

常规热连轧变频器的设计选型及应用

访宝钢股份公司热轧厂高级工程师欧湘贵

■ 胡颖/本刊记者



欧湘贵 高级工程师
宝钢股份公司热轧厂

未来一定会有更高电压、更大电流的新型功率器件出现，这将会提高变频器的单机容量。

热连轧是黑色冶金行业的一个重要工艺生产线，随着人们对产品质量需求越来越高，其工艺或机械装备都要求电气传动设备采用高性能的调速装置作为支撑。在实际工程中，受成本、设计经验等多方面因素的影响，热轧生产线所使用的变频器的谈判、设计、选型和应用等方面还有许多实际问题需要探讨。为了对常规热连轧变频器的设计选型及应用有更多的了解，本刊记者特别采访了宝钢股份公司热轧厂高级工程师欧湘贵先生。

电气应用：您好！非常感谢您在百忙之中接受我刊的采访！交流变频调速装置在热轧电气装置中占有极其重要的地位，首先，请您介绍下变频器和调速技术在热轧生产线的应用发展历程。

欧湘贵：20世纪70年代前，常规热连轧生产线需要调速的电动机都是采用直流电动机，用直流调速技术；而恒速电动机采用的是交流笼型电动机，不调速。随着电力电子技术的快速发展，在20世纪八九十年代，引进了高性能变频器用于热轧生产某些工艺负载，如国内某2050热轧生产线首次在粗轧机R3和R4主电动机上尝试使用了交-交变频器，其调速性能接近直流电动机的效果，反响非常好。到20世纪90年代中期，不论是粗轧机、精轧机等主机，还是生产线上各类辊道电动机、各种辅机，都开始全面采用交-直-交电压型或电流型变频器，但是像行车和一些辅助设备还是采用定子调压或直流调速技术。直到进入21世纪，在热轧生产线上所有需要调速的电动机都采用了各种变频电动机和变频调速技术（包括行车主起升和行车走行机构等），变频器得到了非常普遍的应用。到2006年前后，随着节能减排和企业降低生产成本的需要，又开始引入了风机泵专用、控制准确度一般的低压通用变频器和中高压变频器。

电气应用：面对多功能多产品系列的中高压变频器，根据您多年的工作积累，请谈谈如何选型以及在选型中注意哪些问题。

欧湘贵：根据电网清洁程度和电网容量大小，选择不同硬件拓扑结构的中压变频器。由于冶金企业电网本身谐波分量高，宜选用多重化的串级级联变频器结构（多电平），不宜选用单一的二电平结构甚至三电平结构。

根据负载重要性不同，按高、中、低等级负载选择不同档次的高压变频器；如轧线除鳞泵、煤气站加压机等负载宜选用高端的变频器，因为其需要高可靠性。

宽带热连轧水处理系统、煤气站、空压站、加热炉燃烧系统以及除鳞系统都是由多机并联运行的，且每一个系统都有备机（一台或多台）。若系统需要两台或以上同时参与工作的工况，则要么改造一台，要么改造台数与实际需要台数相等，否则在实际控制中并联系统运行的工频泵与变频泵会相互干扰。同时切换系统要考虑工频与变频、一台泵与另一台泵切换的需要。选择改造台数还需核实电气室的大小、并联系统出口侧是否有挡板或单向阀等装备，防止水或压缩空气回流。此外热轧工艺上述电控设备节能改造，是根据实际工艺或用户的需求来挖掘节电潜力，如果本身上述公辅系统（风水气）设计能力就偏小，或者实际负载达到额定负载且负载波动不大，则节电空间会大打折扣，甚至增加中频变频器装置，不仅不节电，而且还会浪费电。

对于中高压变频器功能选择，由于热轧上述公辅系统都有备机系统，原则上不需要选择功率单元内部旁路功能和中性点漂移功能，但建议选用预充电功能。

其他细节的关注：多电平的移相变压器冷却方式选择和布局至关重要，变频柜的冷却风机建议选择进口长寿命的风机，不间断UPS系统装置需要标配。

电气应用：请您介绍一下，在低压小容量的变频装置中，热轧辅机逆变器在选择时应遵循的原则和注意事项。

欧湘贵：热轧辅机逆变器选择原则：①装置容量有一定的富裕度；②重要负载宜独立供电，普通辊道可以成组供电，该成组辊道的各电动机处于同一工艺速度段，具有相同的转速和线速度，该组各电动机参数尽可能接近或相同；③全厂尽可能减少逆变器的种类，以减少备件的数量；④小容量逆变器INV尽可能采用类似电动机控制中心抽屉式结构。

装置容量计算原则是独立驱动逆变器INV单元的容量乘以逆变器得过载倍数的积，不得低于电动机输出电磁功率乘以其最大允许工作的过载倍数。对于部分特殊的负载，如轧制高温硅钢的热轧生产线，对出炉辊道到粗轧机前的辊道，粗轧机进出口机架辊、精轧末机架出口机架辊、SSP有辊道升降装置的辊道和质检站地辊等特殊负载，要充分留有裕量，否则会造成该类逆变器

频繁跳电。因为除了考虑其起动过程中部分电动机打滑外，还要考虑辊道的磨损不均匀、标高、板坯变形、硅钢的头尾塌腰、粗轧机翘扣头控制差以及板坯爬坡等特征。

除了考虑逆变器INV的容量计算外，对于逆变器其他元件配置也必须重点关注，如直流母排取电后进入逆变器前是否增设直流断路器，INV装置输出后是否设置接触器、交流断路器和输出电抗器，装置内是否设置温度保护装置、自带风扇以及装置内的其他元器件（如电容器、电源装置）的选取等。另外对于电动机需要强制冷却风机供电，还必须考虑附加风机电源和连锁条件。在这一类小容量变频装置中，有的采用速度反馈的矢量控制技术，有的采用无速度反馈的矢量控制技术，必须根据控制对象的准确度进行区分，防止选型不当，无法满足控制的需要。

