



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 21451.5—2019

---

## 石油和液体石油产品 储罐中液位和温度自动测量法 第5部分：油船舱中的温度测量

Petroleum and liquid petroleum products—  
Measurement of level and temperature in storage tanks by automatic methods—  
Part 5: Measurement of temperature in marine vessels

(ISO 4266-5:2002, MOD)

2019-03-25 发布

2019-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
石油和液体石油产品  
储罐中液位和温度自动测量法  
第 5 部分：油船舱中的温度测量  
GB/T 21451.5—2019

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：[www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线：400-168-0010

2019 年 2 月第一版

\*

书号：155066·1-62363

版权专有 侵权必究

## 前 言

GB/T 21451《石油和液体石油产品 储罐中液位和温度自动测量法》分为 6 个部分：

- 第 1 部分：常压罐中的液位测量；
- 第 2 部分：油船舱中的液位测量；
- 第 3 部分：带压罐（非冷冻）中的液位测量；
- 第 4 部分：常压罐中的温度测量；
- 第 5 部分：油船舱中的温度测量；
- 第 6 部分：带压罐（非冷冻）中的温度测量。

本部分为 GB/T 21451 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 4266-5:2002《石油和液体石油产品 储罐中液位和温度自动测量法 第 5 部分：油船舱中的温度测量》。

本部分与 ISO 4266-5:2002 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
  - 增加引用了 GB/T 8927（见第 9 章）；
- 将“范围”第一段分两段编写，第一段修改为“GB/T 21451 的本部分给出了油船舱内石油和液体石油产品测温用自动油罐温度计（ATT）的选择、准确度、安装、调试、校准和检验指南”，第二段为“本部分适用于雷德蒸气压不超过 100 kPa 的石油和液体石油产品的交接计量”，原第二段成为第三段，目的是简化第一段内容，并符合标准范围的编写要求；
- 将 3.2 电阻式温度传感器（RTD）的定义修改为“通过电阻随温度变化的原理来测量储罐内液体温度的电子感温元件”，以与 GB/T 21451.4 和 GB/T 21451.6 中相同术语的定义一致；
- 删除 3.5 关于“温度变送器”的术语和定义，作为常规术语，其不必在标准中定义；
- 删除 4.3.6 的最后一句，不必列出具体的型式批准项目；
- 将 5.1 后半句“目的是不严重降低标准体积计量的总准确度”修改为“目的是不严重降低标准体积或质量计量的总准确度”，以适应国内现主要以质量表述油品数量的需要；
- 删除 5.3.5 中的“±”，原因是不确定度用正值表述；
- 将 6.1 中的“单点（点）ATT”改为“单点 ATT”，仅使用单点 ATT 的表述，以避免混乱；
- 删除 6.2 中“（1 000 桶）”，国内一般不使用这种计量单位；
- 在 8.2 a) 的段尾，增加“当下部感温元件位于 3 m 以上时，如有低液位计量等特殊需求，可在舱底以上 1 m~1.5 m 的位置安装附加感温元件，但仅用于这种情况”，以此监测舱底附近液体温度的变化并可满足低液位的计量需要；
- 将 8.2 b) 最后一句修改为“感温元件的高度可取决于 ALG 的安装方式，或可随液位感应元件移至所要求的测温位置”，以示感温元件的位置可能是非固定的；
- 将 9.2 的标题修改为“交接计量用单点 ATT 的校准和检验”，以对应其检验内容；
- 将 9.2.1 第一段后面一句“校准 ATT 的参考标准应溯源至相应的国家基准”置于段首，以适应我国标准列项的编写格式；
- 将 9.2.2.2.2 最后一句修改为“在每个温度点，ATT 数显温度与电阻器的等效温度之差应在 0.25 °C 以内”，本条对应的并非多点 ATT，且实际用意也与单点或多点 ATT 无关；

- 将 9.3 的标题修改为“交接计量用多点 ATT 的校准和检验”，以对应其检验内容；
- 删除 9.4.3，增加 9.5，将 9.4.3 的内容纳入 9.5，并将内容修改为“当 ATT 用于交接计量时，其初始校准和定期检验的全部记录应至少保存一个校准或检验周期”，目的是避免与 9.4 的标题内容不一致，并一次解决校准和检验记录保存时长的问题。

本部分做了下列编辑性修改：

- 将 3.2 电阻式温度传感器的定义转为该术语的注；
- 将 9.3.2.3 的脚注改为条文注，原脚注的内容作为注 1 的内容，并置于其下的两段之间，原本条的注成为注 2；
- 删除 ISO 4266-5:2002 的参考文献。

本部分由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会(SAC/TC 280)提出并归口。

本部分负责起草单位：中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院。

本部分参加起草单位：青岛海关。

本部分主要起草人：魏进祥、孙岩、刘冲伟、戴建。

# 石油和液体石油产品

## 储罐中液位和温度自动测量法

### 第 5 部分：油船舱中的温度测量

#### 1 范围

GB/T 21451 的本部分给出了油船舱内石油和液体石油产品测温用自动油罐温度计(ATT)的选择、准确度、安装、调试、校准和检验指南。

本部分适用于雷德蒸气压不超过 100 kPa 的石油和液体石油产品的交接计量。

本部分不适用于船上冷冻货舱或压力货舱内的温度测量。

#### 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。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 8927 石油和液体石油产品温度测量 手工法(GB/T 8927—2008,ISO 4268:2000,MOD)

ISO 1998(所有部分) 石油工业 术语(Petroleum industry—Terminology)

#### 3 术语和定义

ISO 1998 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1

**自动油罐温度计 automatic tank thermometer; ATT**

连续测量储(或货)罐内温度的仪器。

注：一种船用 ATT,也称自动式油罐测温系统,通常包括精确的温度传感器、安装在甲板上用于电信号传输的变送器以及接收/数显装置。

##### 3.2

**电阻式温度传感器 resistance temperature detector; RTD**

通过电阻随温度变化的原理来测量储罐内液体温度的电子感温元件。

注：RTD 广泛用于储罐内液体或气体温度的测量。

##### 3.3

**单点 ATT single-point ATT; spot ATT**

用点式感温元件测量罐内特定点位温度的 ATT。

##### 3.4

**多点 ATT multiple-point ATT**

由多个(通常为 3 个或更多)点温元件组成来测量选定液位温度的 ATT。

注：数显装置可将浸没温度元件的读数平均,以计算罐内液体的平均温度,并也可显示罐内液体的温度分布。

#### 4 要求

##### 4.1 安全要求

当使用船用 ATT 时,应遵守关于安全和材料兼容性措施的国家标准、船级社规则以及油轮及油码

头安全指南(ISGOTT),并还应遵守设备厂家关于设备安装和使用的建议以及进入危险区域的所有规定。

## 4.2 设备要求

4.2.1 所有船用 ATT 应能承受在航运中可能遇到的压力、温度及其他环境条件。当 ATT 安装在腐蚀性环境中时,为避免产品污染和 ATT 的腐蚀,暴露在液体或蒸气中的所有部件应具有耐用、抗腐蚀结构。为抵抗罐内液体的蒸气压力,ATT 应全部密封。当为配有惰性气体系统(IGS)的油船舱安装 ATT 时,ATT 应设计成可承受 IGS 的工作压力。

4.2.2 所有船用 ATT 应按照相应的国家和/或国际(IMO,IEC,CENELEC,ISGOTT,ISO 等)船舶电子安全标准进行设计、选型和安装。ATT 应具有与所用危险区域分类相符合的证明文件。

4.2.3 在船舱上安装的 ATT,其所有裸露的金属部件应牢固接地,即连接到船体上。

4.2.4 所有 ATT 设备应保持在安全的运行条件下,并按厂家要求进行保养。

## 4.3 一般要求

4.3.1 4.3.2~4.3.6 给出的一般要求适用于各种 ATT。

4.3.2 油船舱内的温度和液位应同时测量。

4.3.3 当为散货输转测量温度时,应立即记录,除非远端数显设备能定期自动记录温度。

4.3.4 当在多个港口装和/或卸时,在产品输转前(前尺)和产品输转后(后尺),应采用相同的标准程序,测量油舱温度。

4.3.5 为防止非授权的调整或干预,应为 ATT 提供安全保障。当 ATT 用于交接计量时,应为密封其校准调整装置提供条件。

注 1: 这种防护可能需要将 ATT 的传感器安装在温度套管里。

注 2: ATT 的传感器可集成在自动液位计(ALG)的合体中(如浮子、带或杆)。某些设计(浮子、带)在不用时,可能需要将液位/温度传感器的合体提升到“保存”位置。在洗罐期间,无法使用 ATT。

4.3.6 当 ATT 用于特殊场合时,其设计和安装可能需要获得国家相关机构的形式批准。在 ATT 进行一系列的特定测试并符合批准的安装方式后,通常才会为其发布形式批准。

## 5 准确度

### 5.1 概述

ATT 测量油品温度的准确度应与液位自动计量系统测量液位的准确度相吻合,目的是不严重降低标准体积或质量计量的总准确度。

### 5.2 ATT 的固有误差

ATT 的固有误差,代表了 ATT 在厂家规定的控制条件下检验时的准确度,可成为安装后 ATT 温度测量不确定度的主要部分。校准 ATT 的参考标准应溯源到相应的国家基准。

注: 固定式自动测温使用的温度元件和现场变送器需要在安装前校准,变送器通常不提供现场校准调整装置。

### 5.3 安装前的校准

#### 5.3.1 概述

ATT 可按系统(见 3.1)或组件进行校准/检定。

### 5.3.2 按系统校准 ATT

在覆盖 ATT 预期工作量程的至少 3 个试验温度点,ATT 数显装置的温度读数与恒温控制的参比浴或参比箱的温度相差应在 0.25 °C 以内。

### 5.3.3 按组件校准 ATT

按组件校准 ATT 分为如下两步:

- a) 在每个温度点,测量电阻的等效温度与参比浴的温度相差应在 0.20 °C 以内;
- b) 温度变送器/转换器和 ATT 数显装置应使用精确的电阻器或最近校准过的温度校准器进行核查。在每个温度点,ATT 数显装置与电阻器或校准器的等效温度相差应在 0.15 °C 以内。

### 5.3.4 多点 ATT 的校准

每个点温元件的准确度取决于校准方法,应符合 5.3.2 或 5.3.3 的要求。

### 5.3.5 参考标准的不确定度

校准用参考标准的不确定度应在 0.05 °C 以内。

## 5.4 由安装和运行条件造成的误差

当 ATT 用于交接计量时,其总误差可能受到安装和运行条件变化的影响。

注 1: ATT 的准确度取决于如下因素:

- 温度感应元件的数量;
- 温度感应元件的位置。

注 2: 罐内液体温度可能受分层影响,取决于以下因素的变化:

- 货物加热方法和/或加热盘管的位置;
- 货物的来源;
- 舱内液体黏度;
- 舱体保温;
- 相邻油舱的温度;
- 与船体及其底部接触的海水温度。

注 3: 除非对大型油舱(750 m<sup>3</sup> 或更大)进行整体混合,否则内部液体会经常发生竖向的温度分层。高黏度石油液体预计会有更严重的分层。受海洋温度的影响,边舱温度也可能存在竖向分层。

## 5.5 总准确度

### 5.5.1 概述

安装后 ATT 测量温度的总准确度受限于 ATT 设备的固有误差(感温元件、变送器和数显装置)、安装方法以及运行条件的影响。

在有竖向温度分层的油舱内,温度梯度很少是线性的。在交接计量中,应使用平均温度。舱内液体的中液位温度可能无法给出准确的平均温度。

### 5.5.2 用于交接计量的 ATT

当 ATT 系统满足以下船上检验允差时,ATT 系统可适用于交接计量。

ATT 应满足安装前的校准允差(见 5.3)。

将安装方法和运行条件变化的影响考虑在内,ATT 应满足船上检验允差(见 9.2.2 和 9.3.2)。

如果使用远端数显装置,应符合本部分给出的相关建议(见第 10 章)。

## 6 ATT 的选择

### 6.1 概述

在油船舱的温度测量中,通常使用铜或铂的感温元件,即电阻式温度传感器(RTD),并广泛使用以下类型的 ATT:

- 单点 ATT(见 3.3);
- 多点 ATT(见 3.4)。

其他种类具有相当性能的 ATT 也可以使用。

选择合适的 ATT 应基于以下准则:

- a) 准确度要求;
- b) 可能影响准确度的运行条件(如预计的产品温度分层);
- c) 舱内需要测量温度的最低液位;
- d) 环境条件;
- e) 油舱的数目、类型和大小;
- f) 现场及远端的数显、信号传输和布线要求。

### 6.2 用于交接计量的 ATT

在交接计量中,用自动法确定温度的油舱最好装配多点 ATT,但以下情况除外:

- 货舱容量小于  $159 \text{ m}^3$ ,或液位低于 3 m;
- 竖向温度最大变化小于  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 将手工测量的平均温度用于交接计量。

注:当舱内液体温度均匀或舱内温度分层较小且可接受(见 GB/T 8927)时,可使用单点温度计量。

## 7 ATT 设备——电子感温元件的说明

### 7.1 电阻式温度传感器

对普遍使用的自动测温设备,其基本工作原理是金属(如铜或铂)的电阻随温度的变化而变化。

铜或铂的 RTD 通常用于交接计量的温度测量,原因是它们具有很高的准确度和稳定性。RTD 的电阻可通过韦斯通电桥电路或其他合适的电子组件来测量。RTD 可以是缠绕在非导体支撑芯上的电阻丝,也可以是薄膜型或其他类型。该元件应正确装在一个不锈钢的壳体里。如果需要,电路应为本质安全型。感温元件应装在一个合适的温度套管里。点式感温元件感应部分的长度应不超过 100 mm。

### 7.2 其他感温元件

其他感温元件(如热电偶、热敏电阻、半导体、光纤维等)也可使用,但应经过校准并符合本部分给出的检验允差,否则不应认为它们的准确度适用于交接计量。

## 8 船用 ATT 的安装

### 8.1 概述

船用 ATT 的安装应符合 ATT 和 ALG 厂家说明书的要求。



## 8.2 感温元件的位置

单点和/或多点感温元件的安装位置应靠近蒸气闭锁阀、计量口或其他合适的计量点。通常使用以下安装方法：

- a) 感温元件安装在穿过甲板(舱顶)的金属温度套管里。这种垂直套管可容下一个或更多(通常为三个)的固定到甲板上的感温元件,由各自的金属缆线吊在舱内不同的深度。当使用三个感温元件时,应分别放置在上三分之一(近于舱高的 70%~80%)、中部(近于舱高的 40%~50%)和下三分之一(近于舱高的 15%~20%)的位置。当下部感温元件在 3 m 以上时,如有低液位计量等特殊需求,可在舱底以上 1 m~1.5 m 的位置安装附加感温元件,但仅用于这种情况。
- b) 感温元件作为 ALG 的一部分,安装在与液体接触的液位感应元件上。感温元件的高度可取决于 ALG 的安装方式,或可随液位感应元件移至所要求的测温位置。

对于以上两种方法,操作者可以很方便地得到每个舱每个感温元件深度对应的空高以及其他 ALG/ATT 的系统数据。

## 8.3 手工计量(测温)口的位置

为能进行手工测温和自动测温和自动测温的准确比较,手工计量位置应与 ATT 在甲板上的开口相互靠近(最好在 1 m 以内)。

## 8.4 惰化油舱的温度测量

对连接油船惰气系统(IGS)的货舱,ATT 的设计和安装应确保其在 IGS 不降压的情况下能进行维护和校准。

# 9 船用 ATT 的校准和现场检验

## 9.1 概述

当 ATT(包括温度元件、变送器和数显装置)用于交接计量的温度测量时,应满足本部分给出的校准允差。校准 ATT 的参考标准应溯源至相应的国家标准。

注 1: 固定式自动油罐温度计使用的精确电子温度元件和现场变送器在安装前校准,变送器通常不提供现场校准调整装置。

注 2: 9.2~9.4 的目的是检验安装后 ATT(包括温度元件、变送器和现场/远端数显装置)的校准充分性及其准确度。

当用手工测温检验或校准 ATT 时,手工测温应按 GB/T 8927 进行。现场校准用参考标准的不确定度不应超过 0.1 °C(应用必要的校准修正值)。

ATT 可按系统或组件进行校准/检验。

## 9.2 交接计量用单点 ATT 的校准和检验

### 9.2.1 安装前的校准

校准 ATT 的参考标准应溯源至相应的国家基准。安装前,单点 ATT 应在可控条件下(即工厂或实验室),按如下两种方法之一进行校准:

- a) 在 ATT 运行范围内的三个或更多温度点,通过恒温浴并用标准温度计测量其温度,对 ATT(包括温度传感器、温度变送器/转换器以及数显装置)进行整体校准,准确度要求见 5.3.2。

- b) 或者是单独校准 ATT 的组件。测量恒温浴内温度元件的电阻,用精确的电阻器或热量校准器(最近经过国家计量机构校准),分别模拟 ATT 温度变送器及数显装置的输入温度,准确度要求见 5.3.3。

## 9.2.2 在船厂或海试期间的初始检验

### 9.2.2.1 概述

在船厂或海试期间,应按 ATT 的厂家说明书进行初始检验与调试。在实际可行时,还应使用 9.2.2.2 和 9.2.2.3 中给出的一种方法。

### 9.2.2.2 按组件检验

#### 9.2.2.2.1 感温元件

使用最近校准过的便携式电子温度计(PET)检验感温元件的测量数据。当货舱装满时,将 PET 的测温探头下降到感温元件的安放深度,上下移动 PET 的测温探头(在大约 300 mm 的范围内),直到温度稳定。由 RTD 温度传感器测量的温度与 PET 测量的温度之差应在 0.75 °C 以内。

注:该允差大于岸罐的 ATT 系统,原因是用 PET(通过蒸气闭锁阀或其他合适的计量点)手工测温的位置经常无法靠近 ATT 的感温元件,而且存在导致船运货物温度测量精度较低的其他因素(参见附录 A)。

#### 9.2.2.2.2 温度变送器

用温度校准器(如精确的电阻器或热量校准器)模拟输入船舱预期运行范围三个或更多的温度,对不包括温度元件的 ATT 进行检验。在每个温度点,ATT 数显温度与电阻器的等效温度之差应在 0.25 °C 以内。

### 9.2.2.3 按系统检验

作为感温元件和变送器单独校准核查的替代方法,可用检验前刚校准过的 PET 对 ATT 进行整体检验,货舱最好接近充满,感温元件全部浸没。由于不可能将 PET 定位到接近感温元件的位置,并且在水平方向存在轻微的温度分层,因此两项测温数据不可能完全一致。

ATT 系统(温度元件、温度变送器/转换器及数显装置)的温度读数与最近校准过的 PET 的测量温度之差应在 1 °C 以内。

注:该允差大于岸罐的 ATT 系统,原因是用 PET(通过蒸气闭锁阀或其他合适的计量点)手工测温的位置经常无法靠近 ATT 温度元件的位置,而且存在导致船运货物温度测量精度较低的其他因素(参见附录 A)。

## 9.3 交接计量用多点 ATT 的校准和检验

### 9.3.1 安装前的校准

按 9.2.1 给出的单点 ATT 的校准程序核查 ATT 每个感温元件,准确度要求见 5.3.4。

### 9.3.2 在船厂或海试期间的初始现场检验

#### 9.3.2.1 概述

在船厂或海试期间,应按 ATT 的厂家说明书进行初始检验与调试。在实际可行时,还应使用 9.3.2.2 和 9.3.2.3 中给出的一种方法。

### 9.3.2.2 按组件检验

#### 9.3.2.2.1 感温元件

使用最近校准的 PET 检验感温元件的测量数据。当货舱接近充满时,将 PET 的测温探头下降到

感温元件放置的深度,上下移动测温探头(在大约 300 mm 的范围内),直到温度稳定。多点 ATT 每个温度传感器的测量温度与 PET 的测量温度相差应在 0.75 °C 以内。

