

基于标准光纤的全站仪测距室内检定

杨潘 李新碗 李中方 陈建平

(上海交通大学区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室)

摘要: 本文提出了一种把光纤引入室内, 代替野外基线来检定全站仪测距的方法。此方法通过光电转换提取全站仪测距光中的调制电信号, 经外加调制器调制到外加激光上, 并经过光纤传输返回到全站仪接收管, 从而实现全站仪对光纤的测距。对提出的方法进行了实验验证, 结果表明: 此方法可实现用光纤在室内检定代替野外基线来检定全站仪测距, 同时克服了大孔径测距光到光纤耦合困难的难题。

关键词: 全站仪; 测距; 光电转换; 调制电信号; 检定

Indoor Calibration of Ranging by Total Station Based on Standard Optical Fiber

Yang Pan Li Xinwan Li Zhongfang Chen Jianping

(State Key Laboratory of Advanced Optical Communication Systems and Networks, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai)

Abstract: This paper presents a method to introduce optical fiber into indoor for replacing the outdoor baseline so as to calibrate total station ranging. In this method, the modulation signal is extracted from the total station through photo-electric conversion, then sent to the external laser after modulated by external modulator. After transmission via optical fiber, the signal is returned to the total station's receiving tube, and the total station achieves the ranging function by optical fiber. Experiment results show that this method can realize the calibration of total station ranging, which uses optical fiber indoor calibration instead of outdoor baseline, and can overcome the difficulty in coupling a large aperture ranging light from the total station to optical fiber.

Key words: total station; ranging; photo-electric conversion; modulation signal; calibration

0 引言

全站仪作为一种集角度测量和距离测量功能于一体的现代化高技术测量仪器, 以其操作方便、快捷、高效、精密、自动化、智能化等特点, 被广泛应用于工程测量、控制测量、地形测量、地籍与房产测量、施工放样、工业测量及近海定位等领域^[1], 依法对其进行测量检定, 以保证测量的精度和可靠性^[2], 成为一个重要环节。

目前, 常用的测距检定方法是野外基线场的六段法^[3,4]。然而, 由于野外基线场需占用大量的土地资源, 维护费用高, 检定受地质条件、地理位置、地面建筑构造、气象与温度等环境因素的影响, 并且野外作业工作量大^[5], 室内检定方法成为国内外研究所关注的焦点。虽然近年来越来越多的学者开始致力于室内检定方法的研究, 并先后建立了一些室内检定装置^[6], 但是又引入了扩展基线长度的新课题。相关研究专家关于利用光纤建立室内基线^[2,5]做了可行性分析, 但是大孔径测距光到光纤的耦合效率成为一个难题。我们采用通过光电转换提取全站仪测距光中的调制电信号, 通过外加调制器调制到外加激光上, 并经过光纤传输后返回到全站仪接收探测器的方式, 从而避免了大孔径测距光到光纤的耦合效率的难题, 实现了对全站仪的室内光纤检定。

全站仪发出的测距光经聚焦透镜汇聚到光电转换器的探测端面, 经光电转换处理得到调制电信号。此电信号通过电光调制器调制到外加激光器所发出的激光上, 经过单模光纤的传输后, 经准直器返回全站仪接收端面, 被全站仪接收, 通过全站仪测距功能键控制即可实现全站仪测距。

通过用可见的He-Ne激光模拟光路的方法对系统光路进行粗调。聚焦透镜和光电转换器探头的光轴一致性, 以全站仪测距光经过此光路时, 光电转换器输出电信号的幅度达到最大作为最佳状态; 准直器和全站仪接收管的光轴一致性, 则以全站仪EDM TEST模式下反射率大于5%接近最佳状态, 反射率可以尽量调高。

全站仪测距光在光纤中传输所经历的光程与附加光程之和的一半即为全站仪的测距读数。附加光程主要有三部分: 全站仪到光电转换器和准直器的空气距离、各光学元器件所产生的附加光程以及光纤几何形状的随机起伏、某些因素引起的光纤微变形和使用过程中的弯曲变形等^[2]引起的附加光程。只要在测量的过程中保持各种状态不变, 引入参考光纤, 被测光纤接入参考光纤后再进行测量, 并与参考光纤测量值作比较, 即可消除附加光程的影响。被测光纤的绝对长度可通过比Leica TDA5005测距精度更高的基于光纤延迟线的大量程、高精度光纤绝对长度测量方法^[7]测得。将全站仪的测量值与被测光纤的绝对长度作比较, 即可实现全站仪测距的高精度检测。

2 实验验证与分析

在我们搭建的系统上对利用光纤对全站仪测距进行室内检定的方法进行了验证。系统中, 全站仪采用瑞士生产的大尺寸便携式测量仪器Leica TDA5005, 其测距光波长为850nm, 物镜直径50mm, 聚焦透镜($f=100\text{mm}$)、

1 利用光纤对全站仪测距进行室内检定的原理
利用光纤对全站仪测距进行室内检定的原理见图1。

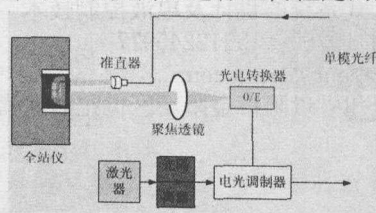


图1 利用光纤鉴定全站仪测距原理

光电转换器O/E、准直器(出射光斑直径1.5mm)、电光调制器均采用850nm适用的波长范围,外加激光器中心波长843.7nm,谱宽1.43nm,输出功率2mw,为防止反射光打回激光器,采用严格的850nm单波长光隔离器,被测光纤采用630HP单模光纤,并用基于光纤延迟线的大量程、高精度光纤绝对长度测量方法^[7]标定其绝对长度。

全站仪测距光经光电转换输出电信号为正弦信号,频率50MHz,峰峰值可达到1.7V,全站仪接收管接收返回的调制激光,反射率可达99%。

用基于光纤延迟线的大量程、高精度光纤绝对长度测量方法^[7]测得0.25m、0.5m、1m、2m、3m、5m、6m、8m、10m待测光纤段的绝对长度,并将其值作为标准长度。采用以上结构使全站仪分别对参考光纤段、参考光纤段基础上分别接入0.25m、0.5m、1m、2m、3m、5m、6m、8m、10m待测光纤段以及10m和2m、10m和3m、10m和5m、10m和6m、10m和8m、2根10m的组合测段各进行两次测距。由于全站仪测距显示值是光程的一半,将全站仪对参考光纤段基础上接入各待测光纤段的两次测量值的平均值与参考光纤段两次测量值的平均值作差值,差值的2倍即为各待测光纤段的测量长度,与标准长度作比较,其差值即为全站仪测距误差。测量结果如表1所示。

表1 全站仪测量光纤绝对长度结果及与标准长度的比较

序号 测段	第1次/m	第2次/m	平均值/m	测量长度 'm	标准长度 'm	误差 'mm
参考	11 74308	11 74218	11 74263			
0.25m	11 92647	11 92627	11 92637	0 36748	0.367020	0.460
0.5m	12 09527	12 09497	12 09512	0 70498	0.703950	1.030
1m	12 47336	12 47346	12 47341	1 46156	1.456914	4.646
2m	13 21774	13 21764	13 21769	2 95012	2.938044	12.076
3m	13 96402	13 96402	13 96402	4 44278	4.421874	20.906
5m	15 41658	15 41658	15 41658	7 34790	7.312506	35.394
6m	16 15066	16 15076	16 15071	8 81616	8 774200	41.960
8m	17 62242	17 62202	17 62222	11 75918	11 700182	58.998
10m	19 04748	19 04748	19 04748	14 60970	14 539360	70.340
10m+2m	20 52534	20 52524	20 52529	17 56532	17 477404	87.916
10m+3m	21 27012	21 27022	21 27017	19 05508	18.961234	93.846
10m+5m	22 72328	22 72298	22 72313	21 96100	21.851866	109.13
10m+6m	23 45726	23 45716	23 45721	23 42916	23.313560	115.60
10m+8m	24 92762	24 92762	24 92762	26 36998	26 239542	130.44
10m+10m	26 37658	26 37678	26 37668	29 26810	29 123074	145.03

对全站仪测距误差随待测光纤标准长度的变化关系做线性拟合,可以得到 $y=5.0627x-2.0002$,拟合度为0.9997,如图2所示。其中,y为全站仪对光纤的测距误差(mm);x为待测光纤的标准长度,即绝对长度(m)。

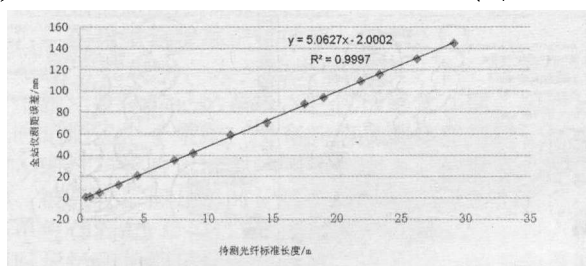


图2 全站仪对光纤的测距误差随待测光纤标准长度变化关系

由于本测试系统中的光电转换器、激光调制器等元件会引入一定的相位延迟误差,从而使系统在全站仪自身固有误差的基础上产生一定的测量误差。另外,本实验中待测光纤标准长度是采用基于光纤延迟线的大量程、高精度光纤绝对长度测量方法^[7]测得,此方法中测试光源使用

的波长为1550nm,而全站仪测量是在850nm的激光波长下测得,两种光在630HP单模光纤中传输的折射率不同,可能会对实验结果有一定的影响。

3 总结与讨论

通过分析和实验证明,利用标准光纤检定全站仪测距读数稳定,测量值和全站仪标称值基本一致。当然,上述分析和实验还有许多需要深入和完善的地方,如采取温控措施排除温度的影响,光纤标准长度的准确标定等。

参考文献:

- [1] 国家质量监督检验检疫总局.JJG100-2003.全站型电子速测仪检定规程[S].
- [2] 杨中东,雷玉堂.利用光纤检定激光测距仪的研究[J].光电工程,2007,34(1):139-144.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局.JJG 703-2003.光电测距仪检定规程[S].2003.
- [4] 清华大学测量教研组.短程光电测距仪和激光定位仪及其应用[M].北京:人民教育出版社,1980.
- [5] 张学庄.光电测距仪室内鉴定的必要性[J].测绘通报,1987,(4):25-30.
- [6] 杨维芳,傅辉清.光电测距仪检定方法研究进展[J].光学仪器,2008,30(4):77-81.
- [7] Shuguang Li,Xinwan Li,Jianguo Shen,et al. A new fiber length measurement method with high precision and large absolute length based on FDL[C].2010 19th Annual Wireless and Optical Communications Conference (WOCC 2010).

作者简介:

杨 潘,上海交通大学电子工程系,硕士研究生
手机: 15121036715
电子信箱: yangpan122@sina.com
通信地址: 上海市闵行区东川路800号上海交通大学电信群楼5号楼200B室(200240)。