



文献 DOI:
10.11922/csdata.430.2015.0031
数据 DOI:
10.11922/sciencedb.430.39

文献分类: 材料科学

收稿日期: 2015-10-26
开放同评: 2016-11-11
发表日期: 2017-02-10

1979 ~ 1998 年工业腐蚀失效分析数据集

崔丽娜¹, 王海涛^{2*}, 叶万江¹, 韩恩厚², 杨锐³, 柯伟²

摘要: 腐蚀失效广泛存在于工业领域, 形式多样, 机理复杂, 缩短了基础设施和工业装置的使用寿命, 是工业领域日趋关注的问题。工业腐蚀失效分析数据集收集和整理了 1979 ~ 1998 年国内和欧洲工业装置维护中发生的 105 个失效案例, 主要由概述、环境、材料、部件、测试、腐蚀、失效 7 个子集构成, 总共 171 个数据项。为了保证案例的质量和有效性, 我们评估了案例的完整性, 并通过合理性判断鉴别了错误数据。数据集可以帮助用户分析设备发生腐蚀失效的各种直接原因或间接原因, 为化工、石化、电力等企业的腐蚀与非腐蚀专业的工程技术人员提供腐蚀分析依据。该数据集始建于欧洲尤里卡国际合作项目, 历经 973 项目、中科院信息化项目, 自建成后, 一直服务于科研及应用领域。

关键词: 工业环境; 腐蚀; 失效分析; 案例

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)中文名称	1979 ~ 1998 年工业腐蚀失效分析数据集		
数据库(集)英文名称	A dataset of industrial corrosion failure analysis (1979 – 1998)		
通讯作者	王海涛 (htwang@imr.ac.cn)		
数据作者	崔丽娜、王海涛、叶万江、韩恩厚、杨锐、柯伟		
数据时间范围	1979 ~ 1998 年		
数据格式	*.xls	数据量	3.5 MB
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/39 , http://www.matsci.csdb.cn:8080		
基金项目	欧洲尤里卡国际合作项目 (EU-1746), 国家重点基础研究专项 (G19990650), 中国科学院信息化专项 (XXH12504-1-05)		
数据库(集)组成	数据集包括了 105 条失效案例, 每个腐蚀案例是由概述、环境、材料、部件、测试、腐蚀、失效 7 个数据子集构成		

引言

腐蚀是材料与环境发生交互作用而引起材料性能的恶化, 它广泛存在工业领域^[1]。腐蚀失效通常在没有明显征兆的情况下突然发生, 会缩短基础设施和工业装置的使用寿命, 严重的将导致人员伤亡甚至造成灾难性的事故。保证设备的安全性和可靠性, 减少由设备腐蚀损伤所造成的损失, 是工业领域日趋关注的问题^[2]。

工业腐蚀失效形式多种多样, 失效机理复杂, 如应力腐蚀、腐蚀疲劳、点蚀、缝隙腐蚀、氢脆、晶间腐蚀等^[3-7]。现场事故发生以后, 往往需要迅速判断腐蚀失效发生的原因并选择相应的对策, 这对非腐蚀领域的技术人员而言, 存在很大的难度^[8]。

国内外腐蚀相关的数据库基本上都集中为金属、高分子等材料在大气、海水、土壤等自然环境下的腐蚀数据, 例如日本的 NIMS 数据库和国内的材料环境腐蚀

1. 中国科学院金属研究所, 网络中心, 沈阳 110016;
2. 中国科学院金属研究所, 中国科学院核用材料与安全评价重点实验室, 沈阳 110016;
3. 中国科学院金属研究所, 沈阳材料科学国家(联合)实验室, 沈阳 110016
* 通讯作者 (Email: htwang@imr.ac.cn)