电气应用：变频器在日常的操作规程中需要注意哪些维护要点？

欧湘贵：变频器需要严格按照操作规程执行，一般需要注意以下几点：

1) 送电前，关好门或上好锁，检查切换回路各刀开关状态和切换的位置是否正确，检查和判断其配套的冷却用的风机或轴承润滑装置在节电高压电动机运行前是否已经提前正常运行，防止缺油、缺风或缺水而烧毁主机轴承、本体设备等。

2) 严禁短接高压开关合闸和跳闸连锁条件。若已经投高压电后，严禁开启变频器功率单元回路的柜门；严禁带电手动操作切换柜的操作隔离开关；在高压变频器运行时，严禁随意断开控制电源；严禁频繁对高压变频器多次连续进行停电送电反复操作，否则会造成移相变压器与动力单元的电容等元器件过度发热；严禁擅自修改变频器最低运行频率和各种加减速效率、过电流过电压等保护参数。

3) 环境条件检查（温度小于40°和湿度小于90%，无结露或积霜，无异味、无易燃易爆气体，无腐蚀性气体或液体等）。

4) 变频器本身的冷却风机状态是否正常，其冷却系统（如过滤网）是否干净，风道有无阻塞等。

5) 变频器本体振动、温升和接插件连接是否牢靠，连接螺栓是否变色，功率单元是否积灰，电容是否变形鼓包，移相变压器绕组与接头是否变色、变形，线圈之间的衬垫是否挤压变形或塌方，绕组运行温度或温升是否超过限定值，检查控制板是否变色，电解电容是否变形漏液，连接组件是否可靠，控制开关电源是否性能下降，触发脉冲是否异常，整个系统绝缘耐压或绝缘电阻

进行精密点检和测量，要在规定值内。

6) 根据变频器厂家推荐意见合理定期更换有寿命限制的易损元器件或装置，如中间回路滤波用的电解电容器、柜顶强力冷却风扇、过滤网和过期的UPS电源装置等。

电气应用：最后，请您就变频器装置和技术目前的现状，预测下未来的发展趋势。

欧湘贵：未来的发展趋势可以从以下几个方面体现：

1) 电力电子器件会更加多样化、容量更大且性能更高。未来一定会有更高电压、更大电流的新型功率器件出现，这将会提高变频器的单机容量。

2) 主回路硬件拓扑结构基本不变，但是由基本结构等组成的高性能变频器其组合形式会越来越优化，以减少部分装备的浪费。

3) 公用整流器选用晶闸管或IGBT作为功率器件，但日本大多数生产商选用晶闸管全波整流方式作为公用整流器的方案。其一方面减少投资和提供维护方便性；另一方面减轻上游变压器制造商生产难度。

4) 逆变器的容量等级更加多样化，级差越来越小，甚至多于电动机本身的额定容量匹配参数，有些厂家还会根据实际负载性质设计专用的变频器，以满足用户负载个性需求。

5) 中小容量逆变器安装方式由固定式向抽屉式（类似MCC）方向发展，方便用户维护以及故障处理时新旧设备的拆装。

6) 变频器整体大小向紧凑型方向发展。未来随着用地紧张，国内无论是新项目还是旧改造项目，其占地面积会有所限制。

7) 控制方式由原来集中控制向分散控制发展。对于新型的变频器，逐步将靠近功率单元或主回路的控制功能尽可能分散到就地控制板上，而其他控制功能或公用的功能则更加集中到专用柜内主控板上。

8) 各种软硬件保护越来越多、越来越全，信号报警功能也越来越多、越来越细。

9) 变频器系统互联网络化。原来一条生产线的变频器或系统一般是相对独立的，除粗轧机上下辊、夹送辊上下辊、立辊工作侧和传动侧等负载变频器之间有联络外，其他变频器都只是与基础自动化（PLC设备）进行通信联络。变频器故障报警复位、故障诊断和上下传或修改变频器内部参数都需要维护人员到现场电控柜机旁进行操作。而目前新一代变频器系统则可以从远方完成复位、监视、参数上下传递甚至修改等工作，其基本上实现了全厂互联连接工作。

10) 变频装置监控平台软件更加人性化和多样化，速度更快、界面更加友好，能实时监视许多变量和信息状态。EA

广告 | AD

全新改版

色彩丰富 凸显主题

2016《电气应用》以鲜明色彩和新颖版式呈现精彩内容，力求赏心悦目。

栏目设置 独具风格

坚持继承与开拓并举，以丰富内涵充实经典栏目，持续深化面对面、专家访谈、EA经理人等栏目，密切关注电气技术的发展和运用。

专家点评 精辟深刻

每期都将围绕一个热点话题，隆重推出一场专题讨论的盛宴，共邀知名专家、产品用户和生产厂家汇聚一堂，针对焦点问题作出评析。

行业案例 生动丰富

关注电力、建筑、石化和冶金等电气行业应用，以典型深刻的案例分析、方案设计构建技术互动的空间，促进应用经验交流。

国内邮发代号：82-341 国外发行代号：M1409

每期定价：15.00元 全年定价：360.00元

中国知网 <https://www.cnki.net>

电气应用

· 电气应用 盛情呈现 ·

2016