



露天开采工艺学

第9章 露天矿山安全与生态修复

主讲：胡建华 教授

露天矿山安全与生态修复

- 露天安全生产概述
- 边坡稳定性分析与维护
- 排土场安全与公害防治
- 露天水害治理
- 露天生产安全监测
- 露天矿山生态修复技术
- 绿色矿山建设



9.1 露天安全生产概述

- 露天安全生产是指在生产过程中，为保障人身安全和设备安全，保证生产经营活动顺利进行而采取的相应事故预防和控制措施。
- 整个开采过程中存在许多不安全因素，如爆破作业、机械运行、车辆运输等。这些因素可分为矿山本身自然条件和人为因素，本质上都是因开采活动对原有地质生态环境破坏而引起。
- 安全生产是涉及矿工生命安全的大事，也关系到矿山企业的生存发展和稳定。



排土场边坡坍塌事故 ——12分

9.2 边坡稳定性分析与维护

● 9.2.1 露天矿边坡的特点

- 露天矿场的周边形成阶梯状的台阶，多个台阶组成的斜坡称之为露天矿山边坡。
- 露天边坡的特点
 - 露天矿边坡工程赋存条件的无选择性
 - 露天矿边坡工程的时效性
 - 边坡及岩体的可变形性
 - 露天矿边坡地质工程是一个动态地质工程问题
 - 露天矿边坡地质工程工作的阶段性及循环性

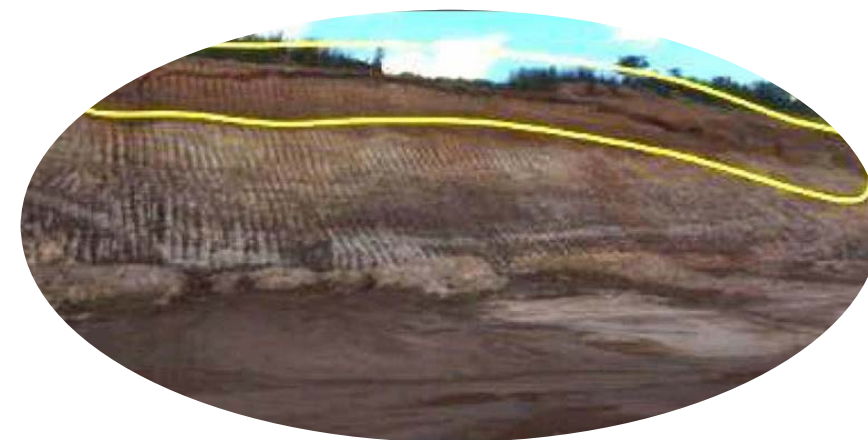


9.2 边坡稳定性分析与维护

● 9.2.2 边坡稳定分析

➤ 影响边坡稳定性的主要因素，分为内在因素和外在因素。

- 内在因素包括岩体的岩性、结构面、水文地质条件等；
 - 岩性是指组成边坡岩石固有的基本特性，决定岩体强度和边坡稳定性的重要因素，包括岩石构造、孔隙度和岩石强度等。
 - 结构面是指岩体内形成具有一定方向、规模、形态和特性的面、缝、层、带状的地质界面，是影响边坡稳定的决定因素，往往是沿结构面发生岩体失稳。
 - 水文地质条件，地表水的渗入和地下水的活动是导致滑坡的重要因素之一



9.2 边坡稳定性分析与维护

● 9.2.2 边坡稳定分析

➤ 影响边坡稳定性的主要因素：可以分为内在因素和外在因素。

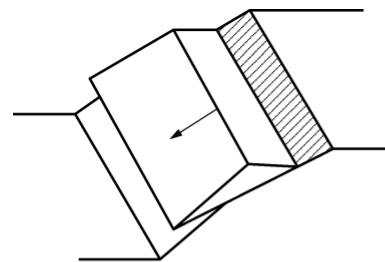
- 外部因素包括爆破振动、边坡的坡度与高度、边坡几何形状等。
 - 爆破振动：瞬时冲击作用，爆炸拉应力使自由面附近岩体中的裂隙裂开、扩展或产生新的裂隙，以及长期的采掘爆破产生疲劳效应。
 - 边坡的坡度与高度，对于均质边坡，坡度越陡，坡高越大，其稳定性越差。
 - 边坡几何形状，边坡在平面上的几何形态对边坡岩体的应力状况，直接影响边坡的稳定性。圆形封闭圈的边坡比相同地质条件下的矩形封闭圈的边坡稳定；矩形封闭圈的纵向长度越大，边坡稳定性也越差。

9.2 边坡稳定性分析与维护

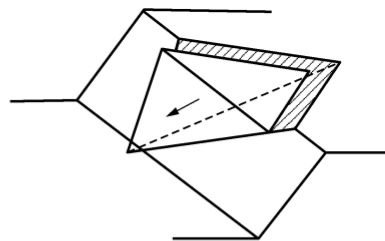
• 9.2.2 边坡稳定分析

➤ 边坡破坏类型

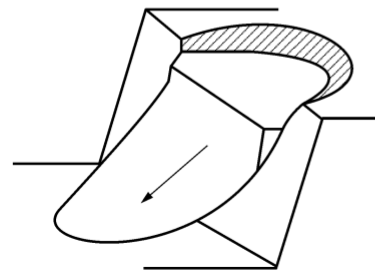
- 露天矿开采会破坏岩体的稳定状态，破坏其动平衡状态，在次生应力和各种外界应力的作用下，局部边坡岩体发生坍塌的现象，称为边坡的破坏。
- 按破坏机理可将边坡的破坏分为以下四种形式
 - 平面滑坡
 - 楔体滑坡
 - 圆弧滑坡
 - 倾倒滑坡



