



中华人民共和国国家标准

GB/T 17387—1998

潜油电泵装置的操作、维护和故障检查

Recommended practice for the operation, maintenance and
troubleshooting of electric submersible pump installations



1998-05-18 发布



C9911988

1999-02-01 实施

国家质量技术监督局 发布

前 言

本标准等同采用美国石油学会采油设备标准化委员会 API RP 11S《电动潜油泵装置的操作、维护和故障检查推荐作法》(1994 年版)。

本标准的制定是为了更好的规范我国潜油电泵市场,使我国的电泵制造业、油田用户尽快与国际市场接轨,为吸收国外先进技术提供参考,为我国电泵业的标准化建设提供依据。

本标准对与标准技术内容无关的特别注释部分予以删除,如需要使用 API 会标和许可证的可参考原文。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由中国石油天然气总公司提出。

本标准由全国石油钻采设备和工具标准化委员会归口。

本标准起草单位:大庆石油管理局潜油电泵技术服务公司。

本标准主要起草人:梅思杰、黄秀明、谭成东、王维、马红梅。

本标准 1998 年 5 月首次发布。

API 前言

本标准属美国石油学会(API)采油设备标准化委员会管理。

本标准介绍了有关潜油电泵装置及其辅助设备的操作、维护和故障排除;提出了为满足潜油电泵装置的准则、规程和建议。

目前普遍认为,本标准对潜油电泵于成功操作是必需的。

本标准自印在封面上的日期起生效,但可按选购日期起参照使用。

目次

前言 Ⅲ

API 前言 Ⅳ

1 范围 1

2 操作 1

3 故障检查 3

4 维护..... 19

附录 A(提示的附录) API RP 11R 潜油电泵装置的安装..... 20

潜油电泵装置的操作、维护和故障检查

GB/T 17387—1998

Recommended practice for the operation, maintenance and
troubleshooting of electric submersible pump installations

1 范围

标准规定了构成一套标准潜油电泵装置的所有主要部件及其操作、维护和故障检查。
标准尤其适用于装在油管上的产油井和产水井内的装置。
标准不是为设备的选择和使用而编制的。

2 操作

2.1 启动前的检查

2.1.1 一定要完成出油管线的连接,使所有阀门包括可调节的油管阻流阀在内均具有适合的额定压力并安装正确。所有阀门均应处在正确的工作位置(根据情况,处在开启或关闭位置)。

注意:当环形空间内的流体到达地面时,油管上的主阀或翼形阀可能处在泵的最大排出压力之下。
因此,这些阀必须能够承受此压力。

2.1.2 检查无载电压、电位以及电流互感器的电流比是否正确,并根据制造厂或用户的技术规程调整欠载和过载继电器,使之达到正确的启动设定值。检查所有电源熔断器的规格是否适合于井下设备。

2.1.3 确保系统中的其他继电器和控制器均调整正确或处在正确的位置上,并使电气接头清洁、紧固。系统必须适当接地,接线盒(包括接线盒与控制柜之间的电缆密封)必须安装正确。

2.1.4 一定要把适当比例的电流图记录纸放在记录仪上,使记录运行正常,并使日期和时间设定正确。

2.1.5 控制柜上应有标签或“起/下记录”,并给出与井内现有设备有关的“铭牌”数据,列有所需数据的样式见表1。

表1 油井设备

电机数据:	安装日期_____
功率_____ kW 电压_____ V	铭牌电流_____
泵的数据:	安装日期_____
泵型_____ 级数_____	吸入型式_____
泵的设计排量_____ m ³ /d	
电缆数据:	
型式_____ 长度_____ 规格_____	
变压器数据:	
一次电压_____ 二次电压范围_____	
电压数据:	
无载电压_____ 有载电压_____	
附注_____	

2.1.6 相对地和相对相电气检查应在启动前进行并记录读数。相对相读数必须平衡。

2.1.7 如果油井存在结垢或腐蚀,在泵启动前必须采取预防措施。

2.2 装置的启动

2.2.1 油井如被重泥浆压死,应在泵启动前用轻泥浆把重泥浆替换出来。

2.2.2 对于不考虑下泵深度的大功率装置[188.5 kW(250 HP)以上]和下泵深度大[静液面低于 2 133.6 m(7 000 feet)]的低排量装置[低于 95.4 m³/d(600 barrels/day)],建议在启动前把油管充满;因此这些装置必须配备油管底部单流阀和泄油阀。油管中应充满轻质、洁净的液体。

2.2.3 完成所有的检查后,开始启动设备。为了控制泵的排量,可在限定阻流值的条件下启动泵,但不应在关闭油嘴或关闭阀门的条件下启动。为了直接控制泵的排量,应安装油管底部单流阀和泄油阀,而油管应在启动前充满液体。

2.2.4 启动后,立即用钳形电流表检查线路电流,并把数据记录下来。利用该资料来校准电流记录表。

2.2.5 检查有载电压,并把数据记录下来。进行此项操作时要极为小心。

2.2.6 启动后,应尽快核实机组转向,其方法是利用“出油”时间、井口油管排出压力及流量、生产测试或采用泵制造公司或作业公司的操作规程中推荐的其他适用方法进行。如果井内存在砂子和岩屑,建议在把这些固体从油管中排出之前不要停泵进行转向检查。

2.2.7 如果实际的“出油”时间超过计算的出油时间,则认为该泵的转向颠倒并应采取适当的措施。

2.3 油井稳定后的调整

2.3.1 电机的电流稳定后,应按照制造厂或用户在技术规程中规定的相应“正常运转”条件重新调整过载、欠载和再启动定时器。

2.3.2 通常把过载调整值调到电机铭牌上电流值的 120%。

2.3.3 一般把欠载调整值调到电机正常工作电流值的 80%。含气井可能需要更低的欠载调整,但应注意保证在抽空或气锁条件下的欠载保护。

2.3.4 再启动定时器通常根据液面深度定时,一般液面每增加 305 m(1 000 feet)定时器增加 10 min,但定时器的定时最低不得少于 30 min。

注:在推荐的时间过去之前,决不能用手重新启动泵。

2.3.5 如果电机控制柜上设有可调式欠载延时控制继电器,则通常把它调到 20 s,部分井的操作条件可能需要不同的调整值。

2.4 运行数据的收集

2.4.1 精确的运行数据

- a) 在正常的工作条件下,是否需要装置进行监控?
- b) 在异常的工作条件下,是否可以提供对故障检修有用的资料?
- c) 在需要的时候,重新精确确定设备的规格是否有用?
- d) 是否应当对每口井单独保存下列内容:
 - 1) 启动电流卡片;
 - 2) 附有相应电流卡片的试验井数据表;
 - 3) 现行电流卡片;
 - 4) 与装置和油井操作有关的其他资料。

2.4.2 数据收集的频率

当油井初次投产时,第一周应每天收集一次数据,第一个月每周一次,以后则至少每月一次。

2.4.3 应把获得油井的生产测试数据填入生产测试数据表中(表 2)。这些数据包括:

- a) 测试日期、时间和持续时间;
- b) 油、水 and 气(包括油管气和套管气两种);
- c) 油管压力和油嘴规格;
- d) 液面、出油管压力、套管压力和油嘴规格;

- e) 井底工作压力;
- f) 正确标出试井日期和时间的电流卡片(24 h);
- g) 生产测试数据表中所列的其他数据。

2.5 运行数据的分析

2.5.1 运行数据的分析必须既考虑到井的永久性安装数据(即油管规格与长度、套管规格、射孔深度、流体特性等),又考虑到生产测试数据。

2.5.2 泵一旦下井并开始运转,即应分析确定其运行是否正常(收集运行数据的重要性见 2.4)。分析应按下列步骤进行:

a) 测试日期、时间和持续时间

记录测试日期、时间和持续时间以及在现场发生的任何其他情况,可把这些情况与测试电流卡片联系起来。例如,可能对数据分析起重要作用的现场情况有:附近的注水井或生产井关井,有大型电气设备投入使用等。

b) 油、水和气(包括油管气和套管气两种)

- 1) 利用从油管采出的流体体积来确定该泵的规格是否适当,工作效率是否最高;
- 2) 对油水比也应进行分析以确定有无变化。

c) 油管压力和油嘴规格

用此数据检查泵的规格和效率。

d) 液面、套管压力和油嘴规格

用此数据确定泵效和井的流入动态(流入动态曲线或采液指数)。

e) 井底工作压力

验证油井的采液指数。结合液面可用来确定环形空间液体的平均密度。

f) 电流卡片(24 h,有正确标记)

- 1) 电流卡片对于监测井的作业和进行故障检修是极为重要的。为了保证电流卡片正常工作,应每天对其进行观察。
- 2) 在生产测试或故障检修期间,应该使用 24 h 电流卡片,在正常工作时,每周应使用 7 d 电流卡片。

g) 生产测试数据表中所列的其他数据见表 2。

3 故障检查

3.1 生产期间及以前的运行资料

3.1.1 在故障检修时,应当考虑在以前的操作中被证明是正确的所有操作参数与限制条件。

3.1.2 应对正常操作期间所收集的运行数据和发生故障期间得到的数据进行分析。

3.1.3 对数据进行分析不仅有助于确定停机或性能不好的原因,而且还可以指出是否应重新选择设备的规格。

3.1.4 在以前检查设备时所获得的数据有助于确定井中可能存在的问题,如结垢、井温、腐蚀、冲蚀和固体颗粒等问题。

3.2 电流卡片的分析

3.2.1 通过对电流卡片的正确解释可以判断出操作条件的许多变化,以便采取修正措施。如能正确使用和解释电流卡片,它将成为一种很有价值的检修工具。

3.2.2 下面列举一些手绘电流卡片,足以代表可能遇到的实际电流卡片。实际的电流卡片可能在某些曲线部分与这些电流卡片稍有不同,但根据经验并以这些示范图作为指南,能够对实际电流卡片进行高精度的分析。

3.2.2.1 正常运行(图 1)

表 2 生产井测试数据表

潜油电泵初次或每月测试数据		井名及井号_____	
		测试日期_____	
		测试时间_____	
油田_____油藏_____所在县_____			

1. 该井是否在稳定的产量条件下测试?		是_____	
		否_____	
2. 该泵是否连续工作?		是_____	
(注: 如泵周期性的工作, 应测试 24 h)		否_____	
3. 该测试持续时间_____ h			
4. 测试时停泵时间_____ h			
5. 测试时的产量		实测值	24 h 计算值
a) 油	_____ m ³	_____ m ³ /d	
b) 水	_____ m ³	_____ m ³ /d	
c) 油管产气		_____ m ³	
d) 套管产气		_____ m ³	
6. 测试时的压力			
a) 油管压力	油嘴规格_____	_____ MPa	
b) 套管压力	油嘴规格_____	_____ MPa	
c) 井底工作压力		_____ MPa	
d) 液体沉没深度(声测)		_____ m	
e) 分离器压力		_____ MPa	
f) 出油管线压力		_____ MPa	
7. 备注_____			
8. 数据测取人_____日期_____			
签字: _____			
注: 对于非实测项目, 在数字后面用一个“E”字说明。			

a) 在正常的操作条件下, 电流表记录笔应画出一条平缓的对称曲线, 其电流值等于或接近电机的铭牌上的电流值, 图 1 表明了这一“理想”条件。

b) 泵在实际的正常操作条件下会产生一条类似的曲线, 该曲线与电机铭牌上的电流值略有差别(稍高或稍低), 但只要该曲线是对称的, 且每天保持不变, 则该装置即为正常工作。

c) “正常电流卡片”的任何偏差都说明系统可能存在问题或井况有变化。

3.2.2.2 电源的不稳定(图 2)

a) 在潜油电泵运行过程中, 装置电流值的变化与装置电压成反比。如果电源的电压产生波动, 则装置的电流值也将产生波动, 以保持恒定的负载。这些电流波动的情况如图 2 所示。

b) 电源波动的通常原因是电源系统存在周期性的大负载, 例如, 启动一台大功率的注水泵或同时启动其他电力负载所引起的大负载。因此, 这种电源的消耗应当定时, 使其不致同步进行, 并将其影响减小到最小。

c) 在有诸如闪电等电干扰时, 经常会观察到电流“尖峰”。

3.2.2.3 泵产生气锁(图 3)

a) 图 3 表示一台泵已经产生气锁的电流卡片, 并在略低的电流下继续工作。如果电流降大于图 3 所示数值, 则可能使泵因欠载而停转。

1) A 段表示泵起动。此时, 井内环形空间中的液面很高。因此, 由于所需压头降低, 产量和电流值稍有增加。

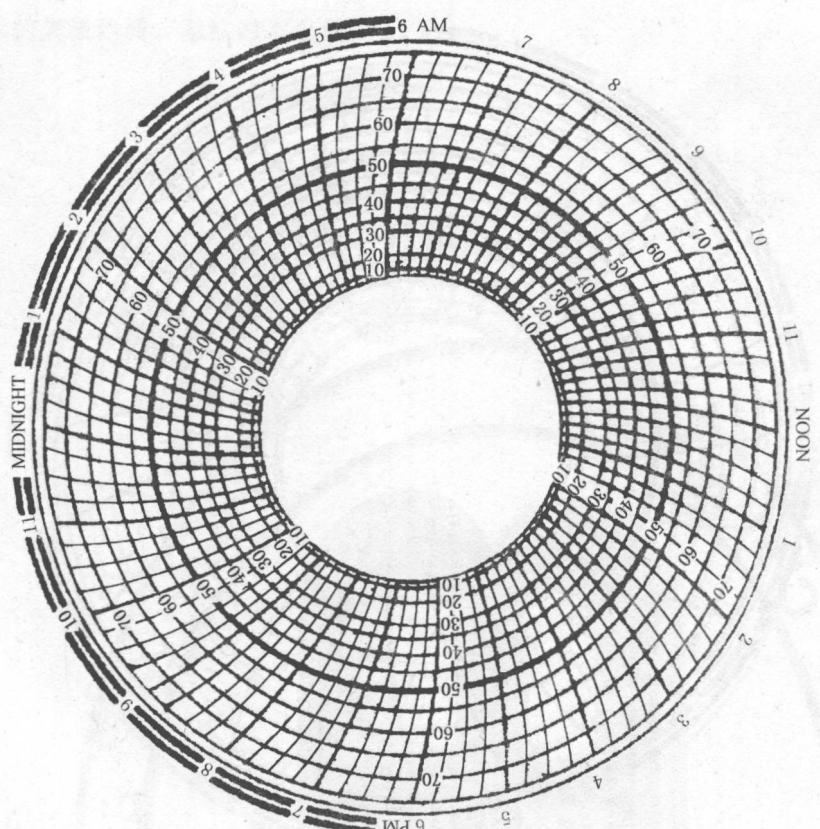


图 1 正常

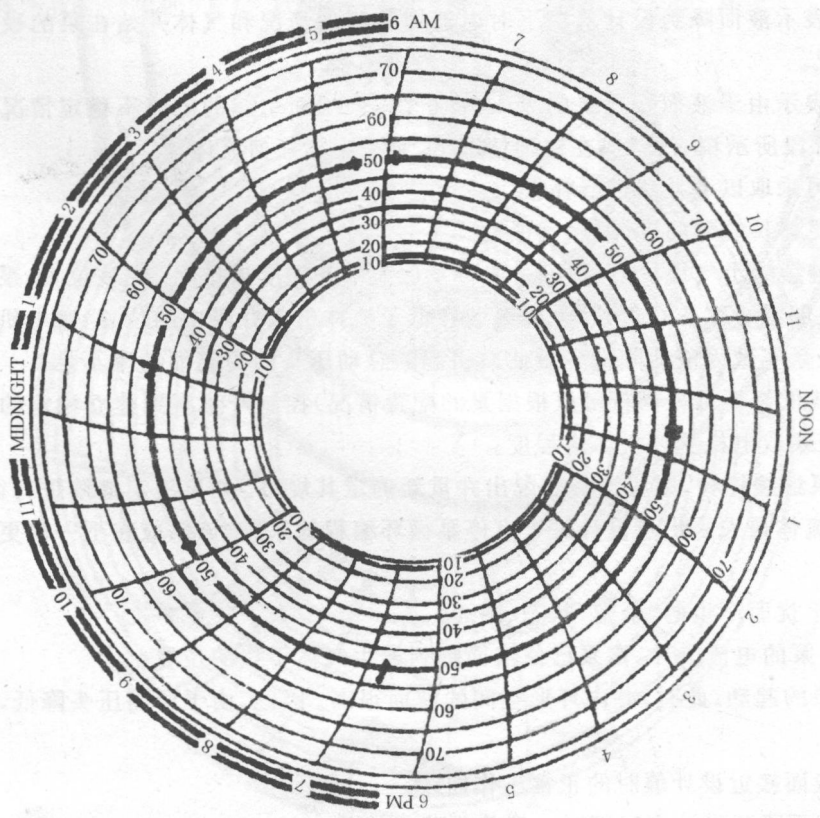


图 2 电源不稳定

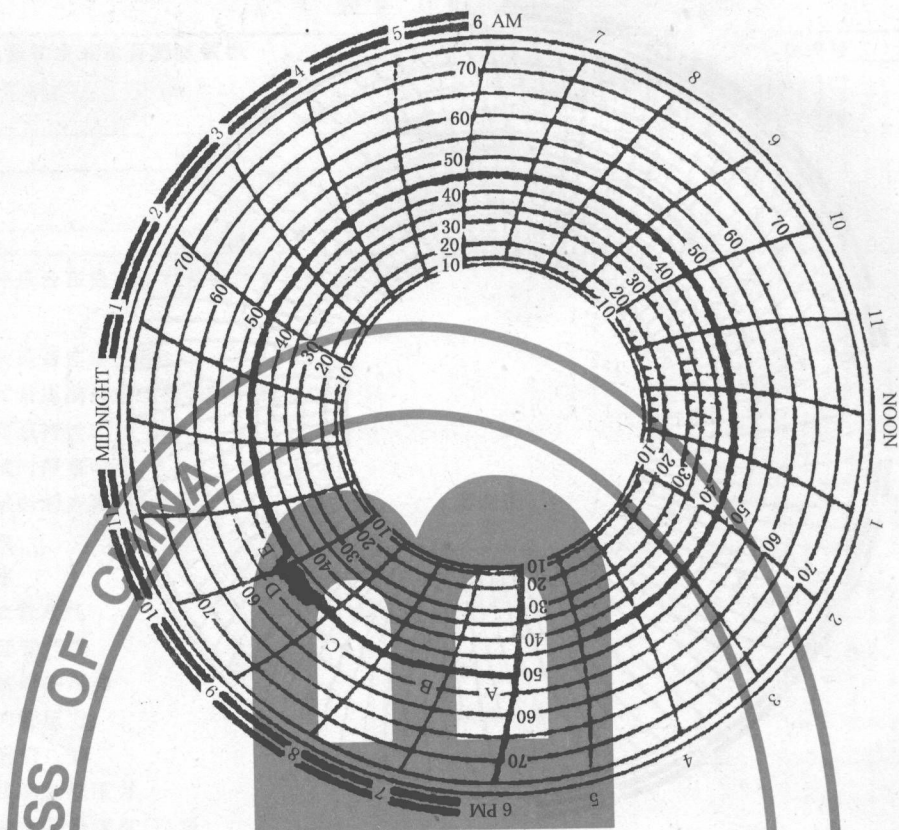


图 3 气锁

2) B 段表示液面接近于设计值时的正常工作曲线。

3) C 段表示液面降到设计值以下时电流值的降低情况和气体开始在泵的吸入口附近逸出时电流值的波动情况。

4) D 段表示由于液面接近泵的吸入口时气体干扰而引起的电流不稳定情况,此时泵产生“气锁”,使电流值如 E 段所示稍有降低,在这种情况下,泵采不出任何流体。

b) 这种情况可采取以下办法进行补救:

1) 停泵足够长的时间以“解除气锁”。

2) 如果继续处于气锁状态,则可采取将泵加大下井深度来排除。在该位置,泵吸入口处的气体逸出量可减少到足够继续工作。但是,如果泵装在低于流体进入井眼中的位置,则电机必须有一个导流罩。应当注意保证泵不致因液面降低和由此而引起的总动压头的提高而功率不足。

3) 如果放低泵不可行,则可以(根据泵的配置情况)控制产量直到建立稳定的液面。应当注意产量不要降低到使泵或电机受到损坏的程度。

4) 如果泵继续停转,则应该将其起出并重新确定其规格。如果决定继续进行循环,则应采用最少的循环次数,对流体最大采出量设计一个有停泵循环编程的系统。该泵应在下一次更换时重新确定规格。

3.2.2.4 因气体干扰而产生的“泵空”状态(图 4)

图 4 表示某台泵的电流卡片,该泵已使液面降到产生气体干扰的位置。

a) A 段表示泵的起动,此时,井内环形空间的液面很高。因此,由于所需压头降低,产量和电流值稍有增加。

b) B 段表示液面接近设计值时的正常工作曲线。

c) C 段表示液面降到设计点以下时电流值的降低情况。

d) D 段表示液面接近泵吸入口时,由于气体干扰而引起的电流不稳定情况。此时,泵产生“气锁”,

造成如 E 段所示的欠流停转。泵这时不出油。

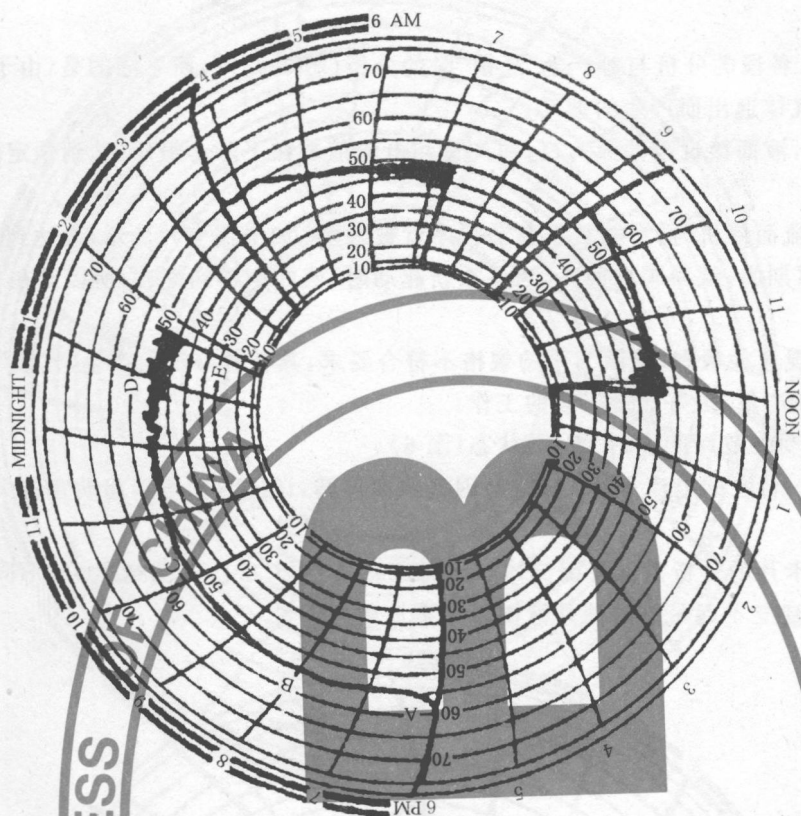


图 4 因气体干扰而泵空

3.2.2.5 无气体干扰而产生的“泵空”状态(图 5)

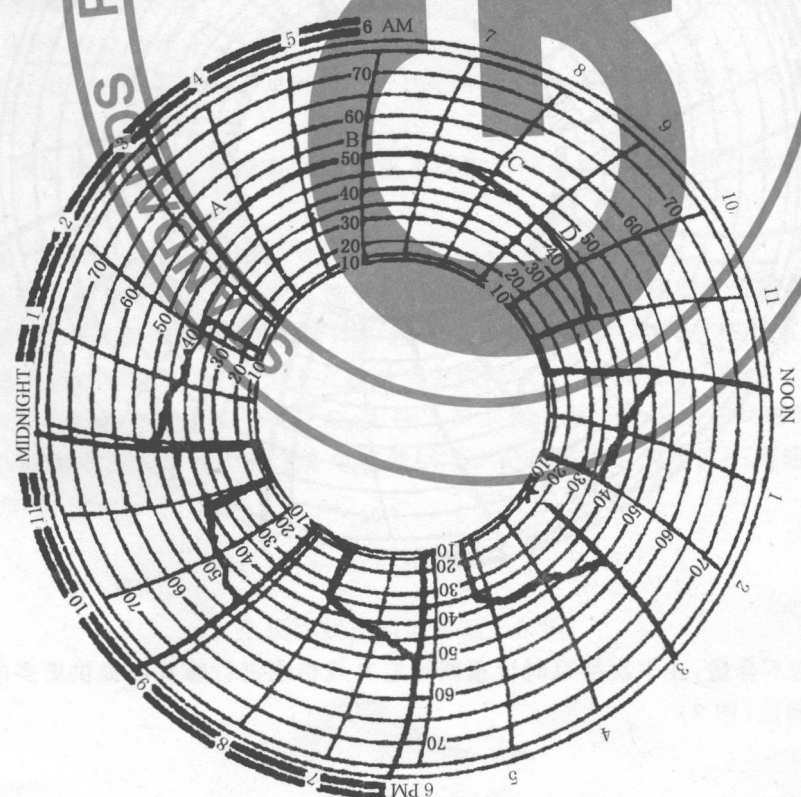


图 5 无气体干扰而泵空

a) 图 5 表示某台泵的电流卡片。该泵已泵空并因欠载而停转,而后重新自动起动并由于同一原因而再次停转。

b) 对 A、B、C 各段的分析与对产生“气锁”时的分析(图 3)相同。所不同的是,由于假定没有气体,所以也不存在自由气体逸出而产生的波动。

c) 在 D 段上,液面接近泵的吸入口,而产量和电流值却在下降。最后,达到预定的欠流水平而使泵停机。

d) 当泵因欠流而停机时,自动重新启动程序就被触发。如电流卡片所示,泵达到预定的延时后即自动重新启动。停泵期间,液面稍有回升,当泵重新启动时,液面达不到静态,所以又在 C 段的某处开始泵空循环。

e) 之所以出现这种状态,是因为泵的规格不符合要求,其补救办法与产生“气锁”时一样。采用油井增产措施可以提高产量,更好地适应泵的工作。

3.2.2.6 重新启动失败而产生的“泵空”状态(图 6)

a) 图 6 表示一台泵的电流卡片。该泵已因欠载而停转,试图自动重新启动宣告失败,暂停后重新启动,又开始循环。

b) 对此电流卡片的分析类似于因流体状态而产生泵空(3.2.2.4)的情况。所不同的是,自动重新启动的延时不够长,建立不起足够的油井液面以对泵加载。

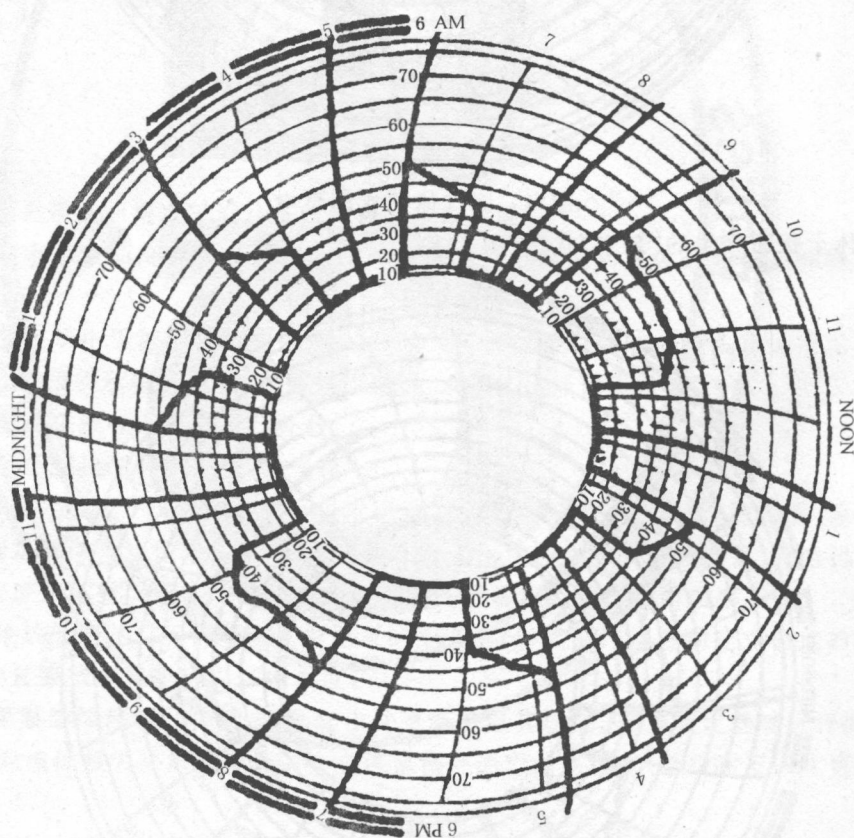


图 6 重新启动失败而泵空

c) 此泵的规格不合适,在下次换泵时应重新确定其规格或进行修井以提供更多的泵送流体。

3.2.2.7 循环时间短(图 7)

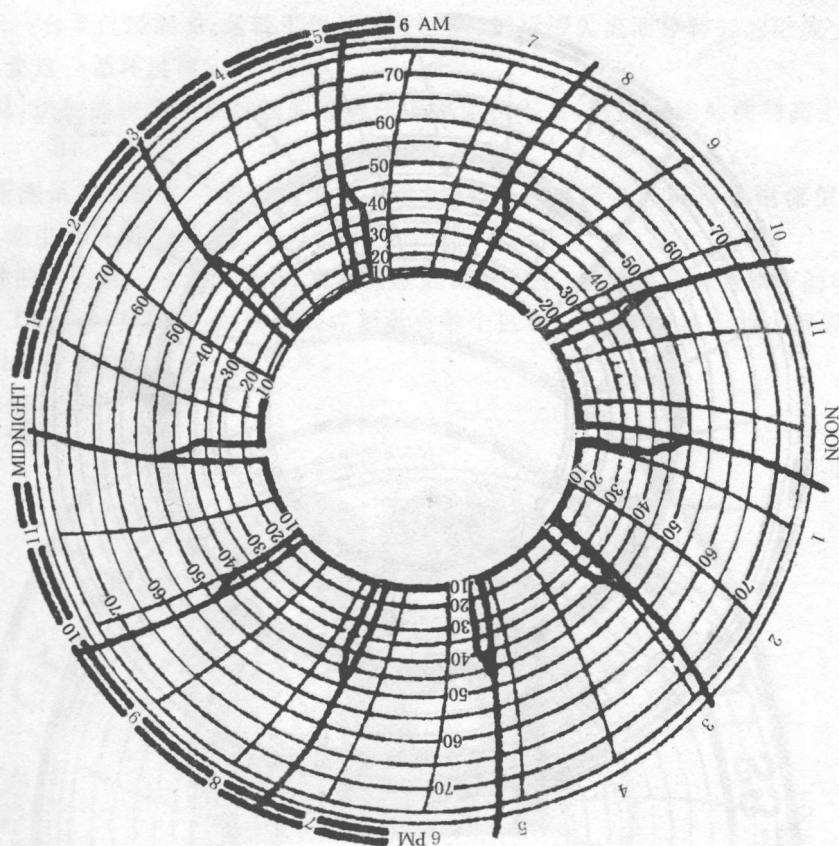


图 7 循环时间短

a) 图 7 表示类似流体泵空状态的电流卡片,不同的是运转时间短,循环次数较多。这种操作方式对潜油电机是极为有害的,应立即改正。

b) 此电流卡片可用于过大或压头不足的泵。关上井口排出阀,观察关井压力,由此可知道存在什么状态。

c) 附加补救措施包括检查卸油管线有无堵塞或系统中的阀是否关闭。如无发现,则应在泵停转后立即测定液面。

3.2.2.8 气蚀状态(图 8)

a) 图 8 表示泵在设计液面附近工作的电流卡片,而且该泵正在采出轻质含气液体。

b) 电流的波动是因泵的间歇排液和重液体中的自由气而引起的,这种状态通常使总采液量(实际地面体积)减少。适当调整套管和/或油管压力可以减少或消除这一问题。

c) 这种电流卡片也可能是由于泵送乳化液,泵吸入口处暂时被乳化液堵塞时的结果。由于泵吸入口处被乳化液堵塞,峰值电流通常均降到正常电流值以下。可用破乳剂解决这一问题。

3.2.2.9 欠流停机(图 9)

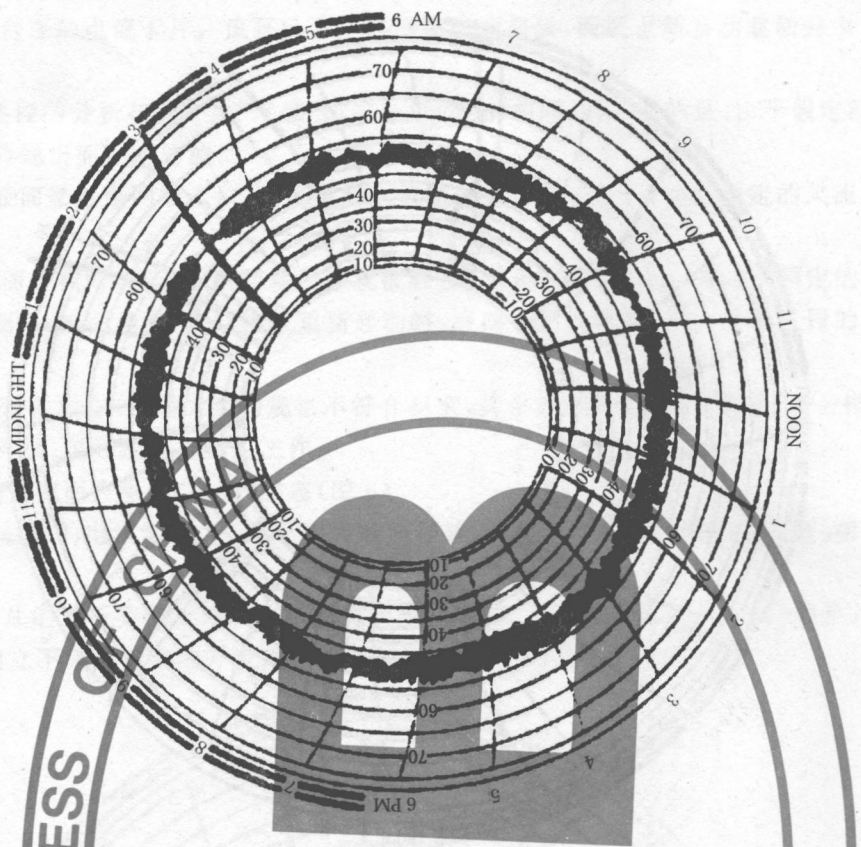


图 8 气蚀

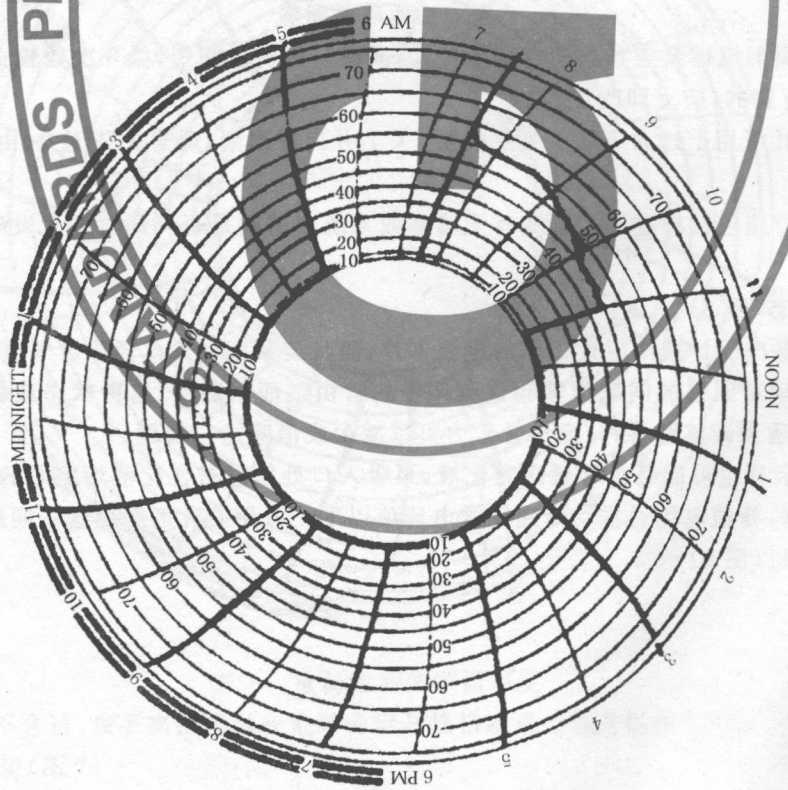


图 9 欠流

- a) 图 9 表示一台泵已经启动、运转了很短一段时间,然后因欠流而停转时的电流卡片。通过自动重新启动程序可重复这一循环过程。
- b) 一般来说,这种曲线是在泵处理的液体密度或体积不足,电机不能加载到高于欠流调整值的条件下而产生的。
- c) 如果产能测试表示液体可能到达泵吸入口处,那么通过降低欠流停泵电流值可以解决这个问题。此项操作只能由合格的工作人员来进行。
- d) 出现这种曲线的另一个原因是,在自动重新启动过程中,把欠流继电器和控制电路断路。这一问题最好由合格的工作人员来解决,因为电机控制盘有数个区域,通过检查才能找出问题。
- e) 泵轴断裂也可能产生上述电流卡片。

3.2.2.10 欠载故障停机(图 10)

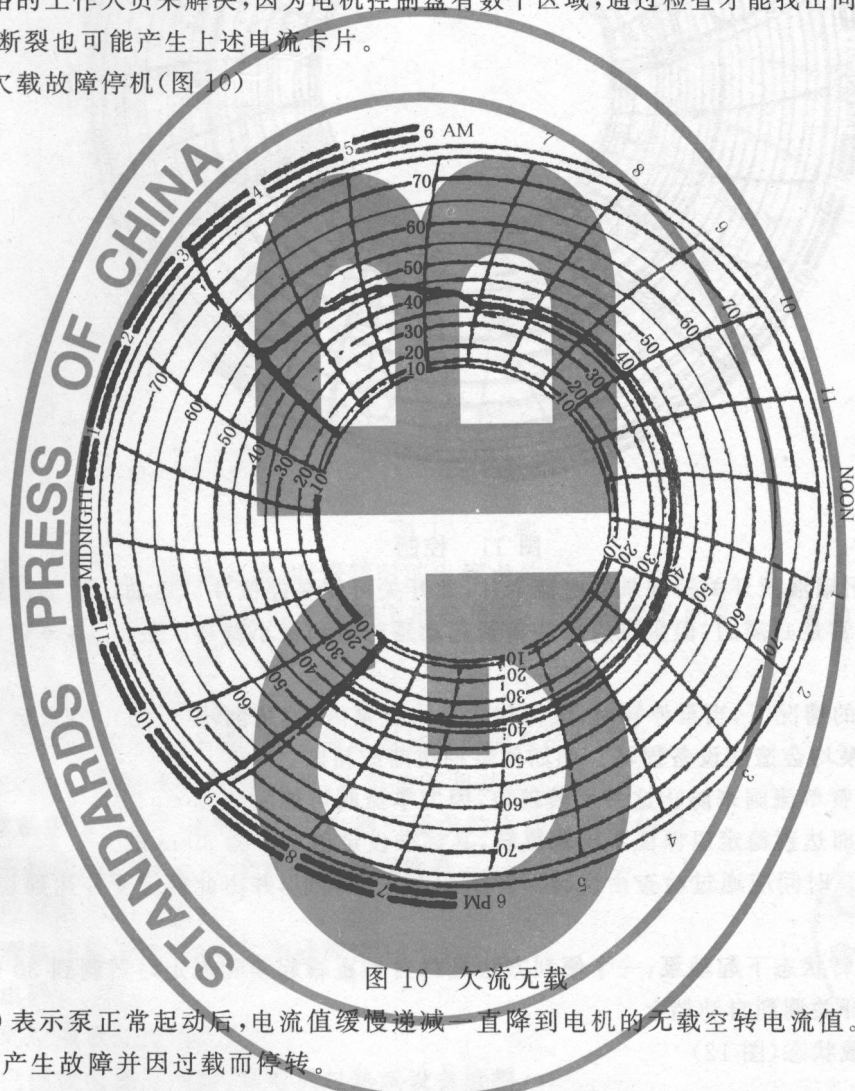


图 10 欠流无载

- a) 图 10 表示泵正常启动后,电流值缓慢递减一直降到电机的无载空转电流值。最后,经过一段无载运转后,泵产生故障并因过载而停转。
- b) 这一曲线是泵规格不符合使用要求和欠载保护继电器调整不当的典型曲线。
- c) 由于液体产出减慢,电机在空载下运转,直到发热造成装置失效,使泵过载和停转。应当指出,液体流过电机使潜油泵冷却到正常工作所必需的温度。

3.2.2.11 以油罐液面控制泵(图 11)

