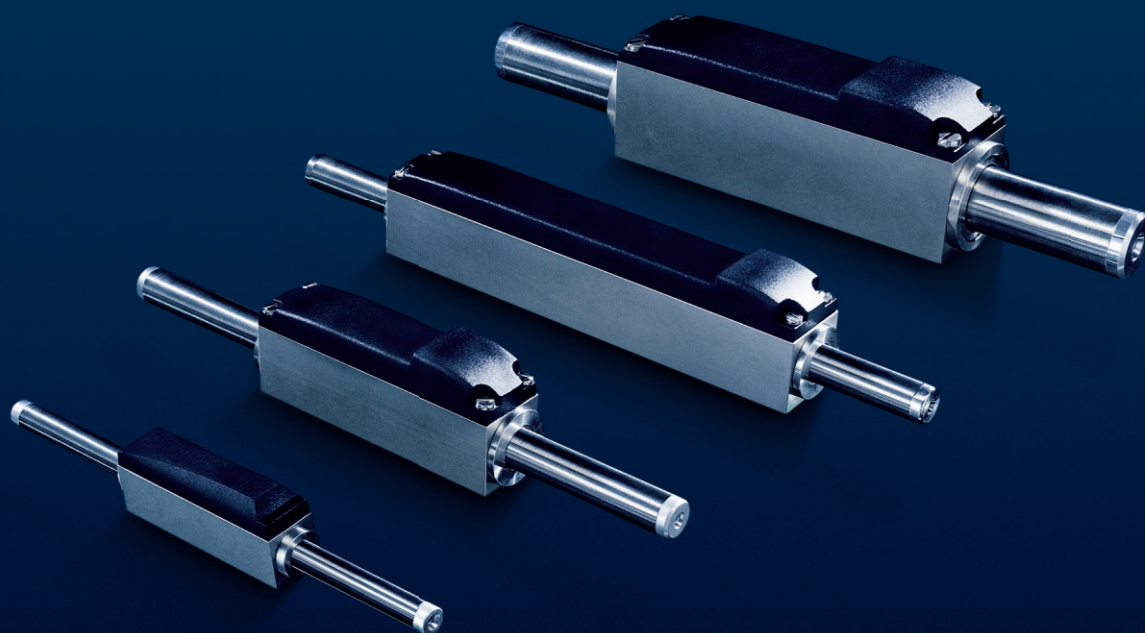


直流无刷伺服直线电机 微型驱动系统



直流无刷伺服直线电机

技术信息

线性直流伺服电机

带模拟霍尔传感器

LM 1247 ... 11

在22°C值

连续推力

峰值推力

连续电流

峰值电流

反电动势

LM 1247

$F_{e\ max}$

$F_{p\ max}$

I

技术数据说明

所有参数均基于环境温度 22 °C。

持续推力 $F_{e\ max}$ [N]

在容许温升范围内持续运行且热阻 R_{th2} 降低 55% 时电机输出的最大推力。

$$F_{e\ max} = k_F \cdot I_{e\ max}$$

峰值推力 $F_{p\ max}$ [N]

在容许温升范围内，间歇工作（最大持续时长 1 s，最大暂载率 10%）且热阻 R_{th2} 降低 55% 时电机输出的最大推力。

$$F_{p\ max} = k_F \cdot I_{p\ max}$$

持续电流 $I_{e\ max}$ [A]

在容许温升范围内持续运行且热阻 R_{th2} 降低 55% 时电机的最大工作电流。

$$I_{e\ max} = \sqrt{\frac{T_{125} - T_{22}}{R \cdot (1 + \alpha_{22} \cdot (T_{125} - T_{22})) \cdot (R_{th1} + 0,45 \cdot R_{th2})}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

峰值电流 $I_{p\ max}$ [A]

在容许温升范围内，电机间歇工作（最大持续时长 1 s，最大暂载率 10%）且热阻 R_{th2} 降低 55% 时的最大工作电流。

反电动势 k_E [V/m/s]

