

轮胎成型机激光标线器标定调试方法研究

杨铎

(天津赛象科技股份有限公司, 天津 300384)

摘要：轮胎成型机是轮胎制造过程中的重要设备，其生产性能直接影响成品轮胎的整体质量。激光标线器作为成型机的重要组成部分，能够有效提升成型机在生产过程中的精度和效率。本文介绍了轮胎成型机激光标线器的调试原理及应用，详细阐述了激光灯标定调试的步骤和注意事项，并通过实例分析验证了其有效性，为轮胎成型工艺的改进提供参考。

关键词：轮胎成型机；激光标线器；调试方法

中图分类号：TQ330.493

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2026)02-0051-04

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.02.010

轮胎的成型质量对其性能至关重要。为了确保轮胎的成型精度，成型机的激光标线器起着至关重要的作用。激光标线器通过精确的光束投射，可以帮助操作人员准确校对胶料位置，从而提升成型过程中的对位精度和工艺稳定性。本文将探讨标线器的标定调试方法。

随着市场对轮胎需求的多样化，也对指导轮胎成型的激光标线器提出了更多的功能要求，但之前的装配调试方法已经很难满足新的设备需求，继而在生产调试过程中产生了不少的问题，例如：参考轮胎成型机要求，需要保证激光标线器在1 200~1 500 mm范围内激光投射位置准确。但在实际标定过程中，因为标定范围大，没有合适机构来进行此工作，多借用墙面或者地面粘贴坐标纸来标定，但此方法无法直观的观测到激光线在1 200 mm和1 500 mm两处的投射位置是否准确；激光标线器需要与成型机成型鼓配套使用，根据成型工艺要求，内部激光灯的运行方向需要与成型鼓轴线平行，才能保证精度准确，但实际调试中，却没有很好的手段保证内部激光灯的运行方向与成型鼓轴线方向的平行度；关于调试的过程，因为坐标纸长时间使用发生扭曲、拉伸等现象，每隔一段时间又需要重新粘贴坐标纸，调整基准位置，导致标定好的标线器前后精度不一致等问题。

为了解决以上问题，我们分析了激光标线器的工作原理，生产制作了专用的调试工装以及制订了更加高效、方便的调试方法，现将具体的调试过程进行介绍。

1 结构设计和施工设计

1.1 工装的机构设计

关于激光标线器的调试目的，主要是为了激光标

线器在成型机工作时提供精确的尺寸参照，所以调试工装的设计应尽量还原激光标线器实际的工作情况。本调试工装主要由安装架和调试装置组成，安装架用于安装激光灯标线器，安装面与水平面呈45°角，与调试架平行，被标定标线器斜向下45°投射在调试装置上，模拟成型机龙门架体和成型鼓的位置关系，如图1所示。

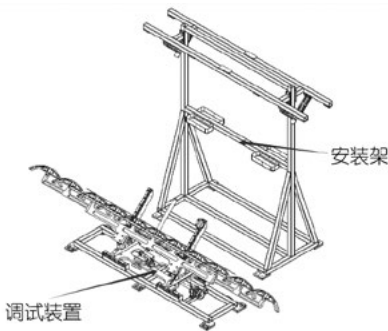


图1 工装示意图

激光标线器调试工装的特点如下：

(1) 安装架主要用于安装激光标线器，其底部设置可调节水平的机构，其上有两个用于安装激光标线器的连接件，此连接件两件相同，在设计和加工上保证它们的一致性，用于和激光标线器连接的安装面需要共面加工，连接件底部设置挡板，限制激光标线器的安装位置。调试时只需要将标线器贴紧挡板安装，即能控制标线器的安装位置，并且后续的标定中不需要再移动标线器。

作者简介：杨铎（1995-），男，本科，研发工程师，初级机械工程师，主要从事轮胎成型机配套激光灯标线器结构设计和优化管理工作。

(2) 调试装置主要为了模拟轮胎成型机工况，其设有用于水平移动的横移机构、控制标定距离的涨缩机构和可以直接观测的鼓面组件，三个机构依次连接，且前两个机构主要负责控制调试位置，鼓面工装能够更好的模拟成型机上成型鼓形状。

(3) 横移机构主要用于水平移动调试装置，其底座与地面连接，其上设置可调节水平和前后的机构，移动部分利用直线导轨做导向，梯型丝杠传动，尾端设置手轮，手动调节位置（见图2），也可以使用其他类似的导向和传动机构或者选用电机代替手轮提供动力，在激光标线器固定的情况下可以移动横移机构使激光灯线与架体标识刻度对应。