数据共享网，缺乏工业腐蚀相关的数据库。基于以上原因，我们开始建设工业腐蚀失效分析数据集。该数据集始建于 1997 年中国与葡萄牙、荷兰、巴西共同完成的欧洲尤里卡国际合作项目“工业装置维护中的腐蚀失效分析方法”，历经 973 项目“材料的环境行为与失效机理”，中科院信息化项目“十五材料数据库”“十一五主题库”“十二五重点库”，收集和整理了国内和欧洲工业装置维护中发生的 105 个失效案例，对材料、环境、部件和腐蚀等因素综合考虑，最大限度地将失效案例加以展示和利用。用户能够根据自身的实际情况，获得与之相同或相似的材料/环境体系的腐蚀失效案例，以此分析设备发生腐蚀失效的各种直接原因或间接原因，为化工、石化、电力等企业的腐蚀与非腐蚀专业的工程技术人员提供腐蚀分析依据。该数据集自建成后，一直服务于全社会，提供 7×24 小时服务。

1 数据采集和处理方法

腐蚀失效案例数据主要来自于期刊、论文集、手册发表的原始文献。由于失效案例分类繁杂，为了更好展示案例数据，在收集整理案例前，我们进行了大量的文献调研，确定出案例表征的数据字段。整体上来说，案例表征要包括设备/部件、构成材料、所处环境、腐蚀失效特征、失效分析结论等。由于案例收集的专业性强，而且案例信息分散在期刊文献中，所以收集过程是腐蚀专业人员通读整篇文献，从中提取出所需的字段，并对英文文献中的案例进行翻译，其相应的数据来源见表 1。由于不同类型的腐蚀案例其表述字段并不一样，案例字段采用最大合集的方法尽可能涵盖各种腐蚀案例类型，虽然个别案例数据表存在空值，但数据集却具有广泛适用性。

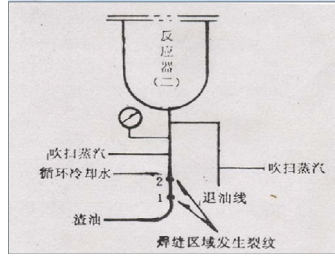
表 1 腐蚀失效案例数据来源

数据来源	数据来源
《Materials Performance》	《全面腐蚀控制》
《Corrosion》	《石油化工腐蚀和防护》
《Failure Analysis Techniques》	《化工机械》
《Pressure Vessel》	《理化检验》
《Environmental Cracking of Steels》	《中国腐蚀与防护学报》
《Materials and Corrosion》	《材料保护》
《Chemical Anti-corrosion Consultant & Survey》	《大氮肥》
《Safety Technique of Boiler & Pressure Vessel》	《机械工程学报》
《Corrosion Prevention & Control》	《化学工程》
《International Journal of Pressure Vessels and Piping》	《材料工程》
《Environment-Induced Cracking of Materials》	《石油和化工设备》
《Handbook of Case Histories in Failure Analysis》	《失效分析与预防》
《2nd. International Conference on Steels & Irons》	《化工装备技术》
《腐蚀科学与防护技术》	《管道技术与设备》

2 数据样本描述

工业腐蚀失效分析数据集总共涉及了国内和欧洲工业装置 105 个腐蚀失效案例。为了清晰地描述腐蚀失效案例库，数据集主要是由概述、环境、材料、部件、测试、腐蚀、失效 7 个子集构成，每个子集又包括了若干的模块，总共 171 个数据项，构成一个完整的腐蚀失效案例描述。其具体的数据结构和样本如表 2。

