



中华人民共和国国家标准

— GB/T 16750—2008
代替 GB/T 16750.1~16750.3—1997, GB/T 14816—1993

潜 油 电 泵 机 组

Electrical submersible pump units

2008-08-28 发布

2009-03-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 型式与型号	2
4.1 潜油电泵机组	2
4.1.1 型式	2
4.1.2 型号表示方法	4
4.1.3 适用井温	4
4.1.4 潜油电泵系列	4
4.2 电机	4
4.2.1 型式	4
4.2.2 型号表示方法	5
4.3 保护器	5
4.3.1 型式	5
4.3.2 型号表示方法	5
4.4 吸入及处理装置	5
4.4.1 型式	5
4.4.2 型号表示方法	6
4.5 泵	6
4.5.1 型号表示方法	6
4.5.2 泵排出口接头选用	6
4.6 电缆	6
4.6.1 形状特征代号	6
4.6.2 绝缘材料代号	6
4.6.3 护套(包括内护套)材料代号	6
4.6.4 铠装护层代号	7
4.6.5 型号表示方法	7
4.7 变压器	7
4.7.1 型式	7
4.7.2 型号表示方法	7
4.7.3 电压	7
4.7.4 附加绕组	7
4.8 控制柜	8
4.8.1 型式	8
4.8.2 型号表示方法	8
4.9 接线盒	8
4.9.1 型式	8

4.9.2 型号表示方法	8
5 要求	8
5.1 潜油电泵机组要求	8
5.1.1 井下工作条件	8
5.1.2 地面环境条件	9
5.2 部件要求	9
5.2.1 电机	9
5.2.2 保护器	11
5.2.3 吸入及处理装置	11
5.2.4 泵	11
5.2.5 电缆	13
5.2.6 变压器	19
5.2.7 控制柜	20
5.2.8 接线盒	21
5.3 振动测试	21
6 试验方法和检验规则	21
6.1 试验方法	21
6.1.1 仪器、仪表的选择要求	21
6.1.2 电机	21
6.1.3 保护器	31
6.1.4 潜油电泵机组	31
6.1.5 电缆	37
6.1.6 电缆头	44
6.1.7 变压器	45
6.1.8 定频控制柜	50
6.1.9 变频控制柜	52
6.1.10 接线盒	52
6.2 检验规则	52
6.3 出厂检验	52
6.3.1 电机	52
6.3.2 保护器	53
6.3.3 吸入及处理装置	53
6.3.4 泵	53
6.3.5 电缆	53
6.3.6 变压器	53
6.3.7 控制柜	53
6.3.8 接线盒	53
6.4 型式检验前提	53
6.5 型式检验项目	54
6.5.1 电机	54
6.5.2 保护器	54
6.5.3 吸入及处理装置	54
6.5.4 泵	54

6.5.5 电缆	54
6.5.6 变压器	54
6.5.7 控制柜	54
6.5.8 抽样	54
7 标识、防护、运输和储存	54
7.1 标识	54
7.1.1 电机铭牌	54
7.1.2 保护器铭牌	55
7.1.3 吸入及处理装置铭牌	55
7.1.4 泵铭牌	55
7.1.5 电缆铭牌	55
7.1.6 变压器铭牌	55
7.1.7 控制柜铭牌	56
7.2 防护	56
7.3 运输	56
7.4 储存	56
附录 A (资料性附录) 常规潜油电泵机组最大轴向投影尺寸计算	57
附录 B (资料性附录) 常用电缆最低绝缘电阻	58

前 言

本标准代替 GB/T 16750.1—1997《潜油电泵机组 型式、基本参数和连接尺寸》、GB/T 16750.2—1997《潜油电泵机组 技术条件》、GB/T 16750.3—1997《潜油电泵机组 试验方法》和 GB/T 14816—1993《井用潜油三相异步电动机通用技术条件》。

本标准与 GB/T 16750.1~16750.3—1997 和 GB/T 14816—1993 相比主要有以下改变：

- a) 对 GB/T 16750.1—1997
 - 将“油气分离器”更名为“吸入及处理装置”，分为“吸入口”、“分离器”和“气体处理器”三种形式，并分别进行了要求；
 - 删除了泵、吸入及处理装置、保护器、电机上下接头连接尺寸的要求；
 - 删除了泵筒内径尺寸与导壳外径尺寸的要求；
 - 修订了泵、吸入及处理装置、保护器、电机、电缆、变压器、控制柜的型号表示方法；
 - 修订了潜油电泵机组适用井温的划分，删除了“50℃(D)”，增加了 180℃(G)；
 - 修订了机组及各部件某些基本参数。
- b) 对 GB/T 16750.2—1997
 - 修订了“井下工作条件”中的“环境因素”及相应指标，删除了“含水量”，将“井斜度”改为“全角变化率”，同时增加了“腐蚀性气体”和“垢”两项；
 - 删除了“潜油电泵运行指标”；
 - 修订了电机相间及对地绝缘电阻值，由 500 MΩ 调整为 1 000 MΩ；
 - 修订了电机绝缘等级和最高工作温度规定；
 - 对不同规格型号的保护器的机械损耗进行了分别规定；
 - 修订了泵的排量允差、泵效允差和扬程允差，增加了轴功率允差要求；
 - 原标准中试验精度等级为 B 级和 C 级，对应本标准为 1 级和 2 级；
 - 将“控制柜”分为“定频控制柜”和“变频控制柜”，并增加了“变频控制柜”技术要求；
 - 删除了附录 A“泵的性能因粘度变化的校正系数”；
 - 修订了潜油电缆标准绝缘电阻的计算方法。
- c) 对 GB/T 16750.3—1997
 - 修订了潜油泵检验结果两种判定方法；
 - 修订了定频控制柜模拟运行的试验方法、三相电流显示误差的计算方法。
- d) 对 GB/T 14816—1993
 - 修订了电机型号表示方法；
 - 删除了电机的连接尺寸；
 - 删除了电机“井下工作环境条件”，将其有关内容列入了潜油电泵机组“井下工作条件”中；
 - 修订了电机相间及对地绝缘电阻值，由 500 MΩ 调整为 1 000 MΩ；
 - 修订了电机性能参数；
 - 修订了电机绝缘等级和最高工作温度规定；
 - 删除了附录 A“密封保护器基本技术要求”，将其有关内容列入了相应的条款中；
 - 删除了附录 B“潜油电机绝缘结构耐油水试验方法”。
- e) 增加了术语和定义；
- f) 增加了泵、吸入及处理装置、保护器、电机特征代号；

- g) 增加了 143 系列电机、185/188 系列电机、172 系列泵的技术要求；
- h) 增加了电机绕组绝缘电阻温度校正系数要求；
- i) 增加了电缆最低绝缘电阻值计算和绝缘材料的电阻常数表；
- j) 增加了电缆直流耐压测试值的规定；
- k) 增加了电缆头直流耐压测试值的规定；
- l) 增加了 20℃ 时电缆导体直流电阻标准值规定；
- m) 增加了电缆设计时所选材料的温度额定值规定；
- n) 增加了电缆氯磺化聚乙烯护套和铅护套的技术要求；
- o) 增加了聚酰亚胺-F46 复合薄膜的技术要求；
- p) 增加了聚全氟乙丙烯的技术要求；
- q) 增加了潜油电机、电机保护器、吸入及处理装置、潜油泵、电缆、控制柜和变压器的运输要求；
- r) 增加了“潜油电泵专用接线盒”的型号、基本参数、技术要求和试验方法；
- s) 增加了潜油变频控制柜的试验方法；
- t) 增加了资料性附录“常用电缆最低绝缘电阻”(见附录 B)。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：大庆油田力神泵业有限公司、胜利油田胜利泵业有限责任公司、国家电动潜油泵质量监督检验中心、大港油田中成机械制造有限公司。

本标准主要起草人：邵永实、周茂群、刘合、刘军、邓辉、王维、刘宇蕾、刘伟、张洪成、王兆兰、杜香芝、史忠武、付明森、郑贵、殷红雯、姜海峰、陈红、徐福军、孟宪军、汪卫军、王雷。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 16750.1—1997；
- GB/T 16750.2—1997；
- GB/T 16750.3—1997；
- GB/T 14816—1993。

潜 油 电 泵 机 组

1 范围

本标准规定了潜油电泵机组的型式、基本参数、技术要求、装配要求、试验方法及标志、包装、运输和储存。潜油电泵机组包括潜油电机(简称电机)、电机保护器(简称保护器)、吸入及处理装置、潜油泵(简称泵)、潜油电缆(简称电缆)、潜油电泵专用控制柜(简称控制柜)、潜油电泵专用变压器(简称变压器)和潜油电泵专用接线盒(简称接线盒)。

本标准适用于潜油电泵机组的设计、制造、试验和验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2008,ISO 780:1997,MOD)

GB 1094.1 电力变压器 第1部分 总则

GB 1094.2 电力变压器 第2部分 温升

GB 1094.3 电力变压器 第3部分 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB 1094.5 电力变压器 第5部分 承受短路的能力

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.15 电工术语 变压器、互感器、调压器、电抗器

GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机

GB/T 3797—2005 电气控制设备

GB 3836.1 爆炸性气体环境用电气设备 第1部分:通用要求(GB 3836.1—2000,eqv IEC 60079-0:1998)

GB 3836.3 爆炸性气体环境用电气设备 第3部分:增安型“e”(GB 3836.3—2000,eqv IEC 60079-7:1990)

GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求

GB/T 8423 石油钻采设备及专用管材词汇

GB/T 12668.1 调速电气传动系统 第1部分:一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定(GB/T 12668.1—2002,IEC 61800-1:1997,IDT)

GB/T 12668.2 调速电气传动系统 第2部分:一般要求 低压交流变频电气传动系统额定值的规定(GB/T 12668.2—2002,IEC 61800-2:1998,IDT)

GB 12668.3 调速电气传动系统 第3部分:产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法(GB 12668.3—2003,IEC 61800-3:1996,IDT)

GB/T 12668.4 调速电气传动系统 第4部分:一般要求 交流电压1 000 V以上但不超过35 kV的交流调速电气传动系统额定值的规定(GB/T 12668.4—2006,IEC 61800-4:2002,IDT)

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 17389 潜油电泵电缆系统的应用

GB/T 16750—2008

GB/T 18050 潜油电泵电缆试验方法

GB/T 18051—2000 潜油电泵振动试验方法

SY/T 5313 钻井工程术语

SY/T 6598 潜油电泵保护器的使用与检验推荐作法

SY/T 6599—2004 潜油电泵离心泵试验推荐作法

JB/T 5331 聚酰亚胺/氟 46 绕包铜圆线

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.15、GB/T 2900.25、GB/T 8423、GB/T 17389、GB/T 18050、SY/T 5313、SY/T 6598 和 SY/T 6599 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

