

欢迎电子学院第二批新同学。。。



兴趣 认真 执著 创新

《电子线路分析与设计》

第一讲：线性电路分析基础

胡薇薇

2023. 9. 11

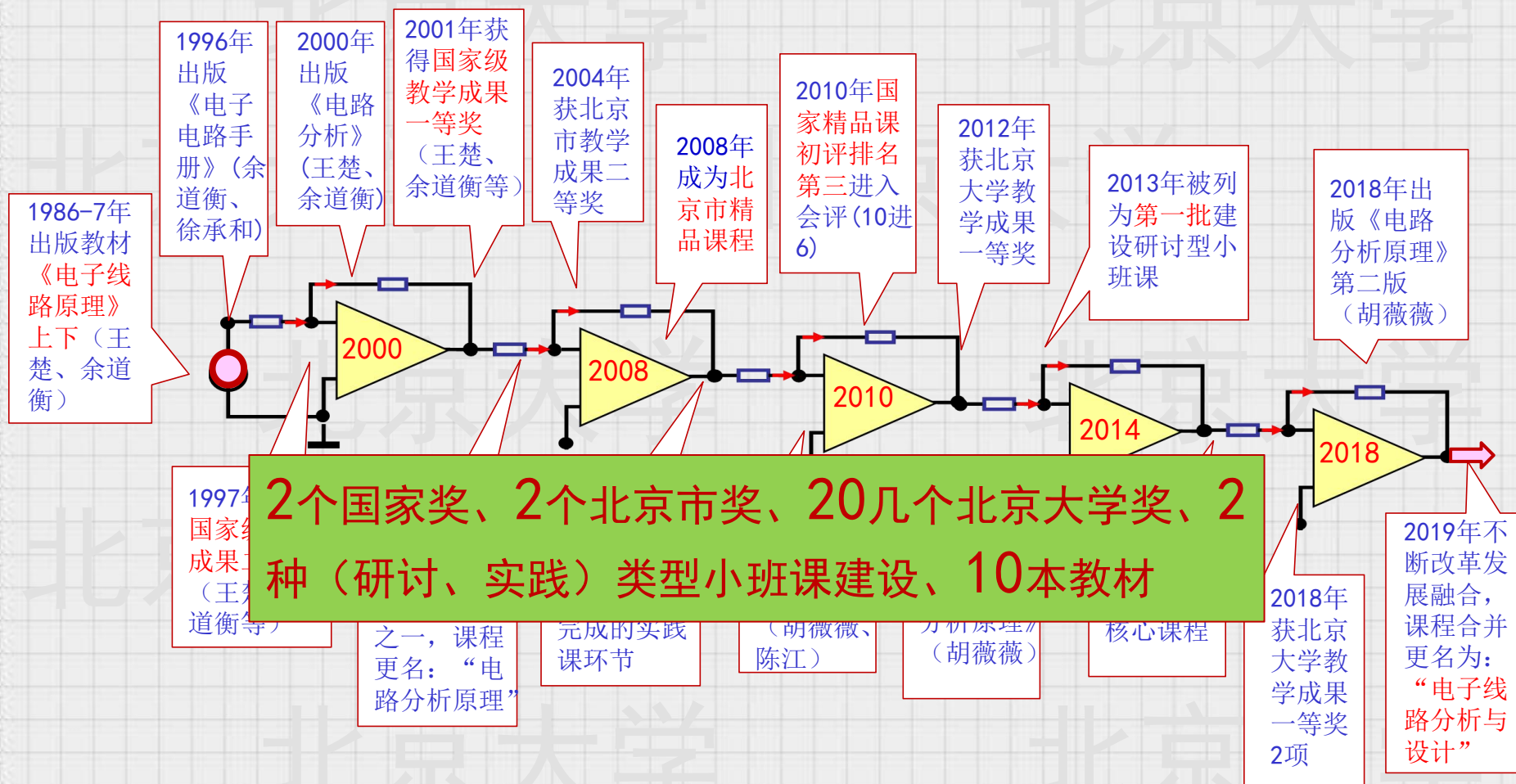


北京大学

课程发展



余道衡先生：北京大学老教授调研组理科组组长
教材6本、国家教学成果一等奖、二等奖各1项（王楚、余道衡等）
听团队**每一位**教师的课、参加团队**每一次**集体备课



北大电子学系的王牌基础课程，三代教师几十年的辛勤耕耘

主要内容

1. 教师队伍介绍
2. 主要参考书介绍
3. 课程总体介绍
4. 线性电路分析基础



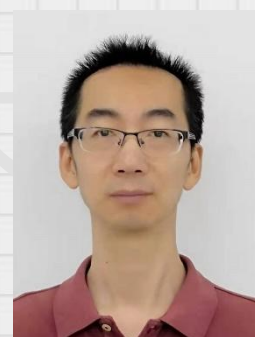
胡薇薇 大班1/3
地学203小班1



陈江 大班2/3
地学208小班4



王志军 小班5
地学210



毛新宇 小班3
地学207



张诚 小班2
地学205

小讨论班的课是要选的！

北大精神：自由、民主、交流、审视、批判、原创

燕大校训：因真理、得自由、以服务

Freedom through truth for service

主要参考书

说起来都是泪。。。

两本书编写出版日历:

[2021年12月17日](#)促成北大清华两校联合出版

《电路分析原理》第三版

[2021年12月31日](#)完成《第三版》修订稿

[2022年2月22日](#)完成两本书致谢

[2022年3月8日](#)完成《习题解》(北大)初稿

[2022年3月8日](#)完成《第三版》一校

[2022年4月21日](#)完成《第三版》二校

[2022年7月3日](#)完成《习题解》一校

[2022年8月15日](#)完成《习题解》二校

[2022年9月1日](#)完成《第三版》三校

[2022年9月20日](#)《第三版》出版发行

[2022年9月21日](#)完成《习题解》三校

[2022年11月8日](#)完成《习题解》四校

[2022年12月9日](#)完成《习题解》五校

[2023年2月26日](#)完成《习题解》六校

[2023年3月13日](#)完成《习题解》质检校对

[2023年3月27日](#)《习题解》排队印刷

[2023年4月6日](#)《习题解》出版发行



一本书

第三版

→半价

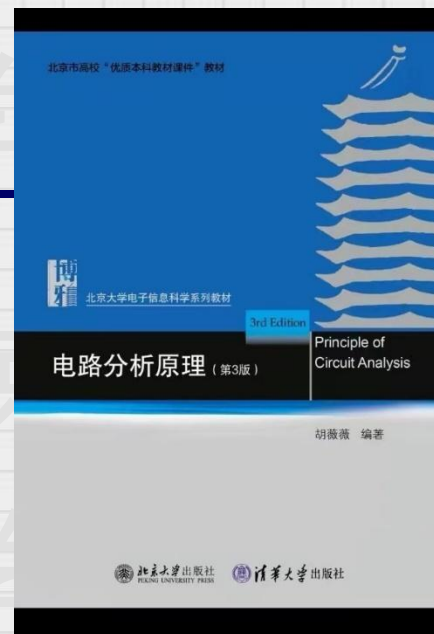
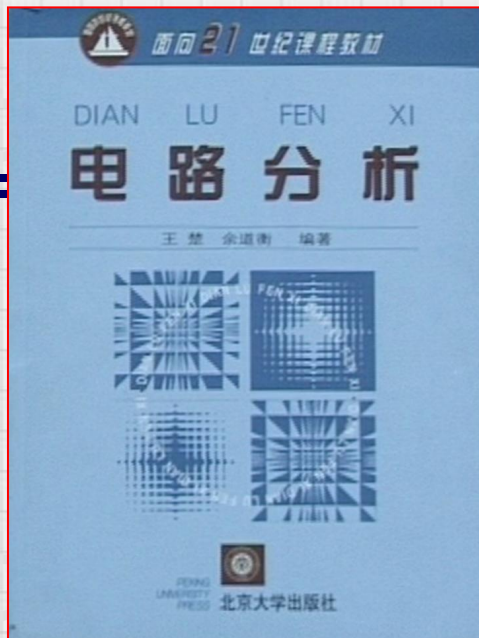
发现原则性错误
就送书。。。

习题解

发现原则性错误非常感谢, 没书送(捂脸)

主要参考书

课程的教学参考书。。。



1. 胡薇薇 《电路分析原理》 第三版 → 半价
2. 王楚、余道衡 《电路分析》 北大出版社
3. 李瀚荪 《简明电路分析基础》 高教出版社
4. 随便一本英文教材

发现原则性错误就送书。。。

北大“卯字号名人”

薇+24=余+12=李、丁石孙+36=胡适、刘半农+12=陈独秀+12=蔡元培

主要内容

1. 教师队伍介绍
2. 主要参考书介绍
3. 课程总体介绍
4. 线性电路分析基础

课程总体介绍-电路分析的定位

? 什么是<<电路分析>>

? ? <<电路分析>>讲授什么

? ? ? 这门课能让我们学到什么

课程总体介绍-电路分析的定位

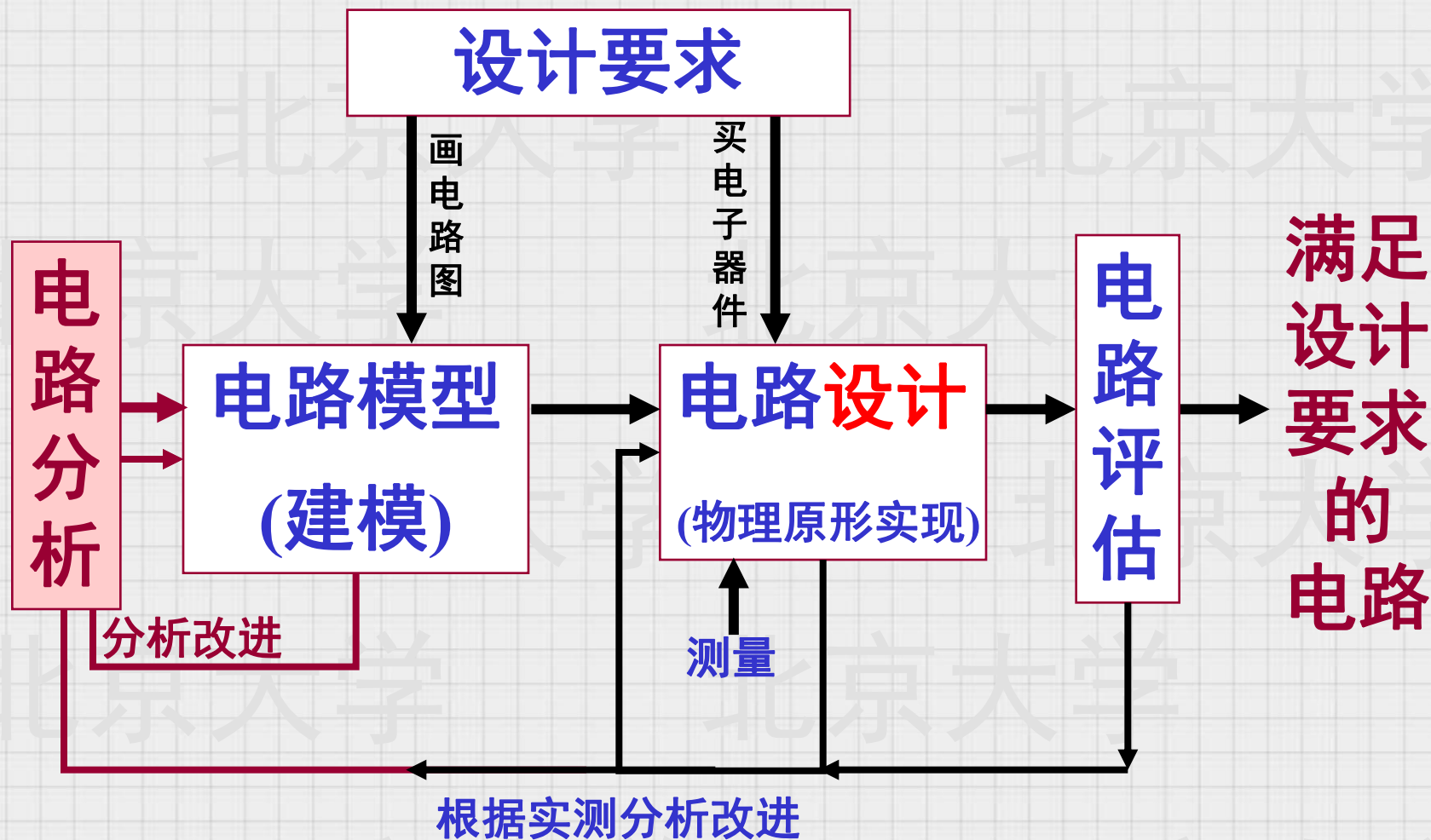
李翰荪先生:多种多样的电路受共同的基本规律支配, 从而形成<<电路分析>>这一学科.

中科大:系统和深入地探讨电路中普遍和基本的规律, 为电路分析和综合提供理论基础.

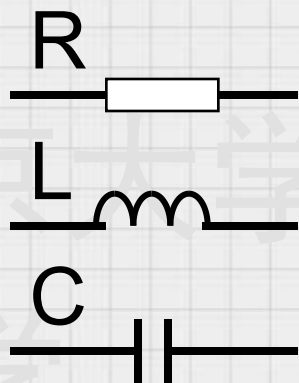
清华:研究电路定律, 定理和分析方法. 这些知识是认识和分析实际电路的理论基础, 是分析和设计电路的重要工具.

北大:以‘电路’为题, 体现‘电路’ ‘光纤’ ‘波导’等系统的分析方法的基础课. 为后续课程打基础.

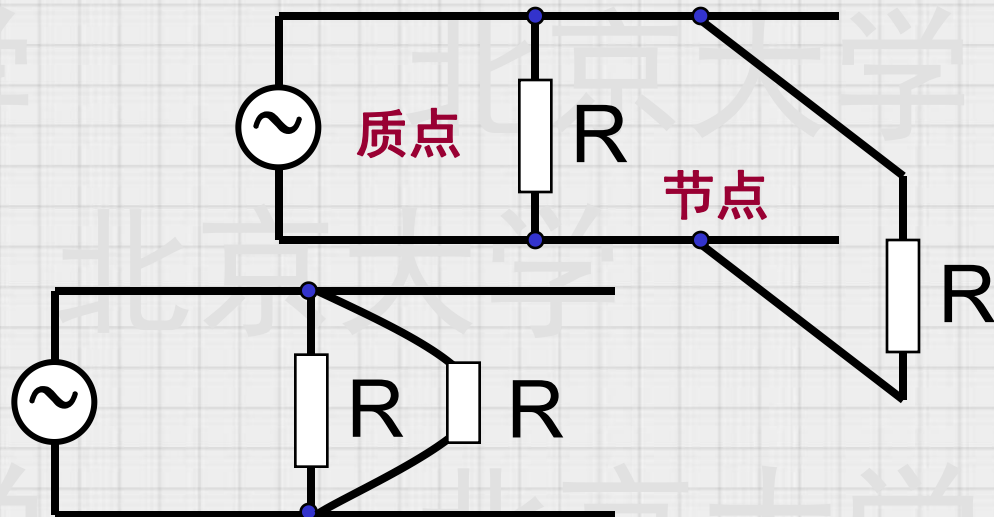
课程总体介绍-电路分析的定位



课程总体介绍-电路分析的定位



集总的分立器件，导线只是电流的通路

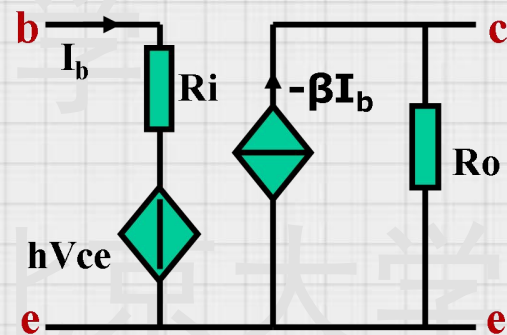
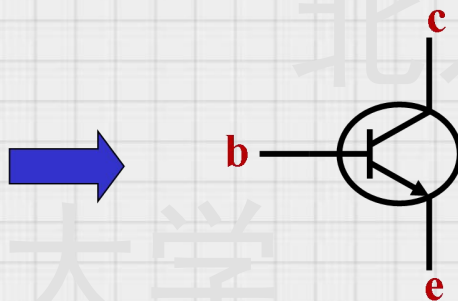


电路分析

电路模型
(建模)

分析改进

三极管




课程总体介绍-电路分析的定位

在**集总假设**的条件下, 研究电路中所遵循的
普遍(基本)规律、研究电路中可行的**分析**
原理的一门**基础理论课**。

授人以**鱼**, 不如授之以**渔**


课程总体介绍


 线性电路分析基础三章（8-10学时）


 拉氏分析（4-6学时）

 傅氏分析（4-6学时）

} 扔给信号与系统

 网络定理和网络分析（4-6学时）

 双口网络分析（4-8学时）

 传输线(链式网络)分析

} 扔给高年级高频电子线路

 非线性电路分析基础

} 扔给后 2/3 课程

各章节相关的数学知识储备

第二章：线性常参量微分方程的求解，

第三章：复数运算

第四章：拉普拉斯变换

第五章：傅立叶级数，傅立叶变换

第六章：线性常参量微分方程组，图论基础
矩阵计算

北京大学 2023—2024 学年校历

第一学期 (2023. 9. 11—2024. 1. 14)

时间表

周次		星期						
		一	二	三	四	五	六	日
	八月	14	15	16	17	18	19	20
	八月	21	22	23	24/31	25	26	27
	九月					1	2	3
	九月	4	5	6	7	8	9	10
1	九月	11	12	13	14	15	16	17
2	九月	18/25	19/26	20/27	21/28	22/29	23/30	24
3	十月							1
4	十月	2	3	4	5	6	7	8
5	十月	9	10	11	12	13	14	15
6	十月	16	17	18	19	20	21	22
7	十月	23/30	24/31	25	26	27	28	29
8	十一月			1	2	3	4	5
9	十一月	6	7	8	9	10	11	12
10	十一月	13	14	15	16	17	18	19
11	十一月	20/27	21/28	22/29	23/30	24	25	26
12	十二月	1		2		1	2	3

小班研讨



期中1考10月23日-->

期中2考11月27日-->

成绩:

期中考试

20X2分

期末考试

25分

作业

10分

小班研讨

25分

答疑: A: 随堂

B: 微信 (回复迟的话请谅)

时间表

关于小班35分:

- 1) 要研讨 (审视、思辨、积极参与)
- 2) 有考勤 (请假有医生证明)
- 3) 要报告 (用ppt做限时7-10分钟的报告)
- 4) 交作业 (时间、要求明天晚上问老师)

成绩:

期中考试

20X2分

期末考试

25分

作业

10分

小班研讨

25分

报告要求:

审视、思辨, 用你的理解和观点总结学过的课程或相关拓展。考察以下5个方面的能力: 沟通能力、表达能力、理解能力、概述能力、质疑能力。

期中1考1

期中2考11月27日-->

11	月	20/21	21/28	22/29	23/30	24	25	26
12	十二月	1		6		1	2	3
13		4	5	6	7	8	9	10
14		11	12	13	14	15	16	17
15		18	19	20	21	22	23	24
16		25	26	27	28	29	30	31

主要内容

1. 教师队伍介绍
2. 主要参考书介绍
3. 课程总体介绍
4. 线性电路分析基础

第一章：线性电路分析基础

C1-1：线性电路分析导论

C1-2：常见电路元件及其约束方程

C1-3：线性二端（单口）网络的等效

第一章：线性电路分析基础

第一节：线性电路分析导论

 集总假设、基本方法、基本参数、

基本术语、参考方向、

基本定律（KVL、KCL、VCR）

第一节：线性电路分析导论

电：

电力类(强电)——电能的产生、传送、分配、使用

电子类(弱电)——电信号的产生、传送、处理、使用

电信号的分析方法：电磁场理论、电路分析理论

$$E(t, x, y, z), H(t, x, y, z) \Rightarrow \begin{matrix} E(t, z), H(t, z) \\ V(t, z), I(t, z) \end{matrix} \Rightarrow V(t), I(t)$$

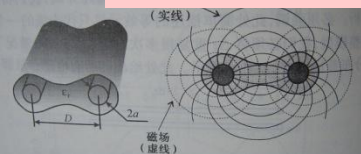
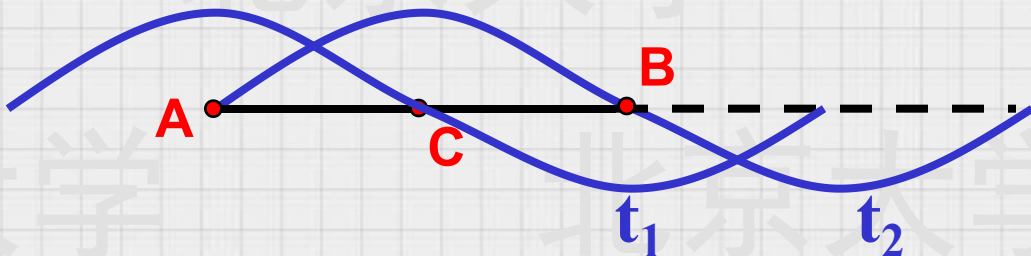
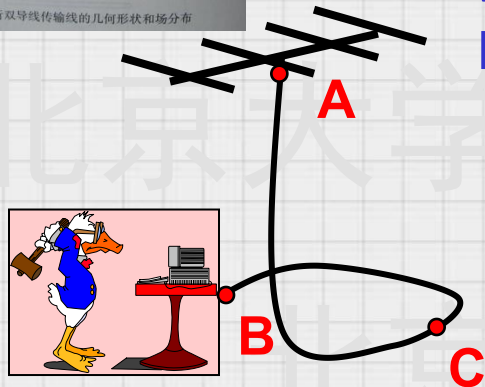


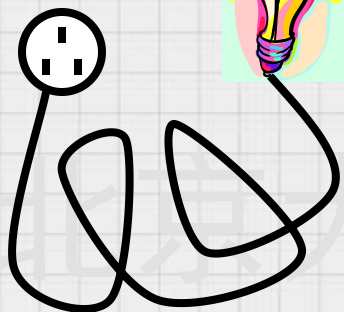
图 2.4 平行双导线传输线的几何形状和场分布

电视 $f=100\text{MHz}$, $\omega=2\pi f$, $C=3\times 10^8\text{m/s}$, $\lambda=C/f=3\text{m}$
 $L=1.5\text{m}$, $V_A(t)=V_m\sin\omega t$, $V_A(t)=-V_B(t)$



第一节：线性电路分析导论

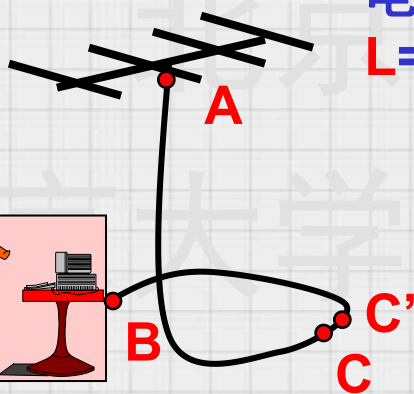
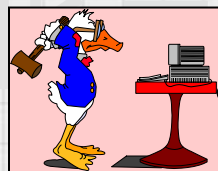
开关合上
瞬间灯亮



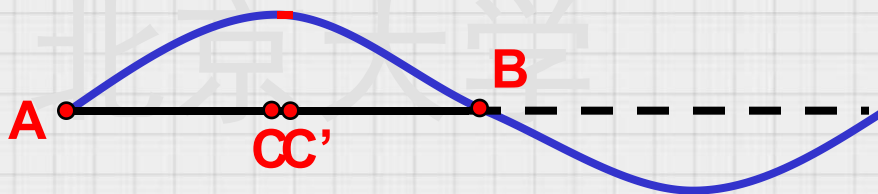
$$f=50\text{Hz}, C=3\times 10^8\text{m/s}, \lambda=C/f=6\times 10^6\text{m}$$
$$L=20\text{m} \ll 6\times 10^4\text{km}$$

电信号的分析方法

当 $L \ll \lambda$ 时、当 $L \sim \lambda$ 时
是不一样的



$$\text{电视 } f=100\text{MHz}, \omega=2\pi f, C=3\times 10^8\text{m/s}, \lambda=C/f=3\text{m}$$
$$L=1.5\text{m}, V_A(t)=V_m\sin\omega t, V_A(t)=-V_B(t)$$



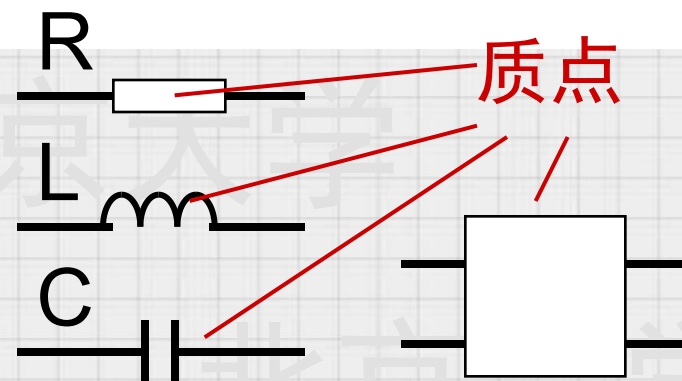
电信号可以在瞬间从C传到C'点

第一节：线性电路分析导论

集总假设条件：

当元件和设备的尺寸很小于电信号的波长时（即 $L \ll \lambda$ 或 $100L \leq \lambda$ ），假设参数特性集中于一个**质点**上。即认为电场集中于电容、磁场集中于电感、损耗集中于电阻、**连线**（导线）无耗。

这一“路”的分析方法的**实质**，是只研究元件端口上的**外部特性**（ V 、 I 、 P ），不考虑元件内部的电磁作用。

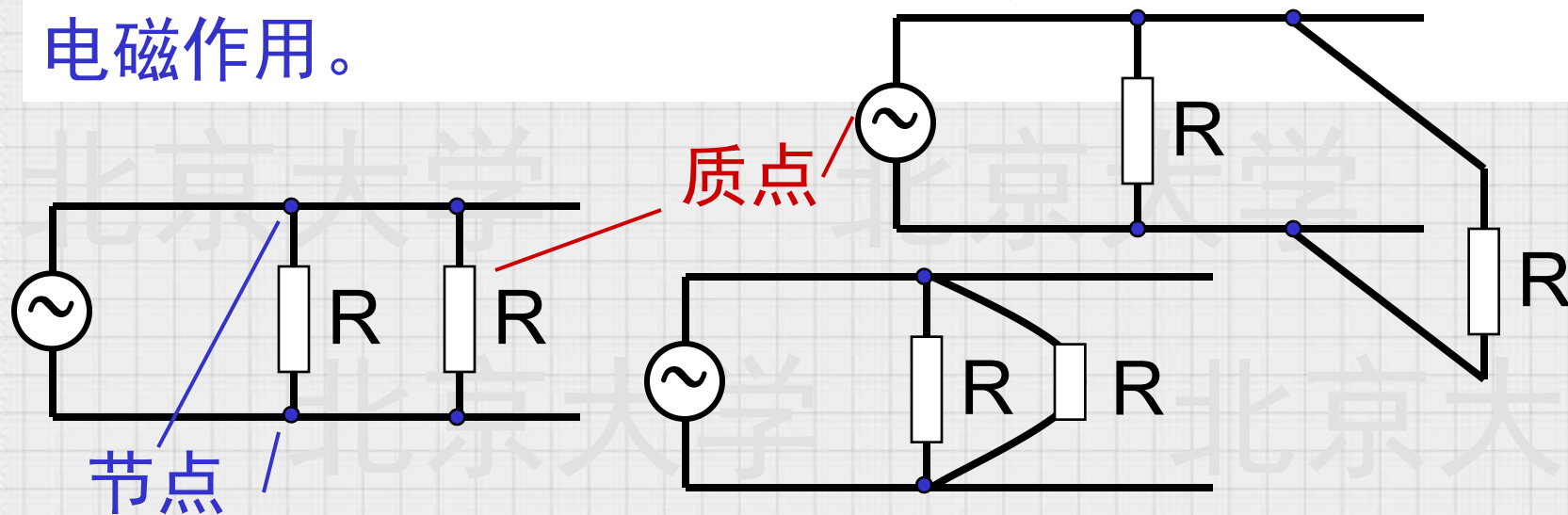


第一节：线性电路分析导论

集总假设条件：

当元件和设备的尺寸很小于电信号的波长时（即 $L \ll \lambda$ 或 $100L \leq \lambda$ ），假设参数特性集中于一个**质点**上。即认为电场集中于电容、磁场集中于电感、损耗集中于电阻、**连线**（导线）无耗。

这一“**路**”的分析方法的**实质**，是只研究元件端口上的外部特性（ V 、 I 、 P ），不考虑元件内部的电磁作用。



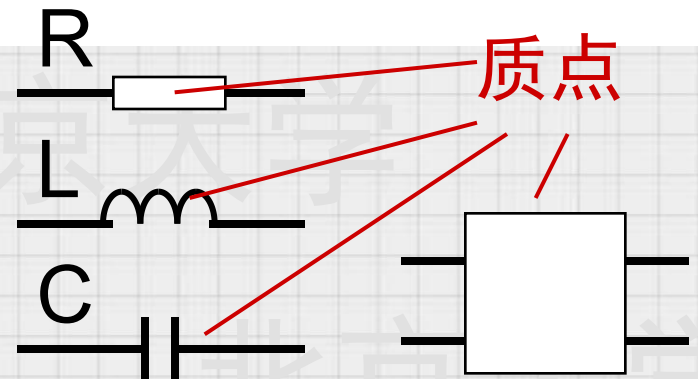
第一节：线性电路分析导论

集总假设条件：

当元件和设备的尺寸很小于电信号的波长时（即 $L \ll \lambda$ 或 $100L \leq \lambda$ ），假设参数特性集中于一个质点上。即认为电场集中于电容、磁场集中于电感、损耗集中于电阻、连线（导线）无耗。

这一“路”的分析方法的实质，是只研究元件端口上的外部特性（ V 、 I 、 P ），不考虑元件内部的电磁作用。

只研究元件的外部特性是电路分析的显著特征。



第二节：常见电路元件及其约束方程

元件实例：

建模 等效

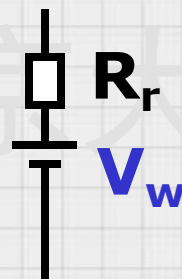
外部特性提取

稳压管

符号

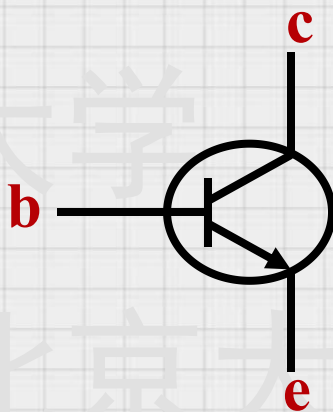


等效

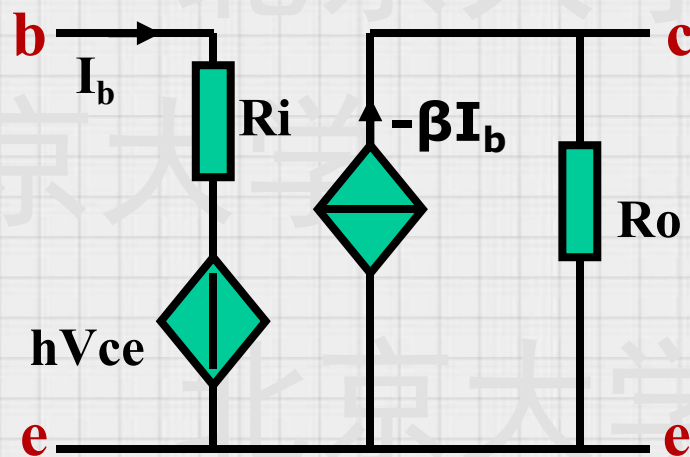


三极管

符号



等效



第一章：线性电路分析基础

第一节：线性电路分析导论

 集总假设、基本方法、基本参数、

基本术语、参考方向、

基本定律 (KVL、KCL、VCR)

三大基本方法：

解析（方程）法、图解法、等效法

第一章：线性电路分析基础

第一节：线性电路分析导论

 集总假设、基本方法、基本参数、

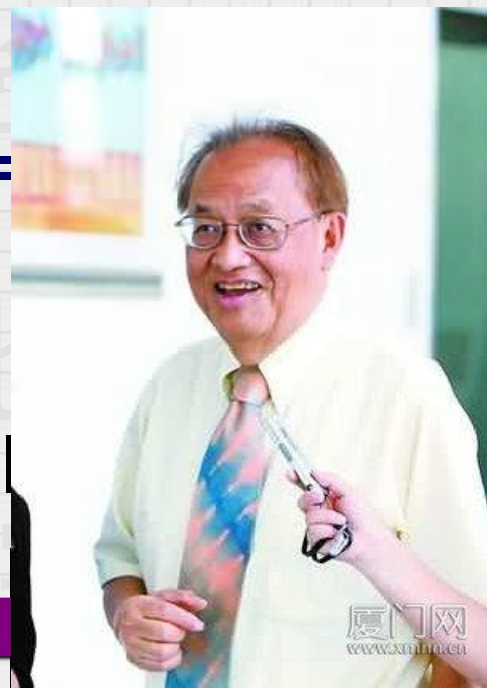
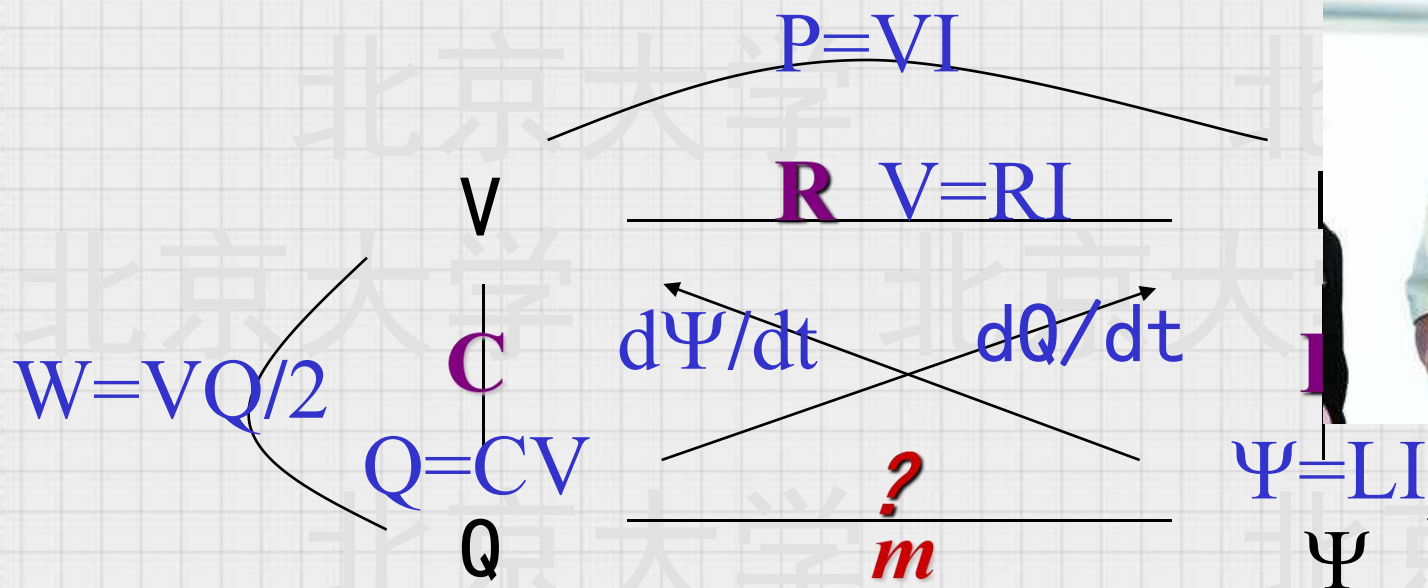
基本术语、参考方向、

基本定律 (KVL、KCL、VCR)

基本参数：R、C、L

基本变量：V、I、P（电量Q、磁通 Ψ 、储能W）

第一节：线性电路分析导论



蔡少棠先生：忆阻器

(Memristor = memory resistor)

“Memristor - the missing circuit element”

基于 IEEE Trans. Circuit Theory 18,507-519(1971,34岁)

基本变量：V、I、P（电量Q、磁通Ψ、储能W）

第一节：线性电路

$$\begin{array}{c} V \\ | \\ C \\ | \\ Q=CV \\ | \\ Q \end{array} \quad \begin{array}{c} d\Psi \\ | \\ Q \end{array}$$
$$W = VQ / 2$$

nature

Vol 453 | 1 May 2008 | doi:10.1038/nature06932

LETTERS

The missing memristor found

Dmitri B. Strukov¹, Gregory S. Snider¹, Duncan R. Stewart¹ & R. Stanley Williams¹

Anyone who ever took an electronics laboratory class will be familiar with the fundamental passive circuit elements: the resistor, the capacitor and the inductor. However, in 1971 Leon Chua reasoned from symmetry arguments that there should be a fourth fundamental element, which he called a memristor (short for memory resistor)¹. Although he showed that such an element has many interesting and valuable circuit properties, until now no one has presented either a useful physical model or an example of a memristor. Here we show, using a simple analytical example, that memristance arises naturally in nanoscale systems in which solid-state electronic and ionic transport are coupled under an external bias voltage. These results serve as the foundation for understanding a wide range of hysteretic current-voltage behaviour observed in many nanoscale electronic devices²⁻¹⁹ that involve the motion of charged atomic or molecular species, in particular certain titanium dioxide cross-point switches²⁰⁻²².

More specifically, Chua noted that there are six different mathematical relations connecting pairs of the four fundamental circuit variables: electric current i , voltage v , charge q and magnetic flux ϕ . One of these relations (the charge is the time integral of the current) is determined from the definitions of two of the variables, and another (the flux is the time integral of the electromotive force, or voltage) is determined from Faraday's law of induction. Thus, there should be four basic circuit elements described by the remaining

propose a physical model that satisfies these simple equations. In 1976 Chua and Kang generalized the memristor concept to a much broader class of nonlinear dynamical systems they called memristive systems²³, described by the equations

$$v = \mathcal{R}(w, i) i \quad (3)$$

$$\frac{dw}{dt} = f(w, i) \quad (4)$$

where w can be a set of state variables and \mathcal{R} and f can in general be explicit functions of time. Here, for simplicity, we restrict the discussion to current-controlled, time-invariant, one-port devices. Note that, unlike in a memristor, the flux in memristive systems is no longer uniquely defined by the charge. However, equation (3) does serve to distinguish a memristive system from an arbitrary dynamical device; no current flows through the memristive system when the voltage drop across it is zero. Chua and Kang showed that the i - v characteristics of some devices and systems, notably thermistors, Josephson junctions, neon bulbs and even the Hodgkin-Huxley model of the neuron, can be modelled using memristive equations²⁴. Nevertheless, there was no direct connection between the mathematics and the physical properties of any practical system, and hence, almost forty years later, the concepts have not been widely adopted.

hp公司：成功设计出一个能工作的忆阻实物模型

"The missing memristor found"

蔡少棠37年前预言被证实，一旦应用将使电脑智能出现革命性改变
可让电脑反复开关并立即恢复记忆，可让手机数周甚至更久不充电，
可以做基础电路设计和对生物记忆行为仿真。。。

基本变量： V 、 I 、 P （电荷 Q 、磁通 Ψ 、储能 W ）



基本型

耄耋之年的蔡少棠教授采用传统的板书形式，在白板上做了大量推导，一丝不苟的精神不禁令全体听众肃然起敬。讲学结束后，他与黄如院士和在场的二十余位师生热烈讨论。

作为忆阻器的发明人，蔡少棠教授的这次到访必将推动北大在相关领域的研究，并推进未来的国际交流与合作。本期讲坛得到“北京大学海外名家讲学计划”的资助。

术与信息化名家讲坛

院、学院科研办公室 浏览量: 439 【字体: 大 中 小】

学系荣誉教授、欧洲科学院外籍院士、被北京大学信息技术与信息化名家讲坛（第70期）特聘研究员杨玉超主

线性电路理论之父”、“细胞类神经网络之父”、电路与系统领域最高奖——古斯塔夫·罗素奖获得者、1971年，他在理论上预测了忆阻器（能够连接电路的实验室的研究者证实，同年，忆阻器的物理特性还入选美国《连线》（Wired）年度十大科技突破、非易失逻辑、数据存储等）有着广阔应用前景，众多高校、科研机构、业界主要半导体公

第一章：线性电路分析基础

第一节：线性电路分析导论

 集总假设、基本方法、基本参数、

基本术语、参考方向、

基本定律（KVL、KCL、VCR定律）

基本术语：（自学）

电路、网络、节点、支路、回路、
端和口。。。

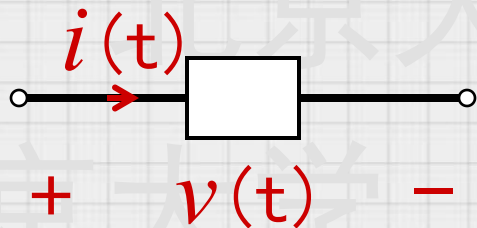
第一章：线性电路分析基础

第一节：线性电路分析导论

📁 集总假设、基本方法、基本参数、

基本术语、参考方向、

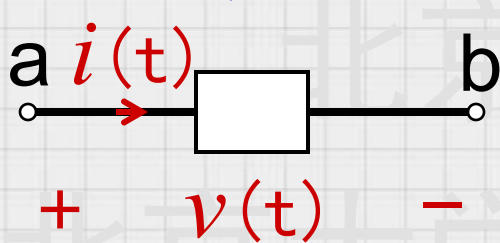
基本定律（KVL、KCL、VCR定律）



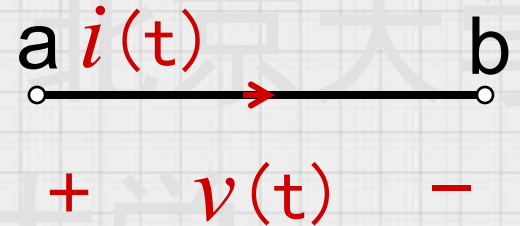
一致参考方向
(关联参考方向)

第一章：线性电路分析基础

$$I=1\text{A}, V=5\text{V}$$



一致参考方向
(关联参考方向)



$$V_{ab}=5\text{V} \quad V=-5\text{V}$$

?

参考方向一旦确定，就无须改变。

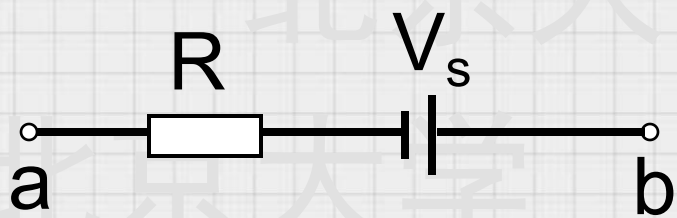
计算结果为正：表示标注与实际相同

计算结果为负：表示标注与实际相反

在一致参考方向下： $P=VI > 0$ ？消耗能量的元件
 < 0 ？提供能量的元件

第一节：线性电路分析导论

课堂练习(小测验):

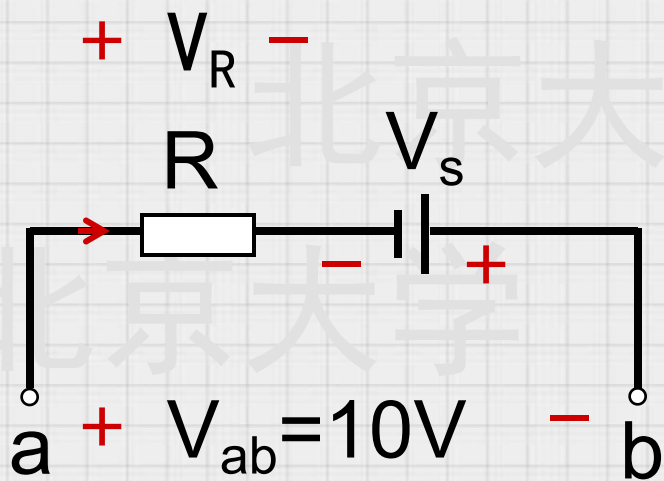


已知: $V_{ab} = V_a - V_b = 10V$,

$R = 2\Omega$, $V_s = -4V$

求: 1. 流过R的电流 $I=?$

2. R两端的电压 $V=?$



$$\begin{aligned} V_R &= V_{ab} + V_s \\ &= 10 + (-4) = 6V \end{aligned}$$

$$I_R = 3A$$

第一章：线性电路分析基础

第一节：线性电路分析导论

 集总假设、基本方法、基本参数、
基本术语、参考方向、
基本定律（KVL、KCL、VCR）

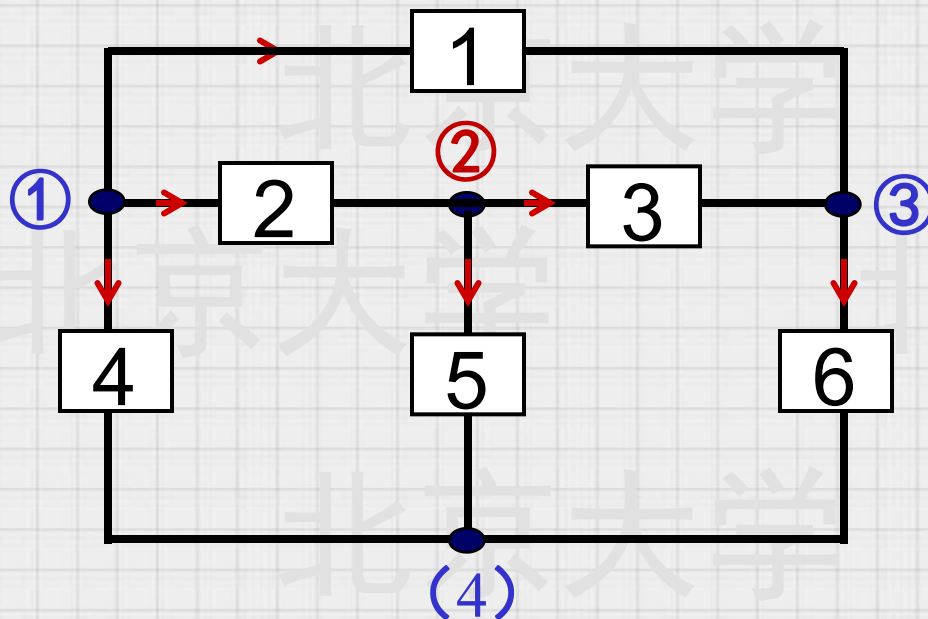
基本定律 (KVL、KCL)

电荷守恒定律 (高斯定理): $\oint \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = 0$

基尔霍夫第一定律: (电流定律、KCL)

任一集总参数电路中的任一节点, 在任一时刻, 流入 (或是流出) 该节点的电流的代数和为零。

记为: $\sum i_j(t_0) = 0$



假设流入节点的代数和:

$$I_2 - I_3 - I_5 = 0$$

假设流出节点的代数和:

$$-I_2 + I_3 + I_5 = 0$$

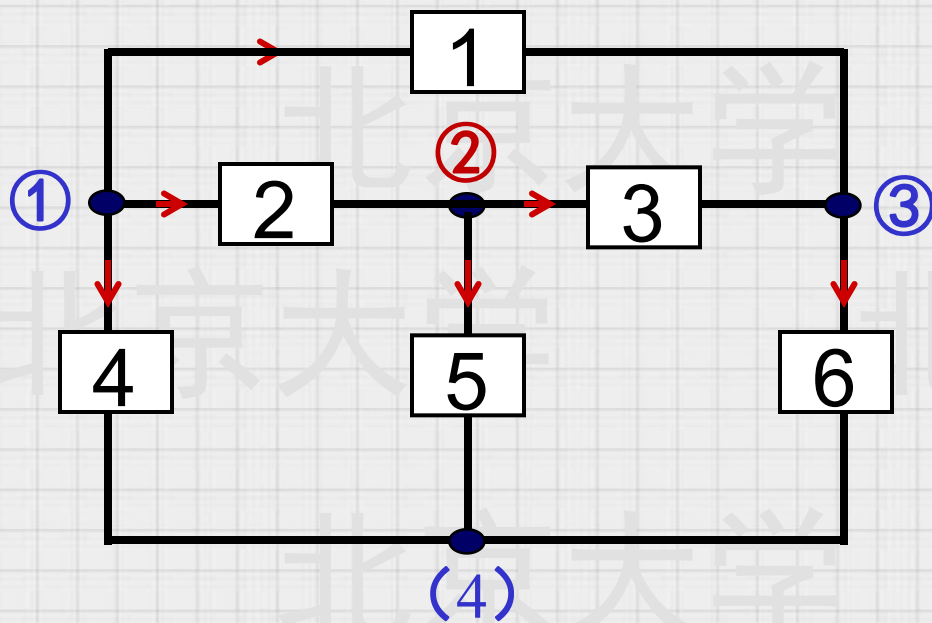
基本定律（KVL、KCL）

描述二：

基尔霍夫第一定律：（电流定律、KCL）

任一集总参数电路中的任一节点，在任一时刻，流入该节点的电流的之和与流出该节点的电流的之和相同。

记为： $\sum i_{j\lambda}(t_0) = \sum i_{j\text{出}}(t_0)$



$$I_2 = I_3 + I_5$$

$$I_4 + I_5 + I_6 = 0$$

$$I_1 + I_3 - I_6 = 0$$

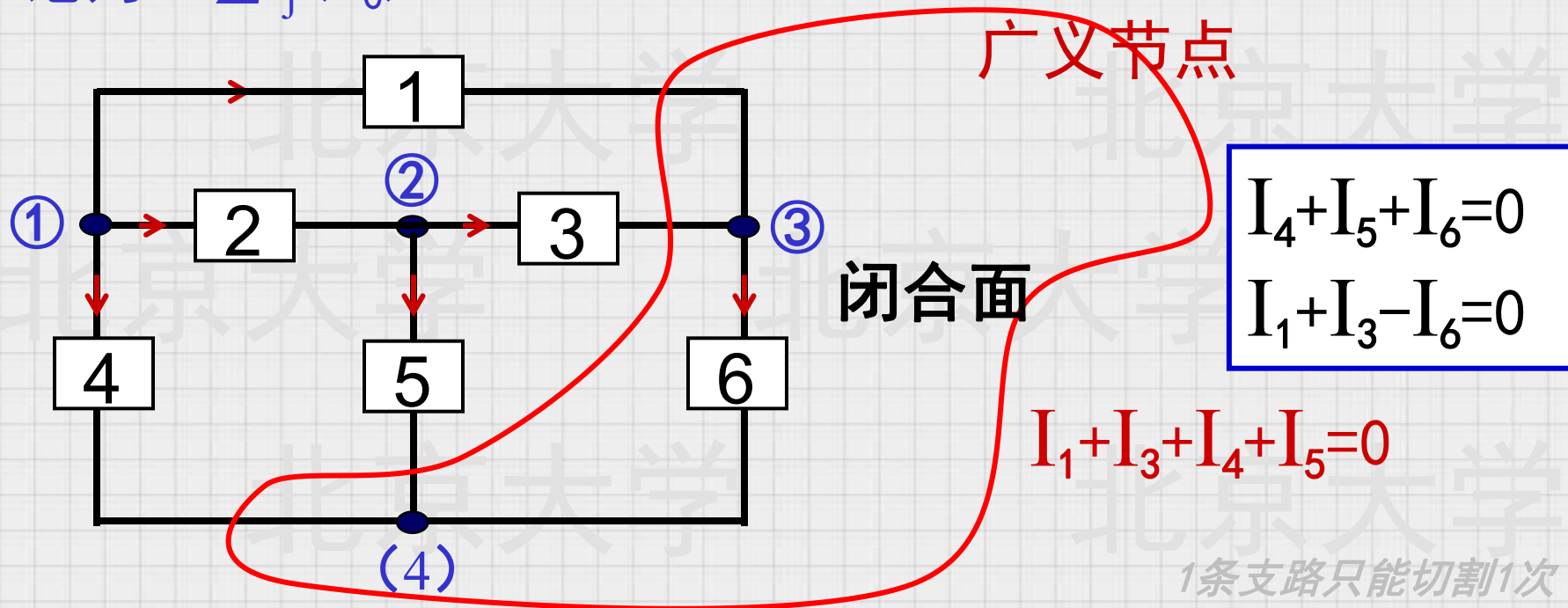
基本定律 (KVL、KCL)

电荷守恒定律 (高斯定理): $\oint \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = 0$

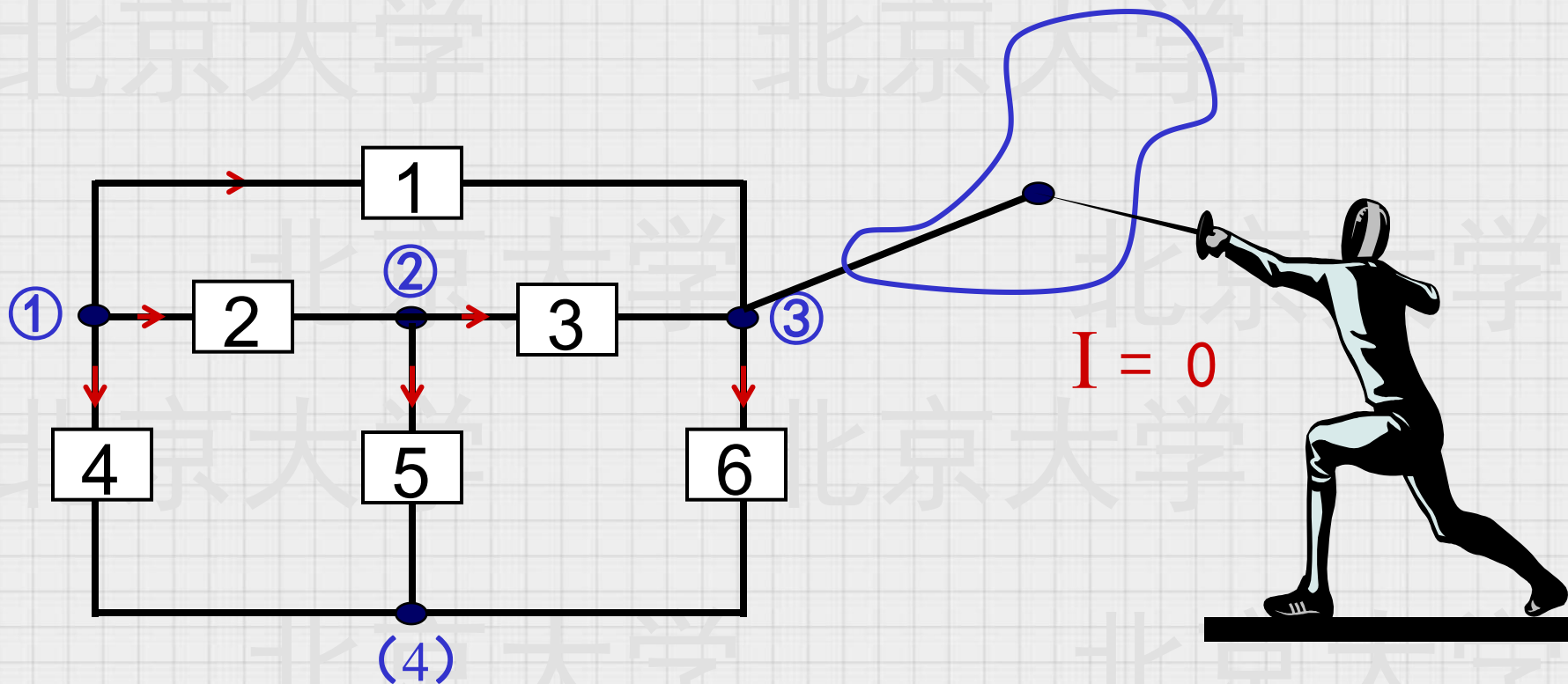
基尔霍夫第一定律: (电流定律、KCL)

任一集总参数电路中的任一节点, 在任一时刻, 流入 (或是流出) 该节点的电流的代数和为零。

记为: $\sum i_j(t_0) = 0$



基本定律 (KVL、KCL)



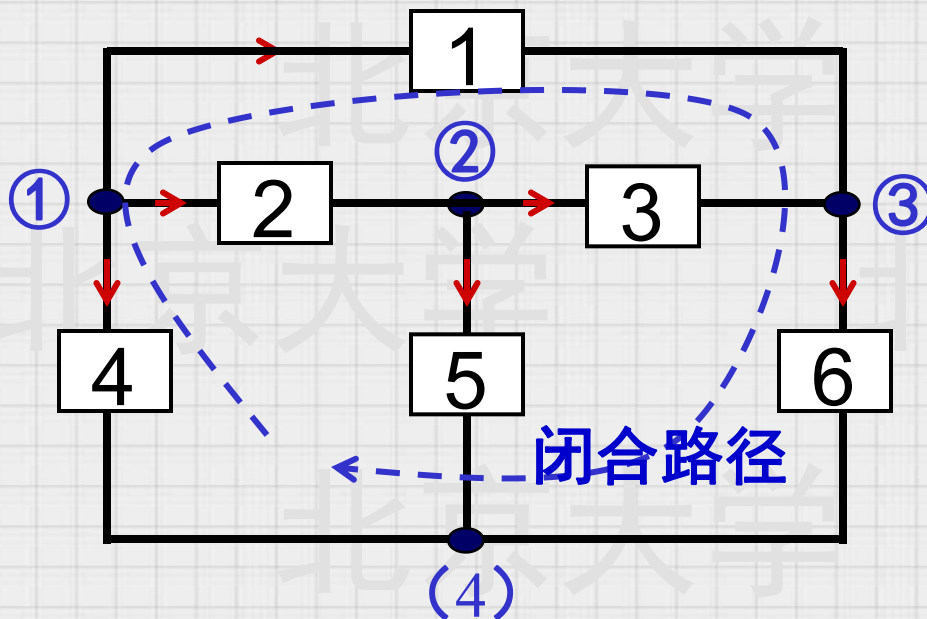
基本定律 (KVL、KCL)

电势守恒定律 (环路定理): $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$

基尔霍夫第二定律: (电压定律、KVL)

任一集总参数电路中的任一回路, 在任一时刻, 沿该回路所有支路的电压升 (或电压降) 的代数和为零。

记为: $\sum v_j(t_0) = 0$



假设沿路电压升的代数和:

$$V_4 - V_1 - V_6 = 0$$

假设沿路电压降的代数和:
(回路方向)

$$-V_4 + V_1 + V_6 = 0$$

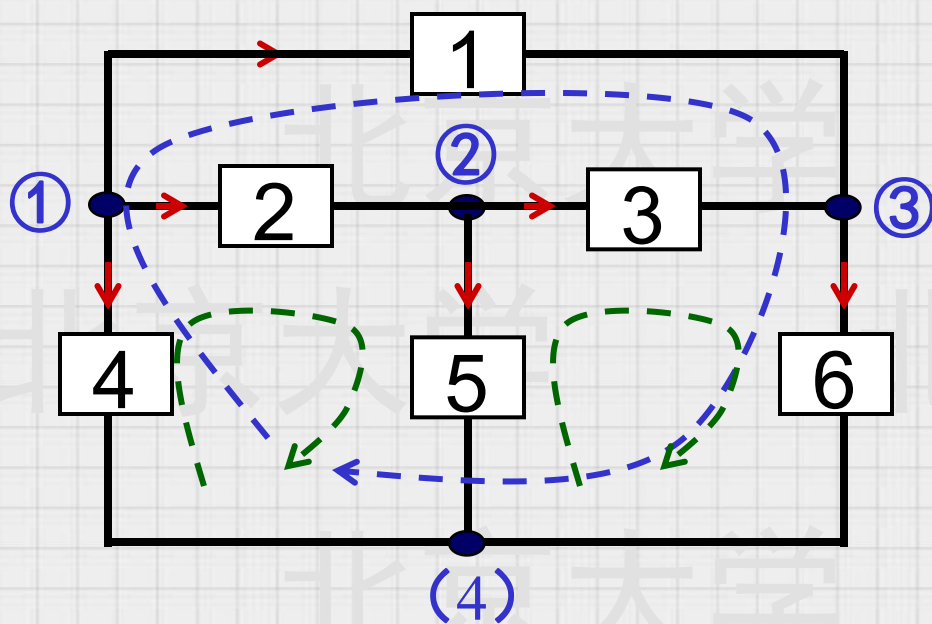
基本定律（KVL、KCL）

描述二：

基尔霍夫第二定律：（电压定律、KVL）

任一集总参数电路中的任一回路，在任一时刻，沿该回路所有支路的电压升之和等于支路的电压降之和。

记为： $\sum v_{j\text{升}}(t_0) = \sum v_{j\text{降}}(t_0)$



$$V_4 = V_1 + V_6$$

$$-V_4 + V_1 + V_6 = 0$$

$$-V_4 + V_2 + V_5 = 0$$

$$-V_5 + V_3 + V_6 = 0$$

第一章：线性电路分析基础

第二节：常见电路元件及其约束方程

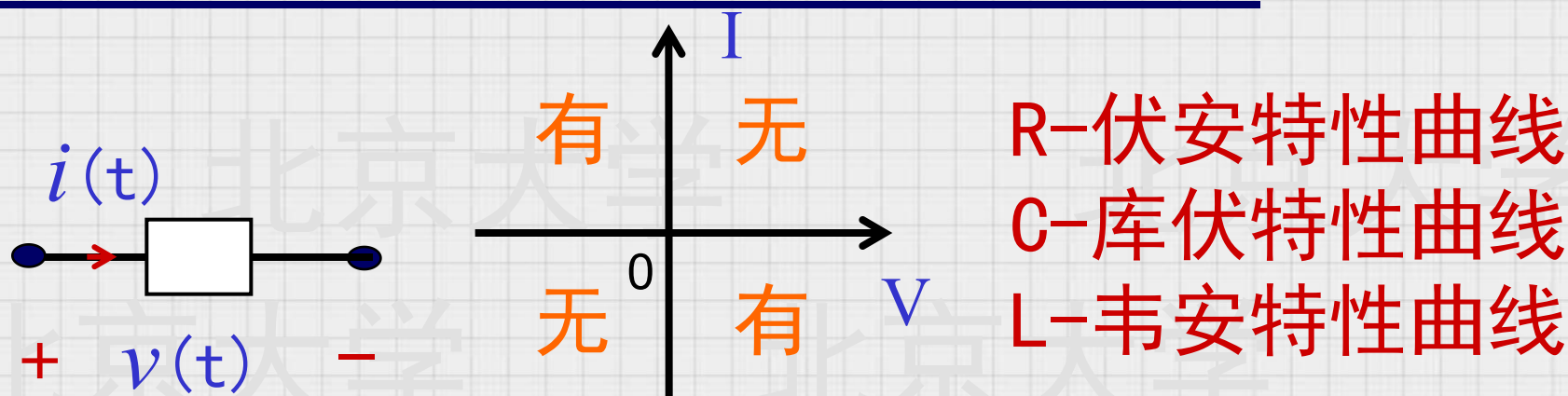


元件分类、电阻元件、独立源、
受控源、动态元件

- | | |
|-------|----------------|
| →能量角度 | →有源、无源 |
| →端纽角度 | →二端、四端、多端 |
| →方向角度 | →双向、单向 |
| →线性角度 | →线性、非线性 |
| →储能角度 | →无记忆、有记忆（动态元件） |
| →控制角度 | →独立、受控 |

图解法→

第二节：常见电路元件及其约束方程



- | | | |
|-------|----------------|------|
| →能量角度 | →有源、无源 | |
| →端钮角度 | →二端、四端、多端 | |
| →方向角度 | →双向、单向 | 原点对称 |
| →线性角度 | →线性、非线性 | |
| →储能角度 | →无记忆、有记忆（动态元件） | |
| →控制角度 | →独立、受控 | |

第一章：线性电路分析基础

第二节：常见电路元件及其约束方程



元件分类、电阻元件、独立源、

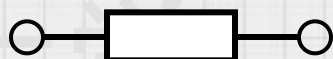
受控源、动态元件

第二节：常见电路元件及其约束方程

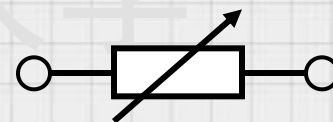
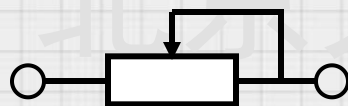
a. 线性时不变（定常）电阻：R

约束方程： $v(t) = Ri(t)$

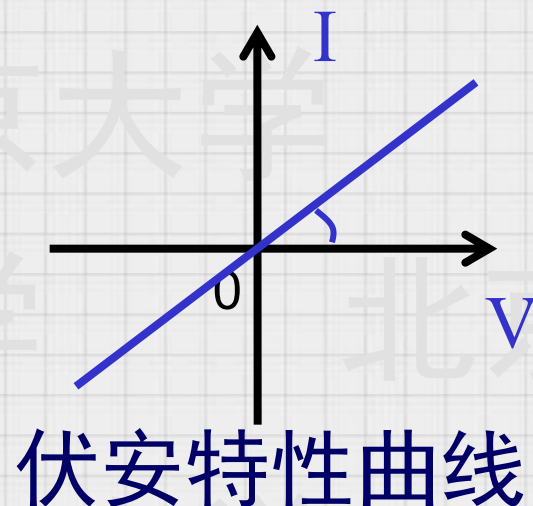
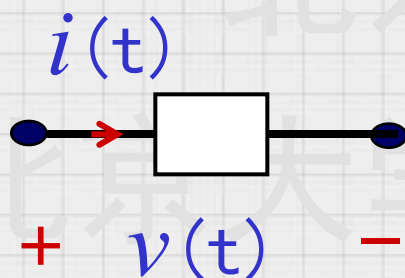
符号：



也有：



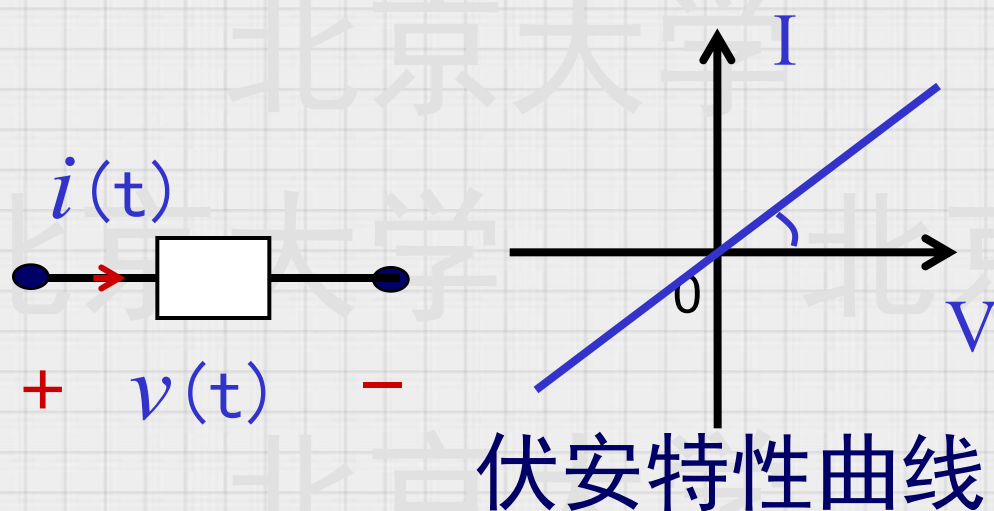
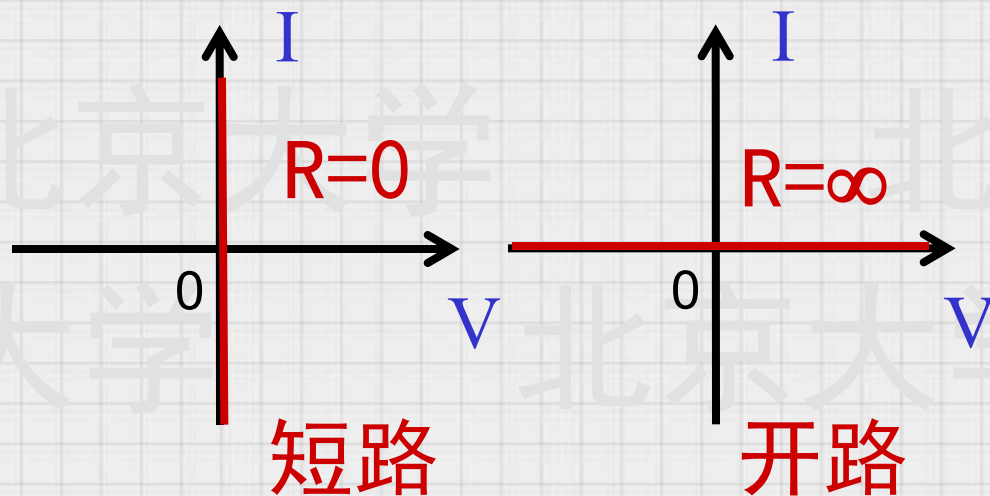
$\tan \alpha = 1/R = G$ 电导



特性：

无源、二端、
双向、线性、
无记忆

第二节：常见电路元件及其约束方程




$$\tan \alpha = 1/R = G \quad \text{电导}$$

特性：
无源、二端、
双向、线性、
无记忆

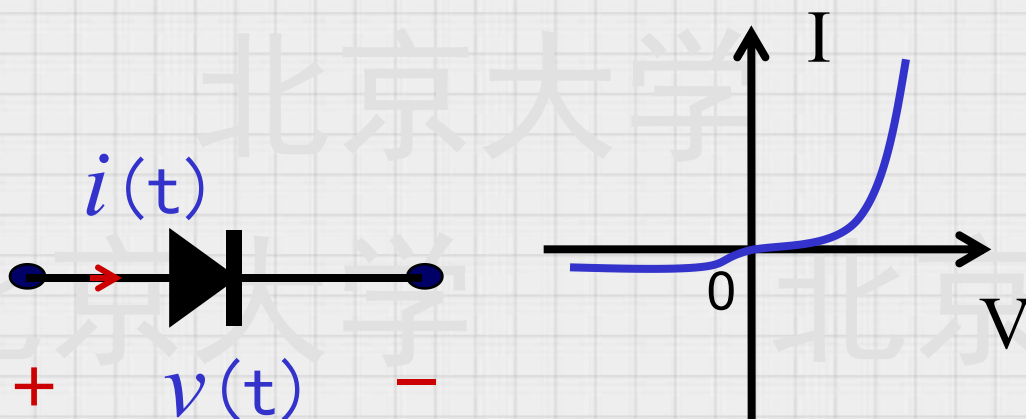
第二节：常见电路元件及其约束方程

b. 非线性电阻：（通常是半导体/电真空器件）

约束方程： $v(t) = r[i(t)]$ or $i(t) = g[v(t)]$

符号： 

例一：半导体二极管 约束方程： $v(t) = r[i(t)]$ or $i(t) = g[v(t)]$

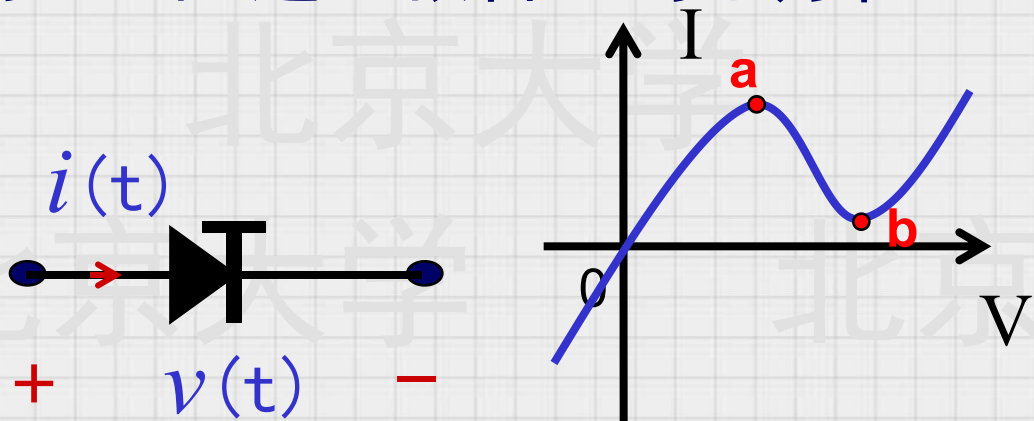


伏安特性曲线

特性：
无源、二端、
单向、非线性、
无记忆

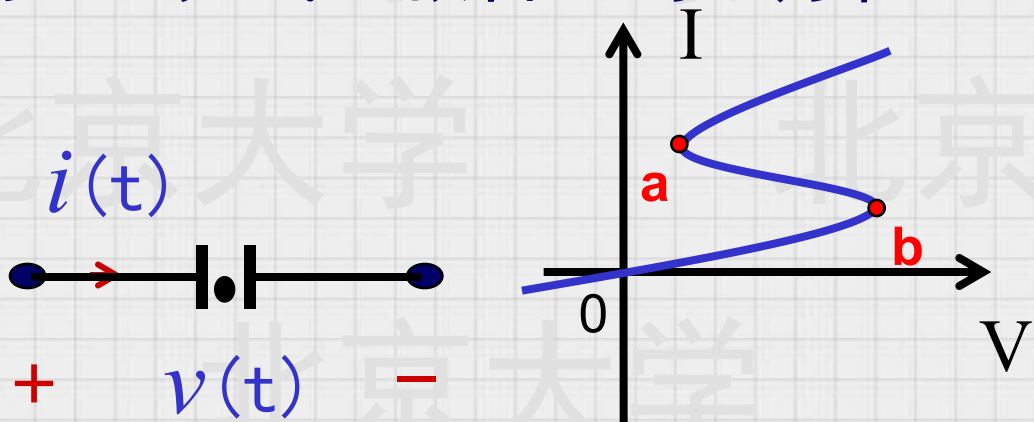
第二节：常见电路元件及其约束方程

例二：隧道二极管 约束方程： $i(t) = g[v(t)]$



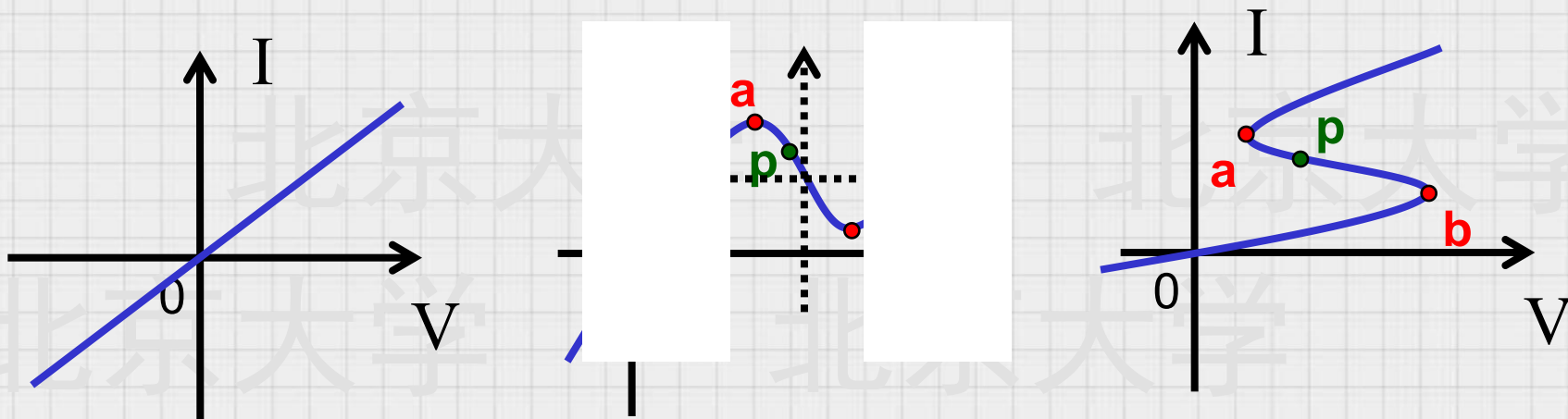
电压控制型元件
压控电阻

例三：充气二极管 约束方程： $v(t) = r[i(t)]$



电流控制型元件
流控电阻

第二节：常见电路元件及其约束方程

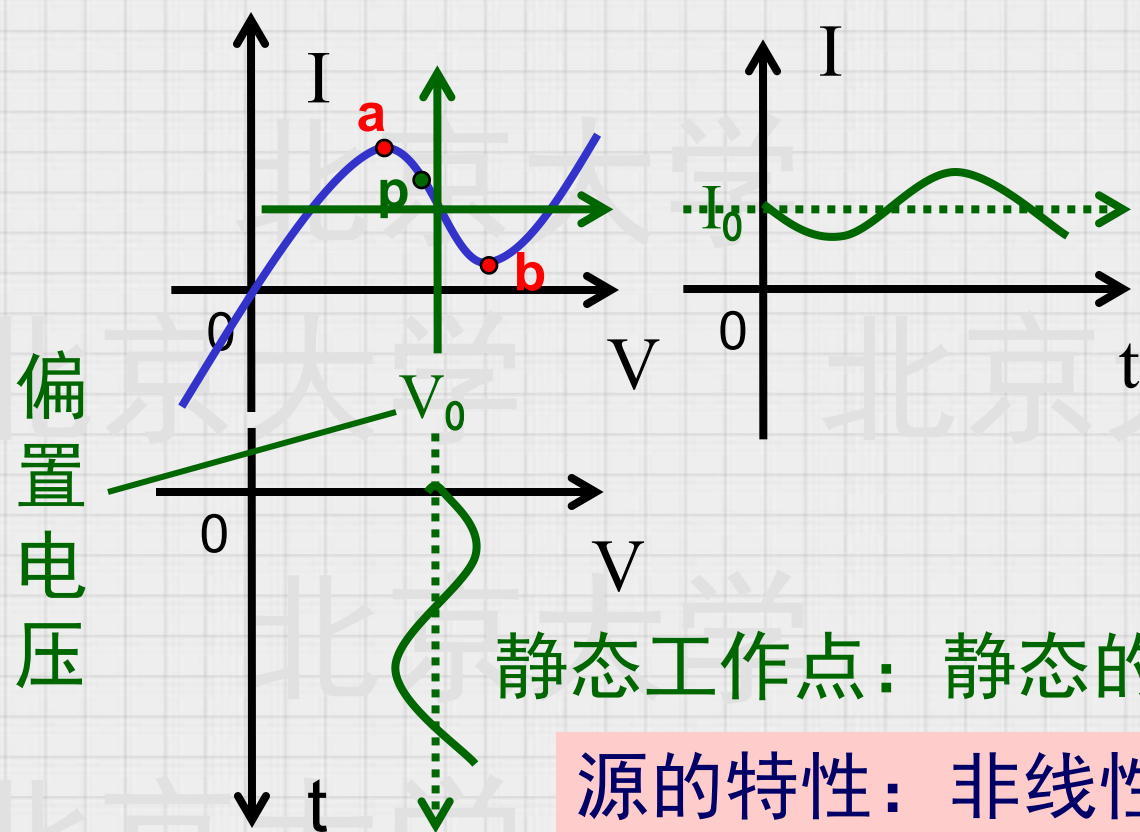


静态电阻： $R_s = v_p(t) / i_p(t)$

动态电阻： $R_d = d[v_p(t)] / d[i_p(t)]$

负阻区： $R_d < 0 \Rightarrow$ 源的特性：非线性电阻元件如果工作在负阻区可以体现出源的特性，即提供能量。

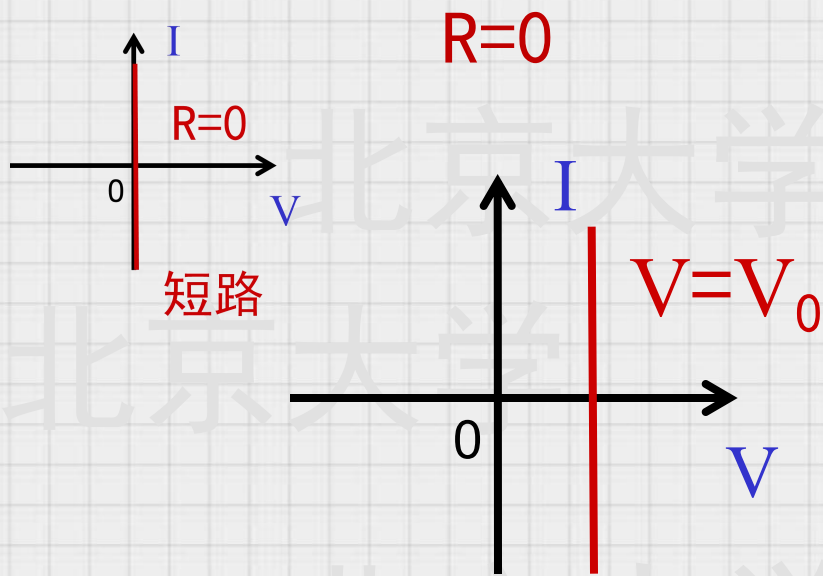
第二节：常见电路元件及其约束方程



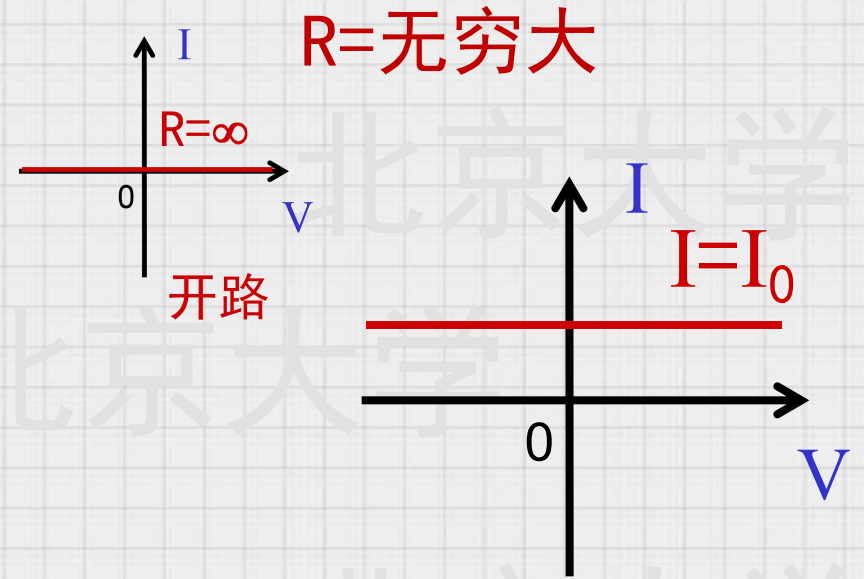
静态工作点：静态的直流工作状态

源的特性：非线性电阻元件如果工作在负阻区可以体现出源的特性，即提供能量。

第二节：常见电路元件及其约束方程



独立(理想)电压源



独立(理想)电流源

特殊的非线性电阻元件：独立源

短路是电压为零的理想电压源，
开路是电流为零的理想电流源。

第一章：线性电路分析基础

第二节：常见电路元件及其约束方程






元件分类、电阻元件、独立源、

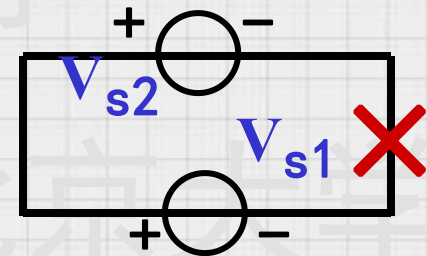
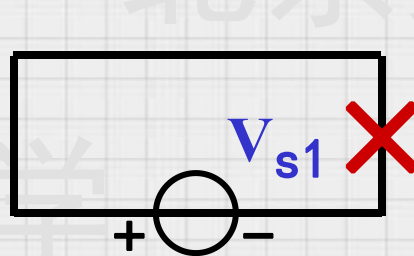
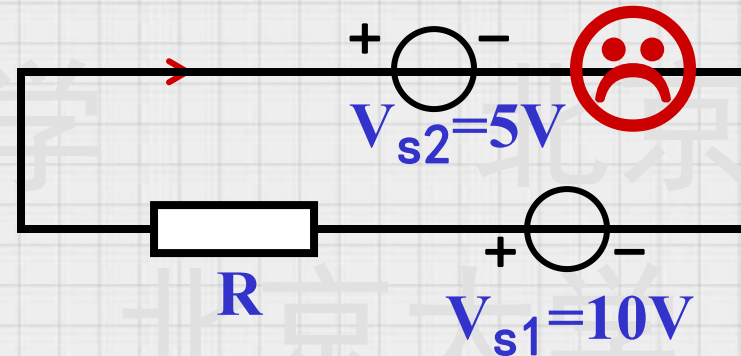
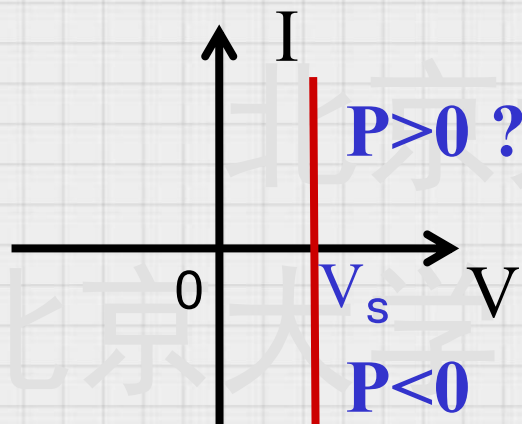
受控源、动态元件

第二节：常见电路元件及其约束方程

理想电压源


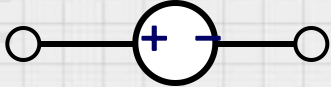
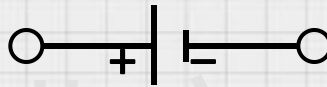

符号： 也有： 直流源  交流源

特征：一个二端元件，端电压不随流过的电流而变
与 无关



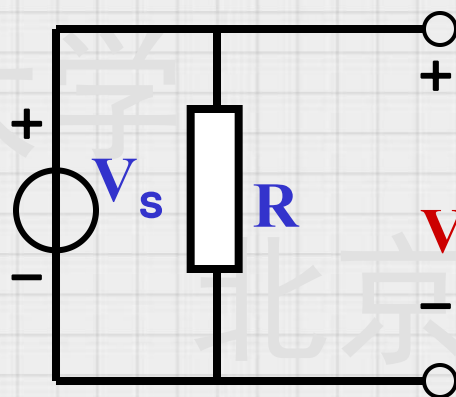
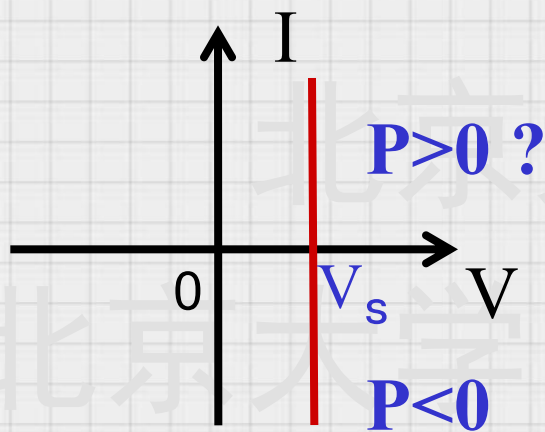
第二节：常见电路元件及其约束方程

理想电压源

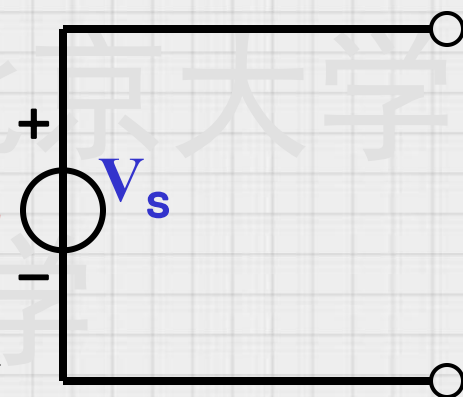
符号： 也有：  直流源
 交流源

V_s

特征：一个二端元件，端电压不随流过的电流而变
与 无关



$V = V_s ?$

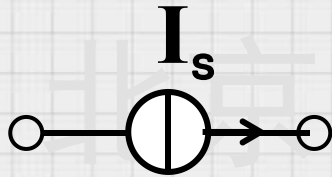


结论：与理想电压源并联的元件，对外电路不起作用。
无效

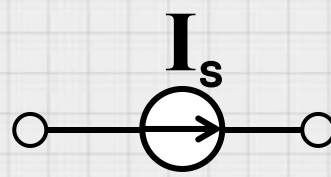
第二节：常见电路元件及其约束方程

理想电流源

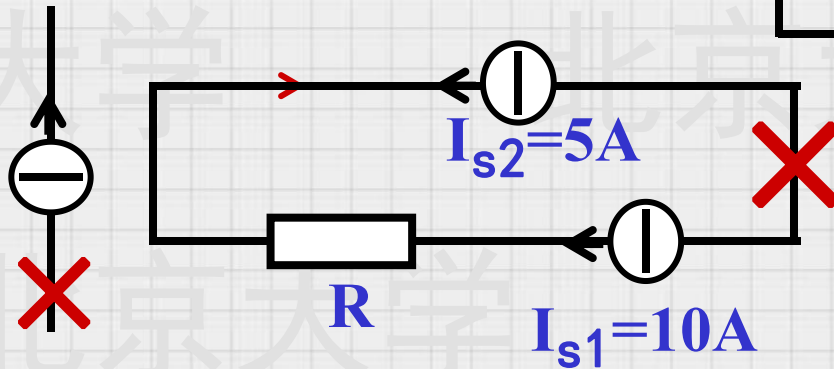
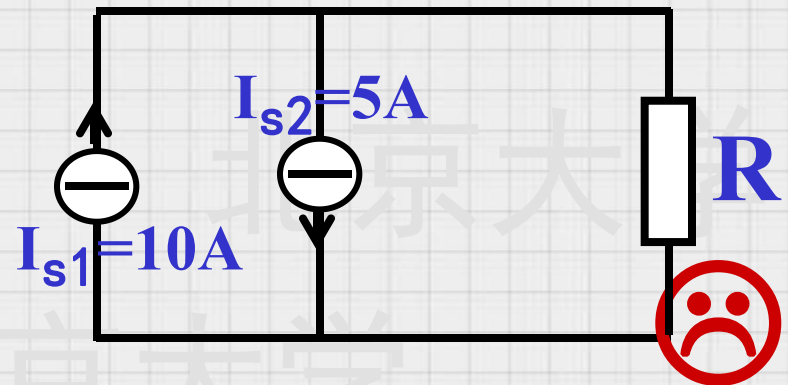
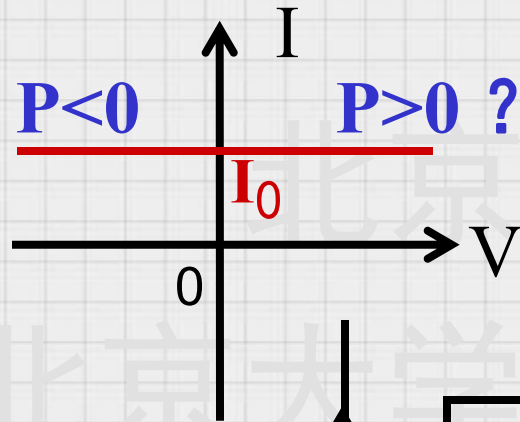
符号：



也有：



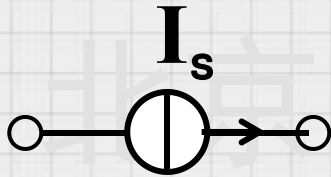
特征：一个二端元件，源电流不随其端电压而变
与 无关



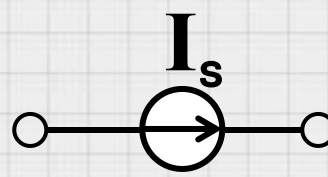
第二节：常见电路元件及其约束方程

理想电流源

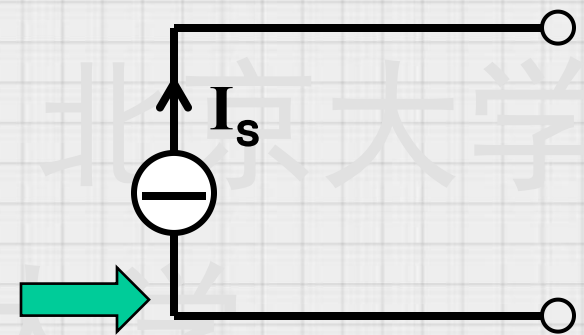
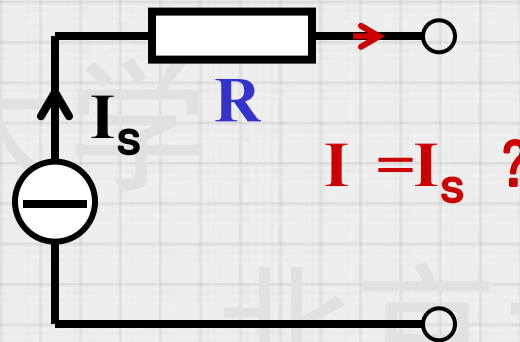
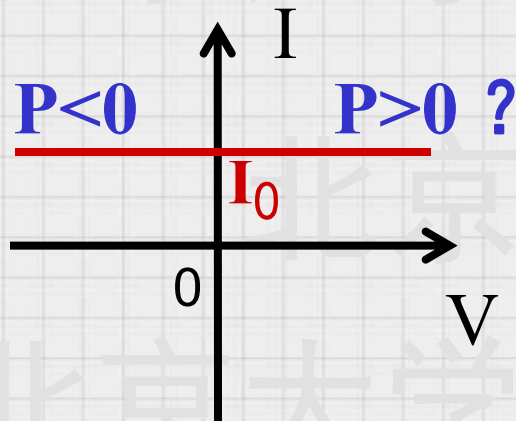
符号：



也有：



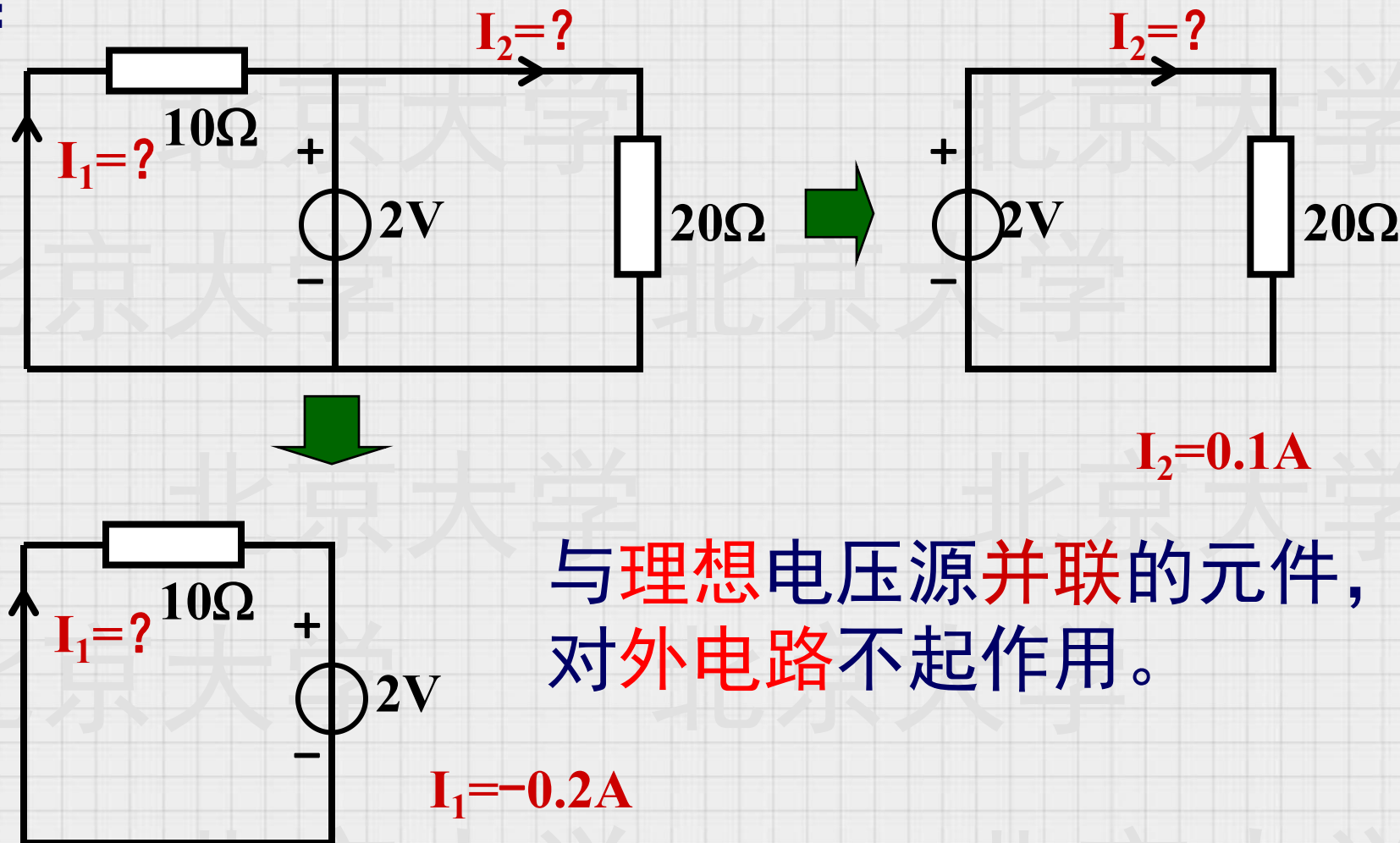
特征：一个二端元件，源电流不随其端电压而变
与 无关

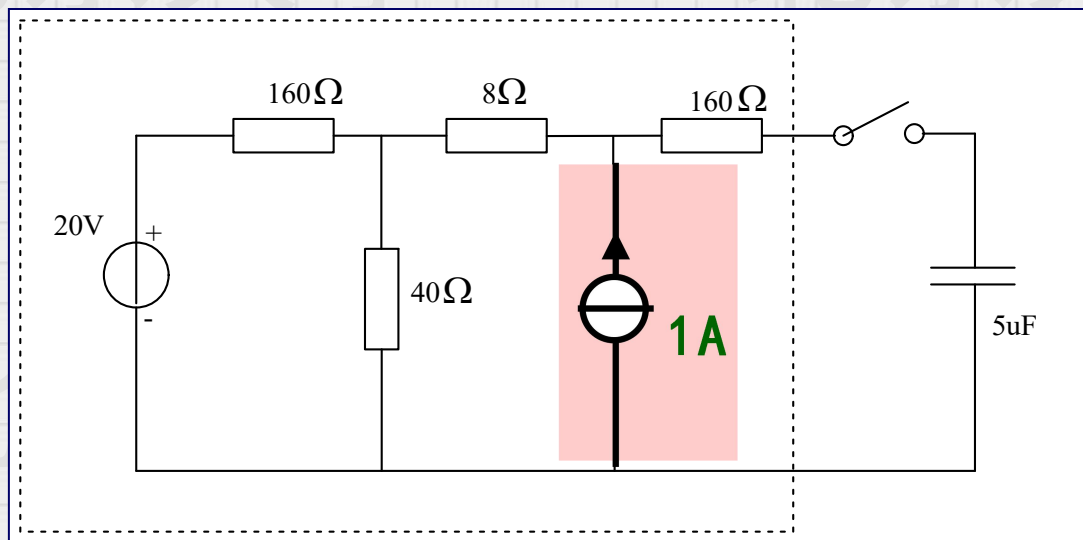


结论：与理想电流源串联的元件，对外电路不起作用。
无效

第二节：常见电路元件及其约束方程

例：





本讲小结

第一节：线性电路分析导论

 集总假设、基本方法、基本参数、

基本术语、参考方向、

基本定律（KVL、KCL、VCR定律）

本讲小结

第二节：常见电路元件及其约束方程



元件分类、电阻元件、独立源、

受控源、动态元件

结论：与理想电压源并联的元件，对外电路不起作用
无效

结论：与理想电流源串联的元件，对外电路不起作用
无效

第一章：线性电路分析基础

第二节：常见电路元件及其约束方程



元件分类、电阻元件、独立源、

受控源、动态元件



作业： 1--1, 2, 7。

1. 试画出非理想电压源和电流源的电路图，分析电压源内阻从零到 R_L 到 $10R_L$ 到 $100R_L$ 时的输出电压（附加题）
2. 思考验证与独立源串并联元件对外电路的影响，给出自己的看法和总结（选做）
3. 推导证明KCL、KVL公式（选做）
4. 调研忆阻器的研究进展、思考它是不是第四种基本元件（选做）