



2023.6

Motion Sizing – Mechanical Logic and terms

当我们谈设备的时候, 我们谈什么?

B&R | A member of the ABB Group



Motion Sizing – Mechanical Logic and Terms

Content

从ServoSOFT 选型来理解机器逻辑

在机器逻辑中遇到的关键点及术语解释

常见的三种典型机械结构及关键点

从ServoSOFT选型来理解机械逻辑

ServoSOFT电机和驱动选型流程

前2步是需求

The Servo Sizing Process



The servo sizing process described below can be very accurate. However, caution is warranted. The results are only as good as the inputs are accurate.

要求输入数据精确, 且没有遗漏!

- ▶ Step 1: Drive Mechanism
- ▶ Step 2: Motion Profile Requirements
- ▶ Step 3: Gearbox Selection
- ▶ Step 4: Motor Selection
- ▶ Step 5: Drive Selection
- ▶ Step 6: Infeed Selection
- ▶ Step 7: External Bleeder Selection
- ▶ Step 8: External Capacitor Module Selection
- ▶ Step 9: Guidelines for Sizing Cables, Filters and Fuses

第1步: (负载)机械结构选择和参数设置

第2步: (一个周期内或主要)运动轨迹输入

第3步: 选择减速箱(联轴器, 皮带, 齿轮)

第4步: 选择电机

第5步: 选择驱动器(逆变单元)

第6步: 选择驱动主电源(ACOPOSmulti)

第7步: 选择外加制动电阻

第8步: 选择外加电容(第三方)

第9步: 电缆, 滤波器, 保险丝

电机和驱动选型流程

负载机械类型和相关参数

Step 1: Drive Mechanism

- 1. The sizing process begins by identifying the drive mechanism to be used
- 2. Obtaining the design specifics such as the inertias, efficiencies and dimensions of all components
- 3. Identify mechanical constraints such as torque and force limits that must not be exceeded

Related topics: Mechanisms

- 1. 选型首先要识别和选择机械结构类型
- 2. 填好相关参数: 惯量, 传递效率, 尺寸
- 3. 识别机械约束: 力矩, 力不能超出极限

序号	名称	说明	举例
1	机械结构类型	从电机到工具点之间，相关机械部件的位置和数量关系	飞达(feed)，卷绕(wind/unwind)
2	惯量(J)	单位：kgm ² 或kgcm ² ，旋转部件的惯性量化	8LSA84：114kgcm ² ，8LSA44：2.73kgcm ²
3	传递效率(η)	0~100%，这里指电能转换成机械能的效率	95%
4	(部件)尺寸	毫米(mm)，角度(°)	直径：180mm，长度：210mm
5	力矩(T)	也称”扭矩”，单位：Nm	最大扭矩：120Nm

电机和驱动选型流程

运动曲线(s/v/a/F(T))

Step 2: Motion Profile Requirements

- 1. Depending on the type of application, certain aspects of the motion profile requirements may be more important than others
- 2. For pick and place applications such as gantry robots, move time, peak velocity, acceleration and deceleration are key
- 3. For continuous running applications such as feed rolls in paper mills, velocity may be the only key requirement
- 4. Specify all motion profiles in the sequence including:
 - 1. Distance
 - 2. Velocity
 - 3. Acceleration
 - 4. Deceleration
 - 5. Jerk
 - 6. Dwell
 - 7. Payload
 - 8. Thrust

Related topics: [Motion Profiles](#), [Sequence](#)

- 1. 依赖不同应用类型，运动轮廓中的某些方面可能比其他方面更重要
- 2. 对于取放应用(节拍)，如龙门机器人，移动时间、峰值速度、加速度和减速度是关键。
- 3. 对于连续运行的应用，如造纸厂的进料辊，速度(生产速度)可能是唯一的关键要求。
- 4. 在运动序列中说明所有运动轮廓，包括。
 - 距离 (长度, 角度)
 - 速度 (线速度, 角速度)
 - 加速度
 - 减速度
 - 加加速度 (jert和t_jolt区别)
 - 停留时间
 - 载荷 (临时加入和移除的工件)
 - 阻力(摩擦阻力, 外力等)

序号	名称	说明	举例
1	节拍	运动的重复周期，单位是时间. 是生产速度的一种	每200ms生产一个.
2	距离(distance)	单位：mm或角度，物体的直线位移或旋转位移	100mm, 18°
3	速度	单位：m/min；每分钟多少包/个	每小时3万瓶；每分钟300米
4	加速度	几个g，角加速度很少说出来，直接给加速时间也常见	直径：180mm，长度：210mm
5	载荷	在一个周期的某段时间存在, 其它时间不在	抓箱子时有10kg载荷，放好回程时载荷为0.
6	阻力	和运动相反的力	摩擦力，压力，重力

