

### 油田抽油机用永磁电动机智能驱动系统

Permanent magnet motor intelligent drive system for oil field pumping unit

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2023年6月16日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

## 目 次

前 言 .....	II
引 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 型号、基本参数与尺寸 .....	2
5 通用要求 .....	5
6 技术要求 .....	6
7 试验方法 .....	9
8 检验规则 .....	10
9 标志、包装及保用期 .....	11
图 1 电动机型号示意图 .....	2
图 2 驱控器型号示意图 .....	2
图 3 游梁式抽油机用电动机外形与安装尺寸图 .....	4
图 4 无游梁式抽油机用电动机外形与安装尺寸图 .....	5
表 1 游梁式抽油机用电动机机座号与同步转速及额定功率的对应关系 .....	3
表 2 无游梁式抽油机用电动机机座号与同步转速及额定功率的对应关系 .....	3
表 3 游梁式抽油机用电动机安装尺寸及公差 .....	4
表 4 无游梁式抽油机用电动机外形安装尺寸及公差 .....	5
表 5 轴伸键的尺寸及公差 .....	5
表 6 振动强度限值（有效值） .....	7
表 7 空载最大 A 计权声功率级 $L_{WA}$ （dB） .....	7
表 8 电气性能保证值的容差 .....	8
表 9 断电后时间间隔 .....	9
表 10 检验项目 .....	10

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》及T/CEEIA 270-2017《CEEIA标准编写指南》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由中国电器工业协会电机标准化专业委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件于2023年首次制定。

## 引 言

石油开采行业是电动机的重要应用场合，电动机系统运行效率的提升对石油开采行业的节能增效具有重要意义。目前油气田主要采用传统的异步电动机，这类电动机运行效率低、功率因数低、噪音大，不方便采用智能控制。

随着智能驱动系统技术的不断完善，永磁智能驱动系统在油气田领域得到大力推广和应用。永磁电动机智能驱动系统是由永磁同步电动机和高性能驱动控制器组成，具有运行效率高，高效运行区较宽的特点；运行功率因数高，无需无功功率补偿器；可以变频启动，启动电流小，对电网无冲击噪音低；免维护，故障点少，噪声低。此外，还能方便实现智能诊断和远程控制等多种功能，进一步提升系统效率，具有较大的节能和技术优势。本标准为该产品的开发及生产提供了技术依据，也对产品的市场起到规范作用。

本文件的制定，完善了产品规格、性能参数和技术要求，对规范市场、用户选型和产品的验收等具有重要指导作用。

# 油田抽油机用永磁电动机智能驱动系统

## 1 范围

本文件界定了油田抽油机用永磁电动机智能驱动系统的术语和定义,规定了型号、基本参数与尺寸,通用要求,以及技术要求,描述了相应的试验方法,规定了检验规则以及标志、包装与保用期。

本文件适用于普通非隔爆要求的使用场所油田抽油机用永磁电动机智能伺服驱动系统的制造。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 191—2008 包装储运图示标志
- GB/T 755 旋转电机 定额和性能
- GB/T 997—2022 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类(IM代码)
- GB/T 1971—2021 旋转电机 线端标志与旋转方向
- GB/T 1993—1993 旋转电机冷却方法
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 4772.2—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第2部分:机座号355~1000和凸缘号1180~2360
- GB/T 4831—2016 旋转电机产品型号编制方法
- GB/T 4942—2021 旋转电机整体结构的防护等级(IP代码) 分级
- GB/T 7251.8—2020 低压成套开关设备和控制设备 第8部分:智能型成套设备通用技术要求
- GB/T 10068—2020 轴中心高为56mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值
- GB/T 10069.1—2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分:旋转电机噪声测定方法
- GB/T 12665—2017 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求
- GB/T 14711 中小型旋转电机通用安全要求
- GB/T 22669—2008 三相永磁同步电动机试验方法
- GB/T 22670—2018 变频器供电三相笼型感应电动机试验方法
- GB/T 22714—2008 交流低压电机成型绕组匝间绝缘试验方法及限值
- GB/T 22719.1—2008 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第1部分:试验方法
- GB/T 22719.2—2008 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第2部分:试验限值
- GB/T 22720.1—2017 旋转电机 电压型变频器供电的旋转电机无局部放电(I型)电气绝缘结构的鉴别和质量控制试验

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电工图 electrical drawing**

设备电磁关系、电信号关系、电器设备布置安装图

### 3.2

**示工图 Schematic diagram**

反映深井泵工作状况好坏,由专门的仪器检测,并将检测结果画在坐标图上,其封闭线段所围成的面积表示抽油机在一次往复运动中抽油机所做的功的图纸。

### 3.3

#### 泵工图 Pump diagram

把有杆抽油系统视为一个复杂的振动系统，系统包含抽油杆、油管 and 井液3个振动子系统，并在一定边界条件和一定的初始条件下，计算出地面示功图激励产生的井下泵的示功图。

