

# 第二十五讲

## 间接交流变流电路

教师：孔祥新

地点：JA202

曲阜师范大学 电气信息与自动化学院

# 组合变流电路·引言

- 基本的变流电路

第 2 ~ 5 章分别介绍的 AC/DC、DC/DC、AC/AC 和 DC/AC 四大类基本的变流电路。

- 组合变流电路

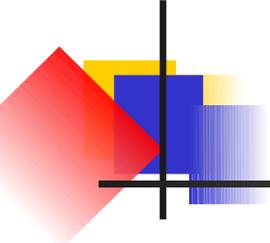
将某几种基本的变流电路组合起来，以实现一定的新功能，即构成组合变流电路。

- 间接交流变流电路

先将交流电整流为直流电，再将直流电逆变为交流电，是先整流后逆变的组合。

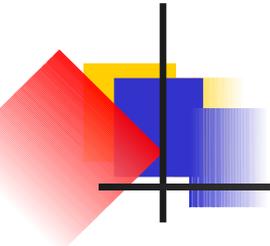
- 间接直流变流电路

先将直流电逆变为交流电，再将交流电整流为直流电，是先逆变后整流的组合。



# 组合变流电路·引言

- 间接交流变流电路由整流电路、中间直流电路和逆变电路构成。
- 分为**电压型**间接交流变流电路和**电流型**间接交流变流电路
- 间接交流变流电路的逆变部分多采用 **PWM 控制**。



# 间接交流变流电路—内容

---

- 25.1 间接交流变流电路原理**
- 25.2 交直交变频器**
- 25.3 恒压恒频（CVCF）电源**

# 25.1 间接交流变流电路原理

- 当负载为电动机时，通常要求间接交流变流电路具有再生反馈电力的能力，要求输出电压的大小和频率可调，此时该电路又名交直交变频电路。

## 1) 电压型间接交流变流电路

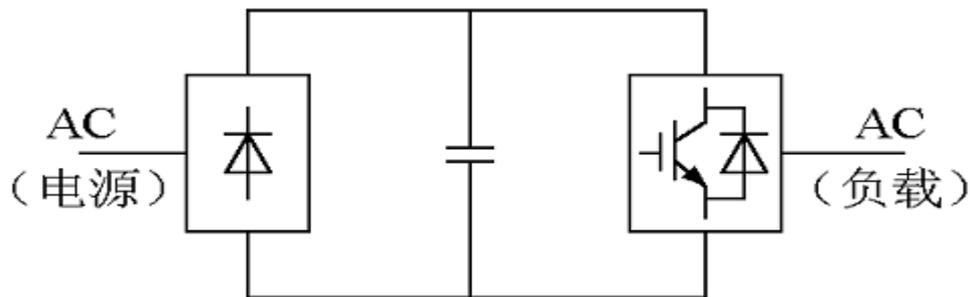


图 8-1 不能再生反馈的电压型间接交流变流电路

- 不能再生反馈电力的电压型间接交流变流电路的整流部分采用的是不可控整流，它只能由电源向直流电路输送功率，而不能反馈电力。图中逆变电路的能量是可以双向流动的，若负载能量反馈到中间直流电路，将导致电容电压升高，称为泵升电压。

