

论永磁复合电动机在石化行业的应用

访中国石化工程建设有限公司电气副总工王树国

■ 史海疆/本刊记者



王树国 教授级高工
中国石化工程建设有限公司电气副总工

石化行业大部分为爆炸危险环境，对于永磁复合电动机来说，亟需全系列的符合石化行业防爆要求的永磁电动机出现。

目前，油田抽油机用感应电动机普遍存在“大马拉小车”现象，电能浪费严重。近年来，永磁复合电动机因其功率因数高、效率高，得到了较快的发展。永磁复合电动机如能在石化行业大范围应用，将有效解决电动机电能浪费严重问题。但由于石化行业生产的特殊性，对于选用的电动机提出较高的要求。为此，本刊特地采访了中国石化工程建设有限公司电气副总工王树国，请他就上述问题作出解答。

电气应用：王总您好！感谢您百忙之中接受本刊的采访！因为石化行业的生产比较特殊，其对于供电电源有哪些要求？用电负荷的计算有哪些规律？

王树国：石化行业所包含的工艺装置通常是加工处理易燃易爆危险介质的连续生产装置，突然停电将导致人身和设备重大损伤及巨大经济损失，要求保持高度的生产连续性、安全可靠性和稳定性，根据国家标准GB 50052—2009《供配电系统设计规范》的相关规定，其主要负荷均属一二级负荷，因此，要求双重电源供电，当一路电源发生故障时，另一路电源不应同时受到损坏。

以大型炼化一体化化工厂为例，1 000万t/年炼油厂的实际电气计算负荷经验值为100 MW左右，配套80万t/年乙烯工程的电气计算负荷在220 MW左右；1 500万t/年炼油厂的实际电气计算负荷在150 MW左右，配套100万t/年乙烯工程的电气计算负荷在250 MW左右；2 000万t/年炼油厂的实际电气计算负荷在220 MW左右，配套120万t/年乙烯工程的电气计算负荷在280 MW左右。

遵循标准 合理选型

电气应用：请问石化行业应如何选用电动机？

王树国：应根据项目所在地的气候条件及设备运行的特定环境选择符合国家标准及行业标准的电动机，

以确保其可靠性、安全性和先进性。石化行业电动机大部分为鼠笼型感应电动机,大型低速的电动机采用无刷励磁的同步电动机。中压电动机应配备空间电加热器,1 000 kW及以上的电动机应配备电阻式测温器RTD,装在轴承和绕组上。容量在2 000 kW及以上的电动机应配备差动保护的互感器、防涌流电容和避雷器,装在电动机接线盒内。

电动机电压等级选择。通常0.37~132 kW电动机选用3相380 V;160 kW及以上4 000 kW以下电动机选用3相6 kV;4 000 kW及以上电动机选用3相10 kV。在实际工程应用中,也可根据具体机泵的容量及数量,选择10 kV及660 V的组合方案。

位于爆炸危险区域内的应选择防爆型电动机。由于石化行业大多是加工介质为易燃、易爆的连续生产装置,属于爆炸危险场所。执行的标准规范为:GB 50058《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》、GB 3836《爆炸性气体环境用电气设备》和GB 12476《可燃性粉尘环境用电气设备》。

对于电动机说,根据最新国家标准GB 50058—2014《爆炸危险环境电力装置设计规范》的相关规定,应选用防爆等级、防护等级均符合规范要求的电气产品。通常来说,对于常用的石化生产装置,气体爆炸危险2区环境内电气设备的防爆等级通常不低于Exe II T3或Exd II BT3,在含有H₂的场所不低于Exe II T3或Exd II CT3。气体爆炸危险1区环境内电气设备防爆等级不低于Exd II BT3,在含有H₂的场所不低于Exd II CT3。对于爆炸性粉尘危险区域的划分,应符合GB 12476.3《可燃性粉尘环境用电气设备第3部分:存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类》。石化企业电动机的防护等级室外布置时通常不低于IP55。

随着国家的节能减排的力度逐年加大,石化企业对电动机能效的要求也越来越高。

1) 对于中小型电动机,应满足现行国家标准GB 18613—2012《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》。

2) 对于高压电动机,应满足现行国家标准GB 30254—2013《高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级》。

通常,石化企业电动机的噪声不应高于85 dB。

提高效率 节能显著

电气应用:近年来,永磁电动机得到较快发展,永

磁电动机与其他电动机相比具备哪些特点?在石化行业的应用前景如何?