## 4 型号、基本参数与尺寸

4.1 油田抽油机用永磁电动机智能伺服驱动系统（以下简称驱动系统）由专用永磁电动机（以下简称电动机）和智能驱控系统（以下简称驱控器）组成。

### 4.2 型号

#### 4.2.1 电动机型号

电动机的型号由产品代号和规格代号两部分依次排列组成，示意图见图 1。

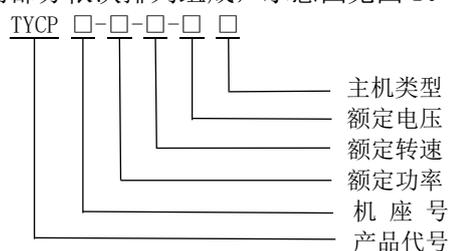


图1 电动机型号示意图

#### 示例1:

TYCP305-30-210-380Y

其中规格代号为 305-30-190-380 Y, 305 表示机座号为 305, 30 表示额定功率 30kW, 210 表示额定转速 210 转/分, 380 表示额定电压 380V, Y 表示游梁式抽油机用。

#### 示例2:

TYCP315-22-240-660W

其中规格代号为 315-22-240-660 W, 315 表示机座号为 315, 22 表示额定功率 22kW, 240 表示额定转速 240 转/分, 660 表示额定电压 660V, W 表示无游梁式抽油机用。

#### 4.2.2 驱控器型号

驱控器的型号由产品代号和规格代号两部分依次排列组成，示意图见图 2。

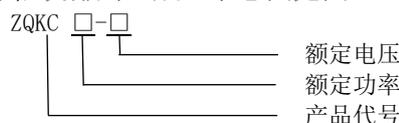


图2 驱控器型号示意图

#### 示例:

ZQKC 30-660 Y

其中规格代号为 30-660, 30 表示额定功率 30kW, 660 表示额定电压 660V。

## 4.3 基本参数

4.3.1 驱动系统的定额是以连续工作制（S1）为基准的连续定额。

4.3.2 电动机的冷却方法按 GB/T 1993-1993 的规定为 IC410。

4.3.3 电动机的结构及安装型式按 GB/T 997-2008 的规定为 IM B3。

4.3.4 电动机的额定电压为 380 V 和 660 V。

4.3.5 游梁式抽油机用电动机的机座号与额定转速及额定功率的对应关系见表 1；无游梁式抽油机用电动机的机座号与额定转速及额定功率的对应关系见表 2。

表1 游梁式抽油机用电动机机座号与额定转速及额定功率的对应关系

机座号	额定转速 r/min					
	190	210	230	240	300	550
额定功率kW						
245	-	-	-	5.5	7.5	-
	-	-	-	7.5	11	-
	-	-	-	11	18.5	-
305	-	22	-	-	-	75
	-	30	-	37	-	90
	-	37	-	45	-	110
405	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	45	55	-
	-	-	-	55	75	-
550	75	-	-	-	-	-
	-	90	-	-	-	-
	-	-	110	-	-	-
660	110	-	-	-	-	-
	-	132	-	-	-	-
	-	160	-	-	-	-

表2 无游梁式抽油机用电动机机座号与额定转速及额定功率的对应关系

机座号	额定转速 r/min							
	190	210	230	240	300	550	1000	1500
额定功率kW								
250	-	-	-	5.5	-	-	-	45
	-	-	-	7.5	-	-	37	55
	-	-	-	11	-	-	45	75
280	22	-	18	-	-	-	-	-
	30	-	22	-	45	-	132	160
	37	-	18	-	-	-	160	200
315	22	22	-	15	-	45	110	160
	30	30	-	18	-	55	132	200
	37	37	-	22	-	75	160	250
355	-	-	-	-	-	-	110	-
	-	45	-	-	-	-	160	-
	-	-	-	-	-	-	200	-

#### 4.4 尺寸

4.4.1 游梁式抽油机用电动机安装尺寸及公差应符合表2的规定，外形尺寸不应大于表2的规定，尺寸符号见图3。电动机转轴为空心轴，其尺寸及公差根据用户使用协议进行定制。当采用其他传动方式时，也应在协议中注明。