电机运动时产生的相间反电动势和电机速度的比值。

$$k_E = \frac{2 \cdot k_F}{\sqrt{6}}$$

推力常数 k_F [N/A]

电机的输出推力和电机正弦波换向的线电流的比值。

相电阻 R [Ω] $\pm 12\%$

指电机两相之间的电阻，绕组温度将直接影响电阻值。（温度系数： $\alpha_{22} = 0,0038\ K^{-1}$ ）。

相电感 L [μH]

在 1 kHz 时测量的电机绕组两相间电感量。

行程 s_{max} [mm]

只有当推杆的运动距离处在规定的行程范围 s_{max} 之内，参数表中的参数才有效。若将推杆和定子轴向中心对齐，允许的运动距离就是总冲程长度的一半。

重复精度 σ_r [μm]

相同条件下，多次重复相同运动，所测得的典型定位误差。测量使用 FDS MC (-01, 11 版本) 和第 3 方 sin/cos 运动控制器 (-02, 12 版本) 进行。

定位精度 σ_s [μm]

典型定位误差，指目标位置和系统所测得的实际位置之间的偏差。测量使用 FDS MC (-01, 11 版本) 和第 3 方 sin/cos 运动控制器 (-02, 12 版本) 进行。

最大加速度 $a_{e\ max}$ [m/s^2]

电机空载时，从静止状态启动至持续运行状态的最大理论加速度。

$$a_{e\ max} = \frac{F_{e\ max}}{m_m}$$

最高速度 $v_{e\ max}$ [m/s]

在最大行程范围内，按三角形速度曲线运动，电机从静止状态空载启动所能达到的最高理论速度。

$$v_{e\ max} = \sqrt{a_{e\ max} \cdot s_{max}}$$

热阻 R_{th1} ; R_{th2} [K/W]

R_{th1} 表示绕组对外壳的热阻

R_{th2} 表示外壳对环境的热阻表中参数是电机完全暴露在空气中的数值。

R_{th2} 可以通过增加电机与环境之间的热交换（如安装散热片或采用强制风冷等办法）来降低。

热时间常数 τ_{w1} ; τ_{w2} [s]

分别指绕组和外壳的热时间常数。

工作温度范围 [°C]

标明电机正常工作的最低与最高温度。

推杆重量 m_m [g]

指推杆（磁性圆柱体状）的典型质量。

总重量 m_t [g]

指直线直流无刷伺服电机的典型总重量。

磁极距 τ_m [mm]

指两相同磁极之间的距离。

轴承

标明电机使用的轴承材料及种类。

直流无刷伺服直线电机

技术信息

外壳材质

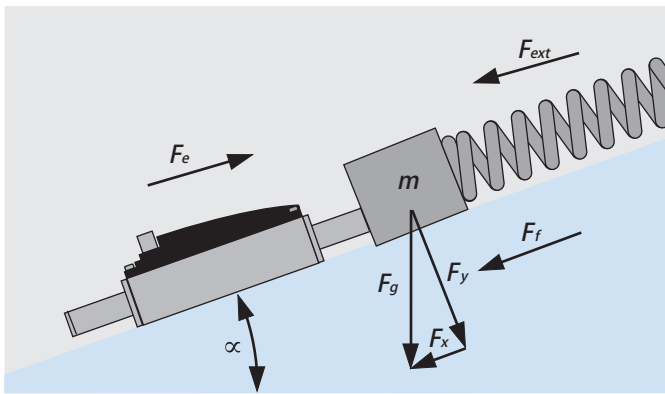
标明电机外壳使用的材料。

运动方向

推杆可往复运动，由驱动器控制。

受力分析

沿斜面推动物体时，电机需要输出推力以克服所有阻力并提供加速度。



上图所需合力为：

$$\sum F = m \cdot a \quad [\text{N}]$$

带入各分力后：

$$F_e - F_{ext} - F_f - F_x = m \cdot a \quad [\text{N}]$$

上式中：

F_e ：	电机输出的持续推力	[N]
F_{ext} ：	外力	[N]
F_f ：	摩擦阻力 $F_f = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha)$	[N]
F_x ：	下滑力 $F_x = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$	[N]
m ：	总质量（含推杆）	[kg]
g ：	重力加速度	[m/s ²]
a ：	加速度	[m/s ²]

