



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 22723—2008

## 天然气能量的测定

Energy determination for natural gas

(ISO 15112:2007, Natural gas—Energy determination, MOD)

2008-12-31 发布

2009-08-01 实施

数码防伪

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国

国 家 标 准

天然气能量的测定

GB/T 22723—2008

\*

中国标准出版社出版发行

北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.75 字数 76 千字

2009年4月第一版 2009年4月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-36066 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 符号与单位 ..... 3

5 一般原理 ..... 4

6 气体计量 ..... 5

6.1 概述 ..... 5

6.2 体积测量 ..... 5

6.3 发热量测量 ..... 5

6.4 体积换算 ..... 6

6.5 检定或校准 ..... 6

6.6 数据储存和传输 ..... 6

7 能量测定 ..... 7

7.1 界面 ..... 7

7.2 能量测定方法 ..... 8

8 策略与程序 ..... 9

8.1 概述 ..... 9

8.2 能量测定策略 ..... 11

8.3 合理性检验 ..... 13

9 赋值方法 ..... 14

9.1 固定赋值 ..... 14

9.2 可变赋值 ..... 16

9.3 确定代表性发热量 ..... 17

10 能量计算 ..... 18

10.1 能量的一般计算方程 ..... 18

10.2 平均值的计算——从平均发热量和累积体积计算 ..... 19

10.3 体积换算和体积换算成质量 ..... 19

10.4 以公告发热量为基础的能量测定 ..... 19

11 能量计算的准确度 ..... 20

11.1 准确度 ..... 20

11.2 不确定度的计算 ..... 20

11.3 偏差 ..... 21

12 质量控制和质量保证 ..... 21

12.1 概述 ..... 21

12.2 测量数据过程中的检查 ..... 21

12.3 溯源性 ..... 22

12.4 替代值 ..... 22

附录 A (资料性附录) 能量测定推荐的仪器和方法 ..... 23

附录 B (资料性附录) 发热量可能出现的不同变化情况 ..... 24

附录 C (资料性附录) 体积换算和体积换算成质量 ..... 26

附录 D (资料性附录) 递增的能量测定 ..... 27

附录 E (资料性附录) 体积换算和能量计算实例 ..... 28

附录 F (资料性附录) 根据不同的输送条件计算平均发热量的实例 ..... 31

附录 G (资料性附录) 替代值的确定方法 ..... 35

附录 H (资料性附录) 合理性检验图形示例 ..... 36

附录 I (资料性附录) 单个气藏的发热量测定 ..... 37

参考文献 ..... 38



## 前 言

本标准修改采用 ISO 15112:2007《天然气——能量测定》。

本标准根据 ISO 15112:2007 重新起草。

本标准与 ISO 15112:2007 的主要差异如下：

- 把 ISO 15112 标准中与计量器具相关的“校准”修改成“检定或校准”；
- 第 1 章 范围，在保持 ISO 15112 内容的基础上，增加标准参比条件的规定和提示按 GB/T 18603—2001《天然气计量系统技术要求》标准的要求配置计量系统的注；
- 第 2 章 规范性引用文件，用 GB/T 11062 标准替代 ISO 15112 中的 ISO 6976 标准，并增加了 GB/T 18603 和 GB/T 20604 标准，以及 JJF 1001 规范；
- 第 3 章 术语与定义，删除引用标准 GB/T 20604 标准和 JJF 1001 规范已经有的定义，只保留 ISO 15112 中的 23 项定义；
- 第 4 章 符号与单位，把 ISO 15112 中的符号及对应的单位按 GB/T 1.1 的要求列表；
- 附录 A（资料性附录）能量测定推荐使用的仪器和方法，参照 GB/T 18603—2001 重新编写，给出我国不同界面的推荐内容；
- 附录 E（资料性附录）体积换算和能量计算实例，在 ISO 15112 附录 E 的基础上增加我国可能使用的计算方法的注；
- 删除 ISO 15112 附录 I，后续附录编号顺延；
- 参考文献，使用国内的标准替代国外标准，标准文本中涉及到的引用也做相应的修改。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H 和附录 I 均为资料性附录。

本标准由全国天然气标准化技术委员会(SAC/TC 244)提出。

本标准由全国天然气标准化技术委员会(SAC/TC 244)归口。

本标准主要起草单位：中国石油西南油气田分公司天然气研究院。

本标准参加起草单位：中国石油大庆油田股份有限公司、中国石油西气东输管道公司南京计量测试中心、中国石油西南油气田分公司天然气计量检测中心和中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司。

本标准主要起草人：黄黎明、张福元、郭绪明、徐兆明、常宏岗、罗勤、高军、丘逢春、许文晓、陈赓良、黄和、唐蒙。



# 天然气能量的测定

## 1 范围

本标准提供了采用测量或计算的方式对天然气进行能量测定的方法,并描述了必需采用的相关技术和措施。能量的计算是基于分别测量被输送天然气(以下简称“气体”)的量(质量或体积)及其发热量(由测量或计算获得)。本标准还给出能量测定不确定度估算的通用方法。

本标准仅涉及目前正在使用的系统。

本标准适用于从民用气到高压气输送的任何气体计量站。

本标准不排斥新技术的应用,只要该技术被证实与本标准所涉及的技术等同或更好。

气体计量系统不是本标准的主题。

注:本标准的使用者应按照 GB/T 18603 的要求选择相应的能量测定方法。

本标准采用的标准参比条件为:体积计量:压力为 101.325 kPa,温度为 20 ℃;能量计量:压力为 101.325 kPa,温度为 20 ℃,干基。也可使用合同规定的其他参比条件。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法(GB/T 11062—1998, neq ISO 6976:1995)

GB/T 18603—2001 天然气计量系统技术要求

GB/T 20604 天然气 词汇(GB/T 20604—2006, ISO 14532:2001, IDT)

JJF 1001 通用计量术语及定义

## 3 术语和定义

GB/T 20604 和 JJF 1001 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**赋值方法** assignment method

