

天然气流量计算方法

何名轩 黄明昌

(四川石油管理局勘察设计研究院)

何名轩等. 天然气流量计算方法. 天然气工业, 1997; 17(4): 63~65

摘要 天然气流量手工计算繁琐, 为减少计算工作量和避免发生错误, 提出了适用于现场流量计算的离线计算法和在线实时自动计算法。前一种方法采用简易编程计算器进行分步计算和编程计算; 后一种方法则采用已编好程序的流量计算机计算流量。离线计算的分步法受具体计量点有关计算系数 K_ε 、 C' 、 K_o 、 K_R 等值制约, 编程法虽然通用性好, 但输入参数多, 仍感不便。在线实时自动计算则可克服离线计算的不足, 省去现场操作人员的流量计算工作, 但目前还处于试用阶段。

主题词 天然气 流量测量 计算方法 计算机程序

离线计算法

由于天然气流量由诸多因素决定, 手工计算时稍不注意将造成计算错误。为此, 对离线流量计算方案推荐用分步计算法和编程计算法。

1. 分步计算法

分步计算是由流量管理技术人员针对孔板计量回路几何尺寸、气质参数、仪表量程等进行必要的简化计算, 采用简易编程计算器编程后提供给操作人员。操作人员按实际的差压、压力、温度输入编程计算器。当按规定操作步骤操作后流量值及有关参数便显示或打印出来。

由于流量计算比较繁琐, 为减少操作人员计算工作量和避免计算错误, 采用分步计算时应将 SY/T 6143—1996 流量实用公式适当变换。

按 SY/T 6143—1996 流量实用公式:

$$Q_s = A_s C E d^2 F_G \varepsilon F_Z F_T \sqrt{p_1 \Delta p} \quad (1)$$

式中: Q_s 为标准状态下天然气体积流量, m^3/s ;

A_s 为秒计量常数, $A_s = 3.1794 \times 10^{-6}$;

C 为流出系数;

E 为渐近速度系数;

d 为孔板开孔直径, mm ;

F_G 为相对密度系数;

ε 为可膨胀性系数;

F_Z 为超压缩因子;

F_T 为流动温度系数;

p_1 为孔板上游侧取压孔气流绝对静压, MPa ;

Δp 为气流流经孔板时产生的差压, Pa 。

当按日进行流量计算:

$$Q_d = A_d C E d^2 F_G \varepsilon F_Z F_T \sqrt{p_1 \Delta p} \quad (2)$$

$$A_d = 86400 \times A_s \quad (3)$$

由于求积仪读取的差压 $\Delta p_{\text{格}}$ 、压力 $p_{\text{格}}$ 数值与实际差压、压力关系:

$$\Delta p = \left(\frac{\Delta p_{\text{格}}}{100} \right)^2 \Delta p_{\text{max}} \quad (4)$$

$$p_1 = \left(\frac{p_{\text{格}}}{100} \right)^2 p_{\text{max}} \quad (5)$$

所以, 可膨胀性系数变换为:

$$\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_{\text{tt}}} - K_\varepsilon \left(\frac{\Delta p_{\text{格}}}{p_{1\text{格}}} \right)^2 \quad (6)$$

$$K_\varepsilon = (0.41 + 0.35 \beta^4) \frac{\Delta p_{\text{max}}}{10^6 K_p p_{\text{max}}} \quad (7)$$

式中: Δp_{max} 为差压计的量程;

p_{max} 为压力计测量量程(绝压);

K_ε 为可膨胀性系数的修正系数。

分步计算时对流系数 C 计算需先假定雷诺数为无穷大, 按 SY/T 6143—1996 在求得试算流量后需进行雷诺数的修正计算。当雷诺数为无穷大时:

$$C' = 0.5959 + 0.0312 \beta^{2.1} - 0.1840 \beta^8 + 0.0900 L_1 \beta^4 (1 - \beta^4)^{-1} - 0.0337 L_2 \beta^3 \quad (8)$$

该 C' 值需按 SY/T 6143—1996 分别进行法兰取压、角接取压计算及判断计算, 这里从略。

按照式(2)~(8), 试算流量式:

$$Q'_d = K_o \varepsilon F_Z \sqrt{\frac{1}{273.15 + t}} p_{\text{格}} \Delta p_{\text{格}} \quad (9)$$

$$K_o = 86\,400 A_s \sqrt{293.15} C' E d^2 F_G \frac{\sqrt{p_{\max}} \sqrt{\Delta p_{\max}}}{10\,000}$$

即 $K_o = 4.703\,3 \times 10^{-4} C' E d^2 F_G \sqrt{p_{\max}} \sqrt{\Delta p_{\max}}$ (10)

式中: K_o 为特定条件下流量计算常数。

实际运行中, 雷诺数不可能为无穷大。按式(9)试算流量下的雷诺数:

$$Re'_D = 1.53 \times 10^6 \frac{Q'_d}{86\,400} \frac{G_r}{\mu_1 D}$$

即 $Re'_D = 17.708 \frac{Q'_d G_r}{\mu_1 D}$ (11)

则在试算流量时的流出系数:

$$C = C' + 0.002\,9 \beta^{2.5} \left(\frac{10^6}{Re'_D} \right)^{0.75}$$

即 $C = C' + K_R / (Q'_d)^{0.75}$ (12)

$$K_R = 0.002\,9 \beta^{2.5} \left(\frac{10^6 \mu_1 D}{17.708 G_r} \right)^{0.75}$$

即 $K_R = 10.624 \beta^{2.5} \left(\frac{\mu_1 D}{G_r} \right)^{0.75}$ (13)

式中: K_R 为流出系数的修正系数。

则一次修正流出系数后日流量:

$$Q_d = Q'_d \times \frac{C}{C'}$$
 (14)

流量实用方程中涉及的超压缩因子 F_Z 的计算, 当编程计算器内存足够时, 可采用编程自动计算。在规定的适用范围内, 按天然气表压、温度、相对密度及 CO_2 、 N_2 含量便可计算出来。

当编程计算器内存不足时, 建议采用查表法。该表可由流量管理技术人员按天然气的常用压力、温度范围及气质分析报告的天然气真实相对密度 G_r 及 CO_2 、 N_2 含量进行制表。

通过上式推导, 流量计算可分两步来完成。

第一步: 流量管理技术人员针对现场常用工况范围为现场操作人员做好最终计算流量的准备工作: 按式(7)计算 K_ϵ ; 按式(8)计算 C' ; 按式(10)计算 K_o ; 按式(13)计算 K_R 。

按查表法编制的流量计算简易程序框图, 见图1。按此框图, 经 CASIO fx4000 计算机验证某一路孔板计量系统的流量计算需要 175 步内存容量。

由于简易编程计算器编程指令各不相同, 这里从略。具体使用时可参照图1编制。

2. 编程算法

这里所述的编程算法是指现场流量参数采用人工取值, 现场操作人员采用由流量管理技术人员

编制好的程序计算流量的方法。采用这种方法, 现场操作人员只需按流量管理技术人员规定的几个操

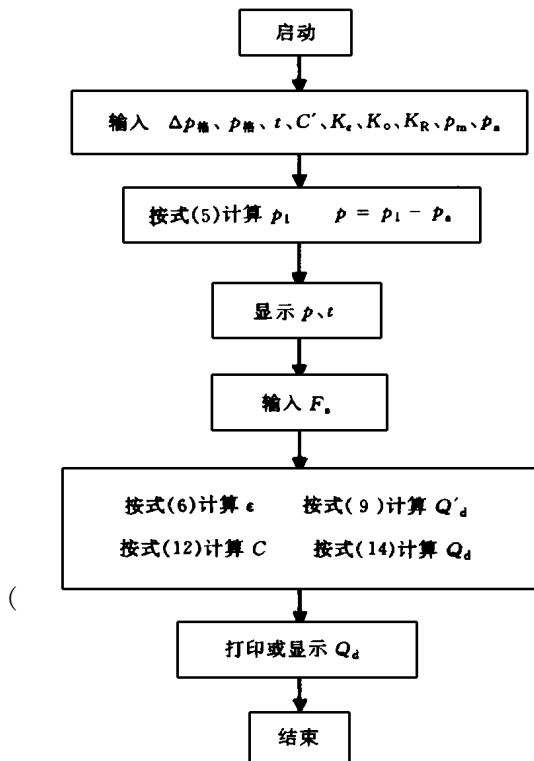


图1 简易程序框图

Fig. 1. Block diagram of simple program.

作步骤和输入必要的参数, 流量便自动显示或打印出来。所以, 编程算法主要工作是流量管理技术人员如何按规范编程的问题。

采用编程计算流量, 要求计算器具有 5 KB 以上的内存。对于 SY/T6143—1996 中诸如等熵指数、动力粘度等参数可采用存入表格或表格回归方式写入计算器; 流出系数的修正可采用多次迭代方式。流量计算程序框图见 SY/T6143—1996。

对于编制好的程序, 现场操作人员可在任何站场上使用。而不像分步计算受到具体计量点的 K_ϵ , C' , K_o , K_R 值制约。但由于其通用性好, 使用时输入参数将较分步计算多, 给操作人员带来诸多不便。

在线实时自动算法

采用在线实时自动计算是采用已编好程序的流量计算机, 将差压、压力、温度或相对密度信号接入并启动运行, 操作人员定时读取数据或收集报表。现场操作人员只作仪表日常维护, 不再进行流量计算工作。

根据现场应用流量计算机经验, 流量计算软件

宜采用积分原理进行流量的计算与累积。预想中,数据的采样与计算应越快越好。事实上,香农采样定理指出:对一个具有有限频谱的连续信号,当采样频率大于或等于信号所含最高频率的两倍时,采样函数能不失真地恢复到原来的连续信号。按 SY/T 6143—1996 流量测量的一般要求,采样频率 1~2 s 为宜。因相邻采样间隔时间内还要进行流量计算及数据处理,故硬件应选用适当的器件,软件可采用 2 种措施来处理:一,仿分步计算法,开机时把一些固定参数进行一次性计算作为常数输入,采样计算循环则不包括这些固定参数计算;二,不采用牛顿逼近法,而根据流量连续性原理,相邻采样周期内将前一次采样计算的雷诺数作本次流出系数的修正。

这样处理后流量计算框图,如图 2 所示。

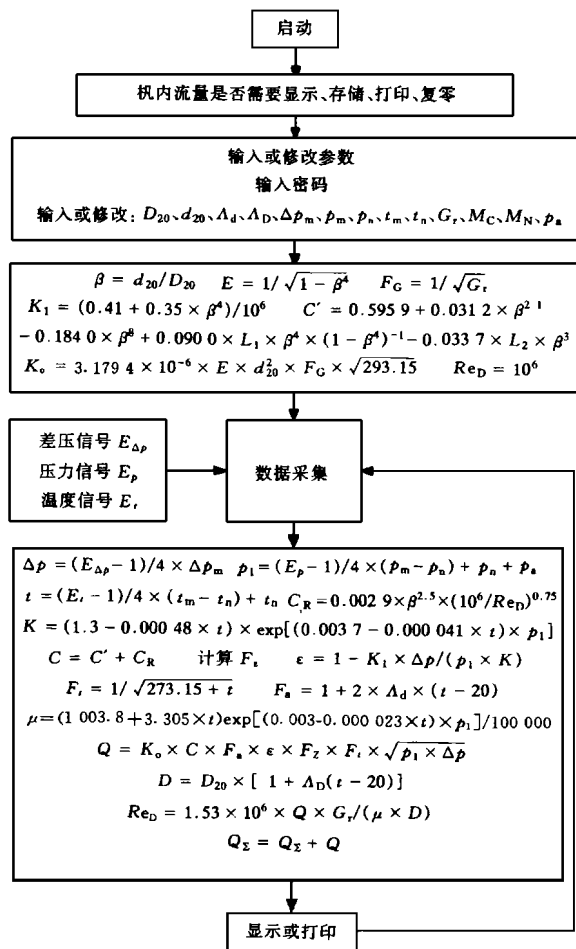


图 2 在线实时自动计算框图

Fig. 2. On-line real time automatic counting block diagram.

图中 β 未进行金属热膨胀系数修正,主要考虑孔板与测量管虽然可能系不同金属材料制造,但对 β 影响甚小。关于取压方式及法兰取压时流出系数判断计算,图中已省略。之外,采用电压 1~5 VDC 信号输入。其中 p_n 、 t_n 代表压力、温度仪表低量程,其余对照 SY/T 6143—1996 即可明白。

应说明的是:该框图不是唯一的计算方法,实际应用中还会有诸多变化。编程工作者应灵活处理与应用。

采用在线实时自动计算在天然气行业还处于试用阶段,主要原因是在应用过程中受到诸多条件的限制,但是由于它具有许多优点,可以预计,在不久的将来,它将取代离线计算流量的测量方法。

参 考 文 献

- 1 天然气流量的标准孔板计量方法. 中华人民共和国石油天然气行业标准, SY/T 6143—1996.

(收稿日期 1996-12-10 编辑 王瑞兰)

我国天然气探明储量 居世界第 19 位

据美国《油气杂志》1996 年年终号公布的截至 1997 年 1 月 1 日,世界剩余探明储量为 $139.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。位居世界前十位的分别是独联体 ($77.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、伊朗 ($20.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、卡塔尔 ($7.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、阿布扎比 ($5.55 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、沙特阿拉伯 ($5.34 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、美国 ($4.67 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、委内瑞拉 ($4.00 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、阿尔及利亚 ($3.69 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、伊拉克 ($3.34 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、尼日利亚 ($2.96 \times 10^{12} \text{ m}^3$)。我国为 $1.17 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 居第 19 位。

(牟 驱 摘译)

merits and demerits of the instruments are introduced.

Subject Headings: Natural gas, Flow measuring, Detection, System.

He Mingxuan, senior engineer, graduated in Xi'an Communications University in electrification of industry. He has published several papers, and is engaged in researches on electricity, auto-control meters design and natural gas flow gauging study. Add: (610017) No. 28, Xiaoguanmiao Houjie, Chengdu. Tel: (028) 6747700.

He Mingxuan(*Design Institute of Sichuan Petroleum Administration*), **Huang Mingchang**: **COMPUTING METHOD OF NATURAL GAS FLOW MEASURING**, NGI 17(4), 1997: 63~ 65

ABSTRACT: Non-on-line real-time computing method and on-line real-time automatic computing method adapting to on-the-spot flowing measuring computation are proposed out to simplify overelaborate manual calculation and avoid mistakes. The fractional computation programmed with unsophisticated program calculator and the program computation with programmed order are used by the former and flow rate computer with programmed order is used by the latter. Non-on-line real-time fractional computation is restricted by the values of K_E , C' , K_o , K_R etc., relevant coefficients at concrete measuring points. Program computation is interchangeable but not convenient for plenty of parameters. On-line real-time automatic computation can overcome the defect caused by the non-on-line real-time computation and omit the manual flow rate calculation.

Subject Headings: Natural gas, Flow measuring, Computing method, Computer program.

Huang Mingchang(*Design Institute of Sichuan Petroleum Administration*): **ON-THE-SPOT INSPECTION METHOD OF NATURAL GAS ORIFICE METER**, NGI 17(4), 1997: 66~ 69

ABSTRACT: The on-the-spot inspection of natural gas orifice meter is adopting the transitivity calibration method taking Venturi nozzle as calibration scale. The straightness and circularity of the orifice and survey tube need to be geometrically inspected in the periodicity maintenance course of restriction devices at measuring station. The principle, technological process, inspecting equation of on-the-spot inspection orifice meter, the inspecting method of systematically arbitrating orifice meter, as well as the necessary geometric inspection contents of calibration orifice and surveyed tube in field condition, the tools and operation methods are introduced.

Subject Headings: Natural gas, Orifice meter, Field testing, Inspecting, Analytical method.

Wang Yudong(*Xi'an Petroleum Institute*), **Wang Huaixiao**: **NECESSITY AND POSSIBILITY OF ADOPTING CALORICITY TO GAGE COMMERCIAL GAS IN CHINA**, NGI 17(4), 1997: 69~ 70

ABSTRACT: As a fuel, the main commercial value of natural gas is its inclusive calorificity. The gas price dispute caused by gaging volume can be eliminated by gaging calorificity. The on-line determination of natural gas calorificity can be accomplished by calorificity indirect calculating and direct determining. The gas flow computer system, made in Beker Co. U. S. A, used at the gate station in south suburb of Beijing, and its on-line full components gas chromatograph spectrometer with microcomputer processor which can on-line analyse the gas full components and gage the calorificity flow by linking up the flow computer is introduced.

Subject Headings: Natural gas, Fuel, Calorificity, Gaging, Possibility.

Wang Yudong, professor, graduated from Beijing Petroleum Institute in 1958; he is long engaged in oil-gas processing design, researching and teaching. Add: (710065) Xi'an, Shanxi.

Shi Ren(*Xi'an Communications University*), **Li Ling**: **THE CALORICITY GAGING AND CONTROL-LING OF NATURAL GAS**, NGI 17(4), 1997: 71~ 73

ABSTRACT: Natural gas calorificity gaging is more scientific and impartial than volume gaging and mass gaging. The indirect gaging in accordance with gas components and each component concentration and the direct