



中华人民共和国国家标准

GB/T 25146—2010

工业设备化学清洗质量验收规范

Quality acceptance specifications of chemical
cleaning for industrial equipment

2010-09-26 发布

2011-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准的附录 A 为规范性附录,附录 B 为资料性附录。

本标准由中国石油和化学工业协会提出。

本标准由全国化工机械与设备标准化技术委员会(SAC/TC 429)归口。

本标准起草单位:蓝星环境工程有限公司、中国蓝星(集团)股份有限公司。

本标准主要起草人:李德福、郑东晟、刘炆、陈恩惠、刘洁、刘文山、王双田、蔡亮珍。

工业设备化学清洗质量验收规范

1 范围

本标准规定了工业设备化学清洗中污垢的分类、清洗质量要求、试验方法和竣工验收。

本标准适用于碳钢、低合金钢、不锈钢、铜及铜合金、铝及铝合金等材质的工业设备表面形成的水垢、锈垢、油垢及其他污垢的化学清洗。

工业设备中物料垢的化学清洗和其他材料制造的工业设备的化学清洗可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 25147 工业设备化学清洗中金属腐蚀率及腐蚀总量的测试方法 重量法

GB/T 25148 工业设备化学清洗中除垢率和洗净率测试方法

GB/T 25149 工业设备化学清洗中碳钢钝化膜质量的测试方法 红点法

GB/T 25150 工业设备化学清洗中奥氏体不锈钢钝化膜质量的测试方法 蓝点法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

化学清洗 **chemical cleaning**

采用化学药剂与被清洗设备或管线表面污垢发生化学作用而去除污垢的方法。

3.2

腐蚀率 **corrosion rate**

K

化学药剂与被清洗设备、管线和部件的金属接触时金属被腐蚀的相对速率。腐蚀率可用单位时间内单位面积上的金属腐蚀的质量表示，单位为克每平方米小时 $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ 。

3.3

缓蚀率 **inhibition efficiency**

η

评定缓蚀剂缓蚀效率的参数。

$$\eta = \frac{\text{未添加缓蚀剂时的金属腐蚀率} - \text{添加缓蚀剂时的金属腐蚀率}}{\text{未添加缓蚀剂时的金属腐蚀率}} \times 100\%$$

