

湿式全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构的设计与应用

徐凯

合肥盛亚电机水泵有限公司

【摘要】湿式全贯流潜水电泵一般都是卧式推力自耦或卧式闸门安装，立式或斜拉式安装也大都为入口安装滤头，出水口连接拍门或出水管道等结构。本文讨论一种湿式潜水全贯流泵在钢制井筒中立式安装的结构。此种结构是全贯流潜水电泵耦合在井筒内支撑环筋上，电泵耦合法兰（带止口）与井筒环筋之间用“O”型密封圈密封，环筋连接着井筒落地承重（井筒外壁可用法兰与地面辅助固定）。跟常规潜水轴、混流电泵的钢制井筒安装方式类似，但在具体结构上有区别。

【关键词】湿式全贯流潜水电泵；钢制井筒立式安装；全贯流潜水电泵安装系统

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.824

一、湿式全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构的基本构成

本结构涉及一种湿式全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，该结构包括：湿式全贯流潜水电泵；配套潜水电泵的耦合法兰（带止口）及橡胶密封圈；钢制井筒内支撑环筋；钢制井筒外电缆固定装置；钢制井筒安装系统（含井盖、钢制三通上段、带防转装置的井筒中段及带内支撑环筋的落地井筒下段）。在此安装系统中，湿式全贯流潜水电泵立式耦合在钢制井筒内支撑环筋上，依靠电泵上耦合法兰的止口耦合限位，且两耦合法兰面之间用“O”型橡胶密封圈来密封，依靠电泵自重将法兰上密封圈压紧来防止泄露（此结构与潜水轴、混流电泵在井筒安装系统中的座环与导叶体耦合密封原理相同）。钢制井筒内支撑环筋的下方圆周上焊接加强竖筋，并与筒体及落地法兰焊接成整体，这样可以增加整个安装系统的强度及稳定。

湿式全贯流潜水电泵的工作原理和结构：是将轴流式叶轮内置于三相交流异步电动机的转子内腔，由定子绕组接通三相电源而产生圆周磁场，场中的磁力线切割转子铁芯上的鼠笼铜条，导致铜条中产生感应电势和感应电流。此感应电流与定子绕组产生的磁场相互作用而产生旋动力，此力带动与转子铁芯连为一体的轴流式叶轮旋转，从而对叶片周围的水流做功，使得水流被叶片推动而加速流动。

二、湿式全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装形式及密封结构的特征

1. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：全贯流潜水电泵整体立式落入钢制井筒下段的内支撑环筋上，因泵的自重使得配套电泵的耦合法兰（带止口）及密封圈牢固的贴合在井筒内支撑环筋上，其中电泵耦合法兰上所带的止口是限位和定位电泵在钢制井筒中的耦合位置。

2. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：全贯流潜水电泵的动力电缆从电泵导叶体与电机连接的法兰处开孔出线，并在此处固定电缆。在导叶体法兰适当位置处开电缆槽口，在井筒合适位置开电缆出线孔、焊接电缆出线座并引出电缆，在出线座处用专用密封装置结构密封出线。

3. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：井筒上端法兰连接带橡胶密封圈的井盖；出水三通管连接过墙管或伸缩节。

4. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：为提高安装系统的装置效率，可在井筒上段（三通位置）焊接一块节能弧板，弧板上边沿与出水三通管上沿等高，其余弧边等间隙焊接于圆柱井筒内壁。弧板将井筒中垂直方向上升的水流平缓引导成水平方向进入三通出水管中，以此来减小流道效率的损失而提高装置效率。

5. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：在井筒中段至井筒下段内支撑环筋上部设置两根或适合数量的防转槽钢，以此来防止受向上水反推力抵消电泵自重而将电泵顶起转动，进而拉扯电缆造成伤害。

6. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：潜水电泵所采用的绕组线是特质的耐水绕组线，此种耐水线可以长期浸没在水中且能保持安全工作，此线内芯是单股或多股铜芯线，外包半导体屏蔽层和交联聚乙烯主绝缘层等构成。

7. 此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构，其特征是：电泵的轴是固定不动的，转子铁芯带动叶片、轮毂及轮毂内腔的轴承外圆转动，而轴上的轴承内圈与轴相对静止不动。此种结构的轴不传递扭矩，不会有断轴故障。

三、湿式潜水全贯流泵在钢制井筒中立式安装形式的研究背景

目前，常规井筒式安装系统配备的是干式潜水电机，此种结构的潜水电机防护等级需要达到IP68，这样对潜水电机各结合处的密封要求非常高，若密封不好或密封件老化、损坏则电机遭泄露进水后，会受传感元件保护而报警或自动停机。此时则必须返厂经专业维修后才能继续使用。而全贯流潜水电泵是完全浸入并与外界水连通的敞开式潜水电泵，不存在因密封不好而导致电泵无法使用，其绕组也是专用耐水线，长期浸泡在水中也不会渗水、漏电。

湿式潜水电泵一般是小流量、中高扬程的离心式叶轮泵：QJ、QT型井用潜水电泵、QS型充水电泵和QKSG型矿用潜水电泵。这些类型的湿式潜水电泵一般都是在整泵装配完成后，打开机座上的排气和注水孔，用特制注水工具向电机腔内注满蒸

馏水或洁净水,然后旋紧密封注水口和排气孔。此类产品的结构细长比较复杂,而且电泵的防护等级也要达到IP68,且较难在井筒安装系统中安装与使用。此类充水式潜水电机不是与外界连通的流动水直接冷却定子绕组的,而是绕组通电后产生的热量散发在密闭的定子腔内部水中,只是依靠电机内部的密闭水传递热量以及依靠机座外壳壳体导热来降低电机内的温度,故需要在电机腔内设置水位电极和绕组测温传感器等监测元件。

