

# 高效节能三功率电动机

王学春

三功率电动机适于野外地质队使用。钻机、水泵、机修用的各种车床，探矿用的提升运输设备，其运行负荷变化很大。因为半负荷或三分之一负荷运行的设备大约要占80%或更多，所以设备运行效率极低，用电浪费大。

提高电动机有用功率、减少无功消耗的唯一途径，是使运转电动机的容量接近外界载荷，从而使电动机的功率因数 $\cos \phi$ 保持在0.85以上，只有这样，电动机才能有较高的效率。遵循这一原则，我们设计了三功率电动机。

## 设计方案的比较与选择

过去为了节电，常安装一定容量的电力电容器来弥补效率低的缺陷，但投资多，占地面积大，同时还需要配一定的维修力量。利用三功率电动机节电，有较多的优点，效果更好，有用功率可节约11~13%，无功消耗可降低约50%（安装电容器可节电10~20%，多装电容器， $\cos \phi$ 值虽然可高达0.9以上，但投资多，而效果和投资相比又不合算）。本文对高效节电三功率电机的设计方案选择、技术论证、电机性能、实验结果作一介绍。

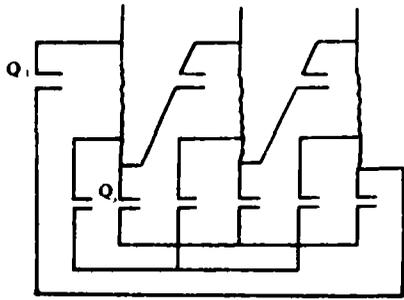
1. 双机运转的启示 在某工区施工时，我们曾用两台小电机对轴运转（为使电机转动方向一致，其中一台反接线运转），做为钻机的动力设备。钻机在浅孔钻进时，负荷只有电机容量的1/2或1/3，一台电机即可带动钻机，这样就能节约一台电机的空载运行。但是这种方法要多用一台电机。如果能将两台电机合为一台，就能解决上述缺陷。为此，我们设想在一个机壳内装两台电机，例如一台5.5 kW电机，一台10 kW电机。钻机在破土开工时开动前者，随着负荷增加再开动后者，负荷再增大时，两台同时运转。这样，电机就变成了同转轴、同转子、双定子电机。但需要加长机壳（定子长在机壳中分别在两端绕

制）。这个方案，重量比两台电机虽有减少（减少两付端盖，两付轴承和一个风扇），但比一台电机还是重得多，同时加工工艺复杂，散热能力差，电机很多部分需要重新设计，投资多，也不理想。

2. 新方案的选择 理想的方案应是不更换电机零件，仅改变电机绕线设计。据此，我们又设想了两种方案。一是在现有电机的定子绕组中，利用电机线槽满槽率（一般在70%左右）不满的部分，尽可能增加绕线根数，加大电机阻抗，通过降低电压来降低电机容量，实现用小容量电机带动小的负荷节电。这种办法，电机容量减少幅度不大，不能满足设备大幅度变荷的要求，节电太少。若要多节电，电机外壳就要加大，线槽加深，所以仍不理想。二是利用现有 $\Delta$ 绕组的电机（容量在4 kW以上的小型电机均为此种绕线），通过利用电机 $\Delta$ 和Y联线的变换，可以形成两种容量的电机。三角联线为满容量，星形绕线为原电机1/3容量。有些设备运行若是在满荷的85%以下和1/3容量以上，就显得不很适应。为此，我们设想在长Y形（原Y形）联线中部再多抽出三个抽头，使线圈联线变为短Y形，减少阻抗，增加电机容量，使原来一个容量的电机变成三个容量的电机。它能输出大中小三种不同功率去带动外界负荷，即三功率电机。该方案的优点是：和原电机相比，机重不增加，材料不多用，体积没变大，工艺简单，制造厂易转产，用户易更新，节约投资。

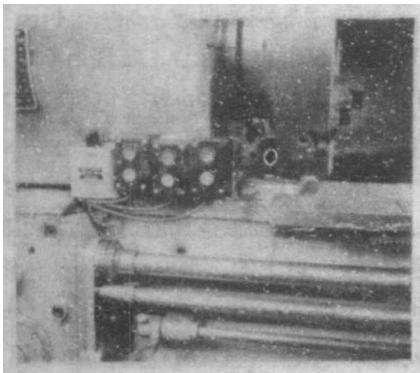
3. 结构与操作 原电机为六个抽头，新电机为九个抽头，多出的三个抽头是双层布线的联结头，它和其他六个抽头联接交换，可将电机联接成Y（星）型绕组；短Y（星）型绕组和 $\Delta$ 形绕组三种联接方式（见图）。由于绕组变成了三种形式，所以得出了大、中、小三台电机（即同一机壳内包括2.5，4.2，7.5 kW三个功率的电机）。

三功率电机操作简单、方便，仅比普通电机



联接方式图

多两个双按钮开关（见照片）。工作时可根据电流表指示的负荷大小，选择适当的电机进行工作。三电机间有闭锁装置，保证工作安全。



三功率电机操作按钮  
技术合理性的分析

**1. 新电机基本原理** 新电机是根据使外界电压（即电机输入电压）对电动机绕组相对降低的原理，来实现大容量电机变为小容量电机的，也就是说，某台电机绕组该用380V电压的，改用220V；该用657V电压的，改用380V。老型号电机常用 $\Delta$ 、Y形绕组来适应外界电源电压。在Y形接线时用380V电压，在 $\Delta$ 形接线时用220V电压，这种接线方法可使电机达到同样马力（功率）。若将Y形接线用变低的220V电压时，电机马力自然要降低为原电机容量的 $1/3$ 。该用567V电压的Y形接线，如果改用380V电压，电机马力自然也要降低为原电机容量的 $1/3$ （若 $\Delta$ 形接线电机额定电压为380V，改为Y形接线后，电压要升高到 $\sqrt{3} \times 380V = 657V$ 电压，才能和原 $\Delta$ 形接线同容量）。

**2. 对降压运行的分析** 从电机的工作性能可知，当提高其运行电压时，定子绕组中的铁耗与铜耗会急剧地增加，从而造成机体温度升高，同时使功率因数下降，这是不利的。

与此相反，本方案是用降压运行法来使电机运转的。但由于电机的电磁扭矩与运行电压的平方成正比，所以降压会造成转矩下降。据有关资料介绍，当电压下降10%时，转矩要降低13~19%；电压下降40%，则转矩不到原机的 $1/3$ 。这样，在额定负荷时，设备的启动就成为问题了（例如该用657V运行的 $\Delta$ 结线的电机在改为Y结线，在380V网络上工作时，电压就变为降压运行，其降压程度在40%左右）。

可是勘探设备，特别是钻机、水泵在开孔或浅部钻进时，只用原电机容量的 $1/3$ ，在小转矩时即可安全运行，即使启动有困难，可采用功率大一级的电机启动，然后用小一级容量电机或中级容量电机运行，因为大、中、小电机的切换既安全又方便，不会影响工作，何况还有中间一级容量电机可以启动，既可节电，又能解决启动问题。

另一个是温升问题。当电压降低后，磁通会随之减少，这时要带动大负荷运转，就会使转子中电流增加，甚至出现电流的增大值大于电压降而使励磁电流分量减少值，结果出现不允许的高温。

但我们的情况与上述不同。经长时间观察，有50%的时间是在外界负荷仅为额定负荷 $1/3$ 或不到 $1/3$ 的状况下运行，所以，负载电流增大值大大小于励磁电流分量减少值，结果是转子与定子中的电流都减少，这就不会产生较高温升，又达到节电目的。

本降压方案是结合上述的载荷不饱满情况而采取的，必要时也可以改变短Y形线圈的匝数，使电压不升不降，保持合适的匹配数值，从而把铁耗及铜耗控制在较低限度内，仍然可达到高效节能目的。

### 试验效果与启发

这次试验用的电机，是把原7.5kW的JO<sub>2</sub>型电机，改变布线而分成了2.5、4.2、7.5kW三种容量的电机。试验是在机床上进行的。方式是除空