保护器动态试验 **operating test of the protect**

保护器注油后,在规定的工频转速下,空载机械损耗测试。

3.2

保护器机械损耗 **mechanical loss of the protect**

保护器工作运行时,其内部的止推轴承、机械密封等部件的机械摩擦损失总和。

3.3

吸入口 **intake**

将井下液体与泵内腔连通的一种装置。

3.4

气体处理器 **assistant handling device**

潜油电泵在含气井使用的井下设备。它可将井液中的所含气体的状态进行改变。

3.5

轴头尺寸 **joint size**

潜油电泵的井下各部件联接所需要的轴端与接头法兰面的尺寸。

3.6

盘轴扭矩 **running testing torque**

将潜油电泵的井下部件组装后水平放置,用专用扭矩扳手测量的扭矩值。

3.7

转子滑行时间 **sliding time of the motor rotors**

潜油电机在进行空载试验后,从断电开始至电机转轴完全停止的时间。

3.8

机组最大轴向投影尺寸 **the maximum O. D. of the total unit**

潜油电泵机组正确安装的最大直径,包括井下机组、电缆、电缆护罩等。

4 型式与型号

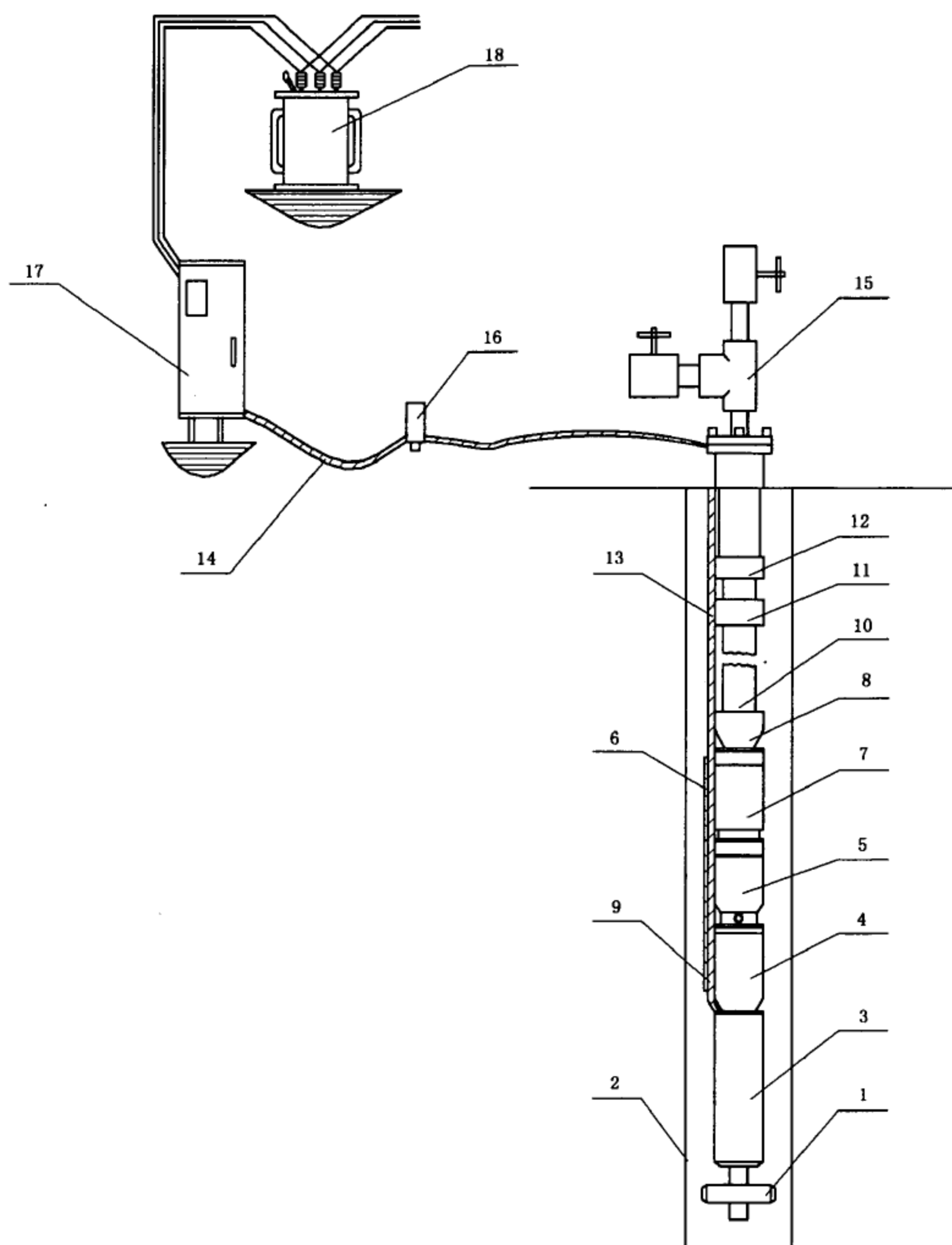
4.1 潜油电泵机组

4.1.1 型式

驱动方式:电机驱动。

工作方式:连续工作制。

潜油电泵机组常规安装示意图如图 1 所示。

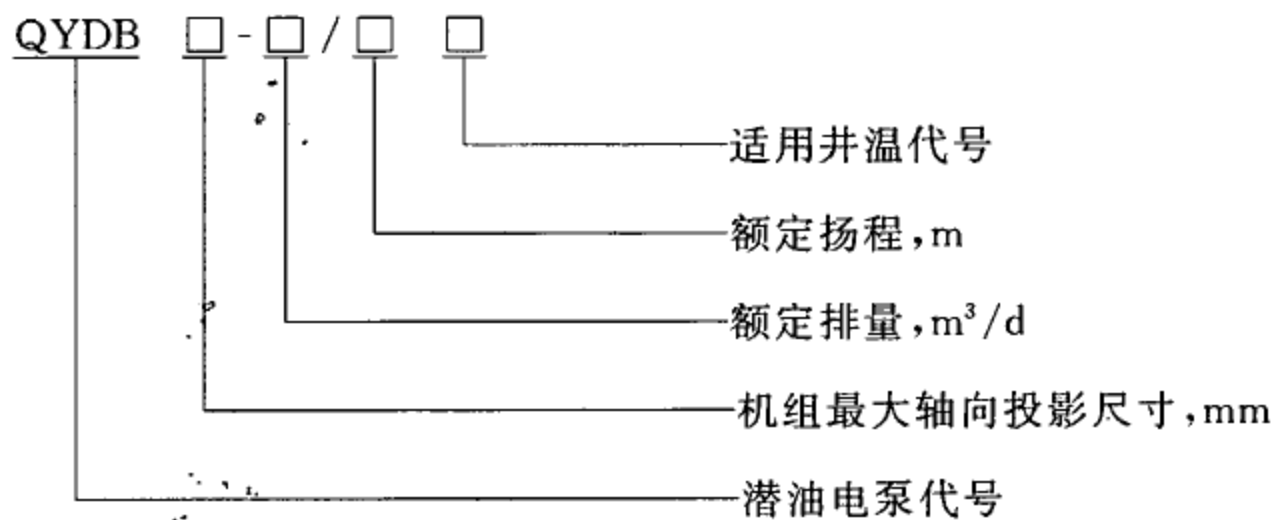


- 1——扶正器；
- 2——套管；
- 3——电机；
- 4——保护器；
- 5——吸入及处理装置；
- 6——电缆护罩；
- 7——泵；
- 8——泵出口接头；
- 9——引接电缆；

- 10——油管；
- 11——单流阀；
- 12——泄油阀；
- 13——电力电缆；
- 14——地面电缆；
- 15——井口装置；
- 16——接线盒；
- 17——控制柜；
- 18——变压器。

图 1 潜油电泵机组安装示意图

4.1.2 型号表示方法



注：潜油电泵机组最大轴向投影尺寸的计算方法见附录 A。

示例：额定排量 200 m³/d, 额定扬程 1 500 m, 适用井温 120 ℃, 最大轴向投影尺寸为 152 mm 的潜油电泵表示为：QYDB152-200/1500E。

4.1.3 适用井温

潜油电泵适用井温分为五个等级。

井温等级代号为：

- 90 ℃, 用 A 表示；
- 120 ℃, 用 E 表示；
- 150 ℃, 用 F 表示；
- 180 ℃, 用 G 表示。

4.1.4 潜油电泵系列

常规潜油电泵系列应符合表 1 规定。

表 1 常规潜油电泵系列

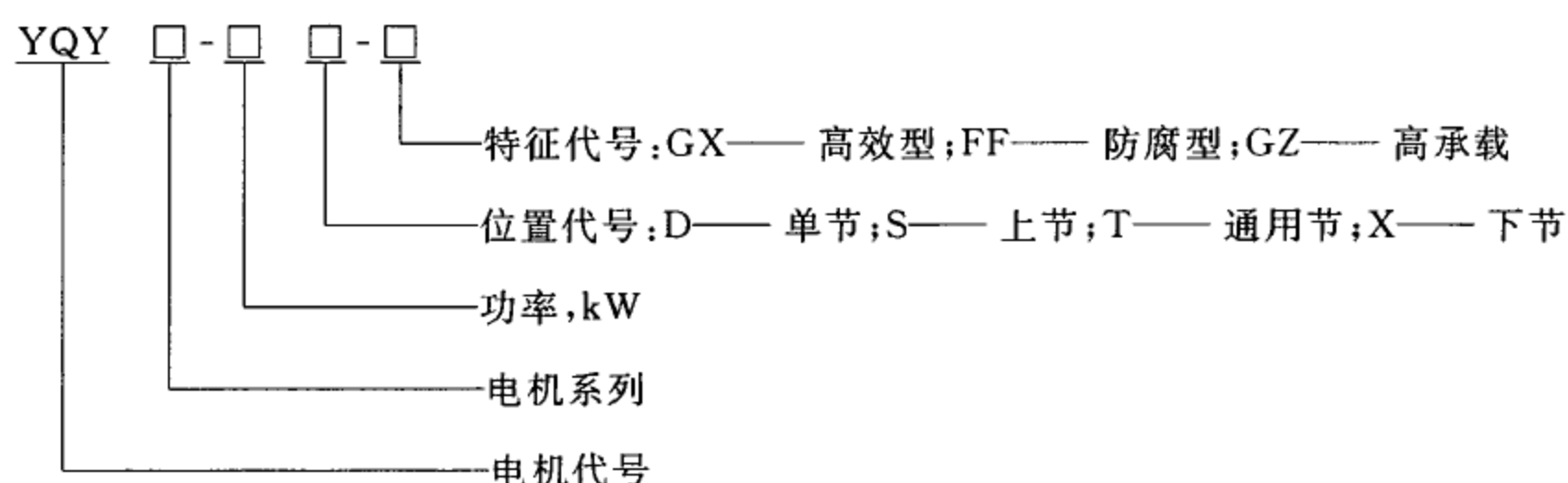
常规潜油电泵系列				适用最小套管 mm/(in-lb/ft)
电机	泵	保护器	吸入及处理装置	
95/98	86/88	86/88	86/88	φ127.00/(5-18)
107	95/98	95/98	95/98	φ139.70/(5 1/2-23)
114	98/101/102	98/101/102	98/101/102	φ139.70/(5 1/2-20)
116	98	98	98	φ139.70/(5 1/2-20)
138	130	130	130	φ168.28/(6 5/8-24)
143	130	130	130	φ177.80/(7-32)
185/188	172	172	172	φ244.48/(9 5/8-75)
注 1：表中左 4 列的数字为公称外径, 单位为毫米。				
注 2：非常规潜油电泵系列按协议配套。				

4.2 电机

4.2.1 型式

三相鼠笼式异步电动机。

4.2.2 型号表示方法



特征代号: 用字母表示, 当共存有多项特征时, 可采用相应的多项特征代号表示, 特征代号间用左斜杠隔开。

示例: 潜油电泵用功率为 45 kW 的 114 系列上节防腐型高承载电机表示为: YQY114-45S-FF/GZ。

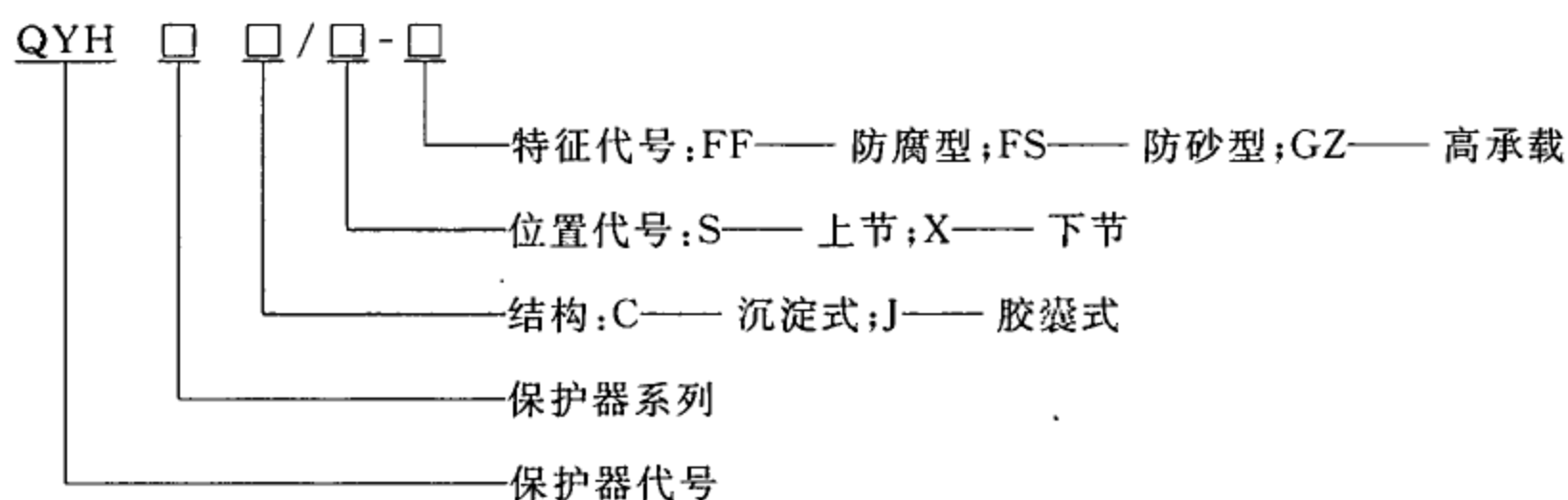
4.3 保护器

4.3.1 型式

按结构分为:

- 沉淀式(用 C 表示);
- 胶囊式(用 J 表示)。

4.3.2 型号表示方法



特征代号: 用字母表示, 当共存有多项特征时, 可采用相应的多项特征代号表示, 特征代号间用左斜杠隔开。

示例: 潜油电泵用 130 系列胶囊式防腐型高承载上节保护器表示为: QYH130J/S-FF/GZ。

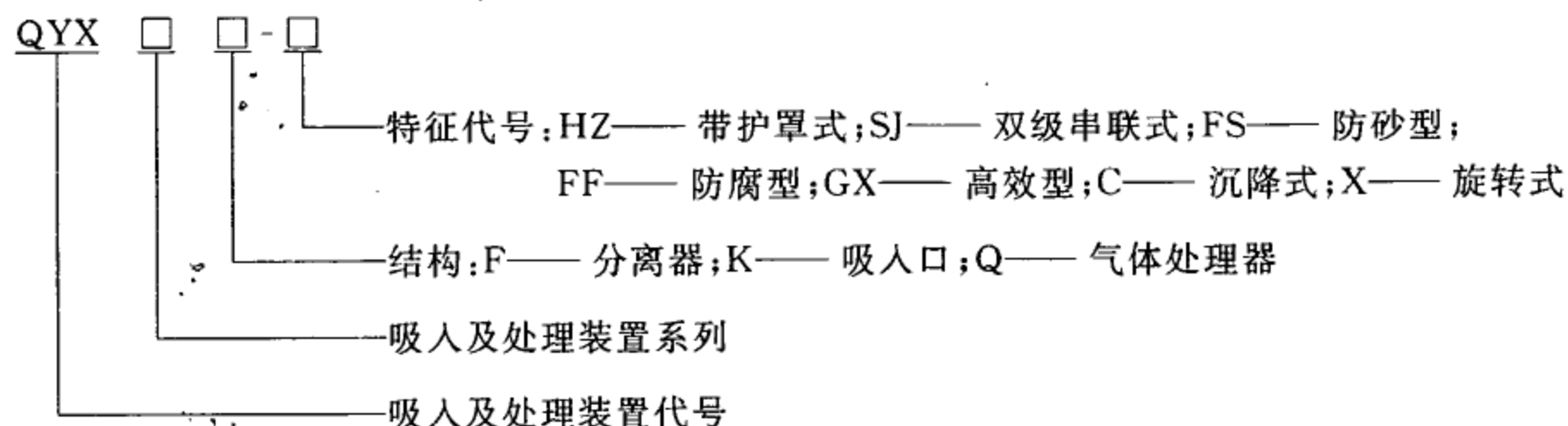
4.4 吸入及处理装置

4.4.1 型式

按结构分为:

- 分离器(用 F 表示);
- 吸入口(用 K 表示);
- 气体处理器(用 Q 表示)。

4.4.2 型号表示方法

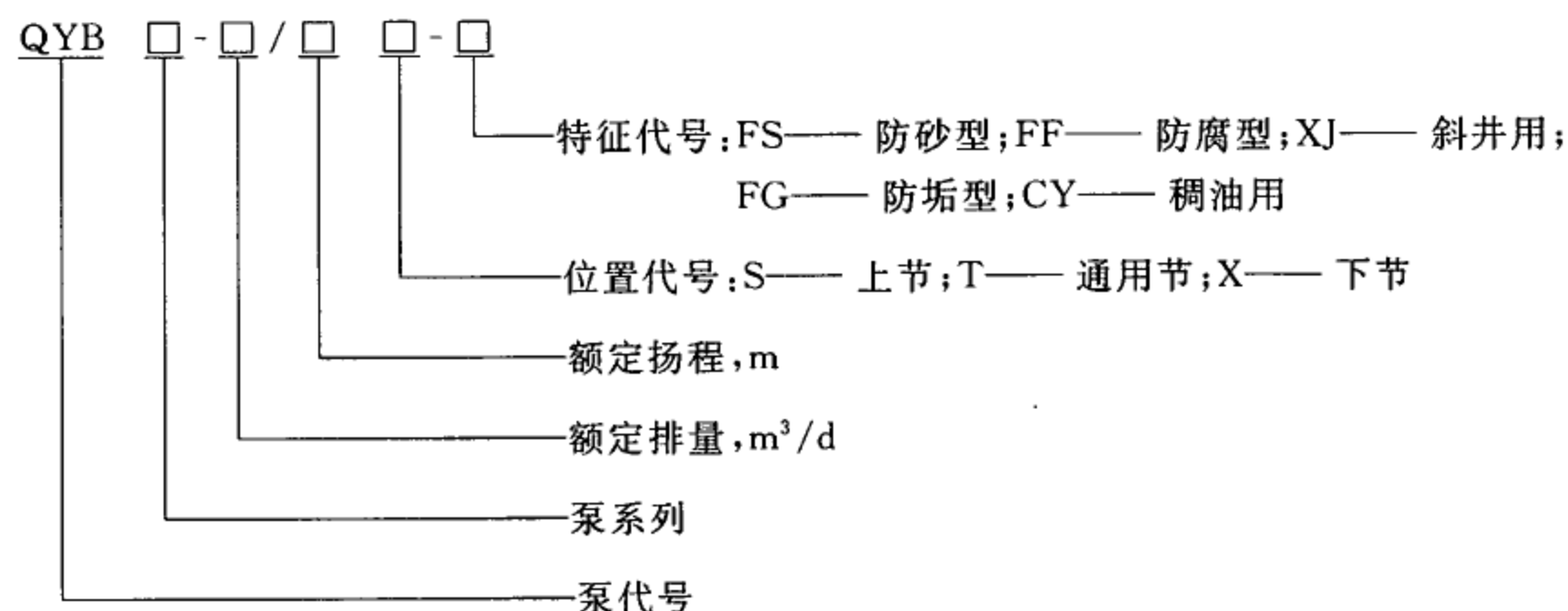


特征代号:用字母表示,当共存有多项特征时,可采用相应的多项特征代号表示;特征代号间用左斜杠隔开。

示例:潜油电泵机组用 98 系列旋转式防砂型分离器表示为:QYX98F-X/FS。

4.5 泵

4.5.1 型号表示方法



特征代号:用两位字母表示,当共存有多项特征时,可采用相应的多项特征代号表示;特征代号间用左斜杠隔开。

示例:额定排量 250 m³/d,额定扬程 1 500 m 的 98 系列防砂防腐型上节泵表示为:QYB98-250/1500S-FS/FF。

4.5.2 泵排出口接头选用

泵排出口接头根据用户要求,可选用不同油管规格尺寸内螺纹。

4.6 电缆

4.6.1 形状特征代号

- 圆形,用 Y 表示;
- 扁形,省略。

4.6.2 绝缘材料代号

- 聚丙烯(包括改性聚丙烯),用 P 表示;
- 乙丙橡胶,用 E 表示;
- 交联聚乙烯,用 YJ 表示;
- 聚酰亚胺-F46 复合薄膜/乙丙橡胶组合绝缘,用 YE 表示;
- 聚酰亚胺-F46 复合薄膜/聚全氟乙丙烯组合绝缘,用 YF 表示。

4.6.3 护套(包括内护套)材料代号

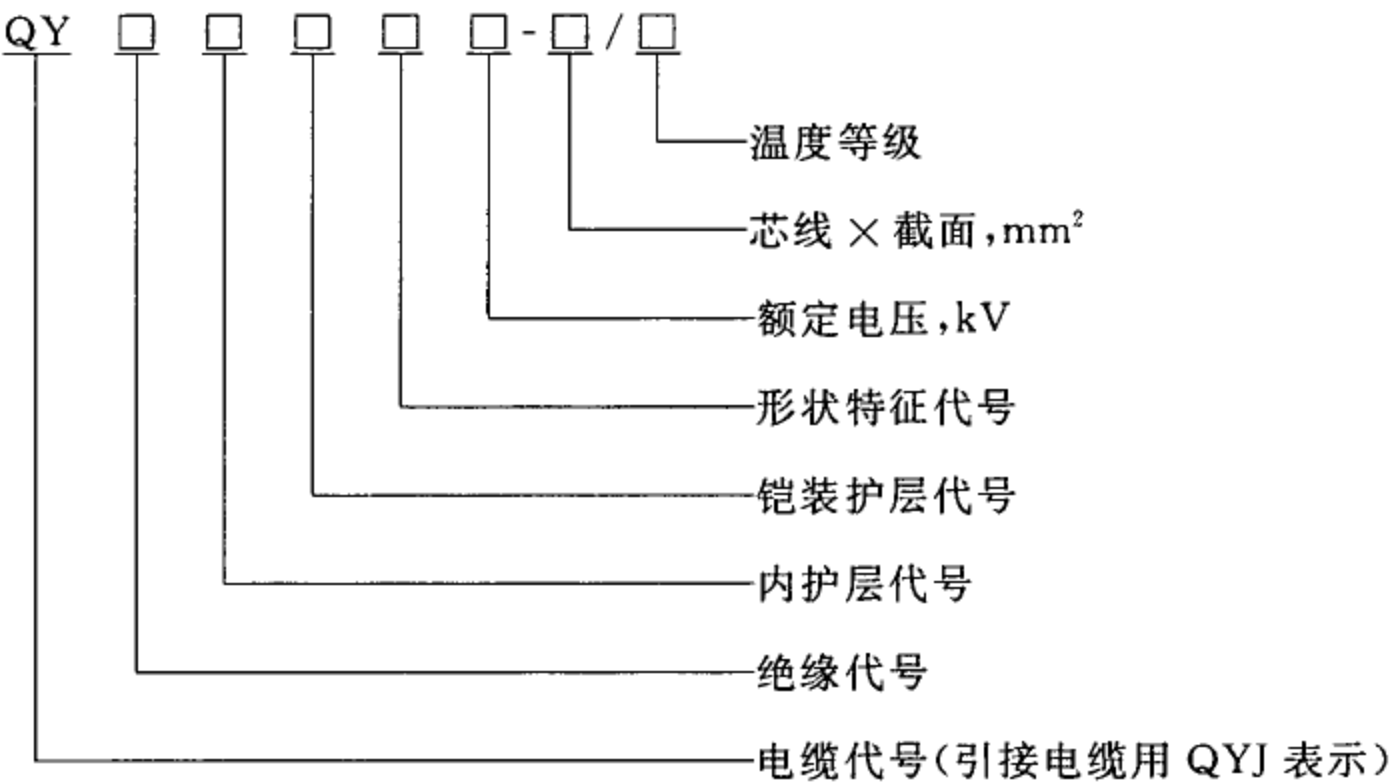
- 铅(铅合金),用 Q 表示;
- 乙丙橡胶,用 E 表示;
- 氯磺化聚乙烯,用 H 表示;

- d) 丁腈聚氯乙烯复合物,用 F 表示;
- e) 丁腈橡胶,用 N 表示。

4.6.4 铠装护层代号

- a) 蒙乃尔钢带铠装,用 M 表示;
- b) 镀锌钢带铠装,省略;
- c) 不锈钢带铠装,用 X 表示。

4.6.5 型号表示方法



温度等级:导体最高工作温度分为 90 ℃ (90), 120 ℃ (120), 150 ℃ (150), 180 ℃ (180), 204 ℃ (204)。

示例 1:额定电压 3 kV,聚丙烯绝缘,丁腈橡胶内护套,蒙乃尔钢带铠装 3×16 mm² 导体最高工作温度 90 ℃ 扁形潜油电缆,表示为:QYPNM3-3×16/90。

示例 2:额定电压 6 kV,乙丙橡胶绝缘,乙丙橡胶护套,镀锌钢带铠装 3×20 mm² 导体最高工作温度 120 ℃ 圆形潜油电缆表示为:QYEEY6-3×20/120。