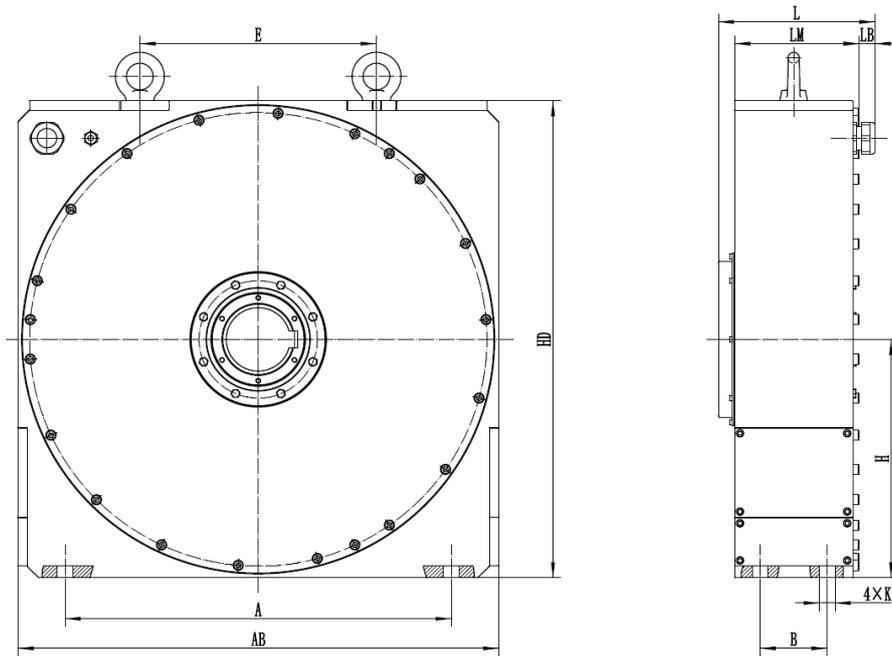


图3 游梁式抽油机用电动机外形与安装尺寸图

表3 游梁式抽油机用电动机安装尺寸及公差

单位为毫米

机座号	安装尺寸及其公差									外形尺寸					
	A		B		E	K		H		AB	HD	L	LM	LB	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	公称尺寸	公称尺寸	公称尺寸	外置接线盒	内置接线盒
245	370	±0.5	85	±0.5	350	20	±0.5	245	±0.5	490	490	178.5	150	55	28
305	490	±0.5	85	±0.5	300	24	±0.5	305	±0.5	610	610	178.5	150	75	28
405	690	±0.5	105	±0.5	410	24	±0.5	405	±0.5	810	810	198.5	170	75	32
550	880	±0.5	130	±0.5	650	32	±0.5	550	±0.5	1100	1100	240	200	95	32
660	1120	±0.5	160	±0.5	780	32	±0.5	660	±0.5	1320	1320	280	240	95	36

4.4.2 无游梁式抽油机用电动机安装尺寸及公差应符合表4的规定，外形尺寸不应大于表4的规定，尺寸符号见图4。

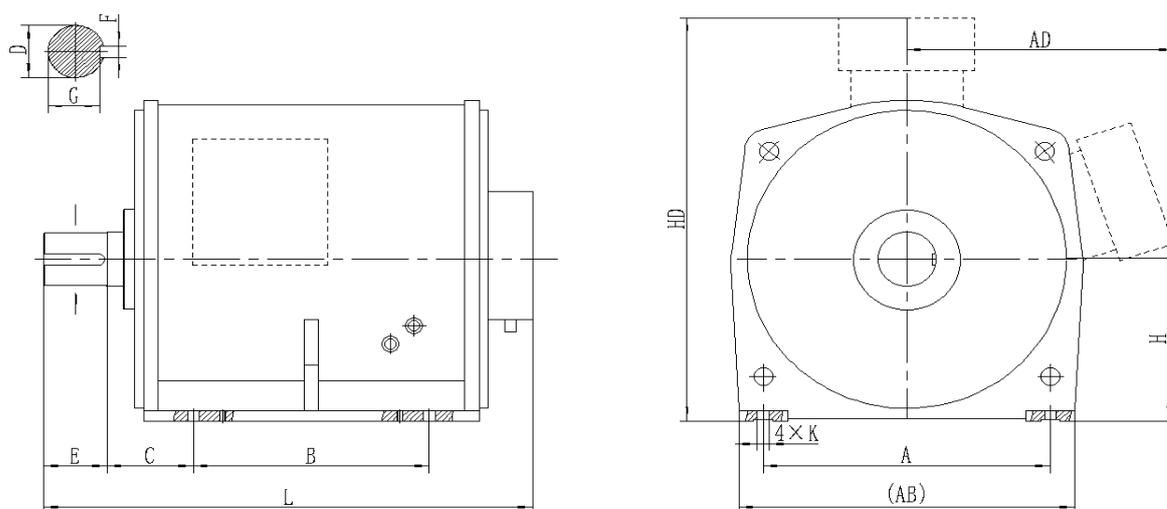


图4 无游梁式抽油机用电动机外形与安装尺寸图

表4 无游梁式抽油机用电动机外形安装尺寸及公差

单位为毫米

机座号	安装尺寸及其公差									外形尺寸			
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	AD	AB	HD
250	430	230	180	60	100	22	63	250	20	800	550	580	790
280	480	280	200	75	110	22	68	280	24	930	600	640	880
315	570	370	210	80	120	25	72	315	24	1050	655	690	910
355	560	355	230	90	130	25	81	355	26	1280	705	760	1160

