包钢高炉大修炉顶液压系统冲洗实践*

杨 青,李晓华,贺运刚

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对高炉炉顶液压管路高度落差大、液压管线长等特点,总结了包钢高炉大修炉顶液压系统冲洗经验,对冲洗过程中的元件参数进行了计算,并制定出合理的冲洗方案。

关键词: 高炉; 液压; 管路冲洗

中图分类号: TF573 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0064-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.023

Practice of Flushing Hydraulic System on Furnace Top when Overhauling Blast Furnace of Baotou Steel

Yang Qing, Li Xiao-hua, He Yun-gang

(*Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the experiences of flushing the hydraulic system on furnace top when overhauling blast furnace of Baotou Steel are summarized based on such characteristics as the great fall of height for hydraulic pipeline and long hydraulic pipeline on blast furnace top. The reasonable flushing scheme is formulated by calculating the component parameters in flushing.

Key words: blast furnace; hydraulic; flushing of pipeline

新安装的液压系统一般都要经过切割、搬运、安装、焊接等过程,管路中不可避免的会存在一些切屑、焊渣、灰尘等污染物。在液压系统投入使用后这些污染物会加速液压元件的磨损、堵塞液压阀的阻尼孔,造成动作失灵,加速液压油性能的衰减与恶化,从而引发设备故障。研究表明,液压系统失效70%是因为液压油的污染引起的[1]。在高炉大修期间炉顶液压系统重新安装完成后,如果不尽快将污染物滤出,会对炉顶设备造成严重影响,为高炉的稳定生产埋下隐患。所以,在液压系统安装完成后,必须要对其进行冲洗,待油液清洁度达到甚至超过指定的冲洗等级后方可进入设备调试运行阶段。包钢高炉炉顶平均共有约3 000 m长的液压管线,铺设高度差80 m,如果系统中有伺服阀,则需要达到更高的冲洗清洁度等级。

1 液压冲洗理论

液压管道冲洗的理论基础是流体力学的层流、紊流状态理论。液体从一个表面冲走颗粒并携带至下游的能力正比于液体在元件表面能量的大小。流体流动时,流速内各个质点基本以平行于其外部轮廓方向规则的流动就是层流。相反,不规则的流动称为紊流。在层流流动中,元件的表面有一个液体

* 收稿日期: 2018-05-30

作者简介: 杨 青(1983-),男,内蒙古巴彦淖尔市人,工程师,现从事炼铁设备管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

的稳态层，施加于元件表面的作用力很小，因此要提高冲洗效率，采用紊流冲洗是最有效的。

理论上通常通过流体流动性能参数——雷诺数的大小来界定液体是处在层流状态还是紊流状态。经过科学试验验证，雷诺数 Re 不高于 2 000 为层流状态，Re 在 2 000 ~ 4 000 为过渡状态，Re 不低于 4 000为紊流状态。数值越大，则冲洗效果越好[2]。

雷诺数的计算公式[1]：

$$Re = \frac{vd}{\mu} \tag{1}$$

式中：μ—— 运动黏度；

d—— 管道直径；

v—— 流速。

$$v = Q/A \tag{2}$$

式中：A—— 管的截面积；

Q—— 流量。

将(2) 式带入(1) 式后：

$$Re = vd/\mu = Qd/A\mu \tag{3}$$

可以看出在液压系统冲洗过程中，雷诺数的大小只和流量、管道规格以及介质的运动粘度有关。

2　冲洗参数计算及元件的选择

2.1　流量的计算

为了使油液在冲洗中处于紊流状态，根据公式(3) 可以得出，系统流量越大，雷诺数就越大，所以要想达到理想的冲洗效果，必须要保证足够的流量。即需先确定紊流状态的流速，再确定泵要求达到的流量，计算公式如下：

$$v = 0.2\mu/d \tag{4}$$

$$Q = v \times A \tag{5}$$

式中：v—— 引起紊流所需最小流速；

μ—— 油的运动粘度；

d—— 油管内径。

管道串联冲洗时，A 为其中最大管子的横截面积。管道并联冲洗时，A 为并联管子横截面积之和。炉顶液压系统管路规格通常为 Φ30 mm × 4 mm，冲洗用 46# 抗磨液压油，其在 40 ℃ 时运动粘度约为 46 mm^2/s。按照上述公式计算，其最小紊流流速 $v = 0.2 \times \mu/22 = 0.42$ m/s。按此流速计算，冲洗流量需要达到 $Q = v \times A = 159.6$ L/min。由于在冲洗过程中采取并联分批的冲洗方案，每批至少有 2 组支管同时冲洗。所以液压泵的流量不能小于 320 L/min。

2.2　压力的计算

泵的压力必须大于管路中应有的压力损失之和，而且出口要保证一定的流速。炉顶液压系统冲洗最大的影响因素是管路布置存在较大的高度差，包钢 4# 高炉炉顶液压系统管路的最高点在 91 m 标高，冲洗站设在 0 m 标高。因此管路在竖直方向的静压损失是计算冲洗压力时必须要考虑的因素。

上升管静压损失：

$$\triangle P = (H_2 - H_1)\rho \times 10^{-5} \tag{6}$$

式中：H_2—— 管路终端标高；

H_1—— 管路始端标高；

ρ—— 介质密度。

46# 抗磨液压油的密度为 870 kg/m^3，带入数据得冲洗过程中最大的静压损失 $\triangle P = 0.79$ MPa。在国内冶金行业，传统的冲洗压力均小于 2.5 MPa，实践证明，这种冲洗压力并不适合系统大、管路长、局部复杂的管路冲洗的要求。尤其对某些要求清洁度高的伺服、比例系统，这种压力很难达到系统清洁度的要求。液压冲洗压力通常达到 4 MPa 就可以保证油液的流速，考虑到高炉炉顶液压系统冲洗存在较大的静压损失，冲洗压力选为 5 MPa。

2.3　液压泵与电机的选择

从理论上说，只要有足够的流量，无论使用什么泵供油，保证对系统元件没有损伤，都能达到冲洗效果。由于齿轮泵具有结构简单，工作可靠，价格低，抗污染能力强等优点，所以选择齿轮泵较适合液压系统冲洗。选择 250 mL/r 的内啮合齿轮泵和 1 480 r/min的电机组合，在不计机械效率的情况下，理论流量最大可达到 370 L/min，满足系统要求。

计算所需电机的功率，计算公式如下：

$$N = \frac{P \times Q}{612} \tag{7}$$

式中：N—— 电机功率；

P—— 液压系统压力；

Q—— 液压系统流量。

带入 $Q = 320$ L/min、$P = 5$ MPa 后，得 $N = 30.7$ kW。查手册后，需选择功率为 30 kW，转速为 1 480 r/min的电机。

2.4　过滤器的选择

过滤器滤芯的过滤精度常以 μm 为单位来衡量，为了保证冲洗质量和节约施工成本，冲洗过程中有梯度的提高滤芯过滤精度。通常应先选用 30 μm 的滤芯。油液清洁度达到 NAS11 级以上的时；选用 20 μm 的滤芯，达到 NAS9 - 11 级的时候，选用

中国知网　https://www.cnki.net

10 μm的滤芯;达到NAS9级以内的时候,再选用精度3~5 μm的滤芯来冲洗。当然也可采用在30 μm的过滤系统中串联一组过滤精度为10 μm的过滤器,进行后面工序的冲洗,称为强化冲洗。这样有利于缩短冲洗时间,加快工程进度,尤其在工期比较紧迫的情况下,达到满意效果。

由于高炉大修炉顶液压冲洗管路长、时间短,为了确保质量和工期,在实际冲洗过程中可仅使用10 μm和3 μm两种规格的滤芯。选用精度高的过滤器可大大提高液压系统冲洗的效率及冲洗质量,但是存在滤芯更换周期短、成本高等问题。

2.5 油箱的选择

根据液压设计手册,冲洗油箱容积的计算公式为:

$$Q_1 = 5Q_2 \tag{8}$$

式中:Q_1——油箱容积;

Q_2——冲洗管路管道容积。

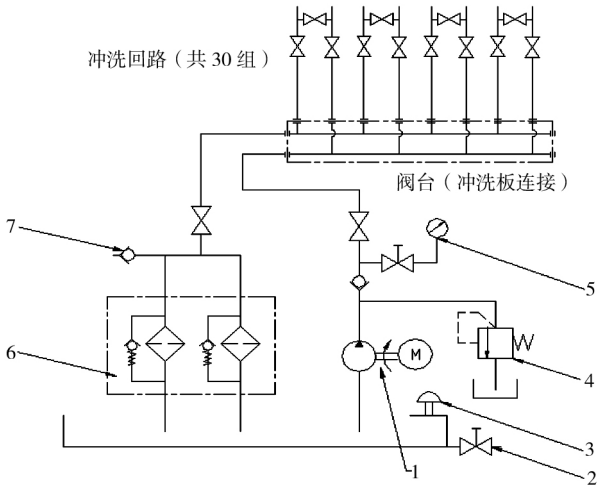
包钢高炉炉顶液压管线总长约3 000 m,分3~4批冲洗,每次平均冲洗管路长度为1 000 m。液压站与阀站的压力主管规格为Φ60 mm×5 mm,长度约为55 m,Q_2为主管路容积与支管容积之和。$Q_1 = 5$,$Q_2 = 2.43\ m^3$。根据计算结果可选择容积为2.5 m^3的冲洗油箱[3]。

3 冲洗方案的制定

图1为包钢4#高炉大修炉顶液压管路冲洗装置的连接图,对各液压元件进行初步的计算后,选择合适的冲洗方式及合理地布置冲洗管路是施工的关键。冲洗的方式和冲洗时间的长短直接影响到系统可否按时投入运转,选择合适的冲洗方式及合理的冲洗回路布置是提高冲洗质量、缩短冲洗时间的重要环节。

常用的冲洗方式分为在线式和离线式2种。在线式冲洗是将液压系统管路按实际位置布置好,大部分连接法兰安装完毕,利用原液压系统动力源或另加辅助液压动力源,用单独冲洗介质冲洗。离线式冲洗是设置另外的独立液压动力源来对已安装好的液压管路进行冲洗。在线式适用于系统清洁度要求较高或者在循环酸洗时酸洗介质已达到一定清洁度的场合。离线式清洗亦可看成是在线式清洗的预处理过程[4]。

虽然炉顶液压站系统动力原件完全可以满足冲洗要求,但是为了避免系统柱塞泵在冲洗过程中因为油液杂质而被污染,对后期的运行造成影响,采用外接冲洗装置的离线冲洗方式,并采用回油过滤。包钢4#高炉炉顶阀站共有30组换向阀,且全部为硬管连接,管间距狭小,不利于管路的拆装,所以冲洗过程中全部采用了冲洗板进行管路链接。先用10 μm滤芯冲洗8 h,滤掉油液中的大颗粒后,更换为3 μm滤芯冲洗16 h,在线检测油液清洁度,合格后更换下一批管路。



1-内啮合齿轮泵及电机;2-排油阀;3-空气滤清器;4-溢流阀;5-压力表;6-滤油器;7-取样点

图1 冲洗装置与管路连接图

油液取样应采用动态紊流取样法,主要是确保油样代表实际工作条件下系统的污染度,取样的位置通常是在回油过滤器的上游,一般可在管道上安装一个球阀或一个针阀,从中取出油液,取样前应让一部分油液流出冲洗阀门,所用的取样瓶应灌注到其总容积的70%左右,留出足够的空间以便摇荡油样。

冲洗时间主要受两个因素影响,一是过滤器从油液中过滤掉污染物的时间;二是从系统的尽头油液拾取并携带污染物到过滤器的时间。通常5 μm的精度或更高精度的过滤器可提供较快的清洁时间。在系统中,任何位置的颗粒被油液拾取并携带至过滤器的时间是不定的,受系统的复杂性和移走颗粒的液体能量影响,并且与每个元件中颗粒的脱落特性有关。

4 冲洗注意事项

为了更好的保证冲洗效果,冲洗过程中需注意以下几点:

中国知网 https://www.cnki.net

(1) 冲洗过程需要从上游到下游用橡胶锤或木锤沿程敲打管路,尤其是管路的接头、弯头、焊口处等,并改变冲洗方向来增强冲洗效果。

(2) 冲洗油温通常控制在 40 ~ 60 ℃,不超过 60 ℃为宜。保证冲洗油温的目的是降低油的粘度,使管子发生热胀冷缩,便于冲掉内壁的脏物。冬天冲洗油温达不到 40 ℃时,要采用加热装置; 若油温超过 60 ℃,则要采用冷却装置。

(3) 冲洗油液加入油箱时需过滤,过滤精度不宜低于系统的过滤精度。

(4) 未及时回装的液压缸或阀台接口必须做包扎防尘处理。

(5) 滤芯更换频次最好以过滤器前后压力表的差值为依据,如果压力差值达到 0.25 MPa 时,则应更换滤芯。

5　结束语

液压冲洗方案要根据设备性能灵活选择,随着液压传动技术的发展,系统中伺服阀应用增多,对油液的清洁度等级要求也越来越高。只有各环节严格按照规范施工,才能取得较好的冲洗效果。包钢 4#高炉大修炉顶液压系统有伺服阀系统,设计的油液清洁度为 NAS6 级。通过设计合理的液压冲洗装置,以及严格的过程管控,此次冲洗施工共用了 8 天(192 h)时间,经油液检测中心数据显示油液清洁度等级达到了 NAS4 级。从冲洗时间和油液清洁度来看,液压管路的冲洗施工取得了圆满成功。

参　考　文　献

[1] 付雪丽. 冶金液压系统的污染与控制 [J]. 合成润滑材料,2014,(1):21.

[2] 李德飞. 浅谈液压系统冲洗 [J]. 工业技术,2013,(27):149.

[3] 王守城,段俊勇. 液压元件及选用 [M]. 北京: 化学工业出版社,2007.

[4] 牛建平. 液压管道的循环冲洗 [J]. 液压与气动,2002,(4):45 -47.

(上接第 55 页)

炉由于 S5 系统频繁故障而无法正常使用的被动局面。新系统使用的编程环境 STEP7 更加通用,而且其安装环境也更方便,可以在任何一台安装 windows XP 系统或 windows2000 系统下的个人计算机安装,上位机通讯采用 TCP/IP 通讯,通讯连接更加方便,可以方便的在线监视相关变量,模块稳定性更好,抗干扰更强,所有模板均采用表面封装技术,提高了产品的集成化程度,防尘能力强,更加适用于高炉炉前恶劣的环境,高速强大的 CPU 控制器和超大的内存容量可带来更高的工作效率,更好满足工艺要求。强大的诊断功能可以提高系统、设备的可靠性。

6　结束语

新系统采用了新设备和掌握原系统控制设计思想,系统控制精度得以提高,系统稳定可靠性增强,自投运后运行正常,消除了以前的故障,满足了高炉生产需要。

参　考　文　献

[1] 姜建芳. 西门子 S7 -300/400 PLC 工程应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社,2015.

[2] 胡敏. 深入浅出西门子 S7 -300PLC [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社,2004.

中国知网　https://www.cnki.net