

工程施工快速放线装置设计与性能研究

宋雷雷 孙永强 王世玮

新疆兵团水利水电工程集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]工程放线是建筑、市政、路桥工程施工中不可或缺的关键工序,其作业效率与定位精度直接关系到工程整体质量、施工进度与成本控制。当前施工现场普遍使用的传统墨斗、简易放线工具存在双人操作、效率低下、走线易跑偏、放线高度不可调、定位精度差、稳定性不足等诸多问题,难以满足现代化工程高效、精准施工的要求。针对上述行业痛点,文中设计一种用于工程施工的快速放线装置。该装置以底座固定机构、同轴转动收放线机构、高度可调限位约束机构、快速锁紧定位机构为核心,采用轴承支撑减小转动阻力,通过可拆卸式组装提升便携性,利用限位空间保证走线平直,借助锁钉锁槽结构实现放线长度快速锁定。

[关键词]工程施工;放线装置;限位导向;单人作业;精度控制

DOI: 10.33142/ec.v9i6.19829

中图分类号: TU711

文献标识码: A

Design and Performance Study on Rapid Laying Device for Engineering Construction

SONG Leilei, SUN Yongqiang, WANG Shiwei

Xinjiang Bingtuan Water Resources and Hydropower Engineering Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: Engineering layout is an indispensable key process in the construction of buildings, municipal engineering, and road and bridge engineering. Its operational efficiency and positioning accuracy directly affect the overall quality, construction progress, and cost control of the project. The traditional ink fountain and simple laying tools commonly used on current construction sites suffer from many problems such as double operation, low efficiency, easy deviation of the line, inability to adjust the laying height, poor positioning accuracy, and insufficient stability, which are difficult to meet the requirements of modern engineering for efficient and precise construction. In response to the pain points in the aforementioned industries, this article proposes a rapid laying device for engineering construction. The device is centered around a base fixing mechanism, a coaxial rotating cable retraction mechanism, a height adjustable limit constraint mechanism, and a quick locking positioning mechanism. It uses bearing support to reduce rotational resistance and improves portability through detachable assembly. The limit space is used to ensure straight wiring, and the locking nail locking groove structure is used to achieve quick locking of the cable length.

Keywords: engineering construction; wire laying device; limit guidance; single person homework; precision control

1 施工放线的研究与现状

1.1 研究背景与意义

施工放线是将设计图纸转化为现场实体位置的重要环节,广泛用于轴线放样、标高传递、轮廓控制、基坑开挖和管线敷设等工序。放线偏差会引起墙体、梁柱、管线及道路边线位置错误,严重时造成返工、工期延误和成本增加;放线效率低则会影响后续工序衔接,降低施工组织效率。

现阶段施工现场仍大量采用传统墨斗。该类工具依靠人工拉线和手动收线,通常需要两人协同操作,且墨线缺

少稳定导向,拉伸过程中容易晃动、跑偏;在长距离或大面积作业时,收放线速度较慢,放线高度不易调整,难以兼顾地面、墙面及高处等多种工况。同时,传统工具结构简单、抗扰能力弱,在粉尘、磕碰较多的施工环境中耐用性不足。

近年来,部分新型放线装置虽对自动收线、墙面辅助或墨斗结构进行了改进,但仍存在结构复杂、拆装不便、适用范围窄、成本较高等问题,现场推广受限。因此,研发一种结构简洁、操作便捷、可单人操作、精度可靠且成本可控的快速放线装置,对提升施工效率、降低人力投入

和保障放线质量具有现实意义。

1.2 国内外研究现状

国外施工放线工具多向机械化、自动化方向发展,常与测量仪器或定位系统集成,精度较高,但价格昂贵、维护要求高,对普通中小工程适配性不足。国内研究主要集中在放线技术优化和简易工具改进方面,专利和论文中已有自动收放线、墙面辅助放线、墨斗改良等方案;缺点与不足如下:电机驱动装置便携性不足,专用放线设备适用场景单一,改良墨斗仍需双人操作。目前各类装置均无法兼顾轻量化、低成本、单人作业与现场实用性,综合性能有待进一步提升。

1.3 研究内容与技术路线

本文围绕施工现场放线痛点,开展快速放线装置设计与性能研究。主要内容包括:分析传统放线工具缺陷,明确设计原则与技术指标;提出装置总体结构方案并完成关键部件设计;阐述工作原理和标准化操作流程;通过理论分析与现场对比试验评价装置性能;总结其创新点、适用场景和推广价值。技术路线为:需求分析→方案设计→结构细化→原理阐述→性能验证→结论总结。

