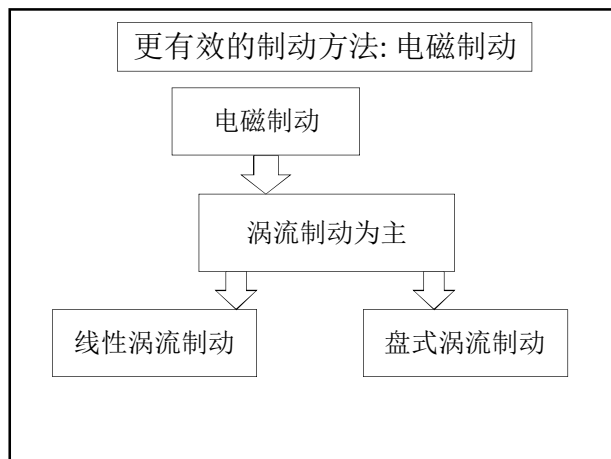


液压制动系统的缺点:

刹车原理就导致了液压制动有很多缺点:

1. 响应时间 T_0 长($T_0: 0.15 \sim 2$ S).
2. 容易抱死.
3. 磨损大, 容易刹车失灵.
4. 对高速运动的车辆制动能力不佳.

怎么办?



线性涡流制动

已在德国ICE 3高速列车上使用的线性涡流制动

间隙大约
几毫米

http://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current_brake

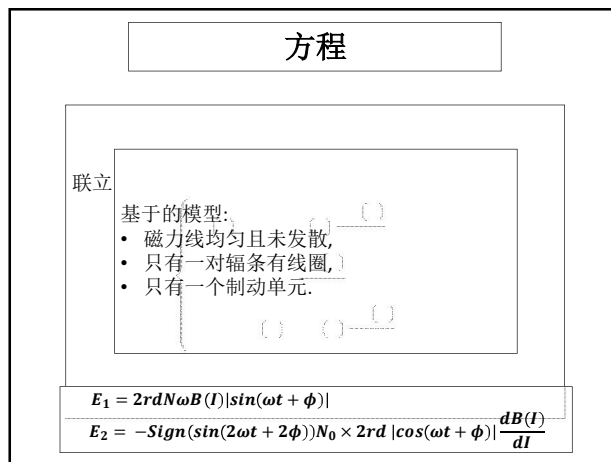
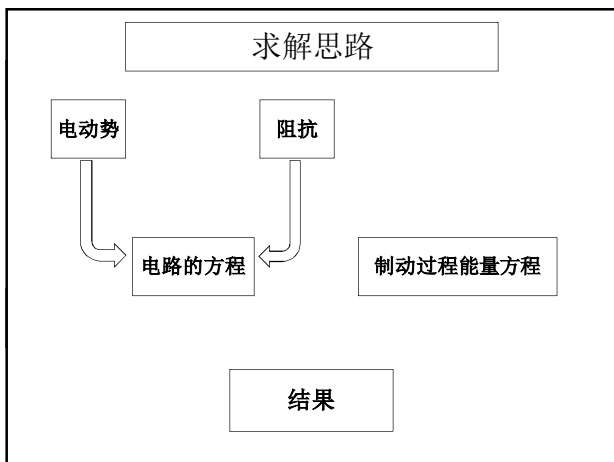
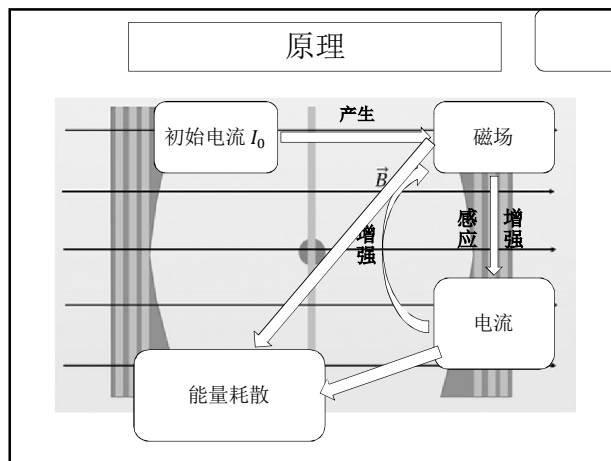
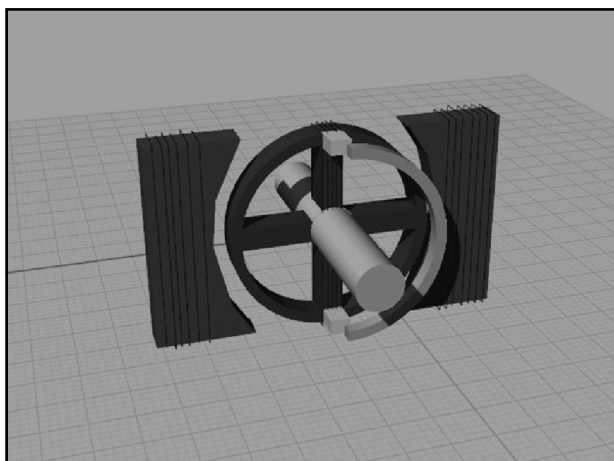
盘式涡流制动

