

钻杆涂层的最新经济效果

〔美国〕 赫勃·亚历山大 特里·诺曼

过去，钻杆腐蚀是钻井承包商遇到的最大消耗之一。目前，在钻杆上使用涂了底漆的塑料涂层大大减少了钻杆因腐蚀而引起的损坏。使用了塑料涂层后，美国的钻井承包商每年所节约更换钢管的费用高达一亿美元。

影响钻杆寿命的因素

钻井承包商对钻杆加强维护，已使钻杆运转成本降低。钻杆受腐蚀和机械损坏都会缩短寿命，因此，有效减少腐蚀损失乃是钻杆维护工作的一个重要组成部分。在各种情况下进行经济核算的结果，塑料涂层使钻杆成本增大8%，但钻杆寿命却至少提高了一倍。钻杆一经涂上塑料涂层，在腐蚀性的作业条件下，使用4—5年都无需另外维护。目前，钻井承包商的钻杆正在比以往任何时候都更困难的条件下进行操作，然而，他们很好维护，经常监督，经常测定，因而提高了在钻杆方面所花费资金的利用率。

我们在前面叙述到过去的情况时提到了腐蚀是缩短钻杆寿命的最重要因素之一。钢钻杆不管发生什么化学反应或电化学反应，它的寿命都会缩短（所有铝钻杆都涂有塑料涂层，以防止腐蚀损坏）。

机械损坏也是缩短钻杆寿命的一个重要因素。机械损坏的主要类型如下：

a, 外径磨损

b, 超扭矩运转

c, 伸长

d, 弯曲（井下或地面操作所致）和矫直都会缩短钻杆寿命

e, 卡瓦面压扁和缩颈

f, 冲蚀和磨损

g, 刻痕、擦伤、压凹和压碎

h, 钻柱冲击

i, 疲劳

j, 工具接头丝扣和密封面磨损和损坏

k, 制造缺陷

为使钻杆在使用期内具有合适的安全系数，钻杆多半是钢制成的。凡是会迁到H₂S的钻井中，通常使用E级和X—95级这种最结实的钢材。

钻杆腐蚀的原因

氧是钻杆腐蚀的一个主要原因。泥浆在泥浆循环系统内不断的循环和搅拌，会使得供给的泥浆内带有氧气。聚合物泥浆中残留着氧气，而脱氧剂只能去掉泥浆中的游离氧，却不能去除溶液中所有气体（空气钻井过程中渗进的氧）。泥浆内只要溶解1磅氧便会损耗7磅铁。

由于在175°F以下细菌的作用和（或）300°F以上高温分解，淡水泥浆中的磺化木质素添加剂会生成二氧化碳、有机酸和硫化氢等物质。尽管大部分泥浆循环系统

都在300°F以下运转，这些物质当有水存在时都会成为强烈的腐蚀剂。

在空气钻井过程中，井下气体着火引起的高温会增强腐蚀作用。空气钻井过程中泥饼圈形成以后便会引起燃烧，而在泥饼圈下面受到压缩的气体 and 空气就必然会引起着火。

地层流体几乎不可能不进入泥浆循环系统内。如果钻进地层中有 H_2S 、 CO_2 和盐水的话，它们将必然会不同数量地进入泥浆循环系统中，直接对钻杆起腐蚀作用。泥浆添加剂有助于抑制某些腐蚀剂。某钻井承包商已钻了斯马克弗(Smackover)地层的井50口以上。 H_2S 对塑料涂层没有不利影响，但为了安全和防腐，应当用净化剂以去除 O_2 和 H_2S 。

不同的金属可发生腐蚀。当两种不同的金属放在例如水这样的电解液里时(为减少粘土膨胀而加入的食盐，使电解液成为一种极好的电解液)，其中一种金属总存在被腐蚀的可能性。热轧氧化皮(钻井时从钢管外表面磨掉的)和铁可以起到不同金属的作用。在不同钢级的套管、钻杆、管体、工具接头、耐磨堆焊层等之间也可能存在电位差。