# 25.1 间接交流变流电路原理

使电路具备再生反馈电力的能力的方法：

带有泵升电压限制电路的电压型间接交流变流电路。

当泵升电压超过一定数值时，使  $V_0$  导通，把从负载反馈的能量消耗在  $R_0$  上。

利用可控变流器实现再生反馈的电压型间接交流变流电路。

当负载回馈能量时，可控变流器工作于有源逆变状态，将电能反馈回电网。

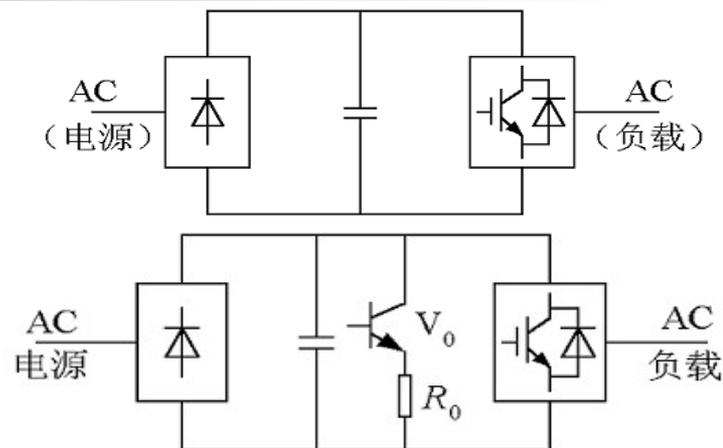


图 8-2 带有泵升电压限制电路的电压型间接交流变流电路

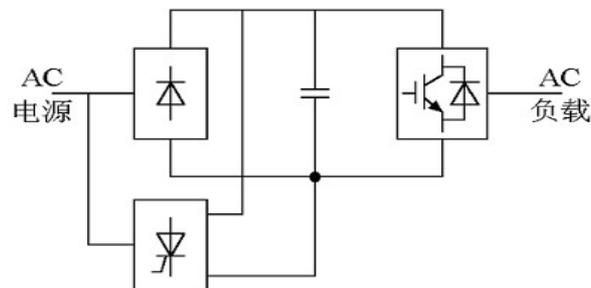


图 8-3 利用可控变流器实现再生反馈的电压型间接交流变流电路

# 25.1 间接交流变流电路原理

- 整流和逆变均为 PWM 控制的电压型间接交流变流电路。

整流和逆变电路的构成完全相同，均采用 PWM 控制，能量可双向流动。输入输出电流均为正弦波，输入功率因数高，且可实现电动机四象限运行。

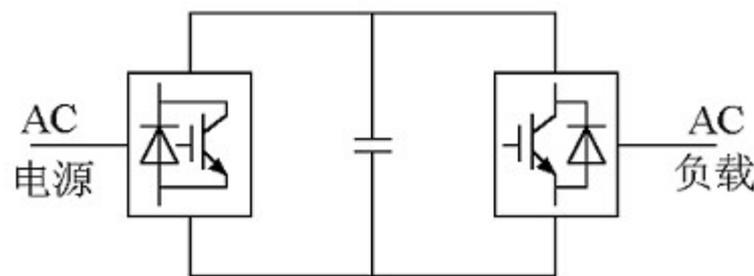


图 8-4 整流和逆变均为 PWM 控制的电压型间接交流变流电路

# 25.1 间接交流变流电路原理

## 理

### 2) 电流型间接交流变流电路

- ⊕ 整流电路为不可控的二极管整流时，电路不能将负载侧的能量反馈到电源侧。
- ⊕ 为使电路具备再生反馈电力的能力，可采用：
  - ⊕ 整流电路采用晶闸管可控整流电路。
  - ⊕ 负载回馈能量时，可控变流器工作于有源逆变状态，使中间直流电压反极性。

