

腐蚀标准化现状分析与展望

侯捷 冯超

(冶金工业信息标准研究院 北京 100730)

摘要: 本文对腐蚀领域的国内外标准现状进行了分析,提出了我国在该领域的体系发展规划和建议。同时,针对金属和合金的腐蚀,指出了下一步工作重点。

Abstract: analysed the current situation of standards for corrosion, proposed the standard system planning and suggestion in this field. Pointed out our future work especially in corrosion of metals and alloys.

关键词: 腐蚀; 标准; 金属和合金

Keywords: corrosion; standardization ;metals and alloys

Current situation and prospect for corrosion standardization

1.前言

腐蚀现象非常普遍,广泛发生在国民经济各个领域,造成巨大的经济损失和社会危害。虽然许多权威的腐蚀学者或研究机构倾向于把腐蚀的定义扩大到所有的材料,但金属及其合金作为最重要的结构材料,金属腐蚀还是最引人注意的问题之一。腐蚀给合金材料造成的直接损失巨大。估计全世界每年因腐蚀报废的钢铁设备相当于年产量的30%。2016年1-9月全国粗钢产量6亿吨,,国内粗钢表观消费5.2亿吨,虽同比有所下降,但照此估算,每年由于腐蚀造成的损失数量惊人,造成了巨大的资源浪费。

与直接损失相比,腐蚀造成的间接损失危害更加巨大,由于腐蚀引起的停产、停车、损耗增加等间接损失更加惊人,甚至引起火灾、爆炸、造成人身伤亡等严重事故。2013年11月发生在青岛的化东黄输油管道泄漏爆炸,最直接的一个原因就是与管道的腐蚀有着直接的关联,是一起与腐蚀有关的重特大安全事故。据统计世界各国每年因腐蚀造成的经济损失约占其国生产总值的3%~5%,我国每年因腐蚀造成的经济损失占GDP3.34%,单在钢铁领域,每年因腐蚀造成的经济损失即达上千亿元人民币。。因此,开展材料环境腐蚀研究、数据积累对合理选材、科学用材非常重要,是国家建设,科技进步和经济与社会发展的迫切需求。

那么,如何将科研成果推广应用,搭建起科研、生产和应用之间的桥梁,如何做到合理

的节约材料、节约能源，标准化是重要的支点。材料腐蚀标准作为腐蚀研究和数据积累过程中技术和经验的总结，是规范材料腐蚀试验研究行为、保障材料腐蚀数据科学可靠的有效手段，也是推动学科发展、技术进步、引导材料产业健康发展的重要基础。

本文主要针对金属材料腐蚀标准现状进行分析。

2. 国际标准化工作现状

目前，国际上涉及材料腐蚀的标准化组织主要有以下几个：

ISO/TC156 金属和合金的腐蚀

ISO/TC35 色漆与清漆

ISO/TC107 金属和非金属涂镀层

2.1 ISO/TC 156 金属和合金的腐蚀技术委员会

在国际标准化组织中，金属和合金的腐蚀试验方法主要由 ISO/TC156“金属和合金的腐蚀”技术委员会负责，其主要任务是开展金属材料腐蚀试验方法和防腐蚀方法领域的标准化活动。该委员会由我国承担秘书处，现有 49 个成员国参加该委员会活动，其中 P 成员 21 个。

ISO/TC156 下设 1 个咨询顾问组（AG）和 12 个工作组（WG）及 1 个分技术委员会，工作组按照腐蚀类型划分，见表 1。

表 1

WG/SC 编号	WG/SC 名称	召集人国籍/ 秘书处承担国
AG	顾问组	中国
WG1	术语	美国
WG2	环境敏感开裂	英国
WG4	大气腐蚀试验和气体腐蚀分类	捷克
WG5	晶间腐蚀	中国
WG6	腐蚀试验方法和数据分析的一般原则	日本
WG7	加速腐蚀试验	瑞典
WG9	核电用材料腐蚀试验	法国
WG10	埋入或浸没金属结构的阴极保护	瑞士
WG11	电化学试验方法	日本
WG12	腐蚀、氧化皮和污垢的缓蚀	美国
WG13	高温腐蚀	瑞士
WG14	摩擦腐蚀	韩国
SC1	腐蚀生命周期控制	中国

