

直线导轨的寿命计算

运行距离寿命

直线导轨在承受负载并进行直线往复运动时，由于重复应力经常作用于滚动体(钢珠)或滚动面(滑轨)上，因此会出现被称为材料疲劳性剥落的鳞状损伤。发生这一最初剥落之前的总移动距离被称为直线导轨的寿命。

运行时间寿命

使用寿命可通过求出单位时间的行走距离来计算。行程长度与行程次数一定时，可由下式求出。

$$L_s = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell \cdot s \cdot n_1 \cdot 60}$$

L_s : 使用寿命(hr)

ℓ : 行程长度(m)

L : 额定寿命(km)

n_1 : 每分钟往复次数(cpm)

额定寿命

额定寿命是指在相同条件下，分别使一群相同的直线导轨移动时，其中90%不发生剥落而达到的总行走距离。额定寿命可根据基本动态额定负载与施加在直线导轨上的负载按下式求出。

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

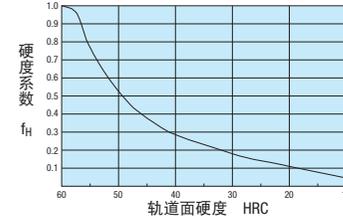
实际使用直线导轨时，首先应进行负载计算。要通过计算求出直线往复运动中的负载并不容易，因为运动过程中存在振动或冲击，并且还要充分考虑振动或冲击相对于直线导轨的分布状况。另外，使用温度等也会对寿命产生很大影响。将这些条件加在一起，上述计算公式变成下式。

$$L = \left(\frac{f_h \cdot f_r \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

L : 额定寿命(km)
 f_h : 硬度系数(参见图-1)
 f_r : 温度系数(参见图-2)
 f_c : 接触系数(参见表-1)
 f_w : 负载系数(参见表-2)
 C : 基本动态额定负载(N)
 P : 作用负载(N)

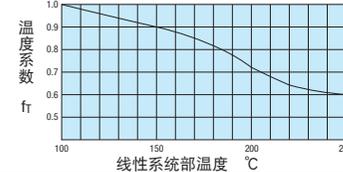
●硬度系数(f_h)
 使用直线导轨时，即使是滚珠接触的轴也必须具有充分的硬度。如果达不到适当的硬度，容许负载将减小，从而缩短使用寿命。请用硬度系数补偿额定寿命。

图-1. 硬度系数



●温度系数(f_r)
 如果直线导轨的温度超过100℃，直线导轨与轴的硬度就会下降，容许负载会减小到低于常温使用时的负载，寿命也随之缩短。请用温度系数补偿额定寿命。
 *请在各产品页码的耐热温度范围内使用直线导轨。

图-2. 温度系数



●接触系数(f_c)
 实际使用直线导轨时，通常在1个轴上使用2个以上的直线导轨。在这种情况下，施加在各直线导轨上的负载因加工精度而异，不会成为均衡负载。其结果，每个直线导轨的容许负载会因每个轴上的直线导轨数量而异。请用表-1的接触系数补偿额定寿命。

表-1. 接触系数

1根轴上组装的直线轴数量	接触系数 f_c
1	1.00
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61

●负载系数(f_w)
 计算作用于直线导轨的负载时，除了物体的重量之外，还必须正确地求出运动速度所产生的惯性力或力矩负载以及它们与时间的变化关系等。但在往复运动中，除了经常重复启动与停止之外，还要考虑到振动、冲击等因素，很难进行正确的计算。因此，可使用表-2所示的负载系数以简化寿命计算。

表-2. 负载系数

使用条件	f_w
无外部冲击振动 较低速度时为15m/min以下	1.0~1.5
无特别明显的冲击振动 中间速度时为60m/min以下	1.5~2.0
有外部冲击振动 高速时为60m/min以上	2.0~3.5

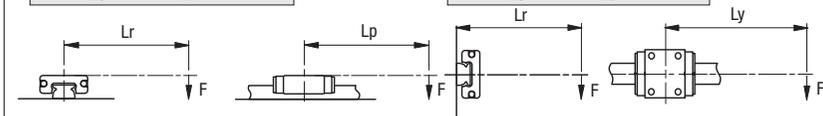
●作用负载P的计算方法
 在滑块单体上施加力矩负载时，根据以下计算公式将力矩负载换算为作用负载。