电机参数和负载的关系

客户需求的术语

容易混淆的精度

序号	名称	说明	举例
1	产品精度	重量或尺寸偏差. 和控制精度无直接相关, 影响因素多.	药片精度: 0.1mg; 印刷精度: 0.05mm
2	末端精度	和产品接触点的可控精度, 一般和编码器之间有形变误差	0.02mm
3	加工精度	机械加工出来的零件精度	直线电机不同位置的精度修正表(um级)
4	装配精度	将零件装配起来, 因为装配人员, 装配时间的不同, 随机出现的误差	印辊装上去的精度为2丝(0.02mm)
5	编码器数字精度	数字细分度	增量式编码器是10000线的
6	编码器机械精度	机械细分度. 可能一个机械位置移动, 导致几百的数字变化	编码器精度60” (1/(360*60)圈)
7	定位精度	每次移动到同一设定位置, 实际位置的和设定位置的偏差.	重复定位偏差10um
8	速度控制精度	设定速度不变时, 实际速度和设定速度的偏差	速度偏差0.5%
9	扭矩控制精度	一般是扭矩控制的特定场合	扭矩波动范围0.1Nm
10	跟踪精度	在整个运动过程中, 实际位置和位置发生器之间的误差, 激光切割用	工具点一直起作用, 比如激光, 跟踪误差很重要. 此时一般要求惯量比<3, 以克服摩擦感染.

负载和电机的术语与关系

负载+运动轨迹要求决定了电机指标

序号	名称	说明	约束关系
1	电机扭矩(T)	电机旋转方向的力, 单位Nm	最大扭矩 T_{max} = 3~4倍额定扭矩 T_n , 持续时间3s以上
2	电机位移(S)	某些应用需要关电时的移动也能记忆, 需要绝对式编码器	绝对式编码器的圈数 x 单圈长度 > 移动的范围S
3	电机速度(V)	电机的最大速度受反电势常数 K_e 和DC BUS电压限制	不弱磁情况下, 最大速度 $V_{max} < U_{dc} / 1.414 / K_e$
4	加速度(Acc)	电机加速度受惯量和最大扭矩限制, 一般设 $0.5 * T_{max} / J$ 或更小	$Acc < T_{max} / J$ (此处没有考虑摩擦扭矩)
5	加加速度(Jert)	加速度的微分→扭矩变化速度, Jert小延长机械寿命, 降低机器噪声	贝加莱不能设Jert, 而是设 t_{jolt} , 单位: s
6	阻力(Thrust)	阻力有静摩擦, 动摩擦, 粘滞力, 重力, 液压反推力等	$Acc < (T_{max} - Thrust) / J$
7	刚性(Rigidty)	单位: Nm/arcmin, 每弧分角度形变对应的扭矩.	越长的传动链刚性越差, 刚性越差共振点越低.
8	摩擦系数(μ)	摩擦系数*重力=摩擦力, 不同摩擦形式, 材料, 方向都有影响	单列滚动轴承摩擦系数: 径向0.002, 轴向0.004

电机和负载的术语与关系

各参数之间的约束关系

序号	名称	说明	约束关系
1	扭矩常数Kt	单位:Nm/A，在整个速度范围不是常数，温度越高, 电流越大, 趋小	1.5倍额定转速下, ≈ 0.92 倍额定工况Kt, 准确率影响前馈效果
2	反电势常数Ke	单位: v/1000rpm，转子温度越高，速度越高，Ke趋小	电功率 = 机械功率 $\rightarrow T*V/60*2\pi = U_{ac} * I * \sqrt{3}$ $\rightarrow Ke = 60.5 * Kt$ ，此处转换效率为1，实际<1.
3	堵转电流I0	电机转速< 50rpm时，温升在允许范围内(比如60K)的电流	电机: $I_0 > 1.2 * I_n$, 驱动: 堵转小于 < 额定电流
4	峰值电流Ipeak	电机绕组允许的最大电流，只能短时(< 10s)工作	通常, 峰值电流Ipeak > 2.5倍额定电流In
5	滤波	分编码器滤波和ISQ(速度环输出)滤波。旋变有A/D转换，需要滤波，否则电机易振	$SCTRL.t_filter \geq 5 * T_sampling$
6	噪音和震动	程序手段：调高斩波频率，三环(ISQ低通和陷波)，编码器滤波，DYN SYS...	大多数机械震动和噪音不能通过调参数解决.

