三菱－马丁炉排在垃圾焚烧炉中的应用

徐 金 艳

（北京首钢自动化信息技术有限公司 运行事业部，北京 100041）

摘要：以北京首钢生物质能源科技有限公司生物质垃圾发电项目 750 t/d 垃圾焚烧炉为例，介绍了三菱－马丁炉排在垃圾焚烧炉中的使用状况。详细阐述了三菱－马丁炉排的自动燃烧控制系统，通过对蒸汽流量、进料机及炉排运动速度、送风量的调节，采用串联与非串联模式实现炉内温度的稳定控制。

关键词：垃圾焚烧炉；三菱－马丁炉；自动燃烧控制；炉排

0 引言

伴随着中国经济的快速发展和城市化进程不断加速，工业垃圾和生活垃圾问题已成为制约城市发展的瓶颈，如何治理这些垃圾已成为我们亟待解决的一个重要问题。现行的垃圾处理方式主要有卫生填埋、堆肥、焚烧、废品回收等，这几种处理方式各有其优缺点。其中垃圾的焚烧处理具有减量效果明显、无害化彻底、占地量小、可回收能量用于供热和发电等优点，符合我国可持续发展战略的要求，正日益受到人们的重视。根据我国城市垃圾的特点，往复式逆推炉排特别适合于我国城市不分拣的低热值、高水分垃圾，具有适应热值范围广、负荷调节能力大、可操纵性好等特点。

北京首钢生物质能源科技有限公司生物质垃圾发电项目采用 4 台 750 t/d 的机械炉排式生活垃圾焚烧炉和 2 套 30 MW 抽汽凝汽式汽轮发电机组，年处理生活垃圾 100 万 t。从垃圾投入开始到最后的出灰，整个系统全部采用自动程序控制。这不仅减少了操作人员，而且保障了系统安全稳定运行，达到了最好的垃圾处理效果。该系统于 2013 年 10 月投入使用。

1 垃圾焚烧工艺流程

生活垃圾进入卸料平台后，通过卸料门进入垃圾池，然后由垃圾吊将垃圾送到三菱－马丁炉，通过控制三菱－马丁炉排设备及一次风量实现燃烧控制，辅助于点火及辅助燃烧设备，控制烟气温度在 850 ℃以上，并在炉膛内滞留时间达到 2 s 以上。同时向炉内回喷渗沥液降低排放，喷洒尿素溶液进行炉内脱硝。锅炉产生蒸汽进入汽轮机发电，产生的烟气经过烟气处理排放到大气中，产生的灰渣经过排渣机及渣吊运往后续处理场地。垃圾焚烧工艺流程如图 1 所示。

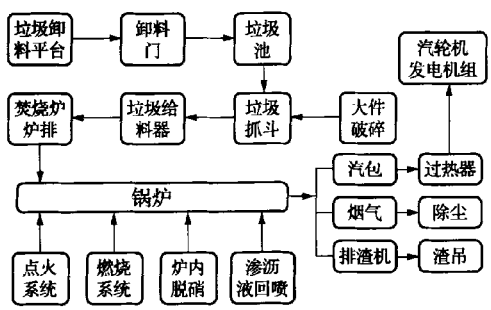


图 1 垃圾焚烧工艺流程

2 三菱－马丁炉炉排控制系统的组成及工作原理

该项目中，三菱－马丁炉的炉排控制系统是垃圾焚烧炉自动控制的核心部分，该系统运行的好坏将直接影响焚烧炉的运行状况和蒸汽产量，进而影响机组的发电量。项目中采用基于上海新华 DCS 和 SIS 网络的控制系统，焚烧装置的炉排控制系统以日本三菱 Q 系列 Q12PRH 冗余 PLC 和三菱触摸屏方式为控制核心，来满足垃圾自动燃烧系统要求，保证焚烧炉根据设定的数值实现稳定、可靠的运行。炉排控制系统通过硬线连接方式与 DCS 通信，可在主控室内对炉排进行监控和各相关参数调整。

