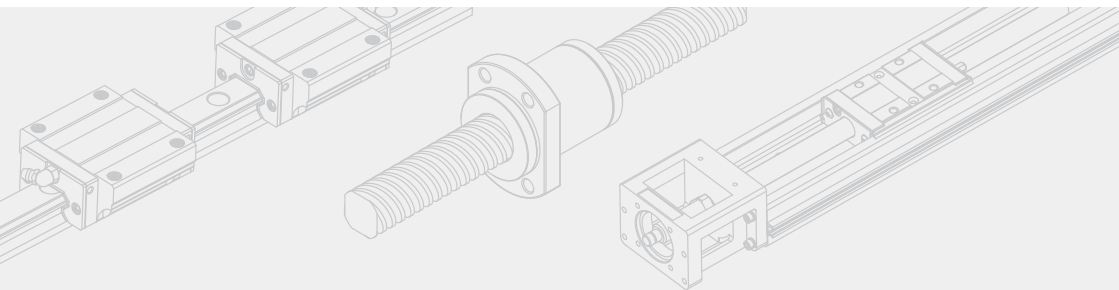




線性導軌 综合技术型录

线性导轨



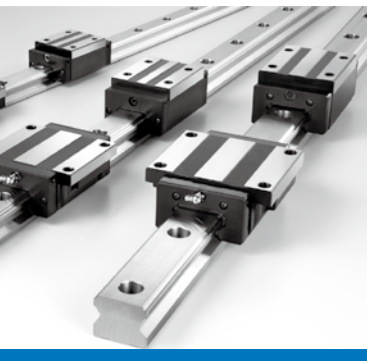
无锡义善德机电设备有限公司

银泰PMI 授权特约经销商

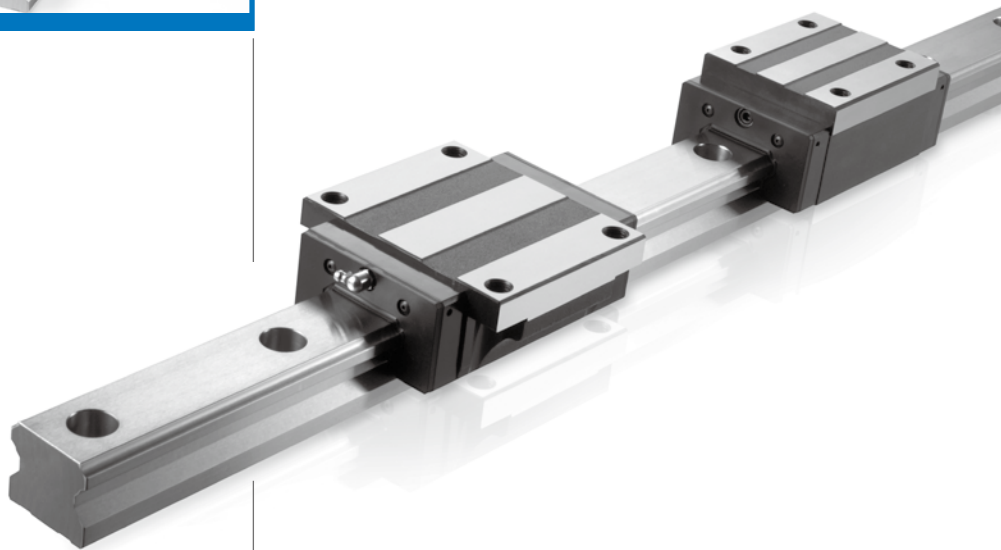
TEL:139-1248-9998

www.pmi-yintai.com

wuxiyishande@qq.com



线性导轨 Linear Guideway



PMI 线性导轨之特质

定位精度高，重现性佳

线性导轨平滑的滚动运动方式，摩擦系数特别小，尤其静摩擦力与动摩擦力的差距很小，即使在微量进给时也不会有空转打滑的现象，解析能力与重现性最佳，因此可以实现 μm 级的定位精度。

低摩擦阻力，可长时间维持精度

线性导轨的滚动摩擦阻力可减小至滑动导轨摩擦阻力的 $1/20\sim 1/40$ ，尤其润滑结构简单，润滑容易，润滑效果优良，摩擦接触面的磨耗最低，因此可以长时间维持行走精度。

可承受四方向的高负荷能力

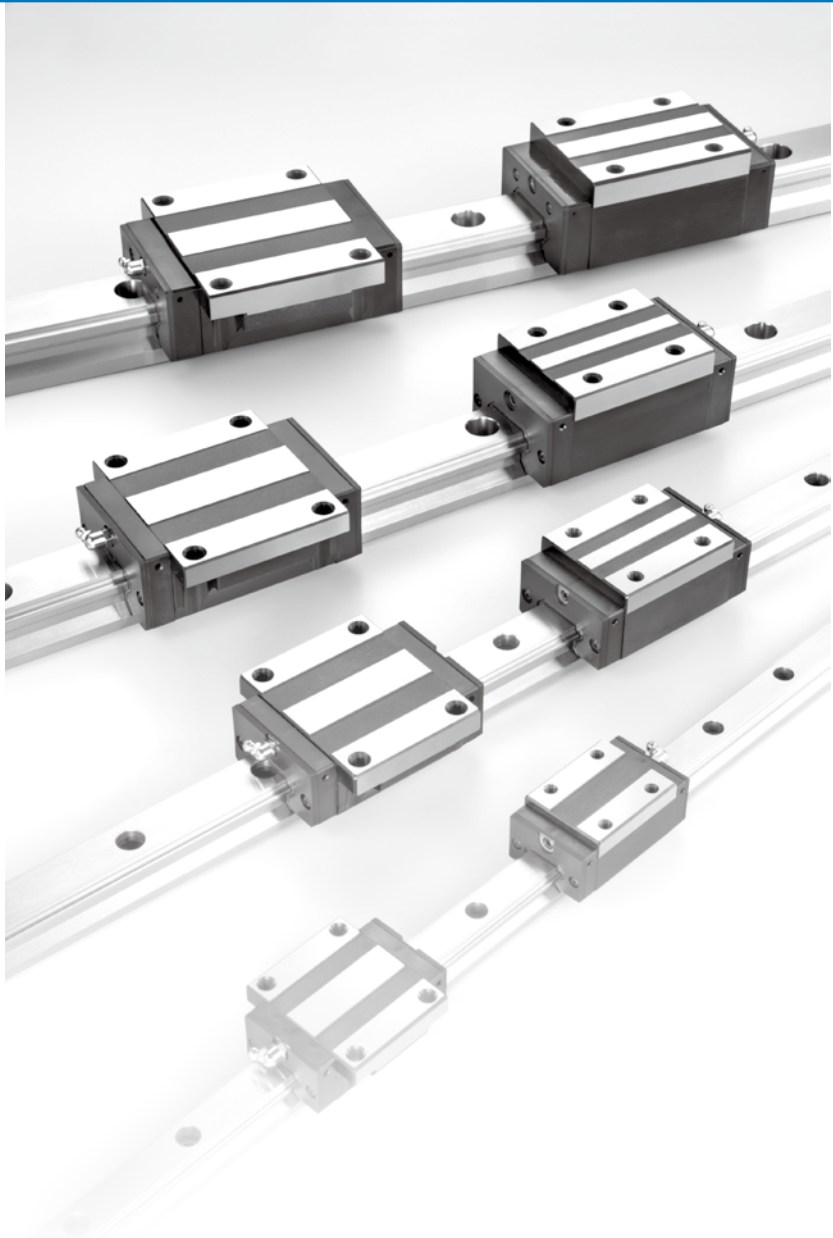
几何力学结构的最佳化设计，可同时承受径向、反径向与横方向的负荷，并保持其行走精度，同时可轻易地借由施于预压与增加滑块数量，就可以提高其刚性与负荷能力。由施于预压与增加滑块数量，就可以提高其刚性与负荷能力。

