

高等学校教学用书

矿井提升机械设备

夏荣海 郝玉琛 主编

KUANG JING TI SHENG JI XIE SHE BEI

中国矿业学院出版社

高等学校教学用书

矿井提升机械设备

中国矿业学院

53
679

T253

X-679

高等学校教学用书

矿井提升机械设备

夏荣海 郝玉琛 主编

中国矿业学院出版社

623720

中国矿业学院出版社

内 容 提 要

本书是为煤炭高等学校矿业机械专业编写的教材，系统地讲解了矿井提升设备的结构、工作原理、选型和机械设计计算以及电气控制原理等内容，也可作为机电专业教材。

本书除作为高等学校教学用书之外，也可供矿山工程技术人员及从事设计制造和科学研究人员参考。

责任编辑 王树范

高等学校教学用书

矿井提升机械设备

夏荣海 郝玉琛 主编

中国矿业学院出版社 出版 发行

中国矿业学院印刷厂 印刷

开本787×1092毫米1/16 印张16 插页1 字数378千字

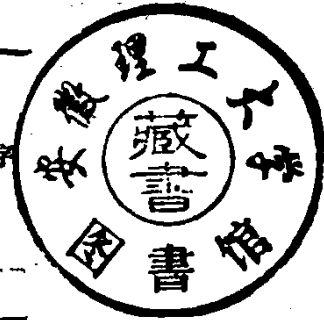
1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

印数1—7000 册

ISBN 7-81021-012-2/TD 9

统一书号：15443·028

定价：2.70元



前 言

《矿井提升机械设备》是根据煤炭高等工科院校专业教材编写规划以及矿业机械专业四年制教学大纲编写的。本书注意贯彻改革精神，力图在基础理论、理论联系实际及引入新技术（如计算机应用）等方面有所加强，同时也照顾了非教学使用的要求。

本书由中国矿业学院夏荣海和郝玉琛主编，参加编写的还有孙玉蓉、杜竞贤，钱万永和叶尔赞。

需要说明的是：

1. 书中已改用中华人民共和国法定计量单位。考虑到我国一些设备的技术规格尚未改变，因此在一些设备规格表中仍保留我国习惯使用的旧单位。在单位变换中，近似取重力加速度 $g \approx 10\text{m/s}^2$ ，即按 $1\text{kgf} = 10\text{N}$ 换算；

2. 目前技术发展迅速，《煤矿安全规程》有关规定每隔一段时间都要修改，如果书中某些提法与当时的规程规定有矛盾，应以新规程为准。

编 者

1985.11

ABF30/02

常用符号

A ——断面积	cm^2
A_n ——矿井年产量	t
——多层缠绕系数	—
A_h ——小时提升量	t/h
——钢丝绳所有钢丝断面积之和	mm^2
a ——加(减)速度	m/s^2
B ——卷筒宽度	mm
b_n ——年工作天数	d
C ——提升不均衡系数	—
——钢丝绳拉力降低系数	—
c_f ——提升能力富裕系数	—
D ——卷筒、摩擦轮直径	mm
——筒壳柱状刚度	$\text{N}\cdot\text{cm}^2$
D_1 ——天轮直径	mm
D_d ——导向轮直径	mm
d ——钢丝绳直径	mm
E ——弹性模数	N/cm^2
F ——力	N
F_{jm} ——钢丝绳最大静张力	N
F_{jm}^{Δ} ——钢丝绳最大静张力差	N
F_s ——提升系统静阻力	N
F_d ——电动机等效力	N
f ——闸瓦摩擦系数	—
G ——重力	N
g ——重力加速度	m/s^2
H ——提升高度	m
H_s ——矿井深度	m
H_j ——井架、井塔高度	m
H_o ——钢丝绳最大悬垂长度	m
H_g ——过卷高度	m
i ——减速器传动比	—
K ——矿井阻力系数	—
——弹簧刚度	N/mm
——绳罐道刚性系数	N/m
L_1 ——卷筒中心至井筒中容器中心的距离	m
L_n ——钢丝绳弦长	m
N ——制动器正压力	N