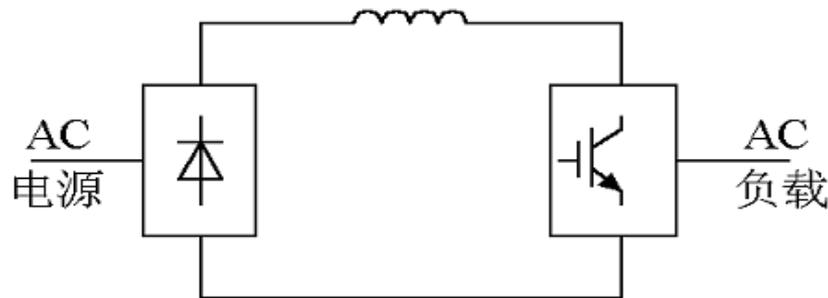


图 8-5 不能再生反馈电力的电流型间接交流变流电路

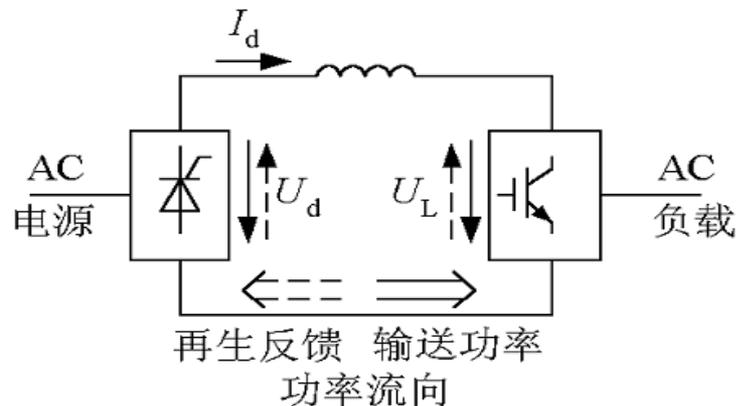


图 8-6 采用可控整流的电流型间接交流变流电路

# 25.1 间接交流变流电路原理

## 实现再生反馈的电路图

负载为三相异步电动机，适用于较大容量的场合。

整流和逆变均为 PWM 控制的电流型间接交流变流电路

通过对整流电路的 PWM 控制使输入电流为正弦并使输入功率因数为 1。

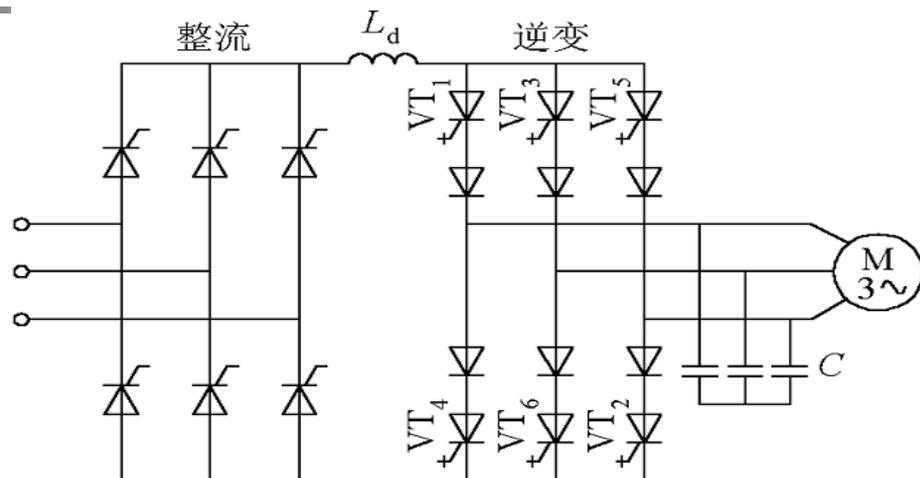


图 8-7 电流型交-直-交 PWM 变频电路

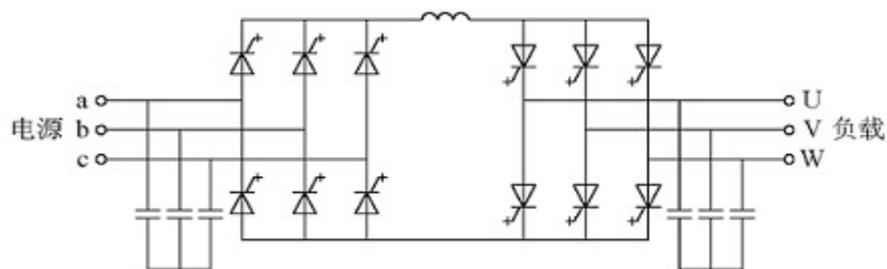


图 8-8 整流和逆变均为 PWM 控制的电流型间接交流变流电路

## 25.2 交直交变频器

- 晶闸管**直流**电动机传动系统存在一些固有的**缺点**：(1) 受使用环境条件制约；(2) 需要定期维护；(3) 最高速度和容量受限制等。
- **交流**调速传动系统除了克服直流调速传动系统的缺点外还具有：  
(1) 交流电动机结构简单，可靠性高；(2) 节能；(3) 高精度，快速响应等优点。
- 采用变频调速方式时，无论电机转速高低，转差功率的消耗基本不变，系统效率是各种交流调速方式中最高的，具有显著的节能效果，是交流调速传动应用最多的一种方式。
- 笼型异步电动机的定子频率控制方式，有：(1) 恒压频比 ( $U/f$ ) 控制；(2) 转差频率控制；(3) 矢量控制；(4) 直接转矩控制等。

