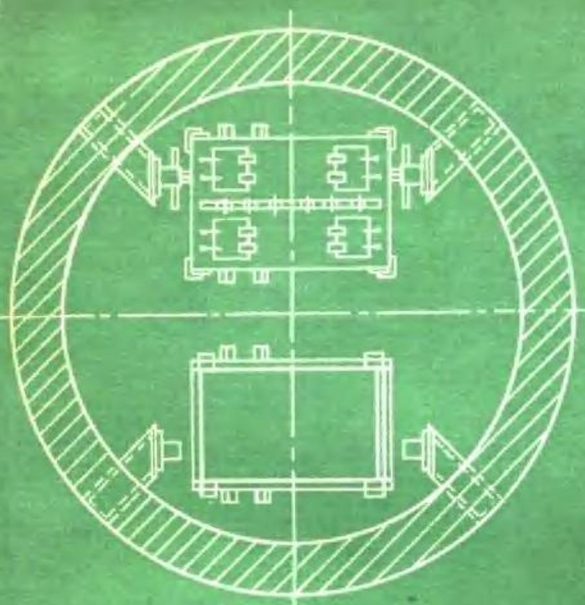


现代提升设备



〔波〕亚历山大·卡尔盖

煤炭工业出版社

现代提升设备

〔波〕 亚历山大·卡尔盖

严 万 生 译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书叙述现代提升设备及其部件，例如提升机和它的元件，提升容器和连接装置，钢丝绳，罐道以及井塔。同时讲述了悬挂和更换钢丝绳的方法。

本书供矿山主管提升技术人员和提升设备设计人员之用，也可做为矿院学生的参考。

责任编辑：李 秀 荣

DR INŻ. ALEKSANDER KARGE
NOWOCZESNE
URZĄDZENIA WYCIĄGOWE
(Wydanie 1)

Wydawnictwo "Śląsk" Katowice 1977

*

现 代 提 升 设 备

〔波〕 亚历山大·卡尔盖
严 万 生 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 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $7^{3/4}$

字数 202 千字 印数 1—7,020

1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷

书号 15035·2558 定价 1.00 元

译 者 序

为适应矿井深度日益增加和向大型化集中化生产发展的需要, 矿井提升设备有了很大发展。本书介绍了波兰和部分采矿业发达国家大型提升设备的概况和主要技术数据。对提升机主要部件以及提升系统各环节的装备, 特别是对井筒装备、钢丝绳罐道的偏摆、多绳提升钢丝绳张力平衡、提升容器、井塔以及井塔过卷保护装置等做了较详细论述, 提出了矿井提升方面一些方向性的问题, 内容比较丰富, 基本上反映了现代提升设备的概貌。为了较完善地反映现代提升设备发展状况, 译者在忠于原著的基础上, 增加了收集到的一些有关现代提升设备的资料, 对原著中叙述深度不够的一些问题, 做了适当补充。如南非辅助提升装置, 多绳提升钢丝绳张力测定, 大型提升容器, 箕斗装载及计量等。对原著中不清楚的附图以及个别叙述不确切的地方做了少量删节。文中【 】中的内容是译者补充的。

由于译者水平有限, 收集到的资料不多, 错误在所难免, 请读者批评指正。

1982年7月

目 录

第一章 提升的现代化	1
第一节 主提升	1
第二节 辅助提升	33
第二章 提升机及其部件	42
第一节 提升机	42
第二节 提升机的传动	51
第三节 齿轮减速器	58
第四节 摩擦轮与导向轮	63
第五节 制动器 (闸)	68
第三章 钢丝绳	76
第一节 提升钢丝绳载荷和使用寿命	76
第二节 提升钢丝绳的结构	79
第三节 提升钢丝绳的选择	85
第四节 平衡钢丝绳	93
第五节 罐道绳和防撞绳	95
第六节 钢丝绳的维护与检验	96
第四章 连接装置	100
第一节 提升钢丝绳连接装置的结构	100
第二节 多绳提升钢丝绳张力的检验和长度的调整	111
第三节 平衡绳的连接装置	118
第四节 钢丝绳静防滑条件和多绳连接装置工作条件	121
第五节 钢丝绳动载荷的防滑条件	125
第五章 提升容器	129
第一节 立井提升容器的种类	129
第二节 容器构造	133
第六章 提升容器罐道	147
第一节 刚性罐道	147
第二节 钢丝绳罐道	156

第三节	井筒装备的空气动力阻力	169
第七章	井塔（架）	173
第一节	井塔（架）结构	173
第二节	井塔装备	180
第三节	井塔的建设和材料	188
第八章	箕斗装载设备	201
第一节	箕斗装载系统	201
第二节	计量装置	207
第三节	平衡煤仓	210
第四节	设计箕斗装载系统应注意的问题	217
第九章	钢丝绳的更换和悬挂	219

第一章 提升的现代化

第一节 主 提 升

标志采矿业进步的基本因素是生产的强化和集中化。为此，矿井开采范围要小，生产水平要少。每一水平的生产能力是很大的。目前，一般超过日产5000吨，甚至达到15000吨/日。这种状况，以及开采深度的加大，直接关系到运输设备的发展方向，特别是立井提升设备。立井提升是矿井生产的基本环节，是影响矿井技术经济指标的重要因素。

甚至可以这样说，在矿井和立井提升设备之间存在有机联系。正如A.克立赫在其著作中指出的，立井提升能力，在近几百年的采矿史上，限制了矿井的大小和它的生产能力。采用新的、高效率的立井提升设备后，矿井生产能力才可能增长。

