

# 三峡升船机对接锁定机构液压系统运行温度分析

李明

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:**通过对三峡升船机对接锁定机构液压系统组成特点及其运行特性分析,提出了液压系统运行维护实际中对运行温度变化的分析需求,结合系统组成特点进行了运行温度变化理论分析,建立了对接锁定机构液压系统的温度仿真模型,找到了正常运行工艺下对接锁定机构液压系统在典型环境温度下的运行温度变化规律,为液压系统的设备运行、维护和优化提供理论参考。

**关键词:**三峡升船机;对接锁定机构;液压系统;运行温度;AMESim 仿真

**中图分类号:** U642   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1006—7973 (2021) 09—0080—03

三峡升船机船厢液压系统共6套,其中4套分别布置在船厢两侧的4个驱动机房内,均分别操作邻近的一套驱动机构液气弹簧、一套对接锁定机构、一套横导向机构或一套纵导向顶紧机构的液压设备。其中,液气弹簧和纵导向顶紧机构运行行程和时间较短,且分布于船厢内部,其运行温度影响较小;横导向机构在正常状态下,设计原理决定其运行频率较少;只有对接锁定机构的锁定和解锁动作耗时较长,特别是解锁动作原理为,液压系统按解锁最大溢流压力运行,对接锁定机构的解锁运行依靠弹簧力进行液压系统的回油动作,液压油介质的温度和粘度会影响其解锁动作的状态变化,且对接锁定机构设备布置的特点,其受环境温度影响较大。

温度引起液压系统运行参数的变化,会导致一系列典型的运行故障,低温条件下,液压油粘度加大,对于液压系统液压泵、滤油器等器件产生了不利的运行条件,且粘度加大,还会加大系统的能量损失,是液压系统需要避免的情况。高温条件下,液压油粘度下降,系统容积损失增加,润滑性能降低,也会影响液压系统的运行可靠性。

但是,由于液压系统运行时会有大量产生热量的环节,系统高压大流量液压油经过器件时会产生热量,系统液压油高压至低压动作也会产生大量热量,系统运行时的无用功占比仍然不低,液压系统运行同时具备“加热”和“散热”两种功能,液压系统运行温度变化具有一定复杂性。

## 1 对接锁定机构液压系统运行特点

目前对接锁定液压系统油箱均采用了加热器和温

度控制检测装置相结合的设计布置,在液压油箱的温度低于某一要求数值时,启动加热器运行,来解决液压油介质温度较低的问题。对于高温条件,系统设计并无单独散热措施考虑,主要还是通过液压油箱、液压管路、液压油缸及其与环境之间的散热。

对于所述的对接锁定机构液压系统,其在典型温度下的运行温度变化如何:

(1)低温条件下,当三峡升船机满计划连续运行时,系统是否不再需要加热器,而可以通过系统运行自身产生的热量满足油液升温的需求;

(2)高温条件下,当环境温度较高,特别是高温暴晒的油缸等温度较高时,系统运行的温度变化是什么规律。

## 2 对接锁定机构液压系统运行温度仿真建模

在近似建模中,主要考虑液压系统两点,一是认为对接锁定机构液压系统运行在封闭系统中,环境在某一段运行时间为定量;二是考虑液压系统主要通过油箱与外界进行热交换,油箱与环境进行热交换的方式主要有热对流和热辐射,主要考虑液压系统的对外散热。

### 2.1 油箱热交换分析

热对流换热的理论公式为:

$$Q = C_b A(T_1 - T_2) \quad (1)$$

注:  $T_1$ 、 $T_2$  为热对流两处的温度,  $A$  为热对流的横截面积。

在近似建模时,热辐射在封闭系统中只区分油箱和环境,热辐射能量公式为:

$$Q = \varepsilon \sigma A(T_1^4 - T_2^4) \quad (2)$$

注:  $T_1$ 、 $T_2$  为热辐射的两物体温度,  $\varepsilon$  为物体间的

等效辐射系数， $\sigma$ 为斯忒藩-玻尔兹曼常数， $A$ 为热辐射的有效面积。

由 AMESim 的数学计算模型，油箱的发热时间计算公式如下：

$$t = \frac{L_n \times (T - T_0) k A Q M}{(P_1 + P_2 + P_3) \times (-60QA)} \quad (3)$$

注： $T$ 为设定温度， $T_0$ 为环境温度， $k$ 为传热系数， $A$ 为散热面积， $Q$ 为液压油比热， $M$ 为液压油质量， $P_1$ 为发热功率， $P_2$ 为加热功率， $P_3$ 为冷却功率。