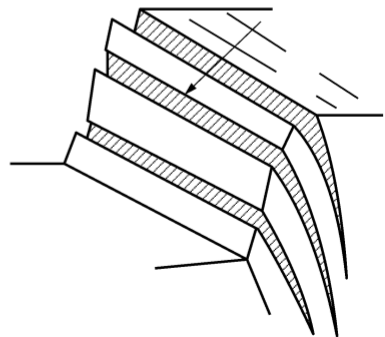
(a) 平面滑坡



(b) 楔体滑坡



(c) 圆弧滑坡



(d) 倾倒滑坡

9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.2 边坡稳定分析

- 边坡破坏类型

- 平面滑坡：边坡岩体沿层理面、节理面或断层面等单一结构面发生的滑动。如边坡中有一组结构面与边坡倾向相近，且其倾角小于边坡角而大于其摩擦角时，容易发生这类破坏。
 - 楔体滑坡：一般发生在边坡中有两组结构面与边坡斜交，且相互交成楔形体。当两结构面的组合交线倾向与边坡倾向相近，倾角小于坡面角而大于其摩擦角时，容易发生这类破坏。坚硬岩体中露天矿台阶大多是以这种形式破坏的。
 - 圆弧滑坡：圆弧滑坡是指滑动面为圆弧状的滑坡。土体、破碎岩体或软弱的沉积岩边坡的散体结构常发生圆弧滑坡。
 - 以上三种滑坡类型的破坏机理主要为剪切破坏。

9.2 边坡稳定性分析与维护

● 9.2.2 边坡稳定分析

➤ 边坡破坏类型

- 倾倒滑坡：当边坡体中结构面倾角很陡时，岩体可能发生倾倒。其破坏机理与以上三种不同，它是在重力作用下，岩块发生转动而产生的倒塌破坏。倾倒滑坡往往发生在台阶坡面上，很少导致整个边坡下滑。
- 复合滑坡：即是上述两种或两种以上形式组合而成的滑坡。

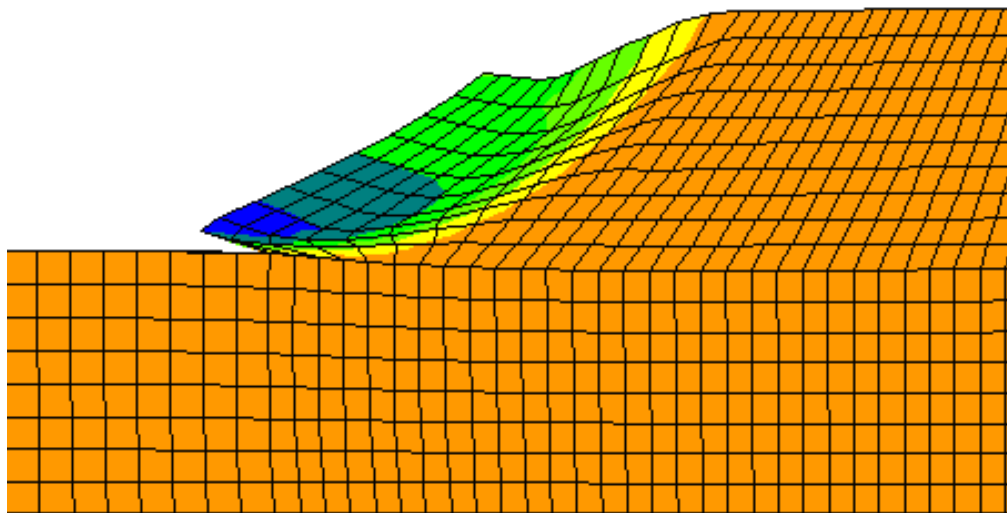


9.2 边坡稳定性分析与维护

• 9.2.2 边坡稳定分析

➤ 边坡稳定性评价

- 边坡稳定性研究是一项难度较大、综合性较强、涉及面较广的研究工作，因此，对边坡进行稳定性评价是边坡设计的中心环节。
- 边坡稳定性评价方法分为三大类
 - 定量分析法
 - 定性分析法
 - 不确定性分析法



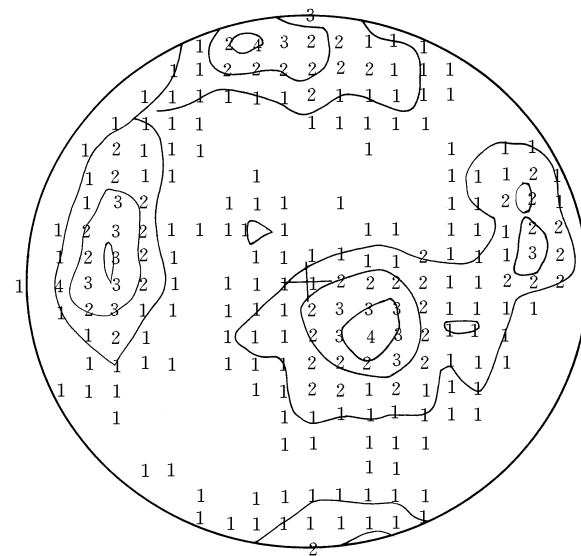
9.2 边坡稳定性分析与维护

• 9.2.2 边坡稳定分析

➤ 边坡稳定性评价

• 定性分析法

- 工程类比法：工程类比法是将既往边坡的边坡稳定性情况、影响因素以及治理经验，应用到需要研究的相似的边坡稳定性分析和治理方法，如专家系统。
- 图解法是综合考虑了边坡各种因素(岩性、地下水、坡度等)的集合，根据相应的公式制成图表，应用时只需查相应的图表即可，该方法在工程界常使用。图解法主要包括诺模图法和投影图法。



