

煤矿 提升设备的 改造

葛成远 编著

煤炭工业出版社



TD53
10
3

煤矿提升设备的改造

葛成远 编著

6011.23

煤炭工业出版社



B· 544444

内 容 提 要

随着矿井开采深度的增加以及矿井日益趋向集中化,现在许多提升设备的改造问题,已逐渐提到日程上来。

本书用许多实际改造的例子,指出了提升设备切实可行的改造途径。可供现场工程技术人员和维修工人参考。

责任编辑:李淑琴

煤矿提升设备的改造

葛成远 编著

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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 $787 \times 1092\text{mm}^1/1$ 。 印张 $16^1/4$ 。

字数 388千字 印数1—2,200

1988年8月第1版 1988年8月第1次印刷

ISBN 7-5020-0096-8/TD·92

书号 2858 定价 3.90元



前 言

自六十年代以来，我国在改造现有矿井提升设备方面取得了不少成功的经验，充分发挥了现有提升设备的潜力，其中有些典型的改造实例具有普遍意义，值得推广介绍。

同时，我国在现有矿井提升设备的使用维护方面也积累了不少经验，其中有些典型故障的原因及处理方法同样具有普遍意义，值得推广介绍。

进入八十年代以后，我国不少煤矿矿井开始向大型化和集中化方向发展。随着矿井的发展，现有煤矿提升设备的革新、挖潜、改造已成为各矿增加煤炭产量迫切需要解决的实际问题。

为了总结经验，交流推广，编者在广泛搜集资料的基础上，结合自己多年来的工作经验，编写了本书。

本书在编写过程中，曾得到全国各地许多煤矿现场同志的热情帮助，提供了大量有价值的实践资料；本书在定稿前，范家骏同志认真、细致地审阅了书稿，并提出许多宝贵意见，编者深表感谢。

由于编者经验和水平所限，加之受到各种客观条件的限制，本书在内容上还不够完善，欢迎批评指正。

编 者

目 录

第一章 落地摩擦式提升系统	1
1.1 概述	1
1.2 缠绕式提升机改造实践	10
1.3 落地摩擦式提升机改造设计	27
1.4 摩擦式提升机的过卷蹲罐保护装置	45
第二章 平衡提升系统	61
2.1 提升运动学和提升动力学	61
2.2 普通平衡提升系统及其应用	68
2.3 具有双重效果的平衡提升系统	83
2.4 三天轮提升装置	87
第三章 3米以下提升机的局部改造	93
3.1 滚筒的改造	93
3.2 手动蜗轮蜗杆式调绳装置的改造	105
3.3 BM型和KJ型提升机制动系统的改造	108
3.4 JKA型提升机制动系统的改造	117
3.5 JKA型提升机电液阀故障分析	128
3.6 JKA型提升机用于斜井提升的改造	145
3.7 减速器的改造	157
3.8 联轴器的改造	171
3.9 主轴断裂事故的预防	175
第四章 3米以下提升机的综合改造	182
4.1 3米以下提升机综合改造的实践	182
4.2 径向齿块式调绳装置	193
4.3 平行绳槽和过渡块	197
4.4 安装在井下的提升机	210
4.5 单筒3米提升机	213
第五章 4米以上大型提升机滚筒的改造	217
5.1 4米提升机的滚筒结构和存在的问题	217
5.2 4米以上大型提升机滚筒的损坏、修理和改造	220
5.3 滚筒强度计算	235
5.4 滚筒强度计算示例	242
参考文献	255

第一章 落地摩擦式提升系统

1.1 概 述

我国现有煤矿矿井多数是按照五十年代的标准设计的,为了快出煤、多出煤,当时主要是建设中、小型矿井,并且首先开采浅部煤层。五十年代,我国的矿井提升设备主要是从苏联进口的BM型产品和国产仿苏KJ型产品,设备的可选性少,主要是满足开采浅部煤层的需要。进入八十年代以后,我国许多煤矿矿井已逐渐转向中、深部开采,国家统配煤矿矿井的平均深度已由第一个五年计划期间的近200米延深到现在的400米左右,有的已达到600米,最大深度已达到1000米。

在这种新的条件下,五十年代安装的一些BM型和KJ型提升设备,其提升高度已满足不了矿井延深的需要,而必须更换滚筒直径大一级的提升设备。例如,五十年代安装的 $2BM\frac{2500}{1200}$ 型提升机,其单层缠绕时的提升高度为220米,双层缠绕时的提升高度为500米。

如果矿井的实际开采深度目前已延深到250米(副井)或者600米(主井)以上,则现有的2.5米提升机,必须更换滚筒直径为3.0米的提升机,其单层缠绕时的提升高度为290米,双层缠绕时的提升高度为650米。

更换滚筒直径大一级的提升机,将带来投资多、使用钢材多的缺点,同时需要较长的停产时间,对生产影响较大。

根据国内外的实践经验,将现有的缠绕式提升设备改造成落地摩擦式提升设备,是在矿井延深后使现有提升设备满足加大提升高度要求的行之有效的办法。

一、改造的主要内容

将现有的缠绕式提升设备改造成落地摩擦式提升设备,其前提是在满足矿井延深后对提升能力要求的条件下,尽量缩短改造和更换设备所需要的停产时间、减少对产量的影响、节省改造投资。这就要求不改动或少改动原有提升系统的总体布局(如井口和提升机房的相对位置不变动、井架不更换、提升机主要部件的基础不变动,等等),一切原有提升机能继续使用的零部件(如减速器、主轴承等)尽量不动。