现代立井提升任务，可归纳以下几项：

- 由井下水平提升大量矿石、煤炭；
- 运送人员；
- 提升矸石；
- 运送大尺寸和重的井下生产用工具设备；
- 运送材料。

在波兰，矿井深度平均约600米，其中最深井可达1000米。而正在设计矿井的提升高度到1100米。在世界，运行中的提升井最深已达2394米（南非），分段提升的可达3660米。

安装有提升装置的井筒还要担负其他任务——主要作为通风井。矿井井筒断面的大小和数量，主要取决于这两项任务——通风和提升。浅的金属矿井或低沼气矿井，需要空气量较少，井筒的大小主要取决于提升系统的布置。然而在沼气矿井，特别是在深井，为了通风目的需要空气量很大，井筒断面和数量都大，提

升设备可以任意布置。

目前，立井提升要求集中化、专用化和强化，其结果是要求有独立的井筒和提升设备分别完成专门任务。在设计矿井时，一个井筒只有一套提升设备可完成主提升（提升煤或矿石）任务，正常情况为箕斗井。另外设计有矸石提升设备，材料提升设备，有时还设计有大尺寸工具设备的提升设备。

解决运送人员的依据，是要保证升降人员的时间不超过20分钟。工作人员到达工作地点不应疲劳，时间尽量短，为此采用多井口运送人员。

作为现代化提升的例子，表1.1给出波兰7月一宣言矿的提升系统。在矿区工业广场有四个井筒。一号井为主提升井，有两套提升设备，每一设备提升载荷为20吨。图1.1为该井筒装备的提升机。采用两套箕斗提升，是由于计划两个水平出煤。箕斗的结