特别在一些老泵站改造时,需将原潜水轴、混流电泵或传统立式轴、混流泵更换成能满足原使用条件或更高使用条件的潜水泵。而又受泵站初建时的建设条件:起吊重量或安装起吊高度等因素限制,常规潜水轴、混流电泵的重量超过现场起吊设备的安全起吊载荷;或潜水电泵的起吊高度超过起重设备所能起吊的条件。全贯流潜水电泵与同规格潜水轴、混流电泵在性能参数方面基本相同;但在结构和重量方面比常规潜水轴、混流电泵要小三分之一以上,所以更适合此类旧泵站的替换改造要求。

四、湿式潜水全贯流泵在钢制井筒中立式安装形式的应用优势

基于以上技术背景,为解决上述现有的情况、简化整个潜水电泵的安装系统:本文的目的在于提出“湿式潜水全贯流泵在钢制井筒中立式安装及密封结构”。

为了达到上述目的,本文所提供的技术方案是:湿式潜水全贯流泵在钢制井筒中立式安装及密封结构。该装置由湿式全贯流潜水电泵、配套潜水电泵的耦合法兰及密封圈、钢制井筒安装系统、井筒内支撑环筋和井筒外电缆固定装置组成。

全贯流潜水电泵的电机腔是与外界水连通的,其绕组线圈浸泡在连通外界水中,电机定、转子在运行过程中所产生的热量,能及时、有效地被工作水流带走,冷却充分,电机内的温度很低,仅仅比工作环境的水流温度高约 10°C 左右。这一特性彻底杜绝了电机运行中,定、转子因冷却散热不充分而造成电机的温度过高,引起定、转子膨胀相擦这一关键故障。同时因为连通外界环境水,所以不需要在定子绕组端设置监测绕组温度的传感元件了;电泵轴承运转时产生的热量经叶轮毂传递至轮毂表面也被泵送水流给带走,不需要设置轴承测温元件;因满足一定的淹没深度,故电机腔内不会有缺水现象。即整机无需布置控制电缆。

全贯流潜水电泵的叶轮外圆焊接在转子铁芯内腔,叶轮内圆固定在轮毂外圆上,其转轴在轮毂腔内,电机运行所产生的工作扭矩直接通过转子铁芯传递到叶轮上,不经过转轴传递,故不会出现断轴的现象。同时根据全贯流潜水电泵的结构,其转轴相比同规格潜水轴、混流电泵的转轴短一半以上,转轴上轴承间跨度也大大缩短了,从而提高转轴的刚度,减小了转轴的挠度,也进一步降低了因为挠度过大而引起定、转子相擦的故障发生。叶轮叶片的内、外圆均刚性焊接固定在转子铁芯内圆及叶轮毂外圆上,与轮毂及转子铁芯间均不存在间隙,这样提高了叶片的强度,也消除了叶片外边沿的间隙汽蚀。

普通潜水轴、混流电泵的叶片只有内圆固定在叶轮毂上,

外圆与叶轮外壳间有间隙,其为了提高悬臂梁方式的刚度,通常采用叶片根部加厚的方法,这样的方式会影响叶轮的水力性能,而且叶片根部的间隙也会产生汽蚀。这是因为泵送液体在叶片的工作面和背面压差的作用下,沿着外缘间隙从工作面向背面的方向窜流,这样的高速绕流引起的压力降会产生汽蚀。此种汽蚀是无法消除的,无论是提高叶片的材质强度,还是提高装置的抗汽蚀能力,如增加淹没深度等措施均不能消除,只能通过减小叶轮与叶轮外壳之间的间隙来降低汽蚀。

全贯流潜水电泵的结构短凑,不存在后置灯泡式结构,也不存在电机水力绕流损失,故整机的装置效率高。全贯流潜水电泵的水流流向:工作水流在吸水室被吸入,经叶轮旋转加压后,沿着导叶体导向后被排出。这样直进直出的水流流向方式配上合理的流道设计,可使得流道效率比普通潜水轴、混流泵流道效率高约10%左右。

五、结束语:

由上述内容可知,此种全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构是将湿式潜水全贯流电泵应用到常规干式电机的立式井筒安装系统上,简化了安装系统里泵的结构。又因全贯流潜水电泵为湿式潜水电泵,故不存在密封泄露的问题,也无需在电泵各处设置测温传感元件,取消了控制电缆的使用。同时全贯流潜水电泵全淹没式运行,降低了噪声,且只需在轴承腔内装少量的润滑脂来润滑轴承即可,对环境水体污染小,噪声污染也很小,属于环保类产品。

全贯流潜水电泵在钢制井筒中立式安装及密封结构可使水泵在水下运行时,电机连通环境水自行补水和带走电机内部运行产生的热量。全贯流潜水电泵及其配套的钢制井筒式安装系统整体结构简单、制造方便,对泵站土建要求低,节约了维护成本,并且简化了潜水电泵的安装系统。具有极大的实用性意义,故推广价值很高。

参考文献:

- [1]胡济明.论潜水泵在给排水工程中的应用[J].中南水力发电,1998(3):2.
- [2]刘涛.潜水泵在给水处理工程中的应用[J].中国城镇供水,1998(5):3.
- [3]陈允中.泵手册(第三版)[M].北京:中国石化出版社,2003
- [4]严登丰.泵站工程[M].北京:中国水利水电出版社,2005.
- [5]柴立平.泵选用手册[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [6]魏龙.密封技术(第二版)[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [7]关醒凡.现代泵理论与设计[M].北京:中国宇航出版社,2011.
- [8]关醒凡.大中型低扬程泵选型手册[M].北京:机械工业出版社,2019.