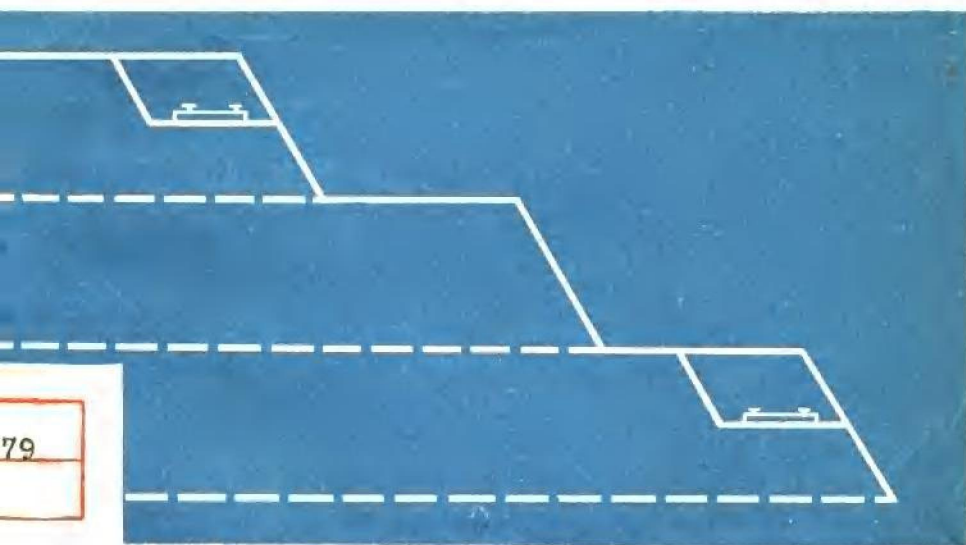


露天矿 铁道移动坑线

张书铭 编



煤炭工业出版社

Lutiankuang Tiedao Yidong Kengxian

露天矿铁道移动坑线

张书铭 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书对露天矿铁道移动坑线使用条件、开拓方式、延深程序、小台阶采掘特点、坑线移设和车站布置等方面都作了较详细的论述。对移动坑线与固定坑线的优缺点也作了对比说明。

露天矿铁道移动坑线

张书铭编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$

印张 $4^{1/4}$

字数 93 千字

印数1—1,510

1980年4月第1版

1980年4月第1次印刷

书号15035·2289 定价0.40元

编 者 的 话

在我国，采用铁道运输形式开采的露天矿占有相当大的比重，因为这种运输形式的优点是，可靠性大、成本低，能保证露天矿生产的持续进行。铁道露天矿的开拓方式有两种：一种是移动坑线；另一种是固定坑线。这两种开拓方式各有其特点、优点、缺点及应用条件。对于倾斜矿体的开拓，移动坑线较之固定坑线有明显的优越性，因为前者的基建工程量小和见矿时间早。

本书对露天矿铁道移动坑线的开拓方式、生产工艺、坑线移设及车站布置等方面都作了论述，其中的一些问题，有待进一步研究。我国又是世界上较早使用移动坑线进行生产的国家之一，多年来，积累了丰富的经验，书中也反映了这方面的一些内容。

本书大部分是采用抚顺西露天煤矿的资料，因此在论述中，难免有局限性。但一般露天开采都有其相似的地方，为了便于对比，也介绍了其他露天矿的一些情况。本书是按移动坑线和固定坑线对比的方法写的，对一味否定移动坑线的观点作一探讨。由于编者水平不高，一定有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

第一章 露天矿的开拓方式对矿山工程的影响	1
第一节 概述	1
第二节 露天开采强度	4
第三节 固定坑线与移动坑线开拓延深的比较	9
第四节 开拓方式对矿山工程的影响	15
第二章 移动坑线开采的生产工艺	27
第一节 移动坑线开采时的台阶构造	27
第二节 小台阶穿孔工作	32
第三节 小台阶爆破工作	38
第四节 采装工作	55
第五节 线路与运输	62
第六节 小台阶采掘对生产成本的影响	81
第三章 几个问题探讨	86
第一节 台阶的划分方法问题	86
第二节 坑线的形式问题	96
第三节 坑线的移设问题	110
第四章 结束语兼对移动坑线的评价	126