n_1 ——主绳数	—
n_2 ——尾绳数	—
n_c ——电动机额定转数	r/min
Σm ——提升系统总变位质量	kg
m_s ——钢丝绳安全系数	—
M ——力矩	N·m
M_s ——制动力矩	N·m
P_c ——电动机额定功率	kW
p ——主绳每米重力	N/m
p_b ——衬垫比压	N/cm ²
q ——尾绳每米重力	N/m
——矿车载重	N
——筒壳外载荷	N/cm ²
Q ——一次提升量	N
Q_s ——容器自重	N
q_0 ——矿车自重	N
Q_d ——钢丝绳钢丝断裂力之和	N
R ——卷筒、摩擦轮半径	mm
——支座反力	N
r ——筒壳平均半径	mm
V ——容器有效容积	m ³
v ——提升速度	m/s
T_s ——一次提升循环时间	s
t ——钢丝绳缠绕节距	mm
W ——电耗	kW·h
y ——筒壳挠度	mm
σ ——应力	N/cm ²
σ_B ——钢丝抗拉强度	N/mm ²
σ_d ——动防滑安全系数	—
η ——效率	—
ε ——钢丝绳圈间隙	mm
ω ——矿井阻力	N
μ ——衬垫与钢丝绳间摩擦系数	—
——泊松比	—
α ——钢丝绳在摩擦轮上围包角	rad
θ ——容器装卸载时间	s
τ ——重度	N/cm ³ 或t/m ³
λ ——电动机最大力矩与额定力矩之比	—
δ ——筒壳厚度	mm

目 录

常用符号

绪论	(1)
第一章 提升容器	(5)
第一节 箕斗及其装载设备	(5)
第二节 罐笼及承接装置	(12)
第三节 容器的导向装置——罐道	(18)
第四节 提升容器防坠器	(21)
第五节 立井提升容器的选择	(28)
第二章 提升钢丝绳	(31)
第一节 提升钢丝绳的结构、分类及选用	(31)
第二节 提升钢丝绳的选择计算	(42)
第三节 提升钢丝绳的维护和试验	(47)
第三章 矿井提升机	(49)
第一节 单绳缠绕式提升机	(49)
第二节 多绳摩擦提升机	(55)
第三节 多绳缠绕式提升机(布雷尔提升机)	(64)
第四节 提升机的深度指示器	(66)
第五节 矿井提升机的选择计算	(69)
第四章 提升机布置设计	(75)
第一节 缠绕式提升机与井筒相对位置的确定	(75)
第二节 多绳摩擦提升机的相对位置	(79)
第五章 提升设备的运动学及动力学计算	(81)
第一节 矿井提升设备的运动学——速度图	(81)
第二节 矿井提升设备的动力学——力图	(82)
第三节 提升系统运动学和动力学计算	(87)
第六章 电动机容量校核,提升电耗和效率	(91)
第一节 电动机容量校核	(91)
第二节 交流拖动提升设备提升电耗和效率	(93)
第三节 直流拖动的计算特点	(95)
第七章 斜井提升	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 斜井提升系统计算特点	(98)
第八章 多绳摩擦提升	(103)
第一节 摩擦提升的传动原理	(103)
第二节 动防滑安全系数的验算	(104)
第三节 制动力矩与减速度的关系	(105)

第四节	多绳摩擦提升的若干问题	(107)
第九章	矿井提升机的制动装置	(115)
第一节	用途及结构分类	(115)
第二节	计算制动力矩及《煤矿安全规程》对制动器的要求	(115)
第三节	角移式制动器	(117)
第四节	平移式制动器	(128)
第五节	盘式制动系统	(130)
第十章	矿井提升机卷筒及摩擦轮强度计算	(137)
第一节	卷筒结构	(137)
第二节	筒壳强度	(138)
第三节	支轮强度计算特点	(161)
第四节	摩擦轮强度计算	(165)
第五节	卷筒强度验算的有限单元法	(166)
第十一章	提升机主轴计算	(178)
第一节	主轴的正常载荷	(178)
第二节	主轴的非常载荷	(180)
第三节	主轴的安全系数	(182)
第四节	主轴的电算法	(183)
第十二章	矿井提升机的拖动与控制	(191)
第一节	提升机拖动装置的种类、性能及适用范围	(191)
第二节	交流拖动提升机的控制原理	(196)
第三节	动力制动装置、低频装置和微拖装置的适用范围	(209)
第四节	交流拖动提升机的电气控制线路图	(210)
第五节	直流拖动装置的控制原理	(224)
第十三章	矿井提升机械设备选型设计	(231)
例题一	煤矿立井双箕斗缠绕式提升设备设计	(231)
例题二	副井双罐笼多绳摩擦提升设备设计	(238)

绪 论

一、矿井提升设备的任务

矿井提升的任务是沿井筒提升煤炭、矿石和矸石，下放材料，升降人员和设备。它在采矿生产中占有极其重要的地位。

矿井提升设备的特点

1. 安全性

所谓安全性，就是不能发生突然事故。由于矿井提升设备在矿山生产中所占地位十分重要，其运转的安全性，不仅直接影响整个矿井的生产，而且还涉及人员的生命安全。因此各国都对矿井提升设备的安全性提出了极严格的要求。在我国这些规定包括在《煤矿安全规程》之中。

2. 可靠性

可靠性，是指能够可靠地连续长期运转而不需在短期内检修。矿井提升设备所担负的任务十分艰巨，不仅每年要把数十万吨到数百万吨的煤炭和矿石从井下提升到地面，而且还要完成其它辅助工作。罐笼或箕斗必须在不长的距离内——数百米到上千米，以很高的速度往返运行，因此必然要频繁地起动和停车，可见提升机的工作条件是十分苛刻的。一个年产150万t的矿井，停产一天就要损失大约20万元。因此矿井提升机至少要服务二十年以上而不需大修。

3. 经济性

矿井提升设备是矿山大型设备之一，功率大，耗电多，大型矿井提升机的功率超过1000kW。因此提升设备的造价以及运转费用，也就成为影响矿井生产技术经济指标的重要因素之一。

二、矿井提升设备的发展及现状

我国早在公元前1100年左右就发明和使用了辘轳提水和提升重物，这就是现代提升机的始祖。但是由于我国长期处于封建社会，工业技术没有得到发展，直到解放我国还不能生产矿井提升机。解放后，我国建立了自己的提升机制造业，并且不断发展。1953年抚顺重型机器厂制造了我国第一台单绳缠绕式提升机，1958年洛阳矿山机器厂制造了第一台多绳摩擦提升机。目前我国可以成批生产各种现代化大型矿井提升机以及各种配套设备，无论从设计、制造、自动控制等各方面，我国生产的矿井提升设备都正在跨入世界先进的行列。

国外矿井提升机的发展已有150多年历史。其中几个有代表性的时期是：1827年出现第一台蒸汽提升机；1877年制造了第一台单绳摩擦提升机；1905年使用了第一台电动提升机；1938年创造了第一台多绳摩擦提升机；1957年发明了多绳缠绕式提升机(Blair提升机)。此外，提升设备的各项具体技术也都有飞速的发展，诸如新型制动器，提升钢丝绳，电力拖动和自动化控制等。事实证明，生产需求是推动技术发展的最大动力。现在国外的一次提升量最大已达50t，提升速度接近20m/s，最大拖动功率达10000kW，井深从数百

米到2000m以上。例如瑞典的基鲁那铁矿，在一个矩形塔上安装有12台多绳摩擦提升机，小时提升能力近万吨，采用集中控制。随着可控硅技术的发展，直流拖动正在广泛使用，计算机的应用也在逐渐推广。所有这些，都说明矿井提升设备正在日新月异，向大型化、高效率和自动控制方向发展。

三、矿井提升设备的组成

矿井提升设备的主要组成部分是：提升容器，提升钢丝绳，提升机（包括机械及拖动控制），井架或井塔以及装卸载设备等。这些构成了矿井提升系统。矿井提升系统主要有两大类，即用以提升煤炭、矿石的主井箕斗提升系统和完成其它辅助任务的副井罐笼提升系统。