表 2 腐蚀失效分析数据集

子集	数据项	数据类型	样本
概述	案例标识号	int	10014
	鉴别号	varchar (20)	ICPM-10
	作者	varchar (50)	Yu Fu-zhou, Wang Jian-yun, Lu Hai
	收集日期	date	1991-08-01
	参考文献	varchar (100)	材料性能, 1986, 9-16
	案例类型	varchar (50)	历史案例
	关键词	text	减粘装置, 渣油, 焊缝, 应力腐蚀开裂, 0Cr18Ni9Ti, 炼油厂
	摘要	text	在减粘装置反应器中的渣油管和油泵输送管在运行 2 年后泄露。对管道进行了化学分析, 拉伸实验, X 射线能谱分析, 显微和 SEM 观察。裂纹形貌显示发生氯和硫的应力腐蚀开裂
	部件结构图	image	
环境	备注	text	
	内部环境类型	varchar (50)	润湿油
	内部环境物质种类	varchar (50)	非标准溶液
	外部环境类型	varchar (50)	水化液体和气体
	外部环境物质种类	varchar (50)	惰性环境
	缓蚀剂	varchar (100)	
	积垢和锈层	varchar (100)	存在
	邻近结构部件	varchar (100)	
	环境说明	text	
	化学图表	image	
	氧浓度 (ppm)	float	
	溶液成分	varchar (50)	
	溶液浓度单位	varchar (20)	
	溶液成分浓度	float	
	最低 pH	float	
	标准 pH	float	
	最高 pH	float	
	总碱度 (mg/l)	float	
	总酸度 (mg/l)	float	
	电导率 (μs)	float	
	气相成分	varchar (50)	
	气相成分分压 (bar)	float	
	溶液说明	text	渣油中含硫 > 1%, 酸度值为 0.11 mg KOH/g, 155.86 ppm 氯化物。蒸气中含多于 10 ppm 的氯离子

(续表)

子集	数据项	数据类型	样本
环境	溶液图解	image	
	内部最低温度 (°C)	float	
	内部标准温度 (°C)	float	320
	内部最高温度 (°C)	float	
	内部压力 (bar)	float	2
	内部搅拌	varchar (50)	连续流动
	内部流速 (m/s)	float	
	内部流体类型	varchar (50)	连续流动
	内部热交换	varchar (50)	无
	外部最低温度 (°C)	float	
	外部标准温度 (°C)	float	20
	外部最高温度 (°C)	float	
	外部压力 (bar)	float	
	外部搅拌	varchar (50)	
	外部流速 (m/s)	float	
	外部流体类型	varchar (50)	
	外部热交换	varchar (50)	
	温度说明	text	
	温度图解	image	
	流动说明	text	
	流动图解	image	
材料	材料类别	varchar (50)	奥氏体不锈钢
	材料通用名称	varchar (50)	0Cr18Ni9Ti
	材料标准体系	varchar (50)	GB1220-75
	化学元素含量	text	Ni 8 wt% - 11wt%, Mn 2wt%, S 0.03 wt%, Cr 17 wt% - 19wt%, Ti 0.7 wt%, P 0.035 wt%, C 0.08 wt%, Si 1wt%
	材料加工方法	varchar (100)	脱氧钢
	热处理方法	varchar (100)	未知
	热处理时间 (h)	float	
	热处理温度 (°C)	float	
	显微结构及析出相	varchar (100)	焊接区: 奥氏体 + 铁素体, 基体: 奥氏体
	热处理 / 显微组织说明	text	
	显微照片	image	
	硬度 (HV)	float	
	抗拉强度 (MPa)	float	
	屈服强度 (MPa)	float	

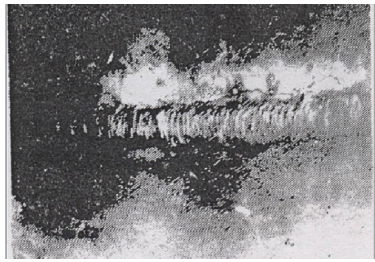
(续表)