9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.2 边坡稳定分析

- 边坡稳定性评价

- 定量分析法

- 极限平衡法，最普遍的一种定量分析方法，是将滑动趋势范围内的边坡岩体按某种规则化为一个个小块体，通过分析在临近破坏状况下，边坡岩体外力与内部强度所提供抗力之间的平衡，建立整个边坡的静力平衡方程，从而求解安全系数。
- 数值分析方法是一种应力-应变分析方法，在露天矿边坡稳定性评价中应用广泛。给出岩土体应力应变关系，分析分步开挖、边坡岩土体与加固结构的相互作用、地下水渗流、爆破和地震等因素对边坡稳定性的影响分析方面较极限平衡法更具优势。

9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.2 边坡稳定分析

- 边坡稳定性评价

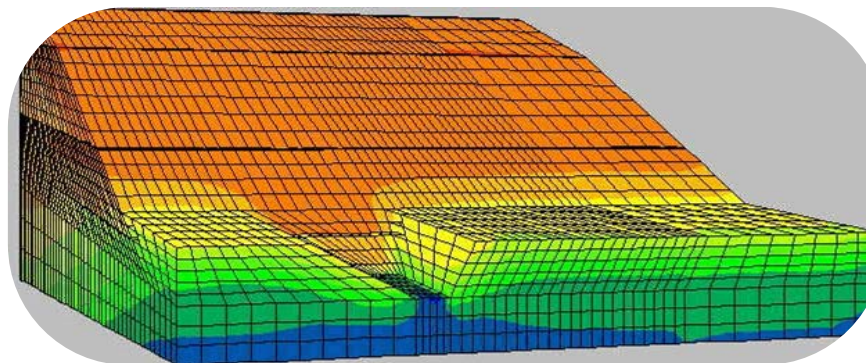
- 不确定性分析法

- 模糊综合评价：应用模糊变换原理和最大隶属度原则，综合考虑被评事物或其属性的相关因素，进而进行等级或类别评价。
- 可靠度分析法把边坡岩体性质、荷载、地下水、破坏模式、计算模型等作为不确定量，借鉴结构工程可靠性理论方法，用可靠指标或破坏概率来评价边坡安全度。
- 灰色理论统计判别法：建立描述灰色量的数学模型。
- 人工神经网络定性分析法：边坡工程中非线性关系数据，实现各参数之间复杂非线性映射。

9.2 边坡稳定性分析与维护

● 9.2.3 边坡治理措施

- 不稳定边坡会给露天矿的生产带来极大的危害，因此矿山应十分重视不稳定的边坡监控，并及时采取合理的工程技术措施，防止滑坡的发生，从而确保生产人员和设备的安全。
- 边坡治理措施
 - 对地表水和地下水的治理
 - 减小滑体下滑力，增大抗滑力
 - 如削坡减载法与减重压脚法

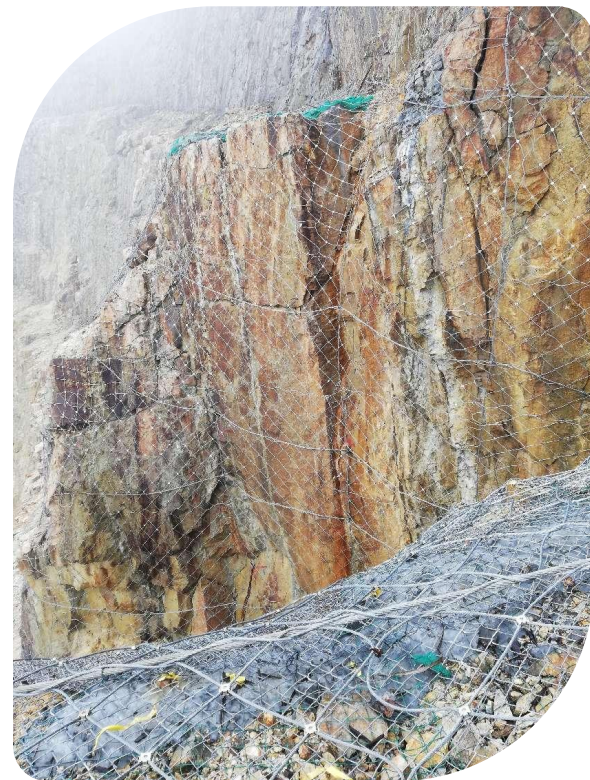


9.2 边坡稳定性分析与维护

• 9.2.3 边坡治理措施

➤ 边坡治理措施

- 增大边坡岩体强度和人工加固露天边坡工程技术
 - 挡土墙、抗滑桩、金属锚杆、钢绳锚索以及压力灌浆、喷射混凝土护坡和注浆防渗加固等
- 控制爆破法
 - 减震爆破、缓冲爆破、预裂爆破



