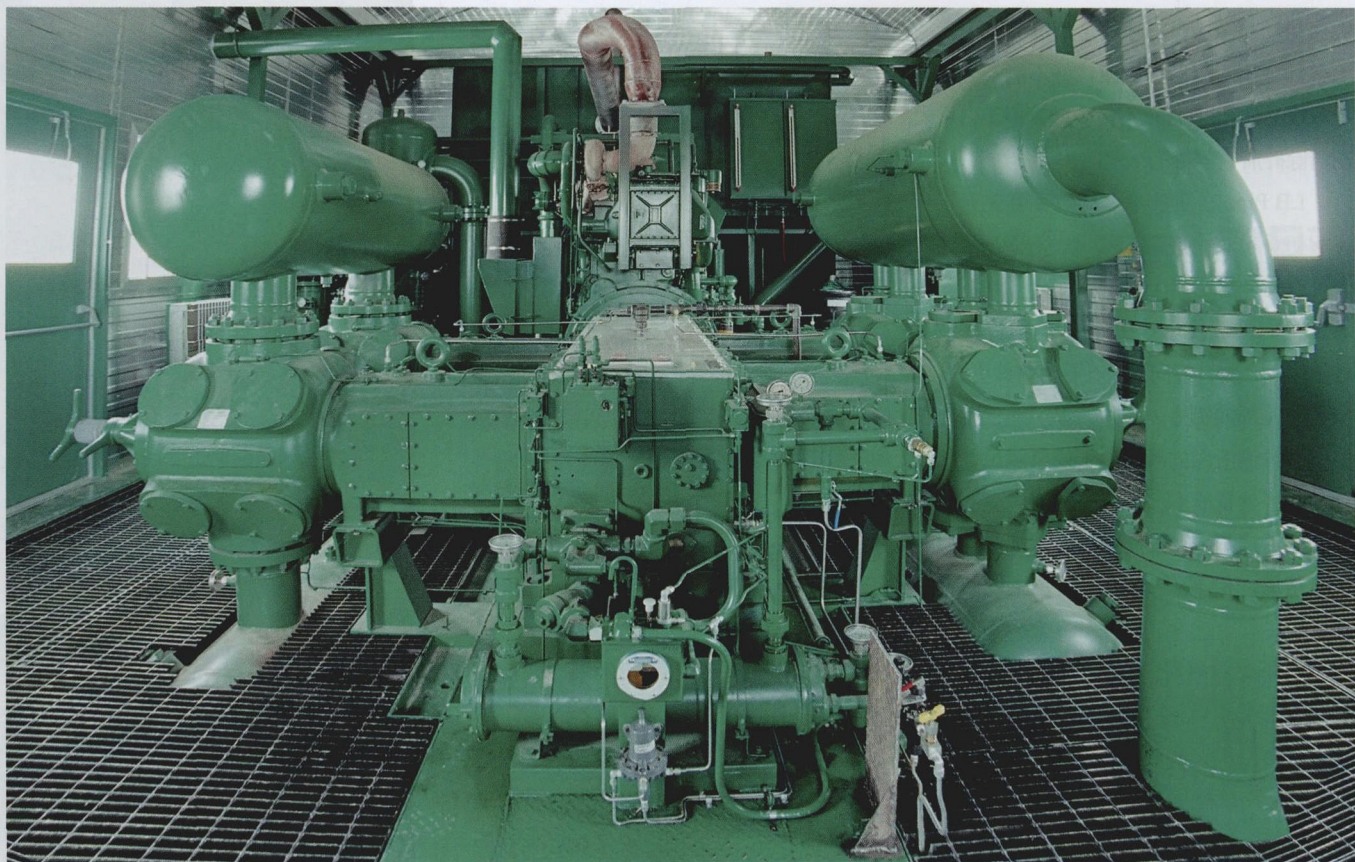




泵和压缩机常常是在交变载荷工况下工作的，因此它们也有着很高的节能潜力

变频器

为了更高的效率提升

在泵和压缩机中使用变频器已经成为常规配置方式了，因为发动机转速的电子调速帮助企业节约了电力能源，而利用这一技术实现节能的前提则是变频器和发动机的性能匹配。

文 | Gunther Krei, Elmar Kohkampff 和 Bernd Wittayer

变频器能够对异步发动机和永磁发动机进行电子调速。与经电网直接驱动的发动机不同，这种调速方法避免了扭矩冲击和负载冲击。而且发动机的起动和停止过程也更加柔和、有着无级变速式的起动和停止，就像现代化的载人电梯那样柔和、感觉不到变速等级的快速升降。现代化的载人电梯同样也

是利用变频器驱动的，只是它的加速和制动都更加柔和、舒适。

变频器驱动技术在泵和压缩机中的应用是非常有益的，发动机的整个驱动链、包括发动机、泵和管道系统也都会因此而受益。在变频器驱动时，调速时的金属材料磨损现象减少了，设备的使用寿命延长了，而设备的维护保养和维

修费用也都降低了。而且与没有使用变频器的传统驱动方式相比，它能够明显地降低能源消耗，传统的变频器效率平均为 97%。这也就是说：理论上 3% 的能源被变频器用于自己的工作运行。另外，使用变频器之后泵的工作点可以通过转速调节与设备的各种使用要求保持一致。

在交变载荷工况下 有着很高的应用潜力

当泵和压缩机在交变载荷工况下运行时，变频器也有着很高的节能潜力。单户住家和专用建筑的节能型采暖系统中，其高效制冷压缩机就是一个最好的实例，与传统、只有开启和关闭两种工况的制冷压缩机不同，现代化的热泵都是利用变频器来驱动的。

串联连接的泵系统同样也非常适合于在交变载荷工况下使用。串联配置的多个小型泵覆盖了最大需求情况下的输送流量总和范围。当输送流量要求较小时，可以只有1台泵工作，其他的泵整装待发、随时待命。当输送流量的需求提高了，一台台备用泵依次起动，投入运行。当输送流量的需求又降下来时，这些泵又会一个接一个地停止工作。这种灵活的起动和停止在采用变频器之后，效率明显提高，减少了金属材料的磨损。因此，也出现了变频器驱动的真空泵，它能够在负载变化很快的情况下使用。

在节约能源这一思想指导下，欧洲的能源相关产品指南 2005/32/EC 和 2009/125/EG 都指出了要使用变频器。这一指南是欧盟委员会 2005 年颁布的，旨在为欧盟成员国对能源相关产品的结构按照有利于保护环境的宗旨进行调节。从那时起，两个关键阶段已经过去了，从 2015 年开始将进入第三阶段。

在第一个工作阶段中，主要是对一个个能源相关产品的效率进行定义。例如，ErP 能源相关产品指南规定：到 2011 年时市场中只允许销售“能效等级 IE2 或者更高的”发动机。从 2015 年开始，额定功率 7.5 ~ 375 kW 的发动机必须满足更加高效的节能等级 IE3 的要求，或者利用变频器进行控制。今天，永磁发动机（PM 发动机）已经满足了 IE3（高效节能等级）和 IE4（超高效节能等级）的要求了。这样，它们就为泵的节能优化提供了新的可能性。

部分负载工况下适用的高效永磁发动机

现在也有高效永磁发动机可供用户选用了，而且是相关标准中能效等级高达 IE4 的超高效节能等级或者更高一点的节能等级。在这种情况下，驱动技术领域中的一些供应商“误导性”地将其称之为 IE5 发动机。实际上，在有关标准和技术规范中根本没有这种类型的发动机。能效等级的定义始终以发动机的额定工作点为基准。在额定工作点以下，也就是在部分负载工况时，发动机的效率明显降低。效率降低的速度主要取决于发动机的结构和布局。与异步发动机相比较，PM 永磁发动机在部分负载工况下则有着更高的效率。

PM 永磁发动机与变频器相结合的特殊之处就是：通过变频器对发动机的工作过程进行了优化，从而实现了能源的节约。这里，PM 永磁发动机就在全工作、调节范围内比三相异步发动机更有优势，尤其是在部分负载工况下，传统的、IE3 能效等级的异步发动机在

其额定工作点时也有着很好的效率，而 PM 永磁发动机则在更大的负载范围内都有着相应的高效率。由于泵的工作情况大多数是在部分载荷工况下工作的，此时永磁发动机就体现出其优点了，尽管永磁发动机的采购成本较异步发动机要贵一些，但它的高效率能带来成本节约，会在两年时间里收回投资。

高效的 IE4 发动机和变频器组成的搭档保证了更低的运行费用。使用 IE4 发动机时的费用计算实例如下：被驱动的泵一周 7 天、每天 24 h 连续运行。用节能效率更高的、效率约为 93.6% 变频器驱动的 IE4 发动机，取代原来变频器效率为 90.7%、30 kW·h 的 IE2 发动机时，每年可以节约 7621 kW·h 的电能。由更换使用了 IE4 发动机、提高了 2.9% 的效率所节约的电能按照 12 欧分/kW 计算，则一年节约近 900 欧元电费。

但专家们认为：这种只按照发动机额定工作点的计算方法是远远不够的，是不能充分说明高效发动机优点的。因为过程控制的设备大多数情况下都是转

速可调的。而在转速调节之后

发动机就不在额定工作点处工作了，而在额定工作点之外发动机有着不同的工作效率。这就有可能在发动机离开额定工作点之后对其工况进行优化，使其尽可能的在最佳范围内运行，尽管这种最佳与额定工作点的效率相比较可能会更差一些。迄今为止，这种情况在用户实际应用之前



图1 发动机与变频器的完美结合保证了较低的运行费用

一直都是一个未知数。究其原因：只有在了有了电力消耗数据之后才能开始考虑、解决这一问题。

2014 年秋季审批通过并颁布执行的欧盟 EN 50598 标准为发动机生产厂家总共定义了 8 个工作点。这样，用户就可以对高效节能发动机额定工作点之外的能效情况进行比较了，也提高了节能高效发动机能效的透明度。借助于这一标准，泵生产厂家就可以计算所生产的泵在发动机其他工作点处的效率了，就可以对自己的生产设备进行相应的优化调整。

整个设备的系统效率也越来越重要

从 2015 年开始的 ErP 能效产品第三阶段对“在其他产品中的应用”提出了要求。这也就是说，未来的节能高效、能效指标不仅仅是针对一个个部件、组件类产品了，而是越来越多地指向整套设备的系统效率。这也体现在 EN 50598 标准中。它同样遵循着扩展产品中应用的原则，定义了电力驱动系统的效率等级。

欧洲泵业制造者协会假设：从系统

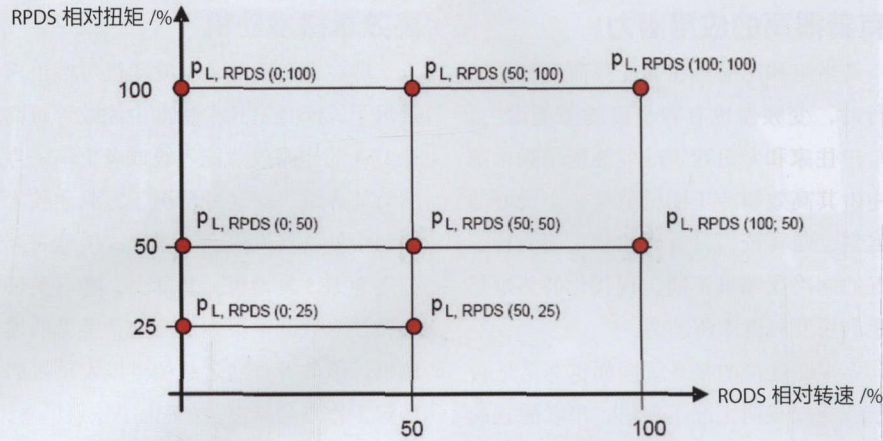


图 3 EN 50598 标准效率等级中规定的部分负载工作点和相对工作点

链条的角度考虑，整个系统的效率提高比单一部件能够节约多达十倍的能源。准确地说：系统性的节能可以高达 5.9×10^{10} kW · h，而单一部件优化带来的节能只有 5×10^9 kW · h。

为了能够对整个系统进行考察供应商和生产厂家必须对他们现在提供的数据进行补充和完善。而这一般要通过一定的调节机制，也就是欧盟或者国际的标准。这些标准定义了系统的效率等级以及检测能源利用损失的数学计算方法和检测方法，这时就要执行欧盟标准

EN 50598 中定义的效率等级了。

利用国际标准 IEC 60034-30（旋转的电气设备 - 第 30 部分）定义了异步发动机的效率等级。由于其他类型的三相发动机应用的不断推广，从而使得这一标准有必要重新修订。不久，这一标准将被两个标准所取代，IEC 60034-30-1：直接由电网驱动的发动机；IEC 60034-30-2：变频器驱动的发动机。IEC 60034-30-2 标准计划于 2016 年颁布。

新标准规定了极限值的计算方法

在扩展的产品应用这一意义和在 EN 50598 标准的基础上计划出台新的标准对现有异步发动机的功率损失或者功率损失等级进行定义。这一标准将不仅规定了发动机功率损失的极限值，而且也规定了如何检测和计算功率损失的极限值。这就在全球范围内统一了有关发动机功率损失的技术概念，也统一了人们的理解和认识，从而有可能对生产厂家的数据进行比较和核查。

在泵和压缩机中使用变频器驱动提供了许多优点，尤其是从节约能源的角度来看。对此，欧盟的 ErP 能源相关产品技术指南也做出了相应的规定。而最终得到理想结果的前提条件是：发动机和变频器之间的匹配要足够准确。MM



图 2 利用变频器可以根据实际需要准确地调节泵和压缩机的工作