

# 露天采矿业

下册

[美] E. P. 普列德尔 主编

煤炭工业出版社

4

## 内 容 提 要

本书系统地论述了美国（包括开采技术具有某些特色的其他国家）有关煤矿、金属矿、非金属矿及化工原料露天矿的勘探、设计、生产主要环节和辅助环节的确定以及设备选择的原则及方法，附有有关技术经济计算示例。书中介绍了有关露天开采矿业经济、企业经营管理、人员培训等方面的经验和规定以及露天开采领域中研究工作的现状和发展前景。

本书是目前美国高等学校采矿专业露天开采方面的教材和主要参考书，可供从事露天采矿的生产、设计、科研和管理方面有关工程技术人员以及高等学校师生阅读参考。

责任编辑：时 裕 谦

E. P. PFLEIDER

G. B. Clark H. L. Hartman A. Soderberg

SURFACE MINING

(Sponsored by the Seeley W. Mudd Memorial Fund)

The American Institute of Mining, Metallurgical,  
and Petroleum Engineers, Inc.

New York 1972

\*

露 天 采 矿 学

下 册

中国矿业学院露天采矿教研室译

\*

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850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 13<sup>1</sup>/<sub>4</sub>  
字数 352千字 印数1—2,320  
1982年7月第1版 1982年7月第1次印刷  
书号15035·2464 定价2.00元

---

## 译者的话

这是美国的一部露天采矿名著，由美国采矿工程师协会组织编写，旨在满足采矿界的需要。因为在美国各类矿山企业中，矿石总量的90%左右是用露天开采方法采出的，而且世界各国都在迅速扩大露天开采的范围。因此，特别需要阐明安全、经济而有效进行露天开采原则的书。

本书由明尼苏达大学欧仁·P·普列德尔教授主编，参加编著的人员多达84位。他们分别是美国、加拿大、瑞士、英国、西德等国高等学校的教授和有关勘探、生产、设计、科研以及经营管理方面的专家。本书总结了美国国内外有关煤矿、金属矿、非金属矿及化工原料矿山等方面的经验，内容比较丰富。

本书属于西里·W·牧德丛书。1968年由美国采矿、冶金、石油工程师协会出版，1972年重版以来，这本书一直是美国高等学校采矿专业露天开采方面的教材和主要参考书。

应该指出，本书原著出版以来，美国露天采矿工艺在设备和电子计算机的应用上又有较大发展，但书中所阐明的基本原理和工艺方法仍然有参考价值。

本书由中国矿业学院露天采矿教研室组织翻译。下册译者为：第十篇荆元昌，第十一篇葛懋琛，第十二篇骆中洲，第十三篇杨善元、范奇文、张达贤，第十四篇骆中洲。总审校者是骆中洲。

1981年6月

---

# 目 录

<b>第十篇 维修</b> .....	1
10.1 预防和故障维修 .....	2
10.2 设备的使用和利用率 .....	12
10.3 设备维修与更新 .....	24
10.4 道路维护与产业管理 .....	31
10.5 采掘设备的维修 .....	36
<b>第十一篇 辅助作业</b> .....	77
11.1 破碎和矿石的装载 .....	78
11.2 露天采矿的供电设备 .....	89
11.3 通讯 .....	97
11.4 防排水和疏干 .....	103
11.5 堆积沥滤 .....	115
<b>第十二篇 露天开采的研究和发展</b> .....	125
12.1 边坡稳定 .....	126
12.2 方法和设备的研究 .....	141
12.3 研究和发展成果的报告及评价 .....	152
12.4 研究结果的应用 .....	162
<b>第十三篇 一般应用与经济</b> .....	169
13.1 露天煤矿 .....	170
13.2 有用矿物的应用及其经济价值 .....	199
13.3 铜矿开采 .....	229
13.4 铁矿开采 .....	261
13.5 砂矿开采 .....	298
13.6 西德褐煤开采 .....	326
13.7 欧洲和西非的露天开采 .....	340
13.8 非洲的露天开采 .....	353
13.9 矿业投资和工程的经济分析 .....	368
<b>第十四篇 组织与管理</b> .....	385
14.1 组织结构 .....	386
14.2 培训——计划及管理 .....	397
14.3 职能服务——工程和研究 .....	408