9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.4 边坡安全管理

➤ 露天矿边坡安全是一项综合性工作包括确定合理的边坡参数，选择适当的开采技术，制定严格的边坡安全管理制度。

- 确定合理的台阶高度和平台宽度

- 确定合理台阶高度要考虑矿岩的埋条件和力学性质、穿爆作业的要求采掘工作的要求。
- 平台宽度不但影响边坡角的大小，也影响边坡的稳定性。安全规定要求：机械化开采时最小工作平台宽度由设计确定，但应不小于30米；分台阶工作平台宽度应大于分台阶高度，分层开采最小凿岩平台宽度不得小于4米。安全平台和清扫平台宽度，由设计确定。

GB16423—2020金属非金属矿山安全规程			
矿岩性质	采掘方式		阶段高度
松软的表土	机械 铲装	不爆破	不大于机械的最大高度
坚固稳定的 矿岩		爆破	不大于机械最大高度的 1.2倍
挖掘机或前装铲装机时，爆堆高度应不大于机械最大挖掘高度的1.5倍			

9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.4 边坡安全管理

➤ 露天矿边坡安全是一项综合性工作包括确定合理的边坡参数，选择适当的开采技术，制定严格的边坡安全管理制度。

- 正确选择台阶坡面角和最终坡面角

- 台阶坡面角的大小与矿岩性质、穿爆方式、推进方向、矿岩层理方向和节理发育情况等因素有关。
- 通常参照类似矿山的实际数据来选择矿上最终边坡角，但应满足安全生产的要求，宜小于60°或由设计确定。

GB16423—2020金属非金属矿山安全规程

矿岩性质	坡面角
松散的矿岩	不大于自然安息角
较稳固的矿岩	不大于50°
坚固稳固的矿岩	不大于80°

9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.4 边坡安全管理

- 选用合理的开采顺序和推进方向
 - 从上到下的开采顺序，下向孔或倾斜炮孔，杜绝在作业台阶底部进行持掏底开采。
 - 从上盘向下盘的采剥推进方向，做到有划、有条理的开采。
- 合理进行爆破作业，减少爆破震动对边坡的影响
 - 采场爆破防止飞石伤人：
 - 减轻由于爆破作业产生的地震，使岩体的节理张开；
 - 接近边坡地段采用微差爆破、预裂爆破、光面爆破等控制爆破技术，并严格控制用药量。

9.2 边坡稳定性分析与维护

- 9.2.4 边坡安全管理

- 建立健全边坡检查制度
 - 及时处理边坡上有裂隙可能滑落或有大块浮石及伞檐悬浮体，要有可靠的处理安全措施，撤离受到威胁的作业人员和设备到安全地点。
- 选派专人管理
 - 配备专门负责边坡的管理工作的技术管理人员，及时清除隐患，落实安全停工和报告。
- 其他措施
 - 有边坡滑动迹象的矿山，必须采取有效的安全监控与防范应急措施。

9.3 排土场安全与公害防治

• 9.3.1 排土场安全

➤ 影响排土场稳定性的主要因素

- 排土场稳定性影响因素
 - 废石场的地形坡度、排弃高度、基底岩层构造及其承压能力、岩土性质和堆排顺序。
- 排土场安全事故
 - 沉降压缩变形
 - 滑坡
 - 泥石流



9.3 排土场安全与公害防治

● 9.3.1 排土场安全

➤ 影响排土场稳定性的主要因素

- 排水设施不全
 - 排土场排水设施不全导致外部汇水流入场内，冲刷排土场边坡及安全平台，导致排土场底部含水量增大，底部强度稳定性降低，以及边坡冲刷失稳，最终导致安全事故的发生。
- 排弃工艺不合理
 - 排土场可采取“高土高排、低土低排”的排土工艺，排弃工艺产生的排土场安全事故主要是排土台阶过高。



9.3 排土场安全与公害防治

● 9.3.1 排土场安全

➤ 影响排土场稳定性的主要因素

- 水文地质工程地质条件发生变化
 - 排土场建设时，发现水文地质和工程地质条件与工勘报告存在差异，可能产生安全隐患。
- 安全平台预留不足边坡较陡
 - 预留的安全平台过小，不符合规范要求，且边坡较陡。形成单台阶高陡边坡排土，边坡坡度小于岩土自然安息角最终导致边坡失稳滑坡产生。
- 地基基础因素
 - 对于地基不良或地基较陡时，易产生排土场的整体滑移，必须进行地基处理。

9.3 排土场安全与公害防治

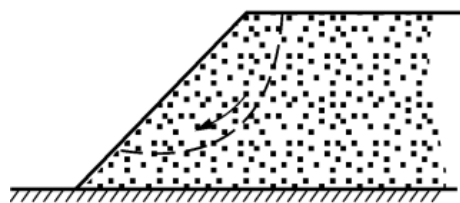
• 9.3.1 排土场安全

➤ 排土场滑坡防护措施

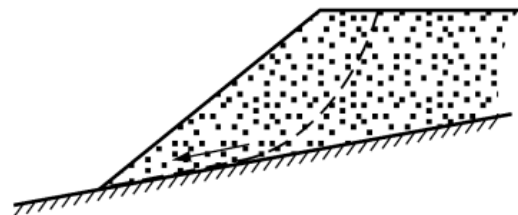
- 废石场发生大幅度沉降并随基底的地形坡度而滑动，称为排土场滑坡。其安全灾害的危害巨大，社会影响大。