收稿日期：2014-05-04

作者简介：徐金艳（1982-）女，吉林长春人，工程师，主要从事自动化技术支持及科研改造工作。

2.1 控制系统组成

三菱 - 马丁炉由垃圾料斗、进料机、炉排、炉膛、渣斗和落渣管、出渣机、燃烧空气系统、液压驱动装置等部分组成。单台三菱 - 马丁炉炉排共 6 列 13 级,每列 13 片炉排片。

2.2 工作原理

在首钢生物质能源项目中使用的三菱 - 马丁炉排炉属于逆推往复炉排炉,活动炉排片与固定炉排片以行为单位交错布置,活动炉排片通过栋梁连接在 Z 型驱动梁上,随着液压驱动 Z 型梁做往复的逆推运动,可使垃圾有效地翻转、搅拌,具有较理想的燃烧条件,可实现垃圾完全燃烧。炉排侧视图如图 2 所示。

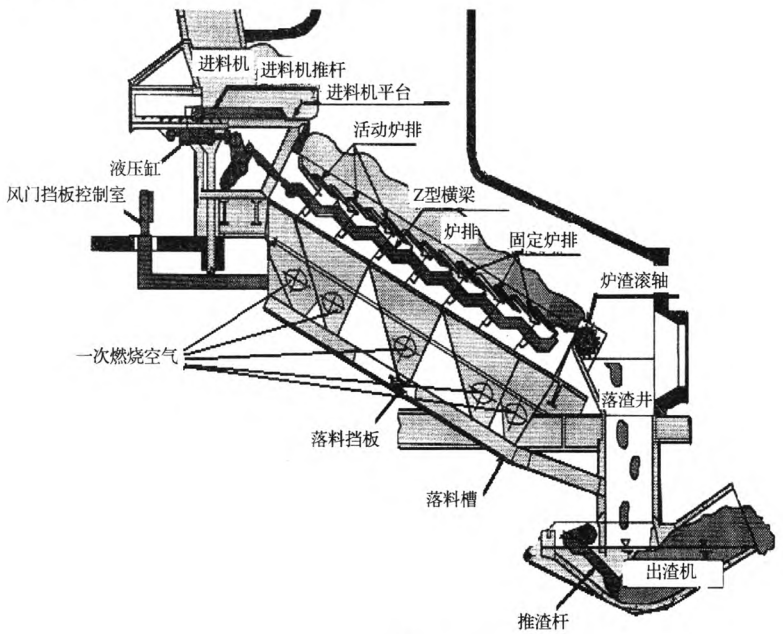


图 2 炉排侧视图

炉排倾斜角度为 26°,炉排片最大行程为 420 mm。垃圾从炉排的上方由进料机推进至炉排内(炉排分为干燥区、燃烧区、燃尽区)。垃圾首先进入干燥区,通过炉排上固定炉排和活动炉排之间的相对运动推动垃圾向上翻滚,使垃圾在移动的过程中得以均匀混合,并将垃圾移动到燃烧区使其充分燃烧,最后到燃尽区,通过炉渣滚轴将灰渣排出。一次燃烧空气通过炉排片底部的风道,从两相邻炉排片之间的风孔进入炉膛,在助燃垃圾的同时也起到冷却炉排片的作用。两相邻炉排片之间设置有相对运动,确保两者之间的风孔不被炉渣或者低熔点物质堵塞。

3 三菱 - 马丁炉的应用

三菱 - 马丁炉应用在垃圾焚烧过程中时,蒸汽流量和炉膛燃烧温度的控制是通过对进料机和炉排的操作来直接控制入炉的垃圾量来实现的。因此如何利用自动燃烧控制(ACC-Auto Combustion Control)系统来实现垃圾完全燃烧成为关键要素。

3.1 自动燃烧控制系统

自动燃烧控制系统是垃圾焚烧炉的重要组成部分。ACC 的目的就是控制垃圾的燃烧过程。在确保额定的焚烧量情况下,以余热锅炉的蒸汽流量(或炉膛温度)为目标,通过控制、调节进料机速度、炉排速度和燃烧用风量,最终达到最佳燃烧工况,将炉膛温度和热灼减率控制在要求范围内,同时保证环保要求和垃圾焚烧运行的稳定性、经济性。

之所以需要控制燃烧,使之燃烧稳定,目的就是为了将蒸汽流量或者说炉膛温度维持在一个稳定的值;就如普通燃煤机组通过控制炉膛内燃烧的煤量来控制蒸汽流量类似,垃圾焚烧机组就是

依靠控制炉膛内燃烧的垃圾量来控制蒸汽流量和炉膛温度,因此炉膛内燃烧的垃圾量是控制的重点。项目中所用到的三菱－马丁炉,其控制方式采用蒸汽流量(或炉温)连续控制,由简单实用的控制回路组成。

3.2 炉排燃烧系统

(1)进料机

三菱－马丁炉的进料机由 6 个部分组成,有统一的行程和速度,调整控制信号在炉排就地操作盘上或远程控制室。投入炉排的垃圾量由行程和速度两个变量决定。行程为 0～1 300 mm,需要根据垃圾的性质而改变,通常操作范围的行程是根据极限开关和旋转式编码器信号来测定的。在项目中,基本行程设置为 300 mm。最终使用行程则依垃圾的状态实际设定值的变化,如表 1 所示。

表 1 垃圾状态设定值

序号	垃圾的状态	行程/mm
1	湿垃圾	200
2	通常的垃圾	300
3	干燥的垃圾	400

进料机的速度设置为 0%～100%,通过控制油量的比例放大阀来调整进料机汽缸的给油量的大小,进而调整速度的快慢。通常情况下进料的速度设置为 30%～50%。具体的值需要依照当地的垃圾性质在调试期间确定下来。进料机的速度需要根据炉排的速度而改变,原则上为了稳定燃烧,进料机最好低速运行。

(2)炉排

三菱－马丁炉排分成了 6 列,由 6 个油压汽缸驱动炉排动作。相邻的炉排行程路线是逆向运动的。第 1,3,5 列炉排前进时,第 2,4,6 号列炉排后退,反之亦同样。这样做的好处是通过相对运动使垃圾充分混合以及使炉排上的垃圾层分配均匀,更有助于燃烧。因此,一旦炉排开始运动,就能加强燃烧,炉排停止,燃烧就减弱。而提高炉排速度时,其加强燃烧的效果会更加明显,但是炉排运行速度过快又会使垃圾层变得很薄,燃烧变弱,反而不利于稳定燃烧。由此可见控制好炉排的速度是稳定燃烧的一个条件,通常情况下炉排的速度为 30%～50%。具体设定值需要依照当地的垃圾性质确定。

(3)进料机(或炉排)的启停控制

在实际控制中,操作人员可以选择根据蒸汽流量或炉膛温度来控制进料机(或炉排)的运行与否。炉膛温度的控制方式多用于锅炉启动阶段,而蒸汽流量多用于锅炉启动结束开始进入正常运行阶段。无论何种方法,控制的概念是相同的,就是过程值 *PV* 与设定值 *SV* 之间的偏差量 *DV* 大于上限(2%)或小于下限(－2%)时,控制进料机(或炉排)停止或启动。

额定蒸汽流量(或炉膛温度)偏差设定上限值和下限值,进料机(或炉排)的动作由这两个限定值控制。当蒸汽流量(或炉膛温度)上升中穿过下限值的场合,进料机(或炉排)的动作为“关”状态,一旦停下,蒸汽流量(或炉膛温度)开始下降;如果蒸汽流量(或炉膛温度)下降中穿过上限值,进料机(或炉排)的动作变为“开”状态,蒸汽流量(或炉膛温度)便开始回升;当蒸汽流量(或炉膛温度)在上升方向穿过上限值时,动作信号又为“关”状态,反之,在下降方向穿过下限值时,动作信号也将变为“开”状态。进料机(或炉排)控制动作变化过程如图 3 所示。换句话说,依蒸发量的变

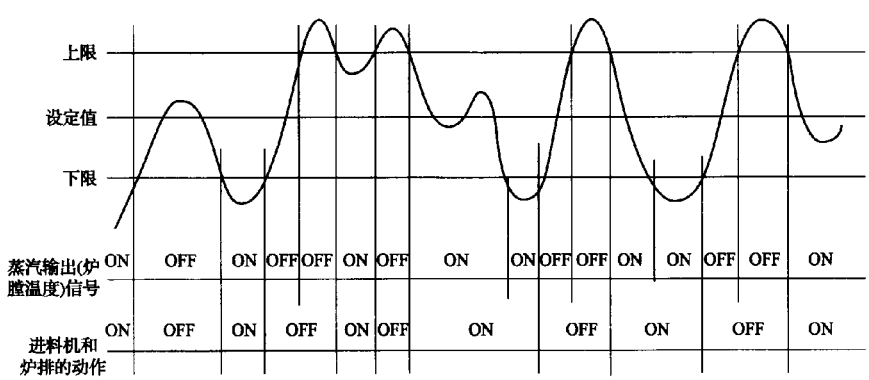
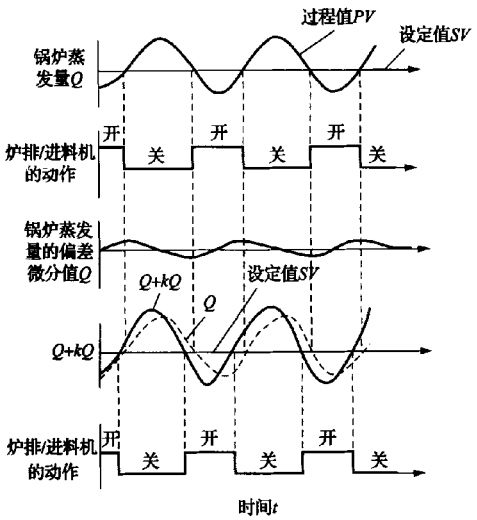


图 3 进料机(或炉排)控制动作

化,在到达设定值前对进料机和炉排进行控制。这就是所谓的预测控制,即前进流量控制。

如果仅仅引入蒸汽流量作为唯一被调量则可能会使进料机和炉排响应太慢而导致投入过多的垃圾量或投入的垃圾量不够,则依据位相进以蒸汽流量偏差 *DV* 的微分作为超前控制,使进料机和炉排响应加快。这种控制的结果就是促使控制燃烧的状况比通常情况下控制更加稳定,变化过程如图 4 所示。



Q—流量;*k*—系数。

图 4　位相进控制动作

(4)进料机(或炉排)速度控制

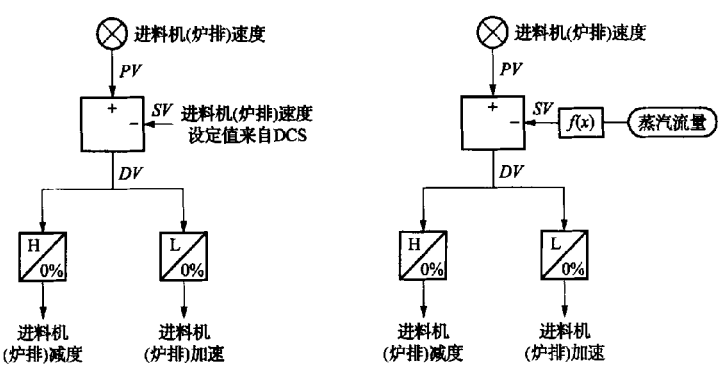
在进料机(或炉排)已经启动的情况下,可以通过控制其速度来更好地匹配蒸汽流量设定值,从远程 DCS 获取进料机(或炉排)速度给定和进料机(或炉排)串联控制信号。首先判断操作人员是否选择进料机(或炉排)串联控制;如果不是串联控制模式,那么将正在使用中的进料机(或炉排)速度与给定速度进行比较,偏差大于 0 则减速,小于 0 则加速。速度设定逻辑如图 5(a)所示。

如果选择串联控制模式,那么需要将操作人员设定的蒸汽流量设定值考虑进去,使用函数将蒸汽流量设定值转换成进料机(或炉排)速度给定,再将目前进料机(或炉排)速度与转换后的进料机(或炉排)速度给定比较,偏差大于 0 则减速,小于 0 则加速,如图 5(b)所示。

在控制的过程中,操作人员可以选择依据蒸汽流量或炉膛温度进行控制。引入蒸汽流量(炉膛温度)过程值 *PV* 与蒸汽流量(炉膛温度)设定值 *SV* 的偏差值,如果这个偏差值大于某个值则输出燃烧高,小于某个值输出燃烧低,在偏差过大之前人为干预燃烧控制。

(5)燃烧用风量控制

燃烧用风量是通过强制送风挡板(FDF damper)的开度来控制的,通常情况下维持风箱内静压在 4.0 kPa。三菱 - 马丁炉排一共有 4 个强制送风挡板,其中 2 号挡板作为主挡板,可以在三菱 PLC 就地柜触摸屏上分别设置 1#,3#,4#挡板与 2#挡板的开度偏差,并在 DCS 中显示。如果操作人员不改变强制送风挡板的开度,则维持固定的一次空气流量控制压力,如果欲改变一次风空气流量燃烧情况,则需要改变强制送风挡板的开度设定值。与进料机速度控制一样,强制送风挡板同样可以



(a) 非串联控制模式　　(b) 串联控制模式

图 5　进料机(或炉排)速度设定

由操作人员选择是否启用串联控制模式。如果不是串联控制模式，那么主挡板开度设定值就是DCS传过来的强制送风挡板开度设定值，其余的挡板则在这个开度设定值的基础上加上上述的开度偏差，如图6(a)所示。

如果是串联模式，那么主挡板的开度是由主蒸汽流量设定值经过函数计算出来的开度，这样就可以根据当时操作人员所期望主蒸汽流量(或者说垃圾焚烧量)来提供相应的燃烧用空气，如图6(b)所示。

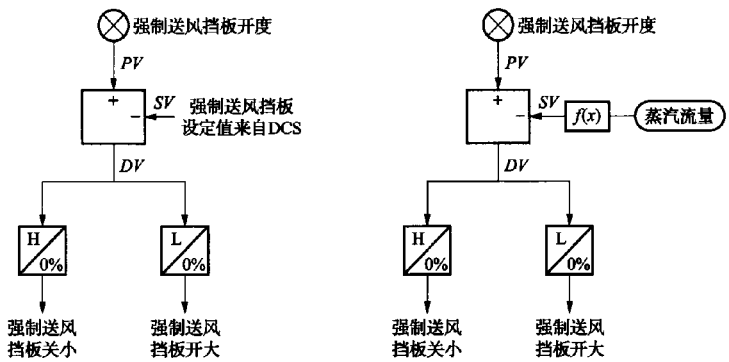


图6 强制送风挡板开度

4 结束语

垃圾焚烧可以实现生活垃圾处理的“无害化、减量化、资源化”，回收其热能用于发电，所以已经成为大多数发达国家处理垃圾的主要方式。垃圾焚烧的自动燃烧控制系统对垃圾的无害化，保证燃尽率及控制污染起着重要的作用，在国内大规模推广生活垃圾焚烧发电项目，引进国外先进焚烧设备的同时，也要注意引进和消化垃圾焚烧燃烧控制技术，以确保达到无害化。

参考文献：

[1]汪玉林. 垃圾焚烧发电技术及工程实例[M]. 北京：化学工业出版社，2003.

[2]方源圆，周守航，阎丽娟. 中国城市垃圾焚烧发电技术与应用[J]. 节能技术，2010，28(159)：76-80.

[3]蒋建忠，周利峰. 垃圾焚烧炉的燃烧调整[J]. 热电技术，2007(2)：11-13.

[4]柏 杰. 垃圾焚烧炉的燃烧调整[J]. 安徽电力，2008(6)：19-21.

[编辑：白 雪]