基于这个前提,提升机改造的主要内容列于表1-1。

二、主要参数的选择

1. 主提升钢丝绳的选择

1) 钢丝绳的结构型式

应优先选用三角股钢丝绳及线接触圆股钢丝绳,当由于供应原因,亦可选用普通圆股点接触平行捻钢丝绳。钢丝绳公称抗拉强度宜选用 1550×10^6 帕*。

* 本书一律采用法定计量单位,其中力、压力(压强、应力)和工程计量单位的换算关系为:

	法定计量单位	工程计量单位
力	牛[顿](N) [= $1\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$]	千克力(kgf) [= 9.80665N]
压力	帕[斯卡](Pa) [= $1\text{N}/\text{m}^2$]	千克力每平方厘米(kgf/cm ²) [= $9.80665 \times 10^4\text{Pa}$] 千克力每平方毫米(kgf/mm ²) [= $9.80665 \times 10^6\text{Pa}$]

表 1-1 落地摩擦式提升系统主要改造内容

改造范围	序号	改造项目	改造内容
	1	提升钢丝绳	确定钢丝绳数目、直径； 选择钢丝绳结构型式； 校核安全系数
	2	尾绳	选择尾绳的结构型式； 确定尾绳的直径和数目
	3	钢丝绳悬挂装置(主绳和尾绳)	增设钢丝绳悬挂装置，选用现有成熟结构
提升系统改造	4	车槽装置	确定车槽方式，增设车槽装置，选用现有成熟结构
	5	拨绳装置	增设拨绳装置，重新设计制造
	6	天轮	根据主绳数目确定天轮的数目、直径和结构； 确定天轮的布置形式(平行布置或上下布置)； 校核天轮强度； 天轮的设计和制造
	7	井架	根据天轮数目和布置形式，对井架进行局部改造和补强
	8	过卷装置	增设过卷装置
	9	容器	不论箕斗或罐笼，均应根据防滑要求，校验容器自重是否满足防滑要求，是否需要增加配重
	10	平衡锤	带平衡锤的单端提升系统，需要增设平衡锤，并确定平衡锤重量。如为双端提升系统，则没有此项内容
	11	容器承接装置	容器为罐笼时，将罐座改成摇台；容器为箕斗时，增设箕斗缓冲装置
提升机改造	12	主导轮	重新设计制造，或利用原有滚筒改造
	13	摩擦衬垫	选择材质，确定摩擦系数和比压
	14	压块和固定块	根据具体情况设计制造，可用铸铝压块，亦可用木压块
	15	主轴	重新设计制造，或利用原有主轴改造； 校核主轴强度和刚度
	16	主轴承	可利用原有主轴承，但应校核PV值
	17	联轴器	利用原有的联轴器，或重新设计制造
	18	减速器	利用原有的减速器，或根据具体情况进行改造或更换
	19	制动器	改用盘形制动器； 亦可利用原有的角移式制动器，但应校核制动力矩
	20	液压传动装置	改用盘形制动器时，应配带二级制动的电液调压式液压站； 利用原有的角移式制动器时，仍配原有的液压传动装置，但应校核安全制动时的减速度是否满足防滑要求
	21	深度指示器系统	除利用原有的传动装置和牌坊式深度指示器外，需增设粗针调零装置、精针发送装置和精针指示装置
	22	操纵台	换新或利用原有装置

续表

改造范围	序号	改造项目	改造内容
提升机	23	电动机	视具体情况,利用原电动机,或更换容量大的电动机
改造	24	电控系统	进行相应的局部改造

2) 钢丝绳的安全系数

根据《煤矿安全规程》规定,钢丝绳的安全系数 m 应符合式(1-1)和式(1-2),即:升降人员和物料

$$m \geq 9.2 - 0.0005H_c \quad (1-1)$$

升降物料

$$m \geq 7.2 - 0.0005H_c \quad (1-2)$$

式中 H_c ——提升钢丝绳的悬垂长度, m。

在式(1-1)和式(1-2)中代入不同的 H_c 值,所得安全系数 m 列于表1-2。

表 1-2 摩擦式提升设备钢丝绳安全系数 m

钢丝绳悬垂长度 H_c (m)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
安全系数 m	提人	9.15	9.10	9.05	9.00	8.95	8.90	8.85	8.80	8.75	8.70	8.65	8.60
	提物	7.15	7.10	7.05	7.00	6.95	6.90	6.85	6.80	6.75	6.70	6.65	6.60

3) 钢丝绳数目选择

落地摩擦式提升机的钢丝绳数目以2~4绳为宜。其中缠绕式2米、2.5米提升机改造后以选用2绳为宜;缠绕式3米提升机改造后可以考虑选用4绳。

2. 尾绳的选择

目前,绝大多数使用多绳摩擦式提升机的矿井,都由原来选用扁钢丝绳作平衡尾绳而改为使用圆股钢丝绳作平衡尾绳。新建的矿井,设计中也已全部选用圆股钢丝绳作平衡尾绳。这主要是因为扁钢丝绳生产效率低、供应困难。