王树国:永磁同步电动机与感应电动机相比,采用永磁体励磁,不需要无功励磁电流,可以显著提高功率因数(可达到1,甚至容性),减少了定子电流和定子电阻损耗,而且在稳定运行时没有转子铜耗,进而可以减小风扇(小容量电动机甚至可以去掉风扇)和相应的风磨损耗,效率比同规格感应电动机可提高2%~8%。

永磁同步电动机在25%~120%额定负载范围内均可保持较高的效率和功率因数,轻载运行时节能效果更为显著。这类电动机一般都在转子上设置起动绕组,具有在某一频率和电压下直接起动的能力。

如果进一步优化设计,采用高性能硅钢片和先进工艺,在降低一个机座号或者减少铁心的情况下,可以达到超高效;在不降低机座号或适当增加铁心的情况下,部分规格有可能达到超超高效。考虑到我国稀土资源丰富和稀土永磁产量已列世界前茅的优势,研发超高效和超超高效永磁同步电动机对石化企业的节能减排具有十分重要的意义。与此同时,与传统的三相电磁感应电动机相比,永磁电动机具有结构简单、运行可靠、体积小、重量轻及电动机的形状和尺寸灵活多样等显著优点,因而应用范围极为广泛。

目前,油田抽油机用感应电动机普遍存在“大马拉小车”现象,电能浪费严重。针对油田抽油机负载特性,目前有关企业在减小1~2个机座号的情况下开发出高效高起动转矩永磁同步电动机。该系列电动机不仅在额定负载时效率和功率因数高,并且在轻载(1/4额定负载)时仍具有用较高的效率和功率因数,在不同油田运行时节电率达20%以上。

石化企业应用的高效高牵入转矩永磁同步电动机属于异步起动永磁同步电动机。该电动机稳定运行时负载并不很大,但是其负载的转动惯量却很大,这对电动机的牵入同步能力提出了较高的要求。永磁同步电动机在起动过程中不但要求有足够的起动转矩,以克服负载转矩使电动机起动并运行到接近同步转速,还要求电动机有足够高的牵入同步能力,使电动机能够顺利牵入同步,这在设计上是相互制约的,而且永磁同步电动机由于转子上要安放永磁体,转子槽不可能太深,使起动性能的改善更难。因此在相同负载情况下,该电动机尺寸一般比普通电动机大1~2个功率级,使得电动机在运行时也存在“大马拉小车”现象,电能浪费严重。国内经

过多年研究,开发出7.5 kW 4极、11 kW 4极、15 kW 4极和18.5 kW 4极等在体积不增大的情况下,能够达到超高效甚至超超高效性能指标,综合节电与普通感应电动机相比可少用电23%,节电效果非常明显。

高效高转矩永磁同步电动机主要是应用于石化行业风机、泵类等负载。据电力部门估算,石化行业的风机、水泵在20世纪50年代的老设备约占1/3,其本身运行效率只有30%~40%,系统运行效率大约为25%。由此造成的能源浪费是巨大的。因此针对风机、泵类负载特点,国内在“十五”期间,通过对该类电动机的共性关键技术进行研究,解决了制约该类电动机的技术难题,所开发的11 kW 2极电动机和18.5 kW 4极电动机都达到了IE4标准规定的效率值。

