ICS 75.200
E 98
备案号：29820—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 0087.3 — 2010

钢质管道及储罐腐蚀评价标准
钢质储罐腐蚀直接评价

Standard of steel pipeline and tank corrosion assessment
Corrosion direct assessment of steel tank

2010—08—27 发布　　2010—12—15 实施

国家能源局　发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

钢质管道及储罐腐蚀评价标准
钢质储罐腐蚀直接评价

Standard of steel pipeline and tank corrosion assessment
Corrosion direct assessment of steel tank

SY/T 0087.3—2010

主编部门：中国石油天然气集团公司
批准部门：国家能源局

石 油 工 业 出 版 社

2010 北 京

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

前　言

根据发改办工业〔2007〕1415号及油标委字〔2007〕2号文，由中国石油大学（北京）、中国石油规划总院、中国石油工程建设协会防腐保温技术专委会等单位负责对SY/T 0087—1995《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》中第4章进行修订。修订后的标准为SY/T 0087.3《钢质管道及储罐腐蚀评价标准 钢质储罐腐蚀直接评价》。

在本次修订过程中，广泛征求了行业内及相关单位的意见，总结了近十年来我国石油行业的实践经验，吸取国际上完整性管理新思路，调整了编写体系，增加了间接检测中“抽样调查”；补充了罐内在线检测的新方法和储罐腐蚀安全的综合评价及再评价时间计算等内容，使修订后的标准提高了技术先进性，并和国际流行的腐蚀安全评价技术相接轨。

本标准从生效之日起，同时代替SY/T 0087—1995中的第4章。

本标准由石油工程建设专业标准化委员会提出并归口。

本标准主编单位：中国石油大学（北京）。

本标准参编单位：中国石油规划总院、中国石油工程建设协会防腐保温技术专委会、中国石油管道分公司沈阳调度中心。

本标准主要起草人：翁永基、许述剑、卢绮敏、李相怡。

本标准主要审查人：唐明华、张清玉、卢绮敏、李绍忠、俞彦英、韩钟琴、许静、葛爱天、黄桂柏、陈洪源、陈彬源、孙乾耀。

本标准由中国石油大学（北京）（联系地址：北京，昌平，府学路18号，102200）负责解释。

目　次

1　总则 …… 1
2　术语 …… 2
3　一般规定 …… 4
4　预评价 …… 5
4.1　数据收集 …… 5
4.2　罐群及罐壁检测部位的划分 …… 5
4.3　方法可行性评价 …… 6
5　间接检测 …… 7
5.1　目的和内容 …… 7
5.2　抽样检测 …… 9
5.3　间接检测的评价 …… 10
6　直接检测 …… 12
6.1　目的和内容 …… 12
6.2　罐外直接检测步骤 …… 12
6.3　罐内直接检测步骤 …… 13
6.4　直接检测评价 …… 14
7　后评价 …… 16
7.1　目的及内容 …… 16
7.2　再评价时间 …… 16
7.3　方法有效性评价 …… 16
7.4　信息反馈 …… 17
8　记录和报告 …… 18
附录A　罐内分层挂片检测 …… 19
附录B　罐内腐蚀性在线检测 …… 22
附录C　检测和评价准则 …… 26

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录D　记录表格 …… 28
标准用词和用语说明 …… 31
附件　钢质管道及储罐腐蚀评价标准　钢质储罐
　　腐蚀直接评价　条文说明 …… 32

Contents

1 General 1
2 Definitions 2
3 Common regulation 4
4 Pro－assessment 5
4.1 Data collection 5
4.2 Classification of Tank－groups and partial tank walls 5
4.3 Feasibility assessment 6
5 Indirect inspections 7
5.1 Purpose and objectives 7
5.2 Sampling examination 9
5.3 Assessment for indirect inspections 10
6 Direct examinations 12
6.1 Purpose and objectives 12
6.2 Direct examination process for tank external corrosion 12
6.3 Direct examination process for tank internal corrosion 13
6.4 Direct examination assessment 14
7 Post assessment 16
7.1 Purpose and objectives 16
7.2 Reassessment intervals 16
7.3 Effectiveness assessment of methodology 16
7.4 Information feedback 17
8 Record and report 18
Appendix A Monitoring inside tank by separate hanging coupons 19
Appendix B On－line corrosion inspection inside tank 22

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

Appendix C Criteria for assess classification and inspection 26
Appendix D Record forms 28
Explanation of wording 31
Attached Characteristics of the standard 32

1 总 则

1.0.1 为规范地上钢质储罐（以下简称储罐）腐蚀直接评价方法，实行科学管理，保证储罐运行安全，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于地上油、水储罐的内、外壁腐蚀直接评价。地下储罐可参照执行。

1.0.3 本标准不排除其他方法的使用，但使用时应考虑所用方法的局限性。储罐腐蚀直接评价除应符合本标准（规范或规程）外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2 术 语

2.0.1 荧光渗透检测 fluorescent penetrant inspection

利用带荧光、渗透能力强的有色液体检测材料表面裂纹的方法。

2.0.2 漏磁检测 magnetic leakage flux inspection

当铁磁材料表面存在时，用于检测缺陷外部漏磁信号来发现表面缺陷的方法。

2.0.3 磁粉检测 magnetic powder inspection

将钢质工件磁化，表面撒上极细磁粉颗粒后，在缺陷表面漏磁处形成“粉末条带”来检测表面裂纹的方法。

2.0.4 声发射检测 acoustic emission inspection

声发射（AE）可定义为装置材料内部迅速释放能量而产生瞬态弹性波的现象，多数情况下其频谱范围达数兆赫甚至数十兆赫，但由于历史原因，习惯将其称为声发射，这种技术常用于检测装置材料是否受到永久性形变或永久性损伤。

2.0.5 红外成像 infrared imaging

记录温度高于环境的容器周围红外辐射分布（温度场）来获得储罐罐壁及外保温层不均匀性的信息。

2.0.6 涡流检测 eddy currents inspection

利用交变磁场在工件内感生涡流，涡流磁场与外磁场方向相反，工件材料中裂纹、鼓泡等局部缺陷会影响这种交互作用，根据这个特性来确定缺陷大小和位置。本方法常用于储罐底板腐蚀检测。

2.0.7 薄层放射激活法 thin layer activation（TLA）

根据激活钢样品厚度和其放射性强度成正比的特性，通过检测安装在罐内和罐壁同材质样品的放射性强度衰减来监测罐壁减

薄的技术。

2.0.8　表面裂纹　surface crack

指存在于材料表层 5mm 内的裂纹缺陷。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

3 一般规定

3.0.1 储罐腐蚀直接评价前应编制调查大纲，整个调查、检测与评价工作应由有资格的腐蚀工程师参加或指导。

3.0.2 本标准中规定的调查取样、专项检测和分析化验等工作应由具有资格的专业人员或机构，按照相应标准规范的方法进行。

3.0.3 直接评价过程中一切活动都应符合相关的安全标准，不得有碍储罐自身运行安全或者降低原有设施的安全等级。

3.0.4 本标准评价方法分为四个基本步骤：

1 预评价：内容包括罐群、罐体部位的分类、划分；日常管理基础数据收集；检测方法和仪器的选择；评价方法可行性分析等。

2 间接检测（储罐不停产条件的腐蚀检测）：内容包括罐外壁和罐内壁的腐蚀检测，并根据检测结果和历史记录，判断最可能出现严重腐蚀的罐群类型和罐体部位，以便进行直接检测。

3 直接检测：以间接检测选定的严重部位为重点，对罐壁金属损失进行直接检测，宜结合停产大修或清罐间隙期进行。并根据检测得到的局部罐壁金属损失、剩余壁厚等参数来综合评价腐蚀严重程度，指导下步维修等措施。