转速曲线

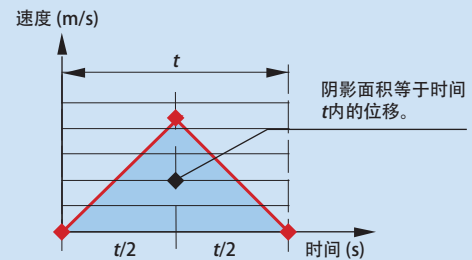
任意负载在A、B两点间的位移，均遵守运动学定理。

根据匀速直线运动和匀加速运动方程，可绘出各种速度/时间曲线图。

要计算电机的持续输出推力，必须先定义各负载的运动速度曲线。

三角形速度曲线

三角形速度曲线仅由加减速时间构成。



位移：

$$s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t = \frac{1}{4} \cdot a \cdot t^2 = \frac{v^2}{a} \quad [\text{m}]$$

转速：

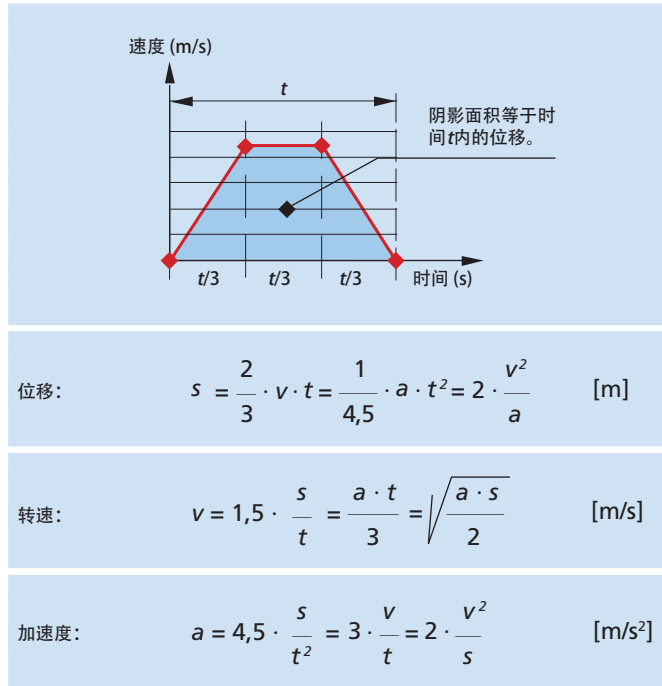
$$v = 2 \cdot \frac{s}{t} = \frac{a \cdot t}{2} = \sqrt{a \cdot s} \quad [\text{m/s}]$$

加速度：

$$a = 4 \cdot \frac{s}{t^2} = 2 \cdot \frac{v}{t} = \frac{v^2}{s} \quad [\text{m/s}^2]$$

