10 kV 高压水泵类负荷电机的选择与容量校验*

史建忠，郭利利

（内蒙古包钢金属制造公司，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 高压水泵类负荷一般所用的场合比较重要，如钢铁企业的循环水系统，所选的高压电机价格一般比较昂贵，电机选大或选小都会造成不必要的浪费，为减少不必要的浪费，文章旨在介绍一般情况下此类负荷的电机选型。

关键词： 电机；选择；校验

中图分类号： TM306 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2019)05－0057－03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.05.016

Selection and Capacity Check for Load Motor of 10 kV High Pressure Water Pump

Shi Jian－zhong, Guo Li－li

(*Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The high－pressure water pump loads are usually used in such more important occasions as the circulating water systems of iron and steel enterprises as well as the selected high－pressure motors are generally more expensive, so no matter they are too large or small, it will cause unnecessary waste. Thus, the motor selection for such loads normally is introduced in this paper.

Key words: motor; selection; check

针对目前存在一些电机选型不合理的现象，如电机容量选择小于泵体需要容量，严重影响设备稳定运行，对设备维护带来一定难度。本文介绍如何正确为连续工作制高压水泵负荷选择合适电机。

1 电动机的选择

1.1 交流电动机与直流电动机的比较[1]

交流电动机结构简单，价格便宜，维护方便，但起动及调速特性不如直流电动机。因此当生产机械起动、制动及调速无特殊要求时，应采用交流电动机；仅在起、制动及调速等方面不能满足工艺要求时，才考虑用直流电动机。

不需要调速的机械，包括连续工作制、短时工作制和重复短时工作制机械，应采用交流电动机。在某些操作特别频繁、交流电动机在发热和起动特性不能满足工艺要求时，如可逆轧机前后工作辊道、机架辊等，才考虑用直流电动机。

高压水泵类负载为长期工作的平稳负载，这类机械起动不困难，运行稳定，一般不调速，即使为了取得最佳经济运行效果，要求调速，也无特殊要求，

* 收稿日期：2019－04－17

作者简介：史建忠(1979－)，男，内蒙古赤峰市人，工程师，现从事电气技术管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

所以应选用交流电动机。

1.2 交流电动机的选择[1]

笼型电动机结构简单、价格低、易维护。绕线形电动机可以通过转子回路串加电阻、频敏变阻器或通过双馈供电改变电机特性，改善起动性能或实现调速。异步电动机的功率因数低，在采用变频调速时需加大变频器容量。

生产机械为连续运行、不调速、操作不频繁的场合，如风机、水泵等，采用笼型电动机。

凡符合下列条件之一者，宜采用绕线型电动机:

(1) 周期性波动负荷连续工作制且带有飞轮的机械，如中小型型钢粗轧机;

(2) 按启动条件校验，采用鼠笼型电动机不能满足要求或启动时电网电压降过大的机械;

(3) 调速范围小，调速要求不高的机械。

10 kV 高压水泵类负荷为满足上述三项，所选电机为绕线式异步电机。

1.3 电动机电压的选择

交流电动机的额定电压应根据下列条件经技术经济比较后确定:

当企业供电电压为 10 kV 时，大容量电动机采用 10 kV 直接供电; 中等容量电动机，如果有 10 kV 电压者，应优先采用。

如某厂有 10 kV 电压，那么电动机电压选为 10 kV。

1.4 电动机转速的选择[2]

对于不需要调速的高转速或中转速机械，如水泵、压缩机、鼓风机一般应选用相应转速的异步或同步电动机直接与机械相连接。即电机转速为水泵转速。

1.5 电动机结构形式与冷却方式的选择[1]

电动机结构形式应按下列环境条件确定: ①在采暖的干燥厂房中，采用开启式、防护式电机。如 IP21 结构; ②在不采暖的干燥厂房，或潮湿而无潮气凝结的厂房中，采用开启式和防护式如 IP21 或 IP23 结构电机。但在潮湿厂房的电动机需具有耐潮的绝缘; ③在特别潮湿的厂房中，由于空气中的水蒸气经常饱和，并可能凝成水滴需用防滴式、防溅式或封闭式如 IP44 结构电动机，并带耐潮绝缘; ④在有非导电灰尘的厂房中，当灰尘宜除掉并对电机无害，且电机采用滚珠轴承时，可采用开启式或防护式电动机，当灰尘不易除掉，对绝缘有害时，采用封闭式如 IP44 型封闭式电动机; ⑤在有导电灰尘或不导电灰尘，但同时有潮气存在的厂房中，应采用 IP44 结构封闭式电动机; ⑥当对电机绝缘有害的灰尘或化学成分不多时，如果通风良好，可不用封闭式电动机，采用防护式如 IP21 结构的电动机; ⑦在有腐蚀性蒸汽或气体的厂房中，应采用密闭式如 IP54 结构电动机或耐酸绝缘的封闭风冷式电动机; ⑧在 21 区及 22 区有火灾危险的厂房中，应按现行规程选择电机; ⑨在 0 区及 1 区有爆炸危险厂房中，应按现行规程选择电机; ⑩电动机安装在户外时，无论按露天装设或装在棚子下面，均需保护电动机的绝缘不受大气、潮气的破坏。在露天装设时，应采用封闭式如 IP44 结构电动机。装在棚子下时，可采用防护式或封闭式电动机。