4 后评价：根据检测到的最大风险计算再评价周期，分析储罐各部位腐蚀原因，指导防治对策并验证评价方法有效性。

3.0.5 初次清罐时应进行首次直接评价。宜对相近年代建造、用于相近环境、相近功能的储罐进行抽样调查。储罐各部位应划分为不同部位调查，并按调查结果中最严重腐蚀情况进行评价。

4 预 评 价

4.1 数据收集

4.1.1 收集基础信息，包括基本参数、建罐参数和设计运行参数，见附录D的表D.0.1－1。

4.1.2 收集历年的日常运行参数，包括存储介质种类、成分、操作温度、压力及排放、清罐周期等，见附录D的表D.0.1－2。

4.1.3 收集并填写历年腐蚀泄漏事故记录及维修记录，见附录D的表D.0.1－3。

4.1.4 收集历年检测和调查资料，见附录D的表D.0.1－4和表D.0.1－5。

4.2 罐群及罐壁检测部位的划分

4.2.1 为提高评价工作效率，储罐腐蚀直接评价分为罐群和单罐部位两个层次进行。选择有代表性罐群和罐体部位为调查对象，结论可推及同类罐及罐体部位。

4.2.2 罐群的划分原则：两个及两个以上单罐组成的，位于相同或相近环境，且符合以下准则的确定为同类罐群，罐群划分宜得到运行方认可。

1 相同或相近年代建造、相同结构材质、相近容量的。

2 相同或相近的运行条件、存储介质、防护条件的。

3 根据历史记录，发生腐蚀事故的频数、腐蚀类型相同或相近的。

4.2.3 罐壁检测部位的划分原则：同一储罐内、外壁及罐壁不同部位的腐蚀可能差异很大，需细分为不同部位抽样调查，并解释调查结论。罐体部位划分原则可依据以下准则，并得到运行方认可。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

1　划分为罐外壁和内壁两大部分。

2　罐外壁腐蚀调查包括防腐层、保温层、防护层和罐体金属，并以储罐圈板高度为坐标，区分为不同的检测带。

3　油、水储罐内壁按接触介质不同，可细分为气相区、油相区、水相区和罐底淤泥区等。

4　根据历史记录，发生腐蚀事故频数高的部位应作为单独区，如储罐外壁距地面 1m 左右部位通常可作为高腐蚀区单独调查。

4.2.4　罐群及罐体部位的分类不是一成不变的，需根据调查结果，修正分类准则，不断提高储罐腐蚀直接评价的有效性。

4.3　方法可行性评价

4.3.1　存在以下情况时，本标准推荐的储罐腐蚀直接评价方法不适用：

1　缺乏关键性基础数据，原始资料严重不全，且无法估计得到。

2　重要调查部位不可接近或者无法进行检测。

3　没有合适检测方法，无法获得评价必需的数据。

4.3.2　本标准推荐的储罐腐蚀直接评价方法不适用时，仍可采用其他完整性评价方法，如压力试验、密封性试验、无损检测等来获取储罐的完整性信息。

5 间接检测

5.1 目的和内容

5.1.1 间接检测目的：在不影响储罐正常运行条件下，通过间接检测和检测结果分析来确定储罐内外壁已出现和将可能出现严重腐蚀的部位，分析其产生原因，并为下阶段直接检测提供重点调查目标。

5.1.2 间接检测内容：

1 罐外检测内容包括：

1）罐外大气环境腐蚀性。根据储罐所处环境的大气属性粗略评级，必要时对特定位置可采用挂片失重、气体腐蚀性探头等方法测量。

2）外防腐层、保温层、防护层的完好性。采用目测或简单工具检测防腐层厚度、老化剥离及破损情况。

3）罐体金属腐蚀状况。采用简单工具检测防腐保温层破损处的金属表面腐蚀坑深、数量，区分腐蚀严重程度。必要时采用超声波测厚、探针测深及统计腐蚀区域面积等方法取得罐体金属腐蚀定量数据，用于划分腐蚀等级。

4）罐体表面裂纹。如有迹象证明必要，用荧光渗透法、磁粉法等方法检测。

5）罐底板外侧阴极保护状况。鉴于罐底外侧（与地基土壤接触）面无法直接观察，可通过收集其阴极保护状况（保护电位参数等）加以分析。

6）罐底板承压及形变状况。可通过罐体外壁设置探头进行声发射检测，评价在承压状态下罐底板是否出现永久性形变或损伤。

7）如必要，可采用红外成像等方法对有温度储罐罐壁及

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

外防腐保温层完整性做整体评价。

2 罐内检测内容包括：

1）罐内介质成分的取样并送室内分析，检测内容和方法见附录C的表C.0.1。

2）罐内介质成分的在线检测，使用传感器种类及检测对象见表5.1.3。

3）罐内分层介质的腐蚀性检测，见附录A、附录B的B.1和B.2。

4）罐内壁金属损失的TLA法连续监测，见附录B的B.3。

5）其他可以检测的项目。

5.1.3 间接检测的方法：间接检测主要靠目视检测、取样化验和失重挂片等常规手段，宜使用简便快速的在线检测技术，表5.1.3给出了可使用的部分检测传感器名称及检测范围。

表5.1.3 间接检测使用的传感器及检测对象和检测范围

检测指标	传感器名称	使用环境	检出对象和范围
环境腐蚀因素测量	气敏电极（Ag_2S固态膜）	水相、气相	H_2S：（1×10^{-3}～5×10^{-7}）mol； S^{2-}：（0.1×10^{-7}～1×10^{-7}）mol
	气敏电极（液膜、流通）	水相、气相	CO_2：（0～100）mg/L
	溶氧电极（极谱型）	水相、气相	气O_2：0%～100%； 溶解O_2：（0～20）mg/L
	pH电极（玻璃膜）	水相	pH：1～14
	电导电极离子选择电极	水相	电导值：（0.1～10000）μS/cm
	Cl^-离子电极（AgCl膜）	水相	Cl^-：（1×10^{-5}～5×10^{-5}）mol
	SO_4^{2-}离子电极（PbS膜）	水相	SO_4^{2-}：（0.1×10^{-7}～5×10^{-7}）mol
	Ca^{2+}离子电极（PVC膜）	水相	Ca^{2+}：（0.1×10^{-6}～5×10^{-6}）mol
	Na^+离子电极（玻璃膜）	水相	Na^+：（1×10^{-7}～5×10^{-7}）mol
罐体自身腐蚀状况测量	电阻探针	水相、气相	均匀腐蚀的累积量
	极化探针	水相	瞬间腐蚀速度
	腐蚀电池探针	气相、水相	瞬间以及平均腐蚀速度

续表

检测指标	传感器名称	使用环境	检出对象和范围
罐体自身腐蚀状况测量	超声波测量	任意环境	剩余壁厚
	射线检测（无损探伤）	任意环境	罐壁缺陷分布
	声发射	任意环境	罐体及罐底板的开裂和变形
	红外成像（热流检测）	任意环境	罐壁及外防腐保温层的完整性

5.2 抽样检测

5.2.1 抽样应确保被检测样本能较好地代表整体调查对象的特性。

5.2.2 同类罐群的抽样：

1 同类罐群按该罐群罐体总数的10%抽样调查，至少为1个单体罐。

2 如果抽样调查的评价结果为严重等级，应再增加10%的抽样调查，如此循环，直至新增抽样中不再出现严重等级或者直至100%抽样调查。

5.2.3 单罐不同部位的抽样检测。

1 罐外抽样检测：

1）罐外壁抽样按其圈板高度作为标记，分为均匀取样和特殊取样两部分。

2）均匀抽样时按罐体高度划分为上、中、下三层作为测量带，检测结果代表该高度位置的大气和防腐保温层环境对罐壁腐蚀的影响。

3）为检测腐蚀不均匀性，10000m³以下储罐每个测量带按圆周等距设立4个测量区；10000m³及以上储罐设6～8个测量区，每个测量区长度宜在20cm左右。

4）特殊抽样时按目测选取腐蚀最严重位置（高度），如距地面1m左右的高度、受方位影响的腐蚀部位或曾有过穿孔历史记录的位置。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2 罐内抽样检测：

