

长输天然气管道防腐层及阴极保护技术分析

戎 涛（中国石油天然气股份有限公司天然气销售新疆分公司，新疆 乌鲁木齐 830001）

摘要：目前，随着天然气开发技术的发展，天然气的生产规模越来越大，由于生态环境的不断恶化，天然气因其环保的优势在城市资源能源供应中占有很大比重。在采用天然气资源时，必须修建较长的天然气输送管道，长输天然气管道的质量直接影响到天然气的供输质量，以及天然气运用的可靠性和安全性，所以必须对长输天然气管道的相关问题进行改进，从而既能确保阴极保护技术在实际中的使用，又能提高管道的防腐性能，有效保证长输天然气管道的正常运用。

关键词：长输天然气管道；防腐层；阴极保护技术

0 引言

随着人民生活质量的提高，环境保护意识的增强，人们对天然气的需求量越来越大，对天然气的重视程度增加，逐渐认识到长输天然气管道极易受到侵蚀，其腐蚀的根源是由于土壤的强烈腐蚀性，而且大部分管道都是由金属材料构成，因此很可能发生气体泄漏，造成很大影响。如果出现管道泄漏等问题，不仅会对周围的环境产生污染，还会引发火灾和爆炸性事件，其破坏程度无法估计。所以在进行天然气管道安装之前要进行防腐处理，从而保证管道的耐蚀能力和使用的安全。防腐涂料和阴极保护技术是当今世界上使用最广泛的防腐剂技术。

1 对长输天然气管道进行防腐处理的重要性阐述

目前人民对天然气的需求呈逐年增长趋势，天然气已成为不可取代的重要资源。在没有新的高效能源之前，对天然气的需求将会越来越大。为了有效保障天然气供给量充足，须采取适当措施对长输天然气管道进行安全防护显得尤为必要。虽然在最近几年，长输管道是安全、消耗少的一种运输工具，但随着时间的推移，越来越多的意外事故发生，这说明在天然气运输中，也有一些问题，其中最常见的是长输天然气管道腐蚀。

一是如果管道受到严重侵蚀，腐蚀性物质会和天然气发生化学反应，从而污染气体，进而对天然气的质量造成很大影响。

二是如果长输天然气管道受侵蚀的程度很大，很容易导致天然气泄露，不但会导致天然气大量浪费，还会给管道公司带来巨大的经济损失。

三是如果侵蚀深度达到泄露范围，那么，泄露的天然气就会渗入土地，对周围的生态环境产生巨大影响，并且这种危害是不可逆转的，在当前环保形势下，

环境问题日益严峻，导致天然气开发受到极大制约。

四是当天然气发生泄露时，如果与火源发生接触，很容易引发火灾和爆炸，不但会对输送天然气造成一定危害，也会对人民的安全产生影响。

第五，当天然气运输管道受到侵蚀时，会有物质粘在管道内壁上，从而加快管道的腐蚀速度。因此，在实际管道输送中，管道防腐是十分必要的。

2 长输天然气管道腐蚀现状

在长输天然气管道输送中，经常会产生管道锈蚀问题，造成这种情况的原因是多种多样的，点蚀是造成管道腐蚀的主要因素，一般都是点状或小孔的形式，从而造成管道局部腐蚀。如果不能及时解决问题，会造成很大危险，虽然腐蚀程度较低，但是维修起来很困难，影响天然气运输。此外，丝状腐蚀也是很普遍的，此情况一般都是在保护层下面形成，这种情况会给管道带来很大的安全风险，如果不能及时解决，将会造成严重的安全问题。

3 造成天然气长输管道腐蚀的几点原因

3.1 介质腐蚀

天然气在长输管道运输中，由于管道内壁与输送介质紧密接触，会产生大量的二氧化碳、硫化氢、溶解氧等物质，从而导致管道内部腐蚀。尤其是在介质中存在的硫酸，其腐蚀能力很大，与管道内部发生化学反应后，会产生能穿透管道^[1]。

具体而言，造成管道腐蚀的原因如下：长输管道具有较大的运载能力，因在高压高温条件下进行。但在高温和高压条件下，会刺激酸性气体的活性与能力，从而使管道的内壁迅速受到腐蚀，从而引起管道内部遭受严重腐蚀；在长距离的运输管线中，由于存在着气体、液体和固体三种形态并存的问题，气、液、固三种混合流体在运输过程中，会对管体产生腐蚀，尤

其是对管道穹型的撞击,致使管件部位厚度减小,进而引发管道渗漏。

3.2 环境腐蚀成因分析

3.2.1 土壤腐蚀

在长输天然气管道中,土壤腐蚀是造成管道腐蚀的主要因素之一。土壤中存在一些其他的元素,如空气、水、盐等,其自身就具备电解质作用。长输天然气管道若长时间处于土壤所形成的电解质溶液中,会产生极强的腐蚀性,从而加重土壤腐蚀现状。