高效高转矩永磁同步电动机为屏蔽泵用永磁同步电动机,该类电动机主要用于石油、化工部门运送易燃、易爆的各种介质。为保护电动机免受腐蚀,必须在定子外面安装密闭的屏蔽套,这就需要加大定转子之间的间隙,降低了电动机的效率和功率因数,因此造成电能浪费严重。这种电动机若改为永磁电动机的主要制约因素为:转子细长、转子空间有限;永磁体高温退磁问题。国家有关部门通过技术攻关,解决了关键技术问题,研制出系列永磁电动机系列产品,通过实际运行,节能显著。

目前,中小异步起动高效永磁同步电动机主要用作驱动“三机一泵”(风机、压缩机、冷冻机和水泵),这类负载要求高效率、高功率因数和高过载能力,同时要求运行稳定可靠。

中大型永磁同步电动机在效率上可以采用小型高效高过载能力永磁同步电动机的技术措施,但制约中型高效稀土永磁同步电动机研发的主要因素是工艺结构问题。因为中小型电动机转子空间有限,在有限空间内既要放置足够的永磁体来满足所需的磁通,又要放置起动笼来满足异步起动能力,同时还要开一定面积的轴向通风孔,保证电动机的温升满足标准,因此会造成每个细节尺寸非常紧张,机械强度接近极限。

通过技术攻关,国家有关部门研发出112 kW 4极、300 kW 4极、260 kW 4极和310 kW 6极几种典型的样机。对于风机、泵类负载,还可以通过变频调速永磁电动机来提高节电率和降低起动电流。国家相关部门通过对变频调速电动机关键技术研究,开发出135 kW、200 kW和300 kW三种规格变频调速高效永磁同步电动机,在现场运行实测节电率都在40%以上。

电气应用:请您介绍一下在石化行业应用永磁复合电动机的节能潜力和产生的经济效益。

王树国:通常,石化行业电动机年运行时间往往达到8 000 h,对于这些周期运行的场合,如采用高效、超高效甚至超超高效永磁电动机将会对能源节约带来更显著的效果。

据统计,2006和2007年全国共生产各种电动机2.5亿kW,其中中小型电动机年产量约占总产量的70%~80%。中小型电动机耗电量占总发电量的50%,加上大型电动机和微型电动机,耗电量达60%,是电力生产部门最大的用户。如果效率平均提高1%,则将会节约电能1 833万 kW,按工业用电0.6元/kW·h计算,则可节约电费1 100万元左右,同时还可以减少663万 kg碳排放量。

根据《京都议定书》每吨碳排放量可以销售到15~18美元,中国和联合国正在北京筹建碳交易中心,预计2012年,中国碳排放量定额占41%,也就是说超过41%,要花钱买碳排放量,低于41%,可以卖出。因此高效永磁同步电动机从国家政策导向和市场需求方面来说都有其电动机不可替代的优势,市场前景非常广阔。

提高研发水平 确保可靠运行

电气应用:您认为制约永磁复合电动机在石化行业大规模应用的因素有哪些?

王树国:石化行业大部分为爆炸危险环境,对于永磁复合电动机来说,亟需全系列的符合石化行业防爆要求的永磁电动机出现。

对于大型的炼化一体化项目,大容量的电动机需求量大,亟需大容量系列永磁电动机的成功研发。

石化行业所包含的工艺装置通常是加工处理易燃易爆危险介质的连续生产装置,电动机的停止运转将导致人身和设备重大损伤及巨大经济损失,要求保持高度的生产连续性、安全性和稳定性。做到永磁复合电动机的不退磁、可靠的运行显得特别重要。这就需要永磁电动机制造企业通过提高工艺设计等技术手段来提高永磁电动机的可靠性。

考虑到性价比的原因,目前永磁电动机的高成本严重制约永磁电动机在石化行业的应用。随着永磁电动机全系列批量发展应用,电动机制造成本会大幅降低。随着性价比的不断提高,相信永磁电动机在石化行业会得到广泛应用。

电气应用:谢谢您! EA