1）不清罐条件下罐内间接检测以检测罐内不同高度的介质特性和腐蚀性为主。

2）油、水储罐内检测位置应分为罐顶气相区、罐中部含水乳化油相区、罐底部沉积水相区和罐底板淤泥相区，特别要关注不同相的界面腐蚀。

3）利用固定顶储罐罐顶的观察孔，将表 5.1.3 推荐的探头固定在试件架上，悬挂到罐内不同高度，测量不同部位的介质特性。特别要测量氧含量、硫化氢含量、溶液电导、水相 pH 等重要参数。

4）可将失重试片或腐蚀探针挂在罐内不同高度，获得罐内不同部位介质的腐蚀性数据。方法及数据处理见附录 B 的 B.1。

5）如果罐内安装了 TLA 等在线检测装置，可连续监测罐内壁减薄的信息。

6）应考虑储罐不同运行状态对测量的影响，特别注意收、放油和静置等不同阶段的检测数据差别。

5.3 间接检测的评价

5.3.1 根据间接检测结果可粗略评估罐体腐蚀状况，区分出腐蚀严重、一般和轻微的罐群及罐壁部位。

5.3.2 罐外腐蚀等级划分。

1 罐外大气腐蚀性划分：

根据罐区位置的大气类型、月降雨量、月平均气温、相对湿度、降尘量、污染情况（以 SO_2 含量表示）等资料粗略估计储罐所处大气腐蚀等级。必要时，采用失重挂片方法获得腐蚀试片第一年失重数据，按附录 C 的表 C.0.2－1 划分大气腐蚀等级。

2 罐外壁腐蚀与防护状况划分：

1）罐外壁防腐保温层基本脱落或者罐壁最小剩余壁厚不足原始壁厚 20%（或绝对值小于 2mm）时，评为严重

等级。

2）罐体外壁防腐蚀保温层基本完好（>90%）或罐壁最小剩余壁厚超过原始壁厚90%时，评为轻微等级。

3）介于上述两种结果之间的评为一般等级。

5.3.3 罐内壁腐蚀等级划分：

1 根据罐内分层挂片得到罐内不同部位介质腐蚀性指标，按附录C中表C.0.2-2划分为4等。

2 根据罐内壁最大点蚀深度或速率，按附录C中表C.0.2-3划分为4等。

5.3.4 单罐及罐群的腐蚀等级划分：

1 凡是罐外壁或者内壁同时出现两个或两个以上严重级部位，评为外壁或内壁腐蚀严重的罐。

2 凡是罐群抽样中出现严重腐蚀的罐评为腐蚀严重的罐群，需要等量增加抽样检测数量，以便确定其中包含腐蚀严重罐的概率。

5.3.5 对比和反馈：应对比分析间接调查结果和预评价分类、环境参数及历史腐蚀等记录，如果不一致，宜重新修正预评价分类准则或评价本方法的可行性，也可选用其他完整性评价技术。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6 直接检测

6.1 目的和内容

6.1.1 直接检测目的：直接检测是利用停产大修或清罐等条件，对储罐内、外壁严重部位进行直接地腐蚀检测。根据检测数据判别检测部位的腐蚀程度，并对单罐和罐群的腐蚀严重性进行综合评价，为维修措施提供依据。

6.1.2 直接检测内容：

1 罐外壁防腐保温层。

2 罐外壁金属损失。

3 罐内壁防护层。

4 罐内壁及罐底的金属腐蚀损失。

5 其他相关检测，如焊缝检测、罐体裂纹检测、密封性检测等。

6.1.3 直接检测数据的分析处理：确定需立即维修的腐蚀缺陷和提供维修计划安排。直接检测中发现的任何与间接检测结果有偏离的现象应经过更多验证，并存档证明。

6.2 罐外直接检测步骤

6.2.1 检测位置及数量：

1 间接检测评为严重等级的区，应100%进行直接检测。

2 对一般和轻微等级的罐外区应进行抽样直接检测，最少检测数至少为1处。如果检测结果为严重等级，应等量扩大抽样检测比例。

3 罐外特殊部位，如罐底周边焊缝、地面1m纵焊缝等，采用荧光渗透法或磁粉法等方法检测，至少各检测1处。如发现存在表面裂纹损伤，应扩大等同数量抽查检测比例。

4 怀疑存在机械损伤（有过撞击或形变等经历）的罐体部位，可采用射线检测、热流法等方法检测材料损伤。

5 运行方要求的部位或其他部位。

6.2.2 防腐保温层检测：采用目视检测、防腐层测厚和电火花检漏等方法检测外观、厚度、针孔数和附着力等指标，评价准则按附录C中表C.0.2-4。

6.2.3 罐体金属损伤检测：清除罐外防腐保温层，对暴露的罐壁金属损伤采用超声测厚或探针等方法检测腐蚀深度等指标，评价准则按附录C中表C.0.2-3。

6.2.4 有条件时和有必要时，可采用射线探伤、红外成像等技术检查罐壁及外防腐保温层的完整性。

6.2.5 测点数量确定：

1 每个测量区内应进行平行测试，超声波测厚不宜少于5个点，探针测量点数不宜少于3个，以保证数据代表性。

2 需采用极值统计方法处理数据时，同部位测量数据不应少于20个。

3 测量过程中如怀疑临近区域存在缺陷，应适当扩大测量长度。

6.2.6 为检验方法有效性，应选择至少一处在上次调查中直接检测过的区重新进行直接检测，并比较其检测结果。

6.3 罐内直接检测步骤

6.3.1 罐内直接检测的位置和数量：

1 对发现的严重腐蚀部位及间接检测评为严重等级的部位，应全部进行直接检测。每个部位（高度层）可按均匀布点选择测量区，抽查比例不得小于10%。

2 对一般和轻微等级的罐内部位应进行抽样直接检测，最小检测数量至少为1处。如果检测结果为严重等级，应等量扩大抽样检测比例。

3 罐内特殊部位，如罐底周边焊缝、地面1m纵焊缝等，

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

可采用荧光渗透法或磁粉法等抽查检测表面裂纹。对罐体变形或疑似变形部位采用射线检测等方法抽查检测。如检测结果发现存在严重问题，应等同数量扩大抽查检测比例。

4 运行方要求的部位和其他部位。

6.3.2 按6.2.5方法确定测点数量。

6.3.3 罐内直接检测时对罐内壁防腐层采用防腐层测厚、电火花检漏和目视检测等方法检测外观、厚度和针孔数等指标，如有问题再补加附着力检测。评价准则按附录C中表C.0.2-4。

6.3.4 罐内直接检测时对罐内破损防腐层下的罐壁金属损伤采用超声测厚或探针等方法检测最大点蚀深度，评价准则按附录C中表C.0.2-3。

6.3.5 利用漏磁、涡流等法检测罐底板腐蚀状况，必要时绘出腐蚀缺陷分布图。

6.3.6 必要时收集罐内附着腐蚀产物送室内分析，帮助确定腐蚀原因。

6.3.7 为检验方法有效性，应选择至少一处在上次调查中直接检测过的部位重新进行直接检测，并比较其检测结果。

6.4 直接检测评价

6.4.1 罐壁内、外防腐层质量评价准则按附录C中表C.0.2-4。

6.4.2 罐内、外壁金属腐蚀深度评价准则按附录C中表C.0.2-3。

6.4.3 当存在表面裂纹时，首先根据本标准方法确定是否存在裂纹及裂纹尺寸。临界裂纹长度的确定涉及较深专业知识，可请专业机构按相应标准进行。

6.4.4 罐体焊缝及内部缺陷的等级评价涉及较深专业知识，可请专业机构根据相应标准进行。

6.4.5 综合评价：本标准主要以储罐各部位壁厚最大减薄量为依据，同时也考虑其他类型缺陷影响进行综合评价。评价结果代表储罐整体腐蚀状况和安全风险等级。评价指标见表6.4.5。取各项评价结果的最差等级为该储罐的综合评价结果。

