

液压

# 恒定输出压力保证稳定质量

金属切削加工中严格的尺寸公差要求冷却润滑介质供应的流量只能有很小的差异。为了保持冷却润滑系统的恒定压力，冷却泵采用了转速自动调节装置，可以按照实际需求提供冷却润滑液。

文 | Jens Peters, Wolfgang Heini

**B**osch 公司位于 Leinfelden-Echterdingen 市的生产厂主要生产专业应用的电动工具。利用该工厂生产的电钻和电锤能毫不费力的在混凝土墙壁上钻洞；

利用其生产的角磨机能够轻松方便的切断钢质构件和钢管。为了保证电动工具满足设计要求，对内部零部件提出了很高的精度要求。在电动工具的加工中，Bosch

公司利用自动化磨床对角磨机和电锤的零件进行磨削，保证其准确的直径尺寸。在这一磨削加工中，工件磨削的公差值非常严格：例如，重 27 kg 的电锤中一个零件的孔公差为百分之几毫米。在整个磨削过程中，砂轮和工件可通过含油冷却液冷却。根据磨床类型的不同，各个磨床的冷却润滑液都要提供稳定的压力以保证恒定的磨削质量。

## 集中冷却润滑系统为机床设备提供冷却润滑液

集中式冷却润滑系统经管道为各个磨削加工机床提供冷却润滑液。这一冷却润滑系统有一个开放式的冷却液水箱，用于容纳从机床设备流回来的冷却液；它还有一个过滤器，用于滤除冷却液中的杂物；此外，其有多台冷却水泵，用约 0.25 MPa 的压力将过滤后的冷却液经管道输送到各台切削加工机床中。

从 2008 年秋季开始，Bosch 工厂开始利用自动化转速调节

为 Bosch 公司生产厂的电动工具磨削机床提供冷却润滑液的集中式冷却润滑站





图1 改造后的冷却润滑站可利用转速调节装置自动根据各个磨削机床对冷却液的需求提供冷却液

装置根据所有切削加工机床对冷却润滑液的需求量来调节冷却泵的转速，以保证加工机床中冷却液的压力恒定，而不会因为使用机床数量的变化而变化（图1）。由于很好的稳定了冷却液的压力，磨削加工工件的质量也明显提高。

冷却泵技术改革前，磨削时的冷却液压力不能保持恒定不变（图2）。其原因是：冷却系统的压力与流量有关；因此在负载经常变化的情况下对机床的工作状况也产生了动态影响。更换工件时，或者短时关闭冷却液时，冷却系统网络中所需的流量较小。当所需的流量减小而供应的冷却液流量不变时，冷却液的压力就会提高。这样就存在冷却液因压力过高而雾化的可能性，从而不再喷射到工件，导致冷却效果下降。而 Bosch 公司对磨削加工提出的要求是：冷却液要在正确压力下准确的喷射到砂轮与工件表面上。在冷却液压力不足时，砂轮和工

件的冷却也不充分；有可能带来很高的废品率和磨损。在更换转速可调的冷却泵之前，冷却液的压力平衡由一个大号稳压阀进行适度控制。但冷却泵的耗电量却非常高：因为冷却泵始终是按照满负荷工作的。

## 避免人工开启和关闭冷却泵

在生产中，有时 Bosch 的设备管理团队不可避免的要根据冷却液需求的变化来手工开启和关闭冷却泵；为此他们必须跨越厂区，经过很长一段距离到达冷却站进行操作。因此 Bosch 的工作人员希望配置一套能够根据冷

却液需求变化调整冷却泵功率的解决方案，以实现自动满足冷却液需求变化的目的。位于斯图加特市的 KSB 公司销售处的工作人员向 Bosch 公司建议：采用配置变频调速电动机的冷却泵（图3）。转速调节能无级调节电动机的转速使之与冷却系统的需求保持匹配。在设计方案时，KSB 公司的技术专家建议系统压力为 0.25 MPa；流量为 110 m<sup>3</sup>/h。现有的冷却泵电动机总功率高达 22 kW，明显超过了理论需求。针对这一问题的解决方案是：更换现有冷却泵。通过冷却泵与冷却需求的性能匹配，现在冷却站中所有电动机的功率约只有 9 kW，