图2 横移机构和涨缩机构

(4) 涨缩机构安装在横移机构的移动部分，主要用于控制标定距离，涨缩方向与激光灯线平行，可以模拟激光灯线在一定测量范围内的光线投射情况。涨缩机构与横移机构类似，也是利用直线导轨和梯型丝杠完成涨缩功能，最大可以在距离标线器 1 100~1 600 mm 的范围内移动（见图2）。涨缩机构可以使调试人员直观的看到协议要求范围内的激光灯线精度。

(5) 鼓面组件安装在涨缩机构的移动架体上，随着涨缩机构的运行，调节与标线器的距离。鼓面组件类鼓面形状，但不可以像鼓一样旋转，由7个相同的半月状支架组成，安装位置加工机械限位，保证安装位置一致。支架表面设计三个凹台，在加工上保证7个鼓面支架的一致性，三个凹台分别安装上、中、下三条标尺，利用铅垂线使三条标尺的刻度在水平面的投影重合（见图3）。鼓面工装模拟实际鼓面形态，意在缩小工装与实际工况的差别，使调试精度更高，鼓面工装上安装的三根标尺，可以更直观的观测到激光灯线的竖直和彼此之间的平行度。

1.2 工装的施工设计

激光灯标线器的调试需要将安装架和调试装置的

位置固定，并且将两个架体的相对关系调整好，才能保证后续调试过程的便捷性以及可靠性。



图3 鼓面工装

标线器在轮胎成型机上的应用的过程中，需要保证激光光线垂直照射在鼓面上，并且在标线器的整个横向移动过程中，精度始终控制在一个范围内，这就要求标线器的横向运动方向始终与鼓的轴线平行，将此原理应用在调试工装，即需要保证标线器的安装面与多个鼓面工装的轴线平行。

在目前设计的工装上调节并验证此项平行度，可以测量安装架左右两个连接件距离调试装置两端的距离，当两侧的距离相同时，即可认定此项平行度合格，具体如下图4。

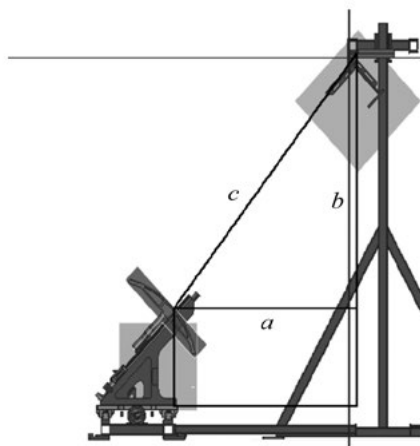


图4 施工示意图

要调节两端距离 c 相等，即 $c_1=c_2$ ，首先可以将安装架基准与调试装置基准两端的距离 a 调节至相等，此过程主要通过等长工装实现，利用铅坠将安装架两侧的位置投影在地面，在调试装置两端安装等长工装，使铅坠与工装重合来保证 $a_1=a_2$ 。安装架和调试装置都设置了水平调节机构，当两个机构都水平后，即可认定 $b_1=b_2$ 。此时即可认定 $c_1=c_2$ ，即标线器的安装面与多个鼓面工装的轴线平行。如下图5为实际调试后的

现场图。



图5 现场调试工装

2 标定方案

标线器的标定过程主要分成两个部分，分别是调节内部一字线激光灯和调节激光灯的导向机构，调节一字线激光灯的目的是为了使标线器初始位置的精度合格，调节导向机构是为了标线器在运动过程中的精度合格。

2.1 调节激光灯

(1) 首先将标线器安装至安装架体，依靠标线器支架设计的定位板进行定位，用螺钉将标线器紧固。

(2) 调节标线器内部激光灯，因为激光灯光路呈扇形面投射，光线落在标尺上的投影为一条直线，调整激光灯内部的调节机构，使三个激光灯的灯线分别在标尺机构的上中下三个钢板尺上数读数相同（见图6），此时可以认定标线器内部激光灯线竖直。此时利用横移机构将调试支架进行平移，使中心灯标与调节装置中心刻度重合，并通过观测上下三个标尺读数，检验激光光束平行度。

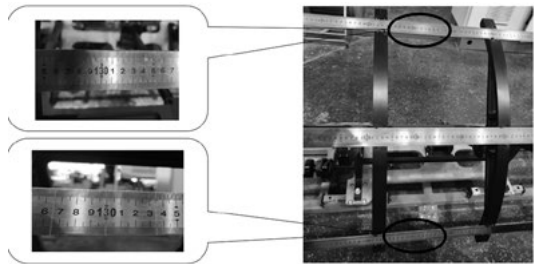


图6 鼓面三个标尺读数

(3) 利用涨缩机构将标尺机构分别在1 200 mm、1 500 mm位置进行移动（见图7、图8），记录两处位置的灯线刻度数值，调节激光灯，使两处位置的数值相同，检验激光灯光路出射角度与鼓面轴线是否垂直，以便验证不同检测范围的准确度。