盘式涡流制动的实物图

http://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current_brake

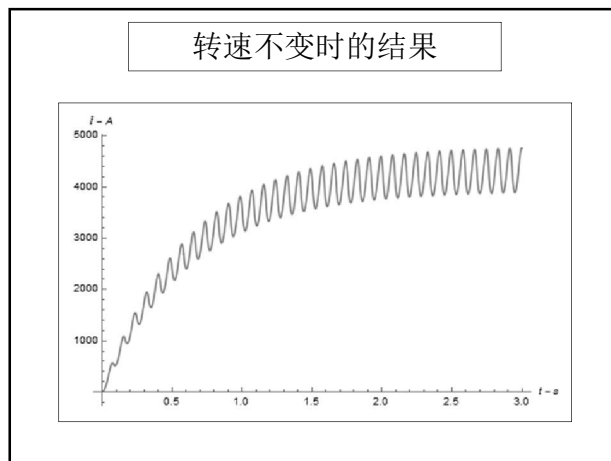
设计要求

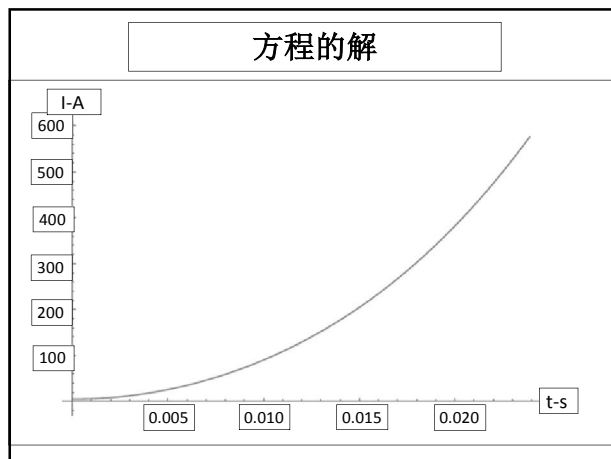
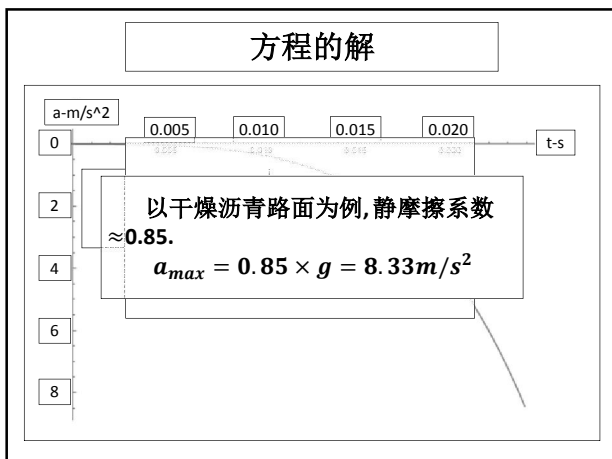
Content	
0. Background	1. 原理与设计
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	
5. Conclusion	
6. Acknowledgements & Reference	