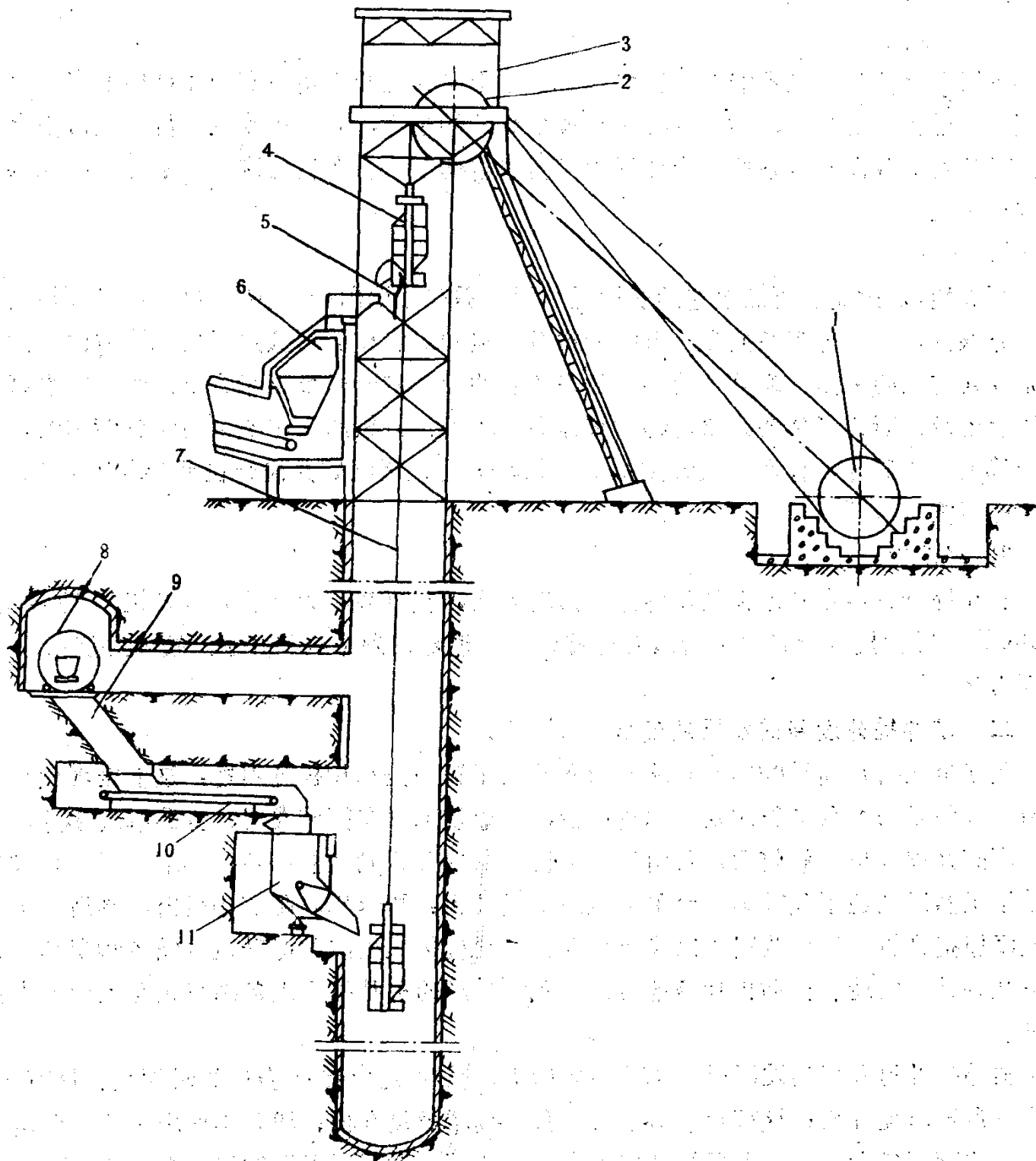


图0-1 单绳缠绕式提升机箕斗提升系统示意图

1—提升机；2—天轮；3—井架；4—箕斗；5—卸载曲轨；6—煤仓；
7—钢丝绳；8—翻笼；9—煤仓；10—给煤机；11—装载设备

图0-1为地面布置的单绳缠绕式提升机箕斗提升系统示意图。煤炭由矿车运到井底车场的翻笼峒室，把煤卸入煤仓9内，再通过装载设备装入位于井底的箕斗4，同时位于井口的另一个箕斗，把煤卸入井口煤仓，上下两个箕斗分别与两根钢丝绳连接，两根钢丝绳绕过井架3上的天轮2以后，以相反的方向缠于提升机的卷筒上，当提升机1运转时，钢丝绳就一上一下往返提升重箕斗和下放空箕斗，完成提升煤炭的任务。

图0-2为塔式多绳摩擦提升机罐笼提升系统示意图。罐笼提升系统比箕斗系统简单。由于罐笼既可以装入矿车提升煤炭或矸石，下放材料，也可以乘人或升降设备，因此可以完成多种任务。

