

# 真空贮槽环形空间尺寸测量工装的发明及应用

万 成

杭州杭氧低温容器有限公司 浙江 杭州 310000

**摘 要：**随着空分行业的飞速发展，真空贮槽体积日益增大、要求越来越高，其环形空间尺寸测量的难度也随之大幅增加，特别是应变强化技术推广后，环形空间尺寸的测量更是难上加难。本文针对真空贮槽环形空间尺寸的测量难度，详细阐述一种真空贮槽环形空间尺寸的测量过程和测量工装，通过测量过程和测量工装在真空贮槽、应变强化技术方面的实际应用，为后续真空贮槽在套装过程中环形空间尺寸的测量提供一种更为有利的借鉴方案。

**关键词：**真空贮槽；应变强化技术；环形空间；测量过程；测量工装

## 引言

真空贮槽主要由内容器、外容器、真空绝热环形空间、管路系统等部件组成<sup>[1]</sup>。内容器采用材料为奥氏体不锈钢的圆柱形筒体和椭圆形封头焊制而成，用于贮存低温高压介质；外容器采用材料为碳钢的圆柱形筒体和蝶形封头焊制而成，用于贮存绝热材料，进而达到保证真空绝热环形空间真空度的作用；外容器内壁设置碳钢材料的加强圈，用于尽可能减少外容器的变形；内外容器之间形成的空间称之为环形空间，环形空间中包含绝热材料和大多数的管路系统。真空贮槽组装的重要阶段是对内外容器进行套装，内外容器在制造、套装过程中均会发生一定的变形，导致环形空间各处尺寸不同。因此，套装过程中对环形空间尺寸进行多次反复测量、调整、控制是真空贮槽套装过程中非常重要的步骤。一般而言，真空贮槽高度较高，环形空间中存在外容器加强圈、大多数的管路系统，导致真空贮槽环形空间尺寸的测量难度很大，随着真空贮槽容积的增大，难度也将随之增加。应变强化技术是在保证真空贮槽安全、设计满足标准要求的前提下，为减少真空贮槽材料用量、降低经济成本而采取的新技术。但是，应变强化技术会对内容器造成塑性变形，致使真空贮槽的整体变形进一步增大，导致真空贮槽环形空间尺寸的测量更是难上加难。本文介绍的测量工装和方案非常有效的降低了真空贮槽环形空间尺寸的测量难度和套装过程中尺寸的控制难度。

## 1 真空贮槽的套装及测量工装的发明背景

### 1.1 真空贮槽内外容器具备的套装条件

真空贮槽套装前，确保内容器的制造已按要求全部完成、附件已组装完成、内容器各项检查均已按设计要求和工艺要求检查合格；确保套装前需要安装的管路系统已安装完毕并按设计要求检查合格；确保外容器已分为外筒上段筒体、外筒中段筒体和外筒下段筒体，且相

关检查均已合格，其中外筒上段筒体中包含了上封头，外筒下段筒体中包含了下封头。

### 1.2 真空贮槽的套装过程

真空贮槽的组装中，内外容器的套装是非常重要的阶段，主要过程如下：首先，将内容器套装进入外筒中段筒体；其次，在内容器与外筒中段筒体形成的环形空间多个角度处均布安装支撑座用来支撑整个内容器的重量；再次，按照设计要求，将内容器裸露在外部的两端分别套装进入外筒上段筒体和外筒下段筒体之中；最后，经过调整将外筒上段筒体和外筒下段筒体分别与外筒中段筒体进行焊接组装，使得外筒体形成一个密封容器。

### 1.3 测量工装的发明背景

套装过程中最重要的是控制内容器和外容器的同轴度，但由于真空贮槽内容器的制造过程中没办法将自身的变形完全消除，使得内容器发生了不规则变形，特别是内容器筒体部分的不规则变形更加严重。同理，真空贮槽外容器在制造过程中也存在着和内容器一样的不规则变形问题。由于内外容器不规则变形的存在，将导致内容器套装进入外筒中段筒体后环形空间的尺寸与设计理论数据不一致。因此，套装过程中需要套装专业人员测量圆周方向不同方位环形空间的尺寸，根据测量结果现场修正支撑座的高度，将吻合环形空间尺寸的支撑座安装到环形空间对应的位置。原有的测量过程中，所有的测量均是依靠套装专业人员使用钢卷尺进行人工反复测量，不仅测量值误差大，而且测量修正后的支撑座高度依旧无法满足测量点环形空间的所需尺寸。另外，每个支撑座的重量大，同时支撑座的安装属于登高作业，套装过程中需要套装专业人员搬运支撑座进行反复登高、反复测量尺寸并对其修正，对套装专业人员存在着巨大的安全隐患，反复的尺寸测量和多次对支撑座高度的修正工作，既浪费人力物力，又降低了工作效率。特

