

ICS 号

中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/CMES XXXX—20XX

代替 T/CMES XXXX—20XX

## 无损检测 大型常压储罐在油机器人检测 第 1 部分 总则

Nondestructive testing in oil robot testing for large  
atmospheric storage tanks Part 1 General principles

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：[www.cmes.org](http://www.cmes.org) 联系人：袁俊瑞 电子信箱：[yuanjr@cmes.org](mailto:yuanjr@cmes.org)

## 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
3.1 储罐底板腐蚀 tank floor corrosion .....	1
3.2 在油检测 in-oil detection .....	1
4 大型常压储罐机器人在油检测概要 .....	1
4.1 机器人在油检测的实施方法 .....	1
4.2 搭载的检测模块 .....	2
4.3 检测时机 .....	2
4.4 主要用途 .....	2
4.5 影响因素 .....	2
5 安全要求 .....	3
6 人员要求 .....	3
7 检测工艺规程 .....	3
8 检测设备和器材 .....	4
8.1 机器人在油检测系统的组成 .....	4
8.2 机器人在油检测系统的防爆要求 .....	4
8.3 检测机器人本体 .....	4
8.4 检测模块 .....	4
8.5 机器人收放装置 .....	4
8.6 储罐人孔防护装置 .....	5
8.7 机器人定位装置 .....	5
8.8 罐外机器人控制系统 .....	5
8.9 连接线缆 .....	5
8.10 试件 .....	5
8.11 辅助设备与器材 .....	5
8.12 检测系统的维护和校准 .....	5
9 检测程序 .....	5

9.1	资料审查 .....	5
9.2	现场勘查 .....	6
9.3	检测方案或作业指导书编制 .....	6
9.4	检测机器人系统检查 .....	6
9.5	检测机器人系统安装 .....	6
9.6	机器人在油检测作业 .....	6
9.7	检测参数设置与调整 .....	6
9.8	检测机器人系统回收 .....	7
10	检测结果的评价与处理 .....	7
10.1	检测信号评价 .....	7
10.2	检测结果的显示与存储 .....	7
10.3	检测结果的评价 .....	7
11	检测记录与报告 .....	7
11.1	检测记录 .....	7
11.2	检测报告 .....	7

中国机械工程学会标准征求意见稿

## 前 言

本标准依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本标准起草单位：中国特种设备检测研究院，华中科技大学，国家石油储备中心，中特检云智安全科技（嘉兴）有限公司……

本标准起草人：……

大型常压储罐在油机器人检测方法具有以下优势：1) 储罐无需卸油清罐，对储罐生产运行影响小；2) 节约卸油及储罐清洗费用，避免因储罐清洗造成的环境污染；3) 避免因不必要的开罐检测造成的储罐损伤；4) 相比开罐检测，检测周期短；5) 改善检测人员作业环境。同时存在一定局限性：1) 由于不可视环境导航避障要求，无法开展罐底 100%检测；2) 罐内油液下不可视环境检测对定位、检测技术要求较高；3) 不卸油作业条件，对设备防爆性能要求较高。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对其任何该类专利的鉴别。本标准首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

# 无损检测 大型常压储罐在油机器人检测 第 1 部分 总则

## 1 范围

本标准规定了大型常压储罐底板机器人在油检测的一般原则。

本标准适用于大型原油、成品油储罐，储存其他介质的大型非承压容器也可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T 34357 无损检测 术语 漏磁检测

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

## 3 术语和定义

GB/T 20737、GB/T 12604.1、GB/T 34357 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 储罐底板腐蚀 tank floor corrosion

储罐底板腐蚀是指由于电化学腐蚀、微生物腐蚀、介质腐蚀等导致的储罐底板局部腐蚀或均匀减薄。

### 3.2 在油检测 in-oil detection

在油检测是指在储罐正常运行状态，不开罐、不卸油条件下，使用潜油机器人等装置进入油液下对储罐底板等结构进行的检测。

## 4 大型常压储罐机器人在油检测概要

### 4.1 机器人在油检测的实施方法

在大型储罐不开罐、不卸油（液）的条件下对储罐底板实施本项检测。机器人携带检测模块通过收放装置由储罐罐顶人孔进入储罐内部，潜入油液下对底板进行检测。实施流程如图 1 所示，包括：现场勘察-机器人检测系统安装-在油检测作业-机器人检测系统回收等程序。