第十篇

维 修

编纂人：小安德鲁·海斯洛普\*

\* 俄亥俄州，加的斯，联合煤炭公司汉纳分公司总工程师。

# 10.1

## 预防和故障维修

亚瑟 . L . 霍桑\*

10.1-1. **维修在总开采费用中的位置** 现代采矿工业中维修工作是很重要的，每个公司的高级管理部门都应认真对待，只有这样，才能以最高效率组织维修计划并取得有效的进展。在几十年前，煤矿中的维修主要是由铁匠修理尖镐和 马掌铁，其结果是：维修费用还不到总采矿费用的5%，而 80% 则是作业费用。随着设备不断地向更大型化、复杂化和高产量的方向发展，情况发生了变化。例如，过去20年内，经过几个阶段的发展，卡车已经从15吨发展到240吨的“试运转车”或实验阶段。下述 15 吨、50吨和 100 吨载重卡车的对比，清楚地表明了各种规格的设备在运行时，各项费用占总费用的百分数的变化。

	15吨卡车	50吨卡车	100吨卡车
维修费	24%	44%	51%
作业费	59%	33%	16%
作业供应(燃料油)	4%	4%	3%
工资及假期补助	6%	4%	3%
折旧	7%	16%	26%
合计	100%	100%**	100%**

从上列数字可以有意义地看出：通常，随着设备的加大，作业费要下降，而维修费却增加。几乎所有用于露天开采的各种设备，从大型剥离设备（机械铲和吊斗铲）到像推土机这样的辅助设备，都存在着这种费用变化的趋势。

\* 俄亥俄州加的斯，联合煤炭公司汉纳分公司机械工程师。

\*\* 原数值如此——译者。

为了进一步说明这点，我们来考察一下一个中型露天煤矿作业的（能力取为每年一百万吨）维修费。假定为满足煤产量，要用一台65码<sup>3</sup>的挖掘机每年完成2000万码<sup>3</sup>物料。从采掘场到储煤场运距约为5英里。经很粗略估计，年总维修费情况如下：

65码 <sup>3</sup> 挖掘机	400000美元
运载卡车	125000美元
钻孔机	10000美元
推土机（7台）	100000美元
辅助设备（装载机、平路机等）	100000美元
工厂设备（破碎机、筛分机、机床等）	200000美元
其它（建筑物、办公设备等）	65000美元
合计	<hr/> 1000000美元

列举这些数字的唯一目的是用事实向读者表明，即使在目前的一个中等规模的露天矿内，一般性维修也是一项“庞大的业务”，每年支出如此巨额的费用，的确值得很好加以计划和组织。随着前述240吨卡车和180码<sup>3</sup>挖掘机的使用，采矿设备有继续向大型化发展的趋势，因此维修在每个组织中所占有的比重将不断增大。

随着设备规格和投资费用的加大，故障时间造成的损失也加大了，这不仅反映在维修费用上，而且也反映在故障设备的产量上。这是一个非常实际而昂贵的因素，必须给予认真考虑。

**10.1-2. 露天开采使用的各种设备** 为帮助读者了解一般露天矿所需大量维修的设备范围，下面列举作业中最常用的部分设备的清单：

1. 主要土方设备——机械铲，吊斗铲，轮斗挖掘机等；
2. 轮行设备——载重汽车，服务性车辆，起重汽车，焊接车，绞盘卡车等；
3. 物料再次处理设备——装载机，推土机，铲运机，高扬程泵，平路机等；
4. 辅助设备——爆破钻机，勘探钻机，装药车，轻便压风机等；
5. 配电及操作设备——架空线路，电缆，开关箱，电缆辅助设备，保

护装置等；

6. 物料加工设备——破碎机，筛分机，输送机，给料机，泵，干燥机等；

7. 车间设备——车床，龙门刨，牛头刨，压力机，电气试验设备，液压造型和试验设备等；

8. 工厂和地面设施——建筑物，道路，办公设备等。

**10.1-3. 人员的选拔和培训** 从上述设备清单中很容易看出，在露天矿维修组织里需要各种手艺和技能，可能包括焊接人员，电气人员，液压专家，机械人员（现场的和车间的），发动机检修和装配专家，建筑维修、场地及道路维修人员。最后，还有再设计和详细绘图的合格人员，这部分人员决不是无关紧要的。

虽然有困难，但总是希望建立一支维修力量，其中注重实际和注重技术的人员要搭配得当，同样，有经验的工人和青年徒工也要搭配得当。自然，人员培训主要是在工作中取得经验，但已经证明，由公司举办诸如液压、电气和安全等方面的训练班是很有好处的。也有一些极好的机械培训学校可供焊接和发动机工人的培训。

