



# 张力控制装置讲座

## 基础篇

三菱电机株式会社



# 何谓张力控制？

- 做什么（目标）
  - ◆ 纸张、胶片 → 称为 Web
  - ◆ 线材、丝线 etc.
- 为什么（目的）
  - ◆ 提高加工精度、提高时效、提高材料利用率
- 如何做（手段）
  - ◆ 控制材料放卷、收卷、中间部分拉伸状况

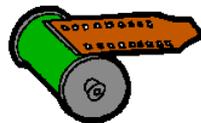


# 各种长尺寸材料

- 纸类



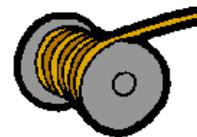
- 塑料薄膜、胶片



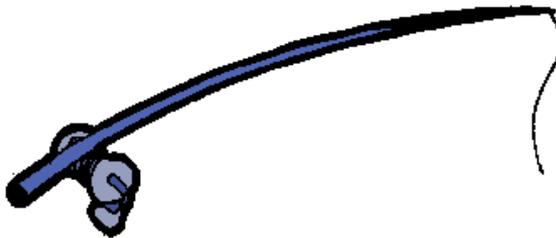
- 铝箔、压制品



- 铜箔、金属箔、电线类



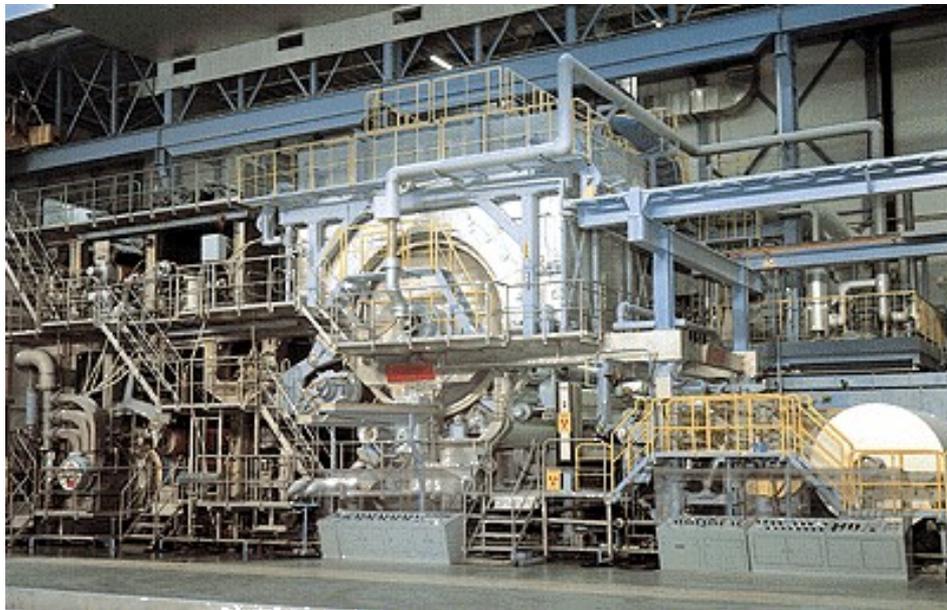
- 纤维



# 哪些机械使用张力控制？

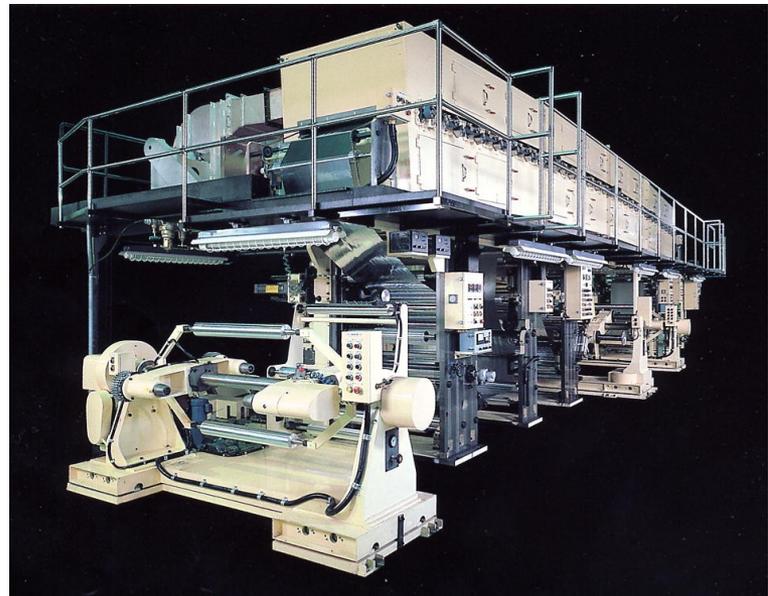
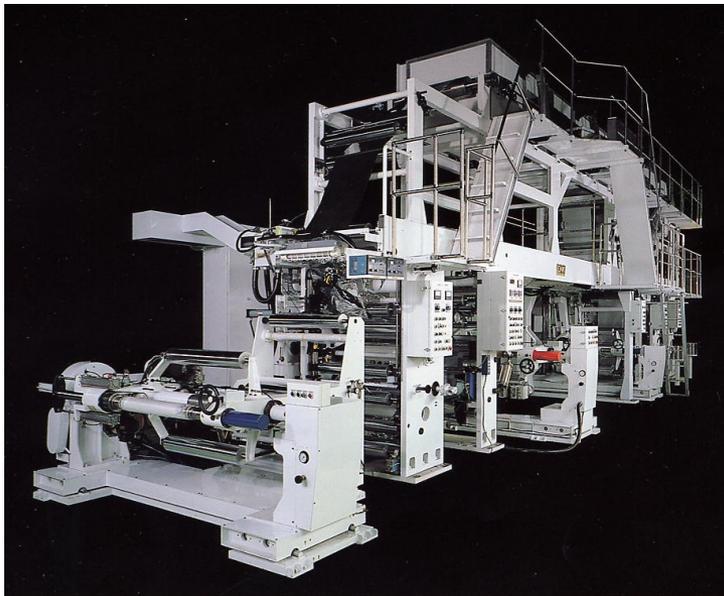
- 材料的制造

- ◆ 抄纸、胶片成型、拉线、轧制



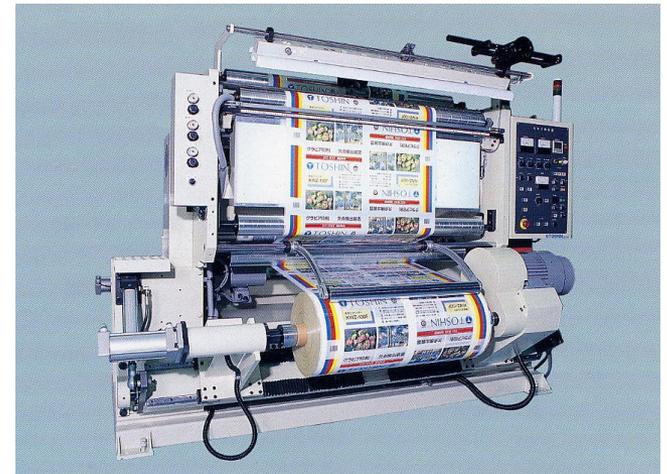
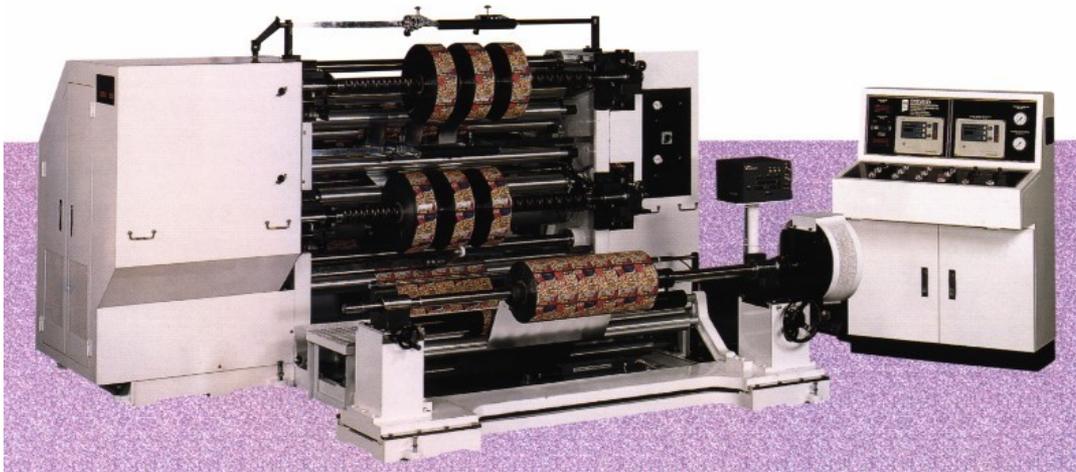
# 哪些机械使用张力控制？

- 加工材料的表面
  - ◆ 涂装、粘贴、压模、电镀、照射、加热



# 哪些机械使用张力控制？

- 改变材料的形状
- 切开、切断、冲剪、焊接、捻线
- 材料的检查 … etc.



# 三菱电机张力控制产品业务的发展

## ● 三菱电机张力控制产品业务的发展历程

年度	磁粉离合器和制动器	张力控制装置	其他
1962	通过与英国 SMITH 公司进行电磁粒子式离合器的技术合作开始量产		
1963	ZKA、ZKB 系列发售	手动式张力控制装置发售 (ZKD)	
1964			汽车用磁粉离合器开始使用
1966	ZKG 系列发售	全自动张力控制装置发售 (ZKE)	
1979		微型计算机内置张力控制装置发售 (LE - PMA)	
1982	ZA 系列发售		
1987			汽车无级变速器用磁粉离合器开始生产
1992	ZKB - N 系列发售		
1994	ZKB - HBN 系列发售 ZA - □1 系列发售 取得 ISO9001 认证	取得 ISO9001 认证	
1995		LE - 40MT 系列发售 LX - TD 系列发售	
1998	ZX - Y 系列发售 取得 ISO14000 认证	LD - 30FTA 发售 取得 ISO14000 认证	
2001		LM - 10PD 系列发售	
2002	ZA - AN 系列发售		
2003		LE - 30CTN 发售	
2005		LD - 40PSU 发售	



# 控制器、磁粉离合器和制动器情况

## ● 控制器、磁粉离合器和制动器的比较

公司名称		三菱电机	NIREKO	神钢电机	EIKO 测量仪器
主要销售国家和地区		日本, 中国, 台湾, 韩	日本、台湾、韩国	日本、美国	日本、韩国
产 品	张力控制器	◎	○	○	○
	张力检测器	○	○	○	○
	磁粉离合器 / 制动器	○	○	○	×
	空气离合器 / 制动器	×	×	×	×
	电磁离合器 / 制动器	×	×	○	×
	耳端位置控制装置	×	○	×	×
	彩色控制器	×	○	×	×
	AC 伺服电机	○	×	○	×
	PLC	○	×	×	×
	其他 Web 相关机器	—	图像检查装置 切割刀位置控制装置	—	移动控制器 ( Web 控制用)
其他 FA 产品	移动控制器 变频器显示器等	—	—	—	
张力控制器的市场份额 ( 预计 )		50%	40%	5%	5%
系统兼容性		×	×	×	○
备 注			正着力于图像检查装置		AC 伺服及 PLC 三菱电机的客户



# 引入张力控制带来的效果

## ● 提高了印刷品质

## ● 防止了偏色

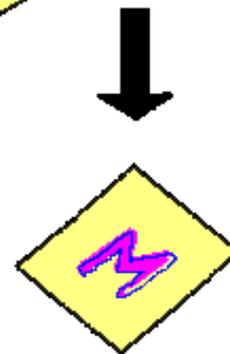
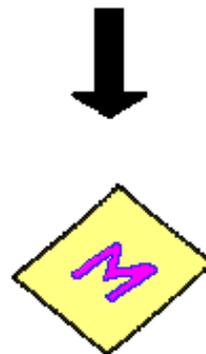
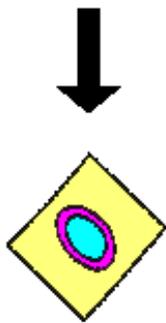
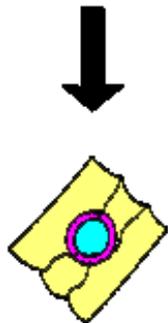
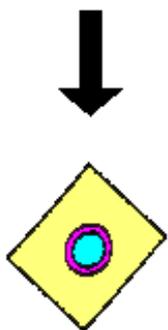
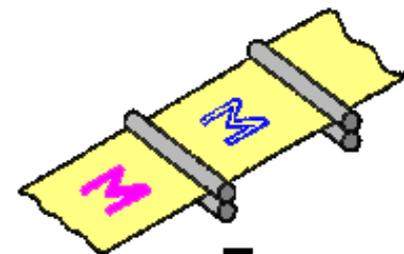
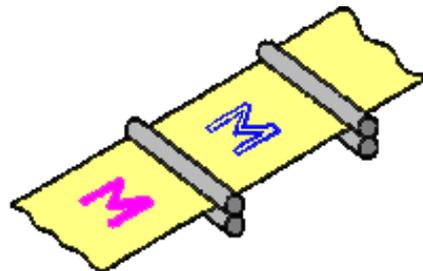
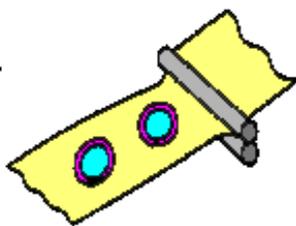
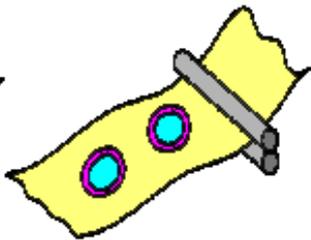
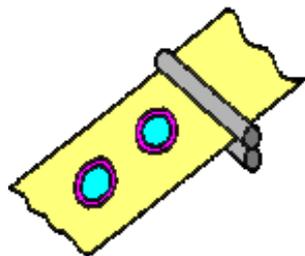
张力正合适

张力过小

张力过大

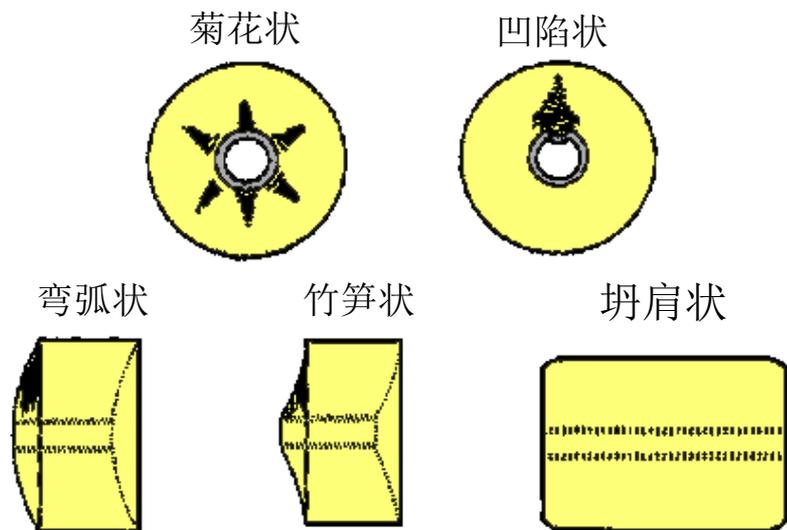
张力控制良好

张力控制不良

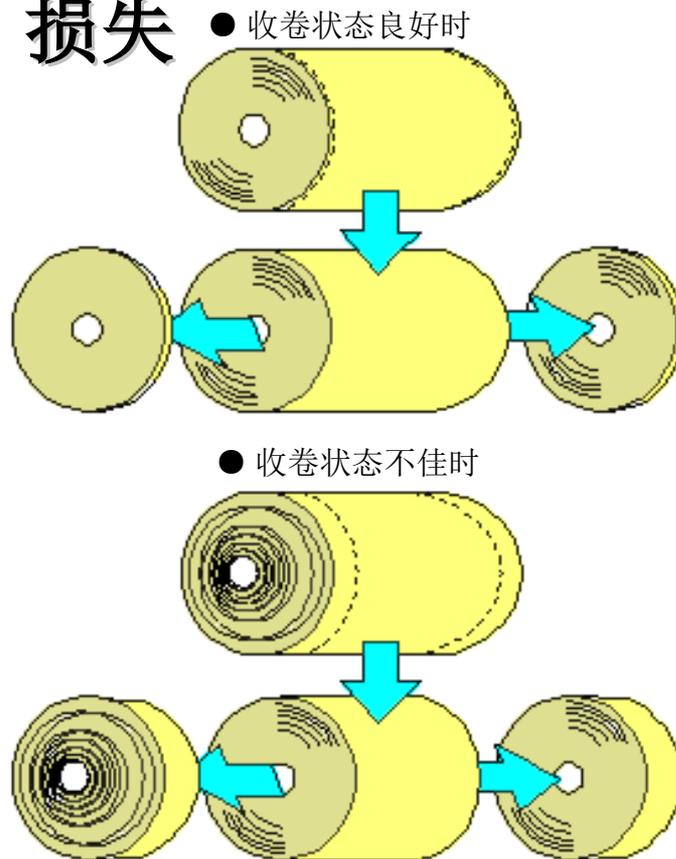


# 引入张力控制带来的效果

## ● 收卷状态的改善



## ● 减少后道工序的材料损失



# 进行张力控制，需要作哪些准备？

## ● 传感器=眼、鼻、耳、触觉

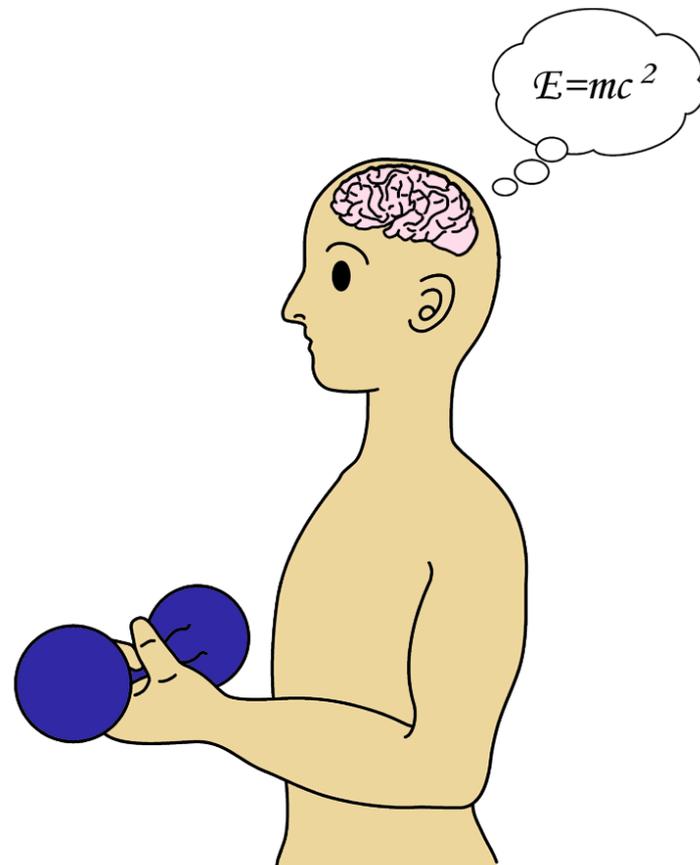
- ◆ 张力检测器
- ◆ 卷轴转速检测
- ◆ 材料速度检测      etc

