

管道阴极保护死区的腐蚀及控制

冯伟章 赵庆华 马育 王克强

中国石化股份公司管道储运分公司邹城输油处、运销处 徐州 221000

摘要 介绍了在涂敷涂层和外加强制电流阴极保护这种表现有效的双重保护体系下,管道发生的一种腐蚀现象即阴极保护死区腐蚀,阐述了形成阴保死区和产生腐蚀的原因,结合阴保死区腐蚀的特点分析了腐蚀发生的机理,提出了在实际工作中减轻阴保死区腐蚀的有效技措。

关键词 管道 涂层 阴极保护 死区 腐蚀 控制

中图分类号 TG174.41 **文献标识码** A **文章编号** 1002-6495(2002)06-0368-02

目前,我国石油、天然气资源的输送主要依靠长距离埋地管道来实现,管材一般为钢制螺旋焊管。由于长输管道均采用埋地方式铺设,穿越地段地形复杂,土壤性质各异,土壤对管道有着不同程度且很强的腐蚀性。因此,为了防止土壤介质条件下的管道遭受腐蚀,管道外表面均采用涂覆涂层(国内主要是沥青玻璃布防腐层)的方法进行管道外防腐,同时,为防止涂层局部缺陷造成的管道局部腐蚀,长输管道大都采取了外加电流强制阴极保护,形成了双层保护体系,以期最大限度地降低腐蚀发生的可能性。

然而,近几年内在对于长输管道腐蚀、防护状况调查和管道防腐层大修过程中发现,在管道某些部位,防腐层外观看上去似乎完整无缺,此处阴极保护电位也处于有效范围。但是,将防腐层剥开后,防腐层下面的管道表面已形成了明显的,甚至是严重的局部腐蚀。这种在防腐层和有效阴极保护双重保护措施下都未能有效地阻止管道腐蚀或腐蚀穿孔的区域称之为“阴极保护死区(简称阴保死区)”,其腐蚀现象叫“阴极保护死区腐蚀”。这一类局部腐蚀隐蔽性强,难以发现,但破坏力大,危害严重,是目前造成长输管道腐蚀穿孔的主要原因之一。此现象已引起相关学者的注意。

1 形成的原因及部位

对于实施了双重保护的长输管道来说,管道建设及涂层大修时,由于施工条件等原因,往往难以保证涂层质量,造成防腐涂层局部存在某些缺陷,防腐层绝缘电阻率低,防腐层与管道之间结合力差等一系列问题。特别是长输管道服役一定时间后(我国东部管网大都运行近30年了),防腐层已到或接近大

修期,防腐层老化、龟裂、剥离、破损现象严重,防腐层与管道本体金属粘结力下降,防腐层与管道表面产生缝隙。如1994年~1995年期间对鲁宁线(山东临邑-江苏仪征输油管线)、濮临线(河南濮阳-山东临邑输油管线)、沧临线(河北沧州-山东临邑输油管线)进行防腐层绝缘电阻率测试,其结果表明质量一般和差级防腐层已占到20%,1999年、2000年分别对濮临线和东临老线(山东东营-山东临邑输油管线)再次进行防腐层绝缘电阻率测试,质量一般和差级防腐层已占到30%。近年管道防腐层检补漏中发现,管道防腐层漏铁点逐年增加。东临老线长172 km,其漏铁点高达1389处,大漏点占45%。管道焊缝处、固定墩处、套管处、弯头处等,这些特殊部位因其特定的几何形状,防腐施工时,其防腐层与管道表面易形成间隙、缝隙。这些都是阴保死区常见之处,一旦防腐层老化、破损,就会发生阴保死区腐蚀。如沧临线一部分腐蚀穿孔就发生在固定墩、弯头、带有加强板的特殊管段等部位。

2 腐蚀的特点和机理分析

2.1 腐蚀特点

近年内,对沧临线、濮临线进行腐蚀调查发现,阴保死区腐蚀现象归纳起来有以下几个特点:

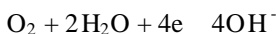
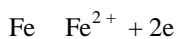
1. 防腐层与管道表面产生剥离,形成缝隙空间;或由于管道本身的结构特征,使防腐层与管道之间存在缝隙空间—阴保死区。
2. 在阴保死区附近的防腐层中存在孔眼,孔眼与阴保死区(腐蚀区)之间有液流通道。
3. 腐蚀区及液流通道往往有白色盐类结晶。
4. 腐蚀形态为坑状腐蚀,更多的是麻坑状腐蚀。严重腐蚀(穿孔)多发生在孔眼较大的阴保死区内。孔眼较小的阴保死区其腐蚀很轻。
5. 腐蚀严重部位管道保护电位多在 -0.85 V ~

- 0.95 V (CuSO₄ 参比电极,以下同)之间.而整体电位都在 - 1.0 V ~ - 1.3 V 之间的管道未发现阴保死区腐蚀严重现象,如鲁宁线、中洛线、魏荆线.

6. 腐蚀严重的位置在管道中心线横向截面以下,即管体外围下半周.