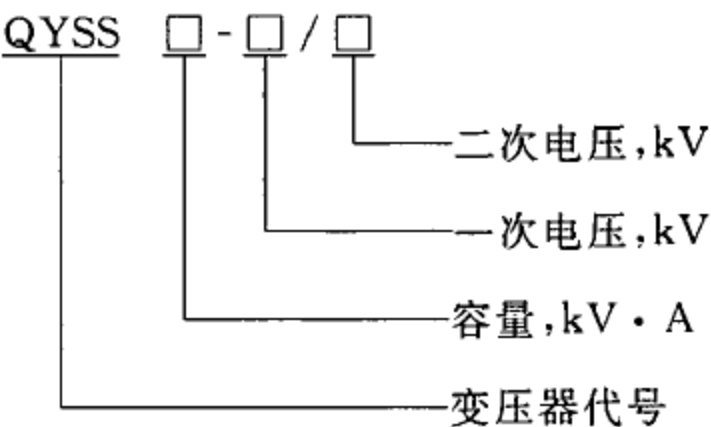
示例 3:额定电压 6 kV,聚酰亚胺-F46 复合薄膜/乙丙橡胶组合绝缘,铅内护套,蒙乃尔钢带铠装 3×10 mm² 导体最高工作温度 120 ℃ 引接电缆,表示为:QYJYEQM6-3×10/120。

4.7 变压器

4.7.1 型式

三相油浸式。

4.7.2 型号表示方法



示例:容量 100 kV · A,一次电压 6 kV,二次电压 1.5 kV 的潜油电泵用三相油浸三线圈变压器表示为:QYSS100-6/1.5。

4.7.3 电压

变压器一次电压应适合当地电网条件,二次电压应采用多档,以补偿不同泵挂下潜油电缆电压降。

4.7.4 附加绕组

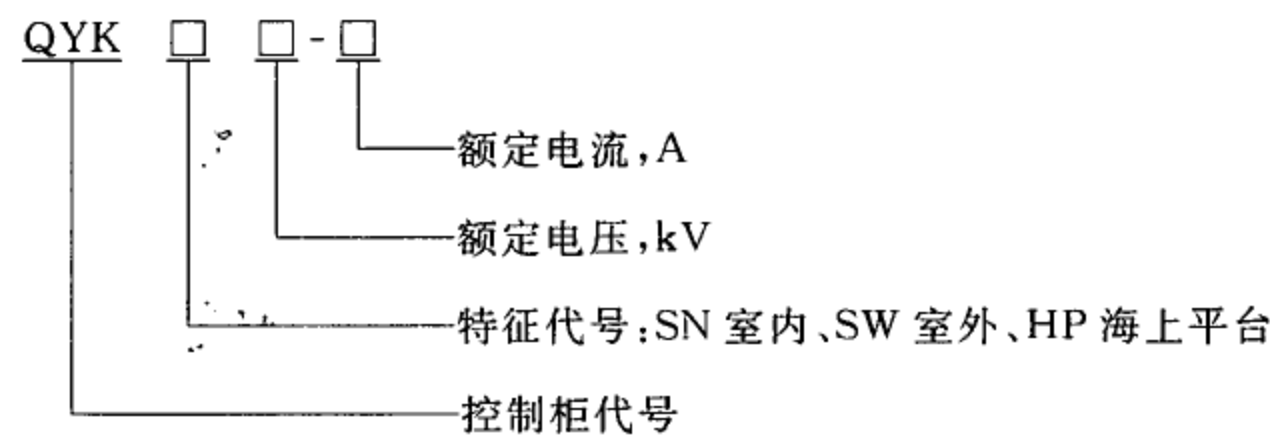
用户需要时,变压器可加附加绕组。

4.8 控制柜

4.8.1 型式

高压式。

4.8.2 型号表示方法



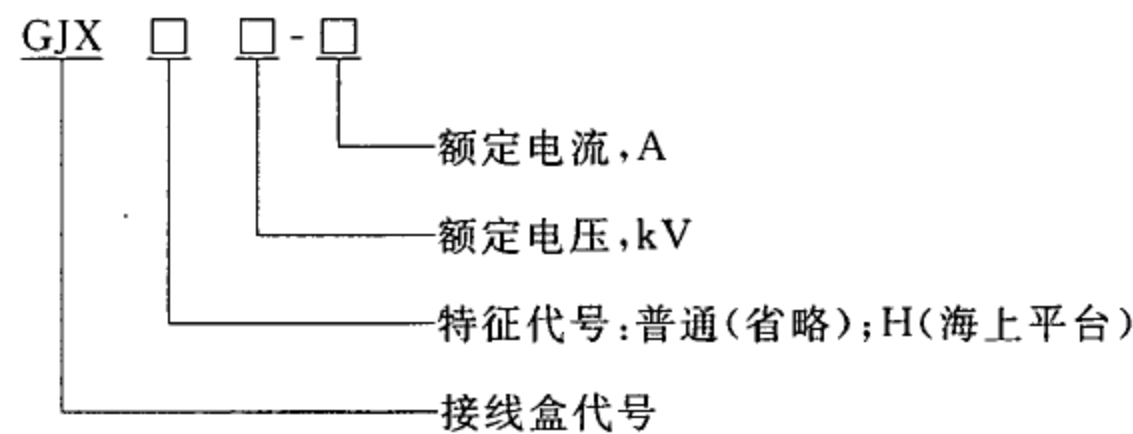
示例:额定电流 60 A,额定电压 3 kV 室内用的潜油电泵专用控制柜表示为:QYKSN 3-60。

4.9 接线盒

4.9.1 型式

室外高压式。

4.9.2 型号表示方法



示例:额定电流 60 A,额定电压 3 kV 的海上用潜油电泵用接线盒表示为:GJXH 3-60。

5 要求

5.1 潜油电泵机组要求

5.1.1 井下工作条件

井下工作条件见表 2。

表 2 井下工作条件

环境因素	单位	技术指标	备注
井下环境温度	℃	90,120,150,180	大于 180 ℃时按协议执行
泵吸入口井液黏度	mm ² /s	≤7	当井液黏度大于 7 mm ² /s 时需要校正,按协议执行
泵吸入口气液比 GLR	—	≤0.3	大于 0.3 时按协议执行
潜油电泵工作时电机外壳井液流速 v	m/s	≥0.3	小于 0.3 时按协议执行
井液中含砂量	g/m ³	≤500	大于 500 g/m ³ 时,按协议执行
全角变化率	(°/30 m)	≤3	大于 3°/30 m 时,按协议执行
腐蚀性气体		无	如有,按协议执行
垢		无	如有,按协议执行

5.1.2 地面环境条件

- a) 环境温度：-40℃~+40℃；
- b) 相对湿度：年平均不大于85%；
- c) 海拔不超过1000m；
- d) 地面环境条件特殊时，按制造厂与用户之间的协议执行。

5.2 部件要求

5.2.1 电机

- 5.2.1.1 应具有良好的密封性能，在0.35MPa气压下、保持5min试验，各密封连接部位不应渗漏。
- 5.2.1.2 25℃环境温度下相间、对地绝缘电阻均应大于1000MΩ，在其他温度下测得的绝缘电阻应按表3进行转换判定。电机热状态或温升试验后，绝缘电阻应符合此项要求。

表3 电机绕组绝缘电阻在热状态时或温升试验后的阻值

温度/℃	温度系数
100	188
90	94
80	47
70	23.5
60	11.8
50	5.6
40	2.8
30	1.4
25	1
20	0.76
10	0.395
0	0.183

注：将在一定温度下测得的绝缘电阻乘以温度系数，就得到了室温(25℃)下相应的绝缘电阻值。根据此绝缘电阻值再进行判定。

- 5.2.1.3 三相绕组直流电阻不平衡率不应大于2%。
- 5.2.1.4 电机装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置，轴头尺寸应符合图纸要求，盘轴扭矩值不应大于20N·m，且无阻滞现象。
- 5.2.1.5 电机试验后，取电机油样做交流耐压试验，10kV/2.5mm、1min不应击穿。
- 5.2.1.6 空载试验后，测定的转子滑行时间应不低于表4规定。
- 5.2.1.7 电机在额定工作状态下，其性能参数应符合表4的规定。电机允许做泵负载法测试，规定排量点的性能指标也应符合表4规定。

表4 电机性能参数及容差

项目名称	电机系列	保证值	容 差
效率/%	95/98	66	额定功率50kW以上， -0.10(1-η)； 额定功率50kW以下， -0.15(1-η)
	107	75	
	114/116	77	
	138	80	
	143	80	
	188/185	84	

表 4 (续)

项目名称	电机系列	保证值	容 差
功率因数	95/98 107 114/116 138 143 185/188	0.74 0.79 0.82 0.84 0.84 0.85	$-(1-\cos\phi)/6$ 最小: -0.02 最大: -0.07
堵转转矩倍数	95/98 107 114/116 138 143 185/188	1.8 1.8 1.8 1.6 1.6 1.6	-15%
最大转矩倍数	95/98 107 114/116 138 143 185/188	2.0 2.0 2.0 2.0 1.7 1.7	-10%
转差率/%	95/98 107 114/116 138 143 185/188	7.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0	+20%
堵转电流倍数	95/98 107 114/116 138 143 185/188	7.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0	+20%
转子滑行时间	95/98 107 114/116 138 143 185/188	≥ 1.6 ≥ 2.5 ≥ 3.0 ≥ 3.0 ≥ 3.0 ≥ 3.0	

5.2.1.8 电机温度应符合表 5 的规定。

表 5 电机温度限值

耐热等级	E	F	H
电机最高工作温度/℃	120	155	180

5.2.1.9 电机超速试验后,应无永久性变形和妨碍电机正常运行的其他缺陷。

5.2.1.10 当三相电压平衡时,电机三相空载电流中任一相与三相平均值的偏差的绝对值不应大于三相平均值的 10%。

5.2.1.11 电机运行期间电压和频率的偏差

- a) 电压与额定值的偏差不得超过 $\pm 5\%$;
- b) 频率与额定值的偏差不得超过 $\pm 1\%$;
- c) 电压、频率同时发生偏差(两者偏差分别 $\pm 5\%$ 和 $\pm 1\%$),若两者偏差均为正值,两者之和不超过 6%;两者偏差均为负值或分别为正与负值时,两者绝对值之和不得超过 5%。

5.2.1.12 当用户提出要求时,电机可安装井下压力、温度监测装置。

5.2.1.13 电机可适用变频驱动。

5.2.1.14 电机可串联使用。

5.2.1.15 单节电机长度应满足用户安装使用要求。

5.2.2 保护器

5.2.2.1 保护器装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置,轴头尺寸应符合图纸要求,盘轴扭矩值不应大于 $7.5 \text{ N} \cdot \text{m}$,且无阻滞现象。

5.2.2.2 保护器应具有良好的密封性能,在 0.35 MPa 气压下、保持 5 min 试验,接头与壳体及丝堵等连接处不应渗漏。

5.2.2.3 保护器的机械密封在静态时能承受不低于 0.035 MPa 气压试验,保持 5 min 不应渗漏。

5.2.2.4 保护器动态试验 5 min,驱动电机电流应平稳。QYH86、QYH95、QYH98、QYH101 型单节保护器机械损耗应小于 1.0 kW ;QYH130、QYH172 型单节保护器机械损耗应小于 3.0 kW 。

5.2.2.5 保护器动态试验后,止推轴承腔的电机油应做交流耐压试验, $10 \text{ kV}/2.5 \text{ mm}$ 、1 min 不应击穿。

5.2.3 吸入及处理装置

5.2.3.1 吸入口

吸入口在油井不含气体或在含气量较低的情况下使用。

5.2.3.2 分离器

5.2.3.2.1 单级旋转式分离器,在泵吸入口压力下,适应气体占三相总体积小于 30% 的混合液。

5.2.3.2.2 双级旋转式分离器,在泵吸入口压力下,适应气体占三相总体积小于 40% 的混合液。

5.2.3.2.3 分离器装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置,轴头尺寸应符合图纸要求,盘轴扭矩值不应大于 $5 \text{ N} \cdot \text{m}$,且无阻滞现象。

5.2.3.3 气体处理器

5.2.3.3.1 在不允许气液分离或用户有要求的情况下,使用气体处理器。在泵吸入口压力下,适应气体占三相总体积小于 50% 的混合液。在含气量更高时,可将分离器和气体处理器配合使用,提高气体处理能力。