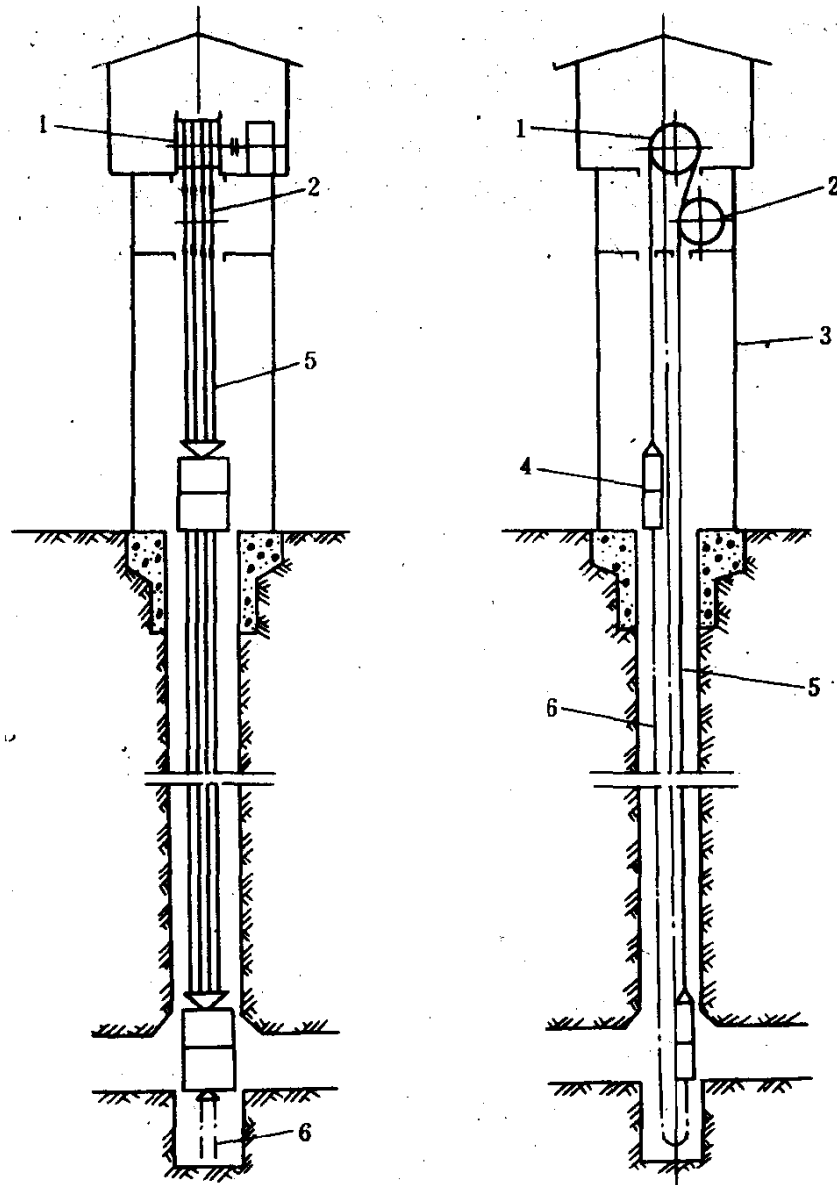


图0-2 塔式多绳摩擦提升机罐笼提升系统示意图

1—提升机；2—导向轮；3—井塔；4—罐笼；5—提升钢丝绳；6—尾绳

四、矿井提升设备的分类

根据不同的出发点，矿井提升设备有以下几种分类方法：

1. 按用途可分为：

主井提升设备，提升煤炭或矿物；副井提升设备，完成辅助提升任务。

2. 按提升容器可分为：

箕斗提升设备，用于主井提升；

罐笼提升设备，大型矿井用于副井提升，小型矿井也可兼作主井提升。

3. 按提升机类型可分为：

缠绕式提升设备和摩擦式提升设备，二者都可以用于主井或副井提升。

4. 按拖动方式可分为：

交流提升设备和直流提升设备（又有电动-发电机组供电与可控硅供电之分）。

5. 按井筒的角度可分为：

立井提升设备、斜井提升设备和露天矿斜坡提升设备。

以上各种分类方法，互助结合可有多种名称，如图 1 和图 2 就是两个例子。

五、矿井提升设备课程的目的

从事采矿事业的机械技术人员，要对矿井提升有系统全面的了解，才能做好以下两方面的工作：其一是设计制造新型提升设备；其二是改造原有设备。当前，后一种任务尤为重要，因此要求技术人员不仅要掌握矿井提升机的设计知识，而且要有设计整个提升系统的能力。本书将系统介绍矿井提升的基本原理，主要部件的结构和设计，以及整个提升系统的基本知识。

第一章 提升容器

提升容器是直接装运煤炭、矿石、矸石、人员、材料和设备的工具。按照用途和结构的不同可分为：箕斗、罐笼、箕斗罐笼、矿车、斜井人车和吊桶六种。按使用场合不同又有立井用提升容器和斜井用提升容器之分。