在只有体积测量的特定界面上使用的气体发热量获取方法。

### 3.2

**有效性** availability

在任何时候,测量系统或者组成该测量系统的测量仪器,能按照其技术指标要求运行的可能性。

### 3.3

**发热量站** calorific value station

在管线上由测定天然气发热量所需设备构成的装置。

### 3.4

**调整发热量** adjusted calorific value

对在计量站测定的发热量,用气体从此站输送到使用其值的对应体积计量站所需时间进行补偿的发热量。

3.5

**校正发热量** **corrected calorific value**

为了补偿系统误差,对测量值进行校正的发热量。

3.6

**公告发热量** **declared calorific value**

预先通报在各界面使用的、用于能量测定目的的发热量。

3.7

**有代表性的发热量** **representative calorific value**

公认的、与某个界面的实际发热量非常接近的发热量。

3.8

**计费区** **charging area**

使用相同方法进行能量测定的一系列界面。

3.9

**换算** **conversion**

将操作条件下的体积转换为参比条件下的体积。

3.10

**测定** **determination**

为了提供某个物体的定性或定量信息,而对其实施的一系列操作。

注:本标准中,术语测定仅用于定量。

3.11

**能量** **energy**

气体量(质量或者体积)与其发热量在给定条件下的乘积。

注1:能量也可称为能量总量。

注2:能量通常以 MJ 为单位表示。

3.12

**能量测定** **energy determination**

在测量或采用测量值计算的基础上,对一定量气体的能量总数进行定量测定。

3.13

**能量流量** **energy flow rate**

单位时间内流经横截面的气体能量。

注:能量流量通常以 MJ/s 单位表示。

3.14

**固定赋值** **fixed assignment**

对于在某个特定的发热量测量站测定的发热量,或者为通过一个或多个界面的气体预先公告的发热量,在使用期间其值不进行修正。

3.15

**气体输送商** **gas transporter**

将天然气通过管道从一个地方输送至另一个地方的公司。

3.16

**管网模拟** **grid simulation**

根据给出的管道布局数据、入口点和出口点的流量以及各点的压力和温度,通过数学模型计算出一组管道或管网中的压力和流量数据。

注:任何管网模拟的目的都是为了获得未来状态下气体的压力和流量信息。模拟结果是气体流动状态下的一种估计。

3. 17

界面 interface

在输送或供气管道上,气体的所有权发生变化或者发生自然交接的地方。

注:一般而言,每个界面都有一个相关的计量站。

3. 18

本地分销商 local distribution company

将天然气输送给工业、商业和(或)居民用户的公司。

3. 19

合理性 plausibility

量值的一个特性,指其处于合理的界限之内。

3. 20

生产商 producer

将未加工的天然气从气藏中开采出来,经过加工处理和(贸易)计量后,以干天然气的形式供应至输送系统的公司。

3. 21

区域分销商 regional distributor

将天然气交付给本地分销商和(或)工业、商业或居民用户的公司。

3. 22

可变赋值 variable assignment

基于发热量站的测量值,以一种赋值程序确定通过一个或多个界面发热量的方法。

注:所应用的发热量可能会涉及将气体从发热量测定站输送到相应体积计量站所需要的时间和其他影响因素,以获得管网的平均发热量,及整个管网发热量变化的状态重构等。

3. 23

零位浮点 zero floating point

输气管网中的一个分界位置,在此位置的两端有不同气质气体。

4 符号与单位

表 1 中的符号与单位适用于本标准。

表 1 符号与单位

符号	含义	量纲 <sup>a</sup>	单位符号
<i>E</i>	能量 <sup>b</sup>	$\text{ML}^2\text{T}^{-2}$	MJ, kWh
<i>e</i>	能量流量	$\text{ML}^2\text{T}^{-3}$	MJ/h, kWh/s
<i>H</i>	发热量	$\text{L}^2\text{T}^{-2}$ 或 $\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	MJ/m <sup>3</sup> , kWh/m <sup>3</sup> 或 MJ/kg, kWh/kg
<i>M</i>	摩尔质量	$\text{Mm}^{-1}$	g/mol, kg/kmol
<i>P</i>	压力(绝对)	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	MPa; kPa
<i>Q</i>	天然气的量 <sup>c</sup>	$\text{L}^3$ 或 $\text{M}$	m <sup>3</sup> 或 kg
<i>V</i>	体积(天然气)	$\text{L}^3$	m <sup>3</sup>
<i>T</i>	温度(绝对)	$\theta$	K

表 1 (续)

符号	含义	量纲 <sup>a</sup>	单位符号
$t$	时间	T	s, h, d
$Z$	压缩因子	1	
$\theta$	温度	$\theta$	℃
$\rho$	密度	$ML^{-3}$	$kg/m^3$

下标: S 表示高位(发热量);  
1 表示操作条件;  
m 表示质量;  
n 表示标准参比条件。

<sup>a</sup> 在“量纲”栏中,质量、长度、时间、摩尔和热力学温度的量纲,分别用 M、L、T、m 和  $\theta$  表示。  
<sup>b</sup> 此处发热量单位为 MJ/m<sup>3</sup>,天然气体积单位为 m<sup>3</sup>,或者发热量单位为 MJ/kg,天然气质量单位为 kg,则计算的  
能量值的单位为 MJ;此处发热量的单位为 kWh/m<sup>3</sup>,而天然气体积单位为 m<sup>3</sup>,或者发热量单位为 kWh/kg,而  
天然气质量单位为 kg,则计算的能量值的单位为 kWh;将 MJ 换算为 kWh 时,除以 3.6。  
<sup>c</sup> 当天然气的量以 m<sup>3</sup> 表示时,则应限定温度和压力值。

5 一般原理

一定量气体所含能量( $E$ )为气体量( $Q$ )与对应发热量( $H$ )的乘积。  
可直接测定能量(见图 1),也可通过气体量及其发热量计算能量(见图 2)。

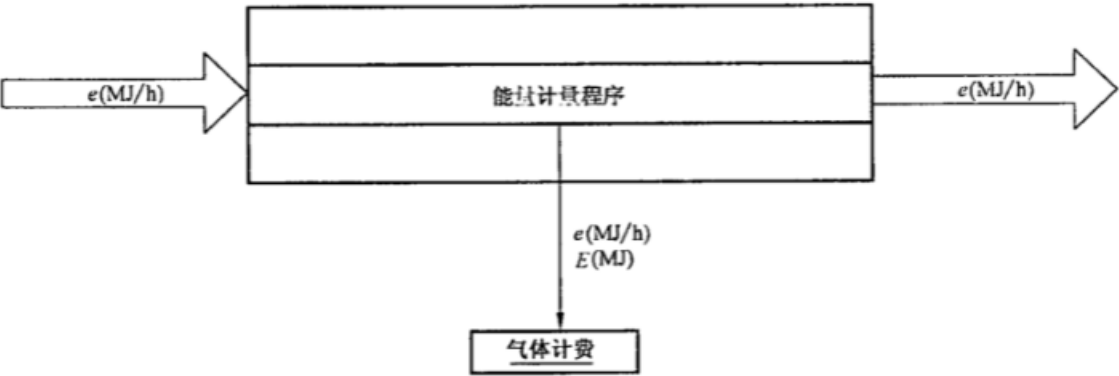


图 1 能量计量示意图

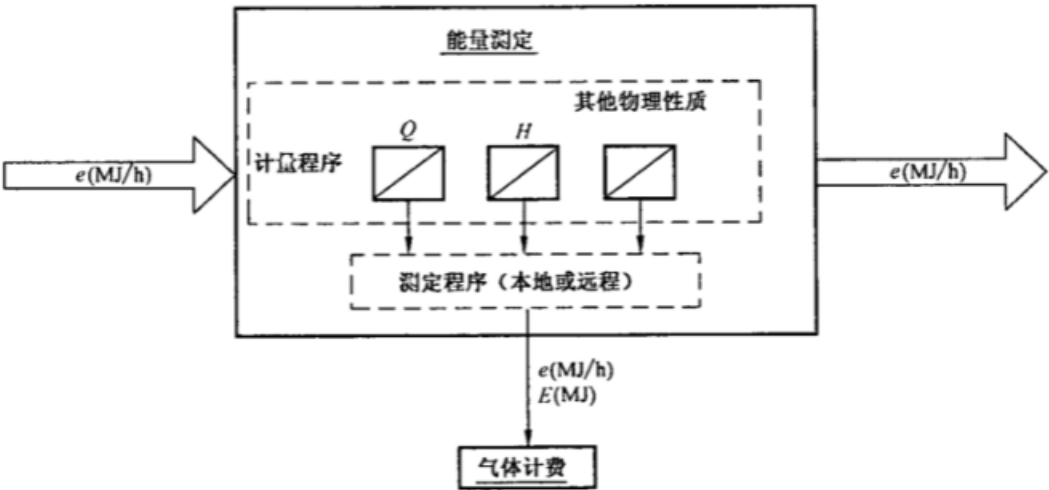


图 2 能量测定示意图

通常,气体的量以体积表示,其发热量则以体积为计算基准。为了能够准确地进行能量测定,应使气体体积和发热量处于同一参比条件下。能量测定既可以是连续的几组发热量和相同时间内流量乘积的累加计算,也可以是这段时间内气体的总体积与其有代表性的(赋值)发热量的乘积。

