章 尾矿的成分和性质	(28)
第一节 尾矿的化学成分与矿物成分	(28)
第二节 尾矿的物理性质	(30)
第三节 尾矿的化学性质	(33)

目 录

第四节 尾矿的物理化学性质	(34)
第五节 尾矿的工艺性质	(40)
第六章 尾矿的工程性质	(43)
第一节 沉积特性	(43)
第二节 密度	(46)
第三节 渗透性	(48)
第四节 变形特性	(51)
第五节 抗剪强度特性	(54)
第七章 尾矿排放方式	(63)
第一节 导引	(63)
第二节 地表排放	(66)
第三节 地下排放	(78)
第四节 深水排放	(82)
第八章 尾矿的污染现状	(88)
第一节 矿产资源浪费严重	(88)
第二节 堆存尾矿占用大量土地、堆存投资巨大	(89)
第三节 尾矿对自然生态环境的影响	(90)
第九章 尾矿综合利用的途径	(91)
第一节 国内外尾矿综合利用现状	(91)
第二节 我国尾矿综合利用存在的问题与对策	(93)
第十章 尾矿的处理方法	(96)
第一节 尾矿的堆存方式及其设施	(96)
第二节 尾矿的输送系统	(122)
第十一章 尾矿水的净化与回水利用	(123)
第一节 尾矿水的净化	(123)
第二节 回水再用	(125)
第二篇 尾矿库的选择及设计	(127)
第一章 尾矿设施的概念、组成、功能及重要性	(129)
第一节 尾矿设施的概念与组成	(129)
第二节 尾矿设施的功能及重要性	(130)
第二章 尾矿库设计基本知识	(132)
第一节 尾矿库的类型及特点	(132)

第二节 尾矿库的库容	(135)
第三节 尾矿库的面积—容积曲线	(136)
第四节 尾矿库堆积高度的确定	(136)
第五节 尾矿库的等别	(138)
第三章 尾矿库的选择	(139)
第一节 尾矿库的型式及选择原则	(139)
第二节 尾矿库的库容计算	(140)
第四章 尾矿建造所需基础资料	(144)
第一节 尾矿资料	(144)
第二节 水文气象资料	(146)
第三节 调查资料	(147)
第四节 测量资料	(149)
第五节 工程水文地质勘测资料	(149)
第五章 尾矿库的布置	(156)
第一节 尾矿库布置型式	(156)
第二节 材料有效利用系数的概念	(159)
第六章 水的控制	(162)
第一节 正常流入量处理	(162)
第二节 洪水处理	(166)
第七章 渗漏控制	(172)
第一节 渗漏控制目标	(172)
第二节 垫层	(174)
第三节 渗流障	(181)
第四节 渗漏返回系统	(183)
第八章 尾矿库设计方案评价	(185)
第一节 系统方法	(185)
第二节 矩阵评价方法	(189)
第九章 尾矿库设计的特殊问题	(196)
第一节 岩溶地区尾矿库的防漏与落水洞处理	(196)
第二节 挖泥船的应用	(204)
第十章 日本圣曼纽尔铜矿 10^号 尾矿库的设计、堆筑和运行	(210)
第一节 规划	(210)
第二节 设计和堆筑	(210)

第三节 运行和维护	(213)
第三篇 尾矿坝的设计	(215)
第一章 尾矿坝的坝型及实例	(217)
第二章 初期坝设计	(226)
第一节 初期坝设计的一般问题	(226)
第二节 透水堆石坝	(228)
第三节 不透水堆石坝	(244)
第四节 定向爆破筑坝	(251)
第五节 土坝	(276)
第六节 风化料筑坝	(300)
第三章 后期堆积坝设计	(312)
第一节 尾矿的物理力学性质	(312)
第二节 尾矿的水力旋流器分级	(331)
第三节 后期坝的堆筑	(343)
第四节 尾矿堆积坝的构造	(351)
第五节 后期坝的计算	(355)
第四章 软土地基筑坝设计	(409)
第一节 软土的概念	(409)
第二节 软土地基处理	(409)
第三节 软土地基抗剪强度计算	(417)
第四节 软土地基上尾矿堆坝的稳定计算	(445)
第五节 软土地基筑坝的观测要求	(453)
第六节 地基沉陷计算	(454)
第五章 尾矿坝的稳定性分析	(457)
第一节 尾矿坝地下水渗流场分析	(457)
第二节 孔隙压力与超孔隙压力	(474)
第三节 边坡稳定性分析	(477)
第六章 尾矿坝的地震稳定性分析	(494)
第一节 概述	(494)
第二节 地震参数	(499)
第三节 地震危险性分析	(503)
第四节 设计地震的选择	(510)