第一章 露天矿的开拓方式 对矿山工程的影响

第一节 概 述

从露天矿工业广场到露天矿采场必须建立互相联系的运输系统才能把剥离物和有用矿物运至卸载场地，建立这种运输系统的通道称为出入沟。各运输平盘通过开段沟与出入沟相连接构成运输系统。这些矿山工程总称为坑线。在这些坑线上可以布置铁道线路、公路和胶带输送机设备。当露天矿场深度不大时，坑线可以直通坑底；当露天矿场深度较大时，必须在帮坡上折返或回返。就坑线设置可分为固定坑线和移动坑线两大类。固定坑线一经设立，它在整个开采期间始终不再改变；移动坑线则随生产发展改变其设置位置，但最后则要形成固定坑线。两者在发展过程中则有较大的区别，并对露天矿场的建设、投资、生产能力、经济指标、生产组织等都有不同的影响。

由于矿山的地形地质条件不同、坑线的形式是多样的。概括起来不外是直进的、折返的、回返的和螺旋式等四种，如图 1-1 所示。直进式的坑线只能服务于上部几个水平。折返式则可以充分利用矿场的走向长度和深度，能够达到较大的深度。回返式与螺旋式都可以达到较深的水平，为较多的台阶服务。这些坑线可以布置在工作帮上也可以布置在非工作帮上。

就坑线布置位置和变动情况可以分成四种类型。即顶板

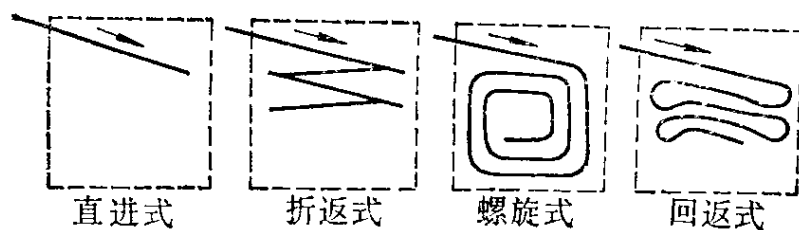


图 1-1 露天采场坑线型式

固定坑线、顶板移动坑线、底板固定坑线和底板移动坑线，如图 1-2 所示。

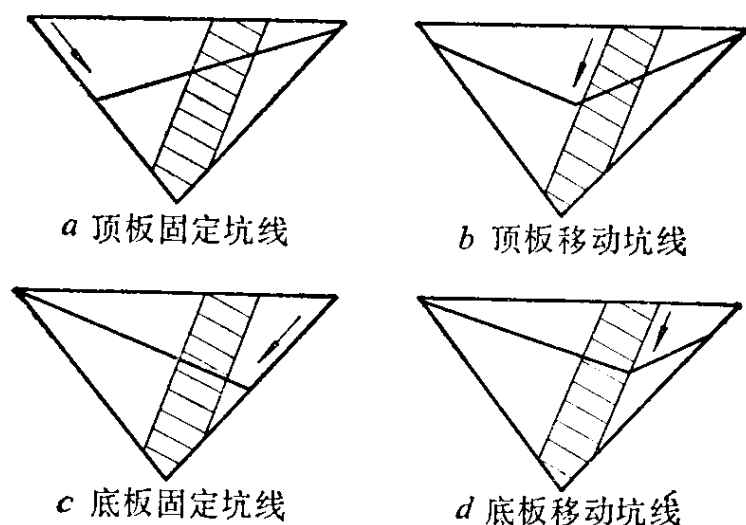


图 1-2 露天开采坑线布置方式

一个完整的露天矿场开拓发展的结果，总是最终要形成固定坑线。最后形成的固定坑线根据具体的矿山地形，地质条件可能放在顶板侧，也可以放在底板侧。在形成固定坑线的发展过程中，有的是直接形成的，有的还必须通过移动坑线过渡。在铁道运输的条件下，固定坑线所达到的坑底位置受到铁道曲线半径的限制，因此达不到最大可能的开采深度。为了保证必要的延深，可以采用另外的运输方式。如采用大坡度的胶带输送机等，但这将引起采矿工程的复杂化。更为有效的办法，就是采用移动坑线，进行深部水平的开拓