序号	名称	说明	约束关系
1	性能	通常只提速度和精度	需要了解行业标杆，客户设备历史数据
2	功能	客户可能认为你不是小白，功能很少提，但是后面会不断抛出	需要了解行业习惯，从优秀的对手操作手册挖掘

通读行业顶尖客户的”设备操作手册”很有必要！

负载的机械结构种类

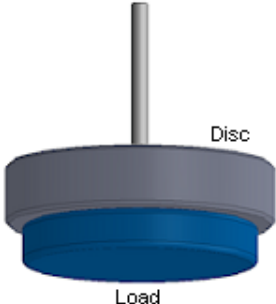
负载的机械结构种类

11(ACT) vs 14 (DGL)

Ax1 - Drive Mechanics

Mechanisms

Pumps



Disc

Load

Drive Load Limits

Efficiency 100 %

Incline 0 °

Coupling inertia ☐ 0 kg-m²

Rigidity 1,000,000 Nm/arcmin

Disc inertia ☒ 0 kg-m²

Disc mass 0 kg

Disc radius 0 mm

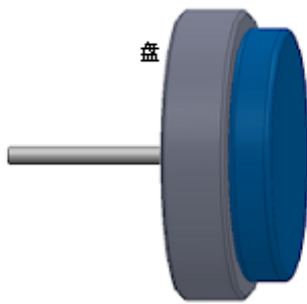
Disc friction coefficient μ 0

Ax1 - 驱动机构

机制

泵

执行器



盘

负载

驱动 负载 极限值 动力学缓冲器

效率 100 %

倾斜 90 °

联轴器惯量 ☐ 0 kg-m²

刚度 1,000,000 Nm/arcmin

盘惯量 ☒ 0 kg-m²

盘质量 0 kg

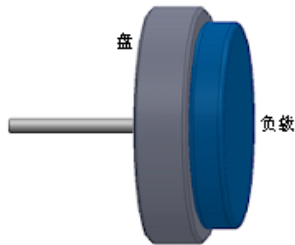
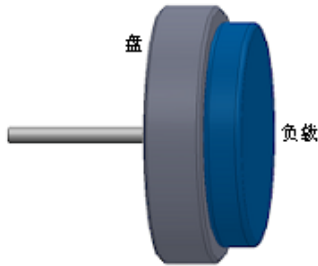
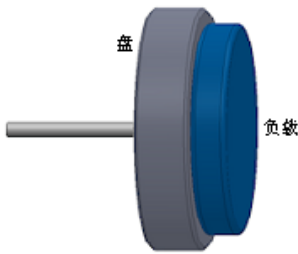
盘半径 0 mm

盘摩擦系数 μ 0

实际情况可能和理想模型不完全一样, 需要等效处理!

负载的机械结构种类

旋转(例子: 印刷色辊(Roller), 飞达(feed))



驱动

负载

极限值

动力学缓冲器

效率

100 %

倾斜

90 °

联轴器惯量

☐

0 kg·m²

刚度

1,000,000 Nm/arcmin

盘惯量

☐

0 kg·m²

盘质量

☐

0 kg

盘半径

☐

0 mm

盘摩擦系数

☐

0

驱动

负载

极限值

动力学缓冲器

惯量

☐

0 kg·m²

质量

☐

0 kg

推力

VEL <> 0 ☐

0 Nm

序列中定义的轴载荷

Fr, X2, Fa, Y2 ☐

不平衡的负载

定义于程序 mUL, rUL ☐

质量

☐

0 kg

偏置半径

☐

0 mm

起始角度

☐

0 °

基于位置的负载

位置, 惯性, 推力和扭矩表 ☐

定位360°模数

☐

驱动

负载

极限值

动力学缓冲器

☒ 动能缓冲器启用 ?

速度

0.1 3000 6000 rpm

能量

0 0 0 J

母线电压上限

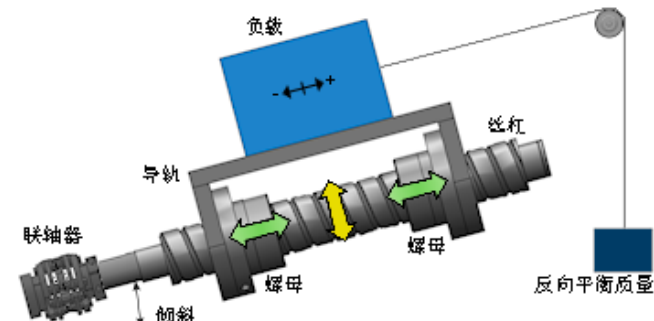
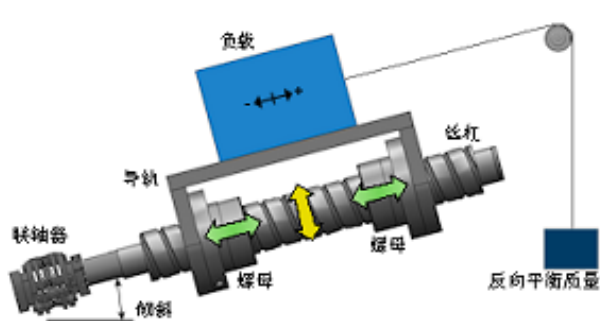
KB_V1 800 V