第五节 砂土对循环荷载的响应特性	(513)
第六节 地震稳定性分析	(518)
第七章 选矿厂尾矿坝的设计	(540)
第一节 基本的设计方法	(540)
第二节 澄清水的控制	(545)
第三节 坝坡稳定性	(546)
第四节 在设计上进一步考虑	(548)
第八章 日本不动泽尾矿坝的建设经验借鉴	(550)
第一节 概述	(550)
第二节 设计概况	(552)
第三节 工程计划和施工情况	(555)
第四节 关于各种计测装置	(565)
第四篇 尾矿库排洪系统设计及排水构筑物	(567)
第一章 尾矿库排洪系统概述	(569)
第一节 排洪系统布置的原则	(569)
第二节 排洪计算步骤简介	(570)
第三节 排洪构筑物的类型	(571)
第二章 洪水计算	(574)
第一节 一般常用计算方法	(575)
第二节 水量平衡法	(595)
第三节 截洪沟的排洪流量计算	(612)
第三章 调洪演算	(614)
第一节 数解法	(614)
第二节 图解法	(618)
第四章 排水系统水力计算	(620)
第一节 井—管(或隧洞)式排水系统	(620)
第二节 斜槽—管(或隧洞)式排水系统	(640)
第三节 明口隧洞	(645)
第四节 侧槽式溢洪道	(652)
第五章 排水管及斜槽	(683)
第一节 排水管的型式及实例	(683)
第二节 配筋构造要求	(688)

目 录

第三节 排水管的构造要求	(691)
第六章 排水隧洞	(694)
第一节 隧洞常用断面形状及实例	(694)
第二节 隧洞线路布置原则	(696)
第三节 隧洞衬砌的作用和型式	(698)
第四节 隧洞衬砌的构造要求	(699)
第五节 施工方法对隧洞衬砌的影响	(704)
第六节 喷锚衬砌简介	(705)
第七章 溢洪道	(711)
第一节 尾矿库溢洪道概述	(711)
第二节 引水渠	(713)
第三节 溢流堰	(716)
第四节 陡槽(陡坡)	(720)
第五节 消能设施	(736)
第八章 排水井	(737)
第一节 排水井的型式	(737)
第二节 排水井的荷载计算	(738)
第三节 排水井的计算和构造	(743)
第五篇 尾矿输送系统	(771)
第一章 尾矿输送系统概述	(773)
第一节 尾矿浓缩设施	(773)
第二节 尾矿压力输送	(775)
第三节 尾矿自流输送	(780)
第四节 输送管材及零件	(780)
第二章 尾矿水力压力输送的试验方法	(782)
第一节 试验的程序和方法	(782)
第二节 生产试验的设施	(784)
第三节 实验室试验的装置	(785)
第四节 决定尾矿水力输送设施工作的基本参数的量测	(787)
第三章 尾矿在局部沉积管内水力输送	(790)
第一节 固体物质在局部沉积管内水力输送的计算方法	(790)
第二节 尾矿在直径 100 ~ 1000mm 的局部沉积管内水力输送的	

水头损失的试验资料	(793)
第三节 局部沉积管内沉积厚度与矿浆流速的关系	(798)
第四节 局部沉积管内水力坡降与流速的关系	(801)
第四章 砂泵站	(805)
第一节 离心式砂泵泵站	(805)
第二节 油隔离泥浆泵泵站	(851)
第三节 输送系统的事故处理措施	(878)
第五章 尾矿输送系统的防冻	(882)
第一节 尾矿输送系统的防冻措施	(882)
第二节 管路温降实测数据	(883)
第三节 尾矿输送系统的热工计算	(886)
第六章 矿浆输送设备	(906)
第一节 概述	(906)
第二节 矿浆输送的现状	(906)
第三节 输送用泵	(912)
第四节 输送前后的处理设备	(918)
第五节 输送实例	(924)
第六节 结语	(930)
第七章 尾矿输送	(931)
第一节 概述	(931)
第二节 扬送要求的确定	(932)
第三节 泵的类型	(939)
第四节 离心砂泵的选择	(940)
第五节 结构材料	(945)
第六节 设计特征	(946)
第七节 离心砂泵串联运行	(947)
第八节 变速的考虑	(947)
第九节 砂泵的传动	(948)
第八章 澳大利亚萨维捷河矿铁精矿输送管路	(952)
第一节 历史	(952)
第二节 建设和运行	(954)
第三节 矿浆的制备和贮存	(955)
第四节 泵站	(956)

目 录

第五节 砂泵的运行和维护	(957)
第六节 结语	(958)
第六篇 尾矿浓缩	(959)
第一章 浓缩池概述	(961)
第一节 概述	(961)
第二节 浓缩机的型号、规格及基本参数	(962)
第二章 浓缩池的计算与选择	(965)
第一节 所需浓缩池有效面积的确定	(965)
第二节 浓缩池高度的确定	(975)
第三节 浓缩池的选择	(977)
第三章 浓缩池的构造与配置	(978)
第一节 给矿	(978)
第二节 排矿	(979)
第三节 底部通廊	(980)
第四节 冲洗水管	(980)
第五节 溢流	(981)
第六节 传动及安全设施	(985)
第七节 浓缩池的布置	(985)
第八节 参考指标	(987)
第四章 斜板、斜管浓缩池	(990)
第一节 斜板、斜管浓缩机的型号、规格及基本参数	(990)
第二节 斜板、斜管浓缩池的计算与选择	(992)
第三节 斜板、斜管及其主要参数的选择	(1008)
第五章 平流式沉淀池	(1011)
第七篇 尾矿设施的操作运行维护管理	(1015)
第一章 尾矿设施管理工作的一般要求	(1017)
第二章 尾矿库的操作	(1022)
第一节 尾矿排放	(1022)
第二节 尾矿坝堆筑	(1024)
第三章 尾矿坝的观测	(1032)
第一节 土坝的变形观测	(1032)

第二节 土坝的固结观测	(1036)
第三节 土坝的孔隙水压力观测	(1043)
第四节 土坝的浸润线观测	(1047)
第五节 坝的渗透流量观测	(1049)
第六节 排水管的土压力观测	(1050)
第四章 尾矿水的回收与排放	(1053)
第一节 尾矿水的回收	(1053)
第二节 尾矿水的排放	(1078)
第五章 尾矿库的安全管理	(1089)
第一节 尾矿库管理的任务、机构与职责	(1089)
第二节 尾矿库的安全管理制度	(1091)
第三节 尾矿库的规划	(1092)
第四节 尾矿库的险情预测	(1093)
第五节 尾矿库的闭库	(1094)
第六节 尾矿库的档案工作	(1095)
第六章 尾矿坝的维护	(1097)
第一节 尾矿坝的安全治理	(1097)
第二节 尾矿坝的抢险	(1109)
第三节 尾矿库的巡检	(1111)
第七章 尾矿库病害治理	(1113)
第一节 尾矿库病害的产生因素	(1113)
第二节 尾矿库常见病害的治理	(1115)
第三节 尾矿库典型事故实例	(1120)
第八章 尾矿库的安全监督	(1128)
第一节 我国尾矿库安全的概况	(1128)
第二节 尾矿库安全监督管理的重要性	(1131)
第三节 尾矿库安全监督管理的法规建设	(1134)
第九章 我国尾矿库运行经验及事故教训	(1141)
第一节 黑色冶金矿山尾矿库运行经验及事故教训	(1141)
第二节 我国有色金属矿山尾矿库概况	(1154)
第三节 化工矿山尾矿设施简况	(1161)
第四节 核工业铀矿冶尾矿库运行经验及事故教训	(1166)
第五节 我国黄金矿山尾矿库概况	(1172)

第六节 我国建材行业尾矿库概况	(1179)
第八篇 尾矿设施方案经济评估	(1183)
第一章 尾矿设施的基建费	(1185)
第一节 尾矿坝	(1185)
第二节 尾矿库排水构筑物	(1187)
第三节 尾矿输送建、构筑物	(1195)
第四节 尾矿回水建、构筑物	(1203)
第五节 供电	(1208)
第六节 运输	(1211)
第二章 尾矿设施的经营费	(1214)
第一节 直接经营费计算	(1214)
第二节 折旧费的计算	(1215)
第三章 方案的经济比较	(1218)
第九篇 尾矿的综合利用	(1223)
第一章 尾矿综合利用概述	(1225)
第一节 尾矿综合利用的意义	(1225)
第二节 尾矿的物理性质和化学成分	(1227)
第三节 尾矿的矿物组分与矿床成因的关系	(1229)
第四节 尾矿综合利用的途径及其要求	(1238)
第二章 利用尾矿回收有用金属与矿物	(1240)
第一节 铁尾矿的再选	(1241)
第二节 有色金属尾矿的再选	(1260)
第三节 金尾矿的再选	(1282)
第三章 利用尾矿烧制水泥	(1287)
第一节 概述	(1287)
第二节 烧制水泥对于尾矿原料的技术要求	(1288)
第三节 水泥的矿物组成	(1290)
第四节 硅酸盐水泥生料的配料计算	(1297)
第五节 生料的制备	(1306)
第六节 煅烧工艺与窑型	(1308)
第七节 尾矿水泥的性质	(1323)

第八节 尾矿生料含硫与窑的技术作业状况和尾矿硅酸盐水泥质量的关系及其二氧化硫的净化处理	(1337)
第九节 拟建的尾矿水泥厂	(1350)
第十节 合理确定水泥厂的规模	(1358)
第四章 利用尾矿制造砖	(1360)
第一节 铁尾矿制砖	(1360)
第二节 铅锌尾矿制砖	(1366)
第三节 铜尾矿制砖	(1368)
第四节 金尾矿制砖	(1368)
第五节 钨尾矿制砖	(1372)
第五章 利用尾矿制造其他建筑材料	(1374)
第一节 铸石	(1374)
第二节 玻璃	(1382)
第三节 耐火材料	(1388)
第四节 陶粒	(1392)
第五节 型砂	(1396)
第六节 混凝土的掺合料	(1398)
第六章 利用尾矿作采空场的填充材料	(1400)
第一节 概述	(1400)
第二节 全尾砂胶结充填技术	(1409)
第三节 高水固结尾砂充填技术	(1420)
第七章 尾矿土地复垦	(1437)
第一节 概述	(1437)
第二节 尾矿复垦规划	(1439)
第三节 尾矿工程复垦	(1442)
第四节 生物复垦	(1450)
第五节 生态农业复垦技术	(1453)
第十篇 我国尾矿设施施工及安全管理相关法规	(1461)

(五)流网图的绘制与应用

流网是解决渗流问题的常用方法,获得流网的方法有试验法(电拟法)、数解法及图解法等,此处仅将图解法简介如下。

1. 流网图的绘制

(1)流网图的特点

- ①流线与等势线为光滑的曲线,且互相正交,组成扭曲的正方形网格;
- ②两相邻流线间通过的流量相等,两等势线间的水头差相等;
- ③浸润线与不透水地基表面为边界流线,上游坡与下游排渗设施轮廓为等势线的边界。

(2)流网图的手绘法步骤

- ①先画好坝断面,边界流线及等势线;
- ②将上下游水位差 H 等分若干段(如 $H = 10\Delta H$),并引出水平线与浸润线相交,其交点作为等势线的起点;
- ③根据上述特点粗绘流网图;
- ④再根据特点检查并修正流网直至得到满意的结果为止,如图 3-3-41 所示。

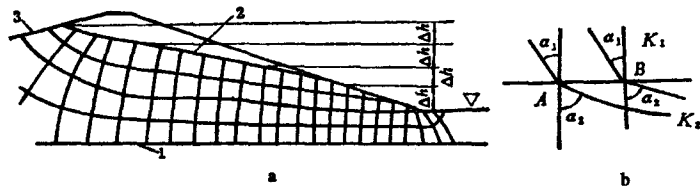


图 3-3-41 流网示意图

a—均质坝流网的手绘法;b—不同土层的流网绘法

1—不透水层;2—浸润线;3—上游坡

(3)流网图的检查

- ①每个扭曲正方形网格的中线正交且相等;
- ②扭曲正方形对角线联成的网格也应形成扭曲正方形网格;
- ③每个扭曲正方形的内切圆应互相切接;
- ④边界上的扭曲网格可以用中线分为四个,每个小扭曲正方形亦有上述特点。

(4)多种土层中的流网图

在土层变化处流线与等势线发生转折,转角为 $\tan \alpha_2 = \frac{k_2}{k_1} \tan \alpha_1$ (图 3-3-41)。因此在

k_1 土中是扭曲正方形,则在 k_2 土层中应绘成模数为 k_1/k_2 的扭曲矩形。

图 3-3-42 为常见的尾矿坝流网图。

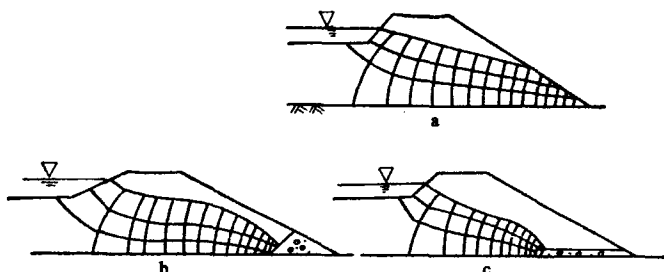


图 3-3-42 尾矿坝常见的流网图

a—无排渗或贴坡排渗;b—棱体排渗;c—管式或水平排渗

2. 流网图的应用

(1) 渗透压力

任一点的渗透压力值:

$$h_i = H - n_i \Delta H = \Delta H (N - n_i) = N_i \Delta H \quad (3-3-58)$$

式中 h_i ——渗透压力水头,米;

H ——上下游水位差,米;

N ——等势带总数目;

n_i ——自上游至计算点的等势带数目;

N_i ——自下游至计算点的等势带数目;

ΔH ——两等势线间消耗的水头, $\Delta H = \frac{H}{N}$ 。

(2) 渗透坡降

任意点的渗透水力坡降:

$$i = \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad (3-3-59)$$

式中 ΔL ——计算点所在网格沿流线方向的边长;

ΔH ——同前。

(3) 渗透流速

相邻两流线间流线层的平均渗流速度:

$$v = k_i = k \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{\Delta q}{\Delta L} \quad (3-3-60)$$

式中 v ——流线层的平均渗流速度,米/秒;

k ——土的渗透系数,米/秒;

Δq ——渗透流量,米³/秒·米,按公式(3-3-61)计算;

ΔL ——同公式(3-3-59)。

(4) 渗透流量

通过相邻两流线间的渗透流量:

$$\Delta q = ki\omega = k \frac{\Delta H}{\Delta L} \cdot \Delta S \approx k \Delta H \quad (3-3-61)$$

式中 ω ——相邻两流线间的渗流面积;

ΔS ——渗流网格沿等势线方向的长度,由于渗流网格近于正方形,故 $\Delta S \approx \Delta L$ 。

单宽渗流量:
$$q = \sum \Delta a q = k \Delta H \cdot M$$

式中 M ——由流线组成的流束数目。

〔例4〕某尾矿坝,坝高50米,初期土坝高15米,尾矿渗透系数 $k = 1.5 \times 10^{-3}$ 厘米/秒,试绘流网图并确定逸出点渗透坡降、渗流速度、渗流量等。

解:先绘出坝断面图及浸润线,再将高差 $49 - 15 = 34$ 米等分 20 段,做水平线交于浸润线,并以这些点为起点作等势线,然后根据流网图特点绘流线,再经过多次修正而得流网图(图 3-3-43)。

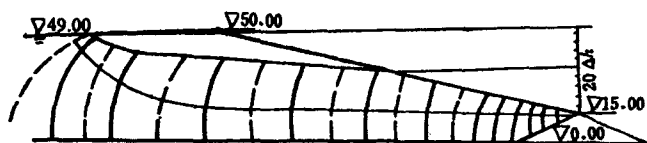


图 3-3-43 某尾矿坝的流网示意图

由流网图可知 $\Delta H = \frac{H}{N} = \frac{49 - 15}{20} = 1.7$ 米

逸出段最大渗透坡降 $i = \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{1.7}{10} = 0.17 < I_s = 0.35$

$k = 1.5 \times 10^{-3}$ 厘米/秒 = 1.3 米/昼夜

逸出段渗透流速

$v = ki = 1.3 \times 0.17 = 0.22$ 米/昼夜 = 0.000254 厘米/秒

$< v_s = 60 \sqrt[3]{k} = 0.08$ 厘米/秒

渗流量 $\Delta q = k\Delta H = 1.3 \times 1.7 = 2.2 \text{ 米}^3/\text{昼夜} \cdot \text{米}$

$q = \Delta q M \approx 2.2 \times 2 = 0.05 \text{ 升}/\text{秒} \cdot \text{米}$

(六)考虑尾矿冲积坝非均质性在渗流计算中的修正

由于尾矿冲积的原因,沿浸润线方向渗透系数有逐渐增加的趋势,一般不超过 10 ~ 100 倍。由于水平夹层的存在,沿垂直方向的渗透系数小于水平渗透系数,一般不超过 10 倍,平均约为 5 倍。

(1)对水平渗透系数的变化,一般取浸润线出入端斜向渗透系数的平均值,误差不大;也可对浸润线方程式在不同点取不同的渗透系数加以解决。

(2)对垂直方向渗透系数的变化采用比例变换法解决:首先将水平比例尺缩 $\sqrt{k_c/k_s}$ 倍,按均质坝的方法绘制浸润线及流网图,然后将水平比例尺乘以 $\sqrt{k_c/k_s}$ 放大,恢复实际断面和流网图。单宽渗流量按下式确定:

$$q = \sqrt{k_c/k_s} \Delta H M \tag{3-3-62}$$

式中 k_s ——水平渗透系数;

k_c ——垂直渗透系数;

ΔH ——两等势线间消耗的水头, $\Delta H = \frac{H}{N}$;

M ——流束数目。

二、稳定计算

坝坡稳定性的分析方法,当不计地震力时按静力法计算,如考虑地震力,应采用动力分析法。但此法还处于研究阶段,故目前多将地震力作为一个附加静荷载考虑。

在静力法中根据具体条件的不同,可采用圆弧法、折线法、改良圆弧法,坡面滑动法及土坡稳定系数表等,安全系数可按表 3-3-39 采用。当考虑地震力时,安全系数按表 3-3-62 采用。

表 3-3-62 考虑地震力时坝体滑动稳定安全系数表

坝 级 别	I	II、III
安全系数 K	1.1	1.05

(一)孔隙水压力计算

尾矿冲积坝一般由三相(尾矿、水、空气)组成,而大部分处于饱和状态(二相)或近于饱和状态。国内大多数尾矿坝边坡体部分尾矿的渗透系数 $k > 10^{-4}$ 厘米/秒,极少数尾矿