延深。因此移动坑线能够保证达到最快的延深速度和保证较高的生产能力。

移动坑线的特点是随生产的发展在时间和空间上改变坑线的位置。坑线可以设在矿体上，就能保证及早的采矿。可以根据矿岩量的多少来改变运输干线的型式和能力。这种坑线机动性强，因为坑线设在工作帮上，可以搞两套运输系统，也可以在非工作帮上进行内部排土。前者如抚顺西露天矿，后者如苏联的卡尔宾斯克和维谢洛夫卡露天矿。

露天矿采场工作帮平盘上由于存在移动坑线，因而使采矿工程复杂化了。在移动坑线通过的地区，完整的台阶被附设坑线的平面分割成上下两个相等的小台阶。经验证明，小台阶的生产工艺虽与整台阶无大差别，但却复杂得多，而且生产效率也随台阶高度的减小而降低。

移动坑线要随生产发展进行移设。移设步距关系到生产剥采比，关系到准备矿量，影响到露天开采经济技术指标等。特别是铁道运输系统，坑线移设比较复杂，移设时又影响生产，因此要求日常的生产组织管理更加严密。移动坑线一方面因增加了线路工程量，从而增大了生产费用。另一方面由于相对固定坑线能够提前见矿和较早的达到生产能力，减少基建投资和矿山工程量、减少运输距离、故能补偿其不足。因此对移动坑线应在具体条件下进行具体分析，使之既充分发挥移动坑线的优越性，又不降低开采的经济效果。

就目前来说，移动坑线研究还是很不够的，国内外都有一些采用移动坑线开拓的露天矿，如抚顺的西露天矿已成功的应用了几十年，苏联较大的高尔金露天煤矿也局部采用移动坑线。这些老矿，在生产中都积累了宝贵的经验，对有些问题也摸索出来一定的解决办法。这些经验应该加以总结，

有些问题也需要进一步探讨。

移动坑线也有其自己的一些要解决的问题，例如小台阶开采使生产效率降低，工艺复杂化。对这些问题，除了采用高效率的设备适应小台阶开采的需要及加强生产管理外，还可以通过合理安排小台阶的办法，减少小台阶的集中出现，如采取新的台阶划分方法，可能把小台阶的总长度减少一半，从而使因小台阶开采而降低设备的效率达到最小程度。移动坑线总是要随工作面推进而移设的。一次移设的距离称为移设步距。这个距离要确定得合适，既减少移设的损失，并且又能够满足生产的需要。长而深的露天都采用折返式坑线。一次折返延深的水平对露天开采经济效果有一定的影响。不是可大可小，也不是越大越好。肯定的说，折返的次数越少越优越，大折返就比小折返优越得多。但是一次折返穿越的台阶数较多，给工作面配线带来一定的困难。设立中间站固然是个解决的办法，但却使移设工作变得复杂了。象上述这些问题的解决，都需要具体的加以论述和计算。

移动坑线有它自己的特点、优点和缺点，应该充分利用它的优越性，发挥它的长处。露天开采会得到越来越大的发展，这已被事实所证明。露天开采的工艺也会百花齐放。移动坑线也会得到发展，将能创造出更好的经验，提出更好的解决问题的方法。

第二节 露天开采强度

露天矿采场一般是以水平分层进行开采的。只有在矿床顶板坡度不大的情况下，紧靠矿床的台阶用倾斜分层开采。在工作帮平盘上保留一定宽度的工作面，用以配置采装设备，布置运输通道和供电设备等。在每一个平盘上，根据采