梯形速度曲线

梯形速度曲线由加速、匀速和减速时间段构成。可通过简单计算代表典型的实际案例：



怎样选择直线直流无刷伺服电机

本节以实例详细说明如何选择直线直流无刷伺服电机。

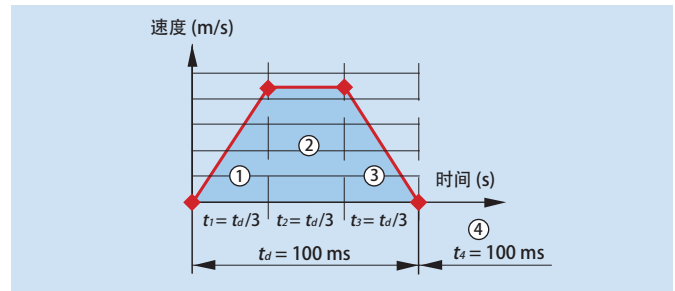
定义速度曲线

首先，要定义负载运动速度曲线。

运动特性是要考虑的首要问题。如最高速度、加速度、移动距离和暂停时间各是多少？

因为实际应用中，常常难以明确给出各参数，所以建议使用三角形或梯形速度曲线来简化计算过程。

本例假设要求按梯形速度曲线将总质量 500 g 的物体沿 20° 斜面，在 100 ms 内移动 20 mm。



单位		①	②	③	④
s (位移)	m	0.005	0.01	0.005	0
v (速度)	m/s	0 ... 0.3	0.3	0.3 ... 0	0
a (加速度)	m/s ²	9.0	0	-9.0	0
t (时间)	s	0.033	0.033	0.033	0.100

计算如下

区段①的速度和加速度：

$$v_{\max} = 1,5 \cdot \frac{s}{t} = 1,5 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} = 0,3 \text{ m/s}$$

$$a = 4,5 \cdot \frac{s}{t^2} = 4,5 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{(100 \cdot 10^{-3})^2} = 9 \text{ m/s}^2$$

受力分析

假设物体总质量为 500 g，摩擦系数为 0.2，各作用力如下：

作用力	单位	代号	向前				向后			
			①	②	③	④	①	②	③	④
摩擦力	N	F_f	0.94	0.94	0.94	-0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
下滑力	N	F_x	1.71	1.71	1.71	1.71	-1.71	-1.71	-1.71	-1.71
加速力	N	F_a	4.5	0	-4.5	0	4.5	0	-4.5	0
合计	N	F_t	7.15	2.65	-1.85	0.77	3.73	-0.77	-5.27	-0.77

计算如下

区段①的摩擦力和加速力：

$$F_f = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha) = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot \cos(20^\circ) = 0,94 \text{ N}$$

$$F_a = m \cdot a = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \text{ N}$$

电机选型

上面分析了速度曲线中各区段作用力情况，就可以得出对应区段的峰值推力和持续推力。

$$F_{p=\max}(|7,15|, |2,65|, |-1,85|, |0,77|, |3,73|, |-0,77|, |-5,27|, |-0,77|) = 7,15 \text{ N}$$

峰值推力是整个运动过程中所需要的最大推力。

直流无刷伺服直线电机

技术信息

而持续推力可通过下式算出：

$$F_e = \sqrt{\frac{\sum (t \cdot F_t^2)}{2 \cdot \sum t}} = \dots$$

$$F_e = \sqrt{\frac{0,033 \cdot 7,15^2 + 0,033 \cdot 2,65^2 + 0,033 \cdot (-1,85)^2 + 0,1 \cdot 0,77^2 + 0,033 \cdot 3,73^2 + 0,033 \cdot (-0,77)^2 + 0,033 \cdot (-5,27)^2 + 0,1 \cdot (-0,77)^2}{2 \cdot (0,033 + 0,033 + 0,033 + 0,1)}} = 2,98 \text{ N}$$

得到这两个参数后，就可以选出合适的电机了。

直线直流无刷伺服电机 **LM 1247-020-11**

$s_{max.} = 20 \text{ mm}$; $F_{e\ max.} = 3.6 \text{ N}$; $F_{p\ max.} = 10.7 \text{ N}$

绕组温度计算

要计算绕组温度，必须要算出电机的持续工作电流。本例中，由于推力常数为 6.43 N/A，所以：

$$I_e = \frac{F_e}{k_f} = \frac{2,98}{6,43} = 0,46 \text{ A}$$

电机相电阻为 13.17Ω，总热阻为 23,2 °C/W ($R_{th1} + R_{th2}$)， R_{th2} 降低 55%（即等于 0.45 · R_{th2} ），绕组温度可由下式算出：

