

〔苏联〕M.B.瓦西里也夫等 著

李长宝 崔振祿 杜永錫 譯

露天矿 倾斜提升机

中国工业出版社

露天矿倾斜提升机

M. B. 瓦西里也夫

〔苏联〕B. B. 法捷耶夫 著

B. C. 霍赫良柯夫

李长宝 崔振祿 杜永錫 譯

中国工业出版社

本书阐述了露天矿用的运输机、箕斗和汽车提升机。研究提升机的结构和采用上述提升机时矿山工程发展特点，提升机的计算及其在露天矿的使用远景。

本书可供煤矿和金属矿工程技术人员和高等矿业院校学生参考。

М.В.Васильев, Б.В.Фаддеев, В.С.Хохряков
НАКЛОННЫЕ ПОДЪЕМНИКИ НА КАРЬЕРАХ
Госгортехиздат Москва 1962

* * *
露天矿倾斜提升机
李长宝 崔振祿 杜永錫 译

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑（北京市市口71号）

中国工业出版社出版（北京市朝内大街10号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $4^{1/8}$ ·插页1·字数114,000

1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷

印数0001—1340·定价（科五）0.70元

*
统一书号：15165·3874（冶金-610）

序 言

采矿工业的发展程度是国家工业潜力的主要标志之一。冶金、煤炭、化学工业、建筑工业和国民经济一些其它部门取得的成就，都与采矿工业的不断发展分不开。

今后发展采矿工业的主要任务是增加开采强度，提高劳动生产率，降低采矿成本并创造安全的采矿工作条件。解决这些问题应尽量广泛地采用露天法开采，它是矿床开采的最有效的方法。

采矿工业近 20 年的主要发展方向是采用露天法开采有用矿物。

除了建设新的大型露天矿以外，还将改建生产矿山，以增加它们的生产能力：增加露天采矿场的尺寸，首先是增加其深度。随着露天采矿场的加深，在许多情况下需要改变原来的矿岩往地表的运输方法，因为原来的运输形式不能保证露天矿必要的生产能力。为此，必须寻求从深露天矿中往外运输有用矿物效率高而又经济的方法。解决这个问题是利用各种形式的倾斜的或垂直的露天矿提升机。

对现代提升机提出最主要的要求是：保证具有规定的生产能力；向地表不间断地运输矿岩；提升设备和机械的基建投资小；提升设备能很快地装配和安装。在必要时还要采用移动式设备，以及提升过程自动化。

目前在苏联的露天矿中还没有广泛地应用提升机。今后随着开采深度的增加，不仅需要，而且不可避免地一定要采用提升机。

本书第一次系统地总结了国内外实际资料和有关箕斗、运输机、汽车和在露天矿所遇到的其它形式提升机的文献。

第一和第四章是技术科学博士 M.B. 瓦西里也夫编写的；第二章是技术科学硕士 E.B. 法捷耶夫编写的；第三章是技术科学硕士 B.C. 霍赫良柯夫和 E.A. 诺绥列夫编写的。

目 录

序 言

第一章 概述	1
1 在深露天矿中开采有用矿物	1
2 深露天矿矿岩运输特点	4
3 现有倾斜提升机的形式	6
4 各种形式倾斜提升机的优缺点	15
5 露天矿使用倾斜提升机的条件和远景	18
第二章 提升运输机	22
1 概述	22
2 提升运输机的设备	29
3 装载站的设备	41
4 提升运输机的主要计算	58
第三章 箕斗提升机	70
1 概述	70
2 露天矿合理使用箕斗提升机的条件和范围	71
3 露天矿箕斗提升机的构造	76
4 露天矿箕斗提升机的计算	85
5 使用箕斗提升机的露天矿开拓	99
6 使用箕斗提升机的矿床开采方式	106
第四章 汽车提升机	112
1 概述	112
2 汽车提升机的基本参数和设备的主要特点	116
3 汽车提升机的结构	123
4 露天矿汽车提升机的计算	129
5 汽车提升机的技术经济效益	139
6 汽车提升机的开拓和采矿法	144
7 汽车提升机的使用条件及其优缺点	148

