

高等学校教学用书

# 露天采矿学

(下册)

杨荣新 主编

中国矿业大学出版社

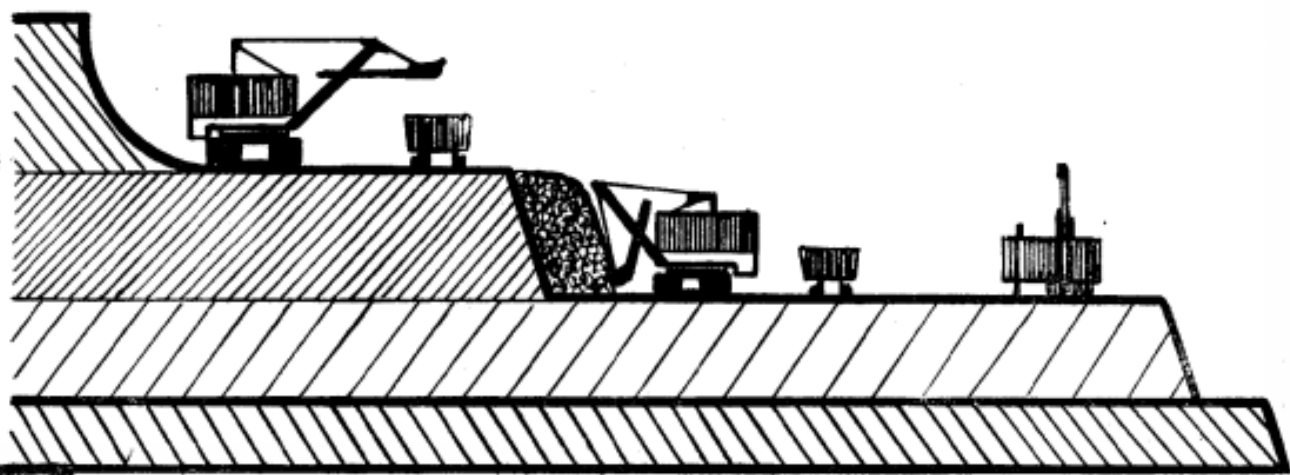
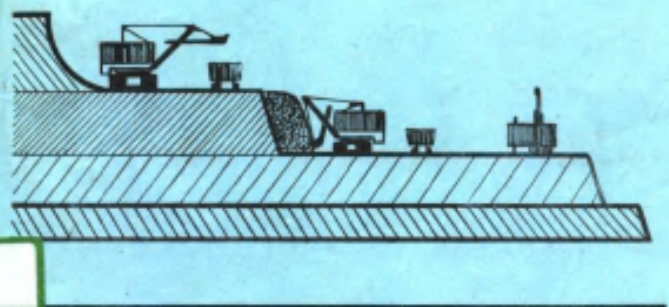
高等学校教学用书

# 露天采矿学

(下册)

杨荣新 主编

中国矿业大学出版社



中国矿业

D804  
0  
:2

## 前 言

露天采矿学下册的主要内容是露天矿矿山工程和设计原理。

本教材是在1974年油印教材的基础上,经1981、1986、1988、1989年四次修改补充完成的,历来是中国矿业大学和阜新矿业学院露天开采专业学生的主要教材。教材中涉及的露天煤矿的例子较多,但其理论体系也适合其他部门院校教学的要求,为其他兄弟院校所选用。

1981年和1988年的版本中所包括的电子计算机应用于露天矿设计的内容,因限于篇幅和课程分工,已将它划归“露天矿系统工程”课程。冯华和张幼蒂两同志曾为此花了大量劳动,谨此表示歉意。

教材修改过程中,得到沈阳煤矿设计院、中国矿业大学北京研究生部等单位的许多同志的热忱帮助,提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

本书由杨荣新主编。各章编写人是:第15章、19章杨荣新,16章范奇文,17章王云亭,18章、24章和25章于汝绶,20章金智求,21章何其敏,22章张达贤,23章冯华,26章彭世济。

我国露天采矿学科尚年青,编者经验不足,请读者和专家不吝指教,以便改进。谢谢。

编者

1989年8月

# 目 录

## 第三篇 露天矿矿山工程

第十五章 露天矿开采程序.....	(2)
第一节 概述.....	(2)
第二节 台阶划分和台阶的开采程序.....	(4)
第三节 工作帮及其推进.....	(9)
第四节 矿山工程延深方向及程序.....	(19)
第五节 开采程序.....	(25)
第十六章 露天矿开拓.....	(48)
第一节 概述.....	(48)
第二节 铁路开拓.....	(51)
第三节 公路开拓.....	(63)
第四节 输送机道开拓.....	(66)
第五节 斜坡提升机道开拓.....	(69)
第六节 溜道开拓.....	(71)
第七节 联合开拓.....	(74)
第八节 露天采场内部排土时的开拓特点.....	(77)
第九节 开拓系统的确定.....	(81)
第十节 开拓坑道定线.....	(83)
第十七章 掘沟工程.....	(89)
第一节 概述.....	(89)
第二节 沟道几何尺寸及工程量计算.....	(90)
第三节 单斗-铁道掘沟.....	(95)
第四节 单斗挖掘机-汽车掘沟.....	(102)
第五节 轮斗-胶带机掘沟.....	(103)
第六节 倒堆掘沟和定向爆破掘沟.....	(105)
第七节 陡沟掘进.....	(109)
第八节 掘沟方法选择.....	(110)

## 第四篇 露天矿设计原理

第十八章 设计程序和基础资料.....	( )
第一节 概述.....	(114)
第二节 可行性研究.....	(114)
第三节 设计任务书.....	(115)

