

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2020.05.02

全自动钢卷尺检定装置的设计与实现

高廷¹, 孙安斌¹, 邹志¹, 王曰明², 梁邦远²

(1. 航空工业北京长城计量测试技术研究所 大尺寸实验室, 北京 100095;

2. 青岛前哨精密仪器有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 为了对不同规格的钢卷尺进行全自动检定, 设计了一种可实现超长钢卷尺全自动检定的装置, 该装置在有限导轨长度测量的基础上, 增加了自动加载、自动收卷、自动瞄准等结构, 从而实现了在较短长度的测长装置上对 100 m 的钢卷尺进行全自动检定。

关键词: 钢卷尺; 检定; 全自动

中图分类号: TB921

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2020)05-0010-05

Design and Realization of Full-automatic Device for Steel Tapes Verification

GAO Ting¹, SUN Anbin¹, ZOU Zhi¹, WANG Yueming², LIANG Bangyuan²

(1. Beijing Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Large-scale Laboratory, Beijing 100095, China;

2. Qingdao Qianshao Precision Instrument CO., LTD., Qingdao 266000, China)

Abstract: In order to realize the automatic verification of different steel tapes, a full-automatic device for ultra-long steel tape verification is designed in this paper. This device adds the structures for automatic loading tensile force, automatic rolling tapes, and automatic recognizing groove line on the basis of the measurement with limited length guide rail. So that a 100-meter steel tape can be verified efficiently on the much shorter guide rail.

Key words: steel tapes; verification; full-automatic

0 引言

钢卷尺是一种常见的线纹计量器具, 在工程测量和日常生活中应用非常广泛。由于使用环境复杂及人为因素, 使用过程中的钢卷尺常常发生尺身变形、磨损等问题, 会影响测量结果和产品质量, 因此需要定期对其进行检定, 我国已将钢卷尺纳入强制检定计量器具管理目录^[1]。

目前, 钢卷尺检定装置主要有基于标准钢卷尺比较测量平台、专用钢卷尺检定台、大尺寸长度标准装置三种形式。基于标准钢卷尺比较测量平台采用人工瞄准、人工记录数据, 与标准钢卷尺进行直接比较计算示值误差, 该方法操作简单, 但是因为采用人眼瞄准, 分辨力约为 0.1 mm, 而且人眼在长期观察后容易出现疲劳和错误^[2]; 专用钢卷尺检定台, 常见的是采用光栅尺作为测量标准器, 结合显微放大瞄准系统, 可使测量不确定度达到 0.01 mm/m, 此装置装夹方便, 但测量范围有限, 单次装夹的典型长度为 5 m^[3-5], 测量 100 m 钢卷尺需要多次人工

重复装卡; 大尺寸长度标准装置主要用于激光干涉仪、激光跟踪仪等设备的空间长度校准, 在此功能上通过配置显微放大瞄准系统可实现对标准钢卷尺、钢卷尺的检定, 测量不确定度可提高到 $U = (5 + 5L) \mu\text{m} (k = 2)$, 其中, L 为测量长度, 单位 m。目前, 国内最长的大尺寸长度标准装置一次装夹测量最大长度可达 80 m^[6], 但这种装置占用场地较大, 成本较高。

以上三种检定装置存在的共性问题是一次装夹测量的实际长度由装置的导轨工作距离决定。对于超过导轨长度的钢卷尺需要采用分段测量法, 而分段测量法需要多次人工装夹、多次瞄准, 存在劳动强度加大、工作效率低、耗时较长等问题。以 5 m 检定台为例, 30 m 长的钢卷尺需要进行 6 次重复瞄准测量。

随着数字化、自动化计量检测技术的发展, 提高钢卷尺检定效率、实现全自动钢卷尺检测是计量检测行业的迫切需求。为了满足超长钢卷尺检定的需求, 本文设计了一种全自动钢卷尺检定装置, 该装置在有限导轨长度测量的基础上, 增加了自动加载、自动收

