

节能

# 大师级的输送泵节能电动机

在引进能效等级这一概念后，欧盟规定需要降低泵驱动系统的能源消耗。高效的泵驱动电动机不仅可以满足欧盟的技术规范和技术标准要求，也降低了使用企业所需耗费的能源成本。当前的最新研发进展也使用户能够在最短的时间内收回投资成本。

文 | Daniel Gontermann

**即**便是还没有与泵配套的泵驱动电动机也必须满足当前 IEC 标准的能效等级规定。欧盟委员会在 2011 年 7 月颁布的 EG640/2009 和 EG4/2014 标准都对电动机驱动系统的电力消耗量做出了规定。从 2015 年 1 月起，功率在 7.5 ~ 375 kw 的异步电动机都要达到

IE3 的节能水平；新上市的 IE2 电动机也必须从这一刻起使用变频器进行调试（图 1）。

## 部分负载时 电动机的效率是决定性因素

决定降低电动机驱动装置能源消耗

的原因有很多：工业领域中几乎 1/3 的电力能源都用在泵的工作、驱动中。在节能泵驱动系统中的投资可以在很短的时间内全部收回，这不仅是因为其能效等级，更重要的是泵的工作过程：泵驱动等级不是主要的能源消耗方面，而是把电能转化为机械能的转化器。

传统电动机的一个基本缺陷就是它的最佳工作点区间和范围很窄。一旦超出区域，传统电动机的工作效率就会迅速下降（图 2）。

在液体循环系统中，如采暖系统和冷却降温系统，或是流程工艺设备，这一缺点对电动机的耗电量有着极大的影响和作用，因为这些系统大部分的工作时间都不是满负荷运行，它们所使用的泵和电动机很少在最佳工作点的区间里运行。大多数泵在约 50% 的工作时间内都是在一定的负载范围内运行，其中有 25% 低于额定负载（图 3）。