第四节	矿区总体设计	(118)
第五节	初步设计	(119)
第六节	施工设计	(121)
第十九章	生产剥采比	(127)
第一节	生产剥采比的基本概念	(128)
第二节	生产剥采比变化的规律及其调整	(129)
第三节	生产剥采比的初步确定	(134)
第四节	$n = f(P)$ 和 $V = f(P)$ 曲线图的绘制步骤	(137)
第五节	减小初期生产剥采比和矿山基建工程量的意义和措施	(143)
第二十章	生产能力	(146)
第一节	概述	(146)
第二节	剥采工程发展速度	(146)
第三节	新水平开拓准备时间	(149)
第四节	根据剥采工程发展速度确定可能的矿石生产能力	(154)
第五节	露天矿矿石生产能力的合理规划与确定	(160)
第六节	露天矿生产能力的调整及生产储量	(161)
第二十一章	露天矿山工程进度计划	(163)
第一节	概述	(163)
第二节	编制矿山工程进度计划的方法步骤	(164)
第三节	露天矿剥采工程年度计划	(173)
第二十二章	设备数量计算	(178)
第一节	概述	(178)
第二节	类比法	(178)
第三节	分析计算法	(179)
第四节	概率计算法	(182)
第五节	计算机模拟法	(184)
第六节	辅助设备	(185)
第二十三章	露天开采境界	(191)
第一节	概述	(191)
第二节	确定露天开采境界的原则及其理论基础	(192)
第三节	经济合理剥采比	(205)
第四节	境界剥采比	(210)
第五节	确定露天开采境界的方法和步骤	(217)
第六节	露天开采境界的变化和调整	(225)
第二十四章	地面设施及总图设计	(230)
第一节	任务与布置原则	(230)
第二节	地面生产系统和地面设施平面布置	(232)
第三节	地面运输与管线配置	(237)
第四节	竖向布置与排水	(243)

第五节	实例.....	(247)
第二十五章	环境保护.....	(252)
第一节	基本概念.....	(252)
第二节	露天开采对环境的影响及防治.....	(255)
第三节	矿区绿化.....	(259)
第二十六章	矿山工程可行性研究及设计方案的评价.....	(262)
第一节	概述.....	(262)
第二节	设计方案或可行性研究的评价方法及指标体系.....	(265)
第三节	技术经济方案比较的不确定性分析及风险度分析.....	(281)
第四节	技术经济方案的比较及可行性研究评估的案例.....	(294)

## 第三篇 露天矿矿山工程

露天矿矿山工程包括剥离工程和采矿工程。除采矿外,露天矿通常要完成相当数量的剥离工程。为了揭露和采出矿石,露天矿除剥离矿体的上覆土岩外,有时还需剥离部分围岩,以确保采场边帮的稳定和作业安全。

露天矿矿山工程是一种作业较集中,垂深(高)或面积较大,规模较大及工程持续时间较长的土石方工程。通常配备有一定数量的专用设备。为适应现代化工艺设备的作业要求和提高开采强度,将开采境界内的矿石和土岩划分成一定高度的台阶进行开采。各台阶的矿山工程包括掘沟工程和推帮工程。各台阶通过掘沟进行开拓准备,建立该水平与矿岩卸载点的运输通道和形成工作线,然后以一定的采掘带宽度继续推进以完成本台阶的全部矿山工程(剥离和采矿工程)。前者叫掘沟工程,后者称推帮工程。掘沟和推帮是露天矿矿山工程的两种主要形式。为改变现有开采境界而进行境界外扩的推帮工程亦称扩帮工程,初始工作平盘宽度较窄,其作业条件比正常推帮条件差。此外,露天矿矿山工程还包括为建立露天矿开拓运输系统所需的井巷工程和硐室工程。

本篇内容包括露天矿开采程序、开拓运输系统及掘沟工程等三章。

露天矿开采程序主要研究矿山工程的发展顺序,亦即研究剥离工程和采矿工程的合理安排,以及掘沟工程和推帮工程的协调发展,以保持露天矿持续生产,达到要求的产量,提高矿石质量,减少矿产资源损失,降低投资和成本,特别是降低前期成本,使露天矿的建设和生产取得最佳的经济效益。

露天矿开拓是建立露天采场各开采水平与矿、岩卸载点之间的运输通道,以适应矿山工程不同发展时期矿岩运输的需要,是保证矿山工程按一定开采程序发展的必要条件。所建立的运输通道称开拓运输系统,它是随矿山工程的发展而变化 and 发展的。在一定的开采工艺和开采程序的条件下,具有相应的最佳的开拓运输系统。它有利于降低开拓工程费用(包括设置开拓坑道引起的扩帮费用),减少运费,确保作业可靠和安全。本章主要研究开拓运输系统分类,各类开拓运输系统设置的一般规律,以及确定最优开拓运输系统的步骤和方法。

掘沟工程包括各种倾斜和水平沟道的掘进,它是保证新水平开拓延深,使矿山工程不断发展的重要因素。本章主要研究沟道参数、掘沟工艺和掘沟方法,以及提高掘沟速度的措施。掘沟速度是确保露天矿达到一定延深速度和缩短矿山基本建设时间的重要条件。

