



# 电力系统继电保护原理

主讲教师：张沛超

Email: [pczhang@sjtu.edu.cn](mailto:pczhang@sjtu.edu.cn)





## 2.电网的电流保护和 方向性电流保护



- ① **电流保护是反应故障时电流量的不正常增大而动作的一种保护**
- ② **针对相间故障**
  - 2.1 单侧电源网络相间短路电流保护
  - 2.2 电网相间短路的方向性电流保护
- ③ **针对接地故障**
  - 2.3 中性点直接接地电网接地短路的电流保护
  - 2.4 中性点非直接接地电网单相接地的电流保护

# 2.1 单侧电源网络相间短路的电流保护



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

- ④ 2.1.1 继电器基本概念
- ④ 2.1.2 电流速断保护
- ④ 2.1.3 限时电流速断保护
- ④ 2.1.4 定时限过电流保护
- ④ 2.1.5 阶段式电流保护
- ④ 2.1.7 电流保护的接线方式
- ④ 2.1.8 三段式电流保护的接线图



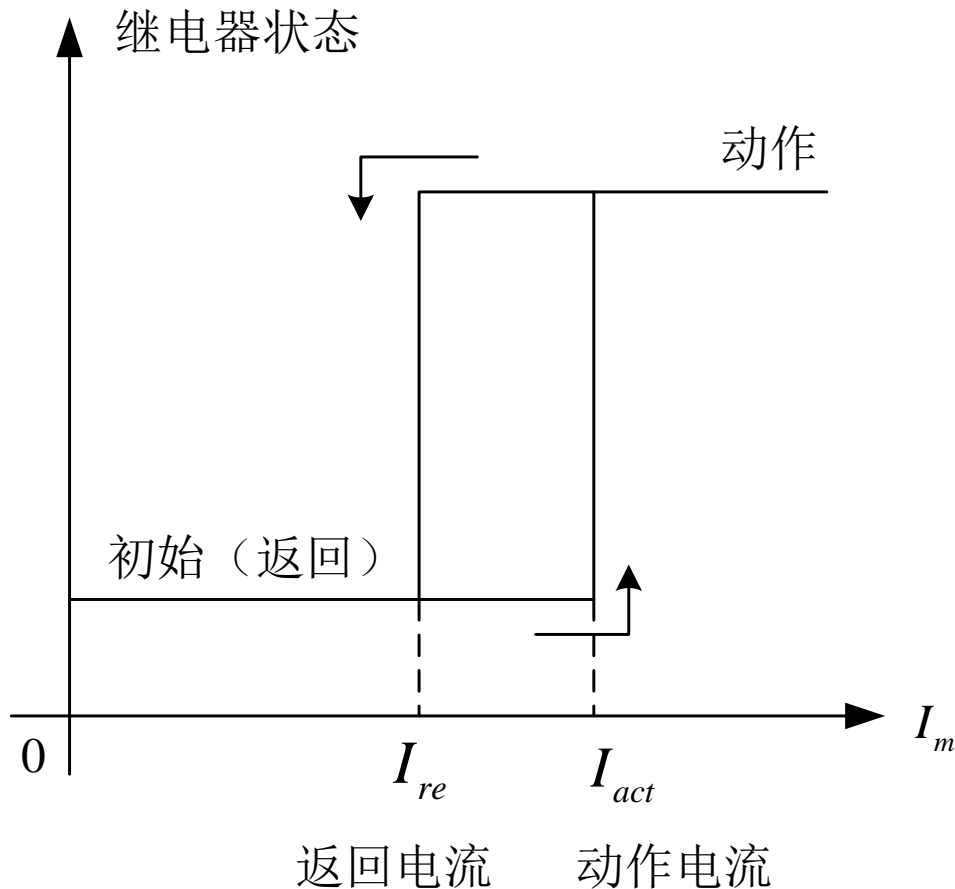
## 2.1.1 继电器基本概念



# 继电特性和返回系数



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



## 继电特性

- 1) 永远处于动作或返回状态, **无中间状态**
- 2) 动作电流不等于返回电流, **防止触点抖动**

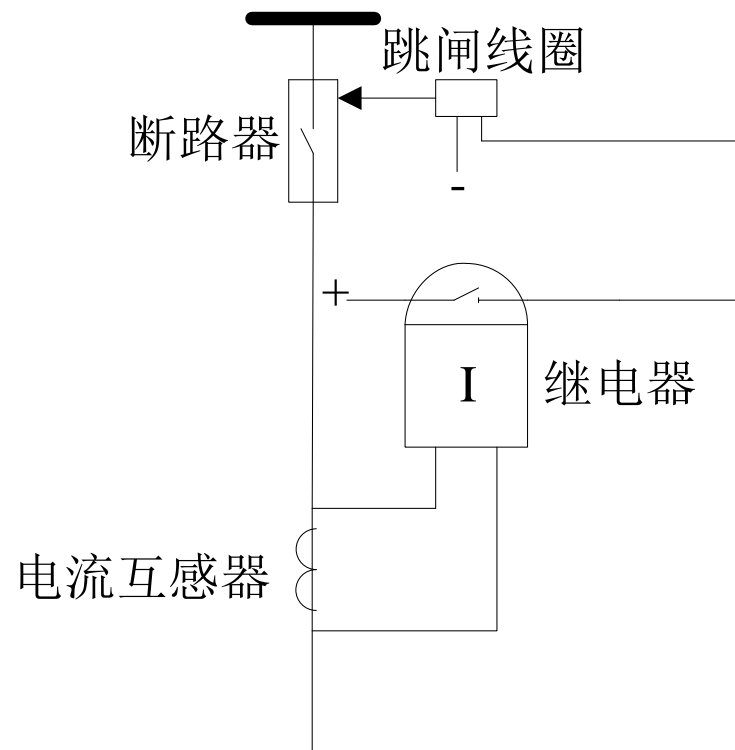
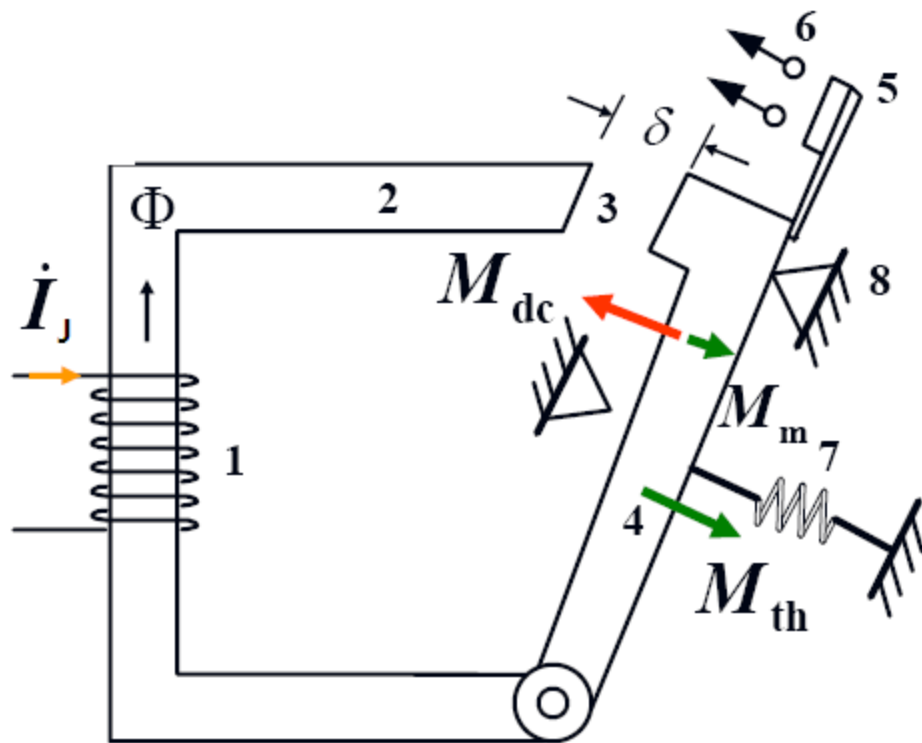
返回系数:

$$K_{re} = \frac{I_{re}}{I_{act}} < 1$$

# 电流继电器——电磁型



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

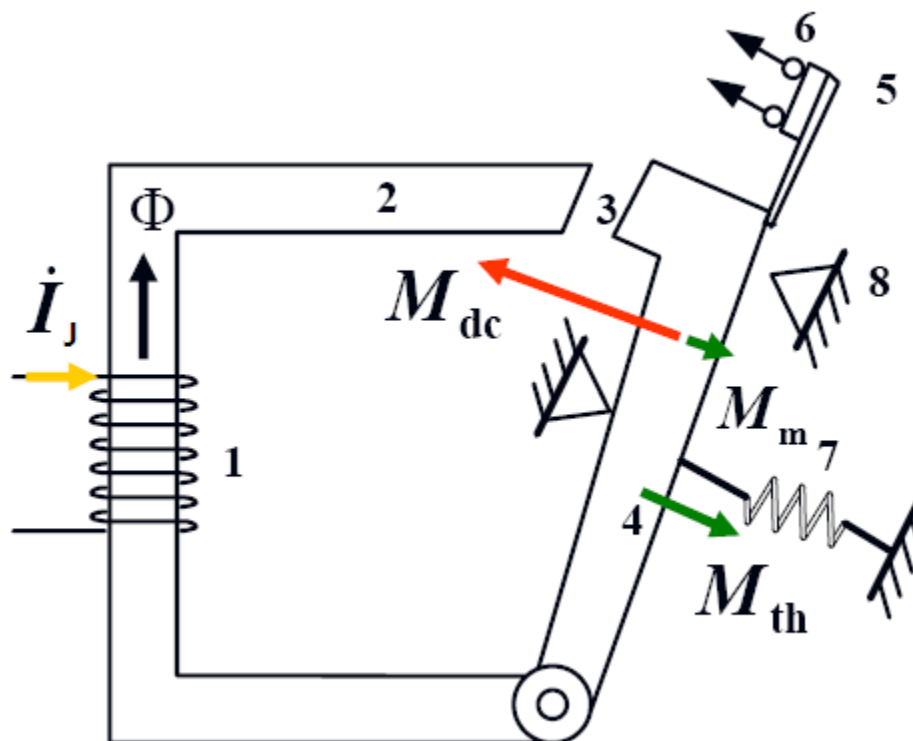


$$M_{dc} = K_2 \frac{I_J^2}{\delta^2}$$

$$M_{th} = M_{th \cdot 1} + K_3 (\delta_1 - \delta)$$

$$M_m = const$$

# 动作电流（或起动电流）

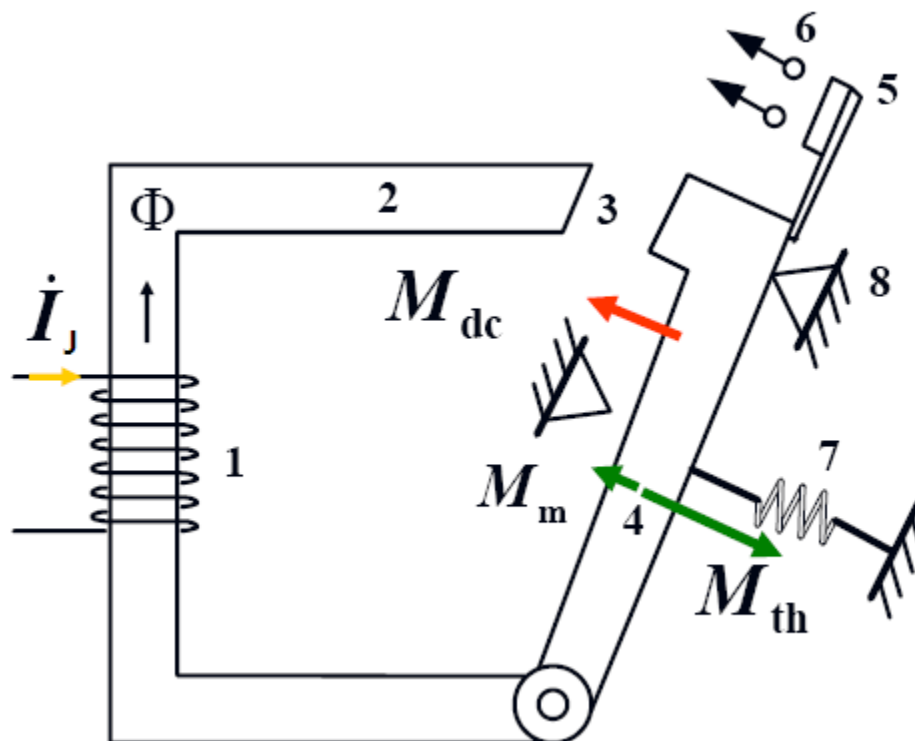


继电器动作条件:  $M_{dc} \geq M_{th} + M_m$

$I_{act}$  使继电器动作的最小电流值，称为**动作电流**  
**或起动电流**



# 返回电流



继电器返回条件:  $M_{dc} \leq M_{th} - M_m$

$I_{re}$  使继电器返回的**最大**电流值, 称为**返回电流**



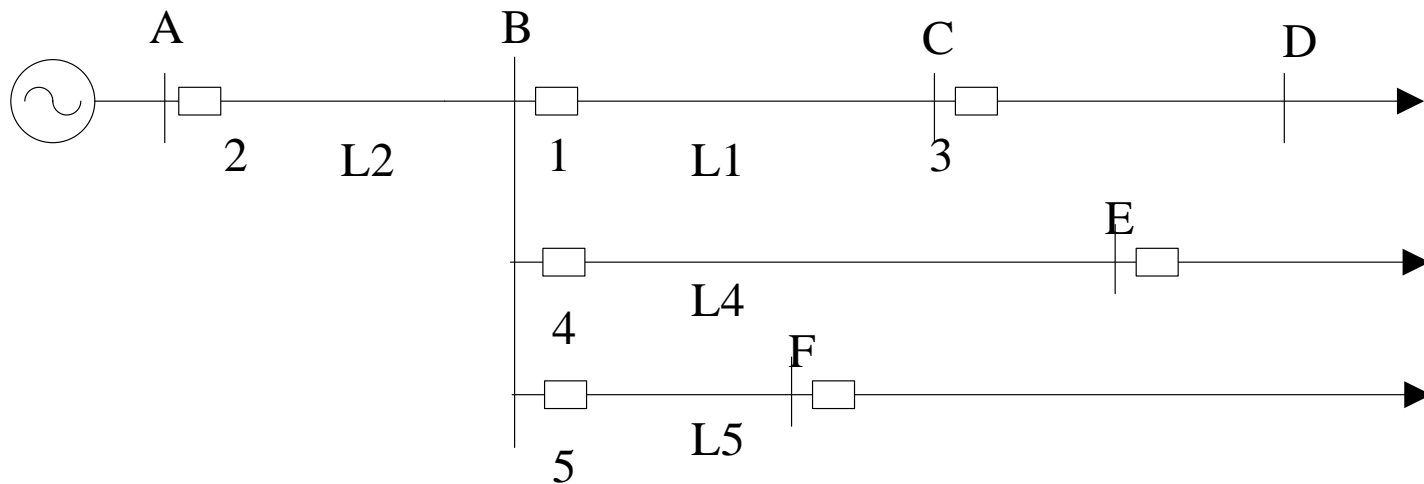
## 2.1.2 电流速断保护 (电流 I 段保护) (instantaneous overcurrent)



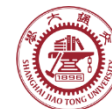
# 单侧电源网络的特点



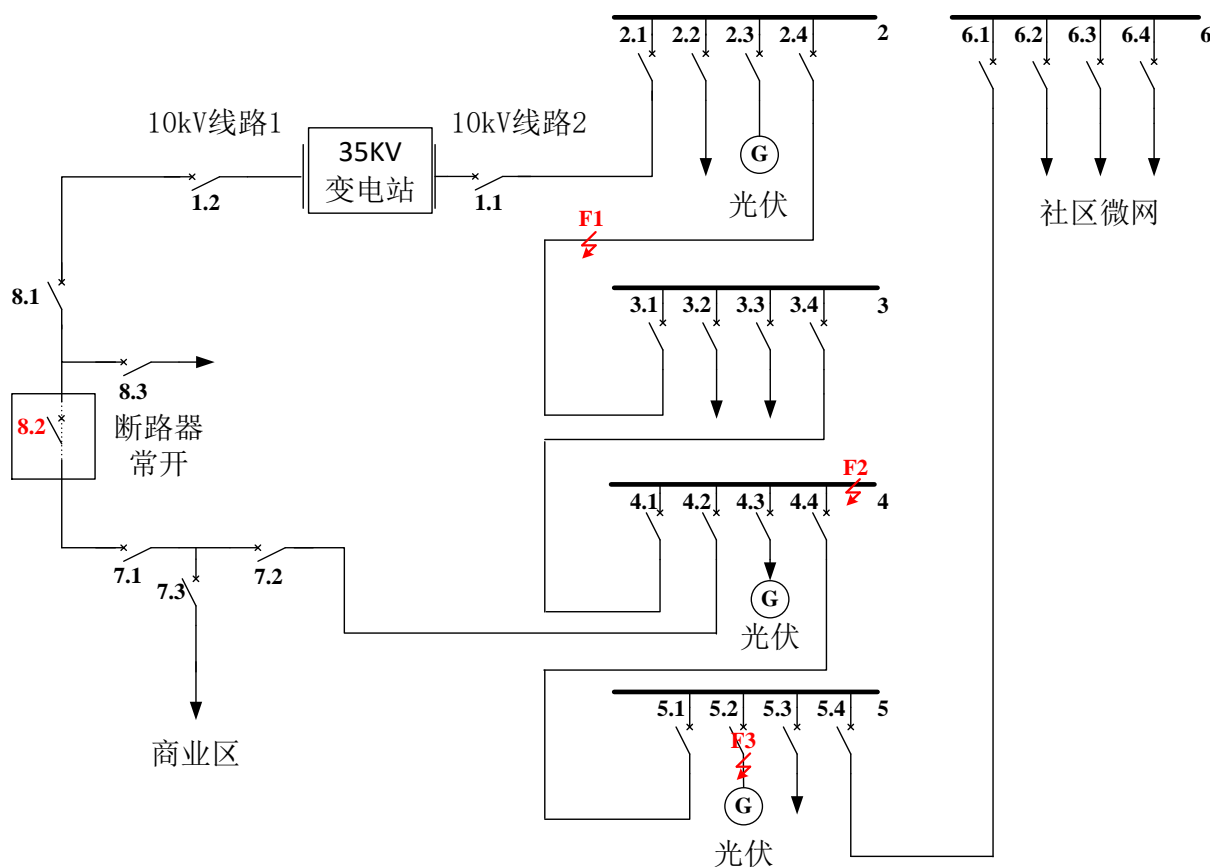
- ❶ 辐射状供电，电流的流向固定：由电源流向负荷
- ❷ 在35kV及以下的配网当中非常普遍