虽然露天矿有很多维修工作必须在现场进行，但一种很好的方式依然是提供洁净舒适的车间，供组装发动机、齿轮箱、空压机、液压元件和各种电气元件。

很明显，负责监管一个作业的维修人员的技术熟练程度是极为重要的。为提高维修效率，维修经理应该和高级管理部门建立直接的联系，并且与开采经理有机地合作。

**10.1-4. 预防维修** 预防维修可以分成三个大的范畴，每个范畴都需要一种有效的计划。这三个范畴是：设备选择、记录保管、设备维护。

**设备选择** 实际上，预防维修在制造厂的绘图板上就开始了。如果所有机械设计工程师有机会用一年的时间从事于与他们工作有关的一般性机械的操作和维护，那是十分幸运的。这表明，应该有这样一种趋势，即制造厂和作业者在想法上进行更多



的磋商和交流。这确实是向正确方向前进的一个步骤，应进一步加以探索。

选择设备的第一步是指明设备的可能达到的生产能力，这必须来自开采者的需要。负责选择设备的人员应该有评价部件的可靠性，并以此对各台参加竞争的设备作出评价。露天矿设备，不论是动力传动件或结构件，都不应该使设计处于安全极限。

从用户来说，很希望在可能的地方把现场设备设计为可拆卸组装式的，这样，由于带有备用件，矿山开采者不仅能使机器较快运转而能减少生产损失，而且能在车间条件下组装全部部件。不难理解，这将在质量和数量上减少恶劣气候条件下的室外作业。这也将有助于使设备和部件保持高度的标准化——从库存观点看，是有价值的。

记录 一个有成效的工程和维修部门必须担负起记录的责任，包括设备的生产能力和维修数据。常常把这项工作委托给纯粹的办事部门去做，这是错误的，因为这种部门不甚明了记录的目的，结果会使计算文不对题或令人迷惑。而且一般办事系统通常总是倾向于把各种参数和作业的最后产品发生联系（如吨煤利润），而这在研究工程和维修时，会使人难以详细分析。例如，在露天煤矿开采中，从效率观点出发，由于剥采比的变化，剥离挖掘机对采多少煤本身关系较小。为取得良好分析数字，挖掘机的产量和维护费用必须与其剥离量发生联系。同样，台阶上的钻机必须和钻孔数量发生关系，而载重汽车的生产能力最好以吨-英里来衡量，而不是仅仅用吨表示。这些各自的记录很容易和矿山任何时候的最后产品联系起来，例如图 10.1-1 所表示的 100 吨汽车的记录。有关成本和生产能力的详细记录逐月都要加以保存，并在每年年终，将各个项目的全部数字，如吨位数，公里数，小时数等加以汇总。最好用这种十分准确、连续保存的记录对缺点进行分析，这种记录的价值要比所化费的费用高数倍。这种记录给修理和重新设计研究，以及对最大效率的适应性，提供了重要数据。费用高或延误多的部件可以被发现，并在重新设计

时给予专门的研究。常常由于没有记录，会在微不足道的金钱节约上花费大量的精力和时间，而且在某些本来很容易纠正的事情上花费钱财。

**设备维护** 这里要研究的问题之一是对那种使现有设备比原设计生产更多产品的努力给出一个限度。常常为增加10%的生产能力，维修费要增加50%。记录能用来对这些因素作出评价，当发生这种类似的情形时，应该向维修经理请教，并尊重他们的意见。

良好和始终如一的润滑对有效预防维修是绝对必要的。为了最大的利益，必须在组织内委派一名人员专门实施这项计划。如果现在有可靠的自动注油系统可供采用，就建议在可用之处采用它。而且经常会有更优质的新润滑剂供专门之用。一个有能力肯钻研的润滑工程师能使企业增加大量的利润。

设备的定期检查是又一个领域，在这一领域内由于能够在设备大破坏发生之前发现故障，从而能大量节约资金。随着设备的加大，这项工作显得更加重要了。进行良好记录，并推行详细的检查计划，就可能把设备维修安排在生产作业最方便的时候进行，这在很多情况下是可取的。把各种维修工作固定下来也是可取的，这样可使总生产时间损失保持最小。价值数百万美元的机器的停机时间，其损失是极其昂贵的。如汽车、推土机等较小型的设备并不安排每天24小时作业，它们的预防维修实际上大多可在闲暇的时间里进行。

