

油田柱塞式注水泵润滑系统改造推广应用

印士涛（中国石油青海油田分公司地面集输工程公司，甘肃 敦煌 736202）

聂 斌（中国石油青海油田分公司设备管理部，甘肃 敦煌 736202）

赵 宇（中国石油青海油田分公司井下作业公司，甘肃 敦煌 736202）

摘 要：本文以油田注水泵使用现状为背景，针对油田注水介质由清水已转为清污混注或采出水回注，注入介质中含有大量的化学药剂，pH 值呈现酸性，具有较强的腐蚀性及结垢性，导致油田注水设备磨损及腐蚀严重，尤其是注入污水中还含有杂质颗粒，密封填料的有效使用期急剧缩短，设备维修费用和现场员工劳动强度大幅增加。分析其异常磨损的主要原因是现有注水泵柱塞缺少良好的润滑。本文通过对油田采用的各种柱塞润滑方式进行分析，认为近年来发展起来的自动油气润滑系统，具有一定的推广应用前景，对解决油田注水泵润滑问题具有较大的技术借鉴意义。

关键词：注水泵；柱塞泵；润滑；推广应用

1 注水泵柱塞润滑现状

油田开发进入中后期，受到地质条件影响，勘探开发区域逐渐向埋藏深、渗透性差方向发展，注水开发已成为油田稳产、增产的重要措施。注水泵作为油田注水的关键设备，主要有离心式和柱塞式两种形式，其中柱塞式注水泵的排出压力和系统效率均高于离心式注水泵，更适用于低渗、注水压力高及中低渗透或断块油田。油田现阶段均采用柱塞式注水泵注水采油。

随着油田注水量大幅度增加，注水介质由清水逐步转向清污混输或完全是采出水回注。由于采出水具有高矿化度、含砂、含腐蚀介质、含杂质颗粒等特性，油田目前大部分原有柱塞式注水泵的柱塞无强制润滑装置，柱塞及密封填料的润滑和冷却主要依靠注入介质润滑和冷却。随着注水泵工况和介质发生变化，柱塞的润滑效果变差，磨损及腐蚀越发严重，柱塞和密封填料的使用寿命由原来清水介质的 30 天左右缩短到 7 天左右。注水泵的异常磨损导致注水泵日常的维修量和维修成本急剧增加。因此寻找一个合理的解决方案，提高和改善油田注水泵易损件寿命，保证注水泵的完好，提高注水效率，是设备管理过程中急需解决的技术问题。

2 油田老旧注水泵柱塞润滑解决方案

现阶段油田使用的柱塞式注水泵柱塞大多没有强制的润滑装置。为解决柱塞润滑问题，现场采用了以下方法来解决柱塞和填料润滑的问题：

①人工滴油。人工不定时的用油壶往柱塞上滴入一些机油。因不能长时间持续，效果不佳，且有较大的安全隐患，不提倡。

②漏斗滴油。将置于高处油桶中的机油用 1 根钢管线引至柱塞上方，开小孔后靠重力缓慢滴至运行中的柱塞表面。此方法简单经济，但各漏点的油量不均匀，时间及间隔无法控制，落入点是随机的，并且油滴落入高速往复运动的柱塞表面后，瞬间被盘根端面冲击后大部分飞走了，润滑效果不好。

③利用注油泵注油。采用带分配器的注油泵注油至柱塞表面。该方法相比以上两种方法的好处是分油精确，控制器设定后可控制注油的量及间隔时间。但同样存在油滴被盘根撞击飞走的情况。（如图 1 所示）

④在泵头上加工润滑油道。在泵体上加工注油孔和排污孔，利用分配器注油至柱塞表面。解决了油滴被盘根撞飞的问题，但柱塞表面难以形成油膜，润滑效果较差。此外在泵体上加工打孔，工作量大，加工精度较差，且存在泵头强度减弱，泵体开裂的风险。（如图 2 所示）

油田各单位柱塞式注水泵采用以上润滑措施，对柱塞和填料的使用寿命较短的问题有一定程度的缓解，但效果不明显，无法从根本上解决，因此找到一种有效的柱塞润滑的措施，是解决注水泵频繁检修的关键。

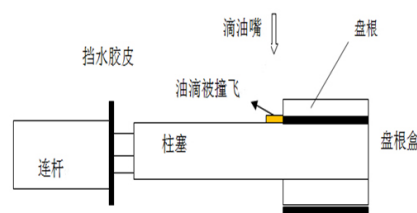


图 1 油滴被盘根击飞示意图

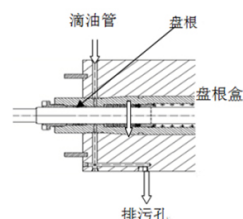


图 2 在泵头打孔加工润滑油道

3 自动油气润滑系统方案

3.1 工作原理

自动油气润滑系统是一项较为先进的润滑方式，由空压机、变压器、程序控制器、气动泵、递进式分油器、油气混合阀、空气过滤两联件、过滤调压阀、电磁阀、箱体及管路附件等组成。当润滑油和压缩空气在油气混合阀中混合形成油气流后，连续流动的压缩空气在油气管道中间高速向前流动。在压缩空气的作用下，润滑油以油膜形式粘附在管壁四周，并以缓慢的速度向前移动，在行将到达油气流出口时，油膜变得越来越薄，且连成一片，最后以极其精细的连续油滴流喷射到润滑点（如

