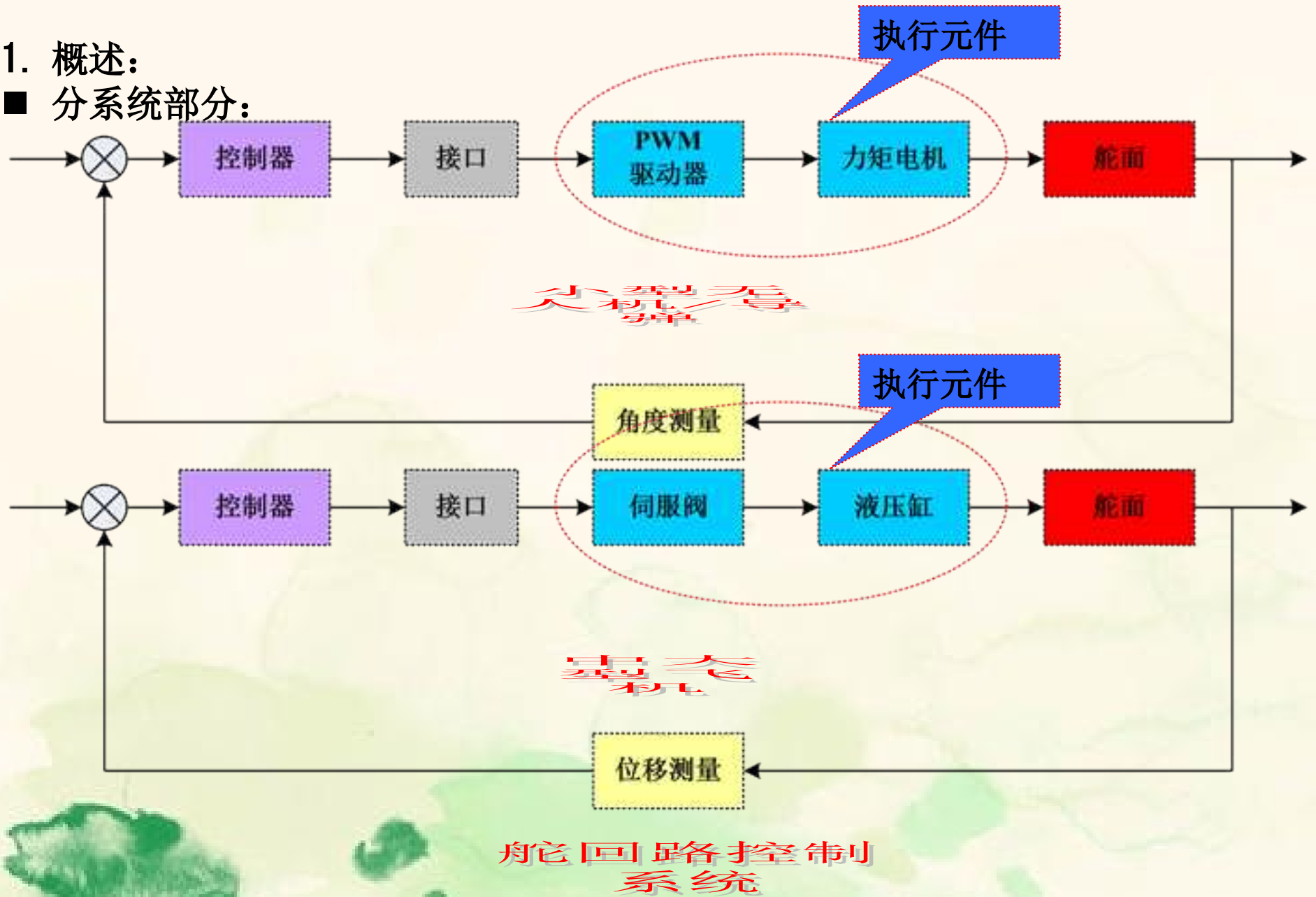
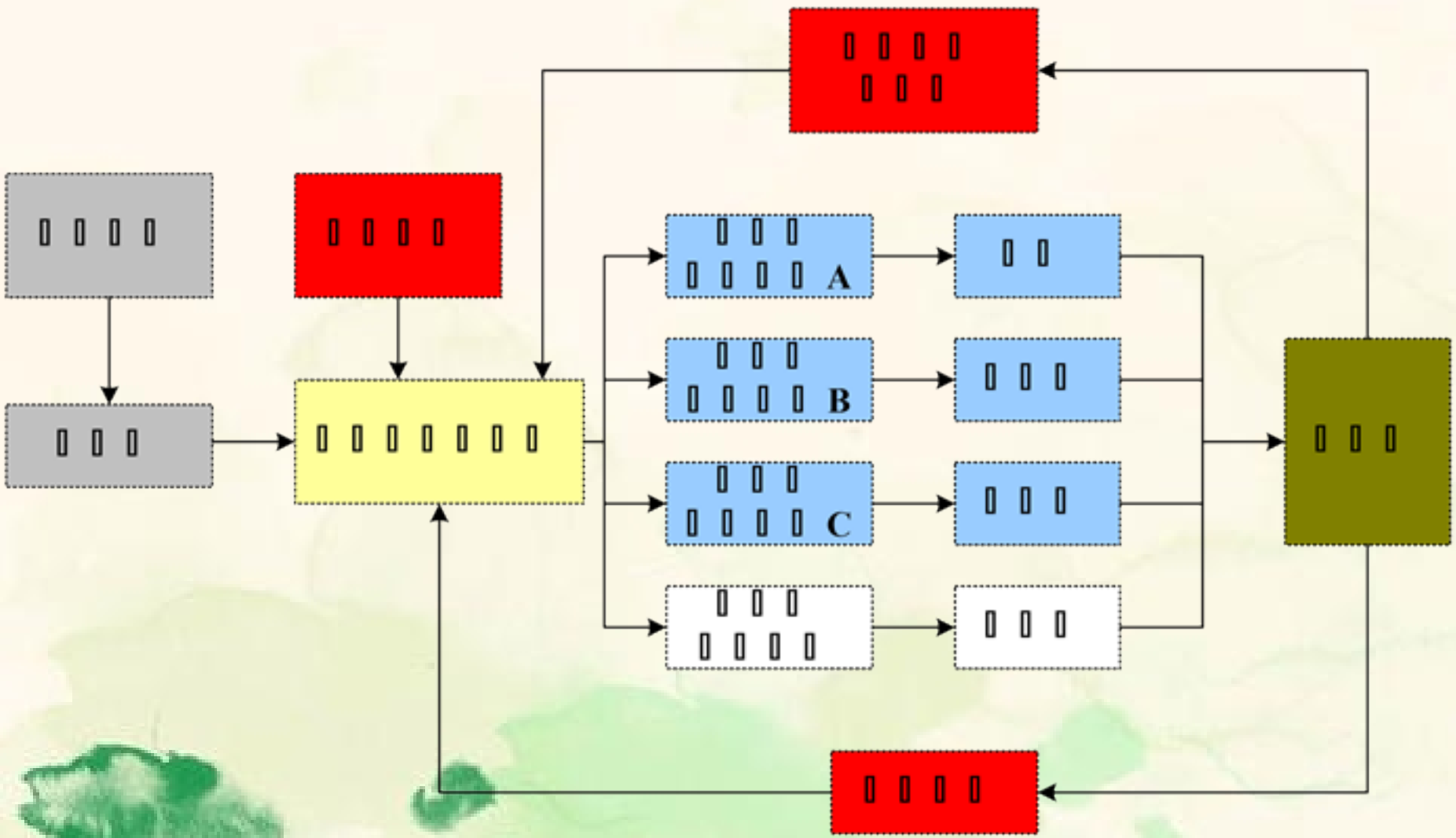