钢铁企业内交流电动机一般采用具有 IP44，IP54 防护等级; 直流电动机一般采用 ZZJ 系列 IP44 防护等级，安装在露天的电动机一般采用 IP44 防护等级。

某厂电动机安装于厂房内，非露天，因此所选防护等级为 IP54。

1.6 电动机绝缘等级和海拔高度的选择

环境温度在 40 ℃以下且在正常环境工作，可选用 A 级、E 级绝缘等级的电动机; 环境温度在 40 ℃以上，如冶金车间生产线上的电动机宜选用 F 级或 B 级绝缘等级的电动机。

只有在环境温度高，环境条件恶劣，才选用 H 级绝缘等级的电动机。如连铸机的拉矫机可选用 H 级绝缘等级的直流电机; 热轧车间生产线上选 H 级绝缘等级 YZ 及 YZR 型交流电动机。

电动机工作地点应符合电动机铭牌规定的海拔要求或提出特别订货。

如某厂 10 kV 高压水泵电机，环境温度于夏季可能在 40 ℃以上，但环境条件正常，因此选 F 级绝缘即可。

2 水泵电机功率与静阻转矩的计算[1]

2.1 水泵的电动机功率计算

$$P = \frac{K\gamma Q(H + \Delta H)}{102\eta\eta e} \times 10^3 \quad (1)$$

式中: P—— 电动机功率，kW;

γ—— 液体密度，t/m^3

Q—— 泵的出水量，m^3/s;

H—— 水头，m;

ΔH—— 主管损失水头，m;

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

η—— 水泵效率，一般取 0.6 ~ 0.84；

ηe—— 传动效率，与电动机直接连接时为 1；

K—— 裕量系数，见表 1。

表 1　裕量系数

名称	数值				
功率/kW	2 以下	2 ~ 5	5 ~ 50	50 ~ 100	100 以上
裕量系数	1.7	1.5 ~ 1.3	1.15 ~ 1.1	1.08 ~ 1.05	1.05

如某厂水泵参数：$\gamma = 1$，$Q = 3\ 900\ m^3/h$；$H = 75\ m$；$\Delta H = 6.9\ m$；$\eta = 0.8$；泵与电机通过联轴器连接，ηe 取 0.98。

$$P = \frac{1.05 \times 1 \times 3900 \times (75 + 6.9)}{102 \times 0.8 \times 0.98 \times 3600} \times 10^3 = 1\ 165\ kW$$

而该厂选用电机功率为 1 120 kW，处于较临界偏低位置，夏季环境温度较高时，就有可能会出现电机过热现象。

当管道长、流速高、弯头与阀门的数量多时，裕量系数还要适当放大。

3　电动机容量计算及选择

钢铁企业各种生产机械的电动机容量一般由工艺或机械初选后，电力专业再进行容量校验。高压水泵很多使用场合为连续工作制，本节介绍连续工作制 S_1 电动机额定功率的计算。

3.1　负荷平稳的连续工作制电动机[1]

(1) 按轴功率确定电动机的额定功率。

$$P_N \geqslant P_1 = \frac{M_1}{9550} n_N \tag{2}$$

式中：P_N—— 额定功率，kW；

P_1—— 折算到电动机轴上的负荷功率，kW；

M_1—— 折算到电动机轴上的负荷转矩，N·m；

n_N—— 电动机的额定转速，r/min。

当负荷转矩恒定且需要在基速以上调速时，直流电动机的额定功率应按要求的最高工作转速计算，即：

$$P_N \geqslant \frac{M_1 n_{max}}{9550} \tag{3}$$

式中：P_N—— 额定功率，kW；

n_{max}—— 电动机的最高工作转速，r/min。

(2) 按启动时最小转矩和允许的最大飞轮矩校验鼠笼型电动机或同步电动机的额定功率。

对于启动转矩较大或带有较大飞轮矩而采用笼型电动机或同步电动机的场合，在选择电动机容量后还要按下式(4) 与式(5) 分别校验启动过程中的最小转矩和允许的最大飞轮矩，以保证生产机械能顺利起动和在起动过程中电动机不致过热。