井巷和硐室有时也用于建立露天矿开拓运输系统,但本篇只限于讨论其应用条件和布置的一般原则。而涉及井巷和硐室的掘进和支护的内容需参看有关专著。

# 第十五章 露天矿开采程序

## 第一节 概 述

露天矿场是一个空间形状复杂的几何体，它由三个复杂的空间面——地表面，矿场面和矿场四周的边帮——所包罗。

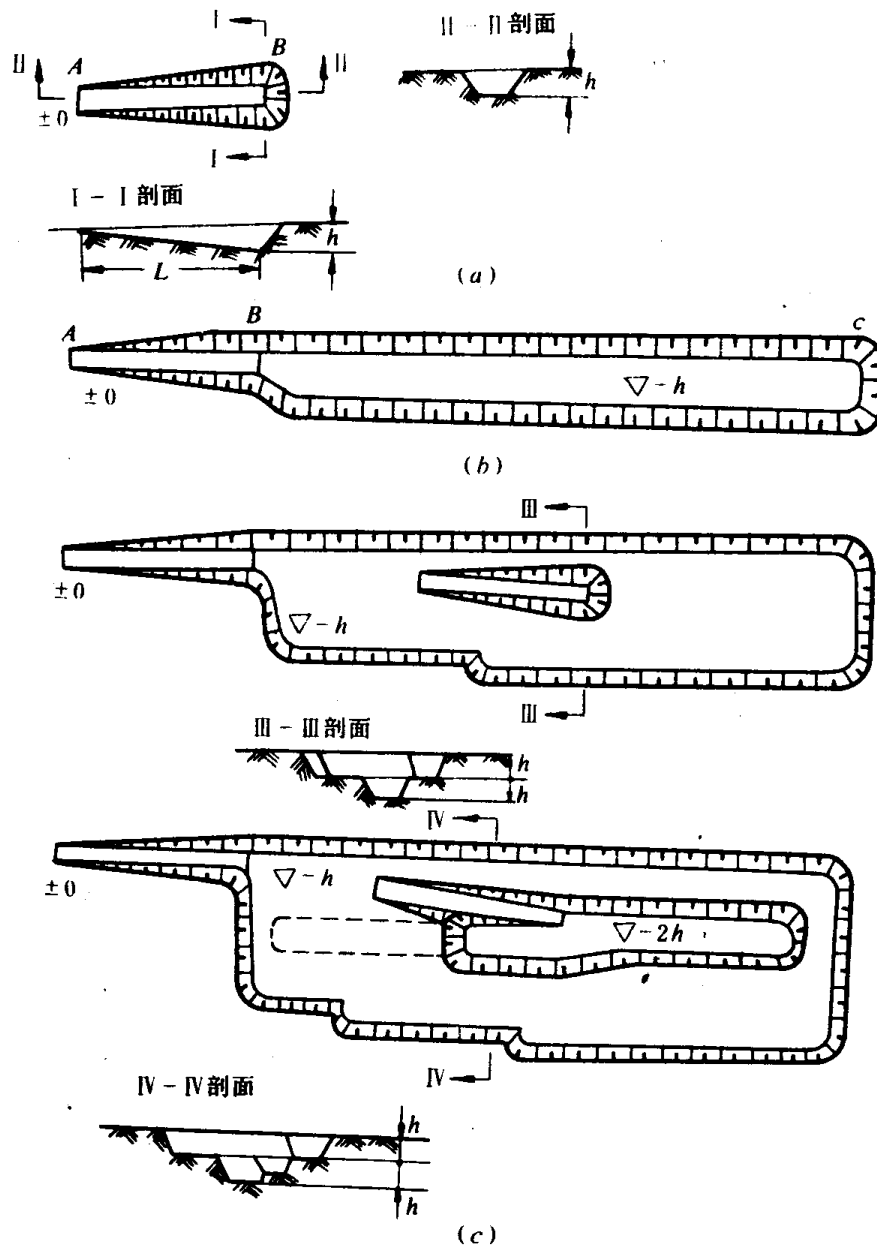


图 15-1 相邻两个台阶的开采程序示意图

每个具体露天矿场的形状,各不相同,长宽约数百米至数公里,深自数十米至数百米。露天矿场境内的矿岩量则多达数千万至数十亿立方米。

整个露天矿场内如此庞大的剥离和采矿工程量,是采用一定的开采工艺,按照一定的程序开采出来的。完成露天矿场内岩石剥离和采出矿石的程序称露天矿开采程序,或称剥采工程发展程序。

为了建立初步的、也是基本的概念,先来看一下相邻两个台阶的开采程序,如图 15-1。

1. 首先开掘自地表±0 标高到第一台阶下部平盘的出入沟 AB(图 15-1 a);

2. 沿台阶全长开掘开段沟 BC(图 15-1 b);

3. 在开段沟旁建立采掘工作面,在工作面推进过程中,逐条开采采掘带,每采一个采掘带,使工作线推出一个采宽。在上部台阶工作线推出一定宽度后,下部台阶才能开掘出入沟和开段沟(图 15-1 c 及 d),然后下台阶工作线进行推进,上台阶工作线则相应地继续推进。

出入沟—开段沟—推帮,这是露天矿剥采工程发展的一般程序,亦是台阶的一般开采程序。相邻台阶的工作线发展在空间上则存在一定的制约关系。

在露天矿开采境界的范围内,矿石的品位、品种、有害物质含量、厚度、以及覆盖岩石的厚度等等,其分布或多或少都是不均匀的。因此,不同的开采程序将影响到露天矿基建工程量、逐年的矿石产量、质量和生产剥采比。不同的开采程序还将影响到露天矿的开拓运输系统和矿石的运输距离。它们都将显著地影响到露天矿的矿岩运输费用和整个经济效果。影响露天矿开采程序的因素很多,其中主要的有以下几个方面:

1. 矿体埋藏条件。采矿工业与其他工业相比,有一个显著的特点是开采对象都具有各自不同的特征。可以说世界上没有埋藏条件完全相同的露天矿,因此,因地制宜地安排一个露天矿的开采程序是很必要的。当然,在个性中寓有共性的东西,我们要善于研究和归纳一般性的规律,用以指导解决各露天矿特殊的开采程序问题。

2. 露天矿场的空间几何形态,即露天矿场的长度、宽度、深度、高度,以及形状的变化。露天矿场的空间几何形态是由矿体埋藏条件和有关技术经济因素所决定的。

露天矿场的空间几何形态和矿体埋藏条件,决定了不同类型的岩石和不同品种和品位的矿石在空间上的分布。

3. 露天矿开采工艺。露天矿的开采工艺在技术上对露天矿开采程序有一定的要求。一般情况下露天矿开采工艺影响露天矿开采程序。但是,有时由于上述露天矿场的空间形态、矿体埋藏的条件、以及气候条件等等,趋向于采用某种合理的露天矿开采程序。这时露天矿开采程序也会影响到露天矿开采工艺的选定。两者是互为联系,相辅相成的。

4. 露天矿开拓运输系统。一般情况下,露天矿开拓运输系统应确保露天矿按一定开采程序发展过程中各个时期的运输通路和最短的运距。但是,设置运输通路的可能性和合理性,以及缩短运距的要求,也会反过来影响露天矿的开采程序。因此,研究和确定露天矿开采程序时,也必然地要考虑露天矿的开拓运输系统和合理的开拓运输系统对开采程序的影响。在内排土场的情况下更是如此。

在内排土的情况下,露天矿开采程序和内排土场的发展是有机联系在一起的,相互间的合理配合,将对减少外排量和缩短运输距离产生显著的有利影响。

5. 露天矿的生产能力和建设速度的要求,一定程度上也影响到露天矿的开采程序。

6. 矿石质量。不同的开采程序一方面会影响到露天矿采出矿石的贫化率;另一方面,当



矿石质量在露天矿场空间范围内有显著变化时,不同的开采程序也将影响到露天矿逐年采出矿石的平均品位、品位波动及有害物质含量等指标,从而影响露天矿的生产效果。

露天矿合理的开采程序应使露天矿生产达到安全、经济、持续高产和使有用矿物得到充分的利用。然而,对露天矿生产效果的影响,露天矿开采程序虽然是一个重要的因素,有时甚至是主要的因素,但它并不是唯一的,也不是孤立的。在一定的矿体埋藏条件和露天矿开采境界的条件下,开采程序与开采工艺,开拓运输系统等一系列技术因素综合决定露天矿的生产经济效果。而经济效果的大小,又将影响最初圈定的露天开采境界。

露天矿开采程序也可称为剥采程序,前者从开拓和采矿的角度,后者则从剥离和采矿的角度来反映完成露天矿场内剥离岩石和采出矿石的整个过程。

下面着重研究台阶的划分和台阶的开采程序。工作帮的构成和推进,以及不同埋藏条件和露天矿空间几何形态条件下的露天开采程序等问题。

## 第二节 台阶划分和台阶的开采程序

### 一、台阶划分

露天矿场内的矿岩,一般划分成许多台阶进行开采。台阶的划分应有利于发挥设备效率,提高矿石质量和保证作业安全。

上册已谈到,对于常用的勺斗容积为 $3\sim 4\text{m}^3$ 的挖掘机,台阶高度可达 $10\sim 15\text{m}$ ;更大型的挖掘机,台阶高度可达 $20\sim 25\text{m}$ ;大型倒堆挖掘机,台阶高度可达 $30\text{m}$ 以上;轮斗和链斗挖掘机的台阶高度可达 $40\sim 50\text{m}$ 。

一些生产能力不大、以人工放炮采掘为主的采石的山坡露天矿,仍沿用单个高台阶开采,台阶高度更大,可达近百米的高度。

台阶可按水平面和倾斜面划分,分别称水平分层和倾斜分层。

台阶一般采取水平分层,以利于采掘和运输设备的作业。工作平盘一般应是水平的,除为便于排水,可稍带坡度外,不宜有较大的横坡和纵坡,其允许坡度决定于采掘和运输设备的类型,参看有关设备的使用说明。一般数值如表 15-1 所示。

表 15-1 中有的是允许走行坡度,设备长期处于这样大的坡度上作业是困难的和有害的。一般宜用较小的坡度。

为了发挥设备效率,划归同一台阶的矿岩应力求一致。例如,不应把表土、不需爆破的软岩与需要爆破的硬岩划归一个台阶;从选采要求,则尽量不要把矿石和土岩划归同一台阶。

由于不同岩性的自然分界面和矿岩的层面或接触面都不是绝对水平的,即使按水平分层划分台阶,其工作平盘有时也带有一定的为采掘和运输设备作业所许可的坡度。此外,有时也为了达到运输和排水等某种目的,而人为使平盘保持一定的坡度。例如:海洲露天煤矿采用底板铁道固定折返坑线开拓运输系统,工作平盘采用东进西出的环线运输,为缩短运距,在两端帮的联络线路和平盘的端部均带有一定纵坡,使空车下坡进入工作平盘线路,重车则经一段升坡与底板固定干线相连接。

表 15-1 设备允许坡度

设备类型		允许工作坡度, %	
		横向坡度	纵向坡度
采掘设备	机械铲		
	大型	<95	<50~120
	中小型		<210~280
	吊斗铲	<70	<120
	轮斗挖掘机		<80~90
	前端装载机及铲运机		
	轮胎式		<80~150
	履带式		<200~250
	推土机		
	上坡	<300	<150~180
	下坡	<300	<450
	滚筒式露天采煤机	<122(7°)	<268(15°)
运输设备			
	蒸汽机车		<20~30
	电机车		<40
	联动自翻车		<60~110
	自卸汽车		<60~120
	胶带输送机		<250~330
	排土桥	<20~30	<10~20

倾斜分层一般指按矿岩的分层接触面划分台阶(图 15-2 a),以便选择开采,实现矿岩分采分运。这是提高矿石质量和减少矿石损失的重要措施;有时倾斜分层是为了实现某种开采程序的需要,人为地将覆盖层岩石按一定的倾斜坡面划分成台阶进行开采(图 15-2 b)。这种方式的台阶高度低,可缩小设备线形尺寸,并将剥离物横向运入内排土场,大大缩短运距。

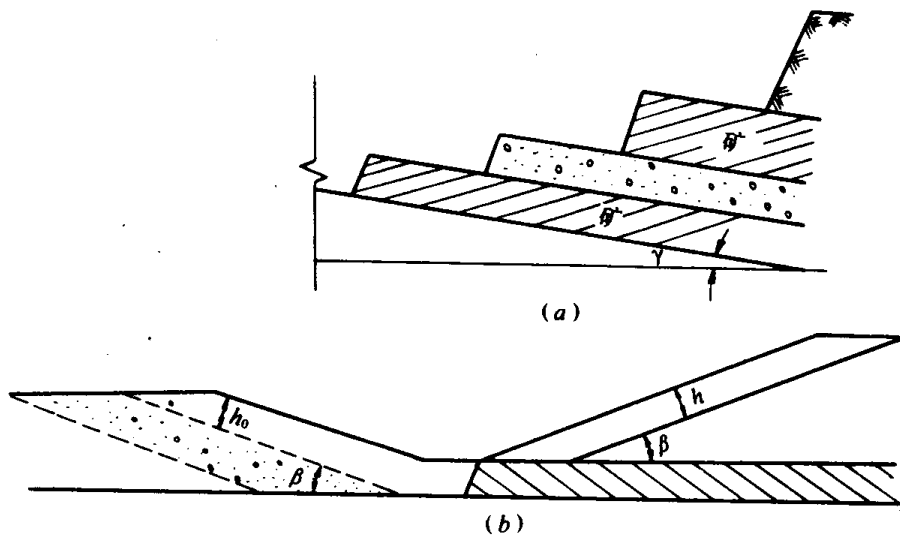


图 15-2 倾斜分层划分台阶

现有采、运设备条件下,克服纵坡和横坡的能力比较有限,因而倾斜分层的应用亦受到一定的限制。鉴于倾斜分层在选采方面的重大优点,促使人们致力于这方面的研究,寻找扩

大倾斜分层应用范围的途径。主要有：

1. 改进设备结构,使它能适应在较大纵坡和横坡条件下工作。例如,自动调平装置能在较大坡度情况下使设备上部机体保持水平状态。

2. 保持倾斜分层的情况下,将设备行走道路部分保持水平。如图 15-3,在采掘过程中,在矿体底板留有三角平台供设备站立和行走,随后加以清除。

3. 适当改变工作线方向。在工作线横向布置沿走向推进的情况下,可以沿伪倾斜方向布置工作线以减小工作平盘的纵坡。

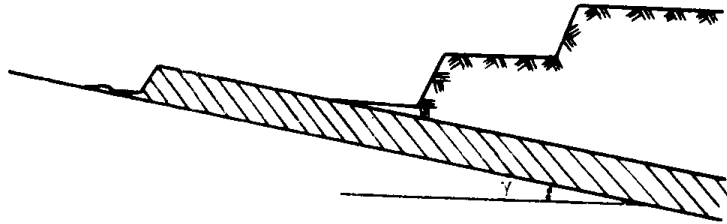


图 15-3 倾斜分层(留有供设备走行的三角平台)

根据需求与可能,一般只在矿体倾角较缓( $\leq 12^\circ$ )的情况下采取倾斜分层。在矿体较缓的情况下,若采用水平分层划分台阶,则矿岩混合工作面非常多,选采工作量很大,而在倾角较缓的情况下,倾斜分层在技术上亦较容易解决。开采板石和块石的采石场也有在倾角较陡的情况下采用倾斜分层的实例,这是由采用的石材开采工艺和设备,以及开采中要充分利用岩石层理等条件所决定的。

倾斜分层情况下的露天矿内运输(包括倾斜平盘上的运输),一般靠采用能克服大坡度的运输设备,如胶带输送机。在铁道运输等条件下,则在倾斜的工作平盘上设斜坡联络线和工作面线路相联接。斜坡联络线随工作面线路的移设而不断延长,因而线路移设较困难。

采掘和运输问题解决之后,倾斜分层的另外一个问题就是倾斜工作平盘的排水问题,排水的好坏将影响工作面的正常作业。工作线与矿层走向呈一定交角,使平盘保持一定纵坡,有利于工作面排水。

在倾斜分层情况下,工作帮坡角较缓,当矿体倾角较大、层厚小、层数多和移动坑线开拓时更甚,这是不利的一面。

为了充分利用倾斜分层进行选择开采的优点,避免上述困难和缺点,一般只在矿体部分(包括矿层间岩石)实行倾斜分层,顶板以上仍用水平分层,如图 15-3 示。矿层间较厚的岩石也可用水平分层。在矿体倾斜分层,覆盖层岩石水平分层情况下,随工程发展,矿体顶板不断出现新的剥离台阶,露矿量的周期性变化,因此应根据矿层倾角及二量(即开拓矿量和回采矿量的简称)的要求,确定不同时间的剥离和采矿台阶的空间位置。

## 二、台阶的开采程序

**采掘带** 划归一个台阶的矿岩量通常划分成采掘带进行开采。前面已谈到,采掘带的宽度要根据开采工艺、设备和矿岩性质来确定。链斗挖掘机采宽只有 1~2m,而轮斗挖掘机的采宽则达 50~60m。采掘带可以是等宽的,也可以是不等宽的。工作线平行掘进时,采掘带是等宽的,如图 15-4 a、b。而工作线扇形推进时,采掘带宽度可能不等,如图 15-4 g。

采掘带宽度按采掘设备的采掘次数,可分为窄采掘带和宽采掘带。窄采掘带或普通采掘

带的爆堆宽度,一般等于采掘设备一次采宽的1~2倍,而宽采掘带则达一次采宽的3倍以上。宽采掘带可用多排孔毫秒爆破,以提高爆破效果和减少爆破影响时间,有利于提高设备效率和降低成本。

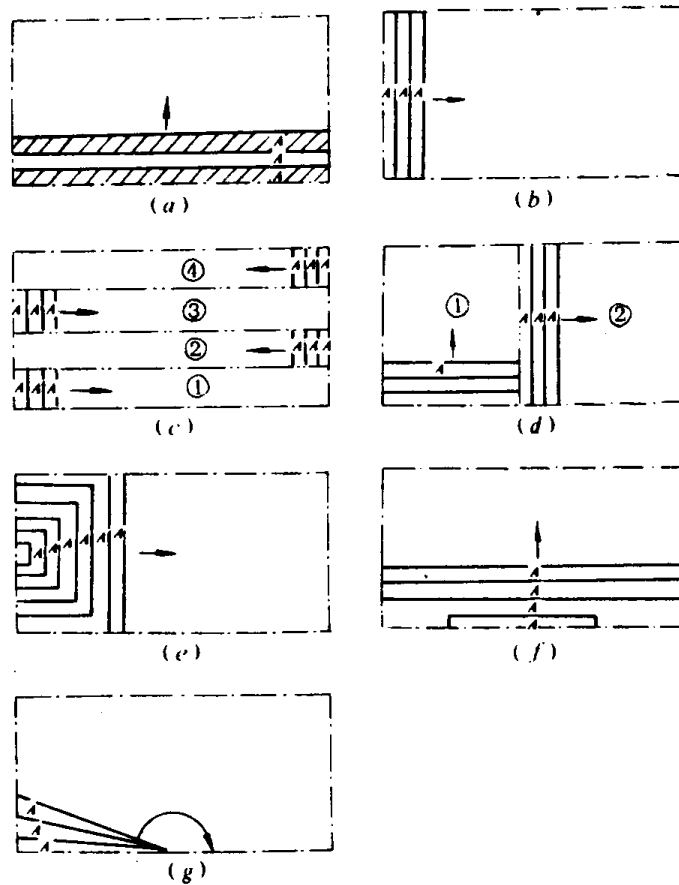


图 15-4 台阶开采程序示意图

A—采掘带; - · - 台阶开采境界; - · · - 分区(盘区)境界; ①、②…分区开采顺序

**工作线布置** 工作线可沿露天矿走向布置,横向布置,斜向布置,L形和U形布置或圆形布置,等等。

工作线沿走向布置(图 15-4 a、f)亦即沿露天矿纵向布置,简称纵采。这时工作线沿倾向或横向推进。沿走向布置时工作线较长,适合于露天矿各种开采工艺系统。

工作线沿横向布置,亦即垂直于露天矿走向布置,简称横采。这时工作线较短,主要适应于汽车运输的开采工艺,也可用于采用胶带输送机的开采工艺条件,不适于要求有较长工作线和线路平纵断面要求较严格的铁道运输的开采工艺。

沿露天矿斜向分期(区)、横向布置工作线实行横采(图 15-4 c),主要是随着汽车运输的广泛使用而发展起来的一种开采程序,与纵向布置工作线的纵采相比,具有下列优点:

1. 适于露天矿开采境界分期扩大的技术要求。初期可以在较浅的境界范围内开采矿石,与大境界相比,可以降低初期生产剥采比,降低初期成本和投资,因而增加总盈利额的现值,经济上是有利的。

2. 在水平和近水平矿体条件下,可利用邻近分区的采空区就近排土,缩短运输距离。

3. 由于横采时工作线较短,因而质量较差的、移动的平盘运输道路较短,相应地增加了半固定的运输道路长度(如图 15-5),有利于提高运输道路的质量,提高运输效率,减少轮胎

磨损和设备检修费用,从而减低运输费用。

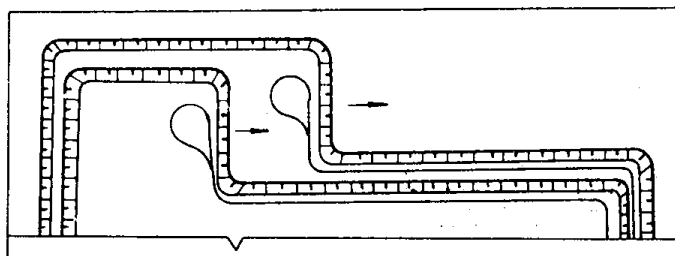


图 15-5 沿倾向分区横采的平盘汽车运输线路

4. 便于采用多排孔压碴微差爆破,提高爆破效果,减少爆破次数。

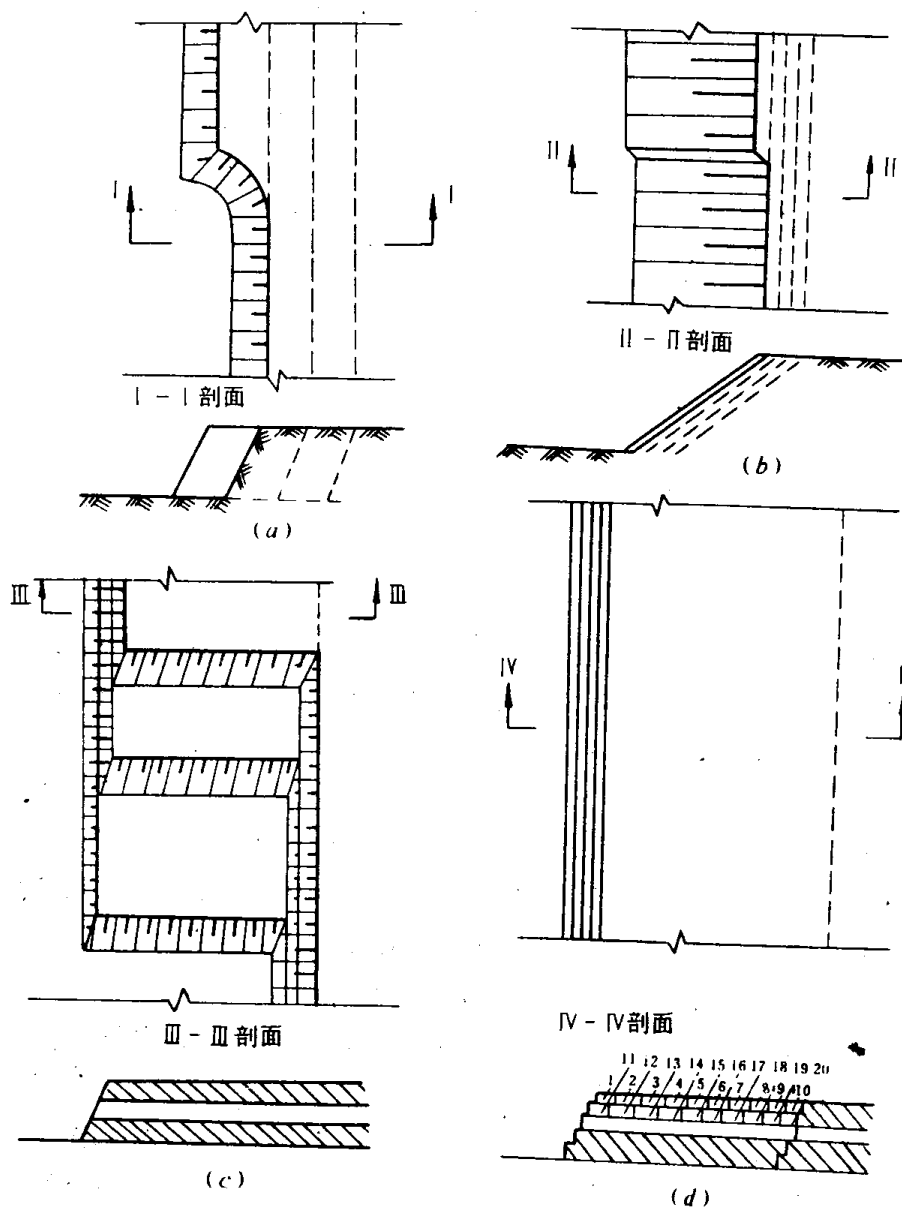


图 15-6 采掘带采掘方式

a - 全层端工作面; b - 全层坡工作面; c, d - 分层工作面

工作线斜向布置,指工作线与露天矿走向保持一定的交角,是为了达到某种目的而采取的措施。例如:用以增长工作线;使工作线保持一定的纵坡;调剂一定时期的矿石质量和品

种;以及品位中和等等。

工作线 L 形和 U 形布置(图 15-4 e),是开段沟采取基坑形式的工作线发展方式。它是适应于采用汽车运输的开采工艺条件下的开采程序,包括汽车-箕斗,汽车-胶带输送机等联合运输的开采工艺;它也可适用于窄轨铁道运输-提升机的联合运输形式。U 形工作线布置形态,在工作线的发展初期比较明显,而推出一定距离之后仍将转变为直线形工作线。当基坑靠近固定帮及端帮时,工作线呈 L 形布置。

工作线圈形布置,指将工作线布置成封闭圈的形态,逐步加大或缩小封闭圈,其工作线长度是不断变化的。

工作面 每条采掘带是在工作面推进中采尽的,工作面的布置和采掘方式已经在前面的采掘和开采工艺部分阐述过了,概括起来,工作面的采掘方式有以下几种:

1. 全层端工作面(图 15-6 a),应用最广,适用于机械铲、吊斗挖掘机和轮斗挖掘机等主要设备。

2. 全层坡工作面(图 15-6 b),适用于链斗挖掘机、推土机、铲运机等设备,前者的坡度较陡,后两者的坡度较缓。

3. 分层工作面(图 15-6 c、d),适用于推土机、铲运机、前装机等设备,以及满足分层选择开采的需要。分层选采时,亦可在工作平盘范围内由上往下逐层开采,滚筒式露天采煤机多采用这种方式选采煤和夹矸。见图 15-6 d。

### 第三节 工作帮及其推进

#### 一、工作帮的构成

露天矿通常以多个剥离台阶和采矿台阶进行开采,由进行开采的台阶所组成的边帮称工作帮。

工作帮由一些开采台阶的坡面和平盘构成。工作帮的形态决定于组成工作帮的各台阶之间的相互位置,亦即决定于台阶高度、平盘宽度等开采参数。

通过工作帮最上和最下一个台阶坡底线的平面与水平面的夹角,称工作帮坡角。

如图 15-7,工作帮坡角  $\varphi$  可计算如下:

$$\varphi = \arctan \frac{h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{B_1 + h_2 \cot \alpha_2 + B_2 + h_3 \cot \alpha_3 + B_3 + h_4 \cot \alpha_4 + B_4 + h_5 \cot \alpha_5} \quad (15-1)$$

或

$$\varphi = \arctan \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n B_i + \sum_{i=2}^n h_i \cot \alpha_i} \quad (15-2)$$

当各台阶的高度、平盘宽度和台阶坡面角均相等时,则

$$\varphi = \arctan \frac{h}{B + h \cot \alpha} \quad (15-3)$$

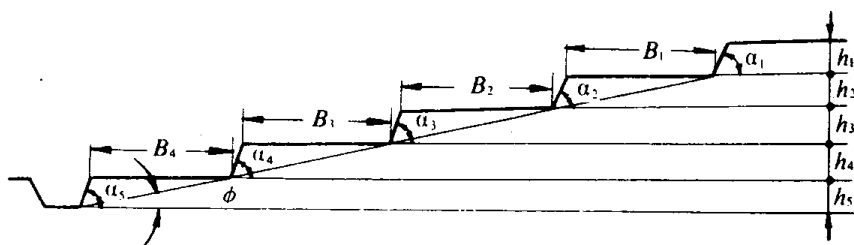


图 15-7 工作帮坡角

工作帮坡角是工作帮形态的集中表现,对露天矿开采的经济效果有重大影响。工作帮坡角变缓,意味着上部水平推进量加大,矿山基建工程量和初期生产剥采比加大,投资和初期成本增大,从而恶化经济效果。

通常认为,工作帮各工作平盘均不应小于按相应的开采工艺进行正常生产所要求的最小工作平盘宽度。为了避免上下台阶推进过程中发生影响和保证露天矿持续生产,还应在最小工作平盘宽度的基础上留有一定宽度的采掘富余。例如,露天煤矿设计规范草案规定:每隔一个台阶应留一幅采掘带宽度,作为采掘富余。

加大工作帮坡角,有利于提高露天开采经济效益。为此可采取组合台阶和宽采掘带工作面(或横向工作线)雁形推进等工作帮结构形式。

从上到下依次进行开采的一组台阶,称组合台阶,如图 15-8 所示。这时,一组台阶中只有一个台阶保留较宽的工作平盘宽度  $B$ ,因而使工作帮变陡。组合台阶一般仅配备一台采掘设备,有时也可配备数台设备,一般要求设备的生产能力较大。

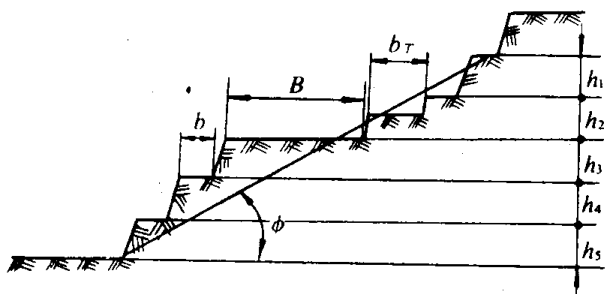


图 15-8 组合台阶的工作帮坡角

沿倾向分期横采(图 15-9),宽采掘带工作面(或横向工作线)雁形推进,亦可达到加大倾向方向工作帮坡角  $\varphi_1$  的同样效果,  $\varphi_1 > \varphi_2$ 。

组合台阶的一次推进宽度和上述宽采掘带的宽度(或横向工作线长度)  $A_z$ ,可按下列公式确定。

$$A_z = n_y h (\cot \varphi + \cot \theta), m \quad (15-4)$$

式中  $h$  —— 台阶高度, m;

$\varphi$  —— 工作帮坡角;

$\theta$  —— 矿山工程延深角;

$n_y$  —— 与一次推进宽度相应的延深台阶数。

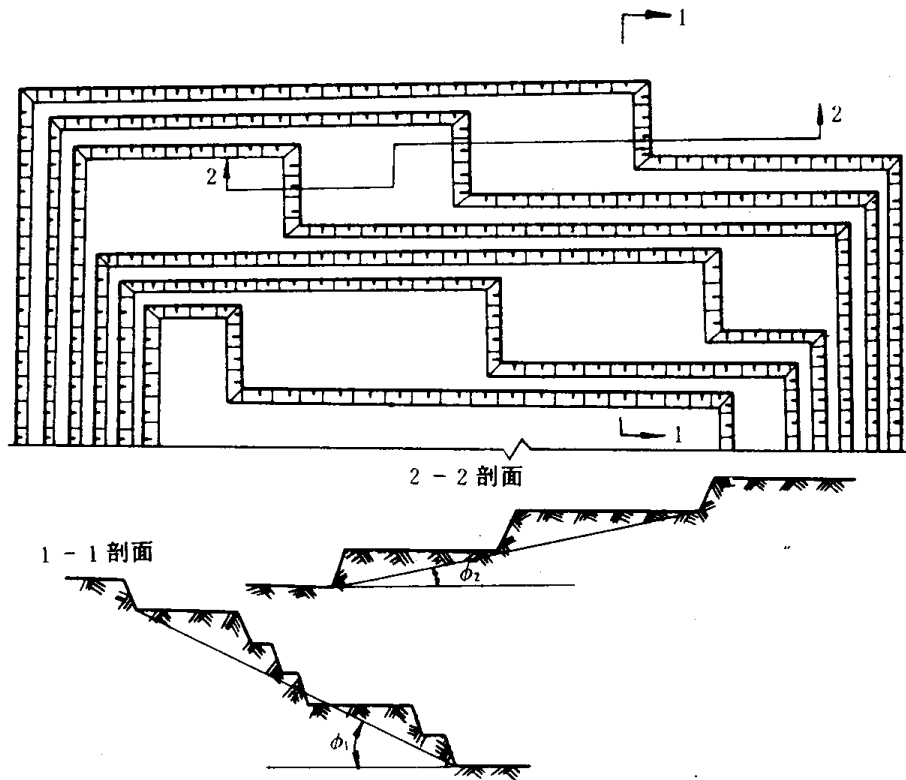


图 15-9 沿倾向分区横采工作帮示意图

工作帮各台阶长度内,具备正常开采条件的部分称工作线。组成工作线的条件是,在开采工艺方面具备采掘、运输、供电等条件,在工程方面则必需使工作平盘宽度大于最小工作平盘宽度。