$$T_c(I) = \frac{R \cdot (R_{th1} + 0,45 \cdot R_{th2}) \cdot (I_e \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}})^2 \cdot (1 - \alpha_{22} \cdot T_{22}) + T_{22}}{1 - \alpha_{22} \cdot R \cdot (R_{th1} + 0,45 \cdot R_{th2}) \cdot (I_e \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}})^2} = \dots$$

$$T_c(I) = \frac{13,17 \cdot (3,2 + 0,45 \cdot 20,0) \cdot (0,46 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}})^2 \cdot (1 - 0,0038 \cdot 22) + 22}{1 - 0,0038 \cdot 13,17 \cdot (3,2 + 0,45 \cdot 20,0) \cdot (0,46 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}})^2} = 85,26 \text{ °C}$$

直流无刷伺服直线电机

技术信息

电机特性曲线

速度曲线:

梯形速度曲线 ($t_1 = t_2 = t_3$), 往复运动

直线直流无刷伺服电机在下列条件工作时的特性曲线:

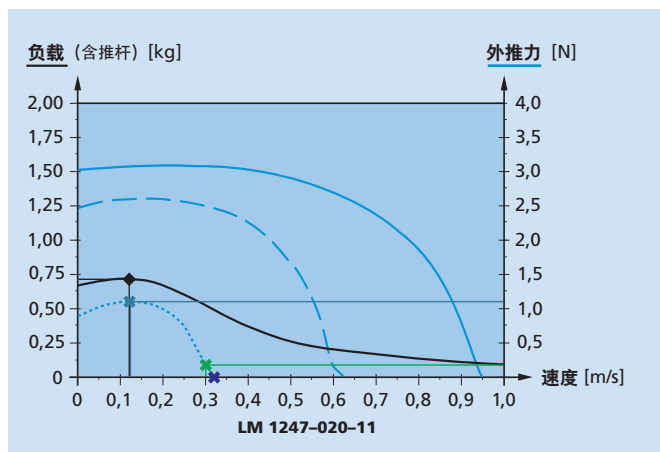
行程: 20 mm

摩擦系数: 0.2

斜面坡度: 20°

停止时间: 0.1 s

电机特性曲线取决于各运动参数（规划速度、行程、摩擦系数、坡度和暂停时间）。若改变某一个或多个输入参数，电机特性曲线也会相应改变。对比上图与LM1247-020-11参数表中的特性图，就可以看到相同的直线电机，只因坡度不同（本例为 20° ，参数表中为 0° ），特性曲线也就不同。