别是应变强化技术大面积推广后,内容器的不规则变形进一步增加,导致应变强化真空贮槽环形空间的尺寸测量难度也随之增加,原有的测量过程中环形空间尺寸的反复测量次数和多次对支撑座修正的工作量也大幅增加。因此,无论是从降低套装人员的安全隐患方面考虑,还是从环形空间尺寸测量的准确性以及提升工作效率等方面考虑,发明一种实用、操作便捷、灵活性强,不仅能减少套装人员反复登高测量次数以及对支撑座修正次数,而且能大幅提升真空贮槽在套装过程中任意圆周方向环形空间尺寸测量准确度的测量工装,对以后真空贮槽内外容器的套装均是非常有意义的事情。

## 2 环形空间尺寸测量工装简介

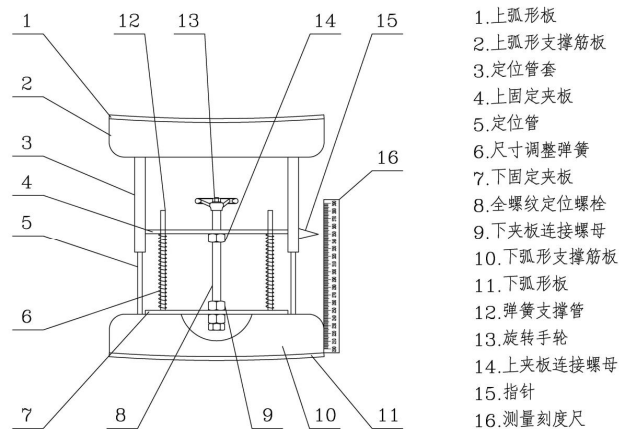
通过认真分析真空贮槽内外容器实际套装过程中的困难之处和存在的问题,经过多次调查研究,终于制造出了有利于降低套装过程中的困难程度、解决套装过程中存在的问题、提高套装过程中环形空间尺寸测量准确度的测量工装,并已全面应用于真空贮槽内外容器的套装中。真空贮槽环形空间尺寸测量工装主要由环形空间定位模块、尺寸测量执行模块、数据读取模块组成。

环形空间定位模块主要包括上弧形板、上弧形支撑筋板、下弧形支撑筋板、下弧形板四个部件。其中上弧形板的圆弧半径大,中心位置可以与不同直径的内筒体贴合,上弧形板的下方焊接上弧形支撑筋板,用以保证上弧形板的刚性。下弧形板的圆弧半径小,中心位置可以与不同直径的外筒体贴合,下弧形板的上方焊接下弧形支撑筋板,用以保证下弧形板的刚性。环形空间定位模块的作用是准确贴合内容器的外侧及外容器的内侧,为环形空间尺寸测量奠定基础。

尺寸测量执行模块主要包括定位管套、上固定夹板、定位管、尺寸调整弹簧、下固定夹板、全螺纹定位螺栓、下夹板连接螺母、弹簧支撑管、旋转手轮、上夹板连接螺母等部件。根据测量执行过程中的不同用途,尺寸测量执行模块又可以分为定位管装置、弹簧装置、螺栓旋转装置三个部分。定位管装置是在上弧形支撑筋板的左右两侧各焊接一个定位管套,两个定位管套之间再焊接上固定夹板,固定夹板中间位置开直径为14毫米的圆孔,圆孔下方焊接一个上夹板连接螺母;在下弧形支撑筋板上部位置开直径为60毫米半圆孔,将下固定夹板与之焊接,同时在下弧形支撑筋板的左右两侧各焊接一个定位管套,焊接位置要与上弧形支撑筋板上左右两侧定位管套的位置匹配,使得左右两侧的定位管可以准确穿入定位管套中。设置左右两个定位管装置的目的是对整个测量工装起到定位支撑的作用,使得测量工装稳

固不易偏移。弹簧装置是在下固定夹板的左右两侧50毫米处各焊接一个弹簧支撑管,并将用于尺寸调整的弹簧套装在弹簧支撑管上,同时在上固定夹板的左右两侧50毫米处各开一个直径为8毫米的圆孔,用以穿过弹簧支撑管,但必须保证用于尺寸调整的弹簧无法通过直径为8毫米的圆孔,使得用于尺寸调整的弹簧夹持在上固定夹板与下固定夹板之间。设置左右两个弹簧装置的目的是让上弧形板与下弧形板之间左右两侧伸缩距离均匀,提高测量精准度。螺栓旋转装置是在下固定夹板中间位置开直径为14毫米的圆孔并在圆孔上、下方各焊接一个夹板连接螺母,将全螺纹定位螺栓由下至上穿入下夹板连接螺母和上夹板连接螺母中,并在全螺纹定位螺栓底端装配旋转手轮。设置螺栓旋转装置的目的是通过旋转手轮使全螺纹定位螺栓与螺母发生位移,从而带动环形空间定位模块进行自由伸缩,达到自由测量环形空间尺寸的目的。