机器人在油检测宜配合 RBI 和声发射等在线检查、评估方法开展。

当通过机器人在油检测结果分析认为有必要时，应进行开罐检测。

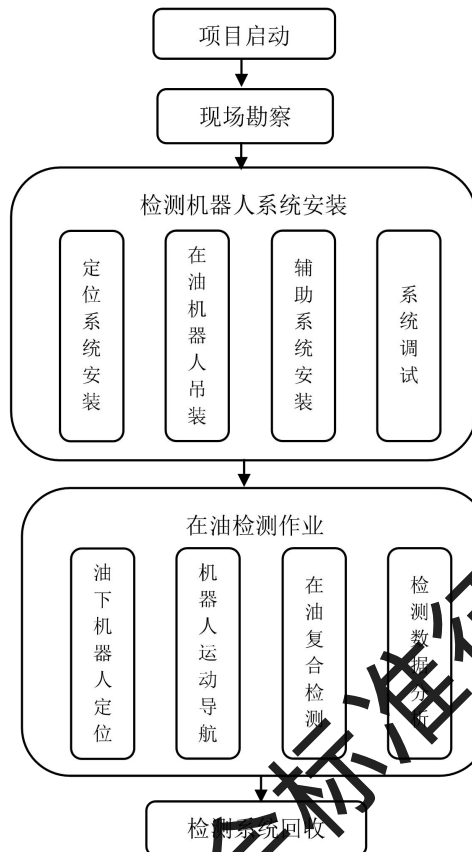


图 1 机器人在油检测实施流程

#### 4.2 搭载的检测模块

可搭载的检测模块包括并不限于以下所列：

- a) 漏磁；
- b) 超声/电磁超声；
- c) 涡流/磁涡流；
- d) 脉冲涡流；
- e) 声发射；
- f) 导波。

#### 4.3 检测时机

- a) 储罐达到定期开罐检验周期的；
- b) RBI 和声发射等在线检查、评估方法认为有必要进行检测的；
- c) 业主认为有必要进行检测的。

#### 4.4 主要用途

因腐蚀和应力造成的储罐底板局部腐蚀、均匀减薄和开裂等损伤的检测与评价。

#### 4.5 影响因素

- a) 检测时储罐油液高度；
- b) 储罐底部沉积物的厚度和粘稠度；



- c) 储罐底部油液中泥沙含量；
- d) 储罐底板附属结构的排布情况；
- e) 储罐底板的厚度与电磁、声学特性。

## 5 安全要求

本章没有列出进行检测时所有的安全要求，使用本标准用户应在检测前建立安全准则。检测过程中的安全要求至少包括如下要素：

- a) 在实施检测前，应对检测过程中可能伤害检测人员的各种危险源加以辨识，并对检测人员进行培训和采取必要的保护措施；
- b) 检测人员应遵守被检件现场的安全要求，根据检测地点的要求穿戴防护工作服和佩戴有关防护设备；
- a) 所有电子设备应具有防爆功能，并根据到达的作业区域满足相应的防爆等级；
- b) 应根据检测对象、周围环境、采用的检测装备，制定相应的安全措施；
- c) 在封闭空间内进行操作时，应考虑氧气含量等相应因素，并采取必要的保护措施；
- d) 在高空进行操作时，应考虑人员、检测设备器材坠落等因素，并采取必要的保护措施；
- e) 低温、高温等条件下，应考虑人员冻伤、烫伤、中毒等因素，并采取必要的保护措施；
- f) 可能存在有毒气体聚集的作业区域，应设置有毒气体浓度监测装置；
- g) 检测现场应配备必要的安全设施，包括但不限于消防器材、个人防护装备、紧急撤离路线标识等；
- h) 检测开展前应制定详细的应急响应计划，包括但不限于火灾、泄漏、人员伤害等紧急情况的应对措施。现场应配备必要的应急救援设备，如急救箱、氧气瓶、救生索等，并确保所有人员知晓应急响应流程和逃生路线；
- i) 检测过程中应有专人负责安全监督，定期检查现场的安全状况和人员的安全行为。对于任何违反安全规程的行为，应立即采取措施予以纠正。同时，应定期对检测设备和器材进行安全检查，确保其始终处于良好的工作状态。

## 6 人员要求

采用本标准进行检测的人员应按 GB/T 9445 的要求或有关主管部门的规定取得相应无损检测人员资格鉴定机构颁发或认可的漏磁、超声、声发射等级资格证书，从事相应资格等级规定的检测工作。