第一章 概 述

1. 在深露天矿中开采有用矿物

采用較大型的灵活的能保証連續开采和移动式装运設備，可以促使露天开采的深度增加，并且可以用露天法开采深水平的有用矿物。

在露天开采技术发展的現阶段，当采矿技术条件适宜时，从技术經濟合理性来看，用露天法开采的深度可达 700~800 米或更大些。

近几年来，一些設計机关編制出某些金属矿和煤矿設計的开采深度如下：

西巴耶夫銅矿	430 米
尼古拉耶夫銅矿	400 米
卡拉加依林多金属矿	330 米
英古列茨鉄矿	300 米
柯尔金煤矿	450 米
巴热諾夫石棉矿	680 米
卡恰尔鉄矿	720 米

增加开采深度，不可避免地要影响到露天矿其它参数的增加。露天矿延深必然要引起大量扩帮，它不仅取决于阶段坡面角，而且还取决于工作平台的宽度。露天矿的平面尺寸随阶段高度减少、阶段坡面角变緩以及工作平台宽度加大而增加，因而，将使总基建工程和剝离工作量增加。开采单位体积或单位重量有用矿物需要剝离的废石量，是确定露天开采工作經濟性和合理性的决定因素。因此，当用露天法开采时，为了能达到最大开采深度，必須力求减少剝离工作量，从而要尽量縮小露天矿的境界。

但是，縮小露天矿的境界将受到一定的限制。根据岩石物理

机械性质、矿床埋藏条件，所采用的矿山运输设备和采矿工作的安全性，当用单斗电铲装车时，一般规定阶段高度要小于12~15米，很少采用20米；当用多斗电铲装车时采用35~40米。选择工作平台宽度时，应考虑所采用电铲的尺寸、露天矿的运输形式和穿孔爆破作业参数，所采用的尺寸不能小于工作平台最小允许宽度，一般在硬岩中为30~80米，而当用多斗电铲开采软岩时，要求工作平台宽度为80~100米或更大些。

阶段坡面角在很大程度上影响了露天矿境界大小。阶段坡面角取决于岩石或有用矿物的性质、阶段高度、工作面布置与岩石层理的关系以及岩石裂隙性等因素。大多数岩石的阶段坡面角不大于35~40°，而中硬岩石的阶段坡面角为45~60°，仅在坚硬整体的岩石中，阶段坡面角才可以采取70~75°。阶段最终坡面角一般采取30~65°。

考虑上述采矿作业构成要素的特点后，即可确定阶段工作坡面角和露天开采结束时的最终边坡角。

B. B. 里热夫斯基建议采用的露天采矿场工作帮和非工作帮坡面角的数值列于表1。

表 1

露天采矿场边帮	岩 石	帮坡角, 度
工作帮	硬岩	18~25
	一般条件的不坚硬岩石	18~20
	难疏干的砂质-粘土岩石	10~15
非工作帮	硬岩	35~50
	一般条件的不坚硬岩石	25~35
	难疏干的砂质-粘土岩石	18~25

除了前述一般情况以外，还有许多因素也严重地影响露天矿境界的大小，如矿石在工作面是否要分采和中和，有用矿物的损失和贫化，各水平的开采年限，岩石和有用矿物性质和产状的变化，气候条件，采用参数不同的新设备以及许多不同的地区性条

件。这些都要求对一般采用的采矿工作要素作某些修正。

当开采終了时，露天矿底部最小尺寸具有重要意义。露天矿底部最小允许宽度取决于有用矿物的装载方法。当用电铲装载时，露天矿底部宽度应当大于18~20米。但是，在确定露天矿境界和决定露天开采经济因素的基建工程量和剥岩量时，所采用的矿床开拓方法和岩石及有用矿物的运输形式都具有决定性的意义。一般不需要为布置运输线路补充扩帮。仅在稳定边坡角小于 $25\sim 30^\circ$ 时，才能在边帮上布置运输平台和基本沟，而不需补充扩帮。