可以看到，ISO/TC 156 现有 12 个技术工作组，涉及基础标准、大气腐蚀、加速腐蚀、电化学腐蚀、晶间腐蚀、阴极保护、高温腐蚀等各个主要的腐蚀领域，但在土壤腐蚀、水腐蚀等方面仍有空缺。从承担工作组的国家来看，美国、日本、瑞典、英国等在腐蚀领域具有

较强科研实力的国家占据了主导地位，我国仅承担了晶间腐蚀工作组。

自我国承担该委员会秘书处后，积极推动各项工作开展，日本、美国、欧洲各国积极参与，承担了大量技术工作。该委员会现已正式发布国际标准 83 项（其中含 4 项修改单），还有 22 项国际工作项目正在进展中。这些项目既包括对原有成熟方法的修订，也包括新方法的纳标。总体而言 ISO/TC156 标准门类齐全，即包括基础标准，如术语和数据分析的一般原则，也包括典型腐蚀类型的具体标准。为更好研究工程中腐蚀的作用和影响，从整体性、系统性和相互协调优化性考虑对腐蚀进行科学控制，2016 年，该技术委员会成立了 ISO/TC156/SC1 腐蚀生命周期控制分技术委员会，希望在安全、环保、节能方面发挥腐蚀研究的突出作用。

表2 ISO/TC156 进展中项目

序号	工作组	项目号	项目名称
1.	5	ISO/DIS 3651-3	不锈钢耐晶间腐蚀测定 第 3 部分：低铬铁素体不锈钢晶间 硫酸介质中的腐蚀试验
2.	2	ISO/DIS 6509-2	金属和合金的腐蚀 黄铜脱锌性测定 第 2 部分 验收标准
3.	1	ISO/NP 8044	金属和合金的腐蚀 基本术语和定义
4.	6	ISO/NP 8407	金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除
5.	7	ISO/FDIS 9227	人造大气腐蚀试验 盐雾试验
6.	7	ISO/NP 11130	金属和合金的腐蚀 盐溶液周浸试验
7.	4	ISO/WD TR 11303	金属和合金的腐蚀 耐大气腐蚀防护方法选择导则
8.	10	ISO/DIS 12473	海水阴极保护总则
9.	10	ISO/PWI 12495	海面固定钢结构的阴极保护
10.	10	ISO 12696	混凝土钢的阴极保护
11.	10	ISO/PWI 13173	海面漂浮钢铁结构的阴极保护
12.	7	ISO/NP 14993	金属和合金的腐蚀 循环暴露在盐雾、干、湿条件下的加速试验
13.	10	ISO/FDIS15257	阴极保护 阴极保护人员能力水平 基本认证体系
14.	14	ISO/NP 16151	金属和合金的腐蚀 暴露在酸性盐雾、干、湿环境下的循环加速腐蚀试验
15.	14	ISO/DIS 18897	金属和合金的腐蚀 Jetin-silt 金属材料摩擦腐蚀试验方法
16.	10	ISO/CD 19097-1	阴极保护用金属氧化物阳极加速寿命测试方法 第 1 部分：混凝土中的应用
17.	10	ISO/CD 19097-2	阴极保护用金属氧化物阳极加速寿命测试方法 第 2 部分：土壤和淡水中的应用
18.	9	ISO/DIS 19280	圆柱形缝隙用缝隙腐蚀温度的测定
19.	4	ISO/WD TR 19735	金属和合金的腐蚀 大气腐蚀率 提高腐蚀风险区域的绘制导则
20.	2	ISO/CD 20728	金属和合金的腐蚀 镁合金抗应力腐蚀开裂测定方法
21.	--	ISO/AWI 21062	模拟海洋环境混凝土结构钢筋锈蚀速率的对比试验方法
22.	2	ISO/WD 21153	金属和合金的腐蚀 环境敏感裂纹生长速率的测量

