

楔形流量计和矩形流量计的对比

煤气化工程转化裂解工艺过程为什么用矩形流量计？

1. 耐磨损的需要

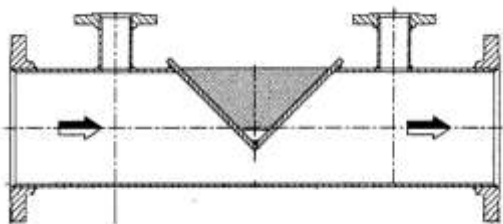
要了解这个问题，首先要了解煤气化工程转化裂解工艺过程中为什么要使用楔形流量计。煤气化工艺工程：主要用煤和水合成水煤浆（黑水）进入气化炉进行裂解反应，生成一氧化碳，反应气出气化炉后经洗涤塔水洗分成气相和液相，气相反应气作为进一步处理反应的原料直接冷却后进入下一道工序，洗涤塔出来的液相再进入高压闪蒸槽分离将反应生成液与未反应的煤粉和水分离开来，经过水洗、分离、再水洗将煤粉和水分离开来，高压闪蒸槽底部出来的就是黑水，洗涤塔回流的洗涤水就是灰水。这种洗涤和闪蒸分离过程往往要经过几级才能将反应生成物与反应残余物分离开来。这个过程中产生的黑水和灰水等都含坚硬固体颗粒（煤粉）。

在这个过程中，进出气化炉和闪蒸釜的黑水介质、洗涤塔减压回流的灰水介质等均需要精确监控计量，从而达到精确控制反应和洗涤温度，优化反应过程，提高反应生成率。

介质温度：200℃-350℃，压力：6-9MPa，流量计压力等级CL600#-CL900#（黑水含煤粉颗粒为7%-13%左右），这里需要高压的流量测量元件，测量元件需要具有较强的耐磨损性能、防固体粉尘积聚堵塞的功能和耐强腐蚀功能。

一般流量测量元件难以使用在这种场合，在矩形流量计出现之前，一般会选用电磁流量计，但是电磁流量计电磁头却难以满足耐磨蚀的要求，测量精度低，购买价格昂贵、使用成本高。楔形流量计由于其成本大大低于电磁流量计，具有防固体积聚堵塞的功能。从而成为是最有吸引力的测量元件之一；但是楔式流量计的测量精度也仅能保持几个月的时间；为解决这个问题，国内外的流量专家一直在探索新的测量手段用于含催化剂的油浆，煤浆、黑水、灰水、油砂输送以及其他含固体颗粒流体输送中流量的长期精确测量。

目前采用的楔式流量计，可用以测量雷诺数低、高黏度的流体，在用于高磨损性流体时，经过楔块硬化措施。耐磨性能远远优于其他流量测量元件，但是其耐磨还是有局限性的，这是由于：（1）楔形流量计的节流楔块必须具有一个 $\leq 90^\circ$ 的棱角的节流线，才能保证产生可测量的节流效果和下游流动状态，但这种结构对于磨损性流体来说，将对楔块产生快速磨损，从而降低测量精度直至不可测量而必须更换楔块甚至更换整个流量计。



楔式流量计具有尖锐节流棱角

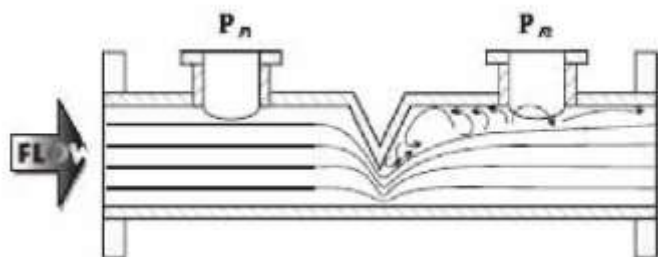


矩形流量计具有节流钝角且有喉管稳流

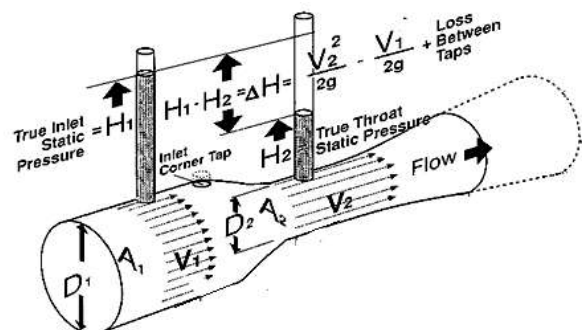
（2）从流体流动状态来看，流体经过楔形节流装置时在棱角处急速缩流，而后又急速恢复压力，在棱角处会产生强烈的涡流，这种涡流不但强烈的冲刷楔棱的背面，也反冲节流棱角，产生强烈的磨损，即使堆焊了司太莱和喷镀了碳化物进行了硬化，仍阻止不了对节流棱角的冲蚀。

