

预应力智能张拉系统研究及其工程应用

邓年春

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545005)

摘要:本文在简述中国预应力智能张拉系统研究及应用进展的基础上,介绍了典型预应力智能张拉系统的组成,应用领域主要包括应用于后张梁、先张梁、地锚索和钢绞线等张法张拉等,然后概述了基于磁通量技术的预应力束张拉后的有效预应力测量方法,最后描述了智能张拉系统及有效预应力测量方法的工程应用。采用文中的预应力智能张拉系统,可按照预设程序,科学、规范地对预应力束实行张拉施工、数据记录和施工管理,减少人工干预因素的影响,能有效地保证预应力张拉施工质量。

关键词:预应力技术 预应力束张拉 智能张拉系统 有效预应力 磁通量测量系统

1 中国预应力智能张拉系统研究及应用进展

目前在土木建筑施工领域,对预应力钢束的张拉施工方式普遍采用手动操作电动油泵驱动千斤顶的方式。在此过程中,手动控制设备,肉眼查看机械压力表读数来控制张拉力,人工测量千斤顶的活塞伸长量并手工计算预应力筋束的伸长值,实现预应力张拉的双控目标。该预应力张拉工艺的测控精度差、效率低、多顶同时张拉同步性难控制、施工流程的规范性难监控、施工质量易受操作人员影响^[1]。随着传感技术、通讯技术、计算机技术和控制方法的发展,预应力张拉系统逐渐向数字化和智能化方向发展。文献^[2](周正等人,1999)在数控油泵的研制方面取得了初步成功,但不能对张拉力实施直接控制,而且不能实现张拉伸长值的控制。文献^[3-5](李珠等人,2003)通过制造复合力传感器、智能控制仪,由PLC控制步进电机驱动油泵控制阀实现自动控制,最后与传统的千斤顶结合形成智能预应力张拉装置,用于房建工程。该套设备不能对张拉速度进行控制,并不适用多台千斤顶同时张拉工况。文献^[6]基于PLC控制的预应力设备系统,通过1个PLC控制器分别对2台油泵进行联机同步控制,采用比例阀进行速度控制,实现预应力两端同时张拉,并用于水电工程。采用比例阀控制,设备成本比较高。文献^[7-9]基于电机变频控制技术和无线信号传输技术,采用计算机对多台千斤顶进行同步张拉控制和施工管理,并应用于大量工程。

2 典型预应力智能张拉系统组成

预应力智能张拉系统,主要是通过计算机

(或PLC)控制张拉油泵和千斤顶,利用测力传感器和位移传感器的测量数据反馈,实现预应力同步和精确张拉,同时对张拉过程数据进行储存,可随时调看历史数据,主要应用范围包括后张梁、先张梁、地锚索、等张法钢绞线拉索施工和锚具锚固试验等领域。

2.1 后张梁预应力智能张拉系统

预应力混凝土梁后张预应力的施工主要存在三种工况:1)预应力筋束单端张拉;2)单束预应力筋两端对称同步张拉;3)双束预应力筋两端对称同步张拉。典型的智能张拉系统由计算机张拉控制仪、智能主泵站、智能从泵站、智能千斤顶和辅助线管组成。其中泵站主要有一泵驱动两顶和一泵驱动单顶的结构,泵站内控制器有单片机和PLC控制器两种。系统内液压流量的控制方式主要有通过变频器的变频改变电机的转速而实现、比例阀控制和变量泵控制三种。泵站之间和泵站与控制仪之间的通讯方式主要有有线通讯和无线通讯两种。

张拉过程中以力值为控制指标,伸长量误差作为校核指标。力值的计算和判断,是通过实时采集安装在张拉设备(千斤顶)上的液压传感器上的数据得到,需根据预先标定的方程计算得出。预应力筋束的伸长量,通过采集安装在千斤顶上的位移传感器数据得到。系统根据预设的程序,由主机发出指令,同步控制每台设备的每一个机械动作,自动完成整个张拉过程。智能张拉系统操作简单,界面人性化。设备的测量控制精度可达到力值测量定位精度0.5%,同步控制精度1%,位移测量精度0.2mm。在伸长值校核时,需要考虑夹片的回缩量。

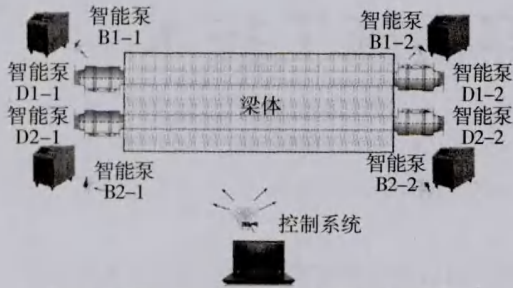
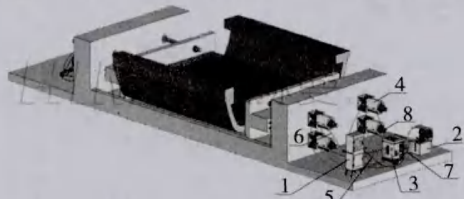


图1 典型后张梁预应力智能张拉系统

2.2 先张梁预应力智能张拉系统

先张梁预应力张拉的工况主要是单端多顶的同步张拉。千斤顶的行程长、吨位大，需要大流量的泵站。智能张拉系统的组件类似于后张梁系统。



- 1.智能张拉总控制台
- 2.智能张拉泵站
- 3.智能张拉子站
- 4.智能张拉油缸
- 5.数据通讯总线
- 6.传感器信号线
- 7.泵站控制信号线
- 8.高强度拉杆

图2 先张梁预应力智能张拉系统

2.3 地锚索智能张拉系统

地锚索张拉工况主要是单束单端张拉，其智能张拉系统主要包括张拉泵站（含控制系统）、张拉千斤顶和塌陷测量装置。该系统与后张梁预应力智能张拉系统的主要不同点在于地锚索张拉需要考虑千斤顶安装位置地面的塌陷值，一般采用激光位移传感器测量。由于单泵单顶系统数据量较小，张拉张控制系统直接嵌入泵站内。

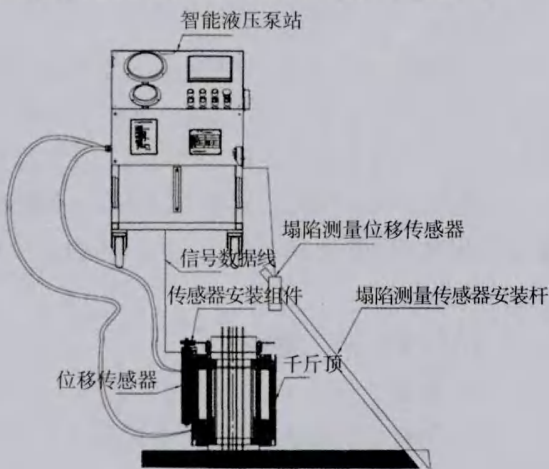


图3 地锚索智能张拉系统

2.4 等张法钢绞线拉索施工智能张拉系统

钢绞线拉索的索体是由多根钢绞线组成。平

行钢绞线拉索在现场施工时，一般采用逐根钢绞线挂索法。为了使各根钢绞线受力均匀，采用等张力法施工，其原理是：在第1根绞线安装测力传感器，后续钢绞线张力，全部以第1根的传感器读数为参考值，等力值张拉，直至全部安装完毕。等张法智能张拉系统主要包括智能油泵（含控制系统）、连续张拉千斤顶、测力传感器及读数仪、张拉支座等装置。智能油泵的张拉力值与测力传感器测量力值相等时，自动停止张拉。该系统的主要特点是，双力值相等，并且是小吨位千斤顶，为了控制张拉速度需要小流量泵站。

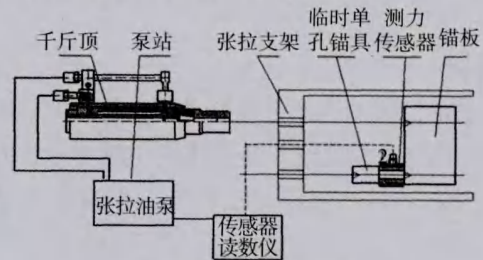


图4 等张法智能张拉系统

3 张拉之后的有效预应力测量

磁通量传感器是基于铁磁性材料的磁弹效应原理制成的，即当铁磁性材料受到外力作用时，其内部产生机械应力或应变，相应地磁导率发生改变，通过测定磁导率变化来反映应力变化。它由两个铜线圈组成，即初级线圈和次级线圈，见图5。初级线圈通入脉冲电流，通电瞬时，由于有铁芯试件存在，会在次级线圈中产生瞬时电流，得到一个瞬时电压。电磁感应产生的电压的大小依赖于铁芯材料的磁导率，铁芯材料的磁导率又与铁芯的应力状态相关，根据感应电压与应力的关系实现测量。它与常规传感器的主要不同点在于试件是传感器的一部分，它直接感应试件的磁特性变化来测量应力，属于非接触测量，安装位置也比较灵活。另外该传感器的使用寿命比较长，可用于长期监测。采用磁通量传感器可对张拉后的有效预应力进行测量，使用方法是，将它套装在波纹管的外面，埋置于混凝土中，测量精度可达到3%。

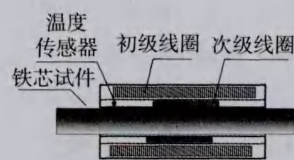


图5 磁通量传感器结构简图 图6 磁通量传感器结构简图

(下转第40页)

将剪成的条状切割套筒压迫变形。在整个切割、变形的过程中剪切力、变形压力、摩擦阻力这三个力的轴向分力共同组成反力来保证本锚固系统在能够表现出延性的同时提供稳定的锚固性能。

针对新型锚具的延性特点通过大量的试验,发现新型锚具在缓慢加载与急速加载时均能表现出良好的稳定性且延性距离与延性限定值均可根据实际需要设定,所以本新型锚具具有十分广泛的使用空间。

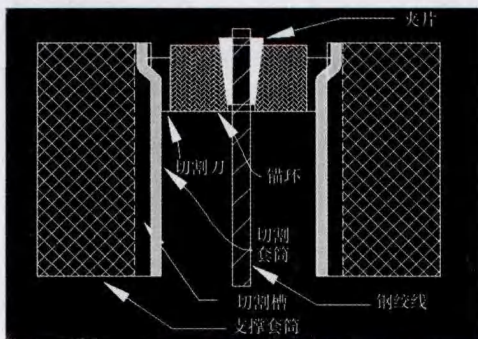


图5 新型锚具的工作原理图

传统锚固方式与新型锚固方式在极限受力时的应力应变图见图6、图7所示。

如图7所示可以看出新型锚具在急速加载的情况下进入延性阶段后其应力应变曲线非常平滑,应力维持性非常稳定。这与传统锚固方式的

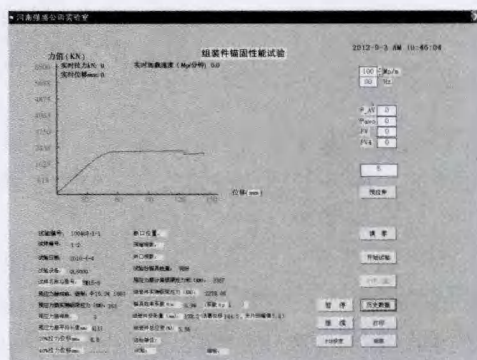
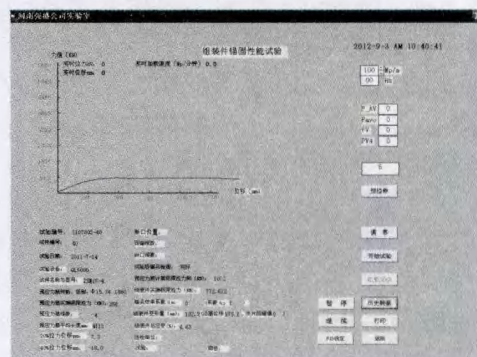


图6 传统锚具的静载应力应变图



工作情况相比在地质灾害多发区的工作性能优势非常明显,有一定的推广使用价值。

(李金岭)

(上接第25页)

4 预应力智能张拉系统的工程应用

后张梁预应力智能张拉系统自2011年之后,在中国的桥梁建设过程中,在中国13个省区市的交通、市政建设项目得到了广泛的应用,包括湖南省30多条在建高速公路。钢绞线拉索等张法施工的智能张拉系统主要用于铜陵大桥和重庆南屏大桥钢绞线拉索智能张拉。磁通量传感器对体内索的有效预应力测量,主要应用于南宁葫芦鼎大桥、杭州湾大桥、成都双流机场、广元白水河大桥等项目。

5 结论

数字化智能化技术在预应力张拉控制中的应用,具有下列优点:

(1) 可以多根预应力筋同时张拉,它的应用大大提高了施工效率。

(2) 应力控制和位移控制的数字化大大提高了控制精度。

(3) 整个张拉过程程序化、规范化、操作

简化化完成,大大降低了对操作人员的素质要求,有效地保证了工程质量。

(4) 施工过程自动记录数据并可立即打印,保证了记录的真实性和准确性。

目前,预应力智能张拉系统在中国桥梁预应力施工中,正广泛推广使用。实践证明,该工艺方法是成功的,有效地保证了工程质量。

参考文献

- [1] 刘山洪. 预应力砼桥梁张拉技术的发展与应用[J]. 重庆交通学院学报, 2006,5:9-12
- [2] 周正, 宋慧杰. 预应力施工配套机具的研制[J]. 建筑技术开发, 1999, 26(5): 21-22
- [3] 李珠, 高建全, 贾敏智等. 全自动智能预应力数字化张拉装置的初探[A]. 第十二届全国结构工程学术会议论文集第Ⅲ册[C], 2003年
- [4] 郭全全. 预应力数字化张拉技术及预应力结构中环境温度效应的研究[D]. 太原理工大学, 2003
- [5] 高建全. 工业与民用建筑智能预应力张拉装置的研制[D]. 太原理工大学, 2004
- [6] 李炜, 陈曦. 基于PLC控制的数控预应力设备在水电基建中的应用[J]. 施工技术, 2004,7
- [7] 姜海西. SPB-A型全自动智能张拉设备的研制. 中国市政工程, 2011, 156(6): 74-77
- [8] 唐前松. T梁预应力智能张拉精细化施工工艺及施工控制. 公路工程, 2011,36(4): 155-157