2.2 ISO/TC35 色漆与清漆技术委员会

ISO/TC35“色漆与清漆”技术委员会主要负责色漆、清漆及相关产品及原料的标准化工作。秘书处设在荷兰，现有 P 成员 28 个，O 成员 38 个。下设 1 个主席咨询组，4 个 SC 和 2 个工作组，同时与 ISO/TC28 成立了一个联合工作组，见表 3。目前该技术委员会共发布 236 项国际标准，涉及腐蚀标准二十余项，如 ISO 11997 色漆和清漆 耐周期性腐蚀测定系列标准等，主要集中在 SC9 和 SC14。

表 3

WG/SC 编号	WG/SC 名称	秘书处承担国
CAG	主席顾问组	--
WG1	挥发性有机化合物	--
WG2	术语	--
SC9	色漆和清漆通用试验方法	英国
SC10	色漆和清漆粘合剂试验方法	德国
SC12	使用色漆与相关产品的钢基体处理	英国
SC14	钢结构色漆保护系统	德国
JWG	闪点测定法	--

2.3 ISO/TC107 金属和非金属涂镀层技术委员会

ISO/TC107 金属和非金属涂镀层技术委员会，创立于 1962 年，主要负责：

使用电镀法、熔融法、真空法或化学方式涂覆的保护和装饰性金属和非金属(除油漆和其他有机涂层)，以及这些涂层的试验方法和检验方法的标准化工作。秘书处设在韩国，现有 P 成员 19 个，O 成员 24 个。下设 1 个主席咨询组，4 个 SC 和 2 个工作组，同时与 ISO/TC35/SC9 成立了一个联合工作组，见表 4。目前该技术委员会共发布 140 项国际标准，腐蚀相关标准主要由 SC7 负责制定，现行标准 14 项。

表 4

WG/SC 编号	WG/SC 名称	秘书处承担国
CAG	主席顾问组	--
WG1	热喷涂	--
WG2	搪瓷釉和搪瓷涂层	--
SC3	电镀层及相关	英国
SC4	热浸镀涂层 (镀锌等)	德国
SC7	腐蚀方法	英国
SC8	化学转化涂层	德国
JWG4	涂层、色漆和清漆的厚度计算方法	--

2.4 涉及金属材料腐蚀的其它相关技术委员会

由于金属材料腐蚀试验方法涉及领域较广，由于历史原因，国际标准化组织的其它委员会也制定了一些与其相关的标准。如 ISO/TC17 钢技术委员会制定了 2 项不锈钢晶间腐蚀的试验方法标准，即 ISO 3651-1-1998 “锈钢耐晶间腐蚀的测定 第 1 部分:奥氏体和铁素体奥氏体(二重)不锈钢--用失重测定法在硝酸介质中的腐蚀试验(Huey 试验)”和 ISO 3651-2-1998 “锈钢耐晶间腐蚀的测定 第 2 部分:铁氧体,奥氏体和铁氧体奥氏体(二重)不锈钢--在含硫酸介质中的腐蚀试验”。又如 ISO/TC26 铜和铜合金技术委员会也制定了 ISO 6957-1988 “铜合金应力腐蚀氨试验”、ISO 6251-1996“液化石油气 对铜的腐蚀性 铜片试验”等国际标准。

3. 国外标准化工作现状

3.1 美国

由于美国国家标准通常是协会标准，经美国国家标准协会(American National Standard Institute, ANSI)认可作为美国国家标准。有关腐蚀试验方法的标准主要由两个协会负责，美国材料与试验协会 (American Society for Testing and Materials, ASTM) 和美国腐蚀工程师协会 (National Association of Corrosion Engineers, NACE)。

1) ASTM G01 技术委员会 1964 年建立，负责制修订金属腐蚀试验方法领域标准。委员会现有委员约 350 个，负责标准 88 项，标准范围覆盖了金属腐蚀发生的各个领域，包括腐蚀计算、大气腐蚀、实验室腐蚀试验、环境诱导开裂，核电用材料服饰、自然水腐蚀、土壤腐蚀、电化学测试方法、混凝土腐蚀等。ASTM G01 技术委员会结构见表 5:

表 5 ASTM G01 结构

编号	名称
G01.04	大气腐蚀
G01.05	实验室腐蚀试验
G01.06	环境诱导开裂
G01.06.01 G01/B07	海洋合金腐蚀联合工作组
G01.09	自然水腐蚀
G01.10	土壤腐蚀
G01.11	电化学测试方法
G01.14	建筑材料中金属的腐蚀
G01.14.01	防腐材料中金属的腐蚀

G01.14.02	混凝土和砂浆中金属的腐蚀
G01.90	执行
G01.91	编辑委员会
G01.93	长期规划委员会
G01.96	奖励委员会
G01.97	宣传、研讨会和工作室

2) NACE成立于1943年，总部在休斯敦，宗旨是提高公众对腐蚀控制和预防技术的认识，促进公共安全，保护环境，减少由腐蚀引起的经济损失。由于NACE在腐蚀领域的有效工作，美国在国际标准化组织中的对口工作也由NACE负责。

NACE的技术委员会包括专业委员会(Specific Technology Group)、任务组(Task Group)、技术协调委工作组(Work Group)、技术交流组(Technology Exchange Group)。专业委员会负责技术研讨会、标准制定、交流技术信息等活动。专业委员会设若干任务组，任务组设若干工作组，具体负责编写标准。NACE标准可由一个技术委员会编写，也可以由几个技术委员会联合编写。

NACE 现有 300 多个技术委员会，现已制定标准 150 多项，主要涉及石化、建筑、交通等领域，标准种类和内容较为系统，实用性和可操作性较强，在全球防腐工程领域应用广泛。NACE 标准分为测试方法 (SP)、试验方法 (TM) 和材料要求 (MR) 三类，涉及油气田地面工程、管道、过程工业、炼油装置、军工设备、地下和水中构筑物腐蚀防护，以及表面处理、涂层防护、水腐蚀防护等。

3.2 欧盟

自欧洲标准化组织 (CEN) 成立以来，腐蚀试验方法领域的标准主要由 CEN 牵头，各成员国参与。涉及的委员会包括 CEN/TC 262“金属和其它无机涂层”，已发布标准 140 项，正在制定标准 29 项。CEN/TC 219“阴极保护”，已发布标准 22 项，正在制定标准 4 项。按照维也纳协定，这两个委员会在金属腐蚀领域开展的项目基本与 ISO/TC156 开展的项目同时进行。

欧盟各成员国腐蚀试验方法领域国家标准的制定也积极采用国际标准。以德国为例，在该领域标准由 NA 062-01-77 AA 分技术委员会负责，已经发布 113 项标准。标准体系较为完善，包括基础标准、均匀腐蚀、海洋腐蚀、大气腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀、电化学腐蚀、水的腐蚀等，体系清楚，门类齐全。近年来，该分委员会工作开展直接与 ISO 相关技术委员会或工作组对应，包括 ISO/TC 107/SC 7“腐蚀试验”、ISO/TC 156 的 AG、WG2、WG4、WG6、WG7、WG9、WG11、WG13。正在开展的项目共 14 项，除 DIN 50916-2“铜合金试验 使用氨

的应力腐蚀开裂 试验装备”和 DIN 50919“金属腐蚀 电解液中双金属腐蚀研究”外，其它 12 项都是与 ISO/TC 156 同步开展的项目。

3.3 日本

日本工业标准涉及腐蚀试验方法的标准总数仅 20 多项，比较集中有不锈钢腐蚀 5 项、大气腐蚀 4 项、高温腐蚀 5 项。分别由不锈钢协会和腐蚀与防护协会、石油联盟等起草。JIS 标准还包括晶间腐蚀、点蚀、均匀腐蚀的标准。近年来，日本也将一些国际标准转化为国家标准，但总体来看 JIS 标准门类不全、数量较少。这也与日本的标准化政策有关，如果已有相关的国际标准，可以直接采用国际标准进行试验。

3.4 独联体

前苏联解体后，原苏联国家标准全部转化为独联体跨国标准 GOST，标准号采用前苏联国际标准号，由独联体跨国标委会（独联体跨国标准号、计量与认证委员会）统一管理。俄罗斯作为独联体国家的主要成员，在基础研究方面一直处于领先水平，也曾积极参与国际标准化活动。在 2008 年我国承担 ISO/TC156 秘书处工作之前，秘书处的承担国家正是俄罗斯。但近年来其活动逐渐不活跃。目前，GOST 标准中涉及腐蚀试验方法标准共计 29 项。