- 排土场滑坡类型：

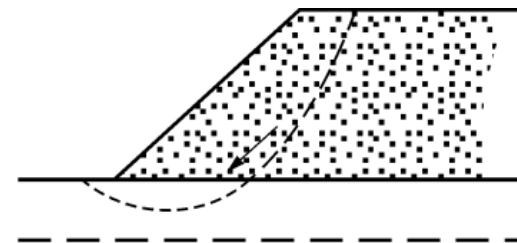
- 排土场内部的滑坡；
- 沿基底面的滑坡；
- 基底软弱层的滑动



(a) 排土场内部滑坡



(b) 沿基底面的滑坡



(c) 基底软弱层的滑动

9.3 排土场安全与公害防治

- 9.3.1 排土场安全

- 排土场滑坡防护措施

- 提高基底抗滑能力的措施：

- 倾斜基底，先清除表土及软岩层，后开挖成阶梯以增强基底表面的抗滑力；
- 含水潮湿基底，应将不易风化的剥离物堆排在基底之上，设排水工程将地下水引出废石场；
- 对倾斜度较大且光滑的岩石基底，可采用交叉式布点爆破，以增加其表面粗糙度；
- 筑堤或其它疏导工程，拦截或疏引外部地表水不使其进入废石场，防止在基底表面形成大量潜流产生较大的动水压力冲刷基底。

9.3 排土场安全与公害防治

● 9.3.1 排土场安全

➤ 排土场泥石流防护措施

- 泥石流的发生有三个基本条件：
 - 泥石流区含有丰富的松散的岩土来源；
 - 山坡地形陡峻并有较大的沟谷河床纵坡；
 - 泥石流区中上游有较大的汇水面积和充沛的水源。
- 排土场泥石流多与滑坡相伴而生。有降雨和地面沟谷流水时，排土场坡面受到冲刷，使滑坡迅速转化为泥石流而蔓延，泥石流发生的地点、规模和滑延方向的危害区域可预测。
- 从排土场选址开始，就应避免泥石流的隐患；预先采取防护措施，减小甚至消除泥石流危害



9.3 排土场安全与公害防治

● 9.3.1 排土场安全

➤ 排土场泥石流防护措施

- 泥石流的预防措施：
 - 在排土场坡脚处修筑拦挡构筑物，以稳住坡脚，防止剥离物滑坡与山沟洪水汇合；
 - 在排岩下游山沟内或沟口设拦淤坝，拦截并蓄存泥石流；
 - ③当排土场下游地势不具备筑坝拦淤条件时，可在其下游较开阔的场地修建停淤场，通过导流使泥石流流向预定地点而淤积。



9.3 排土场安全与公害防治

● 9.3.2 排土场公害防治

➤ 排土场堆置岩土和进行排岩工作而引起公害，主要包括大气污染、水质污染和泥石流等，因此必须采取有效的防治措施。

➤ 大气污染及其防治

- 卸土和转排时，都在大气中产生大量粉尘，不仅影响排岩作业人员的身体健康，而且严重污染周围环境。

- 防止粉尘扩散措施

- 如卸土时进行喷雾洒水

- 在排土线上设置人工降雨装置



9.3 排土场安全与公害防治

- 9.3.2 排土场公害防治

- 水体污染及其处理

- 水体污染可分为物理污染和化学污染。
 - 物理污染是指化学性质不活泼的固体颗粒状矿物或有机物进入河流和蓄水池中，这些颗粒若具有放射性，将使污染危害更为严重。
 - 化学污染是指排弃物化学性质较活泼，与大气或水等发生化学反应并产生不良影响。
- 酸性矿水是最明显的化学污染物质，硫化矿物与大气、水发生化学反应而产生硫酸，并和岩石中的矿物进一步作用会产生某些有污染的化合物；磷酸盐导致藻类或其他物质变态生长，堵塞河道等，或有毒成分造成河流中的生物死亡。

9.3 排土场安全与公害防治

- 9.3.2 排土场公害防治

- 水体污染及其处理

- 排土场治理污水措施

- 污水控制。控制排放容量，确保环境承载力；控制供氧量、减少污染物与氧、水接触时间。
- 水质处理。主要对污染水直接处理，包括中和法、蒸馏法、反渗透法、离子交换法、冻结法和电渗析法。

中和法处理费用较其他方法低，是目前国内外的主要使用方法。

- 污水注入深孔法。该法是指在孔隙和渗透性较高的岩层中钻孔，把污水通过深孔注入这种岩层。

9.4 露天水害治理

● 9.4.1 露天水害特征

- 露天矿山的水文地质条件复杂，如无合理的防治水方案，不但影响矿山的生产，损害设备、造成损失，降低设备效率和使用寿命，同时会引发一系列环境地质问题，破坏边坡的稳定性，威胁人员生命安全。
- 露天矿山水害特征
 - 充水水源以大气降水和地表水体为主，地下水为辅
 - 充水强度季节性变化明显
 - 前期疏排水量较大，后期疏排水量稳定
 - 疏排水持续周期长