## ● 执行机=肌肉

- ◆ 产生驱动机械的动力

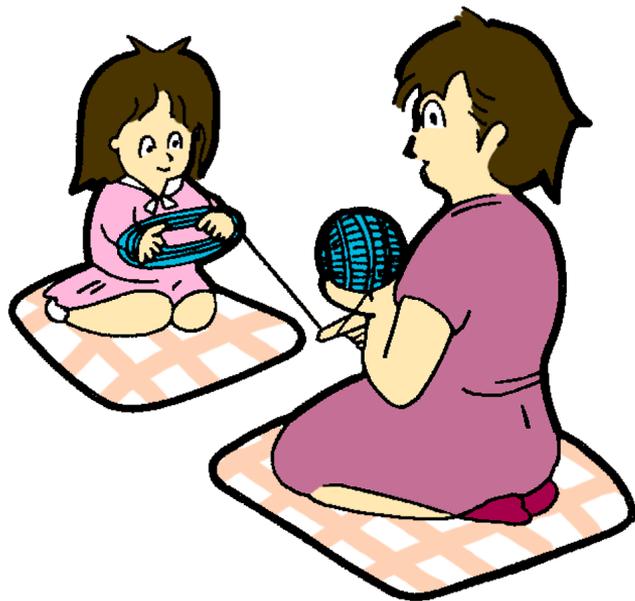
## ● 控制装置=头脑

- ◆ 利用传感器和控制输入信号对控制指令进行演算

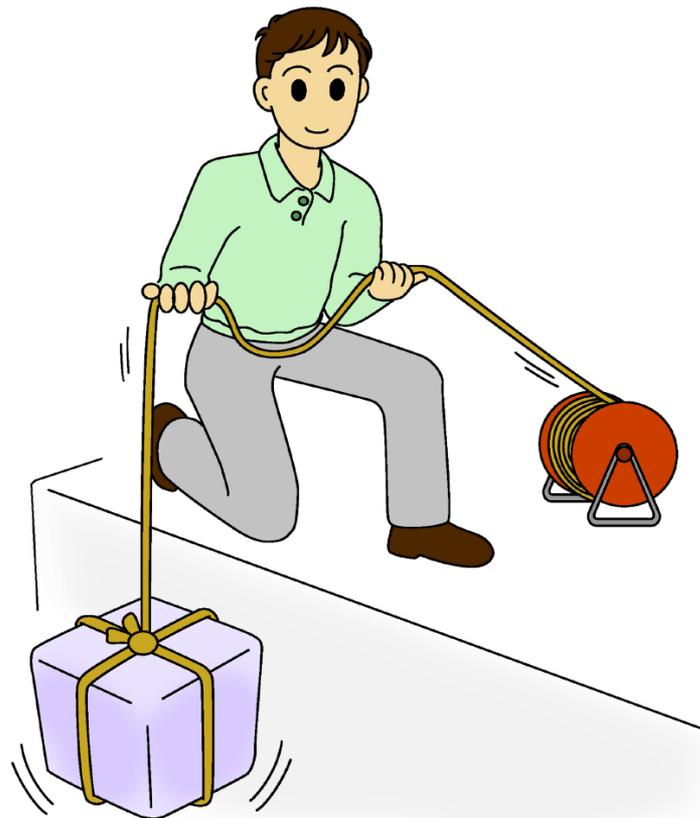


# 放卷控制

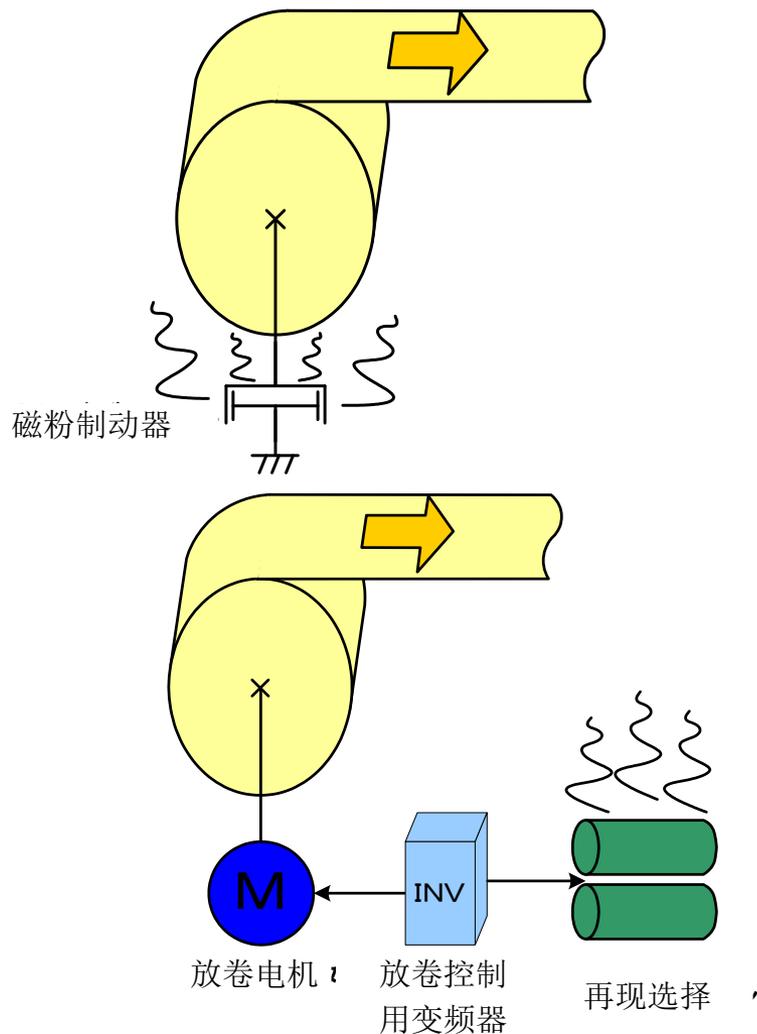
## ● 卷毛线



## ● 卸下货物



# 放卷控制

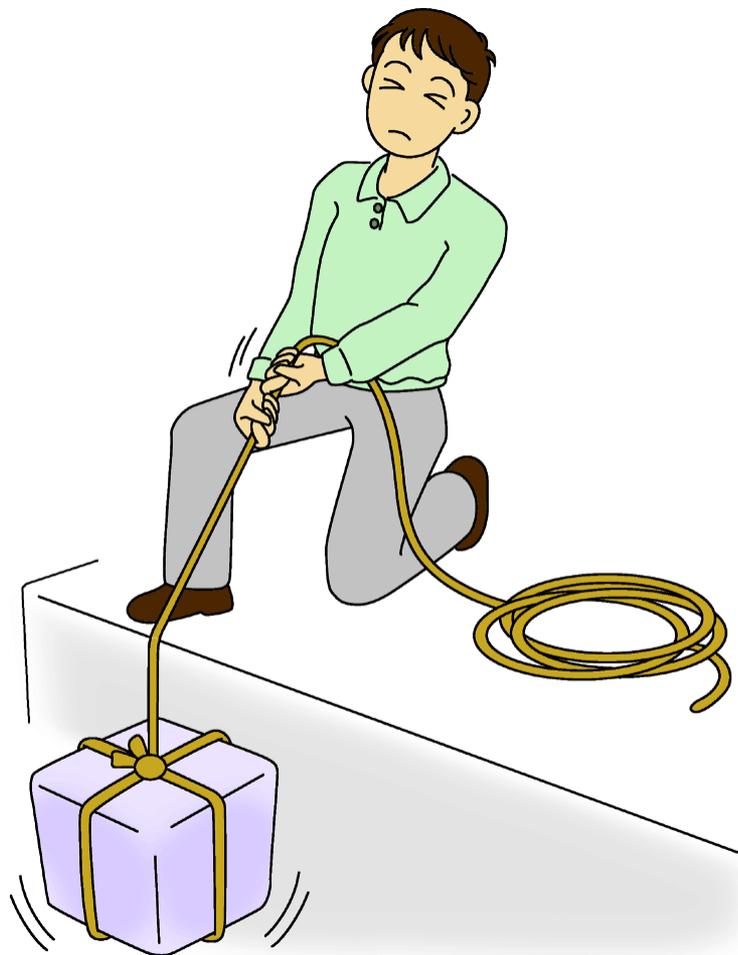


- 也称为展开（unwind）
- 一边制动，一边对材料放卷
- 必须使制动的能量以热的形式散发
- 在电机控制中，也有使能量变成电源的方法

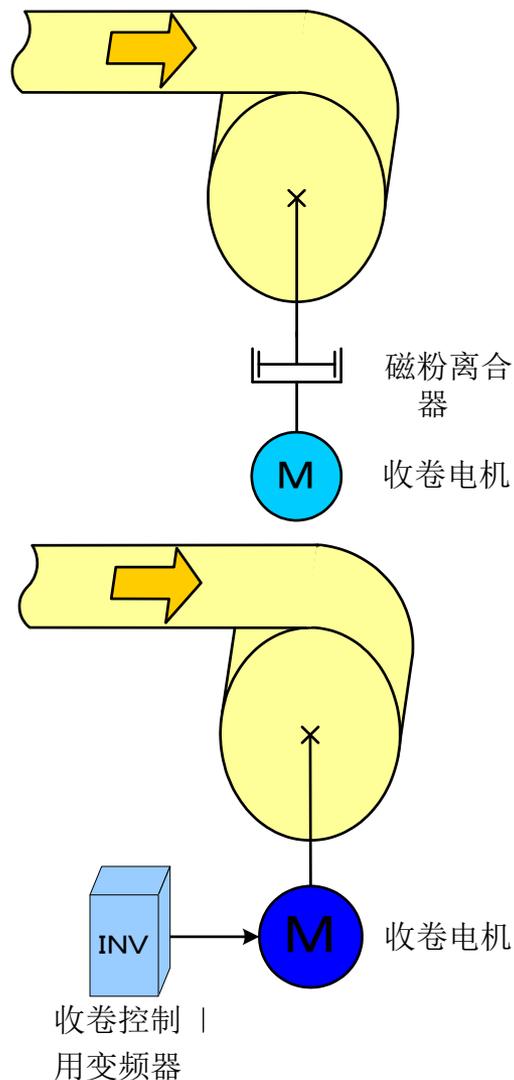


# 收卷控制

- 提起货物



# 收卷控制

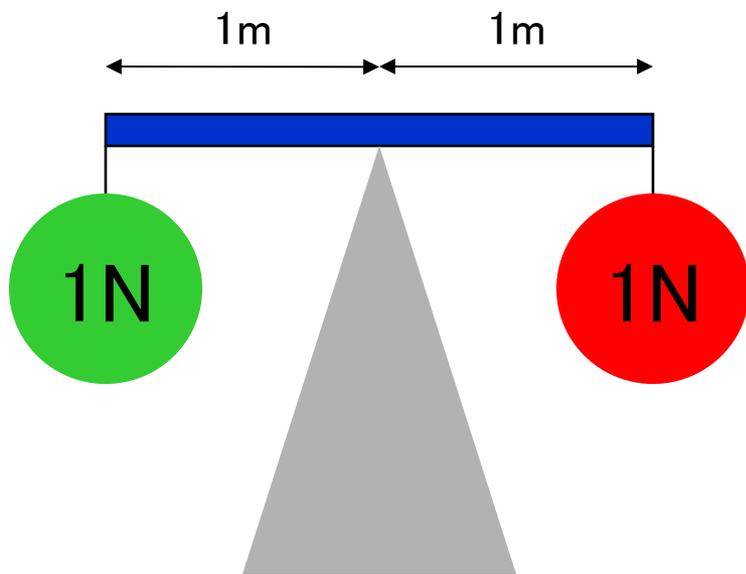


- 也称绕紧（wind）
- 拉紧材料进行收卷
- 必须加力（能量）进行收卷

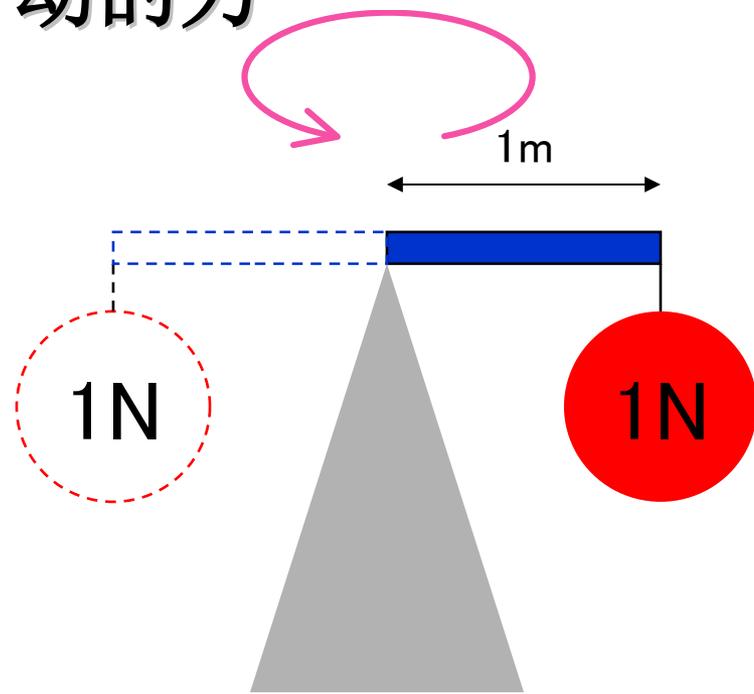


# 何谓扭矩?

- 力的平衡



- 使物体绕旋转方向转动的力

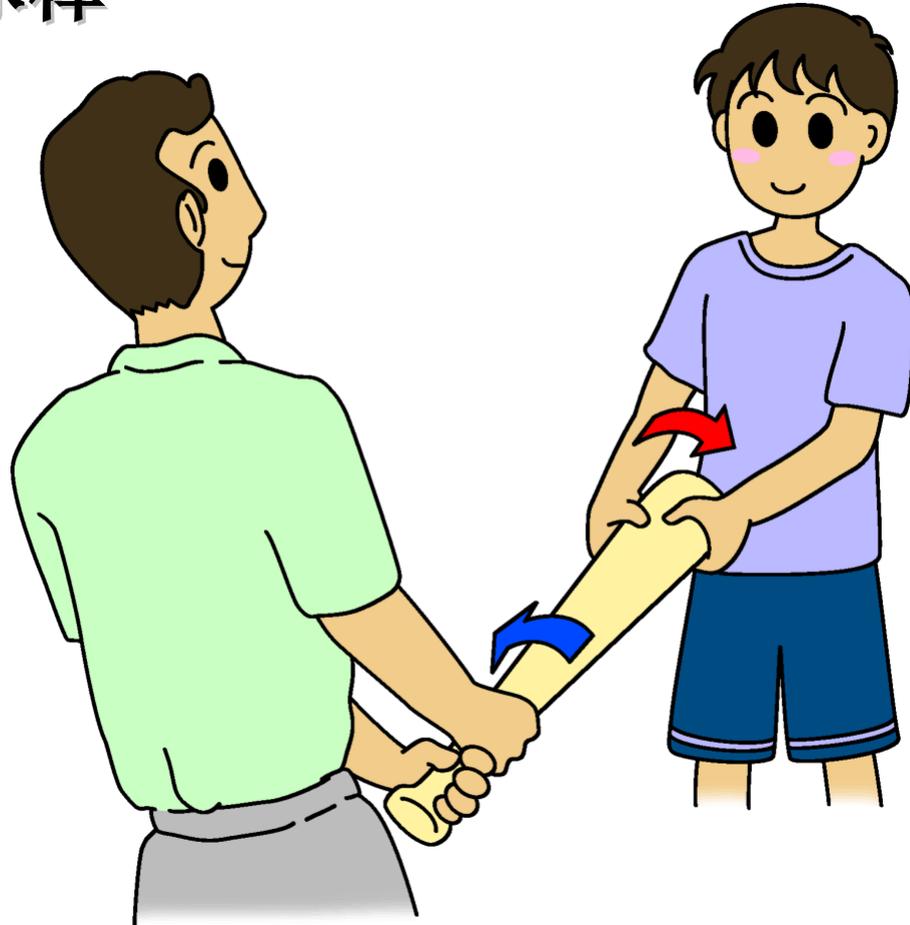


$$\text{扭矩} = 1(\text{N}) \times 1(\text{m}) = 1\text{Nm}$$



# 谁会赢？

## ● 转动棒球棒



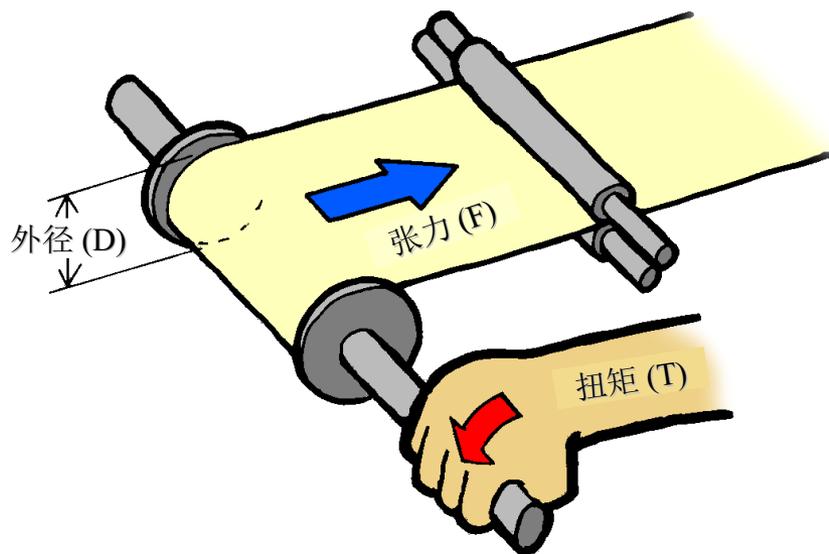
# 谁会赢？

- 粗头一侧的人赢了！



# 扭矩控制的基础

## ● 张力、卷径、扭矩的关系



在左图中



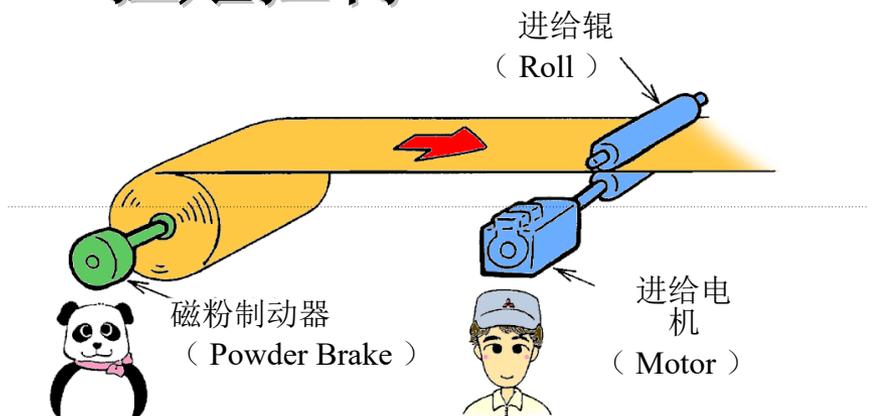
$T$  (扭矩) =

$\frac{\quad}{2}$

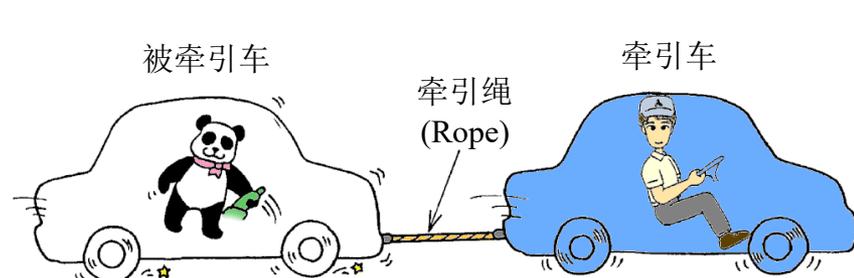


# 张力控制的方法

## ● 扭矩控制

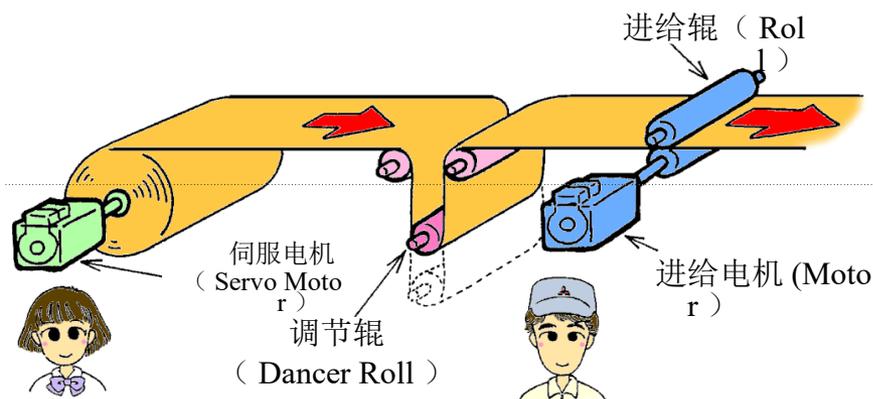


