[控制系统]

垃圾焚烧电厂电能质量控制要素分析

文/深圳市市政环卫综合处理厂　钟　智

分析了垃圾焚烧电厂的主要生产流程，阐述了垃圾焚烧电厂存在的电能质量问题，并基于垃圾焚烧电厂运行电能质量指标，提出了垃圾焚烧电厂的电能质量控制要素。

1988年，深圳环卫综合处理厂建立，其2×150 t/d焚烧项目成为我国城市生活垃圾焚烧处理工业化应用的开始。随着我国垃圾焚烧电厂不断增多，对电厂电能质量的控制也日益引起关注。

垃圾焚烧电厂生产流程简介

垃圾焚烧电厂生产流程如图1所示。

进入垃圾焚烧厂的垃圾经过称重后被放入垃圾库中，然后由垃圾抓斗将垃圾填送到料斗，料斗里面的垃圾通过斜槽进入到焚烧炉进行焚烧。

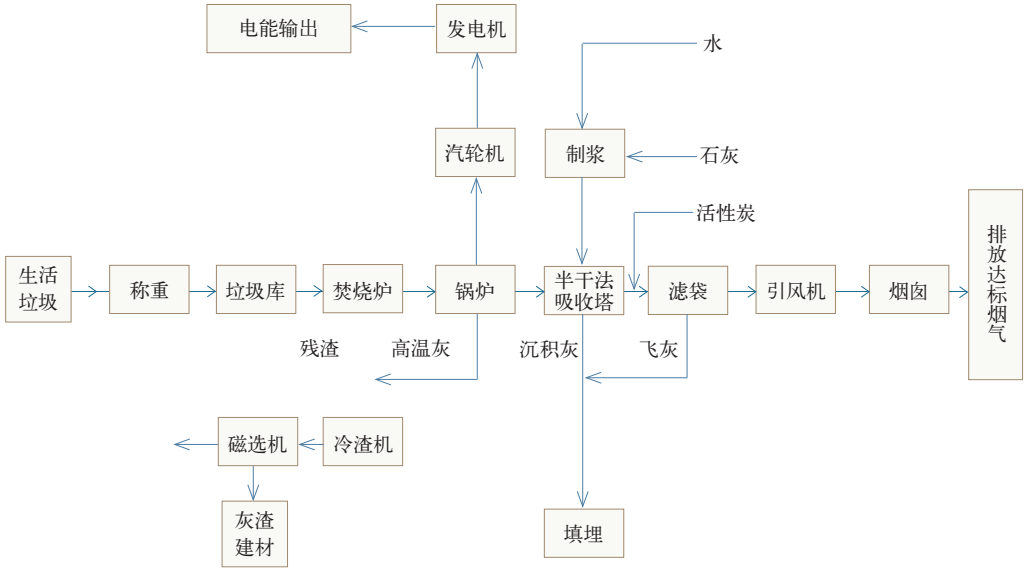

图1　垃圾焚烧电厂生产流程

在焚烧过程中，进料斜槽还起着密封作用，并且不断向智能化炉和进料口输送垃圾及在焚烧炉内的垃圾经过干燥段、燃烧段、燃烧尽段形成充分的分化，然后焚烧后的炉渣经过炉床排出。排出的炉渣经过湿式装置处理进入贮坑，然后灰渣起重机将其送至车上拉走填埋或做其他处理。在垃圾焚烧电厂中，焚烧所产生的烟气如果在85 ℃内的炉膛内停留2 s以上就能使烟气中产生的二恶英类物质分解，有利于空气净化。

经过焚烧炉出来的高温烟气经过余热锅炉后产生高温高压蒸汽，然后蒸汽推动汽轮发电机进行发电，将热能转化为电能，实现能源的回收。

垃圾处理过程中产生的烟气，通过余热锅炉后进入到袋式除尘器和半干式反应塔中进行净化，然后除去烟气中的粉尘、酸性、重金属及二恶英，最后将符合环保要求的气体排放到大气中。另外，垃圾池里的沥滤液污染浓度较高，需要将其处理后同低污染浓度的污水进行融合，然后经过化学处理达标后才能将其排放。