选用圆股钢丝绳作平衡尾绳时,以多层股(不旋转)圆股钢丝绳中的 18×7 和 34×7 两种结构较为合适。但目前这两种产品尚不能满足需要,因而当供应困难时,也可以选用普通圆股钢丝绳,如选用 6×19 和 6×37 等。应注意的是,选用钢丝绳股中的钢丝不可过细,并应尽可能选用镀锌钢丝绳,以提高使用寿命。当采用两条平衡尾绳时,可以选用左向交互捻和右向交互捻的钢丝绳各一条。

3. 主导轮直径 D 的确定

根据《煤矿安全规程》规定,主导轮直径 D 应符合式(1-3)和(1-4),即:

无导向轮

$$\frac{D}{d} \geq 80 \quad (1-3)$$

有导向轮

$$\frac{D}{d} \geq 100 \quad (1-4)$$

式中 d ——主提升钢丝绳直径, mm。

主导轮直径 D 除应符合上述规定外, 还应按摩擦衬垫的许用比压 $[q]$ 来校核, 即:

$$q = \frac{S_s + S_x}{n_p d D} \leq [q] \quad (1-5)$$

式中 S_s ——主导轮上升 (重载) 侧钢丝绳静张力, N;

S_x ——主导轮下降 (轻载) 侧钢丝绳静张力, N;

$[q]$ ——摩擦衬垫的许用比压, 取 $[q] = 200 \times 10^4 \text{ Pa}$;

n_p ——主绳数目。

根据经验, 现有 3 米以下提升机改造后的主导轮直径 D 可取为:

滚筒直径 (m)	主导轮直径 (m)
2.0	2.0~2.25
2.5	2.5~2.8
3.0	3.0~3.25

4. 钢丝绳间距 A_n :

$$A_n = 200 \sim 250 \text{ mm} \quad (1-6)$$

5. 天轮直径 D_w :

$$D_w = 100 \text{ dmm} \quad (1-7)$$

6. 钢丝绳在摩擦衬垫上的围包角 α

当井深大于 300 米时, 取:

$$\alpha = 180^\circ \sim 220^\circ \quad (1-8)$$

如图 1-1 (a)、(b)。

当井深小于 300 米时, 取:

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 270^\circ \\ 2\alpha \geq 360^\circ \end{array} \right\} \quad (1-9)$$

如图 1-2 (a)、(b)。

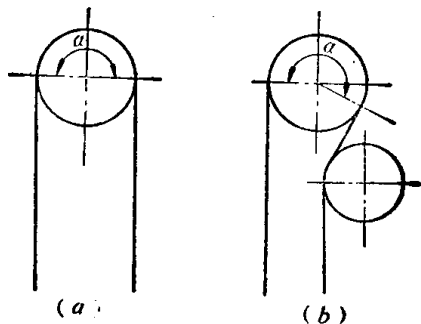


图 1-1 正常围包角 α (井深大于 300m)

$a-\alpha = 180^\circ$; $b-\alpha = 185^\circ \sim 220^\circ$

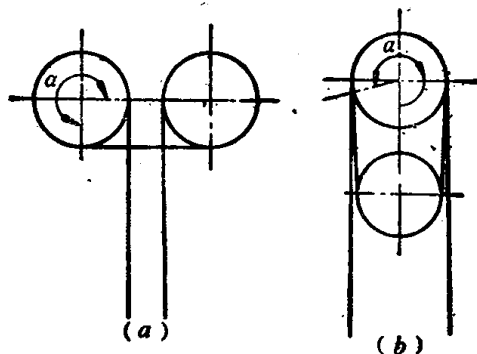


图 1-2 特殊加大围包角 α (井深小于 300m)

$a-\alpha = 270^\circ$; $b-2\alpha \geq 360^\circ$

7. 防滑验算

为了保证摩擦式提升机在工作中不发生打滑现象, 必须验算防滑安全系数, 包括静防滑验算、动防滑验算和安全制动防滑验算三种。根据摩擦提升一般选型设计的经验, 当采用加、减速度不大于1米/秒²时 (一般取0.5~0.85米/秒²), 可以只作静防滑安全系数的验算, 而不必验算动防滑安全系数。只有在特殊情况下才验算动防滑安全系数。安全制动防滑验算一般情况下都要进行, 特别是对于改造设计, 当采用原有的角移式制动器和重锤液压传动装置时, 由于没有二级制动, 安全制动防滑验算更不能忽视。

1) 静防滑安全系数可按式 (1-10) 计算:

$$\sigma_j = \frac{S_x(e^{\mu\alpha} - 1)}{S_s - S_x} \geq 1.75 \quad (1-10)$$

式中 σ_j ——实际静防滑安全系数;

S_s ——主导轮上升 (重载) 侧钢丝绳最大静张力, N;

S_x ——主导轮下降 (轻载) 侧钢丝绳最大静张力, N;

e ——自然对数底, $e = 2.718$;

μ ——摩擦衬垫的计算摩擦系数, 取 $\mu = 0.2$ 。

当取 $\mu = 0.2$, $\alpha = 180^\circ \sim 200^\circ$ 时, $e^{\mu\alpha}$ 值列于表1-3。

表 1-3 $e^{\mu\alpha}$ 值 ($\mu = 0.2$)