ω 不变

给定初始条件 $I_0 = 5A, v_0 = 30m/s$, 代入数据: $N = 200,$
 $r = 0.3m,$
 $d = 0.02m,$
 $R = 0.8m, N_0 = 200, n = 2000m^{-1}, R_0 = 0.5\Omega$





散热的计算

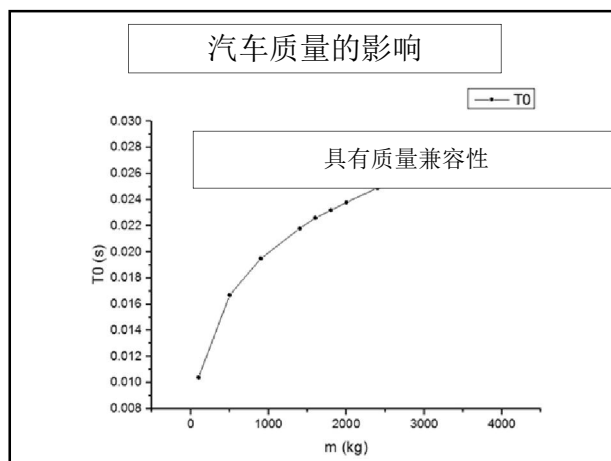
由铁芯质量, 制动盘质量可得总的比热 $C \approx 21700 J/K$

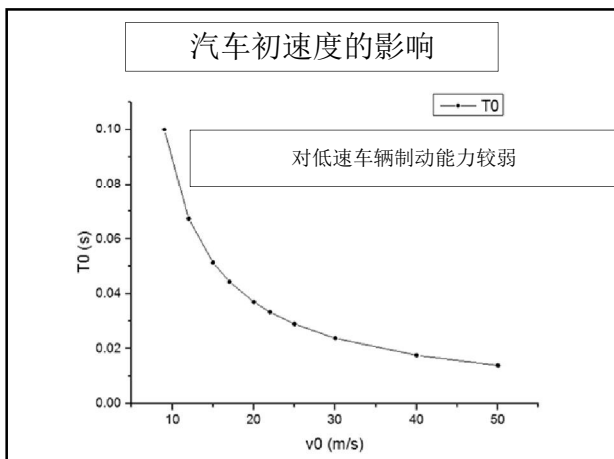
第一阶段: $Q = \int_0^{t_0} I^2 R dt = 473 J$
 $\Delta T = \frac{437}{21700} K = \text{[]}$

第二阶段: $\frac{dQ}{dt} = mv \frac{dv}{dt} < 2000 \times 30 \times 8.33 J/s = 499800 J/s$
 所以 $\frac{dT}{dt} < \frac{499800}{21700} K/s = \text{[]}$, 温度上升的较慢, 加上急刹车时间较短, 且有空气冷却, 所以不考虑温度的影响

Content	
0. Background	2. 参数选择
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	
5. Conclusion	
6. Acknowledgements & Reference	

Content	
0. Background	3. 汽车的自身条件
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	
5. Conclusion	
6. Acknowledgements & Reference	