适合高速化之应用

摩擦阻力小的特性，对设备的驱动马力需求低，节省能源效果大，尤其运动磨耗小，温升效应低，可同时实现机械小型化与高速化的需求。

组装容易并具互换之特性

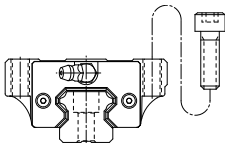
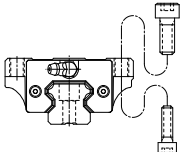
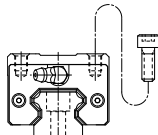
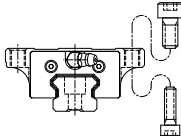
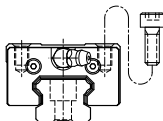
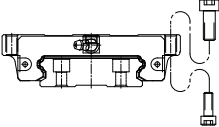
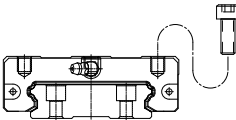
线性导轨的安装只要在铣削或研磨加工的安装面上，以一定的组装步骤，即能重现线性导轨的加工精密度，可降低传统铲花加工的时间与成本。并且其可互换之特性，可以将滑块任意配装在同型号的滑轨上，同时又保持相同的顺畅度与精密度，机台组装最容易，维修保养最简便。



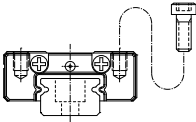
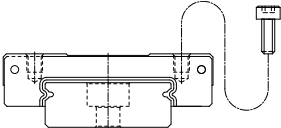
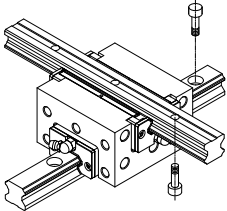
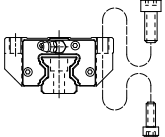
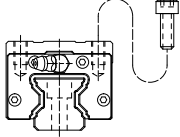
LINEAR GUIDEWAY

PMI 线性导轨之特质

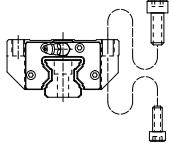
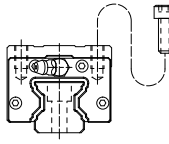
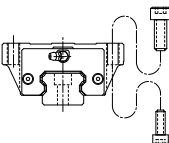
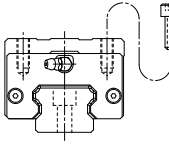
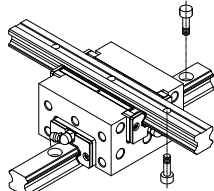
PMI线性导轨的分类表

| 分类 | 类型 | |
|--------------|-----------------|---|
| 全钢珠式 重负荷型 | MSA-A MSA-LA |  |
| | MSA-E MSA-LE |  |
| | MSA-S MSA-LS |  |
| 全钢珠式 低组装型 | MSB-TE MSB-E |  |
| | MSB-TS MSB-S |  |
| 全钢珠式 宽幅型 | MSG-E |  |
| | MSG-S |  |

| 特徵 | 主要用途 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 重负荷，高刚性 • 具自动调心能力 • 行走顺畅度佳 • 低噪音 • 具互换之特性 | 机械加工中心 NC车床 重切削用机械的XYZ轴 磨床的工作台进给轴 铣床 立式或横式镗床 刀具导向部 工作机械的Z轴 自动涂装机 工业用机器人 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 低组装，高负荷 • 具自动调心能力 • 行走顺畅度佳 • 低噪音 • 具互换之特性 | 各种高速材料供给装置 一般工业机械的Z轴 印刷线路板的打孔机 电火花加工机 测定器 精密XY平台 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 重负荷，高刚性 • 具有自动调心能力 • 行走顺畅度佳 • 低噪音 • 具互换之特性 | 机械加工中心 自动涂装机 各种材料供给装置 印刷线路板的打孔机 雷射切割机 |

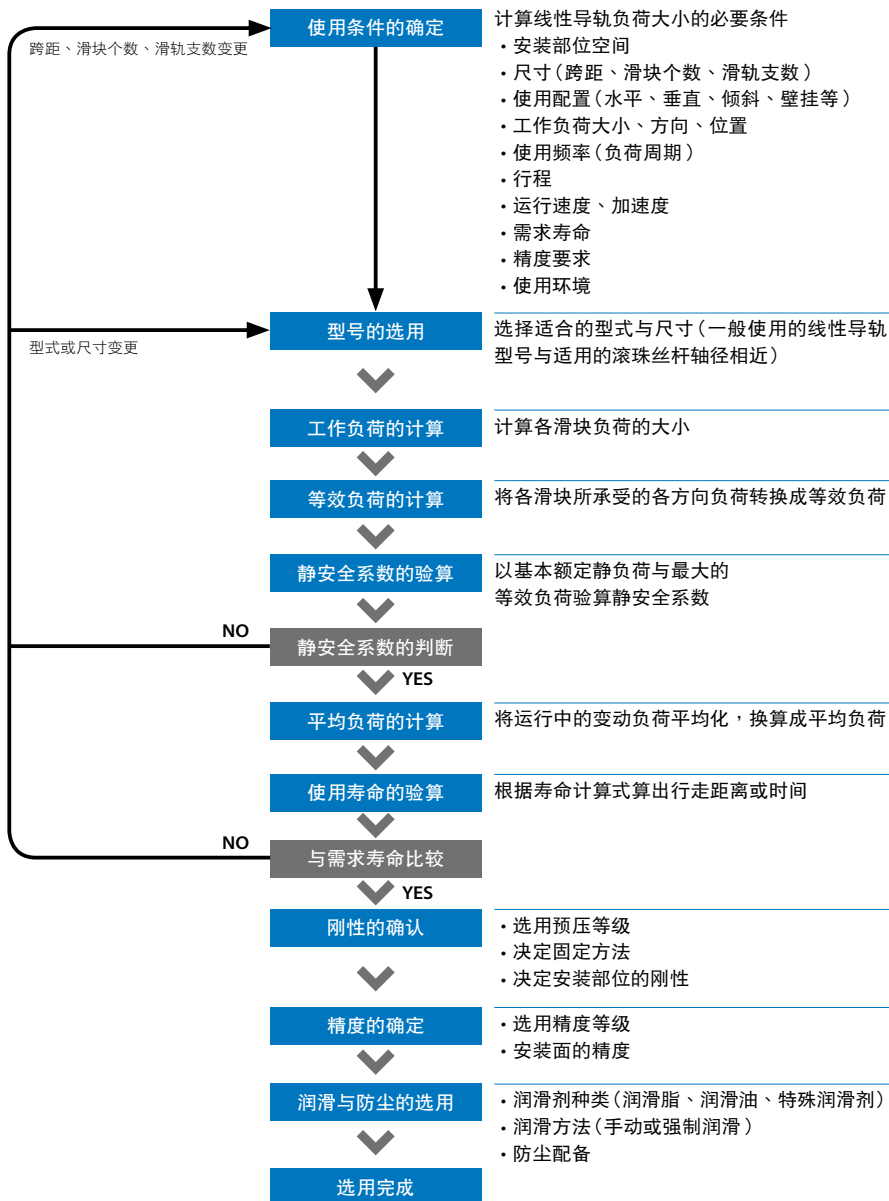
| 分类 | 类型 | |
|--------------|-----------------|---|
| 全钢珠式 微型 | MSC |  |
| | MSD |  |
| 全钢珠式 交叉型 | MSH-LS |  |
| 全滚柱式 重负荷型 | MSR-E MSR-LE |  |
| | MSR-S MSR-LS |  |