α	180°	181°	182°	183°	184°	185°	186°	187°	188°	189°	
$\mu\alpha$	0.6283	0.6318	0.6353	0.6388	0.6423	0.6458	0.6493	0.6528	0.6563	0.6597	
$e^{\mu\alpha}$	1.875	1.881	1.888	1.894	1.901	1.908	1.914	1.921	1.928	1.934	
α	190°	191°	192°	193°	194°	195°	196°	197°	198°	199°	200°
$\mu\alpha$	0.6632	0.6667	0.6702	0.6737	0.6772	0.6807	0.6842	0.6877	0.6912	0.6946	0.6981
$e^{\mu\alpha}$	1.941	1.948	1.955	1.962	1.968	1.975	1.982	1.989	1.996	2.003	2.010

实际设计时, 也可以不直接计算静防滑安全系数, 而是校核上升 (重载) 绳与下降 (轻载) 绳静张力的比值 A_s , 由式 (1-10) 可得:

$$A_s = \frac{S_s}{S_x} \leq \frac{e^{\mu\alpha} + 0.75}{1.75}$$

将 $\alpha = 180^\circ \sim 200^\circ$ 、 $\mu = 0.2$ 时的 $\frac{e^{\mu\alpha} + 0.75}{1.75}$ 的数值计算结果列于表1-4。

由表1-4看出, 静防滑安全条件可以写成如下比较简单的形式:

$$A_s = \frac{S_s}{S_x} \leq 1.5 \quad (1-11)$$

对于等重尾绳静力平衡提升系统, 上升 (重载) 侧和下降 (轻载) 侧钢丝绳的最大静

表 1-4 $\frac{e^{\mu\alpha} + 0.75}{1.75}$ 数值表 ($\mu = 0.2$)

α	180°	181°	182°	183°	184°	185°	186°	187°	188°	189°	
$\frac{e^{\mu \alpha} + 0.75}{1.75}$	1.50	1.503	1.507	1.511	1.515	1.519	1.522	1.526	1.53	1.534	
α	190°	191°	192°	193°	194°	195°	196°	197°	198°	199°	200°
$\frac{e^{\mu \alpha} + 0.75}{1.75}$	1.538	1.542	1.546	1.55	1.553	1.557	1.561	1.565	1.569	1.573	1.577

张力可按下列各式计算。

(1) 上升侧的最大静张力:

双容器提升时

$$S_s = [(1+W)Q + Q_m + n_p p(H_1 + h_w)]g \quad \text{N} \quad (1-12)$$

单容器提升时

$$S_s = [Q_{CZ} + n_p p(H_1 + h_w) + WQ]g \quad \text{N} \quad (1-13)$$

式中 Q ——提升载荷, kg;

Q_m ——容器自重, 如为罐笼提升, 则应包括矿车的重量, kg;

p ——提升钢丝绳每米重量, kg/m;

n_p ——提升钢丝绳根数;

H_1 ——提升高度, m;

h_w ——容器位于装载位置时, 其底部到尾绳绳环端部的高度, m;

W ——提升系统阻力系数,

箕斗提升: $W = 0.075$,

罐笼提升: $W = 0.10$;

Q_{CZ} ——平衡锤重量, kg,

箕斗提升: $Q_{CZ} = \frac{1}{2}Q + Q_m$,

罐笼提升: $Q_{CZ} = \frac{n_c}{2}(Q + Q_c) + Q_m$;

n_c ——一次提升的矿车数量;

Q_c ——一个矿车的重量, kg;

g ——重力加速度, 近似计算时取 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

提升高度 H_1 的计算见图1-3。

如图1-3 (a), 罐笼提升时 (井口水平出车):

$$H_1 = H \quad \text{m}$$

如图1-3 (b), 箕斗提升时:

$$H_1 = h_z + H + h_x \quad \text{m}$$

式中 H ——矿井深度, m;

h_z ——箕斗装载高度, m;