4. 国内标准化工作现状

4.1 发展历程

我国涉及材料腐蚀的标准化技术委员会主要有以下几个：

SAC/TC5 涂料和颜料

SAC/TC57 金属与非金属覆盖层

SAC/TC183/SC11 钢 金属和合金的腐蚀

SAC/TC381 防腐蚀

其中，TC5“涂料和颜料”标准化技术委员会涵盖了一部分防腐涂料相关标准，而 TC57“金属与非金属覆盖层”标准化技术委员会侧重通过涂镀技术达到材料防腐的目的。TC381“防腐蚀”标准化技术委员会则是侧重腐蚀工程应用。金属腐蚀试验方法领域的标准由 TC183/SC11 归口管理。

金属腐蚀试验方法方面的标准在我国标准中相对起步较晚，50~70 年代仅有不锈钢晶间腐蚀试验一个标准（包括 5 个方法）。随着腐蚀学科的深入研究和发 展，为适应生产、科研及贸易进出的需要，此方面的标准逐步制定，到 90 年代，标准数量达到 20 多个。但这些标准主要是根据产品标准的需要而制订，没有形成完整的体系，缺乏整体观念和长远规划。近年来随着国内国际标准化工作的结合，腐蚀分技术委员会工作的积极开展，该领域标准得到

了快速发展。

4.2 金属材料腐蚀标准现状

国内金属和合金的腐蚀试验方法主要由 SAC/TC183/SC11“金属和合金的腐蚀”分技术委员会负责，其主要任务是开展金属材料腐蚀试验方法和防腐蚀方法领域的标准化活动。近年来，腐蚀试验方法标准制修订坚持两个原则，一是积极采用在试验方法领域标准制定尽量与国际接轨，以提高试验结果的认可度和可比性，我国腐蚀试验方法的制定确定了采用国际标准为主，其它国家标准作为参考的原则。经过多年的努力，该领域试验方法已有 70 项，其中国家标准 62 项，行业标准 8 项。这些标准中采用国际标准 43 项，其中 38 项为等同采用，另外采用其它国家标准 6 项。

表 6 我国正在制定的腐蚀试验方法标准

计划编号	项目名称	起止日期	主要起草单位	现工作阶段
20131797-T-605	金属和合金的腐蚀 镍基合金晶间腐蚀试验方法	2013-2015	攀钢集团江油长城特殊钢有限公司、钢铁研究总院、浙江久立、冶金工业信息标准研究院等	批准阶段
20142376-T-605	金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第 7 部分 慢应变速率试验	2014-2016	江苏省船舶金属材料质量监督检验中心、国家船舶材料质量监督检验中心、冶金工业信息标准研究院等	报批阶段
20151735-T-605	金属和合金的腐蚀 大气污染物的采集与分析方法	2015-2017	中国兵器工业第五九研究所、中国科学院金属研究所等	报批阶段
20153602-T-605	金属和合金的腐蚀 盐溶液周浸试验	2015-2017	江苏省船舶金属材料质量监督检验中心、冶金工业信息标准研究院等	起草阶段
20153601-T-605	金属在硫化氢环境中抗硫化物应力开裂和应力腐蚀开裂的实验室试验方法	2015-2017	中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司、冶金工业信息标准研究院等	报批阶段
20160543-T-605	金属和合金的腐蚀 高频焊管沟槽性能恒电位加速评价试验方法	2016-2018	宝山钢铁股份有限公司、冶金工业信息标准研究院等	起草阶段
2014-1921T-YB	镀铜钢丝镀层重量及其组分试验方法	2014-2015	国家金属制品质量监督检验中心、冶金工业信息标准研究院	报批阶段
2015-0029T-YB	金属和合金的腐蚀 镀锌薄板表面无铬钝化评价方法	2015-2017	上海梅山钢铁股份有限公司、安徽工业大学、冶金工业信息标准研究院等	起草阶段

二是加强自主知识产权标准的纳标工作，将我国成熟的方法上升为国家标准和国际标准。

如《金属和合金的腐蚀 低铬铁素体不锈钢晶间腐蚀试验方法》，低铬铁素体不锈钢是我国开发的产品，具有较高的技术含量和应用价值，但没有专门的试验方法，不易评价。通过企业、高校和科研院所的共同努力，形成了完备的方法后，同时申报了国家标准（20130738-T-605）和国际标准（ISO 18298），同步推进，国内国际意见综合考虑，为制定统一的试验方法，特别是下一步为相关产品的推广打下了坚实的基础。

5. 下一步工作展望

5.1 充分利用承担国际秘书处优势，做好国内国际一体化。

“十一五”期间，金属和合金的腐蚀领域国内标准主要以采标为主，主要工作是跟踪、消化、吸收，将已经出版完成的国际标准转化为国家标准。“十二五”期间，在此基础上充分利用国际秘书处的优势，对正在进展的国际项目提出国标立项建议，大大提高了采标的时效性。同时，在制定国家标准的过程中，通过与国内腐蚀专家的深入讨论和沟通，又对国际标准的制定提出意见和建议，形成了良好的互动。

经过多年的积累，我国在金属和合金的腐蚀标准领域已经具备了一定的影响力，“十三五”期间，应充分利用承担国际秘书处的优势，作为国内国际腐蚀领域标准化工作的纽带，打造国内外专家交流的平台，真正做到国内国际工作一体化。

5.2 与工业应用结合，构建完备的体系

2014年，“金属和合金的腐蚀”分技术委员会建立了“海洋环境腐蚀性能试验方法工作组”，研究海洋环境腐蚀性能试验的方法，建立和完善海洋环境腐蚀标准体系。这对完善和修订海洋环境腐蚀标准，推动企业生产出具有更好耐蚀性能的材料，促进海洋平台和设施的开发和建设，提升我国船舶和海洋工程装备在国际市场的竞争力，发挥了积极的作用。对于保障海洋工程和船舶的服役安全与可靠性，降低重大灾害性事故的发生，延长海洋构筑物的使用寿命具有重大意义。

试验方法标准的制定必须与工业应用结合、与产品结合才能更有生命力，下一步应继续做好这方面的工作，在石油、土壤、混凝土腐蚀等方面进行探索。

5.3 夯实秘书处工作基础，为“走出去”提供保障

我国自承担 ISO/TC156 秘书处以来，一步一个脚印，扎实开展腐蚀领域国际标准化工作。2009年在捷克顺利召开第21次年会，为我国进一步开展工作奠定了良好的基础。2010年在苏州召开第22次会议，对20多个工作项目进行了讨论，秘书处各项工作进入正轨。2011年第一次以我国标准为基础提出国际标准项目，2012年我国第一次承担专业工作组召集人，2016年，协调成立了由我国承担秘书处的分技术委员会。总之，秘书处通过大量的卓有成效

的技术和协调工作,吸引了各国金属和合金的腐蚀领域的专家积极参与国际标准制修订工作,目前已经有来自约 50 个国家及相关联络组织共计 100 多名代表注册为专家。

我国在腐蚀与防护领域具有较强的实力,研究设备先进,高校和研究机构中的专业研究人员人才济济,在材料应力腐蚀研究、高温腐蚀研究、电化学测试技术、军用产品防护研究中均在世界学术领域占有一席之地。希望今后能充分利用我国承担国际秘书处的优势,吸引更多的我国专家参与国际标准制修订工作,真正体现我国技术和产品特色。

6.结论

随着各国对标准制高点认识的不断深化,制定统一的产品标准难度不断加大,难以就关键指标达成一致,结果往往是各方面进行妥协,形成包罗万象的产物。而试验方法标准相对客观,各国易就试验方法、试验步骤、试样等达成协商一致,形成国际标准。在实际应用中,方法标准用于对产品的性能进行评价,对体现产品优势和技术特色具有关键作用。因此制定试验方法国际标准的具有较强的可操作性和积极的意义。

在下一阶段工作中,应积极落实“一带一路”政策,积极利用国内技术实力,注重与工业应用结合,建立完善的标准体系,推动中国标准走出去,为产品和技术走出去提供保障。