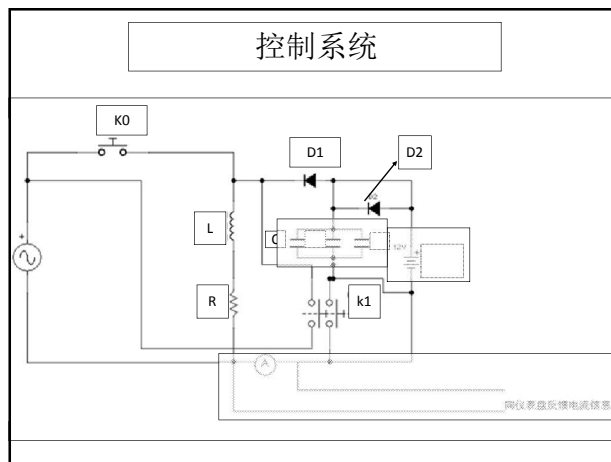


与液压制动的配合

速度慢, 制动力弱!
速度为零时, 制动力为零!

解决方案: 实验测定其无法维持 $a = 8.33m/s^2$ 时的临界速度, 并在达到前采取液压与电磁制动同时工作, 将车辆安全停下. 由于临界速度很低, 所以电磁制动依然是很有价值的.

Content	
0. Background	
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	4. 控制系统
5. Conclusion	
6. Acknowledgements & Reference	



Content	
0. Background	
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	
5. Conclusion	5. 结论
6. Acknowledgements & Reference	

结论

通过前面的模型简化

- 计算出了自激电磁制动系统的响应时间及其他参数
- 找到系统的参数较为合适的值.
- 对系统发热进行计算.
- 设计紧急情况下的制动操作系统.

特点:

1. 自激, 无需外界大功率供电.
2. 响应时间短, 特别是高速运动的车辆.
3. 自身防抱死, 无需加装其他辅助设备, 简化制动系统.
4. 质量兼容性.
5. 磨损小.

Content	
0. Background	
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	
5. Conclusion	
6. Acknowledgements & Reference	6. 致谢与参考文献

致谢
<ul style="list-style-type: none"> • 感谢叶邦角教授指出最初模型的错误. • 感谢方明师兄, 江宏达师兄提出改进意见与数学软件的支持. • 感谢陈卿教授, 李昂同学(创新二班), 马骁同学在求解微分方程组上的建议.

参考资料
<ol style="list-style-type: none"> 1. 王润琪, 蒋科军. ABS汽车制动距离分析与计算 [J]. 中南林学院学报, 2005, 25 (2): 70-73. 2. "Eddy current braking: a long road to success", http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/eddy-current-braking-a-long-road-to-success.html 3. 钟文定. 技术磁学[M]. 北京: 科学出版社, 2009. 4. 胡友秋, 程福臻, 叶邦角, 刘之景, 等. 电磁学与电动力学(上册) [M]. 北京: 科学出版社, 2014.

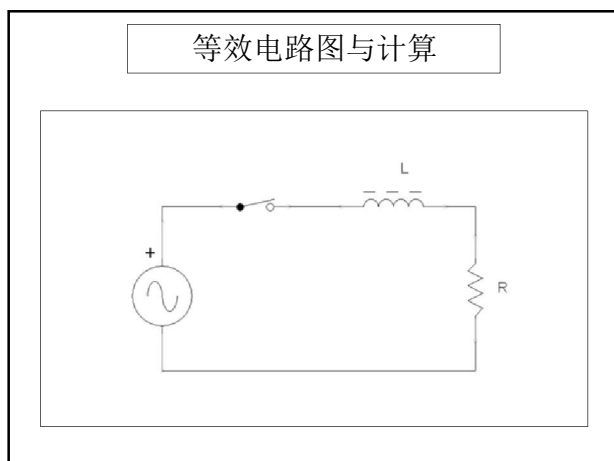


Backup
PPTs

符号与电路图
详细方程
模型
电流&磁场
大电流碳刷
参数选择
不合理的解

符号约定	
符号	含义
σ	铜的电导率
m	车辆的质量
n	螺线管的线圈密度
N_0	螺线管的线圈匝数
N	一股辐条线圈的总匝数
r	制动盘半径
R	车轮半径
d	制动盘厚度
ω	车轮角速度
R_0	总电阻

符号约定	
符号	含义
$M(t)$	两线圈之间互感
$I(t)$	系统总电流
$v(t)$	车辆速率
$L'(t)$	单个线圈自感
$L(I)$	系统感抗
$B(I)$	通过线圈的磁场
$B'(t)$	通过线圈的磁场的对时间的一阶导数
$E_1(I, v)$	电动势系数1
$E_2(I, v)$	电动势系数2
$Sign(x)$	符号函数



电动势 + 阻抗 → 电路的方程

$$E = 2rdN\omega B(I) \left[\left(\frac{dI(t)}{dt} \right) - \left(\frac{dB(I)}{dt} \right) \right] N \times 2rd \left[\left(\frac{dI(t)}{dt} \right) \right] B'(t)$$

并且引入

$$E_1 = 2rdN\omega B(I) |\sin(\omega t + \phi)|$$

$$E_2 = -Sign(\sin(2\omega t + 2\phi)) N_0 \times 2rd |\cos(\omega t + \phi)| \frac{dB(I)}{dt}$$

于是

$$E = E_1 + E_2 \frac{dI(t)}{dt}$$

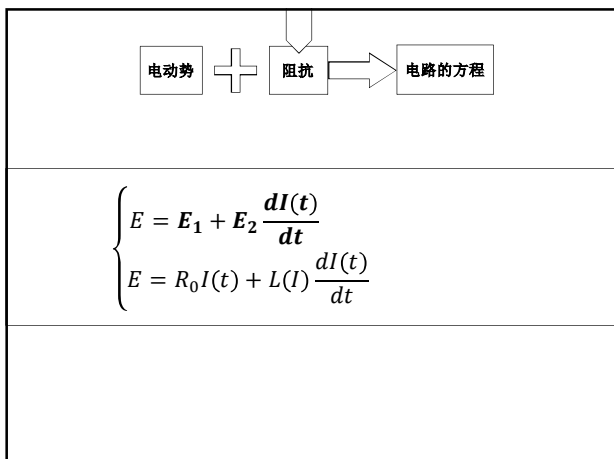
电动势 + 阻抗 → 电路的方程

磁感应强度计算 $B(I) = 3.6 + 2\mu_0 nI(t)$

单个电磁铁 $L'(I) = 2rdN_0 \frac{dB(I)}{dI}$

互感 $M(I) = 2rdN_0 \frac{dB(I)}{dI}$

$$L(I) = \frac{1}{2} (L'(I) + M(I)) + L_0 = 2rd(N_0 + N) \frac{dB(I)}{dI}$$



方程

联立:

$$\begin{cases} EI(t) = -mv(t) \frac{dv(t)}{dt} & (1) \\ E = E_1 + E_2 \frac{dI(t)}{dt} & (2) \\ E = R_0 I(t) + L(I) \frac{dI(t)}{dt} & (3) \end{cases}$$

$$E_1 = 2rdN\omega B(I)|\sin(\omega t + \phi)|$$

$$E_2 = -\text{Sign}(\sin(2\omega t + 2\phi))N_0 \times 2rd |\cos(\omega t + \phi)| \frac{dB(I)}{dI}$$


