

# Reform and Effect of Steam Metering System

Zhenping Zhang

Zhongyuan Petrochemical Co., Ltd., Puyang, Henan, 457000, China

## Abstract

To improve the steam metering system, it is necessary to accurately measure the flow of the medium, but also accurately measure the calorific value of the medium. For us, the accuracy of the steam metering system is directly related to the company's economic interests. Because the original metering system could not meet the requirements of metering handover, in order to improve metering accuracy and avoid economic losses, the company decided to carry out technical transformation of the existing steam metering system. The difficulty of the transformation is instrument selection, system verification and construction.

## Keywords

steam; measurement; joint calibration; installation; effect

# 蒸汽计量系统的改造与成效

张振平

中原石油化工有限公司, 中国·河南 濮阳 457000

## 摘要

完善蒸汽计量系统既要准确计量介质的流量更要准确计量介质的热值。对我们来说, 蒸汽计量系统的准确性直接关系到公司的经济利益。因原有的计量系统满足不了计量交接要求, 为了提高计量准确性、避免经济损失, 公司决定对现有蒸汽计量系统进行技术改造。改造的难点是仪表选型、系统校验和施工。

## 关键词

蒸汽; 计量; 联校; 安装; 效果

## 1 背景

由于特殊的生产结构需求, 中原石化需从周边购进大量高压蒸汽(42MPa、380℃)和中压蒸汽(13MPa、280℃), 目前有大化高厂蒸汽和国电中压蒸汽, 如表1所示。设计之初, 计量系统都是以出售方为准, 进厂计量系统只是作为计量比对, 经过几年的运行, 发现蒸汽计量系统出现了较大偏差, 如表2所示。为了提高计量准确性、减少热量损耗损失, 公司决定对现有蒸汽计量系统进行技术改造, 同时, 经与出售方多次协商决定以升级改造后的蒸汽计量系统作为双方结算的依据。

表1 国电中压蒸汽、大化高压蒸汽进厂计量情况

	压力(Mpa)	温度(℃)	2015年进厂量(万吨)	2016年进厂量(万吨)
国电MS	13	290	21.8	17.5
大化HS	42	380	10.1	11.8

表2 2015.11--2016.4年 国电MS量差比对表

	时间段	计量表初值	计量表终值	计量值(吨)	量差(吨)	量差百分数
国电	11月25日 11:00-12月 17日 10:00	115326	126516	11190	335	2.99%
乙烯		40228	51753	11525		
国电	2.14--3.14	138053	150245	12192	388	3.18%
乙烯		63778	76358	12580		
国电	3.14--3.25	150245	154281	4036	105	2.60%
乙烯		76358	80499	4141		
国电	3.25--4.25	154281	167006	12725	501	3.94%
乙烯		80499	93725	13226		

### 1.1 现有计量系统存在问题

现有进厂计量系统由于设计原因并不具备计量交接条件, 满足不了计量交接要求, 主要原因是: ①一次原件选型等级较低, 且是焊接在工艺管件上, 不能自由拆卸。②一次原件从未进行计量检定, 准确度能否满足计量交接要求不得而知。③二次表及累加仪未进行联校。经过多次讨论, 报公

司批准，决定对进厂蒸汽计量系统进行改造升级，主要是进厂大化 HS 计量系统和进厂国电 MS 计量系统。

### 1.2 升级改造思路。

本着公平公正的原则，对原进厂计量系统进行升级改造，以满足贸易结算的要求，确保公司经济利益不受损失。根据现有工艺条件对一次 y 元件的各项参数进行重新选型，要求准确度不低于 0.5 级，并通过国家法定计量检定机构。一次件的连接方式要求法兰连接，以满足今后计量检定要求。重新造配二次仪表和累加仪，既实现流量计量也实现热值计量，并对各仪表加箱上锁，确保经双方确认过的仪表参数不被修改<sup>[1]</sup>。

### 1.3 升级改造难点

#### 1.3.1 确定工艺参数、仪表选型

工艺参数是仪表选型的基础，只有确定好所测介质的流量范围、压力、温度、管线尺寸，才能选择合适的一项取压元件。一次元件的选型一方面要与测量介质的性质及管道尺寸相配，另外还要满足计量交接要求，准确度等级不低于 0.5 级，并且经过出售方的同意。

#### 1.3.2 计量系统联校

蒸汽测量不同于一般介质的测量，需要对蒸汽的测量进行温度和压力补偿，并且除了测量介质的流量，还要测量介

表 3 国电 MS 一次元件仪表规格书

仪表规格书 (节流装置) SPECIFICATION ( THROITILE DEVICE & FLANGES )		INSTRUMENT		编号: No.		
				第 SHEET 页 共 OF 页		
总体说明 GENERAL	1	位号 TAG NUMBER		FE4503		
	2	用途 SERVICE		国电中压蒸汽		
	3	管道号 LINE No.		P&ID No.		
	4	工艺管道尺寸 PIPING SIZE	等级 CLASS	16"-MS-45-1-5TB83G	DW02-0001	
	5	工艺管道材质 PIPING MAT, L	API 5L GR.B	16in	5TB83G	
	6	工艺管道内径 I.D/ ( D ) @ 20°C		15.25in		
	7	介质名称 FLUID NAME		状态 STATE		
工艺条件 PROCESS CONDITIONS	8	流量: 正常 FLOW: NOR.	56t/h	中压蒸汽	STEAM	
	9	最小: MIN.		最大: MAX.		
	10	操作压力: OPER.PRESS 最大: MAX. 正常: NORM.	1.6Mpa-g	95t/h		
	11	操作温度: OPER.TEMP. 最大: MAX. 正常: NORM.		300 Deg C	1.32Mpa-g	
	12	操作密度 OPER.DENSITY		5.74kg/m3	285 Deg C	
	13	标准密度 STD.DENSITY		分子量 M.W.		
	14	操作粘度		18.02		
	15	绝热指数 Cp/CV	饱和蒸气压	0.0195 cp		
	16	压缩系数 COMP.FACTOR		1.295		
	17	基准压力		基准温度		
	18	最大允许压力损失 MAX.ALLOW PRESS.DROP	25kpa	100kpa	20 Deg C	
	19	固体含量 SOLID MASS CONT.TYPE				
	21	型式 TYPE		流量喷嘴		
	22	计算标准		ISO5167		
喷嘴 NOZZLE	23	材质 MAT, L		法兰材质		
	24	孔径比		0.646992	316SS	
	28	过程连接尺寸 & 等级	16"ANSI300LB RF-WN	ASTM A105		
	29	喉管直径		长度		
	30	取压阀		带 ( 1/2" PSW800LB 承插焊 ) 316SS		
	31	取压短管		带 ( 1/2"PIPE SscSTD ) 316ss		
	32	上游直管段长度 UPSTREAM STRAIGHT LENGTH				
	33	下游直管段长度 DOWNSTREAM STRAIGHT LENGTH		带 1500mm 长		250.327mm
	34	满刻度流量	100t/h	角接取压		
	35	满刻度差压	25kpa	1/2"PIPE SscSTD	1 对	
	36	最大压力损失		Mpa		
	37	制造商 MANUFACTURER		供货商 SUPPLIER		
38	型号 MODEL		数量 QTY' S			

质的热值。其中，累加仪的仪表系数有一个理论上的计算方法，但考虑到各测量元件的温度变送器、压力变送器、差压变送器及记录仪本身的实际误差，就要对计量系统进行联校，以获得记录仪的实际仪表系数。这就要求校验器具经过计量检定，以保证量值传递的准确性，同时还要确定一种双方认可的联校方法。

### 1.3.3 寻找施工机会，正确安装。

在公司正常生产情况下，外购蒸汽不能中断，所以要对计量系统进行及时升级改造，就要做好施工前的准备工作，一旦有施工时机，能在最短的时间迅速安装，安装时，集液灌与引压管的施工至关重要，需要技术人员确定正确的安装方式和角度，更需要施工人员具备精准的焊接技术<sup>[2]</sup>。

## 2 主要做法

### 2.1 设计

#### 2.1.1 确定工艺条件和仪表规格书。

经过供需双方对出售的大化 HS 和国电 MS 温度、压力、输流量及管道尺寸等工艺条件的确认，确定了大化 HS 和国电 MS 一次元件的选型和仪表规格书，如表 3 所示。

#### 2.1.2 节流装置生产厂家出具计算书。

节流装置在实际加工过程中会与与设计值出现一些误差，通常节流装置加工之后生产厂家会对节流装置进行标定，根据标定结果出具节流装置设计计算书。

### 2.2 校验

进厂蒸汽计量属于贸易结算范畴，计量器具需经过计量检定。经双方协商，一次元件要通过具有法定检定资质的第三方进行计量检定，检定结果满足设计要求，二次表、记录仪要使用经过检定合格的仪器进行校验，准确度满足设计要求。

经过对变送器进行单校，结果显示都满足准确度等级 0.2 级的要求。对温度检测元件进行标定，采用福禄克干式炉进行加热并显示实际温度，福禄克 725 温度校验仪显示被校温度，结果一次元件符合 A 等<sup>[3]</sup>。

对流量积算仪采用联校的方式，在安装之后用 HART 手操器通过变送器的回路测试功能进行流量系数的验证，结果发现通过计算得到的流量系数会使显示值偏大。于是通过修正，将上表中流量系数修改为 8.171。校验过程中采用的标准

仪器都是进口高精度设备，经检定合格。其中校验压力和差压变送器分别是 DRUCK601 和 DRUCK602，准确度等级可达 0.05 级。福禄克 725 准确度等级可达 0.01 级。校验在压力标准间进行，过程符合校验规程。