| 特徵 | 主要用途 | |
|---|--|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • 超小型设计 • 行走顺畅度佳 • 低噪音 • 钢珠钢丝保持器设计 • 具互换之特性 | IC/LSI制造装置 硬碟驱动器 OA机器的滑座 晶圆搬送装置 检查装置 医疗机器 | |
| <ul style="list-style-type: none"> • 四方向等负荷设计 • 高刚性 | 走心式车床 X-Y双向向运作之机器 | |
| <ul style="list-style-type: none"> • 超重负荷 • 超高刚性 • 行走顺畅度佳 • 低噪音 • 润滑效果佳 | 机械加工中心 NC车床 磨床 5面加工机 治具镗床 钻床 NC铣床 | 龙门铣床 模具加工机 放电加工机 |

| 分类 | 类型 | |
|---------------|-----------------|---|
| 滚柱链带式 重负荷型 | SMR-E SMR-LE |  |
| | SMR-S SMR-LS |  |
| 钢珠链带式 重负荷型 | SME-E SME-LE |  |
| | SME-S SME-LS |  |
| 钢珠链带式 交叉型 | SMH-LS |  |

| 特徵 | 主要用途 | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 超重负荷 • 超高刚性 • 滚柱链带式设计 • 行走顺畅度佳 • 低噪音 • 润滑效果佳 | 机械加工中心 NC车床 磨床 5面加工机 治具搪床 钻床 NC铣床 | 龙门铣床 模具加工机 放电加工机 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 重负荷，高刚性 • 具自动调心能力 • 钢珠链带式设计 • 行走顺畅度佳 • 低噪音，润滑效果佳 • 具互换之特性 | 机械加工中心 NC车床 重切削用机械的XYZ轴 磨床的工作台 进给轴铣床 立式或横式镗床 刀具导向部 工作机械的Z轴 | 自动涂装机 工业用机器人 各种高速材料供给装置 一般工业机械的Z轴 印刷线路版的打孔机 测定器 精密XY平台 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 四方向等负荷设计 • 高刚性 • 钢珠链带式设计，行走顺畅度佳 • 润滑效果佳 | 走心式车床 X-Y双轴向运作之机器 | |

线性导轨选用流程



线性导轨的额定负荷与寿命

线性导轨的应用，必须对选用的型号与使用条件来验算其负荷容量及寿命，根据这些结果来判断选择的线性导轨型号是否符合需求。

负荷容量的验算是利用基本额定静负荷(C_0)，求出静安全系数，即确定其静的负荷限度；而寿命的验算则是利用基本额定动负荷(C)，来计算额定寿命。

线性导轨的寿命是指在滚动体或滚动面上由于循环应力的作用，到出现因材料的滚动疲劳所发生的金属表面剥落时所运行的总距离。

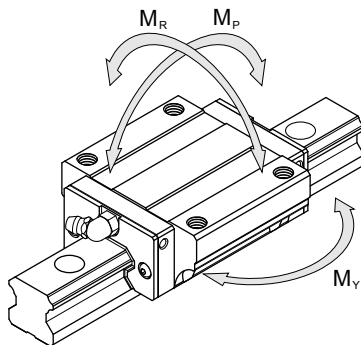
基本额定静负荷(C_0)

线性导轨在静止或低速运行中承受过大或冲击的负荷时，在滚动体与滚动面之间会产生局部的永久变形，这个永久变形量如果超过某个限度时，就会影响线性导轨运动的顺畅性。

所谓的基本额定静负荷(C_0)，是指在产生最大应力的接触面处，使滚动体与滚动面间的永久变形量之总和达到滚动体直径的0.0001倍时，方向和大小一定的静止负荷。所以基本额定静负荷即为容许静负荷的限度。

容许静力矩(M_0)

在线性导轨上作用力矩时，从线性导轨内的滚动体应力分布来看，两端的滚动体产生最大的应力。所谓的容许静力矩(M_0)，是指在产生最大应力的接触面处，使滚动体与滚动面间的永久变形量之总和达到钢珠直径的0.0001倍时，方向和大小一定的静止力矩。所以容许静力矩即为静的作用力矩的限度。在线性导轨中是以 M_p 、 M_v 、 M_R 这3个方向的力矩来定义的。



静安全系数(f_s)

当线性导轨使用在有振动、冲击或激烈的启动停止情形，由于惯性力或力矩等外力的作用，会有大的负荷产生，对于这样的负荷状况，有必要考虑静安全系数。静安全系数 (f_s) 是按线性导轨的基本额定静负荷 (C_0)，为作用在线性导轨上的负荷的多少倍来表示，如下式所示。各种应用状况的静安全系数之基准值，如下表所示。

$$f_s = \frac{C_0}{P} \quad \text{或} \quad f_s = \frac{M_0}{M}$$

- f_s 静安全系数
- C_0 基本额定静负荷 (N)
- M_0 容许静力矩 (N·m)
- P 计算负荷 (N)
- M 计算力矩 (N·m)

| 使用机械 | 负荷条件 | f_s 的下限 |
|--------|---------|-----------|
| 一般产业机器 | 一般负荷状况 | 1.0 ~ 1.3 |
| | 有振动、冲击时 | 2.0 ~ 3.0 |
| 机 床 | 一般负荷状况 | 1.0 ~ 1.5 |
| | 有振动、冲击时 | 2.5 ~ 7.0 |

静安全系数的基准值

基本额定动负荷(C)

即使同一批制造出来的产品，在相同的条件下运动，线性导轨的寿命也会有些许差异。因此，为了确定线性导轨的寿命，一般使用以下定义的额定寿命。所谓的额定寿命(L)，是指一批相同规格的线性导轨在同样的条件下运动时，其中的90%不产生表面疲劳剥落的现象所能行走的总运行距离。当线性导轨承受负荷并运动时，为计算其寿命要使用基本额定动负荷。

所谓的基本额定动负荷(C)，是指一批相同规格的线性导轨在同样的条件下运动时，当其滚动体为钢珠时，其额定寿命为50km，而其滚动体为滚柱时，额定寿命为100km，方向和大小都不变的负荷。

寿命计算(L)

线性导轨的额定寿命(L)会因实际所承受的负荷而不同，可依照选用规格的基本额定动负荷(C)和工作负荷(P)来推算出使用寿命。线性导轨的使用寿命会随着运动状态、滚动面的硬度与环境温度而变化，依其循环的滚动体类型，选用下式来计算其寿命。

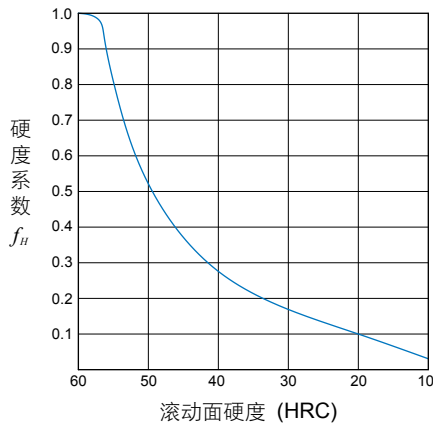
$$\text{钢珠} \quad L = \left(\frac{f_H \times f_T}{f_W} \times \frac{C}{P} \right)^3 \times 50$$

$$\text{滚柱} \quad L = \left(\frac{f_H \times f_T}{f_W} \times \frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \times 100$$