3.4

腐蚀总量 **metal corrosion amount**

A

化学清洗过程中，化学药剂与被清洗设备或管线的金属接触时，单位面积上被腐蚀的金属质量。单位为克每平方米 (g/m^2) 。

3.5

除垢率 scale removal rate

N

被洗除的垢质量与清洗前原有垢质量的百分比(%)。

3.6

洗净率 detergence rate

B

设备表面经化学清洗后,已清洗干净的设备表面积与清洗前污垢覆盖表面积的百分比(%)。

3.7

监视管 monitor tube

在化学清洗施工时,用来监视清洗过程进展情况和用以测定除垢率的一段样管,这段样管可以从被清洗设备上割取,其上附着污垢应能代表该设备的污垢特征。

3.8

指定面 specified surface

在清洗前,由施工方和委托方共同指定的用来测定除垢率或洗净率的可见设备清洗表面,其上附着污垢应能代表该设备的污垢特征。

3.9

未指定表面 unspecified surface

设备指定面以外的可见清洗表面。

3.10

视觉清洁 visibly clean

设备清洗后,在可见视觉范围内,被清洗设备表面没有可见污垢存在的状态。

3.11

油含量 oil content

除油清洗后,单位金属表面上残留油污的质量。单位为毫克每平方米(mg/m^2)。

3.12

钝化膜 passive film

设备化学清洗后,为防止被清洗的金属表面产生二次浮锈,通过化学方法在金属表面形成的一种临时性防腐保护膜。

3.13

柔性取样框 flexible sample frame

由柔性材料制作而成的具有规定尺寸的可用于确定取样面积的框架。

3.14

蓝点液 blue dot liquid

专用于测试奥氏体不锈钢表面钝化膜质量的测试溶液,溶液本身为棕黄色。其特征是设备表面钝化膜被其破坏后会形成蓝色的斑点。

3.15

红点液 red dot liquid

专用于测试碳钢表面钝化膜质量的测试溶液,溶液本身为蓝色,其特征是设备表面钝化膜被其破坏后会形成红色的斑点。

3.16

清洗系统 cleaning system

同时接受清洗的由多个设备、管道和管件等组成的装置或系统。

4 分类

清洗可分为新建工业设备的清洗和运行中的设备结垢的清洗,运行中的设备结垢分类见表1。

表1 运行中设备结垢的分类和简易定性鉴别方法

污垢类型	主要成分	颜 色	简易定性鉴别方法
碳酸盐垢	碳酸盐含量以 CaCO_3 计不小于 60%	灰白色	在 5% 盐酸溶液中,大部分可溶解,同时产生大量气泡,反应结束后,溶液中没有残留或残留少量不溶物质
硫酸盐垢	硫酸盐含量以 CaSO_4 计不小于 40%	黄白色或白色	在 5% 盐酸溶液中能产生极少量的气泡,难溶解;加入 10% 氯化钡溶液后,生成大量白色沉淀
硅酸盐垢	硅酸盐含量以 SiO_2 计不小于 20%	灰白色	在 5% 盐酸溶液中不溶解,加热后部分缓慢溶解,产生透明状沉淀物;加入 1% 氢氟酸后大部分能溶解
锈垢	氧化铁或铁的氧化物含量不小于 80%	棕褐色	加 5% 盐酸溶液可缓慢溶解,溶液呈黄绿色;加 10% 氢氟酸后,能较快地溶解
油垢	含油量不小于 5%	黑色	将垢样研碎,加入乙醚后,溶液呈黄绿色
其他垢型	—	—	指除碳酸盐、硫酸盐、硅酸盐、锈垢、油垢以外的其他各类垢型,如:积炭垢、聚合物垢和物料垢等
注:污垢类型定性鉴别方法只适应于粗略判别,如需精确判别,以定量分析结果为准。			

5 要求

5.1 基本要求

工业设备在进行化学清洗质量验收时,除应符合本标准规定的指标外,还应符合设备相关技术条件或规范,以及施工方和委托方共同商定的其他技术要求。

5.2 一般要求

5.2.1 为了保证工业设备化学清洗工程施工质量、施工人员健康,保障施工安全,有效控制环境污染,化学清洗过程应进行有效的过程控制,使得工程在有效监控的前提下进行,施工前施工单位应制定有效的施工方案、应急预案、作业计划书,并对施工人员进行针对性的培训,施工过程应进行定期检查和记录。

5.2.2 工业设备化学清洗前,施工单位应根据项目委托单位提供的设备参数、资料,以及现场考察所掌握设备信息、实验室验证试验结果,编制化学清洗工程施工方案,该方案应明确规定清洗用药剂的组成配比、方案实验室验证结果、清洗设备选型、清洗工艺条件、清洗工艺流程、质量控制点和控制措施等主要内容。该方案应由具备资格的现场技术负责人编制,由施工单位技术主管审批,在施工单位备案后方可开始施工。

5.2.3 工业设备化学清洗前,施工单位应根据项目特点和环境条件编制化学清洗工程现场施工应急预案,该预案应确定应急指挥机构和人员分工,应对施工场所处环境条件、所存在的健康、安全和环境(HSE)因素进行充分的识别,配备合理的应急物资,制定针对性的预防性应急措施。该预案由现场安全员制定,现场技术负责人审核,项目经理批准。在施工单位备案后方可开始施工。

5.2.4 成套工业装置和设备原值大于 100 万元的单元设备,在化学清洗前,应由现场技术人员编制详细的化学清洗工程作业计划书,确定工程项目的质量目标,明确组织机构、人员的分工、职责和能力评价,说明物资供应方案,机具、设备的配置方案,工程验收及监视和测量要求,公用工程条件,施工作业计划

进度等。该计划书应由现场技术负责人审核,由施工单位技术主管批准。在施工单位备案后方可开始施工。小型工程可以简化或参考执行。

5.2.5 为了设备安全,清洗施工前应在实验室对施工方案进行验证,当清洗液对所清洗金属材质的腐蚀率不大于表2实验室验证结果规定指标时,方可按此方案进行现场施工。

5.2.6 化学清洗前应拆除或隔离易受清洗液损害的部件和敏感性测试元件,无法拆除或隔离的,应采取措施,防止由于清洗而造成的损伤。拆除后的管件、仪表、阀门等可以单独进行清洗,拆除的部件应编号、标识、记录、妥善保存,施工结束后原样复位。