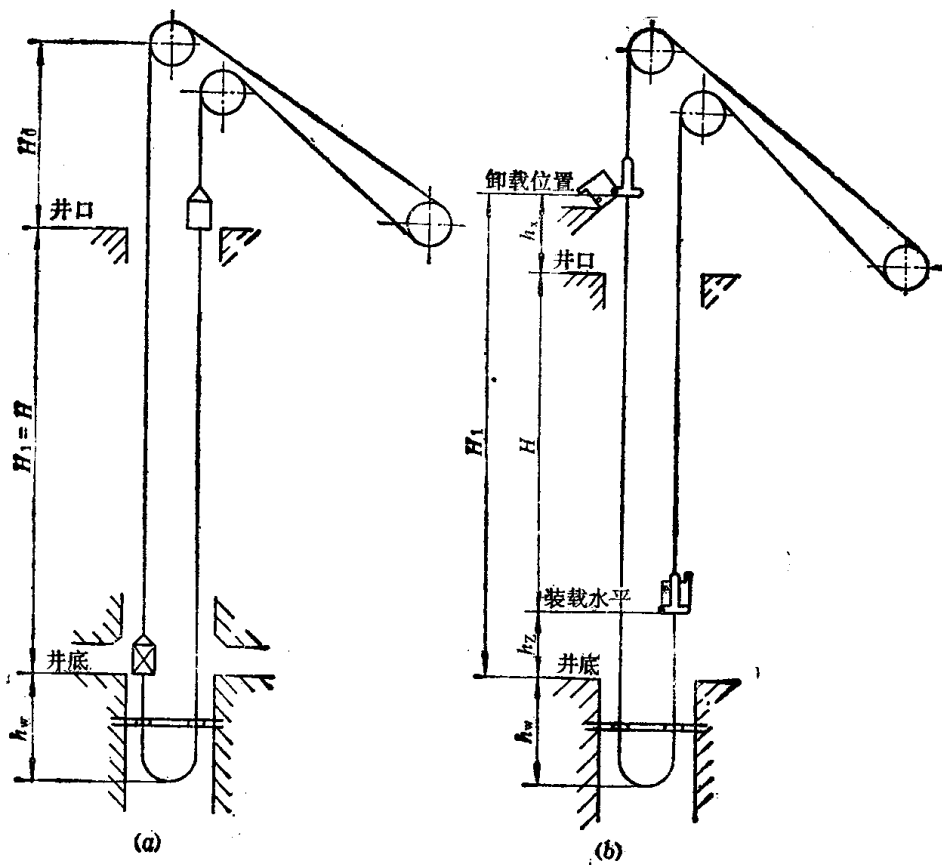


图 1-3 提升高度计算
a—罐笼提升, b—箕斗提升

h_x ——箕斗卸载高度, m。

(2) 下降侧的最大静张力按下放空容器计算(单、双容器提升时相同), 即:

$$S_z = (Q_m + n_p p H_1 - WQ)g \quad \text{N} \quad (1-14)$$

2) 动防滑安全系数验算

(1) 提升重物加速阶段

提升重物加速阶段只可能发生钢丝绳逆主导轮旋转方向的滑动。因此, 提升重物加速阶段的动防滑安全系数为:

$$\sigma_{d1} = \frac{(S_z - m_x a_1)(e^{\mu \alpha} - 1)}{S_s - S_z + (m_s + m_x) a_1} \geq 1.25 \quad (1-15)$$

为防止滑动, σ_{d1} 应大于允许最小值 1.25。与之相适应的允许最大加速度为:

$$a_{1\max} = \frac{S_z(e^{\mu \alpha} - 1) - 1.25 Qg}{m_x(e^{\mu \alpha} - 1) + 1.25(m_s + m_x)} \quad \text{m/s}^2 \quad (1-16)$$

式中 m_s ——上升绳侧运动质量之和, 按下式计算:

双容器提升时

$$m_s = Q + Q_m + n_p p H_1 \quad \text{kg} \quad (1-17)$$

单容器提升时

$$m_s = Q_{C2} + n_p p H_1 + G_{i\omega} \quad \text{kg} \quad (1-18)$$

m_x ——下降绳侧运动质量之和，按下式计算：

双容器提升时

$$m_x = Q_m + n_P p H_1 + G_{iw} \quad \text{kg} \quad (1-19)$$

单容器提升时

$$m_x = Q_m + n_P p H_1 \quad \text{kg} \quad (1-20)$$

G_{iw} ——所有天轮的变位重量，kg。

(2) 下放重物减速阶段

对于箕斗提升，一般情况下仅作提升重物加速阶段动防滑安全系数的验算就可以了，但对于罐笼提升，还要作下放重物的防滑验算。

在下放重物时，尤其是在减速阶段，最容易发生顺主导轮旋转方向的滑动。因此，下放重物减速阶段动防滑安全系数及相应的允许最大减速度为：

$$\sigma'_{a3} = \frac{(S'_s - m'_s a'_3)(e^{\mu a} - 1)}{(m''_s + m''_x) a'_3 - (S'_s - S'_x)} \geq 1.25 \quad (1-21)$$

$$a'_{3\max} = \frac{S'_s(e^{\mu a} - 1) - 1.25 Q g}{m''_s(e^{\mu a} - 1) + 1.25(m''_s + m''_x)} \quad \text{m/s}^2 \quad (1-22)$$

式中 S'_s ——上升（轻载）侧的最大静张力：

双容器提升时

$$S'_s = (Q + n_P p H_1 + W Q) g \quad \text{N} \quad (1-23)$$

单容器提升时，计算公式与式（1-13）相同；

S'_x ——下降（重载）侧的最大静张力（单、双容器相同）：

$$S'_x = [(1 - W) Q + Q_m + n_P p H_1] g \quad \text{N} \quad (1-24)$$

m''_s ——上升绳侧运动质量之和，按下式计算：

双容器提升时

$$m''_s = Q_m + n_P p H_1 + G_{iw} \quad \text{kg} \quad (1-25)$$

单容器提升时，计算公式与式（1-18）相同；

m''_x ——下降绳侧运动质量之和，按下式计算：

$$m''_x = Q + Q_m + n_P p H_1 \quad \text{kg} \quad (1-26)$$

3) 安全制动防滑验算

摩擦式提升机在进行安全制动时，应满足《煤矿安全规程》的有关规定，除制动力矩不得小于三倍最大静力矩外，还必须保证：安全制动减速度 a_{3Z} ，在提升重物时既要小于5米/秒²，又要小于防滑极限减速度 a_{3j} ；在下放重物时则必须大于1.5米/秒²，而小于防滑极限减速度 a'_{3j} 。防滑极限减速度是按滑动极限计算的，即取 $\sigma_{\text{滑动}} = 1$ 。