大电流碳刷

大电流碳刷架

用于大电流导出的强力石墨刷

我们使用所谓的大电流碳刷架将接地电流用于从固定部件传送到旋转部件的大电流传递和并进行避雷保护。

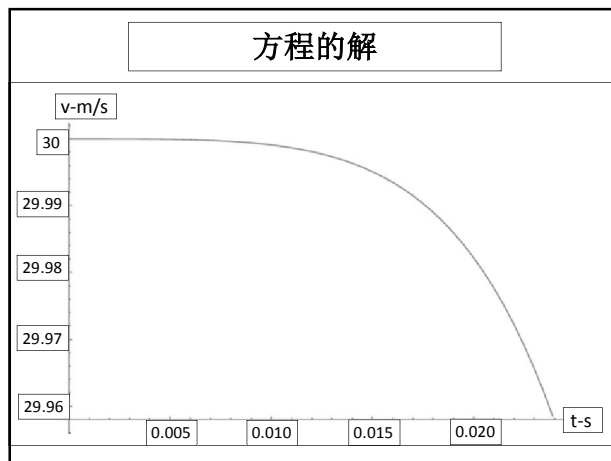
碳刷架有各种结构，也可以和其它 MR 产品组合使用（见 SEA），为使用者提供应用于各种不同领域的多种选择。使用本产品已经可以在混合旋转分配器里传递超过 1000A 的电流！我们还根据客户的需求实现了用于电镀设备的 64000A 电流传递。

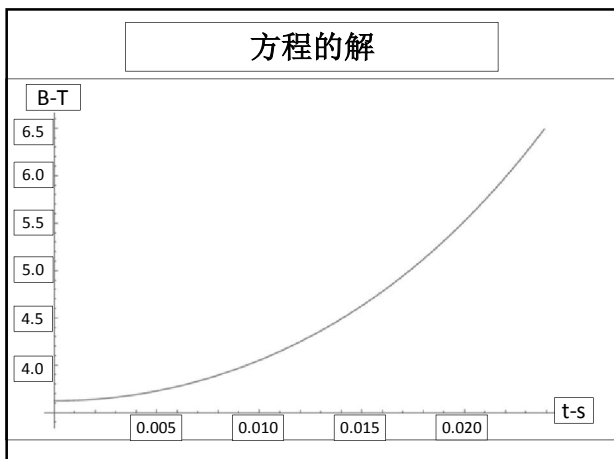
者提供应用于各种不同领域的多种分配器里传递超过 1000A 的电流！电镀设备的 64000A 电流传递。

系统参数

- 最大电流：1000A（通过双回路）
- 最高圆周速度：7m/s
- 总使用寿命：超过 1 亿转
- 其它：碳触点可更换

<http://www.schleifring.de/Chinesisch/Products/Power-transmission/High-current-brush-holders/>





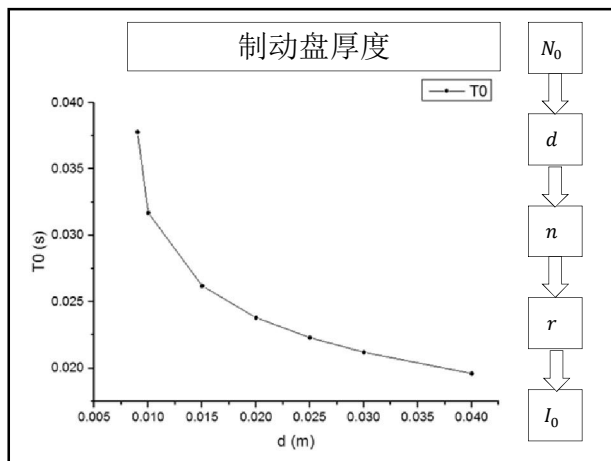
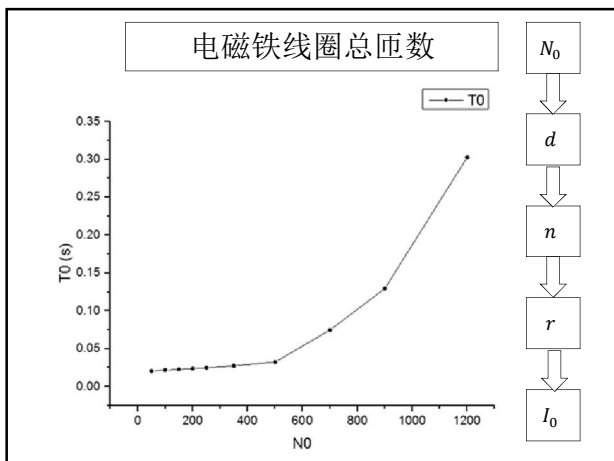
404 Not Found

