



# 第6章 储能元件

## §6-1 电容元件——VCR关系

## §6-2 电感元件——VCR关系

## §6-3 电容、电感元件的串联与并联



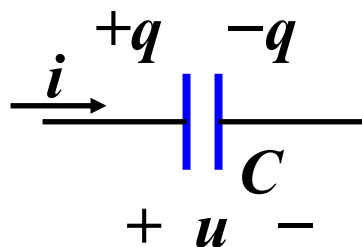
# § 6-1 电容元件

## 1. 电容器常见外观



# § 6-1 电容元件

## 2. 电容的符号



## 3. 电容的元件特性方程

$$q = Cu$$

$C$  — 电容，单位：F（法拉，简称法）



# § 6-1 电容元件

## 4. 电容的电压电流关系 (重点)

(关联参考方向下——动态元件)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(Cu)}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

$$u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

理解微分和积分算子的特点：

微分——可以突变，电容电流可以突变

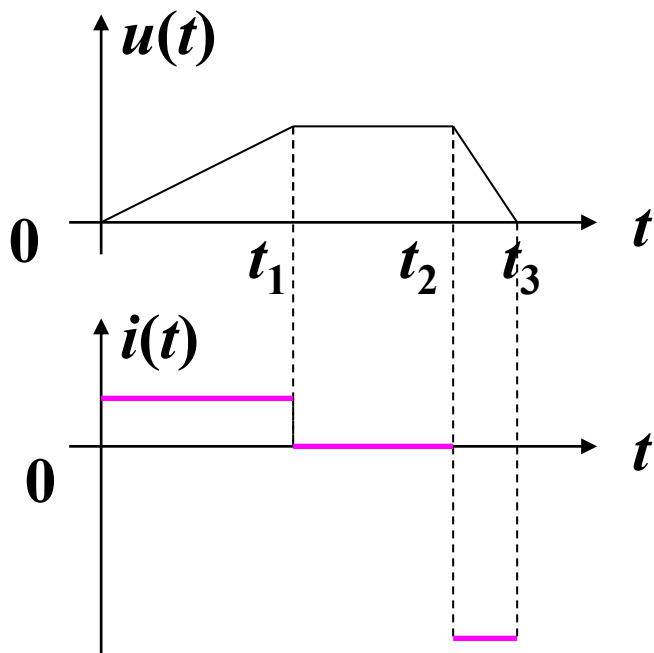
积分——不可以突变，电容电压不能突变，和初始值有关





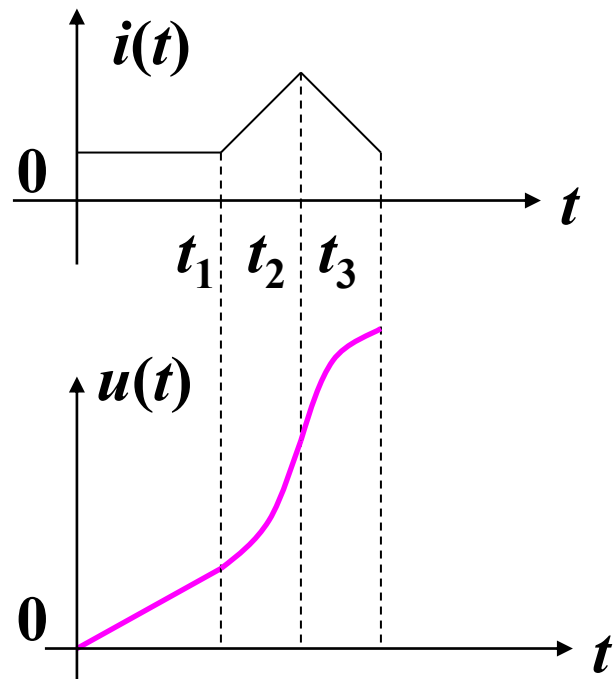
# § 6-1 电容元件

电阻元件的特性呢？  
无记忆功能



电容元件电流**可以突变**

假设电容元件**初始电压为0**。



电容元件**电压不能突变**，而且有**记忆功能**（初始值）

## § 6-1 电容元件

### 5. 电容元件储存的能量

电容元件在任何时刻  $t$  所储存的**电场能量**

$$W_C(t) = \frac{1}{2} C u^2(t)$$

# § 6-1 电容元件

## 6. 电容的特点

- (1) 电容是动态元件， $i$  的大小取决于  $u$  的变化率，与  $u$  的大小无关，电压有变化才有电流；当  $u$  为常数（直流）时， $i = 0$ ，电容相当于开路，电容有隔直通交的作用。
- (2) 当  $u$ 、 $i$  为非关联参考方向时，上述微分和积分表达式前要加上一个负号。





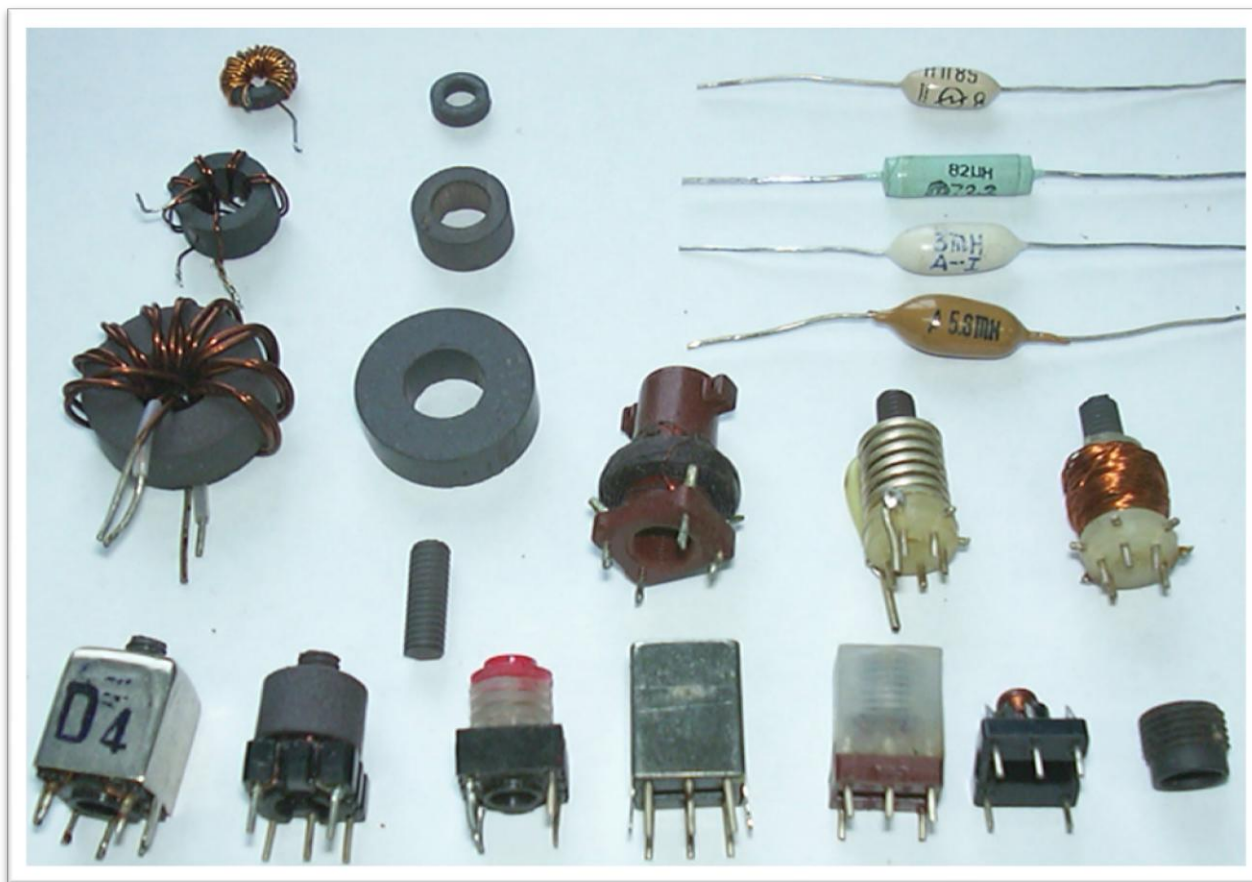
## § 6-1 电容元件

- (3)  $u(t_0)$ 称为电容电压的初始值，它反映电容初始时刻的储能状况，也称为电容的初始状态。电容有**记忆功能**，其两端电压**一般**不能突变，电容储存的电场能量也不能突变，但流过它的电流可以突变。
- (4) **实际电容器的模型**由（理想）电容元件和（理想）电阻元件**并联**组成。
- (5) “电容”这个术语一方面表示电容元件，另一方面也表示这个元件的参数。



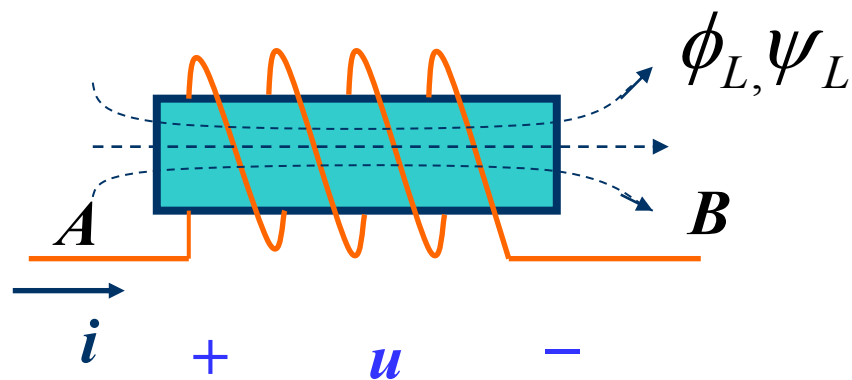
# § 6-2 电感元件

## 1. 电感器常见外观

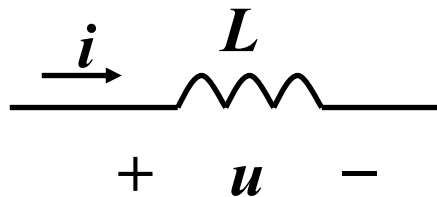


## § 6-2 电感元件

### 2. 电感的磁通和磁通链



### 3. 电感的符号



## § 6-2 电感元件

### 4. 电感的元件特性方程

$$\psi = Li$$

$L$  — 自感系数或电感，单位：H（亨利，简称亨）

### 5. 电感的电压电流关系 (关联参考方向下)

$$u = \frac{d\psi}{dt} = \frac{d(Li)}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

$$i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi$$

## § 6-2 电感元件

### 6. 电感元件储存的能量

电感元件在任何时刻  $t$  所储存的**磁场能量**

$$W_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$$



## § 6-2 电感元件

### 7. 电感的特点

- (1) 电感是动态元件， $u$  的大小取决于  $i$  的变化率，与  $i$  的大小无关，电流有变化才有电压。当  $i$  为常数（直流）时， $u = 0$ ，电感相当于短路，电感有通直阻交的作用。
- (2) 当  $u$ 、 $i$  为非关联参考方向时，上述微分和积分表达式前要加上一个负号。





## § 6-2 电感元件

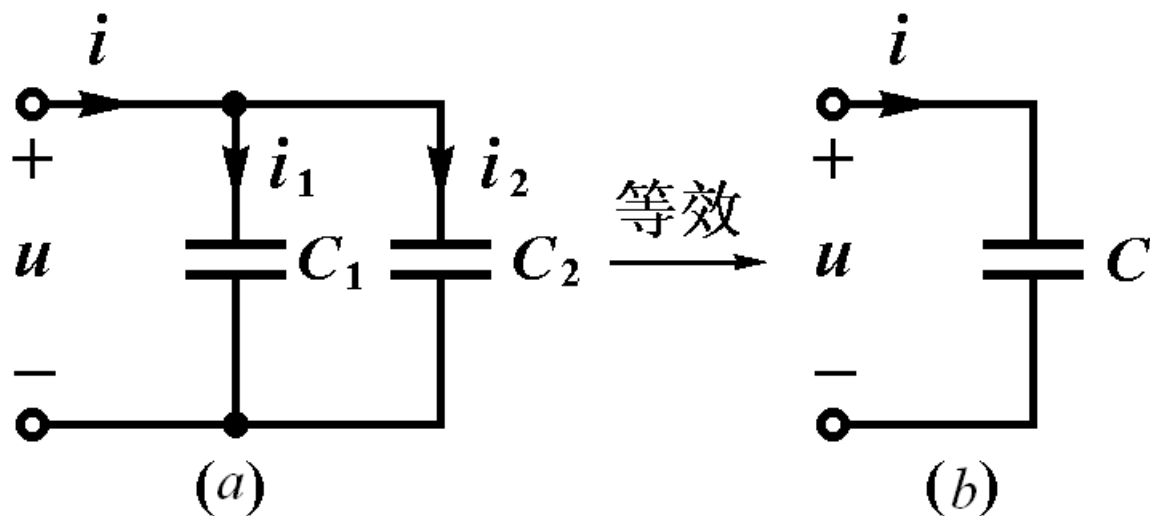
- (3)  $i(t_0)$ 称为电感电流的初始值，它反映电感初始时刻的储能状况，也称为电感的初始状态。电感有记忆功能，流过它的电流**一般**不能突变，电感储存的磁场能量也不能突变，但其两端电压可以突变。
- (4) 实际电感器的模型由（理想）电感元件和（理想）电阻元件**串联**组成。
- (5) “电感”这个术语一方面表示电感元件，另一方面也表示这个元件的参数。



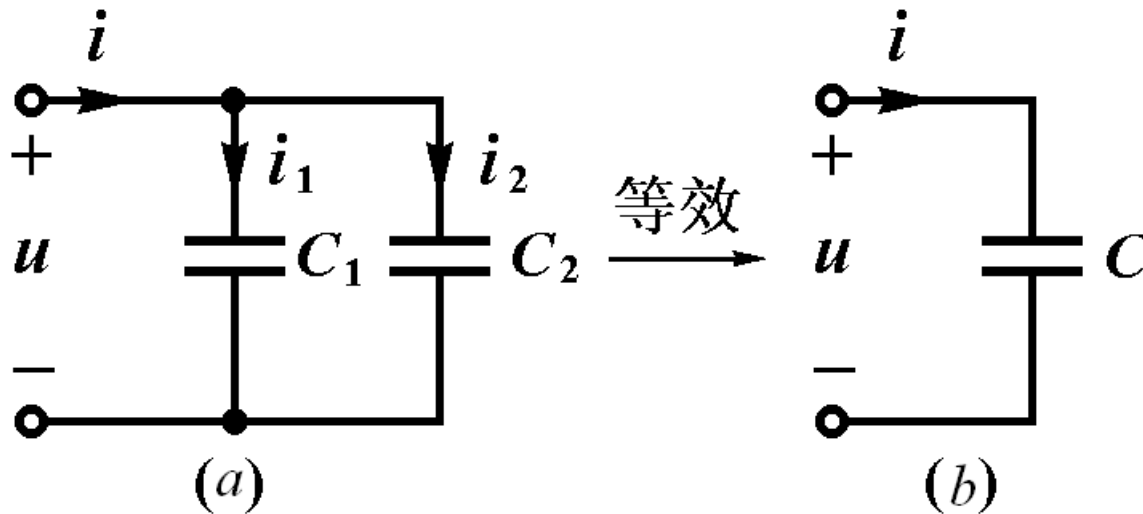
# § 6-3 电容、电感元件的串联与并联

## 1. 电容的串联和并联

### (1) 两个电容的并联



## § 6-3 电容、电感元件的串联与并联



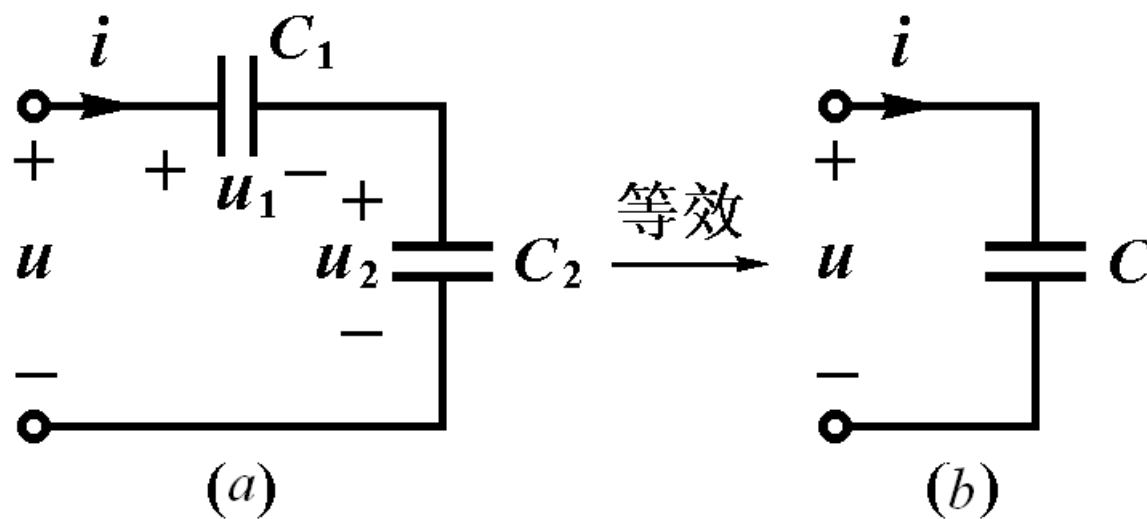
$$i = i_1 + i_2 = C_1 \frac{du}{dt} + C_2 \frac{du}{dt} = (C_1 + C_2) \frac{du}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

根据上式可知，其等效电容为：

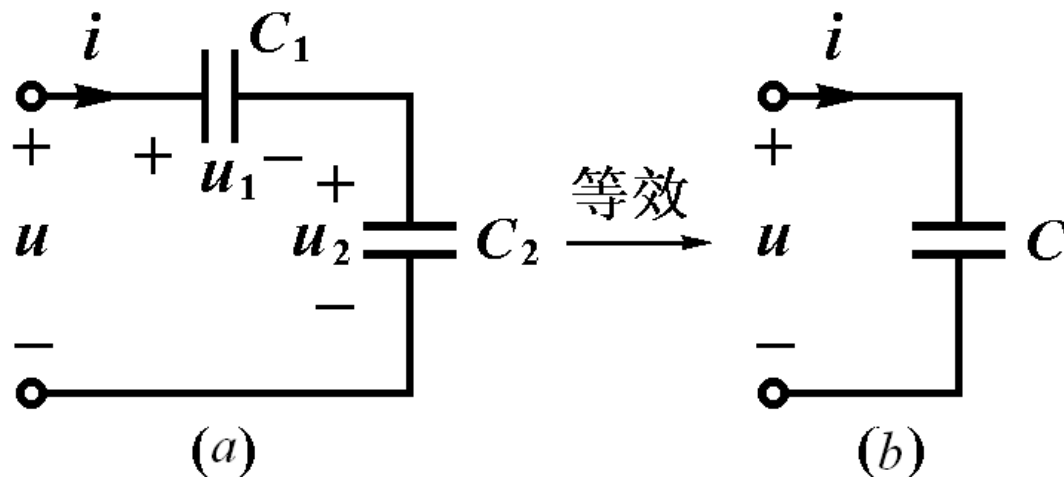
$$C = C_1 + C_2$$

## § 6-3 电容、电感元件的串联与并联

### (2) 两个电容的串联



## § 6-3 电容、电感元件的串联与并联



$$\begin{aligned} u(t) &= u_1(t) + u_2(t) = u_1(t_0) + \frac{1}{C_1} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi + u_2(t_0) + \frac{1}{C_2} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \\ &= u_1(t_0) + u_2(t_0) + \frac{1}{C_1} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi + \frac{1}{C_2} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \end{aligned}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

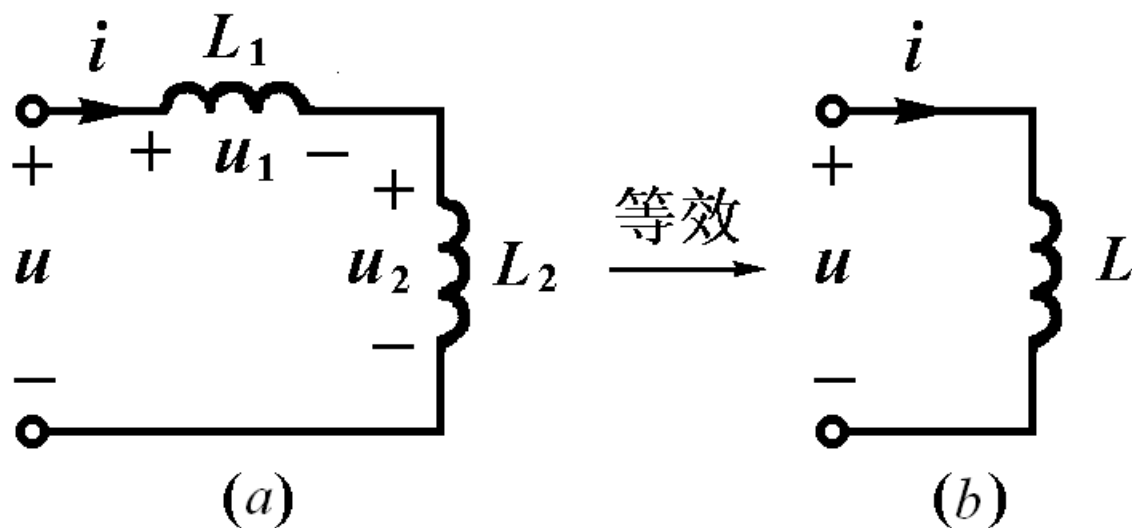
即

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

# § 6-3 电容、电感元件的串联与并联

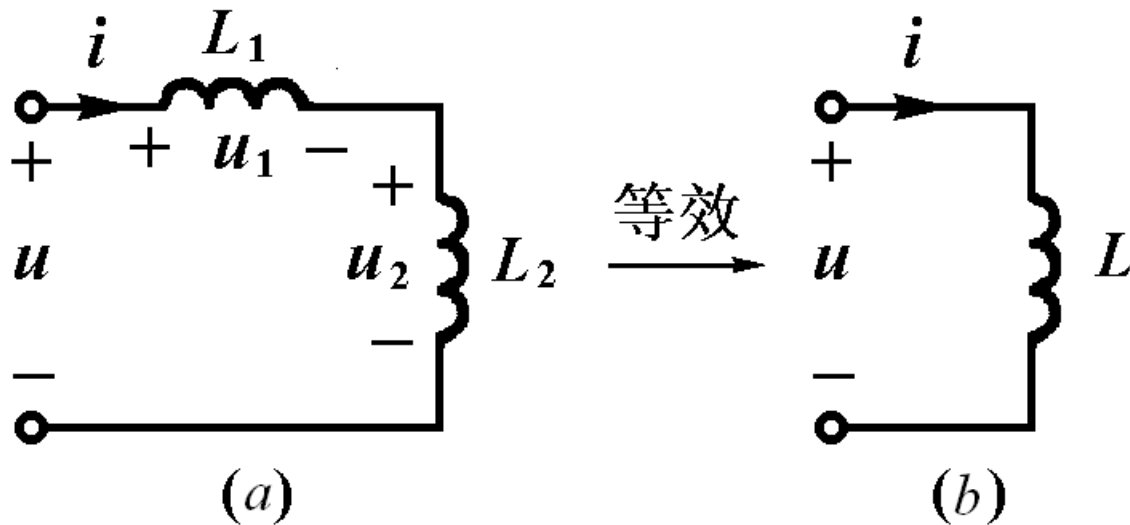
## 2. 电感的串联和并联

### (1) 两个电感的串联





## § 6-3 电容、电感元件的串联与并联



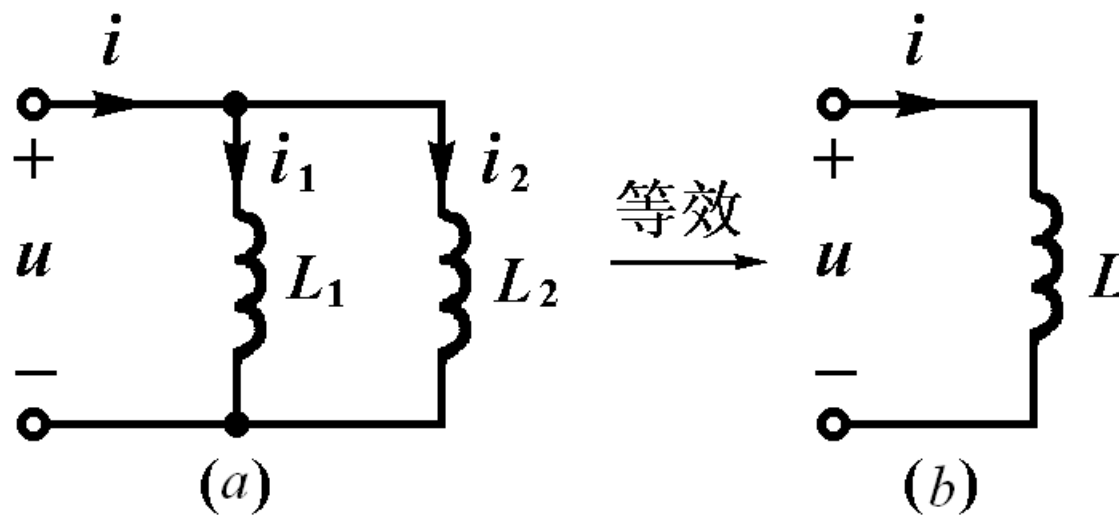
$$u = u_1 + u_2 = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{di}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

根据上式可知，其等效电感为：

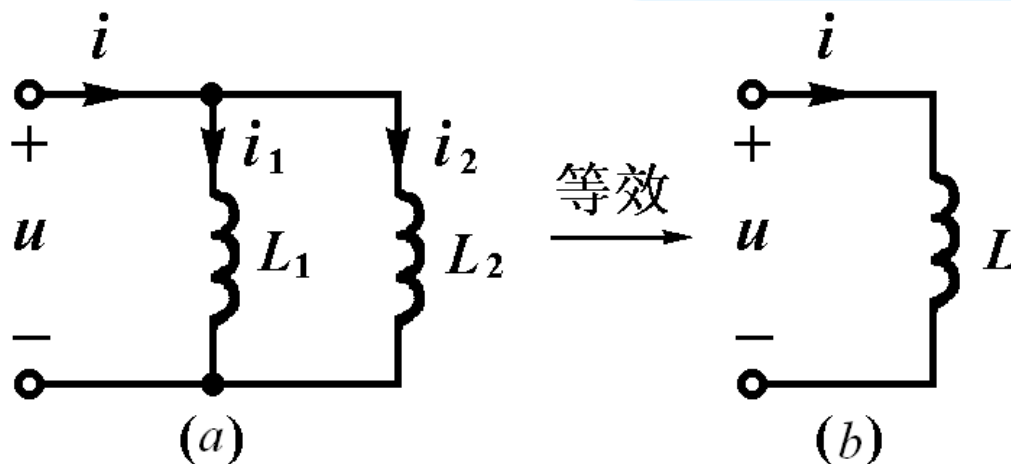
$$L = L_1 + L_2$$

## § 6-3 电容、电感元件的串联与并联

### (2) 两个电感的并联



## § 6-3 电容、电感元件的串联与并联



$$\begin{aligned} i(t) &= i_1(t) + i_2(t) = i_1(t_0) + \frac{1}{L_1} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi + i_2(t_0) + \frac{1}{L_2} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi \\ &= i_1(t_0) + i_2(t_0) + \frac{1}{L_1} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi + \frac{1}{L_2} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi \end{aligned}$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

即

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

# § 6-3 电容、电感元件的串联与并联

## 3. 电感和电容的串并联总结

类型	等效公式
电容的串联	$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k}$
电容的并联	$C_{\text{eq}} = \sum_{k=1}^n C_k$
电感的串联	$L_{\text{eq}} = \sum_{k=1}^n L_k$
电感的并联	$\frac{1}{L_{\text{eq}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{L_k}$



# 本章重点内容小结

**1. 电容元件的VCR**

**2. 电感元件的VCR**

**3. 电容元件的串、并联等效**

**4. 电感元件的串、并联等效**