5.2.3.3.2 气体处理器装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置,轴头尺寸应符合图纸要求,盘轴扭矩值不应大于 $5 \text{ N} \cdot \text{m}$,且无阻滞现象。

5.2.4 泵

5.2.4.1 泵装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置,轴头尺寸应符合图纸要求,盘轴扭矩值不应大于 $10 \text{ N} \cdot \text{m}$,且无阻滞现象。

5.2.4.2 泵出厂应进行水力性能试验,试验介质为清水,相对密度 1.0。如果使用其他介质试验,试验结果应转换到清水试验结果。转换按 SY/T 6599—2004 中 4.5 进行。

5.2.4.3 叶轮、导壳应按产品规定做水力模型试验,试验结果应符合表 6 中 1 级的规定。

5.2.4.4 用标准电机进行泵的水力性能试验,额定参数试验结果应符合表 6 中 2 级的规定。在制造商推荐泵运行区域的其他工况点扬程、功率试验曲线允差也应符合表 6 中 2 级的规定。

5.2.4.5 对于涂层叶轮、导壳,性能试验结果也应符合表 6 中的规定。

表 6 泵及叶导轮性能参数及容差

系列	额定排量/ (m ³ /d)	容差/%		泵效/ %	容差/%		额定转速/ (r/min)	额定扬程/ m	容差/%		轴功率容 差 2 级/%
		1 级	2 级		1 级	2 级			1 级	2 级	
86 /88	30	±4	±5	35	-2.8	-10	2 850	根据用户 要求配	±2	±5	±8
	50			42							
	100			49							
	150			52							
	200			44							
	250			48							
	300			53							
95	30			36							
	50			44							
	100			52							
	150			56							
	200			58							
	250			59							
	300			60							
	400			61							
98 /101 /102	500			59							
	30			38							
	50			45							
	80/70			52							
	100			53							
	150			58							
	200			59							
	250			60							
	300			61							
	400			61							
	500			60							
	600			58							
	700			56							
	800			54							

表 6 (续)

系列	额定排量/ (m³/d)	容差/%		泵效/ %	容差/%		额定转速/ (r/min)	额定扬程/ m	容差/%		轴功率容 差 2 级/%
		1 级	2 级		1 级	2 级			1 级	2 级	
130	150	±4	±5	54	-2.8	-10	2 850	根据用户 要求配	±2	±5	±8
	200			59							
	250			59							
	300			60							
	350			60							
	400			63							
	450			63							
	550			63							
	600			65							
	700			64							
	800			64							
	900			64							
	1 000			62							
	1 200			60							
	1 600			63							
172	1 300			66							
	2 000			68							
	2 700			68							
	3 500			75							
	4 700			72							

注：当额定排量与本标准规定不一致时，排量与泵效可按用户与厂家协议执行。

5.2.4.6 防砂等特殊要求的泵性能指标按协议执行。

5.2.5 电缆

5.2.5.1 电缆规格、基本参数应符合表 7 的要求。

表 7 电缆规格、基本参数

芯数	标称截面/ (mm²/AWG)	导体根数/单线 标称直径/ mm	外形尺寸不大于					
			圆电缆/ mm²		扁电缆/ (mm×mm)		引接电缆/ (mm×mm)	
			3 kV	6 kV	3 kV	6 kV	3 kV	6 kV
3	10/7	1/3.57	—	—	—	—	11.5×28.5	12.5×32
3	13/6	1/4.12	—	—	14.5×37.5	—	11.5×29.5	13×34
3	16/5	1/4.62	33	35	15×39	16×41	13×31.5	13.5×35
3	20/4	1/5.19	34	36	16×40	17×42.5	14×33	15×37
3	33/2	1/6.54;7/2.50	38	40	18×46	18.5×48.5	—	—
3	42/1	1/7.35;7/2.85	40	42	19×49	19×51	—	—
3	53/0	7/3.16	42	44	20×50	20.5×53	—	—

5.2.5.2 电缆的最低绝缘电阻值按式(1)计算,计算结果参见附录 B:

$$R = K \lg(D/d) \dots\dots\dots(1)$$

式中:
R——绝缘电阻值,单位为兆欧千米(MΩ·km);
K——绝缘材料的电阻常数,见表 8;
D——电缆绝缘外径,单位为毫米(mm);
d——电缆导体标称直径(见表 7),单位为毫米(mm)。
上式中的电缆绝缘外径(D)按式(2)计算:

$$D = d + 2t \dots\dots\dots(2)$$

式中:
t——绝缘层的最小厚度(见表 20),单位为毫米(mm)。

表 8 绝缘材料的电阻常数(15.6℃) 单位为兆欧千米

绝缘类型	制造电缆 100%K	验收电缆 80%K
热塑性塑料(聚丙烯)	15 240	12 192
热固树脂(三元乙丙橡胶)	6 096	4 876
热塑性塑料(聚全氟乙丙烯)	36 647	29 318
热塑性塑料(交联聚乙烯)	5 460	4 368

5.2.5.3 电缆直流耐压测试的试验电压见表 9。试验电压维持 5 min 不击穿,且试验电压下所测得的泄漏电流值经过校正后不得大于标准值。该标准值是在 15.6℃时根据相应的试验电压与最低绝缘电阻值之比计算得出。

表 9 电缆直流耐压测试的试验电压

电缆耐压等级/kV	绝缘层厚度/mm	制造电缆/kV	验收电缆/kV
3	1.9	27	22
6	2.3	35	28

5.2.5.4 三相直流电阻不平衡率不应大于 2%。
5.2.5.5 当采用聚酰亚胺薄膜绕包在导体的外部作为电缆内绝缘时,绕包线芯应符合 JB/T 5331 的技术要求。
5.2.5.6 50 Hz 交流耐压试验 5 min 不击穿。试验电压见表 10。

表 10 电缆交流耐压测试的试验电压 单位为千伏

电缆的额定电压(相对相)	试验电压
3	9
6	13

5.2.5.7 20℃时导体直流电阻标准值见表 11。

表 11 20℃时导体直流电阻标准值

导体标称截面/ (mm ² /AWG)	导体根数/导体 标称直径/ mm	实际导体截面/ mm ²	20℃时导体直流电阻/(Ω/km)	
			≤	
			不镀锡	镀锡
10/7	1/3.57	10.6	1.83	1.84
13/6	1/4.12	13.3	1.39	1.40
16/5	1/4.62	16.8	1.15	1.16
20/4	1/5.19	21.1	0.84	0.86
33/2	1/6.54	33.5	0.54	0.56
42/1	1/7.35	42.4	0.43	0.44
53/0	1/8.25	53.4	0.34	0.35

5.2.5.8 电缆长度不应小于标称长度。

5.2.5.9 电缆焊口应平整牢固,无铠带开裂、脱扣现象;铠装后的宽度、厚度应符合表 7 规定。

5.2.5.10 井下电缆由动力电缆和引接电缆两部分组成,一般要求引接电缆的长度超出泵出口不应小于 2 m,也可按用户要求执行。

5.2.5.11 带电缆头的引接电缆在与动力电缆连接前,测量其绝缘电阻值热塑性塑料绝缘应大于 1 000 MΩ·km、热固树脂绝缘应大于 800 MΩ·km。

5.2.5.12 电缆头密封性能出厂试验在常温水中进行,型式试验在汽轮机油 HU-20、HU-30 中或硅油中,加温至工作温度下进行,试验压力 0.35 MPa,持续 5 min,不得泄漏;

5.2.5.13 电缆导体标称直径公差符合下列规定:

圆导体:±1%导体标称直径。

镀锡圆导体: $\begin{matrix} +2\% \\ -1\% \end{matrix}$ 导体标称直径($d \leq 4$ mm);

$\begin{matrix} +3\% \\ -1\% \end{matrix}$ 导体标称直径($d > 4$ mm)。

5.2.5.14 电缆头浸在电机油中,分别做相间、相对地交流耐压试验,试验电压为 2 倍的电机最高工作电压加 1 kV,频率 50 Hz 持续 1 min 不应击穿。

5.2.5.15 电缆头(带引接电缆)做直流耐压试验 5 min 不击穿。试验电压见表 12。

表 12 电缆头直流耐压测试的试验电压

单位为千伏

电缆的额定电压(相对相)	试验电压
3	18
6	24

5.2.5.16 动力电缆、电缆头应模拟油井温度、压力做高温高压短样检查试验,其绝缘电阻应大于热塑性塑料绝缘 1 000 MΩ、热固树脂绝缘 500 MΩ。

5.2.5.17 动力电缆应做 4 h 高电压试验,电压为 $3U_0$ (U_0 为相电压),不应击穿。

5.2.5.18 电缆绝缘层、护套层应做机械物理性能试验,技术指标应符合表 13、表 14、表 15、表 16、表 17、表 18 和表 19 的规定。

5.2.5.19 铅护套由纯铅或铅合金制成,铅套应无砂眼、裂纹和杂质等缺陷。

5.2.5.20 扁形电缆护套层外应绕包一层聚四氟乙烯拉伸薄膜或聚酯薄膜,薄膜标称厚度为 0.05 mm,搭接率 $\geq 50\%$ 。绕包层外采用涤纶丝或尼龙丝编织,编织密度大于 90%,根据用户的要求允许采用结构稳定的包复层替代编织层。

5.2.5.21 扁形电缆缆芯和圆形电缆护套外应分别有 Z 型和 S 型钢带联锁铠装层。铠装钢带有镀锌

铠装钢带、不锈钢铠装钢带和蒙乃尔铠装钢带。

表 13 乙丙橡胶、交联聚乙烯技术指标

序号	项 目	单 位	指 标			
			乙丙橡胶		交联聚乙烯	
			E1	E2		
1	老化前试样					
	抗张强度 中间值 min	MPa	5	6	12.5	
	断裂伸长率 中间值 min	%	150	90	200	
2	空气烘箱热老化试验					
	老化条件 温度	℃	135±2	135±2	135±2	
	时间	h	168	168	168	
	老化后抗张强度 变化率 max	%	30	30	25	
	老化后断裂伸长率 变化率 max	%	30	30	25	
3	热延伸试验					
	试验条件 空气温度	℃	250±3	250±3	200±3	
	载荷时间	min	15	15	15	
	机械应力	kPa	200	200	200	
	载荷下伸长率 max	%	175	175	175	
	冷却后永久变形 max	%	15	15	15	
4	耐油试验(采用 20 号机油)					
	试验条件 温度	℃	121±2	121±2	—	
	时间	h	18	18	—	
	抗张强度 变化率 max	%	45	40	—	
	断裂伸长率 变化率 max	%	45	40	—	

注 1: E1 在井温小于或等于 120℃ 使用。

注 2: E2 在井温 120℃ 以上、150℃ 及以下使用。

表 14 聚丙烯(包括改性聚丙烯)技术指标

序号	项 目	单 位	指 标
1	老化前试样		
	抗张强度 min	MPa	21
	断裂伸长率 min	%	200
2	空气烘箱热老化试验		
	老化条件 温度	℃	135±2
	时间	h	168
	老化后抗张强度 变化率 max	%	30
	老化后断裂伸长率 变化率 max	%	30
3	氧化诱导期, 200℃ 铜	min	30
4	电性能		
	体积电阻系数, 20℃ ≥	Ω·cm	10 ¹⁶
	介质损耗角正切(tanδ) 50 Hz 或 1 MHz ≤		0.005
	介电常数 50 Hz 或 1 MHz		2~3
	击穿强度, 室温 ≥	kV/mm	25

表 14 (续)

序号	项 目	单 位	指 标
5	熔融指数 \leq		3.0
6	脆化温度 \leq	℃	-5
7	高温压力试验		
	试验温度	℃	150
	试验时间	h	4
	压痕深度 \leq	%	35

表 15 丁腈橡胶及丁腈聚氯乙烯复合物护套技术指标

序号	项 目	单 位	指 标	
			丁腈橡胶	丁腈聚氯乙烯复合物
1	老化前试样			
	抗张强度 min	MPa	12	10
	断裂伸长率 min	%	300	250
2	空气烘箱热老化试验			
	老化条件	温度	100±2	121±2
		时间	168	168
	老化后抗张强度	变化率 max	50	20
	老化后断裂伸长率	变化率 max	50	30
3	耐油试验(采用 20 号机油)			
	试验条件	温度	121±2	121±2
		时间	18	18
	抗张强度	变化率 max	40	40
	断裂伸长率	变化率 max	40	40