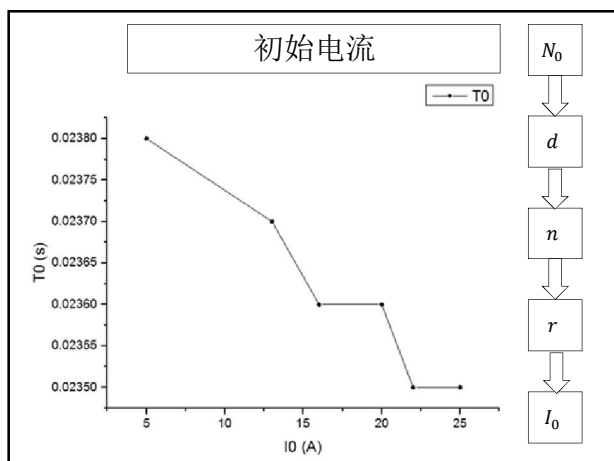
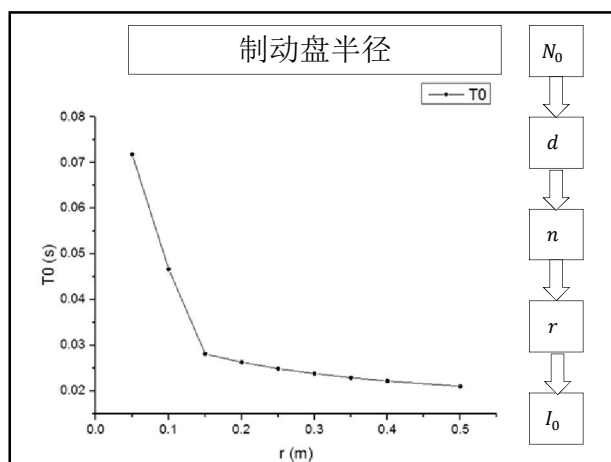
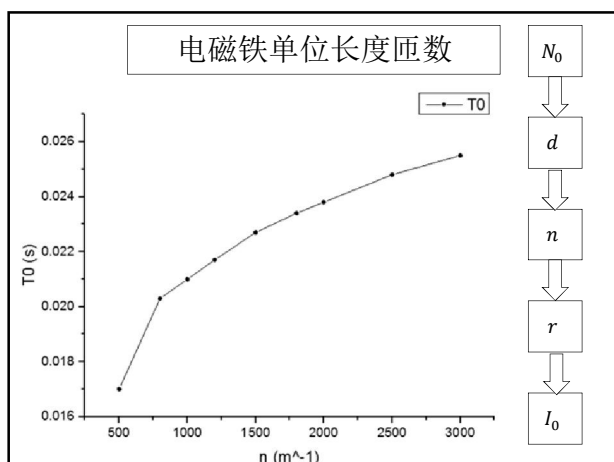
该回去啦!

Content	
0. Background	2. 参数选择
1. Foundation	
2. Parameter	
3. Initial Condition	
4. Control System	
5. Conclusion	
6. Acknowledgements & Reference	

常数的取值

$N = 200,$
 $r = 0.3m,$
 $d = 0.02m,$
 $R = 0.5m,$
 $N_0 = 200,$
 $n = 2000m^{-1},$
 $R_0 = 0.5\Omega,$
 $m = 2000kg$





参数优化

$N = 200,$
 $r = 0.3m,$
 $d = 0.02m,$
 $R = 0.5m,$
 $N_0 = 200,$
 $n = 2000m^{-1},$
 $R_0 = 0.5\Omega,$
 $m = 2000kg$

404 Not Found

该回去啦!