母线电压降低

KB_V0 630 V

负载的机械结构种类

滚珠丝杆直线移动(例如CNC的X/Y)



滚珠丝杠数据库 滚珠丝杠的性能

驱动	运动与支持	负载	极限值
效率		85 %	
倾斜		0 °	
丝杠导程		100 mm/rev	
螺杆长度		100 mm	
丝杠惯量		0 kg-m²	
丝杠质量		0 kg	
丝杠刚度		1.0e+20 N/m	
螺母质量		0 kg-m²	
螺母惯性		0 kg	
螺母刚度		0 N/m	
防尘圈		☐	
公差	成绩	0.023 mm	
预载	☐ in N ☒ % Fmax	0 %	

滚珠丝杠数据库 滚珠丝杠的性能

驱动	运动与支持	负载	极限值
运动	丝杠 螺母		
支持			

运动: 旋转 直线运动

支持: A: 固定-自由 B: 支持的-支持的 C: 固定-支持的 D: 固定-固定

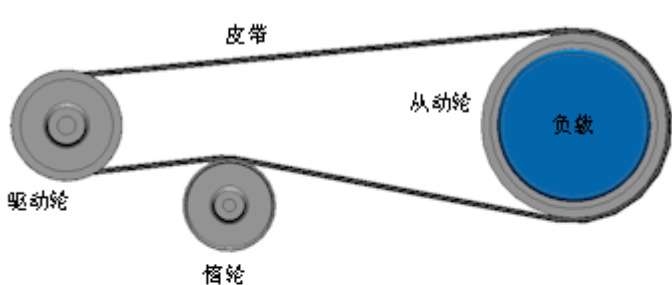
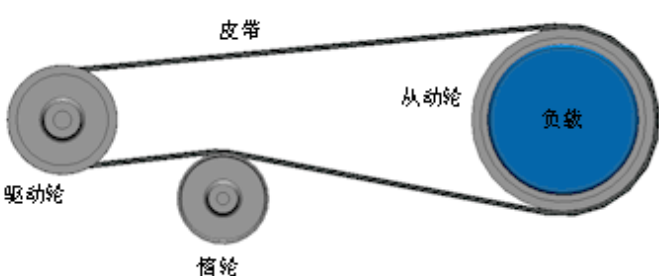
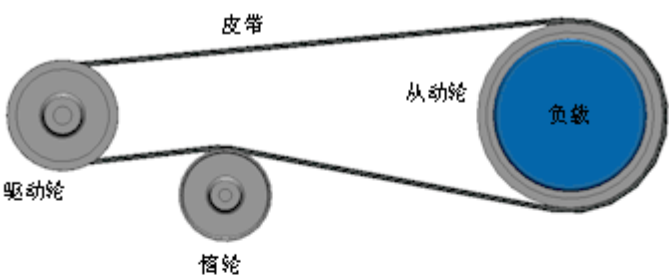
滚珠丝杠数据库 滚珠丝杠的性能

驱动	运动与支持	负载	极限值
质量		0 kg	
推力	VEL > 0	0 N	
反向平衡质量		0 kg	
反向平衡力		0 N	
滑块质量		0 kg	
滑动摩擦系数		0	

注意: 不同导程对电机速度和扭矩的要求

负载的机械结构种类

皮带旋转(例子：EIMM的注射轴)



驱动	皮带	负载	极限值	驱动	皮带	负载	极限值	驱动	皮带	负载	极限值
效率	95 %			皮带 质量	0 kg			惯量		0 kg-m ²	
驱动轮半径	100 mm			皮带 刚度	1.0e+20 N/m			VEL > 0		0 Nm	
驱动轮惯量	0 kg-m ²			皮带 预载	0 %						
从动轮半径	100 mm										
从动轮惯量	0 kg-m ²										
惰轮 半径	100 mm										
惰轮 惯量	0 kg-m ²										

1) 线加速度= $\pi \cdot D \cdot \text{角加速度}$
2) 皮带质量对电机扭矩的影响

Q&A

Questions?