- 磁粉制动器 (Powder Brake) 的放卷扭矩 (Torque) 控制

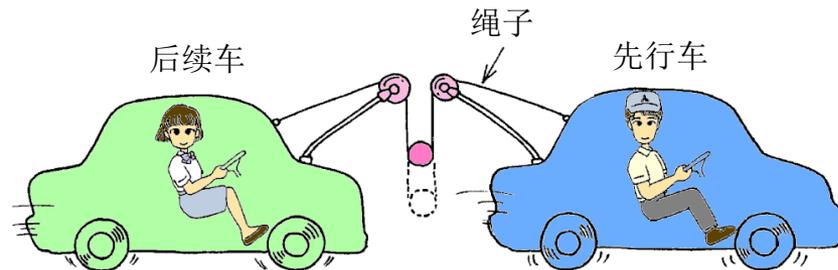


- 例如，用牵引绳 (Rope) 牵引没有驱动装置 (Driver) 的车子

## ● 速度控制



- 伺服电机 (Servo Motor) 的放卷调节器 (Dancer) 机构

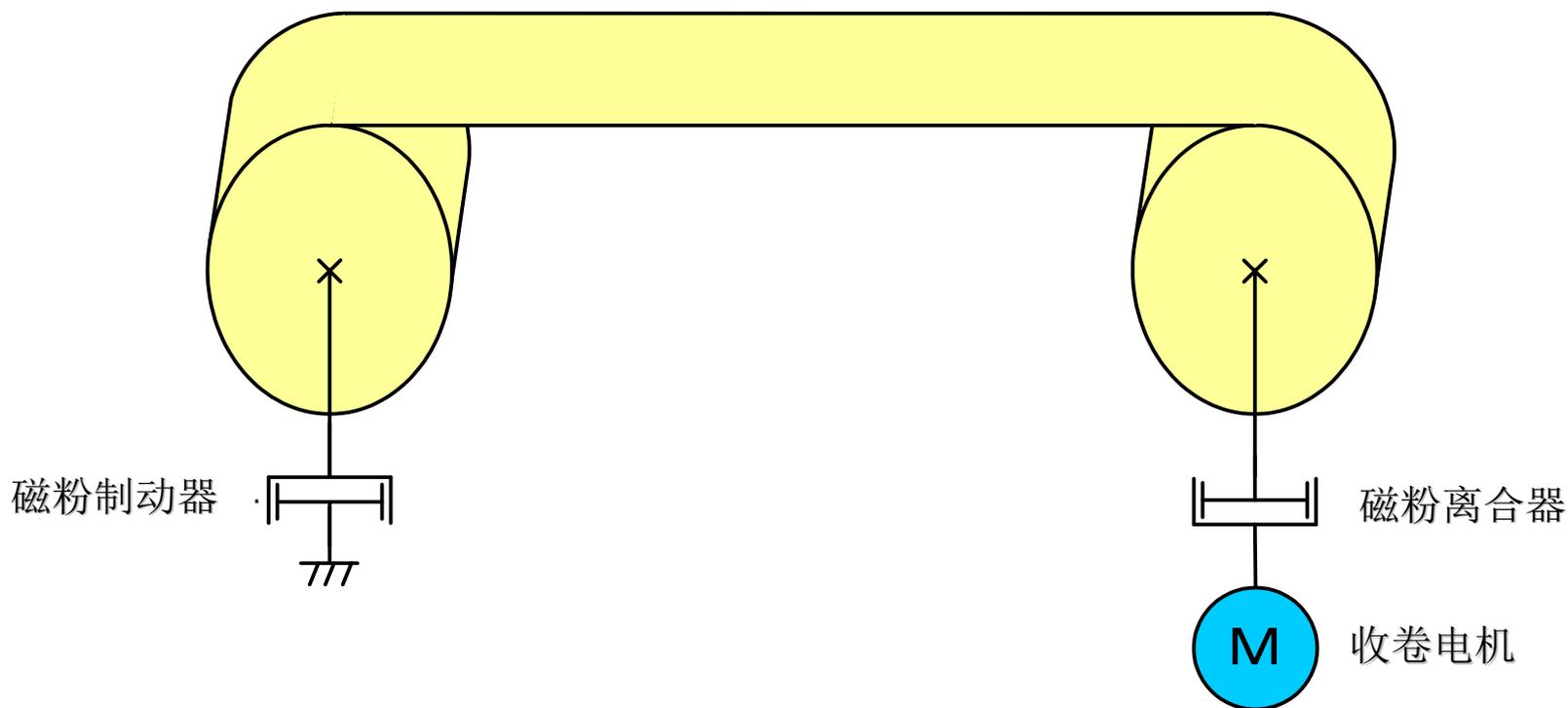


- 例如，两辆车的同步驾驶



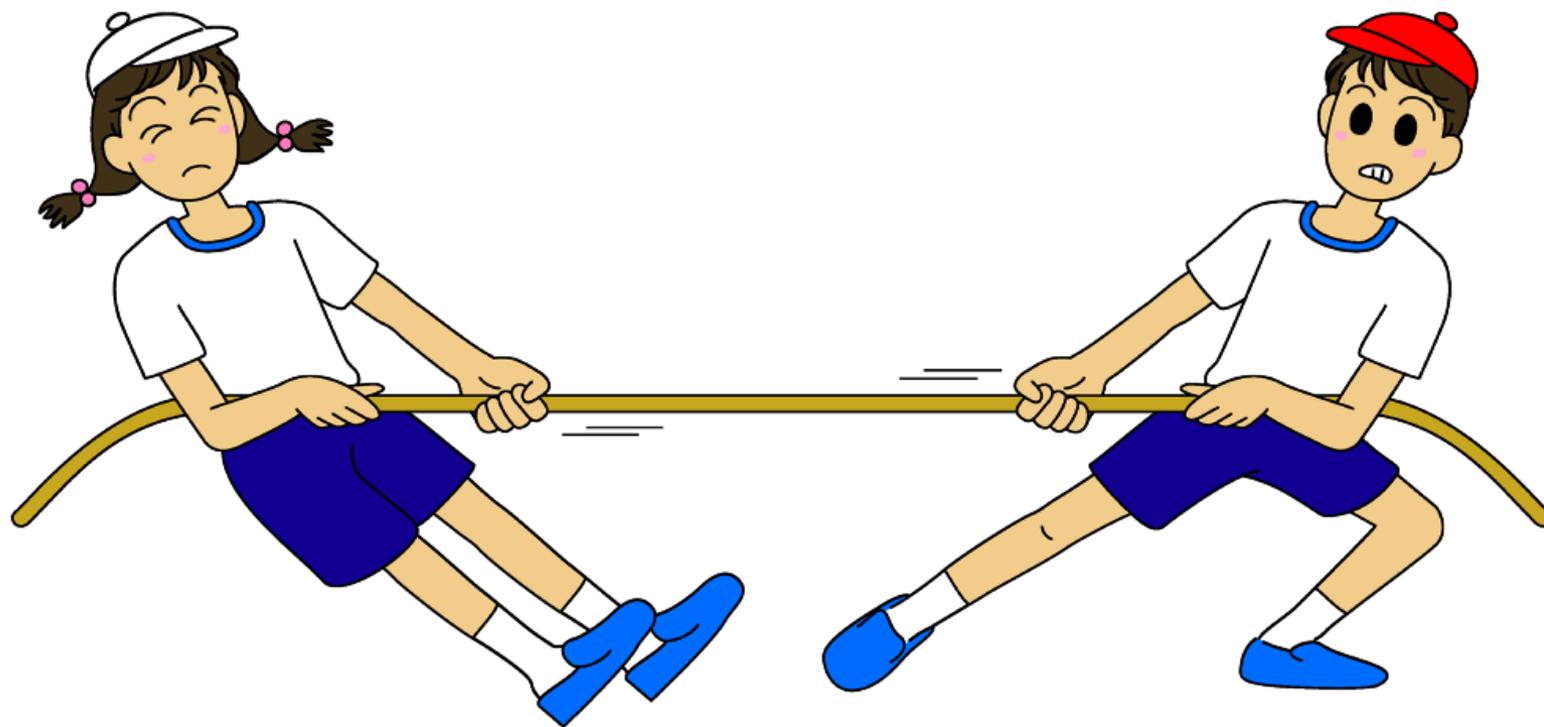
# 能进行这样的控制吗？

- 使用磁粉制动器和离合器



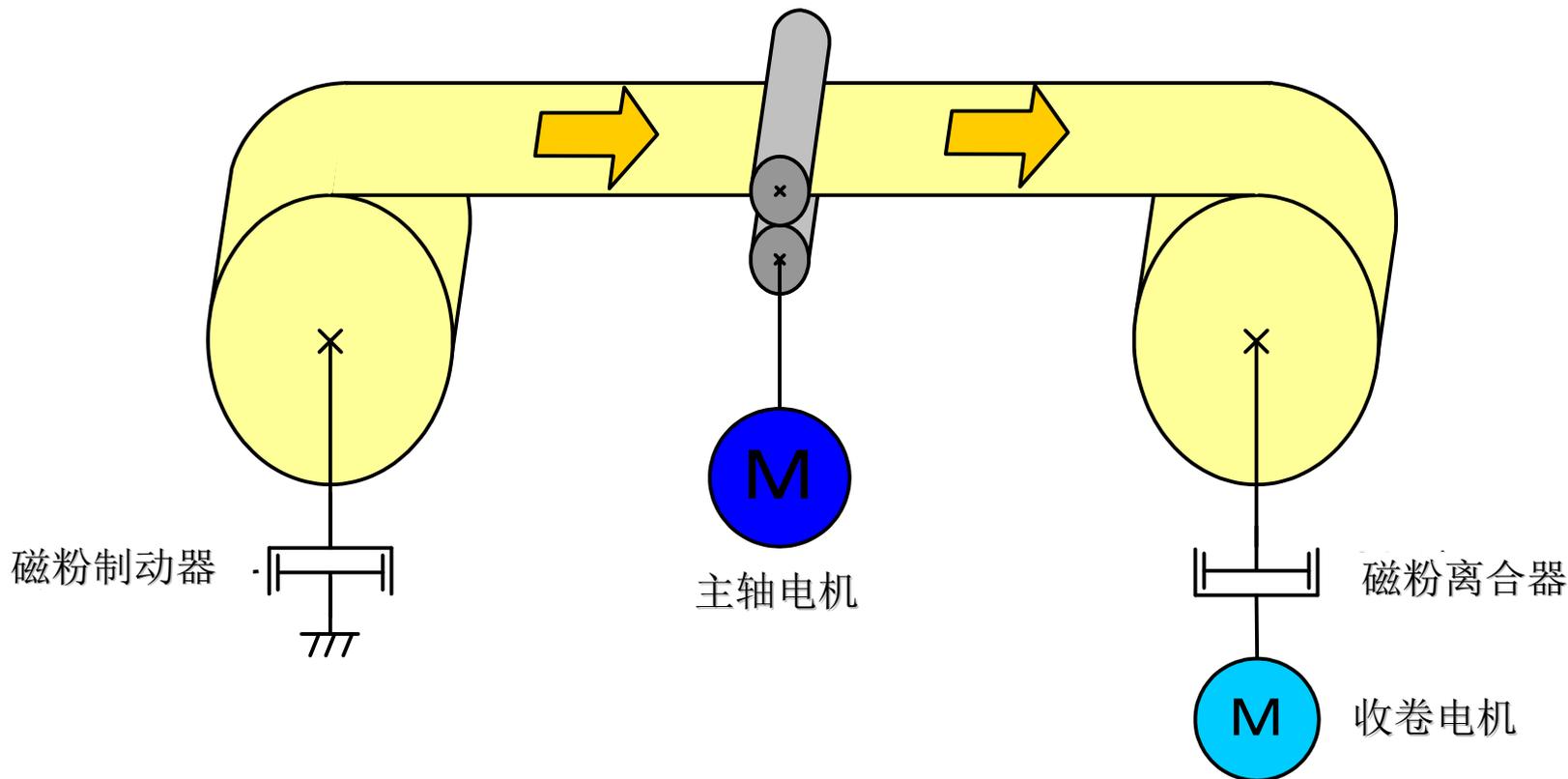
# 能进行这样的控制吗？

- 不能只往自己的一边拉！



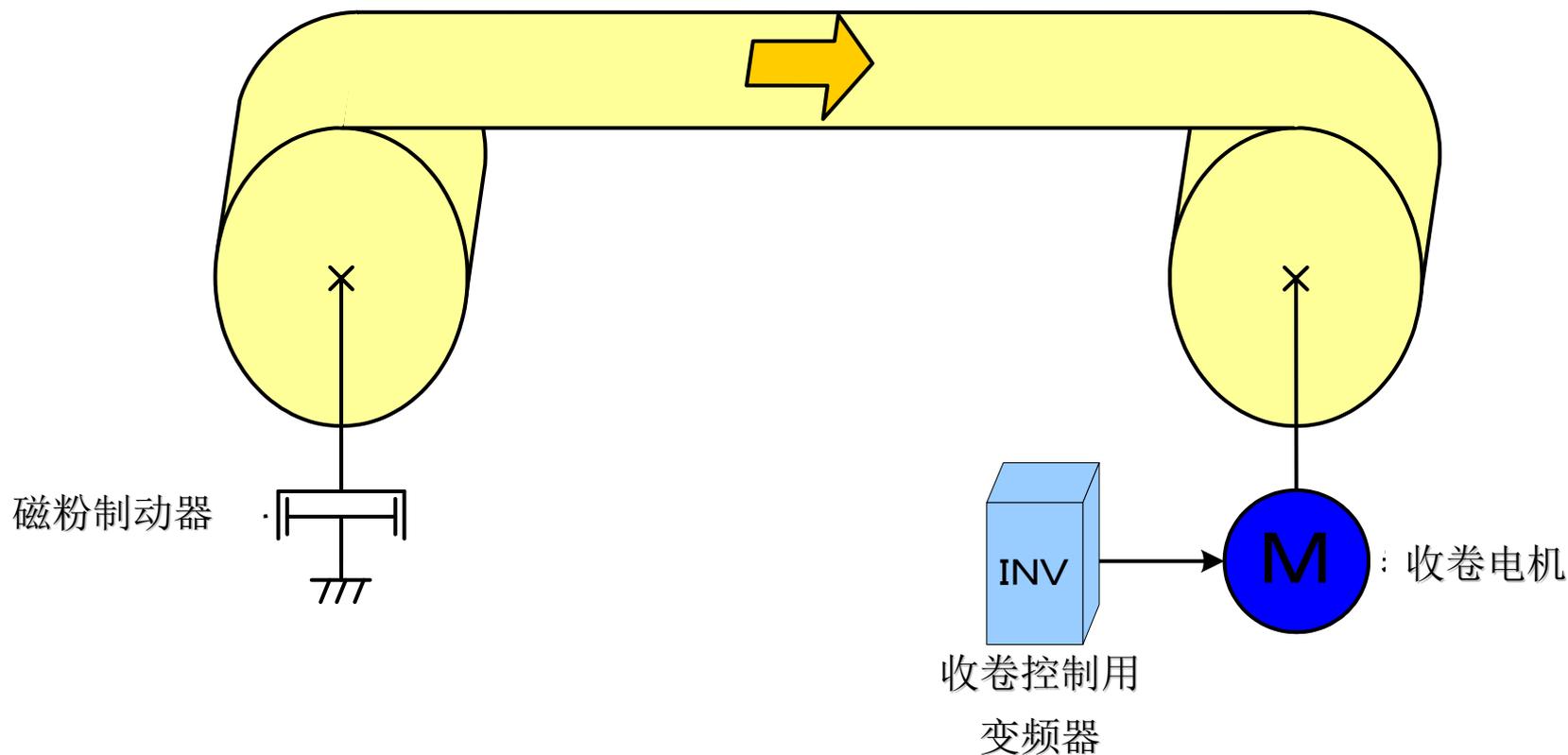
# 需要决定进给速度的部分！

- 通过主轴控制进给速度



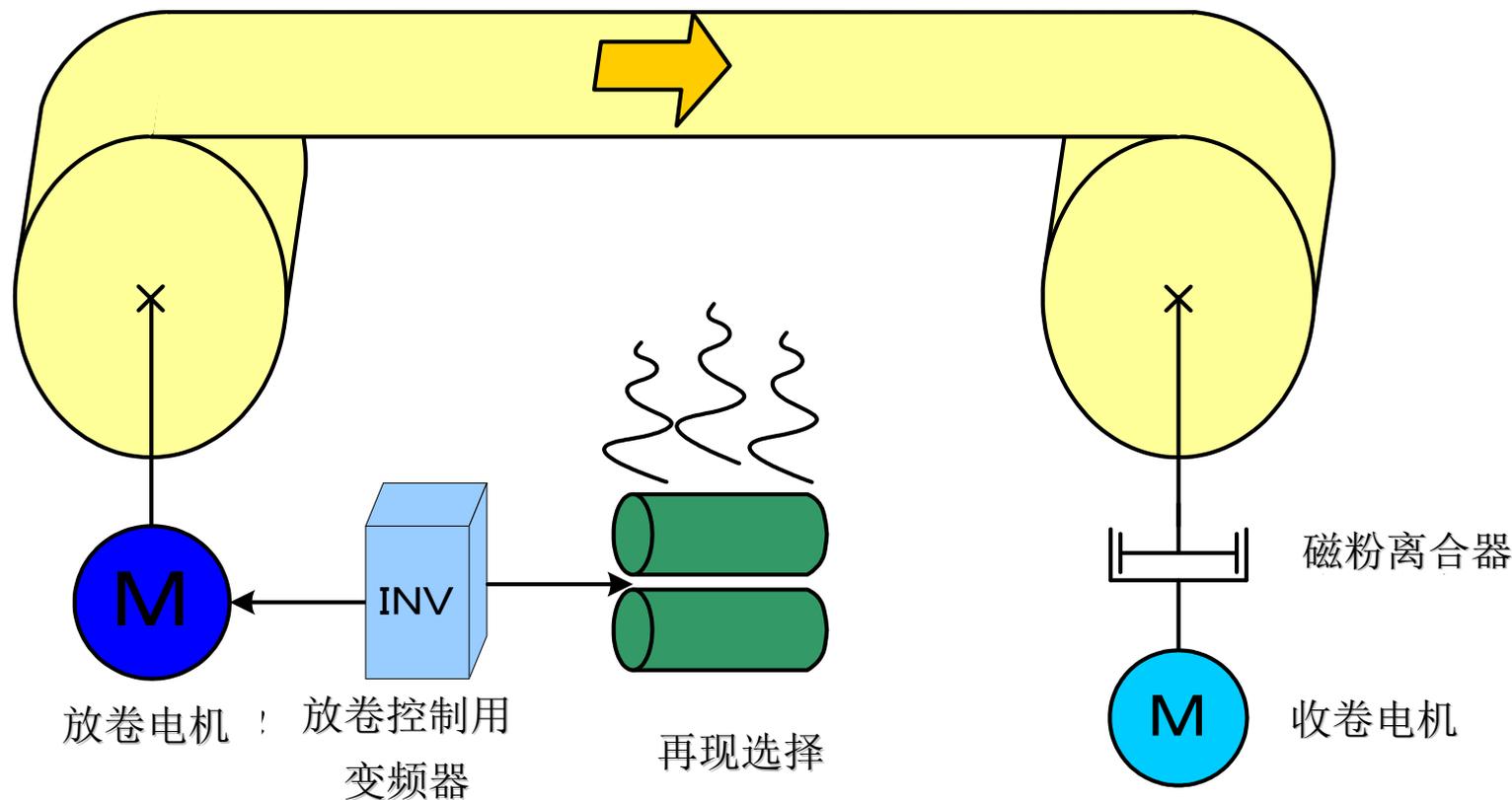
# 需要决定进给速度的部分！

- 由卷轴控制收卷速度



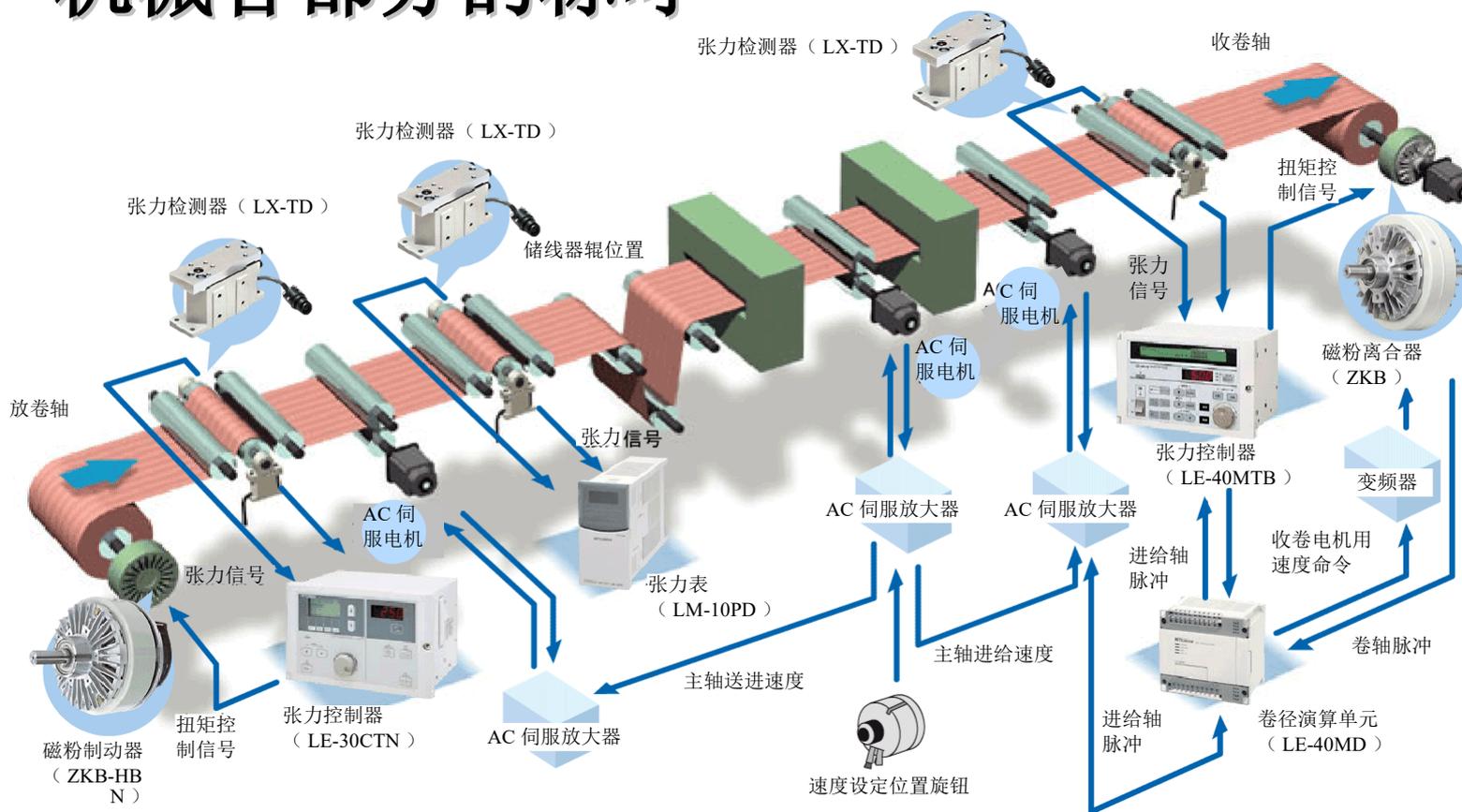
# 需要决定进给速度的部分！

- 由卷轴控制放卷速度



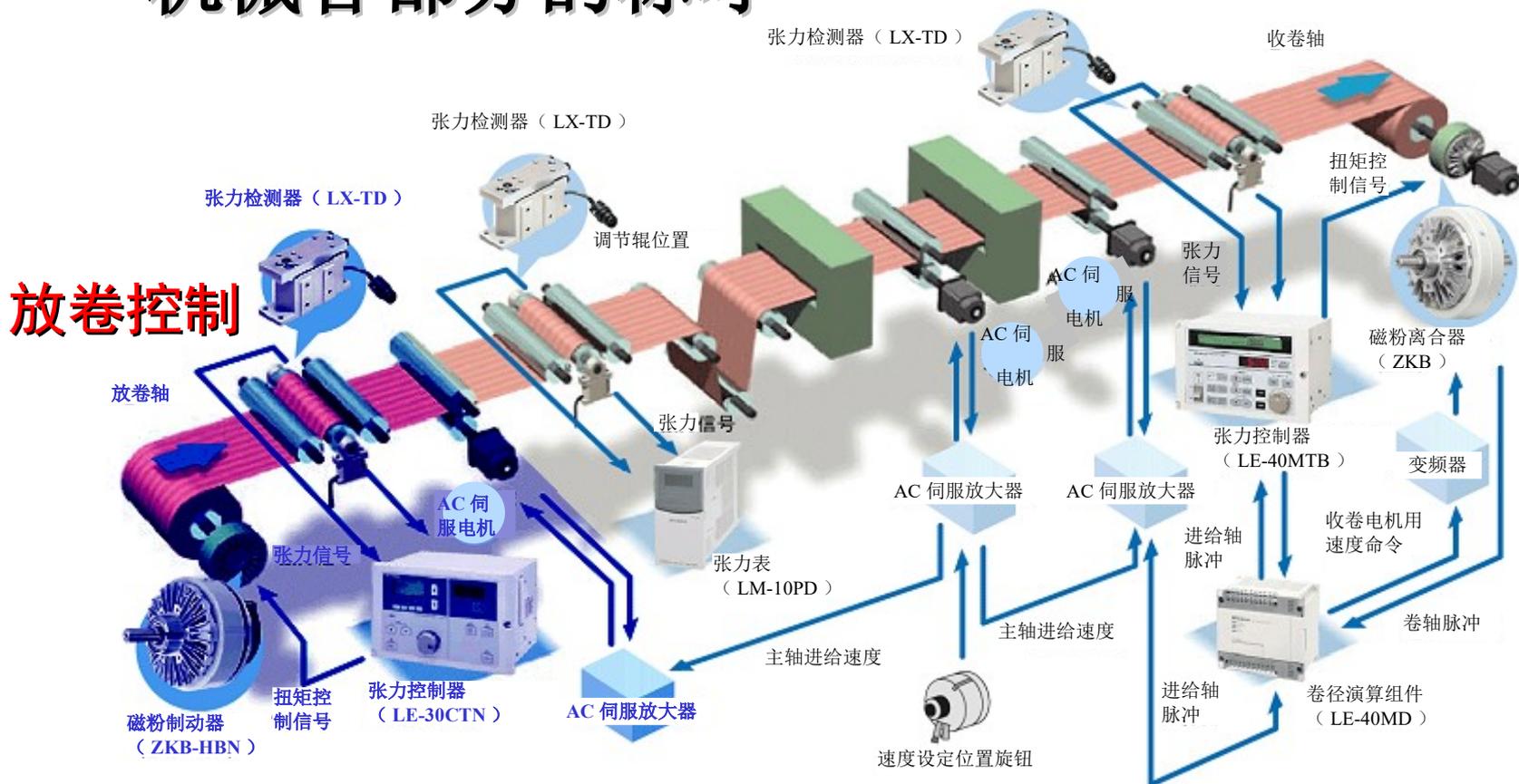
# 张力控制系统的基础

## ● 机械各部分的称呼



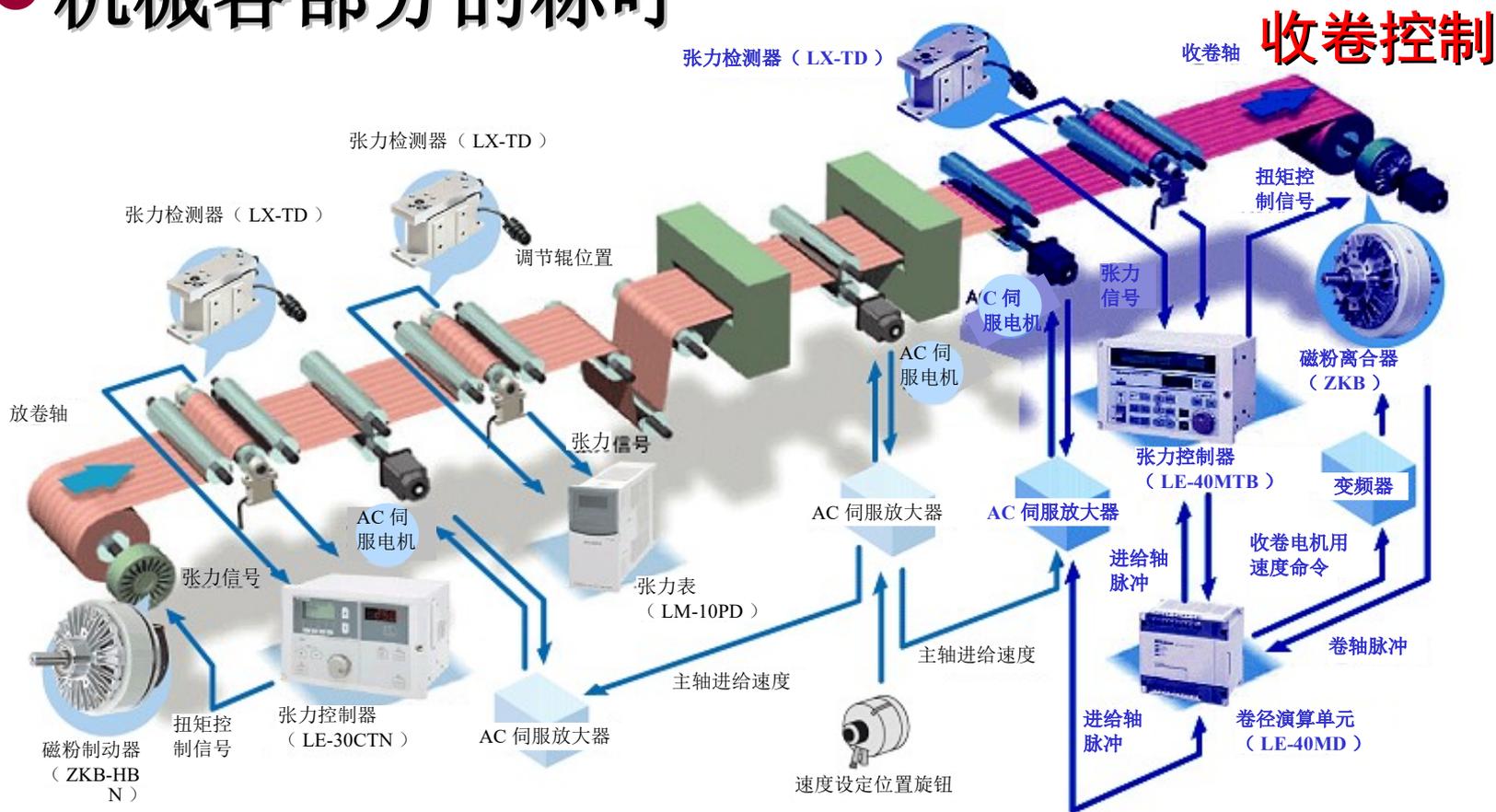
# 张力控制系统的基础

## ● 机械各部分的称呼



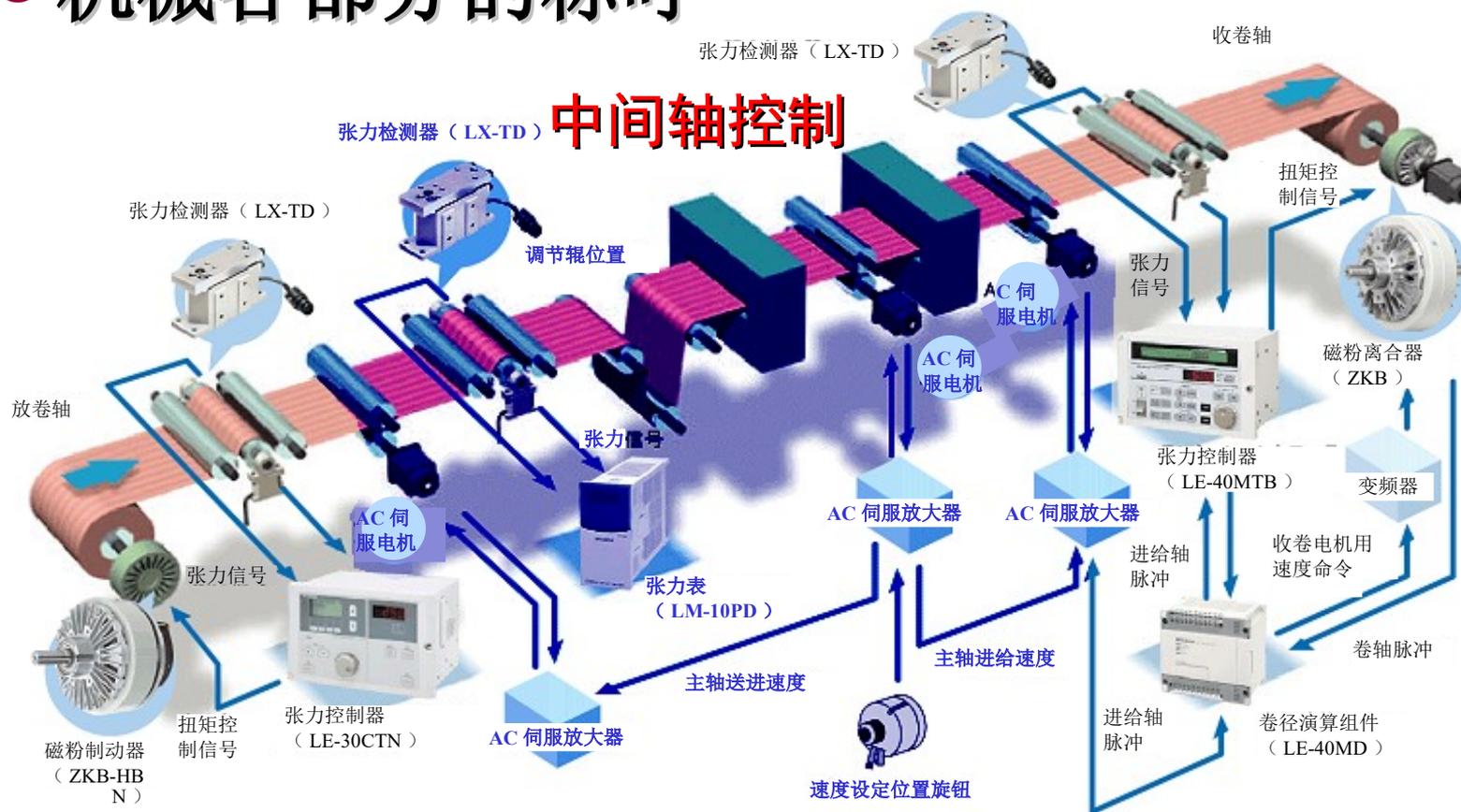
# 张力控制系统的基础

## ● 机械各部分的称呼



# 张力控制系统的基础

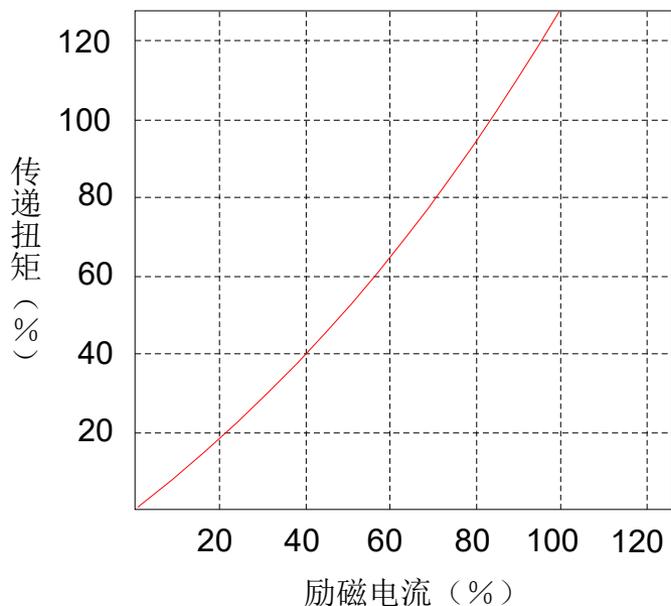
## ● 机械各部分的称呼



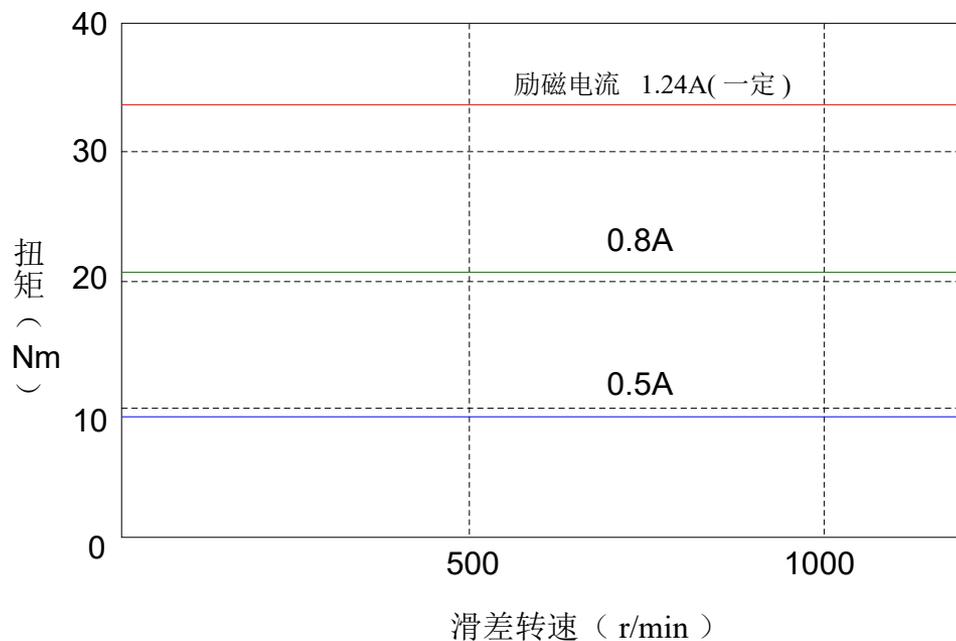
# 执行机的种类和特征

## ● 磁粉制动器、离合器

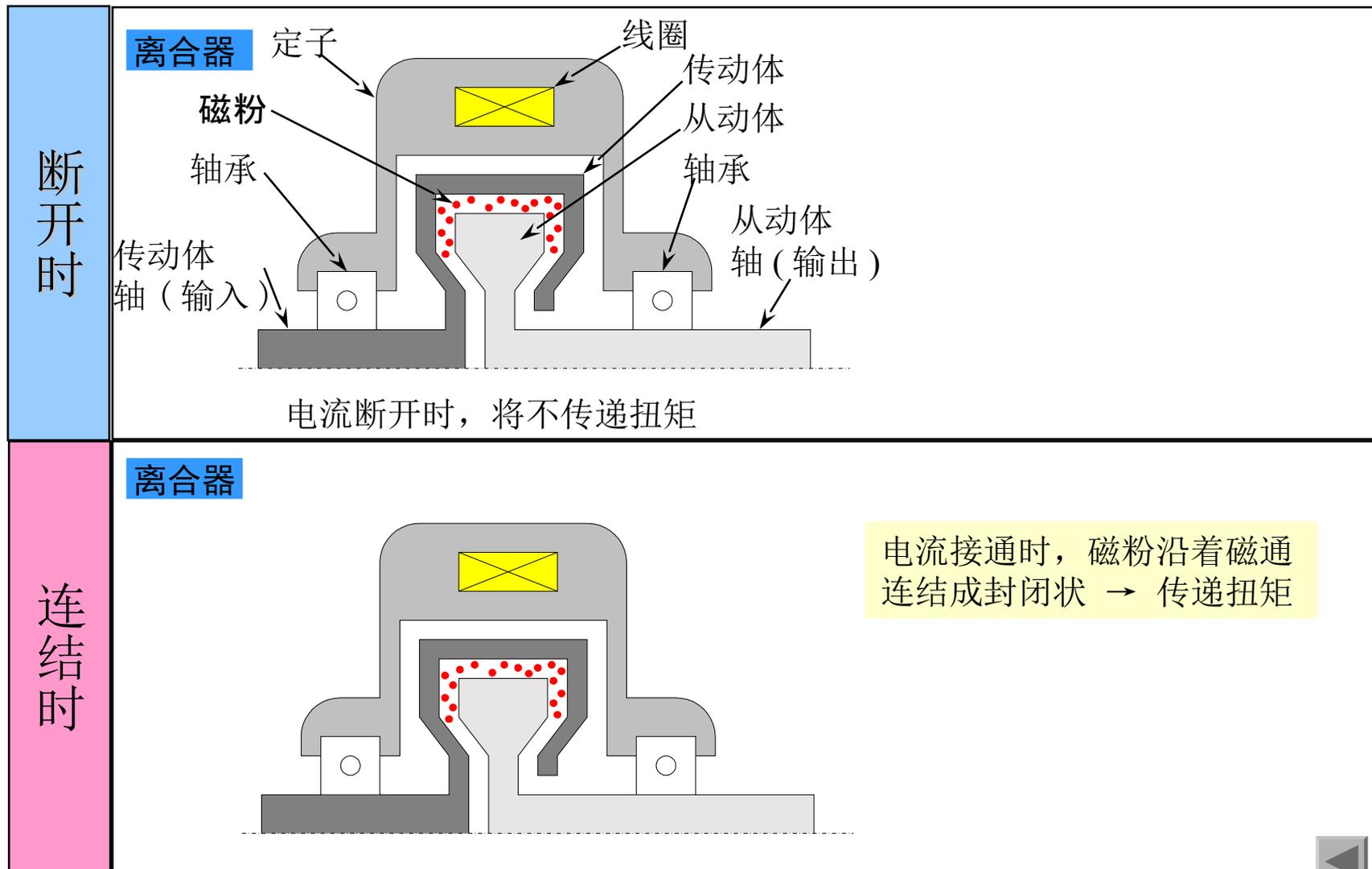
◆ 电流扭矩成正比关系



