

化肥企业安全生产
技术学习交流会材料

现场起重负荷数学诗与快速近似计算

南化公司化工机械厂

朱兆华 供稿

化工部化肥司机动安全处 编印
化工部上海化工研究院情报室

一九八五年十月



目 录

一、现场起重负荷数学诗与快速近似计算的提出.....	1
二、麻绳负荷近似计算与数学诗.....	2
三、钢丝绳负荷近似计算与数学诗.....	8
四、卡环经验安全负荷计算与数学诗.....	10
五、钢丝绳、卡环安全负荷实用口诀.....	14
六、两根钢丝绳受力负荷数学诗及张力计算.....	17
七、四根钢绳受力负荷数学诗及张力计算.....	21
八、末位是五的两位数平方的快速计算.....	22
后记.....	23

一、现场起重负荷数学诗与

快速近似计算的提出

在起重作业中，由于超负荷，操作不当，吊索、吊具选用不妥或拴挂错误等，经常造成钢丝绳、麻绳折断或卡环损坏事故，影响安全生产。

研究起重吊具索具所承担的安全负荷量是起重工十分关心的问题。亦是安技干部开展安全检查、编制起重吊装安全技术方案迫切要掌握的问题之一。

确定起重索具（钢丝绳、麻绳）与卡环的安全负荷量一般有三种方法：理论计算法、查表法及近似计算法。

理论计算法：当了解钢丝绳（麻绳）的抗拉强度（许用应力）时，计算出其破断拉力（许用拉力），将破断拉力除以安全系数得出许用拉力。但计算比复繁杂，要运用到力学知识和数学知识。对一般文化水平较低的起重工人和安技干部有一定困难，因而不能普及。有些工人同志理论计算有困难时，往往凭主观经验估算安全负荷，有时差距较大，甚至造成起重事故。

查表法：从有关“手册”或专业技术书籍中，直接查出许用负荷。查表法是科学的，但工人或有关人员往往不能把“手册”或书本背到现场，在现场查表也不太现实。当人们向安技部门提一个问题，问某钢丝绳吊多少吨超负荷时，总不能回答：“我要查表后答复”。怎样找到一种不查表，计算又十分简单，受到起重工人和安技干部欢迎的计算起重负荷的方法呢？于是我们努力去探讨起重负

荷的经验计算方法来满足这一要求。

近似算法：为了解决上述矛盾，在理论计算和长期实践经验的基础上，总结了破断拉力和容许拉力近似（经验）计算公式和起重负荷数学诗。把理论计算和经验判断有机结合起来，这种方法易懂、易记、易运用，有工人语言和现场特色，计算速度快，最适合现场使用，因而具有一定实用价值。

科学性、实践性、高效率是衡量安全技术管理工作水平的重要标志之一。安全技术工作要有改革精神。改进、创新与实践是我们的方向。

为了配合化工部化肥公司颁发的《起重运输安全技术规程》的学习，使有关人员今后能离开书本记住《规程》中的某些定性要求和定量数据并贯彻执行，针对起重机的特点，我们总结了现场起重负荷数学诗与快速近似计算方法。这种方法是公式、数学诗和图表的综合体，我们分类叙述于后，以供起重工人和安技干部参考。

二、麻绳负荷近似计算

1. 理论计算（单根）

麻绳作为起重索具在起吊小负荷物体时得到了运用。我们以单根麻绳作为研究对象，根据麻绳强度校核公式：

$$F \leq \frac{P}{K}$$

ϕ —麻绳直径，mm；

F —容许拉力，kg；

P —破断拉力，kg； K —安全系数，一般选取 $K=10$ 。

根据理论计算，麻绳许用拉力与直径关系见表1。

麻绳有特制、加重、普通三种规格，在直径相等的情况下，普通麻绳的许用拉力为最小，故研究同直径不同规格的麻绳的许用拉力，选普通麻绳为研究对象。若得知普通麻绳的许用拉力，那么同直径的加重麻绳许用拉力比普通麻绳大，比特制麻绳小。只要普通麻绳的许用拉力满足起吊安全要求，特制和加重麻绳则更为安全。

表1 素麻绳许用拉力与直径关系对照表

($K=10$)

$\varnothing$ (mm)	F (kg)			$\varnothing$ (mm)	F (kg)		
	特制	加重	普通		特制	加重	普通
11.1	73.5	65.5	61	15.9	146	121	112
12.7	93.5	83.5	77.5	19.1	211.5	179	157
14.3	113.5	102	94.5	20.7	233	198.4	175.5

通过麻绳强度校核公式和表1，可求出麻绳许用拉力，再求出麻绳的直径，或者根据已知麻绳的直径，算出许用拉力是否符合要求。运用这种方法有一部分文化素质低的人员对此有不少困难。

2、近似计算

在化工起重现场，麻绳的破断与容许拉力可以用表2中的数学诗或近似计算公式快速求得。因为起重负荷吨位大，安全系数大，在一般情况下，近似计算与理论计算数据有一个小的差距是可以忽视不计的，这就是引入近似计算的又一个目的之一。

表 2、麻绳近似拉力数学诗与快速经验计算

	破断拉力 (P)	容许拉力 (F)
近似公式	$P = 5d^2$ d — 直径, mm; P — 破断拉力, kg	$F = 0.5d^2$ d — 直径, mm; F — 容许拉力, kg
数 学 诗	直径平方乘以五, 长度毫米要记住。 所得答案为公斤, 等于破断拉力数。	直径平方被二除, 长度毫米请记住。 所得之数为公斤。 即为容许拉力数。