表 6.4.5　检测数据的综合评价

项　　目	轻　　微	一　　般	中　　等	严　　重
最大点蚀深度	≤10%原始壁厚或≤1mm	>10%～50%原始壁厚	>50%～80%原始壁厚	>80%原始壁厚或剩余壁厚<2mm
表面裂纹	不允许存在		存在	超过临界长度或深度
焊缝缺陷	不允许存在		存在	超过临界值

凡确定为严重等级的部位或罐体应立即采取维修措施或者报废。

6.4.6　根据检测数据和评价结果，分析造成各部分腐蚀的主要原因。

6.4.7　如评价结果和预评价或间接评价出现显著不同，应反馈信息，调整方法，直至考虑本方法的适用性。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7 后 评 价

7.1 目的及内容

7.1.1 后评价目的是确定再评价的时间和对直接评价的有效性进行评估。

7.1.2 后评价内容包括：

1 再评价时间的确定。

2 基于数据处理的分析研究。

3 直接评价有效性评估。

4 反馈和修正。

7.2 再评价时间

7.2.1 再评价时间确定原则是，在确保储罐在到达下次评价时间前不出现危及安全的腐蚀，并应根据反馈信息不断调整。

7.2.2 再评价时间应按以下方法计算得到的最短周期为准。

根据获得较可靠的实际腐蚀速度，可用最小安全壁厚估算再评价时间，计算公式见式（7.2.2）。

$$\text{再评价时间间隔(年)} = (T_{mm} - T_{min})/GR \qquad (7.2.2)$$

式中 T_{mm}——上次调查维修后，被评价储罐的最小剩余壁厚（mm）；

T_{min}——要求的最小安全壁厚（mm）；

GR——实际腐蚀速度（mm/年）。

7.2.3 如缺乏计算条件，可结合储罐大修周期，再评价时间取5～7年。

7.3 方法有效性评价

7.3.1 直接评价应是一个不断提高储罐运行安全等级的连续过

程，如果出现有违以上目标的结果，应对直接评价有效性进行评估，并加以反馈修正。

7.3.2 如果直接检测结果不同于间接检测结果，应评价方法有效性，并修正间接检测和评价的方法。

7.3.3 如果直接检测评价结果和历史数据及常规认识有矛盾，应认真分析原因，必要时调整直接检测和评价的方法。

7.4 信息反馈

7.4.1 直接评价各个步骤中及时向前反馈信息，作为方法和评价准则的修正，确保储罐运行安全的改进。反馈内容主要为：

1 预评价中罐群及罐体部位分类准则的修正。

2 间接检测方法和评价准则的修正。

3 直接检测方法和评价准则的修正。

4 腐蚀原因分析的修正。

5 再评价时间的修正。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

8 记录和报告

8.0.1 预评价、间接检测评价、直接检测评价和后评价过程的所有检测资料和评价报告必须按照规定内容记录并存档，宜在储罐服役寿命期内妥善保存。

8.0.2 预评价报告的内容至少应包括：

1 按规定要求收集的基础数据和历史资料等。

2 预评价结论，如罐群及罐体各部分的划分准则和检测方法选择等。

8.0.3 间接检测评价报告的内容至少应包括：

1 具体检测对象的描述说明。

2 具体检测项目和方法说明。

3 检测数据。

4 间接检测评价结论，如腐蚀等级划分准则和评价结论。

8.0.4 直接检测评价报告的内容至少应包括：

1 具体检测对象的描述说明。

2 具体检测项目和方法说明。

3 检测数据。

4 直接检测评价，包括综合评价结论。

8.0.5 后评价报告的内容至少应包括：

1 再评价时间的确定和相关计算依据。

2 储罐各部分腐蚀原因分析和防治对策。

3 信息反馈和方法有效性评价检验结果。

附录A 罐内分层挂片检测

A.0.1 本方法是在不间断储罐正常生产运行条件下，采用分层挂片方法，获取罐内不同高度层介质的成分及腐蚀参数的试验方法。

A.0.2 本方法中试件及仪器应符合下列规定：

1 挂片绳：可用尼龙绳制备，并穿过清罐预留在罐底的挂钩。绳上不同位置固定一系列试件架，供安放失重试片或各种检测探针。绳两端固定在罐顶，以便于收放或更换试片、探针时使用。

2 试件架：以耐油塑料制备，可供固定失重试片或各种检测探针。

3 失重试片：用和储罐壁同材质钢制备，制备方法可参见《埋地钢质检查片腐蚀速率测试方法》SY/T 0029—1998。为确保失重数据准确，同层位置失重试片以4~6片为宜。

4 腐蚀探针：根据检测目的，按表5.1.3选用各种腐蚀成分检测探针或者介质腐蚀性探针。

A.0.3 挂片高度设置：根据罐几何尺寸和内部介质状况，预先了解各层介质的大致位置（高度），并在挂片绳的相应位置设置试件架。对原油储罐推荐挂5层；对水罐推荐挂3层。各层相对位置可按表A.0.3的规定。

表A.0.3 分层高度的设置

介 质	气 相	气液界面	油 相	油水界面	水 相
原油储罐	√	√	√	√	√
水罐	√	√			√

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

A.0.4 失重试验时间：对水罐宜为1～3个月；对原油储罐宜为6～8个月。

A.0.5 探针检测时间：视各种探针性能而定，一般在10～30min，以读数达到稳定（波动<5%～10%）为止。多数探针需用导线输出检出信号，且不宜长久放置在储罐连续使用。

A.0.6 数据处理：

1 平均腐蚀速度：

1）试片失重采用分析天平测量，精度为0.1mg。

2）对同一试片架（高度）的试片失重取平均，按式（A.0.6）计算平均腐蚀速度。

$$v=\frac{\Delta W}{S\cdot t}\times 1.12 \qquad (A.0.6)$$

式中 v——计算得到的腐蚀速度（mm/年）；

ΔW——试片的平均失重（g）；

S——单个试片的暴露面积（mm^2）；

t——试验时间（h）。

3）平行试片间最大失重差异不宜超过平均失重值的40%，应剔除异常数据，并增加平行试片数量。

4）当发现试片和试片架之间存在严重缝隙腐蚀时，该试片数据无效。

2 最大腐蚀深度：

1）用探针和游标卡尺测量清除腐蚀产物后试片表面最大腐蚀坑深。

2）至少对3个试片的6个表面进行测量，测量精度为0.1mm。

3）取上述最大腐蚀坑深的最大值为指标，或用极值统计方法计算其累积分布值进行预测。

A.0.7 试验报告应包括以下内容：

1 储罐编号、位置及基本参数。

2 分层数量、高度以及相应介质种类。

3　试验数据、图表及照片，包括失重试片（和/或）探针检测。

4　数据分析和结论。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录B　罐内腐蚀性在线检测

B.1　气相环境（腐蚀电池法）

B.1.1　本方法根据薄膜探头（电池）的输出电流来定量评价所处气相环境的腐蚀性等级。

B.1.2　本方法中探头和仪器应符合下列规定：

1　探头：用和罐壁相同或相近材质金属薄板制成腐蚀电池两极，中间用绝缘薄膜隔开，构成电池探头（传感器），在室温干燥空气中，该探头空白输出电流在 10^{-9}～10^{-10}A，如有异常，应检查探头是否短路或断路。