在发热量不断变化及测量流量和(有代表性的)发热量测定在不同地点进行的情况下,应考虑流量和发热量测定的时间差异而引起的对准确度的影响(见第 11 章)。

气体体积可以在标准参比条件下测量和呈报;也可以在其他参比条件下测量,并以合适的体积换算方法将其换算为标准参比条件下的等量体积。在特定气体体积计量站使用的体积换算方法可能需要在其他位置上测量的气质数据。

发热量可以在气体计量站测定;也可以在其他一些有代表性的地点测定,并将结果赋值给气体计量站。气体的量及其发热量也可以质量为准表示。

第 10 章将进一步论述当气体的量分别以体积和质量为基准时能量测定的一般原理。

为了计算一段时间内通过某气体计量站的气体的能量,可采用第 7 章至第 10 章中的能量测定方法。这些方法涉及整个时间段的积分,包括对能量流量的积分或对气体流量在该时间段的积分以获得气体量数据,再将该气体量乘以有代表性的发热量。

第 7 章至第 10 章中能量测定的一般原理与所使用的积分方法无关。积分方法影响测定能量的不确定度,在第 11 章中考虑了这些影响。

## 6 气体计量

### 6.1 概述

计量站实际使用的计量设备和方法取决于流量、气体的商业价值、气质变化、冗余要求以及仪器的技术规格。只宜使用已在各个界面通过验证、并符合 GB/T 18603 不同等级计量系统要求的方法和计量设备或产品测量天然气的量。附录 A 给出不同界面推荐使用的技术、方法和设备。

应根据标准和(或)国家法规使用合适的流量和发热量测量方法。

宜采取措施以识别和解决系统影响。例如,使用不同的国家标准、法规和(或)操作程序,会引入系统差值;合同各方宜确定适当的方法克服这些差值。

一般而言,测量结果的质量取决于操作条件、维护频率和质量、检定或校准标准、取样和清洗、气体组成的改变以及计量设备老化等因素。如果能够满足厂家及相关标准的要求,并严格遵循操作、检定或校准及维护的所有操作程序,则能获得高的准确度。

### 6.2 体积测量

天然气计量站内的体积流量计量系统由一个或多个计量回路组成。通常这些流量计是测量实际操作条件下的气体体积。

为某个特定的应用选择流量计系统时,至少要考虑流动条件、流量测量范围、操作条件(尤其是操作压力)、可接受的压力损失以及要求的准确度等因素。

附录 A 中列出了在第 1 至 6 个输送界面中最常使用的测量天然气体积流量的仪器设备。

### 6.3 发热量测量

#### 6.3.1 测量技术和取样

发热量测量系统由取样系统和直接测量(例如燃烧式热量计)、间接测量(例如气相色谱仪)、关联技术等三种测量设备中的一种组合构成。

发热量测量过程中,要取得较高的准确度需要使用有代表性的样品。它取决于测量系统、操作程序、气体组成的波动和(或)输送气体的量。

可使用连续直接取样、周期定点取样和递增(累积)取样等技术之一进行取样,所取样品既可用于在线分析,也可用于离线分析。

### 6.3.2 直接测量——热量计法

直接测量是以恒定流速流动的天然气在过量的空气中燃烧,所释放的能量被传递到热交换介质,并使其温度升高。气体的发热量与升高的温度直接相关。

热量计法用于界面 1 至 3 和界面 5。

### 6.3.3 间接测量

间接测量是依据 GB/T 11062 由气体组成计算发热量。

应用最广泛的分析技术是气相色谱。气相色谱法测量用于界面 1 至 3 和界面 5。

### 6.3.4 关联技术

关联技术是利用气体的一个或多个物理性质及其发热量之间的关系进行测定。也可使用化学计量燃烧原理。

## 6.4 体积换算

### 6.4.1 概述

将在操作条件下测量的天然气体积换算为参比条件下的体积是基于气体压力、温度和压缩因子( $pTZ$  换算)或操作和参比条件下的气体密度(密度换算)方法。

详细参见附录 C、E.1 和 E.2。

### 6.4.2 密度

体积数据的换算可能需要用到参比条件下的密度。质量流量测定或体积换算都需要测定操作条件下的密度。

### 6.4.3 压力和温度

将操作条件下的气体体积换算为参比条件下的体积时应测量压力和温度。

### 6.4.4 压缩因子

对于气体体积换算,压缩因子可以用摩尔组成分析对气体组成进行计算而得(参见 E.2),或用物理性质及某些(非烃)组分含量进行计算而得(参见 E.1),也可以由  $Z$  值仪测定而得。

可以根据 GB/T 11062 计算标准参比条件下的压缩因子。根据某个特定计量点输送的气体流量以及压力、温度和组成的变化情况,压缩因子可被设为一个常量或应随时计算。

本标准的用户在高压下选择压缩因子计算方法时应考虑气体组成(尤其是较重烃类之间的摩尔关系)对计量准确度的影响。

## 6.5 检定或校准

检定或校准的质量对测量结果的真实度有显著影响。由测量设备的稳定性决定检定或校准频率。检定或校准应能溯源到合适的标准装置和标准物质。

有代表性的检定或校准宜在接近计量仪表的操作条件下进行。对于发热量测量设备而言,所使用的标准气的发热量或组成宜接近被测气体预期的发热量或组成。

在对用于能量测定的任何测量仪器进行检定时,如果仪器读数和由标准给出的相应值之间的偏差超出了规定的范围,则应对可能建立测量值和标准给出值之间最小差值的仪器进行调整,或者对后续周期的测量值进行校正以得到正确值的方法,对测量仪器进行检定或校准。

视仪器的类型不同,实际的调整或校正过程可手动或自动进行。

在检定或校准发热量测量仪器时,如果测量值和认证值之间出现差值,则应在后续运行周期中使用测量值的校正值或调整值。

## 6.6 数据储存和传输

应安全储存能量测定的相关数据。储存时间和地点应考虑国家法规、标准和(或)合同要求。

数据包括提供和(或)构成能量的信息,和数据有效性或计量站(硬件和软件)运行信息。

对于数据传输,应采取安全的程序以确保数据的完整性。



7 能量测定

7.1 界面

7.1.1 从生产厂商或储气库到终端用户的合同各方之间的天然气贸易交接，一般要通过气体输送商、区域分销商、本地分销商中的某些或所有中间阶段。

图 3 和图 4 中标记为 1 至 6 的方框代表交接链中不同的界面；它们在物理上可以由一个真实的计量站构成，也可被当做没有任何测量发生的虚拟界面，或作为表示按合同要求规定的发送或重新发送地点。合同方之间交接链中的能量测定在界面 1 至 6 进行（见图 3 和图 4），这些界面常被称为发送和（或）重新发送地点。图 3 为从生产商到终端用户之间的交接链；图 4 附加地包括一个储气操作商，它通常为生产商、气体输送商和区域分销商储存供今后使用的气体。不同输气管线的界面数量可能有差异。如果这些界面是实际的计量站，则它们可用作气体计费界面。

