

SIEMENS

**西门子科里奥利质量流量计
在电厂脱硫岛中的应用**

2008 年 5 月 5 日

概述

我国是以燃煤为主的能源结构的国家，煤产量已居世界第一位，年产量达到 15 亿吨以上，2010 年将达到 18 亿吨。煤炭占一次能源消费总量的 75%。燃煤造成的大气污染有粉尘、SO₂、NO_x 和 CO₂ 等，随着煤炭消费的不断增长，燃煤排放的二氧化硫也不断增加，连续多年超过 2000 万吨，已居世界首位，致使我国酸雨和二氧化硫污染日趋严重。按污染的工业部门来分，其顺序依次是火电厂、化工厂和冶炼厂。其中燃煤电厂污染物的排放量占全部工业排放总量的 50% 左右（个别地区可能达到 90% 以上）。

自上世纪 30 年代起已经进行过大量的湿式石灰石/石膏法研究开发，60 年代末已有装置投入商业运行。第一套实用规模的湿法烟气脱硫系统于 1968 年在美国投入使用。1977 年比晓夫公司制造了欧洲第一台石灰/石灰石石膏法示范装置。IHI（石川岛播磨）的首台大型脱硫装置 1976 年在矶子火电厂 1、2 号机组应用，采用文丘里管 2 塔的石灰石石膏法混合脱硫法。三菱重工于 1964 年完成第一套设备，根据其运转实绩，进行烟气脱硫装置的开发。

目前它是应用最广，技术最成熟的工艺，运行可靠、检修周期长，采用经济实用、廉价的石灰石细粉作为吸收剂，与烟气中的 SO₂ 反应，经过几个反应步骤，生成副产品石膏。据统计，全世界现有烟气脱硫装置中，湿法约占 85%（其中石灰石/石膏系统为 36.7%，其它湿法 48.3%），喷雾干燥系统 8.4%，吸收剂再生系统 3.4%，烟道内喷吸收剂 1.9%。

在湿法石灰石/石膏脱硫工艺中，通过在线测量石灰浆液的密度就能知道 SO₂ 的转化率，了解脱硫系统的效率。因此，高精度的在线密度测量仪表对于湿法石灰石/石膏脱硫转化率的控制是至关重要的。科里奥利质量流量计是目前所知仪表中最适合这方面应用的流量产品，它在高精度地测量介质质量流量的同时，也能高精度地测量介质的在线密度和温度。做到了一表多能。



应用方案

脱硫工序中的流量计的选型要求:

在脱硫工序中，科里奥利质量流量计被用于测量石灰石浆液的密度，石灰石浆液是一种具有一定腐蚀性的悬浮液，介质中含有大量的微小固体颗粒，测量这种介质，流量计的选型基本要求如下：

1. 接液材质的选择必须能抵抗住石灰石浆液的腐蚀
2. 测量管必须能抵抗住石灰石浆液的长期摩擦
3. 流量计传感器须具有自排空功能

传统的方法:

根据上述的要求，一般科里奥利质量流量计会做如下选型和使用：

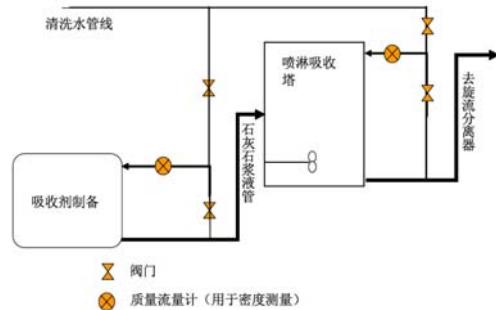
- 选用哈氏合金 C 的测量管，用于抵御石灰石浆液的腐蚀。
- 测量管采用双管型或单直管型，可以提高传感器的流通能力和测量精度。
- 传感器口径与工艺管道相同，一般为 DN50~DN80，可以使压损减到最小。
- 一般流量计传感器会安装在主管路上，目的是使流量计的安装步骤简化。

上述的方案看似不错，但其中存在一些无法解决的问题，采用双管型结构的传感器在理想的情况下是不会有问题的，但实际的使用状况是多变的，在石灰石浆液的前期制备中，有时石灰石没有完全化开，会有一些较大的块状物存在于浆液中，这些块状物可能会堵塞住一根测量管，就会使介质完全从另一根测量管中流过，在流量不变的情况下，流速陡增一倍，测量管很快被磨穿了。而采用单管型传感器能很好地解决上面提到的堵塞问题，并且压损很小，但带来的问题是，单管型传感器的测量管的壁厚都较薄（0.5~0.8mm），很难抵抗住石灰石浆液的长期摩擦。另外，采用与工艺管道相同口径的大口径质量流量计，虽然可以使压损减小，安装步骤简化，但质量流量计的采购成本也大幅上涨。

那么有没有更好的解决方案呢？答案是肯定的。

西门子公司的解决方案:

对于测量密度的质量流量计而言，其实不需要太大的口径和流量范围，只要确保管道满管，没有气泡和两相流即可。而对于电厂测量石灰石浆液这种应用来说，控制流速以减少被测介质对仪表测量管的磨损就显得至关重要，因为密度的测量原理是依靠测量管和介质的谐振频率来实现的。如果管道磨损过快，谐



振频率就会发生偏移，而造成测量错误的发生。

西门子公司推荐采用 DI25 口径的科里奥利质量流量计来测量，它采用独特的单管双绕技术，辅以创新的中央稳定块结构，既具有双管型传感器的测量精度，又具有直管型传感器的高流通能力和低压损。同时，它还拥有最厚的测量管，平均厚度达到 2mm.. 加上采用旁路安装的方式，就能确保仪表长期的使用。安装方式如上面的简图所示。

下面介绍一下在电厂测量的正确的安装方式：

首先让我们看一下错误的安装：

这种方式的安装就是没有考虑到流速的问题，由于生产的需要，流速很大，超过了仪表的测量的极限，磨损很厉害，密度在修正后，很快就飘移了，使生产不能正常的进行。



这也是错误的安装；这种错误主要因为简单的加了旁路后，介质并不能通过流量计，因为流体的流动是要靠压差来实现的，这么短的管道,加上流量计本身的压损，流量入口和出口并没有足够的压差来实现流动。因此对于测量和清洗来说,都是困难的。



这是正确的安装：



这种安装也是可行的



这种安装的关键就是流量计出口到吸收塔的压力要比从主管分支到流量计入口的压力要小，这样才能有浆液流动，并且可以很方便的控制流量和进行清洗。

推荐的质量流量计产品

西门子 SITRANS FC 质量流量计是采用科里奥利力原理制造的高性能流量计产品。可以测量各种液体和气体的质量流量，并可进行多参数测量，提供精确的质量流量、体积流量、密度、温度和介质组份流量。质量流量计可以用于各种工业领域中的多种应用中，在复杂工况和特殊应用中表现出色，尤其在小流量测量和高速批量控制中，优势明显。现场安装方式灵活，全系列的口径范围，满足现场的需求。

SITRANS FC 全系列质量流量计均配备标准的 SENSORPROM 芯片，可将质量流量计的所有信息均保存在芯片中（包括：流量范围、口径、标定系数等一些出厂设置和用户的设定值等等），使质量流量计的转换器的现场组态实现全自动，无需人工干预。当需要更换转换器时，也只需将原转换器中 SENSORPROM 芯片转插入新的转换器，流量计即可进入正常运行，免除了用户需人工设定转换器参数的烦恼，可使西门子质量流量计的维护量降到最低。

在高速发展的信息时代，现场信号数字通讯技术的发展也是相当迅速的。为了应对不断变化发展的现场通讯技术，同时也为了能够降低用户的资金投入，西门子 SITRANS FC 质量流量计采用了领先业界的 USM II “即插即用” 通讯模块技术。通过更换标准尺寸的通讯模块，用户可以实现不同现场信号数字通讯模式的变换，再也不需要为了通讯模式的改变而去更换整个转换器。

一套完整的 SITRANS FC 质量流量计由一台传感器和一台转换器构成，根据现场的要求，能提供一体型或分体型安装方式。分体型需要选配一根专用电缆，用于传感器与转换器间的信号和驱动的连接。

MASS 2100 传感器：

西门子 SITRANS FC 质量流量计 MASS 2100 传感器（口径：DI1.5~DI40）采用独特的单管双绕技术，辅以创新的中央稳定块结构和最厚的测量管，在电厂脱硫岛应用中，能保证精确的流量和密度测量精度，并能保持长期的稳定性，尤其在小流量测量应用中。这一独特的内部结构，使传感器本身具有优良的自排空性能，可在不具备前后直管段的状态下安装使用，并能保证出色的测量精度。另一突出的优点是，由于内部测量管的结构是完全水平对称的，被测介质无论是正向的还是反向的，都能进行同等高精度的测量，故对传感器的安装是没有流向要求，这大大增加的现场安装的灵活性。同时，在双向流应用中，具有出色的表现。