# 单侧电源网络的特点



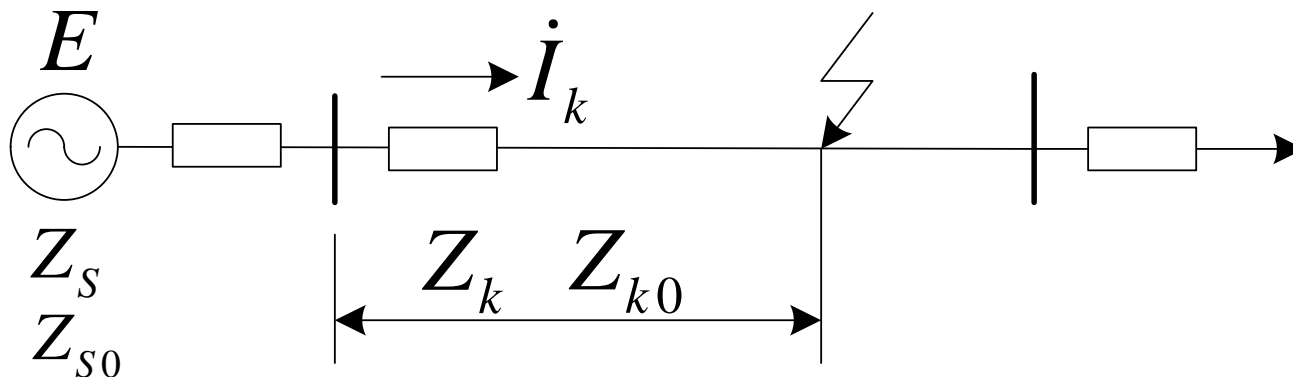
- 进行保护分析时，常对电网拓扑做简化处理。
- 例如，实际配电网常采用“闭环设计，开环运行”



# 相间短路电流特征分析



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



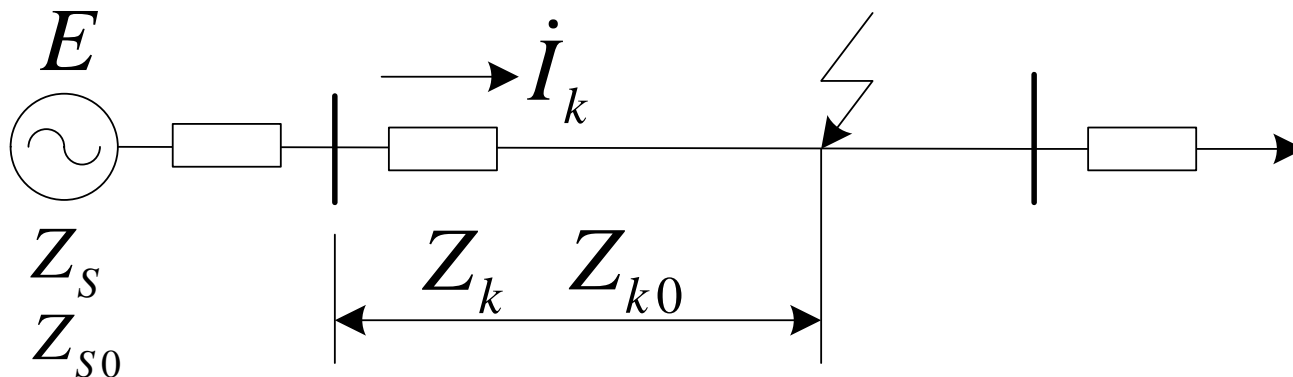
$$d^{(3)} : \dot{I}_k = \frac{\dot{E}_{ph}}{Z_S + Z_k}$$

$$d^{(2)} : \dot{I}_{kB} = -\dot{I}_{kC} = -\frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{\dot{E}_A}{Z_S + Z_k}$$

# 短路电流特征分析



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

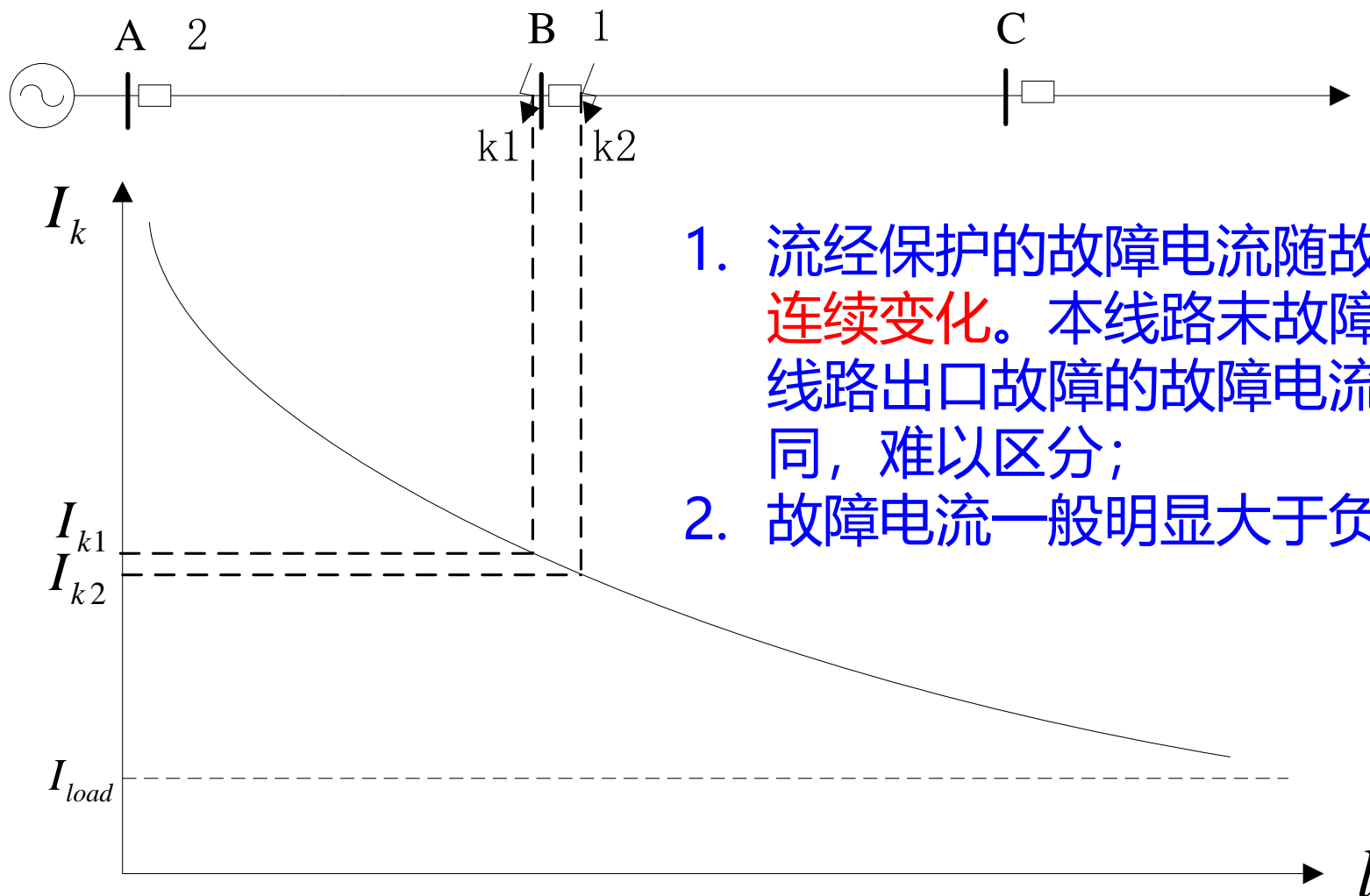


$$d^{(3)} : \dot{I}_k = \frac{\dot{E}_{ph}}{Z_S + Z_k} \quad d^{(2)} : \dot{I}_{kB} = -\dot{I}_{kC} = -\frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{\dot{E}_A}{Z_S + Z_k}$$