卷、自动瞄准等结构,能够对不同规格的钢卷尺进行全自动检定。

1 全自动钢卷尺检定装置的整体系统设计

1.1 设计需求

根据 JJG 4-2015《钢卷尺检定规程》的规定,检定时需将尺带平铺在钢卷尺检定台上,检定台长度小于 20 m 时施加 (49 ± 0.5) N 张紧力,示值误差在全长范围内逐米进行检定^[7]。为了在满足检定要求的同时提高设备的自动检测能力,需要在有限测量长度的检定装置上增加自动加载、自动收卷系统。另外人眼瞄准读数会极大降低工作效率,因此还需要设计自动瞄准系统对钢卷尺线纹进行自动提取,减少检测过程中人为的参与,提高测量准确度和自动化程度。

1.2 系统设计

基于上述要求,设计了如图 1 所示的全自动钢卷尺检定装置。整套装置主要由导轨系统、测量系统、自动加载系统、自动收卷系统、视觉瞄准系统、运动控制系统、钢卷尺支撑机构等组成。导轨系统由 10 m 精密花岗岩和气浮滑台组成。测量系统以高精度光栅尺作为标准器,通过伺服电机带动滑台在导轨上运动,给出水平运动方向的标准长度量。测量前由自动加载系统将安装在支撑机构上的钢卷尺进行装卡、加载;测量时通过视觉瞄准系统瞄准工作台所在位置处的钢卷尺整米线纹,得到在导轨长度范围内的整米线纹参考长度;测量完成后由自动收卷系统将测量完成的前一尺段进行收卷,继而执行下一段测量;配合专用的测量控制软件实现钢卷尺的全尺寸自动测量。

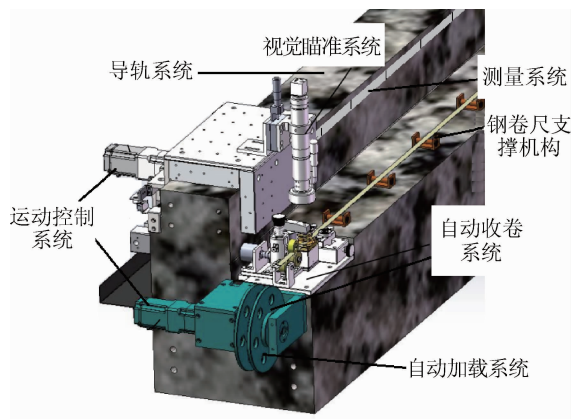


图1 全自动钢卷尺检定装置组成示意图

2 自动加载与自动收卷系统设计

自动收卷系统用于被检钢卷尺全长大于检定台的长度时将其尺带拉出,采用首尾相接的分段法进行检定。自动施力系统用于向尺带施加规定的张紧力。系统组成如图 2 所示,伺服电机与收卷轮滚轴连接,钢卷尺尺端拉环固定在收卷轮滚轴上,通过控制伺服电机的转速和转向,既可实现收卷尺带又能施加所需的张紧力。

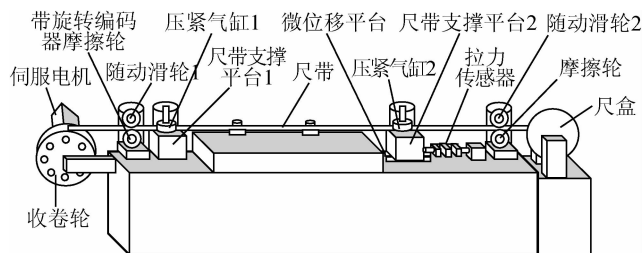


图2 自动加载与自动收卷系统组成示意图

2.1 自动加载系统设计

自动加载系统主要由施力装置和力测量装置组成,施力装置用于施加张紧力,张紧力的大小通过力测量装置给出并反馈给施力装置,实现对施力过程的闭环控制。施力装置位于导轨的前端,主要由伺服电机、收卷轮、尺带支撑平台、压紧气缸等部分组成。力测量装置位于导轨的末端,主要由拉力传感器(量程 100 N、准确度 0.02 级)、尺带支撑平台、微位移平台及压紧气缸组成。其中,拉力传感器一端固定在大理石平台上,另一端安装在尺带支撑平台上。微位移平台位于尺带支撑平台下方,可使尺带支撑平台在加载力的作用下作微小位移移动,从而使加载力作用到拉力传感器上。