提升重物安全制动时的防滑极限减速度按下式计算：

$$a_{3j} = \frac{S_s(e^{\mu a} - 1) + Q g}{m'_s(e^{\mu a} - 1) + (m'_s + m'_x)} \quad \text{m/s}^2 \quad (1-27)$$

下放重物安全制动时的防滑极限减速度按下式计算：

$$a'_{3j} = \frac{S'_s(e^{\mu a} - 1) - Q g}{m''_s(e^{\mu a} - 1) + (m''_s + m''_x)} \quad \text{m/s}^2 \quad (1-28)$$

上列各式中的 m'_s 和 m'_x 按下式计算：

$$m'_S = Q + Q_m + n_p p H_1 + G_{iw} \quad \text{kg} \quad (1-29)$$

$$m'_x = Q_m + n_p p H_1 \quad \text{kg} \quad (1-30)$$

为了留有余地, 摩擦式提升机安全制动减速度建议采用:

$$0.8a_{3j} \geq a_{3Z} < 5 \quad \text{m/s}^2 \quad (1-31)$$

$$0.8a'_{3j} \geq a'_{3Z} > 1.5 \quad \text{m/s}^2 \quad (1-32)$$

8. 出绳角 φ_1 、 φ_2 计算

如图1-4 (a), 天轮上下布置式, 其出绳角 φ_1 、 φ_2 按下式计算:

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \frac{H_0 - c}{b - b_1 - \frac{D_w}{2}} + \sin^{-1} \frac{\frac{D + D_w}{2}}{\sqrt{\left(b - b_1 - \frac{D_w}{2}\right)^2 + (H_0 - c)^2}} \quad (1-33)$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \frac{H_0 - c + h}{b - \frac{D_w}{2}} - \sin^{-1} \frac{\frac{D - D_w}{2}}{\sqrt{\left(b - \frac{D_w}{2}\right)^2 + (H_0 - c + h)^2}} \quad (1-34)$$

如图1-4 (b), 天轮平行布置式, 其出绳角 φ_1 、 φ_2 按下式计算:

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \frac{H_0 - c}{b - \frac{D_w}{2}} + \sin^{-1} \frac{\frac{D + D_w}{2}}{\sqrt{\left(b - \frac{D_w}{2}\right)^2 + (H_0 - c)^2}} \quad (1-35)$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \frac{H_0 - c}{b - \frac{D_w}{2}} - \sin^{-1} \frac{\frac{D - D_w}{2}}{\sqrt{\left(b - \frac{D_w}{2}\right)^2 + (H_0 - c)^2}} \quad (1-36)$$

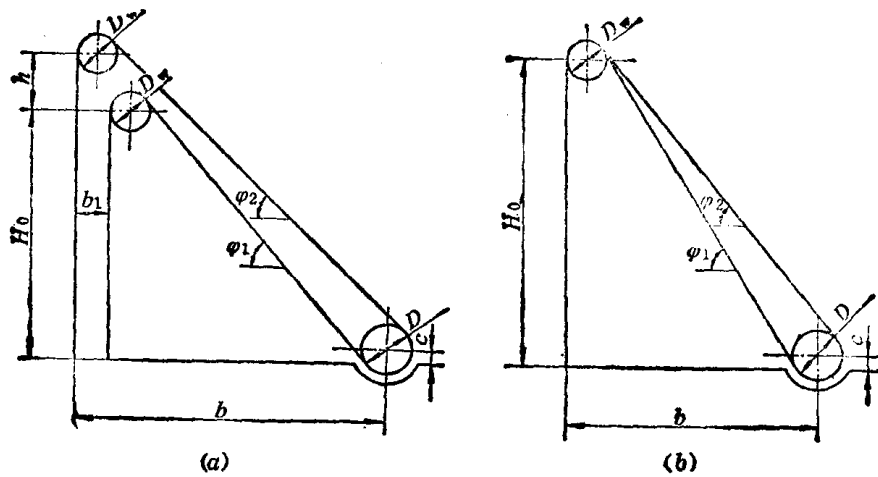


图 1-4 出绳角 φ_1 、 φ_2 计算图形

a—天轮上下布置式; b—天轮平行布置式

1.2 缠绕式提升机改造实践

一、双绳落地摩擦式提升机

缠绕式提升机改造成双绳落地摩擦式提升机在河南省巩县大峪沟煤矿已有成功的实践经验。

1. 改造情况

大峪沟煤矿三号井，是一个担负主、副提升的混合井，原设计年产量70万吨，井口位于半山坡上，井筒直径4.5米。主(井)提升机为2JK-2.5型，双端提升，容器为底卸式3吨箕斗。副(井)提升机为2JK-2型，带平衡锤单端提升，容器为1吨单层单车标准罐笼，井筒布置如图1-5。

