

500t级超大吨位牵引与滚轮行走结合的缆载吊机液压系统研究

梁利文 李兴奎 郭世滔 卢卫平 周大海

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545006)

摘要: 液压系统是牵引与滚轮行走结合的缆载吊机最核心组成部分, 文章通过对缆载吊机主要功能分析, 研究满足于缆载吊机各项性能指标的液压系统。通过对液压原理、执行机构配置、元器件选型等深入研究, 使缆载吊机实现缆上行走功能及定位吊装功能。研究结果表明, 缆上最大行走速度达到35m/h以上、最大提升速度达到30m/h以上, 并可实现精确就位功能。

关键词: 缆载吊机主要功能需求 液压系统设计 液压元器件选型 功能实现

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2016.04.005

序言

缆载吊机是在江、河、湖、海或深山峡谷修建大跨度悬索桥时用到的关键装备。缆载吊机以悬索桥的主缆为依托, 沿着主缆行走和定位吊装。

随着国家经济发展和科学技术的进步, 修建跨度大于900m, 单片节段梁重量大于400t以上的大跨度悬索桥越来越多。本研究之前, 国内生产制造的缆载吊机均以卷扬机作为动力, 其单机提升能力均在200t以下, 由于缆载吊机结构限制, 设计制造更大吨位的以卷扬机为动力的缆载吊机变得相当困难, 且存在较高的安全风险。在国外, 已有公司设计制造的全液压步履式缆载吊机应用于国内外工程。但其单机最大提升能力只有370t, 无法满足大跨度悬索桥重量超过370t的节段梁吊装, 且其主缆行走速度较慢, 辅助工作时间较长, 工作效率低下。

基于以上原因, 500t级超大吨位牵引与滚轮行走结合的缆载吊机(见图1)研究迫在眉睫。而作为缆载吊机最核心的组成部分, 液压系统研究的成功与否, 是500t级缆载吊机研发成败的关键因素。通过对液压系统的深入研究, 使缆载吊机能够按照规定动作工作, 符合大跨度悬索桥节段梁吊装的施工工法要求, 实现单机提升能力达到500t, 缆上行走速度达到30m/h, 提升速度达到35m/h的要求。

转载于《第二十二届全国桥梁学术会议论文集》

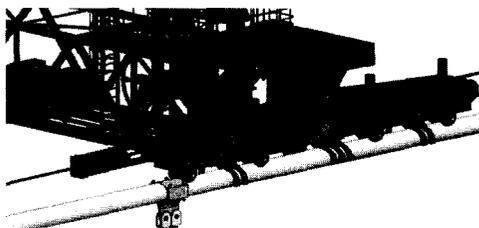


图1 500t级牵引与滚轮结合的缆载吊机

1 缆载吊机对液压系统的要求

基于大跨度悬索桥节段梁架设施工工法要求, 缆载吊机所需具有的主要功能有缆上行走、定位吊装、高速提升与精确就位。缆载吊机各项功能的实现, 均由其配套的液压成套设备来实施。

1.1 缆上行走

缆载吊机设备组装一般在主塔两侧进行, 之后沿着主缆行走至跨中位置, 再从跨中位置沿着主塔方向依次对称架设节段梁。缆载吊机在缆上行走, 需依靠2台牵引千斤驱动, 行走滚轮在缆上滚动前行。当行走滚轮行走至索夹附近时, 使用负载转换千斤顶将行走滚轮抬高, 跨越索夹后将其放下并使其承受一定荷载。

1.2 定位吊装

单台缆载吊机的额定提升力达到500t, 需配置2台250t液压提升千斤顶用于大跨度悬索桥节段梁吊装作业。

1.3 高速提升

为达到提升速度30m/h的目的, 配置的液压泵站输出流量需满足要求。同时, 为了让吊点之间

的提升同步精度达到要求,泵站需具有调速功能。吊具下放时间是制约节段梁施工进度的重要因素,因此,需配置有动力的收放线装置来进行吊具下放,使用液压马达方式来驱动收放线装置的转动。

1.4 精确就位

节段梁与吊杆连接时,为了使销轴顺利穿过销孔,缆载吊机需具有慢速调节节段梁高差功能,以使吊杆安装孔与节段梁安装座孔尽量对中。此时,需要液压泵站输出极小的流量以适应要求。一般情况下,每按下一次“伸缸”或“缩缸”按钮,节段梁的上升或下降位移不得超过2mm。

2 液压系统设计

根据以上分析,缆载吊机主要功能是实现缆上行走及定位吊装(包括高速提升与精确定位)。而需实现以上功能,则需配置相应的执行机构来执行相关动作。

2.1 缆上行走功能需配置的执行机构

- (1) 牵引千斤顶2台
- (2) 负载转换千斤顶8台

2.2 定位吊装功能需配置的执行机构

- (1) 提升千斤顶2台
- (2) 收放线装置(液压马达驱动)2台

2.3 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。根据缆载吊机工作原理分析可知,缆载吊机执行缆上行走动作时,定位吊装功能处于待机状态,同样,当缆载吊机执行定位吊装时,缆上行走功能处于待机状态,故可以把实行两种功能的部分液压元件相互借用,以达到降低设备成本及使液压泵站结构更为紧凑,更好的适应缆载吊机主桁架梁空间狭小的场合。

2.3.1 缆上行走功能液压回路

根据缆上行走功能所配置的执行机构可知,缆上行走液压回路主要负责驱动牵引千斤顶主顶的伸、缩缸动作,上、下夹持器紧锚、松锚动作以及驱动负载转换千斤顶的伸、缩缸动作。缆载吊机缆上行走时,牵引千斤顶与负载转换千斤顶配合并同时工作,且它们所需的压力、流量相差甚远。为了使液压回路变得简单,并且在工作中不至于产生相互干扰,决定采取3个独立泵源分

别对牵引千斤顶主顶、上下夹持器、负载转换千斤顶独立供油。相应地在每条回路配置溢流阀来限定系统的最高压力,确保设备安全。同样,需配置换向阀用于执行机构运动方向的切换。

2.3.2 定位吊装功能液压回路

根据定位吊装功能所配置的执行机构可知,定位吊装液压回路主要负责驱动250t提升千斤顶主顶的伸、缩缸动作,上、下夹持器紧锚、松锚动作以及驱动收放线装置液压马达正、反转动作。通过上面分析可知,缆上行走功能和定位吊装功能是分开实施的,故可使用驱动牵引千斤顶主顶的泵源来驱动提升千斤顶主顶,但是,由于牵引千斤顶额定吨位与提升千斤顶相差太大,况且,提升千斤顶需要高速提升,故还需配置一台大排量泵源与牵引千斤顶主顶泵源共同为提升千斤顶主顶供油。提升千斤顶上、下锚松锚、紧锚动作,可使用驱动牵引千斤顶上、下锚动作的泵源供油。至于收线装置液压马达,可使用上述负载转换千斤顶的泵源对其供油。同样,相应地在每条回路配置溢流阀来限定系统的最高压力,确保设备安全。此外,需配置换向阀用于各执行机构运动方向的切换。

3 液压系统元器件选型

3.1 泵源装置

基于缆载吊机架设在高空且工作时需要移动,接取大功率市电显得较为困难,故采用柴油发动机作为泵源装置的驱动设备。经计算并查阅相关资料及设备供应商样册,选取的柴油发动机主要技术参数为输出功率:55kW,输出转速:怠速900r/min,最大2000r/min。

根据以上分析,液压系统共需4个独立泵源,分别是:夹持泵源、牵引千斤顶主顶供油泵源(亦用于提升千斤顶主顶辅助供油)、提升千斤顶主顶主供油泵源、负载转换千斤顶及收放线装置供油泵源(见图2)。出于结构紧凑性考虑,4个泵源应可使用1台柴油发动机驱动,基于此,泵源选用1台3联齿轮泵和1台单联齿轮泵,分别安装于发动机的主输出轴和副输出轴上。3联齿轮泵分别为夹持器、牵引主顶、提升主顶供油,单联齿轮泵为负载转换千斤顶及收线装置供油。

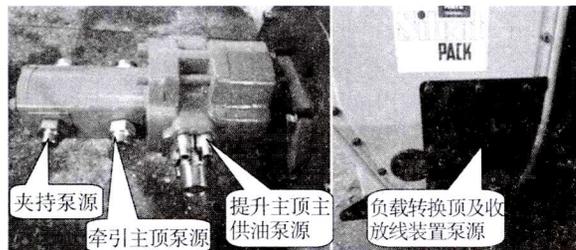


图2 泵源装置

3.2 缆上行走功能及收放线装置控制阀组

缆上行走功能及收线装置控制阀组主要用来控制负载转换千斤顶的伸缩缸以及控制收线装置液压马达正反转。因为行走滚轮是依次跨越索夹，故负载转换千斤顶需单独动作，因此，每台负载转换千斤顶需配置一个换向阀来控制，同样，配置一个换向阀来控制收线装置液压马达的正、反转。再有，负载转换千斤顶与液压马达工作压力等级不一，需配置两个溢流阀来控制。基于结构紧凑性考虑，选用叠加式溢流阀较为合适，再通过一换向阀来切换两种不同执行机构的使用压力（见图3）。

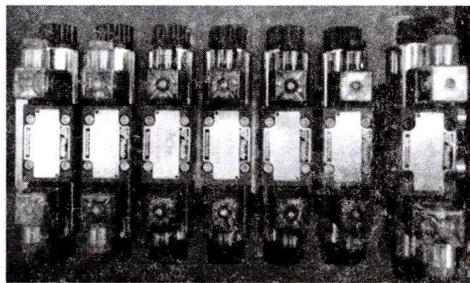


图3 缆上行走功能及收放线装置控制阀组

3.3 提升千斤顶及牵引千斤顶主顶控制阀组

提升千斤顶及牵引千斤顶主顶控制阀组主要用来控制提升千斤顶主顶的伸缩缸及牵引千斤顶主顶的伸缩缸。由于两种千斤顶不同时工作，且所需流量不同，故应配置两个换向阀来分别控制。再有，在高速提升工况下，需将为牵引千斤顶主顶供油的泵源切换至与提升千斤顶主顶主供油泵源一起为提升千斤顶主顶供油。因此，需配置一个换向阀来切换牵引千斤顶主顶供油泵源的压力油流向。同样地，配置两个溢流阀分别控制提升千斤顶的伸缩缸压力及牵引千斤顶主顶的伸缩缸压力（见图4）。

3.4 提升千斤顶及牵引千斤顶夹持器控制阀组

提升千斤顶及牵引千斤顶夹持器控制阀组主要用来控制提升千斤顶及牵引千斤顶上、下夹持

器的紧锚、松锚动作。每个夹持器的紧松锚均配置一个换向阀来控制，同样配置一个溢流阀来限定夹持器的夹紧力（见图5）。

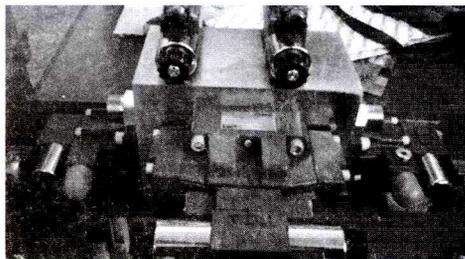


图4 提升千斤顶及牵引千斤顶主顶控制阀组

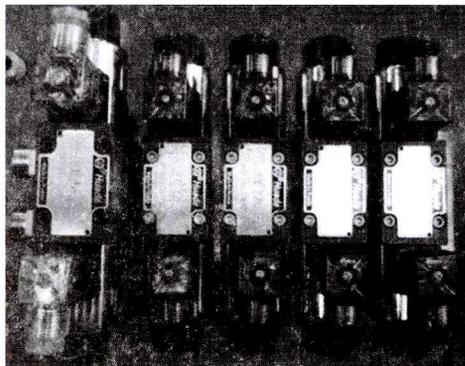


图5 提升千斤顶及牵引千斤顶夹持器控制阀组

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)
提升千斤顶主顶	25	105
牵引千斤顶主顶	25	40
负载转换千斤顶	25	40
提升千斤顶夹持器	7	20
牵引千斤顶夹持器	7	20
收线装置马达	16	40

5 缆载吊机主要功能的实现

5.1 缆上行走功能

缆载吊机缆上行走功能是依靠液压泵站驱动牵引千斤顶与负载转换千斤顶按规定的步骤动作实现的。2台牵引千斤顶通过钢绞线拽住缆载吊机两侧的行走机构。缆载吊机从主塔往跨中方向行走时（下行），动牵引千斤顶上锚夹紧，下锚松开，主顶缩缸“放松”钢绞线，吊机在重力作用下，通过行走滚轮移动前行。牵引千斤顶活塞缩缸至行程后，下锚夹紧，上锚松开，主顶伸缸倒行程，此时，缆载吊机静止不动。通过牵引千

（下转第37页）

请专利,保护资本、技术和产品的独占权的战略。

(8) 专利回输战略,即对引进专利进行消化吸收、创新后,形成新的专利,再转让给原专利输出企业的战略。

第二: 专利防御战略

专利防御战略是指防御其他企业专利进攻或反抗其他企业的专利对本企业的妨碍,而采取的保护本企业将损失减少到最低程度的一种战略。专利防御战略主要有以下几种:

(1) 取消战略,即针对对方专利的漏洞、缺陷,运用撤销以及无效等程序,使对方所取得的专利不能成立或者无效的战略。

(2) 公开战略,即本企业没有必要取得专利权但若被其他企业抢先取得专利又不利于本企业时,采取抢先公开技术内容而阻止其他企业取得专利的一种战略。

(3) 交叉许可战略,即企业间为了防止造成侵权而采取的相互间交叉许可实施对方专利的战略。

4 结论

(上接第24页)

千斤顶顶的反复伸、缩缸,上、下夹持器的紧锚、松锚交替工作,使缆载吊机行走至预定位置。当缆载吊机从跨中往主塔方向行走时(上行),牵引千斤顶的动作步骤与下行时相反,通过钢绞线拽着行走机构爬坡前行。无论是上行或下行工况,当行走滚轮行走至索夹附近时,均需使用负载转换千斤顶将行走滚轮抬起避开障碍,跨越索夹后负载千斤顶伸缸把行走滚轮放下与主缆贴合,并让其承受相应荷载。

5.2 定位吊装功能

缆载吊机行走至预定位置后,使用抱箍将行走机构固定在主缆上。2台250t提升千斤顶将作为执行机构用来吊装节段梁。在吊装工程中,可对2台提升千斤顶实行同步控制,并可调节节段梁的运动姿态及应力分布。

5.3 高速提升功能

使用牵引千斤顶主顶泵源与提升千斤顶主顶主供油泵源一起为提升千斤顶供油,柴油发动机转速切换至高速档,此时,液压泵站输出最大流量,通过提升主顶控制阀组与夹持阀组控制实现节段梁的高速提升。

使用收线装置进行吊具下放,相对使用提升

综上所述,预应力技术在中国已处于快速发展期,但从专利申请情况来看其发明专利占比并不高,且地域发展不平衡以及专利技术分布不均衡等问题比较突出,为此想要在未来的市场竞争中,实现预应力产业价值的最大化,我们应进一步加强技术创新,通过制定、实施知识产权战略,加速专利技术的积累和储备,建立专利评估制度,避免申报技术含量低的专利,在重要领域掌握核心技术,形成自主知识产权,积极参与国家和国际标准制定,将自身研发的技术,特别是专利技术,纳入技术标准中以提高市场竞争力,积极参与筹建行业专利联盟,改变产业的竞争态势,为企业带来多重价值。

参考文献

- [1] 牟雪雷,甘露等. 黑龙江省种植机械专利检索与分析[J]. 农机化研究, 2016年6,第6期; 264~268
- [2] 詹映,朱雪忠. 标准和专利战的主角—专利池解析[J]. 研究与发展管理, 2007, 19(1): 92-99.
- [3] 毛金生,冯小兵,陈燕. 专利分析和预警操作实务[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009
- [4] 刘燕飞,程新春,李承章. 预应力技术的发展[J]. 研究与探讨, 2005年,第19卷第2期

千斤顶下放,下放速度有很大的提高,大大缩小提升辅助时间。

5.4 精确就位

使用牵引千斤顶主顶泵源为提升千斤顶供油,柴油发动机转速切换至低速档,此时,液压泵站输出很小流量,通过提升主顶控制阀组与夹持阀组控制实现节段梁的精确就位。

6 小结

500t级超大吨位牵引与滚轮行走结合的缆载吊机已成功应用于武汉鹦鹉洲长江大桥节段梁的吊装施工。作为缆载吊机的核心组成部分,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,缆载吊机在作业中,液压系统表现出运行平稳、冲击力小等特点,据测算,缆载吊机缆上行走最大速度达到37m/h,最大提升速度达到33m/h,完全满足缆载吊机各项性能指标要求。理论和工程应用证明,本次应用于缆载吊机的液压系统研究是成功的,并可为将来研究更大提升吨位的缆载吊机打下坚实基础,提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 邓年春,刘显晖等. 液压牵引与滚轮行走结合的新型5000kN缆载吊机研制[C]. 全国桥梁学术会议, 2014