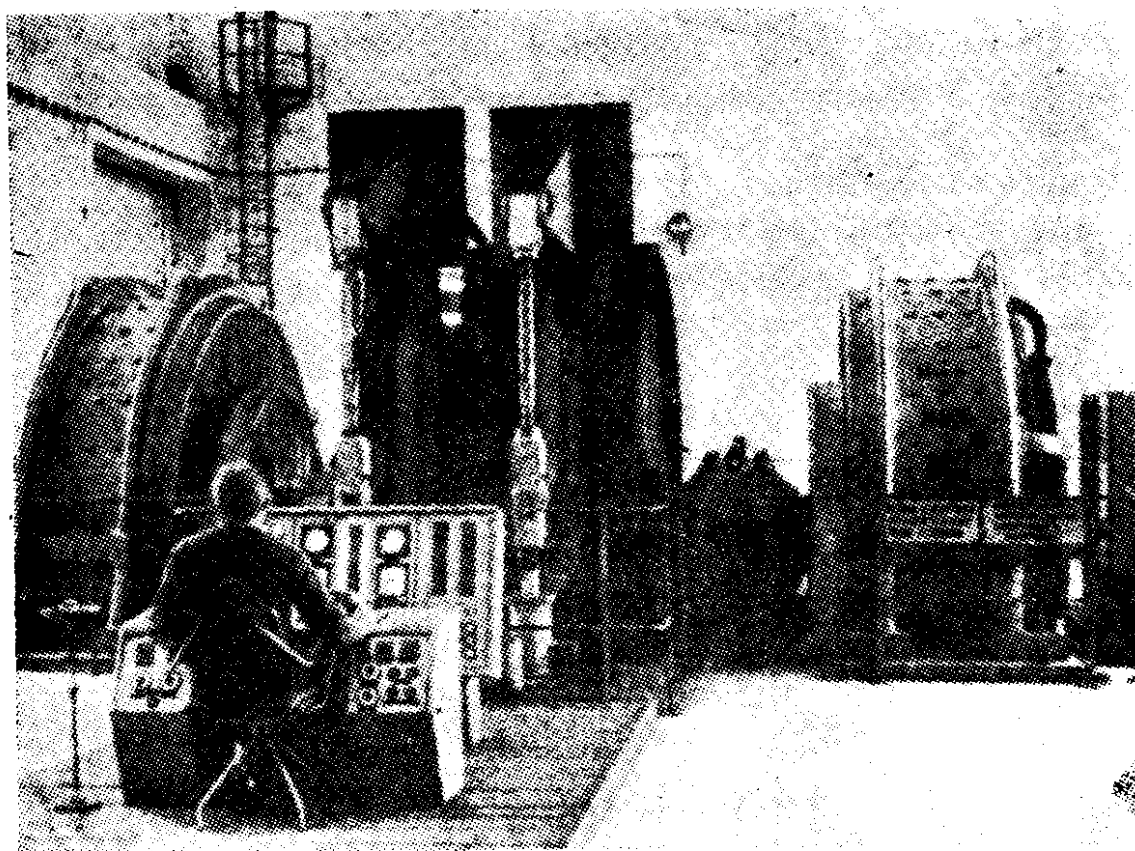


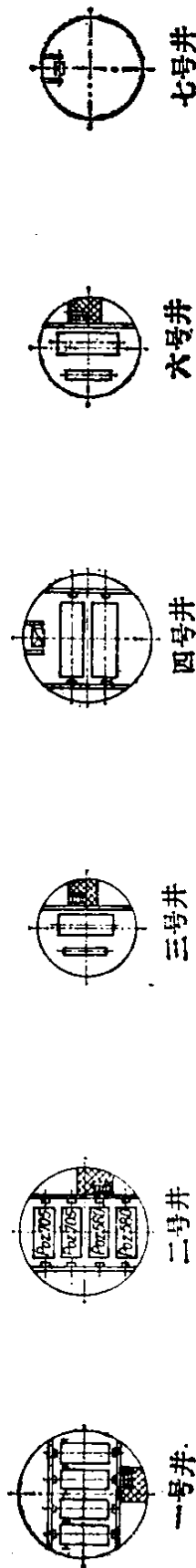
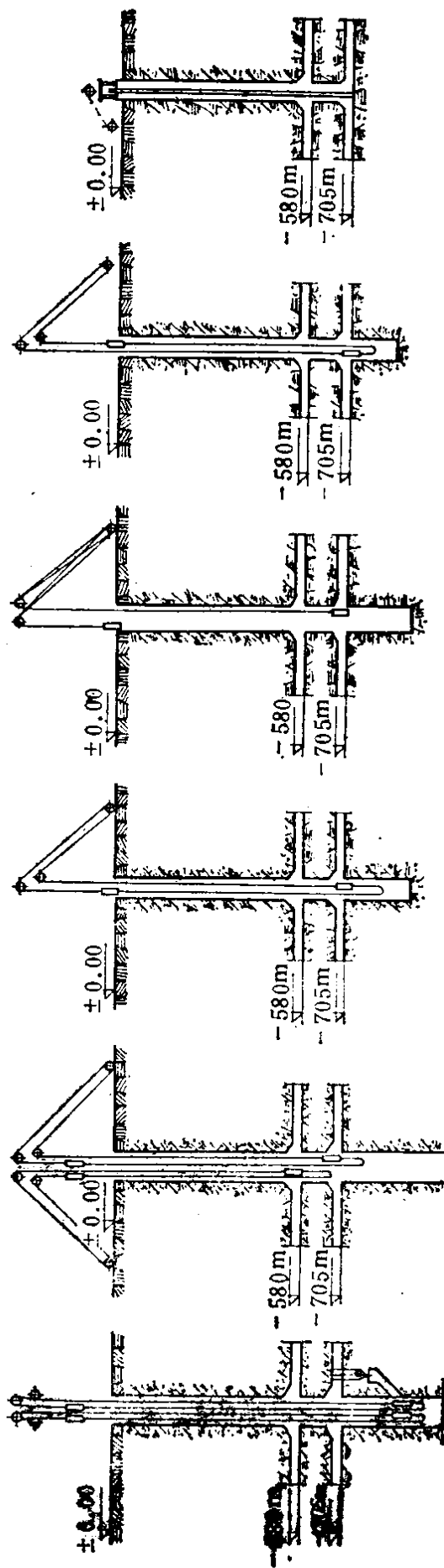
图 1.1 7月宣言矿四绳箕斗提升机

$Q=20T(200kN)$, $H=800m$, $v=20m/s$,
 $N=2 \times 2400kW$, ZUT兹告答产品

波七月宜官矿提升设备和井筒特征

表 1.1

提升设备和井筒技术特征	一号井	二号井	三号井	四号井	六号井	七号井
井筒直径, mm	7200	7200	5500	7500	5500	6000
井筒用途	主提升 进风井 箕斗	升降人员、物料 进风井 罐笼	辅助提升 出风井 罐笼	辅助提升 出风井 罐笼	辅助提升 进风井 罐笼	事故提升 出风井 罐笼
提升容器类别	箕斗	罐笼	罐笼	罐笼	罐笼	罐笼
提升机型号	4L-4250(2×2400)	K-6000	K-4000(BOB5500)	BB-3500	K-4000(BOB5500)	BA-1500
提升机功率KW	2×2400	2×1600	630	2×500	630	75
提升机有效载荷T(KN)	20(200)	10×(100)	3.7 (37)	2.5(25)	3.7(37)	4人



构是在装载口有一翻转平台，其高度为2.8米，平台在水平位置时，可作为临时升降人员之用。二号井为升降人员和材料井筒，安装两套4层罐笼提升装置，其中之一服务于上水平，另一个服务于两个水平。三号井为出风井和辅助提升井。四号井为进风井和辅助提升井。六号井、七号井是在井田边界，其中之一是进风井和临时提升用，第二个为事故提升井用于检查井筒。很显然，最重要的任务是主提升井(提煤或矿石)，因此，在设计建设中，特别是在运行期间都要给予最大注意。

图1.2至1.4是过去15年中主提升井筒断面的设计实例。由图可知，各井筒的布置是很不相同的。它是根据地区条件，计划任务，特别是与开采煤炭(矿石)的品种不同而确定。

在新井，还有部分技术改造的生产矿井，在两个水平生产时，一般采用一个井筒两套主提升设备。

在波兰，两套有效载荷30吨(300千牛顿)的提升设备安装在直径为7.5米的井筒中；在西德两套15至25吨载荷的箕斗提升设备安装在直径为6米的井筒中，甚至还要小一些的井筒中。

将主提升任务——提升煤炭(矿石)与辅助提升任务——升降人员和材料分开，可以使主提升在合理而经济的条件下连续不断地工作，并且容易实现井底和井口的自动化。

在一个水平生产的矿井，正常情况采用一套箕斗提升(图1.3a), b), c), d))。在新建矿井中，只采用一套提升装置在今天已没有分歧意见。建设两套较小提升装置——在事故情况下可有备用，但一般不采用，因为投资费用高。由于提升装置状态检验新技术的发展和运用，提升元件的安全可靠性日益提高，因此，设计人员不愿采用两套提升设备。用一套提升装置代替两套平行工作的提升装置，由于设备数量少，运行人员少，井底、井口运输工艺系统简单，因此运行维修费用低。但是，一套提升装置载荷为 Q ，由于装载时间的影响，比两套提升装置载荷为 $0.5Q$ 的能力要小百分之几。有时考虑工艺要求，必须分运几个品种的煤炭或矿石时，在一个水平设计两套甚至多套提升装置。