可见，影响短路电流的因素有：

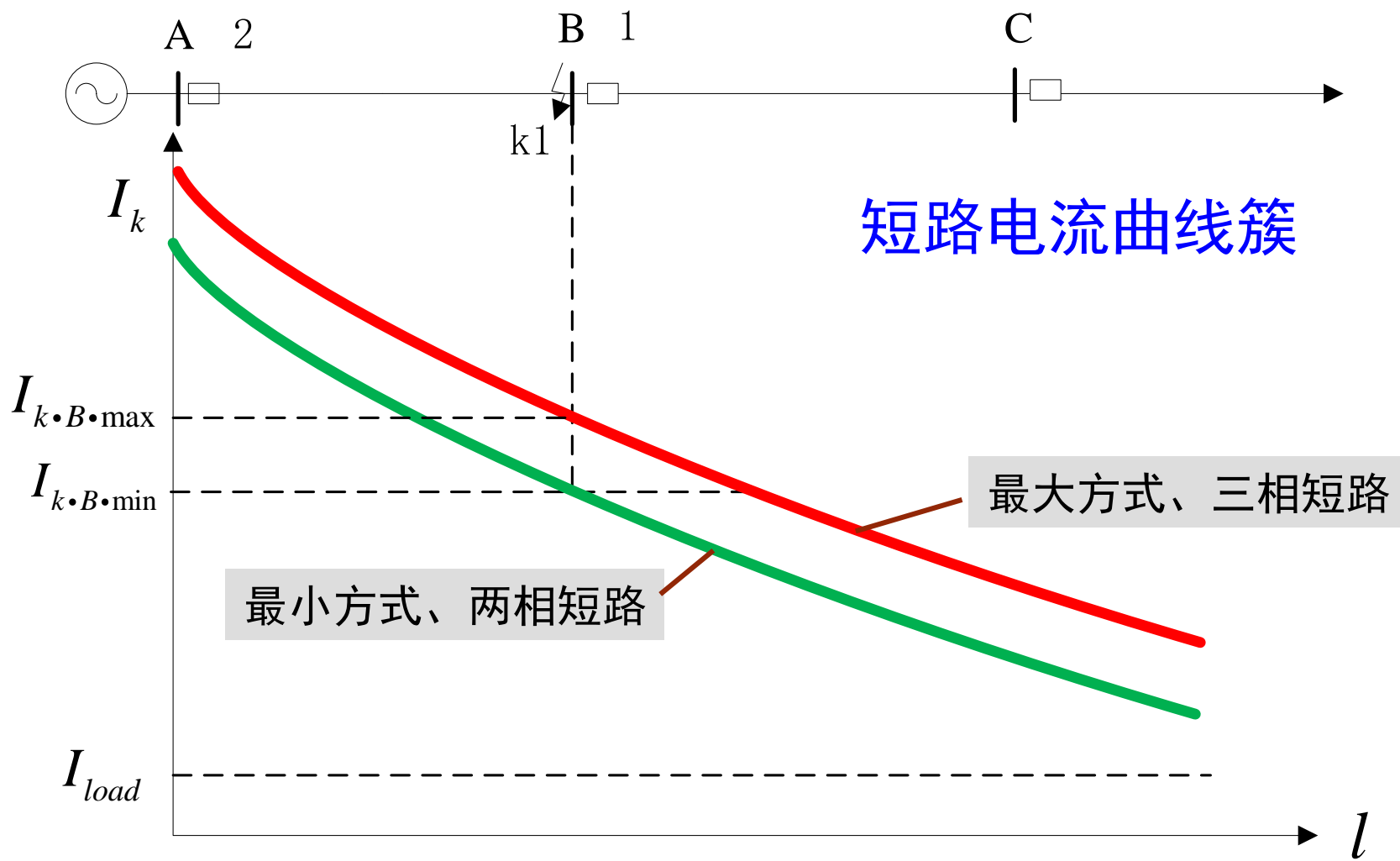
$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式, 电源电势}) + \varepsilon$

$$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式...}) + \varepsilon$$



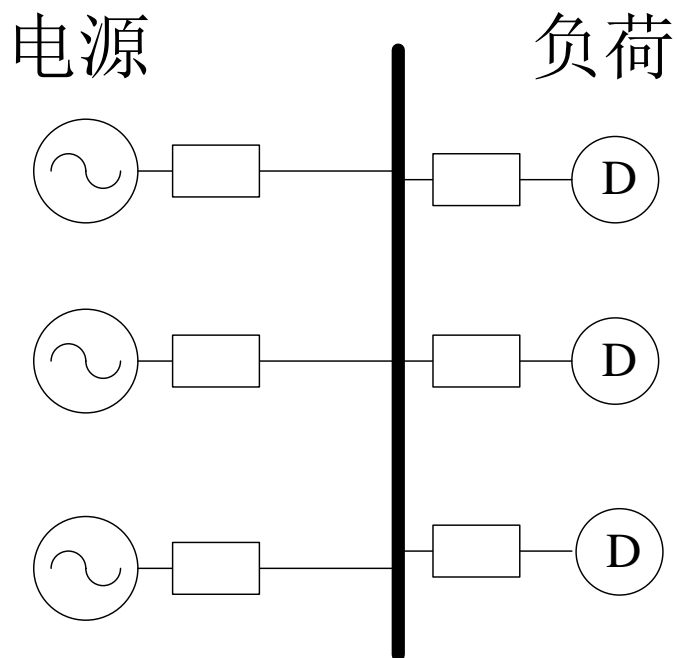
1. 流经保护的故障电流随故障位置连续变化。本线路末故障和相邻线路出口故障的故障电流几乎相同，难以区分；
2. 故障电流一般明显大于负荷电流。

$$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式...}) + \varepsilon$$





# 系统运行方式：大方式和小方式

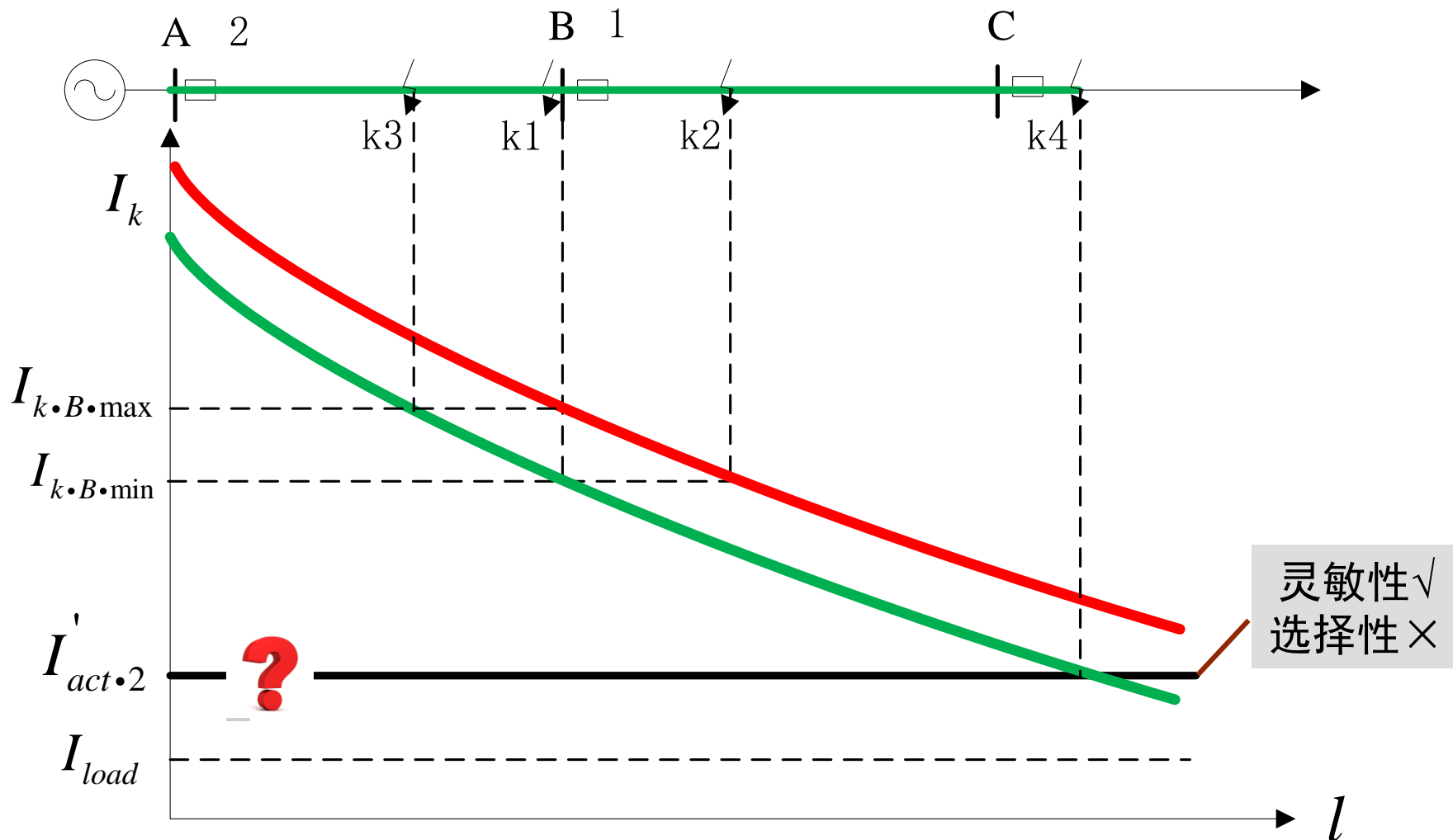


- ④ 电力系统运行方式的改变（电源、输电线路等）将改变系统等值阻抗 $Z_s$ 。
- ④ 在某种系统运行方式下，在相同地点发生相同类型的短路时，如流过保护安装处的电流最大，则对继电保护而言，称该运行方式为**系统最大运行方式**；反之，则称为**系统最小运行方式**。简称为：大方式、小方式。
- ④ 如上图，当负荷较大时，由三个电源一起供电，则属于大方式。

$$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式...}) + \varepsilon$$



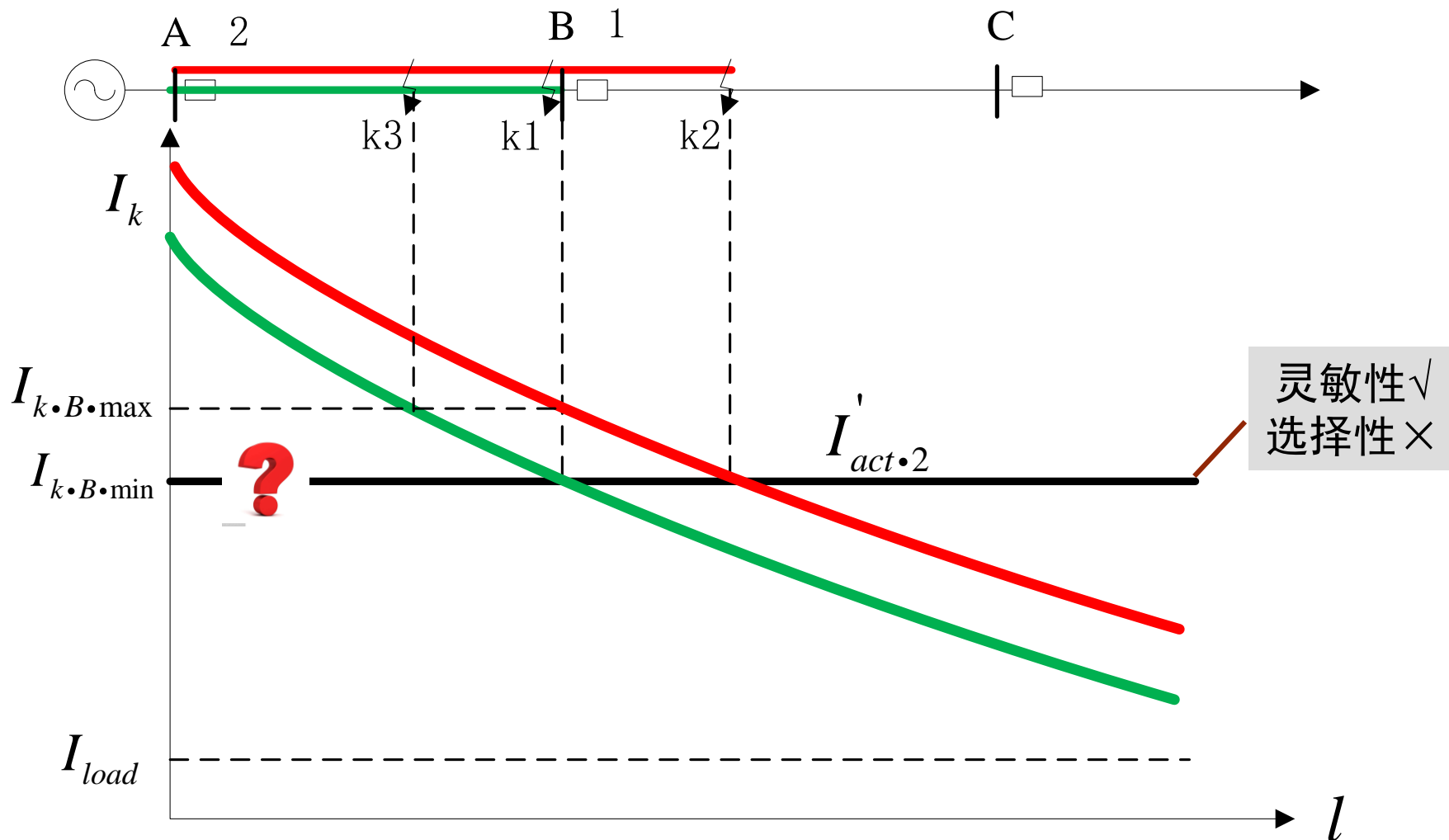
按躲过最大负荷电流整定？



$$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式...}) + \varepsilon$$



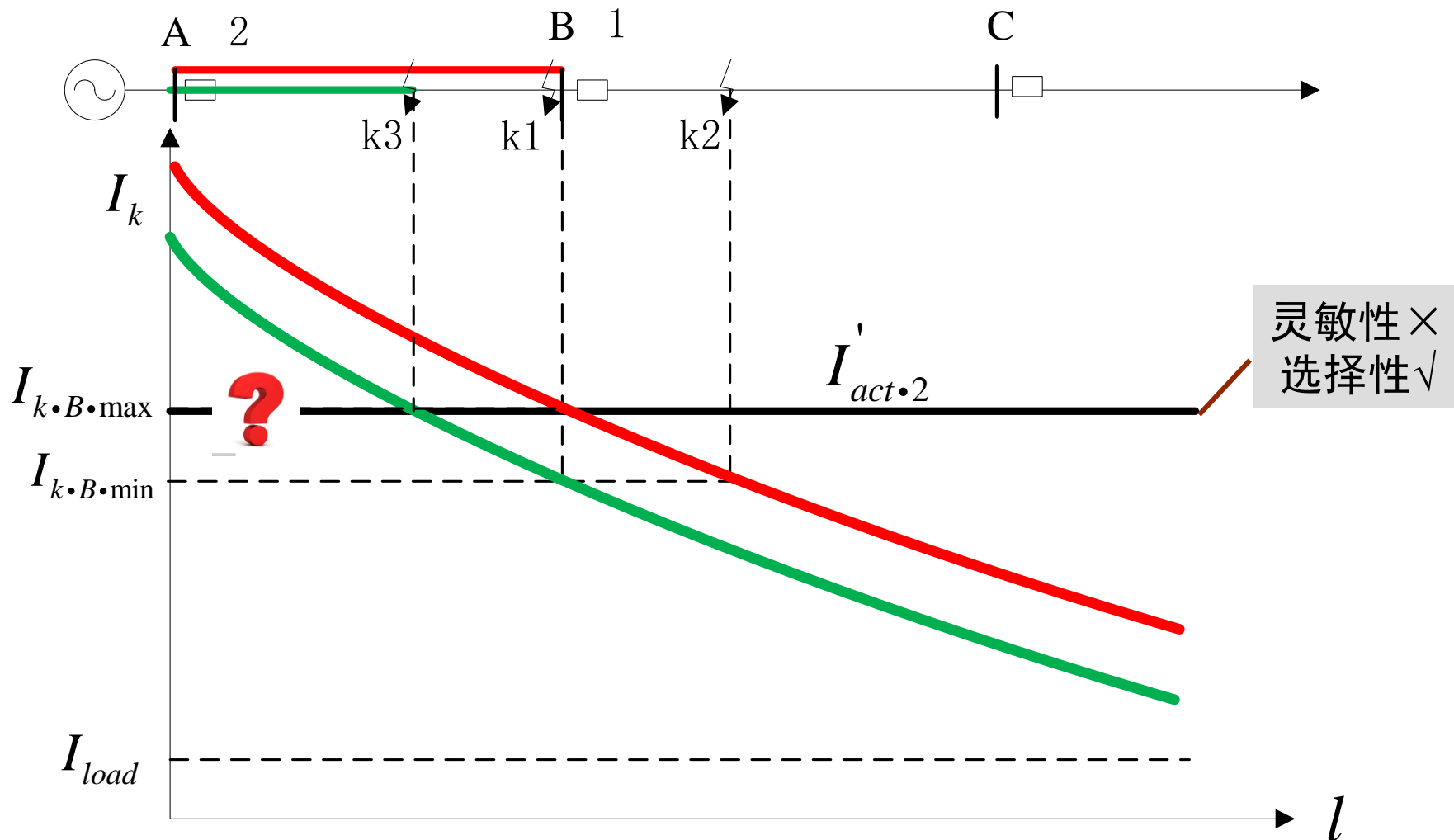
按本线路末端最小短路电流整定？



$$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式...}) + \varepsilon$$



按本线路末端最大短路电流整定？



# 如何处理选择性与灵敏性的矛盾？



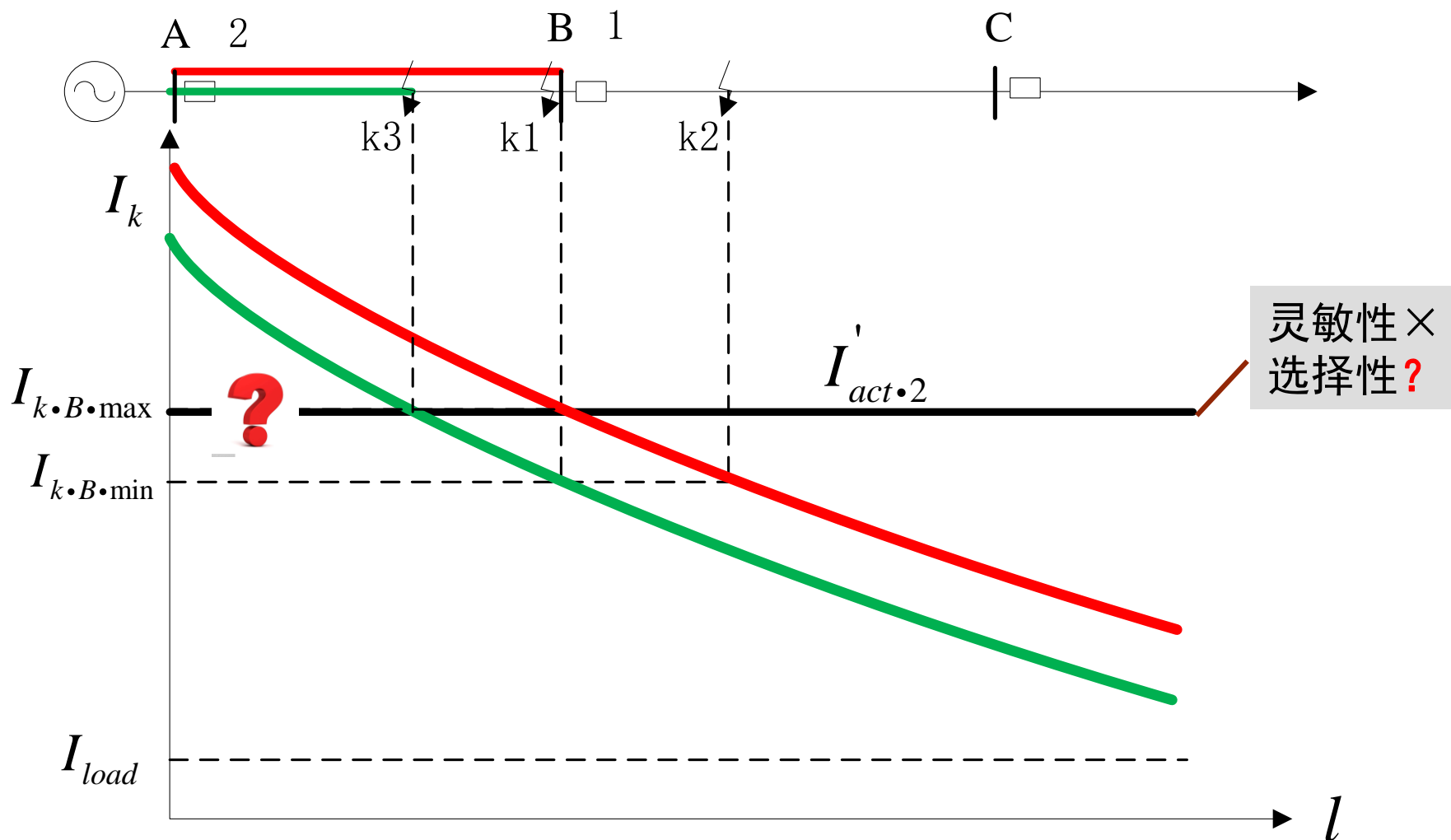
上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

- ④ 首先按**选择性**进行整定计算
- ④ 然后以**灵敏性**作为约束条件，进行校验
  - 校验通过→整定计算结束
  - 校验不通过→增加动作延时、改变保护配置...

$$I_k = f(\text{故障距离, 故障类型, 运行方式...}) + \varepsilon$$



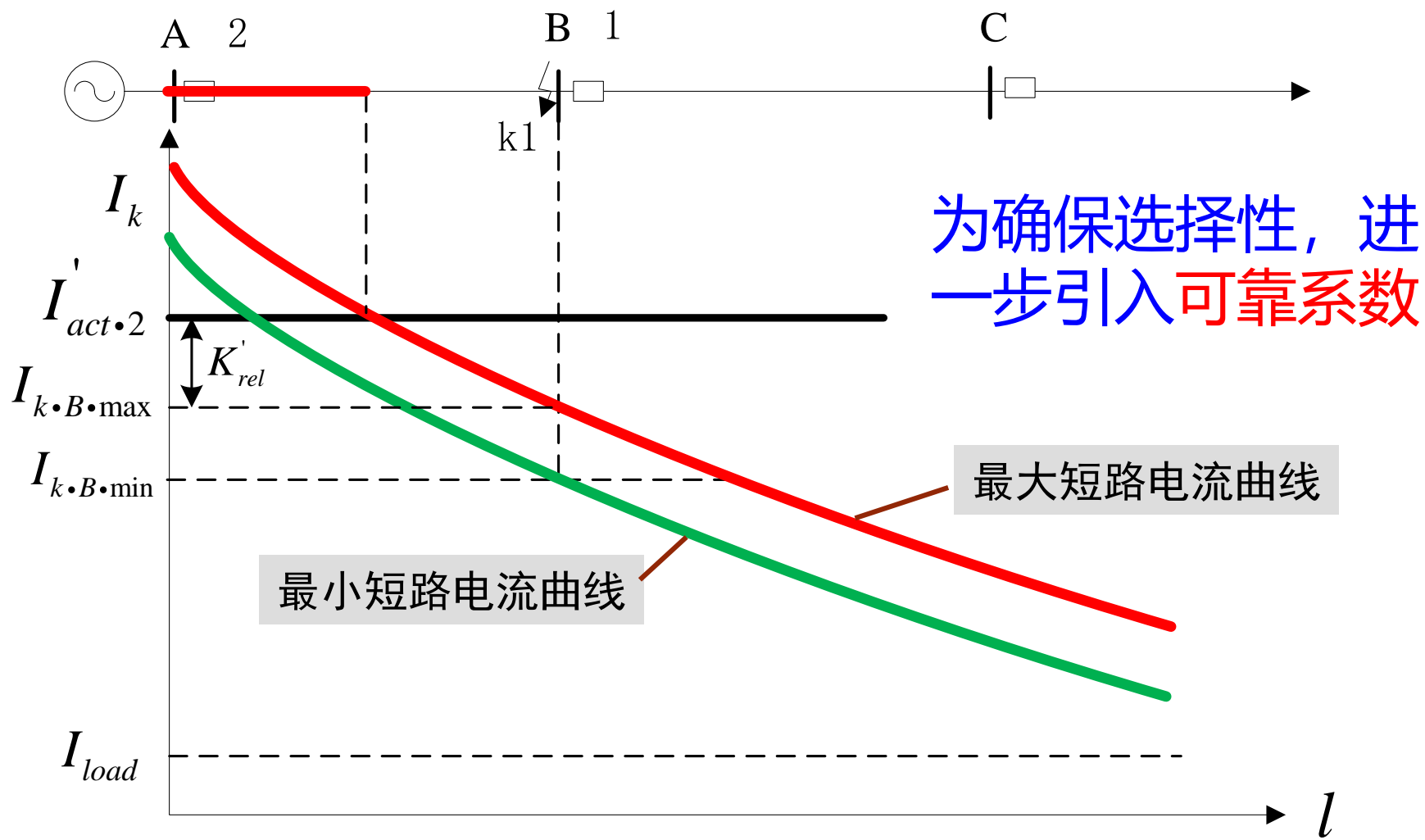
令整定值=本线末端最大短路电流，可以保证选择性吗？



# 整定计算方法



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



# 引入可靠系数——确保不误动



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



## 引入可靠系数的原因：

- 电流互感器存在传变误差
- 实际短路电流可能大于理论计算值
- 对瞬时动作保护还应考虑非周期分量使总电流增大的影响
- 电流继电器的实际起动电流可能小于整定值

→ 考虑各种误差因素，需要留有必要的裕度



# 电流速断保护的整定原则——保证选择性



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

动作定值:  $I_{\text{act}}^{\text{I}} = K_{\text{rel}}^{\text{I}} I_{k \cdot \text{max}}$

动作判据:  $I_m \geq I_{\text{act}}^{\text{I}}$

$I_m$  为流过保护的短路电流幅值（测量值）

$I_{\text{act}}^{\text{I}}$  为继电保护的整定值

$K_{\text{rel}}^{\text{I}}$  为可靠系数，一般取1.2~1.3

$I_{k \cdot \text{max}}$  是指①本线路末端发生短路时可能出现的最大短路电流，即在②最大运行方式下发生③三相短路时的短路电流

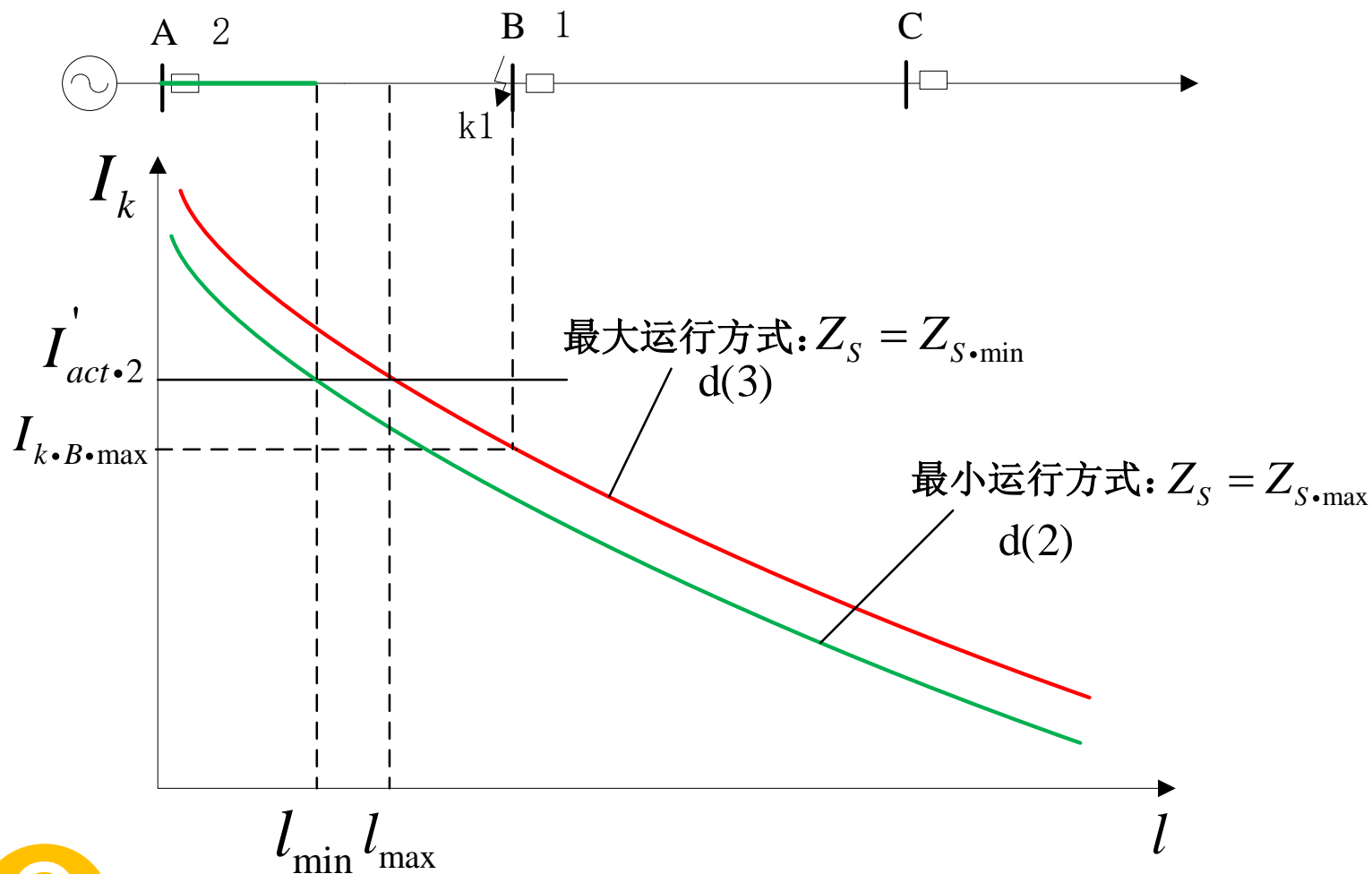
**整定原则可描述为：按躲开下一条线路出口（或本线路末端）处短路的条件整定**

- 电流速断保护的目的是反应本线路的相间短路故障，因此应按照如下标准校验灵敏度：
  - 在系统最小运行方式下发生相间短路时，电流速断保护的保护区应不小于15~20%

# 电流速断保护的保护范围



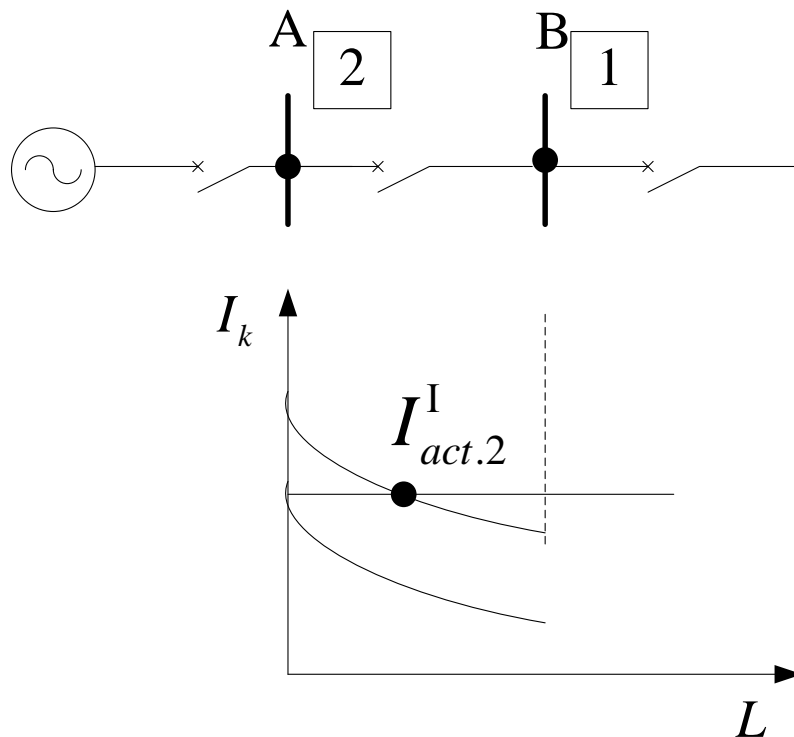
上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



思考:

- 如何计算最小保护范围  $l_{\min}$ ?  $l_{\min}$  会等于0吗?

# 关于保护范围的讨论

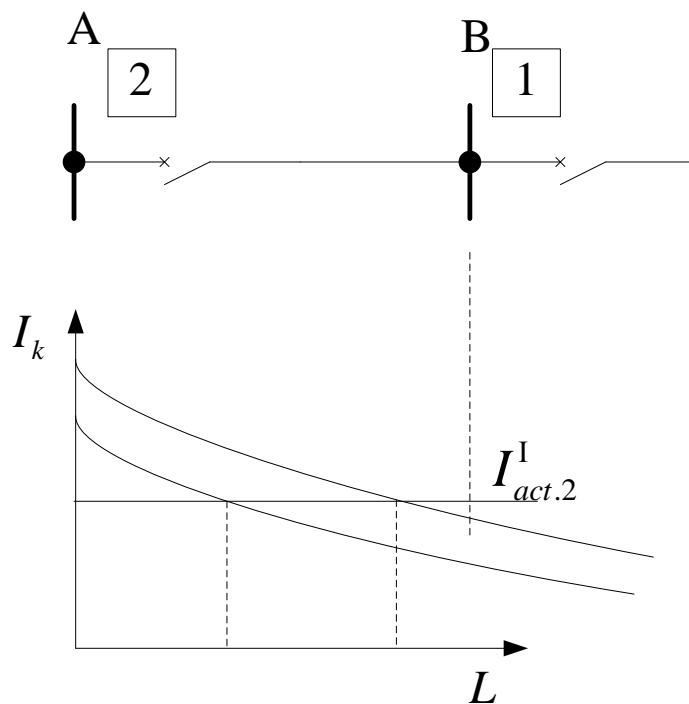


- 当系统运行方式变化很大或者被保护线路很短时，可能没有保护范围

# 关于保护范围的讨论

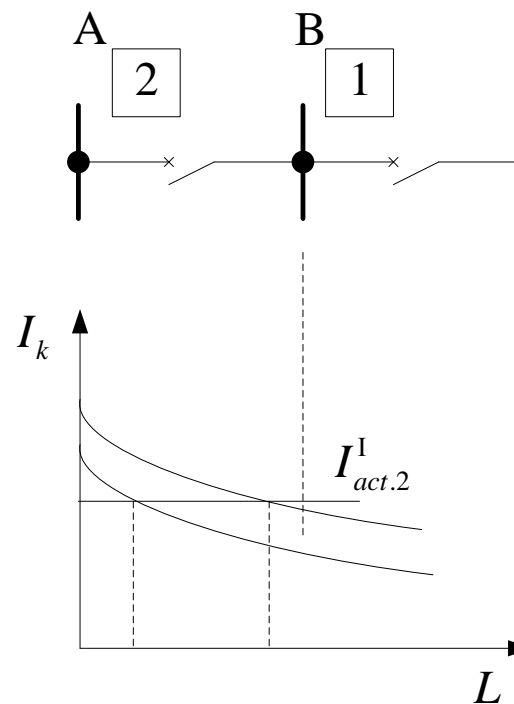


上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



(a)

长线路



(b)

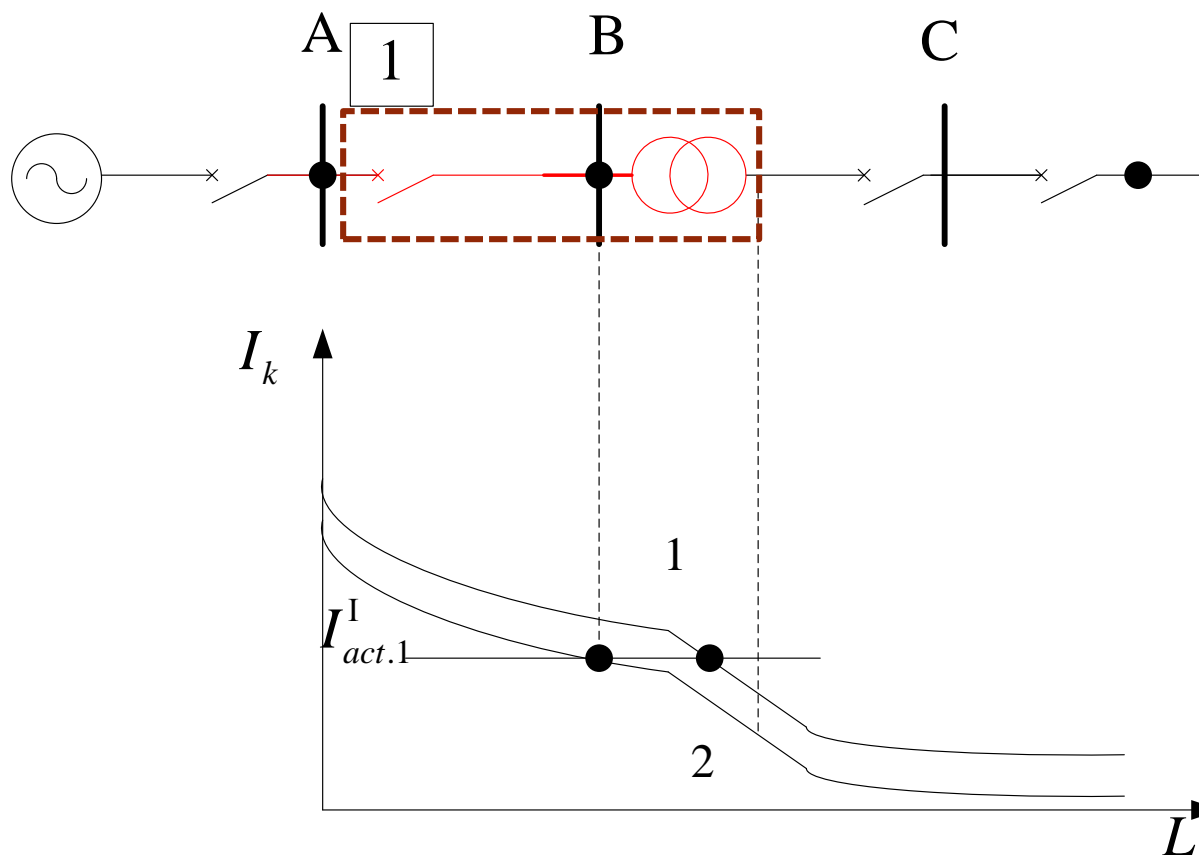
短线路

④ 线路越短，保护范围受运行方式的影响相对越大

# 关于保护范围的讨论



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

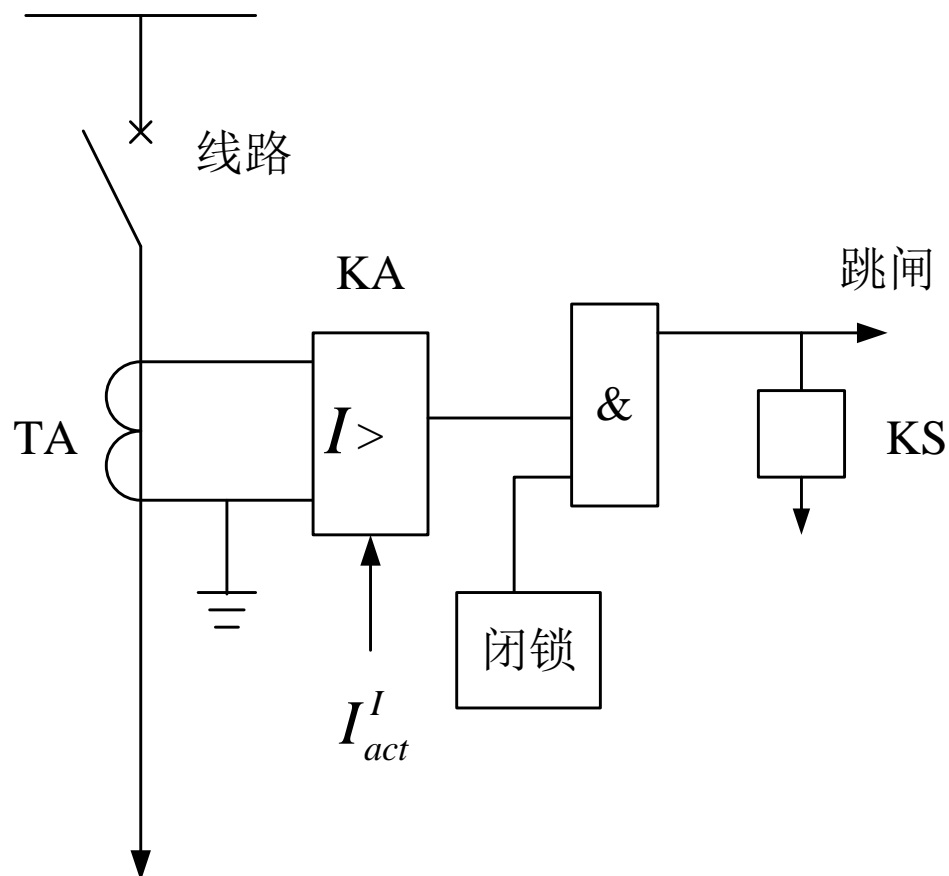


- ④ 线路末端采用线路-变压器组时，可视为一个元件。
- ④ 可按躲开变压器低压侧线路出口处短路来整定，其保护范围（延伸到变压器内部）可保护线路全长

# 单相原理接线图



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



- ④ 优点：简单可靠，动作迅速
- ④ 缺点：不能保护线路的全长，保护范围直接受系统运行方式变化的影响。