罐笼是一种多用途的提升容器，既可以提升煤炭和矿石，也可以提升矸石，升降人员，运送材料和设备。箕斗是单一用途的提升容器，只用于提升煤炭或矿石，所以箕斗通常用于主井提升。而罐笼主要用于副井提升，在一些小型矿井也用于主井提升。箕斗罐笼是把箕斗和罐笼二者合而为一的一种提升容器，具有箕斗和罐笼二者的功用，国外有些矿井使用这种容器，完成提升煤炭和其它辅助提升任务，只需一套提升设备，但是由于其自重重大，结构复杂，设计困难，运行自动化程度低，在我国很少采用。吊桶是立井凿井时的提升容器；矿车和人车为斜井提升使用。下面主要介绍箕斗和罐笼。

第一节 箕斗及其装载设备

一、箕斗

箕斗由三部分组成，即悬挂装置，斗箱和卸载闸门。根据这三部分的不同有各种不同类型的箕斗，例如，有框架式和无框架式；方形断面式和矩扇形断面式；扇形闸门式、圆板闸门式和平板闸门式；翻转卸载式、倾斜卸载式和底部卸载式等。不管何种箕斗，在设计时主要应考虑以下要求：

1. 箕斗的结构要轻而坚固；
2. 要有足够的刚度，能承受冲击载荷；
3. 装卸快，这是箕斗的一个重要特性，它决定提升机的休止时间，因而影响提升能力；
4. 运行可靠，不撒煤，特别是闸门要可靠；
5. 在井筒中容易布置，卸载时不使井架受力过大。

我国煤矿立井广泛采用固定斗箱底部卸载式箕斗。图1-1为立井单绳箕斗。这种箕斗采用曲轨连杆下开折页平板闸门的结构型式，与老式扇形闸门相比有以下优点：闸门结构简单、严密，关闭闸门的冲击力小，卸载时撒煤少；由于闸门是向上关闭的，对箕斗存煤有向上捞回的趋势，故当煤未卸完（煤仓已满）而发生卡箕斗造成断绳坠落事故的可能性小；箕斗卸载时闸门开启，主要借助煤的压力，因而传递到卸载曲轨上的力较小，改善了井架受力状态；过卷时闸门打开后，即使脱离卸载曲轨也不会自动关闭，因此可以缩短卸载曲轨的长度。这种闸门的缺点主要是：如果闭锁装置一旦失灵，闸门就可能由于震动、冲击而在井筒中自行打开，开启的箕斗闸门超出箕斗断面以外，不但可能把煤卸入井筒之中还会撞坏井筒装备（如罐道，罐道梁等），因此必须经常认真检查闭锁装置。我国立井单绳箕斗型号为JL和JLY，规格见表1-1。

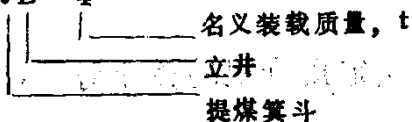
图1-2为立井多绳箕斗，多绳箕斗的结构基本上与单绳箕斗相同，二者的主要区别在于连接装置，多绳箕斗的连接装置要连接多根钢丝绳，并且还要求能较方便地调节绳长，以平衡各绳的张力。此外多绳箕斗下面还有尾绳悬挂装置，这是因为多绳摩擦提升，都有平衡尾绳以提高其提升防滑安全性。我国立井多绳箕斗为JDS型和JDSY型，规格见表1-2。

表1-1 立井单绳箕斗规格表

型 号		JL-3	JL-4	JL-6	JL-8
名义装载质量, t		3	4	6	8
有效容积, m ³		3.3	4.4	6.6	8.8
提升钢丝绳直径, mm		31	37	43	43
钢丝绳罐道	直径, mm	32~50 (根据提升高度确定)			
	数量	4			
刚性罐道	规格	380 N/m钢轨			
	数量	2			
箕斗自重, t		3.8	4.4	5.0	5.5
最大终端负荷, t		8	9.5	12	14.5
最大提升高度, m		500	650	700	500
箕斗总高, mm		7780	8560	9450	9250
箕斗中心距, mm		1830	1830	1870	2100
适应井筒直径, m		4.5	4.5	4.5 5	5
适应提升机型号		2JK-2.5	2JK-2.5	2JK-3	2JK-3.5
			2JK-3	2JK-3.5	

附：立井单绳箕斗代号

例：JL-4



为了克服曲轨连杆下开折页平板闸门的缺点，国内外还研制了插板式闸门和圆板闸门箕斗，图1-3为其示意图。

箕斗的导向装置可以采用钢丝绳罐道，也可以采用钢轨罐道或组合钢罐道。在采用钢丝绳罐道时，除考虑箕斗本身的平衡外，还要求装煤以后仍保持平衡，所以在箕斗斗箱上部装载口处安设了可调节的溜煤板3，以便调节煤堆顶部中心的位置。