· 水平安装时

$$P = F + \frac{C_o}{M_c} \times (F \times L_r) + \frac{C_o}{M_b} \times (F \times L_p)$$

· 横向安装时

$$P = F + \frac{C_o}{M_c} \times (F \times L_r) + \frac{C_o}{M_b} \times (F \times L_y)$$



P : 作用负载(N)
 F : 向下负载(N)
 C_o : 静态额定负载(N)
 M_a : 静态容许力矩—上下摆动方向(N·m)
 M_b : 静态容许力矩—左右摆动方向(N·m)
 M_c : 静态容许力矩—滚动方向(N·m)
 L_p : 上下摆动方向的负载点距离(m)
 L_y : 左右摆动方向的负载点距离(m)
 L_r : 滚动方向的负载点距离(m)

负载计算

由于直线导轨在支撑物体重量的同时进行直线往复运动，因此物体的重心位置、推力作用位置以及因启动、停止或加速、减速度变化等而施加在直线导轨上的负载会发生变化。进行直线导轨选型时必须充分考虑这些条件。

表-3. 使用条件与负载计算公式

分类	使用条件与负载	分类	使用条件与负载
1	<p>横轴</p> $P_1 = \frac{1}{4}W + \frac{X_0}{2X}W + \frac{Y_0}{2Y}W$ $P_2 = \frac{1}{4}W - \frac{X_0}{2X}W + \frac{Y_0}{2Y}W$ $P_3 = \frac{1}{4}W + \frac{X_0}{2X}W - \frac{Y_0}{2Y}W$ $P_4 = \frac{1}{4}W - \frac{X_0}{2X}W - \frac{Y_0}{2Y}W$	3	<p>垂直横轴</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{\ell_1}{2Y}W$ $P_{1S} = P_{3S} = \frac{1}{4}W + \frac{X_0}{2X}W$ $P_{2S} = P_{4S} = \frac{1}{4}W - \frac{X_0}{2X}W$
	<p>竖轴</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{\ell_1}{2X}W$ $P_{1S} = P_{2S} = P_{3S} = P_{4S} = \frac{Y_0}{2X}W$		<p>加减速时</p> <p>● 启动加速时</p> $P_1 = P_3 = \frac{1}{4}W \left(1 + \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_1 \cdot X}\right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4}W \left(1 - \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_1 \cdot X}\right)$ <p>● 停止减速时</p> $P_1 = P_3 = \frac{1}{4}W \left(1 - \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_3 \cdot X}\right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4}W \left(1 + \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_3 \cdot X}\right)$ <p>● 等速运动时</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{1}{4}W$ <p>g: 重力加速度=9.8×10³mm/sec²</p>

W : 作用负载(N) P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 : 施加在直线导轨上的负载(N)

X 、 Y : 直线导轨的跨距(mm) V : 移动速度(mm/sec) t_1 : 加速时间(sec) t_3 : 减速时间(sec)

变动负载的等效负载

作用于直线导轨上的负载通常会因其使用方法而有各种不同的变化。例如，在往复运动的启动、停止与匀速运动时，还要考虑传送时无工件等因素。对于这种变动的负载，必须求出与该条件下相同寿命的等效负载，进行寿命计算。

① 负载因距离而呈阶段性变化时(图-3)

承受负载 P_1 的移动距离 ℓ_1
 承受负载 P_2 的移动距离 ℓ_2
 ...
 承受负载 P_n 的移动距离 ℓ_n 时

等效负载 P_m 可由下式求出。

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell} (P_1^3 \ell_1 + P_2^3 \ell_2 + \dots + P_n^3 \ell_n)}$$

P_m : 变动负载的等效负载(N) ℓ : 总移动距离(m)

② 负载几乎以直线方式变化时(图-4)
 等效负载 P_m 可近似地由下式求出。

$$P_m \approx \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max})$$

P_{min} : 变动负载的最小值(N)
 P_{max} : 变动负载的最大值(N)

③ 负载如图-5(a)、(b)所示以正弦曲线方式变化时，等效负载 P_m 可近似地由下式求出。

图-5(a) $P_m \approx 0.65P_{max}$
 图-5(b) $P_m \approx 0.75P_{max}$

图-3. 阶段性变动负载

图-4. 单调性变动负载

图-5. 正弦曲线性变动负载