下表为 MASS 2100 传感器的各项精度指标:

传感器类型	FC 300	MASS 2100					
传感器口径	DN 4 (1/6")	DI 1.5 (1/16")	DI 3 (1/8")	DI 6 (1/4")	DI 15 (1/2")	DI 25 (1")	DI 40 (1 1/2")
测量管数目	1	1	1	1	1	1	1
质量流量							
线性误差	% of rate	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
重复性	% of rate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
最大零点误差	[kg/h]	0.010	0.001	0.010	0.050	0.200	1.500
密度							
密度误差	[g/cm ³]	0.0015	0.001	0.0015	0.0015	0.0005	0.0005
重复性	[g/cm ³]	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
范围	[g/cm ³]	0 ... 2.9	0 ... 2.9	0 ... 2.9	0 ... 2.9	0 ... 2.9	0 ... 2.9
温度							
误差	[°C (°F)]	0.5 (1)	0.5 (1)	0.5 (1)	0.5 (1)	0.5 (1)	0.5 (1)
白利糖度							
误差	[°Brix]	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1

MASS 2100 传感器的主要技术指标:

口径范围: DI 1.5 ~ DN 40
 安装方式: 一体型 / 分体型
 连接方式: 法兰 (DIN 或 ANSI)
 接液材质: 哈氏合金 (C-22), 1.4435/316L
 温度范围: -50~180°C
 专用电缆长度: 最长 150 米 (用于分体型质量流量计)

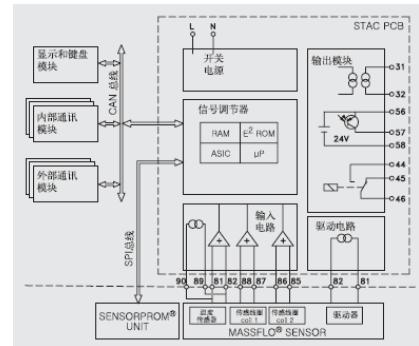
具体的流量范围和最大耐压, 请参看下表,

FC300		DN 4 / 1/6"				
Measuring range	kg/h (lbs/h)	350 (770)				
Pressure 316L	bar (psi)	130 (1885)				
Pressure C-22	bar (psi)	410 (5945)				
Pipe material	1.4435 (316L) Stainless steel or Hastelloy C-22					
Pipe design	1-pipe system					
MASS 2100 Sizes		DI 1.5 / 1/16"	DI 3 / 1/8"	DI 6 / 1/4"	DI 15 / 1/2"	DI 25 / 1"
Measuring range	kg/h	65	250	1,000	5,600	25,000
Measuring range	lbs/h	140	550	2200	12,345	55,100
Pressure 316L	bar (psi)	230 (3336)	230 (3336)	265 (3844)	130 (1885)	110 (1595)
Pressure C-22	bar (psi)	365 (5294)	350 (5076)	410 (5946)	200 (2900)	185 (2683)
Pipe material	1.4435 (316L) Stainless steel or Hastelloy C-22					
Pipe design	1-pipe system					
MC1 Sizes		DN 50 / 2"	DN 65 / 2.5"	DN 80 / 3"	DN 100 / 4"	DN 150 / 6"
Measuring range	kg/h	42,600	87,000	113,400	192,000	510,000
Measuring range	lbs/h	93,900	191,800	250,000	423,300	1,124 k
Pressure 316Ti / C-4	bar (psi)	100 (1450)	100 (1450)	100 (1450)	40 (580)	40 (580)
Pipe material	1.4571 (316Ti) Stainless steel or Hastelloy C-4					
Pipe design	2-pipe system					

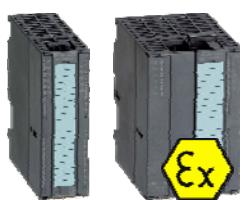
转换器：

西门子 SITRANS FC 质量流量计转换器是与 SITRANS FC 质量流量计传感器配套使用的，主要分为：MASS6000 和 SIFLOW FC070 二个系列。