控制与执行元件直流电机时

1. 概述:
■ 分系统部分:



1. 概述:
■ 飞行器整体部分:



2. 常用元件分类:

① 执行元件:

② 力矩电机（电气控制）；

③ 液压缸/液压马达（液压控制）；

④ 气动缸（气动控制）。

② 控制元件:

③ 液压类: 伺服阀、换向阀、比例阀等；

④ 气动类: 比例阀、换向阀、节流阀等。

3. 电机的基本概念:

① 定义:

又称为马达或电动马达，是用机械能产生动能，用来驱动其他装置

② 电机的分类及应用:

③ 直流电机和交流电机（按工作电源分类

④ 直流电机、交流同步电机和交流异步电

⑤ 驱动用电机、控制用电机（按应用目的

⑥ 步进电机、伺服电机（按控制方式分类

⑦ 等等...。

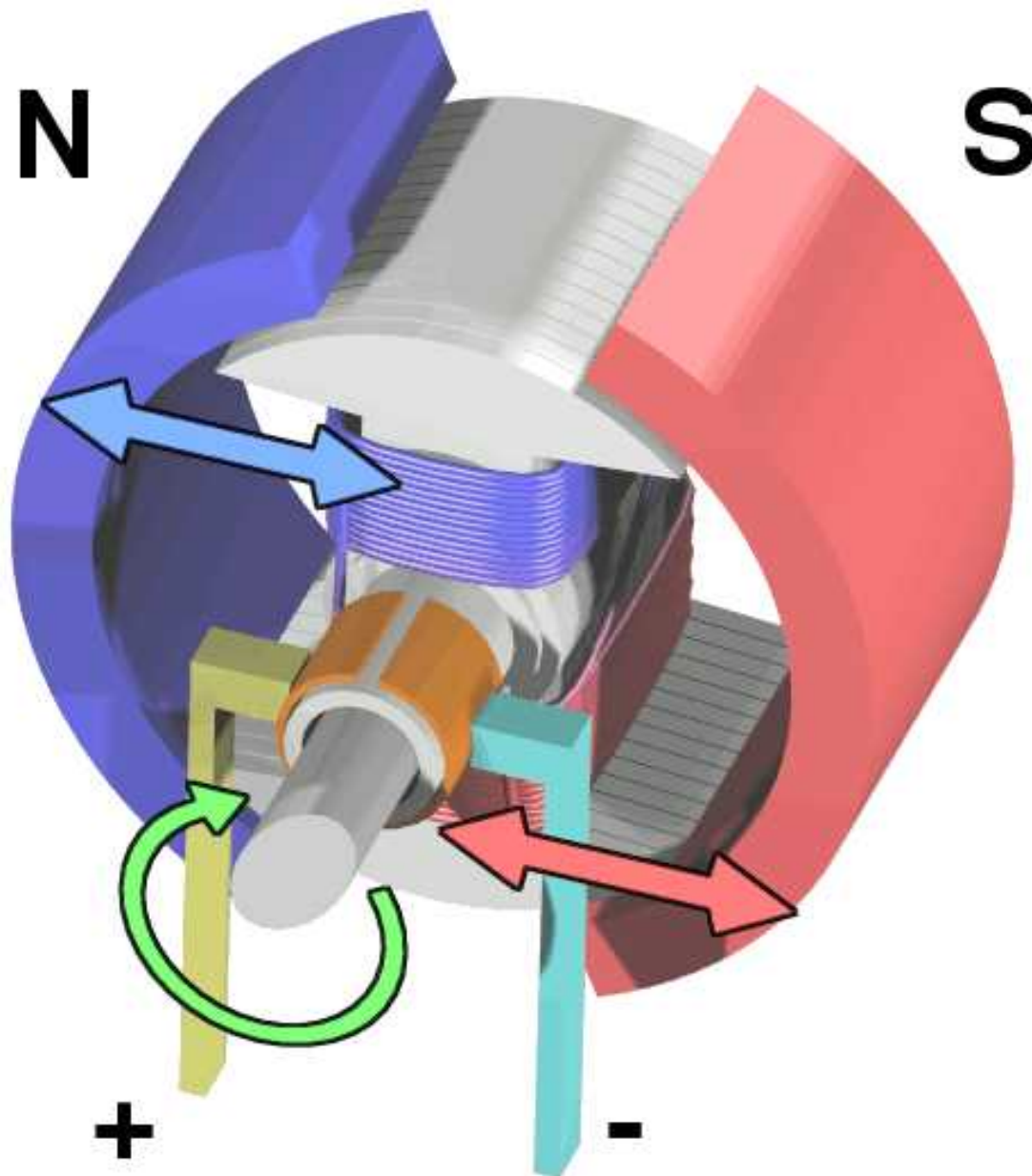
③ 直流电机分类:

分为直流伺服电机、直流力矩电机等。

按控制方式又分为磁场控制式和电枢控制:



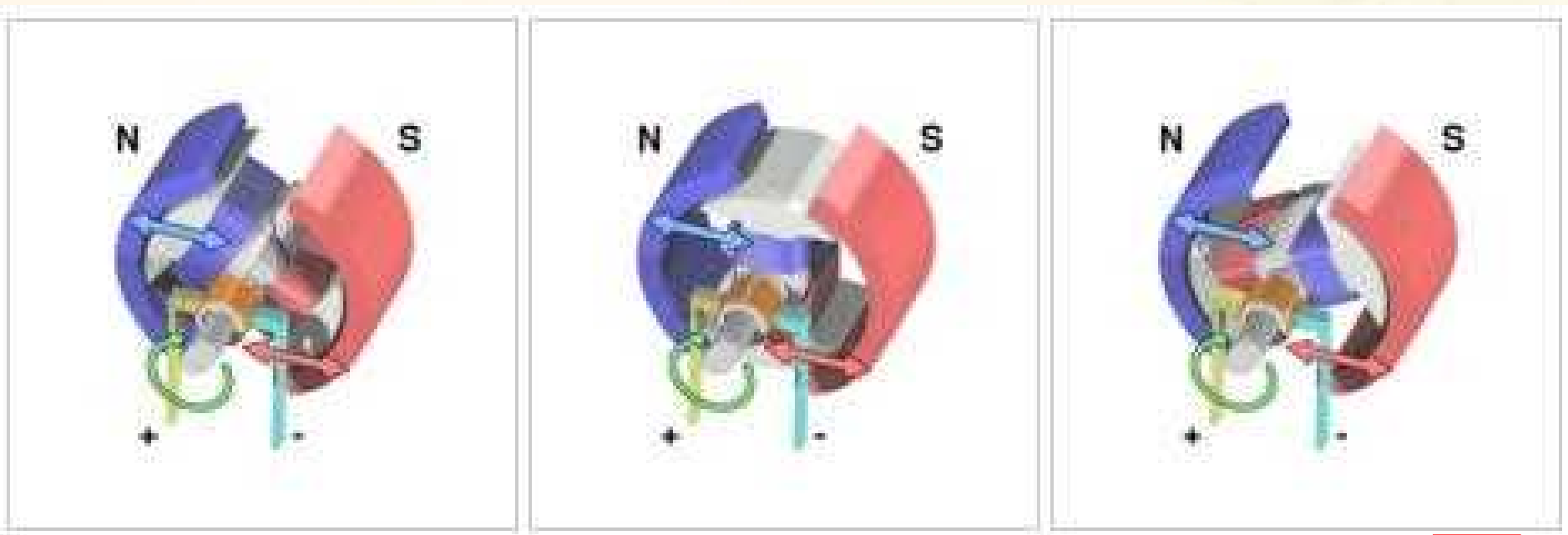
4. 直流电机： ① 组成及结构：



4. 直流电机：

② 工作原理：

- ③ 此为一个简单的直流电（D.C.）电机。当线圈通电后，转子周围产生磁场，转子的左侧被推离左侧的磁铁，并被吸引到右侧，从而产生转动；
- ④ 转子依靠惯性继续转动；
- ⑤ 当转子运行至水平位置时电流变换器将线圈的电流方向逆转，线圈所产生的磁场亦同时逆转，使这一过程得以重复。



- 4. 直流电机:
- ③ 磁场基本知识:
- ④ 磁势:

$$\int_l H \, dl = \sum I$$

$$\sum_{i=1}^n H_i l_i = NI$$

称为磁势，它描述了磁场强度矢量H和电流I之间的关系。

■ 磁场密度:

$$B = \mu H$$

■ 磁通量:

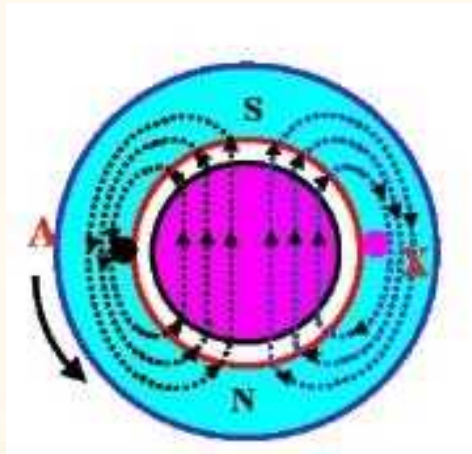
$$\Phi = \int_s B \cos \theta \, dS$$

磁通是表示磁场强弱的物理量。

■ 电磁力矩:

$$T_{em} = C_t \frac{q}{a}$$

电磁力（力矩）是由磁场产生的。



4. 直流电机:

④ 物理及数学模型:

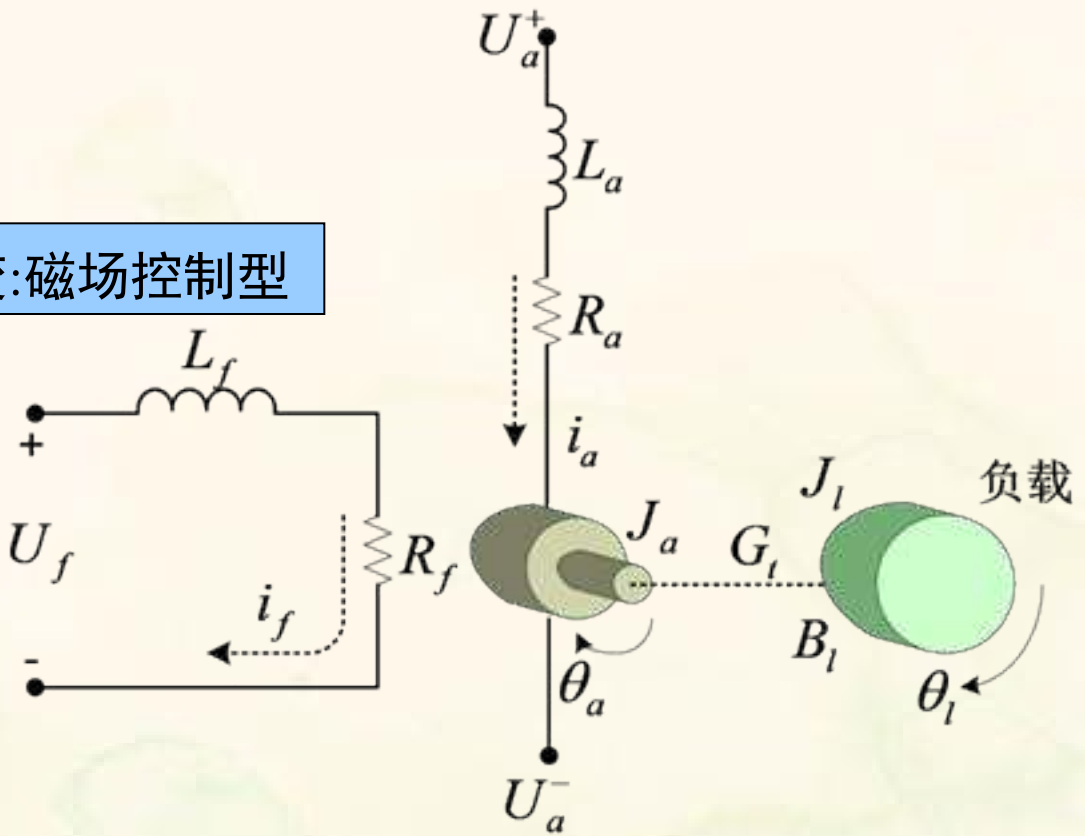
$\phi = K_f i_f$

$T_m = K_a \phi i_a$

i_a 不变:磁场控制型

$T_m = K_a K_f i_f i_a$

i_f 不变:电枢控制型



4. 直流电机:
④ 物理及数学模型:

磁场控制型

$$T_m = (K_a K_f i_a) i_f = K_m \cdot i_f$$

$$U_f = L_f \frac{di_f}{dt} + R_f \cdot i_f$$

$$T_m = T_a + T_l + T_d$$

$$T_a = J_a \theta_a$$

$$T_l = J_l \theta_l + B_l \theta_l + T_f$$

T_d 为未知干扰

$$T_l = G_t (\theta_l - \theta_a)$$

电机激磁
电枢阻抗

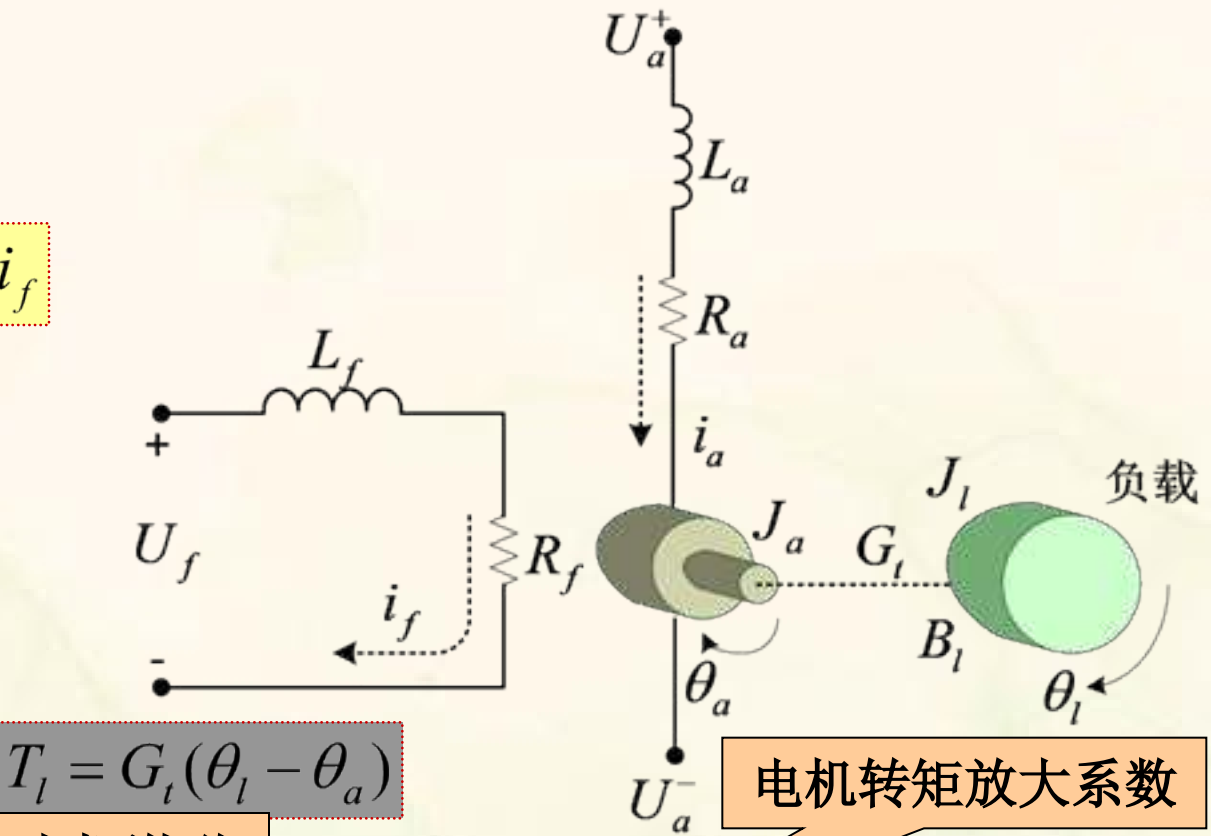
电机激磁
电枢感抗

负载角惯量

负载阻尼

$$\frac{\theta_l(s)}{U_a(s)} = \frac{K_m}{(L_f s + R_f)(J_l s^2 + B_l s)}$$

电机转矩放大系数



4. 直流电机：
④ 物理及数学模型：

磁场控制型

$$\frac{\theta_l(s)}{U_f(s)} = \frac{K_m}{(L_f s + R_f)(J_l s^2 + B_l s)}$$

$$\frac{\theta_l(s)}{U_f(s)} = \frac{K_m / (R_f \cdot B_l)}{s(\tau_f s + 1)(\tau_l s + 1)}$$

$$G(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

对于惯性环节，其阶跃响应为：

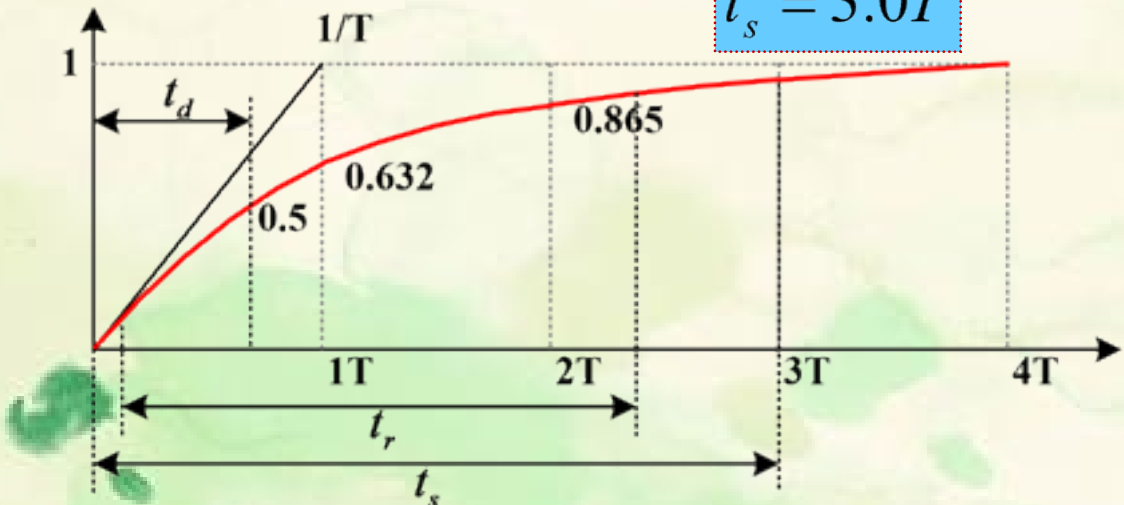
$$H(s) = \frac{1}{s} \frac{1}{Ts + 1} = \frac{1}{s} - \frac{T}{Ts + 1}$$

$$t_d = 0.69T$$

$$t_r = 2.2T$$

$$t_s = 3.0T$$

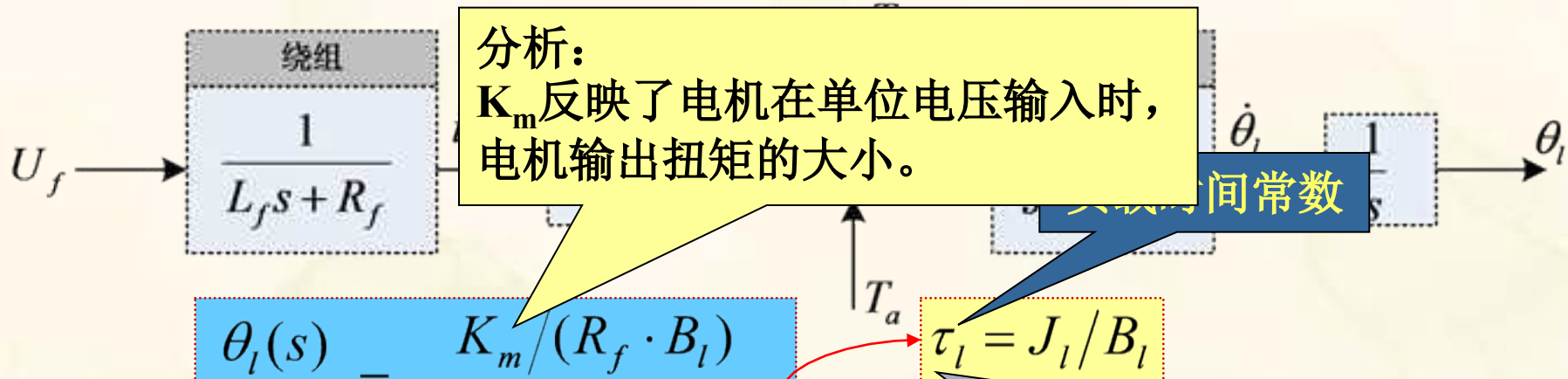
$$h(t) = 1 - e^{-t/T}$$



4. 直流电机：
④ 物理及数学模型：

磁场控制型

$$\frac{\theta_l(s)}{U_f(s)} = \frac{K_m}{(L_f s + R_f)(J_l s^2 + B_l s)}$$



分析：
 K_m 反映了电机在单位电压输入时，电机输出扭矩的大小。

$$\frac{\theta_l(s)}{U_f(s)} = \frac{K_m / (R_f \cdot B_l)}{(s + 1/\tau_f)(\tau_l s + 1)}$$