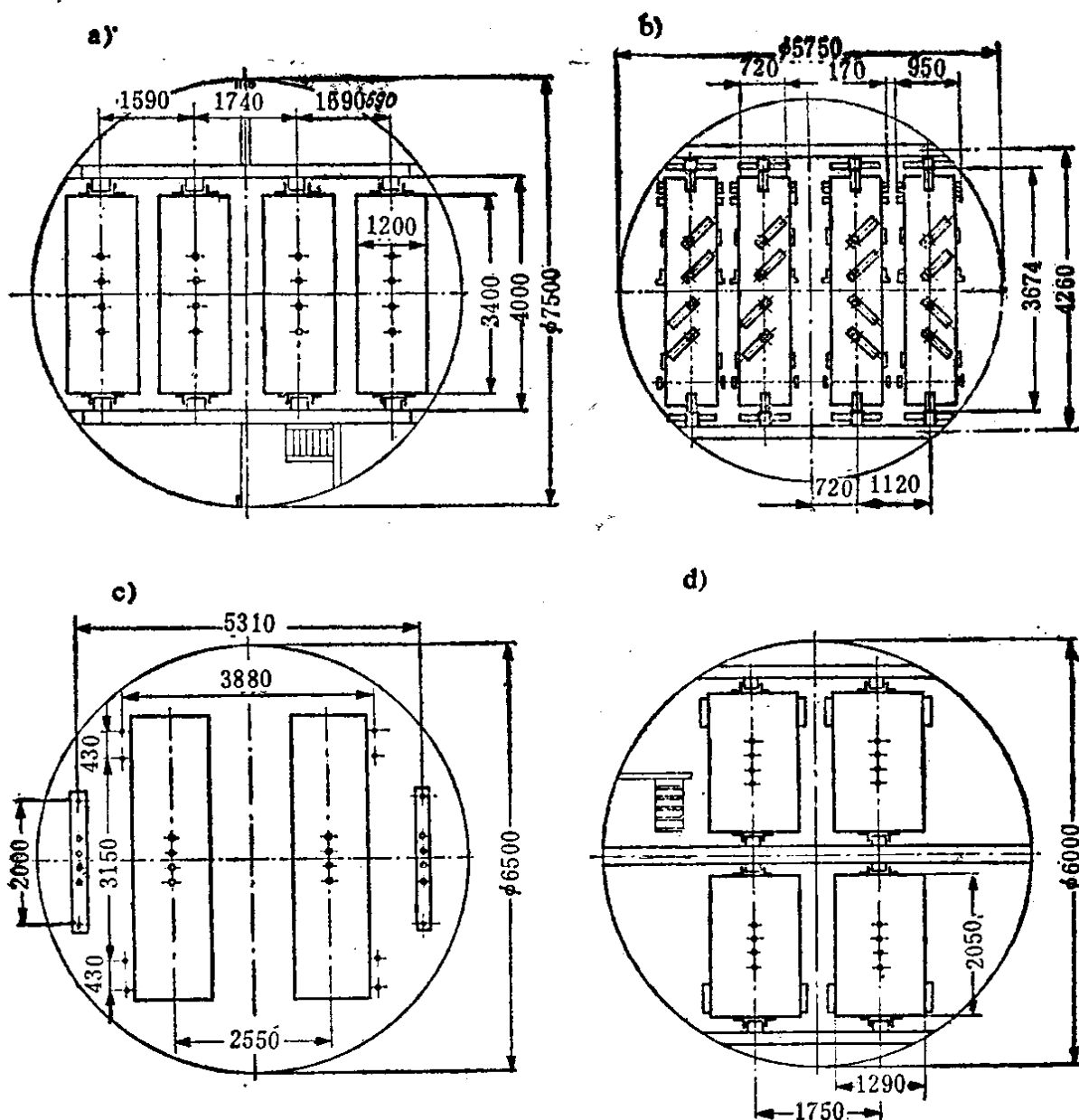


图 1.2 双套箕斗井筒断面

a) 列宁矿; $Q=30T$ (300kN), $H=665m$; b) 弗里德里希·亨利希矿 (西德); $Q=17.5T$ (175kN), $H=600m$; c) 考特格瑞夫矿 (英国); $Q=15T$ (150kN), $H=600m$; d) 鲁宾矿; $Q=18T$ (180kN), $H=610m$

当一个水平日产达万吨以上时, 如果没有工艺指标要求, 提升装置数目根据经济技术分析确定。

一套箕斗和一套罐笼的双提升井筒, 即混合提升井 (图 1.4 a), b), c)) 在矿井改建时采用。而在波兰——延深水平时, 仅用一个井筒。同时在没有供使用的多余井筒的矿井, 有时在一个