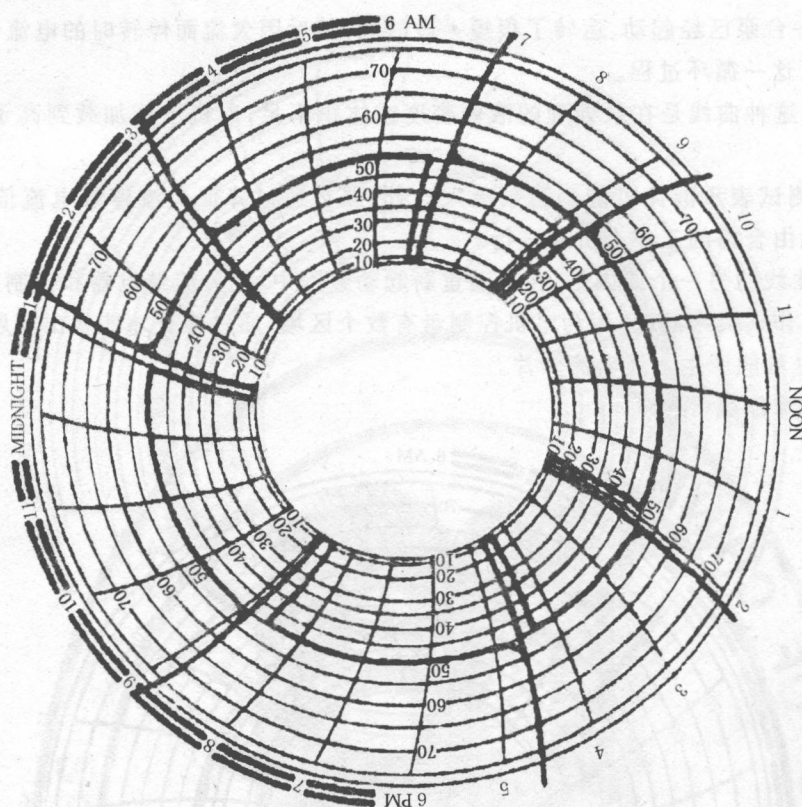


图 11 控制

- a) 图 11 表示用罐液面开关控制泵的电流卡片,此开关可使泵停机并可启动自动重新启动程序。
- b) 这种操作通常是必需的,但重点应放在重新启动延时值和最小循环次数上。在本例中,延时值太短。
- c) 在几乎所有的情况下,当泵停转时,液体往往会回流泵内,使泵倒转(反扭)。在反转状态下,重新启动任何一台潜油泵均会造成设备损坏。例如使泵轴扭曲或扭断。
- d) 不要依靠油管单流阀来防止这一反转现象,因为单流阀可能漏油。
- e) 要使所有液面达到稳定以保证不出现反转,其标准设定值至少为 30 min。
- f) 所需最少停泵时间应通过检查由反转而产生的电压来确定,并由此确定使井达到稳定时所需要的时间。
- g) 为了不在反转状态下启动泵,一个便利方法是将自动重新启动延迟定时器调到 30 min 以上,同时将“手动或自动”开关调到自动档上。

3.2.2.12 正常过载状态(图 12)

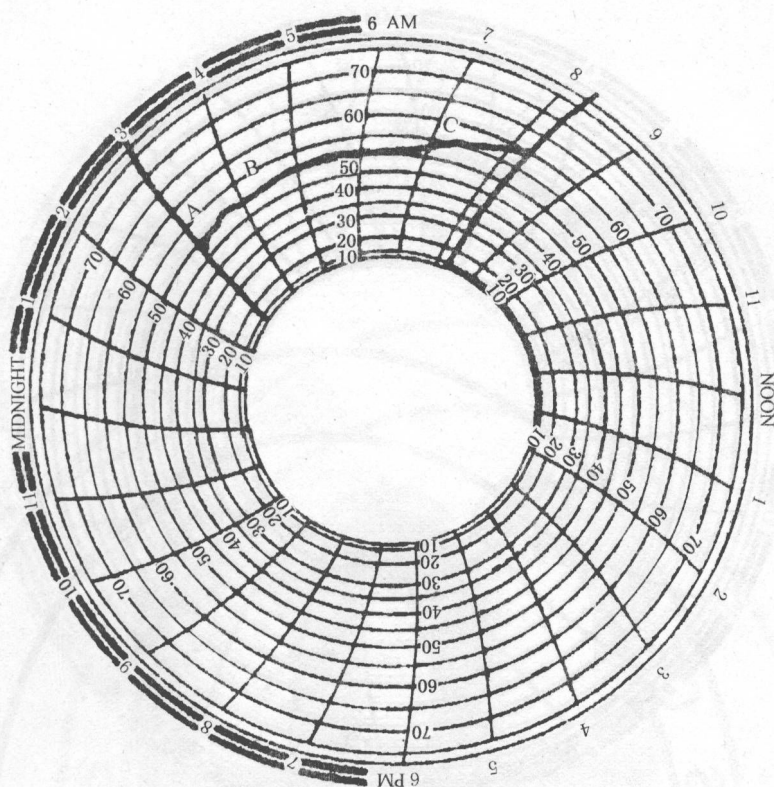


图 12 过载

a) 图 12 是由于泵过载(高电流)而停转时的电流卡片。

b) 曲线中的 A 段表示泵是在低于铭牌上电流值(对于某些泵的配置是正常的)的条件下起动的。其后,该电流值逐渐升到正常值。

c) B 段表示泵运转正常。

d) C 段表示电流值逐渐升高,直至最后因过载而使泵停机为止。

注意:在这一过载的原因消除以前,不得重新起动。

e) 自动重新起动程序不会因过载继电器所要求的手动重调而触发。

f) 在重新起动泵之前,应对全部装置进行检查。

g) 此类停泵的原因一般为:

- 1) 液体比重增加(如重盐水或泥浆);
- 2) 出砂;
- 3) 乳化液或粘度增大;
- 4) 机械或电器有问题,如电机过热或设备磨损;
- 5) 电源有问题。

3.2.2.13 泵处理的是固体颗粒(图 13)