电磁时间常数

$$\tau_f = L_f / R_f$$

$$\tau_l = J_l / B_l$$

分析：
a. 时间常数越小，电机响应越快；
 L_f 提高响应；
 R_f 影响 K_m 。

分析：
a. 时间常数越小，系统响应越快；
 J_l ，提高响应；
 B_l ，速度提高的情况下，负载增大，反而造成效果不佳。
因此，拖动小负载时，速度很快。

4. 直流电机：
④ 物理及数学模型：

电枢控制
串励型

$$T_m = (K_a K_f i_f) i_a = K_m \cdot i_a$$

$$U_a = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a + U_b$$

$$T_m = T_a + T_l + T_d$$

$$T_a = J_a \theta_a$$

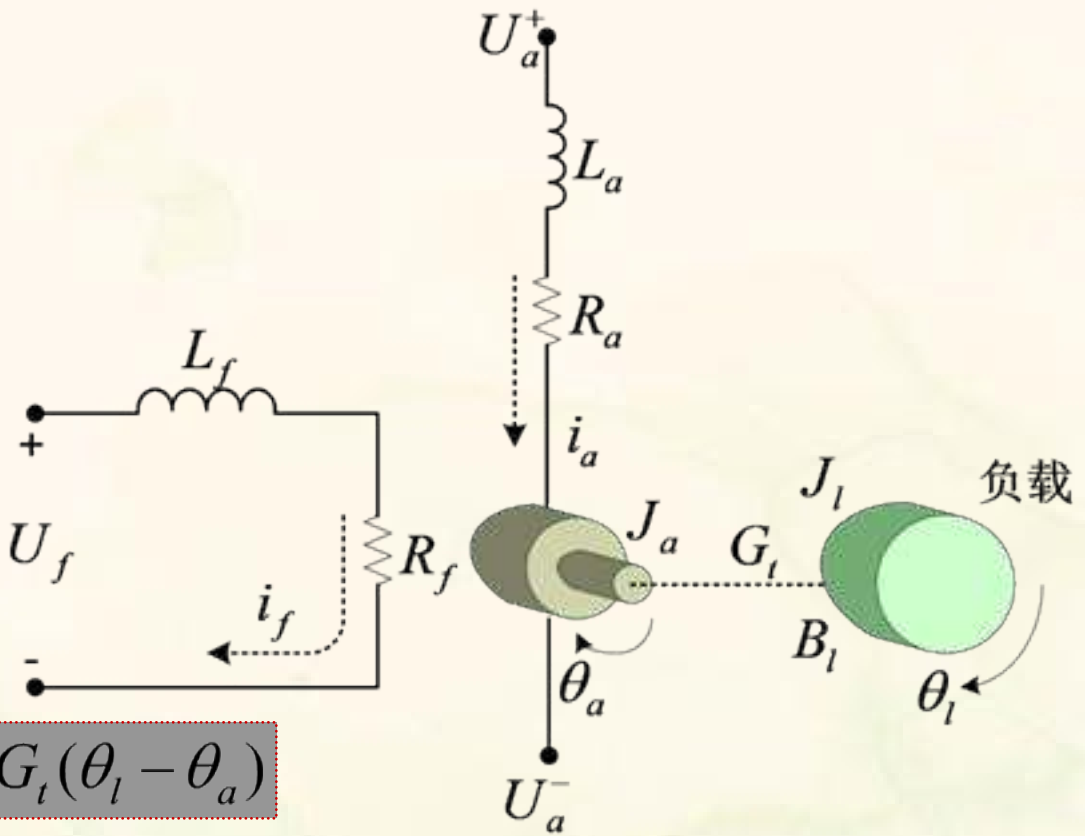
$$T_l = G_l (\theta_l - \theta_a)$$

$$T_l = J_l \theta_l + B_l \theta_l + T_f$$

$$U_b = K_b \theta_a$$

T_d 为未知干扰

$$\frac{\theta_l(s)}{U_a(s)} = \frac{K_m}{s[(L_a s + R_a)(J_l s + B_l) + K_b K_m]}$$