3.2.2 大气腐蚀

在中、高海拔地区铺设管道时,由于管道与大气有一定的直接关系,因此,在大气的影响下,管道的外层会产生腐蚀现象。在中、高海拔地区铺设的管道,部分是暴露在空气中,其表面会产生一层水薄膜。一开始,水膜很薄,不易察觉。电解液膜属于电化学腐蚀中的重要成分,其会加剧天然气长输管道外壁的电化学腐蚀。

3.2.3 微生物腐蚀

除土壤腐蚀和大气腐蚀等因素,长输天然气管道的微生物腐蚀也是不可忽略的问题。微生物腐蚀是一种具有代表性的电化学反应,微生物腐蚀是指长期在地面上铺设的管线受到微生物影响,或是由于与微生物直接接触而发生腐蚀。不管是在地面上铺设的管道,或是在大气中铺设的管道,都有很大可能出现微生物腐蚀现象。这种方法的实质在于,当管道与微生物密切接触时,由于受到微生物的作用,会产生一系列的化学反应,进而产生腐蚀现象。

3.3 防腐蚀处理不力

通常来说,地下埋地管道经常采取双重防护模式:一是阴极保护,另一是防腐涂层,不管使用何种方法,最重要的是这种技术可以抵抗周围的腐蚀性,当周围环境对埋地管道造成一定破坏时,就会出现保护膜从管道上脱落下来。

3.4 缺乏完善的管理制度

当前长输天然气管道运输的安全监管体系缺乏,有关部门应当健全相应的安全管理制度,才能更好地推进长输天然气管道安全管理工作。比如,国内对天然气管道安全管理提出以下几个方面的要求:各省、市、自治区的主管单位要按照有关法律、法规,在各自管辖范围之内进行管道巡查。尽管制定了天然气管道保护条例,但在实践中,各地落实情况不尽如人意,相关法规也不尽完备,许多地区存在着管理无序现象,

所以,各地都要加大管理制度的完善。

4 长输天然气管道防腐层保护策略

4.1 增强管道的抗腐蚀性性能

在管道安装过程中,要针对不同的工程情况采取不同的防腐蚀方法,以达到较好的防腐蚀作用。还必须全面考虑长距离管道的实际操作特性。根据具体条件,制订相应的防腐蚀方法。比如:地上跨越处管道防腐层施工时,因为管道长期裸露在外,所以要对管道进行全面清洗,通常采用钢锉刀和钢丝刷来清洗,去除表层杂质。在表面除杂工作结束后进行防腐层涂刷,先涂一层环氧胶,在涂层厚度上要保证 $70\mu\text{m}$ 以上。在管道最外层进行干燥涂层,也要注意涂层厚度,至少要超过 $140\mu\text{m}$ 。采用这种方法可以增强管道的抗腐蚀性性能,并可以有效地保持管道的耐用性,从而降低管道维修率。

4.2 选择适合于天然气管道的防腐涂层

在进行防腐涂层选择时,要合理地选择适合于天然气管道的防腐涂料。其中,外层防腐蚀涂料是一种常用方法,其可以在腐蚀介质和管道之间形成绝缘层,从而避免腐蚀物质和管道直接接触,进而从根源上避免管道被腐蚀。当采用外部防腐层技术时,所选用的外部防腐层必须具备基本性能、涂层性能满足施工要求。外防腐层必须具备以下性能:电气绝缘、防水隔离、涂布方式对管道的性能无影响,涂布的表面具有极小瑕疵,具有优良的粘结力,能够有效抵抗装卸、存储、安装的损坏,有效维持绝缘电阻的不变性、耐腐蚀性。涂料特性符合工程和安装需要:耐弯矩、硬度和耐磨、耐撞击、防风、修补困难等。涂料的特性:附着力、耐酸腐蚀、绝缘电阻和电强度、阴极剥落、渗透、抗土壤应力。

4.3 施工过程中强化埋深处管道防腐层防护技术

要确保天然气管道的安全运行,必须对管道进行检查和排除。在施工中对管道进行现场检查和故障处理时,必须对埋深处管道进行防腐处理,同时要充分考虑管道的具体情况。天然气管道中有一些管道可能会长时间处于深层埋藏状态,而裸露在外的管道部位与需要开展加深埋深的管道达到高度重视效果。对于深埋管道的防腐处理,通常采用目测和电弧检查,检查中发现有不符合要求的地方,就必须进行防腐处理。在除锈时要保证应用的等级在 Sa2.5 级以上,并在除锈完毕后,再将无溶剂液体环氧漆用于对管道进行后续维修,通过这种方法可以最大程度地保证管道的安

