

# 轧机电气主传动方案的分析与比较

张静平

## 吉林恒联精密铸造科技有限责任公司

**摘要：**首钢 2160 轧机电气主传动原设计方案为交交变频全数字矢量控制调速系统，而宝钢 1580 轧机应用的是 GTO 交直交变频技术。为此本文对交交变频和交直交变频进行了深入的分析 and 比较，以供类似工程建设时参考与选择。

**关键词：**轧机；主传动

**中图分类号：** TG333.11 **文献标识码：** A **文章编号：**

90 年代初期首钢开始筹建 2160 热轧厂，工艺方案为年产 413 万吨各类板卷。

该轧线设计有 3 台步进式加热炉；2 架可逆式粗轧机，R1 前设有加强的大立棍轧机 E1、R2 前、后设有立棍轧机 E2、E3，实现 AWC 自动宽度控制，R2 后面布置了板卷箱、飞剪；精轧机组由 6 架带液压 AGC 和工作滚轴动的轧机组成，精轧机前设有 1 台立棍轧机 S4，输出辊道上布置了水幕和层流冷却；3 台液压卷曲机（其中 1 台预留）具有踏步控制功能；精整区设计了 5 条精整剪切线。

在整个工艺线上采用了多种先进技术，其中之一是 8 架轧机的主传动采用交流电机传动，全部由交交变频装置为其供电。近年来，随着电力电子技术的不断发展，开发出新一代电力电子器件，如可关断晶闸管 GTO、绝缘栅双极晶体管 IGBT 和集成门极整流元件 IGCT 等的出现，使交直交变频器得到较大的发展。宝钢 1580 热轧机建设时，主传动中全线都采用交直交变频器，为此，我们对宝钢 1580 热轧机主传动系统进行了考察，并对两种供电方式做了技术上的分析对比。

### 1、技术对比

#### 1.1 交交变频与交直交变频装置概述[1]

如图 1，主整流变压器是三个独立的  $\Delta/Y-11$  连接的变压器，每个变压器连接一组由正反桥组成的交交变频装置，其输出对应同步机 A、B、C 三项中的一项，三相交交变频装置采用逻辑无环流三项有 midpoint 方式，

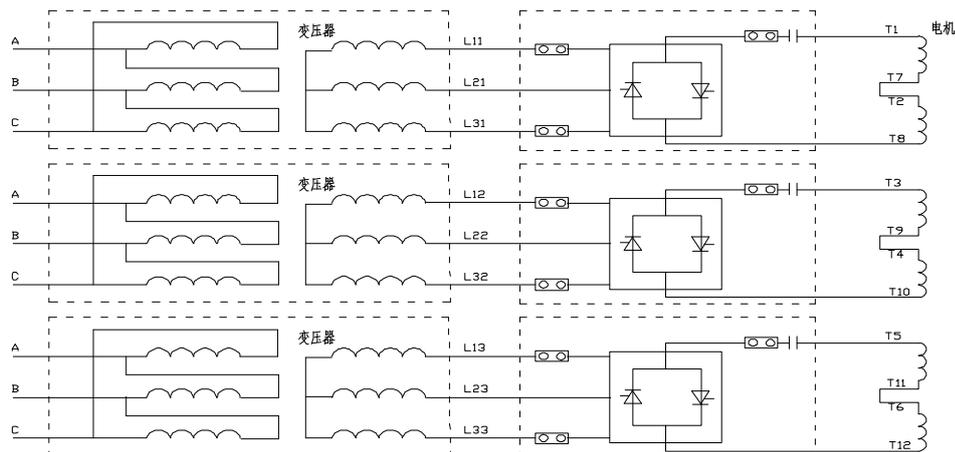


图 1 交交变频器住电路见图

输出端采用星点连接，电机双绕组串联、三相星接和变频器星点独立。

对应的输出每一项而言，其输出电压为  $U_{om} \cos a$ ，当  $a=0$  时， $U_d=U_{om}$ ，（ $U_{om}$  为输出电压最大值， $U_d$  为空载直流平均电压），改变  $a$  角，可以改变其输出电压平均值的大小。