加载时,后端气缸将钢卷尺尺带压紧在支撑平台上,前端气缸松开。控制电机以低速正方向慢慢转动,对钢卷尺施加张紧力。张紧力通过尺身传递到末端拉力传感器。拉力传感器测得的力变化值即为钢卷尺所受张紧力的值。当力值变化量达到 48.5 N 时,伺服电机立即停止运动,待尺带稳定后再次判断力值是否合格,否则正反微调电机运动直至张紧力满足要求,加载过程完成。

2.2 自动收卷系统设计

由于钢卷尺尺带长度、厚度不同,使用中的钢卷尺还会出现弯折、锈迹等现象,仅通过伺服电机的旋转无法精确确定钢卷尺收卷的长度。为解决这个问题,本文在导轨前端设计了由摩擦轮和旋转编码器组成的

收卷量测量系统。摩擦轮与尺身接触,其旋转量由旋转编码器给出。当旋转编码器与收卷长度的对应关系标定后,则可由旋转编码器直接给出收卷量。

收卷时,前后端气缸均松开,钢卷尺处于自由平铺状态。控制电机以高速正方向转动拉动钢卷尺,钢卷尺依靠摩擦力带动摩擦轮旋转,从而带动同轴的旋转编码器旋转。收卷过程中可编程控制器实时采集旋转编码器转动脉冲数,当达到预设的收卷长度后,伺服电机立即停止运动,收卷过程完成。

3 视觉瞄准系统设计

钢卷尺的检定主要是验证整米线纹间距是否合格,因此自动瞄准就关系到对整米线纹的识别与提取,同时,自动收卷又涉及到收卷前后整米线纹的数据拼接。本装置的视觉瞄准系统安装在运动滑台上,主要由工业 CCD 相机、环形光源、夹持调整机构等组成。由于收卷误差的存在,为保证收卷前后整米线纹与标识符同时存在于视场中,系统配合附加 0.5 倍物镜,使视场范围达到 20 mm。

3.1 整米线纹提取

视场范围内具有的可识别线纹很多,线纹之间的间隔约为 1 mm,如图 3 所示。由于钢卷尺种类繁多、整米及厘米线纹宽度高度各不相同,因此直接识别整米线纹非常困难。但准确度等级合格的钢卷尺在整米测量时,两条相邻的整米线纹的长度误差不会超过 0.4 mm,因此利用上一条整米线纹的位置可自动判定下一条整米线纹的位置。

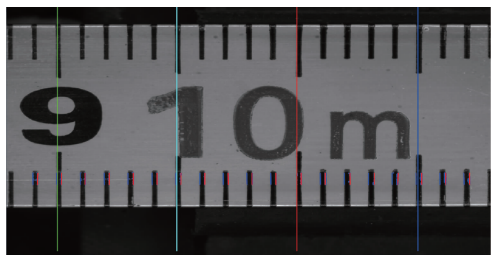


图3 整米线纹提取示意图

3.2 收卷后数据拼接

由于收卷误差的存在,使得收卷前后整米线纹在视场中的位置发生变化,如图 4 所示。若将收卷后第一条整米线纹的位置与收卷前最后一条整米线纹的位置拼接起来,需要确定收卷前后位置的变化量,要求将整米线纹从视场中多条线纹重新识别出来。

