

# 电路理论

## Principles of Electric Circuits

---

### 第十一章 三相电路

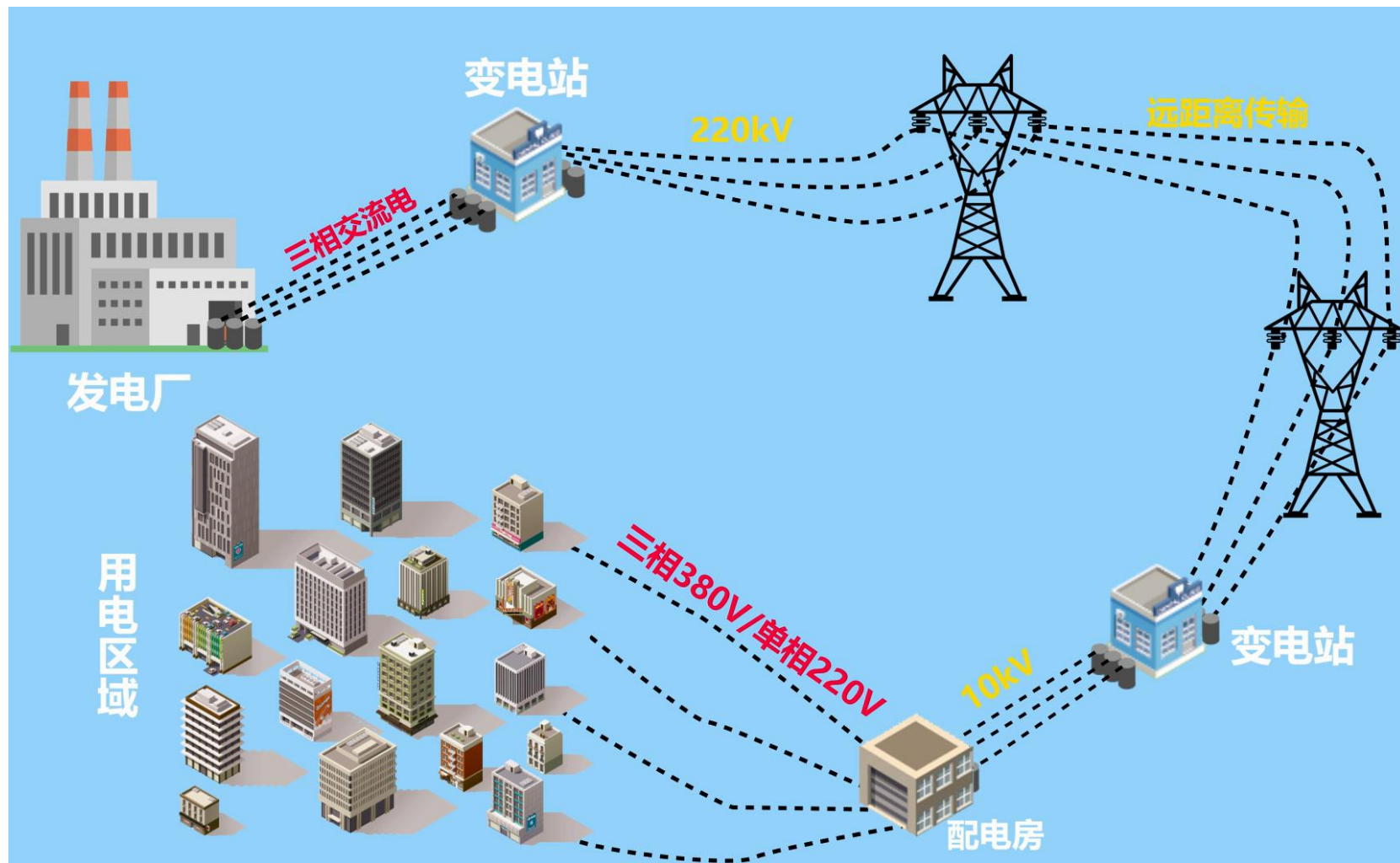
电工教研室

2024年12月



# 关于电力系统的基本知识 (常识)

## 交流电力系统结构

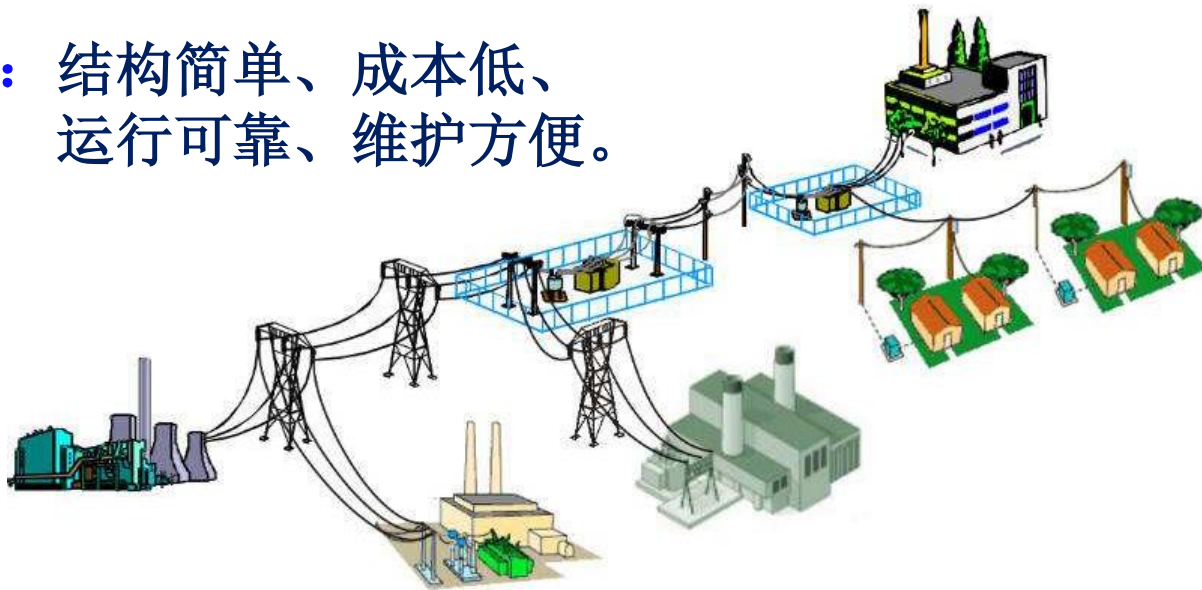


# 关于电力系统的基本知识（常识）

## 三相交流电力系统：

### ★ 优势：

- （1）发电方面：三相发电机发出功率更大；
- （2）输电方面：传输相同功率情况下，线路成本低；
- （3）配电方面：三相变压器比单相变压器经济且便于接入负载；
- （4）用电设备：结构简单、成本低、运行可靠、维护方便。



# 电路理论

## Principles of Electric Circuits

---

### 第十一章 三相电路

#### § 11.1 三相电路的基本概念

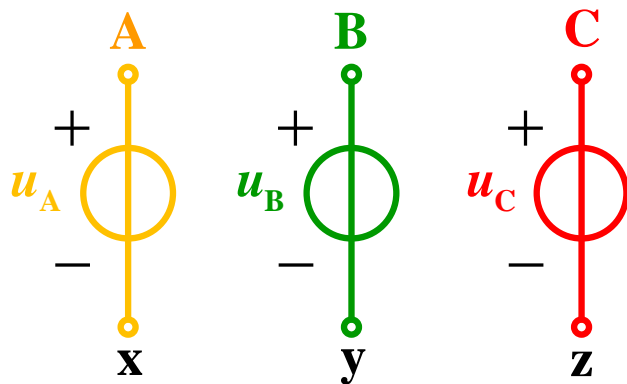




# § 11.1 三相电路的基本概念

## 一、三相电源和三相负载

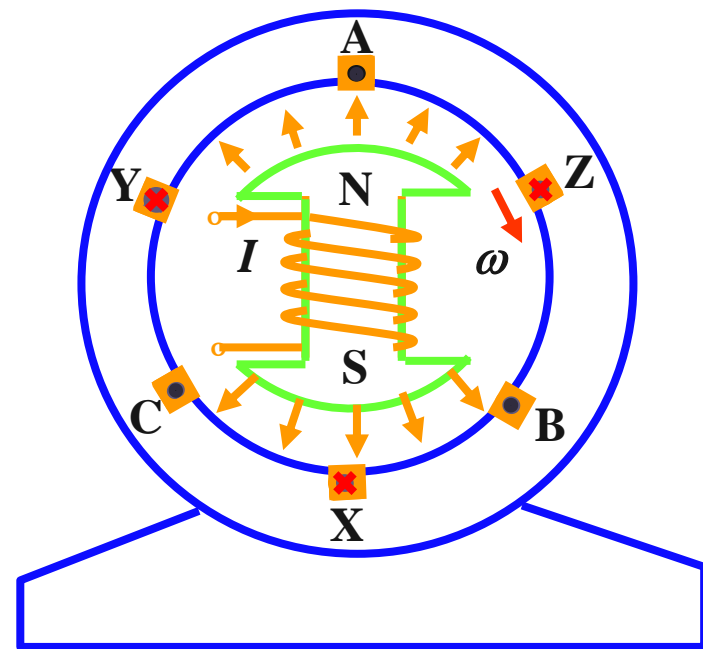
### 1. 对称三相电源



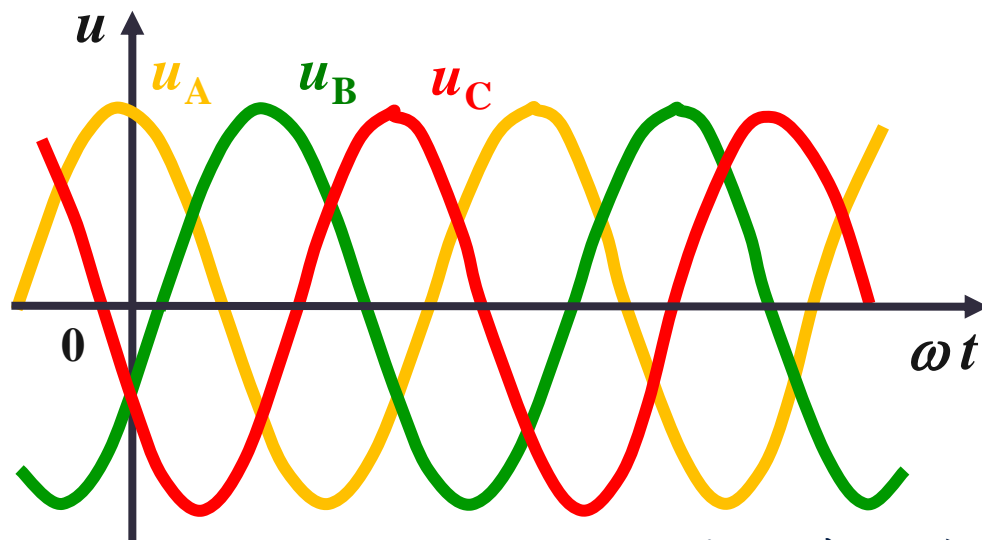
**特点：** 同幅值，同频率  
相位互差 $120^\circ$

$$\begin{cases} u_A(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi) \\ u_B(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ) \\ u_C(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi - 240^\circ) \end{cases}$$

或:  $+120^\circ$



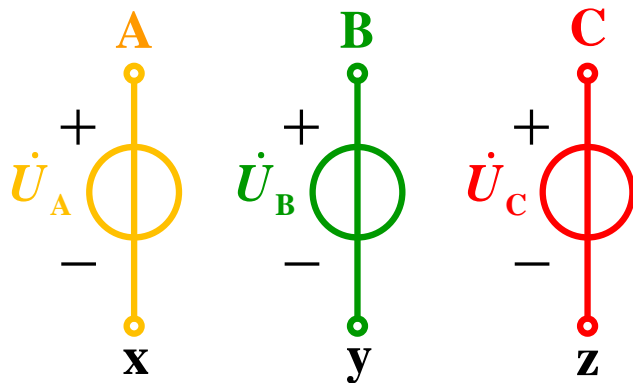
三相同步发电机



# § 11.1 三相电路的基本概念

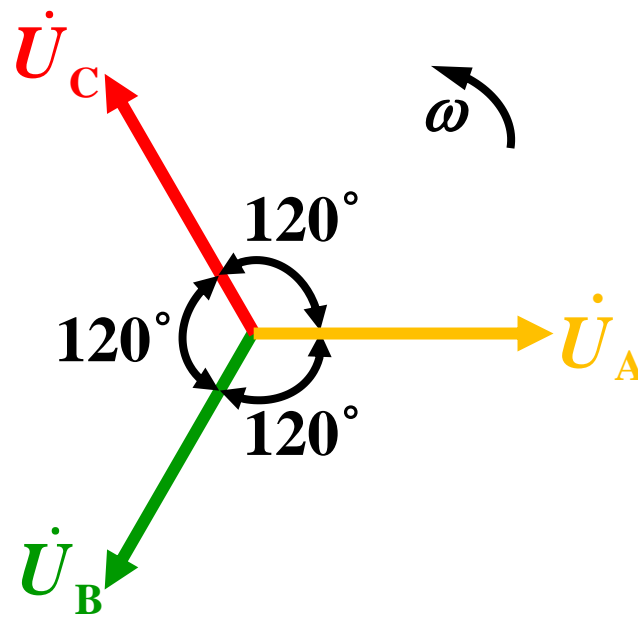
## 一、三相电源和三相负载

### 1. 对称三相电源



相量形式:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = U \angle 0^\circ \\ \dot{U}_B = U \angle -120^\circ \\ \dot{U}_C = U \angle -240^\circ = U \angle 120^\circ \end{cases}$$



对称三相电源相量图

时域形式:

$$\begin{cases} u_A(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi) \\ u_B(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ) \\ u_C(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi - 240^\circ) \end{cases}$$

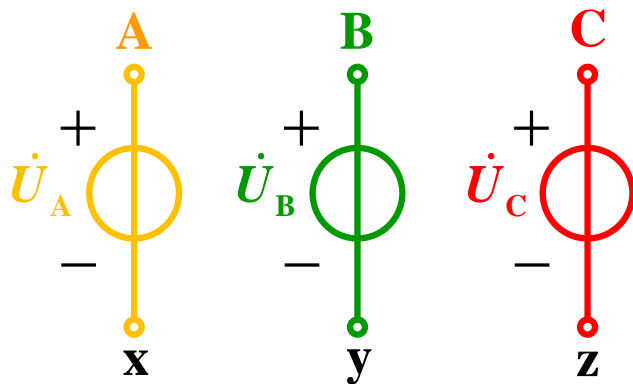
或:  $+120^\circ$



# § 11.1 三相电路的基本概念

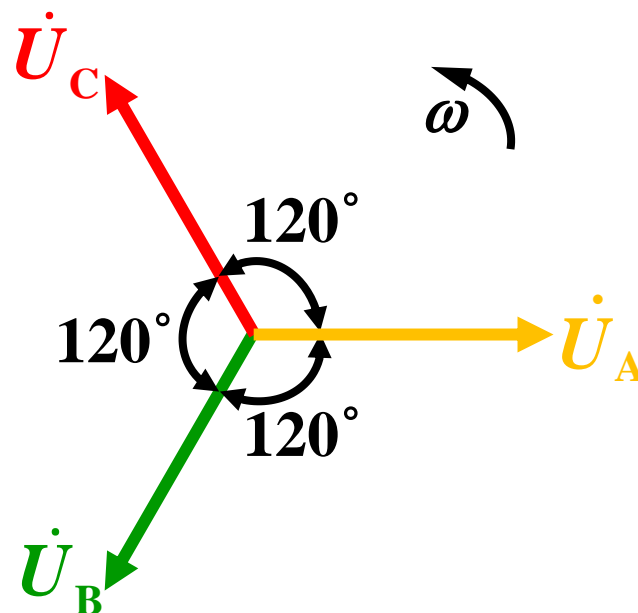
## 一、三相电源和三相负载

### 1. 对称三相电源



相量形式:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = U \angle 0^\circ \\ \dot{U}_B = U \angle -120^\circ \\ \dot{U}_C = U \angle -240^\circ = U \angle 120^\circ \end{cases}$$



对称三相电源相量图

单位相量算子:

$$a = 1 \angle 120^\circ = 1 \angle -240^\circ = \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$1 + a + a^2 = 0$$

由A相电压表示  
其他两相电压

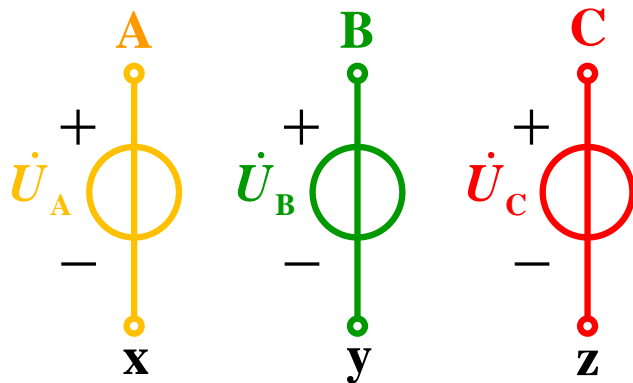
$$\begin{cases} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B = a^2 \dot{U}_A \\ \dot{U}_C = a \dot{U}_A \end{cases}$$



# § 11.1 三相电路的基本概念

## 一、三相电源和三相负载

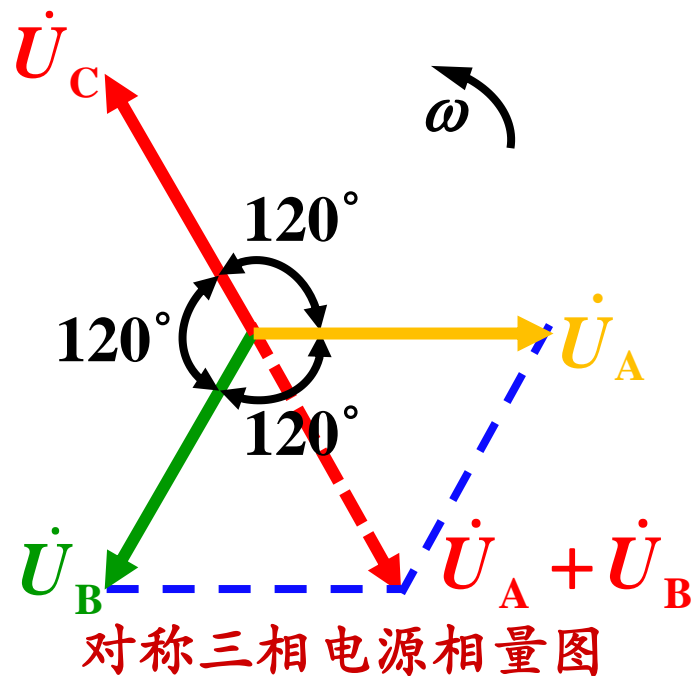
### 1. 对称三相电源



相量形式:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = U \angle 0^\circ \\ \dot{U}_B = U \angle -120^\circ \\ \dot{U}_C = U \angle 120^\circ \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B = a^2 \dot{U}_A \\ \dot{U}_C = a \dot{U}_A \end{cases}$$

$$1 + a + a^2 = 0$$



对称三相电源的关系:

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$$

$$u_A + u_B + u_C = 0$$



# § 11.1 三相电路的基本概念

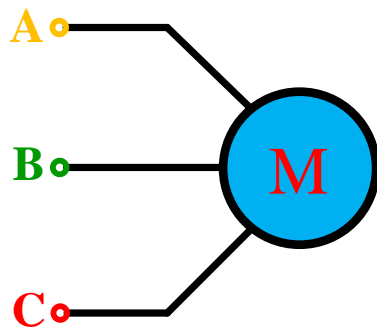
## 一、三相电源和三相负载

### 1. 对称三相电源

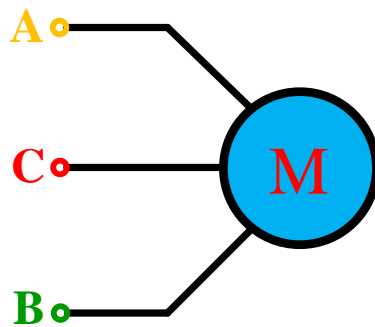
**相序:**

三相电源经过同一量值  
(如最大值) 的先后次序。

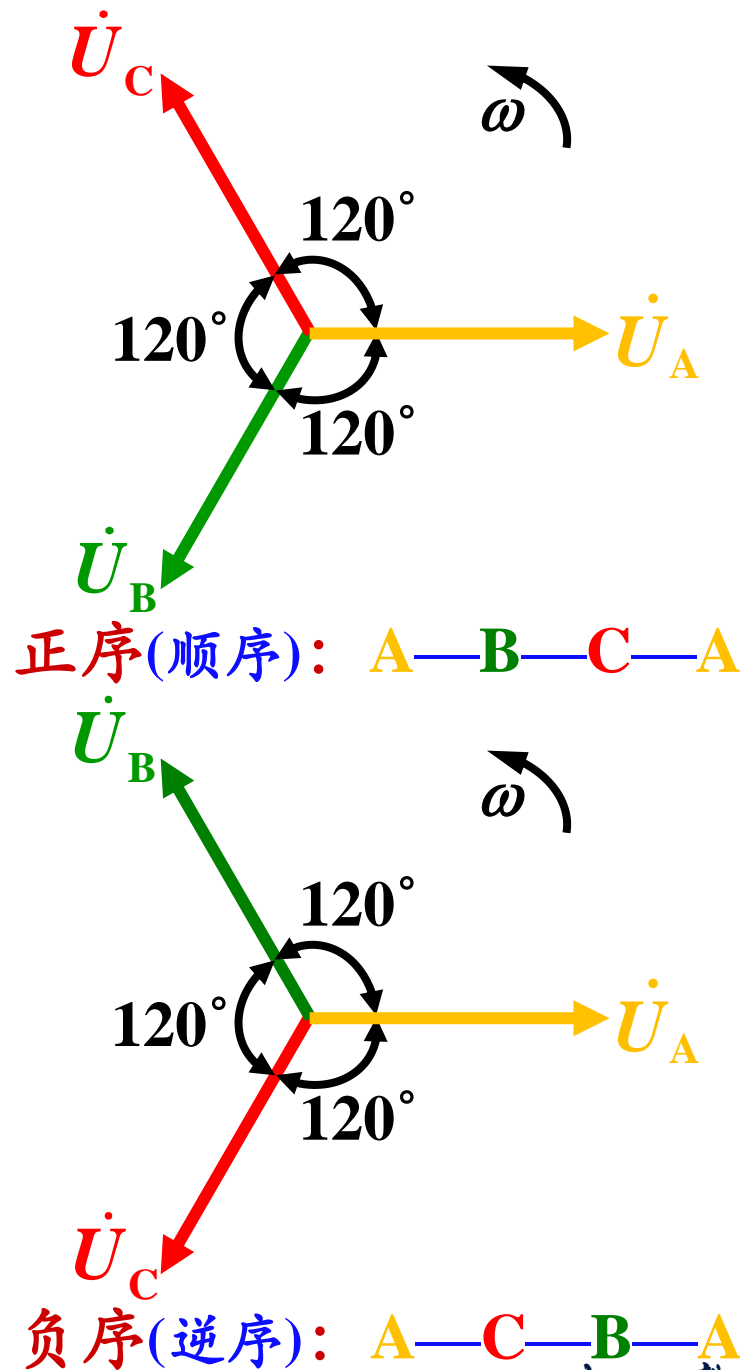
★ **相序的实际意义:**



电机正转



电机反转

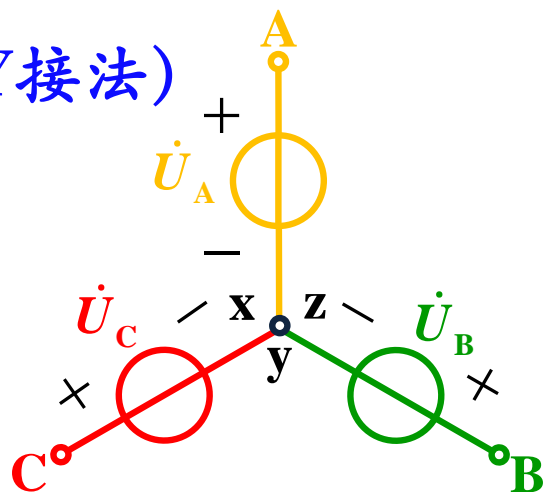


# § 11.1 三相电路的基本概念

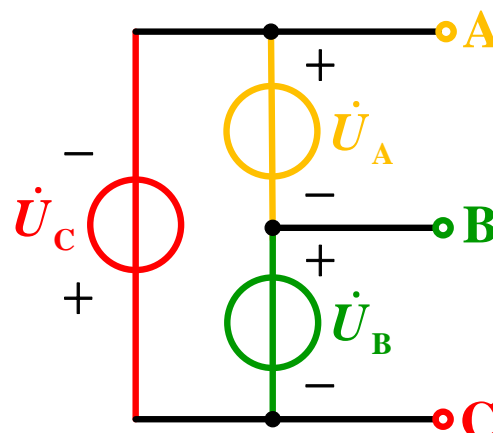
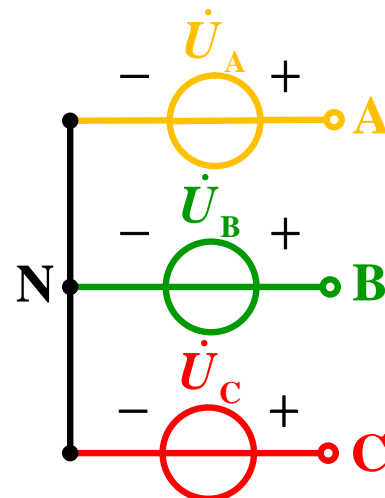
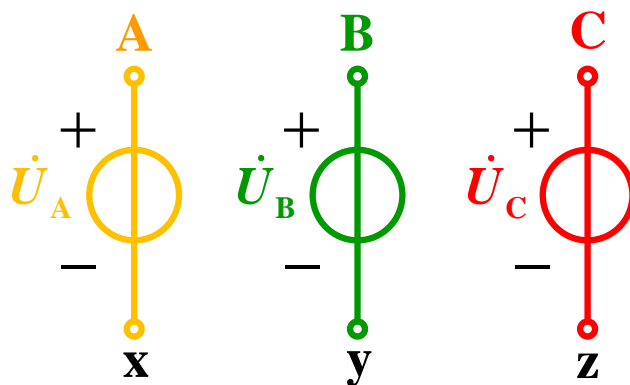
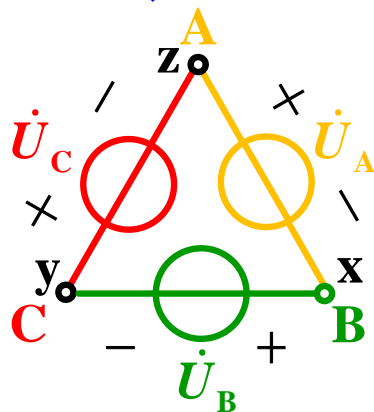
## 一、三相电源和三相负载

### 2. 对称三相电源的连接

#### 星形接法 (Y接法)



#### 三角形接法 (Δ接法)



# § 11.1 三相电路的基本概念

## 一、三相电源和三相负载

### 几个重要概念

- 端线 (火线)
- 中线 (零线) 中性点 $N$
- 三相三线制与三相四线制



● 相电压:  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$

● 线电压:  $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$

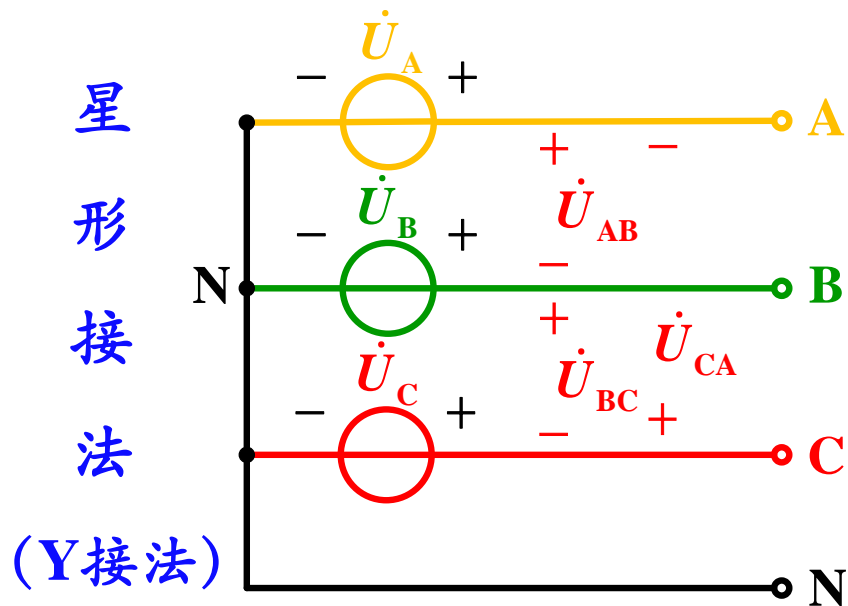
对于负载而言



# § 11.1 三相电路的基本概念

## 一、三相电源和三相负载

### 3. 线、相电压的关系



线电压:  $\dot{U}_l = \sqrt{3}\dot{U}_{ph} \angle 30^\circ$

(a) 线电压有效值是相电压有效值的  $\sqrt{3}$  倍

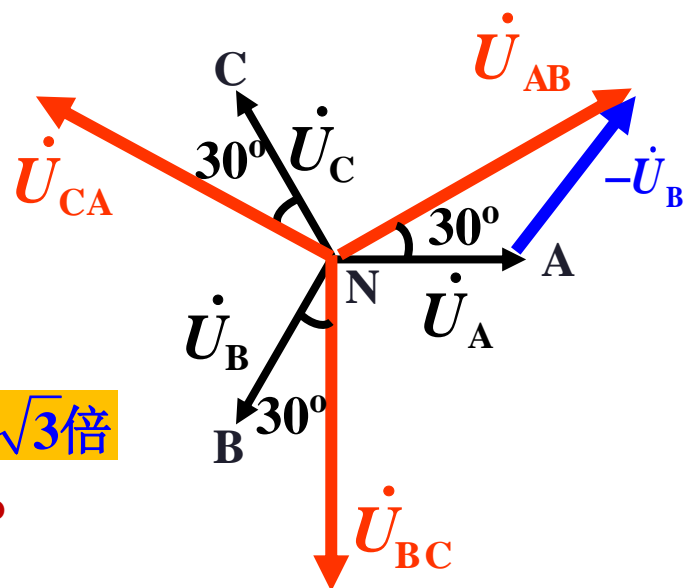
(b) 线电压相位超前对应的相电压  $30^\circ$

$$\begin{cases} \dot{U}_A = U \angle 0^\circ \\ \dot{U}_B = U \angle -120^\circ = a^2 \dot{U}_A \\ \dot{U}_C = U \angle 120^\circ = a \dot{U}_A \end{cases}$$

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B = \sqrt{3}U \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C = \sqrt{3}U \angle -90^\circ$$

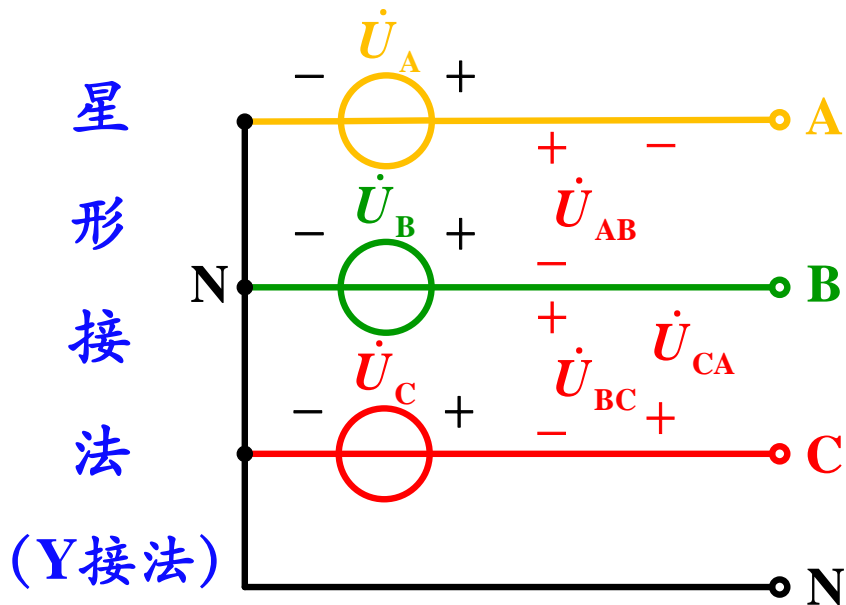
$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A = \sqrt{3}U \angle 150^\circ$$



# § 11.1 三相电路的基本概念

## 一、三相电源和三相负载

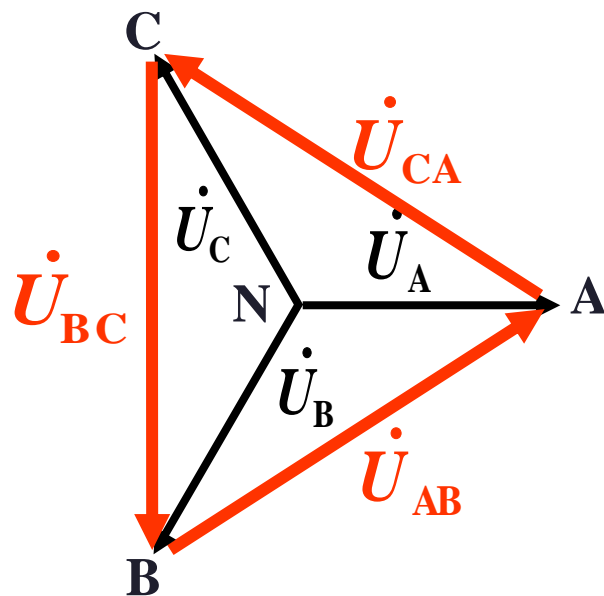
### 3. 线、相电压的关系



线电压:  $\dot{U}_l = \sqrt{3}\dot{U}_{ph} \angle 30^\circ$

(a) 线电压有效值是相电压有效值的  $\sqrt{3}$  倍

(b) 线电压相位超前对应的相电压  $30^\circ$



线、相电压的相量关系图