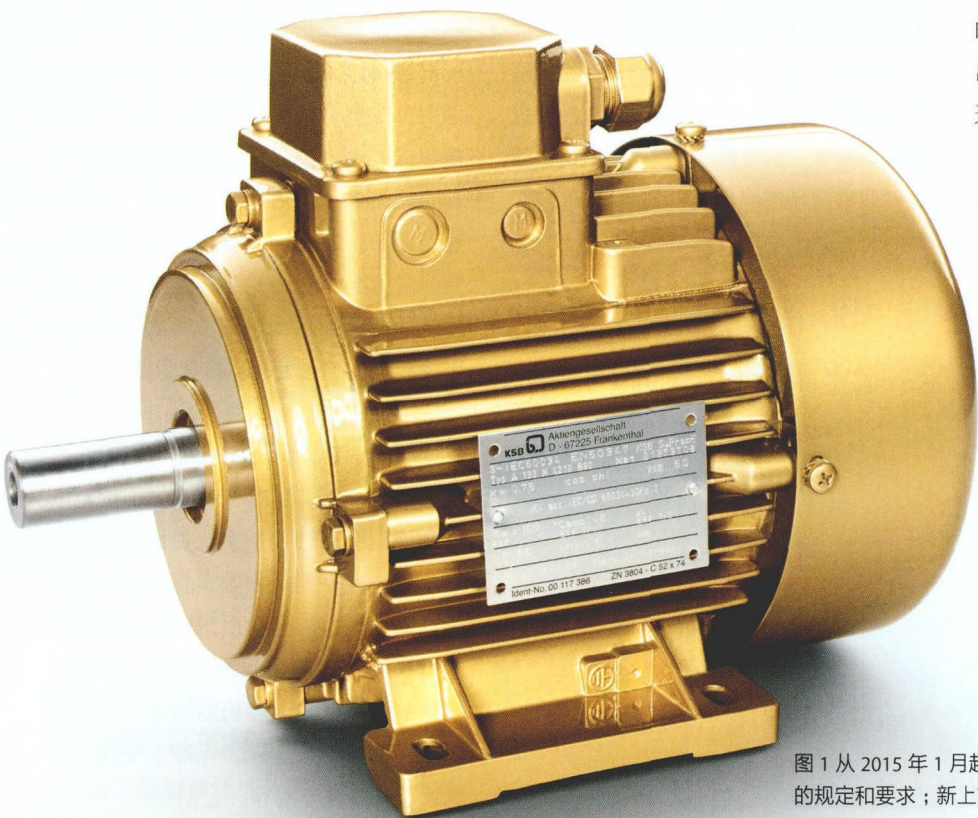


图 1 从 2015 年 1 月起，驱动各种泵的电动机必须满足 IE3 能效等级的规定和要求；新上市的 IE2 电动机必须配用调节转速的变频器

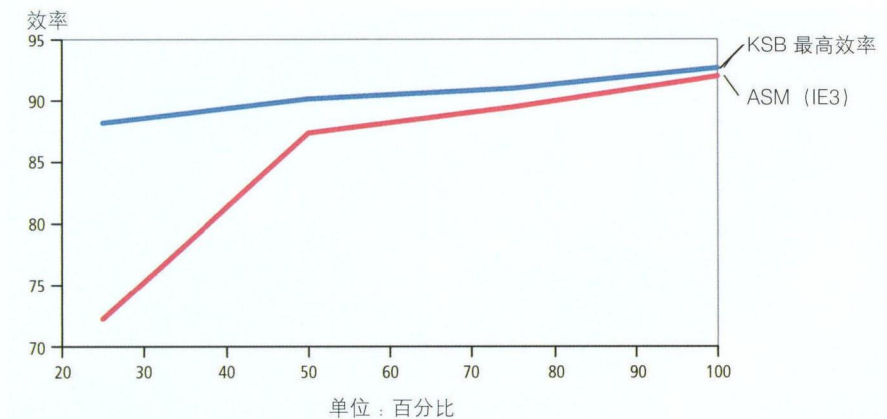


图2 与异步电动机相比，同步电动机在部分载荷工况下的标准效率仍高达 95%。如图所示，传统的异步电动机（ASM）在相同负载条件下的额定效率已经降低到了 20% ~ 30%



图3 在许多液体循环系统中，泵主要是在部分负载工况下运行。而驱动泵的异步电动机则常常是最佳工作区间外低效运行

## 电动机技术的新突破

欧盟当前规定中的一部分旨在帮助几乎有着百年历史的传统技术。同步磁阻电动机这一名词自出现以来的几十年时间里，一直只出现在电动机专业技术文献中，而这种原理的电动机始终没有在实践中得到应用。几十年来因为缺少合适的控制元器件一直使它无法可靠的保证正常功能，而几十年后的今天这一切将不再是问题。自 20 世纪 90 年代起，Turin 大学的一位教授 Alfredo Vagati 就开始了同步磁阻电动机的研究。在他的试验研究中对合适的变频器进行了试验，使用了意大利公司 Itaco/Reel 公司的产

品，并于 2010 年由 Frankenthaler 市的 KSB 公司接收。

由于 KSB 公司有着约 80 年特种电动机生产经验，负责驱动技术研发的工作人员意识到了同步磁阻电动机研发的意义和巨大的市场潜力。为了设计出高度现代化且高效节能的驱动系统，还需要开展一些新的研发内容。KSB 公司的工程师们最终完成了所有的研发设计，并将同步磁阻电动机送到了车间里进行大批量生产。