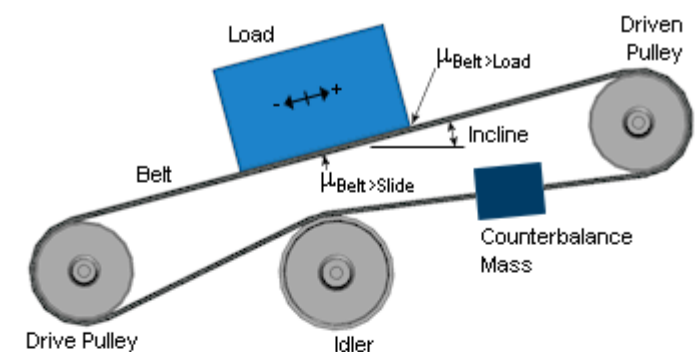
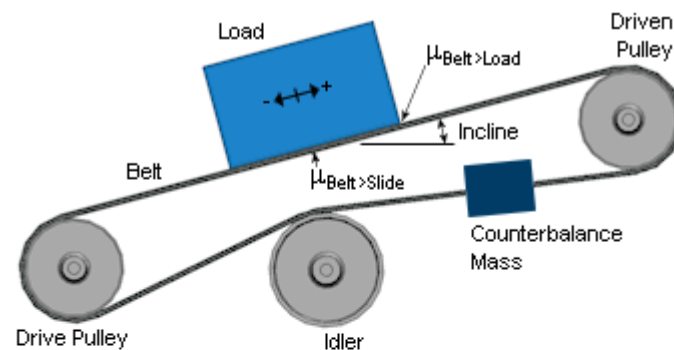
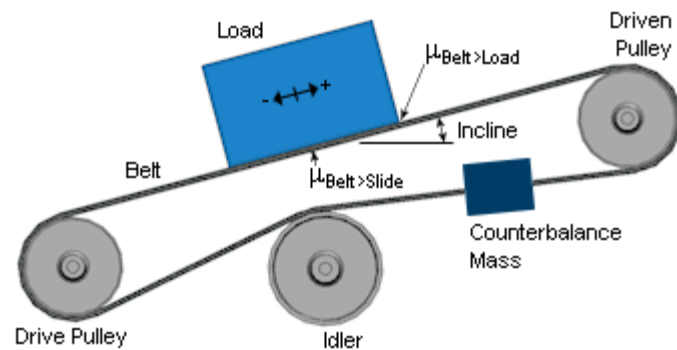


B&R

A thick, solid orange horizontal bar positioned directly beneath the 'B&R' text.

负载的机械结构种类

皮带运送（例子：？）



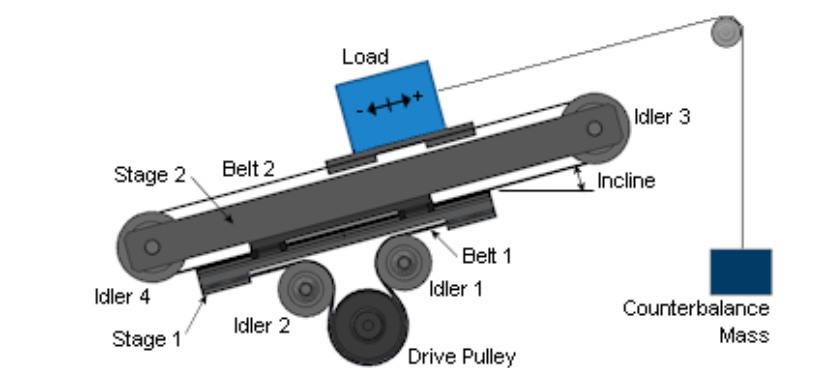
Drive	Belt	Load	Limits
Efficiency		95 %	
Incline		0 °	
Drive pulley radius		100 mm	
Drive pulley inertia		0 kg·m ²	
Driven pulley radius		100 mm	
Driven pulley inertia		0 kg·m ²	
Idler radius		100 mm	
Idler inertia		0 kg·m ²	

Drive	Belt	Load	Limits
Belt mass		0 kg	
Belt rigidity		1.0e+20 N/m	
Belt preload		☐ in N ☒ % Fmax 0 %	