- L 额定寿命 (km)
- C 基本额定动负荷 (N)
- P 工作负荷 (N)
- f_H 硬度系数
- f_T 温度系数
- f_W 负荷系数

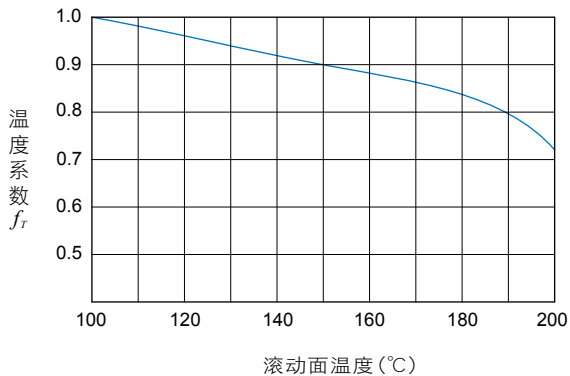
硬度系数 f_H

线性导轨滚动面的硬度必须为HRC58~64，如果硬度比此数值低时，会降低线性导轨的负荷能力，此时基本额定动、静负荷应分别乘以相对的硬度系数 f_H ，如下图所示。出厂的 *PMI* 线性导轨(除了微型滑轨之外)硬度要求为HRC58~62，所以 $f_H=1.0$ 。



温度系数 f_T

线性导轨使用在环境温度高于100°C时，高温效应会影响其使用寿命，此时基本额定动、静负荷应分别乘以相对的温度系数 f_T ，如下图所示。*PMI* 线性导轨部分的配件为塑、橡胶制品，建议的使用温度为100°C以下。若有其它特别的需求，请与 *PMI* 联络。



负荷系数 f_w

虽然线性导轨所承受的负荷可借由计算求得，但实际使用时大都伴随着振动或冲击，负荷多会大于计算值。因此在考虑不同的运转条件与使用速度下，建议依经验所得到的负荷系数除以基本额定动负荷 C ，如下表所示。

| 运转条件 | 使用速度 | f_w |
|----------|---------------------------------|---------|
| 平滑无冲击 | $V \leq 15 \text{ m/min}$ | 1.0~1.2 |
| 普通冲击力及振动 | $15 < V \leq 60 \text{ m/min}$ | 1.2~1.5 |
| 中等冲击力及振动 | $60 < V \leq 120 \text{ m/min}$ | 1.5~2.0 |
| 强烈冲击力及振动 | $V \geq 120 \text{ m/min}$ | 2.0~3.5 |

寿命时间的计算 (L_h)

在线性导轨使用的行程长度与往复次数一定时，可用前述公式所求得之额定寿命 (L)，换算出寿命时间 (L_h)。

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_1 \times 60}$$

- L_h 寿命时间 (hr)
- L 额定寿命距离计算值 (km)
- l_s 行程长度 (m)
- n_1 每分钟往复次数 (min^{-1})

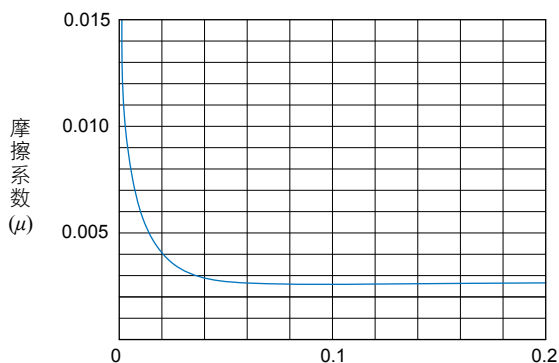
摩擦系数

线性导轨是借由滚动体在滑轨与滑块之间作滚动运动，因此其摩擦阻力与滑动导轨相比可减小到原来的1/20~1/40。尤其是静摩擦非常小，与动摩擦几乎没有差异，即使在微量进给时也不会有空转打滑的现象，可实现超微米级的行走精度。

线性导轨的摩擦阻力随着负荷大小、预压力与润滑剂黏度等的不同而变化。其摩擦阻力(推力值)可由承受的工作负荷与密封垫片的阻力，经由下式计算出来。通常摩擦系数会因不同系列型式而有所差异，钢珠型系列线性导轨的摩擦系数为0.002~0.003(不包括密封垫片)，滚柱型系列线性导轨的摩擦系数为0.001~0.002(不包括密封垫片)

$$F = \mu \times P + f$$

- F 摩擦阻力 (kgf)
- μ 动摩擦系数
- P 工作负荷 (kgf)
- f 密封垫片阻力 (kgf)



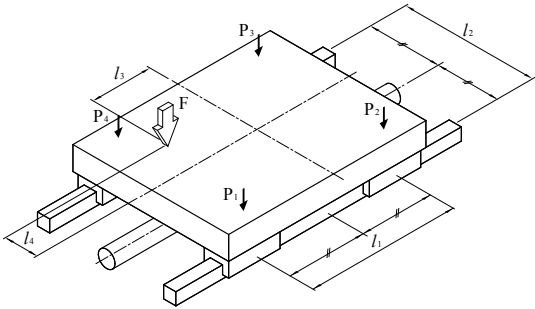
负荷比 (P/C)
P：工作负荷
C：基本额定动负荷

工作负荷与摩擦系数关系图

工作负荷的计算

作用在线性导轨上的负荷，会因物体重心的位置、推力位置与运转时启动停止的加减速速度所产生的惯性力等的作用而变化，所以在选用线性导轨时，必须考虑各种使用条件，以计算出正确的工作负荷的大小。

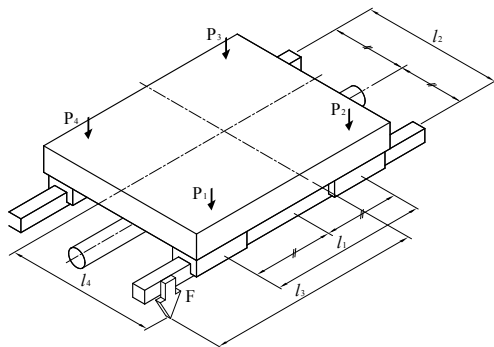
负荷计算例

| | |
|----------------|---|
| <p>型式</p> | <p>水平使用 等速运动 或静止时</p> |
| <p>使用配置</p> |  |
| <p>滑块负荷计算式</p> | $P_1 = \frac{F}{4} + \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$ $P_2 = \frac{F}{4} - \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$ $P_3 = \frac{F}{4} - \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$ $P_4 = \frac{F}{4} + \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$ |

型式

水平悬臂使用
等速运动
或静止时

使用配置



滑块负荷计算式

$$P_1 = \frac{F}{4} + \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$$

$$P_2 = \frac{F}{4} - \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$$

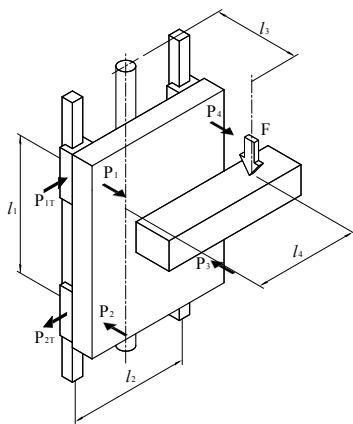
$$P_3 = \frac{F}{4} - \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$$

$$P_4 = \frac{F}{4} + \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$$

型式

垂直使用
等速运动
或静止时

使用配置



滑块
负荷计算
算式

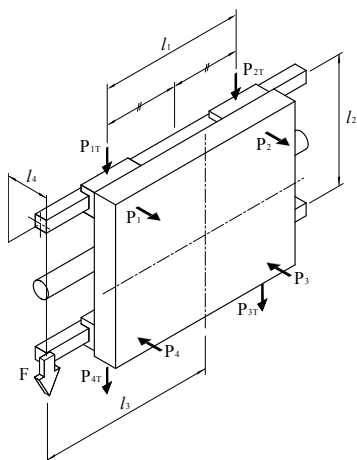
$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1T} = P_{2T} = P_{3T} = P_{4T} = \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

型式

壁挂使用
等速运动
或静止时

使用配置



滑块
负荷
计算
式

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{F \cdot l_4}{2 \cdot l_2}$$