**10.1-5. 故障维修** 在中等产量的露天矿内，故障维修可能包括各个方面，从斗齿更换到下落大剥离挖掘机的悬架或双梁悬架，以进行修理。曾经有过一次事故，损坏面很广，部件又很大，而且作业位置很高，以致必须在采场安装一台装配用起重机，以适应于各种部件的运搬。这台机器几周以后恢复作业。显而易见，一项十分重要的任务是以最恰当的效率组织人力和设备。能够做到的唯一方法是指派维修专家做骨干经常负责小故障处理，同时必须为现场主要工程配备足够的高水平人员。这些人

员把多数时间化费在车间、汽车修理间或较小设备的日常维护上。只有通过仔细挑选人员，并周密筹划组织体制，才能高效处理露天矿所需的各种维修任务。

除去维修人员外，还必须配备适用的作业工具和设备，其中包括手动工具、移动式电焊机和起重设备等。对于更大型的机械铲和吊斗铲，必须要有能力更大的大件处置设备，如60~100吨级的移动式起重机。这意味着，在较大型的矿山内，某些辅助设备的费用实际上超过了某些较小剥离设备的费用。详细估计各种辅助设备的能力和合理需要量，这是修理部门的一项重要职责。多数情况下，挖掘机本身就具有在维修时运搬和安放部件的动力功能（带有适当的吊钩）。

现场必然会有紧急或故障修理，但如前所述，在很多情况下是有可能事先把全部维修工作安排妥当的。工程中的所有细节（劳动力和设备）能够而且应当事先圆满而周密地加以规划。通过这种规划，就能以最小量的生产时间消耗完成令人吃惊的工作量。在剥离挖掘机的大量重复工程中，有一件是更换损坏了的铲斗。已经证明，保有铲斗备件，以进行整体更换，是符合需要的。这种工作方式通常是和现场的笨重设备相关联的。很容易看出，高效计划并具体执行每项工程是很重要的，因为一些较大型的设备，其生产能力的损失常常超过每小时300美元。

**10.1-6. 编制维修工程计划的关键路线法(CPM)** 对于大型的维修工作，甚至是一台新剥离机器的安装，许多工作可以同时进行。用关键路线法编制和实行整个工程，被证明是大有好处的。关键路线法就是一种用数学技巧控制状态的方法，状态本质上是连续的，其中许多事情可并行或同时进行。为阐明这点，请看使用关键路线法计划和实行65码<sup>3</sup>挖掘机大修工程的情形。第一步是画出一张网络图，即图10.1-2。工程中的每一项工作用一个箭头表示，箭尾表示工作的始点，箭端表示工作的终点。网络图中对每项工作的结构用回答以下三个问题来达到：

1. 紧接这项工作的前面是什么？

# 联合煤炭公司汉纳煤矿公司

100吨汽车-拖车费用分析  
1964年乔冶镇 12号矿

吨英里费用 分  
吨费用 元

小时费用 元

总费用的%  
费用

		1965年累计				第1页		
汽车和拖车		普来津特23号矿 8月						
拖拉机 发动机	拖胎(后轮) 传动装置 辅助设备 检验和加油车	维修费用		年内		累计		
		劳动力	供应品	延	误	劳动力	供应品	延
		632.54	1595.25	14:20		1699.00	5776.95	42:40
散热器	达	109.78		1:10		117.24	7.43	2:20
起动机	器	7.35				7.35		1:05
离合器	器	264.14	607.80	9:30		255.03	176.518	6:00
传动轴	装置	25.90	1874.36			1101.86	2844.11	15:25
前制动	器	87.44	184.45			195.39	200.73	2:45
传动轴	器	155.99	577.72	1:10		173.64	126.67	7:25
电气系统	线路	46.46				296.87	951.63	2:00
蓄电池	系统	13.66	44.79			123.64	126.67	7:25
前后轮胎	胎	238.81	5670.40	5:45		1151.62	24597.22	20:20
后轮簧	胎	46.42				144.68	157.28	1:00
驾驶室	系统	31.60	131.25	1:40		3299.54	627.58	21:30
液压系统	系统	35.34	94.04			40.62	94.04	
加润滑油	系统		621.52	25		72.25	621.52	:25
辅助油	系统		68.30			49.51	44.74	
润滑油	系统		30.84			26.54	155.65	
起动机	达	28.51				96.38	248.76	1:15
前簧	胎					303.44	246.33	8:15