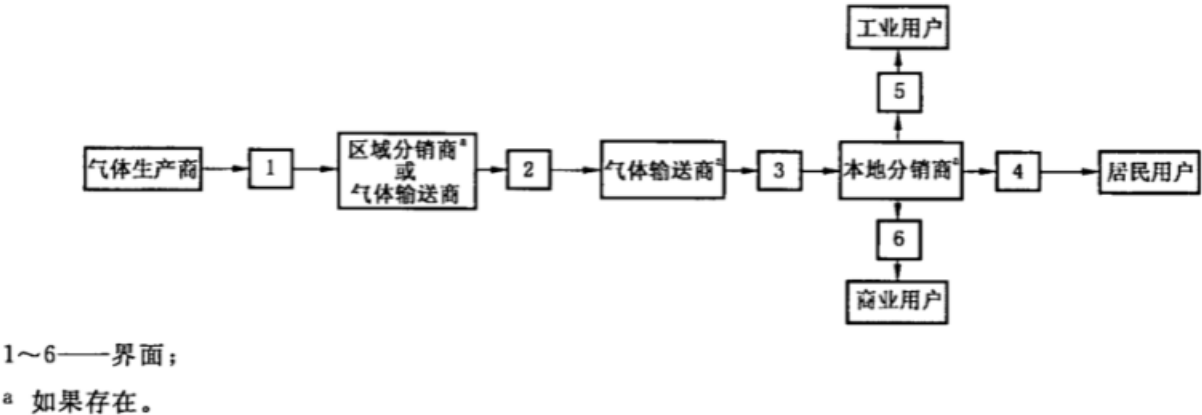


图 3 从生产商到终端用户之间能量测定的可能界面

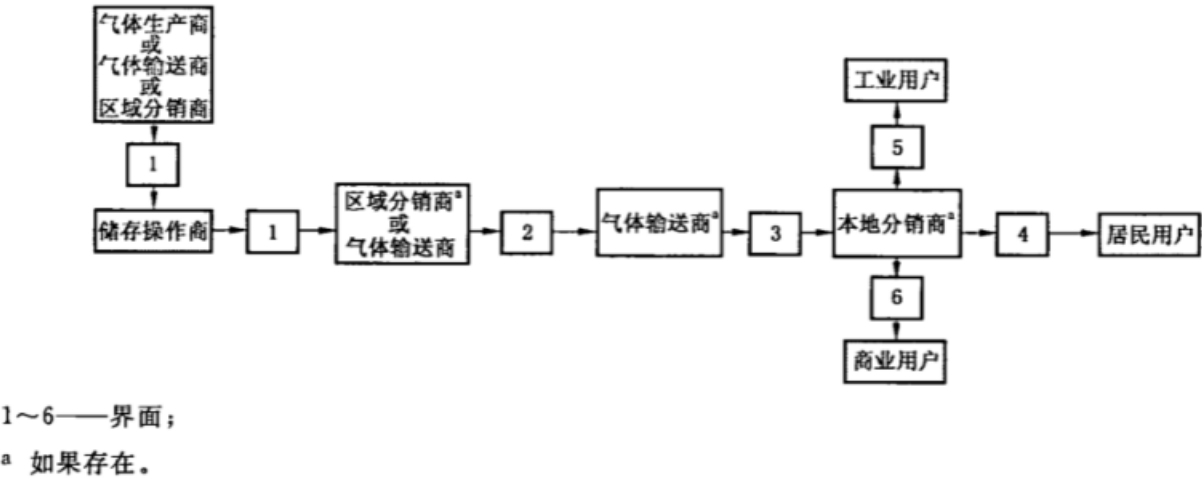


图 4 从生产商到终端用户（包括气体储藏）之间能量测定的可能界面

7.1.2 不同交接情况的三种不同模式示例

7.1.2.1 气体输送商直接向工业用户供气

为了在界面 5 进行能量测定，需在界面 2 或 5 测量气体的体积。由于没有涉及区域分销商或储气公司以及本地分销商，如果预计气体量（参见图 B. 1）能基本保持稳定，就可以使用在界面 2 测定的发热量。

7.1.2.2 气体生产商直接向工业用户供气

几个气体输送商和区域分销商共同使用管道系统输送气体，不涉及本地分销商。在到达工业用户的途中，气质不会发生变化。在界面 5 进行能量测定时，气体体积在界面 5 测定，而发热量可在界面 5、3 或 2 测定。

7.1.2.3 本地分销商供气给终端用户、商业和工业用户

本地分销商由区域分销商或气体输送商或储气公司供气。进行能量测定时体积测量在界面 4 至 6 进行。由于气质不同(参见图 B. 3),区域分销商为界面 3 的发热量测定应用状态重构程序;本地分销商将此发热量用于界面 4 至 6 的能量测定。

7.1.3 能量测定方法与许多重要的因素有关;制定适宜的能量测定策略时应考虑这些因素,以便使本标准的用户能够进行正确的能量测定。这些因素包括管网布局、流动方向、气体外输结构或消费结构、发热量变化规律、技术装备、合同要求和国家法规。

7.2 能量测定方法

本节给出方法的主要目的是支持输送管网内符合要求的能量平衡,以及给各界面提供考虑了经济方面因素的合理的能量测定方法。

7.2.1 直接能量测定

直接能量测定法(见图 5)不测定单个的物理参数(如  $Q$  和  $H$ )。在测定点检定或校准并显示能量流量和能量数值。在本标准的准备阶段,直接能量测定仪器已进入市场,但它们仍未被证实是可以用于贸易交接计量的技术。目前也没有相应的国际和国家标准。



图 5 直接能量测定

7.2.2 间接能量测定

对于间接能量测定,能量是基于已测定或计算的体积或质量、发热量和其他参数测定的。

7.2.2.1 在同一计量站测定体积或质量和发热量

对于间接能量测定,气体的体积或质量、发热量和诸如  $\text{CO}_2$  含量和气体密度等其他物理参数是在计量站分别测定(见图 6);这些测量设备均单独检定或校准。在测定点,典型的显示数据是体积流量和能量数值。例如跨国贸易中,在 2 个计量站都有大量气体通过时( $Q_1$  和  $Q_2$ ),分别用两台发热量测定设备测定其发热量( $H_{s1}$  和  $H_{s2}$ )是应该的(见图 15)。