2　仪器：带自动记录和储存功能的宽量程、零阻检流计，用于记录电池电流的瞬间值及积分平均值。

B.1.3　使用时，将检查合格的探头固定在试片架，置于罐内气相部分。最短测量时间为10～30min。如有必要，也可以24h或更长时间连续监测。

B.1.4　气相环境对探头材料（罐壁钢）的腐蚀速度按式（B.1.4）计算。

$$v=\frac{M}{S\cdot C_f}\times 3268\bar{I} \qquad \text{(B.1.4)}$$

式中　v——腐蚀速度（mm/年）；

M——材质因素，对碳钢可取3.59cm³；

S——探头面积（cm²）；

C_f——电池常数，近似为0.075；

$\bar{I}$——平均电池输出电流（A）。

B.1.5　试验灵敏度和精度：本方法曾经过实际测量检验，可检测发现 10^{-6}mm/年的腐蚀速度变化量；平行测量数据偏离一般不超过20%。

B.1.6 试验报告：内容包括罐编号、基础资料、罐内气相成分、罐运行状况、探头放置位置、测量起止时间、瞬间电池电流、积分平均电流、腐蚀速度计算值等。

B.2 油相环境（薄层电极法）

B.2.1 本方法利用钢电极端面绝缘介质吸附原油乳液形成薄层离子导电层的原理消除油水双相乳液高电阻率对电化学测量的影响，从而可采用常规电化学方法来测量环境腐蚀性。

B.2.2 本方法中探头和仪器应符合下列规定：

1 薄层电极探头：用和罐壁相同或相近材质作为电极材料，加工制成三层同心钢圆环，其间距2～5mm，用酚醛树脂等绝缘材料隔开，端面经打磨清洗作为三电极体系工作面。

2 仪器：常规的电化学测量仪器，如线性极化仪等。

B.2.3 测量方法：使用前电极端面用15%盐酸溶液活化处理1～2min，然后清洗、干燥。使用时将电极安装在试件架上，置放到罐内油相区域。电极本身提供同材质三电极测量体系，配合相应电化学仪器，可进行极化曲线、线性极化、交流阻抗等测量。

B.2.4 数据处理：数据处理方法可按所采取电化学方法的规定，可参考一般电化学分析书籍。有资料表明，这种测量结果和失重数据基本吻合。

B.3 罐壁厚度监测（薄层放射激活法）

B.3.1 薄层放射激活法的原理是根据激活试样在使用过程中放射性强度损失与其厚度损失成正比的原理来监测容器的壁厚损失。

B.3.2 本方法中激活试样和仪器应符合下列规定：

1 试样及激活：采用和油罐用钢相同或相近材质加工制成样品探头，一般为ϕ35mm×4mm圆片，表面保持和储罐内壁金属相近状态。精确称重并做标记。试样送核加速器接受高能射线

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

辐照，可采用中心直径 8mm 的 11MeV 质子流轰击，使样品表面产生如下的（p，n）核反应：$_{56}Fe + p \rightarrow {}_{56}Co + n$。该反应阈能 5.446MeV，产物$_{56}Co$ 具有 γ 放射性，半衰期 78.8d，激活层厚度在 25～300μm，试样放射性在 0.4MBq 内，使用寿命 1 年，对人体基本无危害。

2 仪器：采用碘化钾晶体闪烁计数器（检测 γ 射线能量大于 662keV）或采用其他通用的 γ 射线检测仪来检测激活试样的放射性强度。

B.3.3 测量方法：利用清罐等机会，将激活试样牢固安装在油罐内壁待检测部位（可采用预留螺丝孔等固定方法）。接触面必须仔细除锈和打磨，确保试样和罐壁有良好电性连接。由于激活样品本身放出的 γ 射线足以穿透几十毫米钢板，所以无需导线，在罐外相应位置直接用仪器检测，每隔 1～2 个月测量一次，监测样品放射性强度的衰减。

B.3.4 测量数据处理：激活样品放射性强度数据可按计数器的次/秒（cps）读数为单位。经以下校正后，得到真正代表因表面材料物质流失而造成的放射性强度损失。具体过程如下：

1 修正环境本底放射性强度。用未激活样品（或不放样品）来测量，读数代表因当地环境造成的放射性本底强度，须从测量数据中扣除。多数测量仪器具有自动扣除背景的功能。

2 修正测量期间激活样品的自然衰减。样品放射性的自然衰减规律符合以下关系式［见式（B.3.4）］：

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \qquad (B.3.4)$$

式中 N——时刻 t 的放射性强度；

N_0——最初时刻（$t=0$）的放射性强度；

λ——衰变常数，和半衰期 $T_{1/2}$ 一样，是该放射性物质的固有特性。

可以证明，半衰期 $T_{1/2}$ 等于（ln2/λ），或写成（0.693/λ）。例如，本例样品放射性半衰期 78.8d，可计算得到 λ = 0.00879d。

也就是说，即使样品厚度不改变，1 个月（30d）后样品的放射性强度也将衰减到原来的 76.8%。

3　定标曲线制作：采用人工磨损方式去除激活样品表层，测量其平均厚度损失（或根据重量损失换算）和放射性强度损失之间的关系，获得定标曲线。现场测量数据扣除自然衰减后就可以从定标曲线换算成相应的厚度损失数据。

B.3.5　测量精度：TLA 方法灵敏度高，快速检测中可发现微米每年（μm/年）数量级的腐蚀速率变化。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录C 检测和评价准则

C.0.1 罐内介质调查项目和检测方法应符合表C.0.1的规定。

表C.0.1 罐内介质调查项目和检测方法

调查内容	调查项目	调查方法
气样	氧含量	相关标准
	硫化氢含量	相关标准
	二氧化碳含量	SY/T 7506
	二氧化硫含量	相关标准
	水含量（或露点）	SY/T 7507
水样	溶解氧含量	SY/T 5329
	二氧化碳含量	
	硫化物含量	
	悬浮固体含量	SY/T 0531
	腐生菌（TGB）含量	SY/T 0532
	硫酸盐还原菌（SRB）含量	
	铁离子含量	SY/T 5329
	氯离子含量	SY/T 5523
	碳酸盐含量	
	硫酸根离子含量	
	钙、镁离子含量	SY/T 5523
	电导率	GB/T 6908
	pH值	相关标准
	总矿化度	GB/T 1576
油样	水含量	GB/T 260
	硫离子含量	GB/T 387
	盐含量	GB/T 6532
	酸值	GB/T 264
污泥	腐生菌（TGB）含量	SY/T 0532
	硫酸盐还原菌（SRB）含量	
	电导率	GB/T 6908
	pH值	相关标准

C.0.2 大气腐蚀性等级划分应符合表 C.0.2－1 的规定，储罐内介质的腐蚀性评价指标应符合表 C.0.2－2 的规定，储罐罐壁金属损失的等级划分应符合表 C.0.2－3 的规定，防腐层检测项目及评价指标应符合表 C.0.2－4 的规定。

表 C.0.2－1 大气腐蚀性等级划分

项目	弱	中	较强	强
试片第一年腐蚀速率（μm/年）	1.28～25	26～50	51～83	>83

表 C.0.2－2 储罐内介质的腐蚀性评价指标

项目	低	中	高	极高
平均腐蚀速率（mm/年）	<0.025	0.025～0.125	0.126～0.254	>0.254
最大点蚀速率（mm/年）	<0.305	0.305～0.610	0.611～2.438	>2.438

表 C.0.2－3 储罐罐壁金属损失的等级划分

项目	低	中	高	极高
最大点蚀速率（mm/年）	<0.305	0.305～0.610	0.611～2.438	>2.438
最大点蚀深度	<1mm	2%～50%壁厚	>50%～80%壁厚	>80%壁厚

表 C.0.2－4 防腐层检测项目及评价指标

项目	优	中	差
外观	颜色、光泽无变化	颜色、光泽无变化	出现麻点、鼓泡、裂纹
厚度（mm）	无变化	稍有变化	严重减薄
黏结力	无变化	稍有降低	出现剥落等现象
针孔（个/m²）	无针孔	<n	—

注：对油介质，$n=2$；对水介质，$n=1$。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录D 记录表格

