

# 激光跟踪仪和全站仪联合测量技术在 轧线测量中的应用

苏保全, 张肇鹏, 陈 娥

(内蒙古包钢钢联股份有限公司工程服务公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 轧线设备具有设备大、距离长、精度要求高的特点, 文章针对全站仪测距精度相对较低的问题, 研究了激光跟踪仪和全站仪联合测量技术。在布设控制网时, 充分利用全站仪测角精度高、测量距离远和激光跟踪仪测距精度高的优势, 将测量误差降到最低, 且不需要经过复杂计算即可完成轧线高精度设备测量工作。

**关键词:** 轧机; 轧线; 激光跟踪仪; 全站仪

中图分类号: P204

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2025)03-0071-03

## Application of Combined Measurement Technologies of Laser Tracker and Total Station in Measurement of Production Line of Rolling

*Su Baoquan, Zhang Zhaopeng, Chen E*

*(Engineering Service Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010,  
Inner Mongolia Autonomous Region, China)*

**Abstract:** The equipment in production line of rolling is with such characteristics as large size, long distance and high accuracy requirements. In the paper, the combined measurement technologies of laser tracker and total station are studied aiming at the problem that ranging accuracy of total station is relatively low. When lay the control network, such advantages as high angle measurement accuracy and long measuring distance of total station as well as high ranging accuracy of laser tracker are made full use to minimize measuring errors and complete measurement of high accuracy equipment in production line of rolling without complicated calculations.

**Key words:** rolling mill; production line of rolling; laser tracker; total station

近年来, 钢铁行业遭遇寒冬, 加之行业竞争激烈, 使得钢铁企业对产品质量的要求不断提高, 这要求轧线关键设备精度控制水平进一步提高, 传统测量方法已不能满足不断提高的设备精度控制要求。

传统单架次轧机测量方案已不能达到不断提高

的设备精度控制要求, 为此有必要设计一种可以进行整条轧线设备系统化测量方法。激光跟踪仪有测量距离近的缺点(大概 60 m), 全站仪有距离测量精度低的缺点, 给整条轧线设备系统化测量方法的研究工作造成了障碍。

## 1 测量方法

近年来,一些先进测量仪器技术的发展为轨线设备的测量提供了解决思路,例如出现了测距精度能达到 0.02 mm 的 API 激光跟踪仪和测角精度能达到 0.5" 的 TS60 全站仪。

### 1.1 采用高精度全站仪的测量方法

全站仪采用球坐标测量系统原理进行测量,其测距基于电磁波测距,是以电磁波作为载波,传输光信号来测量距离的一种方法<sup>[1]</sup>。图 1 为 TS60 全站仪,表 1 为 TS60 全站仪的主要技术参数。



图 1 全站仪

表 1 TS60 全站仪的主要技术参数

最大测量距离/m	测角精度/(")	最高测距精度/mm	重量/kg	工作温度/°C
12 000	0.5	0.6	7.7	-20 ~ 50

从表 1 可以看出,全站仪有测角误差小、测量距离远、测距精度相对低的特点,而轨线设备具有设备大、距离长、精度要求高的特点。在这种情况下,如果使用全站仪进行测量,由于仪器本身测距精度低,会造成整体测量结果误差大,测量精度达不到轨线设备精度要求。

### 1.2 采用激光跟踪仪的测量方法

激光跟踪仪也采用球坐标测量系统的原理进行测量,通过两个高精度码盘和干涉测距模块分别获取测量目标的水平角、俯仰角和距离。图 2 为 API 激光跟踪仪,表 2 为 API Radian Plus 激光跟踪仪的主要技术参数。



图 2 API 激光跟踪仪

表 2 API Radian Plus 激光跟踪仪的主要技术参数

最大测量距离/m	测角精度/(")	最高测距精度/mm	重量/kg	工作温度/°C
50	1	0.015	11	-20 ~ 50

从表 2 可以看出,激光跟踪仪有测距精度高、测角误差大、测量距离近的特点。如果使用激光跟踪仪进行测量,由于激光跟踪仪的测量距离小且需要多次转站,导致误差累积,测量精度达不到轨线设备精度要求。

### 1.3 全站仪和激光跟踪仪联合测量方法

目前国内外有通过全站仪和激光跟踪仪联合测

量的方法,但是需要进行复杂的平差计算,而且在测量过程中用到了全站仪的测距功能,导致整体平差计算的精度降低,且该平差计算过程十分复杂,普通员工难以掌握<sup>[2]</sup>。

所以研究一种能够充分利用全站仪和激光跟踪仪各自的优势,不需要复杂平差运算,并在实际工作中操作简单、可广泛推广应用的全站仪和激光跟踪

仪联合测量方法是非常必要的<sup>[3]</sup>。

## 2 方案设计

全站仪和激光跟踪仪联合测量方法的核心是采用全站仪进行总站控制测量,考虑到全站仪测距精度相对较低,在布设控制网时,充分利用全站仪的测角误差小和激光跟踪仪测距精度高的优势,将测量误差降到最低,具体方案如下。

如图3所示,利用全站仪在两个控制点中间轧制中心线上布设临时点,临时点间距控制在15 m以

内,保证至少有3个控制点或临时点在激光跟踪仪50 m 测程范围内,其中端部两个点的连线作为轧制中心线,临时点作为精度验证点。

架设激光跟踪仪,测量测程范围内临时点、控制点和设备关键测量位置,利用测量到的临时点拟合出轧制中心线,利用该轧制中心线和大地水平面建立坐标系,根据设备测量  $y$  坐标值得出设备与轧制中心线的关系,重复上述步骤可完成所有设备与中心线关系的测量工作。

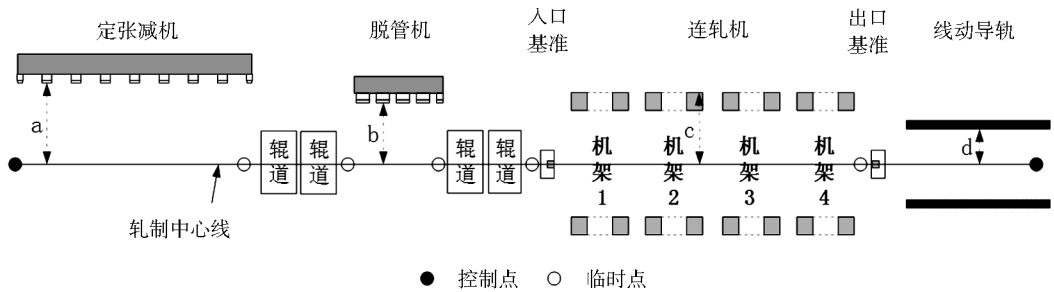


图3 轧线设备及基准点布置图

## 3 测量过程

选取某200 m 长的轧线为测量对象,测量定张减径机、脱管机、连轧机和线动导轨与轧制中心线的关系。依照方案设计的激光跟踪仪和全站仪联合测

量方法(简称新方法)和通过拉钢线多次测量平均值方法(简称传统方法)对定张减径机定位块与轧制中心线距离  $a$ 、脱管机定位块与轧制中心线距离  $b$ 、连轧机定位条与轧制中心线距离  $c$ 、线动导轨与轧制中心线距离  $d$  进行测量,测量数据见表3。

表3 两种测量方法轧线设备与轧制中心线距离

mm

项目	设计距离	新方法	传统方法	差值	
$a$	530	530.11	530.30	-0.19	
$b$	610	609.89	609.60	0.29	
$c$	648	轧机1	648.17	648.00	0.17
		轧机2	648.05	648.20	-0.15
		轧机3	647.98	647.90	0.08
		轧机4	648.08	648.20	-0.12
$d$	150	151.00	151.10	-0.10	

新方法与传统方法测量最大差值为0.29 mm,能够满足该轧线测量精度要求,所以采用全站仪和激光跟踪仪联合测量轧线设备方法能够满足轧线设备测量要求。

该测量方法主要有以下优点:采用全站仪一站建立控制网,不会产生累计测量误差;新方法的测距

精度取决于激光跟踪仪,可达到0.015 mm;新方法的测量距离取决于全站仪测距能力,可达到1 000 m 以上;新方法不需要复杂的平差计算,只需要建立坐标系后测量结果,便可直接使用,简单方便。

(下转第80页)

表 5 不同搅拌方式黏结指数精密度实验

样品编号	搅拌方式	黏结指数					平均值	RSD	标准值
		测定 1	测定 2	测定 3	测定 4	测定 5			
SDRM040003	机械自动搅拌 + 人工手动	78.4	78.6	79.2	79.1	79.6	79.0	0.48	
	机械自动搅拌	78.5	78.0	78.9	77.6	78.9	78.4	0.57	79
	人工手动	79.2	80.3	81.2	77.9	79.6	79.6	1.23	

由表 5 实验数据可见,机械自动搅拌比人工手动搅拌  $G$  值测定结果系统偏低,但极差不超国标规定的 3% 的重复性限。机械自动搅拌比人工手动搅拌测定的黏结指数稳定性好。但在搅拌的过程中发现,使用机械搅拌时,由于搅拌丝的半径是一定的,搅拌后会出现以此半径为圆的塌陷圈,而使四周高的煤样粘在坩埚壁出现分层,同时在高热高湿的环境下,机械搅拌后会出现煤样小的聚集球,需要补充人工搅拌压碎,充分混匀,这可能是人工手动搅拌比机械自动搅拌  $G$  值测定结果略高一点的原因。机械自动搅拌补充人工手动搅拌方式测定的黏结指数 RSD 值最小,测定结果优于其他两种搅拌方式,数据更准确,精密度更优。

## 6 结束语

煤炭的黏结指数除了受样本自身的影响外,还与  $G$  值测定过程中各环节的操作、环境、实验条件

等有密切关系。除采样环节外,样品干燥时间、样品粒度、样品制备时间对  $G$  值的测定结果影响明显,尤其是对弱黏结性气煤的影响远大于对中强黏结性煤的影响;样品分析环节样品的存放时间对  $G$  值的测定结果影响次之,搅拌方式对  $G$  值的测定结果影响最小,同样这些因素对弱黏结性气煤的影响远大于对中强黏结性煤的影响。因此,为确保黏结指数测定结果的准确性,测定过程中应严格控制以上影响因素的操作条件。

## 参 考 文 献

- [1] 李英华. 煤质分析应用技术指南: 第 2 版 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [2] GB/T 5447—2014, 烟煤黏结指数测定方法 [S].
- [3] GB/T 474—2008, 煤样的制备方法 [S].

(上接第 73 页)

## 4 结束语

全站仪和激光跟踪仪联合测量方法适用于长距离轧线等设备偏差检测,充分发挥了两种仪器各自的优势,无需经过复杂平差计算即可完成轧线设备测量任务。

## 参 考 文 献

- [1] 李洋, 瞿剑苏, 李鸿儒. 基于全站仪和激光跟

踪仪的长距离标定方法研究[J]. 计量与测试技术, 2021, 48(1): 86-90.

- [2] 李方, 邹进贵, 杨义辉. AT960 激光跟踪仪在大型设备安装检测中的应用[J]. 测绘通报, 2018(S1): 129-133.
- [3] 孙海丽, 姚连壁, 周跃寅, 等. 激光跟踪仪测量精度分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2015, 35(1): 179-181.