全运行^[2]。

4.4 为确保防护效果必须做好并联保护工作

当采用牺牲阳极法和附加电流阴极保护时，必须做好并联保护，才能确保防护效果最好^[3]。

首先，必须使管道与外部环境保持电气隔离。这是运用阴极保护体系的先决条件。采用包覆方法可以大幅度减少阴极保护所需的电流，同时也可以大幅度提高电源的分布性能。

其次，钢管表面的防腐涂层不能完全防止破裂，如果不能在规定时间内进行阴极防护，将导致管道发生腐蚀和穿孔。所以，应采取适当的阴极防护，以避免镀层穿孔。

再次，防锈涂料对钢管的外壁进行全方位防护，可以避免出现腐蚀问题，使其呈现出均匀腐蚀特征，从而达到对锈层破损进行高效治理。

最后，由于无法准确地判断出腐蚀涂层的失效部位，使得修补防腐涂层无法正常进行。若将阴极防护技术用于整个管道，然后将防腐涂层和阴极防护结合起来，使管道防护工作得到长久发挥。

5 长输天然气管道阴极保护技术策略

随着人类社会的进步，阴极保护技术也得到了不断发展，各种防护方法层出不穷，而每一种形式的出现都大大提高了防腐效能。在进行长距离天然气管道铺设时，通常采取的是埋入式铺设，在采取埋地施工时，由于受地势和场地等多种原因的制约，必须确保埋入地下的管道具有良好的抗腐蚀性能。采取的方法是阴极防护技术，以确保管道具有良好的耐腐蚀性。阴极保护技术是以传统工艺为依据，通过对传统工艺的深入分析而形成的一项新技术。基于此以下对长输天然气管道阴极保护技术策略进行了几点总结：

5.1 牺牲阳极阴极保护技术

阴极防护体系可划分为具有强制电流的系统和牺牲阳极系统两种^[4]。在市区，人流大的地区地下管道和设备很流行，可降低对附近管道和大楼的不良冲击。天由于金属失去电子发生氧化反应而产生腐蚀，比如在金属与电解质溶液交界点的沉积物。由于有很多负电荷，所以会终止化学侵蚀，采用牺牲阳极的阴极保护技术。镁，铝，锌，铁，铜在原则上，材料经电化学处理后，能有效地阻止金属侵蚀。其中，镁、锌是目前用于保护管线的阳极材料，但镁价格很高，所以镁合金就成了最好的阳极电极材料。此外，由于牺牲阳极电势，土壤电解质中牺牲阳极的活性高于金属

活性。在接触到被保护的物体后，首先要对其进行溶解，这时，牺牲阳极材料会被耗尽并放出电子，从而形成阴极还原反应，进而阻止被保护物质的阳极溶解，从而实现阴极保护。

5.2 外加电流阴极保护技术

外加电流阴极保护技术即采用电线将该电极与直流电极相连，使辅助阳极与直流电源正极产生高效连接，连接后会产生电子流入阴极表面的过程。当外加电子不能与电解质中所含的某些成分发生反应，则会使阴极表面的电势发生变化，从而使电子向负极运动，进而影响金属结构中的电子释放。随着阴极电流的增加，微阳极中的电子含量也会随之增加，从而导致金属材料的电势变得更低。当阴极极化达到一定数值后，微阳极和微阴极发生等电势变化，当阴极和阳极电压相差为0时，原电池就不会受到腐蚀作用^[5]。此外，由于天然气管道本身的防腐涂层往往会暴露在外界环境中，又或者天然气管道常常处在腐蚀性环境中，因此，技术人员必须通过阴极防护装置来防止管道遭受外界侵蚀。对运行管道进行再调整，以达到防护作用。在这段时间内，可能会出现阴极保护器缺乏供电设备的问题，可以通过使用蓄电池来实现对其的防护。

综上所述，由于天然气管道的特殊性和危险性高，在很大程度上导致管道锈蚀。由于长输天然气管道输送中存在着大量腐蚀问题，这些问题不但给天然气输送造成很大危害，而且还对人类的生命和财产造成危害。因此，有关单位在施工和使用时应充分了解管道的侵蚀成因，并对其进行严格管理和监管。另外，在长输天然气管道中，阴极保护技术是不可避免的问题，要做好相应的应急防护工作，并对其进行分析，并根据实际情况提出相应对策，提高其防护效果，保证长输天然气管道的安全、稳定运行。

参考文献：

- [1] 梁雨分. 天然气长输管道防腐层及阴极保护常见缺陷分析 [J]. 石油石化物资采购, 2022(2):114-116.
- [2] 王锦辉. 天然气长输管道阴极保护防腐技术的应用分析 [J]. 化工管理, 2020(11):34.
- [3] 靳付超. 天然气长输管道阴极保护的有效性影响因素 [J]. 化工管理, 2021(4):65.
- [4] 韩宝强, 魏亚涛, 单晓建. 关于长输管道的阴极保护及故障分析 [J]. 中国化工贸易, 2019, 11(02):182.
- [5] 李云海. 长输天然气管道防腐层与阴极保护常见缺陷分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2021(12).