对于同一支被检尺,因为标识符“m”与整米线纹

的位置关系是固定的,并且已经增大视场使整米线纹与标识符同时存在于视场中,因此借用收卷前最后一个位置整米线纹与标识符“m”的关系,来确定整米线纹的位置。

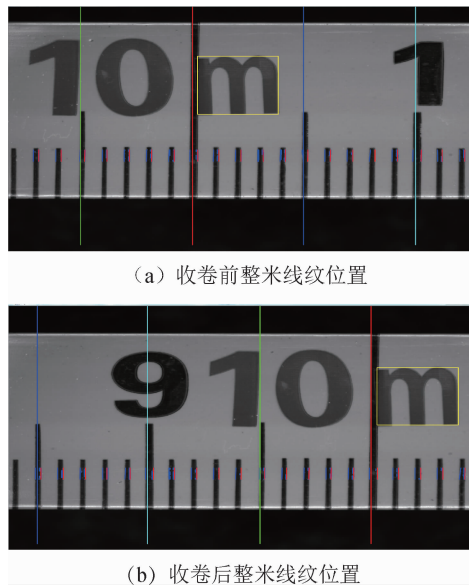


图4 收卷前后整米线纹在视场中的位置发生变化

4 全自动钢卷尺检定装置的实现与验证

4.1 全自动检定工作流程

全自动钢卷尺检定装置采用一键测量,只需人工一次装夹即可完成钢卷尺检测,之后的整个检测过程无需人工干预。检定开始前,将被检钢卷尺尺盒固定在导轨后端的加持机构上,调整零位进入瞄准视场内,输入规格型号,按如图 5 所示的全自动检测流程开始测量步骤:①滑台电机回零、气缸电磁阀动作进入加载状态,收卷电机低速转动施加张紧力;②加载张紧力满足设定要求后,气缸电磁阀动作进入测量状态,滑台电机以设定的速度和步长运动,依次采集图像、提取线纹、记录数据;③该循环导轨长度范围内所有测量点测量完成后,判断是否是最后一个收卷循环,如果不是滑台电机回零,气缸电磁阀动作进入收卷状态;④收卷完成后重复步骤①~③,直至钢卷尺检定完成;⑤数据分析,生成原始记录和校准证书。

4.2 收卷当量标定和验证

由于收卷系统采用旋转编码器测量钢卷尺收卷量,因此需要对旋转编码器脉冲当量进行标定。标定方法为设置钢卷尺收卷量后对钢卷尺进行自动收卷,记录每次收卷编码器旋转脉冲数 Δp 和钢卷尺实际收卷量

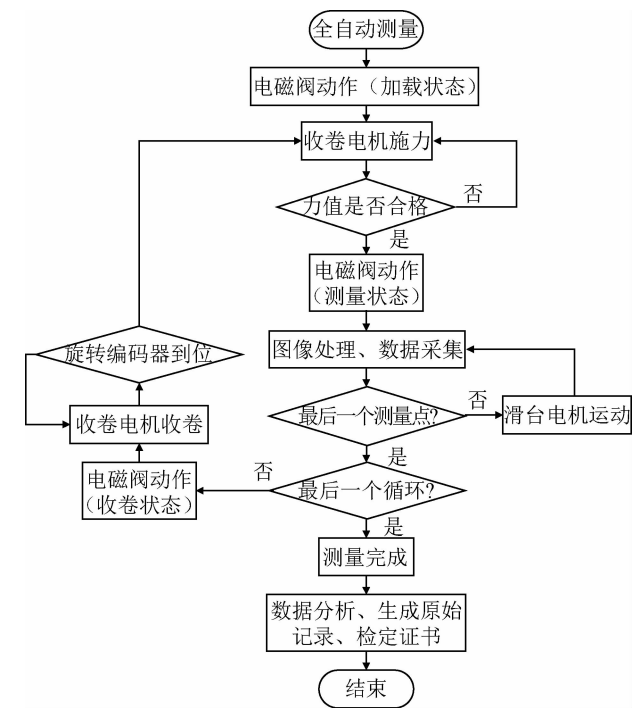


图 5 全自动检定流程图

Δm ，则脉冲当量 $p = \Delta m / \Delta p$ ，多次收卷计算脉冲当量平均值。表 1 为 5 次自动收卷，每次收卷 1 m 标定的结果，可知平均脉冲当量 $p = 0.09378 \text{ mm/脉冲}$ ，标准偏差为 0.00001 mm/脉冲 。