## 同步磁阻电动机：没有滑差

2009 年，KSB 公司在汉诺威展览



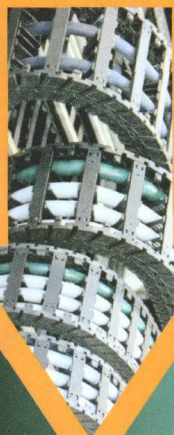
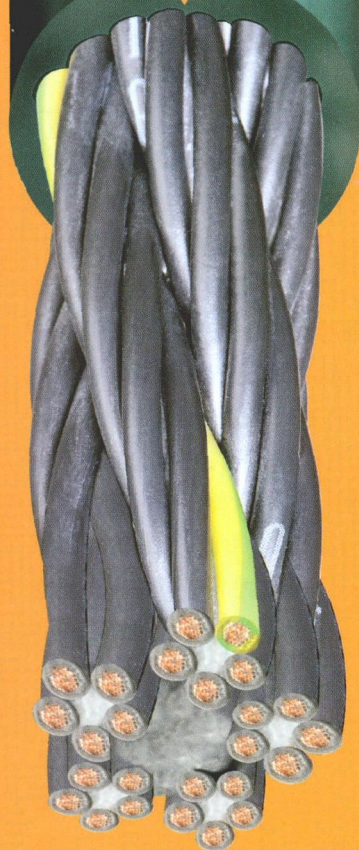
图4 在 KSB 公司研发生产泵产品中，Etaline 系列配备的是 18.5 kW 的 IE4 电动机，且没有因为使用了更高效的电动机而出现额外费用。因此，水泵用户可从更短的投资回收期中获益

会上首次展示了同步磁阻电动机（图 4）。首先，其与传统异步电动机的最大区别在于：电动机的转子按照电网的磁场频率同步旋转。同步磁阻电动机中转子的旋转运动，是通过天然磁场中铁芯片所形成的磁路中的最低阻力来实现。根据负载的大小不同，铁芯磁场与天然磁场之间有一定的极角。在这一极角作用下，转子同步按照定子的绕旋转磁场转动；因此，确定的转子位置和变频器的驱动工作就是同步磁阻电动机必不可少的驱动技术和先决条件。在 KSB 公司研发生产的泵驱动电动机中，转子位置是由泵驱动变频器三相绕组的电气值间接控制的。由于转子工作时无需短路绕组和励磁绕组，因此几乎没有能源损耗。

同步磁阻电动机这一概念表示出电动机与电网频率为同步旋转。当电网频率为 50 Hz 时，四极电动机的转速为 1500 转/min。为了实现 3000 转/min 的转速，KSB 研发的变频器将频率提高了一倍。多年来在泵驱动系统中使用的异步电动机有着与负载相关的转速差（滑差）；因此额定转速 1500 转/min 的四极

# Chainflex® 高柔性电缆: 13800万次<sub>往返运动</sub>

2233 号测试



**易格斯控制电缆测试**  
CF 5.10.25 以小于额定最小值25%  
的弯曲半径,在动态运行的拖链中运  
行。测试在易格斯自有实验室中进行  
(实验室占地面积1,750 m<sup>2</sup>)。

▲ 反馈服务编码M2276

技术前沿 | Features

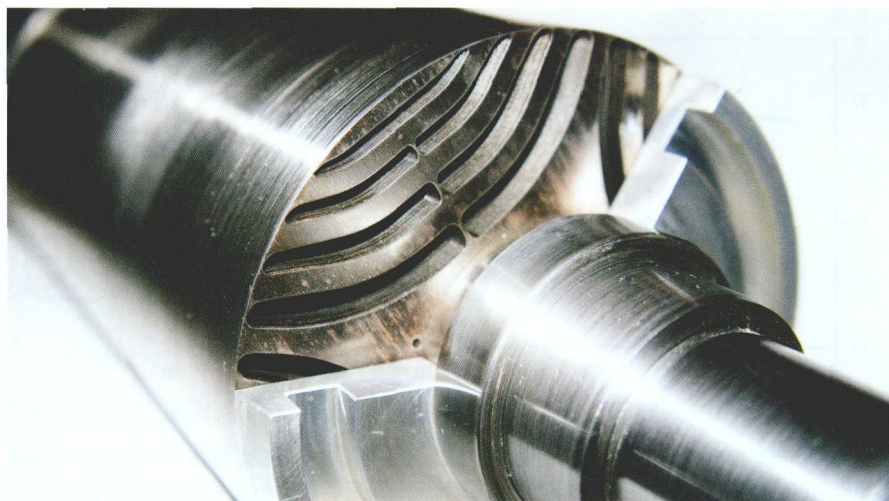


图 5 同步磁阻电动机的转子由有着许多气隙槽的铁芯组成

电动机在 50 Hz 电网中的转速不是准确的 1500 转/min,而是 1450 转/min 左右。在 KSB 公司研发生产的同步磁阻电动机中,转速与负载无关,可在 4200 转/min 的转速内调节及变化。因此它提供了只需根据转速和功率就能够准确调节水泵输送流量的优势。