9.4 露天水害治理

● 9.4.2 露天矿防水主要措施

➤ 露天矿防水工作目的、措施与原则

- 目的：在于防止地表水和地下水涌入采场，采区矿床疏干等措施。
- 工作原则：必须贯彻以防为主，防排结合的原则，并应与排水、疏干统筹安排。

➤ 露天矿涌水对开采工作的影响和危害

- 降低设备效率和使用寿命：有水工作面作业时，其工作时间利用系数只达到正常的1/2-1/3；对于运输设备不仅降低效率而且威胁行车安全，还增加了设备故障并降低使用寿命。
- 降低矿山工程下降速度：采场底部汇水受淹降低掘沟速度，影响矿山工程下降和新水平准备
- 破坏边坡的稳定性：水是促使滑坡的一个主要因素

9.4 露天水害治理

● 9.4.2 露天矿防水主要措施

➤ 地面防水措施

- 地面防水针对地表水，用地面防水工程拦截与引走地面水流，不让其流入采场。

- 常见的地面防水措施工程主要有：

- 截水沟
- 河流改道
- 调洪水库
- 拦河护堤

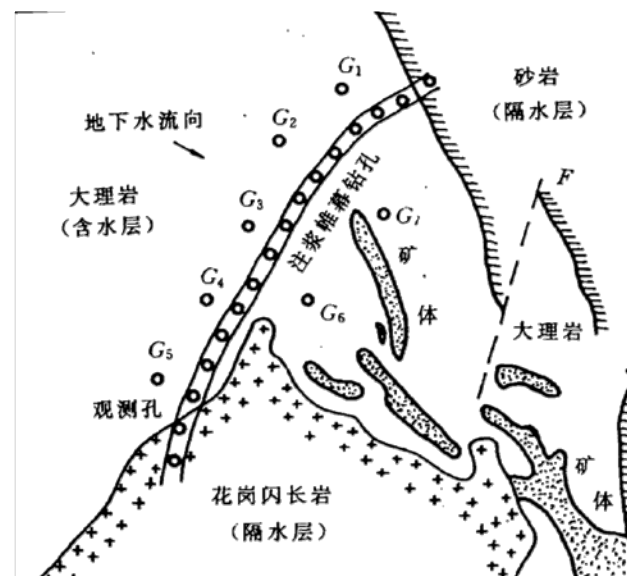


9.4 露天水害治理

● 9.4.2 露天矿防水主要措施

➤ 地下防水措施

- 露天矿防水工作的目的在于防止地表水和地下水涌入采场。防水工作必须贯彻“以防为主，防排结合”的原则，并应与排水、疏干统筹安排。
- 常见的地下防水措施工程主要有：
 - 探水钻孔
 - 防水墙和防水门
 - 防水矿柱
 - 注浆防渗帷幕
 - 地下连续墙



9.4 露天水害治理

● 9.4.3 露天矿山防排水安全管理

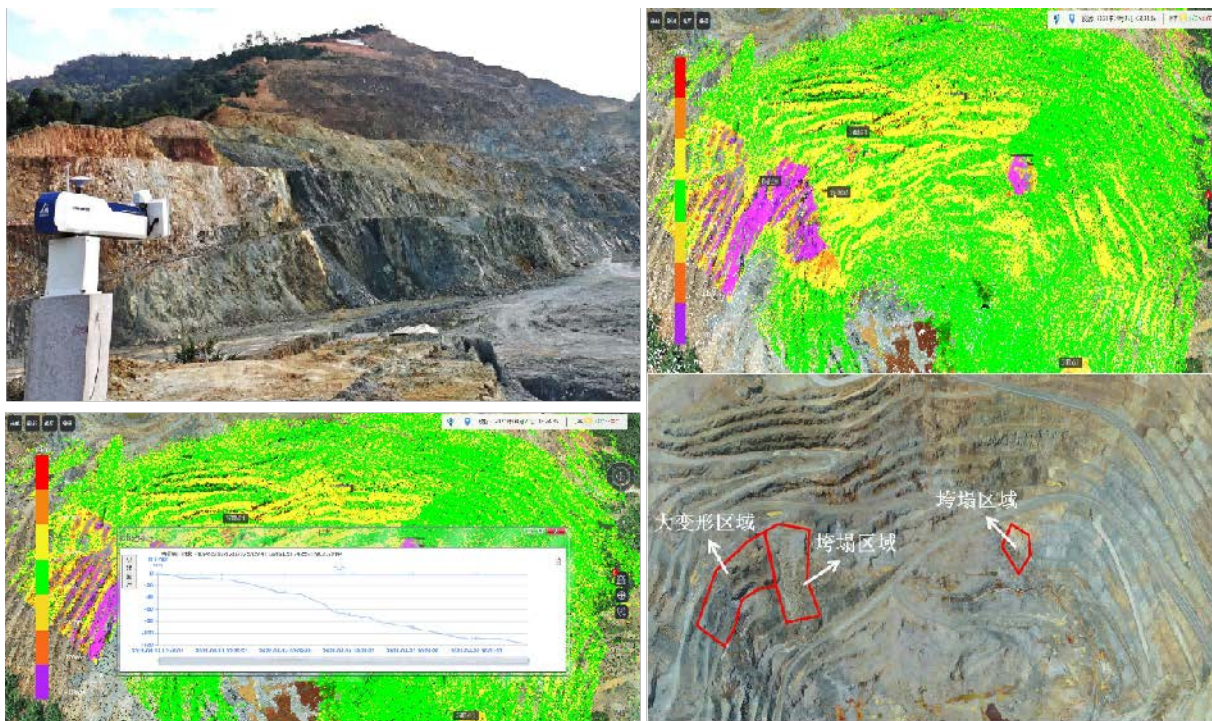
- 必须设置防、排水机构，制定防排水措施，并定期检查。
- 露天矿山，尤其是深凹露天矿山，重要场所建构筑物必须设置专用防洪措施。
- 必须按设计要求建立排水系统，截水沟坡度一般为5%。滑坡隐患矿山必须加强排水措施。
- 露天矿应按设计要求设置排水泵站。
- 有淹没危险的采场，主排水泵站双回路电路，排水设备必须保持良好的工作状态。
- 剥离和排土作业，不得给深部开采或邻近矿山造成水灾。
- 防止地表水渗入边帮岩体的弱层裂隙或直接冲刷边坡，采取疏干措施。
- 排水设计，必须考虑地下最大涌水量和因集中降雨引起的短时最大径流量。