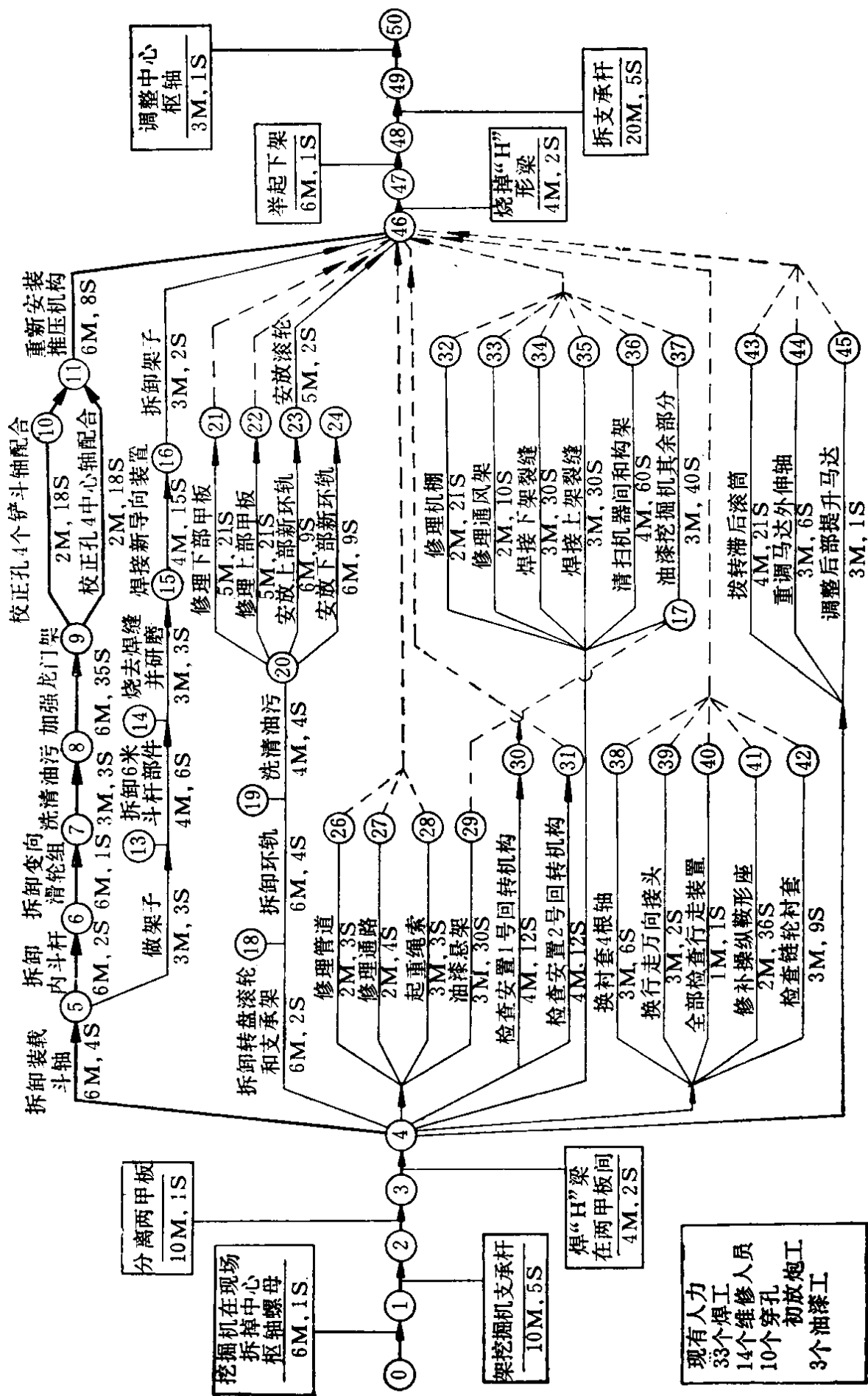


图 10.1-2 “登山者”挖掘机的关键线路维修网络图

2. 紧接这项工作的后面是什么?
3. 和这项工作同时进行的是什么?