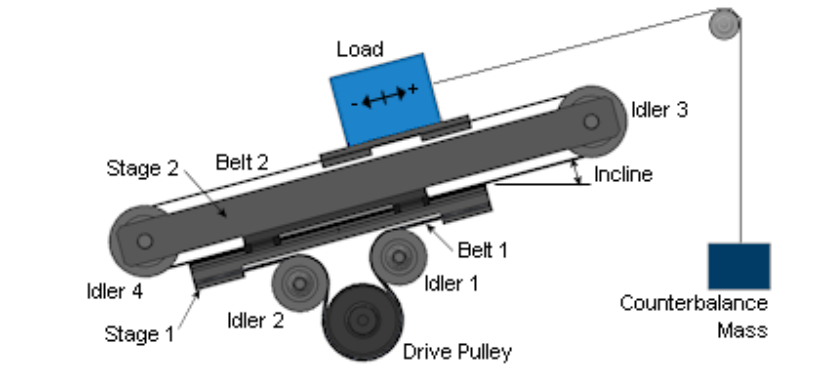
Drive	Belt	Load	Limits
Mass		0 kg	
Thrust		VEL < 0 ☐ 0 N	
Counterbalance mass		0 kg	
Counterbalance force		0 N	
Friction coefficient (belt -> slide)		μ 0	
Friction coefficient (belt -> load)		μ 0	

负载的机械结构种类

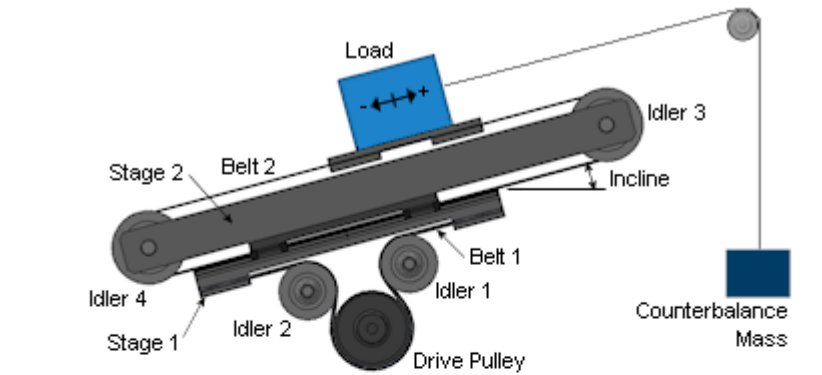
两级皮带传送



Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Efficiency Drive -> Stage 1	95 %			
Incline	0 °			
Drive pulley radius	100 mm			
Drive pulley inertia	0 kg·m²			
Idler 1 radius	100 mm			
Idler 1 inertia	0 kg·m²			
Idler 2 radius	100 mm			
Idler 2 inertia	0 kg·m²			



Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Efficiency Stage 1 -> Stage 2	95 %			
Idler 3 radius	100 mm			
Idler 3 inertia	0 kg·m²			
Idler 3 mass	0 kg			
Idler 4 radius	100 mm			
Idler 4 inertia	0 kg·m²			
Idler 4 mass	0 kg			
Stage 1 mass	0 kg			
Stage 1 friction coefficient	0			
Belt 1 mass	0 kg			
Belt 1 rigidity	1.0e+20 N/m			
Belt 1 preload	0 %			

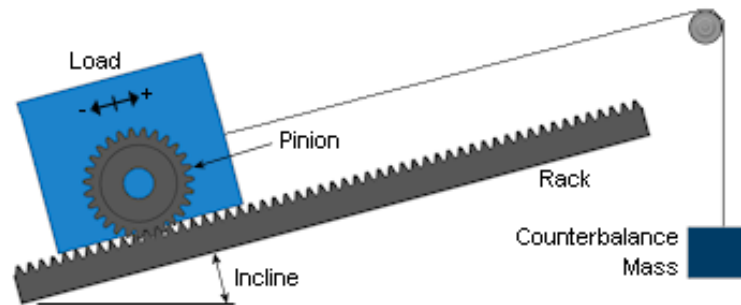


Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Stage 2 mass	0 kg			
Stage 2 friction coefficient	0			
Belt 2 mass	0 kg			
Belt 2 rigidity	1.0e+20 N/m			
Belt 2 preload	0 %			

Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Mass	0 kg			
Thrust	0 N			
Counterbalance mass	0 kg			
Counterbalance force	0 N			

