

中华人民共和国工程建设行业标准

《城镇燃气埋地钢质 管道腐蚀控制技术规程》 宣贯教材

CHENGZHEN RANQI MAIDI GANGZHI
GUANDAO FUSHI KONGZHI JISHU GUICHENG
XUANGUAN JIAOCAI

建设部标准定额研究所 编



中国计划出版社

PDG

《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》宣贯教材

编 审 人 员 名 单

主 审 徐金泉 刘贺明 张元善

主 编 吴荫顺 李 铮

编 写 张元善 吴荫顺 李 铮 米 琪

张清玉 曹 备 吴国荣

城镇燃气工程是城镇建设的重要基础设施之一，是城镇生命线。近年来，为适应我国经济可持续发展的战略要求，我国城镇燃气发展迅速，到2002年底，全国人工煤气供应总量199亿立方米，天然气供应总量126亿立方米，液化气供应总量1136万吨，燃气普及率67.17%，燃气管道长度113823km。特别是西气东输等大规模天然气的开发利用，城镇燃气输配管道长度显著增加，随之而来的管道腐蚀与防护问题也日渐突出。在城镇燃气输配管道中埋地钢质管道占有相当大的比例，尤其是高压、次高压管道目前仍以钢质管道为主。为确保城镇燃气供应安全可靠和延长管道使用寿命，必须从规划、设计、施工、运行和维护各方面严格执行国家现行的强制性标准，因此，埋地钢质管道腐蚀控制工程技术标准化是十分必要的。目前，城镇燃气埋地钢质管道的腐蚀控制技术已在世界范围获得了迅速发展和广泛应用，它在控制腐蚀方面的有效性、可靠性和经济性方面令人瞩目。

为减少或避免腐蚀事故的发生，有效延长管道的安全使用寿命，提高管道安全运行水平，保证安全、稳定供气，建设部组织制定了行业标准《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》（CJJ 95—2003）（以下简称《规程》），于2003年11月1日施行。《规程》充分考虑了我国城镇燃气发展的要求，系统地总结了埋地钢质管道腐蚀与防护方面所积累的丰富经验，分析了腐蚀控制技术和工程的发展趋势，参考了国内相关的现行标准和国外先进标准，针对城镇燃气输配特点，对管道腐蚀控制工程的设计、施工、验收与维护管理提出了基本要求。《规程》中包括4条强制性条文，必须严格执行，违反强制性标准将受到处罚。

为满足各地宣贯培训的急需，建设部标准定额研究所会同管道腐蚀控制方面的知名专家以及标准的主要编写人员编写了本宣贯教材，便于广大工程技术人员和管理人员正确理解条文规定，以保证《规程》的顺利实施。

徐金泉

2003年12月



前言	
绪论	(1)
第一章 总则	(18)
第二章 术语	(21)
第三章 一般规定	(24)
第四章 腐蚀评价	(30)
第一节 土壤腐蚀性评价	(31)
第二节 直流干扰腐蚀的评价	(38)
第三节 管体腐蚀损伤评价	(41)
第四节 腐蚀评价的意义	(42)
第五章 防腐层	(44)
第一节 防腐层性能	(44)
第二节 防腐层的涂覆、检验、储存、运输和施工	(51)
第六章 阴极保护	(72)
第一节 腐蚀电化学基本原理	(72)
第二节 阴极保护的基本原理	(78)
第三节 城镇埋地管道阴极保护的一般规定	(89)
第四节 阴极保护效果判据	(92)
第五节 电绝缘与电连续性	(96)
第六节 阴极保护的检测	(99)
第七节 阴极保护系统的设计	(102)
第七章 干扰腐蚀与防护	(114)
第一节 概述	(114)
第二节 直流杂散电流对埋地金属管道的干扰腐蚀	(115)
第三节 干扰的调查与测定	(120)
第四节 直流杂散电流干扰腐蚀的防护	(127)
第五节 交流干扰与防护	(133)

第八章 在役管道腐蚀控制工程的管理	(140)
第一节 防腐层的检查和维护	(140)
第二节 阴极保护系统的运行和管理	(147)
附录 相关法规与文件	(156)
建设工程质量管理条例	(156)
石油天然气管道保护条例	(165)
城市燃气管理办法	(170)
城市燃气安全管理规定	(175)
实施工程建设强制性标准监督规定	(180)
特种设备质量监督与安全监察规定	(183)
特种作业人员安全技术培训考核管理办法	(189)

绪 论

一、埋地管道的腐蚀与腐蚀控制技术

(一) 埋地管道腐蚀控制的目的和任务

1. 目的和重要意义

随着现代工业和科学技术的发展,腐蚀科学和腐蚀控制在国民经济中所占地位越来越重要。城镇燃气埋地钢质管道的腐蚀控制技术已在世界范围获得了迅速发展和广泛应用,它在控制腐蚀方面的有效性、可靠性和经济性方面十分令人瞩目。

腐蚀对经济建设、城镇燃气的安全供应以至民居生活是一种极重要的破坏因素,它给人类和社会环境带来巨大的经济损失和社会危害。

腐蚀造成的经济损失包括直接损失和间接损失两大类。直接损失主要有:更换已被腐蚀损坏的设备装置和构件(如管道);为防止腐蚀而采取的日常防腐蚀措施(如对钢管施加涂覆层及其维护和修复,施加阴极保护及其运行管理等);采用高耐蚀合金代替碳钢等为此而投入的费用等。间接损失主要有:设备停车停产造成的利润损失;腐蚀泄漏引起的产品流失;腐蚀引起的设备效能降低;腐蚀导致的产品污染和环境污染等。间接损失远比直接损失为大。例如,电厂锅炉只值上千元的换热器管,由于腐蚀穿孔可能引起爆炸,导致停电、工厂停工,其间接损失难以估量。埋地管道的腐蚀穿孔或断裂,其后果同样是十分严重的。