斜井箕斗多用后壁卸载式。斜井箕斗主要特点是在轨道上运行，我国常用的后壁卸载式斜井箕斗规格见表1-3。

二、箕斗装载设备

我国过去广泛采用鼓形箕斗装载设备，这种装载设备的洒煤量大，一般达到提煤量的10%，有的高达40%，而且还不易实现箕斗的定量装载。因此新型箕斗装载设备均采用预先定量的装载方式，不仅可以大大降低洒煤量（一般仅为提煤量的1%左右，最大不超过3%），而且还便于实现提升工作的正常化和自动化。目前我国新建和改建的矿井，已普遍采用定量装载设备。国外广泛采用的定量装载设备有定量斗箱式和定量输送机式两种，

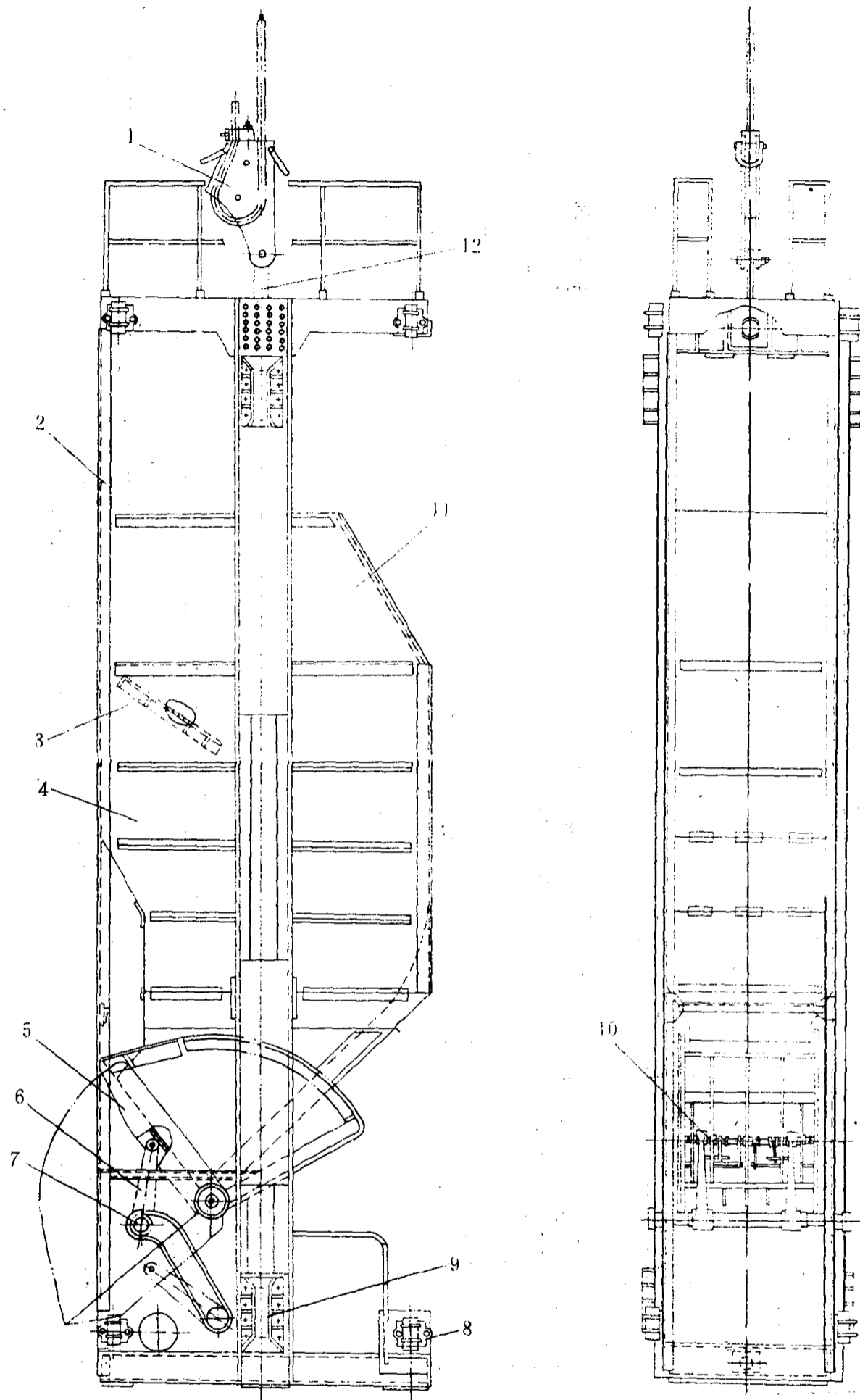


图1-1 单绳立井箕斗

1—楔形绳环；2—框架；3—可调节溜煤板；4—斗箱；5—闸门；6—连杆；7—卸载滚轮；
8—套管罐耳（用于绳罐道）；9—钢轨罐道罐耳；10—扭转弹簧；11—罩子；12—连接装置