## 由铁芯和气隙组成的 电动机转子

同步磁阻电动机最明显的特点就是冲压铁芯制成的转子体。转子体上有冲压出来并明显减少磁阻的气隙槽(图 5)。气隙槽的方向和位置决定了转子在定子磁场中的优选转向和其旋转

运动。同步磁阻电动机这一设计申请了专利保护,这在原则上保证了较低的噪声,减少了扭矩的波动,保证了整体的运行平稳。

建筑技术和工业化应用领域中对泵驱动电动机应用提出的决定性要求是可调节性能。只有当绕组中的电网频率可以改变时,同步磁阻电动机才有可能实现功率匹配。而在功率匹配方面,当代的技术水平是变频器技术。在利用变频器驱动三相电机时,可以从零开始无级地把电动机转速提高到其额定转速。这也突出了同步磁阻电动机的一个最重要优点:在部分负载的工况下仍然有着很高的工作效率。正如 KSB 公司所介绍

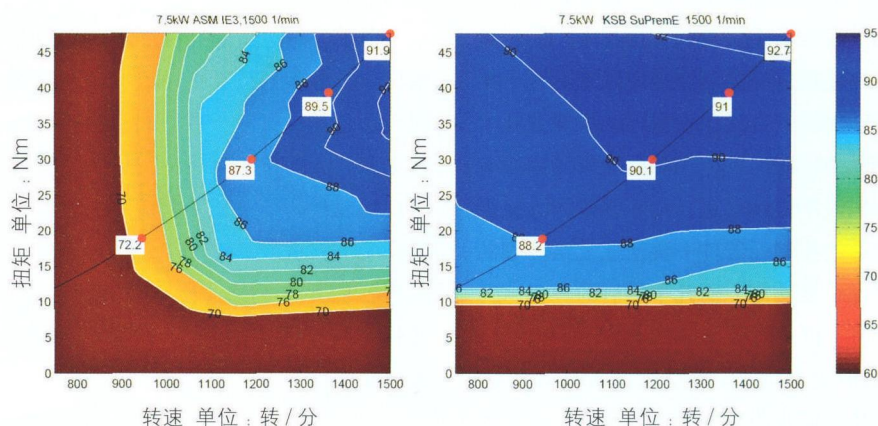


图 6 在部分载荷的工况下同步磁阻电动机仍然有着很高的工作效率。图片中表示的是 7.5 kW 功率和额定转速为 1500 转/min 的电动机的效率曲线

plastics for longer life ...motion plastics

**igus®**

易格斯拖链轴承仓储贸易(上海)有限公司  
电话: 021-5130 3100 传真: 5130 3200

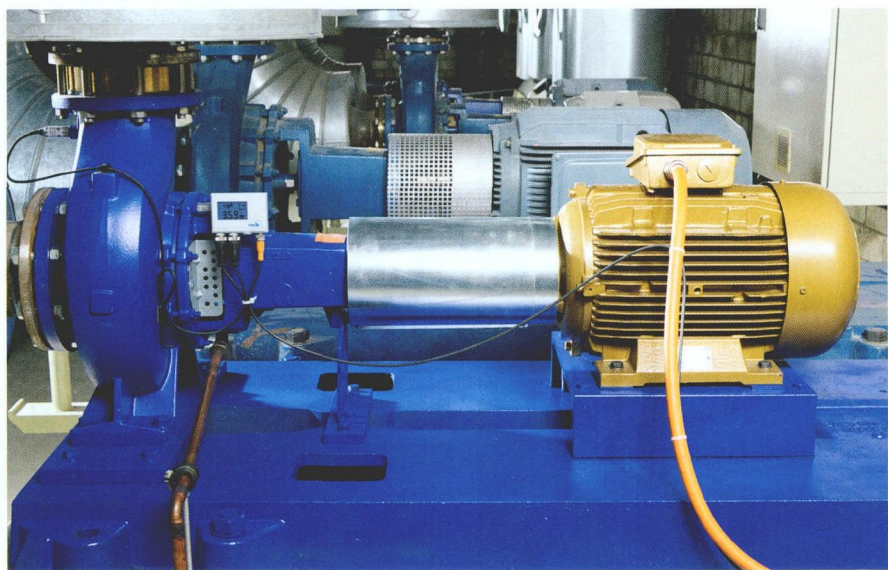


图7 汉堡 Gruner+Jahr 出版社在建筑物采暖中，用配用了电动机的 Etanorm 泵取代了原来使用的泵，作为主循环泵使用后把泵的电力消耗减少了 28%

的那样：同步磁阻电动机在 25% 的额定转速和二次方负载（转速可调的电动机和特性曲线固定不变的电动机在工作时所需的驱动扭矩是转速的二次方）时的工作效率仍然在额定效率的 95% 以上（图 6）。实践经验也告诉大家：用同步磁阻电动机取代传统的泵驱动电动机后可以节约 25% 以上电力能源（图 7）。

同步磁阻电动机的机械复杂程度也比异步电动机低。根据其结构特点和作用原理，机械部件也有着更长的使用寿命。因为它减少了功率损耗，因此其发热也更少；这也是其使用寿命更长的原因之一。如同步电动机的轴承使用寿命在 20 000 ~ 30 000 h。在大功率的水泵中，这就大大的降低了水泵的维护保养成本，减少了轴承失效带来的停机风险。