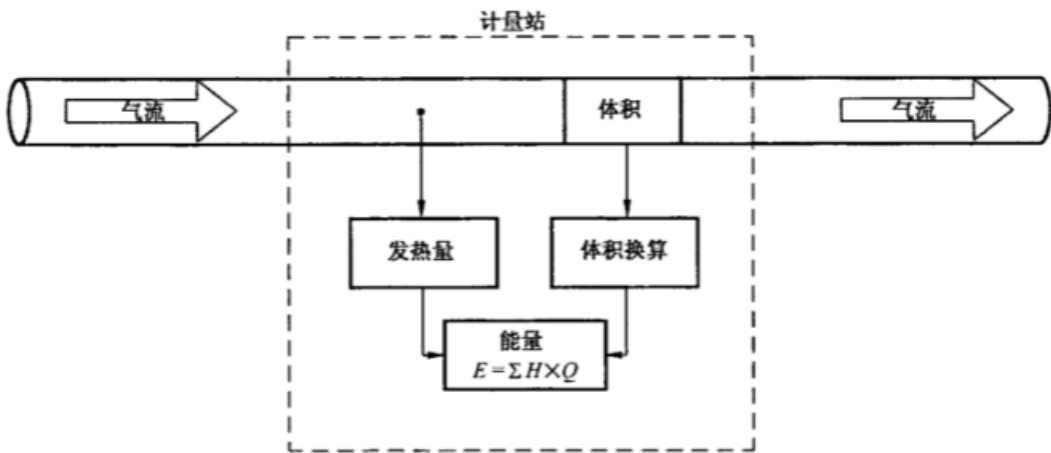


图 6 本地在线发热量测定

另一种方法是收集计量站的发热量和体积数据,并将数据发送到不同的能量测定中心站,在此测定能量流量和能量数量。

由于局部气质情况和经济上的原因,有时在计量站内(按时间控制或流动控制方式)采集气体样品,

但在其他地方测定发热量(见图 7)。

7.2.2.2 在不同计量站测定体积或质量和发热量

在合同各方的不同交接点均进行体积测定时,如果也同时操作发热量测定设备,则因其费用极其昂贵而难以实现。因此最常用的方法(尤其在大规模供气系统)是为所测体积赋一个有代表性的发热量值(见第 9 章)。为这些界面(体积测定点)赋值的发热量是别处的测量值或是由几个有代表性的测量值产生的一个值(见图 8)。这些值是能量测定的基础。赋值方式由管网中的输入站或输出站的位置和气体流动状态决定(见第 9 章)。

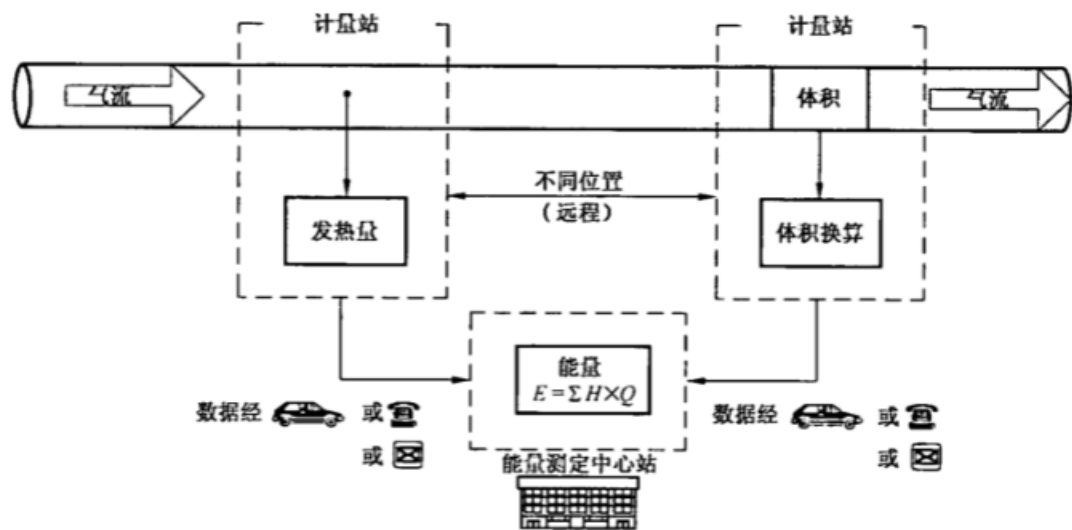


图 7 本地离线发热量测定

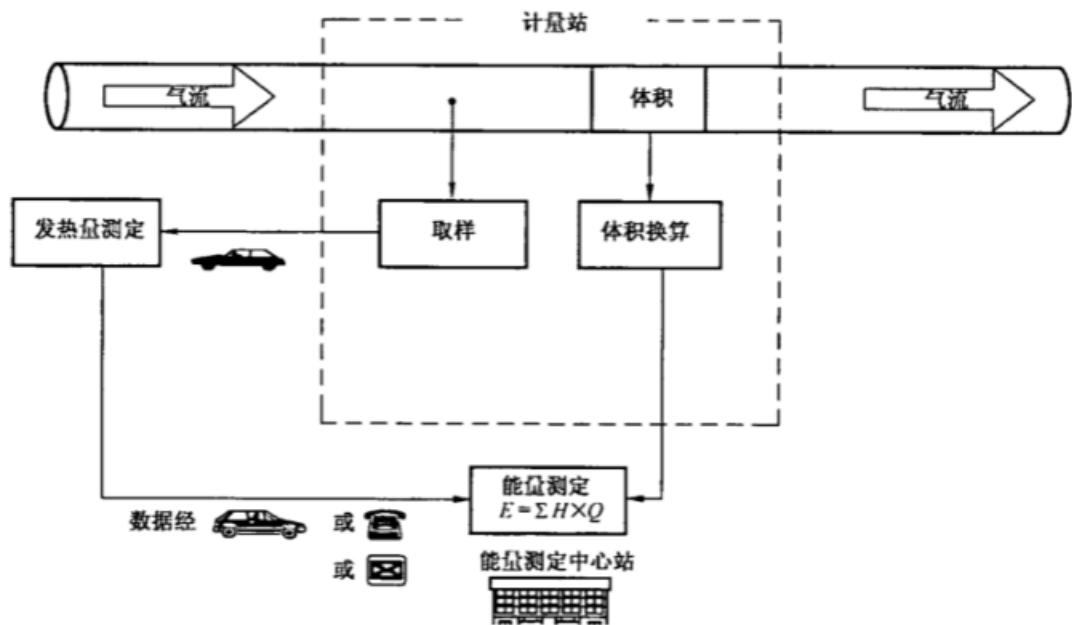


图 8 远程发热量测定示例

8 策略与程序

8.1 概述

本标准中所谓的“设计”包含了实现能量测定策略所必需的信息及其获取途径,并结合考虑了预期的数据处理过程。

能量测定以评估合理的能量测定策略开始,然后是所测数据合理性检验;接下来的步骤是有代表性发热量的赋值和数据组合(计算程序);最后为质量控制。

包括“开始”和“结束”的能量测定示意图如图 9 所示。

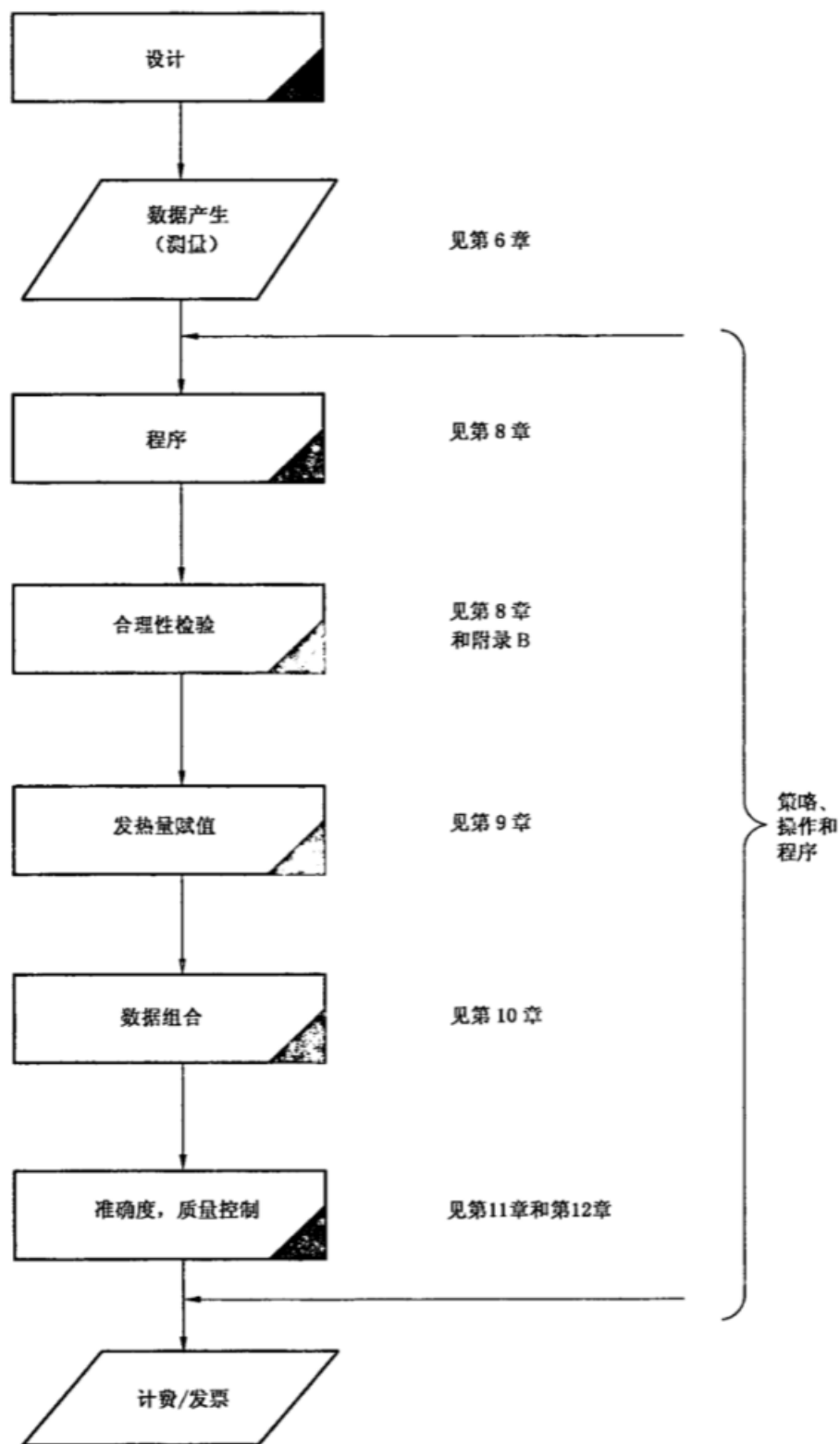


图 9 间接能量测定策略

原则上,应采用精心制定的能量测定策略和适用的能量测定方法和程序,并保持不变。除非能够保证改善或维持结果的准确度,或由于气体流动情况和(或)气质条件发生变化,致使这些方法或程序不再适用,才可改变。

另外,当经济方面发生重大变化时,也应改变适用的方法或程序。

气体计量系统并非本标准的主题。然而,由新系统或经过改进的设备产生的数据可能会引起数据的变化;这可能会造成对能量测定的修正。

## 8.2 能量测定策略

在能量测定周期中,合理的能量测定策略需要考虑在特定界面上与供气状况有关的发热量变化过程和特定界面上所测量数据的正确性(如原始数据)。

考虑某个界面的气质变化是能量测定合理性和准确性的关键因素,例如,有关界面上发热量测定的溯源性。

上述溯源性非常重要,因为各界面间的能量测定即使只有一处不相对应,就会对合同的某一方不利,故应避免出现这种情况。例如,在那些只测定体积的界面上使用不匹配的发热量或其他一些物性数据(如密度和  $\text{CO}_2$  含量),或者在不进行严格检查的情况下使用原始数据,就会出现上述情况。

通常,气质变化取决于该界面的供气情况,因而应证明:

- a) 通过后续界面的气体是否仅来自一个气源(见图 12、图 13 和图 15)或
- b) 通过后续界面的气体是否来自多个气源(见图 14 和图 15)。

根据图 14 和图 15 的供气现状,经常会由于气体进出界面而导致合理的气质变化。

因此,当决定是否将一个应用于计费目的的能量测定周期(例如一个月或一年)再细分为不同周期时,在该能量测定周期中的气质变化状况是极为重要的。

一天内的气质变化通常不再细分到每小时之间的变化。示例参见附录 B。

### 8.2.1 单个界面的策略

#### 8.2.1.1 概述

一般情况下量大的气体通过界面 1 至 3(见图 3 和图 4)。对于界面 2 和 3 而言,相关发热量可相对容易地由本地测量(见图 6 和图 7)、远程发热量测量(见图 8)和如质量跟踪(见 9.3.3)的合适的赋值方法测定。这取决于合同各方和地方政府规定的配套方法。

因技术或经济方面的原因,输气管网中那些不能对发热量和其他重要气质参数进行测量的交接点,有时可以通过间接方式获取这些参数(见 9.2、9.3.1、9.3.2 或 9.3.3)。

#### 8.2.1.2 界面 1

计算参比条件下的体积时,可使用  $p$ 、 $T$  和  $Z$  或  $p_s$  和  $\rho$  的方法进行体积换算。

应在线测定该界面的发热量(见 6.3)。

在单个气藏采气的情况下,因为气体组成不随时间变化,在线发热量测定可能不合理。此时可通过周期取样进行离线分析所获得的数据计算发热量。示例参见附录 I。

用统计方法评估与初始发热量相关的个别发热量随时间的变化情况。如果变化值超过了商定的极限值(例如 0.5%,参见图 I.1),则测定方法将从离线改为在线。

应用上述发热量测定方法时应考虑到交接气体的组成在很大程度上取决于气体处理装置这一事实。

压缩因子的测定见 6.4.4。

#### 8.2.1.3 界面 2

按 8.2.1.2 中的规定计算参比条件下的体积。

可通过测量(见 6.3)或赋值(见第 9 章)方法确定应用于能量测定的发热量。

#### 8.2.1.4 界面 3

按 8.2.1.3 中的方法测定用于能量测定的所有参数值。

#### 8.2.1.5 界面 4

由于技术和(或)经济方面的原因,输气管网中的界面 4 通常可不测量发热量和其他重要的气质参数。对该界面而言,赋值方法(见第 9 章)是必不可少的。

在测量装置的上游,需通过压力控制设备保证压力的稳定。本地分销商确定用于能量测定中的温度和压力的设置程序,并考虑大气压力。由于压力低,可将压缩因子设为“1”,而不必进行计算。

对于该界面,可使用上游界面 3 的发热量或者采用公告或者赋值发热量。

在以年度为能量测定周期时,如果可预计气质仅有很小的合理变化(参见图 B.1),只采用公告发热量是可行的。由本地分销商设定公告发热量,该值为考虑了前 12 个月发热量的固定值(参见图 B.1)。在能量测定周期中,由本地分销商定期检查将气体输送到界面 4 的界面 3(上游)处的发热量。

如果公告发热量和在上游界面 3 处测定的发热量之间的差值大于允许差值(例如 1%),例如当发热量发生显著变化时(参见 B.2 和 B.3),应对能量测定周期中的上述这些发热量重新赋值。例如,在图 B.2 中,发热量  $H_{s1}$  应赋值给  $t_1$  和  $t_2$  时间段的能量测定,  $H_{s2}$  应该赋值给  $t_3$  时间段的能量测定。

为了向消费者保证能量测定过程的合理准确度,应区分与其他气质分开的封闭式输气管网和未与其他气质分开的开放式输气管网两项。

#### 8.2.1.5.1 封闭式输气管网

如果不同发热量的气体被置于分开的输气管网,则不会发生这些气体的混合,且在界面 3 测定或确定的发热量可作为界面 4 能量测定的基础,具体描述如下。

可根据 10.2 所述方法,以算术或按每小时对体积或质量加权来计算平均发热量。

首先,每天或能量测定周期中的其他时间段内通过界面 3 的气体能量可通过求测量或测定的单个发热量的平均值,并将该平均发热量乘以相同时间间隔内通过界面 3 的气体的体积或质量来计算。

先用式(6)求 1 h 内单个发热量的平均值;再用式(6)或式(8)(加权平均法),从这些以小时为基础的平均发热量计算每天的平均发热量;最后,将每天的平均发热量乘以同一天内通过界面 3 的气体体积或质量。

其次,能量测定周期结束时,将所有时间间隔的能量相加,除以能量测定期间所有时间间隔的全部气体体积或质量的和[见式(8)]。

最终所得的平均发热量可用来计算管网中任何界面 4 的能量,详见 9.1。实用示例参见附录 F。

#### 8.2.1.5.2 开放式输气管网

如果界面 4 处的终端用户由几个界面 3 供气,则在所有这些界面 3 测量或测定的发热量是有关联的。

如果这些界面的发热量随时在改变,由于经济方面的原因,甚至根据本地条件(如复杂的地貌,低压)连供气情况也不清楚时,在每个界面 4 进行发热量测定通常是不可能的。因为该界面的气量相对较小,诸如取样、发热量测量、状态重构等技术措施通常不能作为提高准确度的合理方法。

在一个输气管网中,如果几个界面 3 的供气质量不同,则界面 4 的发热量可通过算术平均发热量(见 9.3.1)或下面的步骤计算。

首先,对每个界面 3,按 8.2.1.5.1 中描述的方法计算能量测定期间的能量。

然后,把所有界面 3 的能量加和,再除以那个时间段通过所有界面 3 的所有气体体积或质量之和,得出那个时间段的加权平均管网发热量。

如果任何界面 3 的加权平均发热量与加权平均管网发热量的偏差都不偏离允许的极限值,则加权平均管网发热量可用来计算每个界面 4 的能量。

图 10 给出一个实用示例。

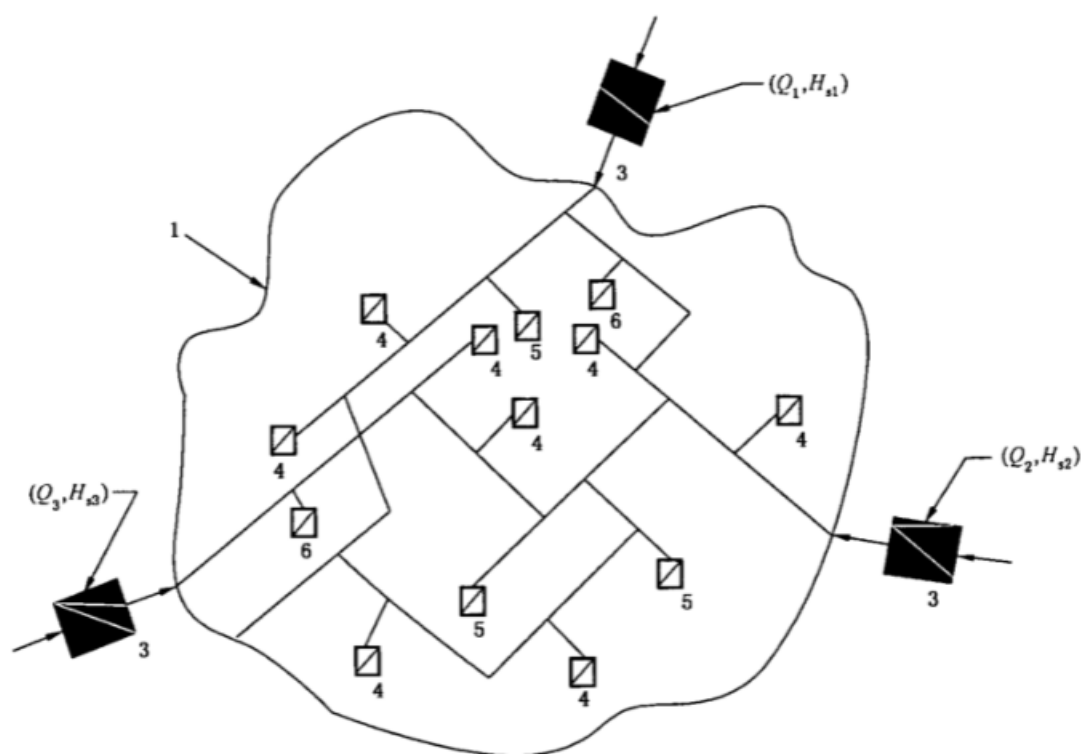


图 10 加权平均发热量的测定示例

示例：一个即将进行能量测定的计费区由入口点界面 3 供气，所供的三股气体的气体量分别为  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_3$ ，其相应发热量为  $H_{s1}$ 、 $H_{s2}$  和  $H_{s3}$ 。这些发热量或者在入口点测定，或者在上游的界面 1 或 2 处确定，再按第 9 章描述的方法赋值给这些界面 3。然后，按 8.2.1.5.1 中描述的方法计算计费区内用于能量测定目的的平均发热量  $H$ 。

该平均发热量也可用于界面 5 和界面 6 的能量测定，或在这些界面单独测定发热量。在后一种情况，计费区域内所有其他界面的能量测定程序应考虑在界面 5 和(或)界面 6 处单独经本地发热量测定的能量。

如果偏差超过允许的极限值，应通知相关各方有关偏差的测定和所应用的程序。若在极罕见的情况下产生短期（最多一周）偏差，例如由于为了保证供气而采取的措施所致，则没有应通知他们。

如果能够保证合理、准确的能量测定过程（见 8.2.1.5），可考虑使用发热量的算术平均值。如果由于界面 3 的气质改变很大而使加权平均发热量不能满足上述计费区域内允许的极限值，可在计费区域内采取其他附加措施。这些措施对于在单段管道系统内确定尽可能具有代表性的发热量是必不可少的；例如，应用考虑了气体量  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_3$  及后续界面 4 至 6 测定或计算的输送结构的取样技术。在这些情况下，对于部分能量测定系统，可使用入口点界面处的发热量和通过取样方法确定的发热量计算不同的平均发热量，详见 9.2。

#### 8.2.1.6 界面 5

对于工业用户（即界面 5）相关发热量可通过气体输送商或本地分销商由上游确定；由于气量甚大和经济方面的原因，相关发热量也经常在该界面进行测定；根据气体量和压力，界面 5 的能量测定与界面 1 至 4 相同（见 8.2.1.5.2）。

#### 8.2.1.7 界面 6

该界面的要求与界面 4 相似。详见 8.2.1.5.2。

### 8.3 合理性检验

能量测定的第一步是严格检查测量、传输或记录数据的合理性。例如，不合理数据至少可由测量设备故障、诸如电磁场对通讯线路的外部影响和记录设备故障等因素引起。

图 11 中的方块图说明怎样以正规形式进行合理性检验。如果体积流量等于“0”，应检验是否是真实的。如果流量和数据均为“0”，显然是计量仪表或相关设备，如变送器、电子设备、数据存储设备或其他一些设备可能出现了故障。显然不能使用虚假的数据。对于这些虚假数据或遗漏数据，应确定合适的替代值（见 12.4）。