5.2.7 化学清洗后设备内的残液、残渣应清除干净。

5.2.8 设备清洗结束后、设备表面应无二次浮锈,无镀铜现象、无金属粗晶析出的过洗现象,应形成完整的钝化膜。

5.2.9 在被清洗的设备和管线中,有不锈钢或含有不锈钢的混合材质时,在确认没有敏化状态下,方可进行化学清洗,清洗时清洗溶液中的氯离子(Cl^-)含量不得大于 25 mg/L。

5.2.10 在酸洗过程中,当溶液中三价铁离子(Fe^{3+})含量超过 1 000 mg/L 时,适当加入三价铁离子还原剂、络合剂或排除部分液体补充新液,以降低三价铁离子的浓度。

5.2.11 工业设备进行化学清洗施工时,应挂入与清洗系统中所有金属材质相同的腐蚀监测试片,检测清洗期间设备腐蚀率和腐蚀总量。

5.2.12 工业设备化学清洗时,产生的废液应经过处理后方能排放。具体排放指标应按照 GB 8978 或当地污水排放标准的规定执行。

5.3 质量要求

5.3.1 腐蚀率及腐蚀总量

工业设备在化学清洗期间,清洗液对设备材料的腐蚀率和腐蚀总量,应满足表2的规定。

本标准只规定了便于现场测定的通用型均匀腐蚀数据,对其他类型的腐蚀,如果施工双方有异议时,可用腐蚀试片进行破坏性检测或直接在设备上进行相应的测试分析。

表2 腐蚀率及腐蚀总量指标

设备材质	腐蚀率 K $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$		腐蚀量 A g/m^2
	实验室验证结果	现场实测结果	
碳钢	≤ 2	≤ 5	≤ 80
不锈钢	≤ 1	≤ 1.5	≤ 20
紫铜	≤ 1	≤ 1.5	≤ 20
铜合金	≤ 1	≤ 1.5	≤ 20
铝及铝合金	≤ 1	≤ 1.5	≤ 20

5.3.2 除垢率及洗净率

5.3.2.1 对于工业设备化学清洗后的金属表面,可用视觉清洁法进行质量检验,若视觉清洁,无残留垢或达到表3的指标要求即为合格。

5.3.2.2 新建工业设备的清洗可不考虑除垢率,但洗净率应不小于 95%。

5.3.2.3 若用数点法确定洗净率时,100 cm^2 的被清洗金属表面上直径为 5 mm~10 mm 的残留污垢点三次取样平均值应不多于 2 个,5 mm 以下的残留垢点三次取样平均值应不多于 5 个。

5.3.2.4 运行中的工业设备结垢化学清洗的除垢率和洗净率应按表3的规定的指标执行。

表 3 运行中的设备除垢率及洗净率指标

污垢类型	除垢率 N %	洗净率 B %
碳酸盐垢	≥ 95	≥ 95
硫酸盐垢	≥ 85	≥ 85
硅酸盐垢	≥ 85	≥ 85
锈垢	≥ 95	≥ 95
油垢	≥ 95	≥ 95
其他垢型	≥ 85	≥ 85

5.3.3 油含量

5.3.3.1 直接或可能与氧、富氧、浓硝酸等强氧化性介质接触的设备或管线表面的油污应彻底清除,清洗质量应达到以下任一指标要求:

- 擦拭法油含量指标:用清洁干燥的白色滤纸擦拭被清洗金属表面,滤纸上应无油脂痕迹;
- 紫外光法油含量指标:用波长 320 nm~380 nm 的紫外光检查被清洗的金属表面,应无油脂荧光;
- 纯樟脑球法油含量指标:用无油蒸汽吹洗被清洗的金属表面,取吹洗蒸汽冷凝液,放入一小粒直径不大于 1 mm 的纯樟脑(萘)球,纯樟脑球应不停旋转;
- 四氯化碳法油含量指标:用脱脂棉蘸取四氯化碳擦拭规定面积的被清洗金属表面,其油含量应不大于 125 mg/m²。

5.3.3.2 作为酸洗的预处理过程的油污清洗,只需要达到清洗方案的要求即可,无需用上述四种方法测试。

5.3.3.3 其他情况下的除油,按表 3 中油垢的除垢率和洗净率指标执行。

5.3.4 钝化膜质量

5.3.4.1 工业设备化学清洗后碳钢材质的钝化膜的质量,用红点法检验。用秒表记录从红点液滴到金属表面至红点液由蓝色变红色的时间,不小于 5 s 为合格。

5.3.4.2 工业设备化学清洗后有特殊要求的奥氏体不锈钢材质的钝化膜的质量,用蓝点法检验。当蓝点液点滴钝化表面,在蓝点液覆盖的面积内 10 min 出现肉眼可见的蓝色小点不多于 8 个点为合格。