载试验外, 还以不同的吃刀深度和切削速度, 分别选用大、中、小三种不同的容量挡数来切削工件。工件种类有:  $\varnothing 42$ 毫米钻杆,  $\varnothing 108$ 毫米岩心管及300米钻机的导管等。经十天的运转试验, 结论如下:

1. 在小负荷时用2.5, 4.2kW容量运转, 与7.5kW电机运行相比, 有功电度节约11~13%。

2. 若将 $\cos \phi$ 值约提高到0.8左右(推算值), 2.5kW电机的运行电流是3安, 7.5kW电机运行电流是6安。从以上两种功率电机的比较结果可知, 运行2.5kW的电机少向电网吸收50%的电流, 就能保证运行, 用这种电机能使发电站的供电能力提高一倍, 其原因是往常在小负荷时用大电机运行, 由于功率因数 $\cos \phi$ 太低(约在0.4以下), 约有50%的电功率在电机中和线路中做无功消耗, 从而大大地浪费了发电站和变电所应供给用户的额定容量。

3. 启动电流减少了15~21%。由于启动电流降低, 减少了电网中的启动电压, 对稳定线路电压、改善其他运行电机的启动性能很有好处, 从而提高了供电质量。

4. 经十天生产试验统计, 小电机运行时间占81%, 中电机占15%, 大电机仅占4%, 进而说

明把电机改成多功率的必要性

5. 经测定, 运转中的电机最高温升分别为: 小电机是26℃, 中电机27℃, 均属正常状态

6. 每天工作两个班的机床, 平均按4.2kW中负荷运行, 每日可节约1.48度电, 全年可节约1344度电。全国若有十万台机床改用三功率电机, 一年可节约一亿三千四百四十万度电(每年以300个工作日计算, 每班为7小时), 一台电机全年可节约人民币111.4元, 而改造一台电机的费用为111元(电机厂生产的三功率电机无须此费用), 当年即可收回改造用的投资。

通过在车间机床上的生产试验, 发现这种功率变化的用电场所, 非常适合选用多功率节能电机, 而钻探生产现场, 就是适合场所之一。因为钻机在浅孔与深孔阶段耗能不同, 同一深度的孔段、岩石、孔径不同, 工艺不同, 耗能也不同, 如处理事故时所需功率就比正常生产大得多, 但其所占时间的比例并不一定很大。针对这个情况, 研制17~30kW的中深孔钻机用电机, 是十分有意义的。另外, 在三个电机的操作开关上, 如能进一步把手动多按钮开关改成高灵敏度的自动负荷切换开关, 将对处理井内事故, 以及应付其他机械的变功率需要都是有价值的。

## 用反转法纠钻孔方位的实践

齐正中 王东鸣

我队某钻探施工区, 地层软硬互层变化频繁。上下板岩呈板状结构, 片理发育, 岩层倾角60~70°, 岩石具有硬、脆、碎等特点。长期以来, 钻孔方位跑斜严重, 钻孔质量得不到保证, 给施工带来很大的影响。为此, 也曾采用过许多纠斜方法, 但奏效不大。近两年来, 由于采用了金刚石钻进技术, 使钻探效率得到明显地提高, 相应之下, 该区的孔斜问题更加突出。如近期施工的ZK 622、ZK 132、ZK 172孔, 方位偏斜都比较严重。

根据上述情况, 进行了反转法纠方位的试验工作。

试验条件: 用 $\varnothing 76 \sim 91$ 的合金钻进方法, 钻压500~700公斤, 转速160~300转/分, 原设计钻孔顶角8~15°

试验结果(见下表)

由试验数据看出, 用反转法纠方位, 是有明显效果的。尽管三个钻孔纠回的方位曲率不同, 但都使钻孔向反时针方向发生了较大幅度的方位回旋。说明用这个方法可以解决本区的跑斜问题。

反转法纠方位的原因, 是当钻头上的切削刃取层状岩石时, 顺层受力与逆层受力状态不一样