

学者书屋系列

高温高压电动潜 油离心泵性能检 测试验流程

韩国 有 谭英杰 刘立君 李晓庆◎著



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

学者书屋系列

高温高压电动潜油离心泵 性能检测试验流程

韩国有 谭英杰 刘立君 李晓庆 著

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了电动潜油泵的基本工作原理及性能试验标准和规范,研制了一套高温高压电动潜油泵性能检测试验流程系统。试验系统由注水系统、补水系统、定压系统、控温系统等几部分组成,整个试验系统包括试验主循环、加热强制循环及冷水循环,同时确定了系统的定压值,并对井筒及管道进行了保温设计。

图书在版编目(CIP)数据

高温高压电动潜油离心泵性能检测试验流程/韩国有
等著. — 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2008. 3
ISBN 978 - 7 - 81133 - 159 - 2

I . 高… II . 韩… III . 深井潜油: 离心泵 - 性能试验 -
流程 IV . TH380.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 018086 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 10.75
字 数 185 千字
版 次 2008 年 4 月第 1 版
印 次 2008 年 4 月第 1 次印刷
定 价 38.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

引 言

电动潜油泵简称电潜泵或潜油电泵,是一种大排量举升石油的无杆抽油装备。适用于注水驱油的油井、高含水油井和低气油比油井采油。电动潜油泵由地面设备和井下设备两部分组成。地面设备主要包括变压器、控制系统、电泵井口;井下设备主要包括电机、保护器、油气分离器、多级离心泵及井下测试装置。电动潜油泵是油田主要机采设备之一,广泛用于二次和三次采油中,其举升扬程高、采液排量大,是其他人工举升方法无法替代的。由于电潜泵具有排量大、扬程高、用途广、管理方便、检泵周期长、经济效益好等优点,在机械采油中所占的比例呈上升趋势。近几年来,特别是国外,生产现场的装机总容量超过了 20%,是油田高产稳产的重要手段。由于电动潜油泵采油具有排量大,使用经济等优点,近年来许多国家的专家都致力于研究如何提高电动潜油泵的适应性、经济性与可靠性,先后出现了许多新技术和新成果,并在采油实践中取得了较好的经济效益。

随着油田开采深度的不断增加以及电动潜油泵机组在油田应用范围的不断拓宽,新规格、新型号的机组也相继出现,基本形成了比较完备的系列产品。电动潜油泵机组已经成为油田原油稳产的重要手段,许多高温高压的电动潜油泵相继问世。但目前,与新产品发展的迅猛势头相比,检测手段却相对落后,已不能完全满足生产的要求,其中特别突出的就是高温高压型电动潜油泵机组的性能检测问题。

电动潜油泵性能检测是保证机组合格下井的重要手段,在出厂和下井前电动潜油泵都应该通过严格的模拟井测试和性能试验。测试是为了对潜油电机性能进行检测,包括三相电压、电流、输入功率、频率、转速、热态电阻、空载滑行时间、绝缘性能等参数。配套后机组下入试验井,通过运行和测试确定其扬程、轴功率和效率与流量之间的关系,即泵的特性曲线。由于温度不同,潜油电机定、转子绕组电阻值不同,机组的机械损耗也不同,所以高温高压型电动潜油泵无法沿用原有的性能检测系统,只有利用高温高压性能检测试验系统对机组进行模拟测试,才能在出厂之前杜绝高温机组的质量隐患,检测其机组性能是否达到相关标准要求,得到改进机组质量的第一手资料,因此需要研制高温高压电动潜油泵性能检测系统以满足检测的需要。