从表 2 中破断拉力近似公式得知: $P = 5d^2$, 若麻绳 $\varnothing = 12.7$ mm, $K = 10$, 普通型, 则 $P = 5d^2 = 5 \times 12.7^2 = 806.45$ (kg), 查素麻绳技术性能表得知 $\varnothing = 12.7$ mm, 普通型麻绳的最小破断拉力为 775 kg, 近似计算和理论计算只相差 31 kg, 许用拉力只相差 3.1 kg, 非常接近, 这在起重负荷的理论计算中又完全是允许的, 故有实用价值。“直径平方乘以五, 长度毫米要记住。所得答案加公斤, 等于破断拉力数”。这首数学诗就是破断拉力近似计算的高度概括, 它的特点是易懂、易记、易计算。

同理, $F = 0.5d^2$ 容许拉力近似计算公式, 同样具有实用价值和上述特点。

原书缺页

原书缺页

三、钢丝绳负荷近似计算

在一般情况下，钢丝绳安全系数 $K \geq 5$ ，为计算方便我们在 $K = 5$ 时进行讨论。

(一) 钢丝绳破断拉力近似计算

1、近似计算公式

单根钢丝绳破断拉力近似计算公式为：

$$P = \frac{1}{2} \cdot d^2$$

P —破断拉力，吨

d —直径，英分

($K = 5$ 时)

2、数学诗

破断拉力记为吨，

钢绳直径用英分。

直径平方被二除，

即为破断拉力数。

3、破断拉力曲线图

图 1 是钢丝绳破断拉力曲线图。此图作用是：知直径查近似破断拉力，或知破断拉力查直径近似值。

4、举例

7 分钢丝绳近似破断拉力： $P = \frac{1}{2} d^2 = \frac{1}{2} \times 7^2 = 24.5(t)$

5、验证

以 $6 \times 19 + 1$ 、直径为 7 英分的钢丝绳为例，查表得知，在钢丝绳公称抗拉强度为最小时 ($\sigma_b = 140 \text{ kg/mm}^2$)，钢丝

绳破断拉力为 $24550 \text{ kg} = 24.55 \text{ t}$ ，近似计算求出的破断拉力为 24.5 t ，两者结果相等。

(二) 钢丝绳经验安全负荷计算

在 $K=5$ 时，我们对单根钢丝绳安全负荷，即许用负荷进行研究。图 2 是经验安全负荷曲线图。“钢绳直径用英分，许用负荷记为吨。直径英分自平方，缩小十倍安全量”。这是计算钢丝绳近似许用负荷的口诀。

举例：求 7 分钢丝绳安全负荷量。

7 分自平方后为 $7 \times 7 = 49$ ，缩小十倍为 4.9，单位为吨就是安全负荷为 4.9 吨。

这是我们所说的“七七四点九”（吨）的由来。

验证：前面讲过 7 分钢丝绳破断拉力为 24.5 吨，接近似计算。

$$\text{则 } F = \frac{P}{K} = \frac{24.5}{5} = 4.9 \text{ (吨)}$$

这与前面经验口诀相吻合。查表得知 7 分钢绳的安全负荷为 4.87 吨（抗拉强度为 140 kgf/mm^2 ， $K=5$ ），这充分说明近似公式，负荷口诀求出的结果与理论计算是一致的，即使有误差也是在允许范围之内的。

四、卡环经验安全负荷计算

卡环经验安全负荷见图 3。

1、安全负荷数学诗

销轴直径毫米量，
四乘直径之平方。
安全负荷公斤计，
勿将尺寸当环体。

卡环直径皆指销轴直径

2、安全负荷近似计算公式

$$F = 4 d^2$$

其中：F — 安全负荷，kg

d — 卡环销轴直径，mm

3、使用数学诗的注意事项

原书缺页

原书缺页

① 知道卡环销轴直径求许用负荷

知道卡环销轴直径求许用负荷可直接用

$F = 4d^2$ 这一公式，若 $d = 10 \text{ mm}$ ，则

$$F = 4 \times 10^2 = 400 \text{ (kg)}$$

为了验证其正确性查螺栓式卡环销轴直径与许用负荷一览表，即表 3 后，得知许用负荷为 400 kg，这说明用这一近似公式求出的许用负荷基本是准确的或相近的。

表 3 螺栓式卡环轴直径与许用负荷表

销轴直径 d (mm)	许用负荷 (kg)	销轴直径 d (mm)	许用负荷 (kg)
8	250	32	3500
10	400	40	6000
12	600	45	7500
16	900	50	9500
18	1250	55	11000
20	1750	60	14000
24	21	65	17500
28	2750	70	21000

② 知道卡环销轴直径已磨损，检验其是否报废也能运用近似公式，即：

$$d \geq \sqrt{\frac{F}{4}}$$

举例：安全检查时测得卡环销轴直径为 7.2 mm，问能否起吊 400 kg 物体？

解：∴ $d \geq \sqrt{\frac{F}{4}}$

$$d \geq \sqrt{\frac{400}{4}} = \sqrt{100} = 10$$

要求 $d \geq 10$ mm，实际上只有 7.2 mm。

故此卡环不能用来起吊这一物体。

很显然，这个卡环销轴直径原来 $d_1 = 10$ mm。磨损后 $d_2 = 7.2$ mm，磨损量为 2.8 mm。

五、钢丝绳卡环安全负荷实用口诀

前面已讲了单根钢丝绳及卡环安全负荷的近似算法，现在我们把它们归纳为一首数学诗和一个安全负荷实用口诀表，见表 4。

1、钢丝绳卡环安全负荷数学诗

绳径英分自平方，

减少十倍负荷量。

钢绳负荷除以三，

所得吨重是卡环。

诗意解释：

钢丝绳直径用英分表示，直径平方后除以十，就是钢丝绳的安全负荷，单位为吨，除以三所得之数就是卡环安全负荷量。

原书缺页