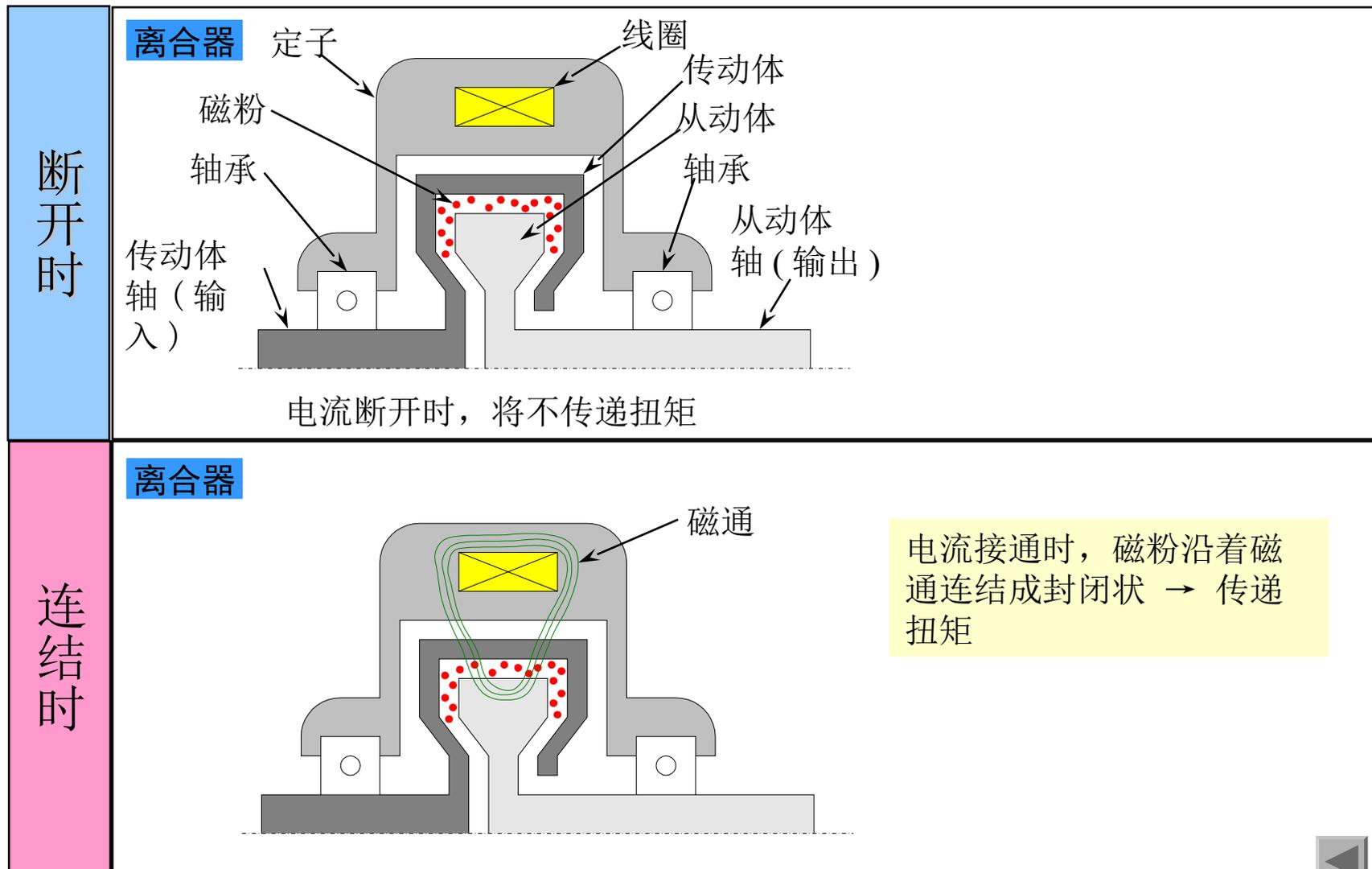
◆ 可连续滑差运转



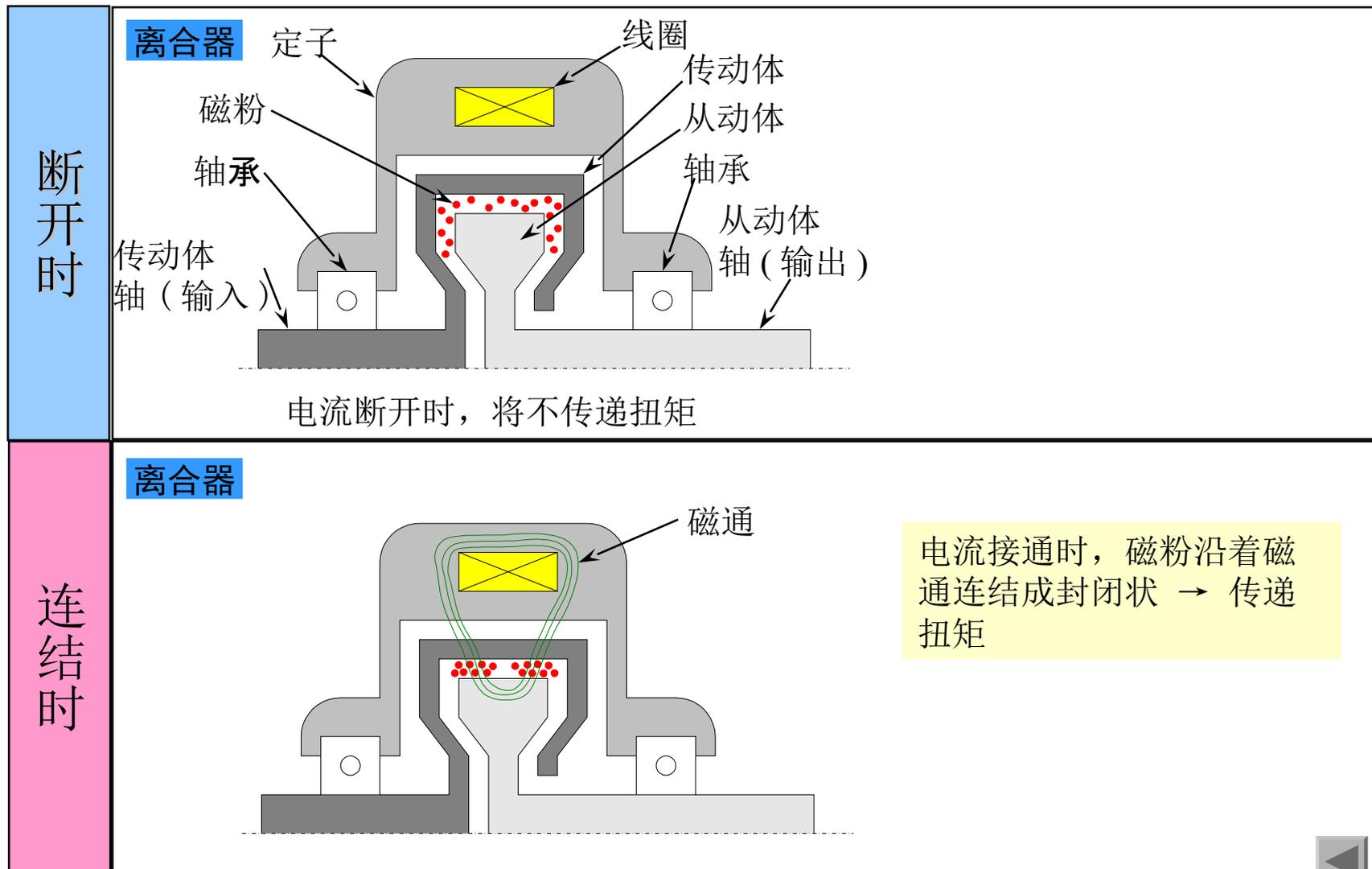
# 电磁磁粉离合器和制动器的工作原理



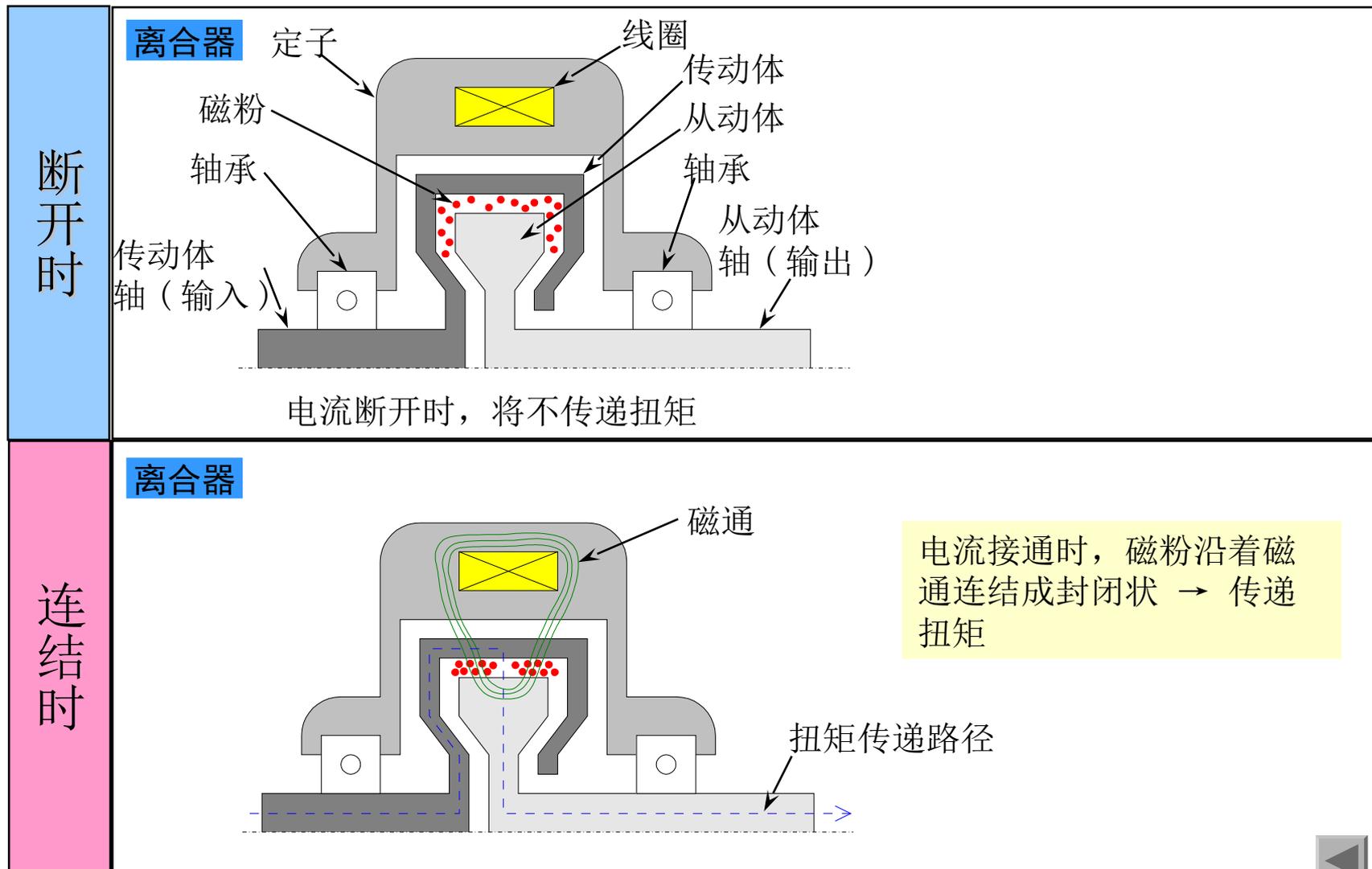
# 电磁磁粉离合器和制动器的工作原理



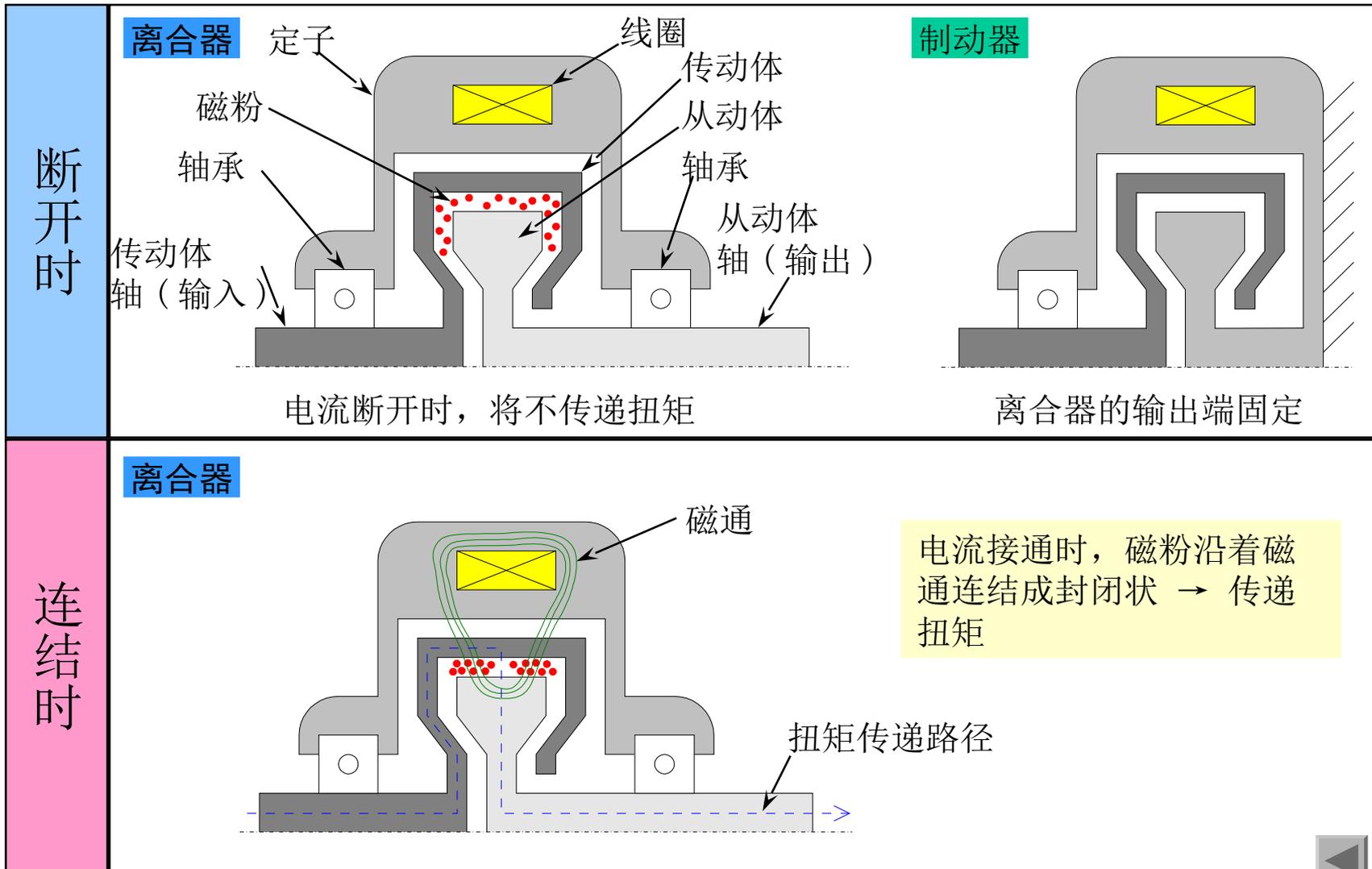
# 电磁磁粉离合器和制动器的的工作原理



# 电磁磁粉离合器和制动器的工作原理

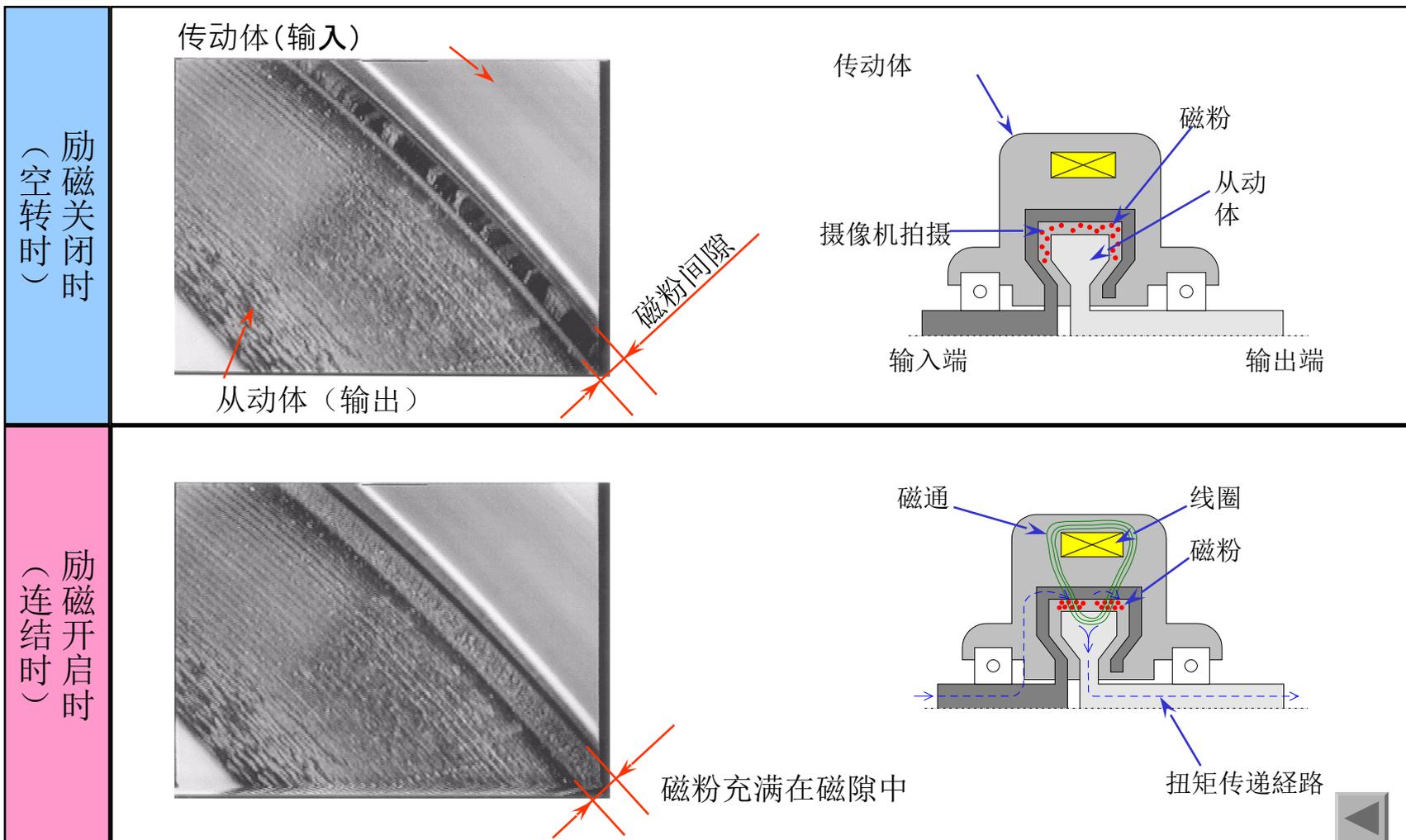


# 电磁磁粉离合器和制动器的工作原理



# 电磁磁粉离合器和制动器的工作原理

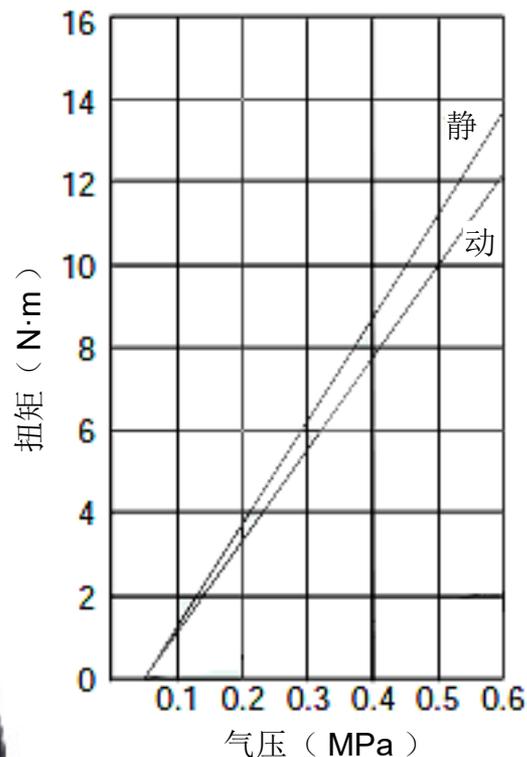
## ● 磁隙放大照片（从离合器端面用摄像机拍摄）



# 执行机的种类和特点

## ● 空气制动器、离合器

- ◆ 气压和扭矩几乎成正比
- ◆ 可以用孔数改变扭矩
- ◆ 扭矩因滑差转速而异
- ◆ 产生衬里及圆盘的摩擦粉



# 执行机的种类和特点

## ● AC 伺服

- ◆ 扭矩对指令成正比
- ◆ 无需保养
- ◆ 在极低扭矩区域，控制不稳定
- ◆ 不适合低速下的控制（扭矩波动）



## ● 矢量变频器

- ◆ 扭矩对指令成正比
- ◆ 无需保养
- ◆ 转动时在极低扭矩区域的控制也较稳定
- ◆ 收卷取控制时需要注意扭矩控制范围



# 执行机的种类和特点

## ● 执行机有各自的特点

种类 \ 项目	磁粉 离合器 / 制动器	磁滞 离合器 / 制动器	空气 离合器 / 制动器	AC 伺服电机	矢量 变频器
扭矩直线性	○	○	○	◎	◎
扭矩再现性	○	◎	△	◎	◎
扭矩控制范围	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	○ <sub>1 ~ 100%</sub>	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>
寿命	○ 磁粉	◎	△ 衬垫	◎	◎
设置成本	◎	△	◎	×	△



