

管道防腐材料的分类、应用及发展研究

陈齐飞（神华工程技术有限公司，北京 100011）

摘要：管道防腐材料是管道工程中必不可少的组成部分，可以保障管道的安全运行和延长管道的使用寿命。管道防腐材料的分类主要包括有机涂料、无机涂料、防腐包带和防腐油漆四大类。这些材料在石油化工、城市燃气、建筑、电力等行业都有着广泛的应用。未来，随着环保和高性能防腐材料需求的不断提高，新型防腐材料将得到更广泛的应用，为保障管道安全和延长使用寿命提供更多的选择。对于未来的研究和应用，主要考虑环保型、高性能和成本效益型等方向的发展。

关键词：管道；防腐材料；分类；应用；发展研究

管道是现代工业生产和生活中不可或缺的基础设施，其作用不仅限于输送液体、气体和固体物料，还承担着保护环境和人类生命财产安全的重要任务。然而，管道在长期使用过程中，受到氧化、腐蚀、磨损等多种因素的影响，容易出现老化、破损等问题，严重影响其正常运行和使用寿命^[1]。因此，如何选择合适的管道防腐材料，对于管道的安全运行和延长使用寿命具有重要意义。本文将对管道防腐材料的分类、特性及应用进行研究，以期提供给工程技术人员和决策者有关管道防腐材料的科学、全面、实用的参考资料。

1 管道防腐材料的分类

管道防腐材料是指用于防止管道受到腐蚀和损坏的材料，主要包括有机涂料、无机涂料、防腐包带、防腐油漆等^[1]。

1.1 有机涂料

有机涂料是一种涂料，主要由树脂、溶剂、填料、助剂等组成。有机涂料具有良好的涂覆性能和防腐性能，在管道防腐中得到了广泛应用。根据树脂的种类和性质，有机涂料又可以分为环氧涂料、聚氨酯涂料、丙烯酸涂料等^[2]。

1.1.1 环氧涂料

环氧涂料是一种以环氧树脂为主要成分的涂料，环氧涂料是由环氧树脂和固化剂、稀释剂等添加剂构成的涂料，其主要成分是环氧树脂。环氧树脂是一种聚合物，通常由环氧化物和胺、酸酐等固化剂反应而成，其分子式可以表示为 $(R_1R_2O)_n$ ，其中 R_1 和 R_2 是任意有机基团， n 是聚合度。环氧涂料的固化剂通常是胺类化合物和酸酐，它们可以与环氧树脂发生缩合反应，形成高分子化合物，从而提高涂膜附着力、耐磨性、耐腐蚀性等性能。稀释剂可以降低环氧涂料

的粘度和黏度，使得其易于涂覆于各种表面上。由于环氧涂料具有出色的化学稳定性、高耐磨性、强附着性、耐腐蚀性等特点，因此在许多领域得到了广泛的运用，比如航空航天、船舶、建筑、金属制品等等^[2]。由于环氧涂料的硬度高，能够有效防止管道受到磨损和划伤，同时具有良好的耐高温性能，能够在高温环境下保持稳定的防腐效果，因此在污水处理和化工生产经常使用。

同时环氧涂料不仅可用于管道内部的防腐，能够有效防止管道内部受到腐蚀和污染。还可用于管道外部的防腐，能够有效防止管道受到氧化、紫外线和雨水等因素的影响。除此之外，环氧涂料可用于管道涂膜的修补和可用于污水处理和化工生产，能够有效修复管道表面的损伤和缺陷以及防止管道受到土壤中的腐蚀和损坏。

1.1.2 聚氨酯涂料

聚氨酯涂料是一种以聚氨酯为主要成分的涂料，其是由聚氨酯树脂和添加剂构成的涂料，其主要成分是聚氨酯树脂。聚氨酯树脂是由异氰酸酯与多元醇反应合成的高分子化合物，其分子式通常是 $C_{10}H_8N_2O_2R_2$ ，其中 R 代表多元醇的主链。在制备聚氨酯涂料时，聚氨酯树脂通常与其他添加剂（如颜料、固化剂、稀释剂等）共同混合使用，以形成适合不同应用领域的涂料。聚氨酯涂料具有优异的耐候性能、耐化学性、耐磨性和耐水性，能够有效防止管道受到紫外线、高温、酸碱和其他化学物质的腐蚀，同时能够有效防止管道受到磨损和划伤，并能在水中保持稳定的防腐效果。较环氧涂料一致，可用于管道内外部防腐和管道涂膜的修补等。

1.1.3 丙烯酸涂料

丙烯酸涂料是一种以丙烯酸树脂为主要成分的

涂料,其主要成分是丙烯酸酯单体,其分子式为 $C_3H_4O_2$ 。在制备丙烯酸涂料时,通常将丙烯酸酯单体与其他添加剂(如固化剂、稀释剂和颜料)混合,形成涂料。丙烯酸涂料是一种高分子聚合物涂料,通常由丙烯酸酯单体和其他添加剂构成。它们具有很强的附着性和良好的耐久性,可以应用于多种表面上。除管道防腐外,丙烯酸涂料可以用于广泛的应用领域,如建筑涂料、汽车涂料、家具涂料、金属涂料、工业涂料以及艺术绘画。在建筑方面,丙烯酸涂料通常用于室内和外墙涂料、屋顶涂料、水下结构保护涂料、防火涂料和地面涂料等方面。其具有聚合快、硬化快、表面干燥时间短、耐候和耐腐蚀等特点,已成为一种非常流行的涂料选择。

1.2 无机涂料

1.2.1 锌基涂料

锌基涂料的主要成分是锌粉,通常是以氧化锌(ZnO)或锌粉(Zn)的形式存在。其中,氧化锌的分子式为 ZnO ,是一种白色粉末,具有良好的光学、电学和热学性质,可用于制备高温涂料、橡胶制品、陶瓷、玻璃、化妆品等。锌粉的分子式为 Zn ,是一种金属粉末,具有良好的导电性和导热性,可用于制备防腐涂料、电池、合金等。在锌基涂料中,锌粉的含量通常在60%以上,以保证涂料具有良好的防腐性能和耐腐蚀性能。除锌粉外,锌基涂料中还可能含有树脂、溶剂、添加剂等其他成分。锌基涂料的防腐原理是利用其中的锌粉,通过阴极保护的原理,形成一层均匀的、致密的、电化学反应活性较低的锌盐层,从而防止管道受到氧化、紫外线和雨水等因素的影响,有效防止管道受到腐蚀和污染。

1.2.2 铝基涂料

铝涂料是一种具有防腐、耐热、耐气候、抗紫外线等性能的涂料,其主要成分是铝粉和树脂。铝粉是一种金属粉末,其分子式为 Al ,可以提高涂料的光泽度和金属感,并增强它的耐候性。树脂则包括聚合物树脂、天然树脂、合成树脂等,它们被用作铝涂料的基料,对于提高涂料的耐久性、粘合力、耐磨性和耐候性等方面都起到了关键作用。常用的树脂有聚酯、聚氨酯、环氧等。铝涂料也可能会添加其他助剂(比如颜料、添加剂等)以实现一些特殊的性能和效果。总体而言,铝涂料的分子式是比较复杂的,是由多种化合物混合而成的^[2]。铝涂料的防腐原理主要是利用铝的自身化学性质,即铝具有良好的氧化性,能够与空气中的氧气反应生成一层致密的氧化铝膜,从而防

止铝材料继续氧化腐蚀。铝涂料中添加的其他成分,如树脂、颜料、溶剂等,也可以起到一定的防腐作用。树脂可以增加涂层的附着力和硬度,从而防止涂层剥落;颜料可以增加涂层的遮盖力和耐久性;溶剂可以调节涂料的流动性和干燥速度,从而保证涂层的质量和性能。

1.3 防腐包带

防腐包带是一种常见的物理防腐材料,其原理是利用包带材料的防腐性能,将其包裹在金属管道、阀门、法兰等设备表面,形成一层防腐屏障,防止金属设备受到腐蚀和污染。防腐包带通常由聚乙烯、聚丙烯等基材料制成,表面涂有一层具有防腐功能的黏合剂。聚乙烯和聚氯乙烯防腐包带是一种常见的防腐包带材料,具有良好的耐腐蚀性能和机械强度,适用于各种管道、阀门、法兰等设备的防腐。聚丙烯防腐包带和聚乙烯丙烯酸酯共聚物防腐包带是一种新型的防腐包带材料,具有优异的耐腐蚀性能和耐高温性能,适用于高温、高压、腐蚀性强的管道和设备的防腐。聚乙烯丙烯酸酯共聚物防腐包带:聚乙烯丙烯酸酯共聚物防腐包带是一种新型的防腐包带材料,具有良好的耐腐蚀性能和耐高温性能,适用于高温、高压、腐蚀性强的管道和设备的防腐。

上述不同的材料适用于不同的环境和设备,选择适合的防腐包带材料可以有效地保护金属设备免受腐蚀和污染。

2 防腐管道的应用

防腐管道在许多工业领域中都有广泛的应用,尤其是在石化、化工、电力、造纸、制药、轻工等行业。由于这些行业中的许多工艺涉及到腐蚀性物质的输送和处理,因此采用防腐管道可以有效地保护管道以及其中输送的物质,从而延长管道的使用寿命。通常,防腐管道可以用于输送各种酸碱或有机溶剂等腐蚀性介质,可有效防止管道的腐蚀和污染。除此之外,防腐管道可以用于输送石油、天然气等油气介质,避免管道内部腐蚀、氧化等问题,保证输送的安全及其产品质量。同时,防腐管道还可以用于输送饮料、食品添加剂等液态食品,避免在输送过程中管道内部腐蚀、变质等问题,确保输送的食品安全。最后,防腐管道也可以用于化学反应中危险物品的输送、废水处理等生产流程中,保障生产过程中的安全、稳定和可靠性。

因此,防腐管道广泛应用于许多工业领域,其作用不仅是保护管道,还能保障生产过程的安全、稳定和可靠性。

3 管道防腐材料的发展趋势

3.1 环保型防腐材料的发展

随着环保意识的不断提高,管道防腐材料的发展也趋向于环保型防腐材料。环保型防腐材料是指在使用过程中对环境和人体健康没有危害的防腐材料,主要包括绿色防腐材料、高效防腐材料、纳米防腐材料和可降解防腐材料。绿色防腐材料是指不含有害物质的防腐材料,如水性涂料、水性防腐包带等,这些材料在使用过程中不会产生有害气体和废水,对环境和人体健康无害。而高效防腐材料是指具有更好的防腐性能和更长的使用寿命的防腐材料,这些材料可以减少管道维护和更换的频率,降低成本和环境污染。纳米防腐材料则是指通过纳米技术制备的防腐材料,具有更高的防腐性能和更长的使用寿命。这些材料可以在管道表面形成一层纳米保护膜,防止管道受到腐蚀和污染。最后,可降解防腐材料是指在使用过程中可以自然降解的防腐材料,这些材料可以减少对环境的污染和管道维护的成本。

3.2 高性能防腐材料的研发

高性能防腐材料是目前管道防腐领域的一个研究热点,研发性能更好的材料可以提高管道的抗腐蚀性和使用寿命,降低设备的停机维修时间和成本。以下是一些常见的高性能防腐材料的研发方向:

①新型环氧树脂:环氧树脂的主要组成成分为环氧树脂、固化剂、填料和助剂等。新型环氧树脂采用改性剂,可以在降低配方成本的同时,提高环氧树脂的抗化学腐蚀性、抗高温性等性能,从而提高管道的抗腐蚀性能和使用寿命;

②高温防腐涂料:高温下,管道表面易受到氧化,热膨胀等影响,致使防腐涂层损坏,新型高温防腐涂料的研发,针对高温管道的特点,使用耐高温的材料和成分,提高涂层的附着力、耐磨性和耐腐蚀性,从而保护管道表面,延长设备的使用寿命;

③高附着力涂料:防腐涂层的附着力对于管道的使用寿命具有重要影响。新型的高附着力涂料可以提高涂层在管道表面的附着力,从而增强防腐层和管道的结合,减少其脱落;

④薄膜涂层技术通常使用纳米、微米级原料,形成细密,致密的防腐膜,减少小缝隙和微小孔洞,避免涂层内部出现空气孔洞,从而提高管道的防腐性能和实用性^[2]。

总之,高性能防腐材料的研发将是管道防腐领域的重要发展方向,研究新型的高性能防腐材料,可以

满足不同场合和环境下的抗腐蚀需求,从而提高管道安全性和可靠性。

3.3 新型防腐材料的应用

除了环保型和高效防腐材料的发展趋势外,新型防腐材料的应用也是管道防腐材料的发展趋势之一。新型防腐材料中的涂层防腐材料是将特定的材料涂在管道内壁或外表面以实现防腐的效果。通常采用的涂层有环氧涂层、聚氨酯涂层、丙烯酸酯涂层等。涂层防腐材料具有质量轻、施工方便、使用寿命长等特点,适用于各类管道、储罐、设备等的防腐。除此之外还包括粉末喷涂防腐材料,其是将防腐材料加工成粉末,然后通过喷涂的方式在管道表面形成一层防腐层。这种材料具有耐腐蚀性能好、使用寿命长等特点,适用于各种管道、阀门等设备的防腐。聚合物防腐材料也是未来管道防腐的新型号材料,其是将特定的聚合物材料用于管道防腐的材料。聚合物防腐材料适用于各种储罐、设备等的防腐。最后,陶瓷防腐材料也是未来管道防腐材料的研究热点,其作为一种陶瓷材料,具有耐腐蚀性能好、高温耐受性能好等特点,适用于高温、高压、腐蚀性强的设备和管道的防腐。

4 结论和展望

管道防腐材料是保障管道使用寿命和安全的重要手段,防腐管道在石油化工、城市燃气、建筑、电力等行业有着广泛的应用。未来,环保型防腐材料和高性能防腐材料的研发将是管道防腐材料的主要发展方向。在应用方面,新型防腐材料将会得到更广泛的应用,为保障管道安全和延长使用寿命提供更多的选择。

为了满足市场需求,未来的研究应该着重于环保型、高效型、经济型等材料的研发和应用。在研究方面,可以从提高材料性能、应用领域扩展、成本降低和应用技术创新等方面进行深入研究,以更好地满足市场需求。同时,基于国内市场的实际情况,应该充分利用本土化优势,加强国内防腐材料的研发和生产,推动管道防腐材料的全面发展。

参考文献:

- [1] 杨泽宇.油气管道防腐施工质量影响因素及控制对策研究[J].全面腐蚀控制,2023,37(01):136-138.
- [2] 王步敢.压力管道防腐的作用与安全检测[J].大众标准化,2022(20):185-187.

作者简介:

陈齐飞(1982-),男,汉族,四川成都人,硕士研究生,工程师,神华工程技术有限公司,研究方向:管道材料。