6 试验方法

6.1 腐蚀率及腐蚀总量的测定方法

腐蚀率及腐蚀总量的测定方法按照 GB/T 25147 执行。

6.2 除垢率和洗净率的测定方法

除垢率和洗净率的测定方法按照 GB/T 25148 执行。

6.3 油含量的测定方法

6.3.1 擦拭法

擦拭法是被测金属表面用清洁干燥的白色滤纸用力往返擦拭 1 次,用目测法观察滤纸上是否有油脂痕迹。

6.3.2 紫外光法

紫外光法是将要检查的设备或监视管、指定面、未指定面等被清洗金属表面置于黑暗处,用波长为 320 nm~380 nm 的专用紫外光灯照射被清洗金属表面,观察有无油脂荧光产生。

6.3.3 樟脑球法

樟脑球法是用无油蒸汽吹洗被清洗金属表面,取吹洗蒸汽冷凝液,放入一小粒直径不大于 1 mm 的

纯樟脑(萘)球,观察樟脑(萘)球是否旋转。

6.3.4 四氯化碳法

四氯化碳法详见附录 A。

6.4 钝化膜质量的测定方法

6.4.1 碳钢钝化膜质量的测定方法(红点法)

碳钢钝化膜质量的测定方法按照 GB/T 25149 执行。

6.4.2 奥氏体不锈钢钝化膜质量的测定方法

奥氏体不锈钢钝化膜质量的测定方法按照 GB/T 25150 执行。

7 工业设备化学清洗工程竣工验收

7.1 质量验收

工业设备化学清洗工程的质量验收,是在工程施工质量得到有效监控的前提下,按 5.3 进行全面验收。

7.2 工程验收

由施工单位负责组织,委托单位参加,根据清洗工程规模大小和设备性质情况,设计单位、监理单位选择参加,参加工程验收的各单位分别委派代表组成化学清洗工程质量验收小组。对施工质量共同进行验收,将结果填入工业设备化学清洗工程质量验收表(参见附录 B 或根据需要自行设计)中,清洗质量符合本标准规定时,验收小组成员应当即在验收表中签字,办理工程竣工验收手续。

7.3 资料验收和归档

化学清洗工程验收时,施工单位应向化学清洗工程验收小组提交下列技术资料 and 有效文件并归档:

- 工程化学清洗施工方案;
- 工程化学清洗现场施工应急预案;
- 工程化学清洗作业计划书;
- 现场施工记录;
- 现场分析化验记录;
- 腐蚀测试记录表;
- 健康、安全、环境现场检查表;
- 工业设备化学清洗工程质量验收表。

附 录 A (规范性附录)

金属表面油含量分析方法——四氯化碳法

A.1 油含量分析仪测定法原理

用四氯化碳擦洗被测金属表面,采用油含量分析仪检测擦洗液获得油含量。

A.1.1 仪器及材料

试验所需仪器、材料如下:

- 四氯化碳;
- 烧杯;
- 中速定量滤纸;
- 油含量分析仪;
- 容量瓶,250 mL;
- 镊子;
- 脱脂棉。

A.1.2 操作步骤

将烧杯、容量瓶和镊子用四氯化碳洗净并干燥,取 100 mL 左右四氯化碳于洁净烧杯中,取一团脱脂棉浸于装有四氯化碳的烧杯中,然后用镊子将脱脂棉拧干后,用力擦柔性取样框框定面积为 100 cm² 的被测金属表面,擦拭完成后将脱脂棉置于装有四氯化碳的烧杯中洗涤,如此反复 3~5 次后,可将框定的金属面油污清洗干净,洗涤后的四氯化碳用中速定量滤纸过滤后转移到 250 mL 容量瓶中,并将脱脂棉和烧杯用四氯化碳洗涤两次,将脱脂棉拧干,洗涤烧杯的四氯化碳溶液也用中速定量滤纸过滤后移到容量瓶并稀释至刻度保存待用。