钻杆在井外任何时候的腐蚀可称之为“台架”腐蚀。钻杆竖在井架上、铺放在井架或承包商的仓库台架上、或者从一个地点运到另一地点都会发生腐蚀。钻杆可能受到“台架”腐蚀的机会远比在实际钻井过程中受到腐蚀的机会要多得多。

当钻杆从井里拉出，铺放和运输时，通过清洁处理，一般可去除钢管外表面上的大部分钻液。钢管外表面很快就会干掉，而内表面则会留下液体。 H_2S 、 CO_2 、 O_2 、 H_2O 和金属之间的电化学反应都会

形成恶劣的腐蚀环境。这些腐蚀因素由于钻杆内表面难于保持清洁和干燥，因而它们就能任意发挥最大的影响。为洗去钢管上的钻液并涂以防腐蚀剂或防腐油曾作过多次试验，然而，每次把钻杆从井里拉出来就要这样做是很困难的。

凡是残留有水份和腐蚀剂的地方会发生腐蚀，长期包在钻杆上的橡胶下面所出现的严重腐蚀面就是这种腐蚀的极好例证。这些腐蚀面称之为“橡胶侵蚀”。

减少钻具腐蚀损坏的方法有下列几种：塑料涂层、在泥浆里加入防腐剂、钻具从井里拉出来时便进行冲洗、钻具表面喷涂防腐剂予以保护、使用更加耐腐蚀的材料制造钻具、还可以设计足以减少不同金属之间相互作用而造成影响的钻具。加强泥浆系统内的防腐剂对于钻杆外表面、套管和地面泥浆槽的内表面、管道和抽吸设备都能起到保护作用。

腐蚀测定

腐蚀测定已有很多试行和检验的方法，这些方法是：

a, 在钻柱内放置环行试件。对这些试件作定时观测和称重，以确定其腐蚀程度；

b, 对泥浆和添加剂进行化学分析，以测定其腐蚀作用；

c, 电探测；

d, 事故记录；

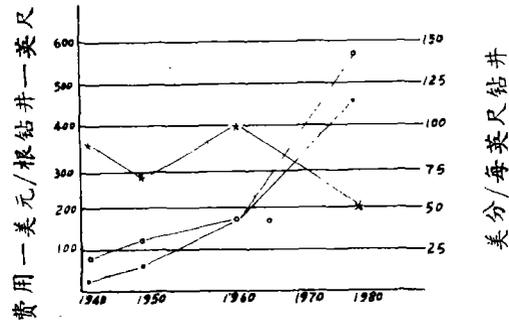
e, 严密检查钻具各个部分，记录腐蚀造成的一切损坏。最精确的检查办法就是用仪器对钻杆进行扫描，以测定腐蚀条件，并判断钻具将来的使用价值。评价控制腐蚀计划的最好方法是定期检验在腐蚀环境中运转的钻具。

控制腐蚀的经济利益

在钻井情况下，由控制腐蚀计划所产生的经济利益容易计算。每钻完一口井之后，可用电子仪器检查钻杆并按检查结果评价控制腐蚀的经济效果（由于改进了检查工具，因而有可能更好地确定缺陷）。

1960年，涂了涂层的钻杆很少，可是1977年就有87%的新钻杆都涂了涂层。疲劳破坏从1962年占总破坏的90%降低到1974年的5%。钻杆的平均寿命从1941年钻井35,000英尺增加到1948年70,000英尺。新钻杆破坏曾一度是钻井承包商和钻杆供应者之间存在的一个主要问题，然而现在这些问题已经少见了。钻杆之过早破坏乃是由于严重的腐蚀条件所造成的。

每根钻杆的费用1941年是75美元，1967年提高到184美元，1977年高达580美元（加上从美国休斯敦到收货地点的运费）。然而，钻杆每钻一英尺井的费用（见图1）1941年为85.7美分，1949年变成68.3美分，1962年使用裸露钻杆，其费用增大为每英尺1美元。1977年尽管迁到恶劣的钻井条件，但使用了涂有涂层的钻



图内：
 ○ 钻杆费用——美元/根
 ● 钻杆寿命——钻井——100英尺
 * 钻杆费用——美分/每英尺钻井
 (1960年钻杆首先开始涂层)