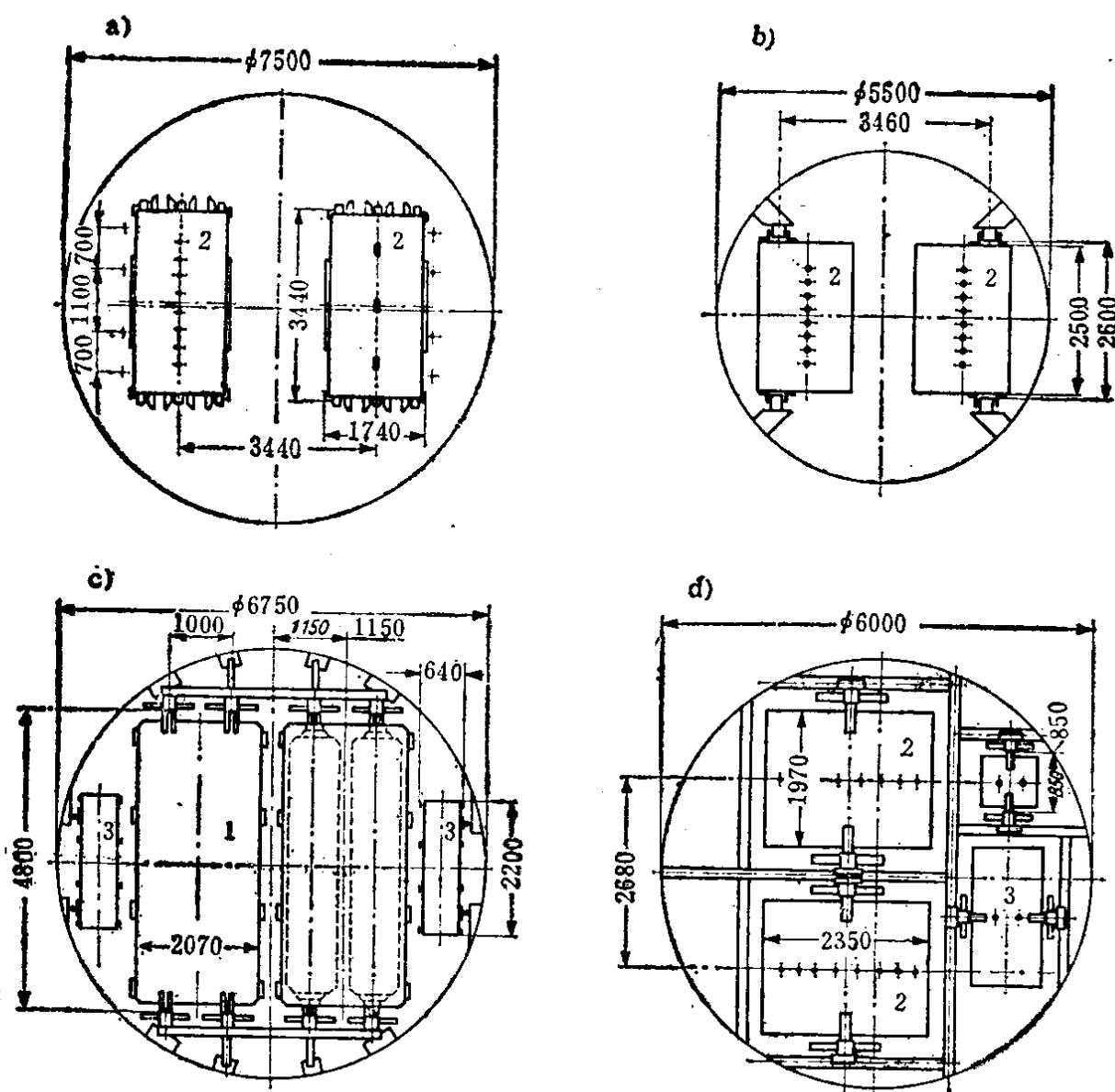


图 1.3 一套提升装置井筒断面

a) 耶利茨矿 (东德): $Q = 46T$ (460kN), $H = 750m$; b) 温特绍尔矿 (西德): $Q = 25T$ (250kN), $H = 500m$; c) 索菲亚雅考巴 (西德): $Q = 42.2T$ (420kN), $H = 1100m$, 带检查罐笼; d) 扎利亚矿 (苏联): $Q = 50T$ (500kN), $H = 1200m$, 带检查罐笼; 1—罐笼; 2—箕斗; 3—检查罐笼

井筒装备有两套提升设备。

在南非共和国特深矿井中, 考虑到钢丝绳的极限强度, 提升容器的有效载荷不能超过20吨 (200千牛顿), 因而出现数台提升设备平行工作的情况。所有这些提升装置都安装在一个进风井内。图1.5为这种设计的实例。五台滚筒式提升机安装在可劳夫 (kloof) 矿9.6米直径的井筒中 (图 1.5 a)), 其中两台布雷尔 (Blair) 滚筒式提升矿石的提升机, 设计安装在井塔上, 其余

三台安装在地面。在西深水平矿 (图1.5b)), 井筒直径 6.6 米, 安装三台提升设备。两台单绳罐笼提升机安装在地面。四绳箕斗提升机, 直径5030毫米, 安装在井塔上 (没有导向轮)。