表 16 乙丙橡胶护套技术指标

序号	项 目	单 位	指 标
1	100%伸长时(定伸)的抗张强度 min	MPa	2.2
2	老化前试样		
	抗张强度 min	MPa	5.5
	断裂伸长率 min	%	60
3	空气烘箱热老化试验		
	老化条件	温度	135±2
		时间	168
	老化后抗张强度	变化率 max	30
	老化后断裂伸长率	变化率 max	50
4	耐油试验(采用 20 号机油)		
	试验条件	温度	121±2
		时间	18
	抗张强度	变化率 max	40
	断裂伸长率	变化率 max	40

表 17 氯磺化聚乙烯护套技术指标

序号	项 目	单 位	指 标
1	老化前试样		
	抗张强度 中间值 min	MPa	10
	断裂伸长率 中间值 min	%	250
2	空气烘箱热老化试验		
	老化条件 温度	℃	120±2
	时间	h	168
	老化后抗张强度 变化率 max	%	30
	老化后断裂伸长率 中间值 min	%	—
	变化率 max	%	—40
3	热延伸试验		
	试验条件 空气温度	℃	200±3
	载荷时间	min	15
	机械应力	kPa	200
	载荷下伸长率 max	%	175
	冷却后永久变形 max	%	15
4	浸油试验(采用 20 号机油)		
	试验条件 油液温度	℃	100±2
	浸油时间	h	24
	浸油后抗张强度 变化率 max	%	—40
	浸油后断裂伸长率 变化率 max	%	—40

表 18 聚酰亚胺-F46 复合薄膜技术指标

序号	项 目	单 位	指 标
1	外观	透明或半透明的金黄色薄膜,表面平滑无针孔、气泡和导电杂质,边缘整齐无破损	
2	厚度	mm	0.045~0.075 (±0.006)
3	长度	m	≥40
4	抗张强度	MPa	FHF: ≥80 HF: ≥90
5	断裂伸长率	%	≥40
6	剥离强度	N/2.5 cm	≥6
7	击穿强度	MV/m	≥120
8	体积电阻率(室温)	Ω·cm	≥10 ¹⁵
9	表面电阻率	Ω	≥10 ¹³
10	介电常数	10 ⁶ Hz	2~3
11	介质损耗角正切	室温 10 ⁶ Hz	0.001
注: FHF 表示双面复合薄膜, HF 表示单面复合薄膜。			

表 19 聚全氟乙丙烯技术指标

序号	项 目	单 位	指 标
1	抗拉强度	MPa	≥ 17
2	伸长率	%	≥ 275
3	介电常数	10^6 Hz	≤ 2.15
4	介质损耗角正切	10^6 Hz	$\leq 7 \times 10^{-4}$

5.2.5.22 电缆绝缘层、护套层标称厚度及公差应符合表 20 的规定。

表 20 绝缘层、护套层标称厚度及公差 单位为毫米

电缆类型	规 格	绝缘层		内护套层		钢带厚度	典型钢带宽度
		标称值 δ	公 差	标称值 δ	公 差		
引接电缆	3 kV	1.0	厚度平均值 $\geq\delta$ 最薄处厚度 \geq $0.9\delta-0.1$	0.8	厚度平均值 $\geq\delta$ 最薄处厚度 \geq $0.8\delta-0.2$	≥ 0.3	13
	6 kV	1.5		0.8		≥ 0.4	13
扁电缆	3 kV	1.9		1.3		≥ 0.5	15
	6 kV	2.3		1.3		≥ 0.5	15
圆电缆	3 kV	1.9		2.0		≥ 0.5	15
	6 kV	2.3		2.0		≥ 0.5	15
注 1：扁电缆内护套层材料采用铅时，标称厚度为 1.0 mm。							
注 2：电缆绝缘层材料采用聚全氟乙丙烯时，标称厚度为 0.8 mm。							

5.2.6 变压器

5.2.6.1 额定容量

额定容量规定为：30 kV · A, 40 kV · A, 50 kV · A, 63 kV · A, 80 kV · A, 100 kV · A, 125 kV · A, 160 kV · A, 200 kV · A, 250 kV · A, 315 kV · A, 400 kV · A, 500 kV · A, 630 kV · A, 800 kV · A, 1 000 kV · A。

5.2.6.2 变压器的总体要求应符合 GB 1094.1, 温升应符合 GB 1094.2, 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙应符合 GB 1094.3, 承受短路的能力应符合 GB 1094.5 的规定。当环境温度低于 -25 ℃ 时，按协议执行。

5.2.6.3 变压器性能应符合表 21 的规定。

表 21 变压器技术指标

项 目	单 位	指 标
绕组间、对地绝缘电阻： 高压对中压、低压、地 中压对低压、地 低压对地	MΩ	$> 2\,000$ $> 1\,000$ > 500
直流电阻三相不平衡率	%	≤ 2
电压变比偏差 额定电流下的实际阻抗电压	%	$\leq \pm 0.5$ $\leq \text{规定值} \pm 10$
外施耐压 不击穿	min	1
感应耐压 不击穿	min	1

表 21 (续)

项 目	单 位	指 标
空载电流 空载损耗	%	<规定值+30 <规定值+15
负载损耗	%	<规定值+15
温升试验 油顶层温升 绕组平均温升	K	<55 <65
变压器油击穿电压	kV	≥35
密封性能 不泄漏	MPa h	0.02(≤315 kV·A) 0.015(≥400 kV·A) 12
注：规定值见 GB/T 6451。		

5.2.6.4 变压器二次绕组应按 4.7.3 规定执行(用户有特殊要求时,可与生产厂协商),二次绕组中星点不接地;附加绕组中星点引出。

5.2.6.5 安全保护装置:变压器应装有压力释放阀。

5.2.6.6 油温测量装置:变压器箱盖上应有供玻璃温度计用的管座。

5.2.6.7 变压器油箱及其附件的技术要求

5.2.6.7.1 变压器箱体采用波纹式油箱结构。

5.2.6.7.2 在油箱的下部壁上应装有油样阀门,油箱下部应装有放油阀。

5.2.6.7.3 变压器铁心和较大金属结构零件均应通过油箱可靠接地。箱体外壳具有两个接地点。

5.2.7 控制柜

5.2.7.1 定频控制柜

5.2.7.1.1 基本参数

a) 额定工作电压:1.2 kV,2 kV,2.5 kV,3 kV,3.6 kV,5 kV,6 kV;

b) 额定工作电流规定为:40 A,60 A,100 A,150 A,200 A,250 A。

5.2.7.1.2 控制柜技术要求应符合 GB/T 3797—2005 中第 4 章的规定。当正常使用条件不能满足 GB/T 3797—2005 中 4.2 时与用户协商执行。

5.2.7.1.3 控制柜至少应具备下列功能:

a) 电机运行电流不平衡、短路、单相、过流停机保护;

b) 负载电流自动记录;

c) 欠载自动停机和延时自动重新启动;

d) 手动与自动操作。

5.2.7.1.4 控制柜主、控制电路应做 50 Hz 耐压试验,1 min 不击穿,试验电压有效值为 2 倍额定电压加 1 000 V。

5.2.7.1.5 控制柜主电路相间及对地绝缘电阻应大于 500 MΩ。

5.2.7.1.6 控制柜控制电路对箱体的绝缘电阻应大于 2 MΩ。

5.2.7.1.7 控制柜三相电流显示误差不得大于 5%。

5.2.7.1.8 控制柜的高、低电压区应隔离,控制柜上应有明显的“高压危险”字样和标记。

5.2.7.1.9 电流记录仪为圆盘式(用户有特殊要求,可按要求制作)。

5.2.7.2 变频控制柜

5.2.7.2.1 变频控制柜应满足标准潜油电机(无需任何特殊绝缘措施或降级)的使用。

5.2.7.2.2 变频控制柜可以适应任意长度的动力电缆,保证电机和电缆不受共模电压和 dV/dt (电压变化率)应力的影响。必要时可以使用输出滤波器满足此要求。

5.2.7.2.3 在任何速度和负载下在 1 m 的距离内变频控制柜产生的最大允许噪音为 75 dB。

5.2.7.2.4 对电网反馈谐波符合 GB/T 14549 对谐波失真要求。

5.2.7.2.5 变频控制柜除具有常规变频控制柜的功能外,还应具备下列功能:

- a) 过电压保护;
- b) 欠电压保护;
- c) 过频保护;
- d) 自动(用户要求时)/手动调频;
- e) 停电后来电自启动。

5.2.8 接线盒

5.2.8.1 基本参数

- a) 额定工作电压:1.2 kV, 2 kV, 2.5 kV, 3 kV; 3.6 kV, 5 kV, 6 kV;
- b) 额定工作电流规定为:40 A, 60 A, 100 A, 150 A, 200 A, 250 A。

5.2.8.2 接线盒的通用要求应符合 GB 3836.1 的规定。

5.2.8.3 外壳防护等级应不低于 IP23。

5.2.8.4 接线盒接线柱采取插入式(或端子式)连接。

5.2.8.5 接线柱之间及对地绝缘电阻应大于 1 000 M Ω 。

5.2.8.6 接线盒的门为活动式的,其与盒身由轴连接。

5.2.8.7 接线盒的紧固件应设有防止自行松脱的装置。

5.2.8.8 接线盒所有用黑色金属制成的零部件,应进行防锈处理。

5.2.8.9 金属制成的接线盒外壳应设接地螺栓,其规格应符合 GB 3836.1 中的规定,并标注接地符号。

5.2.8.10 接线盒不同电位的裸露导电部分之间的电气间隙应符合 GB 3836.3 中的规定。

5.3 振动测试

5.3.1 电机、保护器应进行空载振动测试,吸入及处理装置、泵应进行负载振动测试。

5.3.2 振动测量位置至少应在外壳的中点、顶部径向轴承处、底部轴承处进行测量。测量时泵转速应保持常数。

5.3.3 机械振动烈度的分级见 GB/T 18051—2000 附录 C。

6 试验方法和检验规则

6.1 试验方法

6.1.1 仪器、仪表的选择要求

试验时采用的电压、电流互感器其精度应不低于 0.2 级;电气测量仪表(兆欧表除外)、转矩仪精度不应低于 0.5 级;频率、转速表精度不低于 0.1 级;直流泄漏仪精度不应低于 0.2 级;流量、扬程(压力)仪表精度不应低于 1.0 级;直流电阻测量仪表精度不应低于 0.2 级;振动测试传感器精度不应低于 0.2 级;温度表的精度误差应在 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ 以内,其他未作规定的测量仪表精度不应低于 $T/3$ (T 为被检参数允差)。

6.1.2 电机

6.1.2.1 绕组直流电阻不平衡率

6.1.2.1.1 测量要求

测量绕组直流电阻,应在实际冷状态(将被试电机放在室内,使绕组温度与室温差不超过 2 K)下进行。

6.1.2.1.2 测量方法

测量时,电机转子应静止不动,在电机每两个出线端测量电阻。

6.1.2.1.3 测量结果计算

6.1.2.1.3.1 三相直流电阻之和按式(3)计算。

$$R_{\text{med}} = \frac{R_{\text{UV}} + R_{\text{VW}} + R_{\text{WU}}}{2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$R_{\text{UV}}、R_{\text{VW}}、R_{\text{WU}}$ ——绕组出线端 U 与 V、V 与 W、W 与 U 间测得的电阻值,单位为欧姆(Ω);

R_{med} ——三相直流电阻之和,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.2 星接三相直流电阻按式(4)计算。

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{U}} &= R_{\text{med}} - R_{\text{VW}} \\ R_{\text{V}} &= R_{\text{med}} - R_{\text{WU}} \\ R_{\text{W}} &= R_{\text{med}} - R_{\text{UV}} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$R_{\text{U}}、R_{\text{V}}、R_{\text{W}}$ ——绕组各相电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.3 角接三相直流电阻按式(5)计算。