负载曲线

显示当外推力为零时，在给定速度下能推动的最大负载（含推杆）。

图中显示当速度为 0.125 m/s 时，电机能推动的最大负载（含推杆）(◆)为 0.72 kg。

外推力曲线

显示当负载为如下值时，给定速度下能输出的最大外推力。

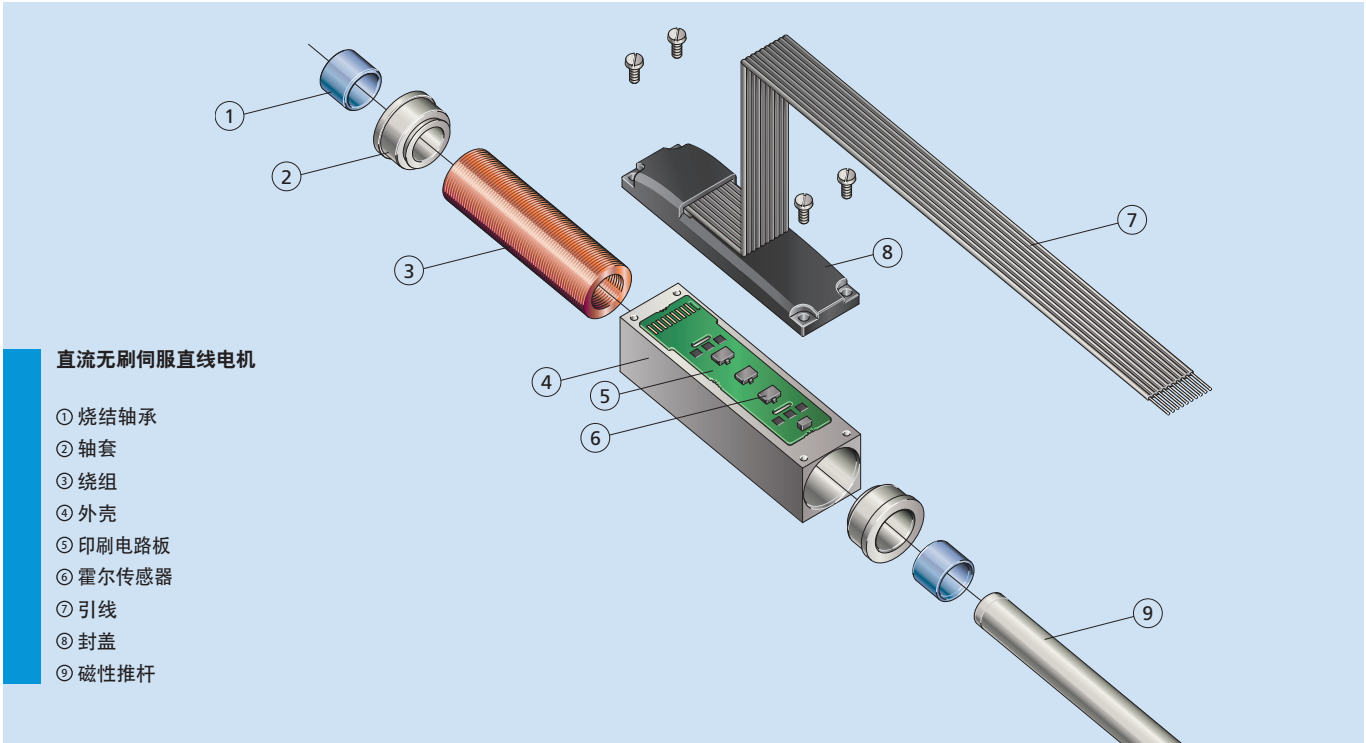
- 0.1 kg —————
- 0.2 kg ————
- 0.5 kg - - - - -

以 0.5 kg 负载的曲线为例，当负载为 0.5 kg 且无外推力输出时，对应的最大速度为 0.32 m/s (✕)。

当速度为 0.3 m/s 时，
对应最大外推力为 0.17 N (✕)。

速度为 0.125 m/s 时，外推力达到峰值 1.1 N (✕)。

直流无刷伺服直线电机



特性

FAULHABER 技术 特点显著，兼有气动系统的快速性和坚固性以及传统电机的灵活性和可靠性等优点。采用三相自承式绕组和非磁性金属材料外壳的创造性设计，使电机性能更加优异。

无静态驻留推力和线性化的电流－推力特性，使成为微型定位控制的理想选择。

直流无刷伺服直线电机的寿命主要由烧结轴承的磨损所决定，因此和推杆的运动速度和负载有关。

优势

- 动态特性好
- 力能指标高
- 无静态驻留推力
- 非磁性金属材料外壳
- 结构紧凑、坚固耐用
- 免润滑维护
- 安装快捷、使用方便

产品代码



更多信息

福尔哈贝传动技术(太仓)有限公司

江苏省太仓市北京西路

6号孵化楼东楼 215400

电话: +86(0)512 5337 2626

info@faulhaber.cn

www.faulhaber.cn

As at:

17th edition, 2022

Copyright

by Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG

Daimlerstr. 23 / 25 · 71101 Schönaich

All rights reserved, including translation rights. No part of this description may be duplicated, reproduced, stored in an information system or processed or transferred in any other form without prior express written permission of Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG.

This document has been prepared with care.

Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG cannot accept any liability for any errors in this document or for the consequences of such errors. Equally, no liability can be accepted for direct or consequential damages resulting from improper use of the products.

Subject to modifications.

The respective current version of this document is available on FAULHABER's website: www.faulhaber.com