

二硫化钼润滑在钻机上的应用

华道生

二硫化钼是一种新型润滑材料，十多年来，在国内外得到了广泛应用。目前，上海井冈山化工厂、北京天河化工厂和无锡炼油厂等都有二硫化钼产品。我队曾在两台 XU-650 型钻机上试用二硫化钼润滑，证明有良好的润滑、耐温和抗压耐磨等优点，对减少机件磨损、延长机器寿命、减少润滑油料消耗和延长保养周期等方面，都有明显作用。

一、二硫化钼的性能

二硫化钼由天然辉钼矿经过化学提纯和机械处理制成的一种黑色稍带银灰色光泽的粉末。它除了具有一般润滑剂所具有的润滑性能外，还有很强的附着性和抗压能力。粘附在金属表面的二硫化钼薄膜，承受的压力可达 350 公斤/平方厘米。且其摩擦系数很低 (0.05~0.09)，并随速度和压力的增高而降低，因此适于用作钻机的润滑剂。

二硫化钼化学分子式为 MoS_2 ，分子量 160.07，比重 4.8~5，硬度 (莫氏) 1~1.8，熔点为 1185℃。在空气中，当温度达到 400℃ 时开始分解。但在其全面分解以前，依然能起良好润滑作用。低温条件下它不象一般的油或脂会凝结。零下 60℃ 时还可以发挥润滑作用。所以在 -60℃~400℃ 的温度范围内均可应

用。钻机上用的二硫化钼润滑剂可以有很多品种，既可用二硫化钼粉剂作添加剂，制成油剂、润滑脂和油膏等，也可使二硫化钼与粘结剂等混合，喷涂在传动齿轮的摩擦面上，成为二硫化钼固体润滑干膜等。

二、齿面干膜润滑在钻机上的应用情况

二硫化钼干膜润滑，是一项发展迅速的新技术。我队以往曾陆续在二台 XU-650 型钻机的减速器和迴转器传动齿轮的齿面上采用过二硫化钼干膜润滑新技术，累计运行时间一年多。其中有一台 XU-650 型钻机减速器传动齿轮在采用二硫化钼干膜润滑，并在连续安全运行约 440 小时后拆检观察，该齿轮齿面上的油膜仍然存在，轮齿也没有加剧磨损的现象，因此使用效果良好。它与一般的润滑油润滑比较，不仅能节省大量的润滑油料，降低钻探进尺成本，又可以杜绝箱壳某些部位漏油的老大难问题，小修次数显著下降。这样既减轻了工人的劳动强度，又可相对地提高钻探生产效率。我队在试用二硫化钼干膜润滑新技术过程中，也有过失败的教训。有一台 XU-650 型钻机迴转器传动齿轮在采用二硫化钼干膜润滑不久，齿轮的齿顶很快磨尖，齿面磨损严重。发生故障的原因，我们认为有以下几点：