图1 钻杆费用

杆，其费用变为每英尺51.7美分（这些计算中没有考虑高达原成本80%的折余值）。可是，由于钻井的环境越来越恶劣，对于钻杆使用性能的要求就越来越高。

井下机械损坏

永远没有一件工具在各方面都制造得完美无缺，也没有任何工具经得住可能迂到的一切不正确操作。涂有塑料涂层的钻杆毫不例外，它可能因钢丝绳、超扭矩运转、井斜工具、装卸吊钩或把手以及钻井泥浆里过量的沙子产生的冲蚀而造成损坏。一切固体例如沙子和泥浆填料都会冲蚀钻杆。

除了弯曲井或定向井之外，钢丝绳一般都损坏工具接头的表面。钢丝绳损坏往往取决于绳子的速度以及绳子对涂层的压力和绳子本身的粗糙程度。井斜工具和装卸吊钩对涂层表面造成细小凹口形的一些损坏。砂蚀所引起的损坏取决于沙子含量、泥浆粘度、沙子通过钢管的速度和沙子颗粒的大小。在运转情况下，泥浆中沙子含量为2%或更少一些被认为是无害的。含砂量高但泵速低，多半不会损坏钻杆涂层。

当卡瓦面的管壁发生缩颈时，涂层便会裂开，或者当超过金属屈服极限的一段钻杆伸长时，涂层便会出现细小的发裂。这对整根钻杆的涂层稍有一些损坏。但如果泥浆中没有过量的沙子，涂层总的损坏面积较之余下未被损坏的涂层覆盖面要小得多。我们曾观察到小的涂层损坏面历经长时间而不腐蚀的资料，这是由于损坏面积比之于涂层总的有效面小得多，而且也是在涂涂层过程中，钢管表面用氢氧化物和酸进行了清洗的结果。化学清洗有助

于去除可能构成阴极和阴极面的热轧氧化皮。我们也观察到涂层损坏面的一些腐蚀现象，但是腐蚀程度较之裸露钻杆的腐蚀程度要小。任何一段钻杆中的超扭矩运转和拉伸应力都可能给涂了底漆的塑料涂层造成一些例如涂层开裂这样的损坏。由于泥浆流涡流的作用，没有涂底漆的涂层就可能从钢管表面脱落，这就是所谓的底层蠕变。然而，涂了底漆的涂层由于酚醛底漆具有很强附着力，因而这种涂层能够抵抗脱落。如果钻杆第一次所使用的是化学方法固化的涂层或者是没有底漆的空气干燥涂层，而其表面予加工又太差时，那么可以断定，这样的涂层是不能令人满意的。从管壁上去除的涂层材料会使大面积金属暴露而腐蚀，而且还会堵塞钻头、泥浆搅拌装置和泥浆泵。60年代初首次在钻杆涂层下面涂上了底漆，这样一来，塑料涂层便成了钻井工业抗钻杆腐蚀的有效方法。如果紧贴金属没有酚醛涂层作底漆，那么在目前的钻井条件下，这种钻杆涂层就很不经济了。

钢管重新涂层的经济效果

在腐蚀条件下，钻杆经4—5年使用之后，涂层通常被钢丝绳、泥浆冲蚀和操作所损坏。当损坏的涂层已被去掉的量达到整个涂层的25—30%的程度时，应即考虑对钻杆进行重新涂层的可能性。

如果决定重新涂层，那么应当首先用电子仪器检查钻杆，检查后的钻杆按IADC—API标准推荐的作法RP7R划分成“一级品”和“二级品”。旧镀层的残余部分应去除，然后，应用该钻杆还是新钻杆时所用的涂层方法进行喷涂。目前正进行的严密研究表明，如果钻杆使用3—4

年后再重新涂层，这样可以获得最佳经济效果。计算涂层钢管的寿命需应用下列因素：

- 1， 钻井的英尺数。
- 2， 纯钻小时数。
- 3， 循环小时数及其它。
- 4， 钢管状况。

涂层钻杆的寿命在慢速钻井地区钻井25万英尺，而在美国南路易斯安娜州则钻井45万英尺。据此，应当相信第二次涂层恰好和第一次涂层一样有效。

涂塑料涂层钻杆的好处

钻杆涂塑料涂层的原因，钻井承包商各有不同解释。塑料涂层钻杆好处是：

- 1， 减少腐蚀，提高钻杆寿命。
- 2， 减少用于打捞作业或冲洗腐蚀处而消耗的钻井时间。
- 3， 改善了液压效率：
 - a， 据多数钻井工程师计算，井底达到的最大压力为泵压的65%，而使用塑料涂层则可额外获得10%的压力。
 - b， 泵压降低，大大减少了泵的维修工作。
- 4， 延长了检查的间隔时间。
- 5， 减少了新钻杆的损坏。

涂层操作包括清洗、喷砂、喷涂和烘干四道工序。

钢管表面用碱槽或熔蚀炉清洗以去除热轧的积炭、油脂和有机物，残余的碱在淡水里冲洗去掉。然后在防腐蚀盐酸中酸洗丝扣和金属表面(用防腐剂防护)，酸洗后将酸液洗去(熔蚀炉用来去除旧涂层)。

进行喷砂操作时，先使4根钻杆同时旋转，然后用带干燥高压空气和良好喷砂材料(例如燧石)的喷砂头通过这4根钻

杆。对钻杆作进一步的清洁处理，并使金属面形成涂层能更好粘结的花纹。为了使刚喷过砂的金属表面不留下一层水分和油膜，空气必须干燥而又清洁。

从钢管表面喷下来的一些金属颗粒，利用输送装置内安装的一个磁化轮子将其从可重新利用的喷砂材料里面去掉。

钻杆表面的粘结花纹是使钻杆涂层结实所必需的。

喷砂时，所有的丝扣都要使用防护罩和螺纹塞予以保护。

涂抹涂层的第一步是在钻杆表面涂抹一层和钢的附着力比任何其它钻杆涂层都强得多的酚醛底漆。这种底漆在低温下烘干使溶剂分离出来。选定由酚醛环氧树脂组成的面漆做钻杆涂层，这是因为它具有抗机械损坏的韧性和抗PH值为1.25的钻井环境的性能。为使涂层材料聚合，最后烘干必须温度足够高，而持续时间足够长。自动控制烘干炉可以调节烘干时间和温度。这种聚合作用使涂层凝固而坚韧并与钢管表面粘结结实。涂层的厚度为5—8

密耳（1密耳=0.001英寸）。

整个工艺过程都进行质量检查，以确保生产的每一阶段都是在喷涂设备性能处于最佳的情况下进行的。

为了改进涂层材料和喷涂方法使钻杆具有经久耐用的必要性能，涂层研究人员进行了广泛的试验。

这些试验中的某些部分是试验涂层的附着力、塑性、抗扭曲应力、抗热冲击、耐化学作用的性能和流动性。

为了喷涂优质的钻杆涂层，要注意下列五个关键问题：

- a, 化学清洗和烧掉旧涂层；
- b, 喷砂和喷涂涂层用干燥的空气；
- c, 为了钢管表面形成粘结花纹而进行燧石喷砂处理；
- d, 立即涂酚醛底漆，然后涂选择的外涂层；
- e, 可控的烘干方法。

刘义宏 译自“Drilling”1978.2

李澄渠 校

（上接70页）

张力减径机，某些轧制工艺参数有了提高并且开始采用了单孔型、单独传动和变速制轧的自动轧管机。这个时期投产的自动轧管机逐步地实现了自动控制，向现代化轧机迈进了一大步。

六十年代国外比较注重连轧管机组和三辊轧管机组的建设，新建的自动轧管机组很少，技术上也没有什么重大发展。进入七十年代后，各国又开始探索自动轧管机的新发展途径。这期间，美国艾德纳—标准工程公司提出了将自动轧管机改造成三机

架长芯棒轧管机的意见，苏联也实现了双机架串列布置的自动轧管机方案，日本则用推轧穿孔机、立式穿孔机和单孔型轧管机等组成了新型的自动轧管机组。

纵观自动轧管机的发展历史，可看出它的发展前途。今后在热轧无缝钢管的生产中，对于自动轧管机的作用仍然是不可忽视的。

洪连山

参考文献：《国外热轧无缝钢管生产新发展》，山西人民出版社，1981年