

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2020.11.059

水泵小流量循环在污泥焚烧项目上的研究与应用

石宇龙¹, 汪芸芸², 林莉峰², 曹晓哲², 赵林辉²

(1.上海市城市排水有限公司, 上海市 200233; 2.上海市市政工程设计研究(总院)集团有限公司, 上海市 200092)

摘要: 通过对水泵不同类型小流量循环进行研究,并结合小流量循环在污泥焚烧项目上的应用分析,可知小流量循环管线的设置可以保护泵在系统负荷变化大的情况下,提高系统运行的稳定性,降低运行操作的复杂性。小流量循环类型的选择需根据项目投资、运行人员经验、系统自动化程度等因素综合考虑。

关键词: 离心泵;小流量循环;污泥焚烧

中图分类号: X703.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0218-03

0 引言

近年来,污泥焚烧相比其他处理工艺,因处理速度快、处理量大、减量化、无害化和资源化等特点受到越来越多的推广和应用^[1]。区别于常规燃料锅炉,污泥的含水率、热值等主要特性存在较大的波动性^[1-4],从而造成锅炉负荷频繁的波动。作为焚烧炉水系统最常用的离心泵,在锅炉负荷变化时,需频繁调整水泵的工况甚至启停。为提高泵运行的稳定性,延长泵的使用寿命,降低运行人员的工作强度和操作的复杂性,可以通过设置小流量循环管线的方式予以解决。

现对白龙港污泥焚烧项目上水泵小流量循环的应用进行分析和总结,供同类项目参考。

1 小流量循环技术应用场合

离心泵作为工业常用的流体输送设备,应用极为广泛。泵在低流量时,会产生如下问题:泵内会出现流体脱离现象,易使泵产生较大的振动和噪声;小流量运行时,泵的运行效率低,摩擦热量占比增加,泵内流体温度逐渐上升,长时间运行易造成泵内流体过热,严重时烧坏轴承,或流体汽化、产生汽蚀;小流量运行时,泵轴受到额外径向力作用,使泵运行不稳定。

当运行工况要求较大的流量变化范围时,首先可以选择流量范围大的泵,但市场上此类泵的可选择性较窄。对于大功率的水泵,一般是配置变频电机和变频器,通过频率调节改变泵的转速,控制泵的流量和扬程,提高运行的稳定性和节约电耗。而当水泵功率较小时,设置变频器就不具备经

济性了。此时,可以选择小流量循环技术。小流量循环技术可以保证离心泵一定的流体流量,避免产生过大的震动和噪音、带走泵运行产生的热量、减小泵轴的径向推力、降低关阀起泵和出口阀误操作关闭时,泵损害的风险。

根据 SH/T 3014—2012《石油化工储运系统泵区设计规范》^[5]规定,当泵的工作流量存在低于泵的额定流量 30%的工况时,应设置小流量管线。

如图 1 所示, Q_{\min} 为该型离心泵设计要求最小流量,小流量循环管线的设计需满足该型水泵在此扬程下的流量要求。

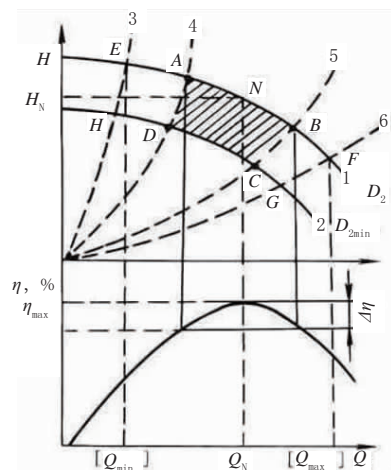


图 1 离心泵的性能曲线图

2 小流量循环分类和分析

泵的小流量循环根据其控制方式一般有三种形式,分别为连续循环系统、控制循环系统、自循环控制阀系统。

2.1 连续循环系统

连续循环系统为泵的出口设计带有限流孔板的回流管线,返回泵吸入口水箱,流程简图如图 2 所示。

收稿日期: 2020-03-31

作者简介: 石宇龙(1989—),男,助理工程师,从事建设项目招标管理工作。

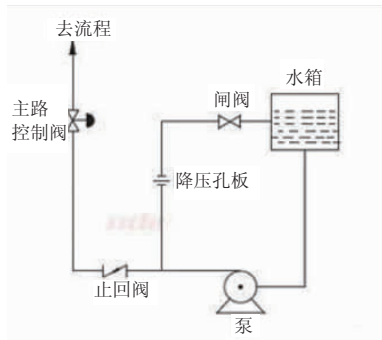


图2 连续循环系统图

由图2可知,连续循环管线系统中的小流量循环始终存在。由于小流量约占泵额定流量的30%,因此泵的选型中需考虑该部分的流量,否则易造成泵出力不够的情况;且由于该种循环膜式,小流量始终存在,该部分的能耗无法利用,相对而言,运行费用较高。

2.2 控制循环系统

循环控制系统为泵的入口管线上设计流量计,检测泵入口流量。根据入口流量控制泵出口回流管线阀的开启和关闭,流程图如图3所示。

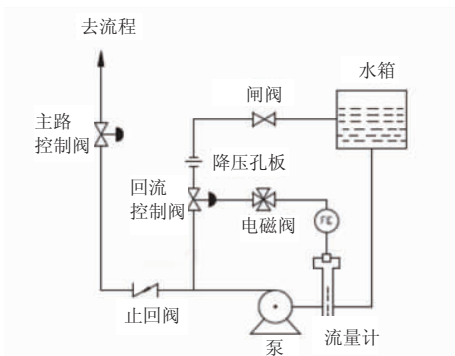


图3 控制循环系统图

由图3可见,该型回流控制系统核心为回流控制阀。针对多级高扬程水泵,如给水泵,回流控制阀工作时阀门上下游压降很大,由Bernoulli方程可知,当流体流经节流部件,节流面积缩小,使流速增加,压力降低。当节流后的流体压力低于该温度下的饱和压力,会在阀门节流部件后产生气泡,见图4所示。节流部件下游,流速降低,压力上升,如果压力大于该温度下的饱和压力,则气泡破裂释放能量,使得阀门局部区域产生很高的压力和冲击力,损害阀门部件^[6,7]。

现今,该类型回流方式采用的回流控制阀一般为国外进口,对于阀门的设计、选型、加工和制造要求较高,一般应用于电力行业给水系统。

为简化控制要求,还可采用开关控制阀代替流量控制阀,当泵入口流量低于额定流量30%时,打开回流开关阀,增加泵流量,维持泵的正产运行。

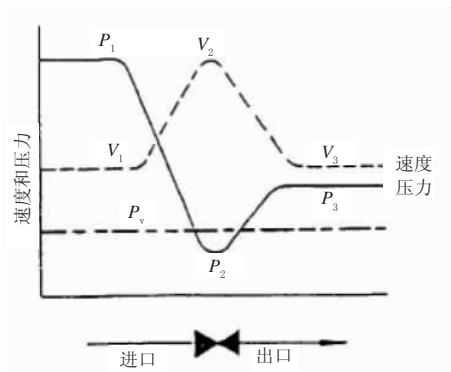


图4 阀门节流部件后产生汽蚀压力和速度曲线图

此种小流量系统泵的选型过程无需考虑额外流量,有利于降低泵的采购成本和运行成本,但由于需设计回流阀、流量计并配置相应的控制系统,一次性投入较高。

2.3 自循环控制阀保护系统

自循环控制阀保护系统设计为泵出口主管线上设置自循环控制阀,该自动控制阀控制回流量。当泵的流量减少时,泵出口压力升高,自动控制阀旁路开度增大,回流增加,从而确保泵的流量不小于最小流量要求,如图5所示。

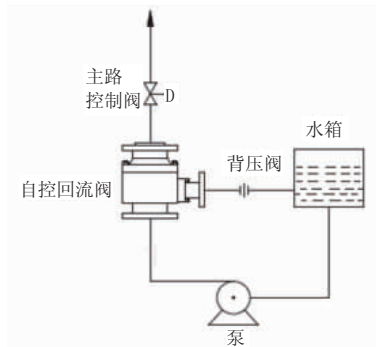


图5 自循环控制阀保护系统图

自循环控制阀保护系统需根据泵的规格参数选型自控回流阀,自循环控制阀识别泵出口压力,控制旁路的开度。

自控回流阀在正常工作压力下,回流侧关闭;低流量状态下,压力升高,回流侧根据压力控制旁路开度,同2.2节所述,回流侧亦承受着较大的两端压差,阀门潜在的汽蚀风险,对于阀门的选型和制造要求极高^[6,7]。

自循环控制阀为该型控制系统中关键设备,是整个系统稳定运行的关键。其设计、选型、加工和选材都有着极高的要求。目前该型阀门多为国外进口,价格昂贵^[6,7,8]。

自循环控制阀也可以采用压力检测和流量控制阀组合的控制系统,但同样系统较为复杂,投资较高。

2.4 小流量循环分析

2.4.1 入口管线设置

一般来说,泵的小流量管线入口设置有两种:在泵出口止回阀之后和泵出口止回阀之前^[9],分别如图6(a)和(b)所示。

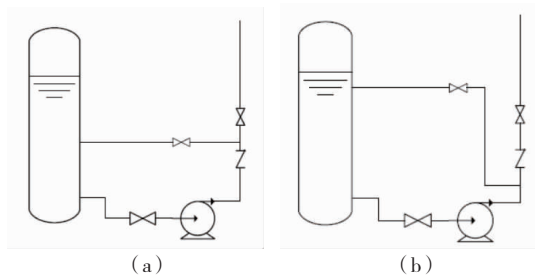


图6 泵小流量管线入口设置示意图

如图6(a)所示,小流量入口管线为泵出口止回阀之后,可避免意外情况下泵停运,泵出口流体回流造成的泵的损坏。但如箱体容积较小,需提防泵出口管线内流体回流至箱体,造成箱体水位升高甚至满溢的情况。但此类设计如止回阀故障,无法开启,无法保护泵。

如图6(b)所示,小流量入口管线为泵出口止回阀之前,可防止流体回流至箱体,并且不会因为止回阀故障导致小流量无法动作,但需防止停泵情况下,箱体中的流体通过小流量管线回流,造成泵叶轮反转、泵损坏的情况,此类设计需将小流量管线出口移至箱体液位以上。

2.4.2 设置方式分析

基于不同工艺和控制方法的连续循环系统、控制循环系统、自循环控制阀系统是常见的三种小流量循环系统,以上三类小流量系统各有优劣,分析如下(见表1)。

表1 小流量循环系统分析表

序号	对比项	连续循环	控制循环	自循环控制
1	系统复杂性	简单	复杂	简单
2	操作复杂性	简单	复杂	简单
3	投资费用	低	高	很高
4	运行费用	较高	低	低
5	综合分析	好	较好	较好

3 小流量循环在污泥焚烧项目的应用

污泥焚烧项目相比火力发电项目焚烧炉热负荷较小,水、蒸汽流量相对较小,一般选用功率较小的水泵,且受到入炉污泥热值、含水率波动等因素影响,需频繁调节水泵工况以匹配锅炉热负荷的变化。为提高泵的运行稳定性、降低运行操作的

复杂性,适宜配置小流量循环管线。

以上海白龙港污水处理厂污泥处理处置二期工程为例,焚烧炉热负荷为15.1 MW,补水系统、冷凝水系统、给水系统水泵功率分别为11 kW、30 kW、45 kW(定频)。上述系统水泵均设计小流量循环管线,类型为连续循环系统。在锅炉运行过程中,上述系统水泵处于连续运行状态,仅需通过泵出口总管上的远程控制阀调节系统负荷(水的流量),甚至在系统负荷为零,出口阀门关闭的情况下持续运行,而不需运行人员进行调节和控制。小流量循环管线设置于泵出口至止回阀之间,连接至水箱顶部。相比未设置小流量循环管线其他污泥项目,白龙港污泥二期上述系统小流量循环管线不仅在停泵后防止水箱内存水回流,防止泵叶轮倒转,保护泵在任何设计工况下均能稳定运行,又可适应任何工况调整,减轻了运行和操作人员的工作内容和强度,人工干预程度低,系统运行可靠性高。

白龙港污泥二期小流量循环管线设置均为连续循环系统,小流量循环始终存在,相对而言长期运行成本较高。后续可根据需求对该部分进行开关型控制阀的控制循环改进,以进一步降低运行成本。

4 结语

污泥焚烧系统众多,由于受到污泥含水率、污泥热值等因素影响,系统运行负荷变化相对频繁、变化幅度较大,适合对系统中的定频离心泵设计小流量循环系统,以提高系统运行的稳定性,减少运行人员的工作内容,降低工作强度。但小流量循环系统的类型需结合项目投资、运行人员经验程度、系统自动化程度等因素综合考虑。

参考文献:

- [1] 顾杨,王丽花.现代污泥处理厂建设设计、运营与管理[M].北京:化学工业出版社.2019.
- [2] 李媛.流化床焚烧工艺在城市污水厂污泥处理中的研究进展[J].工程与技术.2003(12):23-24.
- [3] 李军,李媛.流化床焚烧炉污泥焚烧工艺特性研究[J].环境工程.2004,22(3):76-79.
- [4] 谢智明.污泥处理中流化床焚烧工艺的研究与进展[J].机电技术.2007(2):79-80.
- [5] SH/T 3014—2012,石油化工储运系统泵区设计规范[S].
- [6] 刘燕琳,张丽文.给水泵最小流量再循环阀的技术分析[J].北京动力经济学院学报.1995,12(4):19-23.
- [7] 高绪学,杜雪珍.给水泵最小流量再循环阀的技术分析[J].石油化工自动化.2007(6):85-91.
- [8] 陈凤官,等.给水泵最小流量循环阀故障分析及改进[J].设备管理与维修.2018(3):86-88.
- [9] 高贵勇.泵的小流量管道的设置[J].通用机械.2014(5):56-57.