其他条件同上，因此时浮塞下腔也接近于润滑状态 (半干摩擦)，取 $f_2 = 0.55$

则计算得：

$$F_2 = 2.901 \text{ 公斤}$$

$$F_1 + F_2 = 14.507 + 2.901 = 17.408 \text{ 公斤}$$

此时： $F_1 + F_2 < P_3 + G$

故清水加皂化液钻进时，浮塞能够下滑、上腔卸荷、压力表指针可以回“0”位。

为了选择更加可靠的压力表缓冲器，我们又试制了第二种结构，见图 7，目前正在试验当中。

(四) 美国“长年”缓冲器

美国“长年”公司生产的泥浆泵压力表上均带有缓冲器。其具体结构见图 8。

这是一种隔膜式的缓冲器，结构比较简单，只在压力表接头 (1) 下面套上一胶皮囊 (3)，囊内充满

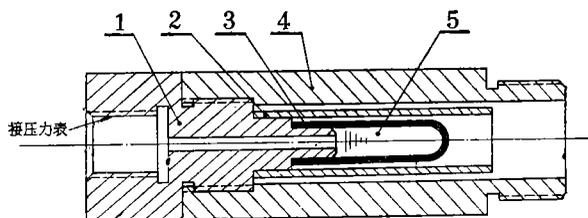


图 8 美国长年 535-RQ5 型泥浆泵缓冲器
1—压力表接头；2—钢管；3—胶皮囊；4—管接头；5—润滑油

机油 (5)。我国一些地质队曾制作过类似结构的缓冲器、能够起到一定的保护与减震的作用。

通过理论分析和生产实践证明，增加一个压力表缓冲装置、对于保护压力表、实现安全高效生产是十分有利的。

1. 思想麻痹。认为使用二硫化钼干膜润滑可以一劳永逸, 没及时保养检查。

2. 齿轮的装配质量较差。我们认为, 二硫化钼干膜润滑用于齿轮上时, 其装配技术应符合下列要求, 才能取得良好的效果。

(1) 齿轮啮合情况必须良好。按齿宽啮合接触面积不得少于60%。

(2) 齿轮的齿面不应有毛刺及疲坑, 且啮合间隙应该适当。

(3) 齿轮不得有轴向串动。

(4) 齿轮箱壳内不应有杂质, 否则杂质落在齿轮的齿面上就会将二硫化钼干膜划伤, 从而导致润滑失效。

3. 二硫化钼干膜喷涂质量不合要求, 干膜层粘结不牢, 容易脱落。

4. 二硫化钼干膜喷涂质量虽好, 但没有及时采用添加润滑脂的办法进行保护膜, 以致成膜剂不能满足螺旋伞齿轮的高接触应力, 从而导致齿面很快擦伤磨损严重故障。

三、配方和工艺流程

从实际使用效果分析, 我们认为二硫化钼干膜润滑的应用关键在于干膜的成膜工艺必须正确无误, 才能在地质钻探机械上取得令人满意的效果。至于二硫化钼干膜的成膜工艺方法, 目前已有多种。我们认为采用环氧树脂成膜法, 比较适合地质钻探机械的应用, 现将我们所学到并采用的具体配方和工艺流程简要介绍如下, 供参考。

齿轮齿面成膜的工艺操作步骤是:

除油→除锈→表面处理→喷涂制膜→
固化→贴膜→使用

1. 除油

二硫化钼干膜质量的好坏和喷涂制膜前齿轮齿面的预先处理的关系很大, 它直接影响干膜的粘结性能与强度。因此, 在齿面喷涂制膜之前必须进行严格的清洗工作, 切不可马虎从事。零件清洗方法很多, 我们常用的方法是用柴油或汽油首先对齿轮进行清洗, 作为化学除油前的初步除油处理。

检查零件上的油是否除净, 可把水淋到零件上, 如零件均匀地被水浸湿, 而没有水珠出现, 即表示油已除净。如零件表面上有水珠出现, 则说明还有油, 需要再进行除油, 直到去尽为止。

2. 除锈

齿轮零件经清洗除油后, 如发现锈迹, 则应于以酸洗除锈。

常用的除锈液配方是:

| | |
|--------|-----------|
| 硫酸 | 10% (体积比) |
| 水 | 90% (体积比) |
| 六次甲基四胺 | 60克/升 |

配制上述硫酸溶液时, 必须注意的一点是应将浓硫酸缓慢地加入水中, 并不断地搅拌均匀, 切勿将水倒入浓硫酸中, 以免使硫酸飞溅, 造成人身事故。

六次甲基四胺可在使用前加入酸液中, 并搅拌使之完全溶解均匀即可。使用时, 酸液的温度要求为常温, 且酸洗的时间不宜过长, 以免浸蚀过度, 只要求除锈干净为准。

3. 表面处理

常用的零件表面处理方法有磷化工艺等, 其目的是使零件表面形成一层细微而多孔性的金属氧化物或金属盐类, 以增强喷涂膜层的吸附能力。但在我们学习这一工艺操作的过程中, 发现有的研究单位对于在施行二硫化钼干膜润滑的工艺流程上, 是否一定需要进行零件的磷化表面处理, 目前尚有不同的看法。

目前常用的磷化处理多采用氧化锌法。它的配方是:

| | |
|-----|-------|
| 氧化锌 | 13克/升 |
| 磷酸 | 29克/升 |
| 蒸馏水 | 1升 |

配制时, 既可以先将氧化锌用蒸馏水调成白色糊状体, 再缓慢加入磷酸, 使氧化锌溶解, 最后加入蒸馏水。又可以先将氧化锌缓慢地加入磷酸中(必须同时搅拌), 使之溶解, 然后再加入水中。

进行磷化处理时溶液的温度应控制在80~85℃为好, 处理的时间以15~20分钟为限, 零件取出后应用自来水进行冲洗。

4. 喷涂制膜

齿轮零件经过上述处理后, 即可将选用的成膜剂进行喷涂, 喷涂时零件最好先预热至温度80℃左右。喷涂工具一般采用小号油漆喷枪即可。喷涂要求尽量均匀, 且喷涂层不宜过厚。否则, 效果不好。喷涂时, 喷枪不宜离零件过近, 以免喷出颗粒过粗和不均匀, 一般距离零件1/4米为好。喷涂时, 喷枪与零件的位置应呈45°, 且在喷涂过程中喷枪应均匀移动。涂层厚度以控制在0.02~0.05毫米为好, 喷枪常用的工作压力为1.5~2公斤/平方厘米。

我队采用的干膜齿面喷涂配方和所用的材料品种(按重量计算)是:

| | |
|------|--------------------------|
| 粘结剂 | 6010# (或用618#、628#及634#) |
| 环氧树脂 | 100% |

| | | |
|-----|---------------------|------|
| 润滑剂 | 二硫化钼粉剂 | 200% |
| 稀释剂 | 丙酮(即香蕉水) | 360% |
| 增塑剂 | 磷苯二甲酸二丁脂或 癸二酸辛丁脂 | 25% |
| 固化剂 | 磷苯二甲酸酐或顺丁 烯二酸酐 | 35% |