子集	数据项	数据类型	样本
材料	断裂韧度 (MPa ^{m1/2})	float	
	力学性能	text	渣油管的拉伸强度: 585 MPa; 输送管的拉伸强度: 575 MPa
	力学性能图	image	
部件	部件 / 试样类型	varchar (10)	部件
	部件 / 试样类别	varchar (100)	热交换器, 外面有套
	部件说明	text	输送管是由两个弯曲接头和一个阀组成。渣油管和输送管的厚度分别为 12 mm 和 4 mm
	部件视图	image	
	焊接形式	varchar (50)	角焊
	焊接部位	varchar (50)	弯曲接头位置
	焊接方法	varchar (50)	气体钨电弧焊
	焊接材料	varchar (50)	相似
	焊接条件	varchar (50)	堆积
	预热温度 (°C)	float	
	焊后加热温度 (°C)	float	
	焊接约束水平	varchar (50)	
	焊接热处理类型	varchar (50)	无
	焊接热处理时间 (h)	float	
	焊接热处理温度 (°C)	float	
	加热和冷却速度 (°C /s)	float	
	焊接 / 热处理说明	text	无焊接热处理
	显微组织	image	
	部件表面检验日期	date	
	部件表面检验条件	varchar (50)	
	部件表面处理	varchar (50)	
	部件表面说明	text	
	表面视图	image	
测试	测试种类	varchar (50)	
	参照标准	varchar (50)	
	焊接相关测试	varchar (10)	
	试样准备	varchar (50)	
	重点腐蚀类型	varchar (50)	
	测试信息说明	text	
	测试图	image	
	应力类型	varchar (50)	
	外加应力 (MPa)	float	
	开裂失效应力 (MPa)	float	
	应变 (%)	float	
	应变速率 (% /h)	float	
	腐蚀疲劳应力幅值 (MPa)	float	
	腐蚀疲劳频率 (1/min)	float	

(续表)

子集	数据项	数据类型	样本
测试	腐蚀疲劳寿命(周次)	int	
	载荷比 (Min/Max)	float	
	应力强度因子 (MPa·m ^{1/2})	float	
	夏比 (摆锤式) V 形 缺口冲击能量 (J)	float	
	力学效应说明	text	
	部件使用时间 (h)	float	
	运行方式	varchar (50)	静态
	应力形式	varchar (50)	恒定
	运行暴露区域	varchar (50)	部件连续沉浸在溶液中
	开 / 关机次数	int	
	维修 / 改装记录	text	
	检验记录	text	在维修期, 发现了裂纹和泄露
	(水) 化学性质记录	text	
	失效前记录	text	
	失效后记录	text	做了仔细检查
腐蚀	观察到的腐蚀现象	varchar (50)	应力腐蚀、氢脆
	主要的腐蚀类型	varchar (50)	氢脆
	暴露时间 (h)	float	
	失效时间 (h)	float	
	腐蚀程度	varchar (100)	侵蚀, 多处, 完全失效
	腐蚀产物	varchar (100)	存在
	单位面积失重 (mg/cm ²)	float	
	腐蚀速率 (μm/y)	float	
	点蚀深度 (μm)	float	
	点蚀密度 (1/m ²)	float	
	缝隙腐蚀深度 (μm)	float	
	缝隙类型	varchar (50)	
	氢损伤	varchar (50)	无
	合金脱溶	varchar (50)	无
	剥落	varchar (50)	无
	电偶腐蚀 / 耦合材料	varchar (50)	
	电偶腐蚀 / 面积比	float	
	电偶腐蚀 (mV)	float	
	极化曲线	image	
	腐蚀外观形貌说明	text	分枝裂纹主要出现在焊接区
	腐蚀形貌图	image	
	裂纹外观形貌	varchar (100)	鼓泡
	焊接相关开裂	varchar (100)	基材: ZTA, 焊接材料, 熔合线
	裂纹出现方式	varchar (50)	
	裂纹出现时间 (d)	float	

(续表)