## 25.2 交直交变频器

### 1) 恒压频比控制

- ✦ 为避免电动机因频率变化导致磁饱和而造成励磁电流增大,引起功率因数和效率的降低,需对变频器的电压和频率的比率进行控制,使该比率保持恒定,即恒压频比控制,以维持气隙磁通为额定值。
- ✦ 恒压频比控制是比较简单,被广泛采用的控制方式。该方式被用于转速开环的交流调速系统,适用于生产机械对调速系统的静、动态性能要求不高的场合。

# 25.2 交直交变频器

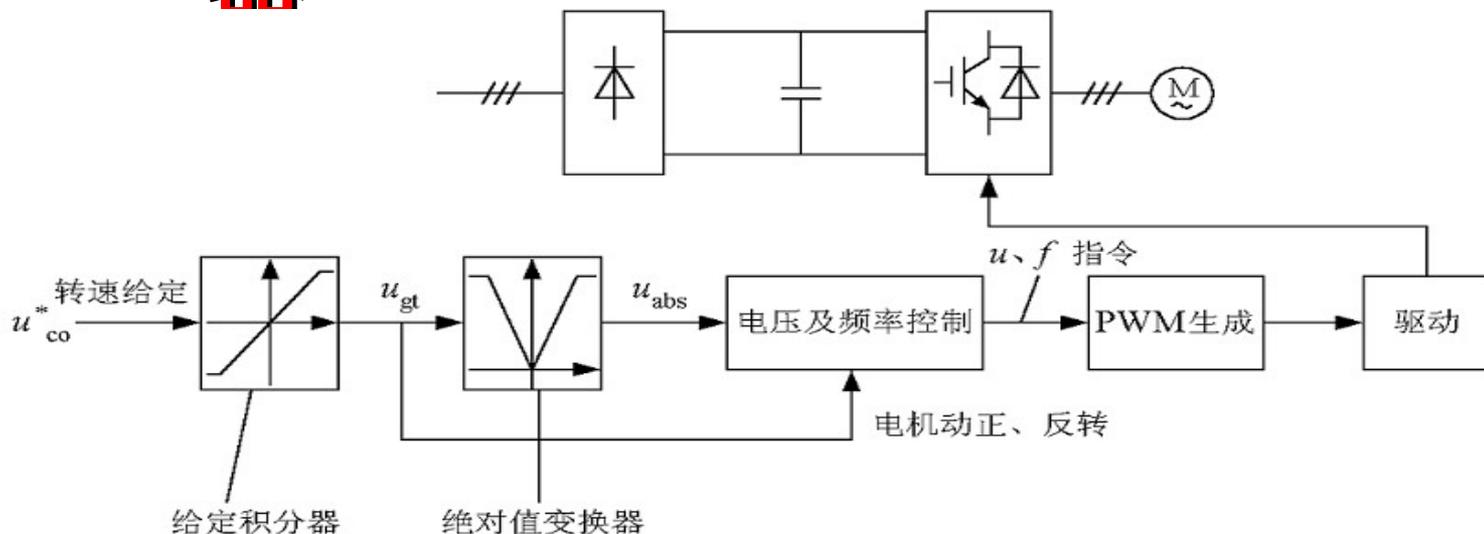


图 8-9 采用恒压频比控制的变频调速系统框图

- 转速给定既作为调节加减速的频率  $f$  指令值，同时经过适当分压，作为定子电压  $U_1$  的指令值。该比例决定了  $U/f$  比值，可以保证压频比为恒定。
- 在给定信号之后设置的给定积分器，将阶跃给定信号转换为按设定斜率逐渐变化的斜坡信号  $u_{gt}$ ，从而使电动机的电压和转速都平缓地升高或降低，避免产生冲击。

## 25.2 交直交变频器

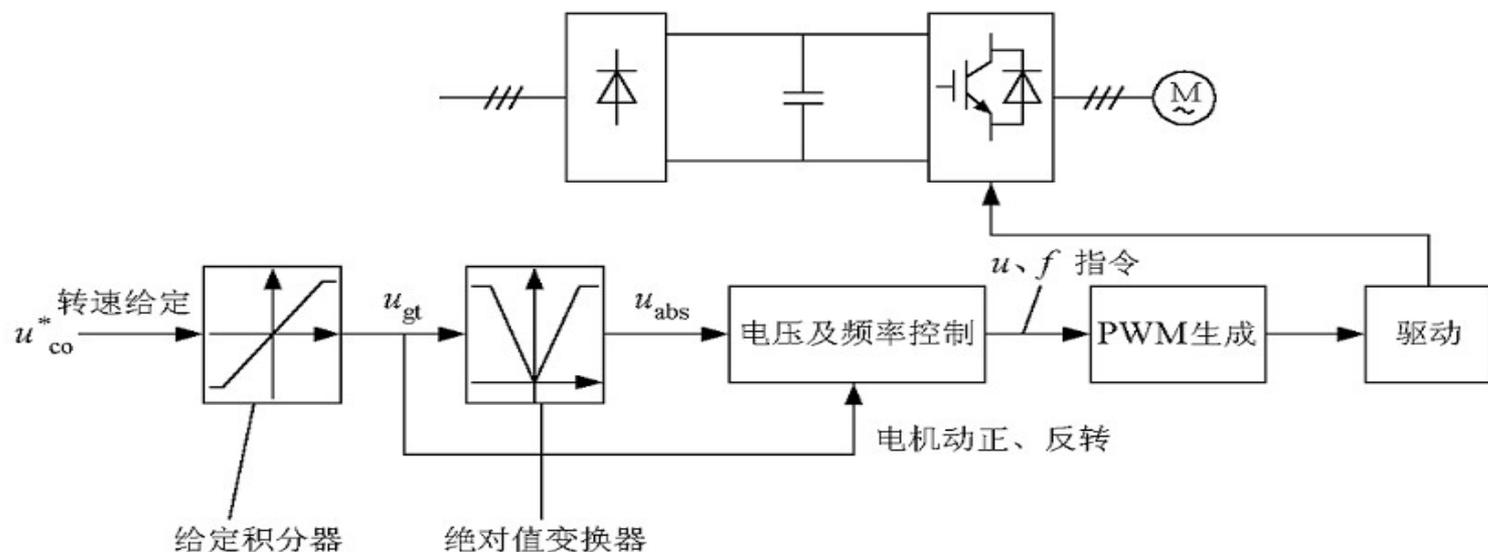


图 8-9 采用恒压频比控制的变频调速系统框图

- 给定积分器输出的极性代表电机转向，幅值代表输出电压、频率。绝对值变换器输出  $u_{gt}$  的绝对值  $u_{abs}$ ，电压频率控制环节根据  $u_{abs}$  及  $u_{gt}$  的极性得出电压及频率的指令信号，经 PWM 生成环节形成控制逆变器的 PWM 信号，再经驱动电路控制变频器中 IGBT 的通断，使变频器输出所需频率、相序和大小交流电压，从而控制交流电机的转速和转向。

## 25.2 交直交变频器

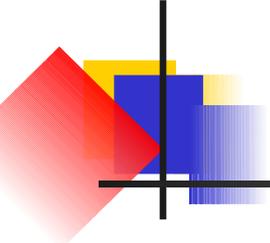
### 2) 转差频率控制

- 在稳态情况下，当稳态气隙磁通恒定时，异步电机电磁转矩近似与转差角频率成正比。因此，控制  $\omega_s$  就相当于控制转矩。采用转速闭环的转差频率控制，使定子频率  $\omega_1 = \omega_r + \omega_s$ ，则  $\omega_1$  随实际转速  $\omega_r$  增加或减小，得到平滑而稳定的调速，保证了较高的调速范围。
- 转差频率控制方式可达到较好的静态性能，但这种方法是基于稳态模型的，得不到理想的动态性能。

## 25.2 交直交变频器

### 3) 矢量控制

- ✦ 异步电动机的数学模型是高阶、非线性、强耦合的多变量系统。传统设计方法无法达到理想的动态性能。
- ✦ 矢量控制方式基于异步电机的按转子磁链定向的动态模型，将定子电流分解为励磁分量和与此垂直的转矩分量，参照直流调速系统的控制方法，分别独立地对两个电流分量进行控制，类似直流调速系统中的双闭环控制方式。
- ✦ 控制系统较为复杂，但可获得与直流电机调速相当的控制性能。

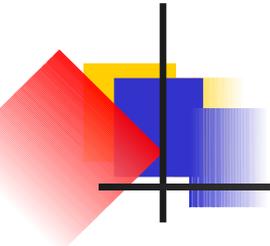


## 25.2 交直交变频器

---

### 4) 直接转矩控制

- ◆ 直接转矩控制方法同样是基于动态模型的，其控制闭环中的内环，直接采用了转矩反馈，并采用砰—砰控制，可以得到转矩的快速动态响应。并且控制相对要简单许多。



## 25.3 恒压恒频 ( CVCF ) 电源

- CVCF 电源主要用作不间断电源 (UPS) 。

### UPS -Uninterruptible Power Supplies

- UPS 是指当交流输入电源（习惯称为市电）发生异常或断电时，还能继续向负载供电，并能保证供电质量，使负载供电不受影响的装置。
- UPS 广泛应用于各种对交流供电可靠性和供电质量要求高的场合。

# 25.3 恒压恒频 (CVCF) 电源

## 1) UPS 基本工作原理:

- ✦ 市电正常时，由市电供电，市电经整流器整流为直流，再逆变为 50Hz 恒频恒压的交流电向负载供电。同时，整流器输出给蓄电池充电，保证蓄电池的电量充足。
- ✦ 此时负载可得到的高质量交流电压，具有稳压、稳频性能，也称为稳压稳频电源。
- ✦ 市电异常乃至停电时，蓄电池的直流电经逆变器变换为恒频恒压交流电继续向负载供电，供电时间取决于蓄电池容量的大小。

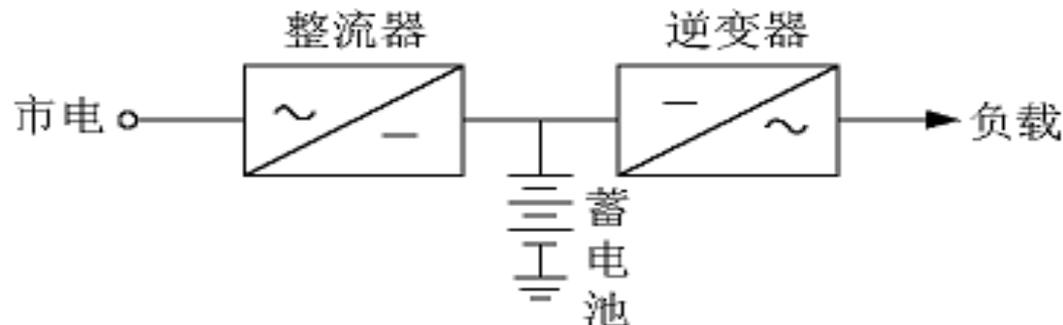


图 8-10 UPS 基本结构原理图

# 25.3 恒压恒频 (CVCF) 电源

⊕ 为了保证长时间不间断供电，可采用柴油发电机（简称油机）作为后备电源。

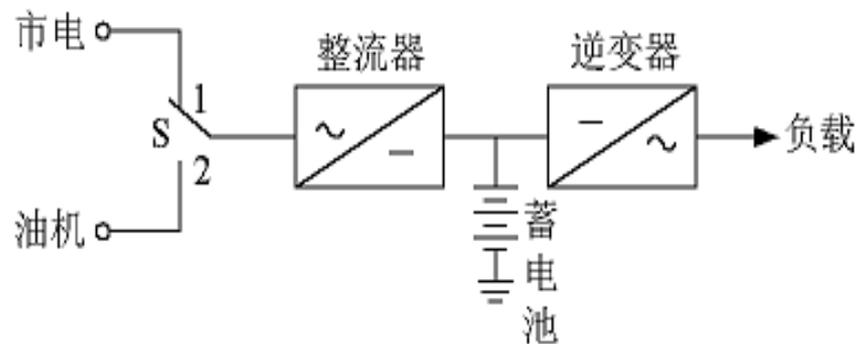


图 8-11 用柴油发电机作为后备电源的 UPS

⊕ 增加旁路电源系统，可使负载供电可靠性进一步提高。

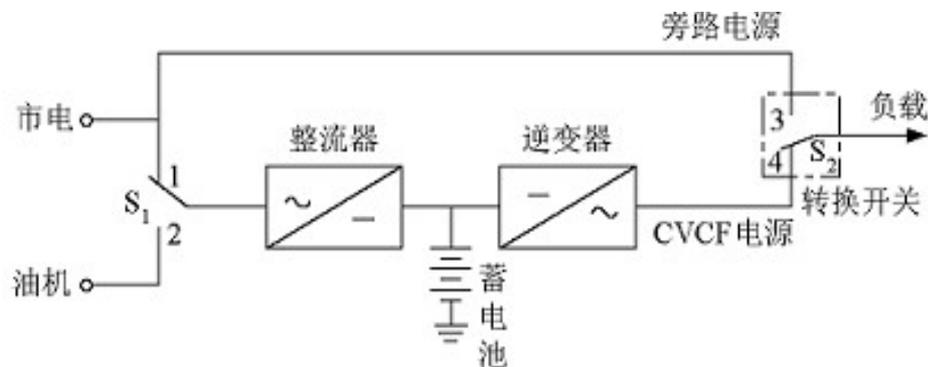


图 8-12 具有旁路电源系统的 UPS

# 25.3 恒压恒频 (CVCF) 电

## 源

### 2) UPS 主电路结构

✦ 小容量的 UPS，整流部分使用二极管整流器和直流斩波器 (PFC)，可获得较高的交流输入功率因数，逆变器部分使用 IGBT 并采用 PWM 控制，可获得良好的控制性能。

✦ 大容量 UPS 主电路。采用 PWM 控制的逆变器开关频率较低，通过多重化联结降低输出电压中的谐波分量。

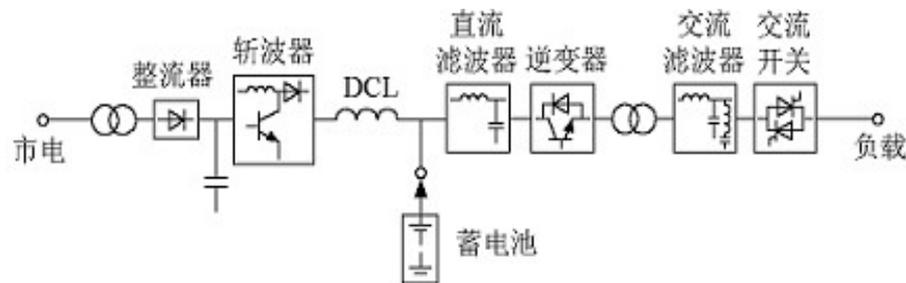


图 8-13 小容量 UPS 主电路

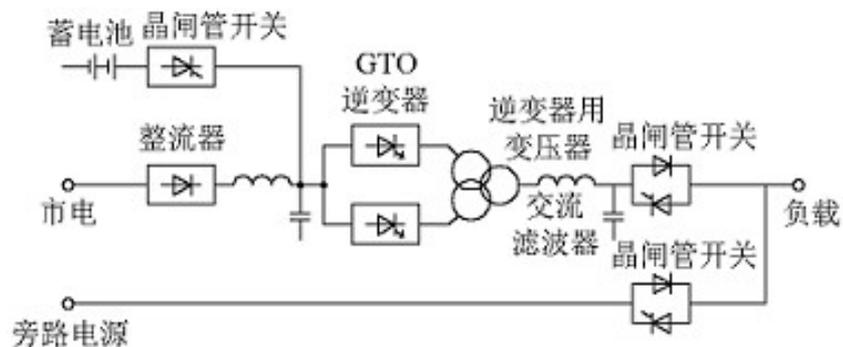


图 8-14 大功率 UPS 主电路