图2 自动化的磨削机床对冷却液压力的稳定性提出了很高的要求。冷却液应在恒定压力状态下喷射到砂轮与工件之间



图3 流量减小后转速调节冷却泵驱动装置根据设定的理论压力值对泵的转速进行调节





图4 转速调节装置屏幕显示的40.89 Hz，表示当前的变频频率。与满负荷（50 Hz）时的频率相比，这表示冷却泵电动机的转速降低了20%，所消耗的电能减少了46%

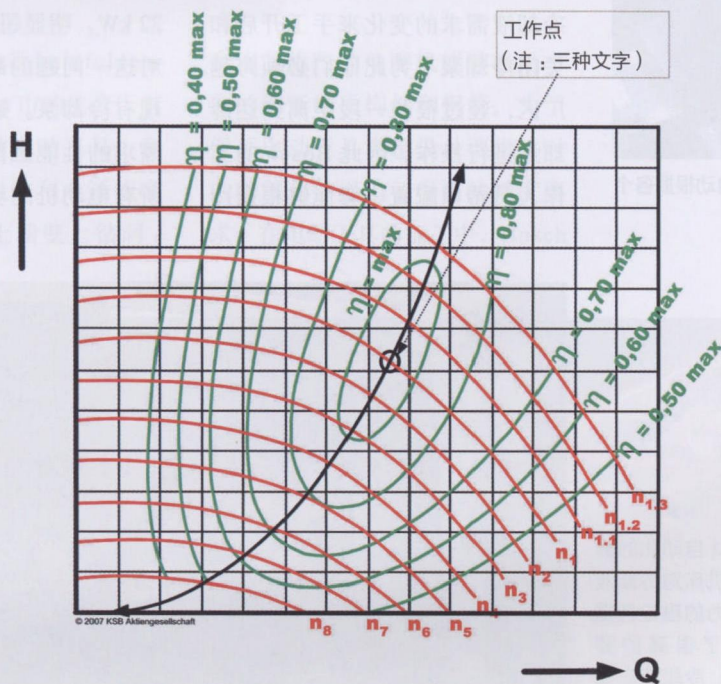


图5 利用冷却泵转速调节可以把冷却泵部分负载工况下的输出功率调至最佳效率



图6 冷却泵的转速调节保证了整个冷却润滑网络的压力恒定

驱动冷却泵的电力消耗明显降低。

转速可调冷却泵的优势

Bosch 生产厂的技术设备负责人在谈到使用转速可调的冷却泵驱动系统时说：“经济性好固然是一个重要原因，但提高润滑系统的效率却更加重要。”机床设备的“开启”和“停止”都会使冷却润滑系统的压力出现变化，转速调节装置就会自动按照设定的理论压力进行调节。冷却液网络中的压力变换器能及时向冷却泵控制系统提供当前的冷却液压力。从采集到实际压力变化至完成冷却泵转速调节所需时间仅几秒钟。在冷却泵调节系统技术改造之前，负责冷却泵的技术部门必须定期手工计量检定稳压阀的精确度，并及时进行调整。现在，即使是在高度紧张的生产过程中显示屏也能准确显示变频器调节的当前频率值；如图4所示的40.89 Hz。

与满负荷（50 Hz）频率相比，这就表示冷却泵电动机的转速降低了20%，所消耗的电能减少了46%。在冷却泵的电力消耗中有这样的关系式： $P_2 = P_1 (n_2/n_1)^3$ 。式中电功率P是冷却泵电动机转速n的3次方。由此经验公式可知：转速降低50%，所消耗的功率大约为原来的1/8。在各种部分负载的工况下，冷却泵只输出克服阻力和达到冷却要求所需的功率。根据冷却液的使用情况，冷却泵驱动技术升级为变频调节后，最多可以节约60%的能源（图5）。除节约能源外，也大大的减少了设备维护保养的工作量。Bosch 公司的设备管理团队明显感觉到：采用转速可调的冷却泵控制技术之后，再没有接到生产车间抱怨冷却液压力太高或太低的投诉（图6）。MM