数据读取模块主要包括指针、测量刻度尺两个部件。在下弧形支撑筋板的右侧装配一个测量刻度尺,刻度尺的量程并不是从0mm刻度为起点,而是以200mm刻度为起点,根据上弧形板与下弧形板之间的实际尺寸,右侧定位管套下方装配一个指针,装配指针的位置应该为测量刻度尺上相应读数与环形空间实际尺寸一致的位置。数据读取模块的作用是由于真空贮槽环形空间距离一般为250毫米至350毫米,利用特殊的测量刻度尺可以准确的读出环形空间的具体尺寸,如图1所示



测量工装图

图1

## 3 环形空间尺寸测量的必要性和过程

真空贮槽的环形空间主要填充绝热材料,并且需要设置真空抽气管,使其与抽真空阀相连组成抽真空装置,通过此装置可以对贮槽环形空间进行抽真空处理。保证套装过程中环形空间各处尺寸满足设计要求是保证

后期环形空间绝热材料均匀填充的必要条件,更是增强真空贮槽绝热性能的必要条件。环形空间尺寸的测量主要在贮槽内外容器的套装阶段进行,根据测量的实际环形空间尺寸对内容器支撑座的高度进行反复修正,直至将内外容器的同轴度控制在设计和标准要求的范围内,从而保证内外容器环形空间各处尺寸均满足设计和标准要求<sup>[2]</sup>。

真空贮槽环形空间尺寸测量的一般程序为:根据设计理论数据初步设置内容器支撑座尺寸、反复测量套装过程中实际环形空间尺寸、对内容器支撑座尺寸进行反复修正直至内容器支撑座尺寸满足设计要求。此程序中包含太多的重复测量工作和对支撑座的修正工作,同时也存在着很大的测量难度,由于每次的测量均属于登高作业,则对套装专业人员的安全也存在着巨大潜在隐患。

#### 4 环形空间尺寸测量工装的应用

真空贮槽套装过程中使用测量工装对环形空间进行尺寸测量的过程如下:首先,利用螺栓旋转装置旋转手轮带动全螺纹定位螺栓旋转,将环形空间定位模块中上弧形板与下弧形板之间的距离缩短,使整个测量工装可以放入到需要测量的真空贮槽环形空间之中;其次,利用螺栓旋转装置通过反向旋转手轮,增大定位模块中上下夹板之间的距离,尽可能使上弧形板与内筒体外侧、下弧形板与外筒体内侧紧密贴合;再次,根据测量过程中指针在测量刻度尺上的读数来调整环形空间尺寸,让内外容器同轴度满足设计要求,从而获得修正支撑座的准确数据;最后,卸下测量工装,根据所测的准确数据修正支撑座的高度,从而达到支撑座一次性安装成功的目的。

真空贮槽环形空间尺寸测量工装在贮槽套装过程中的使用操作十分简便,不仅可以大幅减少环形空间尺寸测量的重复次数,还可以提高测量的准确性、降低支撑

座的报废率,使真空贮槽内容器支撑座高度一次性修正到位并安装成功,更可以有效减少套装人员登高操作的次数,提升套装人员作业的安全系数。环形空间尺寸测量工装已广泛应用于真空贮槽套装过程中环形空间尺寸的测量,并已取得非常好的成果及经济效益。由于能够大幅降低测量过程中的测量次数,使其也广泛应用于应变强化真空贮槽套装过程中环形空间尺寸的测量,经过多次实践,测量工装的发明对应变强化真空贮槽套装过程中环形空间尺寸的测量有着巨大作用。根据测量工装的设计原理,通过调整上弧形板和下弧形板的形状和尺寸,也可进一步应用于所有使用套装法组装、环形空间满足要求且需控制同轴度的设备套装过程中环形空间尺寸的测量。

#### 5 结束语

随着环形空间尺寸测量工装在贮槽套装过程中的广泛应用,已产生了非常可观的经济效益。相比原有测量方案,人员未变动的情况下,可减少70%的人工操作时间、内容器支撑座尺寸可一次性修正成功、支撑座报废率降低至零、减少了各种吊装设备的台班时长、加快了车间制造和组装真空贮槽的速度等,随着贮槽的增大,产生的经济效益也将随之增大,客户对成品的满意度也在大幅提升。

#### 参考文献

- [1]周礼新,陈学坤.低温真空粉末绝热贮槽的焊接工艺研究[A].中西南十省区(市)焊接学会联合会、贵州省机械工程学会.中西南十省区(市)焊接学会联合会第九届年会论文集[C].中西南十省区(市)焊接学会联合会、贵州省机械工程学会:贵州省机械工程学会,2006:5.
- [2]GB/T 18442.7-2017,固定式真空绝热深冷压力容器第7部分:内容器应变强化技术规定[S].