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{U}} &= \frac{R_{\text{VW}} \cdot R_{\text{WU}}}{R_{\text{med}} - R_{\text{UV}}} + R_{\text{UV}} - R_{\text{med}} \\ R_{\text{V}} &= \frac{R_{\text{WU}} \cdot R_{\text{UV}}}{R_{\text{med}} - R_{\text{VW}}} + R_{\text{VW}} - R_{\text{med}} \\ R_{\text{W}} &= \frac{R_{\text{UV}} \cdot R_{\text{VW}}}{R_{\text{med}} - R_{\text{WU}}} + R_{\text{WU}} - R_{\text{med}} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(5)$$

6.1.2.1.3.4 三个线端直流电阻的平均值按式(6)计算。

$$R_{\text{mav}} = \frac{R_{\text{UV}} + R_{\text{VW}} + R_{\text{WU}}}{3} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

R_{mav} ——三个线端直流电阻的平均值,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.5 对星形接法的绕组按式(7)计算,对三角形接法的绕组按式(8)计算。

$$R = \frac{1}{2} R_{\text{mav}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$R = \frac{3}{2} R_{\text{mav}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

R ——绕组一相电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.6 三相直流电阻不平衡率按式(9)计算。

在 $R_{\text{U}}、R_{\text{W}}、R_{\text{V}}$ 中确定 R_{max} 和 R_{min} 。

$$\epsilon_{\text{mR}} = \frac{R_{\text{max}} - R_{\text{min}}}{R} \times 100 \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

ϵ_{mR} ——三相直流电阻不平衡率, %。

R_{max} —— $R_{\text{U}}、R_{\text{V}}、R_{\text{W}}$ 中的最大值,单位为欧姆(Ω);

R_{min} —— $R_{\text{U}}、R_{\text{V}}、R_{\text{W}}$ 中的最小值,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.4 检验结果判定

三相直流电阻不平衡率符合 5.2.1.3 的规定。

6.1.2.2 冷态绕组绝缘电阻

6.1.2.2.1 测量要求

6.1.2.2.1.1 根据被试电机工作电压按表 22 选择兆欧表。

6.1.2.2.1.2 冷态绝缘电阻测量应在实际冷状态下进行。

表 22 兆欧表规格

单位为伏

电机工作电压	兆欧表规格
<500	500
500~3 000	1 000
>3 000	2 500

6.1.2.2.2 测量方法

6.1.2.2.2.1 对于单节或下节电机(尾部有星点)应测量一相对机壳绝缘电阻。

6.1.2.2.2.2 对于通用节和上节电机,应分别测量三相对机壳绝缘电阻及三相绕组间的绝缘电阻。

6.1.2.2.2.3 测量后均应将绕组对地放电。

6.1.2.2.3 检验结果判定

三相对地及相间冷态绝缘电阻符合 5.2.1.2 的规定。

6.1.2.3 空载试验

6.1.2.3.1 测量要求

根据电机工作在油井的温度,提供相应温度的循环冷却介质,其冷却介质的流速应为该电机所匹配泵在规定套管内的实际工作流速(以下简称工作流速,文中提到的工作流速均为大于或等于表 2 规定的流速)。出厂检验可不加循环冷却介质且在室温下进行。

6.1.2.3.2 测量方法

6.1.2.3.2.1 出厂空载试验测量方法

电机在工频额定电压下空载启动运行,使机耗达到稳定,即输入功率在 5 min 内两个读数之差不大于前一个读数的 3%时开始测量。

首先将电机工作电压调整到电机额定电压,同时测取三相电压、三相电流、输入功率、频率。

6.1.2.3.2.2 型式空载试验测量方法

电机在工频额定电压下空载启动运行,使机耗达到稳定,即输入功率在半小时前后的两个读数之差不大于前一个读数的 3%开始测量。

首先将电机工作电压提高到 1.1~1.3 倍额定电压,然后逐渐降低电机工作电压至可能达到的最低值(电流开始回升时为止),在此期间测 7~9 点,每点要同时测取三相电压、三相电流、输入功率、频率,其中额定电压时为必测点。试验结束应立即在电机出线端测量定子绕组的直流电阻(带试验电缆)。

6.1.2.3.3 测量结果计算

6.1.2.3.3.1 空载时定子绕组铜耗按式(10)计算:

$$P_{0Cu1} = 3I_0^2 R_{10} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_{0Cu1} ——空载时定子绕组铜耗,单位为瓦特(W);

I_0 ——定子空载相电流,单位为安培(A);

R_{10} ——试验结束后定子绕组相电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.3.3.2 铁耗和机械耗之和按式(11)计算:

$$\begin{aligned} P'_0 &= P_{Fe} + P_{fw} \\ &= P_0 - P_{0Cu1} \quad \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

式中:

P'_0 ——铁耗和机械耗之和,单位为瓦特(W);

P_0 ——空载输入功率,单位为瓦特(W);

P_{Fe} ——铁耗,单位为瓦特(W);

P_{fw} ——机械耗,单位为瓦特(W)。

作空载电流特性曲线 $I_0 = f(U_0/U_N)$ [U_0 为空载试验电压, U_N 为额定电压,单位为伏特(V)]和空载输入功率特性曲线 $P_0 = f(U_0/U_N)$ 。为了分离铁耗和机械耗,作曲线 $P'_0 = f[(U_0/U_N)^2]$,延长 P'_0 曲线的直线部分与纵轴交于 P 点(见图 2), P 点的纵坐标即为机械耗。

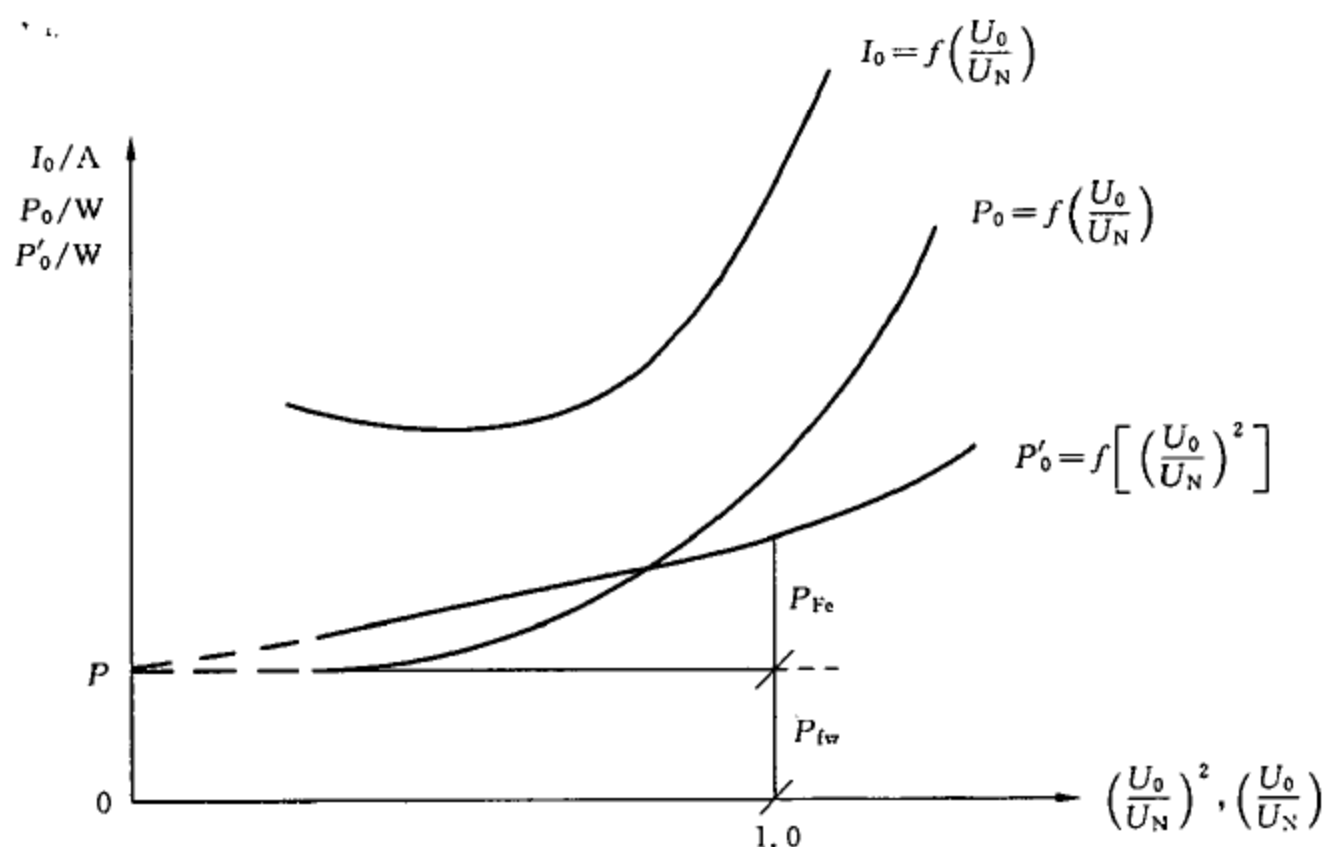


图 2 空载特性曲线

6.1.2.3.3.3 三相空载电流中任何一相与三相电流平均值的不平衡率按式(12)计算:

$$\epsilon_{mI} = \frac{I_0 - I_{av}}{I_{av}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

ϵ_{mI} ——三相电流不平衡率,%;

I_{av} ——三相电流平均值,单位为安培(A)。

6.1.2.3.4 检验结果判定

三相电流不平衡率符合 5.2.1.10 的规定。

6.1.2.4 转子滑行时间

6.1.2.4.1 测量要求

转子滑行时间测定应在电机空载试验后进行。

6.1.2.4.2 测量方法

电机空载运行稳定后(或空载试验完成后),断电停机并开始计时,至电机转子完全停转为止,所计时间为转子滑行时间。

6.1.2.4.3 检验结果判定

转子滑行时间符合 5.2.1.6 的规定。

6.1.2.5 超速试验

6.1.2.5.1 测量要求

超速试验应在空载状态下进行。

6.1.2.5.2 测量方法

电机在额定电压和 1.2 倍额定转速下启动运行 2 min,试验时监视电机转速、电流、电压,如发现异

常应立即停机。

6.1.2.5.3 检验结果判定

超速试验符合 5.2.1.9 的规定。

6.1.2.6 堵转试验

6.1.2.6.1 测量要求

堵转试验应在电机接近实际冷状态下进行。试验时应先试相序,确定转子旋转方向;然后将转子堵住,测取堵转特性。每次堵转连续通电时间不得超过 10 s。

6.1.2.6.2 测量方法

试验应从电机所施最高电压(即 50%额定电压)开始,逐步降低电压并观察电流表到小于额定电流时为止,期间共测 5~7 点,每点同时测取三相电压 U_k 、三相电流 I_k 、输入功率 P_k 、频率 f 、转矩 T_k 并停机测定子绕组直流电阻 R 。

采用圆图计算法求取最大转矩,堵转试验应在 2.0~2.5 倍额定电流范围内的某一电流值下进行。

6.1.2.6.3 测量结果计算

6.1.2.6.3.1 额定电压下的堵转电流 I_{kN} [单位为安培(A)]按下述作图法求得。

由于堵转试验最大电压低于 0.9 倍额定电压,应作 $\lg I_k = f(\lg U_k)$ 曲线,从最大电流的延长线查得 I_{kN} (见图 3)、堵转特性曲线(见图 4)。

