

多绳摩擦提升机容器防滑自重的研究

邵林波

(昆明冶金高等专科学校 机械与电气工程系, 云南 昆明 650033)

摘要: 用安全规程规定的减速度确定出的容器自重, 能满足静、动防滑安全系数检验, 也满足各种状态下紧急制动防滑要求, 避免了传统设计中容器防滑自重反复调整, 反复修正和校验, 造成计算的重复、繁琐、设计周期长等弊端, 使设计非常简便, 安全可靠。

关键词: 容器自重; 静、动防滑安全系数; 紧急制动; 滑动极限减速度

中图分类号: TD531+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)02-0038-04

Study on the Deadweight of Containers of Multirope Friction Winder

SHAO Lin-bo

(Department of Mechanical and Engineering, Kunming Metallurgy College, Kunming 650033, China)

Abstract: The deadweight of containers determined by the reduced speed prescribed by safety rules can meet the requirement of the safety factor in uniform speed, variable speed and exigency braking in any state, which avoids the unnecessary details and design periodicity in calculation caused by the repeated adjusting, correcting and verifying process in the traditional design. It makes the designing simple and reliable.

Key words: deadweight of containers; safety factor of uniform speed and variable speed; exigency braking; slowdown of slippage limit

0 引言

多绳摩擦提升机是靠钢丝绳与主导轮摩擦衬垫间的摩擦力进行提升的, 因此多绳摩擦提升机是否能安全可靠地运行, 最根本的问题是防止钢丝绳在摩擦衬垫上滑动。为了防止滑动, 首要的问题是合理的确定容器防滑自重和制动力矩, 然后进行紧急制动的防滑验算。本文试图对容器防滑自重的确定办法作一探讨。

容器防滑自重的确定, 过去通常是根据《煤炭工业设计规范》第2~121条关于“多绳绞车”进行防滑安全验算应满足紧急制动对减速度的要求, 并且上提重物加速阶段及下放重物减速阶段的动防滑安全系数不得小于1.25(即 $\delta_d \geq 1.25$), 静防滑安全系数不得小于1.75(即 $\delta_j \geq 1.75$), 这一规定来确定的。防滑安全系数的分析计算公式为:

$$\delta = \frac{T_2(e^{f\alpha} - 1)}{T_1 - T_2} \quad (1)$$

T_1 和 T_2 分别代表提升机钢丝绳重载侧和轻载侧的张力。若 T_1 和 T_2 代表静张力, 则计算所得的防滑安全系数称为静防滑安全系数, 用 δ_j 表示。若 T_1 和 T_2 不只是包括静张力, 而且还包括在加减速时的惯性力时, 则计算所得的防滑安全系数, 称为动防滑安全系数, 用 δ_d 表示。传统的确定容器自重的办法就是取 $\delta_d \geq 1.25, \delta_j \geq 1.75$, 作为已知参数代入公(1)中求出容器自重的。

收稿日期: 2002-10-10.

作者简介: 邵林波(1963~), 男, 讲师; 主要研究方向: 提升机械。

1 按静、动防滑安全系数确定的容器自重

1.1 按静防滑安全系数确定的容器自重

静张力:

$$T_1 = T_{1j} = (Q + Q_z + npH_c)g + W_s g$$

$$T_2 = T_{2j} = (Q_z + npH_c)g - W_x g$$

其中: $W_s = W_x = \zeta Q$

T_1 ——代表提升机钢丝绳重载侧的张力, N;

T_2 ——代表提升机钢丝绳轻载侧的张力, N.

双容器提升:

$$Q_z \geq \left[\frac{(1 + 2\zeta)\delta_j}{(e^{fa} - 1)} + \zeta \right] Q - npH_c \quad (2)$$

单容器平衡锤提升:

$$Q_z \geq \left[\frac{\left(\frac{1}{2} + 2\zeta\right)\delta_j}{(e^{fa} - 1)} + \zeta \right] Q - npH_c \quad (3)$$

式中: Q_z ——容器防滑自重 kg;

δ_j ——静防滑安全系数 取 $\delta_j \geq 1.75$

Q ——一次提升载荷量 kg;

W_s ——上提货物运行阻力;

W_x ——下放空容器运行阻力;

n ——提升钢丝绳数目;

H_c ——钢丝绳则天轮到井底装载位置的悬垂长度 m;

p ——钢丝绳单位长度质量 kg/m;

ζ ——容器运行阻力系数, 箕斗为 0.075, 罐笼为 0.1;

f ——钢丝绳与滚筒衬垫间的摩擦系数;

a ——围包角.

1.2 按动防滑安全系数确定的容器自重

动张力:

$$T_1 = T_{1d} = T_{1j} + m_s a_{3s} = [Q + Q_z + npH_c]g + W_s g + m_s a_{3s}$$

$$T_2 = T_{2d} = T_{2j} + m_x a_{3s} = [Q_z + npH_c]g + W_x g + m_x a_{3s}$$

其中: $W_s = W_x = \zeta Q$

a_{3s} ——提升加速度 m/s^2 ;

m_s ——提升重载侧变位质量: $m_s = Q + Q_z + npH_c$

m_x ——下放空载侧变位质量: $m_x = Q_z + npH_c + G_t$

G_t ——导向轮变位质量;

其他符号同前.

双容器提升:

$$Q_z \geq \left[\frac{\zeta + (1 + 2\zeta + \frac{a_{3s}}{g})(\frac{\delta_d}{e^{fa} - 1})}{1 - \frac{a_{3s}}{g}(1 + \frac{2\delta_d}{e^{fa} - 1})} \right] Q + \left[\frac{\frac{a_{3s}}{g}(1 + \frac{2\delta_d}{e^{fa} - 1})}{1 - \frac{a_{3s}}{g}(1 + \frac{2\delta_d}{e^{fa} - 1})} \right] G_t - npH_c \quad (4)$$

$$Q_z \geq \left[\frac{\zeta + (\frac{1}{2} + 2\zeta + \frac{a_{3s}}{2g})(\frac{\delta_d}{e^{fa} - 1})}{1 - \frac{a_{3s}}{g}(1 + \frac{2\delta_d}{e^{fa} - 1})} \right] Q + \left[\frac{\frac{a_{3s}}{g}(1 + \frac{2\delta_d}{e^{fa} - 1})}{1 - \frac{a_{3s}}{g}(1 + \frac{2\delta_d}{e^{fa} - 1})} \right] G_t - npH_c \quad (5)$$

通过静、动防滑计算出 Q_z 后取最大值为初拟容器防滑自重。

在初步确定了容器防滑自重和一级制动力矩之后,还必须按照《煤矿安全规程》第399条第3和第4段的规定执行。即:摩擦轮提升装置,常用闸和保险闸发生作用时,全部机械的减速度,不得超过钢丝绳的滑动极限。在下放重载时,必须检查减速度的最低极限;在提升重载时必须检查减速度的最高极限。即:

$$[a_3]_x > a_{3x} \geq 1.5 \text{ m/s}^2$$

$$[a_3]_s > a_{3s} \geq 5 \text{ m/s}^2$$

式中: a_{3x}, a_{3s} —— 下放、提升重载的实际减速度, m/s^2 。

$[a_3]_x, [a_3]_s$ —— 下放、提升重载的钢丝绳滑动极限减速度 m/s^2

根据欧拉公式原理推导得出:

上提载荷紧急制动极限减速度为

$$[a_3]_s = \frac{T_1 e^{f\alpha} - T_2}{m_s e^{f\alpha} + m_x} \quad (6)$$

下放载荷紧急制动极限减速度为

$$[a_3]_x = \frac{T'_2 e^{f\alpha} - T'_{1j}}{m'_s e^{f\alpha} + m'_x} \quad (7)$$

式中: $T'_{2j} = (Q_z + npH_c + \zeta Q)g$ —— 提升机钢丝绳轻载侧的张力

$T'_{1j} = (Q + Q_z + npH_c + \zeta Q)g$ —— 提升机钢丝绳重载侧的张力

$m'_s = Q_z + npH_c + G_i$ kg —— 提升侧变位质量

$m'_x = Q + Q_z + npH_c$ kg —— 下放侧变位质量

在选型设计中我们分析发现,按照静动滑安全系数确定的容器自重,尽管可以满足《煤炭工业设计规范》的要求,但是往往不能满足《煤矿安全规程》的规定,尤其以下放载荷提升空容器进行紧急制动为最容易打滑。这就使得我们在设计中不得不反复调整容器防滑自重,反复地进行修正和校验,造成计算的重复、繁琐、使设计周期增长。

2 按紧急制动防滑条件确定容器防滑自重

双容器提升:

在双容器提升系统中,以下放载荷提升空容器进行紧急制动为最容易打滑状态,所以在我指导的摩擦提升机选型设计中,我按此状态来确定容器的防滑自重。

由公式(7)推导出 Q_z :

$$Q_z = \frac{[npH_c(e^{f\alpha} + 1) + G_i e^{f\alpha} + Q][a_3]_x - [npH_c(e^{f\alpha} - 1) + \zeta Q(e^{f\alpha} + 1)]g}{(e^{f\alpha} - 1)g - (e^{f\alpha} + 1)[a_3]_x} \quad (8)$$

$$\text{令 } [a_3]_x = \frac{1.5}{\gamma}$$

式中: γ —— 防滑储备系数,从安全角度讲要偏小,从经济角度讲要稍大。我国建议取 0.85 ~ 0.95;

1.5 —— 安全规程中规定的下放载荷时极限减速度

g —— 9.8 m/s^2

其他符号同前

3 两种方法的计算和比较

我们按上述两种方法对几个矿井的多绳摩擦提升机容器自重进行了计算比较,并分别进行了防滑安全检验及紧急制动防滑检验,计算结果如表1。由此结果分析,结论是:

表1 几个矿井多绳摩擦提升机容器自重计算比较

实 例	计算条件	容器防滑自重的确定 /N		防滑安全系数验算		紧急制动防滑验算 (提升和下放载荷)			
		计算方法	容器防滑自重	δ_j	δ_d	a_{3s}	$[a_3]_s$	a_{3x}	$[a_3]_x$
某矿井9 t4绳 双箕斗提升	$Q = 7\,500\text{ kg}$ $Q_z = 76\,800\text{ kg}$ $H = 769\text{ m}$ $f = 0.2$ $a = 189.67$	静、动防滑 安全系数	75 264	1.75	1.28	3.70	4.33	1.50	1.31
		紧急制动 防滑条件	108 584	2.09	1.42	3.45	3.19	1.50	1.55
某矿井1.5 t 双层4车4绳 双罐笼提升	$Q = 10\,800\text{ kg}$ $Q_z = 18\,960\text{ kg}$ $H = 399.8\text{ m}$ $f = 0.2$ $a = 189.82$	静、动防滑 安全系数	185 808	1.87	1.26	3.39	4.43	1.50	1.43
		紧急制动 防滑条件	243 922	3.15	1.40	3.25	4.20	1.50	1.76
某矿井9 t4绳 双箕斗提升	$Q = 8\,000\text{ kg}$ $Q_z = 10\,800\text{ kg}$ $H = 686\text{ m}$ $f = 0.2$ $a = 189.79$	静、动防滑 安全系数	105 840	2.41	1.34	3.25	4.26	1.50	1.49
		紧急制动 防滑条件	128 086	2.61	1.58	3.18	4.18	1.50	1.61
某矿井1 t双 层4车4绳双 罐笼提升	$Q = 7\,200\text{ kg}$ $Q_z = 11\,556\text{ kg}$ $H = 679\text{ m}$ $f = 0.2$ $a = 191.35$	静、动防滑 安全系数	113 248	2.13	1.38	3.05	3.85	1.50	1.49
		紧急制动 防滑条件	123 048	2.21	1.42	3.06	4.01	1.50	1.58

(1) 按静、动防滑安全系数确定的容器自重尽管可以满足《煤炭工业设计规范》关于静防滑安全系数 $\delta_j \geq 1.75$, 动防滑安全系数 $\delta_d \geq 1.25$ 的要求. 但是在下放载荷紧急制动时, 制动减速度 a_{3x} 均超过了滑动极限减速度 $[a_3]_x$, 故不符合《煤矿安全规程》第 339 条关于制动减速度不得超过钢丝绳滑动极限的要求.

(2) 如果按照紧急制动防滑条件确定出容器的防滑自重, 经全面防滑检验, 既可满足 $\delta_j \geq 1.75$, $\delta_d \geq 1.25$ 的要求, 又能保证紧急制动时, 制动减速度小于钢丝绳滑动极限减速度的规定. 完全符合《煤炭工业设计规范》和《煤矿安全规程》的要求.

(3) 采用紧急制动防滑条件确定出的容器自重, 比传统的方法所确定的容器质量会增加, 如果增加很多时, 可采用适当增大 γ (防滑储备系数) 的方法来修正.

(4) 采用紧急制动防滑条件确定出的容器自重, 能满足各种状态下紧急制动防滑要求, 符合我国安全生产的方针政策, 而且在设计中不需要再进行静、动防滑安全系数的检验, 使设计非常简便, 是确定容器防滑自重的好方法.

参考文献:

- [1] 牛树人等. 煤矿固定机械及运输设备[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991, 15~30.
- [2] 煤炭部. 煤炭安全规程[S]. 北京: 煤炭工业出版社, 1980, 25~30.
- [3] 中国矿业学院. 矿井提升设备[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1980, 10~25.