装设备的规格选定合适的采宽。沿走向的每一个采宽组成一个采掘带，当平盘沿倾向推进后，宽度逐步增加。当增加的宽度可供拉段沟时叫降段延深，准备新水平。因此推进的速度越快，延深的速度就越快、矿山的开采强度越大。这两个数据，就是露天开采的强度指标。均以米/年表示。图中 P_1 ， P_2 ， P_3 ， P_4 是段沟。A代表最小平盘宽度，B表示延深新水平推进最小宽度，h是台阶高度，都是以米为单位。 φ 是工作帮最大坡面角， α 是台阶坡面角， β 是顶板或底板的倾斜角。

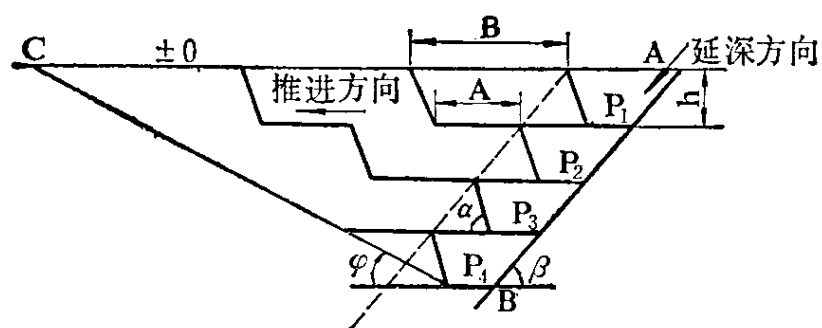


图 1-3 露天矿采场延深示意图

露天开采所遇到的矿山地质条件是多种多样的，但煤矿一般多为层状。根据煤层的倾斜角度不同可以分为水平或近水平煤层（倾角 $0\sim 5^\circ$ ），缓倾斜煤层（倾角 $5\sim 10^\circ$ ），倾斜煤层（倾角 $10\sim 45^\circ$ ）和急倾斜煤层（倾角大于 45° ）。在横剖面上，可能是单斜的，也可能是盆状向斜或背斜。如果把矿床倾斜与露天开采境界联系起来看，可以分成：煤层底板倾角大于露天底帮倾角的c；煤层底板倾角等于或近于露天底帮倾角的b；水平的或近于水平的a，如图1-4。

属于a类的，开拓方式对其影响不大。属于b类的，则明显的以采用底板的固定坑线或顶板的移动坑线较有利。而属

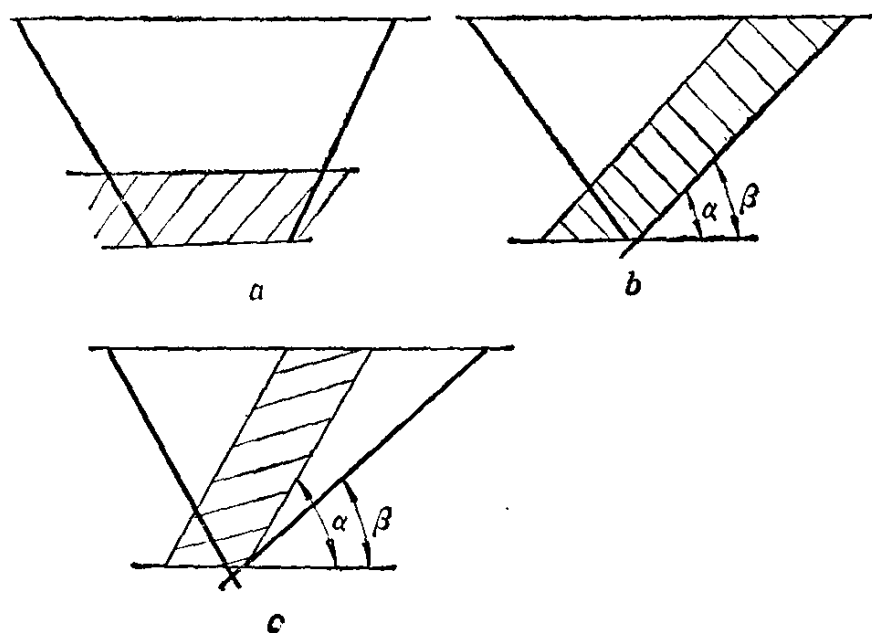


图 1-4 矿床产状与露天开采境界关系示意图

于 c 类的,则要求很好的考虑开拓方式。为了便于比较,我们选用 c 类的即以煤层底板倾角大于露天帮坡倾角的为例。令 $\alpha > \beta$, 来分析一下延深与水平推进的关系。

