

单机1200t级超大吨位步履式顶推装置液压系统研究

梁利文

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545005)

摘要: 液压系统是步履式顶推装置最核心组成部分,通过对步履式顶推装置施工工艺分析,研究满足于步履式顶推装置各项性能指标的液压系统。通过对液压原理、执行机构动作流程、元器件选型等深入研究,使步履式顶推实现按规定施工工法完成箱梁的顶推前移。步履式顶推装置平均顶推速度约为5m/h,同墩两侧顶推同步精度 $<3\text{mm}$,各墩之间顶推同步精度 $<4\text{mm}$;同侧顶升千斤顶顶升或下放箱梁同步精度 $<3\text{mm}$,完全满足步履式顶推装置的各项功能要求及精度要求。

关键词: 施工工法 液压系统设计 液压元器件选型 功能实现

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2016.05.005

随着国家经济发展和科学技术的进步,各种跨越已有线路的桥梁建设越来越多,为保障桥下已有线路交通的正常运行,以及考虑施工安全等因素,常常采用顶推法施工工艺。传统的顶推施工方法,多采用拖拉式多点连续顶推施工技术,其设备简单、工艺成熟、安全可靠。但该法是通过牵引方式实现箱梁的平移,对临时墩或永久墩的墩顶产生较大的水平推力,需对桥墩进行临时加固。同时,因为顶推过程中梁是滑动的,所以梁的内力,正、负弯矩也交替变化,为了满足梁顶推过程内力变化,需在箱梁的顶板、底板都配纵向通索,通索在顶推到位以后,在营运阶段的相当段落是多余的,这里多配了30%的临时预应力索,增加了工程成本和施工的难度。再有,对于一些平曲线与竖曲线较为复杂的桥型,采用传统的拖拉顶推施工工艺将变得十分困难。

步履式顶推是顶推施工技术中较为先进的工艺,采用步履式顶推装置进行箱梁顶推施工时,箱梁不需额外加固,也不需在箱梁上安装其它临时的被受力构件,被顶推的钢箱梁或混凝土梁不受损伤,同时顶推装置所施加的顶推力仅为装置本身的内力,桥墩不受水平推力,它只要通过控制系统协调控制千斤顶,就能准确、有效地将箱梁顶推就位,以解决传统拖拉顶推施工存在的问题^[1]。

转自《装备创造技术》2016年第6期

基于以上原因,步履式顶推装置(见图1)研究迫在眉睫。而作为顶推装置最核心的组成部分,液压系统研究的成功与否,是步履式顶推装置能否实现其功能的关键因素。本文通过对液压系统的深入研究,使步履式装置能够按照规定动作工作,符合步履式顶推施工工法要求,平均顶推速度达到4~6m/h,实现同墩两侧顶推同步精度 $\leq 4\text{mm}$,各墩之间顶推同步精度 $\leq 5\text{mm}$;同侧顶升千斤顶顶升或下放箱梁同步精度 $\leq 4\text{mm}$ 的要求。



图1 1200t级步履顶推装置

1 步履式顶推施工工艺分析

基于步履式顶推施工工法要求,其施工工艺主要按以下动作步骤实施:

第一步:顶升千斤顶伸缸顶起箱梁,使箱梁脱离两侧支垫块,如图2所示;

第二步:左侧两台顶推千斤顶伸缸,推动梁底垫块与箱梁向前移动,右侧两台顶推千斤顶被



动缩缸。如箱梁前移过程中箱梁中心轴线偏移要求，需使用纠偏装置进行轴线纠偏，如图3所示；

第三步：顶升千斤顶缩缸，下放箱梁于两侧支垫块上，梁底垫梁与箱梁脱离；如图4所示；

第四步：右侧两台顶推千斤顶伸缸回程，左侧两台顶推千斤顶被动缩缸，准备进行下一个循环，如图5所示。

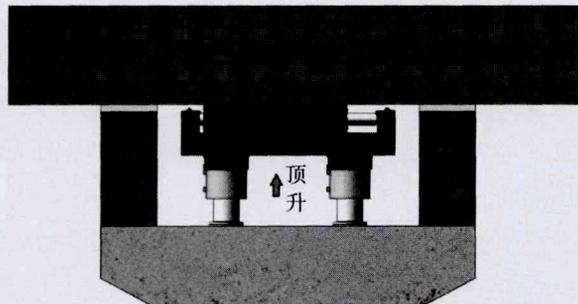


图2 顶起箱梁图

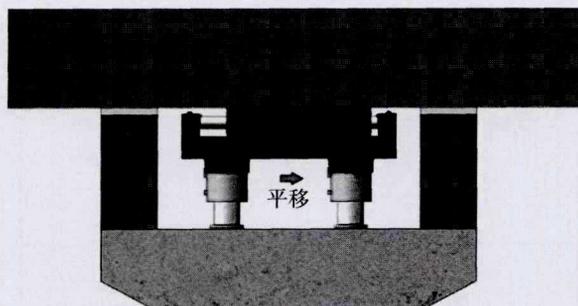


图3 箱梁前移

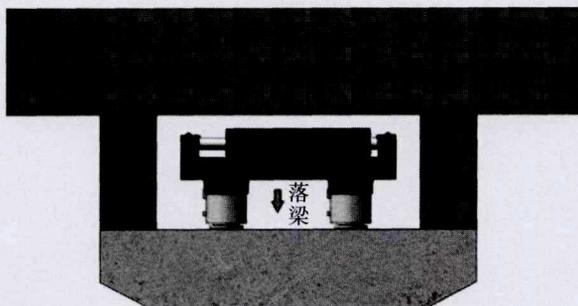


图4 落梁

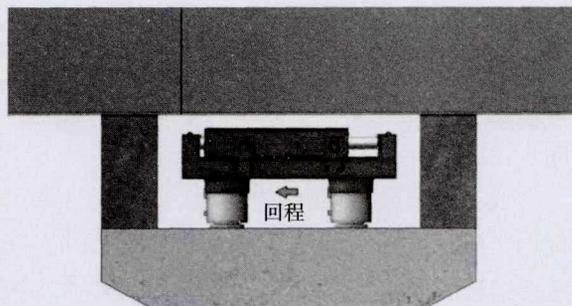


图5 回程

2 液压系统设计

根据步履式顶推装置结构组成及工作原理，需配置相应的执行机构（各种千斤顶）来实现步履式顶推装置的顶升、平移、下放、回程等各项动作。步履式顶推装置各项功能的实现，均由其配套的液压成套设备来实施。分析可知，需配置的执行机构包括：（1）顶升千斤顶4台，（2）顶推千斤顶4台，（3）纠偏千斤顶4台。执行机构的动作流程如图6所示。

2.1 液压原理设计

为使执行机构执行既定动作，液压系统输出的压力、流量、压力油流向均需满足各执行机构的要求。根据步履式顶推装置工作原理分析可知，顶升千斤顶伸缸顶起箱梁时，顶推千斤顶不工作，当箱梁顶起到位后，顶推千斤顶伸缸推动梁底垫块与箱梁向前移动，此时顶升千斤顶处于待机状态，千斤顶保压锁住。但是，箱梁在前移过程中，控制系统配置的传感器需监控箱梁的中轴线是否发生偏移，如发生偏移，控制系统需发出指令，指示液压泵站驱动纠偏千斤顶工作对箱梁进行纠偏，因此，在此工况下，顶推千斤顶与纠偏千斤顶同时动作。

在考虑步履式顶推装置功能实施的同时，还得考虑其性能满足施工精度的要求。根据步履式

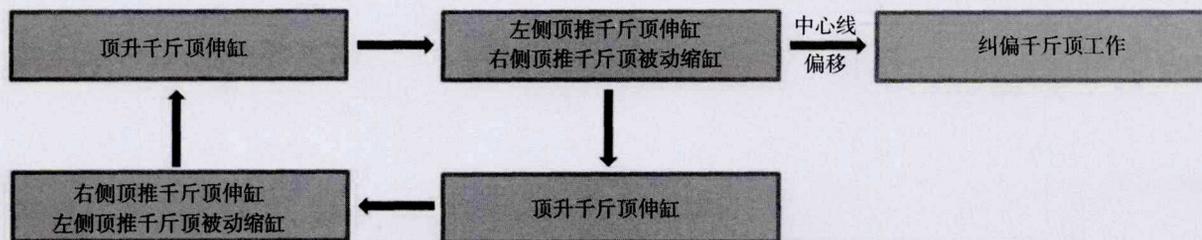


图6 执行机构的动作流程

顶推施工工法要求,箱梁在顶推前移过程中,需保持同墩两侧顶推同步精度 $\leq 4\text{mm}$,各墩之间顶推同步精度 $\leq 5\text{mm}$,箱梁在顶升或下放过程中,同步精度 $\leq 4\text{mm}$ 的要求。

通过对步履式顶推装置功能、性能、执行机构动作流程分析,液压系统主油路拟采用负载-敏感式液压回路。泵站由比例多路阀与负载敏感变量泵组成,在计算机的控制下,通过输入信号按预定规律连续成比例调节流量输出的大小,实现千斤顶无级调速。在工作中,泵站根据负载的流量需要自动调节泵头的输出流量,系统不会出现溢流,同时,空载时变量泵以极小流量输出,减小系统发热量,降低能耗。

根据执行机构动作流程及以上分析可知,顶升千斤顶与顶推千斤顶不会同时工作,因此其可使用同一片比例阀来控制,至于两种千斤顶使用不同的工作压力,可分别调节比例阀A、B口的二

次限压溢流阀来实施。同样根据分析可知,顶推千斤顶与纠偏千斤顶有可能会同时工作,因此,纠偏千斤顶需另一片比例阀来控制。

系统采用比例阀来控制各执行机构的速度和压力,出于成本考虑,拟采用电磁换向阀来控制各执行机构的换向。对于箱梁顶升或下放工况,4个千斤顶之间可能会出现压力不均衡、位移有高差等不利情况,这时需要对出现偏差的千斤顶进行单台单独调整,因此,配置4个电磁换向阀来单独控制4台顶升千斤顶。同样的,配置2个电磁换向阀来控制左、右两侧顶推千斤顶的伸、缩缸;另外再配置2个电磁换向阀来控制纠偏千斤顶换向。

根据以上分析,设计液压原理图,如图7

3 液压系统元器件选型

3.1 泵源装置

基于液压系统需要达到的各项功能,结合上

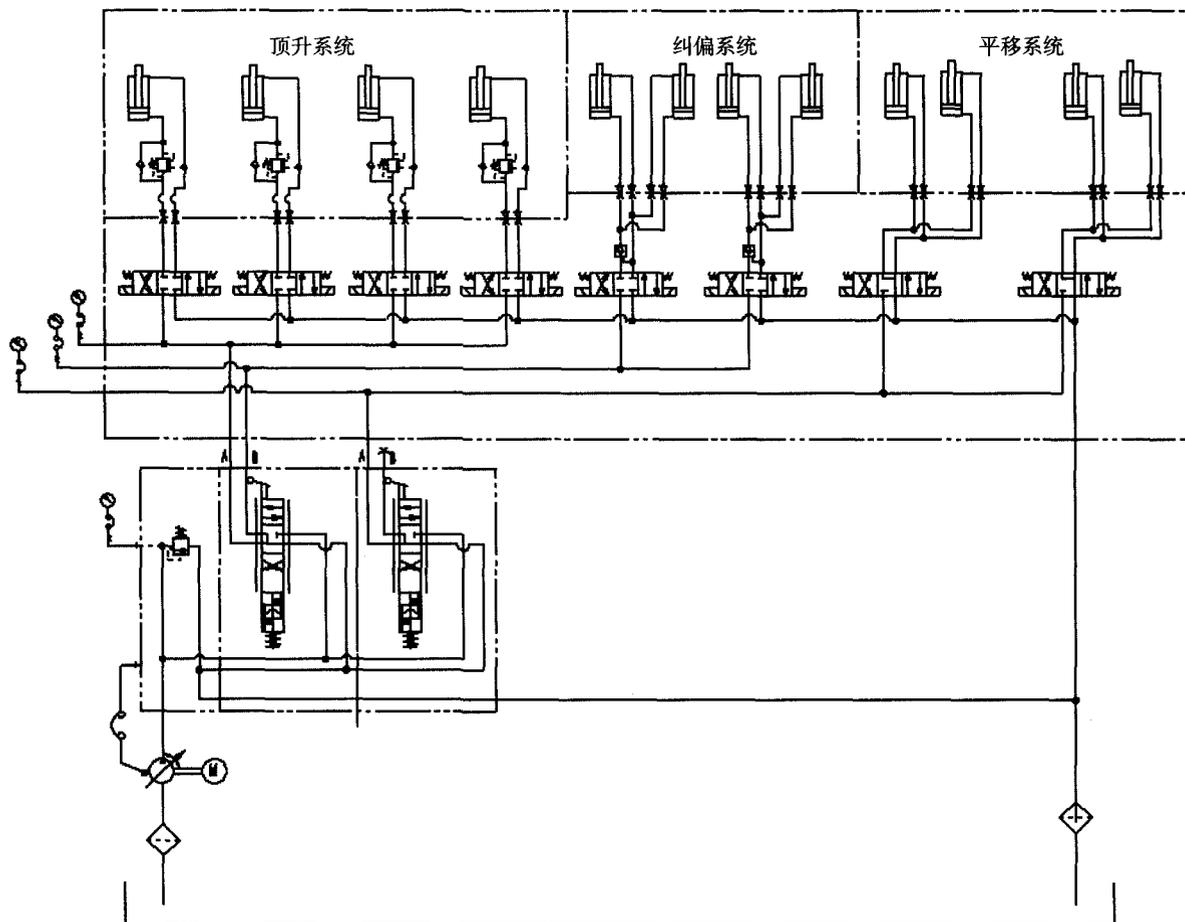


图7 液压原理图

述的液压原理设计,系统采用一台37kW电机驱动一台负载敏感变量泵,变量泵排量45mL/r,在4极电机驱动下,泵头最大输出流量约60L/min,(见图8)。

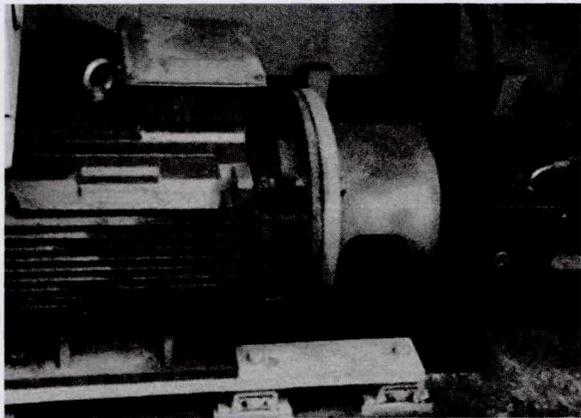


图8 泵源装置

3.2 比例阀装置

根据液压原理设计,系统主油路由比例多路阀与负载敏感变量泵组成,比例多路阀由连接块、比例换向阀、终端块组成。连接块上有进、出油口,总油路设置有限压阀(又称溢流阀)。同时,出口A、B口内置有二次限压装置,(见图9)。

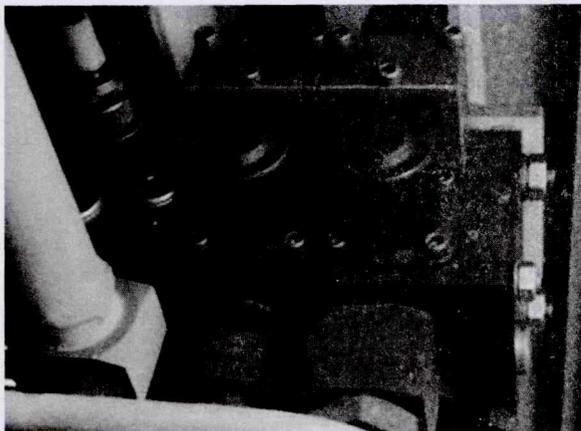


图9 比例阀装置

3.3 顶升千斤顶控制阀组

此控制阀组由4个6通径的电磁换向阀组成,分别独立控制4台顶升千斤顶的伸、缩缸,(见图10)。

3.4 顶推千斤顶控制阀组

此控制阀组由2个10通径的电磁换向阀组

成,分别独立控制左侧2台顶推千斤顶及右侧2台顶升千斤顶的伸、缩缸,(见图11)。

3.5 纠偏千斤顶控制阀组

此控制阀组由2个6通径的电磁换向阀组成,分别独立控制箱梁两侧各2台纠偏千斤顶的伸、缩缸,(见图12)。

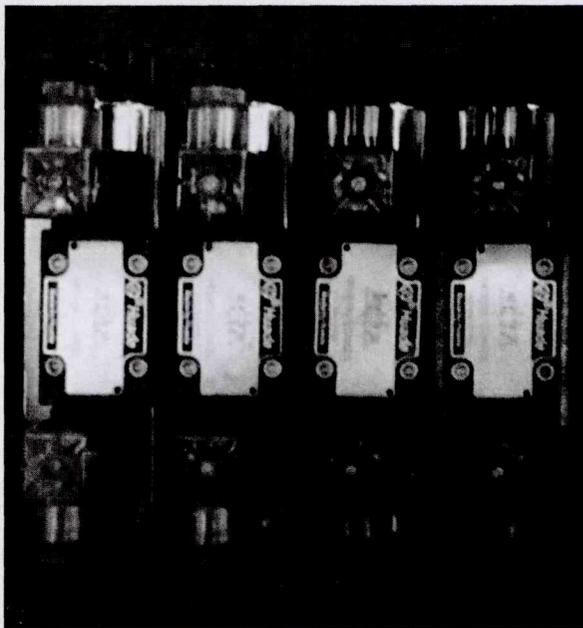


图10 顶升千斤顶控制阀组

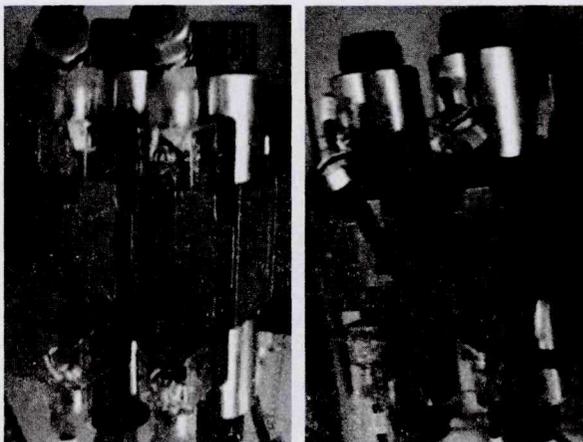


图11 顶推千斤顶置阀组 图12 纠偏千斤顶控制阀组

4 液压系统主要技术参数

液压系统主要技术参数详见表1。

表1 液压系统主要技术参数

执行机构	工作压力 (MPa)	工作流量 (L/min)
顶升千斤顶	31.5	60 (可调)
顶推千斤顶	17	40 (可调)
纠偏千斤顶	25	30 (可调)

5 步履式顶推装置主要功能的实现

5.1 顶升、下放功能实现及同步精度保证

步履式顶推装置顶升、下放功能是依靠液压泵站驱动顶升千斤顶按规定的步骤动作实现的。泵头输出的压力油通过比例多路阀调节其输出流量的大小,电磁换向阀控制顶升千斤顶的伸、缩缸,从而实现箱梁的顶升及下放。

在箱梁顶升(下放)过程中,控制系统配置的位移传感器实时监控千斤顶活塞的伸长量,以其中一个墩上一侧的步履式顶推装置顶升千斤顶为基准,其他墩上的步履式顶推装置顶升千斤顶活塞伸长量与基准千斤顶活塞伸长量做比较,如其活塞伸长量与基准千斤顶活塞伸长量位移差大于2mm,则比例多路阀自动做出调整,加大或减小比例阀开口值,从而加快或降低其驱动的顶升千斤顶运动速度,使其与基准千斤顶运动速度基本保持一致,保证箱梁在顶升或下放过程中,同步精度 $\leq 4\text{mm}$ 的要求。

5.2 顶推功能实现及同步精度保证

同样地,步履式顶推装置顶推、回程功能也是依靠液压泵站驱动顶推千斤顶按规定的步骤动作实现的。根据上述分析可知,顶推功能与顶升功能是分开执行的,因此,它们可以共用一片比例阀的A、B口分别控制顶升、顶推千斤顶所需流量。同样使用电磁换向阀分别控制步履式顶推装置左、右两侧各2台顶推千斤顶运动。顶升千斤顶顶起箱梁脱离垫梁后,左侧顶推千斤顶伸缸,推动梁底垫块与箱梁向前移动,到位后顶升千斤顶缩缸把箱梁下放在垫梁上,并使梁底垫块与箱梁脱离,右侧两台顶推千斤顶伸缸回程。

在箱梁顶推过程中,控制系统配置的位移传感器实时监控顶推千斤顶活塞的伸长量,以其中一个墩上一侧的顶推千斤顶为基准,其他墩上的顶推千斤顶活塞伸长量与基准千斤顶活塞伸长量做比较,如其活塞伸长量与基准千斤顶活塞伸长

量位移差大于2mm,则比例多路阀自动做出调整,加大或减小比例阀开口值,从而加快或降低其驱动的顶推千斤顶运动速度,使其与基准千斤顶运动速度基本保持一致,实现同墩两侧顶推同步精度 $\leq 4\text{mm}$,各墩之间顶推同步精度 $\leq 5\text{mm}$ 的要求。

5.3 纠偏功能实现

在箱梁顶推过程中,箱梁的中轴线可能会与设计的中轴线位置出现偏移,当偏移量超出允许后,需使用纠偏装置对箱梁的运动轨迹进行干预。泵站驱动箱梁偏移一侧的纠偏装置千斤顶伸缸,推动箱梁横桥向运动,使其中轴线与设计轴线靠拢直至重合,另一侧纠偏装置千斤顶被动缩缸。从而实现箱梁按设计轨迹顶推前移。

6 结束语

单机1200t级超大吨位步履式顶推装置已成功应用于昆明南昆铁路跨线桥箱梁顶推工程。作为步履式顶推装置的核心组成部分,液压系统的研究成功对整机功能的实现起到举足轻重的作用,设备在作业中,液压系统表现出运行平稳、冲击力小等特点,据测算,步履式顶推装置平均顶推速度约为5m/h,同墩两侧顶推同步精度 $< 3\text{mm}$,各墩之间顶推同步精度 $< 4\text{mm}$;同侧顶升千斤顶顶升或下放箱梁同步精度 $< 3\text{mm}$,完全满足步履式顶推装置各项性能指标要求。理论和工程应用证明,本次应用于步履式顶推装置的液压系统研究是成功的,并可为将来研究更大吨位、更快顶推速度、顶升顶推同步精度更高的步履式顶推装置打下坚实基础,提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 伍柳毅,韦富伦.步履式顶推装置设计及应用[J].预应力技术,2014(3):13-20