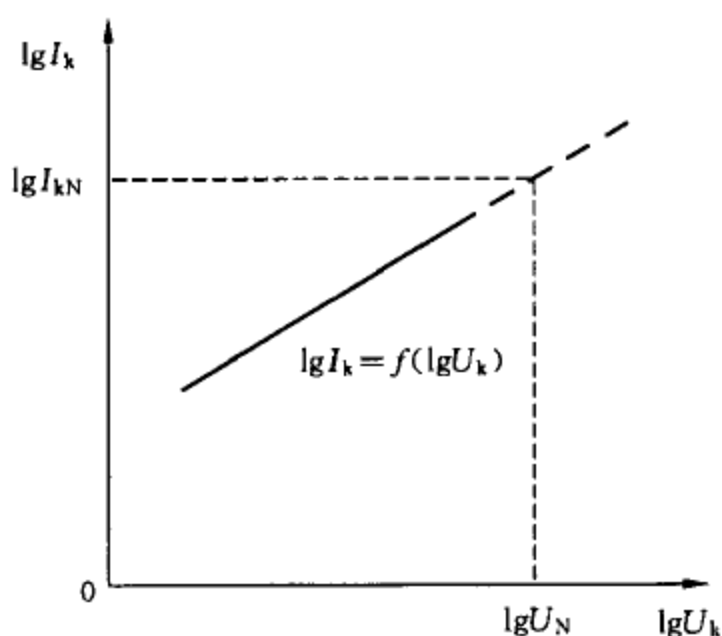


图 3 堵转电流特性曲线

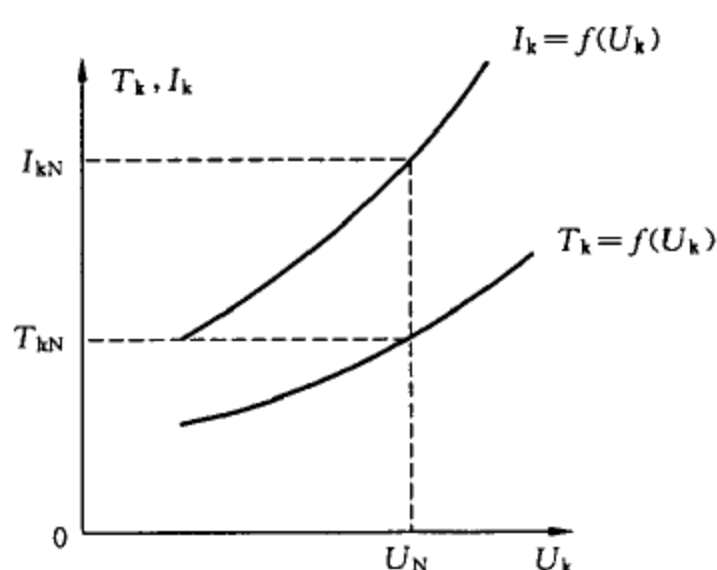


图 4 堵转特性曲线

6.1.2.6.3.2 额定电压下的堵转转矩 T_{kN} 按式(13)计算。

$$T_{kN} = T_k \left(\frac{I_{kN}}{I_k} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

T_k ——实测堵转转矩,单位为牛顿米(N·m);或 $T_k = 9.55 \times \left(\frac{P_k - P_{kCu} - P_{kS}}{n_s} \right)$;

P_k ——堵转时的输入功率,单位为千瓦(kW);

P_{kCu} ——堵转时定子绕组损耗,单位为千瓦(kW);

I_{kN} ——额定电压下堵转电流,单位为安培(A);

P_{kS} ——堵转时的杂散损耗,取 $P_{kS} = 0.05 P_k$,单位为千瓦(kW);

n_s ——电机同步转速, $n_s = \frac{60f}{p}$,单位为转每分钟(r/min);

f ——实测电源频率,单位为赫兹(Hz);

p ——电机极对数。

6.1.2.6.4 检验结果判定

$\frac{I_{kN}}{I_N}$ 、 $\frac{T_{kN}}{T_N}$ 符合表 4 的规定为合格。

6.1.2.7 温升试验

6.1.2.7.1 测量要求

温升试验采用泵负载法或测功机法。冷热态绕组直流电阻应在同一出线端测量。

6.1.2.7.2 测量方法

试验前将测温计固定在电机与保护器之间,下入试验井,放置一段时间使绕组温度与冷却介质温度相同(视温度差大小确定时间);高温电机若在规定使用温度下试验,应将冷却介质升温到规定温度并且使绕组温度与冷却介质温度相同。测量并记录绕组电阻(带试验电缆)和冷却介质温度。

电机用泵做负载或测功机在额定条件下运转 2 h~4 h,并且保证入井介质温度在(室温±2)℃或(规定井温±5)℃范围之内,电机达到稳定温升断电,开始测量绕组直流电阻(带试验电缆)和冷却介质温度。用最短的时间(不超过 30 s)测量断电后第一点绕组直流电阻,以后以相等的时间间隔测量并记录绕组电阻和相应时间。采用外推法作 $\lg R = f(t)$ 曲线,并延长曲线交于纵轴,交点的数据即为断电瞬间的绕组热态直流电阻 R_t (见图 5)。

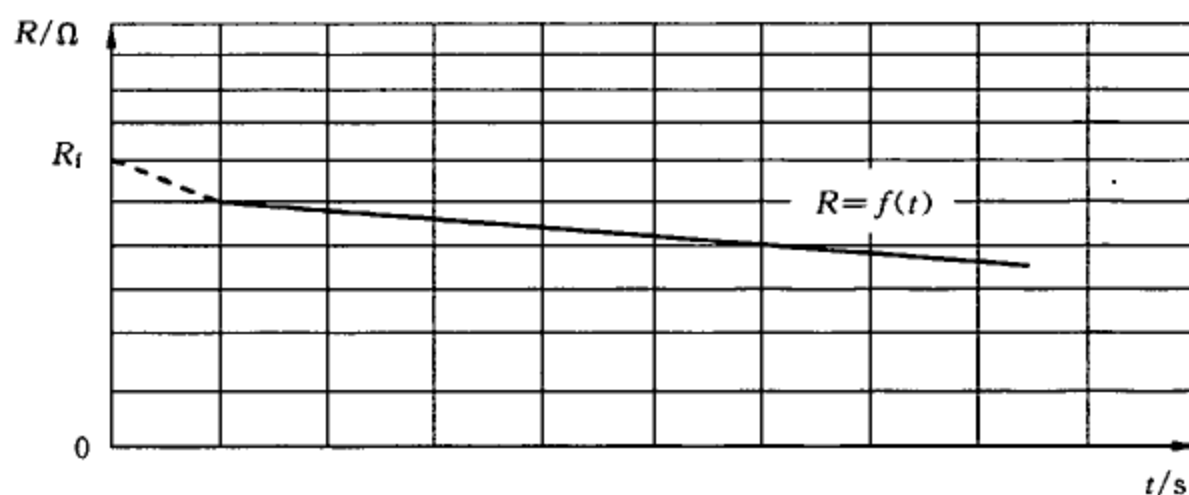


图 5 绕组热态直流电阻测量曲线

6.1.2.7.3 测量结果计算

定子绕组平均温升 $\Delta\theta_1$ 按式(14)计算。

$$\Delta\theta_1 = \frac{R_t - R_0}{R_0} (K_a + \theta_0) + \theta_0 - \theta_t \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$\Delta\theta_1$ ——定子绕组平均温升,单位为开尔文(K);

R_t ——试验结束时绕组直流电阻,单位为欧姆(Ω);

R_0 ——试验开始时绕组直流电阻,单位为欧姆(Ω);

θ_t ——试验结束时冷却介质温度,单位为摄氏温度(℃);

θ_0 ——试验开始时冷却介质温度,单位为摄氏温度(℃);

K_a ——常数,铜绕组 235,铝绕组 225。

电机试验达不到额定电流,应换算到额定功率时的绕组温升 $\Delta\theta_N$ 。

当 $\frac{I_t - I_N}{I_N}$ 在 ±10% 范围内时,按式(15)换算。

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_1 \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^2 \left[1 + \frac{\Delta\theta_1 \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^2 - \Delta\theta_1}{K_a + \Delta\theta_1 + \theta_t} \right] \quad \dots\dots\dots (15)$$

当 $\frac{I_t - I_N}{I_N}$ 在 ±5% 范围时,按式(16)换算。

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_1 \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$\Delta\theta_N$ ——额定功率时的绕组温升;

I_N ——满载电流,即额定功率时的电流,单位为安培(A);从工作特性曲线上求得;

I_1 ——温升试验时的电流,单位为安培(A);取在整个试验过程最后的 1/4 时间内,按相等时间间隔测得的几个电流平均值。

6.1.2.7.4 检验结果判定

额定功率时的绕组温升符合 5.2.1.8 的规定。

6.1.2.8 效率、功率因数、转差率

6.1.2.8.1 测量要求

采用泵负载法或测功机测量电机工作特性曲线,即电机在额定电压和额定频率下,电机实测输入功率 P_{mi} 、定子电流 I_1 、效率 η_m 、功率因数 $\cos\phi$ 及转差率 S_{ref} 与电机输出功率 P_{mu} 的关系曲线(见图 6)。

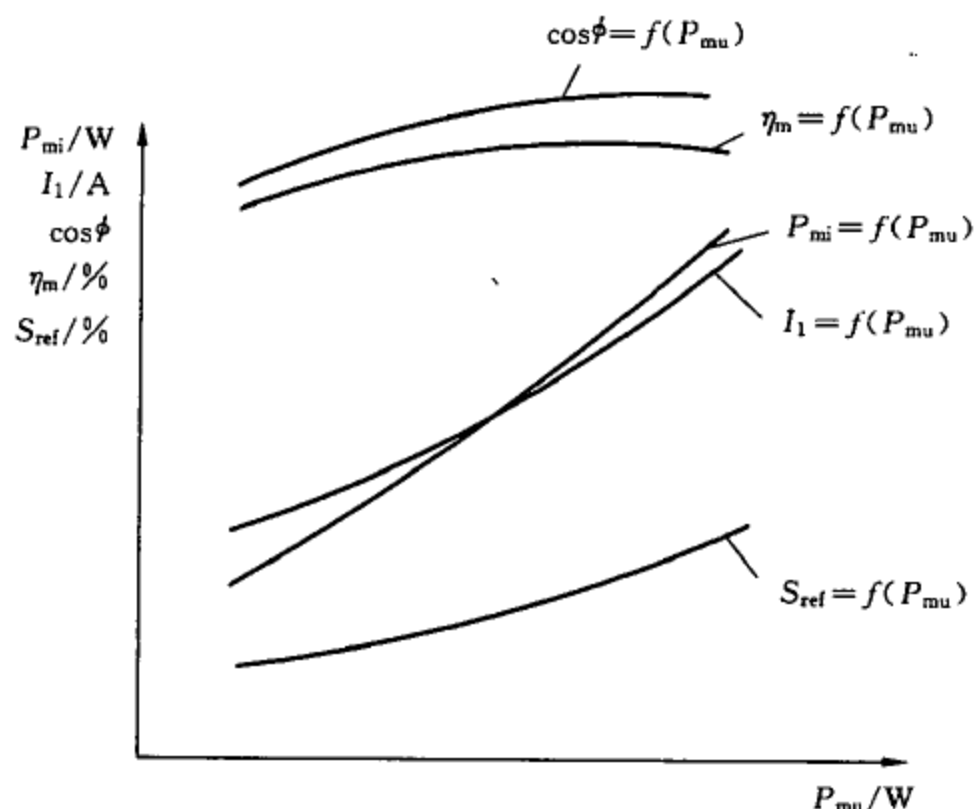


图 6 电机工作特性曲线

6.1.2.8.2 测量方法

6.1.2.8.2.1 泵负载法

电机应在额定电压、额定频率、额定排量、规定的工作温度和流速下启动运行 2 h~4 h,运行期间保证入井冷却介质温度在规定工作温度的 $\pm 5^\circ\text{C}$ 范围内。输入功率稳定后开始测量。

离心泵的试验宜从零流量开始,至少要试到大流量点的 115%(大流量点是指泵工作范围内大于规定流量的边界点)。

混流泵、轴流泵和漩涡泵的试验应使阀门从全开状态开始,至少试到小流量点的 85%(小流量点是指泵工作范围内小于规定流量的边界点)。 Q_{min} 、小流量点、额定点、大流量点、 Q_{max} ,其中测十三点以上。小流量点、额定点、大流量点为必测点。

每点同时记录三相电压、三相电流、输入功率、转速、频率、流量、泵出口压力、泵出入口介质温度。

转速测量建议采用感应线圈法或振动测速仪:感应线圈法是将一只带铁心的多匝线圈密封后,紧贴在被试电机的上端或下端,线圈与磁电式检流计相连,测量检流计光标摆动次数及所需时间;振动测速仪是将振动测速仪的传感器吸附在试验管路上,即可测量电机转速。

停机后应测量定子绕组电阻并用外推法修正到断电瞬时的电阻。

6.1.2.8.2.2 测功机法

试验时,被试电机应达到热稳定状态,并且加规定工作温度的冷却水,其流速为工作流速。电机施加 1.25 倍的额定功率,然后逐渐降低电机功率至 0.25 倍额定功率为止,测取 6~8 点,其中额定功率点为必测点。测量时同时记录三相电压、三相电流、输入功率、转速、转矩和冷却介质温度。

6.1.2.8.3 检验结果计算

6.1.2.8.3.1 效率按式(17)计算。