子集	数据项	数据类型	样本
腐蚀	裂纹出现时的长度 (mm)	float	
	裂纹平均长度 (mm)	float	
	裂纹最大深度 (μm)	float	
	裂纹扩展速率 (μm/s)	float	
	裂纹数量	int	
	晶间断裂比率	float	
	裂纹检测方法	varchar (50)	泄露
	腐蚀裂纹说明	text	
	裂纹视图 / 断口照片	image	
失效	腐蚀相关断裂	varchar (100)	是
	断口腐蚀产物	varchar (100)	存在
	现场检测方法	text	取大块样品
	现场的调查结果	text	检查显示, 裂纹主要在热影响区沿径向扩展。一些扩展到基体和焊接结合处。裂纹有分枝, 源于内表面, 并扩展到外表面
	根据现场调查结果出的结论	text	裂纹是与管内的腐蚀环境有关, 裂纹主面出现在维修后的再次运行期间
	根据现场调查结果采取的扩展调查	text	
	实验室研究方法	text	金相和化学分析
	实验室研究结果	text	显微研究显示, 基体裂纹比焊接结合处的裂纹有更多的分析。X 射线能谱分析显示在管壁和渣油管中的硫为 64.9% 和 54.5%, 氯含量为 20.8% 和 68%。断口观察表明断口是脆性, 脊状, 河流花纹, 有再生裂纹
	根据实验室研究结果得出的结论	text	裂纹形貌和 X 射线分析显示在管道内产生了氯和硫的应力腐蚀
	根据实验室研究结果得采取的扩展研究	text	
	失效原因	text	裂纹形貌和 X 射线分析显示应力、温度和氯还有硫, 导致了应力腐蚀
	讨论	text	显微结构和 X 射线确定是发生了奥氏体不锈钢氯和硫的穿晶应力腐蚀。在维修期, 管道用蒸气净化, 冷凝水中含有高于 10 ppm 的氯离子, 渣油中含有氯和硫, 也沉积在管表面形成了腐蚀环境。焊接没有热处理释放应力, 因此焊接应力非常的高。奥氏体不锈钢在应力, 高温时, 对氯、硫 SCC 是非常敏感的

(续表)

子集	数据项	数据类型	样本
失效	结论	text	开裂的基本原因是氯、硫应力腐蚀
	建议	text	1. 在管道焊接区进行局部热处理释放残余应力; 2. 控制油和蒸气中的氯含量; 3. 使用双相钢

3 数据质量控制和评估

腐蚀失效案例都是从公开发表的文献中收集整理的。为了保证案例的质量和有效性, 首先必须评估案例的完整性, 例如溶液成分、环境温度、材料牌号、部件类型、腐蚀现象、失效原因、结论建议等, 这些信息是构成一个腐蚀失效案例不可或缺的基本信息, 一旦缺乏这些基本信息, 案例即被认为是不完整数据, 予以抛弃。

腐蚀失效案例既有定量数据, 也有定性数据, 通过合理性判断保证数据的质量。对于定量数据, 通过合理性范围区间予以判定, 例如工业环境温度通常不会超过 1500℃, 高于此温度的数据即为错误数据; 材料中的化学组分, 如碳含量通常不会大于 5 wt%、硫和磷含量通常都会控制在 1 wt% 以下, 从而筛选出错误数据。然而, 对于一个腐蚀失效案例, 绝大多数都是定性的信息, 其判断只能通过腐蚀领域专家依靠自身专业知识进行遴选。正如前面所述, 腐蚀失效案例的收集整理是由腐蚀专业人员通读整篇文献, 从中提取出所需的信息。为了进一步保证案例质量, 也配备了相应的腐蚀领域专家对所整理的案例信息进行重新鉴别。

4 数据集访问

数据集可在科学数据存储库中下载获取 (<http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/39>), 同时也可登陆数据库网站 (<http://www.matsci.csdb.cn:8080>) 查阅。作为材料学科领域基础科学数据库的一部分, 数据集位于数据库网站左栏“金属材料学科”的“加工测试信息”中, 总共分为 26 个表, 涵盖了上面提到的概述、环境、材料、部件、测试、腐蚀、失效内容。数据库提供了两种检索方式, 简单检索和高级检索, 简单检索提供全表关键词查询, 而高级检索能够任意组合数据表中所有的字段进行查询。

作者分工职责

崔丽娜 (1976—), 女, 辽宁省锦州市人, 工程硕士, 工程师, 研究方向为计算机应用领域。主要承担工作: 腐蚀失效分析数据库结构设计及系统平台开发和维护。