图7 涨缩机构1 200 mm位置



图8 涨缩机构1 500 mm位置

2.2 调节标线器导向机构

控制标线器电机运行，一般以每50 mm为一标准距离，因为标线器内部导向机构每个滑块长度约为60 mm，如要保证激光灯线定位准确，建议标准检验距离小于滑块尺寸。从50 mm处分段移动至灯标最大行程，检验灯标的定位精度。

因为标线器的一字线激光灯是安装在导向模块上运行的，如导向模块出现方向偏差，会影响激光灯的光路方向出现偏差，光路方向的偏差会等比例放大到标尺面，见下图9，其中绿色线条表示导向模块出现的偏差，通过理论计算，当导向模块在一个滑块的范围内偏差超过0.05 mm时，激光灯线在1 200 mm处的投影光线会偏差超过1 mm，在1 500 mm处的投影光线会偏差超过1.25 mm。此时即需要调节导向模块直线度用来调节标线器的标刻精度。

如出现定位精度超差（一般为 ± 0.5 mm），需要利用铜垫片调整导轨上母线直线度，如出现上下标尺尺寸偏差（一般为 ± 0.5 mm）等情况，需利用调节工装调整导轨侧母线直线度。

2.3 数据记录与验证

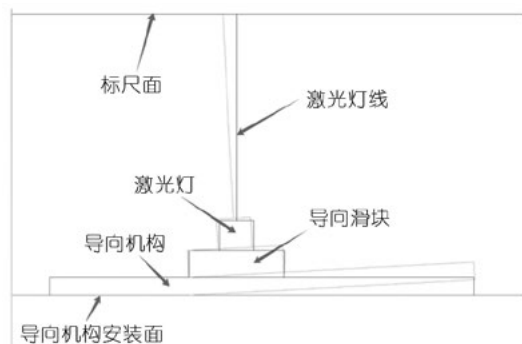


图9 导向模块偏差导致的精度误差示意

(1) 在调试过程中,记录每一步的参数变化,以便为后续检验提供标准。

(2) 对按照上述步骤调整好的灯标,需要在标准程序下持续运行超过 24 h。

(3) 运行完成后的标线器需要对之前检验的内容进行复检。保证复检结果与初检结果偏差不得超过最大允许误差的 50% 且复检结果满足灯标要求精度。

3 过程优化

(1) 在调试过程中,记录每一步的参数变化,每一台的数据内容,以及对频发问题制定合理的解决方案,以提升产品质量,对偶发性问题现象重点记录,帮助后续的设计、调试优化。

(2) 建立激光灯的定期检修与维护制度,确保其

处于最佳工作状态,避免因设备老化或故障导致的精度下降。

4 实例效果分析

(1) 我公司在之前利用坐标纸为基准调试灯标时,效率极低,每台灯标调试时间都在 12 h 左右,且遇到个别难调试的灯标时,会出现更长时间都难以调出现象。后续采用新的调试工装与方法后,调试效率大幅提升,目前调试效率达到 8 h/2 台。

(2) 在采用新的调试工装和新制定的调试方法后,2024 年我公司应用在设备上和客户现场的激光灯标线器共 87 台,未发生标定精度不准确的问题。

5 结语

合适的标定工装以及标定调试方法是提高激光灯标线器精度稳定性的重要手段,通过规范化的设计流程、调试流程和必要的定期设备维护,可以有效提高激光灯标线器的调试效率和使用稳定性,有助于轮胎成型机在激烈的市场竞争中保持竞争力。应用本论文提出的方案,我公司的激光灯标调试的效率提高了三倍,交付产品的稳定性也有了大的提升,为企业创造了良好的经济效益。未来,随着制造技术的不断进步,激光标定技术在轮胎制造领域将发挥越来越重要的作用,助力实现更高效、更智能的生产管理。

Research on calibration and debugging methods for laser marking device of tire building machine

Yang Duo

(Tianjin Saixiang Technology Co. LTD., Tianjin 300384, China)

Abstract: The tire building machine is a crucial equipment in the tire manufacturing process, and its production performance directly affects the overall quality of the finished tires. As an important component of the building machine, the laser marking device can effectively enhance the precision and efficiency of the building machine during production. This article introduces the debugging principle and application of the laser marking device for tire building machines, elaborates on the steps and considerations for laser lamp calibration and debugging, and verifies its effectiveness through case analysis, providing a reference for improving the tire building process.

Key words: tire building machine; laser marking device; debugging method

(R-03)