电动机的最小起动转矩

$$M_{Mmin} \geqslant \frac{M_{1max} K_s}{k_u^2} \tag{4}$$

式中：M_{Mmin}—— 最小起动转矩，N·m；

M_{1max}—— 起动过程中可能出现的最大负荷转矩，N·m；

K_s—— 保证起动时有足够加速转矩的系数，一般取 $K_s = 1.15 \sim 1.25$；

K_n—— 电压波动系数，即起动时电动机端电压与电动机额定电压之比，全压起动时 $K_n = 0.85$。

允许的最大飞轮转矩 GD^2_{xm}

$$GD^2_{mec} \leqslant GD^2_{\times m} = GD^2_0 \left(1 - \frac{M_{1max}}{M_{mav} K_v^2}\right) - GD^2_M \tag{5}$$

式中：GD^2_{mec}—— 折算到电动机轴上的传动机械的一般飞轮转矩，N·m²；

GD^2_0—— 包括电动机在内的整个传动系数所允许的最大飞轮矩(N·m²)，折算到电动机轴上数值，由电机资料查取；

GD^2_M—— 电动机转子飞轮矩，N·m²；

M_{mav}—— 电动机的平均起动转矩，N·m²。

按式(4)，(5) 两项校验通过后，则所选电动机容量合适。

4　电动机容量的修正

4.1　环境温度变化时的修正

当环境温度 t_s 和额定环境温度 t_s 和额定环境

(下转第 92 页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

铁损值和磁极化强度值的极差值和标准检偏差均小于单片法，所以爱泼斯坦方圈法检测同一牌号的无取向电工钢的测量结果比单片法更精准。

(2) 虽然单片法不如爱泼斯坦方圈法测量精准，误差较大，但偏差在允许范围内，所以单片法可以代替爱泼斯坦方圈法测量无取向电工钢磁性能。

(3) 随着产品等级的提高和新品种的出现，爱泼斯坦方圈法存在取样量大，对试样尺寸要求严格。而单片法取样量小，受制样因素的影响较小，测量结果的再现性差异相对较小，节省人力物力，生产厂家和用户可以使用单片法测量无取向电工钢。

参 考 文 献

[1] 赵楠. 电工钢检测方法及标准综述 [J]. 四川冶金，2004，36(5)：59－63.

[2] 李敏. 半工艺无取向电工钢的相关检测与研究 [D]. 长沙：中南大学，2008.

[3] 赵楠，穆海玲，斯松华. 冷轧无取向电工钢的组织及性能分析 [J]. 电工材料，2004，(4)：14－18.

[4] GB/T 3655—2008. 用爱波斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能的方法 [S].

[5] GB/T 13789—2008. 用单片测量仪测量电工钢片(带)磁性的方法 [S].

(上接第59页)

t_N(例如) 不同时，动机的可用功率 P 修正为：

$$P = XP_N \tag{6}$$

式中：P_N—— 额定环境温度下的电动机额定功率，kW；

X—— 环境温度改变时的修正系数。

假定电动机的温升正比于它的损耗，则环境温度变化时电动机的稳定温升也相应变化，可得公式(7)。

$$X = \sqrt{1 \pm \frac{\Delta\tau(r+1)}{\tau_N}} \tag{7}$$

式中：$\Delta\tau$—— 环境温度改变值，℃；

τ_N—— 额定环境温度时的电机额定温升，℃；

γ—— 电动机的固定损耗和额定可变损耗之比；

“+”—— 环境温度低于额定环境温度；

“－”—— 环境温度高于额定环境温度。

由设备资料可知，某些电动机当环境温度低于额定值时，其容量不需修正；某些电动机当环境温度高于额定环境温度10 ℃时，电动机容量的降低值由电机厂规定不能按公式(7)计算。因此，按环境温度修正电动机的容量应根据具体情况确定。

5 结束语

科学合理的选择一台合适的电机对稳定供水至关重要，如选型不是非常合适，不光对设备维护带来一定难度，更重要的是对稳定生产带来一些不必要困难，同时还会影响到设备使用寿命，或者造成能源浪费，每一台大型电机价格也比较昂贵。希望通过本文为大家提供一个选型的参考。

参 考 文 献

[1] 《钢铁企业电力设计手册》编委会. 编钢铁企业电力设计手册 [M]. 北京：冶金工业出版社，1996.

[2] 天津电气传动设计研究所编著. 电气传动自动化技术手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net