#### 9.3.2.2.2 温度变送器

使用温度校准器(如精确的电阻器或热量校准器)模拟输入船舱预期运行范围的三个或更多的温度,对不包括感温元件的 ATT 进行检验。在每个温度点,ATT 的数显温度与电阻器的等效温度相差应在 0.25 °C 以内。

#### 9.3.2.3 按系统检验

作为感温元件和变送器单独校准的替代方法,可使用检验前刚校准过的 PET 对 ATT 进行整体检验。油罐最好接近充满,所有感温元件全部浸没。测量感温元件所在深度的液体温度。在每个测量位置,上下移动 PET 的测温探头(在大约 300 mm 的范围内),直到温度稳定。由 PET 获得的手工平均温度为其各位置读数的平均值。由 ATT 获得的平均温度为浸没在液体中的所有感温元件的平均温度。

注:按液位自动调整的“上-中-下”ATT,油舱没有充满的必要。

由 ATT 系统获得的平均温度与由 PET 获得的平均温度相差应在 1 °C 以内。

注:该允差大于岸罐的 ATT 系统,原因是用 PET(通过蒸气闭锁阀或其他合适的计量点)手工测温的位置经常无法靠近 ATT 感温元件的位置,而且存在导致船运货物温度测量精度较低的其他因素(参见附录 A)。

### 9.4 ATT 的后期检验

#### 9.4.1 概述

当 ATT 用于交接计量时,应为其制定后期检验计划。按厂家说明书的建议检查 ATT 所有基本组件。检查每台 ATT,并使用 9.2.2 或 9.3.2 中的方法验证其校准情况。

#### 9.4.2 后期检验频率

当 ATT 用于交接计量时,应进行定期检验。每季度至少一次,先检查 ATT,再检验其校准情况。当运行经验确认其性能在检验允差内保持稳定时,检验计划可延长到每年一次。

### 9.5 记录保存

当 ATT 用于交接计量时,其初始校准和定期检验的全部记录应至少保存一个校准或检验周期。

## 10 数据通信

温度变送器与接收器相互通信宜符合本章要求。

当整个系统(含远端数显)满足本部分的校准允差时,ATT 的远端数显可用于交接计量。

注 1:某些数显设备可编程进行高低温报警。

注 2:某些 ATT 不提供舱前的温度数显。

ATT 的设计和安装应使数据传输符合如下要求:

- 不影响测量精度,即远端接收单元的显示温度和舱前温度变送器的显示(或测量)温度之差不超过 0.1 °C;
- 不影响测量输出信号的分辨率;
- 为测量数据提供合适的安全与保护,确保其完整性;
- 提供足够的速度,满足接收单元需要的更新时间;
- 不受电磁影响。

## 附录 A

(资料性附录)

## 船舱温度测量准确度的影响因素

通过船用 ATT 测量船舱温度,受如下与所用 ATT 无关的内在因素的影响:

- a) 由装液温度引起的货物温度的变化。装货后不久,在与海水接触的货舱内,假定货物温度高于海水温度,货物在水线上线下的热交换速率存在较大差别,导致垂直方向的温度梯度发生不连续的急变。在水线以下,货物与海水通过船体垂直部分进行热交换,从而引发一种强对流循环。在水平方向,由于对流循环的影响比较均衡,货物的温差比较小。然而在开始阶段,边舱和中心舱可能存在明显温差,原因是中心舱主要通过边舱与海水进行热交换,边舱会形成二者间的一个屏障。
- b) 由海水温度引起的货物温度的变化。因舱壁与海洋接触,货物可能存在温差,从而难以测定其准确的平均温度。
- c) 由邻近货舱温度引起的货物温度的变化。
- d) 由货物加热引起的货物温度的变化。
- e) 由温度套管的设计和性能引起的热量抵消和时间延迟。

上述因素可能对各种船用 ATT 测量温度的总准确度构成重大影响。



GB/T 21451.5—2019

版权专有 侵权必究

\*

书号:155066·1-62363