组合台阶的工作帮坡角  $\varphi_z$  计算如下:

$$\varphi_z = \arctan \frac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^{n-1} b + B + b_T + \sum_1^n h_i \cot \alpha}$$

或

$$\varphi_z = \arctan \frac{nh}{(n-1)b_i + B + b_T + nh \cot \alpha} \quad (15-5)$$

- 式中  $n$  —— 构成组合台阶的分台阶数;  
 $b$  —— 非作业台阶的平台宽度, m;  
 $B$  —— 工作平盘宽度,  $B = b + A_z$ , m;  
 $A_z$  —— 组合台阶每推进一次的实体采宽, m;  
 $b_T$  —— 开拓坑线宽度, m;  
 $h$  —— 台阶高度, m;  
 $\alpha$  —— 台阶坡面角( $^\circ$ )。

构成组合台阶的台阶数  $n$  主要决定于设备的生产能力和要求的工作线推进速度。即

$$n = \frac{Q}{l_w L h} \quad (15-6)$$

- 式中  $Q$  —— 组合台阶中设备的生产能力,  $m^3/a$ ;  
 $L$  —— 工作线平均长度, m;  
 $l_w$  —— 要求的工作线推进速度, m/a; 它决定于达到一定的生产能力所要求的开采强



度。

提高设备的生产能力有利于增加组合台阶中的分台阶数和加大工作帮坡角。因此趋向于选用大型设备和增加在组合台阶工作平盘同时作业的设备数量。

对于很深和很大的露天矿,为了调节剥采关系,也可以在一段时间内使工作帮部分地段的平盘宽度小于最小工作平盘宽度  $B_{min}$ ,如图 15-10 a 中的 2、4 水平和图 15-10 b 中 bc 工作帮上的 1、2、3 水平。这些地段在工程上不具备构成工作线的条件。这时由于露天矿又长又深,工作帮的范围很大,工作帮的其余部分仍保持有足够配置采掘设备的工作线,能保证露天矿持续生产。

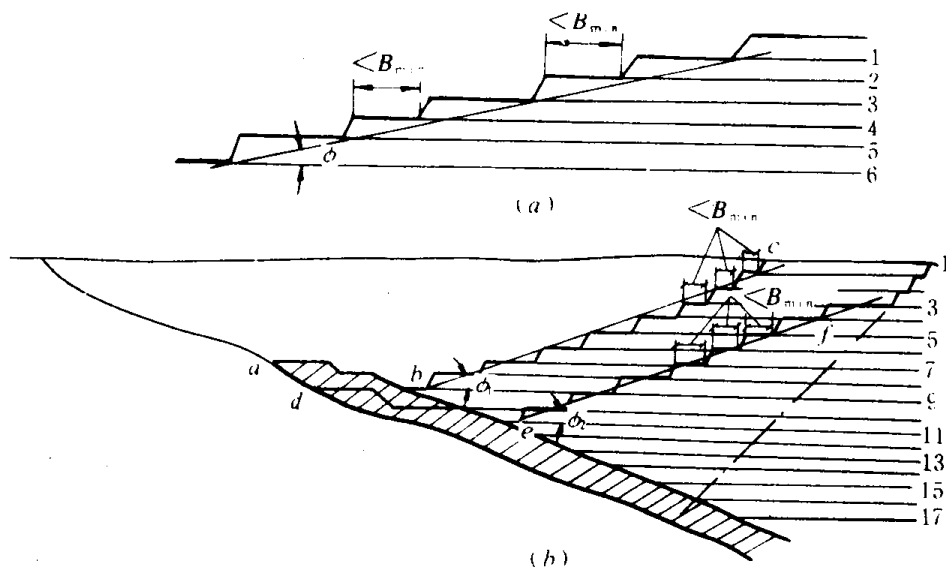


图 15-10 生产区段和缓采区段沿深度分布的工作帮构成

工作帮上由工作线构成的区域称生产区段,不具备工作线条件的区域称缓采区段。生产区段和缓采区段在空间上的相互关系,具有下列基本形式:

1. 生产区段和缓采区段沿深度间隔分散分布(图 15-10 a),出现在露天矿工作线较长,采掘设备数量少,采掘设备在上下台阶之间调动依次开采的情况下,此时缓采区工作线推进的停顿时间短暂。组合台阶即属此形式。

2. 生产区段和缓采区段沿深度集中分布(图 15-10 b)。例如:上部为缓采区段(图 15-10 b 中 bc 工作帮位置上的 2、3 水平),下部为生产区段;或者中部为缓采区段(图 15-10 b 中 ef 工作帮位置上 5、6、7 水平),而其上下均为生产区段等等。这种工作帮结构形态,主要出现在分期境界的情况下。前者为上部台阶工作线暂停推进的情况,后者为上部台阶工作线恢复推进的情况。在这种情况下,缓采区工作线推进的停顿时间,比上述第 1 种情况长。

3. 生产区段和缓采区段沿走向分布,如图 15-11,这是一种较易实现的形式。在走向较长,剥采比和矿石的品种、品位沿走向变化较大的露天矿,亦能取得较好的经济效益。缓采区工作线推进的停顿时间可长可短,从数十年、数年到数月不等。

4. 生产区段和缓采区段沿深度和走向分布,例如,上面谈到的沿倾向分期横采的形式(图 15-9)就是这种分布形式之一。其缓采区在平面位置上沿走向变化,在横剖面上则沿深度变化。

工作帮上设置缓采区的必要条件为: