

液压打桩锤结构分析及典型故障处理

邹春晓¹, 高小东²

(1. 中交第一航务工程局有限公司, 天津 300461; 2. 中交一航局第一工程有限公司, 天津 300456)

摘要: 重点分析了双作用液压打桩锤系统组成及其相关子系统功能特点, 结合莱城港潮汐码头一期工程沉桩吊打施工中液压打桩锤应用, 对使用过程中出现的典型故障分析处理进行了介绍。结果表明: 熟悉掌握液压打桩锤系统特点才能很好地应用液压打桩锤, 快速地定位液压打桩锤的故障点并快速有效地处理故障才能保证施工生产的正常进行。可为类似液压打桩锤使用、维护保养、故障处理提供借鉴。

关键词: 双作用液压打桩锤; 液压系统; 电控系统; 故障处理

中图分类号: U655.31 **文献标志码:** B **文章编号:** 2095-7874(2020)07-0064-05

doi: 10.7640/zggwjs202007015

Structural analysis and typical troubleshooting of hydraulic pile hammer

ZOU Chun-xiao¹, GAO Xiao-dong²

(1. CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300461, China; 2. No.1 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300456, China)

Abstract: The composition of the double-acting hydraulic pile hammer system and the function characteristics of its related subsystems were analyzed in this paper. Combined with the application of hydraulic pile hammer in pile sinking and hoisting construction of the first phase of tidal wharf of Laicheng Port, the typical fault analysis and treatment in the use process were introduced. The results show that only by mastering the hydraulic pile hammer system characteristics, the hydraulic pile hammer can be well applied, rapid positioning the failure point of hydraulic pile hammer and process faults quickly and efficiently to ensure the normal conduct of construction production. It can be used as reference in the use, maintenance and troubleshooting of similar hydraulic pile hammers.

Key words: double-acting hydraulic pile hammer; hydraulic system; electric control system; troubleshooting

0 引言

液压打桩锤是一种高效、环保、机电液一体化的桩工设备, 集优良动力学特性和可控制性于一身, 是当前工程打桩应用的主流方向。液压打桩锤打桩系统配备了先进的控制系统及友好的人机交互界面, 实现了动力站和打桩锤的精密监控和良好操作。充分了解掌握液压打桩锤的系统构成及功能特点, 可极大提升液压打桩锤故障的分析处理能力, 为更好地管理使用设备提供支持。

荷兰 IHC 公司生产的双作用液压打桩锤是应用比较普遍的主流打桩设备, 下面以 S-280 液压打桩锤为例介绍其系统构成、典型故障分析及排除处理^[1]。

1 系统构成及功能

在莱城港潮汐码头一期工程沉桩施工中使用的是荷兰 IHC 公司产 S-280 双作用液压打桩锤, 采用吊打工艺, 该锤包括锤体和动力站两大主系统, 整锤包括电控控制系统、液压动力系统、气体辅助系统三部分^[2]。图 1 为液压锤系统构成图, 其系统构成如下: 1) 进油侧蓄能器; 2) 进油 P 阀; 3) 进油侧管路; 4) 活塞; 5) 锤顶空间; 6) 锤

收稿日期: 2019-12-10 修回日期: 2020-04-14

作者简介: 邹春晓 (1982—), 男, 天津市人, 工程师, 主要从事船舶机设备建造及技术管理工作。E-mail: zoucx@cccchj.com

顶外壳; 7) 回油 R 阀; 8) 回油侧蓄能器; 9) 补偿阀; 10) 锤芯(平衡块, 工字区); 11) 锤芯传感器。

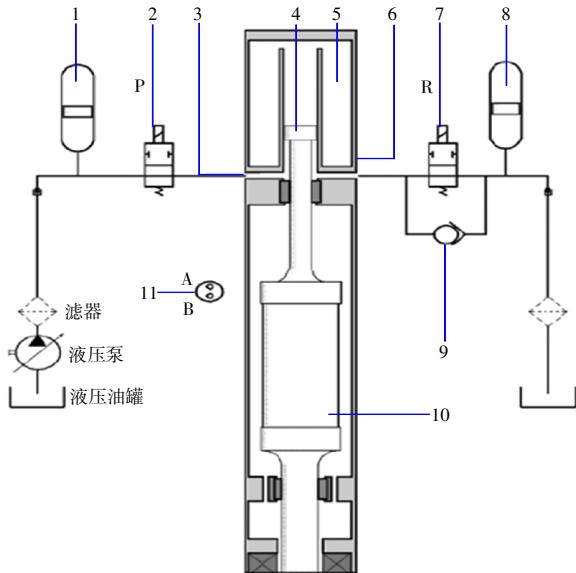


图 1 液压打桩锤系统构成图

Fig. 1 Composition diagram of hydraulic pile hammer system

1.1 液压系统

打桩锤液压动力系统集成在 1 个特制集装箱中, 液压动力源由柴油机驱动, 是典型开式液压系统, 由主泵、液压分流阀组、锤体 P 和 R 阀组、蓄能器等主要部分组成。图 2 为液压系统各部件关系, 箭头表示液压油流向。

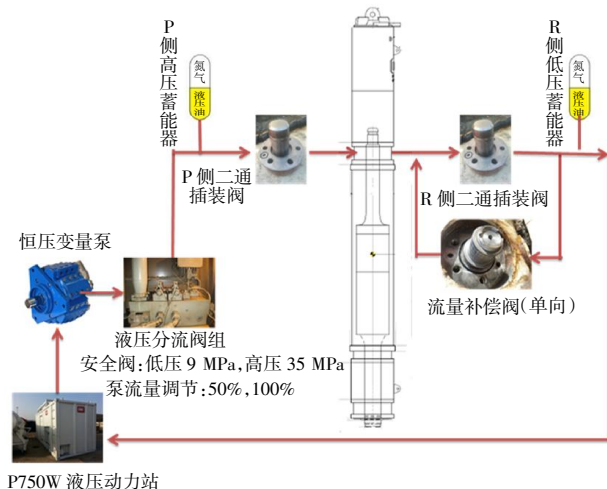


图 2 液压系统各部件关系

Fig. 2 Relationship between components of hydraulic system

1.1.1 主泵

整锤以柴油发动机驱动液压泵作为主动力源, 主泵采用波克兰 PL-6H20 型开式恒压变量泵, 具有响应速度快, 结构紧凑, 工作可靠, 自吸能力好, 重复性好等优点。共计 6 个泵头, 3 个 1 组汇流到 1 个出油滤器, 再由 2 根液压管导向分流阀组。主泵可为锤芯快速往复提供可靠的液压压力及流量, 日常维护较少, 使用可靠, 但应按时清理进油滤芯。

1.1.2 液压分流阀组

图 3 为液压分流阀组, 此阀组共计 6 个插装阀, 4 个先导电磁控制阀, 2 个逆流阀。控制主泵出油能力阀组 2 个, 任意开启 1 个为主泵流量的 50%(由控制箱上泵流量 1 或 2 档位控制), 2 个全开为当前转数下 100% 泵输出(控制箱泵流量 3 档位控制)。2 个安全阀控制锤未启动时压力不超过 9 MPa, 打桩时压力不超过 35 MPa, 安全阀带背压阀, 能够迅速升温液压油, 适合在寒冷地区作业使用^[3]。

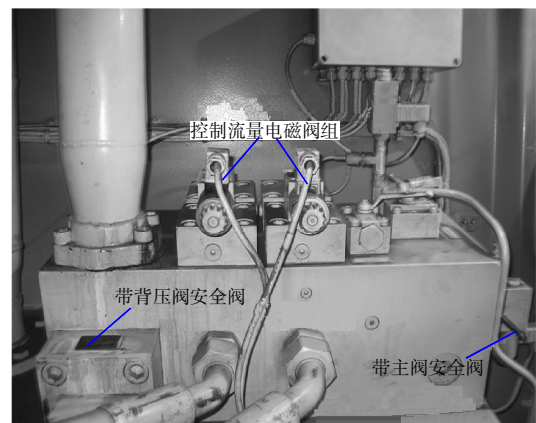


图 3 液压分流阀组

Fig. 3 Hydraulic diverter valve set

1.1.3 进油、回油阀组

锤体阀组全部为插装阀, 主要阀组有 3 个, 进油阀(P 阀)、回油阀(R 阀)及单向补偿阀。全部为二通插装阀, P、R 阀具有电磁先导控制, 组成方向组合阀, 补偿阀为压力控制。二通插装阀具有流量大, 阀芯结构简单, 动作灵敏, 密封性好等特点。

1.1.4 蓄能器

锤顶内安装了 4 个气体活塞式蓄能器, 供给侧管路并联高压蓄能器 2 个, 氮气压力 13~15 MPa; 回程侧管路并联低压蓄能器 2 个, 氮气压

力 0.4~0.6 MPa。主要功能是存储吸收能量,吸收液压冲击、消除震动。4个蓄能器相互作用,保证液压系统工作平稳,无液压冲击震动,使锤芯快速往复工作。一旦出现油管抖动、抽动、动力站内管路震动等现象,说明蓄能器处于气压不足状态,应及时补充到额定压力^[4]。

1.2 电控系统

电控系统是整套锤系统的神经中枢,串联着液压系统,锤,气路系统的通讯,负责控制整套系统的各种动作,监控各部分的工作状态、各项参数指标,负责闭环参数的运算,提供锤运行各项参数的显示。

1.2.1 C34 控制箱

C34 控制箱是整套电控系统的大脑,负责控制发动机、泵流量、锤运行状态、接收锤体传感器信号、控制打击能量和频率等功能。实时显示发动机转数、打击能量、打击频率、锤芯速度等相关参数。

通过控制 P、R 阀的开启间隔时间,来调节锤芯提升高度,以获得不同能量的锤芯打击行程。通过对发动机转数、泵流量调节来控制供给液压油量,以控制锤芯往复运行时间,从而控制打击频率。两者的控制相辅相成,能量、频率、发动机转数、泵流量要根据锤击工况同步进行调节。

整套系统通讯连接全部为航空插头,可靠性和稳定性很好,但每班作业前应仔细检查各插头,保证各控制线路可靠有效。

1.2.2 电磁先导阀

电磁先导阀控制着主油路阀的开闭,直接决定着锤是否能正常工作。电磁先导阀其电源为 24 V 直流电源,由 C34 控制 2 个中间继电器,继电器控制电磁阀线圈电源。控制电缆经动力柜连接到锤顶插头,使用时须保证先导阀端电压能够达到 24 V 电压,否则电磁机构不能顺利工作。由于控制锤芯往复动作,工作频率较大,约 32~45 次/min,电磁阀容易出现控制断路、阀芯卡死、先导油路堵塞等故障。

1.2.3 行程传感器

打桩锤体上有两组 4 个接近行程传感器作为检测元件,传感器为接近开关型检测元件。锤芯表面有 1 个工形凹槽结构,锤芯运动过程中凹槽未经过传感器时,传感器发出低电位信号,反之则发出高电位信号。锤芯持续运动时,传感器便

发出脉冲信号,经由控制单元循环采集并计算,由此通过脉冲累计形式来计算出锤芯位移、运行速度、打击频率和打击能量。

打桩作业时,首先根据施工要求设置好所需要打击的能量,打桩锤的控制系统根据所设定的能量来计算出锤芯所需要提升的高度,同时,控制系统通过控制方向阀的换向来使得锤芯向上移动。此过程中,锤芯行程传感器监测锤芯运动状况,监测锤芯的提升高度是否已经达到设定值。当锤芯的提升高度达到设定值时,控制系统控制换向阀来换向,使得锤芯向下移动,同时,系统根据上述行程传感器检测的锤芯运动速度,计算出打击能量,并反馈到 CPU 中,与用户设定值比较,从而在下一个打桩过程中,调整计算所得锤芯高度,完成 1 个能量的闭环控制过程。打击过程中 C34 控制面板上有对应传感器指示灯,1 个打击循环 4 个指示灯逐一点亮。

锤故障检测时,可在锤未坐在桩上时进行金属物模拟锤芯经过传感器行程,以确定控制系统是否正常^[5]。

2 故障类型及处理

S-280 液压打桩锤引进国内使用已达十多年,因缺少检测手段和故障处理能力不足,其维修与故障处理一直由专业厂家负责。在国外施工期间,现场使用人员维修和处理故障的能力对保证打桩锤技术状态、提高设备工效、保障工程进度极为重要。为此,在巴新莱城港沉桩施工过程中针对打桩锤的一些典型故障进行了分析处理^[6-8]。

2.1 锤芯不下降

2.1.1 故障现象

莱城港潮汐码头一期工程沉桩施工开始液压锤调试,锤启动后,锤芯能够正常提起,但不能下落,控制先导电磁阀中间继电器能够循环动作,先导电磁阀线圈电流表有 1 A 电流显示,当压力升至 20 MPa 后,锤芯到顶,压力一直升高至 39 MPa,分流阀组安全阀到达压力打开,锤芯无上下往复循环。

2.1.2 故障分析

此次故障发生前打桩锤长期闲置,重新启用前对很多部件进行了更换,如动力站到锤液压油管、动力站到锤顶控制电缆。根据故障现象结合系统原理,初步确定回油阀未打开,回油阀 R 未打开有以下原因:

1) 电磁先导阀线圈是否工作正常, 阀芯、先导油路是否工作正常;

2) 主阀是否工作正常, 阀芯是否卡死;

3) 回油油路是否堵塞。

2.1.3 故障查找

首先进行回油侧先导电磁阀检测, 在先导伺服油路充油, 电磁阀通电, 但伺服油路油量无变化, 进行气压检测, 依然不通, 确定是先导油路堵塞。更换新电磁先导阀, 试锤成功。

工作一段时间后发现锤芯往复不稳定, 几次打击后锤芯仍然不能下落。停锤后再次启动仍能响锤, 几次打击后出现故障。检测先导电磁阀, 阀芯能够动作, 先导油路能够随阀芯动作打开。先导阀得电, 测得线圈端电压为 22.1 V, 因新换控制电缆 150 m, 线阻较大, 电磁阀供电直流稳压电源输出为 28 V, 显然控制线压降较大, 提高稳压电源电压到 33 V, 先导电磁阀线圈电压 24.2 V, 满足额定工作要求。进行试锤, 恢复正常工作, 打击频率、打击力均能正常调节, 故障排除。

2.1.4 故障总结

拆解故障电磁先导阀, 发现腔内有白色粉末, 阀芯动作不畅, 先导油路堵塞, 经过清理恢复, 故障电磁阀工作正常, 此后测试此阀能够在高压下正常工作。经过比对, 发现白色粉末是因新购液压油管(连接锤供油侧和回油侧)内存在残留物。所以新液压管使用前必须进行清理, 保证液压系统清洁。液压锤阀组虽然全部采用二通大直径插装阀, 细小杂质通过量好, 但先导电磁阀必须绝对保证液压系统清洁, 否则很容易出现堵塞、阀芯卡死故障。先导电磁阀是液压系统和电控系统紧密结合的交叉部件, 也是故障多发点, 先导电磁阀的性能直接影响锤的工作状态。

2.2 锤不能启动

2.2.1 故障现象

沉桩作业启动锤后, R 阀正常关闭, 锤芯无法提升, 液压系统压力停留在 5 MPa, 正常锤芯提起需 14~16 MPa 压力。手动关闭 P 或 R 阀, 液压压力均为 5 MPa, 锤不能正常运行。

2.2.2 故障分析处理

检查 P、R 阀组, 先导阀和主阀均无异常。启动液压站, 分别关闭动力站出油口和回油口球阀, 系统压力仍然是 5 MPa, 说明不是由于锤体原因导致的此故障。动力站影响液压系统压力因

素只有 2 个, 主泵和分流阀组。主泵为波克兰 PL-6H20 型开轴向柱塞变量泵, 此泵工作稳定, 性能可靠, 损坏几率很小。本着先易后难原则, 把故障点缩小到分流阀组安全溢流阀, 整套液压系统锤未启动空载限压 9 MPa, 工作压力保护 35 MPa, 整套系统只有 2 个安全溢流阀能够调节系统压力。

从主阀安全阀依次拆检, 主阀安全阀→2 个流量阀→背压安全阀→2 个逆流阀, 在拆解背压安全阀芯时发现滤芯残片, 至此故障原因基本查明。安全阀由于不能闭合, 导致出油压力不能建立。为防止有其他残片影响整个阀组, 对剩余 2 个逆流阀和进油管路、阀组通道进行全面清理。共清理出滤芯残片 3 片。

因为确定有滤芯残片, 进一步对主泵出油滤器进行检查, 发现 2 个出油滤芯均已变形损坏。更换出油滤芯, 锤工作正常。

2.2.3 故障总结

在故障前, 进油侧蓄能器气压下降, 导致蓄能器不能有效吸收液压系统振动, 致使出油滤芯变形, 碎裂, 残片及碎屑堵塞相关阀组, 造成伺服压力不足的故障。

液压锤整套液压系统每个功能单元必须保证在良好的性能状态, 否则会导致系统连环故障, 引起系统内其他单元损坏。在处理单独故障的同时, 必须对整套关联系统做全面检查, 避免造成连环故障。

2.3 更换锤芯轴承

2.3.1 故障现象

沉桩施工使用的液压打桩锤因疲劳原因导致锤芯断裂, 为保证施工, 更换备用液压打桩锤进行施工。备用液压打桩锤属于新锤, 和损坏锤为同一规格型号, 启用前未进行过实际工程检验, 备用液压锤在 5 000 次锤击时出现了锤芯卡死、运行憋车故障。

2.3.2 故障分析处理

经过检查, 备用液压锤液压系统和电控系统工作正常, 故障点锁定在锤体下部轴承。通过备用锤锤体下部检查口发现下部锤芯有烧灼痕迹, 锤芯温度较高。通过拆解备用锤下部轴承, 发现轴承部位润滑油已被烧干, 轴承铜套因高温抱死造成划伤, 轴承部位 2 个防尘圈、2 个密封圈均被高速锤芯摩擦烧焦, 如图 4 所示。

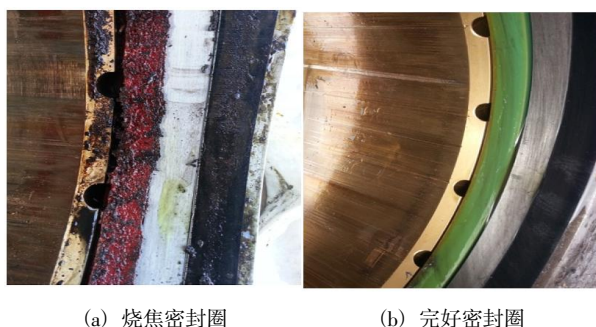


图4 烧焦密封圈与完好密封圈对比

Fig. 4 Contrast burnt seal ring with intact seal ring

备用锤未经过大负荷长时间打击检验,密封不能满足液压锤的高频率、高速度往复摩擦强度,导致故障发生。为保证现场沉桩施工顺利进行,决定对2台液压锤轴承进行对调。2台液压锤规格相同,给现场维修提供了便利,用时5d恢复了备用液压锤,通过沉桩作业,修复后的备用液压锤能够连续施工,备用锤修复成功。

2.3.3 故障总结

液压打桩锤工作中整套锤处于高压、高速、高强度工况下,液压系统和润滑系统密封要求较高,在日常维护和更换主要备件时,采用原厂配件才能保证故障处理的效果,保持设备原有性能。

此次更换锤芯轴承,为液压锤在条件有限的施工现场实现大修提供经验积累,同时也增加了主要设备的自主维修能力,减少对设备生产厂家技术服务的依赖。

3 结语

巴新莱城港潮汐码头一期工程沉桩施工提前工期77d完成。液压打桩锤优良的动力性能和操控性在本次沉桩吊打工艺中得到证明,液压打桩锤的正确使用、日常维护、故障处理、应急维修更是保证工程顺利进行的关键。随着液压打桩设备技术的进步,更多的机电液气一体化技术融入到打桩设备中。引进欧美先进桩工设备的同时,消化和吸收设备设计原理并予以应用,更多地积累使用、维护、维修、改造、故障处理经验,为

更好地服务工程施工做好技术积累。

参考文献:

- [1] 阎耀保,黄姜卿,胡兴华,等. 国外几种典型液压锤液压系统及性能比较[J]. 建筑机械化,2012,33(2):63-66.
YIN Yao-bao, HUANG Jiang-qing, HU Xing-hua, et al. A compare of several typical foreign hydraulic system of hydraulic hammers[J]. Construction Mechanization, 2012, 33(2): 63-66.
- [2] 李望东,文琳. 荷兰 IHC-S280 液压锤的使用与性能[J]. 水运工程,2004(5):84-87.
LI Wang-dong, WEN Lin. Application and performance of IHC-S280 liquid hammer manufactured by Netherlands[J]. Port & Waterway Engineering, 2004(5): 84-87.
- [3] 董付庆,黄信陵,韩玉楠. 插装阀在液压打桩锤动力系统中的应用[J]. 科技风,2013(17):101.
DONG Fu-qing, HUANG Xin-ling, HAN Yu-nan. Application of cartridge valve in hydraulic pile hammer power system[J]. Technology Wind, 2013(17): 101.
- [4] 严东兵,胡均平,梅丽芳,等. 氮爆式液压打桩锤结构原理与分析[J]. 工程机械,2009,40(4):35-38.
YAN Dong-bing, HU Jun-ping, MEI Li-fang, et al. Structural principle and analysis of nitrogen-exploding type hydraulic pile hammer[J]. Construction Machinery and Equipment, 2009, 40(4): 35-38.
- [5] 韦金磊,田洋,陈建军,等. 液压打桩锤行程传感器故障分析和处理[J]. 全国商情,2012(16):94,96.
WEI Jin-lei, TIAN Yang, CHEN Jian-jun, et al. Fault analysis and treatment of hydraulic pile driving hammer travel sensor[J]. China Business, 2012(16): 94, 96.
- [6] 尔洪川,侯俊民,徐铁伟,等. 液压打桩锤憋压故障的分析与处理[J]. 科技创新与应用,2013(15):100.
ER Hong-chuan, HOU Jun-min, XU Tie-wei, et al. Analysis and treatment of pressing failure of hydraulic pile driving hammer[J]. Technology Innovation and Application, 2013(15): 100.
- [7] 刘浩,王浩宇,黄山田,等. 液压打桩锤系统分析与工程应用[J]. 海洋工程装备与技术,2017,4(4):245-248.
LIU Hao, WANG Hao-yu, HUANG Shan-tian, et al. Analysis and engineering application of hydraulic pile hammer system[J]. Ocean Engineering Equipment and Technology, 2017, 4(4): 245-248.
- [8] 韦金磊,胡登方,王凯,等. 液压打桩锤能量异常下降故障分析与处理[J]. 石油和化工设备,2017,20(7):129-130.
WEI Jin-lei, HU Deng-fang, WANG Kai, et al. Analysis and treatment of abnormal energy drop of hydraulic pile hammer[J]. Petro & Chemical Equipment, 2017, 20(7): 129-130.