成膜剂配制工艺的顺序则是,



上述溶剂配制前,应先将容器清洗干净后烘干,然后即可按上述配方用天平称好各类化学药品。将各类药品按先后顺序混合在一起时,须用玻璃棒不断搅拌均匀。且由配方制成溶液到喷涂使用之间的放置时间应大于2小时,让固态物质充分溶解。若成膜剂放置时间过长,则稀释剂丙酮有可能会挥发掉,所以再使用时需加丙酮再稀释。

5. 固化

干膜固化的目的是为了增强膜层的强度,其方法是根据所加固化剂所需的固化温度,将被喷涂后的零件放在烘箱内,使之升至所需的温度范围,并经过一定时间的保温,使固化剂固化,即达到目的。

我们在试验中选用的固化剂是磷苯二甲酸酐,其熔点为128℃,在280℃升华。喷涂后的齿轮放在烘箱内烘烤时,温升应缓慢,不宜过于剧烈上升,保温时间一般可在3小时左右即可。烘烤时,最好使零件与电阻丝的距离保持在20~30厘米,使零件得到的是空气传导而不是直接烘烤,这样效果会好些。

6. 保膜

所谓保膜,就是在使用过程中在被喷涂有二硫化钼干膜的齿轮零件的齿面上,再反复涂抹一层二硫化钼润滑脂或二硫化钼油膏,以防止底膜破裂,延长干膜的使用寿命。这是因为考虑到钻机在工作中承受的负荷较大,转速较快,如果单纯采用干膜润滑,很可能无法持久正常工作。而采取保膜措施后,则干膜可能会具有高的抗压、抗剪切性能,并有良好的拉丝性和很强的附着能力。至于保膜时间,可根据钻机使用的情况而自行决定。开始时,一般可以三天一次,一周一次,二周一次,以后保膜周期还可再适当延长。

另外,在齿轮上涂抹保膜剂时,也不宜涂得太多、太厚。否则由于箱壳内不清洁,不便于观察检查,且多余部分还是被齿轮的轮齿挤出来而甩掉了。

7. 使用

喷涂干膜后的齿轮在固化以后,就可先将其按要求在钻机上装配好,然后再进行保膜工艺,随后即可投入使用。

XU-650型钻机减速器传动齿轮应用二硫化钼干膜润滑的过程中,其散热问题,一度是我们所顾虑的。因为我们在试用前认为,固体干膜的润滑可能远不及润滑油润滑时的散热条件。但通过实践,发觉其散热情况良好,从一台XU-650型钻机减速器实测温度可以看出,当用润滑油润滑时的温度在90~95%之间,用二硫化钼成膜无油润滑的温度则在80~90%之间。所以散热不是一个主要问题。另外,我们还认为更主要的是齿轮在运转后会产生一种空气对流作用,从而使得热平衡点稳定在原有的温度范围内,不致于极度地升高。

使用中,欲检验零件的二硫化钼干膜层是否存在,可用一种磷化液迅速查出。磷化液的配方及制作工艺顺序是:

| | | | |
|--------|---------|---|-----|
| 氧化锌 | 27.5克/升 | → | 磷化液 |
| 碳酸铜 | 3克/升 | | |
| 蒸馏水 | 100毫升 | | |
| 硝酸 | 23.9克/升 | | |
| 磷酸 | 40毫升/升 | | |
| 蒸馏水 | 400毫升 | | |
| 氟化钠 | 6克/升 | | |
| 六次甲基四胺 | 5克/升 | | |
| 硝酸锌 | 40克/升 | | |
| 蒸馏水 | 500毫升 | | |

检验方法是将配好的磷化液装入滴瓶内,把一滴磷化液滴到喷涂有二硫化钼干膜的齿轮零件表面上。观察齿轮零件的表面,在经过约5~10秒的时间后,若此时不呈红色或颜色较浅时,说明齿轮表面有二硫化钼干膜层。如果呈红色,即说明齿轮表面已无二硫化钼干膜层。初次检验的人员如果实践经验不足,建议先用一个无二硫化钼的齿轮零件,用同样的方法,同时试验,加以比较测定。

钻机运行检查过程中,如果使用现场没有磷化液,也可凭肉眼观察识别判断。一般情况下,喷涂底膜并保膜使用不久时,齿轮的齿面应呈灰黑色,这时说明底膜没有破裂,底膜正起着减磨的作用。使用一段时间后出现黄绿色,或几个月后轮齿表面呈现一种亮灰色,一般认为此时二硫化钼已挤在齿轮的齿面金属表面上,形成一层良好的薄膜。

运行中检查时如发现齿面露出金属光泽并带有擦伤锉痕时,说明干膜已经被破坏了。此时如不及时保膜,齿轮必将很快磨坏。