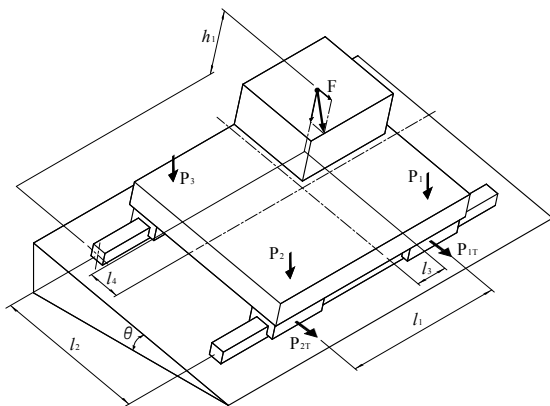
$$P_{1T} = P_{4T} = \frac{F}{4} + \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{2T} = P_{3T} = \frac{F}{4} - \frac{F \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

型式

侧面倾斜使用

使用配置



滑块负荷计算式

$$P_1 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} + \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_2}$$

$$P_2 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} + \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_2}$$

$$P_3 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} - \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_2}$$

$$P_4 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} - \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_2}$$

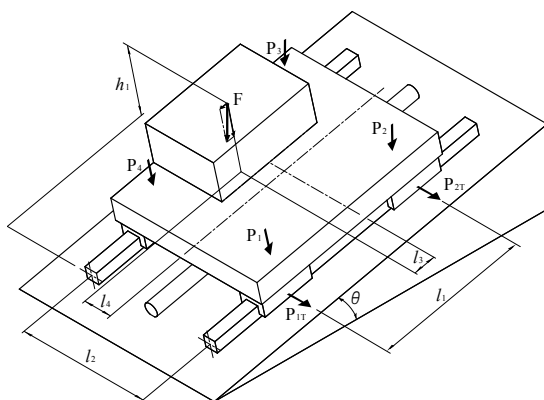
$$P_{1r} = P_{4r} = \frac{F \cdot \sin\theta}{4} + \frac{F \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{2r} = P_{3r} = \frac{F \cdot \sin\theta}{4} - \frac{F \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

型式

前面傾斜使用

使用配置



滑块
负荷
计算
算式

$$P_1 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} + \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_i}{2 \cdot l_1}$$

$$P_2 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} - \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_i}{2 \cdot l_1}$$

$$P_3 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} - \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} - \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_i}{2 \cdot l_1}$$

$$P_4 = \frac{F \cdot \cos\theta}{4} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{F \cdot \cos\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_2} + \frac{F \cdot \sin\theta \cdot h_i}{2 \cdot l_1}$$

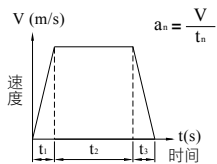
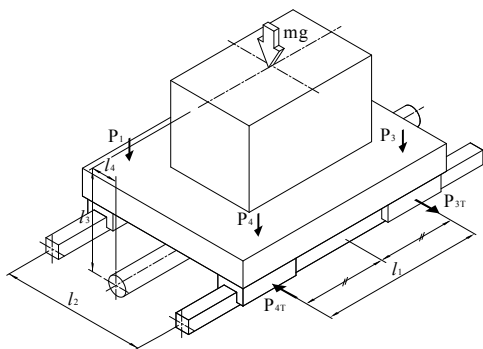
$$P_{1r} = P_{4r} = + \frac{F \cdot \sin\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{2r} = P_{3r} = - \frac{F \cdot \sin\theta \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

型式

有惯性力作用的水平使用

使用配置



速度时间关系图

滑块
负荷
计算
算式

加速时

$$P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} - \frac{m a_j \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} + \frac{m a_j \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1T} = P_{2T} = P_{3T} = P_{4T} = \frac{m a_j \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

等速时

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{mg}{4}$$

减速时

$$P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{m a_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

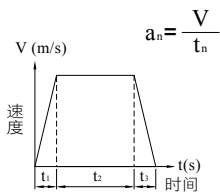
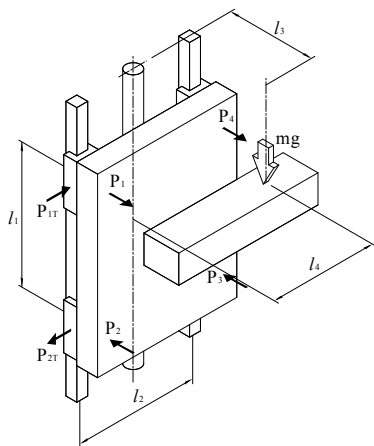
$$P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{m a_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1T} = P_{2T} = P_{3T} = P_{4T} = \frac{m a_3 \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

型式

有惯性力作用的垂直使用

使用配置



$$a_n = \frac{V}{t_n}$$

速度时间关系图

滑块
负荷
计算
算式

加速时

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{m(g + a_1) \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1r} = P_{2r} = P_{3r} = P_{4r} = \frac{m(g + a_1) \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

等速时

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{m \cdot g \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1r} = P_{2r} = P_{3r} = P_{4r} = \frac{m \cdot g \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

减速时

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{m(g - a_3) \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1r} = P_{2r} = P_{3r} = P_{4r} = \frac{m(g - a_3) \cdot l_4}{2 \cdot l_1}$$

等效负荷的计算

线性导轨的滑块可同时承受径向、反径向及横向等各方面的负荷与力矩，当有多方向的负荷作用时，可将所有的负荷换算成径向或横向的等效负荷，再计算其寿命或静安全系数。

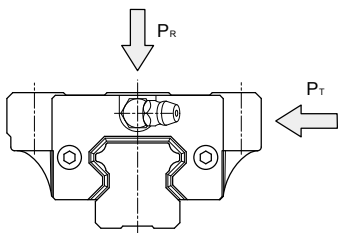
PMI 线性导轨为可承受四方向负荷能力之设计，2支以上(含2支)滑轨组使用的情形，其等效负荷之计算如下。

$$P_E = |P_R| + |P_T|$$

P_E 等效负荷 (N)

P_R 径向或反径向负荷 (N)

P_T 横向负荷 (N)



单支滑轨使用的情形，等效负荷必须将力矩效应考虑进去，其计算式如下。

$$P_E = |P_R| + |P_T| + C_0 \cdot \frac{|M|}{M_R}$$

P_E 等效负荷 (N)

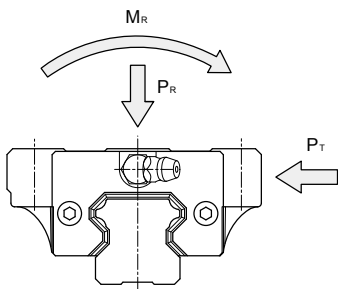
P_R 径向或反径向负荷 (N)

P_T 横向负荷 (N)

C_0 基本静额定负荷 (N)

M 计算力矩 ($N \cdot m$)

M_R 容许静力矩 ($N \cdot m$)



变动负荷的平均负荷计算

运转中的滑块承受会改变的变动负荷时，可以依变动的负荷条件求出相等于滑块疲劳寿命的平均负荷，以计算其疲劳寿命。滚动体为钢珠的平均负荷基本计算式如下所示。

$$P_m = e \sqrt{\frac{1}{L} \cdot \sum_{n=1}^n (P_n^e \cdot L_n)}$$

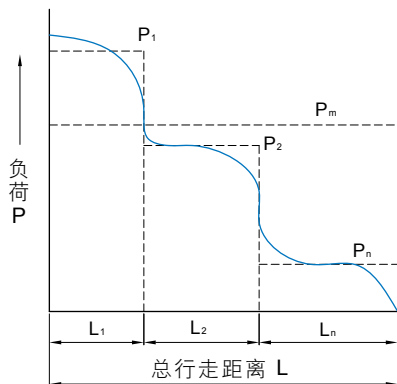
- P_m 平均负荷 (N)
- P_n 变动负荷 (N)
- L 总行走距离 (mm)
- L_n 负荷 P_n 作用时的行走距离 (mm)
- e 指数 (钢珠型:3、滚柱型:10/3)

平均负荷计算例

变动负荷种类

平均负荷计算

分等级式变动负荷



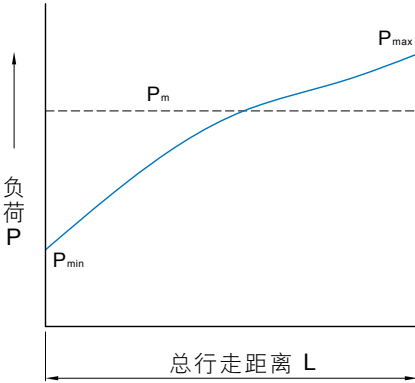
$$P_m = e \sqrt{\frac{1}{L} (P_1^e \cdot L_1 + P_2^e \cdot L_2 + \dots + P_n^e \cdot L_n)}$$

- P_m 平均负荷 (N)
- P_n 变动负荷 (N)
- L 总行走距离 (mm)
- L_n 负荷 P_n 作用时的行走距离 (mm)

变动负荷种类

平均负荷计算

单调式变动负荷



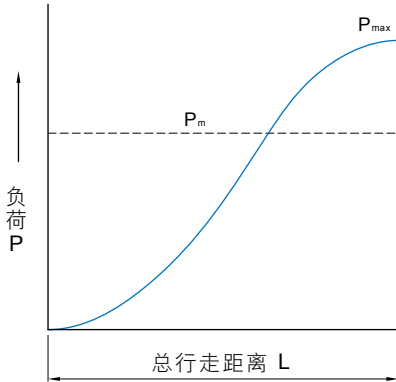
$$P_m \cong \frac{1}{3}(P_{min} + 2 \cdot P_{max})$$

P_m 平均负荷 (N)

P_{min} 最小负荷 (N)

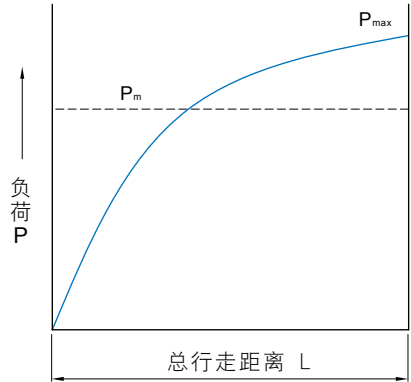
P_{max} 最大负荷 (N)

正弦式变动负荷



$$P_m \cong 0.65 \cdot P_{max}$$

P_m 平均负荷 (N)
 P_{max} 最大负荷 (N)



$$P_m \cong 0.75 \cdot P_{max}$$

P_m 平均负荷 (N)
 P_{max} 最大负荷 (N)

计算例

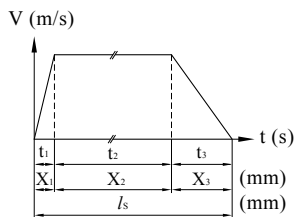
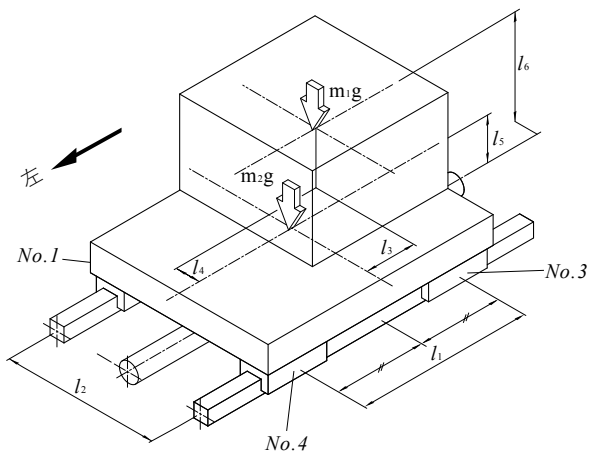
使用条件

型号 MSA35LA2SSFC + R2520-20/20 P II

基本额定动负荷：C = 63.6 kN

基本额定静负荷：C₀ = 100.6 kN

| | | | |
|-----|---|----|---|
| 质量 | $m_1 = 700 \text{ kg}$ $m_2 = 450 \text{ kg}$ | 行程 | $l_5 = 1500 \text{ mm}$ |
| 速度 | $V = 0.75 \text{ m/s}$ | 距离 | $l_1 = 650 \text{ mm}$ $l_2 = 450 \text{ mm}$ $l_3 = 135 \text{ mm}$ $l_4 = 60 \text{ mm}$ $l_5 = 175 \text{ mm}$ $l_6 = 400 \text{ mm}$ |
| 时间 | $t_1 = 0.05 \text{ s}$ $t_2 = 1.9 \text{ s}$ $t_3 = 0.15 \text{ s}$ | | |
| 加速度 | $a_1 = 15 \text{ m/s}^2$ $a_3 = 5 \text{ m/s}^2$ | | |



速度时间关系图

每个滑块负荷的大小计算

等速时，径向负荷大小 P_n

$$P_1 = \frac{m_1 g}{4} - \frac{m_1 g \cdot l_3}{2l_1} + \frac{m_1 g \cdot l_4}{2l_2} + \frac{m_2 g}{4}$$

$$= 2562.4 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{m_1 g}{4} + \frac{m_1 g \cdot l_3}{2l_1} + \frac{m_1 g \cdot l_4}{2l_2} + \frac{m_2 g}{4}$$

$$= 3987.2 \text{ N}$$

$$P_3 = \frac{m_1 g}{4} + \frac{m_1 g \cdot l_3}{2l_1} - \frac{m_1 g \cdot l_4}{2l_2} + \frac{m_2 g}{4}$$

$$= 3072.6 \text{ N}$$

$$P_4 = \frac{m_1 g}{4} - \frac{m_1 g \cdot l_3}{2l_1} - \frac{m_1 g \cdot l_4}{2l_2} + \frac{m_2 g}{4}$$

$$= 1647.8 \text{ N}$$

左行加速时，径向负荷大小 $P_n l a_1$

$$P_1 l a_1 = P_1 - \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= -1577 \text{ N}$$

$$P_2 l a_1 = P_2 + \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= 8126.6 \text{ N}$$

$$P_3 l a_1 = P_3 + \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= 7212 \text{ N}$$

$$P_4 l a_1 = P_4 - \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= -2491.6 \text{ N}$$

横向负荷大小 $P_{t_n} l a_1$

$$P_{t_1} l a_1 = - \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = -484.6 \text{ N}$$

$$P_{t_2} l a_1 = \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = 484.6 \text{ N}$$

$$P_{t_3} l a_1 = \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = 484.6 \text{ N}$$

$$P_{t_4} l a_1 = - \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = -484.6 \text{ N}$$

左行減速時，徑向負荷大小 $P_n la_3$

$$P_1 la_3 = P_1 + \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= 3942.2 \text{ N}$$

$$P_2 la_3 = P_2 - \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= 2607.4 \text{ N}$$

橫向負荷大小 $P_t la_3$

$$P_{t1} la_3 = \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = 161.5 \text{ N}$$

$$P_{t2} la_3 = -\frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = -161.5 \text{ N}$$

$$P_3 la_3 = P_3 - \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= 1692.8 \text{ N}$$

$$P_4 la_3 = P_4 + \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= 3027.6 \text{ N}$$

$$P_{t3} la_3 = -\frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = -161.5 \text{ N}$$

$$P_{t4} la_3 = \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = 161.5 \text{ N}$$

右行加速時，徑向負荷大小 $P_n ra_1$

$$P_1 ra_1 = P_1 + \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= 6701.8 \text{ N}$$

$$P_2 ra_1 = P_2 - \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= -152.2 \text{ N}$$

橫向負荷大小 $P_t ra_1$

$$P_{t1} ra_1 = \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = 484.6 \text{ N}$$

$$P_{t2} ra_1 = -\frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = -484.6 \text{ N}$$

$$P_3 ra_1 = P_3 - \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= -1066.8 \text{ N}$$

$$P_4 ra_1 = P_4 + \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_1 \cdot l_5}{2l_1}$$
$$= 5787.2 \text{ N}$$

$$P_{t3} ra_1 = -\frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = -484.6 \text{ N}$$

$$P_{t4} ra_1 = \frac{m_1 \cdot a_1 \cdot l_4}{2l_1} = 484.6 \text{ N}$$

右行减速时，径向负荷大小 $P_n r a_3$

$$P_1 r a_3 = P_1 - \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= 1182.6 \text{ N}$$

$$P_2 r a_3 = P_2 + \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= 5367 \text{ N}$$

$$P_3 r a_3 = P_3 + \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} + \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= 4452.4 \text{ N}$$

$$P_4 r a_3 = P_4 - \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_6}{2l_1} - \frac{m_2 \cdot a_3 \cdot l_5}{2l_1}$$

$$= 268 \text{ N}$$

横向负荷大小 $P_t r a_i$

$$P_{t_1} r a_3 = - \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = -161.5 \text{ N}$$

$$P_{t_2} r a_3 = \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = 161.5 \text{ N}$$

$$P_{t_3} r a_3 = \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = 161.5 \text{ N}$$

$$P_{t_4} r a_3 = - \frac{m_1 \cdot a_3 \cdot l_4}{2l_1} = -161.5 \text{ N}$$

等效负荷的计算

等速时

$$P_{E1} = P_1 = 2562.4 \text{ N}$$

$$P_{E3} = P_3 = 3072.6 \text{ N}$$

$$P_{E2} = P_2 = 3987.2 \text{ N}$$

$$P_{E4} = P_4 = 1647.8 \text{ N}$$

左行加速时

$$P_{E1}la_1 = |P_1la_1| + |Pt_1la_1| = 2061.6 \text{ N}$$

$$P_{E3}la_1 = |P_3la_1| + |Pt_3la_1| = 7696.6 \text{ N}$$

$$P_{E2}la_1 = |P_2la_1| + |Pt_2la_1| = 8611.2 \text{ N}$$

$$P_{E4}la_1 = |P_4la_1| + |Pt_4la_1| = 2976.2 \text{ N}$$

左行减速时

$$P_{E1}la_3 = |P_1la_3| + |Pt_1la_3| = 4103.7 \text{ N}$$

$$P_{E3}la_3 = |P_3la_3| + |Pt_3la_3| = 1854.3 \text{ N}$$

$$P_{E2}la_3 = |P_2la_3| + |Pt_2la_3| = 2768.9 \text{ N}$$

$$P_{E4}la_3 = |P_4la_3| + |Pt_4la_3| = 3189.1 \text{ N}$$

右行加速时

$$P_{E1}ra_1 = |P_1ra_1| + |Pt_1ra_1| = 7186.4 \text{ N}$$

$$P_{E3}ra_1 = |P_3ra_1| + |Pt_3ra_1| = 1551.4 \text{ N}$$

$$P_{E2}ra_1 = |P_2ra_1| + |Pt_2ra_1| = 636.8 \text{ N}$$

$$P_{E4}ra_1 = |P_4ra_1| + |Pt_4ra_1| = 6271.8 \text{ N}$$

右行减速时

$$P_{E1}ra_3 = |P_1ra_3| + |Pt_1ra_3| = 1344.1 \text{ N}$$

$$P_{E3}ra_3 = |P_3ra_3| + |Pt_3ra_3| = 4613.9 \text{ N}$$

$$P_{E2}ra_3 = |P_2ra_3| + |Pt_2ra_3| = 5528.5 \text{ N}$$

$$P_{E4}ra_3 = |P_4ra_3| + |Pt_4ra_3| = 429.5 \text{ N}$$

静安全系数计算

由第2项中得知，最大的等效负荷发生在左行加速时的No.2滑块，所以静安全系数可由下式计算出来。

$$f_s = \frac{C_o}{P_{E2}la_1} = \frac{100.6 \times 10^3}{8611.2} = 11.7$$

每个滑块的平均负荷计算 P_{mn}

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{(P_{E1}la_1^3 \cdot X_1 + P_{E1}^3 \cdot X_2 + P_{E1}la_3^3 \cdot X_3 + P_{E1}ra_1^3 \cdot X_1 + P_{E1}^3 \cdot X_2 + P_{E1}ra_3^3 \cdot X_3)}{2l_s}} = 2700.7 \text{ N}$$

$$P_{m2} = \sqrt[3]{\frac{(P_{E2}la_1^3 \cdot X_1 + P_{E2}^3 \cdot X_2 + P_{E2}la_3^3 \cdot X_3 + P_{E2}ra_1^3 \cdot X_1 + P_{E2}^3 \cdot X_2 + P_{E2}ra_3^3 \cdot X_3)}{2l_s}} = 4077.2 \text{ N}$$

$$P_{m3} = \sqrt[3]{\frac{(P_{E3}la_1^3 \cdot X_1 + P_{E3}^3 \cdot X_2 + P_{E3}la_3^3 \cdot X_3 + P_{E3}ra_1^3 \cdot X_1 + P_{E3}^3 \cdot X_2 + P_{E3}ra_3^3 \cdot X_3)}{2l_s}} = 3187.7 \text{ N}$$

$$P_{m4} = \sqrt[3]{\frac{(P_{E4}la_1^3 \cdot X_1 + P_{E4}^3 \cdot X_2 + P_{E4}la_3^3 \cdot X_3 + P_{E4}ra_1^3 \cdot X_1 + P_{E4}^3 \cdot X_2 + P_{E4}ra_3^3 \cdot X_3)}{2l_s}} = 1872.6 \text{ N}$$

额定寿命的计算 L_n

根据线性导轨的额定寿命计算公式，假定 $f_w = 1.5$ ，其结果如下：

$$L_1 = \left(\frac{C}{f_w \cdot P_{m1}} \right)^3 \times 50 = 193500 \text{ km}$$

$$L_3 = \left(\frac{C}{f_w \cdot P_{m3}} \right)^3 \times 50 = 117700 \text{ km}$$

$$L_2 = \left(\frac{C}{f_w \cdot P_{m2}} \right)^3 \times 50 = 56231 \text{ km}$$

$$L_4 = \left(\frac{C}{f_w \cdot P_{m4}} \right)^3 \times 50 = 580400 \text{ km}$$

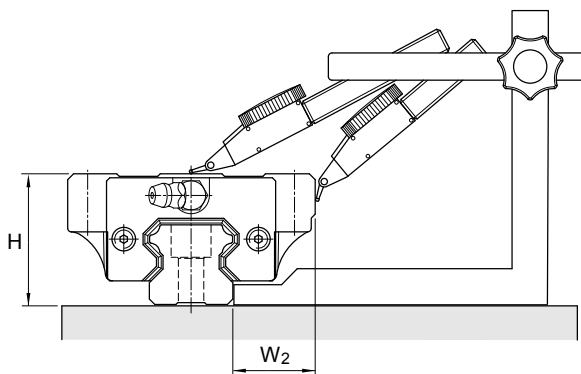
综合上述，此使用条件下的设备中所使用的线性导轨寿命为No.2滑块的56231 km。

精度标准

线性导轨的精度可分为行走平行度、高度(H)及宽度(W2)的尺寸容许误差。滑轨单轴使用或同平面使用复数轴时，规范各个滑块组合高度与宽度的成对相互差。各型号的精度分为普通级(N)、高级(H)、精密级(P)、超精密级(SP)与超精密级(UP)五个等级。

行走平行度

是指将滑轨以螺栓固定在基准面上，使滑块在滑轨全长上运行时，滑块与滑轨基准面之间的平行度误差，如下图所示。



高度的成对相互差(ΔH)

是指组合在同平面上的各个滑块的高度尺寸(H)的最大值与最小值之差。

宽度的成对相互差($\Delta W2$)

是指装在单支滑轨上的每个滑块与滑轨基准面之间的宽度(W2)尺寸的最大值与最小值之差。

注: 同平面上2轴以上配对使用时，宽度(W2)的尺寸对容许误差与成对相互差($\Delta W2$)只适用于基准侧，而基准侧滑轨的制造号码末尾，印有“MR”标记，但是普通级(N)滑轨没有此记号。

注: 精度测定值是以滑块中心点或中心部的平均值为基准。

注: 因滑轨被加工成容易矫正的大弯曲形，压紧安装在机械主机的基准面上容易得到要求的精度。安装于铝合金基准面并用于无刚性的地方时，滑轨的弯曲会影响机械的精度，故有必要事前规定滑轨的直线度。

精度等级的选用

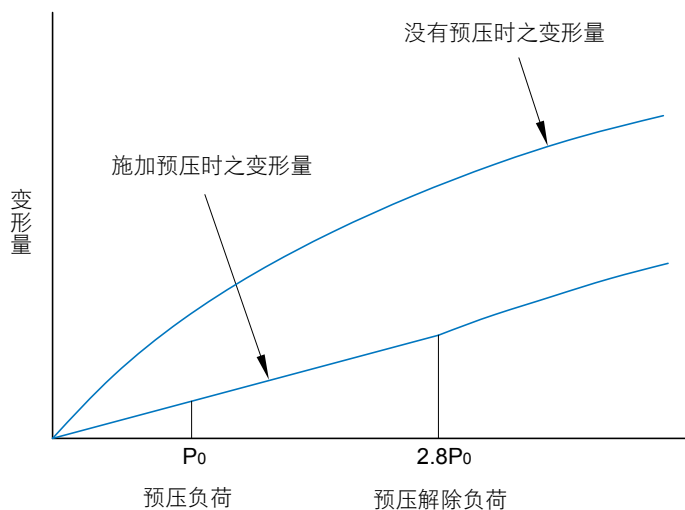
各种设备使用的线性导轨精度选用基准，请参照下表。

| 分类 | 设备名称 | 精度等级 | | | | |
|--------|---------|------|---|---|----|----|
| | | N | H | P | SP | UP |
| 机 床 | 机械加工中心 | | | ● | ● | |
| | 车床 | | | ● | ● | |
| | 铣床 | | | ● | ● | |
| | 镗床 | | | ● | ● | |
| | 座标镗床 | | | | ● | ● |
| | 磨床 | | | | ● | ● |
| | 放电加工机 | | | ● | ● | ● |
| | 冲压机械 | | ● | ● | | |
| | 雷射加工机 | | ● | ● | ● | |
| | 木工机 | ● | ● | ● | | |
| | NC钻床 | | ● | ● | | |
| | 攻牙中心 | | ● | ● | | |
| | 工作盘交换装置 | ● | | | | |
| | 自动换刀系统 | ● | | | | |
| | 线切割机 | | | ● | ● | |
| | 砂轮修整装置 | | | | ● | ● |
| | 数控雕铣机 | ● | | | | |
| | 轻型数控铣床 | ● | | | | |

| 分类 | 设备名称 | 精度等级 | | | | |
|---------|-----------|------|---|---|----|----|
| | | N | H | P | SP | UP |
| 工业用机器人 | 直交座标型 | ● | ● | ● | | |
| | 圆柱座标型 | ● | ● | | | |
| 半导体制造设备 | 打线机 | | | ● | ● | |
| | 针测机 | | | | ● | ● |
| | 电子零件插件机 | | ● | ● | | |
| | 印刷电路板钻孔机 | | ● | ● | ● | |
| 其它机器 | 射出成型机 | ● | ● | | | |
| | 三次元量测机 | | | | ● | ● |
| | 办公机器 | ● | ● | | | |
| | 搬运设备 | ● | ● | | | |
| | XY工作台 | | ● | ● | ● | |
| | 涂装机 | ● | ● | | | |
| | 焊接机 | ● | ● | | | |
| | 医疗设备 | ● | ● | | | |
| | Digitizer | | ● | ● | ● | |
| | 量测设备 | | | ● | ● | ● |

预压与刚性

线性导轨可以借由施加预压来提高刚性。如下图所示，预压的效果可保持外部负荷增大到预压负荷的2.8倍，即提高2.8倍的刚性值。而预压是利用增加滚动体的直径，使滚动体与滚动面之间产生负向间隙，预先施于内部负荷，所以在进行寿命计算时，必须将其预压负荷考虑进去。



预压等级的选用

线性导轨的使用，应根据不同的使用条件来选择最合适的预压等级，选用的基准请参照下表。

| 预压等级 | 适用条件 | 应用例 |
|--------------|---|--|
| 间隙预压 (FZ) | <ul style="list-style-type: none">· 负荷方向一定，震动、冲击力小，2轴并列使用装置。· 精度要求低，必须是滑动阻力小的设备。 | 半导体制造设备、医疗设备、舞台装置、冲压机、焊接机、各种机器人、其他小型直线滑动装置。 |
| 轻预压 (FC) | <ul style="list-style-type: none">· 负荷方向一定，振动、冲击力小，2轴并列使用的装置。· 精度要求不高，但要求滑动阻力小的设备。 | 射束焊接机械、装订机械、自动包装机、一般工业机械的XY轴、自动门窗加工机、焊接机、熔断机、工具交换装置、各种材料供给装置、数控雕铣机、轻型数控铣床。 |
| 中预压 (FO) | <ul style="list-style-type: none">· 有悬臂负荷或力矩作用的装置。· 单轴使用的设备。· 轻负荷且要求高精度的设备。 | 磨床工作台进给轴、自动涂装机、工业用机器人、各种高速材料供给装置、NC车床、一般工业机械的Z轴、印刷线路板的打孔机、电火花加工机、测定器、精密XY平台。 |
| 重预压 (F1) | <ul style="list-style-type: none">· 要求高刚性，且振动、冲击力大的设备。· 高负荷、重切削的机床等。 | 机械加工中心、NC车床、磨床的砂轮进给轴、铣床、立式或横式镗床、刀具导向部、工作机械的Z轴。 |
| 超重预压 (F2) | <ul style="list-style-type: none">· 要求更高刚性，且振动、冲击力大的设备。· 超高负荷、超重切削的机床等。 | 机械加工中心、NC车床、磨床的砂轮进给轴、铣床、立式或横式镗床、刀具导向部、工作机械的Z轴。 |



银泰科技股份有限公司

PRECISION MOTION INDUSTRIES, INC.



银泰科技股份有限公司
PRECISION MOTION INDUSTRIES, INC
42946 台中市神冈区大富路20巷71号
TEL: +886-4-2528-2984 FAX: +886-4-2528-3392
MAIL: sales@pmi-amt.com.tw

银鼎精密元件(上海)有限公司
PMI (SHANGHAI) CORPORATION
上海市嘉定区兴荣路98号
TEL: +86-21-3122-9799 FAX: +86-21-3122-9780
MAIL: pmi.shanghai@pmi-amt.com.tw

www.pmi-amt.com

无锡义善德机电设备有限公司
银泰PMI 授权特约经销商

TEL: **139-1248-9998**
www.pmi-yintai.com
wuxiyishande@qq.com