电动机轴伸键的尺寸及公差应符合表 5 的规定或根据用户使协议。

表5 轴伸键的尺寸及公差

单位为毫米

轴伸直径	键宽		键高	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差
70 ~ 92	25	0 -0.033	14	0 -0.11
92 ~ 130	32	0 -0.039	18	0 -0.11

## 5 通用要求

5.1 在下述现场条件下，电动机及驱控器应能额定运行。

- 海拔高度不超过 1000 m；
  - 最高环境空气温度随季节而变化，但不超过 50 °C；
  - 最低环境空气温度为-50 °C；
  - 最湿月月平均最高相对湿度为 90%，同时该月月平均最低温度不高于 25 °C。
- 对于现场运行条件偏差的修正，按 GB/T 755 的规定。

## 5.2 电动机

5.2.1 电动机可在运行中发电制动。

5.2.2 电动机应在接线盒和机座上各装有一个接地端子，并用相应的符号和图形标志。接地端子的设计应保证与接地导线具有良好的联接和足够的接触面积。

5.2.3 电动机应制成三个出线端，当需要星-角变换时可制成六个出线端，并同时设置接线标志图。

- 5.2.4 电动机上所有标志应保证清晰、耐用，在使用期内不易磨灭和脱落。
- 5.2.5 永磁体的耐温应与相应的热分级相适应，永磁体应有可靠的防腐措施。
- 5.2.6 轴伸上能承受的径向力和轴向力应在用户协议中注明。

### 5.3 驱控器

- 5.3.1 驱控器应放置于具有气候防护的场所或箱体内部，能适应恶劣风雪环境。
- 5.3.2 设备运行期间，电动机电源电压与额定值的偏差应符合 GB/T 755 的规定。
- 5.3.3 驱控器上所有标志应保证清晰、耐用，在使用期内不易磨灭和脱落。
- 5.3.4 驱控器内变频驱动单元支持矢量控制方式。
- 5.3.5 驱控器须包含但不限于边缘计算、变频驱动、驱动检测、配电与保护、远程控制功能：
- 边缘计算：可高频采集数据，并利用高频采集的数据，动态分析井况特征，计算出电功图、示功图和泵功图的特征，并依据此特征进行功图诊断、冲次寻优、功图计产和测算动液面等功能。此外，该单元需具备利用高频数据进行预警分析，并将本地运算结果实施远传的功能；
  - 变频驱动：应根据下达的操作指令，向驱动检测单元输出扭矩，驱动设备以设定的频率运转，同时向远程控制单元提供动力部分的实时数据；
  - 驱动检测：应能满足实时检测抽油机运行轨迹、负荷信息和位置信息，反馈给边缘计算单元，接受变频驱动单元的输出功率和转速信息，驱动举升系统运转，实现抽油机的高精度的位置闭环控制和运行悬停功能；
  - 配电与保护：井场配电开关及断电保护，防止反向发电造成对变频驱动单元的损坏；根据预警数据，执行实时保护；
  - 远程控制：具备专用软件。应用软件包含两种类型：1. 上位机应用软件，用于远程查询油井生产数据，并对其实施智能控制；2. 移动端应用软件，用于完成巡井数据采集、查询、下达控制指令等任务。
- 5.3.6 驱控器应具有电参高频采集与计算能力，能实时测量并输出电功图。能根据抽油机和管杆泵参数，自动计算生成示功图和泵功图。
- 5.3.7 驱控器应根据功图计算单井日产液量，最终实现误差在 3% 以内。
- 5.3.8 驱控器可根据功图计算单井动液面，精度误差在 20 米以内。
- 5.3.9 驱控器可通过功图进行工况诊断，分析并识别出供液不足、气体影响、凡尔漏失、抽油杆断脱等异常工况，并进行预警。
- 5.3.10 驱控器应具有冲次寻优自动控制功能，优化抽汲参数更泵效不低于 50% (按现场实际需求)。
- 5.3.11 驱控器应具有智能间抽控制功能，满足供液不足井的正常生产。
- 5.3.12 驱控器应具有柔性控制功能，自行识别上下死点位置功能，自行调整运行速度防止刚性切换。
- 5.3.13 驱控器可实现位置闭环控制、使运行中抽油杆悬停在任意位置的功能。