编 者

2007 年 10 月

目 录

第1章 电动潜油离心泵概述	1
1.1 潜油电泵机组的结构	1
1.2 潜油电泵机组各组成部件的作用及特点	4
1.3 潜油电泵机组的工作原理及特点	9
1.4 潜油电泵机组试验基本内容	10
1.5 潜油电泵机组及其性能检测的发展现状	16
第2章 电动潜油离心泵性能试验标准和规范	22
2.1 潜油电泵机组型式、基本参数和连接尺寸	22
2.2 潜油电泵机组技术条件	36
2.3 潜油电泵机组试验方法	55
第3章 试验系统总体设计	95
3.1 试验系统设计的要求	95
3.2 试验系统总体设计思想	96
第4章 井身结构及井口装置设计	101
4.1 1号试验井井身结构设计	101
4.2 1号试验井井口装置设计	102
4.3 1号试验井套管伸长量和强度校核	103
4.4 2号试验井井身结构和井口装置设计	108
第5章 定压系统设计计算	110
5.1 系统定压计算	110
5.2 定压系统设计	114
第6章 系统的保温设计计算	116
6.1 1号试验井井筒保温设计计算	116
6.2 地面管线及设备保温设计	128
第7章 加热系统设计计算	136
7.1 加热器热负荷计算	136

目 录

7.2 加热系统设计	142
7.3 加热装置研制	143
第8章 冷却系统设计计算	146
8.1 换热器冷负荷计算	146
8.2 换热器设计计算	147
8.3 冷水泵的选择	149
8.4 冷却水池校核	149
第9章 补水系统及管路变形补偿系统设计	151
9.1 补水系统设计	151
9.2 管路热伸长的变形补偿	151
附录一 试验装置平面图	153
附录二 系统平面图	154
附录三 系统轴测图	155
附录四 流程系统控制框图	156
附录五 系统定压控制框图	157
附录六 控温系统控制框图	158
附录七 潜油电泵性能试验流程框图	159
参考文献	160

第 1 章 电动潜油离心泵概述

电潜泵作为一种重要的无杆抽油设备,在油田的应用越来越广泛。本章主要介绍电动潜油离心泵机组的结构、机组各组成部件的作用及特点、机组的工作原理和特点以及潜油电泵机组试验的基本内容。

1.1 潜油电泵机组的结构

潜油电泵机组是一种机械采油设备,其作用就是将井下的液体举升到地面。

潜油电泵机组主要由以下三个部分组成。

(1)井下部分:潜油泵、分离器、保护器、潜油电机、潜油电缆。

(2)地面设备:

定频驱动——降压变压器、控制柜。

变频驱动——降压变压器、变频器、升压变压器。

(3)辅助设备:扶正器、测温测压装置、单流阀、泄油阀、井口穿越器、接线盒。

潜油电泵机组按适用于套管直径可分为适用于 $5\frac{1}{2}$ " 和 7" 以上套管的各种系

列潜油电泵机组。在 50 Hz 频率下,适用于 $5\frac{1}{2}$ " 套管机组的额定排量范围为 15 ~

700 m³/d,扬程在 3 000 m 以下;在 60 Hz 频率下,适用于 $5\frac{1}{2}$ " 套管机组的额定排量

范围为 18 ~ 840 m³/d(113 ~ 5 285 bbl/d)^①,扬程在 3 000 m 以下;在 60 Hz 频率下,适用于 7" 以上套管机组的额定排量范围为 200 ~ 1 200 m³/d,扬程在 3 000 m 以下;在 60 Hz 频率下,机组的额定排量范围为 240 ~ 1 440 m³/d,扬程在 4 200 m 以下。机组耐温度等级分别适用于井温 90 ℃,120 ℃,150 ℃,180 ℃。

潜油电泵机组定频驱动方式管柱组成见图 1-1。井下部分(自下而上)主要有

^① bbl 为美石油桶。

高温高压电动潜油离心泵性能检测试验流程

扶正器、测温测压装置、潜油电机、保护器、泵吸入口或分离器、电缆护罩、潜油泵、潜油电缆、单流阀和泄油阀；地面部分主要有井口装置、接线盒、地面电缆、控制系统和变压器。

