

采用先进的测量仪表提高前后墙锅炉的运行水平

IMPROVED BOILER OPERATION USING ADVANCED MEASUREMENT INSTRUMENTATION

普美康美国分公司 Todd Melick todd.melick@promecon.us

Todd Sommer todd.sommer@promecon.us

地址：美国俄亥俄州奥维尔市柯林斯大街314号

电话：330-683-9074

德国普美康有限公司 Hans Conrads hansgeorg.conrads@promecon.com

地址：德国巴尔莱本市斯坦因菲尔德路3号

电话：(49) 392-038-1730

德国STEAG 公司 Dierk Rottmann

摘要

这篇文章讨论了如何应用最新的测量仪表如煤粉流量、空气和烟气流量以及飞灰含碳量等仪器以提高燃烧系统和锅炉的性能，同时最大限度提高飞灰利用率。回顾了这些测量技术的基本原理和应用注意事项。由于以前曾经发表过有关煤粉流量和飞灰含碳量测量系统的文章，因此这篇文章主要侧重于风量测量系统。这里讨论的对象是针对大型电站锅炉，但其中所涉及的仪表和优化原理也适用于所有燃烧化石燃料的设备。

为了解决土耳其 Iskenderung 电厂一台 600MW 机组的前后墙锅炉上燃烧系统存在的问题，在这台锅炉上安装了一套风量测量系统。为了检查普美康 (PROMECON) 公司的风量测量系统的测量精度，把其中一个测点设置在设计完善的文丘里测量装置的喉部。通过测量对比，发现两种测量方法的平均误差是 2.6%。然后用普美康的新技术对几个曾经用传统测量方法已经失败的测量重新进行了测试，取得了成功。安装了这套新的测量系统后，能够轻而易举地对锅炉燃烧系统进行均匀调整，达到最佳运行状态。

简介

燃煤锅炉具有不同种类的热损失。其中最主要的是排烟损失和机械未完全燃烧损失。过去的锅炉运行方式是尽可能降低飞灰含碳量，以保证飞灰中的可燃物最少。然而使锅炉运行效率最高的方式是同时使飞灰含碳量和排烟损失最低。由于这两项损失主要取决于风和粉的分配状况，因此对这些过程参数的在线测量显得尤为重要。现在，可以用最先进的测量仪表向运行人员及控制/优化系统提供实时信息，非常有利于减少风/粉分配偏差并保证更高品质和更稳定的飞灰。

测量技术

在煤粉流量、空气流量和飞灰含碳量测量中所采用的技术包括一些微波分析及交相关技术的组合。在以前发表的文章中对微波为基础的测量技术已经做过详细介绍，主要是针对普美康的煤粉流量和飞灰含碳量测量仪表的实际应用经验。

煤粉流量测量

用一对安装位置与管道纵轴线相垂直的传感器就能精确测量煤粉管内煤粉的绝对流量。分别测量煤粉浓度和煤粉流速。每 10 秒钟提供一个煤粉质量流量数据。

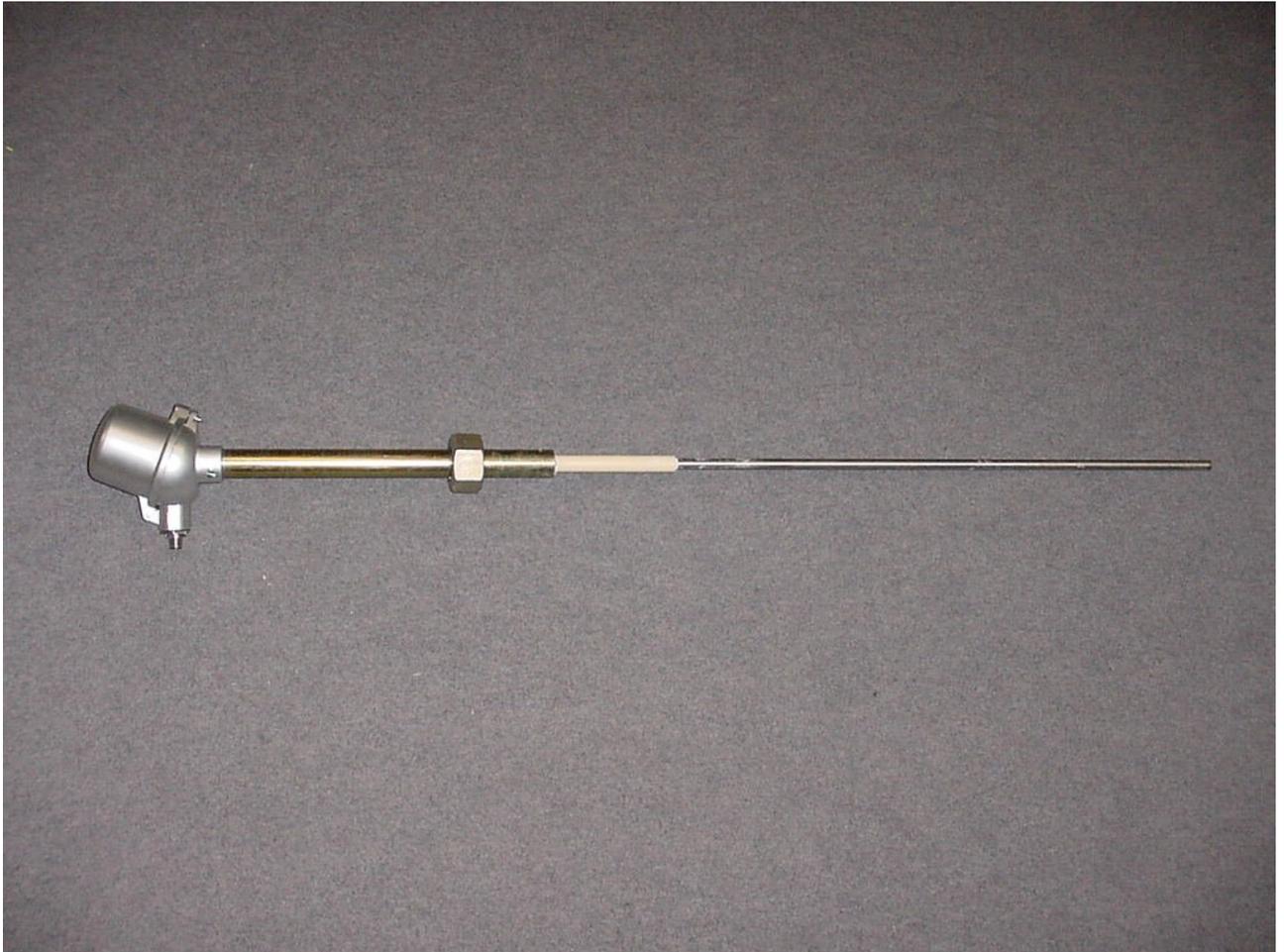
飞灰含碳量测量

每 5-15 分钟测量一次飞灰含碳量。飞灰试样取自于电除尘器下灰斗内（最多同时在 8 个灰斗内取样），只需用一台主控柜就能完成全部测量。飞灰取样过程全部自动完成并且不需要把飞灰从测量系统内取出。

风量测量

前面讲过，这篇文章的重点是关于风量测量。普美康公司的风量测量系统采用一种新的交相关技术测量风道内气流的流速。这项技术需要在每个测量位置安装一对与风道纵轴相垂直的传感器。用风中所带粉尘在第一个传感器上产生的电信号与在第二个传感器上产生的电信号进行交相关计算，由此可以得到两个信号之间的时间差。由于两个传感器之间的距离固定，因此就可以计算出气流的流速。再根据风道的横截面积、风压和风温，就能计算出气流的体积或质量流量。

照片1显示的是一个标准的风量传感器。照片2显示的是在一个测量位置安装的一对传感器，每个测点都必需这样安装。每个电气控制柜可以用4芯电缆连接最多64对传感器。照片3显示的是一个标准控制柜。该柜能向电厂控制系统提供所有类型的数据接口。



照片1 风量传感器元件

每对传感器都能提供这对传感器跨越的管道截面内流体的平均流速。这个截面指的是这对传感器所暴露的区域，即上面照片中传感器探杆上白色绝缘段的右侧部分。传感器的安装非常简单，只需在风道上焊接螺纹管座或在风道管壁上钻孔并攻丝，就可以把传感器拧在风道上。