表 1 收卷脉冲当量标定

编码器脉冲数/个	钢卷尺收卷量/mm	脉冲当量/ (mm · 脉冲 ⁻¹)
10668	1000.5	0.09379
21365	2003.2	0.09376
32059	3006.2	0.09377
42749	4009.0	0.09378
53444	5013.0	0.09380

由于本装置导轨有效行程为 10 m，因此钢卷尺全自动测量时单次收卷长度为 10 m。表 2 为使用上述标定的脉冲当量值对 100 m 的钢卷尺收卷 9 次，每次收卷长度为 10 m 测量的结果，可知单次收卷 10 m 的收卷误差不超过 5 mm。

4.3 实验验证

利用本装置与某中心 35 m 大尺寸长度标准装置对同一标称长度为 100 m 的钢卷尺进行测量，其中 35 m 大尺寸长度标准装置钢卷尺长度测量示值误差的测量不确定度为 $U = (5 + 5L) \mu\text{m}$ ($k = 2$)，其中， L 为测量长度，单位为 m。实验结果如表 3 所示。

表 2 收卷精度验证

收卷次数/次	收卷量测量值/mm	收卷量实际值/mm	偏差/mm
1	10015.7	10010.8	4.9
2	10016.4	10013.2	3.2
3	10016.4	10014.6	1.8
4	10016.9	10015.4	1.5
5	10017.3	10020.2	-2.9
6	10017.6	10018.0	-0.4
7	10017.4	10021.0	-3.6
8	10017.9	10022.8	-4.9
9	10020.0	10018.0	2.0

表 3 钢卷尺测量结果

被测间隔/m	示值误差/mm		偏差/mm
	某中心	本装置	
0 ~ 1	0.11	0.12	0.01
0 ~ 2	0.25	0.25	0.00
0 ~ 3	0.47	0.48	0.01
0 ~ 4	0.58	0.58	0.01
0 ~ 5	0.74	0.76	0.02
0 ~ 6	0.80	0.83	0.03
0 ~ 7	1.03	1.03	0.00
0 ~ 8	1.27	1.26	-0.01
0 ~ 9	1.34	1.34	0.00
0 ~ 10	1.65	1.63	-0.02
0 ~ 20	3.33	3.33	0.00
0 ~ 30	5.06	5.04	-0.01
0 ~ 40	6.83	6.85	0.02
0 ~ 50	8.54	8.56	0.02
0 ~ 60	10.37	10.36	-0.01
0 ~ 70	11.99	11.99	0.00
0 ~ 80	13.79	13.79	0.00
0 ~ 90	15.40	15.43	0.03
0 ~ 100	17.28	17.29	0.01

分析表 3 数据可知，本装置与某中心检测装置对比，两者的最大误差不超过 0.03 mm，满足钢卷尺检定规程的要求；本装置测量时间为 25 min，比某中心检测装置提高了 5 min；本装置钢卷尺装夹完成后，后续检定过程无需人工操作。

5 结论

设计了一种全自动钢卷尺检定装置，该装置可实现对钢卷尺的自动加载、自动收卷、自动瞄准。通过预先对收卷量的标定，使收卷误差不超过 5 mm，确保

整米线纹一直处于相机视场内；同时利用整米线纹及其标识符实现了收卷前后整米线纹的准确瞄准；经实验证明测量结果数据可靠，与传统检定方法相比，大幅度提高了测量效率。

参 考 文 献

- [1] 万鸿飞, 赵宏亮. 影像式钢卷尺/直尺全自动检测装置的研制[J]. 计量与测试技术, 2017(2): 56-63.
- [2] 茅振华, 杜子平, 张晓, 等. 低成本高精度钢卷尺自动检定装置的研究[J]. 中国计量, 2011(2): 88-90.
- [3] 于铨灵, 臧云歌, 谢文辉. 新型钢卷尺检定装置的研究[J]. 中国计量, 2012(5): 76-77.
- [4] 崔丽霞, 唐元宁, 吕亚林. 智能化钢卷尺标准装置改造研究[J]. 中国计量, 2018(5): 81-83.
- [5] 徐从裕, 景加慧, 王沁喆, 等. 大尺寸钢卷尺目标线纹检定与实现方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2018(11): 65-70.

- [6] 李建双, 缪东晶, 赫明钊, 等. 高精度 80m 大长度激光比长装置的研制[J]. 中国计量, 2019(7): 85-87.
- [7] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 4-2015 钢卷尺检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2015.

收稿日期: 2020-03-24; 修回日期: 2020-05-13

基金项目: 国家“十三五”技术基础项目(JSJL2019205A002)

作者简介



高廷(1988-), 女, 工程师, 硕士, 主要研究领域为大尺寸智能检测与校准技术。2014 年到北京长城计量测试技术研究所工作至今。作为分项负责人研发了国内首条高铁转向架生产线检测系统、首个大型空间探测器高空精测平台, 参与多项科工局技术基础课题、工信部民机课题, 获得集团级科技奖 2 项, 授权发明专利 5 项、软件著作权 2 项。

《化学分析计量》2020 年第 5 期目次

标准物质

二氧化碳中一氧化氮气体标准物质制备
氩气中氢、氧、氮、一氧化碳、二氧化碳、甲烷、乙烷、乙烯、乙炔混合气体标准物质研制

分析测试

差示扫描量热单峰法测定苯氯乙酮纯度
高效液相色谱-串联质谱法测定水中唑啉草酯和炔草酯
离子色谱法测定岩藻聚糖中 L-岩藻糖
聚曙红 Y 修饰玻碳电极循环伏安法测定自来水中对苯二酚
气相色谱-质谱法快速筛查农药乳油制剂中非法添加物
热裂解原子吸收法快速测定固体燃料中总汞
分光光度法测定茶游离氨基酸总量标准溶液的选择
电感耦合等离子体质谱法同时测定血液透析用水中 17 种化学污染物
内标校正气相色谱法测定水体中硝基苯类化合物
悬浮固化液相微萃取高效液相色谱法测定环境水样中磺胺类药物
高效液相色谱法测定阿比特龙的纯度
高效液相色谱-串联质谱法同时测定水体中氯霉素类抗生素
气相色谱-飞行时间质谱联用法走航测定空气中挥发性有机物
气相色谱-质谱法测定一次性使用高压造影注射器及附件中环己酮和乙酰柠檬酸三丁酯的迁移量
高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法同步测定海水中的无机砷与六价铬
电感耦合等离子体发射光谱法测定枸橼酸托法替布片中毒性杂质钡

电感耦合等离子体质谱法测定高温合金 GH4169 中痕量碲
混合酸溶样氢化物发生-原子荧光光谱法同时测定土壤中的硒和锗
超高效液相色谱-串联三重四级杆质谱法检测人血浆中非靶向代谢物)
高效液相色谱-串联质谱法同时测定动物源性食品中金刚烷胺、金刚乙胺
电感耦合等离子体质谱法快速检测焙烤食品中锡、铝、镉、铅、砷、锰、铜
水中油分浓度分析仪检定用萃取剂的选择
气相色谱-质谱法检测地表水中内吸磷、对硫磷、甲基对硫磷和马拉硫磷
环保型萃取剂用于气相色谱法测定土壤中石油烃样品处理
采样袋容量及取样规格对袋子法测定 VOC 结果的影响
计量技术
酸度计检定装置计量比对结果与分析
水中臭氧分析仪校准用臭氧水溶液配制用酸的选择
实验室管理
环境检测实验室智慧运营管控平台的设计与应用
仪器设备
新材料研究用分析仪器政策支持方向建议
不确定度
铋磷钼蓝光度法测定镍铁合金中磷含量的不确定度评定
固相吸附-高效液相色谱法测定车内空气中醛酮的不确定度
综述
农药残留快速检测分子印迹传感器研究进展