边坡是否要补充扩帮取决于所采用的运输形式。各种运输形式所允许的坡度，影响运输线路的长度，因而也就决定了基本沟的长度。

各种运输形式的限制坡度(%)①如下：

宽轨铁路运输用蒸汽机车牵引	25
宽轨铁路运输用内燃机车牵引	30~35
宽轨铁路运输用电机车牵引	40
用柴油自卸汽车的汽车运输	80~100
带柴油电动机的自卸无轨电车	140~150
运输机	300~320

根据这些指标可以看出，汽车运输比电机车牵引铁路运输的线路长度短一半，而运输机运输时的线路长度又仅为汽车运输时的四分之一。

减少运输线路长度，除了能减少基建工程量和剥离工作量以外，还能减少向地表运输矿岩的费用。例如，在铁路运输的深露天矿中，这部分费用占一吨矿岩总费用的50~60%，有时甚至达到70%。

因此，为了减少基建投资和经营费，在深露天矿中开采有用矿物时，应力求采用能缩短运输线路长度的运输方式，或采用特

① 原文模印为%——译者。

特殊运输设备，这些特殊设备可以保证矿岩由露天矿内以最短的距离运至地表，当从深露天矿中把开采的矿岩直接运出来很困难且费用昂贵时，可以使用倾斜或垂直的提升设备作为特殊设备。

2. 深露天矿矿岩运输特点

露天矿深度的增加，不可避免地将使运输线路延长，致使由下部水平到地表的运输距离增加。此外，深度增加使露天矿深部的平面尺寸缩小，并使回采运输工作复杂化，特别是在分采时。

对某几种运输形式（铁路或汽车运输），由于随着开采深度的增加，运输线路长度增加，致使车辆循环时间也显著地增加，而使露天矿的生产能力降低，需要的运输设备数量加多。所有这些都使以上几种运输形式用于深露天矿时效率低且不经济。

最近，当仅用一种运输形式不能完全解决经济地开采矿床的问题时，采用两种或数种联合运输形式，用提升设备（倾斜提升机）将采出的矿岩运到地表。采用联合运输方式可以降低运输费用和开采矿岩的费用，同时还可以减少劳动量、金属量和运输的电耗量。但是，联合运输方式由于要采用两种或多种形式的运输设备，因而使管理、修理和维护工作复杂化，并且由于设有矿石转运站，而使工艺过程复杂化。但是，若在运输系统中包括提升机，就可以达到使用联合运输的经济效果，它可以在需要少量运输设备的情况下，经最短的距离，用最少的时间将采出矿岩运到地表。

联合运输形式一般是由三个环节组成的：第一，露天矿内部运输；第二，倾斜提升机提升；第三，露天矿外部运输。

露天矿内部运输是直接为采矿场内工作的采装设备服务的，并且是集中运输，用于向提升机的受矿站运输岩石和有用矿物。倾斜提升机用于把矿岩提升到地表。可以用工作面使用的运输设备来提升，也可以用专门的提升容器来提升。

因为某些设备要移动，因此运输大块货载（硬岩和重的矿石）不合适，这时，在露天采矿场下部各水平提升机的受矿站处

設置好的專門的破碎設備上，預先破碎礦岩。

露天礦外部運輸是為了把由提升機提升上來的礦岩從露天礦的邊緣運到卸載點：選礦廠或貯礦場。

在兩個環節的運輸方式中，露天採礦場內部用一種運輸形式，把礦岩從露天採礦場內運到地表用另一種運輸形式，實際上沒有第三個運輸環節，因為這時提升機把運輸的貨載直接卸到設在露天礦邊緣附近的選礦設備的受礦槽內。

深露天礦內部運輸最常用的形式是汽車運輸，很少採用拖拉機運輸。這兩種運輸形式都有很好的靈活性、機動性，以及在狹窄工作空間內高速度工作的適應性，在礦體產狀複雜，要求礦石分采和中和的情況下，它們最適合於用在開采下部平面尺寸很小的水平。在這種條件下採用雙軸自卸汽車或特殊軸距短的汽車，以及後卸式半拖車最合理。在工作綫和運輸距離相當長時，採用側卸式半拖車合理。