油箱的系统热平衡温度计算公式如下：

$$T = T_0 + \frac{1000(P_1 + P_2 + P_3)}{kA} \quad (4)$$

油箱的散热效率计算公式如下：

$$P = \frac{kA(T_0 - T)}{1000} \quad (5)$$

## 2.2 温度模型建模

依据对接锁定机构液压系统控制原理，建立如下 AMESim 近似模型，主要包含油箱、液压泵、电机、溢流阀、容积、单向阀、电磁换向阀、油缸等。

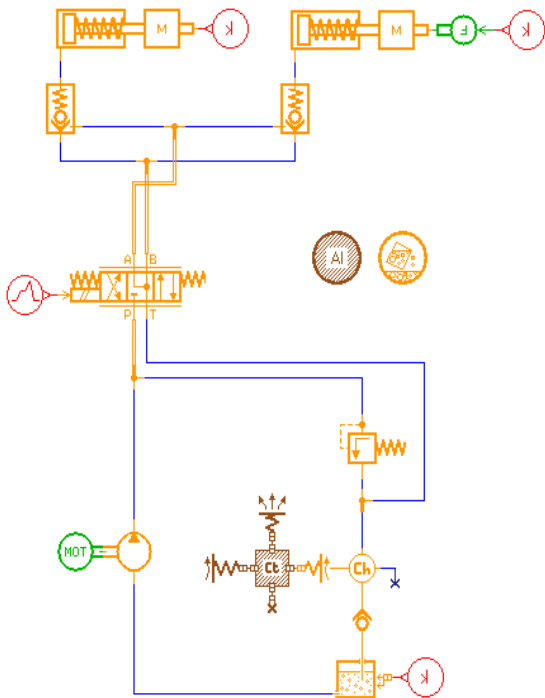


图1 对接锁定机构液压系统 AMESim 温度仿真模型

## 2.3 模型参数设定

各器件和模型的值设置，参照对接锁定机构液压系统的组成和运行情况，如下表 1 所示。

电磁换向阀的运行参数为锁定和解锁动作的一个完整运行流程，给定为：完成锁定动作后，停机 10s，

再继续完成解锁动作。

表 1 模型参数表

液压油	46#	油箱材料	不锈钢
油箱尺寸 (mm)	800×1100×800	电机转速	1465.0rev/min
柱塞泵排量	50.0cc/rev	溢流阀压力	11.0MPa
油缸规格 (mm)	Φ600/Φ350		

## 3 仿真结果

### 3.1 低温环境下对接锁定机构液压系统运行温度仿真

当液压泵站初始温度为 15℃，液压油缸初始温度为 0℃时，进行了液压系统的运行仿真，仿真结果如下：

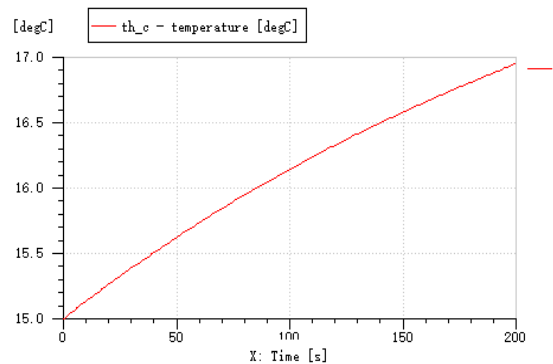


图2 油箱温度变化曲线

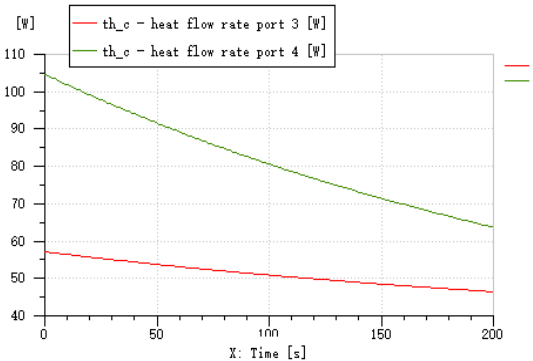


图3 油箱散热曲线

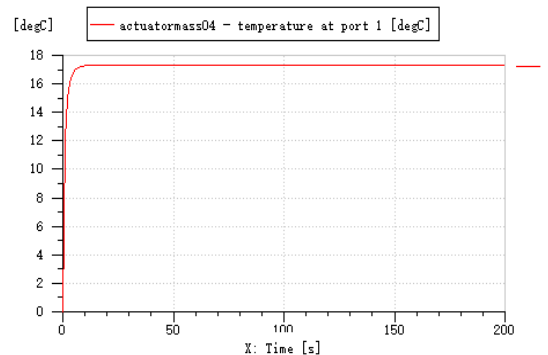


图4 油缸温度变化曲线

### 3.2 高温环境下对接锁定机构液压系统运行温度仿真

当液压泵站初始温度为 30℃，液压油缸初始温度为

40℃时，进行了液压系统的运行仿真，仿真结果如下：

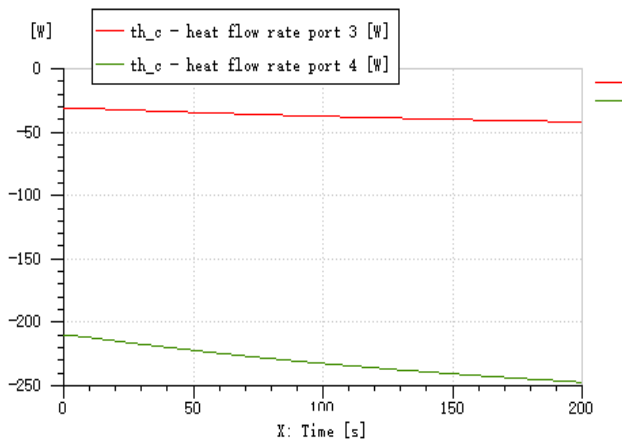


图5 油箱温度变化曲线

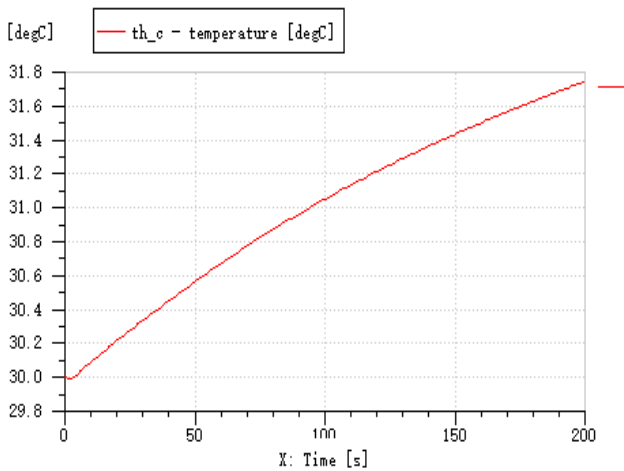


图6 油箱散热曲线

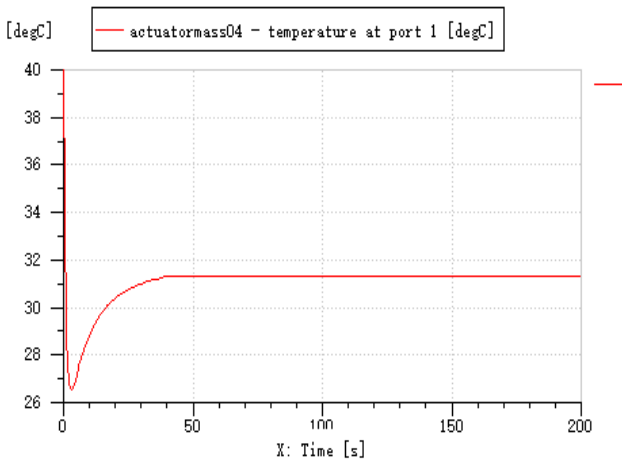


图7 油缸温度变化曲线

#### 4 分析与结论

(1) 由仿真结果，两种典型环境温度下，对接锁定机构一个完整运行流程后，液压泵站油箱液压油都有一定程度的温度升高，但温度增长不明显，主要是因为

对接锁定机构的单次运行时间较短。当在实际运行条件下，考虑到管路、器件的散热因素，和液压系统的实际温度模型是非封闭系统，实际的运行温度上升数值将更小，说明对接锁定机构液压系统单次运行对其温度变化实际影响较小。当环境温度较低时，需要开启油箱加热器对液压油进行加热，以保证整个液压系统液压油满足运行要求。

(2) 由仿真结果，两种典型环境温度下，对接锁定机构一个完整运行流程后，油缸的液压油温度逐渐变化为与泵站油箱液压油温度值一致，说明液压系统运行时的油液交换，对外部环境下的液压油温度影响较为明显。

特别是对于较多管路和油缸布置在外部环境下的液压系统，在低温环境较长时间未运行条件下，提前一次完整运行，为解决外部环境液压油由于温度较低导致粘度加大而引发一系列运行故障的问题有一定的可行性和预期效果。

#### 参考文献：

- [1] 刘海丽, 李华聪. 液压机械系统建模仿真软件 AMESim 及其应用 [J]. 机床与液压, 2006:129-131.
- [2] 段飞蛟, 曹克强, 宋天池, 等. 基于 AMESim 的某型飞机液压系统温度仿真 [J]. 机床与液压, 2009,37(007):218-220.
- [3] 谢三保, 焦宗夏. 飞机液压系统温度仿真计算与分析 [J]. 机床与液压, 2005:71-72+9.
- [4] 龙藤, 刘晓南. 仿真实验: 良好散热型液压油箱及工况监控研究 [J]. 中国科技信息, 2012(7):144-145.
- [5] 崔健斌, 愈乐. 液压系统设计对液压油高温故障的影响 [J]. 现代机械, 2012(02):47-48.
- [6] 李敏, 周黎, 高强, 等. 某特种车液压系统热分析 [J]. 导弹与航天运载技术, 2017(3).