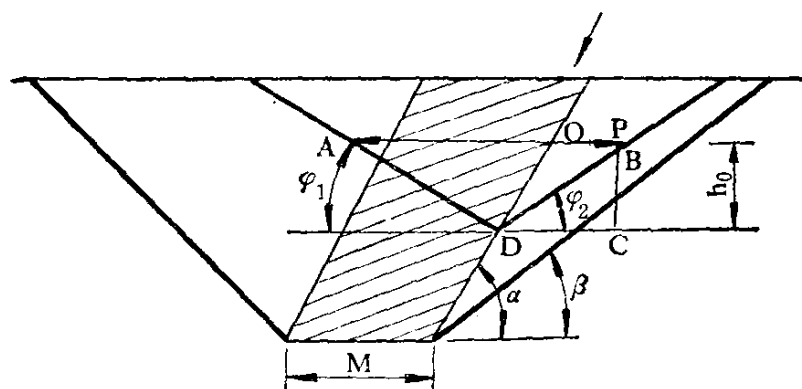


图 1-5 露天矿采场延深与水平推进关系示意图

设 $AO = L_{p1}$ 工作帮顶板侧平盘的推进速度, 米/年;
 $BO = L_{p2}$ 工作帮底板侧平盘的推进速度, 米/年;
 $BC = h_0$ 回采工程垂直延深速度, 米/年;

φ_1	露天矿顶板工作帮坡面角, 度;
φ_2	露天矿底板工作帮坡面角, 度;
α	矿床底板倾斜角, 度;
β	露天矿底板帮最终坡面角, 度。

则
$$h_0 \leq \frac{L_{p1}}{\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \alpha}, \text{ 米/年} \quad (1-1)$$

和

$$h_0 \leq \frac{L_{p2}}{\operatorname{ctg} \varphi_2 - \operatorname{ctg} \alpha}, \text{ 米/年} \quad (1-2)$$

很明显, 延深速度 h_0 与水平推进速度 L_{p1} 或 L_{p2} 成正比例关系。

工作帮水平推进速度 L_p 又与采用的采装设备能力与工作线长度和平盘台阶高度有关, 即

$$L_p = \frac{Q}{hL_0}, \text{ 米/年} \quad (1-3)$$

实质上 $L_p \times h \times L_0$ 就是挖掘机采出的体积。这样平盘最大的水平推进速度为:

$$L_p = \frac{mQ}{L_0nh} \geq h_0(\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi_2), \text{ 米/年} \quad (1-4)$$

式中 Q ——挖掘机台年能力, 米³/年;

h ——台阶高度, 米;

L_0 ——采掘区间最小长度, 米;

h_0 ——露天矿采场延深速度, 米/年;

m ——平盘上配备挖掘机台数, 台;

n ——平盘工作面数目, 个。

如果一个采区只配一台挖掘机进行作业, 那么 $m/n = 1$, 但也有“两镐一线”作业的情况。对于铁道运输, 一个采

掘线上配二台挖掘机，则其效率可降低20%。若配三台挖掘机，效率可降低40%，后一种情况一般不采用。

通过公式 (1-4) 可以算出年延深速度为：

$$h_0 \leq \frac{Q}{hL_0(\operatorname{ctg}\varphi_1 + \operatorname{ctg}\varphi_2)}, \text{ 米/年} \quad (1-5)$$

此时工作帮坡面角为：

$$\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{h}{A + h \operatorname{ctg}\alpha}, \text{ 度} \quad (1-6)$$

在实际生产活动中，延深只能是一个整段高，即 h ，而不会是 h_0 ，为使 h_0 等于 h ，可以用缩短 L_0 的办法试凑，即缩短延深区间的长度，这可以由设计上加以解决。

对于一个垂直的或近似垂直的矿床来说，露天开采顶底板没有什么区别，技术上也没有意义。因此这时只有固定坑线和移动坑线的区别。而对于水平或近似水平的矿床，顶底板非常明显，这时只有固定坑线和移动坑线的区别。而倾斜或急倾斜矿床却有四种开拓方式可供选择，其采掘强度也各不相同。对于埋藏不规则的矿床，则可根据采场的长度及宽度，按同时工作的采、剥水平数和工作挖掘机台数，求出采、剥总量，再按着设计确定的剥采比，算出露天矿生产能力。

总起来说，露天矿采场的延深速度与水平推进成正比例关系。只有水平推进得越快，延深速度才能越快。延深速度与矿床倾角成正比例关系。当倾角为 90° 时，延深速度最快。延深速度与台阶坡面角成正比例关系，坡面角越陡，占用的平盘宽度越窄。延深的速度与挖掘机的生产能力成正比例关系。延深速度与平盘台阶高度和工作面区间长度成反比例关系。因此为加速露天建设可在初期减少台阶高度和缩短工作面区间长度。为了加速露天矿采场的延深速度应很好的研究

上述问题。

第三节 固定坑线与移动坑线开拓延深的比较

露天矿生产能力是与开拓强度密切相关的。如前所述，延深速度 h_0 越快，生产能力也越高。不同的开拓延深方式，不同的坑线系统其延深速度也各不相同。总的来说，固定坑线的新水平开拓延深比移动坑线的新水平开拓延深困难得多，因而时间也要长得多。

一个新水平的准备，包括三部分工程组成：出入沟；段沟和形成运输通路的扩帮工程。准备一个新水平的时间为：

$$T = \frac{V_1}{cmQ} + \frac{V_2}{cmQ} + \frac{V_3}{cmQ}, \text{ 月} \quad (1-7)$$

式中 V_1, V_2, V_3 ——分别为挖掘出入沟工程，段沟工程及形成运输通路的扩帮工程量，米³；

c ——与装车方式有关的挖掘机拉沟效率降低系数；

m ——同时工作的挖掘机台数，台；

Q ——挖掘机生产能力，米³/月。

其中， V_1, V_2 在同样的运输条件下，可以认为与开拓延深方式无关，而 V_3 却与开拓延深方式有直接的关系。对移动坑线来说， V_3 可以认为不存在，因为只要挖掘完出入沟和段沟，运输系统也就形成了。而对固定坑线却要求形成环线。因此必须拉环沟或平推相当的宽度，才能铺设环形运输线路。为此要进行较大的扩帮工程，需要较长的工期。

为了便于比较，现将固定坑线和移动坑线形成新折返系统的程序作一说明。设折返系统由 ± 0 到 -24 水平，共分三个台阶，每个平盘台阶高度为8米。

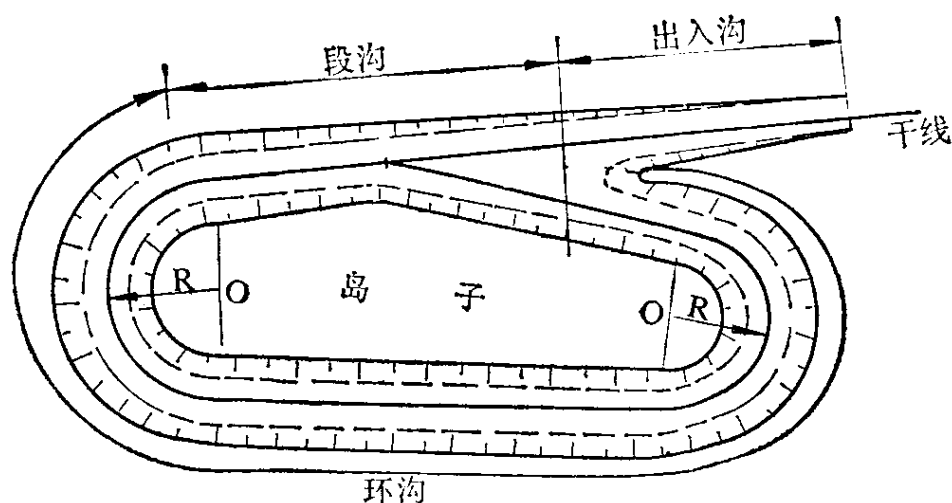
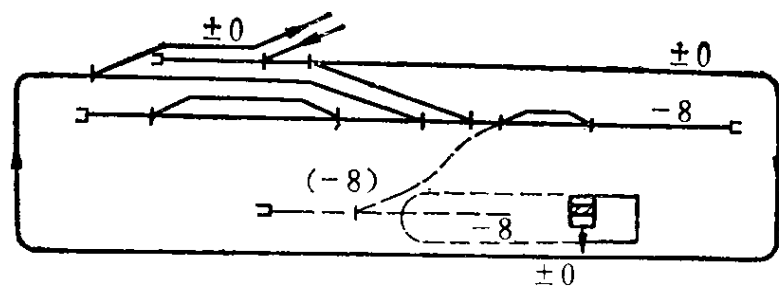
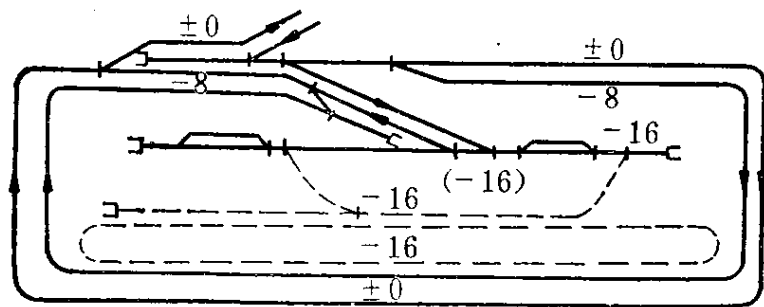


图 1-6 露天矿采场的出入沟、段沟、环沟

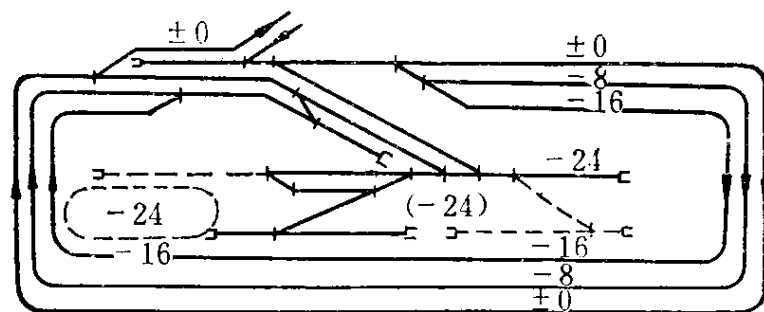
固定坑线新折返系统形成的程序是：(1)在 ± 0 水平，于非工作帮作 ± 0 到 -8 水平的出入沟。利用 ± 0 环线配车。在露天矿场全走向长进行上装车，开 -8 水平段沟并对 -8 水平扩帮。当坑底宽度足够铺设铁路站场时，在非工作帮 -8 水平设中间站。由 -8 水平中间站配线平推扩帮此时可用平装车，代替效率较低的上装车；(2)当 -8 水平扩帮达到最小铁路曲线半径二倍宽度以上时，铺设 -8 水平环线。在非工作帮开 -8 水平到 -16 水平的出入沟。利用 -8 水平环线配车。在露天矿场全走向长度上进行上装车，开 -16 水平段沟。对 -16 水平扩帮。当坑底宽度足够铺设铁路站场时，在非工作帮 -16 水平设中间站。由 -16 水平中间站配线平推扩帮，此时可用平装车代替效率较低的上装车；(3)当 -16 水平扩帮达到最小铁路曲线半径二倍宽度以上时，铺设 -16 水平环线。在非工作帮开 -16 水平到 -24 水平的出入沟，利用 -16 水平环线配车。在露天矿采场全走向长度上进



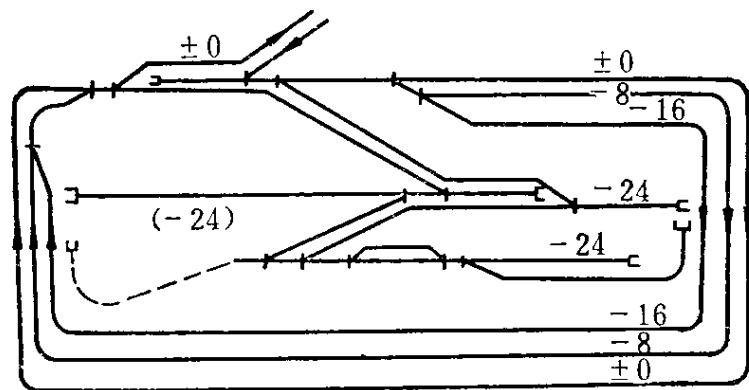
a 形成 ± 0 环，拉 -8 水平沟



b 形成 -8 环，拉 -16 水平沟



c 形成 -16 环，拉 -24 水平沟



d 形成 -24 站

图 1-7 固定坑线延深配线示意图

行上装车，开 -24 水平段沟并对 -24 水平扩帮。当坑底宽度

足够铺设铁路站场时，在非工作帮建-24水平固定式折返站。由折返站配车平推扩帮。(4)拆除-8、-16水平中间站，最后形成 ± 0 到-24水平直进坑线。当-24水平扩帮达到最小铁路曲线半径二倍以上的宽度时，铺设-24水平环线。至此一个折返系统才算完成。

鉴于上述新系统准备工程量大，准备周期长的缺点，通过长期的摸索，提出了一种固定坑线与移动坑线相配合的延深方式。即利用端帮环线在工作帮设临时移动坑线的开拓延深方式，这时可以在工作帮设1~2个移动坑线。如图1-8这时形成了两帮推进的形势，可以加速新水平的形成。

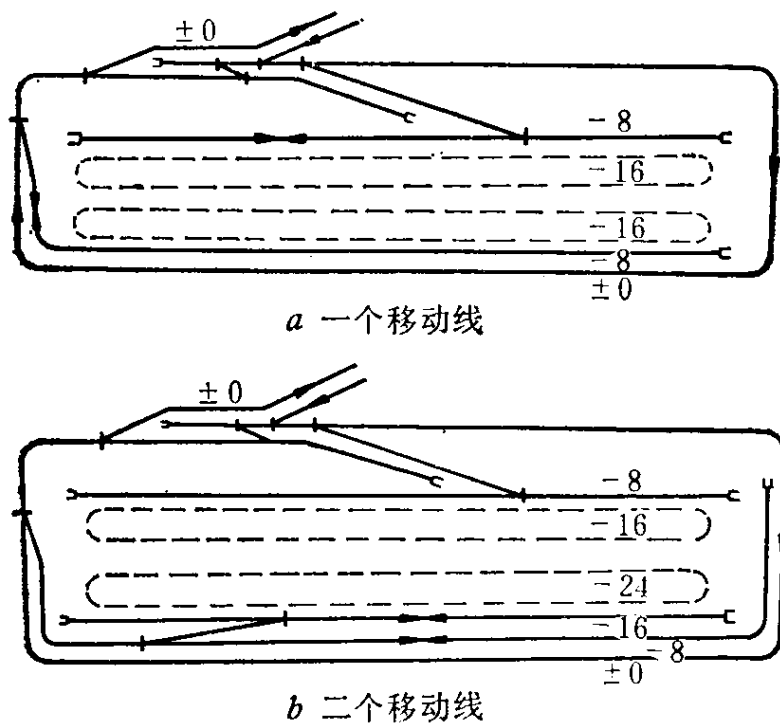


图 1-8 利用环线与移动坑线配合延深新水平方式

其次是拉段沟，留“岛子”。先形成环线，后削“岛子”的办法。按一般的程序形成环线要较长的时间，为了尽早的使环线形成，不用平推扩帮的办法，而是拉环沟。环沟拉成