垃圾焚烧电厂运行电能质量问题的提出

垃圾焚烧电厂的电能质量主要包括四个方面，即电流质量、电压质量、供电质量和用电质量。其中电流质量是指用户在用电过程中电流是否是正弦波形和恒定频率，并且需要电流波形同电压处于同一相位，以确保在高功率运行下系统能够正常运行，能够侧面反映出电压质量。电压质量主要指电力是否合格，是否能够满足客户需求，能够反映实际电压和额定电压之间的偏差。供电质量能够反映出供电的可靠性、电压质量及服务质量。

垃圾焚烧电厂对厂内各项指标有严格限制，包括进厂垃圾量、库房气体、单位时间内入炉垃圾量、燃烧室温度、过剩空气、相对大气压、烟气排放、烟气排放及灰渣烧蚀率等。垃圾焚烧电厂主要监控项目如下表所示。要确保这些指标能够达到，必须确保垃圾焚烧电厂的电能质量在要求范围内，为垃圾焚烧的过程提供有力保障。然而，目前垃圾焚烧电厂电能质量控制存在如下问题。

1）随着电力电子技术的广泛应用与发展，垃圾焚烧电厂电力系统中增加了较多的非线性负载，尤其是电除尘设备，由双向晶闸管控制开关，会引起系统电流、电压波形发生畸变，造成电压系统出现谐波污染，甚至造成保护动作。一些高效率电动机变速驱动、为降低损耗和校正功率因数而采用的并联电容补偿器以及大量的用户电子设备的使用会导致电网谐波污染，会使供电电压干扰水平加重，给电力系统安全运行带来危害。

2）电压凹陷、供电中断、电路通断产生的暂态现象等问题给用电设备带来了危害，影响了电路设备的正常运行，为了能够用上高质量的电，许多客户向电力部门提出申请，要求保障用电质量。

3）另外，大型变压器、电动机的使用也会产生冲击波负荷，会产生高次谐波，能够造成电压波动。垃圾焚烧厂需要处理大量的生活垃圾，不可避免的在系统中存在大型变压器和电动机，从而带来冲击性负荷，系统中存在丰富的谐波。这些都会对电力设备安全运行产生影响，对于这些问题，国家需要对供电企业的供电电压和供电频率作出相应规定和限制。

电能质量控制要素分析

电力网的每一个组成部分都是密切相连的，

表　垃圾焚烧电厂主要监控项目

序号	控制系统子项	控制对象与目标	控制变量	控制机构
1	垃圾进厂计量	进厂垃圾量	准确称量每车次毛重和皮重	自动称量报表装置
2	垃圾库房负压	库房气体不外溢	库房封闭、新鲜空气置换	一、二次风机抽取助燃风
3	垃圾入炉计量	单位时间内入炉垃圾量	每抓斗净重	起重机抓斗秤
4	稳定燃烧控制	燃烧室温度（880～950 ℃）过剩空气（$\alpha \approx 1.5$，$O_2 \approx 7\%$）	垃圾投料量、空气输入量	给料装置变速调节和一、二次风机变速或变阻调节
5	燃烧室负压	相对大气压（－20～200 Pa）	引风机出力	引风机变速或变阻调节
6	吸收脱酸	烟气达标排放	$Ca(HO)_2$投入当量	浆液泵转速
7	袋式除尘及活性炭吸附	烟气达标排放	活性炭的投入量和喷吹频率	投料装置转速与喷吹阀周期
8	垃圾燃尽	灰渣烧蚀率（3%以下）	控制稳定、连续的推进或排渣速度	炉排推进速度或冷渣器转速

每一个部分出现问题都会影响到整个电网的正常运行。垃圾焚烧电厂一旦出现电能质量问题，不仅影响电厂的工作效率，降低垃圾焚烧的质量，还可能波及整个电力系统。因此，要做好电力的协调处理工作。这就要求电力部门在供电过程中尽量避免因为电力设备故障而造成供电问题，做好垃圾焚烧电厂供电的质量控制。

1. 运行电能的质量控制要素

（1）电压偏差

主要指实际电压同额定电压之间的偏差，在改变供配电系统的运行方式和负荷缓慢的变化促使供电系统各点电压有所变化，各点实际电压同额定电压之间的差距就是电压偏差。

（2）频率偏差

电力系统在正常运行条件下，系统频率的实际值与标称值之差称为系统的频率偏差，公式为：频率偏差＝实际频率－标称频率。频率的偏差对电力系统的影响是巨大的，不仅导致电压质量下降，还影响电气设备的使用寿命。

（3）电压三相不平衡

主要是指在电力系统中的三相电流不一致，主要表现为三相电压的均值超过标准值。三相电流不一致必然带来不平衡分量，从而影响电能质量。

（4）谐波和间歇波

谐波是指正弦电压或者电流，这种电压或电流含有基波的整数倍频率，不含有整数倍的成为间歇波。大量的间歇波和高次谐波的存在，将直接导致波形的传变误差，引起波形畸变，电能质量下降。

（5）电压波动和闪变

电压波动是指电压的有规则变动，其波动值通常为电压的0.9～1.1倍，在其包络线内有规则地变动。而闪变主要是指电压波动对照明灯的影响。

2. 提高垃圾焚烧电厂运行电能质量的措施

（1）中枢调压

中枢调压是提高垃圾焚烧电厂运行电能质量的常用措施之一，通过中枢调压来纠正电压偏差到符合国家标准。由于电力调压系统较为复杂，因此没有必要对系统的每个用电设备都进行电压调整，可以通过监视中枢点的电压，来进行系统电压的监视和调整。中枢点就是指电力系统可以反映系统电压水平的主要发电厂和变电站的母线，很多负荷都由这些母线供电。如果控制了这些中枢点的电压偏差，也就控制了系统中大部分负荷的电压偏差。此外，除了对中枢点进行调压，还可以进行发电机调压、调压器调压等。从而实现对电力系统电压的稳定，从而提高电能质量。

（2）谐波的抑制方法

非线性负载是产生谐波的根本原因，即当电流流经负载时，同电压不呈线性而产生的谐波。对于垃圾焚烧系统来说，大量的电机设备和非线性负载存在于系统中，不可避免地存在谐波损耗，产生的谐波对电力系统的危害是比较大的，而通过对谐波的抑制可以减少其对电力的危害。减少谐波的方法有很多，主要有以下几种。

1）可以通过增强电力系统的承载能力来抵抗谐波的影响，这种抵抗系统一般使用动态无功补偿装置。另外，如果技术条件允许，可以在产生谐波的源头安装这种装置，从根源上消除谐波的产生，在根源处装置时，可以采用先进的静止无功补偿装置，这样可以滤除谐波，改善功率因数，从而稳定电压，提高供电系统的承受能力。

2）在电网系统中安装交流滤波设备，这种设备需要装置在产生谐波的附近，这样能够吸收大量谐波电流，从而降低谐波电压，可以有效防止谐波污染，这种装置一般由C、L、R等元件共同形成串联谐振电路，利用这种串联抵抗可以消除较强的谐波，达到较好地提升电能质量的效果。

3）通过改变电容器的串联电抗器可以有效减小谐波。在电网运行过程中，虽然一些并联电容器能够改善无功功率因数，但在客观上会引起谐波的放大，对电气设备以及电容器本身具有危害，如果对串联电容器的电抗器进行适当改善，那么就会避免谐波的放大，改善模拟量的传导特性，使得系统中的电压和电流波形更加平滑，有效降低系统中的谐波分量。

结束语

随着智能电网的深入发展，我国电网逐渐向着智能、自动和自愈方向发展，清洁成为电网发展的关键词。因此，保障电能质量是电力企业义不容辞的责任，垃圾焚烧电厂必须致力于提升电能质量，发电厂应保证供给用户的供电质量符合国家标准，并积极研究提升电能质量的技术措施，在确保用户安全用电同时，共同对各种电能质量问题采取有效措施加以克服。EA

（收稿日期：2015.01.03）

（编辑：杨得润）