图3)。

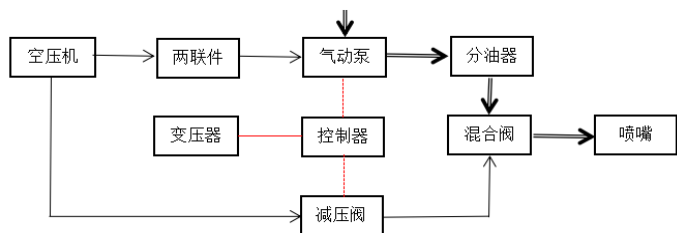


图3 工作原理示意图

3.2 优点

①润滑剂利用率高、耗油少，供油精确；②油品粘度范围很宽，因而对油品要求不高；③油膜承载能力大；④易实现机电自动化控制；⑤喷出的高速空气流具有冷却及清理功能。⑥机械运动部件少，故障率低；⑦节能环保。

4 现场应用与效果

4.1 现场应用情况

2020年油田某作业区在2台注水泵上改造应用了该自动油气润滑系统（图4）。自动油气润滑系统CK-2程序控制器采用24V直流电供电，根据用户需要设定好喷油周期及工作次数，到时间后系统启动，CK-2控制器同时接通气动泵进口和调压过滤器出口的电磁阀，气动泵开始工作，将打出的油通过递进式分油器和管路输送到油气混合阀，与同时进入阀中的压缩空气混合后沿管壁前行至喷嘴，最终以连续的微小颗粒喷到运行中的柱塞表面（如图5）。递进式分油器周期开关工作1次，油气混合阀所有出口均排油气1次。



图4 自动油气润滑系统的现场应用

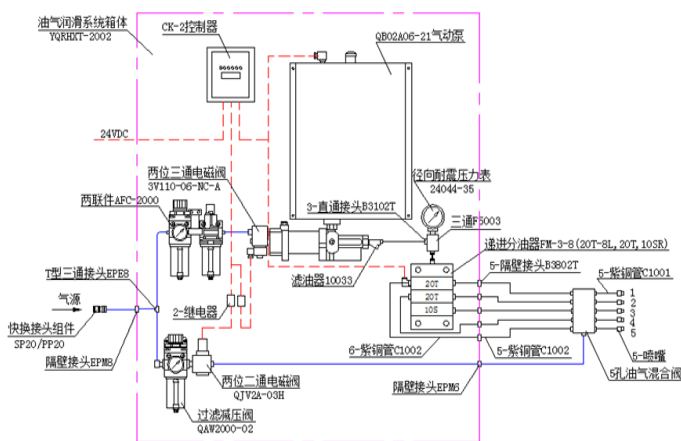


图5 电气运行示意图

4.2 应用效果

据统计，某作业区2台注水泵改造应用后，1#注水

泵盘根使用寿命从原来的3天更换一次延长至20天更换一次，柱塞由原来的92天更换一次延长至184天更换一次；2#注水泵由原来的5天更换一次延长至23天更换一次，柱塞由原来的106天更换一次延长至206天更换一次。具体数据详见表2。

表2 现场使用效果对比

使用地点	名称	型号	项目	润滑系统改造前使用寿命(天)	润滑系统改造后使用寿命(天)	延长倍数
油田某作业区	1#注水泵	5S100-15/25	盘根	3	20	6.67
			柱塞	92	184	2
	2#注水泵	5ZB-12/36	盘根	5	23	4.6
			柱塞	106	206	1.94

4.3 经济效益评价

假定1台注水泵1年有效运行时间为300天。润滑系统改造前，1#注水泵1年需要更换500个盘根，16根柱塞，2#注水泵1年需要更换300个盘根，15根柱塞；润滑系统改造后，1#注水泵1年需要更换75个盘根，8根柱塞，2#注水泵1年需要更换65个盘根，8个柱塞，大大减少了维修工作量（详见表3）。据统计，1#注水泵1年可节约修理费54750元，2#注水泵1年可节约修理费32850元，平均每台注水泵每年可节约修理费4.38万元。改造1台注水泵润滑系统费用约为3万元，注水泵运行1年节约费用就可以收回成本。

表3 注水泵改造前后年修理费对比

项目	1#注水泵年修理费(元)			2#注水泵年修理费(元)		
	盘根	柱塞	工时费	盘根	柱塞	工时费
改造前	5000	16000	50000	3000	15000	30000
改造后	750	8000	7500	650	8000	6500
节约	4250	8000	42500	2350	7000	23500
合计节约	54750			32850		

5 结论

油田某作业区2台注水泵自动润滑系统改造后，经过1年的运行试验，注水泵柱塞润滑效果有明显提升，柱塞和盘根的使用寿命明显延长，维修次数显著降低，大大降低了工人劳动强度，有效提高了注水泵的运行效率，可以在油田其他无强制润滑装置的柱塞式注水泵上推广应用。

参考文献：

- [1] 于博生, 翟尚江等. 石油天然气设备润滑手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2019.
- [2] 周世德, 姚文钊. 注水泵润滑油应用现状及发展趋势[J]. 石油工业技术监督, 2019, 33(4): 42-44.
- [3] 侯灿红. 浅谈油田柱塞式注水泵保护系统标准化[M]. 第十五届中国标准化论坛论文集, 2018, 716-721.

作者简介：

印士涛(1984-), 男, 汉族, 湖北洪湖人, 现就职于中国石油青海油田分公司地面集输工程公司, 机械工程师, 主要从事油田设备管理工作。