D.0.1 罐原始资料可按表D.0.1－1格式记录，罐日常运行参数可按表D.0.1－2格式记录，罐腐蚀泄漏事故及维修记录可按表D.0.1－3格式，罐外壁腐蚀调查记录可按表D.0.1－4格式，罐内防腐层和腐蚀情况调查记录可按表D.0.1－5格式。

表D.0.1－1 罐原始资料表

基本参数	位置		罐区		罐编号		类型	
	容积(m^3)		直径×高度(m)		壁厚(mm)*		材质	
	底厚(mm)		顶厚(mm)**		用途			
建罐参数	建罐日期		罐底地基		罐内底板处理			
	1. 焊缝	焊接方式	焊条型号	等级	返修率（%）	施工单位		
	2. 外防腐	种类	厚度(mm)	施工工艺	针孔(个/m^2)	结构		
	3. 外保温	种类	厚度(mm)	防护层种类				
	4. 内防腐	种类	厚度(mm)	施工工艺	针孔(个/m^2)			
运行参数	投用时间		介质名称		温度(℃)		压力(MPa)	
	加热方式		加热盘管或 搅拌		介质进出周期(d)			
	1. 阴极保护	(1) 是否有?（ 有 无）			(2) 保护方式?（强制电流 牺牲阳极）			
	位置	恒电位仪	额定电压(V)	电流(A)	阳极材质	形状	单支重(kg)	数量
	2. 缓蚀剂	(1) 是否有?（有 无）		(2) 类型		(3) 投加方式		
备注								

* 壁厚，不同厚度由下至上记录为××－××－××。

** 顶厚，浮顶罐顶厚用“空气接触部位厚度/介质接触部位厚度”表示。

表 D.0.1－2　罐日常运行参数

罐号：　　罐区号：　　容积（m^3）：　　罐类型：　　调查人：

起止日期	进出介质周期（d）	介质名称	液位（m）	温度（℃）	加热方式	备　注

表 D.0.1－3　罐腐蚀泄漏事故及维修记录

罐号：　　罐区号：　　容积（m^3）：　　罐类型：　　投产日期：　　调查人：

事故日期	事故部位	事故原因	事故描述	罐体记录			防腐层修复				备　注
				日期	修复方式	检测结果	材料	结构	厚度（mm）	针孔	

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 D.0.1－4　罐外壁腐蚀调查记录

罐号：　　罐区号：　　容积（m^3）：　　罐类型：

介质：　　罐材质：　　壁厚（mm）：　　调查日期：　　调查人：

调查部位*	位置	调查点	壁厚（mm）	防水层		保温层				防腐层					金属腐蚀				
				种类	外观	种类	外观	吸水率（%）	厚度（mm）	种类	外观	厚度（mm）	针孔	黏接力	测区长（mm）	类型	面积（cm^2）	锈层	坑深（mm）

* 调查位置为罐壁时，位置以离地圈板层数或高度（m）为指标；调查部位为罐顶或罐底时，位置以离圆心距离（m）和方位为指标。

表 D.0.1－5　罐内防腐层和腐蚀情况调查记录

罐号：　　罐区号：　　容积（m^3）：　　罐类型：

介质：　　罐材质：　　壁厚（mm）：　　调查日期：　　调查人：

调查部位*	位置	调查点	介质	壁厚(mm)	内防腐层					金属腐蚀					备注
					种类	外观	厚度(mm)	针孔	黏接力	测区长(mm)	类型	面积(cm^2)	锈层	坑深测量(mm)	

* 调查位置为罐壁时，位置以离地圈板层数或高度（m）为指标；调查部位为罐顶或罐底时，位置以离圆心距离（m）和方位为指标。

标准用词和用语说明

对执行标准严格程度的用词，应采用下列写法：

1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附件

钢质管道及储罐腐蚀评价标准
钢质储罐腐蚀直接评价

条文说明

修订说明

本标准在修订中，遵循国际上流行的完整性管理原则，参照比较成熟的管道外腐蚀直接评价（ECDA）思路，划分为四个基本步骤，即预评价、间接检测、直接检测和后评价。强调了风险分析和信息反馈等内容，使标准在整体水平上有较大提高。

和原 SY/T 0087—1995《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》第 4 章相比，本标准增加了间接检测中"抽样调查"，补充了部分罐内在线检测的新方法，增加了储罐腐蚀安全的综合评价和再评价时间计算等内容，体现了标准中贯穿的"不断修正、不断完善、不断提高设备运行安全"的主导思想。鉴于目前储罐腐蚀的间接检测技术不够成熟，发展更加简便、有效的储罐腐蚀检测技术是提升本标准水平的主要关键。

本标准由中国石油大学（北京）负责主编，中国石油规划总院、中国石油工程建设协会防腐保温技术专委会等单位参编。标准主要起草人为：翁永基、许述剑、卢绮敏、李相怡。

为便于广大设计和施工等有关单位和人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，特编制本条文说明，供有关部门和单位参考。希望各单位在执行本标准过程中，结合工程实践，认真总结经验，注意积累资料。在使用过程中如发现需要修正和补充之处，请将意见和有关资料寄至北京，昌平，府学路 18 号，中国石油大学（北京），翁永基（邮编 102200）。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

目 次

1 总则 …… 36
2 术语 …… 37
3 一般规定 …… 38
4 预评价 …… 39
4.1 数据收集 …… 39
4.2 罐群及罐壁检测部位的划分 …… 39
4.3 方法可行性评价 …… 39
5 间接调查 …… 40
5.1 目的和内容 …… 40
5.2 抽样检测 …… 40
5.3 间接检测的评价 …… 41
6 直接调查 …… 42
6.1 目的和内容 …… 42
6.2 罐外直接检测步骤 …… 42
6.3 罐内直接检测步骤 …… 42
6.4 直接检测评价 …… 43
7 后评价 …… 44
7.1 目的及内容 …… 44
7.2 再评价时间 …… 44
7.3 方法有效性评价 …… 44
7.4 信息反馈 …… 44
8 记录和报告 …… 45
附录 A 罐内分层挂片检测 …… 46
附录 B 罐内腐蚀性在线检测 …… 48
附录 C 检测和评价准则 …… 51

附录D　记录表格 …… 52

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

1 总　　则

1.0.1 为确保钢质储罐因储罐内、外壁腐蚀损伤而出现的安全隐患，延长钢质储罐使用寿命，特制定本标准。本标准认为腐蚀是一种可评估的危险，并以此为基础建立评价方法。

1.0.2 本标准主要适用储存油、水介质的钢质地面储罐，部分检测方法的使用有一定条件，如罐内挂片测试主要适用固定顶储罐。与管道外、内腐蚀直接评价（ECDA，ICDA）方法相比，储罐腐蚀直接评价方法尚在形成初期，需要发展更多、更有效的间接、直接检测方法及综合评价方法。本标准不排除其他更有效方法的使用，特别是新技术的使用。

1.0.3 本条明确规定了本标准与国家现行有关强制性标准（规范）的关系。

2 术 语

本标准中列举了标准中使用的检测方法等专有术语，中英文解释参考了：

[1] 英汉石油大词典（油田地面工程分册），北京：石油工业出版社，1992 年 11 月。

[2] 英汉石油技术词典，北京：石油工业出版社，1989 年版，1992 年第 2 次印刷。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

3 一般规定

3.0.1 储罐腐蚀直接评价是一项专业性很强的工作，最好由固定的专业队伍完成或指导。

3.0.2 标准规定，调查取样、专项检测和分析化验等应由专业人员或机构完成或指导。

3.0.3 储罐腐蚀直接评价的目标是不断提高储罐运行安全等级。

3.0.4 按照完整性管理原则，储罐腐蚀直接评价分为四个基本步骤，这是本标准的主要改进。采用有序安排、定期检测，通过评价识别构成威胁的腐蚀隐患，及时提出维护建议，消除可能发生的事故苗头，并在这个过程中不断改进评价方法，改善储罐运行的安全可靠性。

3.0.5 规定了储罐腐蚀直接评价的初次评价时间、抽样调查、划分为不同罐壁部位调查和按调查结果最严重腐蚀情况进行评价等基本准则。

4 预 评 价

4.1 数据收集

4.1.1 收集建罐时的基础数据，如果不全并难以获得，可采用业主提出保守估计做评价依据。

4.1.2 收集历年日常运行参数。

4.1.3 收集历年腐蚀泄漏事故记录及维修记录。

4.1.4 收集历年检测和调查资料。

4.2 罐群及罐壁检测部位的划分

4.2.1 采样技术主要针对大量样本的调查，以减少调查工作量和保证调查结果的代表性。本标准分为罐群和单罐罐壁部位两个层次。

4.2.2 规定了同类罐群的划分原则。

4.2.3 规定了单罐罐壁部位的划分原则。本标准提出的分类原则是针对一般常见条件，用户可根据实际情况做适当调整或修正。

4.2.4 强调应根据调查结果来反馈修正分类准则。

4.3 方法可行性评价

4.3.1 提出储罐腐蚀直接评价方法可能不适用的几种情况。其中缺乏基础数据和原始资料的虽无法进行完整评价过程，但尚可进行部分工作，并作为今后储罐直接评价方法的原始基础。

4.3.2 本标准并非储罐腐蚀直接评价方法的唯一方法，有其他替代的评价方法。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

5 间接调查

5.1 目的和内容

5.1.1 间接检测是以不影响储罐正常运行（不停产）条件下进行的检测。

5.1.2 提出间接检测的内容，包括罐外检测内容和罐内检测内容。罐外检测以不破坏完整防护层为前提；罐内检测以挂片和在线测量为主。需停产的检测安排在直接检测阶段。

罐外检测分为：罐外大气环境腐蚀性；外防腐层、保温层、防护层完好性；罐体金属腐蚀和特殊腐蚀问题。

罐内检测分为：罐内介质成分取样分析；罐内介质腐蚀性在线检测；罐内壁金属损失连续监测以及其他可检测项目。

5.1.3 间接检测的方法：考虑了罐外检测技术并无特殊性，本标准着重介绍罐内间接检测方法，除了保留原有的取样检测外，重点补充了在线检测方法，汇集在表 5.1.3。但部分方法在储罐内的使用还有待更多实际检验；此外还应考虑检测传感器在储油罐内长期使用的失效可能性。

5.2 抽样检测

5.2.1 与预调查阶段一样，抽样检测技术主要用于大量样本。其准则也是相同的。本节提出的取样比例和发现严重腐蚀后追加等同数量补充调查等准则是参考焊缝检测等行业规定确定的，用户可根据实际条件和使用经验做少量修正。

5.2.2 提出同类罐群的抽样检测要求。

5.2.3 提出罐壁不同部位的抽样检测要求，具体分为罐外抽样检测和罐内抽样检测。因为对象不同，采用的方法及准则也不同。

5.3 间接检测的评价

5.3.1 根据间接检测做粗略评价，区分出腐蚀严重、一般和轻微的罐群及罐体部位。

5.3.2 罐外腐蚀主要按照罐外壁腐蚀与防护状况来分类，适当兼顾考虑环境大气腐蚀性。

1 环境大气腐蚀性可按《大气环境腐蚀性分类》GB/T 15957 评估。如需要做更精确比较，可采用在特定位置挂片的方法，按碳钢试片第一年的平均失重量来划分大气腐蚀等级。

2 罐外壁腐蚀与防护状况重点调查罐外防腐保温层的完整性。原则上对完整的防腐保温层不做破坏性调查，只有在防腐保温层严重破损，暴露罐体金属时，同时检测金属罐体的腐蚀。根据检测结果，将罐外腐蚀状况粗分为 3 个等级。

5.3.3 罐内壁腐蚀主要按照罐内不同部位的介质腐蚀性指标，如有在线检测罐壁厚度损失的条件，则也可根据罐内壁腐蚀速率来划分等级。

5.3.4 提出单罐及罐群腐蚀等级划分原则，即多处出现严重腐蚀的认为是严重腐蚀的罐或罐群。用户可以根据实际情况对条件做适当修正，既要避免漏掉严重腐蚀的罐，又要避免出现数量过多的严重腐蚀罐，反而降低了对最危险罐的注意力。

5.3.5 提出对比和反馈的要求，这是完整性管理方法的主要特征和优点之一。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6 直接调查

6.1 目的和内容

6.1.1 与间接检测相比，直接检测是更加系统和全面的检测。一般利用停产大修或清罐等条件，对储罐内、外壁进行面对面的检测，确定腐蚀损伤的严重部位，评价其风险等级和指导安排维修计划。

6.1.2 直接检测按检测对象分为罐外壁和罐内壁两部分；按检测内容分为防腐保温层、金属损失、其他相关检测，如焊缝检测、罐体裂纹检测、密封性检测等。其中，以金属损失、罐体裂纹和焊缝检测作为评价依据。

6.1.3 直接检测最终是为了确定需立即维修的腐蚀缺陷并提供维修计划安排。

6.2 罐外直接检测步骤

6.2.1 规定了5种情况下的罐外直接检测位置和数量。

6.2.2～6.2.4 提出防腐保温层和罐体金属损伤的检测方法和评价准则，并提出必要时还可采用的其他检测方法。

6.2.5 测点数量要求主要考虑方法的测量误差以及数据后续处理（如极值统计）的要求。

6.3 罐内直接检测步骤

6.3.1 规定了4种情况下的罐内直接检测位置和数量。与罐外直接检测有所不同的是罐内直接检测往往只能确定某个高度层为严重等级，但考虑到同高度层面积很大，不可能全部检测，故提出抽查比例不小于10%。举例说，通过分层挂片发现某储罐内的距罐底1m和10m处（靠近罐顶）为2处严重腐蚀区，按本标

准规定需要全部（100%）做直接检测，但每个高度层包含很大周带（长度等于 $2\pi R$，R 为罐半径）。因此可以分别在 1m 周带和 10m 周带上各取 10%的长度作为直接检测区域，如果检测中发现严重腐蚀处，则应等量扩大检测比例。

6.3.2 考虑测点数量的原则同 6.2.5 条。

6.3.3 考虑到罐内壁防腐层维修困难等原因，优先采取非破坏性的防腐层测厚、电火花检漏和目视检测等方法，除非防腐层外观、厚度和针孔数等指标存在严重问题，必须维修，再开展附着力检测。

6.3.4 罐内壁防腐层破损部位，暴露罐壁金属时，需要测量金属损失最大点蚀深度。

6.4 直接检测评价

6.4.1 罐壁内、外防腐层质量在本标准评价中作为辅助参考指标。

6.4.2～6.4.4 本标准中罐壁金属腐蚀深度或剩余壁厚指标是参照管道外腐蚀直接评价的指标。考虑到储罐腐蚀特点，本标准增加了裂纹长度和焊缝等级两项新指标。但临界裂纹长度确定和罐体焊缝及内部缺陷的等级评价涉及较深专业知识，应由专业机构完成，例如可参照以下的通用标准进行评定：

[1] BS7910：1999 *Guide on methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures*（《金属构件中可接受缺陷的评价方法》）

[2] API579：2000 *Recommended for fitness－for－service*（《服役适应性（FFS 评价）》）。

6.4.5 以罐壁最大减薄、裂纹长度和罐体焊缝为基本指标，按水桶理论取各项评价结果最差等级为综合结果，分成四级。凡确定为严重等级的部位或罐体应立即采取维修措施或者报废。

6.4.6 分析腐蚀原因是直接评价的重要内容之一。

6.4.7 强调信息反馈、方法调整和对方法适用性的评价过程。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7 后 评 价

7.1 目的及内容

7.1.1～7.1.2 提出后评价的目的和内容。

7.2 再评价时间

7.2.1 再评价时间是本标准重要特征之一。开展储罐腐蚀直接评价的意义决不仅仅在于获得了储罐腐蚀安全性的当前信息，更在于获得一个质保期，即在确保的下次评价时间前不出现危及安全的腐蚀。

7.2.2 提出估算再评价时间的方法。需要知道储罐当前最小剩余壁厚、实际腐蚀速度和要求的最小安全壁厚等参数。应注意，储罐内、外壁及不同部位可能有不同再评价时间，可按“水桶理论”选择最短时间为准。此外，再评价时间可能是不固定的，应根据反馈信息调整。

7.2.3 笼统规定再评价时间取5～7年。但如果7.2.2条计算得到更短时间，应取最短时间为准。

7.3 方法有效性评价

7.3.1～7.3.3 规定了腐蚀直接评价的几个标志和对方法修正的基本原则。

7.4 信 息 反 馈

7.4.1 规定了本标准执行过程中需要进行反馈的内容。

8 记录和报告

按照完整性管理是连续不断的过程的原则，需要建立规范、统一的详实记录和报告。

8.0.1 规定储罐腐蚀直接评价过程的各阶段均需建立报告以及资料保存时间。

8.0.2～8.0.5 分别规定了预评价、间接检测评价、直接检测评价和后评价过程的报告内容。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录 A 罐内分层挂片检测

基本保持《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》SY/T 0087—1995 中的内容（附录 C）。

本方法不仅可用于失重试片，也可用于各种在线检测的传感器探头，以便检测得到罐内不同高度层的介质成分及腐蚀参数。

根据已有的实验数据表明，试片（或传感器探头）起放过程以及罐内介质界面波动等因素造成的误差并不影响实验数据的可靠性。实验结果是有代表意义的。两种典型储罐的分层失重试片挂片试验结果见表 A. 1。

表 A. 1　两种典型储罐内分层失重试片挂片试验结果

罐类	介　质	平均腐蚀速率（mm/年）	腐蚀形貌
油罐	罐顶气相	0. 0181	均匀、较浅的点蚀
	气液界面	0. 00104	较均匀腐蚀
	油相	0. 00128	较均匀腐蚀
	油水界面	0. 00096	较均匀
	水底污泥	0. 00595	出现缝隙腐蚀，最深 0. 5mm
水罐	罐顶气相	0. 25	麻点腐蚀，棕色腐蚀产物，最深 0. 62mm
	污水（6m）	0. 15	黑色腐蚀产物，局部坑蚀
	污水（3m）	0. 09	黑色腐蚀产物，局部坑蚀
	污水（1m）	0. 02	黑色腐蚀产物，较均匀，个别坑蚀
	水底污泥	0. 01	黑色腐蚀产物，基本均匀

表 A. 0. 3 中的分层高度的设置是一种供参考的方案，用户可根据实际情况修正。例如，当罐内液体界面极不稳定，可取消界面挂片或采用悬浮在界面的装置挂片；当罐底水层和泥层均较

薄，可作为一层来挂片；当需要更详细了解罐内不同高度的介质腐蚀性变化时，也可采取等距分布挂片，并增加分层数量。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录B　罐内腐蚀性在线检测

在《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》SY/T 0087—1995中附录B的基础上，保持原腐蚀电池法作为气相环境的检测方法（作为B.1）；新增加薄层电极法作为油相环境的检测方法（作为B.2）；新增加薄层放射激活法作为罐壁金属损失的检测方法（作为B.3）。

B.1　气相环境（腐蚀电池法）

本节基本为《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》SY/T 0087—1995的附录B。

有关气体腐蚀性电池结构及测量原理可参阅以下论文：

[1] 翁永基等．多孔薄板式气体腐蚀探头．中国腐蚀与防护学报，1991，11（2）：145。

[2] Weng Yong-Ji et. al.，A technique of on-line monitoring for measuring corrosion in gaseous environment of petrochemical industry. 第七届亚太地区国际腐蚀会议，北京，1991，论文集，Vol. 1：593。

这种技术曾应用在国内不少储罐内的腐蚀检测，能快速、敏感地反映罐内气相介质腐蚀性的变化。表B.1来自华东输油管理局沧州泵站5#储罐内的检测数据。

表B.1　不同工况下油罐顶部气体腐蚀性的变化

工　况	进　油	静　置	排　油	全过程
测量时间段	9日8点～10日10点	10日10点～12日0点	12日0点～14日18点	9日8点～14日18点
平均腐蚀速率*（mm/年）	0.0059	0.0258	0.0137	0.0152

* 腐蚀速率是按照气体腐蚀仪的电流值换算，探头置于罐内离罐顶70cm的位置。

B.2 油相环境（薄层电极法）

本方法根据一种用于高电阻率油水双相乳液环境的探头结构和常规电化学测量仪器来测量储罐内油相环境的腐蚀性。本方法中探头结构来自以下欧洲专利：

[1] Eur. Pat, R. Jasinski, EP 174488, March, 1986.

该技术在其他油相环境的检测应用已有介绍，但在国内储罐的实际应用尚未见报道。

B.3 罐壁厚度监测（薄层放射激活法）

薄层放射激活法是用于风险较高的压力容器、危险品容器和核设施容器壁厚损失在线检测的新技术，本标准中推荐用于有特定需求的储罐腐蚀安全检测。

钢试样在不同种类及强度射线辐照下可产生不同放射性核类，标准正文介绍的激活试样使用寿命1年。如果改用氘核轰击钢试片，得到^{57}Co半衰期为270d，有效期可延至3～4年。激活方法设计需考虑辐照激活装置、试样放射性防护、激活试样放射特性及检测设备等。

碘化钾晶体闪烁计数器使用简便、重复性好。其他仪器有γ射线谱仪器等。

使用时，应选择油罐内壁厚变化较敏感位置，如进油口受冲刷等部位，固定激活试样，试样和罐壁之间不能留有缝隙，激活试样表面无需像失重试片那样打磨得非常光洁，可类同罐壁金属的自然表面。表B.2示例性给出测量数据修正过程（真实衰减＝实测－本底－自然衰减）。

表B.2 测量数据修正过程

时间（月）	0	1	2	3	4	5	6
实测（cps）	4510	3365	2466	1749	1171	706	325
本底（cps）	10	10	9	8	10	9	9

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

续表

时间（月）	0	1	2	3	4	5	6
自然衰减（cps）	4500	3457	2656	2040	1567	1204	925
真实衰减（cps）	0	−102	−199	−299	−406	−507	−609

TLA方法灵敏度高，尤其在低腐蚀时。表B.3给出某组对照实验结果，数据单位为微米（μm）。

表B.3　TLA方法和传统测厚方法的精度比较

试验号	TLA方法	超声波测厚	失重法
1	410±22	340±90	423
2	37±6	200±100	47
3	20±6	200±100	31

参考资料：G. Wallace et. al., Corrosion, 1989, 45 (12), 1016－1019。

附录C 检测和评价准则

沿用《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》SY/T 0087—1995中相应准则。

表C.0.1参照了SY/T 0087—1995中表4.4.2-1。

表C.0.2-1参照了SY/T 0087—1995中表6.1.5。

表C.0.2-2参照了SY/T 0087—1995中表6.1.4。

表C.0.2-3参照了SY/T 0087—1995中表6.2.1。

表C.0.2-4参照了SY/T 0087—1995中表6.3.3。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录D 记录表格

基本沿用《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》SY/T 0087—1995附录F中有关储罐部分的表格，部分表格做了局部结构调整。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

中华人民共和国
石油天然气行业标准
钢质管道及储罐腐蚀评价标准
钢质储罐腐蚀直接评价
SY/T 0087.3—2010
*
石油工业出版社出版
（北京安定门外安华里二区一号楼）
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行
*
850×1168 毫米 32 开本 2.25 印张 59 千字 印 1—3000
2010 年 10 月北京第 1 版　2010 年 10 月北京第 1 次印刷
书号：155021·6475　定价：18.00 元
版权专有　不得翻印