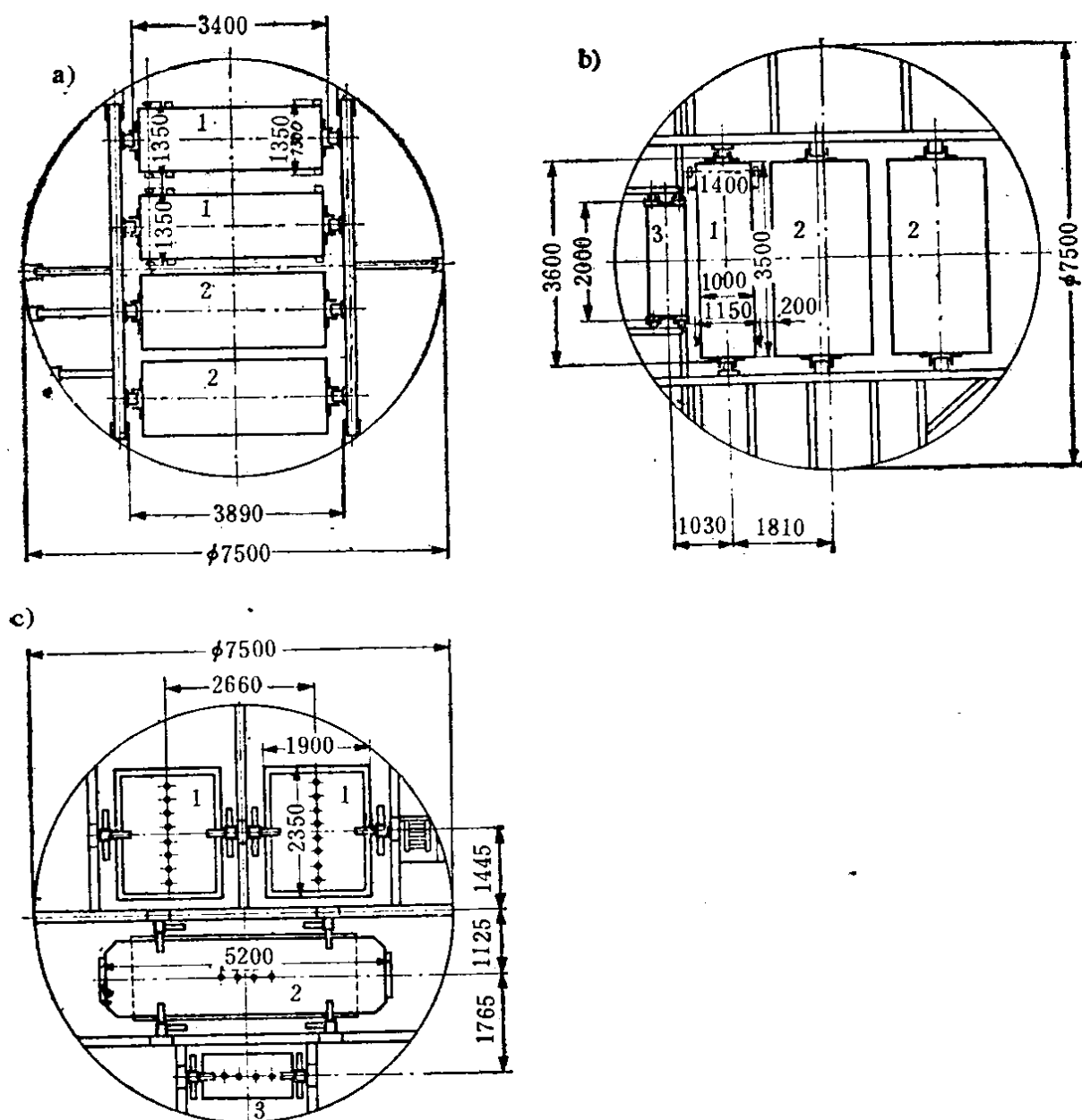


图 1.4 箕斗-罐笼井筒断面

a) 骚斯尼茶矿; 箕斗 $Q = 22T$ (220kN), $H = 750m$, 四层罐笼 $Q = 10T$ (100kN), $H = 750m$; b) 屋耶克矿; 箕斗 $Q = 18T$ (180kN), $H = 613m$, 三层罐笼 $Q = 10T$ (100kN), $H = 680m$; c) 巨人矿 (苏联); 箕斗 $Q = 50T$ (500kN), $H = 1400m$, 罐笼 $Q = 25T$ (250kN), $H = 1600m$;

1—箕斗; 2—罐笼; 3—平衡锤

在苏联铁矿经常安装数台提升装置在一个井筒内(中性井), 而大多数是单容器提升。图1.5c) 为马哥乃蒂桃瓦(Магнетит-

овая) 矿井筒断面, 在该井筒的井塔上安装四台多绳提升机。图 1.5d 为考敏太尔矿奥克恰布尔斯卡井筒断面, 有四台落地式提升

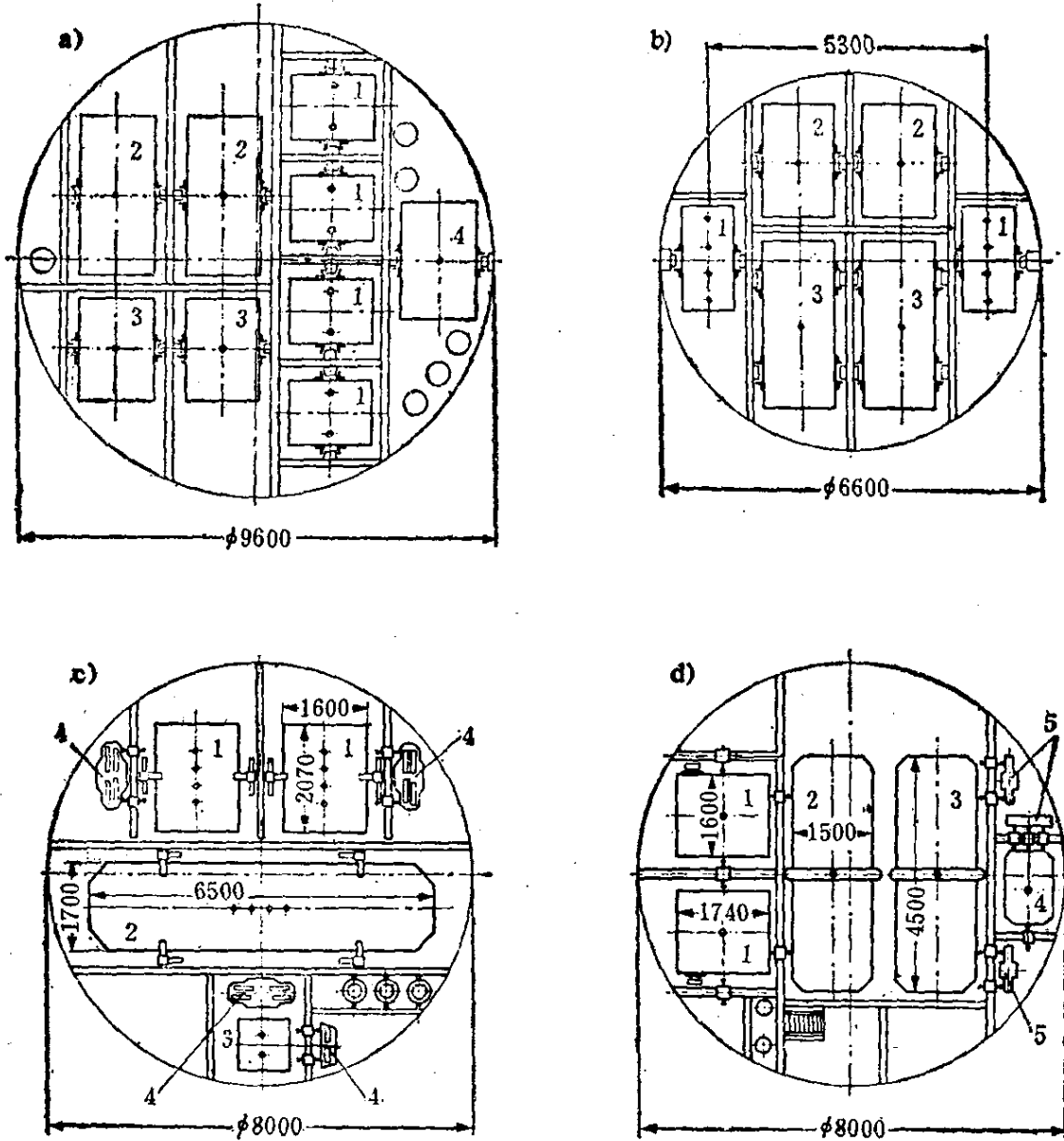


图 1.5 多套提升装置井筒断面

a) 可劳夫矿 (南非); 1—箕斗 $Q = 20T$ ($200kN$), $H = 715m$ 和箕斗 $Q = 15T$ ($150kN$), $H = 1250m$; 2—双层罐笼容 100 人; 3—三层罐笼容 100 人; 4—检查用罐笼 (不带平衡锤); b) 西深水平矿 (南非); 1—箕斗 $Q = 13.7T$ ($137kN$), $H = 1910m$; 2—罐笼; 3—箕斗罐笼; c) 马哥乃蒂桃瓦矿 (苏联), 单容器提升; 1—箕斗 $Q = 15T$ ($150kN$); 2—罐笼 $Q = 15T$ ($150kN$); 3—检查用罐笼 $Q = 3T$ ($30kN$); 4—平衡锤; d) 考敏太尔矿 (苏联); 1—箕斗 $Q = 20T$ ($200kN$), $H = 1250m$; 2、3—双层罐笼 $Q = 10T$ ($100kN$), 带平衡锤; 4—检查用罐笼 $Q = 1.5T$ ($15kN$); 5—平衡锤

机安装在井架的一侧，其中三台圆锥圆柱滚筒式提升机，一台载荷20吨箕斗提升，两台载荷10吨罐笼提升，另有一台检查用提升机载荷1.5吨，提升速度5.1米/秒。

提升参数的选择，特别是对箕斗提升一直是很重要的问题。提升载荷和速度的选择更为重要。箕斗装载休止时间也是很重要的。因为技术装备，提升任务，生产能力以及经济关系发生了变化。

在波兰，50年代主提升的发展，主要是将罐笼提升改建为箕斗提升，取消蒸汽绞车改为电动提升机。

在以后的年代，建设新的箕斗提升井，加大提升载荷达到单绳提升能达到的范围，以后发展到多绳提升。为了保证提升安全和增大提升能力，进行了一系列组织——技术上的改革，如井筒任务单一化，缩短装、卸载时间，双套箕斗提升井，复合钢罐道和滚动罐耳，装载前计量，井底储煤仓，提升自动化，容器过卷保护以及利用提升工作调度等。

设计提升设备，首先要给出水平深度和计划产量。在这个基础上选择提升载荷和速度。最短提升循环时间的速度图为三角形时，提升速度获最大值， $v = v_{\max}$ ，箕斗的载荷为最小， $Q = Q_{\min}$ 。最大提升速度 $v_{\max}$ 为提升高度 H 的函数，如图 1.6 所示。

$$v_{\max} = f(H) = \sqrt{aH}$$

式中 a ——提升加速度。

如果提升速度低于极限速度，则出现梯形速度图，提升周期延长，为获得需要的提升能力，必须加大提升载荷。对一定的提升能力， $\frac{Q}{Q_{\min}}$ 是 $\frac{v}{v_{\max}}$ 的函数，兰达 (Landan) 计算的结果见图 1.7 曲线。函数曲线的变化与提升高度、提升能力关系较小，而且较难表示。然而箕斗装载时间的影响却很明显。由曲线可知，提升速度降低到 $v = 0.5v_{\max}$ 时，要求增大的提升载荷值： $Q \approx 1.2Q_{\min}$ 。当提升速度小于 $0.5v_{\max}$ 时，提升载荷值增长很快，当 $v = 0.25v_{\max}$ 时， $Q = 2Q_{\min}$ ，而当 $v = 0.1v_{\max}$ ，提升载荷超过 $4Q_{\min}$ 。