# 执行机的种类和特点

## ● 执行机有各自的特点

种类 \ 项目	磁粉 离合器 / 制动器	磁滞 离合器 / 制动器	空气 离合器 / 制动器	AC 伺服电机	矢量 变频器
扭矩直线性	○	○	○	◎	◎
扭矩再现性	○	◎	△	◎	◎
扭矩控制范围	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>
寿命	○ 磁粉	◎	△ 衬垫	◎	◎
设置成本	◎	△	◎	×	△

磁粉式适用于 200 Nm 以下的控制



# 执行机的种类和特点

## ● 执行机有各自的特点

种类 \ 项目	磁粉 离合器 / 制动器	磁滞 离合器 / 制动器	空气 离合器 / 制动器	AC 伺服电机	矢量 变频器
扭矩直线性	○	○	○	◎	◎
扭矩再现性	○	◎	△	◎	◎
扭矩控制范围	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>
寿命	○ 磁粉	◎	△ 衬垫	◎	◎
设置成本	◎	△	◎	×	△

磁滞式适用于低张力的机械



# 执行机的种类和特点

## ● 执行机有各自的特点

种类 \ 项目	磁粉 离合器 / 制动器	磁滞 离合器 / 制动器	空气 离合器 / 制动器	AC 伺服电机	矢量 变频器
扭矩直线性	○	○	○	◎	◎
扭矩再现性	○	◎	△	◎	◎
扭矩控制范围	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>
寿命	○ <sub>磁粉</sub>	◎	△ <sub>衬垫</sub>	◎	◎
设置成本	◎	△	◎	×	△

空气式适用于高张力及高速的机械



# 执行机的种类和特点

## ● 执行机有各自的特点

种类 \ 项目	磁粉 离合器 / 制动器	磁滞 离合器 / 制动器	空气 离合器 / 制动器	AC 伺服电机	矢量 变频器
扭矩直线性	○	○	○	◎	◎
扭矩再现性	○	◎	△	◎	◎
扭矩控制范围	◎ <sub>1</sub> ~ 100%	○ <sub>5</sub> ~ 100%	○ <sub>5</sub> ~ 100%	◎ <sub>1</sub> ~ 100%	○ <sub>5</sub> ~ 100%
寿命	○ 磁粉	◎	△ 衬垫	◎	◎
设置成本	◎	△	◎	×	△

AC 伺服电机适用于高档的机械