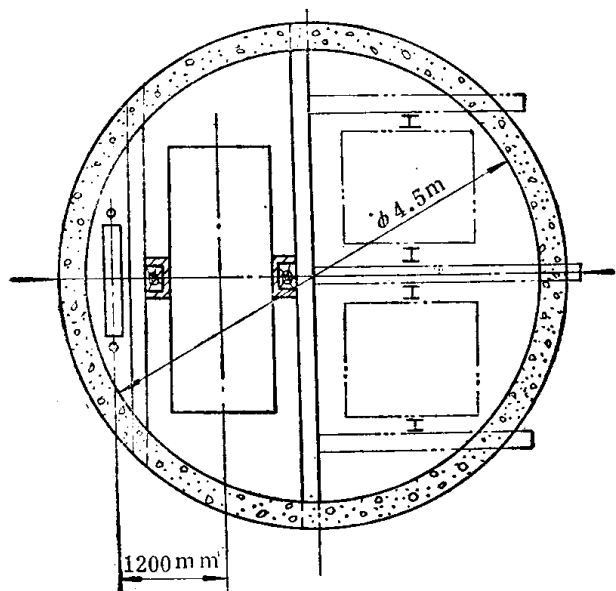


图 1-5 井筒断面示意图

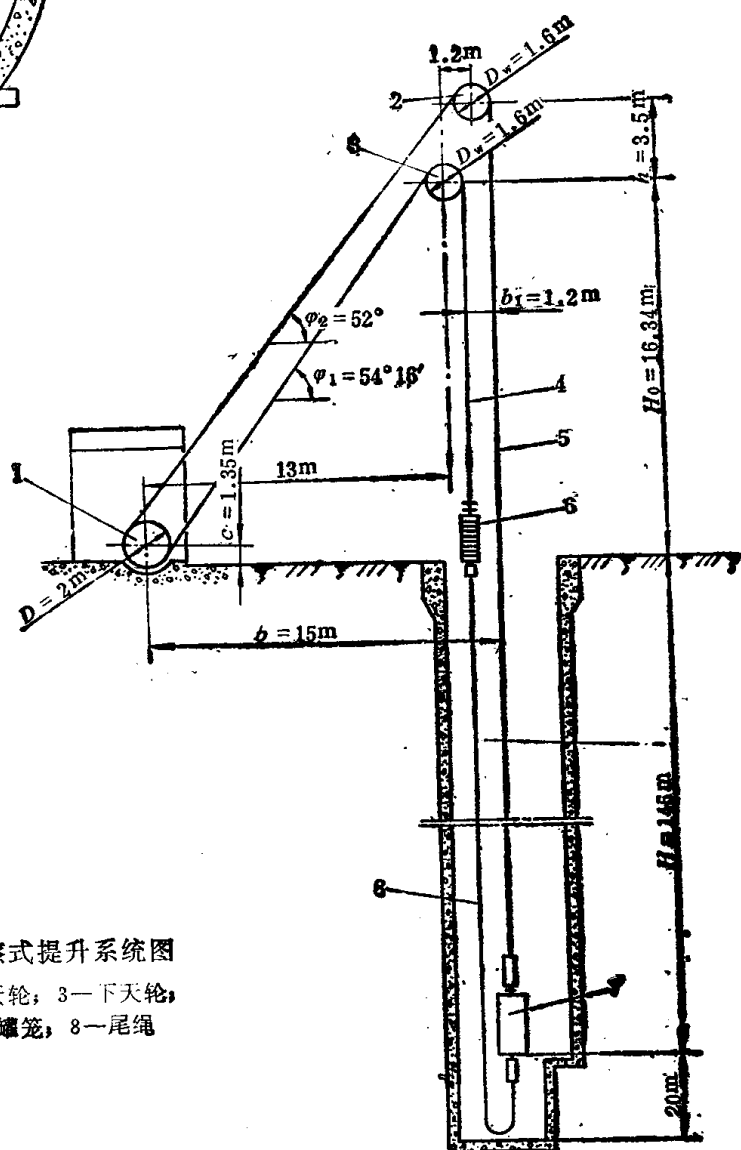


图 1-6 大峪沟煤矿双绳落地摩擦式提升系统图

1—2米双绳落地摩擦式提升机；2—上天轮；3—下天轮；
4、5—主提升钢丝绳；6—平衡锤；7—罐笼；8—尾绳

该矿为解决副(井)提升机钢丝绳内外偏角不大于 $1^{\circ}30'$ 的要求,与洛阳矿山机械研究所合作,将原缠绕式2JK-2型提升机改造成双绳落地摩擦式提升机,改造后的提升系统见图1-6、技术参数列于表1-5、主轴装置如图1-7。