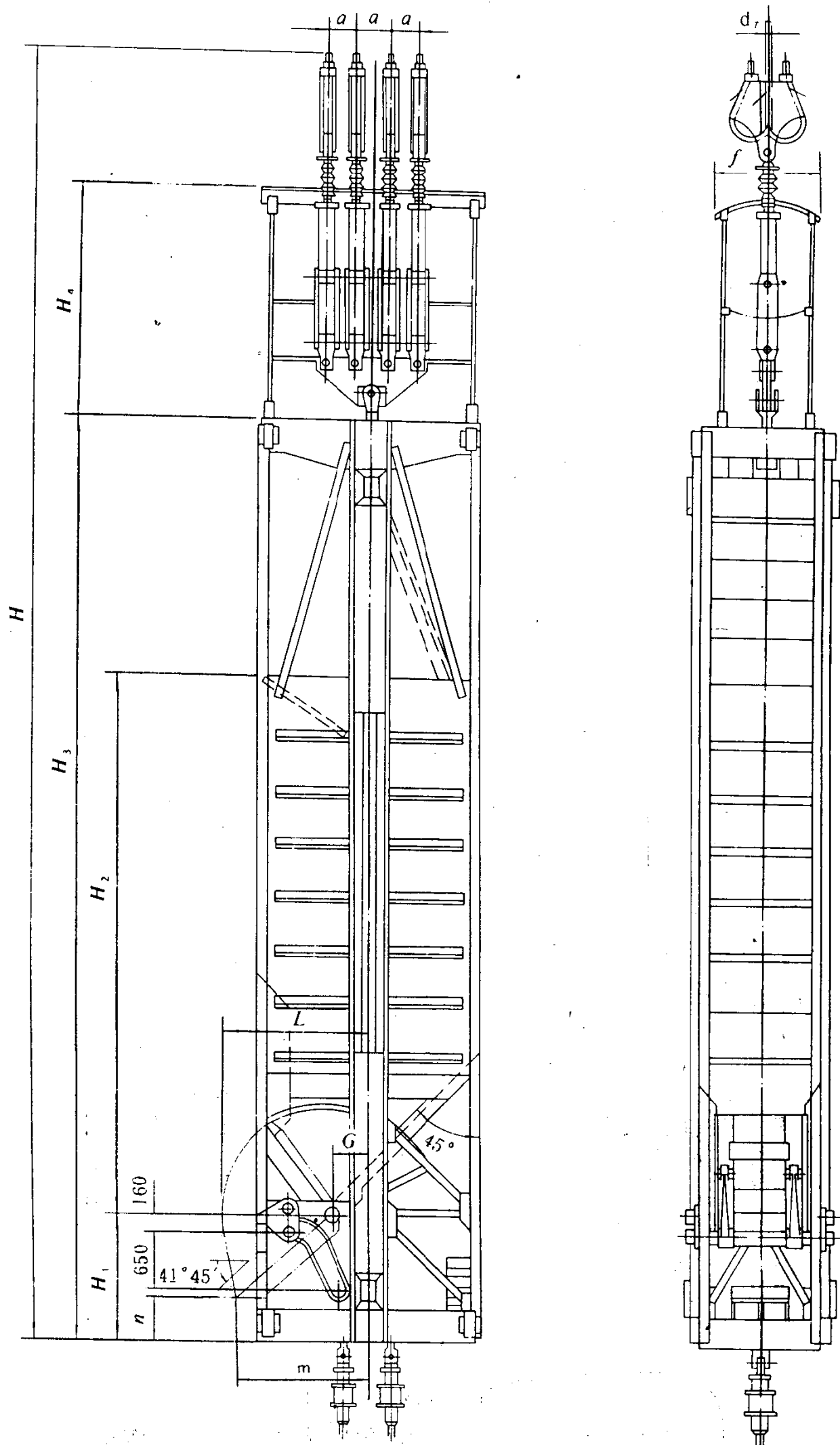


图1-2 JDS型多绳立井箕斗