# 执行机的种类和特点

## ● 执行机有各自的特点

种类 \ 项目	磁粉 离合器 / 制动器	磁滞 离合器 / 制动器	空气 离合器 / 制动器	AC 伺服电机	矢量 变频器
扭矩直线性	○	○	○	◎	◎
扭矩再现性	○	◎	△	◎	◎
扭矩控制范围	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>	◎ <sub>1 ~ 100%</sub>	○ <sub>5 ~ 100%</sub>
寿命	○ 磁粉	◎	△ 衬垫	◎	◎
设置成本	◎	△	◎	×	△

矢量变频器比 AC 伺服电机经济



# 张力控制方式的分类

- 手动控制

- ◆ 根据人的手感调整材料的拉伸

- 卷径控制（开环）

- ◆ 使卷轴产生与卷径成正比的控制扭矩

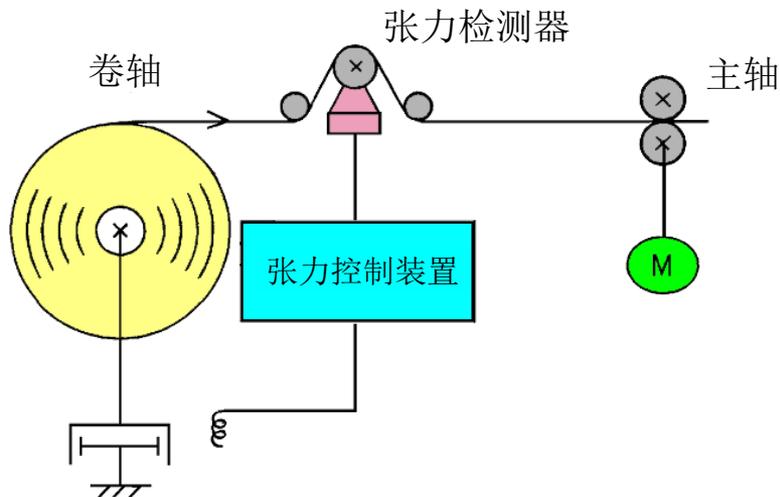
- 全自动控制（闭环）

- ◆ 用传感器检测张力，控制使之与目标张力一致



# 开环和闭环

## ● 什么是闭环

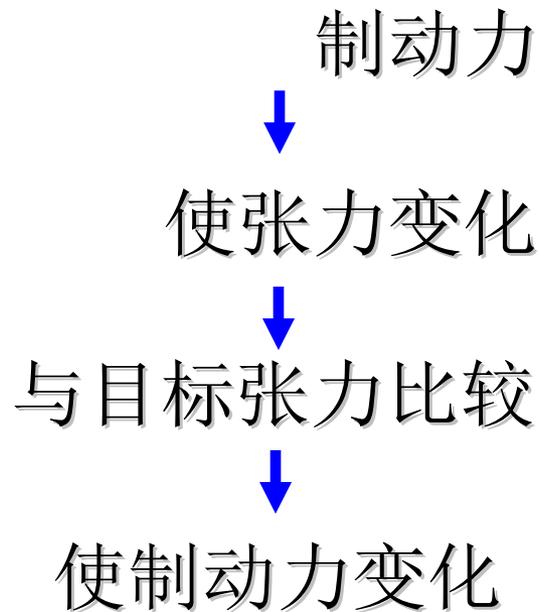
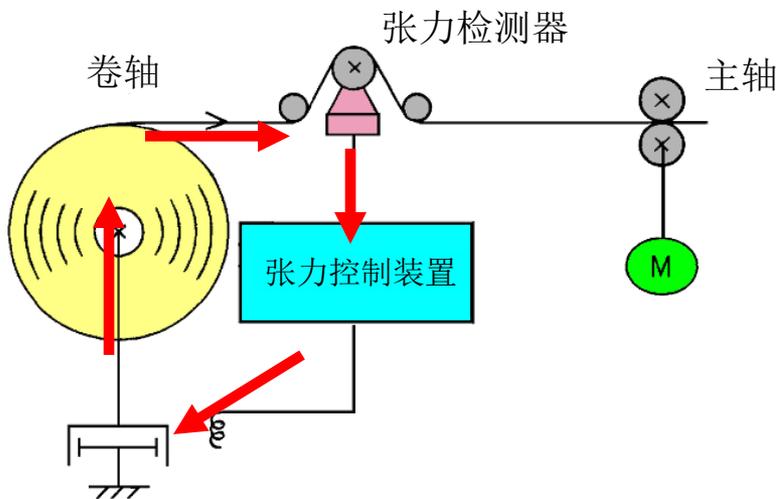


- 也称为反馈控制
- 在张力控制中，也称全自动控制
- 在英文中，称为自动控制（automatic control）。



# 开环和闭环

## ● 什么是闭环

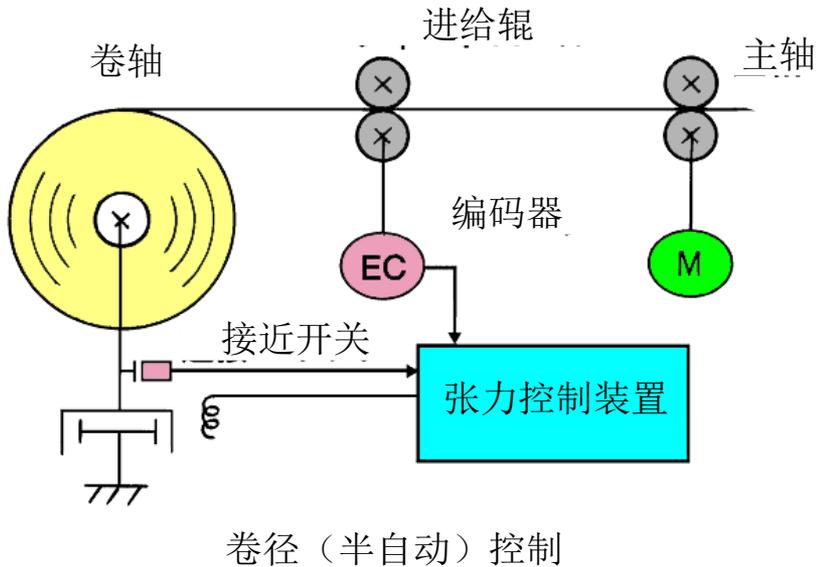


**关闭 ( close )**  
**控制流程的环**  
**( loop )**



# 开环和闭环

## ● 什么是开环

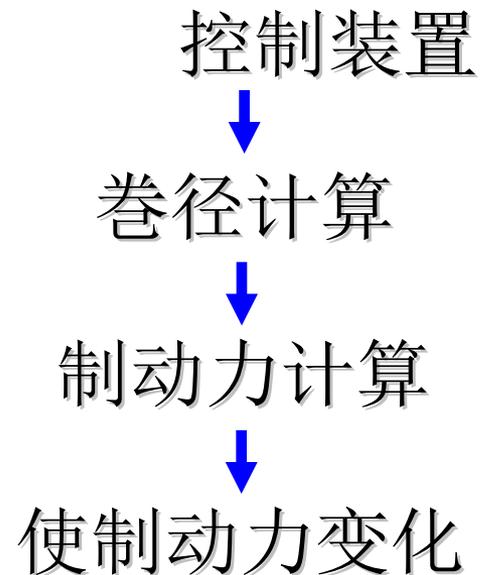
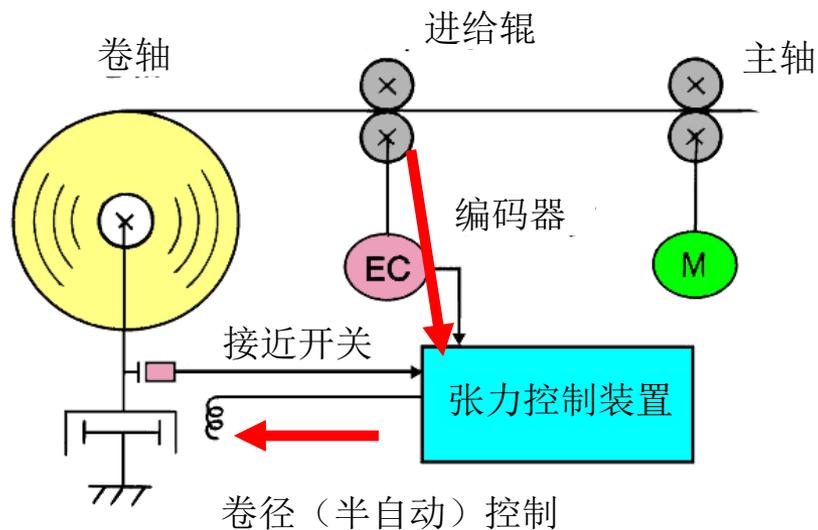


- 也称非反馈控制
- 在张力控制中，也称半自动控制
- 在英文中，英语称为半自动控制（semi automatic control）



# 开环和闭环

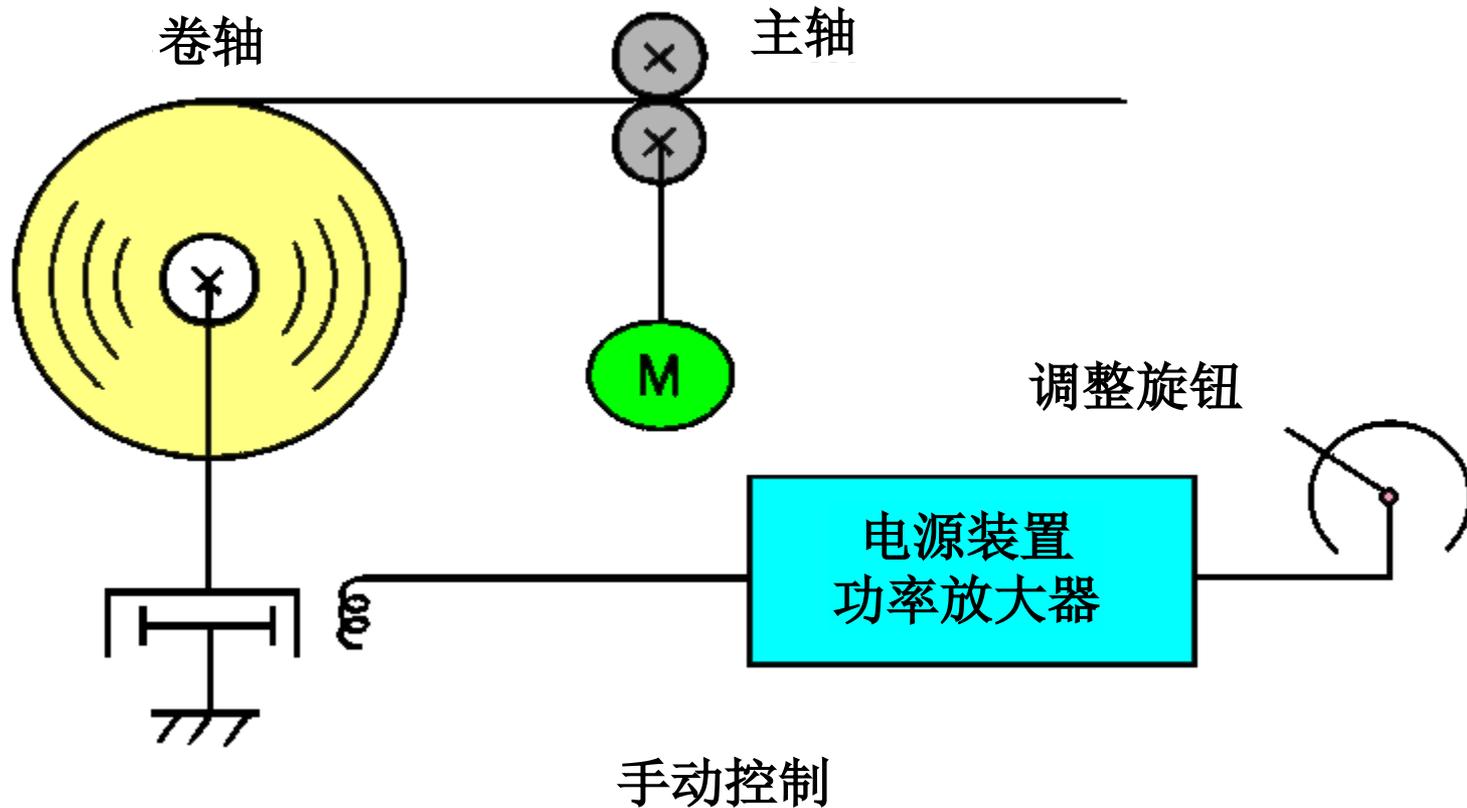
## ● 什么是开环



开启 ( open )  
控制流程的环 ( loop )



# 手动控制

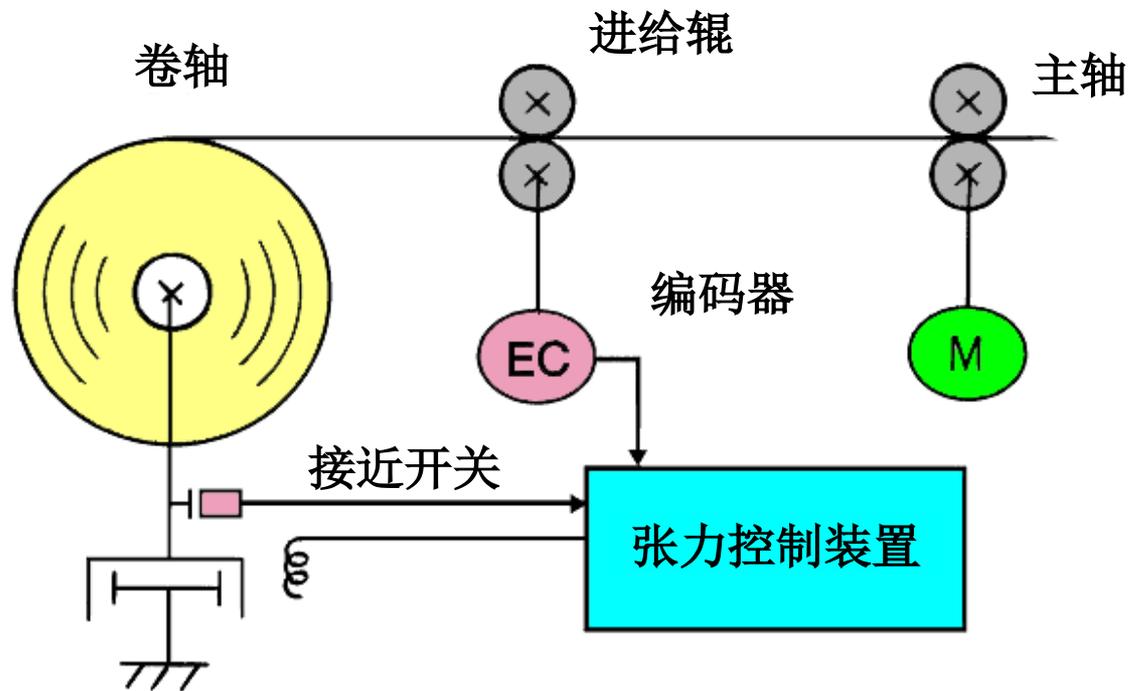


# 手动控制

- 与机械式相比
  - ◆ 控制稳定性较高
  - ◆ 调整简单
- 引入成本低
- 控制精度不太高
- 依赖于人的感觉
- 只能进行阶段性的控制



# 卷径控制



卷径（半自动）控制

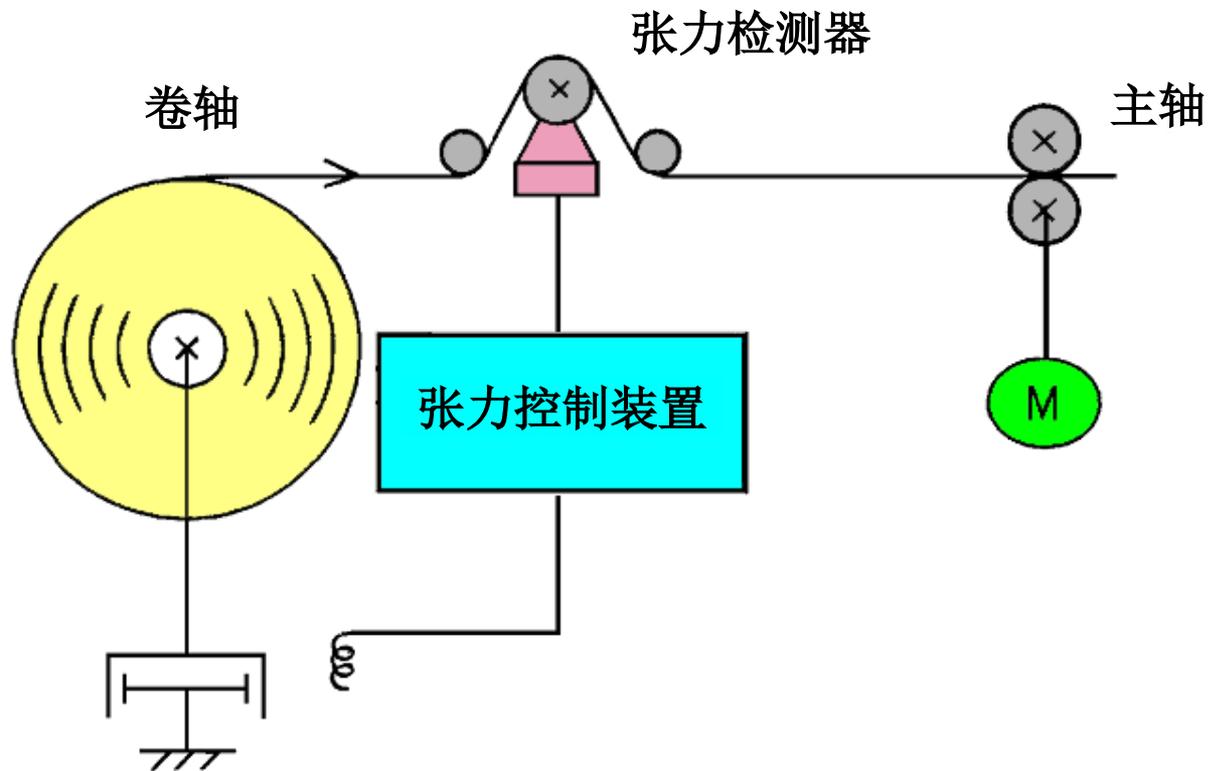


# 卷径控制

- 引入成本比全自动控制低
- 可以进行稳定的控制
- 不需要张力检测器
- 容易进行锥度控制
- 有机械损耗及执行机特性的影响
- 不能把握控制张力



# 全自动控制



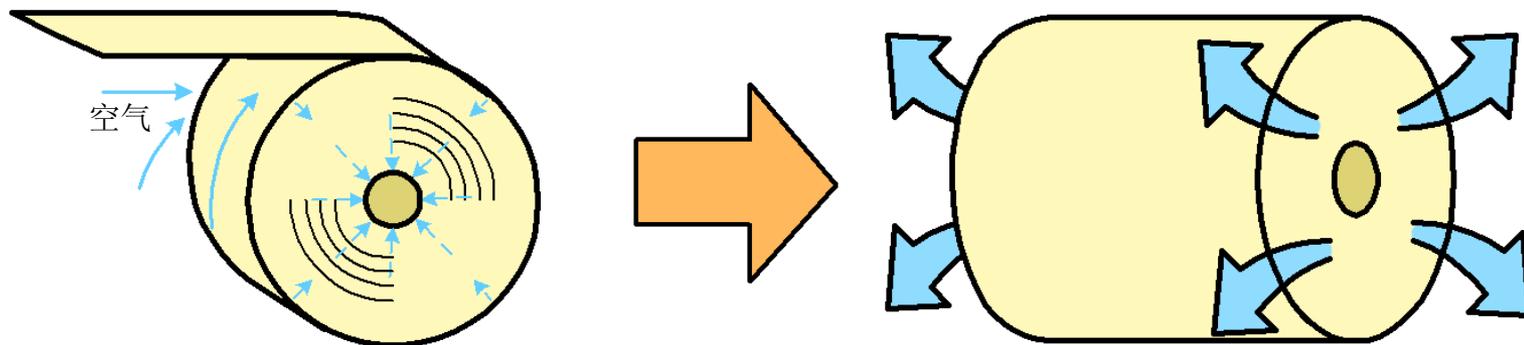
# 全自动控制

- 控制精度良好
- 可以直接读取控制张力
- 还可以修正执行机的扭矩特性
- 对短期的外部干扰较弱
- 成本较高
- 需要对机械运转动作和控制进行协调



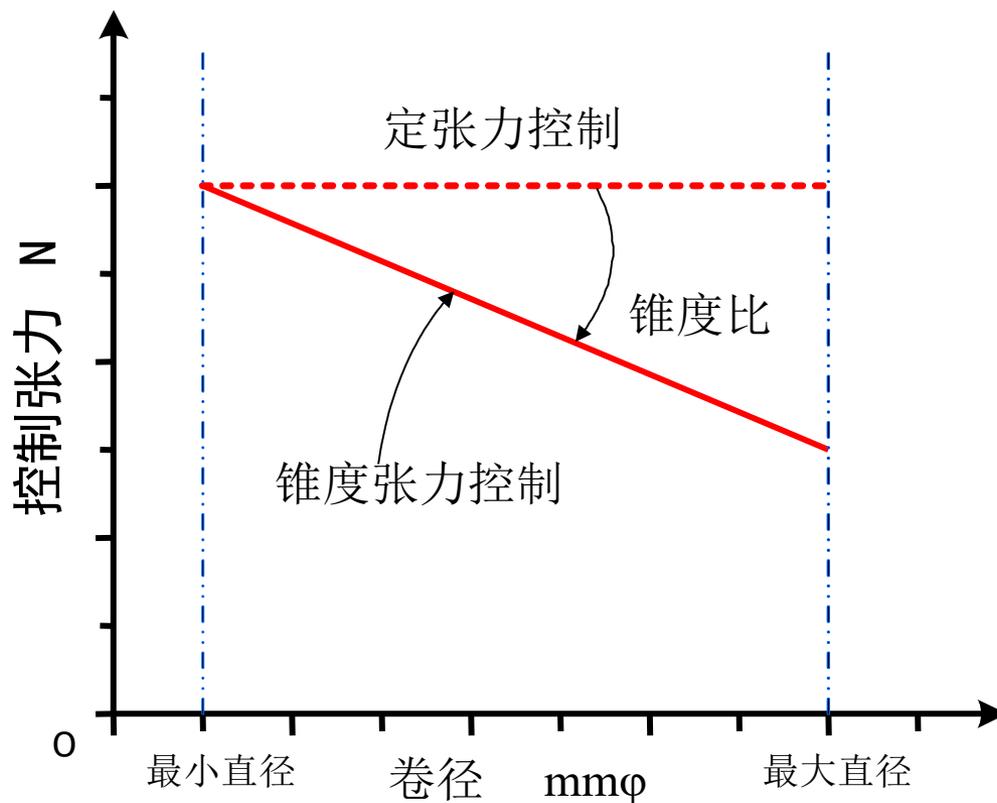
# 张力控制专用术语

## ● 锥度张力控制



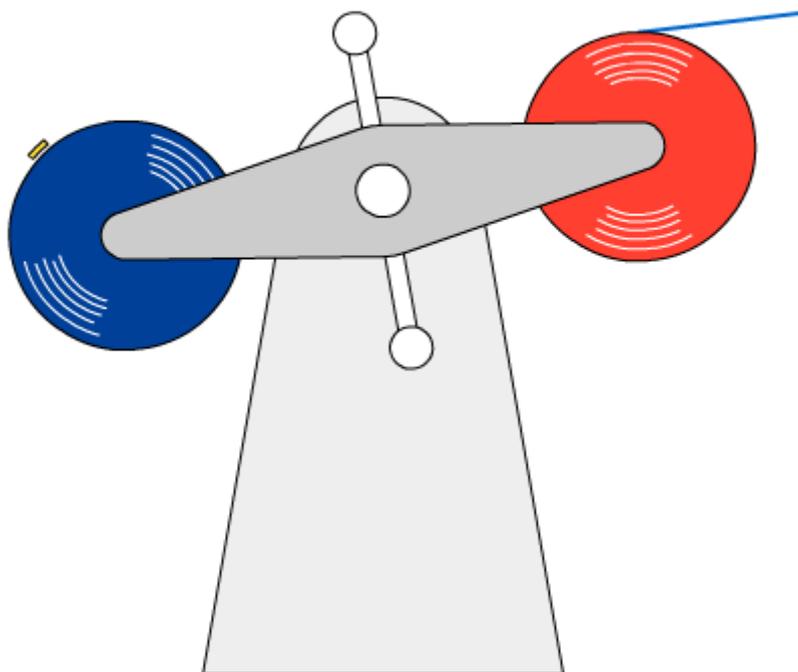
# 张力控制专用术语

## ● 锥度张力控制



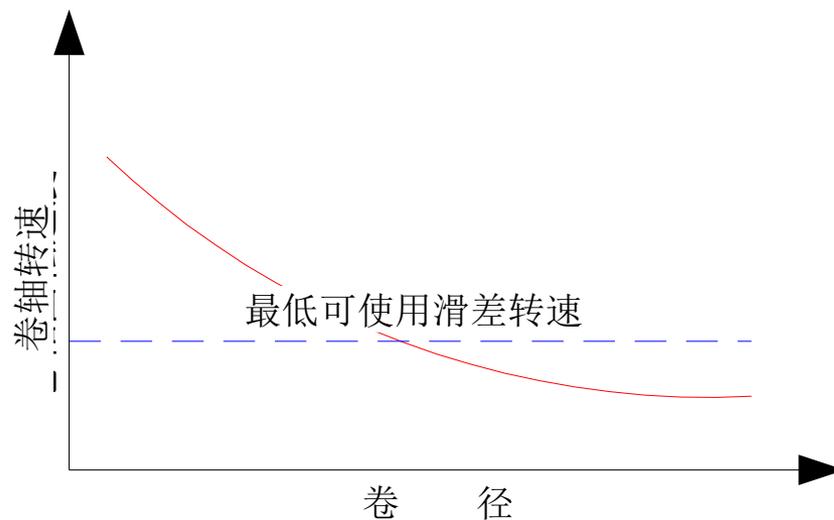
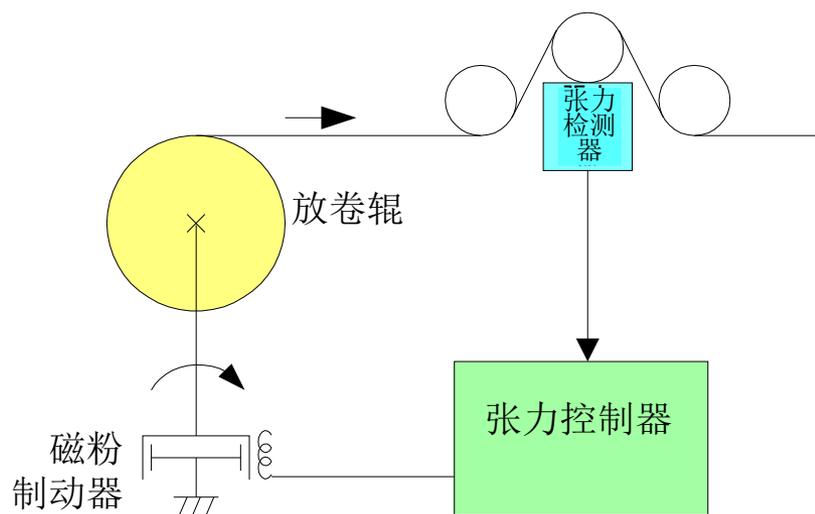
# 张力控制专用术语

- 轴切换（卷轴转换）



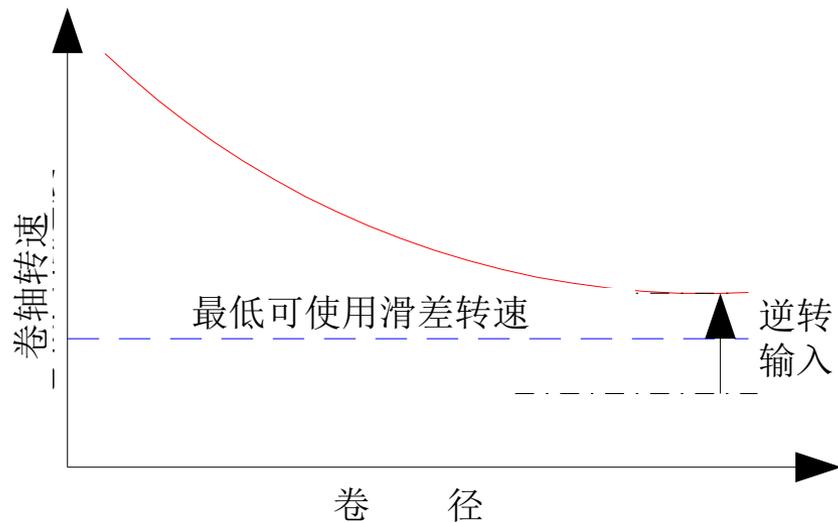
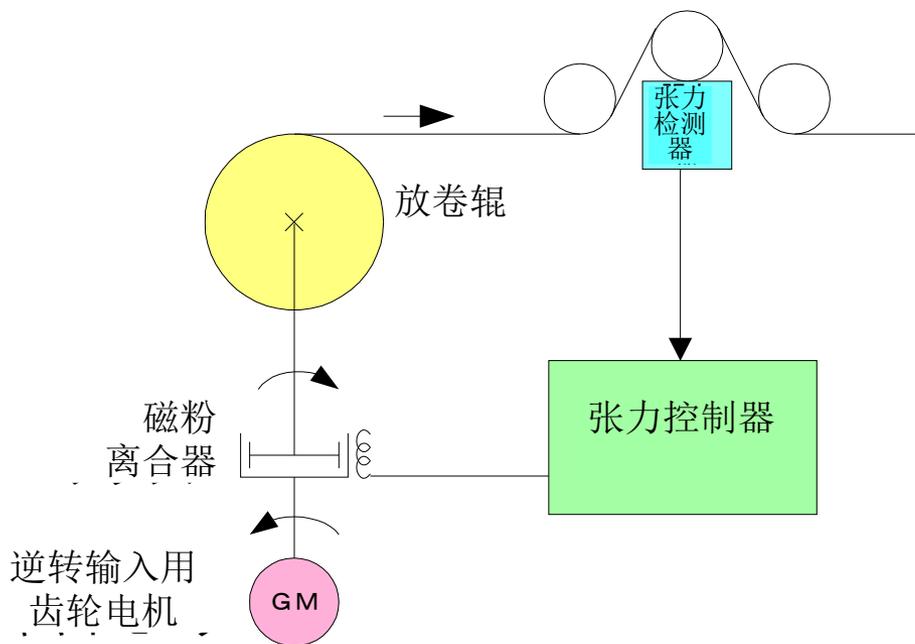
# 张力控制专用术语

## ● 逆转输入



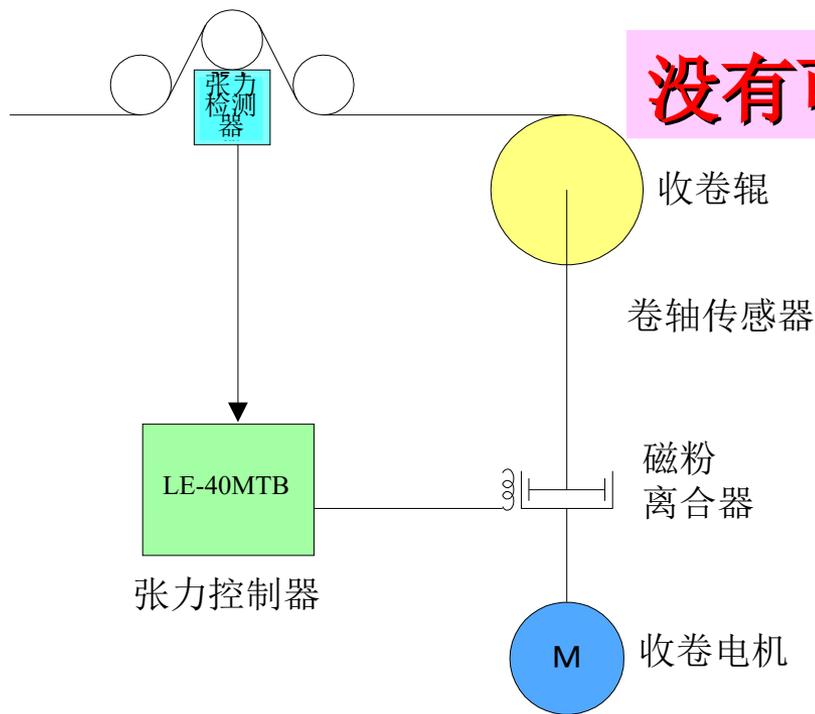
# 张力控制专用术语

## ● 逆转输入



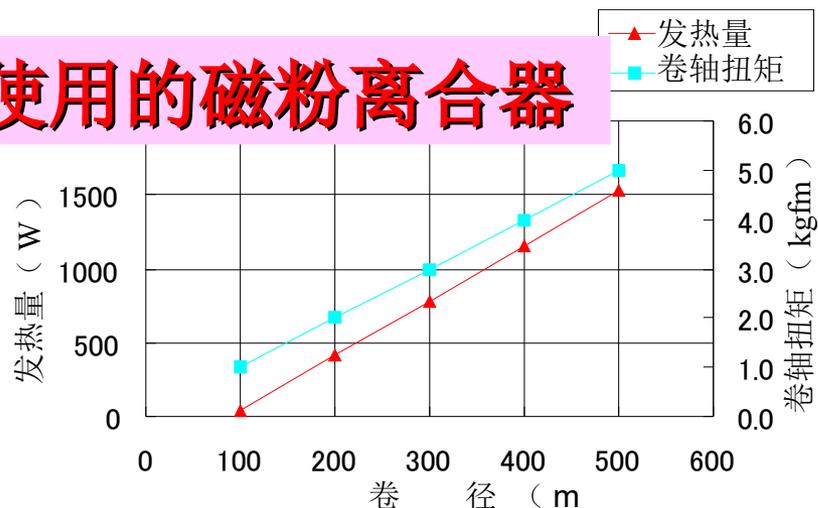
# 张力控制专用术语

## ● 如果不进行定滑差控制



离合器输入一定转动收卷控制例

**没有可使用的磁粉离合器**



计算条件

卷径: 100 ~ 500mm  $\phi$

张力: 20kgf

线速度: 100m/min

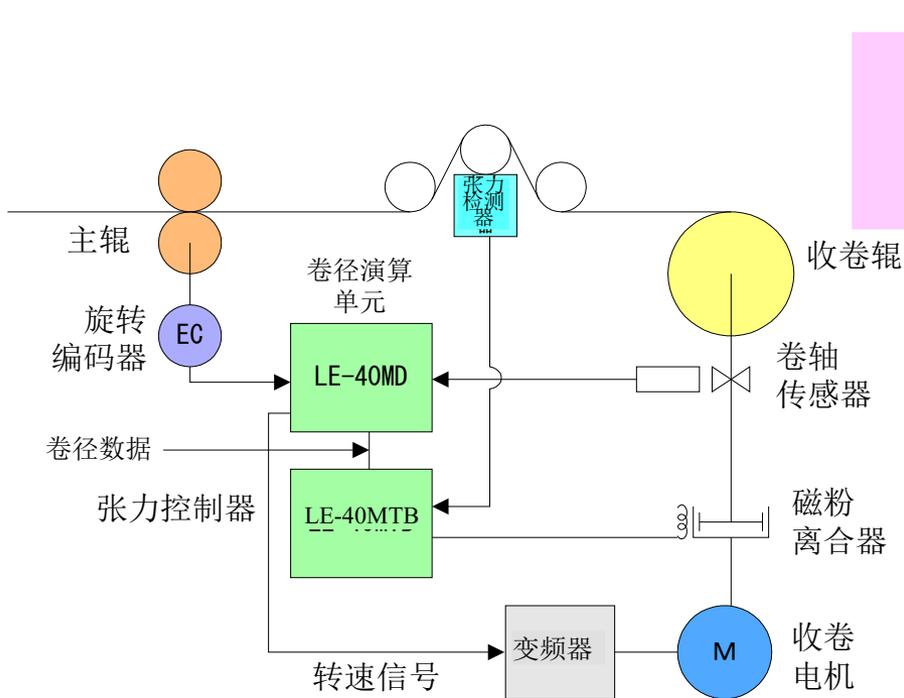
离合器输入转速: 360r/min 一定

离合器输入一定控制中离合器发热量的变化



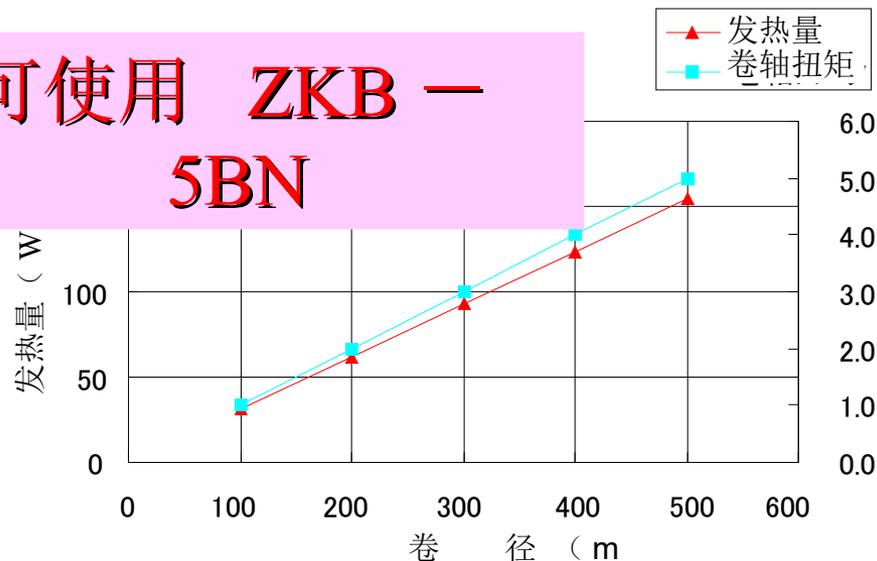
# 张力控制专用术语

## ● 进行定滑差控制



定滑差控制器的构成

可使用 ZKB - 5BN



计算条件

卷径: 100 ~ 500mm  $\phi$

张力: 20kgf

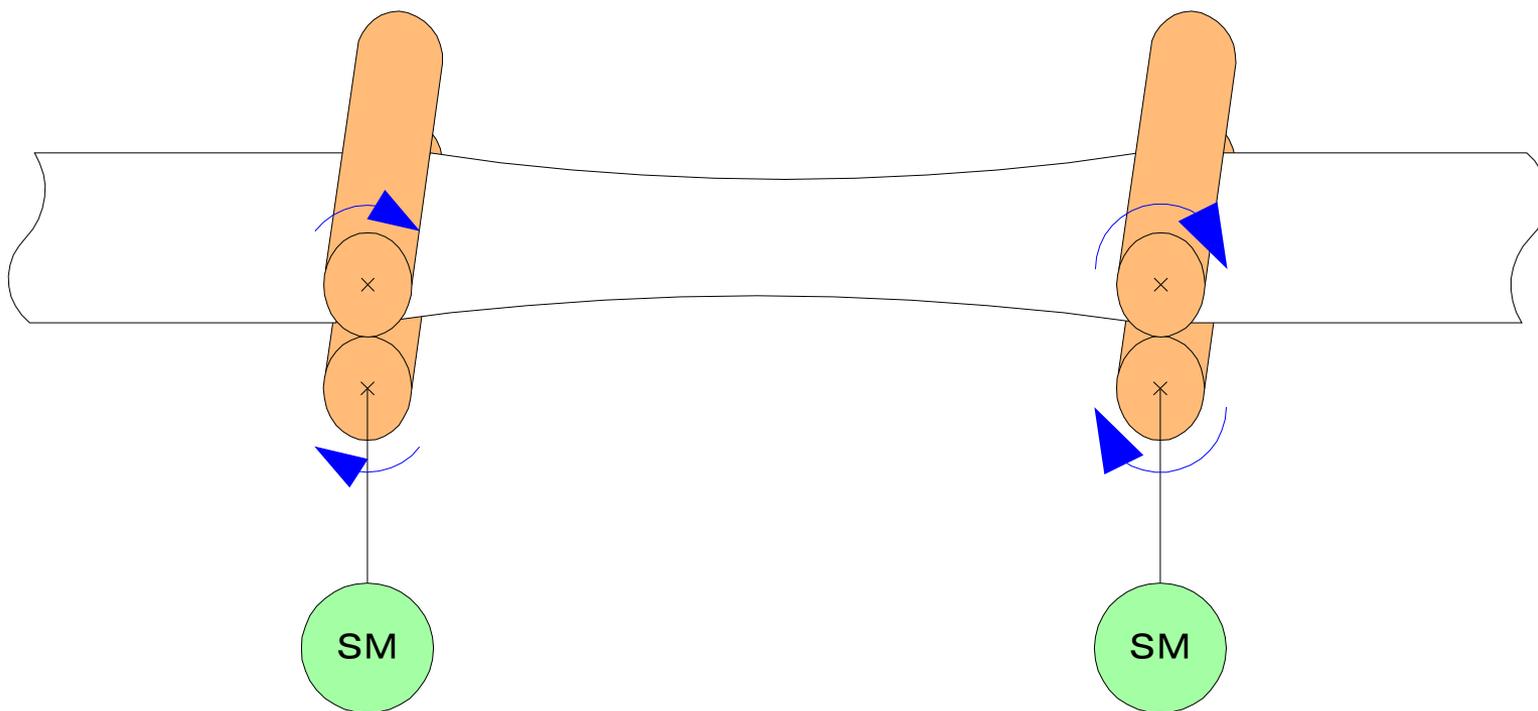
线速度: 100m/min

滑动转速: 36r/min 一定

定滑差控制中  
离合器发热量的变化

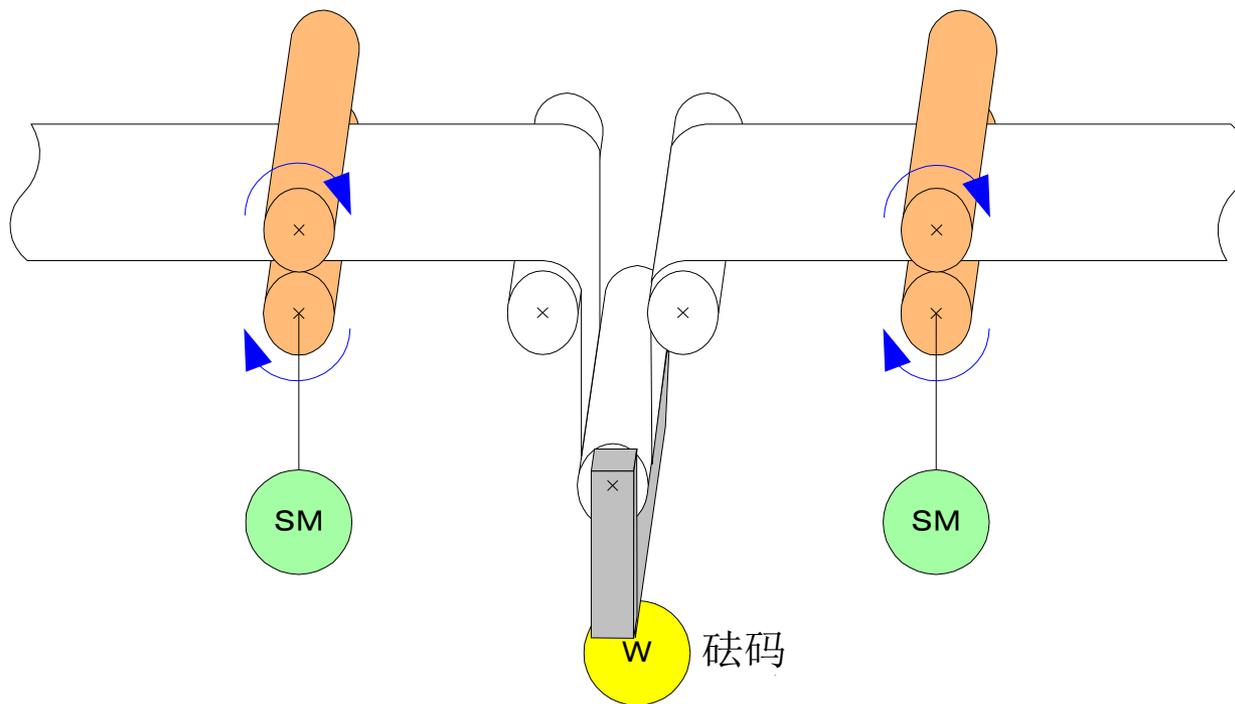
# 张力控制专用术语

## ● 拉伸控制



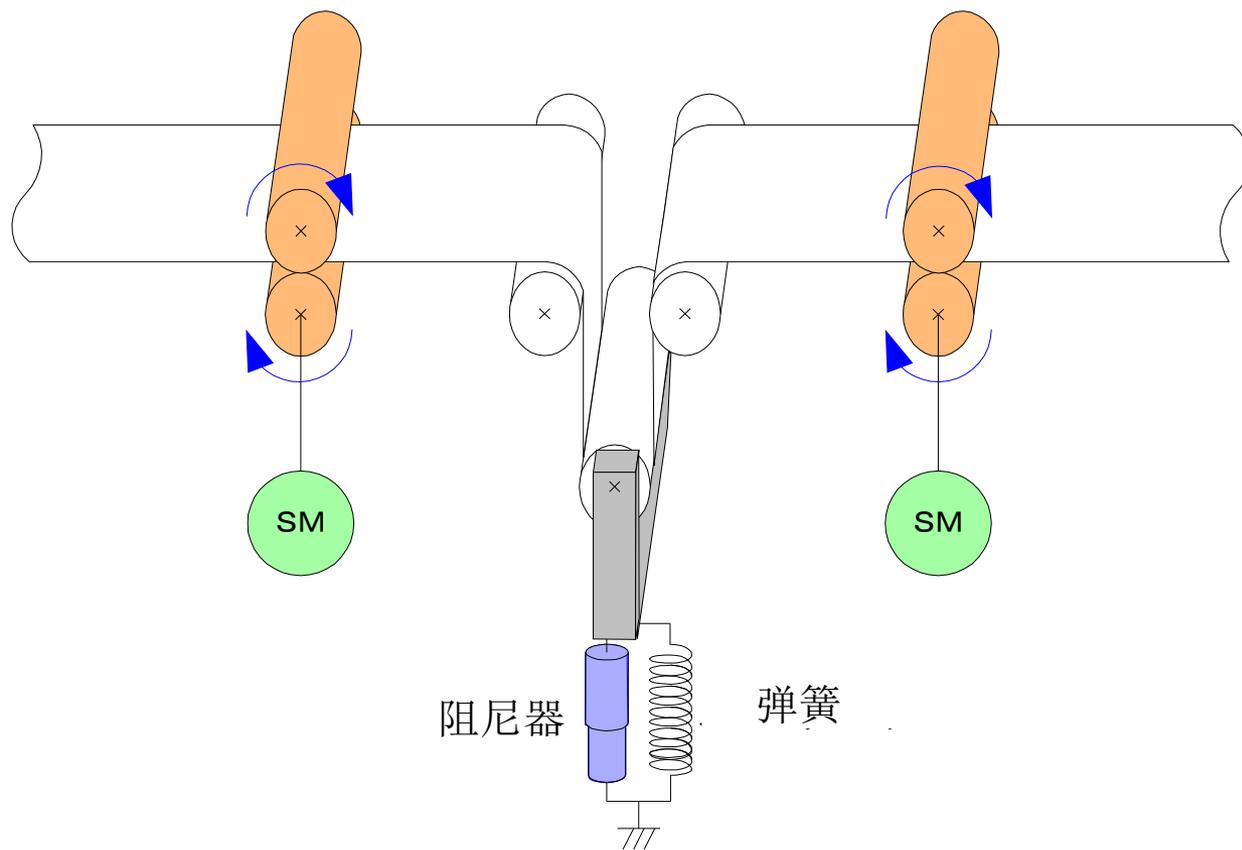
# 张力控制专用术语

## ● 调节器控制（重量调节器式）



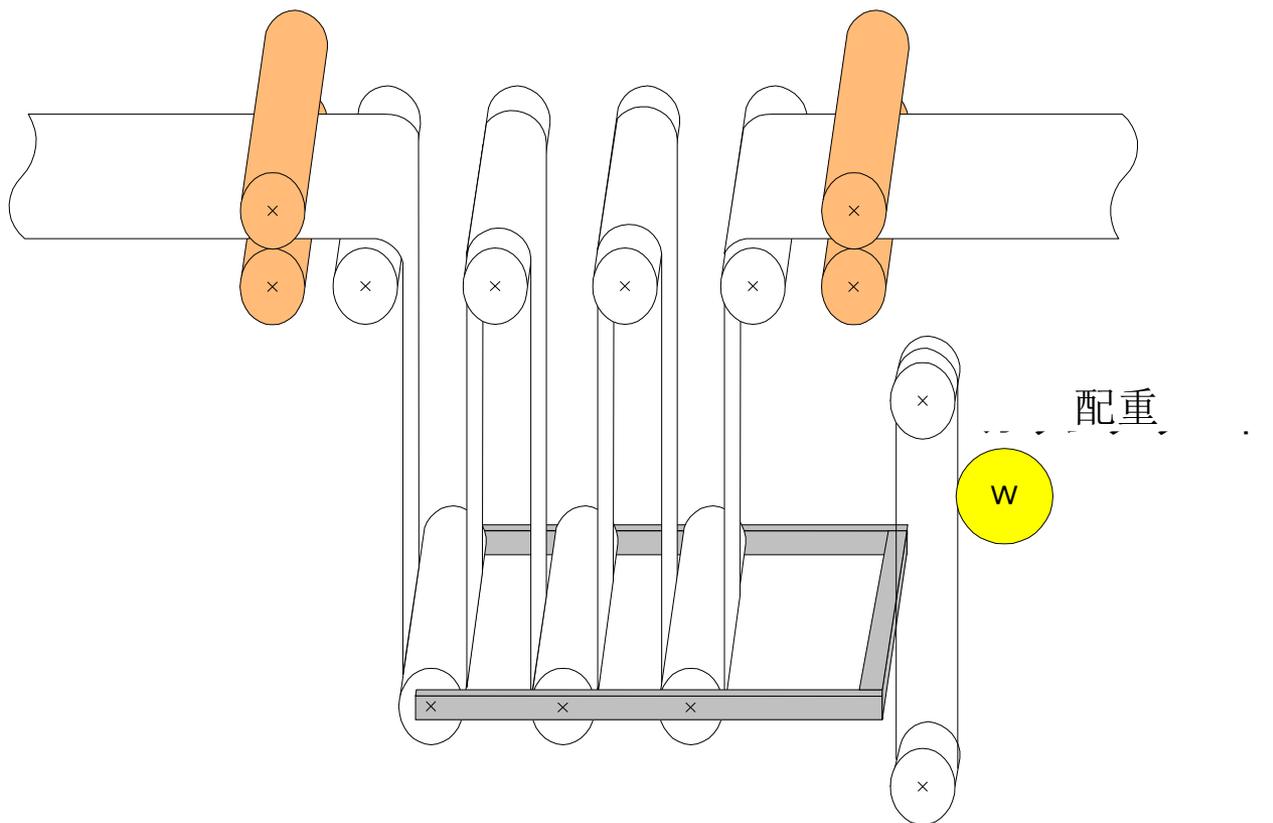
# 张力控制专用术语

## ● 调节器控制（弹簧调节器式）



# 张力控制专用术语

## ● 蓄积器





# 张力控制装置讲座 (基础篇)

完