操作人员应接受过专业的技术培训，包括机器人操作、检测技术、安全规程等，以确保其能够熟练地进行检测工作。

检测人员应经过应急处置培训，能够处理检测过程中的各种技术问题和突发状况。

## 7 检测工艺流程

从事机器人在油检测的单位应按本标准的要求制定通用检测工艺流程，其内容至少应包括如下要素：

- a) 工艺流程版本号；
- b) 适用范围；
- c) 依据的标准、法规或其他技术文件；

- d) 检测人员资格要求；
- e) 检测设备和器材；
- f) 被检产品信息及检测前的准备要求；
- g) 检测过程风险分析、安全防护措施和器材、应急预案；
- h) 检测时机；
- i) 检测方法和检测步骤；
- j) 检测的标记和原始数据记录要求；
- k) 检测后的操作要求；
- l) 检测结果的评价及处理方式；
- m) 检测记录、报告和资料存档；
- n) 编制（级别）、审核（级别）和批准人；
- o) 制定日期。

## 8 检测设备和器材

### 8.1 机器人在油检测系统的组成

机器人在油检测系统应至少包括：在油检测机器人、机器人收放装置、储罐人孔防护装置、机器人定位装置、罐外机器人控制系统以及连接线缆、电源等，必要时还应配备机器人清洗装置。

### 8.2 机器人在油检测系统的防爆要求

机器人在油检测系统各组成部分应满足相应工作区域的防爆等级要求，并取得防爆证书，如 ATEX 或 IECEx，以确保在易燃环境中的安全运行。

所有电气设备必须采用防爆型设计，非电气设备应采用防火、防静电材料。

### 8.3 检测机器人本体

在油检测机器人应具备以下特性：

- a) 防水、防尘、耐腐蚀，适应储罐内部的恶劣环境；
- b) 能够在储罐内部粘稠介质中稳定移动；
- c) 搭载定位信标发射或接受装置，与罐外定位系统结合实现罐内精确定位；
- d) 搭载检测模块，进行准确检测；
- e) 通过有线方式由与罐外控制系统通信、传输数据；
- f) 必要时搭载避障、清淤、清障模块；
- g) 油液中最高移动速度 $\geq 6\text{m/min}$ ，最高检测速度 $\geq 4\text{m/min}$ 。

### 8.4 检测模块

检测模块应具备一下特性：

- a) 防水、防尘、耐腐蚀，适应储罐内部的恶劣环境；
- b) 检测模块为单一检测功能检测检测模块或具有多种检测功能的复合检测模块；
- c) 检测模块一般为可便捷更换的独立模块；
- d) 应安装防撞、耐磨装置，避免检测中传感器磨损；
- e) 应具有主动/被动随动功能，在被检底板表面起伏时，保证检测模块与底板相隔距离稳定。

### 8.5 机器人收放装置

用于机器人的投放与回收，并通过线缆连接机器人与罐外控制系统。

收放装置应根据检测储罐结构形式，例如浮顶或固定顶结构，进行设计制造和现场安装。

收放装置可采用电动或手动驱动方式。

#### 8.6 储罐人孔防护装置

用于检测系统安装和检测过程中打开状态的储罐罐顶人孔的防护。主要功能包括减少油气挥发、避免机器人与钢制人孔碰撞，减少油气混合空间等。

人孔防护装置应概括罐口密封结构和人孔内防撞结构。

机器人与人孔防护装置发生撞击摩擦时，不能产生火花。

#### 8.7 机器人定位装置

用于机器人投放、作业、回收过程中机器人位置和姿态的感知，可选取不同的定位方法，但至少应具备机器人坐标与朝向的功能。

#### 8.8 罐外机器人控制系统

用于机器人收放控制、定位与运动控制、检测数据分析与可视化，以及上述功能的实时显示，并具备检测过程与数据回放、报告生成等功能。

#### 8.9 连接线缆

用于机器人承重、供电与信号传输，功能可通过独立线缆单独实现，也可采用复合线缆。

#### 8.10 试件

试件用于检测模块的校准与被检缺陷的评定。应对应所搭载的检测模块，按照对应检测标准准备相应的校准与对比试件。

#### 8.11 辅助设备与器材

指检测实施所需的起重机、可燃气体检测仪、清洁器材等，上述设备与器材应在实施方案中明确。

#### 8.12 检测系统的维护和校准

应制定书面规程，对在油检测机器人进行周期性维护和检查，以保证机器人安全防护、运动和检测功能。

在现场进行检测之前，应选择相应规格的校准试件对检测模块进行校准。

在现场进行检测时，如怀疑设备的检测结果，应进行功能检查和调整，并对每次维护检查的结果进行记录。

### 9 检测程序

#### 9.1 资料审查

资料审查应包括下列内容：

- a) 被检储罐制造文件资料：产品合格证、质量证明文件、竣工图等，重点了解其类型、结构特征和材质特性等；

- b) 被检储罐运行记录资料：运行参数、工作环境、载荷变化情况以及运行中出现的异常情况  
等；
- c) 被检储罐检验资料：历次检验与检测报告；
- d) 被检储罐其它资料：维护、保养、修理和改造的文件资料等。