A.1.3 结果计算

按照油含量分析仪的说明书取一定体积含油四氯化碳进行测定,得到读数 a ,并按照式(A.1)计算被测金属表面的油含量 F :

$$F = 25a \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

F ——金属表面油含量,单位为毫克每平方米(mg/m²);

25——单位换算常数项,单位为升每平方米(L/m²);

a ——含量分析仪读数,单位为毫克每升(mg/L)。

A.2 油含量重量测定法

A.2.1 仪器及材料

试验所需仪器、材料如下:

- 四氯化碳;
- 烧杯;
- 蒸发皿;
- 干燥器;
- 红外灯;
- 烘箱;
- 分析天平(精度 0.000 1 g);

- 中速定量滤纸；
- 容量瓶, 250 mL；
- 镊子；
- 脱脂棉。

A.2.2 操作步骤

将烧杯、容量瓶和镊子用四氯化碳洗净并干燥, 取约 100 mL 四氯化碳于洁净烧杯中, 取一团脱脂棉浸于装有四氯化碳的烧杯中, 然后用镊子将脱脂棉拧干后, 用力擦取样框框定面积 $S(50\text{ cm} \times 50\text{ cm} = 2\,500\text{ cm}^2)$ 的被测金属表面, 擦完后将脱脂棉置于装有四氯化碳的烧杯中洗涤, 反复 3~5 次后, 将框定的金属面油污清洗干净, 洗涤后的四氯化碳用中速定量滤纸过滤, 移转到 250 mL 容量瓶中, 并将脱脂棉和烧杯用四氯化碳洗涤两次, 将脱脂棉拧干, 洗涤烧杯的四氯化碳溶液也用中速定量滤纸过滤后, 移到容量瓶并稀释至刻度摇匀待用。

取待测溶液 V_1 (根据溶液中含油量来确定取样体积) 于恒重蒸发皿中, 在通风柜里用红外灯加热蒸发四氯化碳溶剂后, 在 $100\text{ }^\circ\text{C} \sim 105\text{ }^\circ\text{C}$ 的烘箱里干燥 30 min, 放入干燥器中冷却至室温后称重得质量为 W_1 , 用同样方法和同样量四氯化碳进行空白实验。

A.2.3 结果计算

按式(A.2)计算空白实验金属表面的油含量 F_0 ：

$$F_0 = \frac{(W_0 - W) \times V/V_0 \times 10^7}{S} \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中：

- F_0 ——空白实验结果的残油量, 单位为毫克每平方米(mg/m^2)；
- W_0 ——蒸发完无油四氯化碳液后蒸发皿的重量, 单位为克(g)；
- W ——蒸发皿的原始重量, 单位为克(g)；
- V ——待测含油四氯化碳溶液(含油)的总体积(或容量瓶的容积), 单位为毫升(mL)；
- V_0 ——取蒸发无油四氯化碳的体积, 单位为毫升(mL)；
- S ——指定取样的金属表面积(取样框框定的面积), 单位为平方厘米(cm^2)。

按式(A.3)计算金属表面的油含量为 F ：

$$F = \frac{(W_1 - W) \times V/V_1 \times 10^7}{S} - F_0 \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中：

- F ——待测金属表面油含量, 单位为毫克每平方米(mg/m^2)；
- W_1 ——蒸发完含油四氯化碳溶液后蒸发皿的重量, 单位为克(g)；
- W ——蒸发皿的原始重量, 单位为克(g)；
- V ——待测含油四氯化碳溶液(含油)的总体积(或容量瓶的容积), 单位为毫升(mL)；
- V_1 ——取蒸发待测四氯化碳溶液的体积, 单位为毫升(mL)；
- S ——指定取样的金属表面积(取样框框定的面积), 单位为平方厘米(cm^2)；
- F_0 ——空白实验结果的残油量, 单位为毫克每平方米(mg/m^2)。

附 录 B
(资料性附录)

工业设备化学清洗工程质量验收表

装置(设备)或系统名称:

验收单编号

工程名称		委托单位	
工程地点		施工单位	
开工日期		竣工日期	
清洗范围与内容:			
标准与要求:			
施工单位自检结果: 负责人(签字): 日期:			
质量验收结果:			
委托单位(盖章):	监理单位(盖章):	设计单位(盖章):	施工单位(盖章):
代表签字:	代表签字:	代表签字:	代表签字:
日期:	日期:	日期:	日期: