

# 煤化工管道防腐技术研究与应用

段晶晶 (山西能源职业学校, 山西 太原 030012)

**摘要:** 煤化工行业作为能源化工领域的重要组成部分, 其生产过程中涉及大量腐蚀性介质的输送, 因此煤化工管道防腐技术成为了保障生产安全、提高设备使用寿命及降低维护成本的关键。本文笔者以太原煤气化集团公司煤化工管道防腐技术为主要研究背景, 阐述了煤化工管道腐蚀的主要原因、矿用管材管件选材要求。随后, 文章详细探讨了煤化工管道防腐的先进技术, 这些技术包括传统的涂层防腐、牺牲阳极阴极保护、外加电流阴极保护以及新型的耐腐蚀材料开发等。最后探讨了煤化工行业管道防腐工作的重要现实意义。

**关键词:** 煤化工管路; 防腐; PE 管; 阴极保护

中图分类号: TQ050.9 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 020-0145-03

## Research and Application of Material Selection and Anti-Corrosion Technologies for Coal Chemical Pipelines.

Duan Jingjing (Shanxi Energy Vocational College, Taiyuan Shanxi 030012, China)

**Abstract:** This study focuses on the anti-corrosion technologies for coal chemical pipelines at Taiyuan Coal Gasification Group. It systematically analyzes the primary causes of pipeline corrosion in coal chemical processes, specifies material selection criteria for mining pipeline components, and evaluates advanced anticorrosion technologies. The research highlights the practical significance of pipeline protection measures in industrial applications.

**Keywords:** coal chemical pipelines; anti-corrosion technology; electric current; PE pipes; cathodic

该公司核心业务为煤炭化工制造, 其矿井上下排水系统、给水系统、通气系统以及液压系统的正常工作均依赖管路输送, 且主要选用聚乙烯 (PE) 管材料。鉴于部分煤化工管道系统需进行长距离输送且穿越复杂环境, 腐蚀破坏问题难以避免。管道穿孔不仅会引发资源泄漏, 造成资源的无谓浪费, 还会对环境造成污染, 更甚者, 在严重情况下甚至会诱发重大事故。因此, 在生产和日常运营中, 我们不仅要对煤化工管道的材料选择与质量把控给予严格要求, 高度重视防腐工作, 深入剖析管道腐蚀的缘由。同时, 我们应充分意识到防腐工作的重要意义, 积极学习并掌握新技术及新工艺, 将其应用于管道的防腐保护之中, 以切实保障煤化工主要管道运输设施的安全、可靠运行。

### 1 煤化工管路侵蚀的主要缘由

#### 1.1 散乱电流侵蚀

散乱电流是顺着既定线路以外的路径流动的电流, 它在土壤介质中游离存在, 且与需防护的管路体系无关联。此电流从管路的某个位置渗入管路, 沿管线传输一段距离后, 再从另一处逸出至土壤中, 在电流逸出的位置, 管路会发生侵蚀现象, 我们将此侵蚀称为散乱电流侵蚀, 如图 1 所示。

交直流散乱电流的干扰是导致埋设地下的钢制管路发生侵蚀的另一大重要因素, 通过对散乱电流强度的检测, 可评估出对埋地管路腐蚀的影响水平。

#### 1.2 金属的电化学腐蚀作用

电化学侵蚀是极为关键的腐蚀因素, 因为绝大多

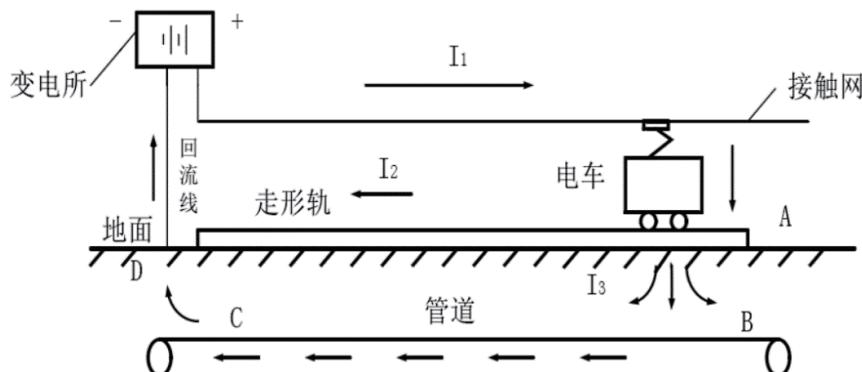


图 1 散乱电流侵蚀示意图

数的金属腐蚀，其根源均可视为一种电化学作用<sup>[1]</sup>，如以下图 2 所示（金属管道腐蚀图）。



图 2：金属管道腐蚀图

受管路埋设地域土壤物理化学性不同，以及管道自身金相结构不均影响，管道局部金属会发生电离，携带正电荷的金属离子渗入土壤中，此地带电位呈负值；与之相对，部分金属因电离难度大而呈现正电位。这种电位差促使两段金属间产生电子转移，引发氧化还原反应。

这一过程里，管路丢掉电子的部分转变为阳极区域，获得电子部分的成阴极区区域。如此，阳极区域、阴极区域以及土壤共同构成一个闭合回路，形成电化学电流，也就是我们所说的腐蚀电流，进而引发土壤中的腐蚀现象。

空气中含有的水汽会在金属表层凝结成水层，这种水层因为溶解了大气中多种气体和杂质，具备电解质溶液的特性，促使金属表层产生电化学腐蚀反应。除了污染物，气候条件也是影响大气腐蚀的重要因素。在干燥环境中，多数污染物对金属的腐蚀作用微乎其微。倘若环境湿度大于 80% 时，腐蚀速率会显著加快。所以，埋在地沟内的管路或是不干燥环境下的架空管路，极易形成水膜并发生电化学腐蚀。

## 2 矿用管材管件选材标准

### 2.1 矿用管材环境要求

可使用于具有耐腐蚀性、防水性环境，作业温度不超过 40℃，运用压力区间应为 1.0MPa 至 1.6MPa。

### 2.2 材料选取标准

在煤化工领域，管道材料通常选用 PE 管，即聚乙烯管。聚乙烯无明显气味且无毒，触感类似蜡质，具备出色的耐低温，化学性好，耐酸碱，常温下不溶于一般溶剂，吸水性极低，电绝缘性能也十分优异。与金属管材比，PE 管不生锈，耐腐蚀，卫生性能好，使用寿命长，PE 给水管材的使用寿命可超过 50 年，这一结论已经过实践检验。PE 管韧性高，压力松弛特性可有效消耗应力，抗震、抗地基沉降及温差伸缩性能优异。

PE（聚乙烯）矿用管材凭借其优异的性能和多样的用途，在井下供排水、通风、喷浆、瓦斯抽放等多个领域得到了广泛应用。比如供水排水管材（KS），

它能有效保障井下作业的水资源供应和排放；喷浆管材（KJ）则能满足井下喷浆作业的特殊需求；正压通风管材（KFZ）和负压通风管材（KFF）对于井下的通风系统至关重要，能确保井下空气流通顺畅；瓦斯抽放管材（kW）更是煤矿安全生产的关键，它能有效抽放井下瓦斯，降低安全风险；而通用管（KM）则具有多种用途，非常灵活便捷。

### 2.3 技术参数规范

①外观标准：内外壁光滑、平整，无气泡、裂痕、凹陷等缺陷，颜色为黑色。

②端面垂直性：两端面切割平整，并与轴线成 90 度，以确保连接时的密封性和稳定性。

③壁厚公差：同一截面上，管材的壁厚公差不得超过 14%，以保证管材的承压能力和均匀性。

④壁厚规定：符合 Q/HTK01-2011 要求的最小壁厚。

⑤圆度偏差：管材的不圆度应控制在 5% 以内。

⑥扁平试验：压至内壁重合，其表面不得出现裂纹或损坏。

⑦液压性能：静液压强度需满足 Q/CD03-2011 标准的要求。

⑧拉伸性能：拉伸强度  $\geq 9.0 \text{ MPa}$ ，拉断伸长率  $\geq 300\%$ 。

⑨落锤冲击测试：按 MT558.1-2005 中 5.7 规定，10 根试样中至少 9 根应无裂痕和损坏。

⑩表面电阻：内、外壁表面电阻算术平均值应符合 MT558.1-2005 中 4.9 规定要求

## 3 煤化工管道防腐蚀技术

### 3.1 涂层防腐蚀技术应用

在众多防腐技术中，涂料防腐技术凭借显著优势成为应用最常见的选择。通过科学选配涂料类型与配套体系，涂料防腐能够以便捷、经济的方式实现良好的防护效果<sup>[2]</sup>。

#### 3.1.1 管道外部防腐涂层

①防腐材料的选择原则：管路防腐涂层的方案选定全面思虑工程规模、耐腐蚀性能、施工方式、环保要求及经济性等多个因素。比如，当处于多石地带或存在地下水渗透的区域时，推荐使用机械性能优异的熔结环氧树脂<sup>[3]</sup>；若处于富含氯化物的盐渍土环境，选用具备耐氯离子腐蚀特性的涂层材料。针对沼泽地域，用具备长效耐水性与抗化学腐蚀能力的防腐涂层。在碳酸盐型土壤环境中，应选用耐碳酸根离子腐蚀的防腐材料。此外，当输送介质温度较高时，耐高温的防腐材料，如耐高温环氧树脂或改性聚丙烯等更符合实际需求。

②补口：当前，管道补口材料呈现出丰富多样的发展趋势。除传统的沥青、涂料外，聚乙烯胶带、环氧粉末及热收缩套（带）等方式也广泛应用于管路防腐涂层的补口作业中。在众多补口技术里，热收缩套（带）凭借其显著优势，在市场应用中占据核心地位，成为行业内最常用的补口方式。

### 3.1.2 管道内部防腐涂层

管道内部的涂覆层扮演着双重角色：其一为防止腐蚀，其二为减少阻力。此技术主要应用于油田中腐蚀问题严峻的集输管线、污水处置及回灌管线上，旨在拓展管线的使用期限，为石油的勘探与开发提供有力的支持。通常，这类管道的特征为口径相对较小，且距离短。

①防腐涂料：管线内部防蚀漆料种类繁多，不下数十种，常用的包括液态环氧漆料、熔融环氧粉末、以及像水泥砂浆内衬和酚醛树脂漆料等其他材质<sup>[4]</sup>。

②内补口：在管道防腐层的应用技术中，管道补口是一项至关重要且技术难度较大的环节，尤其对于小口径管线而言尤为重要。因焊缝修补工艺不当，导致涂层过早失效、管线出现腐蚀穿孔的案例屡见不鲜，会直接关乎整个防护层的防护成效与使用年限。

### 3.2 管道防腐阴极守护技术

#### 3.2.1 阴极守护核心参数与守护标准

①自然电势：自然电势指的是金属埋置于土壤后，未受外部电流干扰时相对于大地的电势。自然电势的数值会因金属结构的材质、表面条件、土壤性质以及含水量等多种因素的不同而有所差异。通常情况下，带有涂层的埋地管道的自然电势位于-0.4至0.7V CSE的范围内。在雨季土壤潮湿时，自然电势会趋向更负的值，一般选取均值-0.55V作为参考。

②最大保护电势：保护电势并非愈低愈佳，而是有界限的。保护电势过低会引发多种问题。在此情况下，管道涂层易与金属表面剥离，致使防腐涂层失效；同时会导致电能过度消耗，造成不必要的能源浪费。更为严重的是，低电势环境下金属材料易发生氢脆现象，可能进一步引发氢脆断裂，威胁管道结构安全。因此，为保障防腐效果和管道安全，需将保护电势精准控制在略高于析氢电势的水平，这一电势阈值即被定义为极限保护电势<sup>[3]</sup>。

③最小保护电势：金属实现全面守护所需的最低电势值。在电解质溶液中，极化电势抵达阳极区的自然电势时，即达到了全面守护的状态。

#### 3.2.2 阴极保护之管道防腐法

①牺牲正极技术应用：将一电位较负的金属或合金件连接至需防护的金属结构物上，作为阳极，利用

其持续溶解过程中释放的阴极电流，对金属实施阴极极化保护<sup>[5]</sup>。

②外加电流法：这种防腐技术运用直流供电设备，将阴极电流定向输送至金属构筑物。通过电流作用使金属发生阴极极化，从而有效抵御腐蚀的侵袭，如图3所示。

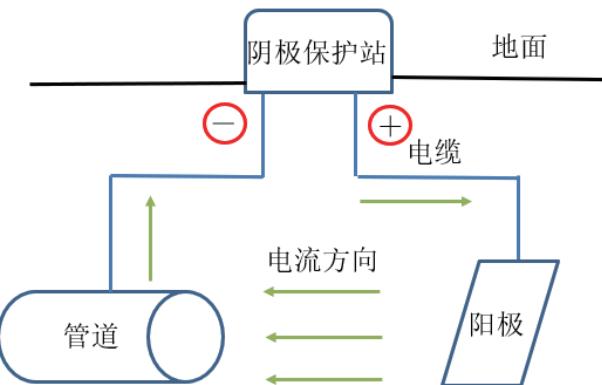


图3 阴极保护示意图

### 4 结语

总之，随着经济的发展，先进的技术以及建设水平的提高管道运输的重要性被人们广泛认可，管道的作用凸显出来，其输送介质多样，而地下管道易受腐蚀穿孔。因此，管道防腐至关重要。煤化工管道的选择与防腐不仅关乎资源供给的持久性，更关系到企业的安全、可靠、经济合理正常运转。

为确保生产平稳，需在选择新技术、新管材的同时，预防管道的腐蚀问题应该引起足够的重视，并改善施工工艺，优化各环节技术标准与操作规范，避免人为原因诱发的腐蚀风险，全面治理管路腐蚀问题，才能将损失降到最低。

### 参考文献：

- [1] 唐宏青. 现代煤化工新技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009:5-40.
- [2] 周剑琴, 何睿. 热煨弯管 3LPE 防腐技术 [J]. 石油工程建设, 2007, 33(6):40-42.
- [3] 乔军平, 贾宏庆. 大口径热煨弯管 3LPE 防腐技术研究 [J]. 防腐保温技术, 2009, 17(2):15-19.
- [4] 李玉林, 胡瑞生, 白雅琴. 煤化工基础 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006:1-50.
- [5] 郭树才. 煤化工工艺学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006:3-9.

### 作者简介：

段晶晶（1985-），女，山西太原人，本科，化学工程与工艺专业，教师，助理工程师。