图中每项工作用数字表示。每项工作的估计时间（以8小时的班数计算）和所需劳动力分别用S和M表示在箭头的下面。各项工作的全部相互关系都表示出来了。例如：工作13直到工作5完成后才能开始，从工作5、18或16等到45可平行作业。虚箭头（破折线）表示零工作时间，它们必须包括进来，以把图联成一气。注意：工作39和37是因油漆劳动力的限制而联接起来的。分析该图表，可以看出关键线路上的工作是1—12和46—49。图10.1-2上已着重指明了这条线路。显然，整个工程的劳动力需要可作某些调整，即把一些劳动力抽出来用于其他设备的紧急维修。还可以十分有益地指出，当工程进展中需要对计划进行修改而作重新计算时，可在关键路线法中很便利地使用计算机。自然，这在非常庞大而复杂的维修结构工作中，将会得到更广泛的应用。

## 10.2

### 设备的使用和利用率

J.J. 申斯\*

10.2-1. **设备安排** 在土方作业中，设备安排所能得到或失去的利润，比工程中任何单一方面都要多。如果按高效低成本安排设备计划，则许多目前行将倒闭的土方作业者就能从面临的成本和利润压力下解脱出来。

理想的计划应当使每台设备在全部时间内都作业。实际上由于许多明显的原因，主要是机械条件、作业条件和人的本能，不可能产生这种理想的情形。有成本意识的组织力图在作业日内使多台设备保持有效作业。为提高作业效率，要求以最少设备在规定期限内移运预定的采掘量。也意味着在挖掘机-汽车作业中，安排最少的挖掘机和汽车班数去挖掘所需的物料，并将之运到选矿厂或废石场。为实现这个目的，经营者必须按照选矿厂，剥采比和采矿计划等要求，以预先确定的产量进行作业。为此可按每小时、每月、每年出产的吨数或码数安排生产，但最终必须转换为每台机器完成的吨数或码<sup>3</sup>数。关于这一点，读者可以参考第八、九两篇装载和运输的内容。

设备之趋于更大型化和更高速化，使得价值更加昂贵，这就要求经营者尽可能考虑每周7天的全日工作制。有些地区，7天作业可能并不经济可行，因为星期天要付加班费。矿山劳动合同一般签订为周末工作不付加班费。这时作这样安排是可能的，而且常常是合乎需要的。

夜班作业的反对者会提出效率降低和合同中支付夜班补助的问题(第二班每小时2~5美分，第三班每小时10~20美分)。作

\* 亚利桑那州，萨休里塔，美国熔炼公司派出单位助理总管理。



为次要问题，上述情况可予考虑，但经验证明，经济收益比上述夜班遇到的问题更有道理。其基础是加速折旧，而且更重要的是削减设备资金支付。显然，为装运X吨物料，每天三个8小时班作业所需要的设备只及每天一个8小时作业班时的1/3。

**例 10.2-1.**

假定一个矿，日产量为100000吨，采用10码<sup>3</sup>挖掘机，每台班产量10000吨，并采用60吨的汽车，每班运输量1000吨，（考虑标准利用率，80%），按每天一个8小时班作业需要挖掘机13台， $[(100000 \div 10000) / 80\% = 12.5$ 台]，汽车125台 $[(100000 \div 1000) / 80\% = 125$ 台]，所需投资如下：

13台挖掘机(单价500000美元) = 6500000美元

125台汽车(单价100000美元) = 12500000美元

---

合计 = 19000000美元

若按每天三班作业，需要5台挖掘机和42台汽车，费用为

5台挖掘机(单价500000美元) = 2500000美元

42台汽车(单价100000美元) = 4200000美元

---

合计 = 6700000美元

这是一个十分简单的例子，但很好地表明了资金支出的差别，意义重大，证明连续作业比“息班”作业中的许多问题更加有利。

另一个重要的考虑是避免安排设备过多，因为这有损于设备效率和经营者的期望，最终反映出高作业费用。各台设备越大，小时作业费和设备费就越高，其结果是因设备过多而造成更大的损失。

安排设备的几种基本方法如下，这些方法可有许多小的改变：

1. 选用设备最少，所有项目或设备按每作业班安排。

这种实践在每天一班、每周5或6天作业的低产量作业中可普遍找到。这样计划，其成功依赖于在非作业班安排设备维修。倘若设备发生故障，进行修理，作业组从旁等待(或让其回家)。由于要向作业小组支付等待费，加上辅助设备的待置费（即汽车