2.2 阴保死区腐蚀机理分析

管道表面一旦形成阴保死区,若附近防腐层存在微孔和液流通道时,由于雨季的来临,地下水位上升,充分溶解了土壤中各种盐类的地下水将逐渐渗入液流通道之中,然后向这个适宜的空间-阴保死区浸润、扩散,使这个适宜的空间内逐渐充满腐蚀性介质.此种情况下,管道、死区内的腐蚀性介质、防腐层、土壤成为一体,管道处于一种腐蚀性较强的溶液介质中,而不是“原意义”的“土壤”中,此时管道的自然腐蚀电位已不是在原意义的土壤中的自然腐蚀电位,而是更负,再按照 - 0.85 V 这个界限对管道进行阴极极化,已不可能有效控制死区内管道的腐蚀,并不是阴保失去了作用,而是阴极极化电流小,极化后,未能完全消除管道上腐蚀原电池中的牺牲阳极,其原电池腐蚀继续发生.电化学反应为:



阳极反应生成的碱性环境,促使 Fe²⁺ 向 Fe³⁺ (Fe₃O₄) 的反应方向进行.死区内管道表面介质中含氧浓度随反应的进行逐渐降低,外面供给不足,此时发生另一种反应:



由于氢气的生成,既加速阴保死区防腐层缺陷边缘的老化和局部隆起,又加剧了防腐层的阴极剥离.如果土壤呈酸性环境,腐蚀将加剧.故需要更大的保护电流才能抑制腐蚀反应,在电位上表现为阴保电位更负.

若死区内渗入的含有各种盐类的水很少,死区空间局部充满水,充满水的部分其腐蚀反应同上.未充满水的部位,防腐层与管体处于断路状态,此时防腐层起屏蔽作用,阴保失效,而腐蚀反应终因腐蚀性介质不过量和供给不及时而终止,管体腐蚀相对较轻.其电化学反应同上.死区局部充满水的,都是死区上部无水,而在下部有水,所以腐蚀多发生在下半周.死区内的腐蚀主要是管体在充满含有各种盐类水(比土壤更强的一种电解质)的电化学腐蚀.我国东部管网,尤其是管道储运公司管网,处于黄、淮河流域,地下水位高,且雨季长,雨量大,死区内多因微孔的存在经常交替充满大量的含有各种盐类的腐蚀性介质,加剧了管道的腐蚀.

3 控制腐蚀的技术措施

由于管道处于充满含有各种盐类、腐蚀性较强的电解质溶液的阴保死区内,其腐蚀电位大小,还没有一种可行的科学测量方法.因此,无法确定其最低阴极保护电位标准.但是,根据沧临线、濮临线、东黄老线、东临老线腐蚀调查的结果看,阴保死区腐蚀穿孔多发生在阴保电位处于 - 0.85 ~ - 1.0 V 之间,其中主要在 - 0.85 ~ - 0.95 V 之间,可见,只要管道阴保电位维持在 - 1.00 V 以下,死区内的腐蚀已基本能控制.笔者在多年的实际管道管理中采取了以下措施,使死区腐蚀得以有效控制.

1. 年年开展管道防腐层检补漏工作.在役管线防腐层受环境的影响,逐年老化、剥离、破损,检补漏就是消除这些漏铁点,消除阴保死区和阴保死区防腐层上的微孔及液流通道.如鲁宁线,因年年坚持做防腐层检补漏,自 1978 年建成投产至今,未发生一次腐蚀穿孔现象,管线腐蚀调查发现,管道维护状况良好.

2. 防腐层大修.通常是 4 年 ~ 5 年一次防腐层质量测量,主要测量防腐层绝缘电阻率,以判断防腐层质量.对于防腐层质量差的管段,必须进行大修.

3. 调整外加电流阴极保护系统运行参数.死区内管道腐蚀穿孔多发生在电位处于 - 0.85 V ~ - 0.95 V 区域内,在双重保护体系允许的情况下,调整恒电位仪运行参数,使阴保电位尽量负于 - 1.0 V.这种方法受到防腐层整体质量的限制,特别是对于沥青类防腐层,电位太负(小于 - 1.5 V)易析氢,促进防腐层剥离.

4. 增埋牺牲阳极,改善外加电流阴保系统运行参数.在防腐层老化严重段,电位大于 - 1.00 V 的管段增补牺牲阳极(最好是带状阳极),以辅助外加电流阴保系统提高全线阴保电位,有效控制死区腐蚀.沧临线、濮临线、东临老线、东黄老线均采用此方法,实践证明效果良好,腐蚀穿孔的势头得到有效控制.

5. 对于新管线尽量采用粘结力强、理化性能稳定、强度大的新型防腐层.尽管一次性投资大,但今后的管理和维修费用低.最好研制一种缓蚀剂,添加到该沥青中,在涂层与管道间涂加一层带缓蚀剂的涂层,有可能阻止阴保死区腐蚀的发生.

在役管线,随着时间的增长,防腐层缺陷由小变大,导致大面积失效和变质,且程度不一.阴极保护抑制每个缺陷处的腐蚀反应所需的保护电流密度都是不同的,阴保死区内的保护更加复杂和困难.这些变量的复杂性使得一条老管线的腐蚀控制必须采取上述方法综合处理,且要定期进行必要的调整,才能保证双重保护体系下的管线腐蚀得到有效控制.