联校说明：使用 HART475A 使温度变送器模拟 285℃ 信号，记录仪显示温度 285℃（计算书中的工作温度）。使用 HART475B 使压力变送器模拟 1.42MPa 信号（计算书中的工作压力），记录仪显示 1.42MPa。使用 HART475C 使差压变送器分别模拟 0%、50%、100% 的信号，检查记录仪显示的流量显示数值，如图 1 所示。

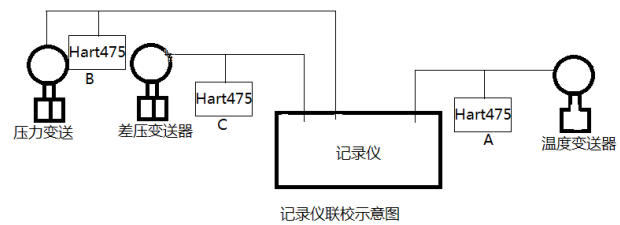


图 1 记录仪联校示意图

### 2.3 安装

2016 年 2 月，经重新设计采购的一次元件到货，为及时完成施工任务，生产部与仪表车间一起积极准备施工条件，等待时机快速施工，终于在 2016 年 3 月中旬有了合适的时机。施工重点是切割、更换一次元件，配置安装导压管<sup>[4]</sup>。安装流程如图 2 所示。

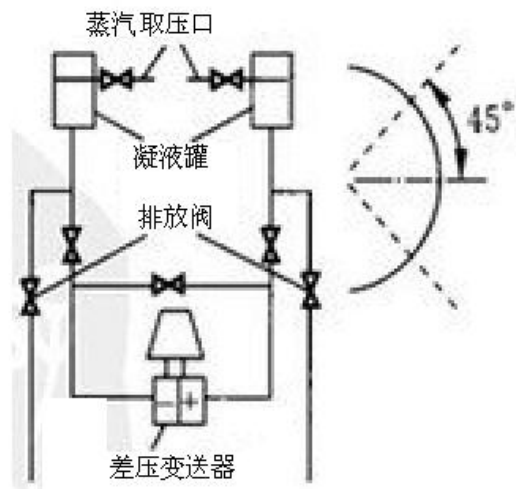


图 2 现场仪表安装图

在安装过程中为了保证安装质量和测量效果将原有的安装做了一些变动，关键点包括以下几点。

- (1) 将冷凝罐位置提高，使取压口处的管线略有向上

的倾斜,符合过热蒸汽的测量特点。

(2) 安装过程中使用水平仪,确保冷凝罐高度一致,减少附加误差。

(3) 将两个冷凝罐位置靠近,减少温差带来的影响。

### 3 升级改造效果

系统调试完成投入使用后,我们将4月1日到20日双方的计量数据进行了3次比对,以国电中压蒸汽为例,在对方计量系统未发生变化的情况下,显示比对数据较稳定,我方进厂流量减少4.4%,热值减少6.3%,如表4所示。大化高压蒸汽流量值减少2%,热值减少4%。

仍以国电中压蒸汽为例,2016年进厂量17.5万t,按照4%的减损量,一年减少损失7000t,按照中压蒸汽150元/t计算,

每年减少损失100万元,再加上大化高压蒸汽的减损60万元/年,这两项计量系统改造升级每年为公司减少损失180万元,成效显著。

### 参考文献

- [1] 金鑫. 蒸汽计量技术在采油注汽系统中的应用[J]. 石油管材与仪器, 2017(05):67-70.
- [2] 哈尔滨工业大学. 蒸汽(水)计量监测管理系统[Z/OL]. [http://kjfzc.hitwh.edu.cn/2009/0310/c682a21573/page.htm#\\_Toc224457700](http://kjfzc.hitwh.edu.cn/2009/0310/c682a21573/page.htm#_Toc224457700), 2009-03-10.
- [3] 于中伟,张涛,孙梅娟. 蒸汽计量系统的实现[J]. 自动化与仪表, 2005(S1):34-36.
- [4] 易波,胡春莲. 蒸汽计量系统的改造及实施方案[J]. 化工设计通讯, 2005(01):53-56+2.

表4 改造完成后数据比对

时间	乙烯进厂数据				国电出厂数据				流量差(吨)	百分数	热量差(GJ)	百分数
	流量底数	热量底数	流量读数	热量读数	流量底数	热量底数	流量读数	热量读数				
4月1日	0	0			53076	164771						
4月5日	3581	10798	3581	10798	56823	176300	3747	11529	-166	-4.43%	-731	-6.34%
4月7日	5489	16558	5489	16558	58820	182449	5744	17678	-255	-4.44%	-1120	-6.34%
4月20日	18278	55270	18278	55270	72205	223782	19129	59011	-851	-4.45%	-3741	-6.34%