和孔板流量计的节流锐孔板锐角一样，楔式流量计的棱角决定着楔形流量计的测量精度，在含有固体煤粉的工况下，楔块棱角会很快磨损掉，测量精度会从0.5%恶化为5%左右，这种磨损一般在2-3个月内就会达到，因此需要定期更换楔块，而在正常生产中，这种定期更换是不

可能的，只好将就使用，其测量误差会越来越大，甚至引起工艺操作的误判断。



楔式流量计节流部产生强烈漩涡加速磨损



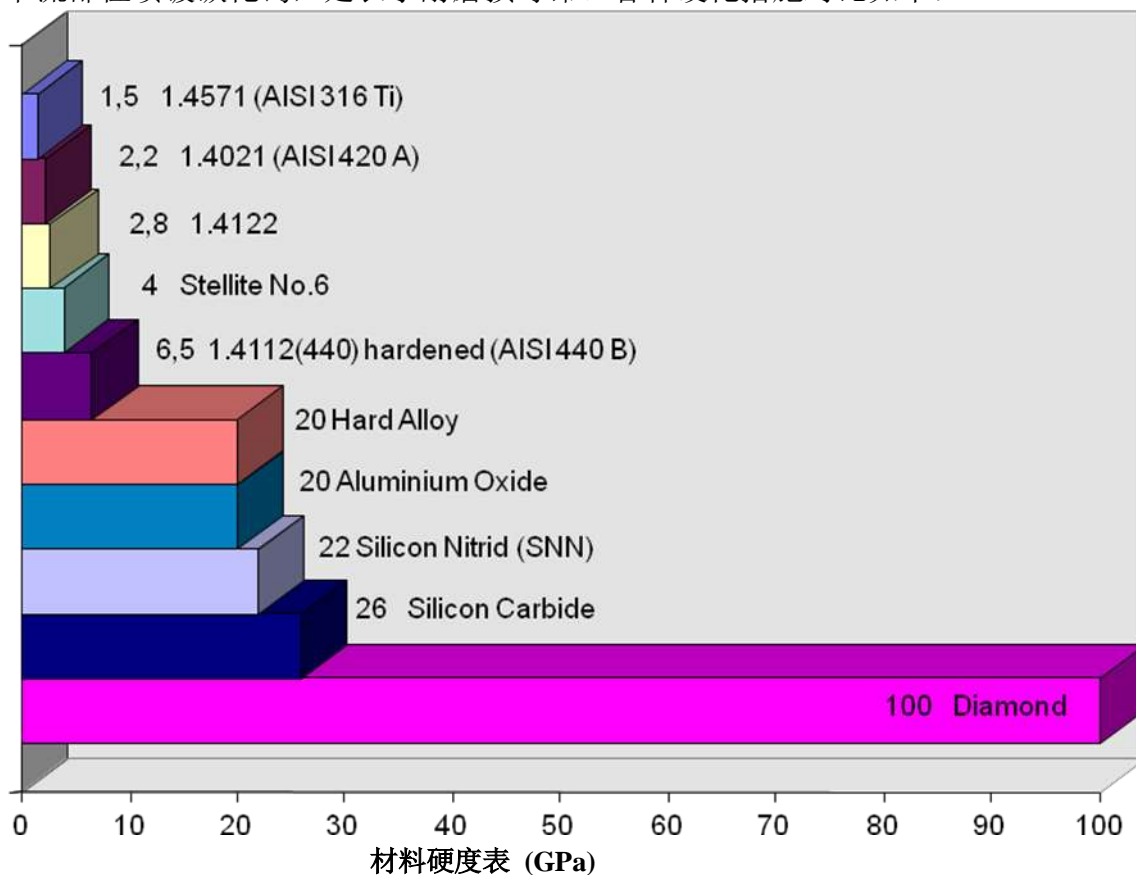
矩形采用流线型节流且有恢复段减少磨损

矩形流量计就较好的解决了冲蚀磨损问题，措施如下：

(1) 矩形节流块没有楔型节流块那样的尖锐棱角，矩形节流块的节流线是一个加工非常光滑的钝角园弧线，这就大大减小了磨损。（类似于测量高速流体流量时采用流量喷嘴一样，喷嘴采用非常光滑的园弧节流口，从而使得它具有耐高速流体冲刷的作用，而标准孔板用于该工况会很块冲刷掉节流锐角而减低测量精度），再加上采用硬质合金的节流件、堆焊硬质合金或喷镀碳化钨，可有效防止流体冲刷产生的磨损。

(2) 矩形流量计采用流线型节流通道的，具有一个适当长度的喉管，该喉管起到整流的作用，有效地平拟了流体的波动，再加上后部的压力恢复段，延续了这种流线型流道，在流出口和整个流量计内部不会产生涡流和震动，从而避免了因涡流产生的磨损。

(3) 节流部位喷镀碳化钨，延长了耐磨损寿命。各种硬化措施对比如下：



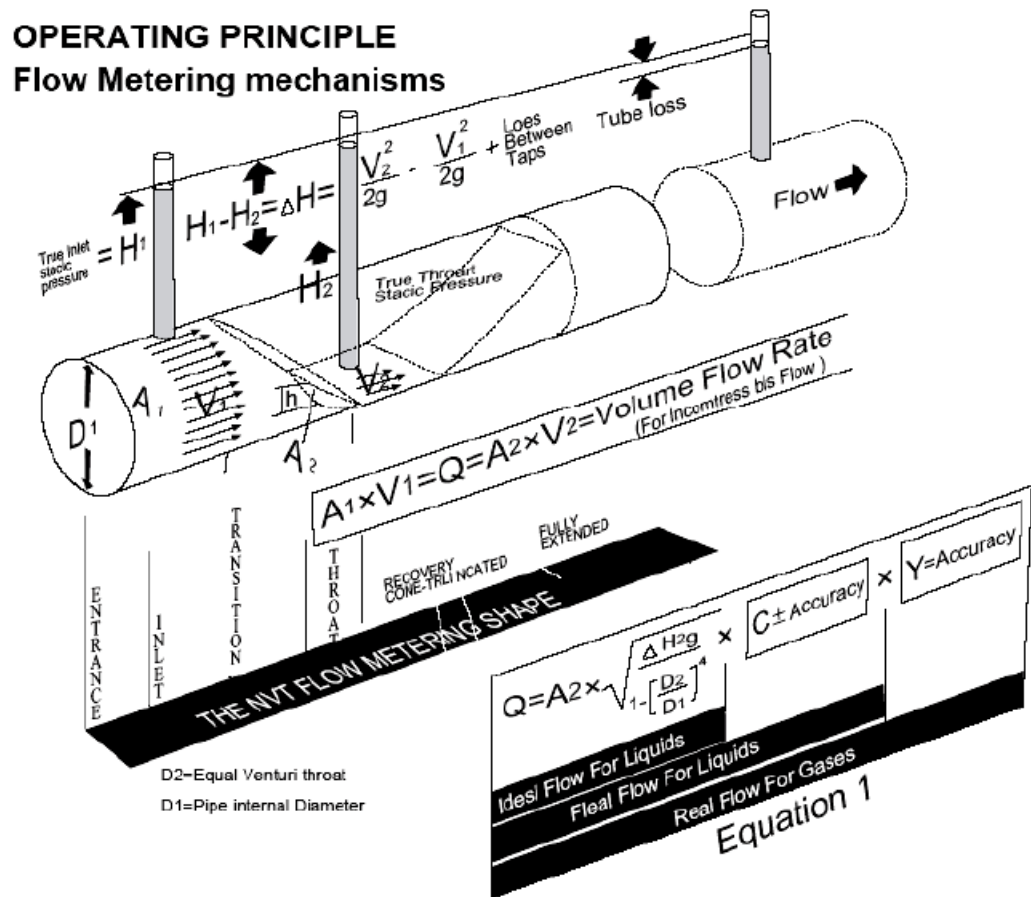
由于采用以上技术，使得矩形流量计耐磨损冲蚀的能力大大提高，延长了流量计的使用寿命。

据调查，采用流线型结构并加硬化措施的流量计，如德国 Celanese Oberhausen 测量黑水介质的流量计，法国威利亚水处理公司使用的选矿装置上用来测量含有矿渣的污水流量计，其含渣度高于普通黑水；台湾 BP 公司使用的黑水介质的流量计等，这些介质条件都是非常苛刻的，其介质中含有 7~15% 的 SiO_2 、 Al_2O_3 等多种颗粒状的固体物质，这些流量计均运行稳定，测量准确可靠，流量计的整体使用寿命可达到五年及以上

2. 减小压头损失的需要

楔形流量计靠节流楔块产生节流作用产生差压测量流量，和孔板流量计一样，节流件后部靠流体力学的原理自由恢复压力，这样压头损失往往很大，测量精度越高、量程比越大，压头损失越大，通常压头损失为测量压差的（30%~60%）。

矩形流量计具有类似于文丘里流量计一样的压头恢复段，可以最大限度的恢复压力，压头损失仅有测量压差的（15%~25%）。



3. 提高测量精度的需要

楔形流量计如果不标定，大多数制造商的产品测量精度为4%~6%量程值，标定可达到0.5%（量程值），并且只能保证标定的测量点精度，现场流量发生变化，测量精度就很难保证。

PFS生产的高精度楔形流量计，不标定测量精度也只能保证 1%~2%（量程值），标定后精度为0.5%（量程值），当现场要求更高精度测量时，就难以满足要求。

矩形流量计加工后，不用标定就可保证精度0.5%（测量值），如果需要，可以标定到精

度为0.25%（测量值）。

4. 减少安装空间的需要

为保证测量精度，楔形流量计一般要求上游10倍测量管径，下游5倍测量管径的直管段，在有些情况下，这些要求限制了流量计的安装使用。

Table 9: Typical Straight Pipe Length Requirements.

Upstream Disturber	Preferred		Minimum	
	10 Dia.	5 Dia.	10 Dia.	3 Dia.
Partially Opened Gate Valve	10 Dia.	5 Dia.	10 Dia.	3 Dia.
Concentric Increaser	10 Dia.	5 Dia.	5 Dia.	3 Dia.
Concentric Reducer	10 Dia.	5 Dia.	5 Dia.	3 Dia.
1 Elbow	10 Dia.	5 Dia.	5 Dia.	3 Dia.
2 Elbows Close Coupled in Plane	10 Dia.	5 Dia.	5 Dia.	3 Dia.
2 Elbows Close Coupled out of Plane	10 Dia.	5 Dia.	10 Dia.	3 Dia.

矩形流量计一般要求上游2-4倍测量管径的直管段，下游不要求直管段，整体安装空间大大小于楔形流量计的安装空间。

矩形流量计要求上游侧最小直管段要求

等效直径比 $\beta = d/D$	单个90° 短半径弯头	在同一平面上两个或多个90° 弯头	在D长度范围内由0.75D变为D的渐扩管	全开球阀或闸阀
0.30	0.5	1.5(0.5)	1.5(0.5)	1.5(0.5)
0.35	0.5	1.5(0.5)	1.5(0.5)	2.5(0.5)
0.40	0.5	1.5(0.5)	1.5(0.5)	2.5(1.5)
0.45	1.0(0.5)	1.5(0.5)	2.5(1.0)	3.5(1.5)
0.50	1.5(0.5)	2.5(1.5)	2.5(1.5)	3.5(1.5)
0.55	2.5(0.5)	2.5(1.5)	3.5(1.5)	4.5(2.5)
0.60	3.0(1.0)	3.5(2.5)	3.5(1.5)	4.5(2.5)
0.65	4.0(1.5)	4.5(2.5)	4.5(2.5)	4.5(2.5)

5 矩形流量计的性能特点

矩形流量计分为轻洁介质测量和苛刻介质测量两种，两种矩形管流量计内部矩形节流块结构不同，性能也有差别。

(1) 清洁介质测量用矩形流量计

雷诺数 $Re \geq 5000$ ，对于计算确定的节流开口面积，流量系数是一恒定的线性常数。可用以清洁气体和液体的精确测量。

制造精度：0.25%，可以标定到更高精度。

量程比：10-200，等效节流孔径比： $\beta = 0.2 - 0.7$

压头损失：15% - 30%（测量压差）

方形管道：压力等级150LB - 600LB

圆形管道：压力等级：150LB - 2500LB



上游直管段要求：1.5D – 4D

可用作气体质量测量，例如多晶硅装置氢气和氮气的大流量比的流量精密测量，可同时测量氢气和氮气。

(2) 苛刻介质测量用矩形流量计

雷诺数 $Re \geq 500$ ，对于计算确定的节流开口面积，流量系数是一恒定的线性常数。可用于含粉尘和细小固体颗粒的气体和液体的流量测量，高粘液体的流量测量。

制造精度：0.5%，可以标定到0.25%。

量程比：10:1 – 30:1

压头损失：15% - 30%（测量压差）

方形管道：压力等级150LB – 600LB

圆形管道：压力等级：150LB – 2500LB

等效节流孔径比： $\beta = 0.2 - 0.5$

上游直管段要求：0.5D – 3D。

对于强腐蚀性介质，可用衬里(PTFE，橡胶，或陶瓷)本体或表面喷镀耐蚀金属材料。

对于更恶劣工况，如催化剂输送，煤粉输送，油砂输送或含其他固体颗粒的液体输送，采用可更换节流块式的矩形流量计。