露天採礦場內部運輸還可使用帶式運輸機，但僅在岩石軟或運輸礦岩的塊度不大，工作綫很直，以及所運有用礦物不需要分采時才可以使用。寬軌鐵路運輸，因為允許的坡度小，要求的曲綫半徑大，移道工作複雜，需要很長的裝載工作綫，因而很不靈活，使用的可能性很小。在聯合運輸中使用它不适宜。

在地表可採用各種運輸方式。一般來說，如果提升和露天礦內部運輸用一種運輸容器時，在地表也用該種運輸容器。地表運輸距離很長時，照例要用鐵路運輸。

在深露天礦中用聯合運輸的條件下，傾斜提升機可以：

保持露天礦的生產能力和延深速度；

使扩帮量減少，這樣可大大減少必須剝離的廢石和壟溝的基建工程量；

使由工作面裝載處到卸載處運送岩石和有用礦物所需運輸設備的數量減少，並且縮短了把它們運到地表的時間。這在大多數情況下，都降低了基建投資和經營費；

在露天礦深水平，由於可以採用機動的運輸設備，能保證分

采、矿石中和、混匀及很好的采完矿床。

在联合运输系统中，倾斜提升机应该是最迅速的、生产能力最大的环节，它在底部和上部车场应保证连续不断地接受和通过运输设备。

3. 现有倾斜提升机的形式

尽量使提升机装载站的服务时间较长是使用所有各种提升机的条件，因为，对现有的提升机来说，移动下部车场和延深矿山工程使组织工作相当困难，并使其工作间断。

如果开采深度很深，运输长度增加到使采场所使用的运输设备变得过分昂贵或在下部水平布置入车沟很困难，则露天矿中使用提升机才是合理的。

倾斜提升机有钢丝绳提升机，提升运输机和汽车提升机等几种形式。

钢丝绳提升机又可分为有台车和无台车的两种，无台车的提升机又分箕斗、无极绳、无极绳和串车卡机等几种。无台车提升机用矿车或专门的容器（箕斗）沿轨道运输矿岩。

台车提升机和钢丝绳-机车提升机都是沿轨道运行的。当用台车提升机时，矿车或汽车在台车上提升。

提升运输机和现在露天矿中很少使用的机车齿条提升机，属于没有牵引装置（钢丝绳和卷扬机）的提升机。

提升运输机可用提升角度不大的普通皮带和允许提升角度陡的特殊型式的皮带（有凸起的，有上部夹紧皮带或压紧网的等等）。

汽车提升机是靠车辆自行或靠外加牵引装置运送汽车和无轨电车。汽车沿混凝土路运行。机车齿条提升机的车辆沿轨道运行。

倾斜提升机的技术性能列于表2。

根据提升机的构造，牵引机构和传动机构的特点，各种提升机允许的提升角度不同。因而，它们在露天矿中的合理使用深度

也不同。

表 2

指 标	提 升 机				
	箕 斗	运 输 机	汽 车	提升矿车和自卸汽车的台车	铁 路 卡 车
运输方法	周期的	连续的	周期的	周期的	周期的
牵引装置	卷扬机	自身传动	自身传动或卷扬机	卷扬机	卷扬机
提升货载的设备	箕斗	运输皮带	自卸汽车或无轨电车	矿车或自卸汽车	矿车
提升机和露天矿边帮的布置关系	垂直	垂直或斜交	垂直或斜交	垂直	斜交
线路	轨道	运输机基础	混凝土路	轨道	轨道
上部和下部转运站	有	有和没有	没有	没有	没有
运输货载的性质	任意块度和重量	限制块度	任意块度	任意块度	任意块度
载重量, 吨	小于50	—	小于50~75	小于50~60 (不包括台车重)	450~500 (列车重)
提升设备的运行速度, 米/秒	8~10	2~4	4~5	6~8	1.5~2
提升高度, 米	400~700	100~250	100~150	200~500	100~150
提升机的生产能力, 万吨/年	500~1200	200~450	150~300	300~600	700~1000