由于这项技术解决了风量测量问题，因此也能用于测量烟气流量，由此提高电厂效率。

对返回锅炉内的烟气循环流量和进入烟气处理系统（如电除尘器、脱硫和脱硝设备等）进行精确测量非常有利于锅炉和这些烟气处理设备的优化运行。



照片2 传感器在一个测量位置的典型安装方法



照片3 电子机柜

这项测量技术对被测介质有个特殊要求，即气流中必需存在粉尘颗粒。而且还允许有较高的粉尘浓度及较高的气流温度（1093C），这个特性使得这套系统能够适合很多种类气流，特别当采用传统测量方法无法测量时。

与传统的皮托管测量设备相比，普美康的测量系统具有以下几个优点：

- a) 对直管段长度要求低，可以用于管道布置非常复杂的条件下。
- b) 由于采用了交相关技术，因此绝对没有漂移问题。
- c) 测量系统不需标定。唯一需要设定的参数就是两个传感器之间的距离。
- d) 可以测量非常脏/或温度非常高的气流，这些苛刻条件对测量精度没有影响。

普美康的风量测量传感器安装在文丘里喉部的中心。安装皮托管的测孔位于相同位置，测点位置的风道尺寸为宽835毫米、深1210毫米，在此处开设两排测孔，每排4个测点。每个测点测量2次。一次在插入皮托管过程中拔出皮托管时测量。风道内的静压也用皮托管测量。电厂负责测量风温和大气环境压力。通过这些数据中测量，另一次在拔出皮托管过程中测量，通过这些测量结果计算平均流速。

皮托管在每个重复测点的最大偏差是+4.2%（在前墙内侧文丘里）和-4.2%（在后墙外侧文丘里）。所有测点的标准偏差（在文丘里内）是+/-2%。

所有3种测量方法的测量结果列于表1并在图2中显示。

		文丘里前墙 外侧	文丘里前墙 内侧	文丘里后墙 外侧	文丘里后墙 内侧
普美康的测量系统	[m/s]	57.5	64.2	61.2	67.5
皮托管	[m/s]	56.6	61.6	60.4	65.6
文丘里装置	[m/s]	59.8	64.7	64.9	63.2
皮托管与普美康的 测量系统之间的差异	平均值	2.6%	1.7%	4.3%	3.0%

表1 在文丘里喉部用三种测量方法得到的结果

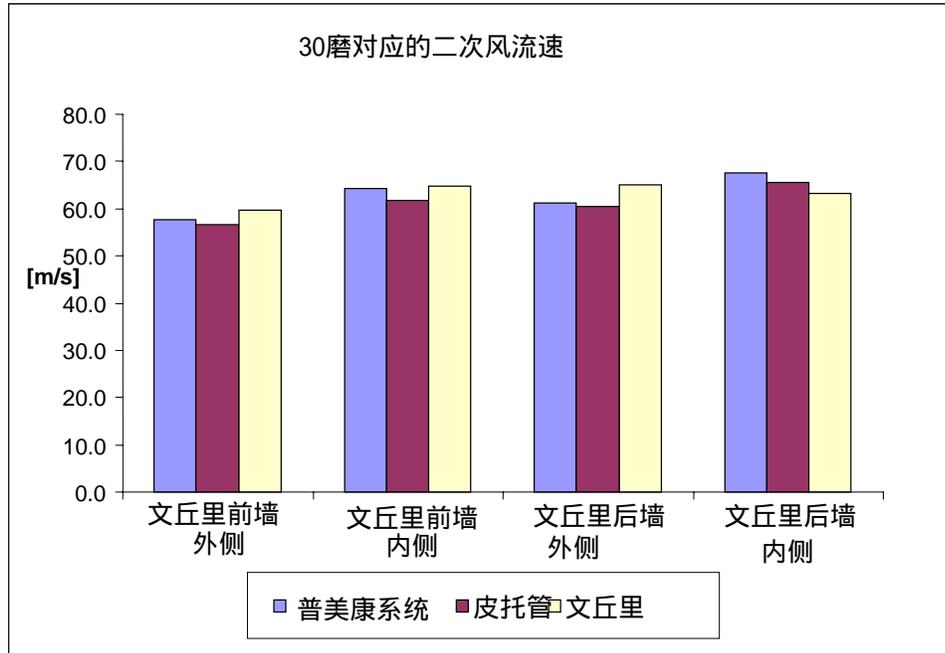


图2 三种测量方法在文丘里喉部的测量结果

由于电厂技术人员对普美康测量系统的性能非常满意，因此决定扩大测量范围，在32和35燃烧器入口二次风道安装测点。测量传感器安装在二次风管道中非常短的一段风道。图3显示的是向6个燃烧器提供空气的风道布置。

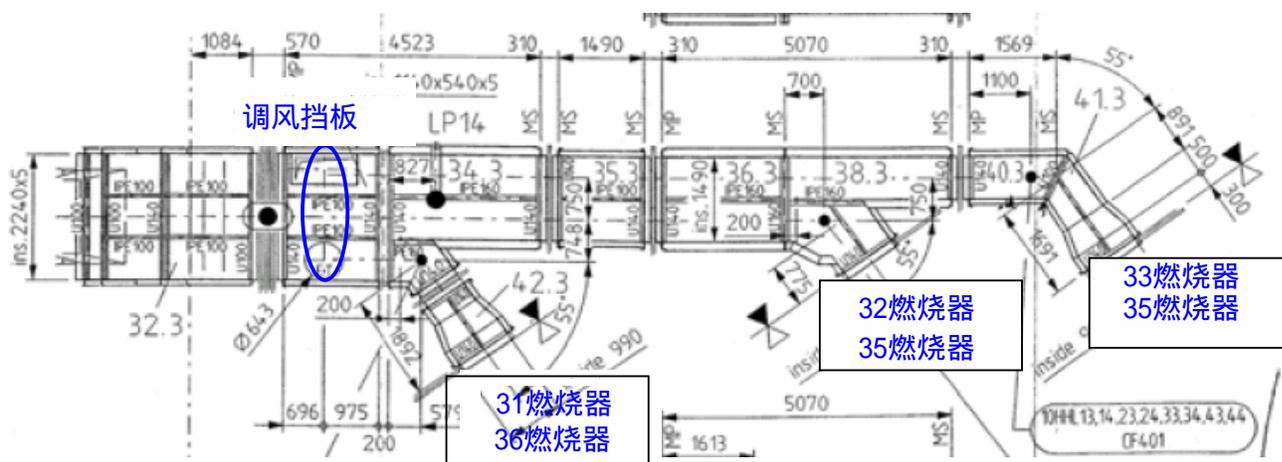


图3 单个燃烧器二次风道的布置

图4显示当所有流量控制挡板开度相同时对每个燃烧器的二次风流量的测量结果。由于风道布置的原因，各燃烧器二次风流量较大差异。在早上8点锅炉负荷升高时，燃烧器之间的风量差异随之大幅增加（如图4）。

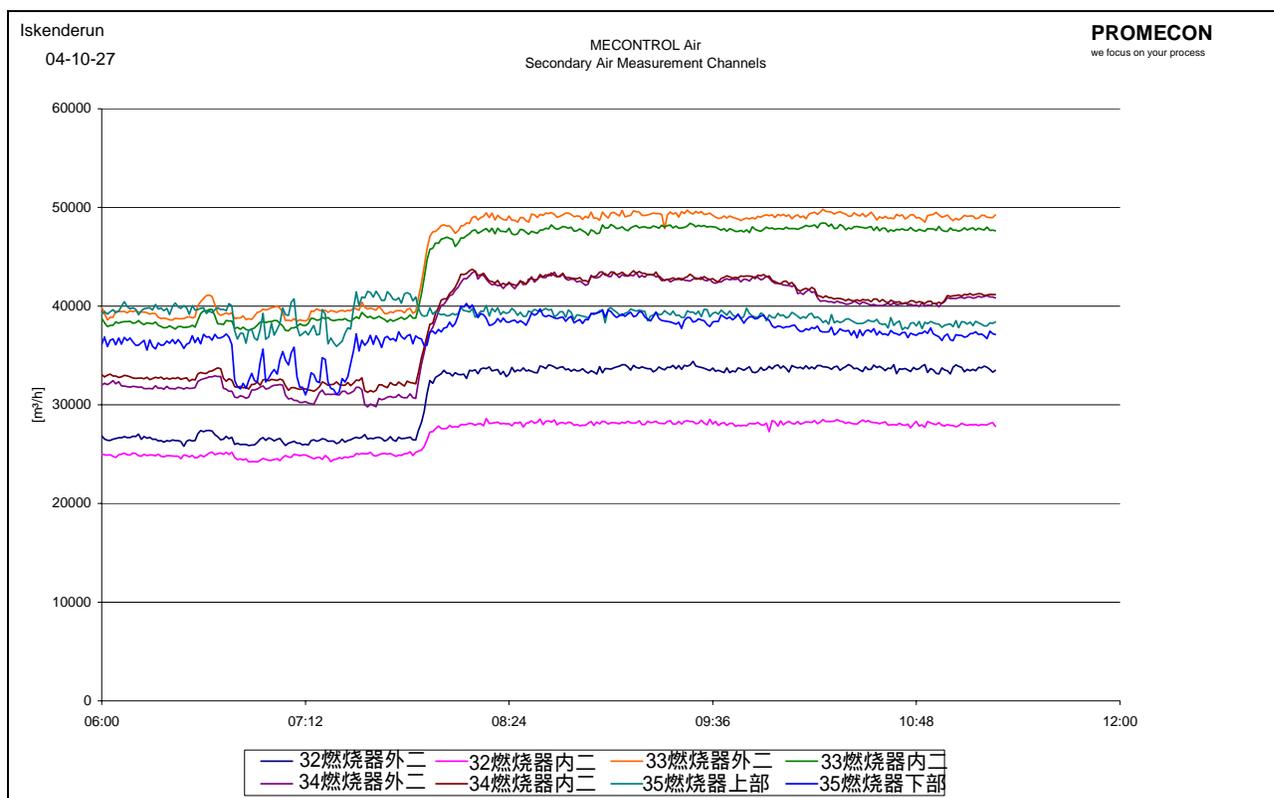


图4 各燃烧器二次风流量（外侧二次风和内侧二次风）

除了用普美康的测量系统测量二次风流量，也测量了一次风和中心风流量。其中在测量中心风过程最具挑战性。因为中心风道不但直管段长度较短，而且空间狭窄，安装传感器相当困难。图5显示了中心风道的布置情况。

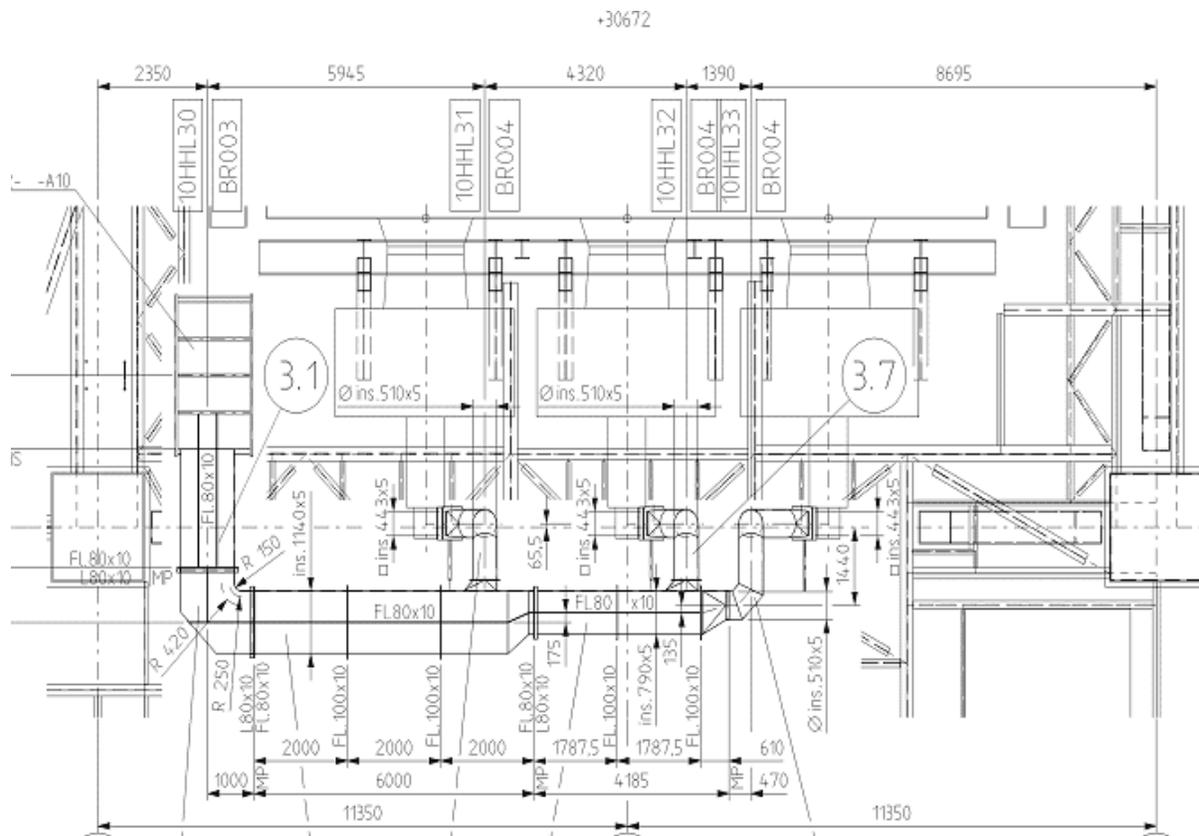


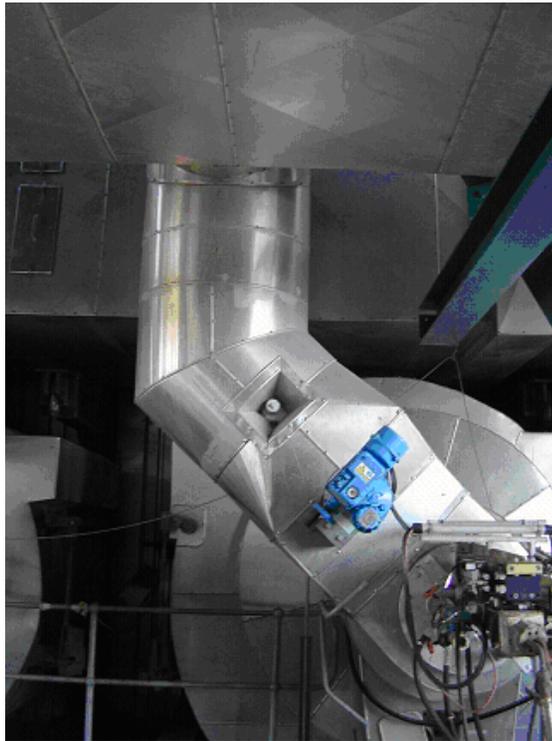
图5 中心风道布置

下面2张照片显示的是向煤粉燃烧器提供中心风的风道布置结构。每个燃烧器都具有单独控制中心风流量的功能。

对每个煤粉管道内的一次风流量也进行了测量，测量中直接采用普美康的煤粉流量测量装置，而不是用风量测量装置。但是测量原理相同。



照片4 中心风道布置



照片5 与一台燃烧器相连接的中心风道

表2把对6个燃烧器测量的所有结果汇集在了一起。这些数据来自于普美康的风量和煤粉流量测量系统。

	燃烧器31	燃烧器32	燃烧器33	燃烧器34	燃烧器35	燃烧器36
总风量 [Nm3/h]	54158	86530	126072	111097	104201	63764
二次风量 [Nm3/h]	28788	61780	97077	82239	76258	38270
一次风量 [Nm3/h]	19992	20099	20199	19659	19629	20246
中心风量 [Nm3/h]	5379	4651	8796	9199	8314	5248
煤粉流量 [g/s]	3345	3318	3317	3769	3050	3370

表2 30磨的风量和煤粉流量分布

下面两张图中显示了一次风和中心风的变化趋势。

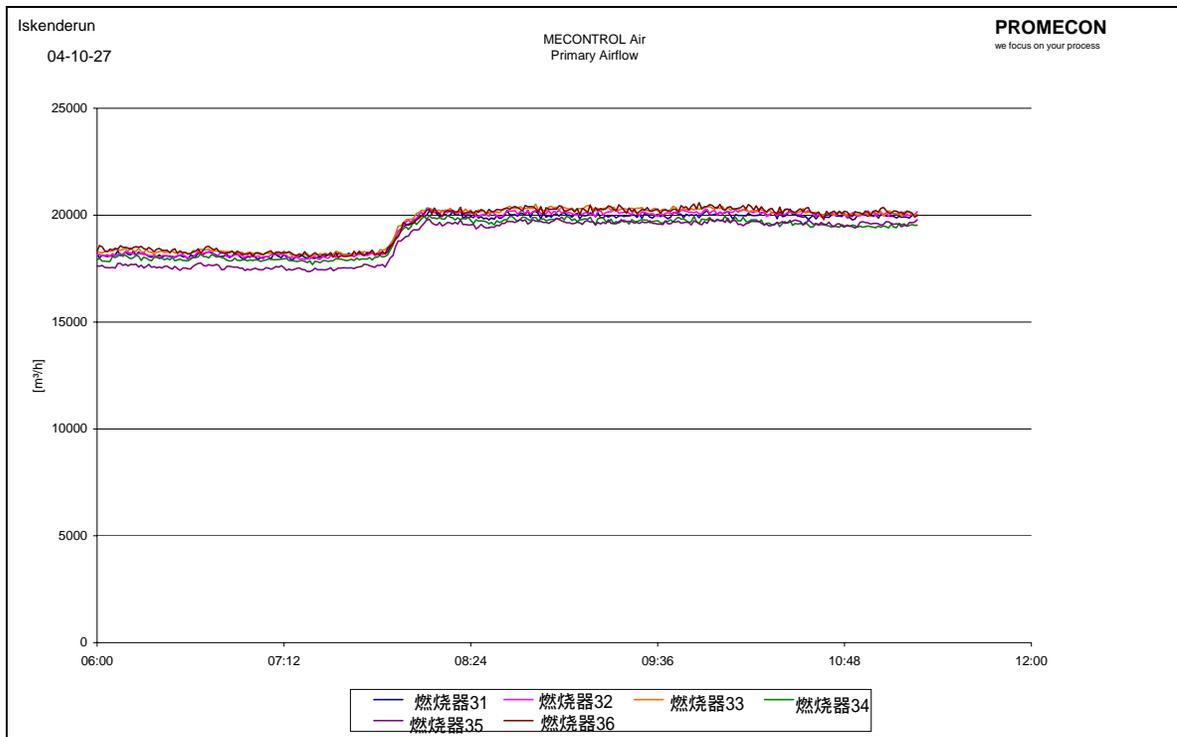


图6 各燃烧器煤粉管内的一次风流量

由此可见，一次风量在煤粉管之间的分布相当均匀。甚至在早上8点机组负荷增大后，其分布特性也保持恒定。

图7显示各燃烧器内中心风流量。在较低负荷时，中心风流量相当恒定，约为8000标准立方米/小时。当早上8点负荷增加时，各燃烧器内的中心风流量分布出现大幅度变化，燃烧器31、32和36内分别只有5000立方米/小时，而燃烧器33、34和35内的流量达9000立方米/小时。运行人员能根据这些测量数据重新调整中心风挡板开度，使燃烧器的中心风流量分布更加均匀一致。

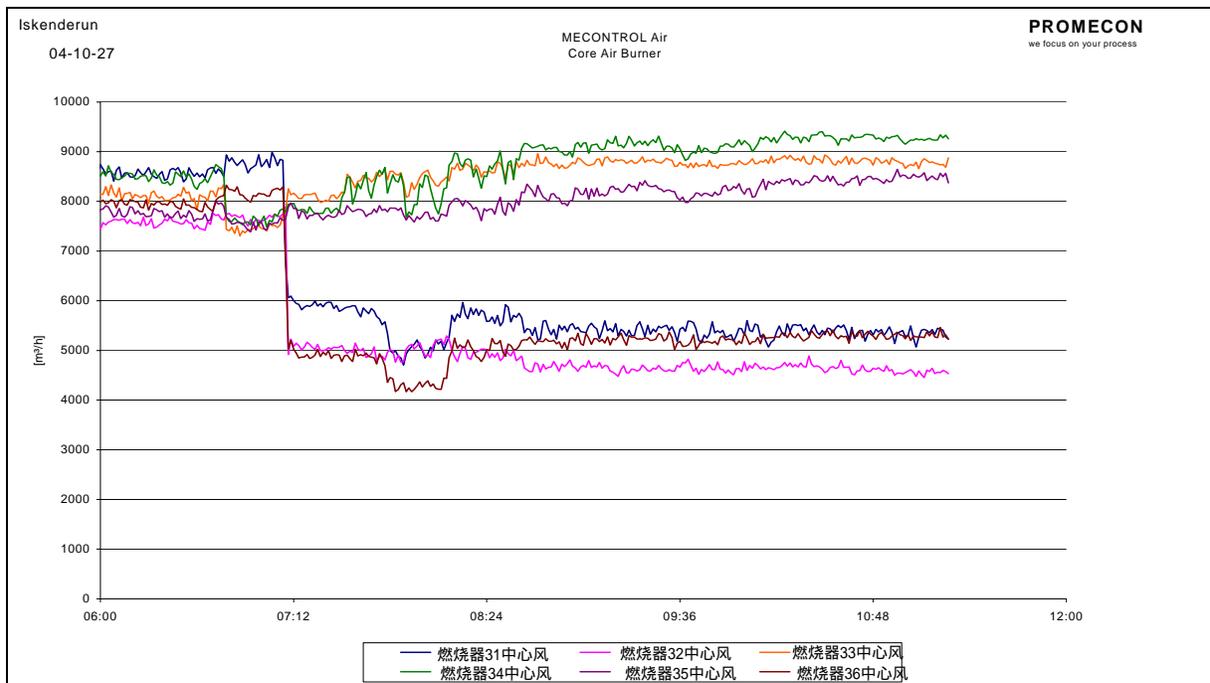


图7 各燃烧器内中心风流量

各个燃烧器内的总风量在图8内显示。总风量包括了在煤粉管内测量的一次风流量。通过与二次风图纸（图3）进行比较可以得到以下结论：燃烧器与文丘里越远，其中的总风量越高。

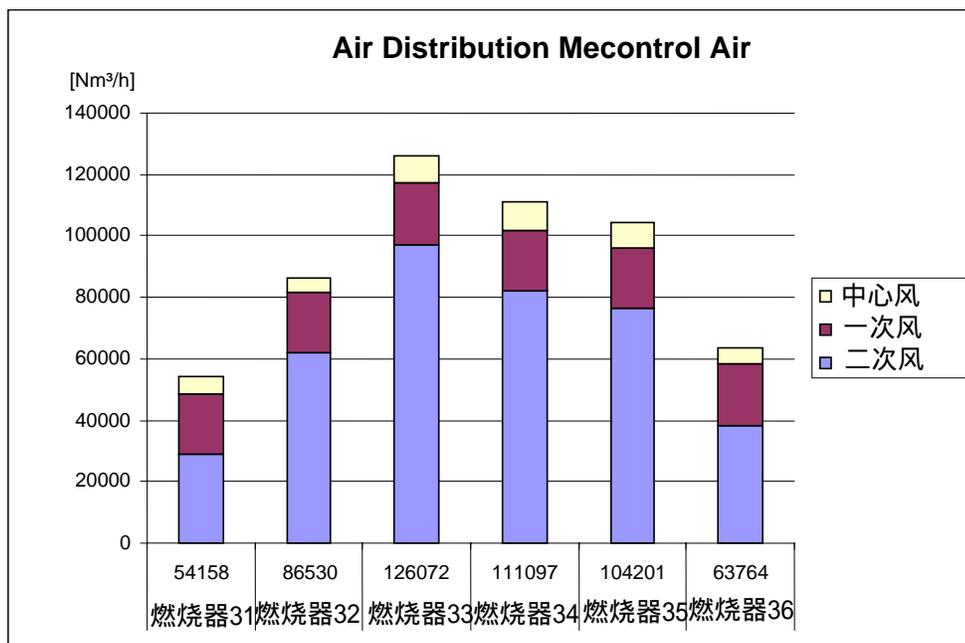


图8 各燃烧器内空气总流量分布

结论

这篇文章说明普美康公司的以交相关技术为基础风量测量系统具有非凡的测量功效，非常有助于锅炉运行人员对锅炉燃烧的优化调整并时刻保持锅炉的最佳运行工况。

在Iskenderung电厂对普美康测量系统的成功应用还说明，即使在风道直管段较短情况下也能取得非常精确测量结果，而采用传统的测量技术根本无法实现。普美康测量系统的测量精度通过采用皮托管进行网格测量得到了验证。检验测点位置在文丘里喉部。

普美康的风量测量系统通常作为在线式锅炉仪表使用，但也可以作为移动便携式设备使用。其中的风量传感器能在大多数风道内在线安装，并且不需要标定。在锅炉上应用的最主要优点是该测量方法不会受气流中所携带的粉尘而影响工作性能。这些优点使得该系统在测量一次风、二次风、燃尽风以及烟气流量中成为无可替代的方法。