## 9.2 现场勘查

通过现场勘察确认是否满足在油检测条件，并确认最终作业系统安装部位。具体内容包括：

- a) 勘察储罐周边环境，确认机器人及辅助作业系统吊装条件、机器人定位系统安装条件；
- b) 勘察罐顶状态，确认无严重锈蚀与结构变形，满足作业系统安装条件；确认无油液泄漏及  
可燃气体聚集；
- c) 确定人孔状态，可进行机器人投放作业，并根据选定浮顶人孔，确定吊具装置安装位置和  
固定方法；
- d) 对检测环境进行安全评估，包括可燃蒸气浓度、油温、油位等，确保检测环境符合安全标  
准。如必要时采取相应的措施，如通风、降温或调整油位，以确保检测人员和设备的安全；
- e) 与罐区应急管理工作人员沟通确认，确保所需应急器材是否齐全和安放位置，应急通道畅  
通。

## 9.3 检测方案或作业指导书编制

对于每个检测工程或每个被检储罐，应根据资料审查、现场勘查和所用检测系统，按照通用检  
测工艺规程编制检测方案或作业指导书。

## 9.4 检测机器人系统检查

检测系统部署前进行开机检查，包括各项运动、通信功能。

## 9.5 检测机器人系统安装

检测机器人系统安装包括以下流程：

- a) 机器人和辅助作业系统吊运；
- b) 机器人定位系统安装；
- c) 机器人与收放装置安装；
- d) 系统连接与调试。

## 9.6 机器人在油检测作业

机器人在油检测作业包括以下流程：

- a) 机器人投放；
- b) 油下机器人定位；
- c) 机器人运动导航；
- d) 在油检测；
- e) 检测数据分析。

## 9.7 检测参数设置与调整

- a) 机器人检测开展时，可由较低扫查速度开始，在检测数据稳定的情况下，逐步提升检测速  
度；
- b) 数据采集过程中，需要密切监控设备的运行状态，确保数据的准确性和完整性；

- c) 每次机器人投放前需进行机器人灵敏度校准；
- d) 如机器人连续多日在罐内不会收，需每日检测前，在确信底板无缺陷部位，通过与历史数据对比，进行各通道校准。

## 9.8 检测机器人系统回收

检测机器人系统回收包括以下流程：

- a) 机器人回收；
- b) 收放装置拆卸；
- c) 人孔复原；
- d) 机器人和辅助作业系统吊运；
- e) 作业现场和机器人清洁。

## 10 检测结果的评价与处理

### 10.1 检测信号评价

- a) 根据所搭载的检测模块，选择相应检测标准进行检测信号的评价；
- b) 检测系统应具备检测信号分析能力，自动给出缺陷尺寸、当量或厚度等参数的测量数据；
- c) 通过检测数据与定位模块数据同步，标记检测缺陷或数据测量位置。

### 10.2 检测结果的显示与存储

- a) 检测信号与机器人定位信号实时对应，在储罐底板地图上对应位置显示检测结果，超标缺陷予以报警；
- b) 检测数据实时存储，可进行数据反馈和后处理。
- c) 检测结果可视化显示。

### 10.3 检测结果的评价

根据所搭载的检测模块，选择相应检测标准进行检测结果的评价。

## 11 检测记录与报告

### 11.1 检测记录

应按检测工艺规程的要求记录检测数据和有关信息，除此之外，还应至少包括检测报告中的内容。所有记录的保存应符合有关法规、标准和（或）合同的要求。

### 11.2 检测报告

检测报告应至少包括如下内容：

- a) 委托单位、报告编号；
- b) 检测单位；
- c) 被检储罐规格、几何尺寸、盛装介质及使用年限、材料牌号、底板公称厚度、涂层厚度、表面状态；
- d) 执行标准、参考标准；
- e) 检测系统名称、型号、主要功能；

- f) 校准和对比试件的材料、尺寸、缺陷的形状；
- g) 标准和对比试件的校准结果；
- h) 检测状态参数的设置值；
- i) 检测区域；
- j) 通过图示显示检测结果，标记超标缺陷当量及位置；
- k) 检测设置文件名称及数据文件名称；
- l) 验收准则及检测结论；
- m) 检测日期、检测人员和审核人签字及资质。

中国机械工程学会标准征求意见稿

参考文献

- [1] GB/T 31212 无损检测 漏磁检测 总则
- [2] GB/T 11344 无损检测 超声测厚
- [3] JBT 10765 无损检测 常压金属储罐漏磁检测方法

---

ICS 号  
中国标准文献分类号  
关键词：中国机械工程学会、模板

---