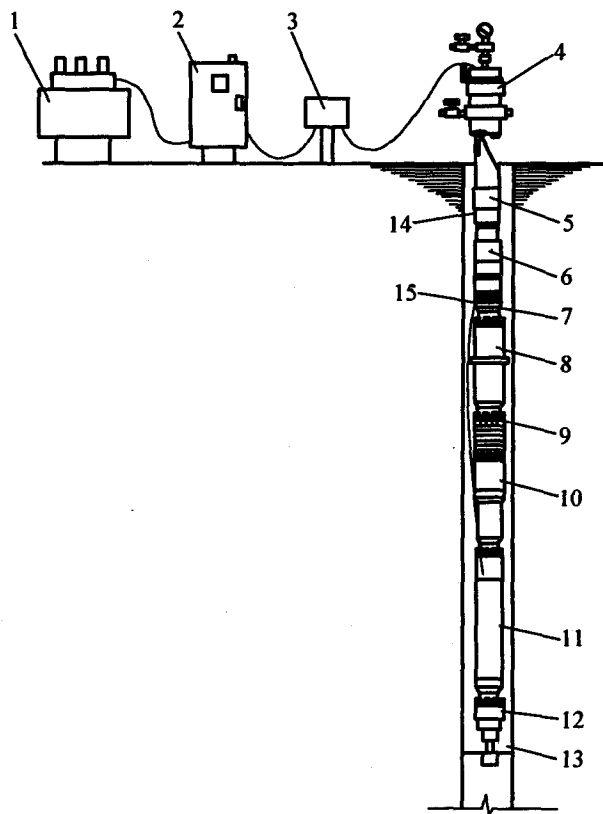


图 1-1 潜油电泵机组工作示意图

1—变压器；2—控制系统；3—接线盒；4—井口；5—泄油器；6—单流阀；
7—泵出口接头；8—潜油离心泵；9—油气分离器；10—电机保护器；11—
潜油电机；12—测温测压装置；13—扶正器；14—大扁电缆；15—小扁电缆

潜油电泵机组定频驱动方式管柱组成见图1-2。井下部分(自下而上)主要有扶正器、测温测压装置、潜油电机、保护器、泵吸入口或分离器、电缆护罩、潜油泵、潜油电缆、单流阀和泄油阀；地面部分主要有井口装置、接线盒、地面电缆、降压变压器、变频器、升压变压器。

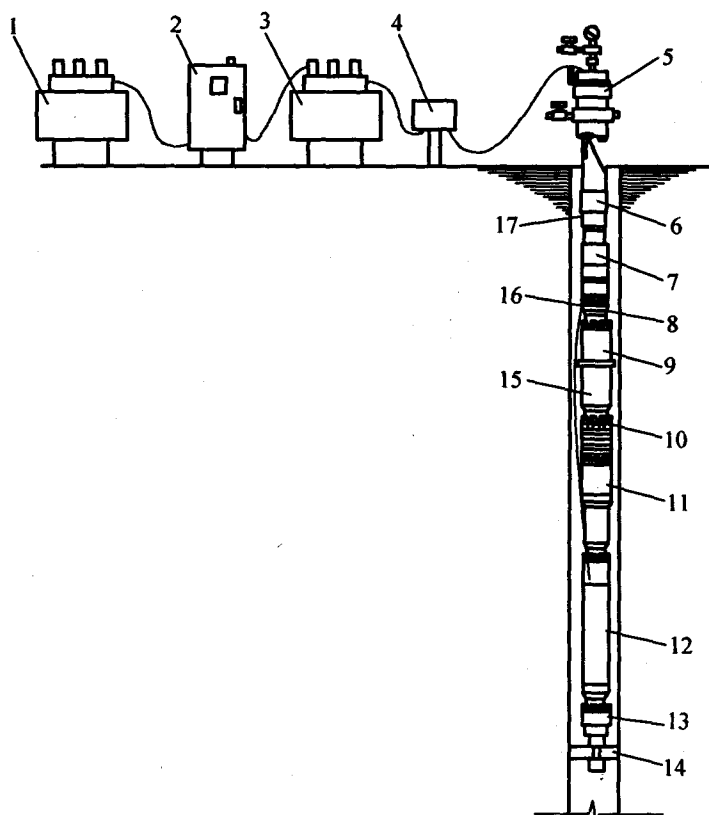


图1-2 潜油电泵机组变频驱动方式管柱组成

1—降压变压器；2—变频器；3—升压变压器；4—接线盒；5—井口装置；6—泄油器；7—单流阀；8—泵出口接头；9—潜油泵；10—油气分离器；11—保护器；12—潜油电机；13—测温测压装置；14—扶正器；15—电缆护罩；16—小扁电缆；17—大扁电缆

1.2 潜油电泵机组各组成部件的作用及特点

1.2.1 潜油泵

潜油泵是一种多级离心泵,在油井中潜油电机将机械能传递给潜油泵,潜油泵内的叶轮高速旋转,将原油从井中抽送至地面集油系统。潜油泵作为一种重要的机械采油设备,在国内外油田都得到了广泛的应用和发展。

潜油泵是潜油电泵机组中的工作机,井下液体是被潜油泵举升到地面的,原理与地面使用的普通离心泵基本相同。潜油泵由多级叶轮、导壳组成,叶轮、导壳的结构形式决定潜油泵的排量,叶轮、导壳的级数决定潜油泵的扬程和所匹配的潜油电机的功率。

潜油泵是由多级组成的,其中每一级包括一个固定的导轮和一个可转动的叶轮。叶轮的型号决定了泵的排量,而叶轮的级数决定了泵的扬程和电机所需的功率。叶轮有固定式和浮动式两种。浮动式叶轮可以轴向窜动,每级叶轮产生的轴向力由叶轮和导轮上的止推轴承承受。整泵所产生的轴向推力由保护器中的止推轴承承受。固定式叶轮固定在泵轴上,既不能轴向窜动,也不能靠在导轮的止推垫上。叶轮及压差所产生的全部推力,都由装在保护器内的止推轴承承受。

潜油泵在使用中应完全浸没在被抽汲的液体中,使潜油泵内首先充满液体,当机组启动后,潜油电机带动潜油泵轴及轴上的叶轮高速旋转,叶轮的叶片驱使叶轮流道内的液体转动,这部分转动的液体依靠惯性在叶轮叶片的作用下向叶轮外缘流去(这一过程就像转动淋湿的雨伞,水滴沿雨伞的外缘抛出一样)。由于液体流动的连续性,这部分向叶轮外缘流动的液体填充流向叶轮外缘液体所占有的空间。在这一过程中,叶轮的液体绕流叶片,在绕流运动中液体作用一个升力于叶片,反过来叶片以一个与升力大小相等、方向相反的力作用于液体,这个力对液体做功,使液体得到能量而流出叶轮。这时液体的动能与压能均增大。流出叶轮的液体直接进入导壳的压出室,压出室把这部分液体收集起来,适当降低液体的流动速度,将部分动能转化为压能后,再将这部分液体引入导壳的吸入室,供下级叶轮抽汲。这样液体逐级流过泵内所有的叶轮、导壳,每流过一级叶轮、导壳,其压能就提高一

次。经过逐级压能叠加后,在潜油泵的出口处就获得一定的能量增值,即产生一定的扬程,从而达到抽送液体的目的。

潜油泵是安装在油井中并浸没在井液里的多级离心泵,由于受到油井套管尺寸的严格限制,潜油泵外径尺寸很小。适用于 $5\frac{1}{2}$ " 油井套管的潜油泵外径尺寸一般为 86~102 mm。适用于 7" 以上油井套管的潜油泵外径尺寸一般为 130 mm 以下,部分潜油泵外径为 138 mm,目前潜油泵最大外径已达到 143 mm。

由于各油田和各地区油井的深浅不一,要求潜油泵的扬程范围很大,目前常用的潜油泵扬程一般为 800~3 000 m。潜油泵由于径向尺寸受到严格限制,泵内叶轮的直径比较小,适用于 $5\frac{1}{2}$ " 油井套管的潜油泵每级叶轮所产生的扬程一般为 3~7 m。适用于 7" 以上油井套管的潜油泵扬程一般为 6~11 m。潜油泵的扬程 H 为各级叶轮扬程 h (也叫叶轮单级扬程) 之和。

$$H = z \cdot h \quad (1-1)$$

式中, z ——叶轮的级数。

在目前常用潜油泵的叶轮级数一般为 150~450 级,这种特殊性质决定了潜油泵的外尺寸又细又长。由几百级叶轮组成的一台泵,其总长度一般为 4~35 m。这样长的泵轴和泵体在制造加工上有很大困难,也不便于组装、运输及施工。所以潜油泵一般采用分解装配。每节长一般为 1~7 m。每台泵一般由 1~5 节组成。在下井施工中,每节泵之间利用泵接头的法兰连接(法兰接口处用橡胶密封圈密封),而泵轴与泵轴之间用花键套连接。目前适用于 $5\frac{1}{2}$ " 油井套管的潜油泵排量为 30~700 m³/d,潜油泵效率一般在 40%~65% 之间。适用于 7" 油井套管的潜油泵的排量为 200~1 200 m³/d。潜油泵效率一般在 55%~74%。

对潜油泵来说,其适用温度主要取决于潜油泵的橡胶密封件和止推垫片材料的适用温度。在潜油泵中,各密封部位均采用 O 形密封。我们知道,橡胶制品对温度特别敏感,严格受到温度限制。在目前使用的潜油泵中,对于井温低于 90 ℃ 的油井, O 形密封圈一般采用丁腈耐油橡胶。叶轮上的止推垫片一般选用酚醛层压玻璃布板。对于井温高于 90 ℃ 的油井, O 形密封圈采用耐高温的氟橡胶,但氟橡胶的适用温度一般不超过 170 ℃,叶轮上的止推垫片一般选用 F4 聚苯,这种材料的适用温度约为 150 ℃,因此,潜油泵的适用温度大都在 150 ℃ 以下。但随着新型保温材料的不断革新以及潜油泵生产技术上的不断进步,一些适用于更高温度的

潜油泵已相继问世,目前,潜油泵的最高使用温度已达到 180 ℃。

1.2.2 分离器

对于含气井而言,井液在进入潜油泵之前,要先通过油气分离器进行气液分离,以减少气体对潜油泵工作性能的影响。目前,分离器的基本结构形式有两种,一种是旋转式分离器,另一种是沉降式分离器。潜油电泵机组在工作中,气液混合液进入分离器并被分离后,气体进入套管与油管的环形空间,液体被引入潜油泵中。

自由气进入离心泵后,将使泵的排量、扬程和效率下降,工作不稳定,而且容易发生气蚀损害叶片。因此,常用气体分离器作为泵的吸入口,以便将气体分离出来。按分离方式不同,分离器可分为沉降式和旋转式两种类型。

沉降式分离器是靠密度不同进行油气分离的,其效果较差。当吸入口气液比小于 10% 时分离效率最高只能达到 37%,而当吸入口气液比大于 10% 时分离效率将会大大下降。因此,沉降式分离器适合于低气液比($< 10\%$)的井。

旋转式分离器是靠旋转时产生的离心力进行油气分离的,分离效果较好。它可在吸入口气液比低于 30% 的范围内使用,其分离效率可达 90% 以上。但是如果油井含沙,则沙子随液体在壳体内高速旋转,将使壳体内壁受到严重磨损,甚至将壳体磨穿而断裂,使机组掉入井下。因此,旋转式分离器可在含气较高的井中使用,但只适用于低含沙井。

1.2.3 保护器

保护器主要是保护潜油电机的,最终目的是阻止井液进入潜油电机。保护器是电泵机组正常运转不可缺少的重要部件之一。根据结构和作用原理不同,可将其分为连通式、沉降式和胶囊式三种类型。虽然不同类型保护器的结构和工作原理不同,但其作用是基本相同的,保护器在潜油电泵机组中主要有以下四个作用:

(1)密封潜油电机轴的动力输出端,防止井液进入潜油电机;

(2)在电泵机组启停过程中,为电机油的热胀冷缩提供一个补偿油的储藏空间。由于保护器的充油部分与一定允许压力的井液相连通,故可平衡电机内外腔压力。保护器的充油腔体与油井相连通,从而平衡潜油电机和保护器中各密封部位两端的压差,当潜油电机因温度升高而使润滑油体积膨胀时,润滑油可通过保护

器溢出;当潜油电机因停机,温度下降时,保护器可向潜油电机补充润滑油;

(3)内设一个推力轴承,承受作用在泵轴、分离器轴和保护器轴传递下来的轴向力,通过连接电机驱动轴与泵轴,起传递扭矩的作用;

(4)保护器内的止推轴承可承受泵的轴向力,连接潜油电机轴与泵轴(或分离器轴),连接潜油电机壳体与潜油泵壳体(或分离器壳体)。

1.2.4 潜油电机

潜油电机是潜油电泵的动力机,它驱动潜油离心泵举升地下的井液。潜油电机是交流异步电动机,结构与普通异步电动机基本相同;但是为了适应潜油电泵特殊的使用环境(潜油电泵是在井下套管中运行,其环境温度较高,外部环境压力大,一般为 10~50 MPa;工作介质除原油外,还有水、天然气、沙等),这种专用电动机除具有普通异步电动机的基本结构外,还有其特殊的结构。

潜油电机之所以选择异步电动机,是因为异步电动机和其他各种电机相比,其结构简单,同时这种电机制造方便、运行可靠、效率较高。此外,其质量与同容量、同转速的直流电机相比,约为直流电机的一半;加之油井这一特殊条件的限制,故选用异步电动机。但是,异步电动机也有一些缺点,主要是:不能经济地在较大范围内实现平滑调速,且必须从电网吸取滞后电流,致使电网的功率因数变差。

在潜油电泵机组中使用的电机为二级三相鼠笼式异步电动机,是潜油电泵机组的动力源。该机组在 50 Hz 频率下工作时,转速为 2 900 r/min 或 2 880 r/min;在 60 Hz 频率下工作时,转速为 3 480 r/min 或 3 456 r/min。

潜油电机工作原理与普通异步电动机相同,但是它具有自己的结构特点。潜油电机主要是由细长的固定部分和旋转部分组成,整个外形像一个细长的钢管。固定的部分叫做定子,旋转的部分叫做转子。转子装在定子腔内,由扶正轴承支撑,彼此之间的空间叫做气隙。此外还有上下接头及止推轴承等。

由于潜油电机要下到油井套管内驱动潜油泵举升井液,它的外径受到了油管尺寸的严格限制。因此,潜油电机在外径受限制的前提下,为了保证电机有一定的负载能力,使其有足够的输出功率,只能靠增加电机的长度,使之向细长方向发展,最长的潜油电机可达 10 m 以上。

根据油井产量、扬程、温度、井液黏度及不同规格的套管,可选用不同功率、直径的潜油电机。

潜油电机工作电压一般为 400~2 500 V, 电流为 30~120 A。电机功率与电机长度成正比, 单节电机长度最长不超过 10 m, 电机可串联使用, 串联方式采用内插式结构, 轴连接采用花键连接。

1.2.5 潜油电缆

潜油电缆作为电泵机组输送电能的通道部分, 长期工作在高温、高压和具有腐蚀性流体的环境中, 因此, 要求潜油电缆具有较高的芯线电性、绝缘层的介电性、较好的整体抗腐、耐磨以及耐高温等稳定的物理化学性能。

潜油电缆包括潜油动力电缆和潜油电机引接线。动力电缆分为圆电缆和扁电缆两种类型, 如图 1-3, 而电机引接线只有扁电缆一种。井径较大者用圆电缆, 井径较小者可用扁电缆。

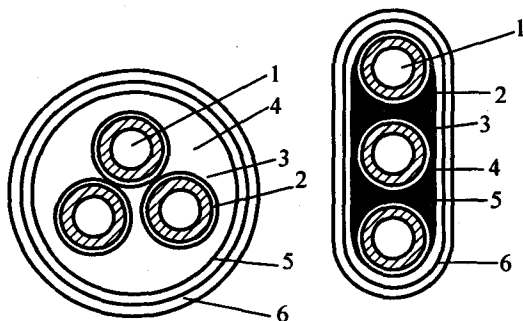


图 1-3 电缆结构示意图

控制系统是对潜油电泵机组的启动、停机以及在运行中实

行一系列控制的专用设备, 可分

为手动和自动两种类型。它可随时测量电机的运行电压、电流参数, 并自动记录电机的运行电流, 使电泵管理人员及时掌握和判断潜油电机的运行状况。控制系统通常具有如下功能:

- (1) 为防止短路烧坏电机, 提供短路速断保护;
- (2) 欠载时实际排量将小于设计排量, 电机将因工作时产生的热量不能全部散发而烧坏, 因此控制系统提供欠载保护;
- (3) 过载时超负荷运转容易烧坏电机, 因此控制系统还提供过载保护;
- (4) 潜油电泵不允许反转, 因此三相电机的相序要正确, 对此控制屏提供了相序保护;
- (5) 控制屏还设有延时再启动装置, 对于间歇生产的井实行自动延时再启动控制。

1.3 潜油电泵机组的工作原理及特点

1.3.1 潜油电泵机组的工作原理

潜油电泵机组以电能为动力源,电网电压首先经过变压器降压后,输入到变频器中,经过变频器变换至所需的电源频率后,输入到升压变压器,将电压提升到电机所需电压,通过潜油电缆将电能传输给潜油电机,潜油电机将电能转换为机械能,带动潜油泵高速旋转。潜油泵中的每级叶轮、导壳使井液压力逐步提高,在潜油泵出口处达到潜油泵要求的举升扬程,井液通过油管被举升至地面,再通过地面管线传输至地面集输系统。

1.3.2 潜油电泵机组的特点

潜油电泵机组有以下特点:

- (1)排量范围大;
- (2)扬程高;
- (3)可以根据产液变化要求进行变频调速;
- (4)地面设备占用面积和空间小,适用于海上平台;
- (5)使用寿命长;
- (6)便于管理;
- (7)适用于斜井、水平井。

1.3.3 潜油电机的工作原理

潜油电机的工作原理同普通的异步电动机的工作原理一样,是通过一种旋转磁场借助感应作用在转子绕组内所感生的电流相互作用,以产生电磁转矩来实现拖动作用的。在电机中实现能量交换的前提是产生一种旋转磁场。潜油电机的定子装有三相对称的绕组,当接至三相交流电源时,流入定子绕组的三相对称电流就将在电机的气隙内产生一个以同步转速 n_0 旋转的旋转磁场。当转子导体被旋转磁场的磁力线切割时,导体内产生感应电势,在转子回路闭合的情况下,转子导体

中就有电流流通。假如不考虑导体中电势和电流的相位差,那么电流的方向就与电势的方向相同。我们知道,载流导体在磁场中会受到电磁力的作用。转子上各导条都受到逆时针方向的电磁转矩的作用,因而转子跟着磁场逆时针方向转动,其转速为 n_0 。如果转子与轴端负载相连,则转子受到的电磁转矩将克服负载转矩而做功,从而实现了将电能转化为机械能的能量转换过程。这就是潜油电机的工作原理。

1.4 潜油电泵机组试验基本内容

1.4.1 潜油电机空载试验

潜油电泵机组在出厂之前必须进行潜油电机的空载试验,其目的一方面是检查潜油电机的各项指标是否达到规定要求,另一方面测出潜油电机在空载时消耗的功率,以便计算潜油泵的效率。

1.准备工作

在进行潜油电机的空载试验之前,应做好各项准备工作,以保证试验工作的顺利进行。

- (1)对潜油电机用润滑油做交流耐压试验;
- (2)准备好试验用仪表及工具;
- (3)打开潜油电机包装箱,按规定检查其外观质量;
- (4)根据潜油电机铭牌上的额定电压,选择电压挡位,检查电源线路(必须切断电源)。

2.机组连接

(1)将电机吊卡夹紧在电机头部规定位置上,卸掉上护盖,盘轴应轻便灵活,将电机吊起,坐在井口上;

(2)将电缆头护盖打开,更换 O 形密封圈,测量对地绝缘电阻、相间绝缘电阻和三相直流电阻。将电机头处电缆插座护盖周围擦干净,卸去电缆插座护盖,擦洗干净,测量对地绝缘电阻,相间绝缘电阻和三相直流电阻,将测得数据填写在实验记录上;

(3)将电机从试验井口吊起,卸去电机尾部注油阀丝堵,连接上注油嘴,注油速度要缓慢,至电机上部出油后,停止注油,卸下注油嘴,更换新铅垫,拧紧丝堵,缓慢放下电机至井口;

(4)对于插接式电缆头,应按其插座方向插入电缆头座,对称均匀拧紧两边螺钉,对于缠绕式电缆头,拉出电机内的三相引线,先连接一相。用鱼尾钳夹住这一相引线,对准电缆头的一相用手钳轻轻敲打鱼尾钳,使其插到引线中去。用聚四氟乙烯 1/2 搭接,从下向上来回绕包,最后在电机引线处打结系扣。用相同绕包方法绕包另外两相引线。然后再用白布带 1/2 搭接绕包,将绕包完的引线推进电机头内,对称均匀拧紧两边螺钉。测量连接后的对地绝缘电阻,相间绝缘电阻和三相直流电阻;

(5)在电机头连接处安上油杯并注满电机油。在井口法兰孔内插上防转销。将电缆按编号标记接到接线盒上。认真检查一遍电气线路;

(6)合上电源闸刀,按下启动按钮。注意观察电流、电压等参数是否正常。注意油杯中的存油量,若油面下降,应及时向杯中注油,保证止推轴承始终浸在油中。

(7)电机连续运行 30 min 后,开始记录三相电流、三相电压、输入功率、电源频率及转速,在切断电源的同时测量电机的滑行时间。

(8)拆去电缆,把电源头安上护盖,卸去电机尾部注油阀丝堵,用清洁的量杯从注油阀处取出电机内部的电机润滑油样品,测试油样的绝缘强度。

(9)检查电机有无局部过热等异常现象。

(10)整理电机空载试验报告。

1.4.2 潜油电泵机组试验

潜油电泵机组出厂试验一般用配套电机带潜油泵试验,也可采用标准电机带潜油泵试验。若采用配套电机试验,则应先做电机的空载试验。

1.准备工作

(1)对潜油电机用润滑油做交流耐压试验;

(2)准备好试验用仪表及工具;

(3)打开机组包装箱,检查机组外观质量;

(4)将机组编号及铭牌上的有关数据填写在试验记录上;

(5)根据潜油电机铭牌上的额定电压选择电压挡位,检查电源线路(必须切断