### 同步磁阻电动机较轻的重量也能节约能源

在重量不同一词的含义中也包含了大功率水泵运输和安装时的重量问题。如一台 75 kW 功率的同步电动机的重量为 411 kg，而相同功率的 IE4 异步电动机则重 745 kg。在生产同步电动机时，

既不需要使用励磁材料也不需要使用稀土材料。因此这一技术也摆脱大量消耗需要付出极大工作量，对周围环境产生不良影响才能获得原材料的方法。

法律法规规定从 2015 年 1 月开始所有的泵驱动电动机都要是能效等级为 IE3 级的电动机，或是配备了调速变频器的 IE2 电动机。从 2017 年起，这一严格的规定也将扩展到 0.75 ~ 5.5 kW 的电动机应用领域中。

在楼宇技术领域，建筑物的采暖和空调是最重要的调速泵和高效电动机的应用领域。在这一领域中，由于负载变化的原因，电动机常常在部分负载工况下运行。在建筑物采暖中，电动机一年中的大部分时间仅需在 10% ~ 20% 的负载状况下运行。因此，可以说使用传统异步电动机的采暖泵是在非常不经济的效率范围内工作。用同步磁阻电动机取代 IE2 等级的异步电动机可以节约采暖和空调系统泵驱动电机的能源消耗；根据建筑物的规模大小和负荷情况可以实现节约 25% 的电力能源。除此之外，利用同步磁阻电动机技术还可以完全省略使用励磁材料和省略与此有关的稀土材料，从而也实现了最佳的资源利用。MM

## Chainflex® 高柔性电缆 拖链运行测试



24 小时或当天交货...  
在线计算使用寿命...  
精进技术，降低成本...



▲ 反馈服务编码 M2276

申请免费样品  
扫描二维码或登录：

[www.igus.com.cn/PQLCN308](http://www.igus.com.cn/PQLCN308)

● plastics for longer life... motion plastics

igus®

易格斯拖链轴承仓储贸易（上海）有限公司

电话：021-5130 3100 传真：5130 3200