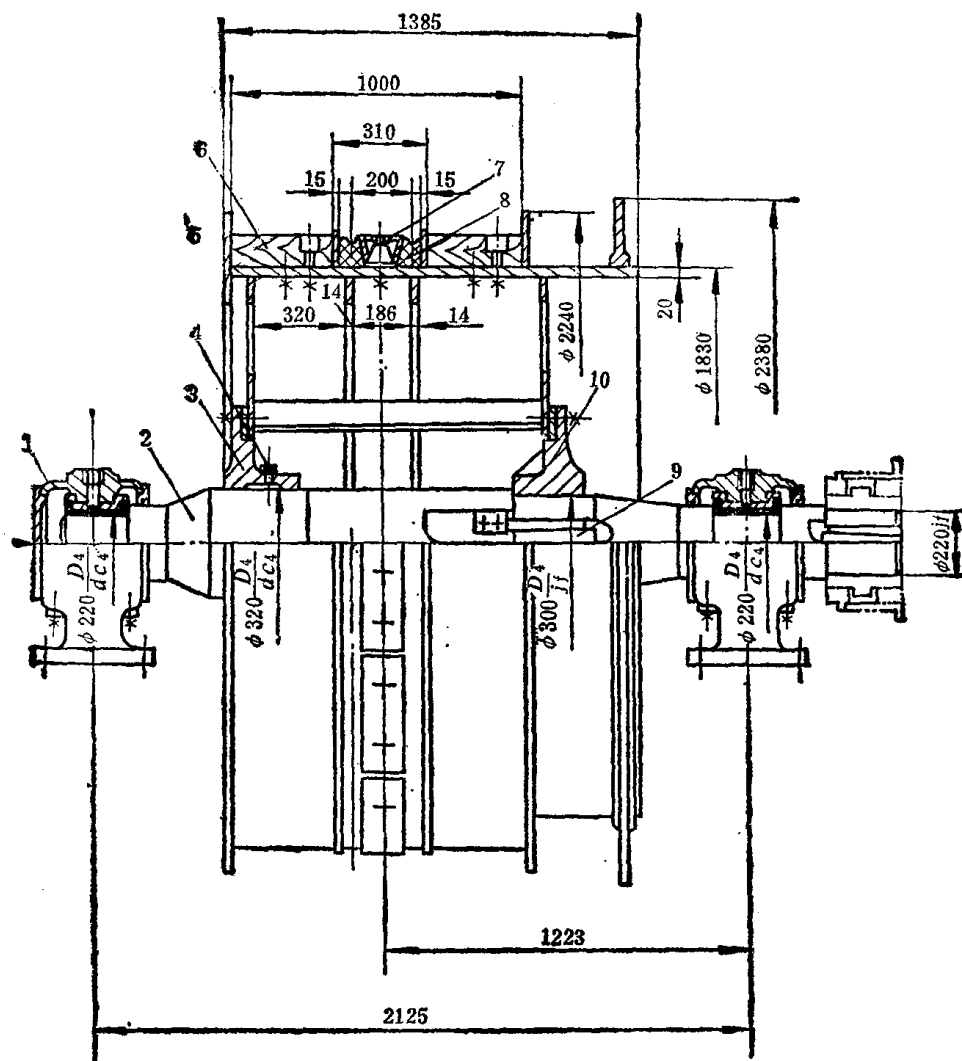


图 1-7 大峪沟煤矿双绳落地摩擦式提升机主轴装置

1—主轴承; 2—主轴; 3—活动轮毂; 4—油杯; 5—主导轮; 6—木衬; 7—压块; 8—摩擦衬垫;
9—切向键; 10—固定轮毂

该双绳落地摩擦式提升机于1977年10月1日正式投产,1979年5月,在现场召开了技术座谈会,对该提升机的改造给予了肯定。

2. 运行中的几个问题

1) 摩擦衬垫的摩擦系数

主导轮上的摩擦衬垫是用P.V.C塑料制成,衬垫的设计摩擦系数 $\mu=0.2$,比压 $q \leq 200 \times 10^4$ 帕。

(1) 摩擦系数的测试

根据尤拉公式,在主导轮静止不动的情况下,当

表 1-5 大峪沟煤矿双绳落地摩擦式提升系统主要技术参数

序号	项 目			单 位	实 际 使 用 值	
1	主 导 轮 直 径			m	2.0	
2	最大静张力	平衡提升 不平衡提升		N	57790($d=20$) 60630($d=24$)	
3	最大静张力差	平衡提升 不平衡提升		N	23160($d=20$) 25770($d=24$)	
4	主 提 升 钢 丝 绳	型 式		mm 根 kg/m N	$D-6 \times 19+1-20-160$	$6\Delta(21)-24-155$
		直 径			20	24
		绳 数			2	2
		每米重量			1.43	2.23
		所有钢丝破断力总和			241500	349500
5	围 包 角	提升钢丝绳对主导轮围包角		度	$182^{\circ}16'$	
		提升钢丝绳对上天轮围包角			128°	
		提升钢丝绳对下天轮围包角			$125^{\circ}44'$	
6	主提升钢丝绳间距			mm	200	
7	出绳仰角	上出绳仰角 φ_2 下出绳仰角 φ_1		度	52° $54^{\circ}16'$	
8	提升高度	正常提升高度 最大提升高度(清理井底)		m	145 163	
9	井架高度	地面至上天轮中心距 地面至下天轮中心距		m	19.84 16.34	
10	天 轮	直 径 数 量		m	2.0 4	
11	最大提升速度			m/s	3.35	
12	加、减速度 ($a_1=a_3$)			m/s ²	0.3	
13	减 速 器	型 号 速 比			ZHLR-115 30	
14	电 动 机	型 号		r/min kW	JK ₂ 117-6	
		转 速			960	
		功 率			1150	
15	电 控 系 统				金属电阻(五级起动)、带动力制动	
16	罐 笼	自 重 悬挂装置重量		kg	2500 310	
17	矿 车	自 重		kg	560	
		载 重	提 煤		1000	
			提 矸		1900	
18	平 衡 锤	自 重		kg	3350	
		悬挂装置重量			70	