负载的机械结构种类

齿轮+齿轨



Rack and Pinion Database | Rack and Pinion Performance

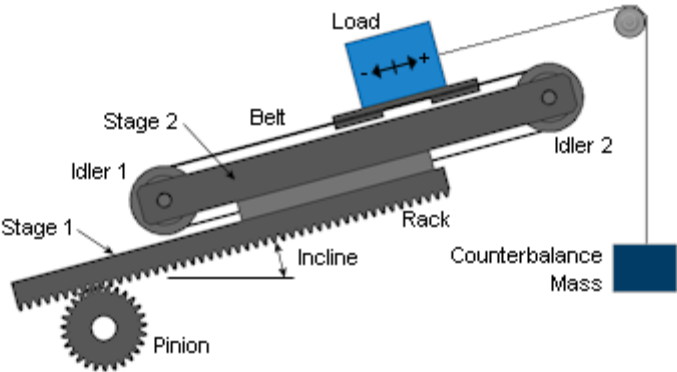
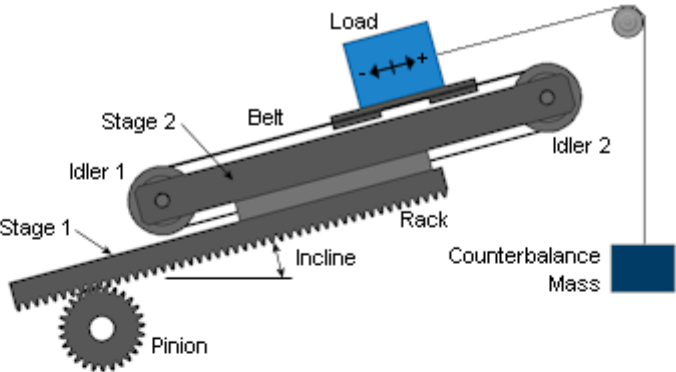
Drive	Load	Limits
Efficiency	95 %	▼
Incline	▼ 0 °	▼
Pinion radius	100 mm	▼
Pinion inertia	0 kg·m ²	▼
Pinion mass	0 kg	▼
Helix angle	▼ 0 °	▼
Pressure angle	20 °	▼
Rack mass	0 kg	▼
Rack length	0 mm	▼
Rack rigidity	1.0e+20 N/m	▼
Guide friction coefficient	0	
Backlash	0 mm	▼

Rack and Pinion Database | Rack and Pinion Performance

Drive	Load	Limits
☒ Rack is stationary		
Mass	0 kg	▼
Thrust	VEL <> 0 ☐ 0 N	▼
Counterbalance mass	0 kg	▼
Counterbalance force	0 N	▼

负载的机械结构种类

两级齿轮齿轨传送



Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Efficiency Pinion -> Rack		95 %		
Incline		0 °		
Pinion radius		100 mm		
Pinion inertia		0 kg·m²		
Helix angle		0 °		
Pressure angle		20 °		
Backlash		0 mm		

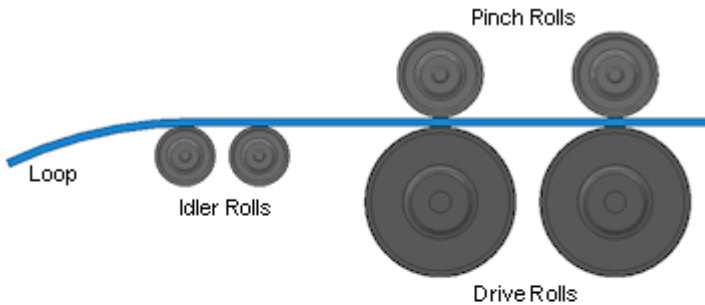
Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Efficiency Stage 1 -> Stage 2		95 %		
Rack mass		0 kg		
Guide friction coefficient		0		
Idler 1 radius		0 mm		
Idler 1 inertia		0 kg·m²		
Idler 1 mass		0 kg		
Idler 2 radius		0 mm		
Idler 2 inertia		0 kg·m²		
Idler 2 mass		0 kg		

Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Stage 2 mass		0 kg		
Stage 2 friction coefficient		0		
Belt mass		0 kg		
Belt 2 rigidity		1.0e+20 N/m		
Belt 2 preload		☐ in N ☒ % Fmax 0 %		

Drive	Stage 1	Stage 2	Load	Limits
Mass		0 kg		
Thrust		0 N		
Counterbalance mass		0 kg		
Counterbalance force		0 N		

负载的机械结构种类

牵引（印刷：牵引电机）

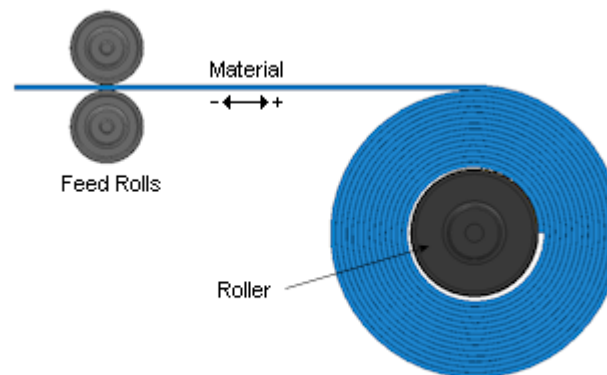


Drive	Load	Limits
Efficiency	100	% v
No. of drive rolls	1	
Drive roll radius	100	mm v
Drive roll inertia	J 0	kg·m ² v
No. of pinch rolls	1	
Pinch roll radius	100	mm v
Pinch roll inertia	J 0	kg·m ² v
No. of idler rolls	1	
Idler roll radius	100	mm v
Idler roll inertia	J 0	kg·m ² v