露天矿使用的各种提升机的型式列于表 3。

表 3

提 升 机	允许提升角度 度	合理使用深度 米
箕斗	45~60	≥250
运输机:		
用普通皮带	14~18	≥ 80~100
用特殊皮带	35~45	≥ 80~100
汽车:		
自卸汽车	25~30	80~250
无轨电车	15	100~150
台车:		
汽车和矿车	40~45	≥150~200
钢丝绳串车卡机	8~16	≥100~150
无极绳	7~11	≥100~150
機車齒条	4~6	50~150

箕斗提升机（图1）一般和露天采矿场内部汽车运输联合使用。在地表，箕斗往受矿仓中卸载，然后再转装到露天采矿场外部运输设备中，在露天采矿场外部，主要用铁路运输，很少用汽车和运输机运输（破碎后）。

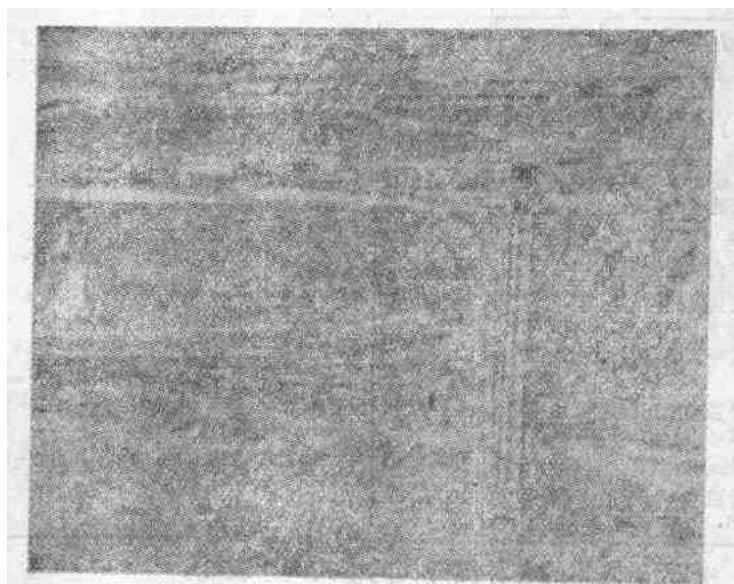


图1 加拿大斯提普-罗克克矿区霍加特露天矿的箕斗提升机

在同时提升矿石和废石时，地表的受矿仓设有两个隔间。

美国、加拿大和墨西哥开采金属矿床时采用箕斗提升机，其箕斗载重量为30~40吨，箕斗运行速度达7~10米/秒甚至更大些。目前在明尼苏达州（美国）的《南-艾纽》露天铁矿用倾斜箕斗提升机提升（图2），箕斗载重量为20吨；《什列依》和《怀特赛德》采用载重15吨的箕斗，《莫尔顿》采用载重34吨的箕斗。加拿大^①《马尔莫腊》露天铁矿采用两台箕斗载重量为24吨的提升设备。墨西哥《康纳内亚》露天矿采用载重40吨的箕斗。中

① 原书误为美国，马尔莫腊铁矿应是加拿大的铁矿——译者。

美国抚顺露天煤矿在很久以前就采用两台箕斗提升机，其箕斗载重量分别为 25 吨和 28 吨。

箕斗设备可以是单绳的，多绳的和滑轮的等三种。

采用箕斗的主要结构有两种：在卸载曲轨上翻轉箕斗架和箕斗箱，或仅使箕斗箱对其箕斗架翻轉。此外，还采用后卸式和底卸式的箕斗。

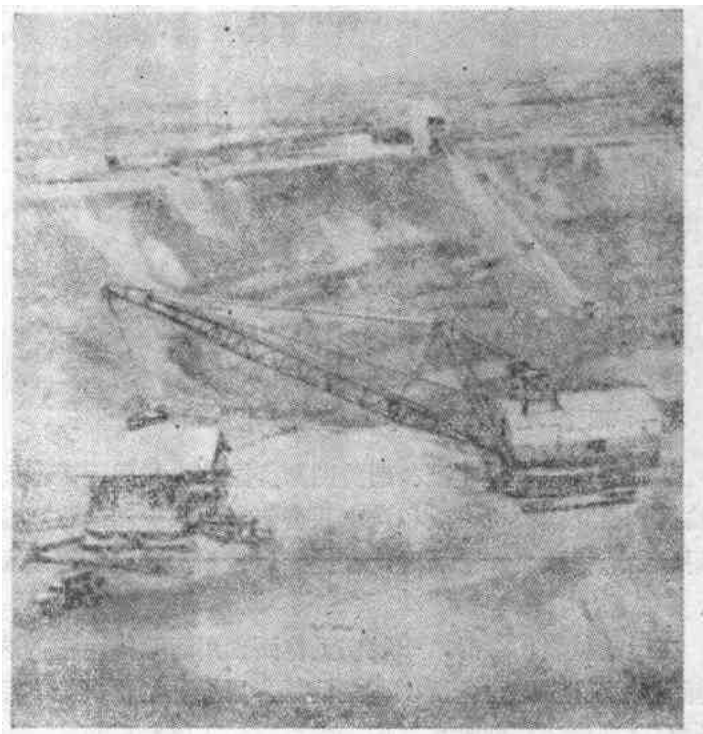


图 2 美国《南-艾紐》露天矿的箕斗提升机

装箕斗可用計量装置，也可以不用計量装置由自卸汽車直接向箕斗装岩石。这种情况下，箕斗和自卸汽車的容积相等（图 3）。

使用直径 60 毫米的标准鋼绳时，傾斜提升机的最大有效載重量为 50 吨（提升机道傾角小于 45° ，提升高度小于 500 米）。

箕斗提升机的年生产能力可达 600~700 万吨。

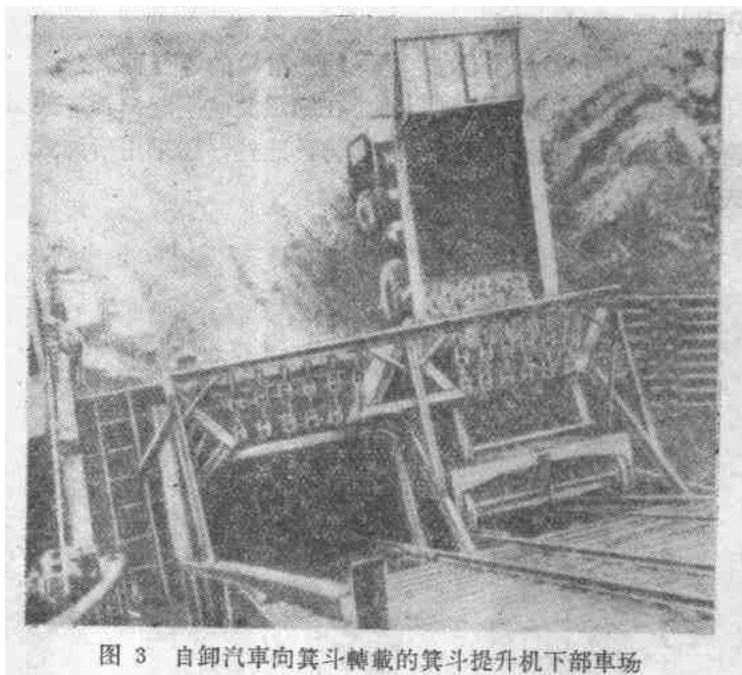


图 3 自卸汽车向箕斗转载的箕斗提升机下部车场

苏联露天煤矿，非洲、南美洲和美国的金属露天矿都用提升运输机。提升运输机一般和汽车联合使用，很少和铁路运输联合使用。当运输硬岩和矿石时，在把矿岩装到运输机前必须预先破碎。

在运输软岩和煤时，一般在工作面也用运输机运输，这时因为转运站没有破碎设备所以非常简单。用提升运输机把有用矿物和岩石运到地表，卸到矿仓中，然后再装入铁路矿车。

从工作面到排土场用皮带运输机（包括提升机）运废石是最合理的运输方式。同时还用皮带运输机排土，它使运输、排土作业简化且费用降低。

美国普遍采用每节长度小于 450 米（图 4）的提升运输机运矿石，采用每节长度小于 700 米的提升运输机运煤。当运输原矿和硬岩时，运输机的倾角一般采用 $13\sim 16^\circ$ ，运输原煤时则采用

15~19°。运输矿岩的块度可达350~400毫米。皮带的运行速度一般不超过3米/秒（很少达4米/秒）。运输机皮带宽度为760~2500毫米。



图4 美国《阿尔克图斯》露天矿 440米长的提升运输机

智利的一个铜矿采用皮带宽度为1500毫米的倾斜皮带运输机，每小时运输矿石量为5500吨。

德意志民主共和国的露天煤矿采用大型斗轮式电铲剥岩时，提升运输机的生产能力可达3000米³/时，或者还大些。

最近西德的露天矿开始广泛使用有特殊皮带的提升机，皮带上凸起、筋条、槽纹皮带的运输机以及带有夹紧皮带的运输机。如《拜谢利格鲁别》露天矿的运输机带有1000毫米宽的夹紧皮带，皮带的运行速度为4米/秒，当倾角为36°时，生产能力为1440米³/时（图5）。

汽车提升机还没有得到像箕斗和提升运输机那样广泛的应用。但由于在深露天矿中使用汽车运输，所以在深度超过80~100米后，使用汽车提升机就可能是合理的。

当使用汽车钢绳提升机时，使用卷扬机提升重载自卸汽车和
下放空载自卸汽车。仅在坡度不大时，才能用自卸汽车本身的发

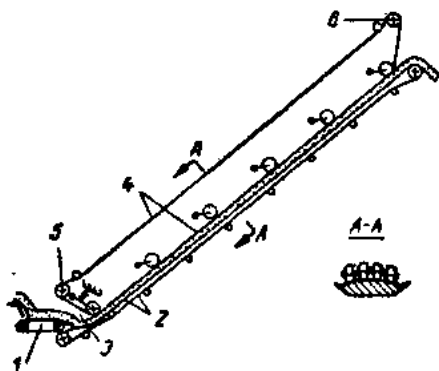


图 5 大倾角提升运输机的构造原理
示意图

- 1—皮带给矿机； 2—重载端皮带； 3—转运站；
4—夹紧皮带； 5—张紧皮带滚； 6—传动滚筒

动机来提升。上述两种
情况下，下放空载自卸
汽车和上提重载自卸汽
车的自重是平衡的。

无轨电车钢绳提升
机是利用无轨电车本身
的发动机来提升在钢绳
重载端的无轨电车。

无轨电车的发动机
是用提升机道上边的架
线网路供电。

用卷扬机提升的汽
车提升机，能在倾角为
25~30°的坡度上工作，

不能采用大坡道提升以免矿岩从自卸汽车车厢中洒出。汽车和无
轨电车提升机当用本身的发动机工作时，路面和车轮的粘着条件
确定了提升的限制坡度，故提升坡度不能超过14~15°。

台车提升机（图6）是从露天采矿场内向地表提升、或从地
表向露天采矿场下放单个的矿车或自卸汽车。提升容器是一个
特殊的台车，在台车上停放矿车或自卸汽车。台车提升机采用两
种形式：单钩的和双钩的。一般单钩提升机（带配重）设有双面
车场，而双钩提升机则有单面和双面两种形式的车场。当用台车
提升时，既可在最下部水平也可在中間各水平提升、下放矿车和
汽车。线路坡度为40~45°。在深露天矿中垂直提升高度可达500
米，在提升高度为120~150米时，采用台车提升机是合理的。
提升矿车和汽车的载重量为50~60吨。

在美国和瑞典都采用台车提升机。瑞典的《基鲁纳》露天矿
用罐笼提升载重50吨的铁路矿车，提升高度为70米。