王海涛 (1975—), 男, 吉林省长春市人, 博士, 副研究员, 研究方向为腐蚀多尺度计算与模拟。主要承担工作: 腐蚀案例数据结构分析和顶层设计。

叶万江 (1958—), 男, 黑龙江省伊春市人, 本科, 高级工程师, 研究方向为计算机应用。主要承担工作: 数据库开发指导。

韩恩厚 (1961—), 男, 山西省河曲县人, 博士, 研究员, 研究方向为材料的腐蚀机理、腐蚀防护技术和工程结构的环境损伤寿命预测与控制。主要承担工作: 973 项目总体设计与实施。

杨锐 (1965—), 男, 湖北省南漳县人, 博士, 研究员, 主要承担工作: 信息化项目总体专业领域设计与进度管理。

柯伟 (1932—), 男, 浙江黄岩县人, 本科, 院士, 研究方向为耐蚀合金和环境敏感断裂研究。主要承担工作: 尤里卡项目中方总体规划与组织实施。

参考文献

[1] 柯伟. 中国工业与自然环境腐蚀调查 [J]. 全面腐蚀控制, 2003, 17(1): 1 - 10.
[2] 王海涛, 关辉, 韩恩厚, 等. 腐蚀损伤评价专家系统的研制及开发 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004, 24(2): 105 - 107.

- [3] Toribio J, Ovejero E. Failure analysis of cold drawn prestressing steel wires subjected to stress corrosion cracking[J]. Engineering Failure Analysis, 2005, 12(5): 654 – 661.
- [4] Poblano-Salas C, Barceinas-Sanchez J, Sanchez-Jimenez J. Failure analysis of an AISI 410 stainless steel airfoil in a steam turbine[J]. Engineering Failure Analysis, 2011, 18(1): 68 – 74.
- [5] 宋光雄, 张晓庆, 常彦衍, 等. 压力设备腐蚀失效案例统计分析 [J]. 材料工程, 2004 (2): 6 – 9.
- [6] Lobley G. Stress corrosion cracking: Cases in refinery equipment[J]. Environment-Induced Cracking of Materials, 2008, 2: 401 – 410.
- [7] Bulloch J, Rochford E. In-service corrosion potential measurements in a series of feedwater deaerator systems in small peat-fired steam raising units[J]. International Journal of Pressure Vessels and Piping, 1997, 73: 211 – 227.
- [8] 赵敏, 康强利, 郭兴建, 等. 腐蚀失效分析方法及展望 [J]. 理化检验 – 物理分册, 2006, 42(12): 624 – 627.

引用数据

- (1) 崔丽娜, 王海涛, 叶万江, 等. 1979 ~ 1998 年工业腐蚀失效分析数据集 [DB/OL]. Science Data Bank. DOI: 10.11922/sciencedb.430.39.

A dataset of industrial corrosion failure analysis (1979 – 1998)

Cui Lina, Wang Haitao, Ye Wanjiang, Han Enhou, Yang Rui, Ke Wei

ABSTRACT Corrosion failure occurs frequently in different industries. The phenomena of corrosion are very complex, and have a vast set of responsible factors for its appearance. Because the corrosion failure reduces the service life of industrial equipments, it becomes a growing concern in the field of industry. Industrial corrosion failure analysis dataset collects 105 failure cases in Chinese and European industries during 1979 to 1998. The dataset is composed of seven data subsets, including summary, environment, materials, components, test, corrosion, failure, with 171 data items in total. In order to ensure the quality and effectiveness of cases, these cases integrity are evaluated and the errors are judged by the rationality method. The dataset can help user to study various kinds of reasons for corrosion failure of industrial equipments, and provide a basis for corrosion failure analysis. This dataset is supported by the European Eureka International Cooperative Project, Major State Basic Research Project and Chinese Academy of Sciences Informatization Project. It has been serving in scientific research and applications since the construction is completed.

KEYWORDS industrial environment; corrosion; failure analysis; case

引文格式: 崔丽娜, 王海涛, 叶万江, 等. 1979 ~ 1998 年工业腐蚀失效分析数据集 [J/OL]. 中国科学数据, 2017, 2(1). DOI: 10.11922/csdata.430.2015.0031.