Drive	Load	Limits
Loop weight	H 0	kg v
Thrust	VEL <> 0 ☐	0 N v

负载的机械结构种类

收卷/放卷（例子: 印刷收/放卷）

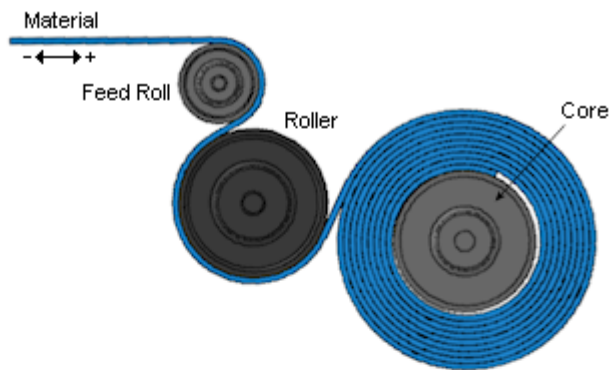


Drive	Material	
☒ Winder ☐ Unwinder		
Efficiency	100	%
Roller inertia	0	kg-m ²
Roller radius	100	mm
Roller max radius with material	100	mm
Number of feed rolls	0	
Feed roll radius	100	mm
Feed roll inertia	0	kg-m ²
Feed roll friction	0	N

Drive	Material	
☒ Spooler ☐		
Width	100	mm
Thickness	1	mm
Material	Other	
Density	0	kg/m ³
Web tension	0	N

负载的机械结构种类

摩擦收/放卷(例子: 大卷装)

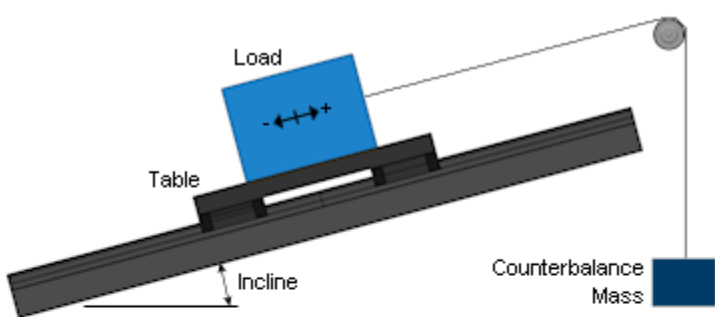


Drive		Material	
☒ Winder ☐ Unwinder			
Efficiency	100	%	▼
Roller radius	100	mm	▼
Roller inertia	 0	kg·m ²	▼
Number of feed rolls	0		
Feed roll radius	100	mm	▼
Feed roll inertia	 0	kg·m ²	▼
Feed roll friction	0	N	▼

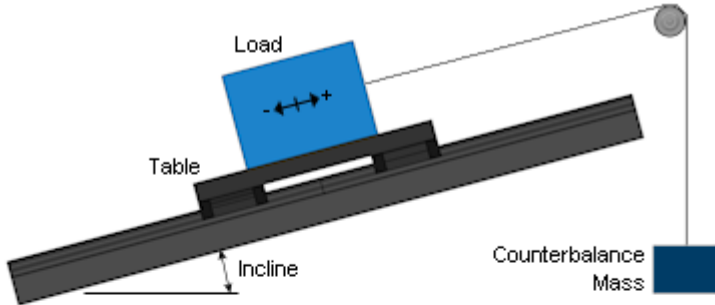
Drive		Material	
 Spooler ☐			
Width	100	mm	▼
Thickness	1	mm	▼
Material	Other ▼		
Density	0	kg/m ³	▼
Web tension	0	N	▼
Core inertia	 0	kg·m ²	▼
Core radius	100	mm	▼
Core max radius with material	100	mm	▼

负载的机械结构种类

有配重输送(例子: 换电站电池输送)



Drive	Load	Limits
Incline	0 °	
Table mass	0 kg	
Slide friction coefficient	0	
Total travel distance	0 mm	



Drive	Load	Limits
Mass	0 kg	
Thrust	VEL <> 0 ☐ 0 N	
Counterbalance mass	0 kg	
Counterbalance force	0 N	

B&R

A thick, solid orange horizontal bar positioned directly beneath the 'B&R' text.