MASS6000 转换器采用基于最新 ASIC 技术的专用信号处理芯片，所有的信号处理运算均在一块芯片中完成，集成度很高。与传统的信号处理技术相比，新技术的功耗更低，减小了环境温度对电子线路的影响。对干扰信号的处理，采用 DFT（离散傅立叶变换）算法，提高了抗干扰的能力。为了满足批量处理的要求，西门子 SITRANS FC 质量流量计转换器也是目前同类产品中流量阶跃响应最快的，更新速率更是高达 30Hz，前端分辨率高于 0.35ns。这些优秀的性能，造就出优秀的转换器，在各种应用中表现出色，尤其在高速批量生产应用中，堪称完美。



基于 USM II 平台的“即插即用”通讯模块，使用户需要在现场灵活改变通讯方式的诉求成为可能。只需更换不同通讯模式的模块，就可实现 HART、MODBUS RTD RS485、PROFIBUS DP、PROFIBUS PA 四种目前流行的通讯标准转换。由此带来的优点是，用户只需花费少量的资金，就能实现通讯模式的升级，让用户安装在现场的质量流量计的信号通讯，能与最先进的通讯技术保持同步。根据市场的需求，西门子子公司会适时地推出其他通讯标准的模块。



作为西门子全集成自动化（TIA）架构的一部分，SIFLOW FC070 是一款全新设计的 SITRANS FC 质量流量计转换器，它具有与 MASS6000 完全相同的功能。SIFLOW FC070 的最大特点是将转换器的功能和 PLC 模块的功能合二为一，既是一台质量流量计转换器，同时也是一块 PLC I/O 模块，拥有标准的 S7-300 外壳，可非常方便地直接安装入 S7-300 PLC 系统中进行使用。通过 MODBUS，使用 SIMATIC PDM 组态工具进行维护，实现全功能组态。

另外，SIFLOW FC070 作为一个标准的 SITRANS FC 质量流量计转换器，可以脱离 PLC 系统的环境，全独立地进行工作。并可以进行正常的数字量输入/输出，MODBUS 通讯，或者通过 ET200M（Profibus DP）与第三方系统通讯。

根据现场使用要求的不同，SIFLOW FC070 提供二种外壳选择，一种为标准型，另一种为本安防爆型。

转换器的主要技术指标:

MASS6000 型:

外壳:	增强型聚酰胺外壳, 不锈钢防爆外壳, 19 英寸盘装型、19 英寸墙装型
防护等级:	IP67/NEMA 4X (适用于 增强型聚酰胺外壳, 不锈钢防爆外壳) IP20/NEMA 1 (适用于 19 英寸盘装型、19 英寸墙装型)
显示:	带背光 LCD 显示, 3 x 20 个字符
电源:	115 / 230 V AC 50...60 Hz 18~30 V DC 或 20~30 V AC
输入/输出:	标准: 一路电流输出、一路脉冲/频率输出、一路继电器输出、 一路数字输入 可选: 三路电流输出、二路脉冲/频率输出、二路继电器输出、 一路数字输入 (只适用于 19 英寸型 (盘/墙))
数字通讯:	HART、PROFIBUS DP、PROFIBUS PA、MODBUS RTU RS485
温度范围:	-20~50°C
防爆:	增强型聚酰胺外壳: 无 不锈钢防爆外壳: EEx de [ia/ib] IIC T6 19 英寸型 (盘/墙): [EEx ia] IIC

SIFLOW FC070 型:

外壳:	S7-300 标准外壳 (40mm), S7-300 防爆外壳 (80mm)
防护等级:	IP20/NEMA A2
显示:	无
编程工具:	SIMATIC S7, SIMATIC PCS7, SIMATIC PDM
电源:	24 V DC
输入/输出:	一路频率/脉冲/批量输出, 一路二段式批量输出, 一路数字输入
数字通讯:	MODBUS RS 232C, MODBUS RS 485, PROFIBUS PD (通过 ET200M)
温度范围:	0~60°C
防爆:	标准型: 无 防爆型: CE, cULus, ATEX II 3G EEx nA IIC

主要业绩

下面是西门子质量流量计在电厂脱硫岛中的部分应用：

电厂名称	装机容量	数量 (套)	备注
华能汕头电厂 FGD (2004) 清华同方环保	2*300MW	5	MASS2100 DI25 (HC)
大唐国际宁德电厂 FGD (2005) 清华同方环保	4*600MW	5+5	MASS2100 DI25 (HC)
山东德州电厂 FGD (2006) 清华同方环保	2*300MW	4	MASS2100 DI25 (HC)
国电清新环保有限公司(2006)		9	MASS2100 DI25 (HC)
江苏徐塘发电厂 FGD (2005) 四川东方锅炉	2*300MW	5	MASS2100 DI25 (HC)