2 装置设计原则与总体方案

2.1 设计原则

为了保证该装置能够满足施工现场的实际操作需求,技术设计遵循以下核心原则:(1)实用性原则:贴合工地现场操作习惯,单人可快速上手,无需专业培训;(2)稳定性原则:底座固定牢固、稳定,人工操作转动结构时同轴度高,作业不晃动、不移位,精度准确;(3)精准性原则:设置走线约束与长度锁定机构,控制放线误差,满足《工程测量规范》GB 50026-2020 的精度要求;(4)便携性原则:采用可拆卸结构,拆卸方便、体积小、重量轻,施工现场便于携带与转运;(5)经济性原则:构件加工简单、材料易得,生产成本低,适合批量推广;(6)耐用性原则:选用金属材质与轴承结构,适应室外工地粉尘、沙尘、磕碰等恶劣环境。

2.2 总体结构方案

本装置采用立式同轴转动与模块化可拆卸结构,由底座固定模块、辅助架支撑模块、转杆收放线模块、限位约束模块、锁紧定位模块和省力驱动模块组成。底座负责支撑和地面定位;辅助架形成上部框架,保证转杆稳定;转杆实现绕线收卷与释放;限位约束模块限定走线高度和方向;锁紧机构用于快速锁定放线长度;驱动杆通过加长力臂降低操作强度。装置整体高度约 600mm、底座直径约 200mm、重量约 3.5kg,单人可携带至不同作业点。

3 装置详细结构设计

3.1 底座固定模块

底座为装置的基础承载部件,采用 Q235 碳钢圆盘一体式结构,具有较好的强度和刚度,可承受放线过程中的侧向拉力与偶然冲击。圆盘中部设置环台和沉孔,用于安装深沟球轴承,并通过固定套进行轴向压紧,防止轴承松动和转杆窜动。圆盘外侧均布第一耳板和第二耳板,第一耳板开设通孔,供插杆打入地面实现固定;第二耳板设置螺纹孔,与辅助架通过螺钉连接,便于快速拆装。

3.2 辅助架支撑模块

辅助架采用框架式结构,由 3 块 L 型板与顶板焊接组成,并与底座耳板螺栓连接。L 型板沿圆周均匀布置,可提供侧向支撑并防止框架变形;顶板中部设置通孔供转杆穿过,上部焊接套筒,套筒外侧均匀开设 3 个螺纹孔,用于安装锁钉。该结构既保证上部刚度,又便于现场拆装。

3.3 转杆收放线模块

转杆为核心运动件,由杆体、限位盘和锁头组成。杆体贯穿底座和辅助架,用于缠绕放线绳;限位盘设置在下部,用以承托线绳,避免其与底座、轴承交叉干涉;锁头位于顶部,外周加工锁槽,与锁钉配合实现锁止。转杆底部与轴承配合,可显著降低转动阻力,使放线和收线过程更加顺畅,并延长装置使用寿命。

3.4 限位约束结构

限位组件为高度可调式导向装置,由支撑套、调节杆、固定头、端盖组成。支撑套:与底座第一耳板的第二螺纹孔螺纹连接,安装牢固,拆卸方便;调节杆:与支撑套螺纹配合,旋转可升降,调整约束空间高度,调节范围可达 0~200mm,能够适用于施工现场不同高度的作业条件需求。

固定头:顶部开设通槽,与端盖螺纹连接,形成封闭约束空间;圆角设计:通槽与端盖内侧分别设第一圆角、第二圆角,可防止放线绳运行卡顿,避免划伤放线绳,提升放线绳的使用寿命。放线绳穿过约束空间,强制保持直线行走,从根源上解决跑偏问题,保证放线的平直度。

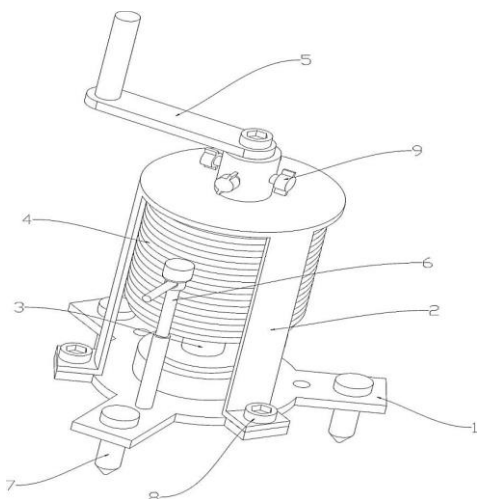
3.5 锁紧定位结构

锁紧装置由锁钉与锁槽组成,锁钉包括螺杆、圆台、接触板、尖头。螺杆:与套筒第三螺纹孔配合,旋进后尖头顶紧锁槽,达到限位保险安全的效果;接触板:增大握持面积,便于徒手拧紧,无需工具即可完成锁止操作;多点锁紧:3 组锁钉对称布置,受力均匀平衡锁止牢固,无打滑、滑动、松动风险,保证放线长度的精准锁定。

3.6 省力驱动模块

驱动杆由连接板与握持柱组成,连接板开设第五通孔,

与转杆顶部第四螺纹孔螺栓连接。驱动杆加长力臂，根据杠杆受力原理，可将操作力降低 40%以上，转动操作省力便捷，单人即可完成收放线操作，长时间作业也不易产生疲劳，更具人性化操作。



1—底座；2—辅助架；3—转杆；4—绕线；5—驱动杆；
6—限位组件；7—插杆；8—螺钉；9—锁钉

图1 装置示意图

4 装置工作原理与操作流程

4.1 核心工作原理

本装置以手动机械转动、限位导向、摩擦锁止为核心原理：

转动收放线：驱动杆带动转杆绕轴承同轴旋转，实现放线绳快速释放与回收；

限位保直：约束空间限定放线绳的高度与路径，保证走线平直顺滑；

锁止定位：锁钉顶紧锁槽固定转杆防止转动，可以锁定放线长度；

高度调节：旋转调节杆改变约束空间高度，适配不同工况，现场适应能力较强。

4.2 标准化操作流程

现场固定：依据 GPS 控制点校核。首先将装置放置于放线起点，将插杆插入第一耳板通孔并砸入地面，保证

底座稳定牢固，由此可确保装置在放线起点位置准确、稳固牢靠。

组件装配：将辅助架与底座用螺钉紧固；把放线绳套在转杆上，线头穿过限位装置的约束空间；安装驱动杆与锁钉固定。

放线作业：单手握住驱动杆，逆时针旋转释放放线绳，拉至目标控制位置；操作过程中，均匀施加拉力，依靠约束空间保证绳体平直不跑偏。

长度锁定：放线到位后，徒手拧紧套筒上的 3 个锁钉，使尖头顶紧锁槽，转杆无法转动，放线长度固定。

高度调节：通过旋转调节杆，升高或降低约束空间调节不同放线高度，适用于不同高度的放线需求，并方便用卷尺进行校核。

收线作业：松开锁钉，顺时针旋转驱动杆，转杆卷绕放线绳，快速完成收线。

拆卸收纳：松开螺钉与支撑套，拆分各部件，体积小，便于携带与存放。清理完毕后，按仪器设备管理要求进行整理存放。

5 装置性能分析与对比试验

5.1 理论性能分析

效率性能：驱动杆结构受力设计加工，收放线速度提升，单人操作，节省 50%人力。

精度性能：限位约束误差 $\leq 2\text{mm}$ ，锁止定位误差 $\leq 3\text{mm}$ ，满足工程放线规范要求。

稳定性能：三点式底座固定+框架支撑，稳定平衡、抗晃动、室外抗风扰能力强。

适配性能：高度调节范围 0~200mm，适配室内外、地面低空多场景。

寿命性能：轴承转动+金属构件，磨损小、抗冲击，维护材料购买方便，使用寿命 ≥ 2 年。

5.2 对比试验

为验证本装置的实际性能，以传统墨斗为对照组，本装置为试验组，在市政道路施工现场开展对比测试，选取 100m 放线作业的典型数据，测试指标包括操作人数、作业效率、定位误差、调节能力、稳定性、作业环境等。

表1 传统墨斗与快速放线装置对比

测试指标	传统方法（墨斗）	本快速放线装置	提升效果
操作人数	2 人	1 人	节省 1 名作业人员
100m 放线时间	15min	6min	效率提升 60%
定位误差	8~15mm	$\leq 3\text{mm}$	精度提升 75%以上
高度调节	不可调	0~200mm	实现多场景适配
稳定性	易晃动、跑偏	固定牢固、走线平直	稳定性显著提升
室外环境	雨天、三级以下风	雨天、三级以下风影响小	可进行放样

5.3 试验结论

试验数据表明,本装置技术在精度、人力成本、实用性、稳定性、效率等方面均优于传统放线、放样方法,可以完全满足各类工程施工放线的技术控制和精度要求。

6 装置创新点与优势总结

6.1 核心创新点

单人作业模式:优化了传统双人配合作业的方法,现场按此装置技术操作(驱动省力+锁止定位),一人基本可完成全流程作业。可调限位导向:约束空间强制直线走线,高度可调,精度高,解决了传统工具走线跑偏与场景适配的难题。快速机械锁止:徒手锁钉结构,无需工具,锁定快速、牢固。可拆卸便携结构:拆分后体积小,重量轻,适合工地各类场景的转运与流动作业。低阻力转动设计,轴承支撑,转动顺滑,长时间操作不易疲劳,人性化提高。

6.2 综合优势

降本增效:减少人力投入,提升放线速度和效率,缩短插入间隔时间,能够为施工单位降低约30%的放线工序成本,提高现场施工效率。

质量可控:定位精度高,直观性强,可随时进行对标检查。避免因放线误差导致的返工,有效提升工程施工质量,降低质量风险。

操作简单:无复杂步骤,技术人员根据提供的坐标控制点,现场交底后可快速上手,无需专业培训,降低了人员的培训成本。

环境适配:耐粉尘、沙尘,抗磕碰,适合工地恶劣环境,即使在粉尘、沙尘较多、磕碰频繁的工地环境中,也能保持稳定的性能。

成本低廉:构件加工简单,材料成本低,可批量生产与普及,远低于同类新型放线工具的成本。同时按要求进行保管、维护,可重复使用。

7 应用场景与推广价值

7.1 主要应用场景

市政、管网工程:道路轴线放样、管线定位、人行道放线、井盖标高传递,能够满足市政工程不同场景、多类型的放线需求。给排水、电力、燃气管线铺设放线,适配管线工程的长距离铺设、高精度定位的相关技术需求。

建筑、桥梁工程:墙体轴线、梁柱定位、门窗洞口放

线、场地平整测量,适配房屋建筑施工的各类放线工序。桥梁桩基定位、路基边线放样、防撞栏放线,能够满足路桥工程长距离、高精度的放线要求。

其他小型工程:维修改造、室内装修、场地划线等快速定位,能够满足小型工程的快速放线需求。

7.2 推广价值

本装置技术结合国内工程施工现状,技术成熟、结构可靠、成本可控、易普及,可作为传统放线(如墨斗)的升级替代产品,适应性强,效率高。随着工程标准化、高效化施工要求不断提高,本装置具备广阔的市场前景与推广空间。本文详细阐述了装置的整体方案、结构组成、工作原理与操作流程,通过理论分析与现场应用对比试验验证装置性能及操作要点,并总结其技术优势与各类应用场景。研究结果表明,本装置可实现单人独立完成放线作业(通过控制点自行进行校核),放线效率较传统工具提升60%以上,定位误差控制在3mm以内,具备结构稳固、操作简便、高度可调、耐用性强等特点,能够适配市政道路、房屋建筑、桥梁管线等多场景施工放线需求,可有效替代传统放线工具,具有较高的工程实用价值与推广前景。

8 结论

本文针对传统工程放线工具的进一步技术提升和创新,结合施工一线技术开发,完成了工程施工快速放线装置的设计与实际操作。技术装置以底座固定、同轴转动、限位约束、线缆张紧快速锁紧为核心,实现了单人操作、快速收放线、精准定位、高度可调、便携耐用的设计目标。

该装置解决了施工现场放线效率低、精度差、人力成本高的痛点,对提升工程施工质量与效率具有积极意义,可为同类施工工具的研发提供参考与借鉴。

[参考文献]

- [1]张磊,王健.建筑施工自动收放线装置的设计与实现[J].工程机械与维修,2022(3):45-47.
- [2]冯建伟.施工现场放线架的新型设计与应用[J].工程技术研究,2022,6(5):87.
- [3]中华人民共和国住房和城乡建设部.工程测量规范 GB 50026-2020[S].北京:中国计划出版社,2020.

作者简介:宋雷雷(1990—),本科,甘肃天水人,工程师,主要从事施工现场的管理技术工作。