9.5 露天生产安全监测

- 大型露天矿边坡智能监测发展

- 7项关键技术

- 导航卫星GNSS在线监测技术
- 雷达卫星D - InSAR监测技术
- 光学卫星高分影像监测技术
- 无人机与TLS联合监测技术
- 地基红外热像监测技术
- 测量机器人监测技术
- 基于WiFi的监测信息多终端显示技术



9.6 露天矿山生态修复技术

- 大规模的矿山开采活动结束后，资源枯竭的露天矿山废弃地造成了严重的生态环境问题。利用生态修复手段，将废弃地“变废为宝”，不仅能够解决矿山废弃地生态环境问题，同时还助于带动当地经济的二次发展，促进矿山可持续发展。



9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.1 主要生态环境问题

➤ 露天矿山生态环境负效应：环境污染、生态资源破坏和地质灾害

- 环境污染
 - 废气、粉尘及废渣引起大气污染和酸雨
 - 废水主要包括矿坑水、选冶废水及尾矿池水
 - 矿山尾矿严重污染地下水和土壤
- 生态资源破坏
 - 生态系统破坏
 - 水资源破坏



9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.1 主要生态环境问题

➤ 露天矿山生态环境负效应：环境污染、生态资源破坏和地质灾害

- 生态资源破坏
 - 地形景观破坏
 - 占用及损毁土地资源
- 地质灾害
 - 矿山开采不规范形成的边坡坡度大，危石和残坡积物未处理，废石料（渣）随处堆放，诱发局部山坡失稳、山体滑坡和崩塌等地质灾害。
 - 地质灾害不仅会吞没了大量土地，堵塞河床和污染土地，而且给自然环境和人们的生产活动带来巨大的破坏和灾难。



9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.2 生态修复影响因素

➤ 我国废弃矿山生态问题的多样性、复杂性、多因性和地域性特征，废弃矿山生态修复要综合考虑区域自然地理气候条件、生态系统稳定性以及废弃矿山类型特征等多种因素。

- 区域的自然地理、气候条件决定着生态修复的快慢
 - 降雨量与积温等水热温湿条件、地球化学元素循环等化学条件、物质能量循环等物理条件以及海拔、地形地貌、坡度等自然地理条件决定着矿山生态修复期限。
- 区域生态系统的结构及其稳定性决定着生态修复方式
 - 原有生态系统结构与功能稳定性：生态系统结构与功能的完整性，自我调整 and 自然修复性
- 废弃矿山类型特征决定着生态修复的难易
 - 废弃矿山的类型、规模、开采方式和产生问题的理化性质决定着矿山生态修复的难易。

9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.3 生态修复治理

➤ 矿山开采活动对矿区的生态环境破坏严重，修复技术主要从地形地貌工程修复、土壤修复和生态修复逐步恢复废弃矿山的生态环境。

• 地质地貌工程修复

- 目的：整治地形、加固地质体、避免地质灾害的发生，为恢复植被创造良好的立地条件。

• 地质地貌工程

- ✎ 露天采场边坡修整及护坡工程

- ✎ 露天采场底部地形平整工程

- ✎ 排土场、废石场、矸石场、尾矿库等的地形平整工程

- ✎ 挡土墙和截（排）水沟等加固与防护工程等。

9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.3 生态修复治理

➤ 矿山开采活动对矿区的生态环境破坏严重，修复技术主要从地形地貌工程修复、土壤修复和生态修复逐步恢复废弃矿山的生态环境。

• 土壤修复

• 恢复生态功能的基础，分为土壤回填技术和土壤改良技术。

✎ 土壤回填技术包括表土回填技术和客土回填技术，主要用于露天采场的生态修复。对于新建矿山，土壤回填可以利用矿山开采初期剥离的表土进行回填，对于老矿山或废弃矿山，只能采用客土回填技术，外购根植土，费用较高。

✎ 土壤改良技术可以分为化学改良技术和生物改良技术，通过使用化学添加剂或生物方法，吸附、降解、迁移、转化土壤中污染物，使土壤指标恢复适生性，达到土壤修复目的。

9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.3 生态修复治理

➤ 矿山开采活动对矿区的生态环境破坏严重，修复技术主要从地形地貌工程修复、土壤修复和生态修复逐步恢复废弃矿山的生态环境。

• 生态修复

- 生态修复是指将遭到破坏的生态系统结构及原先功能再现的过程，通过引入先锋植物进行自然演替，最终达到中生性的顶级群落，再现矿山生态系统结构，维持生态系统功能。

- 生态修复技术包括：植被修复技术、景观修复技术。

- 👉 植被修复技术，根据当地环境特征及矿山现场实际，筛选先锋植被及其种植组合（林木种、灌木种、草籽），达到快速复绿的修复效果。

- 👉 景观修复技术就是人工构建适宜的生态系统，恢复生物群落与演替，形成与周边环境相协调的斑块-廊道-基质，将破碎化的景观恢复成稳定的景观类型。

9.6 露天矿山生态修复技术

● 9.6.4 土地再利用

- 遵循生态效益、经济效益、社会效益相统一的原则，在综合分析区域土壤、气候、地貌、生物等多种自然因素和社会经济发展水平、种植习惯等社会因素的基础上，评估废弃矿山土地自然、经济属性，结合周边土地利用类型以及废弃矿山生态修复方式，评估废弃矿山正负环境效应及其复垦潜力，确定其作为不同用途用地的适宜程度，依据区域空间发展规划，合理制定废弃矿山土地在利用模式。

- 农业用地模式
- 建设用地模式
- 生态景观模式
- 自然封育模式



9.7 绿色矿山建设

- 9.7.1 绿色矿山的含义

- 概念

- “绿色矿山”是指在矿产资源开发全过程中，实施科学有序开采，对矿区及周边生态环境扰动控制在可控制范围内，实现环境生态化、开采方式科学化、资源利用高效化、管理信息数字化和矿区社区和谐化的矿山。

- 理念

- 绿色矿山是以保护生态环境、降低资源消耗、追求可循环经济为目标，将绿色生态的理念与实践贯穿于矿产资源开发利用的全过程（矿山勘探、规划与设计、矿山开发、闭坑设计），体现了对自然原生态的尊重，对矿产资源的珍惜，对景观生态的保护与重建。

- 系统工程和社会需要

9.7 绿色矿山建设

- 9.7.2 绿色矿山的建设要求

- 绿色矿山必须依法设置和组织生产

- 依法取得采矿权、矿山安全生产许可证、林木采伐许可证、爆炸物品使用许可证等证照，依法建立各项管理制度，依法管理和组织生产，依法交纳税金和准备金，确保安全生产。

- 绿色矿山必须按科学、低耗和高效的原则，合理地开发利用矿产资源

- 首先根据资源状况、需求和技术水平进行科学合理的规划和设计，正确选定开采方式和技术装备；
- 其次，提高资源的回收率和利用率，尽量减少对资源储量的消耗；
- 第三，要降低开采成本，实现资源综合利用，发挥资源最大的效益。

9.7 绿色矿山建设

- 9.7.2 绿色矿山的建设要求

- 绿色矿山必须满足自然生态与环境保护的要求

- 绿色矿山建设着力点是解决环境问题。
- 矿山企业应当将环境保护纳入经营理念之中，坚持保护方针，创立无污染、无废物、无废气的生产系统，减少对生态破坏并及时恢复生态环境，推行全面“绿化”生产。

- 绿色矿山必须以资源的可持续和经济的可循环为发展方向

- 降低开采矿石品位，增储增量延长矿山服务年限
- 规划矿山闭坑的生态恢复与复垦技术，在边采边整治中体现此方向性要求。

9.7 绿色矿山建设

- 9.7.3 绿色矿山的建设标准

- 矿山开采合法化

- 证照合法，规划设计合法，依法纳税等
- 矿山环境影响评价、水土保持措施（方案）和安全现状综合评价等报告合法审批
- 无安全生产责任和环境污染事故等

- 资源利用高效化

- 开发利用科学规范，采选回收率、贫化率等达到设计要求或全省同类矿山水平
- 矿产资源利用率高
- 经济效益显著，社会效益和生态效益良好

9.7 绿色矿山建设

- 9.7.3 绿色矿山的建设标准

- 开采方式现代化

- 采矿方法科学，工序合理有序，矿山开采科技水平属同类矿山先进。
- 改造和引进采选技术，选择有利于生态保护的工期和方式
- 配套设施完善，生产全过程无尘作业，减损降贫，采剥并举，大限度减少用地和水土流失。

- 采矿作业清洁化

- 安全环保“三同时”
- 废水、废气、废渣达标排放和再利用，噪声污染、震动危害等均达到和省级有关标准要求
- 通过技术创新，优化工艺流程，实现生产过程的小扰动、无毒害和少污染。

9.7 绿色矿山建设

● 9.7.3 绿色矿山的建设标准

➤ 矿山管理规范化

- 企业组织健全，分工明确，落实目标责任制
- 管理制度，规章制度完善
- 生产区和生活区分离，布局规范合理。

➤ 生产安全标准化

- 安全技术标准和管理制度健全
- 安全生产准备金制度，足额安全投入
- 健全应急预案和救援机制，火工品与危险源管控



9.7 绿色矿山建设

● 9.7.3 绿色矿山的建设标准

➤ 内外关系和谐化

- 矿地和谐，积极主动参与当地的公益事业
- 制定与当地社区磋商的计划
- 完备的职工技术培训体系

➤ 矿区环境生态化

- 矿山环境保护与治理方案并严格实施
- 减少对生态环境破坏的开采技术，
- 完备的矿山闭坑规划和后续土地利用与监测方案



谢谢！