## 6 技术要求

### 6.1 机械检查项目应包括：

- 转动检查：电动机转动时，平稳轻快，无停滞现象；
- 外观检查：检查电动机的装配是否完整正确，电动机表面油漆是否干燥、均匀、无污损、碰坏和裂痕等现象；
- 安装尺寸、外形尺寸及键的尺寸检查：应符合 4.3.7 的规定

6.2 对额定电压 380 V 和 660 V 的电动机定子绕组对机壳及绕组相互间的冷态绝缘电阻，不应低于 5 MΩ；在热状态或热试验后，电动机定子绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻不应低于式 (1) 的值：

$$R = \frac{TVF \cdot U_N}{1000 + P_N / 100} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$R$  ——电动机定子绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻，单位为兆欧 (MΩ)；

$TVF$  ——变频器供电旋转电机的试验电压系数， $TVF$  应按 GB/T 22720.1-2017 中附录 NA 中 IVIC D 的规定为 1.8；

$U_N$  ——组的额定电压，单位为伏 (V)；

$P_N$ ——电动机的额定功率，单位为千瓦（kW）。

6.3 电动机三相定子绕组在实际冷状态下直流电阻的任何一相与三相平均值的偏差不应大于三相平均值的±2%。

6.4 电动机定子绕组应能承受历时 1 min 的耐电压试验而不发生击穿，试验电压的频率为 50 Hz，并尽可能为正弦波，试验电压有效值为式（2）的值：

$$U_s = 2U_N \cdot TVF + 1000 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$U_s$  ——耐电压试验电压有效值，单位为伏（V）。

注：验收时不应在绕组重复进行全值电压的耐电压试验，如有必要进行第二次试验时，应进一步烘干绕组后进行试验，第二次的试验电压为耐压试验电压的80%。

6.5 电动机的定子绕组应能承受匝间绝缘冲击耐电压试验而不击穿。电动机的定子绕组采用成型线圈结构时，其试验冲击电压峰值按 GB/T 22714—2008 的规定；当电动机采用散嵌绕组时，其试验冲击电压峰值按 GB/T 22719.2—2008 的规定。

6.6 电动机进行空载反电动势测定宜采用反拖法，测量的出线端电压的平均值作为空载反电动势线电压值，并记录此时电动机铁心和环境的温度；电动机的空载反电势、空载电流和损耗应在某一数据范围内，该数据范围应能保证电动机性能符合 6.10~6.13 的规定。

6.7 电动机在变频器供电、铭牌规定的基准频率和最低及最高频率下，电动机的振动应满足：

- a) 电动机在空载时测得的振动强度不应超过表 6 的规定。在测量振动速度有效值时，数值修约间隔为 0.1，在测量位移的有效值时，数值修约间隔为 1；
- b) 电动机在出厂检验时，只测量振动速度。在型式检验时，所有振动量值均应测量。当出厂检验是在自由悬置安装条件下做的，型式检验则应包括在刚性安装条件下的试验。

表6 振动强度限值（有效值）

安装方式	位移 μm	速度 mm/s
自由悬置	45	2.8
刚性安装	37	2.3

6.8 电动机在变频器供电条件下，在铭牌规定的工作频率范围内，电动机噪声限值按如下规定：

- a) 电动机在空载时测得的 A 计权声功率级的噪声数值应符合表 7 规定的数值；
- b) 噪声数值的容差为+3 dB (A)，修约间隔为 1。

表7 空载最大 A 计权声功率级  $L_{WA}$  (dB)

单位为分贝

功率 kW	声功率级 (IC410)
5.5~11	60
18.5~30	65
37~75	70
90~160	73
200	75

6.9 当出线端标志的字母顺序与三相电源的电压相序相同时，从轴入端视之，电动机应按 GB/T 1971 的规定为顺时针方向旋转。

6.10 电动机的效率应按如下要求：

- a) 当功率、电压及频率为额定值时，电动机额定效率的保证值符合表 8、表 9 的规定；
- b) 在计算中，效率值取四位有效位数。

表8 游梁式抽油机用电动机额定效率保证值

机座号	同步转速 r/min											
	190		210		230		240		300		550	
	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %
245	-	-	-	-	-	-	5.5	94.3	7.5	94.5	-	-
	-	-	-	-	-	-	7.5	94.6	11	95.0	-	-
	-	-	-	-	-	-	11	95.1	18.5	95.5	-	-
305	-	-	22	94.9	-	-	-	-	-	-	75	95.8
	-	-	30	95.8	-	-	37	95.4	-	-	90	95.8
	-	-	37	95.3	-	-	45	95.6	-	-	110	95.9
405	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	45	95.5	55	95.8	-	-
	-	-	-	-	-	-	55	95.7	75	95.9	-	-
550	75	95.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	90	95.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	110	95.8	-	-	-	-	-	-
660	110	95.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	132	95.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	160	95.9	-	-	-	-	-	-	-	-

表9 无游梁式抽油机用电动机额定效率保证值

机座号	同步转速 r/min													
	190		210		240		300		550		1000		1500	
	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %	额定功率 kW	额定效率 %
250	-	-	-	-	5.5	94.3	-	-	-	-	-	-	45	95.5
	-	-	-	-	7.5	94.6	-	-	-	-	37	95.4	55	95.7
	-	-	-	-	11	95.1	-	-	-	-	45	95.5	75	95.9
280	22	94.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	95.7	-	-	-	-	45	95.5	-	-	132	95.8	160	95.9
	37	95.3	-	-	-	-	-	-	-	-	160	95.9	200	96.2
315	-	-	22	94.9	11	-	45	95.5	110	95.8	132	95.8	-	-
	-	-	30	95.8	18	-	55	95.7	132	95.8	160	95.9	-	-
	-	-	37	95.4	22	-	75	95.9	160	95.9	200	96.2	-	-
355	-	-	-	-	-	-	110	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	45	95.5	-	-	132	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	160	-	-	-	-	-	-	-

6.11 电动机在额定功率，额定转速下，功率因数的保证值为 0.93，功率因数数值取三位有效位数。

6.12 电动机在额定电源电压和额定转速下，短时过转矩倍数保证值为 1.6 倍。

6.13 电动机电气性能保证值的容差应符合表 10 的规定。

表10 电气性能保证值的容差

序号	电气性能名称	容 差
1	额定效率 $\eta_n$ 额定功率在 150 kW 及以下 额定功率在 150 kW 以上	- 0.15 ( $1-\eta_n$ ) - 0.10 ( $1-\eta_n$ )
2	功率因数 $\cos \phi$	-0.02
3	失步转矩	保证值的-10%

#### 6.14 电动机定子绕组绝缘、温升、轴承温度和表面最高温度应符合如下规定：

- a) 电动机定子绕组应采用能承受高频电脉冲的 155 (F) 级绝缘，当使用环境条件符合本文件 5.1 条规定时，电动机在运行状态下定子绕组的温升（电阻法）不应超过 80 K，温升数值的修约间隔为 1；也可按用户协议采用能承受高频电脉冲的 180 (H) 级绝缘，电动机在额定状态运行状态下电动机定子绕组的温升（电阻法）不应超过 105 K，温升数值修约间隔为 1；轴承的允许温度（温度计法）不应超过 95 ℃；电动机外壳最高表面温度（温度计法）不应超过 130 ℃；
- b) 用电阻法测量绕组温度时，应在温升试验结束时，尽快使电动机停转。电动机断电后能在表 11 给出的时间内测得电阻第一点读数，则以此读数计算得到的温升不需外推至断电瞬间；如在表 11 规定时间范围内读不出电阻的第一点读数，则应符合 GB/T 755—2019 的规定。

表11 断电后时间间隔

额定功率 (PN) kW	切断电源的后时间间隔 s
5.5 < PN ≤ 15	10
15 < PN ≤ 30	20
30 < PN ≤ 75	30
75 < PN ≤ 150	60
150 < PN ≤ 250	90
250 < PN ≤ 500	120

6.15 电动机的安全性能应符合 GB/T 14711 的要求。

6.16 电动机的定子绕组在按 GB/T 12665—2017 所规定的 40 ℃ 交变湿热试验方法进行 6 周期试验后，绝缘电阻不应低于 5.14 的规定值，并应能承受 5.16 所规定的耐电压试验而不发生击穿，但电压的有效值为 5.16 所规定电压值的 85%。

6.17 电动机及驱控器的外壳防护等级按 GB/T 4942—2021、GB/T 4208—2017 的规定为 IP55 或 IP56。

6.18 制造厂与用户协议有规定时，应提供恒转矩试验记录。

6.19 驱控器的制造应符合 GB/T 7251.8—2020 的要求。

## 7 试验方法

7.1 电动机的外观、装配质量外表面油漆和各类标志的检查，用目测方法进行；转轴、轴承运转检查，采用手动转动；尺寸检查按 GB/T 4772.2—1999 的规定进行。结果符合 6.1 的规定。

7.2 电动机定子绕组对机座及绕组相互间绝缘电阻的测定应按 GB/T 22669—2008 的中 5.1 的规定进行，结果符合 6.2 的规定。

7.3 定子绕组在实际冷状态下直流电阻的测定应按 GB/T 22669—2008 的中 5.2 的规定进行，结果符合 6.3 的规定。

7.4 工频耐电压试验、空载电流的测定应按 GB/T 22669—2008 的规定进行，结果符合 6.4 的规定。

7.5 匝间绝缘冲击耐电压试验应按 GB/T 22719.1—2008 和 GB/T 22714—2008 的规定进行，结果符合 6.5 的规定。

7.6 电动机空载电流和损耗的测定应在热试验之后，应按 GB/T 22669—2008 的 6.1 规定进行。在变频器供电、空载状态下，调节电动机的转速按最低转速～额定转速（转速间隔不大于 25% 额定转速）运行，并测量电动机的定子线电压、定子线电流、输入功率、功率因数、定子绕组温度、环境温度，并计算损耗，结果符合 6.6 的规定。

7.7 电动机空载反电势的测定应按 GB/T 22669—2008 中 6.3 的规定进行，结果符合 6.6 的规定。

7.8 电动机固定座振动的测定应按 GB/T 10068—2020 的规定进行，结果符合 6.7 的规定。

7.9 电动机空载运转时，噪声应按 GB/T 3767—2016 规定的准工程法测量，测量表面为矩形六面体，测量距离 d 为 1 m，结果符合 6.8 的规定。

7.10 在保证出线端标志的字母顺序与三相电源的电压相序相同的前提下，用目测方法观察运行过程中旋转方向，结果符合 6.9 的规定。

7.11 电动机确定效率的试验方法如下：

- a) 电动机效率应按 GB/T 22670—2018 中 10.4 “方法 2-3-C: 输入-输出法” 确定, 电动机采用变频器供电, 定子绕组  $I^2R$  损耗应修正到 25℃ 标准基准冷却介质温度下, 变频器电源、测量仪器和测量要求应按 GB/T 22670—2018 的规定;
- b) 变频器的开关频率不应高于 5 kHz;
- c) 转矩测量仪和被试电动机有联轴器或轴承时, 应按 GB/T 22669—2008 附录 A 的方法进行转矩修正;
- d) 冷却设备消耗的功率不计入电动机损耗;
- e) 在计算中, 效率值取四位有效位数。

结果符合 6.10、6.13 的规定。

7.12 功率因数的测定应按 GB/T 22670—2008 的规定进行。结果符合 6.11、6.13 的规定。

7.13 电动机短时过转矩的测定应按如下方法: 在变频器供电、额定转速下, 从零开始逐渐增加电动机负载转矩至短时过转矩保证值 (计及容差), 在转矩增加过程中及达到短时过转矩保证值 (计及容差) 后持续 15 s 而不发生转速突变、停转或有害变形。结果符合 6.12、6.13 的规定。

7.14 电动机的热试验应按如下方法进行: 在变频器供电、额定功率和额定转速下进行。先启动冷却设备, 再由变频器驱动电动机到额定功率和额定转速稳定运行, 待其温度稳定后, 立即停机 (冷却设备应同时停机), 测取并记录定子绕组电阻和轴承温度。其他要求应按 GB/T 22669—2008 的规定。结果符合 6.14 的规定。

7.15 电动机的安全性能应按 GB/T 14711 的规定进行。结果符合 6.15 的规定。

7.16 40℃ 交变湿热试验应按 GB/T 12665—2017 的规定进行。结果符合 6.16 的规定。

7.17 外壳防护等级试验应按 GB/T 4942—2021 的规定进行。结果符合 6.17 的规定。

7.18 恒转矩试验: 调整变频器输出频率, 保证输出转矩为额定转矩 (允许误差为-3~8%额定转矩), 按最低转速~100%额定转速 (转速间隔不大于 25%额定转速) 运行, 并测量不同工作点下电机的定子线电压、定子线电流、输入功率、输出功率、定子温度、环境温度, 并计算效率和功率因数, 结果符合 6.18 的规定。

7.19 驱控器的试验按 GB/T 7251.8—2020 的规定进行, 结果符合 6.19 的规定。

## 8 检验规则

8.1 电动机与驱控器检验分为出厂检验和型式检验, 检验项目按表 12 执行。

表12 检验项目

序号	检验项目	要求章节	试验方法	出厂检验	型式检验
1	机械检查	7.1	8.1	●	●
2	定子绕组对机座及绕组相互间绝缘电阻的测定 <sup>a</sup>	7.2	8.2	●	●
3	定子绕组在实际冷状态下直流电阻的测定	7.3	8.3	●	●
4	工频耐电压试验	7.4	8.4	●	●
5	匝间绝缘冲击耐电压试验	7.5	8.5	●	●
6	空载电流和损耗的测定 <sup>b</sup>	7.6	8.6	●	●
7	空载反电动势的测定	7.6	8.7	●	●
8	振动的测定 <sup>c</sup>	7.7	8.8	●	●
9	噪声的测定 <sup>c</sup>	7.8	8.9	●	●
10	旋转方向	7.9	8.10	●	●
11	效率的测定	7.10、7.13	8.11	—	●
12	功率因数的测定	7.11、7.13	8.12	—	●
13	短时过转矩保证值的测定	7.12、7.13	8.13	—	●
14	热试验	7.14	8.14	—	●
15	电动机的安全性能 <sup>d</sup>	7.15	8.15	—	●
16	40℃交变湿热试验 <sup>d</sup>	7.16	8.16	—	●
17	外壳防护等级的试验 <sup>d</sup>	7.17	8.17	—	●
18	恒转矩试验	7.18	8.18	—	●

表12 检验项目 (续)

序号	检验项目	要求章节	试验方法	出厂检验	型式检验
19	驱控器试验	7.19	8.19	—	●
“●”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 出厂检验时可测量冷态绝缘电阻，但应保证热状态的绝缘电阻不低于 5.14 的规定。					
<sup>b</sup> 在型式检验时需量取空载特性曲线。					
<sup>c</sup> 可以进行抽查试验，抽查办法由制造厂制定。					
<sup>d</sup> 可在产品结构定型或当结构和工艺有较大变动时进行。					

8.2 每台设备应经过出厂检验。检验合格后才能出厂，并应附有“产品合格证”。

8.3 凡遇下列情况之一者，应进行型式检验：

- 经鉴定定型后制造厂第一次试制或小批试生产时；
- 当设计或工艺上的变更足以引起某些特性和参数发生变化时；
- 当出厂检验结果和以前进行的型式检验结果发生不可容许的偏差时；
- 成批生产的电动机定期的抽查，每年抽试一次。

## 9 标志、包装及保用期

### 9.1 标志

9.1.1 铭牌材料及铭牌上的数据刻划方法，应保证其字迹在设备整个使用时期内不易磨灭。

9.1.2 驱控器铭牌固定在箱体表面正面的左上角或右上角，应标明的项目如下：

- 生产厂家；
- 驱控器名称；
- 驱控器型号；
- 防护等级；
- 额定功率，单位为千瓦 (kW)；
- 额定电压，单位为伏特 (V)；
- 额定电流，单位为安培 (A)；
- 额定频率，单位为赫兹 (Hz)；
- 电机控制方式；
- 工作环境温度；
- 工作环境湿度；
- 出厂年月和编号；
- 质量，单位为千克 (kg)。

9.1.3 电动机铭牌应固定在电动机机座的上半部，应标明的项目如下：

- 制造厂名；
- 电动机名称；
- 电动机型号；
- 外壳防护等级（可另做铭牌）；
- 额定功率，单位为千瓦 (kW)；
- 额定电压，单位为伏特 (V)；
- 空载反电势，单位为伏特 (V)；
- 额定电流，单位为安培 (A)；
- 额定频率，单位为赫兹 (Hz)；
- 额定转矩，单位为牛米 (N·m)；
- 效率，单位为百分数；
- 功率因数；
- 标准编号；
- 热分级；

- o) 接线方法（ $\Delta$ 或Y）；
  - p) 制造厂出品年月和出品编号；
  - q) 质量，单位为千克（kg）。
- 9.1.4 电动机定子绕组各出线端及在接线板的接线位置上均应有相应的标志，其标志按表 13 的规定。

表13 出线端标志

定子绕组名称	3 出线端标志	6 出线端标志	
		始端	末端
第一相	U	U1	U2
第二相	V	V1	V2
第三相	W	W1	W2

## 9.2 包装

- 9.2.1 驱动系统的使用说明书、电气数据、外形图及产品合格证书应随同每台电动机供给用户。
- 9.2.2 电动机及驱控器包装应能保证其在正常的储运条件下，自发货之日起的一年时间内不致因包装不善而导致受潮与损坏。
- 9.2.3 包装箱外壁的文字和标志应清楚整齐，内容如下：
- a) 发货站与制造厂名称；
  - b) 收货站及收货单位名称；
  - c) 电动机或驱控器的型号和出品编号；
  - d) 电动机或驱控器的净重及连同箱子的毛重；
  - e) 箱子的尺寸；
  - f) 在箱外的适当位置应标有“向上”“怕雨”等字样，其图形应符合 GB/T 191—2008 的规定。

## 9.3 保用期

在用户按照使用说明书的规定，正确地使用与存放驱动系统的情况下，制造厂应保证驱动系统在开始使用一年内，或自制造厂的出品日期起不超过两年的时间能良好地运行。如在此规定时间内电动机及驱控器因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时，制造厂应无偿地为用户修理或更换零件。