4. 直流电机：

⑤ 基本方程归纳：

⑥ 瞬态电压平衡方程：

$$U_a = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a + U_b$$

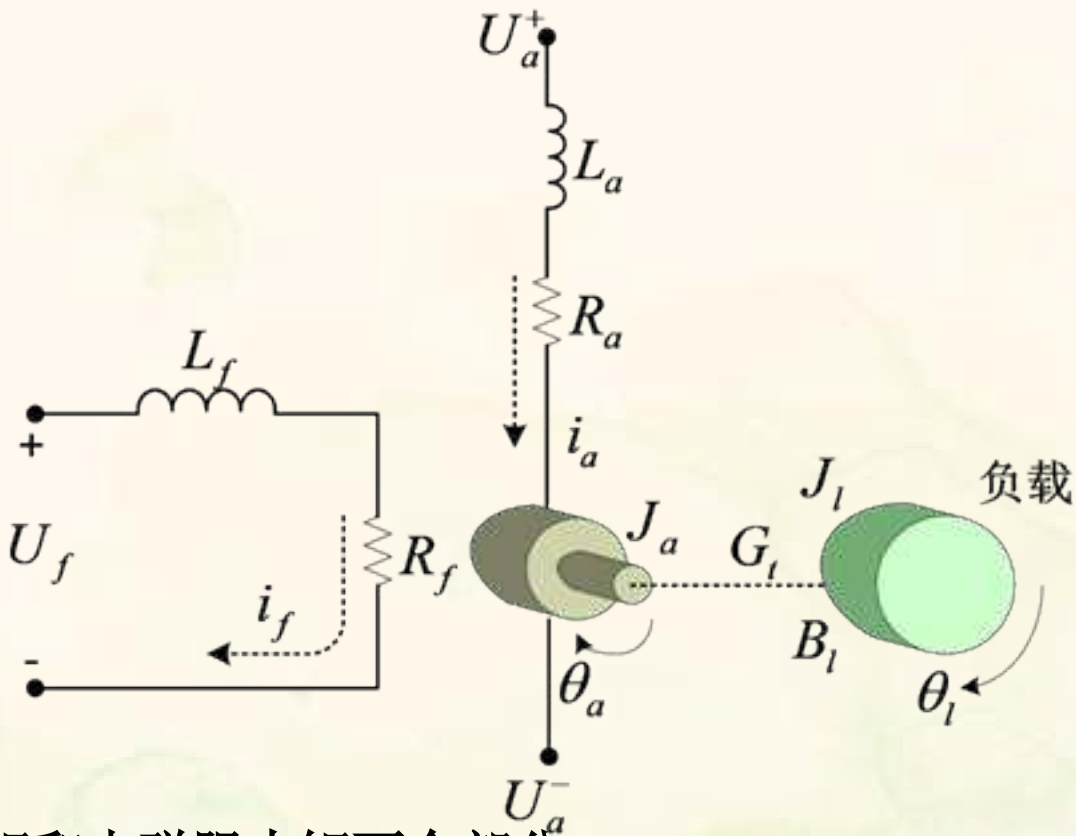
■ 力矩平衡方程：

$$T_m = T_a + T_l + T_d$$

改写重新划分：

$$T_m = T_0 + T_1 + T_2$$

T₀：空载力矩，包含机械摩擦力矩和电磁阻力矩两个部分；
T₁：负载力矩，实际它还包含负载角惯量所引起的力矩；
T₂：惯性力矩，在稳态或匀速状态时，为零；加速时，T₂>0；减速时，T₂<0。



4. 直流电机：

⑤ 基本方程归纳：

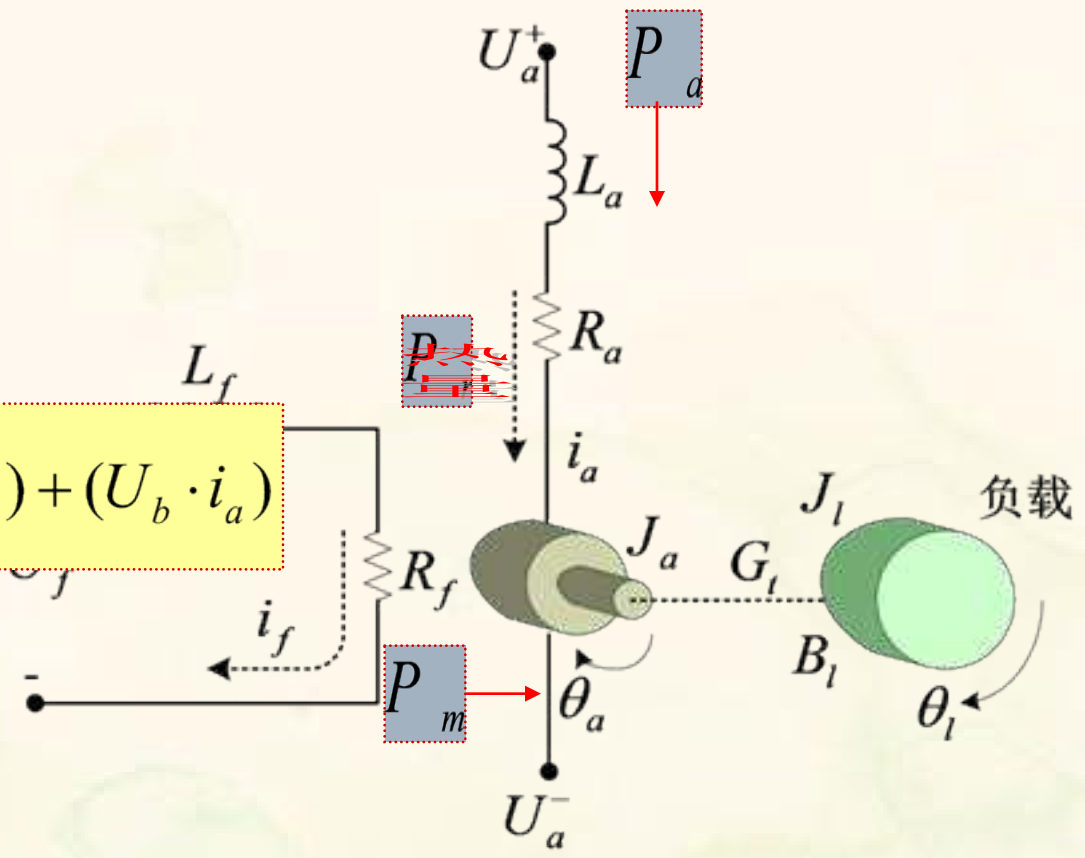
⑥ 功率平衡方程：

$$U_a = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a + U_b$$

$$U_a \cdot i_a = (L_a \cdot i_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a^2) + (U_b \cdot i_a)$$

$$P_a = P_r + P_m$$

P_r ：电枢损耗（铜耗）；
 P_m ：电枢绕组的电磁功率；



电磁功率本来是电枢想输出给负载的，但是不是都给负载了呢？

4. 直流电机:

⑤ 基本方程归纳:

⑥ 功率平衡方程:

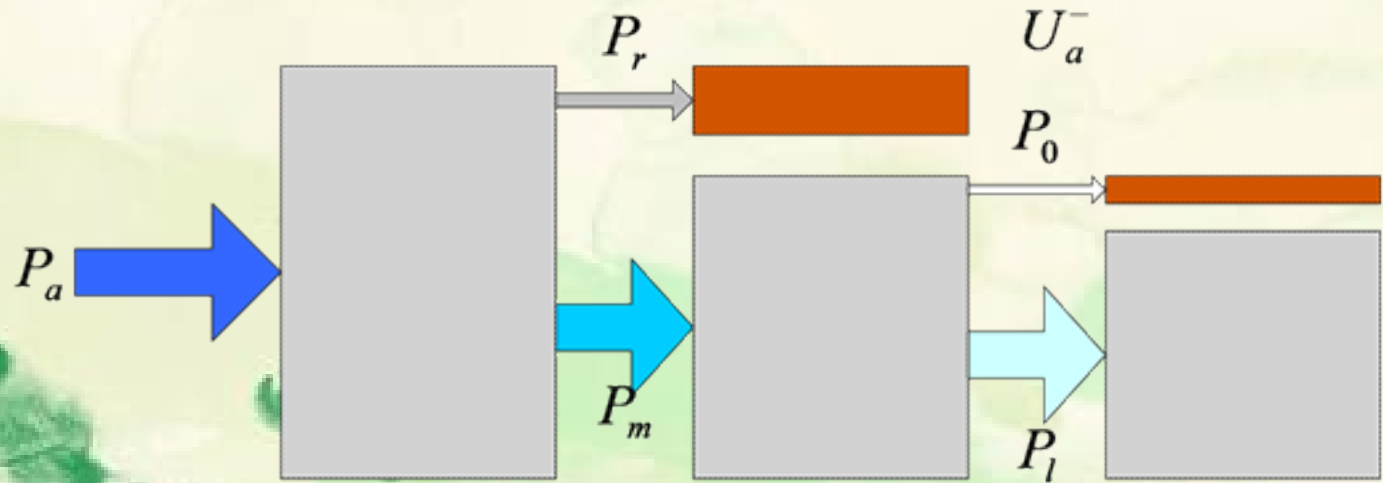
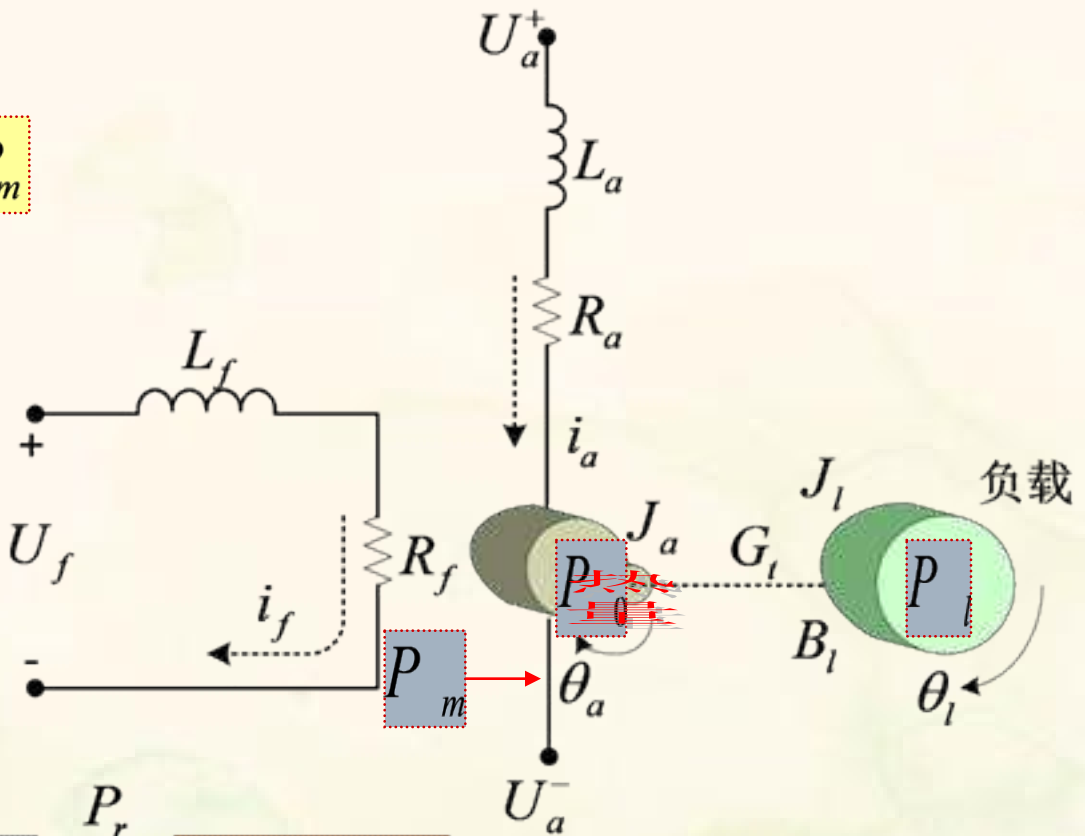
继续往下看:

$$T_m = T_0 + T_1 + T_2$$

$$T_m \theta = T_0 \theta + T_1 \theta$$

$$P_m = P_0 + P_l$$

$$P_a = P_r + P_m$$



4. 直流电机:

⑤ 基本方程归纳:

⑥ 功率平衡方程:

总结:

a. 定义电机效率为: $\eta_m = (P_l / P_m) \times 100\%$

b. 应从系统的角度去设计一个对象, 无论是机械系统、电气系统还是液压系统;

c. 后续的液压舵机也会面临效率的问题。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/456123031021010032>