此外,还必须充分考虑腐蚀带来的安全性、资源和环境保护等问题。例如,由于关键设备或构件突然发生腐蚀断裂而可能引起飞机、火车、轮船失事以及管道、设备破损或爆炸爆燃,这些都可能严重危及人身安全。腐蚀过程和腐蚀破坏的结果实际上是对地球上有限资源和能源的极大浪费。许多腐蚀失效案例都对自然环境产生了严重污染,这又是与上述经济性、安全性和资源能源保护问题密切相关的。

腐蚀问题给国民经济造成的经济损失是巨大的。据有关国家调查统计,每年因腐蚀造成的直接经济损失约占当年本国国民经济生产总值的1.5%~4.2%。据美国国会1978年发表的统计数字,1975年美国由于腐蚀造成的经济损失约为700亿美元,为当年美国国民经济生产总值的4.2%;1982年更达到1260亿美元。美国公布的较新的调查结果,1995年美国当年由于腐蚀经济损失已达8000亿美元;并根据改进的统计方法,修正了1975年的腐蚀损失数据为820亿美元。

美国联邦公路管理局(FHWA)于2002年发表了跨越两年(1999~2001年)的直接腐蚀损失研究报告。该报告名为“美国的腐蚀损失和预防对策”。它涉及几乎所有美国工业部门的金属腐蚀,从基础设施和运输到生产制造,共5大类26个部门。研究报告得出的结果是,美国1998年度直接的金属腐蚀损失为2760亿美元;1998年美国的国民经济生产总值(GDP)是8.79万亿美元,即直接腐蚀损失占当年国民经济生产总值的3.1%。

这一结果表明,腐蚀管理在过去几十年中已得到了很大改善,尽管如此,美国仍然必须寻找更多、更好的途径以刺激、支持和实施最佳腐蚀控制措施。

根据美国最新研究报告提供的数据,天然气和液体能源的生产、集输和输配管线所产生的腐蚀损失约占美国工业腐蚀损失的10%。鉴于该研究项目的交叉性,与之相关的实际腐蚀损失还要大得多。

由于对工业发展和公共安全的关心,在发生了一系列严重的管线破坏事故后,世界各国已对天然气和液体能源输送管线推动发展出不少新的腐蚀控制措施,并制定了标准。通过全球定位系统、遥测遥控系统和电子设备文档,已经在管线腐蚀控制维护的若干方面获得了重大改进。最新的一些发展集中在风险评估和管线完整性管理方面。

许多国家进行了腐蚀损失调查和统计,对制定防腐对策甚有裨益。虽然我国尚未进行全国性的全面腐蚀损失调查,但对一些个别行业企业(如1981年对国内10家化工企业的腐蚀损失调查)的调查表明,我国这些企业由于腐蚀造成的每年直接经济损失也约占当年国民经济生产总值的近4%。2003年出版的中国腐蚀调查报告指出,“我国的年腐蚀损失为5000亿元人民币,相当于600多亿美元。这仅是不完全的统计。”调查报告还认为,“以2000年为例,我国国民生产总值10710亿美元,年腐蚀损失约占国民生产总值的6%”。这个腐蚀损失的数字是很惊人的,占国民生产总值的比例也是极大的。当然,随着腐蚀损失调查和统计方法的不断完善,其数字和比例将会调整。但这已足以引起政府、工业界和科技界的高度重视,应充分重视腐蚀问题的严重性和制定防腐对策的迫切性,为解决腐蚀问题和发展现代腐蚀控制技术应加大投入和关注。

腐蚀问题不仅造成上述各种巨大的经济损失和严重的社会危害,而且还可能阻碍高新技术发展和国民经济持续、长远发展。因此,我们必须重视腐蚀问题,采取各种措施防止和减轻腐蚀及其可能产生的后果,这是腐蚀控制技术的主要目的。经过数十年的研究、开发和工程实践,奠定了坚实的腐蚀控制理论基础,发展出多种经济可靠和行之有效的腐蚀控制工程技术和方法,如对埋地管线,已发展出各种涂覆层技术、阴极保护技术等。通常采用两种技术的联合保护。

2. 任务

普遍性地、正确地选用适当的腐蚀控制技术和方法,可防止或显著减缓腐蚀破坏,最大程度地减轻可能由腐蚀造成的经济损失和社会危害。据估计,只要充分利用现有的腐蚀控制技术,就可使腐蚀损失降低(挽回)25%~30%。采用了适当的腐蚀控制措施和预防对策,其达到的目标是:可以保障公共安全,防止工业设备损伤,保护环境;挽回数以百亿、千亿元(人民币)计的腐蚀损失。

城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术与所有其他领域的腐蚀控制技术一样,其主要任务和内容可归纳如下:

- (1) 阐明腐蚀控制技术的防腐作用原理和基础;
- (2) 确定腐蚀控制技术在工程应用中的各项技术措施和实际参数;
- (3) 确定特定腐蚀控制技术的应用范围、限制条件、检测方法和有效性判据,及形成的技术标准;
- (4) 规范腐蚀控制工程的设计、施工、运行管理,以及进行故障诊断和经济分析;
- (5) 改进和发展新的腐蚀控制工程技术。

当代腐蚀损失研究表明,如果技术进步提供了许多新的腐蚀控制方法,在非技术性的和技术性的领域采取预防对策,就可以实现更好的腐蚀管理。这些预防对策可归纳如下:

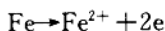
- 1) 提高对腐蚀损失严重性及潜在的可挽回或防止腐蚀损失的认知;
- 2) 改变那些对腐蚀没有什么可做的错误观念;
- 3) 制定和修订相应的政策、标准和管理措施,通过强有力的腐蚀管理更大程度地挽回腐蚀损失;
- 4) 加强对从业人员对腐蚀控制认识的教育和培训;
- 5) 采用先进的设计方法,以达到更好的腐蚀管理;
- 6) 开发先进的寿命预测和性能评估方法;
- 7) 通过研究、开发和实施来改进腐蚀控制技术。

当前,我国各大中城市为了顺应可持续发展的战略要求,加快发展城镇燃气。城镇埋地燃气管线作为国民经济发展和人民生活保障的能源动脉,具有城市生命线的重要地位。为了保证城镇燃气的安全可靠供应,必须首先保障埋地管线的安全可靠服役。为此,必须从规划、设计、施工、运行和维护等各个方面严格保证其安全、可靠、高效率地运行。作为腐蚀控制的技术政策体现,腐蚀控制技术的标准化是根本性的,它有助于设计、施工、维护和效果评价等各个方面的规范性管理。

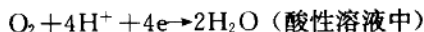
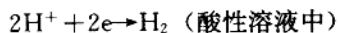
(二)埋地管道的腐蚀

腐蚀材料由于与其所处环境介质发生化学或电化学作用而引起的变质和破坏,这种现象称为腐蚀,其中也包括上述因素与力学因素或生物因素的共同作用。某些物理作用(例如金属材料在某些液态金属中的物理溶解现象)也可以归入金属腐蚀范畴。

埋地钢质管道在土壤中的腐蚀过程是典型的电化学腐蚀机制。由于金属材料、介质和环境条件差异,在管道金属表面不同部位形成了高低不同的电位。据此在金属表面产生了由分离的阳极区(低电位区)和阴极区(高电位区)组成的电化学原电池,即腐蚀原电池。阳极区在原电池电动势驱动下发生了金属的氧化反应



即金属原子转变为金属离子进入环境土壤溶液中;阴极区则发生了氧化剂的还原反应:



当阳极氧化反应和阴极还原反应之间实现了电荷平衡,则金属就达到了某种稳定状态,表现为有一个稳定的电极电位和金属氧化反应速度,即腐蚀速度。

金属在环境介质中的腐蚀过程结果,可表现为多种腐蚀形态。它们的影响因素、作用机理和腐蚀过程都各不相同。一般可分为全面腐蚀和局部腐蚀两大类。

在全面腐蚀的电化学过程中,腐蚀原电池的阴、阳极面积非常小(故常称为微电池),甚至用显微方法也不能辨认。各微阴极和微阳极的位置是变幻不定的。金属整个表面在电解质环境中都处于活化状态,只是各位置点的能量随时间和地点存在着变化和起伏,能量高处为阳极,能量低处为阴极。通过这种不断变化的过程,就使金属整个表面都遭受到腐蚀。金属管道在土壤中发生全面腐蚀的情况较少,只在裸露(无涂覆层)管道和设备上出现。

全面腐蚀常以均匀腐蚀速率表征其腐蚀历程,如 mm/a 或 $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$ 。按重量计,全面

腐蚀往往造成金属的大量损失；但从技术观点看，这类腐蚀并不危险。其腐蚀速率较易测定，在工程设计时可预先考虑应有的腐蚀裕量，防止管道或设备过早腐蚀而失效。

从金属表面开始，局限在很小区域内，由于腐蚀而发生的选择性破坏现象，称为局部腐蚀。局部腐蚀是相对于全面腐蚀而言。引发局部腐蚀的本质是宏观的电化学原电池（常称为宏电池），可明确地区分为固定的阳极区和阴极区，可识别其位置；阳极反应和阴极反应一般在不同位置发生；而次生腐蚀产物又可在第三位置形成。

局部腐蚀类型很多。埋地管道在土壤中更多地发生的是局部腐蚀，如孔蚀（点腐蚀）、缝隙腐蚀、应力腐蚀等。埋地管道一般已施加了防腐层。由于防腐层的针孔缺陷、施工中的防腐层机械损伤或其他意外原因（如根植穿入防腐层效应），可导致管道金属直接暴露于土壤环境。经过一段时间的腐蚀反应，易在金属表面的这些敏感位置孕育出孔蚀形核。这些腐蚀小孔将继续生长，它的发展速度一般是很快的。由此往往引发埋地管道穿孔泄漏。比较公认的是，孔蚀发展遵循自催化机理。孔蚀一旦发生，蚀孔内金属发生阳极溶解反应，同时由于阴极还原反应使蚀孔内氧浓度下降，直至消耗殆尽；阴极反应完全转移至蚀孔外的金属表面，此处溶液富氧，从而在蚀孔内外形成了氧浓差电池。孔内金属离子不断增多，同时孔外 Cl^- 离子迁入以维持电中性，孔内产生了金属氯化物；又由于氯化物水解使孔内介质酸度增加，pH 值下降。这些都足以维持孔内金属表面呈活化状态。由于作为二次产物的锈和垢在孔口沉积形成闭塞电池，使孔内、外物质交换更为困难，更加剧了蚀孔的发展过程。

当埋地管道上的防腐层由于机械的、人为的或意外的原因而破损、开裂、起翘，就容易使管道发生缝隙腐蚀。在开裂起翘的防腐层与下部管道金属之间形成了狭窄缝隙。在初始阶段，缝隙内外进行着均匀的金属溶解反应和氧去极化反应。因缝内滞流状态使氧消耗难以得到补充，缝内氧还原反应很快终止，由此在缝内外之间形成了氧浓差电池。加之大阴极与小阳极的面积关系，进一步加速了缝内的金属溶解反应。这时，二次腐蚀产物在缝口形成，逐步发展为闭塞电池，使缝隙腐蚀进入发展阶段。接着是 Cl^- 离子迁入缝隙以保持电中性，同时发生氯化物水解，酸度增加，pH 值减小，进一步加速了金属的阳极溶解。这一过程反复循环，使防腐层下的管道缝隙腐蚀更趋严重。这就是缝隙腐蚀发展的自催化机理，其本质与孔蚀生长的自催化机理是相同的。

当埋地管道金属中存在着加工应力、焊接残余应力，或承受着工作应力或地应力时，在管道金属表面的一些特征点处（如点蚀孔、缝隙腐蚀发生点、焊缝等）会产生应力集中现象，使该处应力异常升高。当特征点处的应力升高至某个临界应力值时，在腐蚀介质的联合作用下，管道金属将引发脆性裂纹，这就是应力腐蚀开裂（Stress Corrosion Cracking，一般简称 SCC）。管道应力腐蚀开裂是近年来突现的重大腐蚀问题，它已在北美和其他一些国家发生，并引起多次严重的爆炸爆燃事故。许多国家近年已对管道应力腐蚀问题展开了广泛研究，并已经获得了初步成果，对其成因、影响因素和条件、作用规律和机理进行分析，有了初步认识，但尚未能完全解决问题，研究工作正在进行之中。我国一些单位和科学工作者也在开展这一项目的研究。

（三）埋地管道的腐蚀控制措施

腐蚀破坏的形式多样，在不同情况下引起金属腐蚀的原因是不尽相同的，而且影响因素也非常复杂。因此，根据不同情况采用的腐蚀控制技术也是多种多样的，内容丰富，涉

及范围广泛。常用的腐蚀控制措施有：

- (1) 合理选用耐腐蚀材料；
- (2) 腐蚀性环境处理；
- (3) 防腐层和其他表面保护；
- (4) 电化学保护；
- (5) 防蚀设计等。

每一种腐蚀控制措施都有其适用范围和条件。对某一种腐蚀体系（金属/电解质环境）有效的措施，对另一种体系就不一定有效；在某一种条件下有效的措施，在另一种条件下可能是无效的，有时甚至可能是有害的。一般情况下，同时采用两种或多种腐蚀控制措施进行联合保护，其防腐效果远比采用单一措施为佳。现代埋地钢质管道采用的腐蚀控制措施，一般就是采用防腐层和阴极保护的联合保护技术。实践证明，无论对于长输管线还是城镇燃气埋地管网，这种联合保护（双保护）技术是十分有效和成功的。

1. 防腐层保护

防腐层保护就是采用物理的、化学的（包括电化学的）和机械的方法在金属表面覆盖一层致密无孔、均匀完整、与基体金属结合牢固的耐蚀材料，以达到防止或减缓腐蚀、保护基体金属的目的。这种腐蚀控制方法，消耗材料少，保护效果好，所以应用十分广泛。

防腐层的腐蚀控制技术可通过三种途径起作用：①物理性保护，就是通过防腐层将金属材料与腐蚀介质物理地隔离开来；通过阻断金属表面形成电化学电池而停止腐蚀作用。②化学性保护，由于防腐层的存在而提高金属表面的化学稳定性，一些防腐层具有促进钝化与缓蚀的作用。③电化学保护，防腐层材料中含有其电位比基体金属更负的材料，这类防腐层具有牺牲阳极式的保护作用；如有的防腐层中添加的锌粉，它相对于被保护的钢铁管道，其电位更负，当腐蚀介质渗入即可形成电偶电池，锌的优先溶解就保护了作为基体金属的钢铁。

对埋地管道的外防腐层要求具备以下一些特性：应具有良好的电绝缘性；耐击穿电压强度高；具有足够的抗阴极剥离性能；应有足够的机械强度（冲击强度、弯曲强度、耐磨性、针入度、附着强度、抗土壤应力）；具有良好的稳定性（耐候性、耐化学稳定性、抗老化性、耐水、耐热、耐低温、耐微生物作用）；具有良好的施工制作性能，易修补；经济性良好。

对埋地钢质管道施加可靠的防腐层已有近百年历史。经多年发展，防腐层的品种和性能迄今已有了很大发展和改进。目前，在不同地区根据不同项目的要求有针对性地选用不同品种、不同性能的防腐层。选材依据基本上是：适用的性能和能接受的价格，以及因地制宜的因素。

目前仍在不同程度使用和广泛使用的防腐层有：沥青涂层、环氧煤沥青防腐层、煤焦油瓷漆防腐层、聚乙烯防腐胶带、熔结环氧粉末涂层、聚乙烯防腐层和三层 PE 结构防腐层等。

对城镇燃气埋地钢质管道，防腐层是其腐蚀控制技术的主要组成部分之一。在综合考虑性能和价格的基础上，应对防腐层的先进性和环保性给予足够重视。经济性不应单纯考虑单价，更应考虑性价比（性能与价格的比率）和它的服役寿命、维护性能和对环境保护

的影响。这些都应由各项法规、技术标准和政策来导向和约束。

2. 阴极保护

对被保护金属施加负电流,通过阴极极化使其电极电位负移至金属氧化还原平衡电位,从而抑阻金属腐蚀的保护方法称为阴极保护。根据对被保护金属提供电流的方式不同,区分为牺牲阳极法和外加电流法两种阴极保护技术。

原则上,阴极保护技术适应于所有基于电化学本质的腐蚀体系。它是通过改变体系中电化学电池的组成结构、调整氧化反应和还原反应在阴极和阳极上的分布,来实现对被保护金属(阴极)实施阴极保护目的。因此,要求腐蚀介质必须是电解质体系,以便建立起一个完整的电流回路;要求被保护金属在这种腐蚀介质中的阴极极化率大,从而施以较少电量就可达到规定的保护电位;要求被保护金属表层尽可能施涂优质、绝缘的防腐层,以最大程度地降低阴极保护电流需用量;要求采用电绝缘装置,以使被保护结构物与非保护结构物严格电绝缘,防止有效保护电流的流失;还要求被保护结构物,尤其是管道,具有良好的整体电连续性等等。

城镇燃气埋地钢质管道满足实施阴极保护的所有条件。因此,在世界范围内,不仅长输埋地管道,而且城镇埋地管道,都要求实施阴极保护,即实施防腐层加阴极保护的联合保护(双保护)措施。实践证明,这种联合保护措施对于防止城镇埋地管道在土壤中的腐蚀,是一种十分有效的、成功的腐蚀控制技术。

阴极保护是一项技术性很强的腐蚀控制措施。为获得最佳保护效果、足够的服役寿命和经济的合理成本,应保证阴极保护的各个技术阶段(如规划、设计、施工、检测评价、运行维护)以及系统管理严格遵循相关的技术标准。

二、埋地管道腐蚀控制技术的发展与现状

(一) 防腐层

1830~1850年间,在英格兰发现了有关煤焦油、沥青焦油同其他材料一起使用可防止管子腐蚀的说明。1863年莱比锡条例在关于安全铺管说明中强调指出管子外部防氧化破坏。1912年后,美国在供水管道内部涂覆沥青。1892年首次公开提出,应注意侵蚀性土壤和地下水会破坏输气管道。1900年后,用浸渍了溶化煤焦油沥青的黄麻保护锻铁管道,因为这样可涂敷上较厚的防腐层。在20世纪30年代,埋地管道已普遍采用沥青型防腐层。1950年,在意大利和美国持续不断地大量敷设管道,采用的是PVC胶带,通过机器缠绕。1960年后,为取得更好的防腐蚀效果,采用了聚乙烯夹克涂层。在20世纪50~60年代,各种类型防腐层实际上都已陆续出现;此后则是在结构方面和性能方面不断取得新的进展。在这一时期,针对各类防腐层的技术标准也相继出台。

美国和一些西方国家早期采用的是煤焦油沥青,而前苏联和德国则广泛采用石油沥青。此后煤焦油瓷漆、胶带和环氧煤沥青纷纷被采用。20世纪60年代,美国开发了以环氧粉末为代表的粉末材料;在这一时期,聚乙烯(PE)材料在欧洲有了很大发展,在埋地管道领域PE夹克防腐层占统治地位。到了20世纪70年代,环氧粉末加PE夹克的三层结构防腐层在欧洲问世,发展势头很快。迄今,各种防腐层共存于埋地管道领域。美国较普遍地推崇环氧粉末防腐层综合性能最佳;德国和欧洲一般认为三层PE结构防腐层综合性能最好。

我国埋地管道长期广泛使用石油沥青防腐层,至今仍在局部地区使用。20 世纪 70 年代开始应用 PE 夹克管和胶带;到 20 世纪 90 年代开始应用煤焦油瓷漆,环氧粉末涂层开始进入工程应用阶段。1994 年始,先进的三层 PE 结构防腐层在陕京输气管道和新疆库都输油管道成功应用。

实际上,不能绝对地、脱离实际工况地讨论最佳防腐层问题。应根据埋地管道的具体工况,如管道状况、环境条件、施工方式、气候因素、规划要求和经济性等,合理地选择防腐层。对环境保护的影响将在防腐层选择中占有越来越重要的地位。

(二) 阴极保护

汉弗莱·戴维爵士早在 1812 年就已经提出假说,化学变化与电性质变化是同一的,至少它们都与物质的相同性质有关。他认为,通过改变物质的电性状态可以减小或增大化学反应动力。这一论述显然已涉及当代阴极保护理论的精髓了。戴维做了大量试验研究,证明了在海水中可用锡、锌、铁来保护铜。他把这一研究成果向英国皇家学会和英国海军部作了报告。

1824 年,他获得批准对木战舰的铜包覆层开始实际试验。他用厚 5cm、长 60cm 的铸铁板在 9 条船上的实船试验均获得了令人满意的保护效果。1824 年,他在“三宝垄(Sammarang)”号快速炮帆船上做了进一步试验。此船做了一次开往 Nova Scotia 的远航,于 1825 年返回。结果表明,除船首局部遭受海水涡流冲刷外,船体铜覆层未发生任何腐蚀损伤。1826 年,戴维在研究报告的结论中指出:当浸入溶液中的两种不同金属用导线连接成回路时,一种金属的腐蚀受到促进,而另一种金属的腐蚀则减慢,这就是铜船通过连接铁或锌而受到保护的原因。可以认为,这是最早的牺牲阳极法阴极保护理论。后人就把 1824 年这一年列为阴极保护技术的开创年代。

外加电流阴极保护技术发展相对较晚。1890 年美国著名发明家爱迪生就曾尝试用外加电流对船只实施阴极保护。然而当时可供使用的电源和阳极材料还不充分具备而未获得成功。1902 年美国科恩用外加直流电流实际应用了阴极保护方法。1906 年,德国盖波特建成了第一个阴极保护站,用一台 10V/12A 的直流发电机通过辅助阳极对 300m 长的埋地煤气管道和供水管道实施阴极保护,并于 1908 年获得了第一个有关外加电流阴极保护的德国专利。

1928 年,被后人称之为美国阴极保护之父的科恩在新奥尔良一条长输天然气管线上安装了第一台阴极保护整流器,由此开创了阴极保护的实际应用。他通过试验发现,保护电位为 -0.85V (相对于饱和的 Cu/CuSO_4 参比电极) 足以防止任何类型的腐蚀。这与现代阴极保护判据的数值惊人地一致。在 20 世纪 30~50 年代期间,比利时、前苏联、英国、德国等欧洲国家也先后对埋地管线采用了阴极保护技术。近些年来,国际上关于阴极保护的进展主要在技术发展和工程应用方面。阴极保护设备、材料和配套装置等日臻完善,检测、监控技术和管理系统更加先进,应用范围不断扩大。相应地各国先后制定了一系列阴极保护标准。

我国的阴极保护技术研究和应用始于 1958 年,当年上海船舶科学研究所率先在一艘钢壳船上安装锌合金牺牲阳极。继之,上海材料研究所开展了锌系牺牲阳极研究。同年,我国一些单位和科技人员开展了对埋地管道的阴极保护试验研究。20 世纪 60 年代起,一些油田开始在埋地管道上安装牺牲阳极保护系统。自 20 世纪 70 年代以来,我

国阴极保护技术发展很快,开发了许多实用的阴极保护材料、设备和配套装置,相应的检测、监控技术和管理系统也尽可能地采用国际先进技术,并陆续制定了一系列相关标准。

(三) 埋地管道腐蚀控制的立法管理

近30年来,一些工业发达国家已陆续制定法规,对埋地或浸水管线分别情况强制性规定必须采用涂覆层和阴极保护的联合腐蚀控制措施,以防止管道外壁遭受土壤腐蚀或水腐蚀。美国于1970年、原苏联于1974年、原联邦德国于1976年,分别在有关燃气管道的法规中规定:所有新建钢质埋地燃气管道都必须采用防腐层和阴极保护的联合腐蚀控制措施;一切在腐蚀活性地区的、已施加防腐层的现役(旧)燃气输配管道则必须增补阴极保护措施。

例如,美国国家安全部于1970年6月颁布的联邦安全最低标准燃气输配管线外壁和内壁腐蚀控制中,提出了埋地或浸水输配管线外壁和内壁腐蚀控制的合理准则和具体要求。条例规定,从1971年7月31日起,所有新建的埋地或浸水输配管线都必须采用防腐层并实施阴极保护,以防止管道外壁腐蚀;而一切在腐蚀活性地区的、于1971年8月1日前安装的现役(旧)输配管线必须增补阴极保护措施。还要求进行监测并存留记录,以证明它们确已符合此条例。还具体要求,这项工作应由富有经验并经过专门培训的称职人员来做,或在他们指导下来做。

这些规定是深谋远虑的长久之计,充分体现了其经济性和安全性。对于新建管线项目,其中的腐蚀控制投资额很小;对于现役旧管线,在施工安装后若干年内再作为补救措施而增设阴极保护,其腐蚀控制投资额虽有所提高,但从埋地管线的长期服役应用来看仍是很合算的。

对燃气输配管网的腐蚀控制要比燃气输送管线的难度更大,问题更多,因为配气管网涉及的管道管径范围一般比较宽,类型更多,而且相邻管道铺设的年代以及管道上的防腐层差别很大。城镇燃气管网是将燃气系统分成若干个小单元,以便向用户供气。但是,这些用户还需要供电、供水、排水、排污、安装电话和通信电缆,还要铺设各种硬面道路等,这就导致城镇地区的地下管路和金属构筑物拥挤问题,从而使城镇燃气管网的腐蚀控制措施增加了难度。既要防止地下相邻管道对燃气管网腐蚀控制系统的干扰影响,也要防止该腐蚀控制系统对相邻管道和地下构筑物的有害影响。

三、我国标准化及城镇燃气标准化概述

标准化工作在我国经济发展的历程中发挥着重要作用。实践证明:标准化工作是国民经济和社会发展的技术基础;是科技成果转化生产力的桥梁;是组织现代化、集约化生产的重要条件;是国际经济、科技竞争的重要手段;是推动技术进步,产业升级,提高产品、工程和服务质量,保障安全的重要技术基础。标准落后则其他各项工作都要落后。

燃气易燃易爆,使用符合标准的产品、按照规范设计与施工是保障燃气安全输配及使用的最基本条件。我国燃气专业标准化工作自改革开放以来已取得长足进展,标准数量显著增加,水平不断提高,体系已基本建立,基本满足了工业产品生产、工程建设的实际需要。

（一）标准及标准化定义

（1）标准——为在一定的范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构批准，以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的。

（2）标准化——为在一定的范围内获得最佳秩序，对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。这些活动主要包括标准的制定、发布和实施。

（3）产品标准——对产品结构、规格、质量和检验方法所作的技术规定。它是一定期和一定范围内具有约束力的产品技术准则，是产品生产、质量检验、选购验收、使用维护和洽谈贸易的技术依据。

（4）工程建设标准（规范、规程）——为在工程建设领域内获得最佳秩序，对各类建设工程的勘察、规划、设计、施工、安装、验收、运营维护及管理等活动和结果需要协调统一的事项所制定的共同的、重复使用的技术依据和准则。它以科学技术和实践经验的综合成果为基础，以保证工程建设的安全、质量、环境和公众利益为核心，以促进最佳社会效益、经济效益、环境效益和最佳效率为目的。

（二）标准的级别与属性

1. 工程标准的对象

工程建设技术标准（也称工程标准）的对象，是在工程勘察、规划、设计、施工、验收、质量检验等各个建设环节中需要统一的技术要求。主要包括6个方面的内容：一是工程建设勘察、设计、施工及验收等的质量要求和方法；二是与工程建设有关的安全、卫生、环境保护方面的技术要求；三是工程建设的术语、符号、代号、量与单位、建筑模数和制图方法；四是工程建设的试验、检验和评定方法；五是工程建设的信息技术要求；六是工程建设的不管理技术要求。

在具体制定标准文本时，由于每一项标准有其特定的适用范围，所以上述6个方面的内容，有的可以单独制定一个标准文本，有的是将几个方面的技术要求综合制定成一个标准文本。一般来说，基础标准、实验方法标准、检验方法标准是单独编制的，例如《城镇燃气工程制图标准》。而工程建设的许多质量要求由于与安全、卫生、环保的技术要求有着密切的关系，往往将这些技术要求结合起来综合体现。其内容包括达到质量要求等的技术指标，确定这些技术指标所采用的设计和计算方法，为达到这些技术要求应采取的技术措施，以及材料选择、设备选型等。这些综合性内容的技术标准，在编制时根据需要可以分别适用于勘察、规划、设计、施工及验收等某个阶段，也可以适用于整个建设的实施阶段。例如燃气工程，分别制定了适用于设计阶段的《城镇燃气设计规范》，适用于施工及验收阶段的《城镇燃气工程施工及验收规范》，适用于包括设计、施工、验收整个阶段的《汽车用燃气加气站技术规范》等。

2. 标准的级别

依据《中华人民共和国标准化法》的规定，标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准是指为了在全国范围内需要统一的技术要求和国家需要控制的技术要求所制定的标准。行业标准是指对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求所制定的标准。地方标准是指没有国家标准和行业标准，允许各地根据自己的特殊情况补

充制定的技术标准。例如,我国东北寒冷地区,有些地方是冻土,沿海一带是软土地区,这些地区的地质情况与通常一般的地质情况是不一样的,允许这些地区在符合我国《地基基础技术规范》这本国家标准所规定的基本技术要求的前提下,结合当地地质的具体情况,补充制定适合本地区地基基础的技术标准。企业标准是指没有国家标准和行业标准,而为了本企业组织生产的需要,在企业内部统一技术要求所制定的标准,包括企业的技术标准、管理标准、工作标准。对于已有国家标准和行业标准的,国家鼓励企业制定优于国家标准和行业标准的企企业标准,这主要是为了充分发挥企业的优势和特长,增强竞争力,提高经济效益。

3. 标准的属性

在计划经济体制下,我国实行的是单一强制性标准体制,技术标准一经发布就是技术法规,必须严格执行。自 20 世纪 80 年代以来,为了适应商品经济的发展,我国标准化法规定国家标准和行业标准分为强制性标准和推荐性标准,技术标准体制进行了一次改革。

强制性标准是指保障人体健康,人身、财产安全、保护环境的标准和法律、行政法规规定强制执行的标准。按照现行的标准化法,对于工程建设来说,凡属有关工程建设质量标准,安全、卫生、环保标准,重要的基础标准,重要的试验、检验和质量评定标准,以及国家规定需要强制执行的其他工程技术标准,都制定为强制性标准。强制性标准一经发布实施,在工程建设中必须强制执行,并由政府机构组织监督和检查。推荐性标准是指强制性标准以外的其他技术标准,企业自愿采用,其本身不具有法规的约束力,但一旦推荐性标准在合同中被法人双方共同确认,那么该推荐性标准对合同的法人双方就具有约束力,受我国经济合同法的制约。

随着我国社会主义市场经济体制的逐步完善、加入 WTO 和政府职能的转移,现有体制已显现弊端,有必要进行标准体制深化改革,改变现行的“强制性标准—推荐性标准”体制,尽早建立“技术法规—技术标准”体制,以提高我国标准文件的法制化水平。技术法规是一种法令,强制执行,由立法机构或法律授权的政府机构发布。技术标准是一种技术文件,自愿采用,由政府授权的专门标准化机构以及有权威的行业、专业团体发布。目前,我国的技术法规是以全文强制的技术规范来体现。

(三) 标准化工作管理

我国的标准化活动即标准的制定、实施和对标准实施的监督是由《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国标准化法实施条例》来调整,在法及条例的指导下进行。《标准化法》于 1988 年 12 月 29 日在第七届全国人大常委会第五次会议上通过并公布,它由总则、标准的制定、标准的实施、法律责任及附则五个部分组成。它全面规定了制定标准的范围、标准化工作的任务及管理体制,明确了积极采用国际标准的方针;规定了标准的级别体制、标准的性质以及制定标准的原则;规定了标准实施的方式、标准实施的监督检查机构;同时,也规定了对违反强制性标准行为进行处罚的有关内容。

上述所指称的制定标准是指,标准制定部门对需要制定标准的项目编制计划,组织草拟,审批、编号、发布的活动;组织实施标准是指,有组织、有计划、有措施地贯彻执行标准的活动;对标准的实施进行监督是指,对标准贯彻执行情况进行监督、检查和处理的的活动。目前,我国的标准化管理工作是采用统一管理与分工管理相结合的管理体制。国务院标准化行政主管部门统一管理全国标准化工作,国务院有关行政主管部门分工管理本部门、本行

业的标准化工作。具体到标准上来讲,产品国家标准(如《家用燃气用具的通用试验方法》GB/T 16411—1996)由国家质量监督检验检疫总局下设的国家标准化管理委员会负责;工程建设的国家标准(如《城镇燃气设计规范》GB 50028—93)和城镇建设与建筑工业工程行业标准(如《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33—89)由建设部负责。其中,工程建设国家标准由建设部审批,由建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布。

1. 产品标准化工作

为开展产品标准化工作,国家标准化管理委员会下设若干专业标准技术委员会(TC),在委员会下又设若干分技术委员会(SC)与技术工作组(WG)。截至2002年,已组建258个委员会,422个分技术委员会,有27800名委员为其工作。委员会通常由生产、使用、科研、教学、监督检验和经销等方面的专家组成,其主要任务是:负责本专业技术领域的标准化技术归口工作;提出本专业制定、修订国家标准、行业标准的规划和年度计划建议;协助组织本专业国家标准、行业标准的制定、修订工作;组织本专业国家标准、行业标准送审稿的审查工作。

产品标准的制定程序一般分为计划、准备、起草、审查和报批5个阶段。国家标准计划由国家标准化管理委员会根据各有关行业主管部门报送的计划项目草案,经审查、协调、汇总后下达;行业标准计划由有关部门下达。准备、起草阶段工作主要由工作组完成。审查由负责该项目的有关部门组织,或由标准所属的专业标准技术委员会进行。国家标准的批准是由各有关主管部门进行审查报国家标准化管理委员会批准、编号、发布;行业标准由有关主管部门批准、编号、发布。

产品标准的主要内容包括:①术语、符号、代号、型式、规格、基本参数、尺寸以及结构形状等;②技术要求;③试验方法和检验规则;④标志、包装、运输和储存要求。标准的技术要求要综合考虑其政策性、技术性、经济性、协调性。

目前,标准化已从传统的工农业产品向高新技术、信息技术、环境保护与管理、产品安全与卫生以及服务等领域发展。截至2001年底,已制定国家标准19744项,有43.7%采用了国际标准和国外先进标准。

2. 工程建设标准化工作

根据《中华人民共和国标准化法实施条例》(1990年4月6日发布),工程建设国家标准由国务院工程建设主管部门即建设部组织草拟、审批;城镇建设与建筑工业工程建设行业标准由建设部组织制定、审批、发布;其他部门工程建设行业标准由有关部门组织制定、审批、发布,由建设部统一备案。目前,工程建设国家标准管理采用管理组方式,如城镇燃气国家标准管理组;城镇建设与建筑工业工程建设行业标准的管理是在建设部的综合管理单位下设置不同专业技术归口单位进行日常管理,如城镇燃气等标准技术归口单位。

工程建设国家标准、行业标准的制定程序一般按计划、准备、征求意见、送审和报批5个阶段依次进行。标准立项可由任何单位提出,经有关部门、单位审核,由建设部批准立项。城镇燃气标准立项原则按《工程建设标准体系》(城乡规划、城镇建设、房屋建筑部分)进行。经批准立项的计划由主编单位与参编单位组成的编制组具体实施,分步完成编制准备、征求意见稿、送审稿。

工程建设标准包括基本建设中的各类工程的勘察、规划、设计、施工及验收标准（规范、规程）。从专业上分，涉及到城镇建设、房屋建筑、水利工程、电力工程、水运工程、公路工程、通铁工程、石油和化工建设工程、矿山工程、广播电影电视工程、民航机场工程以及信息工程等。其中，城镇建设又可细分为城镇勘察、城镇规划、城镇给排水、城镇供热、城镇燃气、城镇环境卫生、城镇园林绿化、城镇道路桥梁等。工程建设标准与工农业产品标准相比，除有许多共同之处外，更明显具有如下特点：

（1）政策性强。工程建设投资大，资源消耗多，建设的好坏直接并长期影响生产的合理性和人身安全，因此工程建设标准必须贯彻国家的技术、经济政策。

（2）涉及面广。建设工程一般都要涉及许多学科和专业，例如，燃气设计规范要涉及多种气体的气质、气体净化、燃气的输配系统、燃气的储存、设施的防火与防爆、燃气的使用等诸多方面。

（3）综合性强。工程建设标准不仅涉及多专业的技术内容，同时要处理好技术、经济、管理水平三者之间的制约关系。例如，燃气工程施工标准要考虑多种管材的施工；施工方法和要求要综合考虑资金投入、施工人员的水平等诸多因素。

截止到 2002 年底，工程建设标准的总数已达到 3674 项，其中，国家标准 339 项、行业标准 2374 项、地方标准 817 项、协会标准 144 项。还有一大批工程建设国家标准、行业标准和地方标准已在组织制定或修订。

（四）我国城镇燃气专业标准体系

随着城镇燃气事业的发展，为了确保燃气安全生产、输送和使用，促进科技进步，保护人民的生命和财产安全，我国已制定了大量燃气专业标准，其体系已基本形成。目前，已制定燃气专业产品国家标准和行业标准（包括其他有关标准）73 项，燃气工程建设国家标准和行业标准（包括其他有关标准）42 项。

1. 燃气产品标准体系

燃气产品标准体系表

标准层次	标准化对象	标准名称	标准编号
基础标准	分类、术语、单位与符号	城市燃气分类	GB/T 13611—1992
		城镇燃气术语	CJ/T 3085—1999
		城镇燃气计量单位和符号	CJ/T 3069—1997
通用标准	燃气气源	人工煤气	GB/T 13612—1992
		天然气	GB 17820—1999
		液化石油气	GB 11174—1997
	燃气输配	输送流体用无缝钢管	GB 8163—1999
		连续铸铁管	GB/T 3422—1982
		离心铸造球墨铸铁管	GB/T 13295—1991
		低压流体输送用焊接钢管	GB/T 3091—2001
		城镇燃气用球墨铸铁、铸钢制阀门通用技术要求	CJ/T 3056—1995