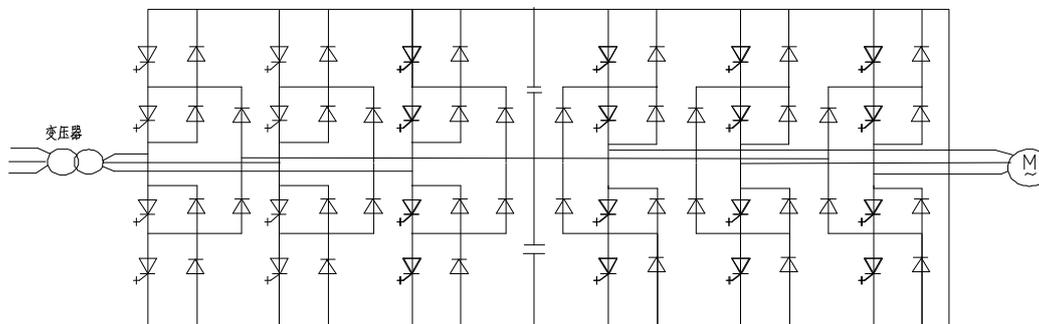


图 2 交直交三电平变换器主电路简图

因输出是接到电动机的一相，而反电势负载的电流滞后电压一个角度，这就要求正反两组晶闸管都要有一个本桥逆变的过程，此时电压和电流反向，电机向电网回馈电能，所以  $a$  角也要有大于  $90$  度的移相范围，即每组晶闸管的输出都可正可负，在输出电压的一个周波中，按电流过零点分，两组桥轮流工作，而每组桥工作的半波内又有整流和本桥逆变两个区间。其输出电压  $U$  的函数表达式为： $U=U_d/U_{om} \cos \omega_0 t$ （ $\omega_0$  为输出电压基波的角频率， $K$  为调制系数），即改变  $\omega_0$  就可改变输出频率，改变  $a$  的调节深度就可改变  $K$  值，从而改变了输出电压的大小，如果把  $a$  调节深度与输出频率协调起来，则可保证  $U/F=\text{常数}$ ，实现对电机的恒磁通调速。

交交变频实际上是经由电力电子开关的阵列把输入电压的不同片段送到输出端，以形成输出电压的波形，当拼凑的输出波形片段太少时，即输出频率接近或超过输入频率的  $1/2$  时，其波形畸变将很大，为此 2160 轧机的 R2 和精轧机的变压器采用曲折接法，以增加变频器的脉波数；采用 12 相整流来调制，一减少输出波形的畸变。

## 1. 2 两种变频器的技术对比

### 1. 2. 1 交直交变频器的优缺点

优点：交直交变频器的输出频率较高，在实现对电机的变频、变压调速的同时，也有效地减少了网络侧和输出侧的高次谐波分量，从而取消了网络侧的动态无功补偿装置，而电机侧减少了输出转矩的脉动，提高了控制系统的精度和动态响应特性，满足了轧机的调速要求。

缺点：GTO 是电流型元件，它的控制功率约为主回路功率的  $1/3$ ，因此控制回路很复杂，要求功率也大，每一单元元件很重要，不宜更换和维护，

### 1. 2. 2 交交变频器的优缺点

优点：交交变频器只进行一次能量转换，所以效率高，而且像 SCR 整流电路一样，其晶闸管的换流是靠电源电压的自然换流，不需要设置强迫换流装置和使用特殊的可自关断的换流元件，从而简化了设备，提高了效率和运行的可靠性。

缺点：交交变频器由于受输出电压波形的影响，其输出电压的频率调节范围一般控制在输入电源频率的  $1/3$  以下，最高也不超过  $1/2$ ，所以只适合于低速大功率的传动系统。另外，其运行时产生大量的谐波，必须增设动态无功补偿装置，才能保证电网和装置的可靠运行。

## 2 与传动密切相关的几个问题

### 2. 1 电机设备

轧钢过程中，要求电机的调速范围宽，动态、静态的调速性能好，而且轧制时的冲击负荷大，要求过

---

载倍数高，所以在国内外的热轧系统绝大多数都采用直流电机进行传动。但直流机存在两大致命缺陷，一是整流换相问题难以获得满意的解决，虽然在电机的制造和维护上采取了许多措施，但重载和加减速时的换相火花仍是困扰工程技术人员和维护电工的大问题；其二是单电枢电机的容量不能太大，超过 5000KW 的，要采用双电枢或三电枢，而其转动惯量 GD<sup>2</sup> 几倍于同容量的交流机。所以新建或改建的大型轧机都在采用交流进行拖动。

## 2. 2 电网设备

首钢 2160 热轧机设计使用的交交变频器的谐波是一个大问题，除了整流装置特有的多次谐波外，还在基波及各次特征谐两侧出现旁波，随着输出频率的上升，旁波的频率和幅值都在增加。这些谐波对电网、变压器、电机、电缆及通信线路都产生大量直接和间接的危害。为此，我们采用动态无功补偿装置和谐波滤波器对电网和电力设备进行保护。而宝钢 1580 轧机使用 GTO 变频技术，几乎不产生无功功率，电网侧电流接近正弦，完全不再需要动态无功补偿装置及谐波滤波器。

## 3 结论

综上所述，本文对首钢 2160 热轧机传动系统和宝钢 1580 热轧机系统进行了分析和比较，两种方案都采用交流同步电机拖动，都能满足热轧工艺的要求，避免了直流电机拖动的众多问题，都可称为当前国际领先的传动方式。GTO 交直交变频可省去无功补偿，减少电网公害是很可取的一点，但其能源转换方式为 2 级，效率稍低，且 GTO 为过渡型元件，在选用时要慎重。而交交变频系统的输出频率低，只适合应用在大功率、低转速的场合，并要同时治理电网的谐波。作为热连轧主传动选择上述两种方案都是可行的。

### 1、参考文献:

[1] 佟纯厚.近代交流调速[M].北京：冶金工业出版社，1995.