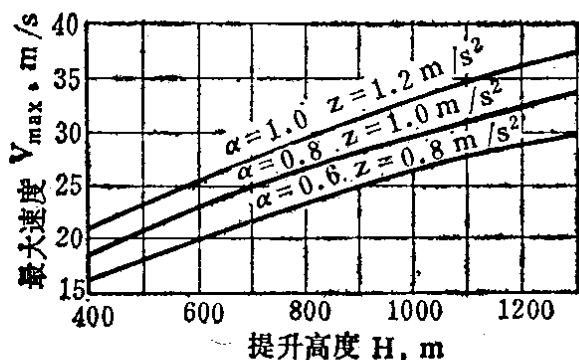


图 1.6 最大提升速度（三角形速度图）与提升高度关系曲线
a—加速度；z—减速度

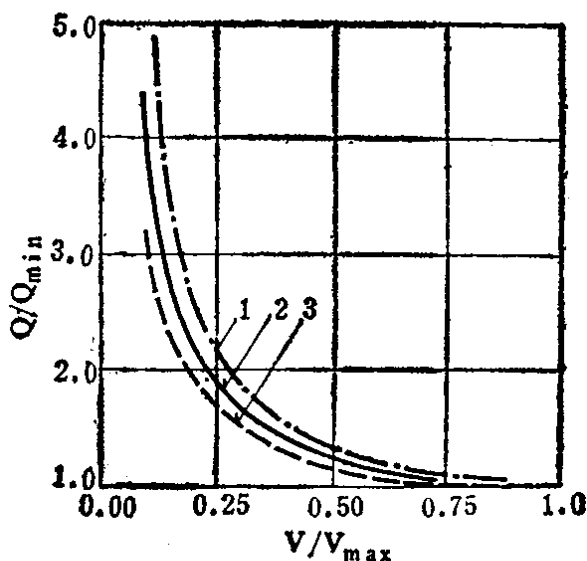


图 1.7 当提升能力一定时， $\frac{Q}{Q_{\min}}$ 与 $\frac{V_{\max}}{V}$ 的关系曲线
(在不同的装载休止时间 t_z)
1— $t_z = 0.2t$; 2— $t_z = 0.3t$; 3— $t_z = 0.6t$ (t —提升循环周期)

提升速度和载荷的选择必须通过技术经济比较，即考虑基建投资又要考虑运行费用。很明显，当提升载荷越小时，投资费用就越小，此时，提升速度图为三角形。随着容器载荷的增大，提升容器和钢丝绳重量增加，井塔高度、井筒深度增大，装载硐室扩大，井筒装备加重，从而增加整个投资。但是，速度的增大，提高了运行费用。找出合适的工作参数，必须有关于提升设备、矿建投资以及运行费用的最新情报。投资和运转费用都与采用的技术装备有关系，例如罐道的类型，提升机的安装位置，箕斗装载方式，传动装置类别以及供电方式等。总的来说，投资费用随提升容器的自重和载荷的加大而增长，随速度的提高而降低。一般采用提升速度 $v = 0.5 \sim 0.8 v_{\max}$ ，但不超过 20 米/秒。

对提升能力 W 超过 0.2 吨/秒，即 720 吨/小时，在选择提升参数时，除确定提升载荷 Q 和速度 v 外，还应确定休止时间或箕斗装卸能力。对给定的提升载荷 Q ，提升能力 W ，装载效率 Z 和提升循环时间 t 的关系式为：

$$Q = \frac{W \cdot Z}{Z - W} \cdot t \tag{1.1}$$

$$Z = \frac{Q}{\tau}$$

式中 τ ——装载休止时间，s。

提升容器载荷是 $\frac{W \cdot Z}{Z - W}$ 系数的函数，该系数称为载荷系数，当提升循环时间为定值时， $t = k$ （常数），可以分析装载效能对提升载荷的影响。该函数曲线见图1.8。

由曲线可知，当提升能力到400吨/小时时，装载时间对提升能力没有影响。当提升能力约1000吨/小时时，才开始有影响，其影响随能力的增大而增大，例如休止时间由 $|Q|$ 秒缩短到 $0.5|Q|$ 秒，在提升能力为360吨/小时时，可以减小箕斗载荷值很小，约4%；而当提升能力达1800吨小时时，则减小箕斗载荷约35%。由曲线还可以看出，当提升能力为3600吨/小时时，需要的装载效率约2至3吨/秒，当它减至2到1.5吨/秒时，则需要增大载荷50%。从以上提升工作参数的分析结果表明，为了提高矿井水平生产能力，需要增加提升载荷，因为提升速度的选择主要是根据提升高度确定的。最近几年期间，可以分析观察数个特大提升载荷（例如超过25吨），提升设备的趋向。大载荷、高速度新的提升设备井筒深度1000米，提升能力为1000到1200吨/小时。

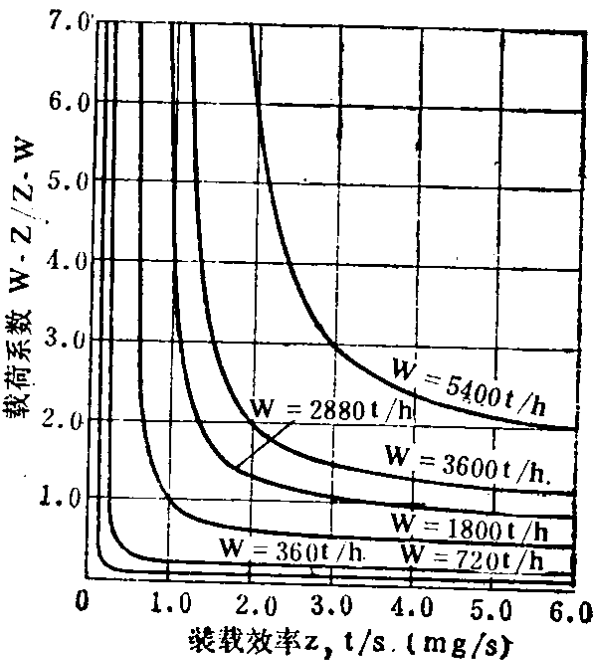


图 1.8 对不同提升能力，提升容器载荷增长与装载效率Z的关系曲线