方框“其他值”是指诸如  $p$ 、 $T$ 、密度或其他一些参数。“极值”指刻度末端的指示值。

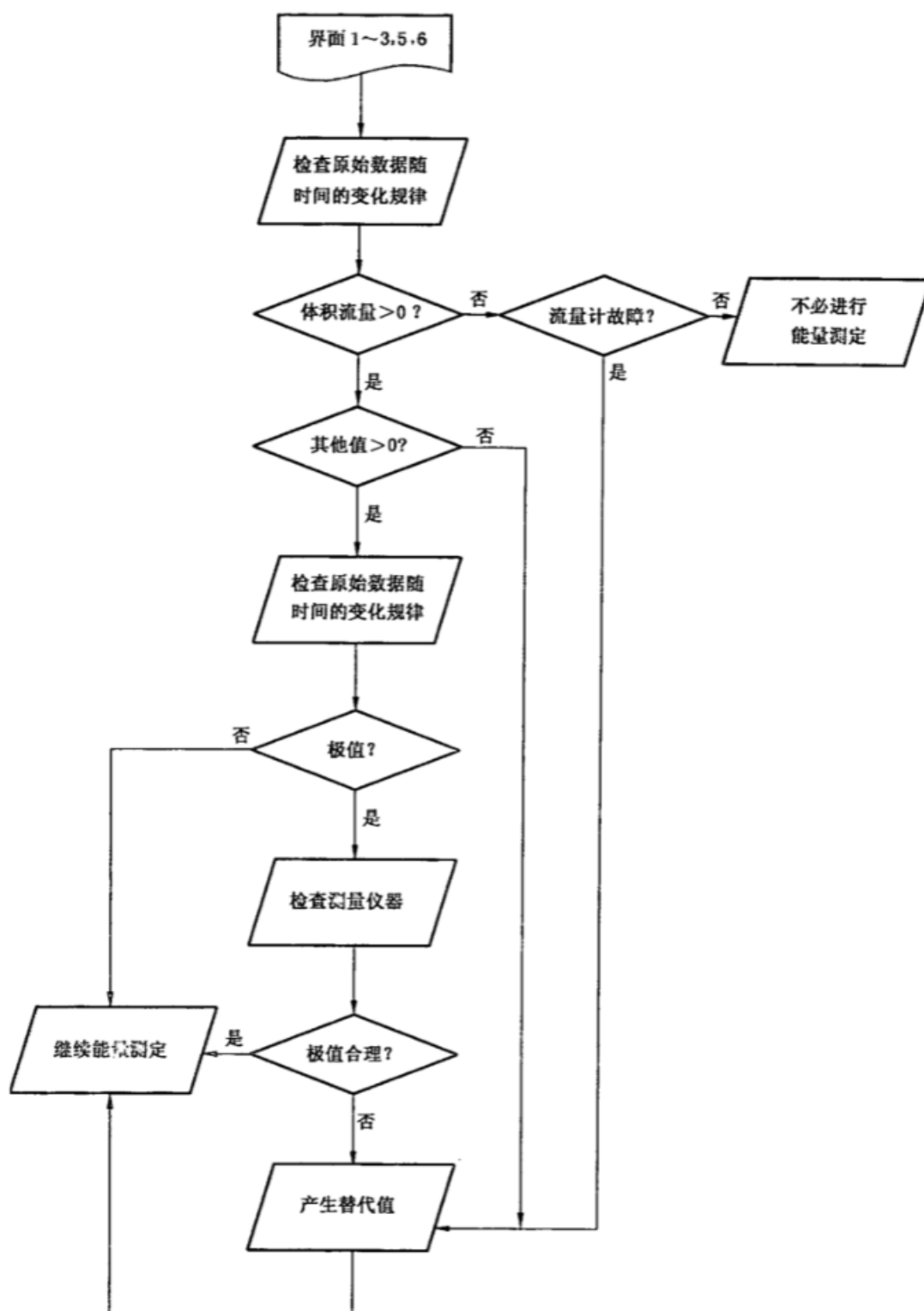


图 11 数据合理性检验

附录 H 给出了实例。

## 9 赋值方法

### 9.1 固定赋值

如果能够满足发热量和体积测量点之间的气体流动方向不变,且在能量测定周期中气质变化以及发热量测定点与流量测定点之间的输送时间变化均(合理地)甚小(见 10.4 和图 B.1),并可以用第 11 章所述来检查能量测定是否满足要求的准确度等条件,通常在一段简单的、分开的管网内进行能量测定周期中,计费区内发热量可采用固定赋值。

一般情况下,下述两个方法是可能应用的。



### 9.1.1 测量发热量的固定赋值

在发热量测量站测定发热量。所测数据表明气质变化非常小(参见图 B.1)。因而上游所测发热量的平均值赋值给选定的所有后续界面是合理的。由单个发热量测定站赋值的方法可表示如下。

图 12 举例说明了单一气源向某管道的众多界面供气,由气体输送商或区域分销商在管道入口点测定气体发热量  $H_s$ 。赋值给所有界面的发热量为在入口点测定的发热量,并且不对反映气体输至不同界面所用的不同时间进行修正。

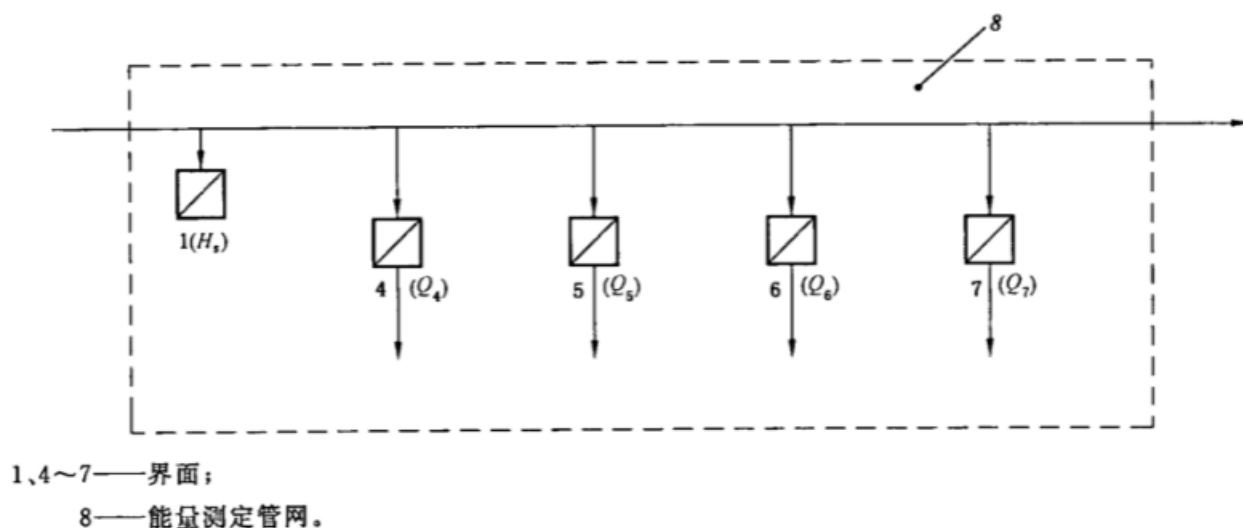


图 12 固定赋值应用于一种气质——一个气体流动方向示例

由两个或多个发热量测定站的赋值方法表示如下。

图 13 举例说明了气体输送商有可能将两股不同的气体输入管道的系统。在管道入口的上游点测定每股气体的发热量  $H_{s1}$  和  $H_{s2}$ ,入口点下游不进行发热量测定。

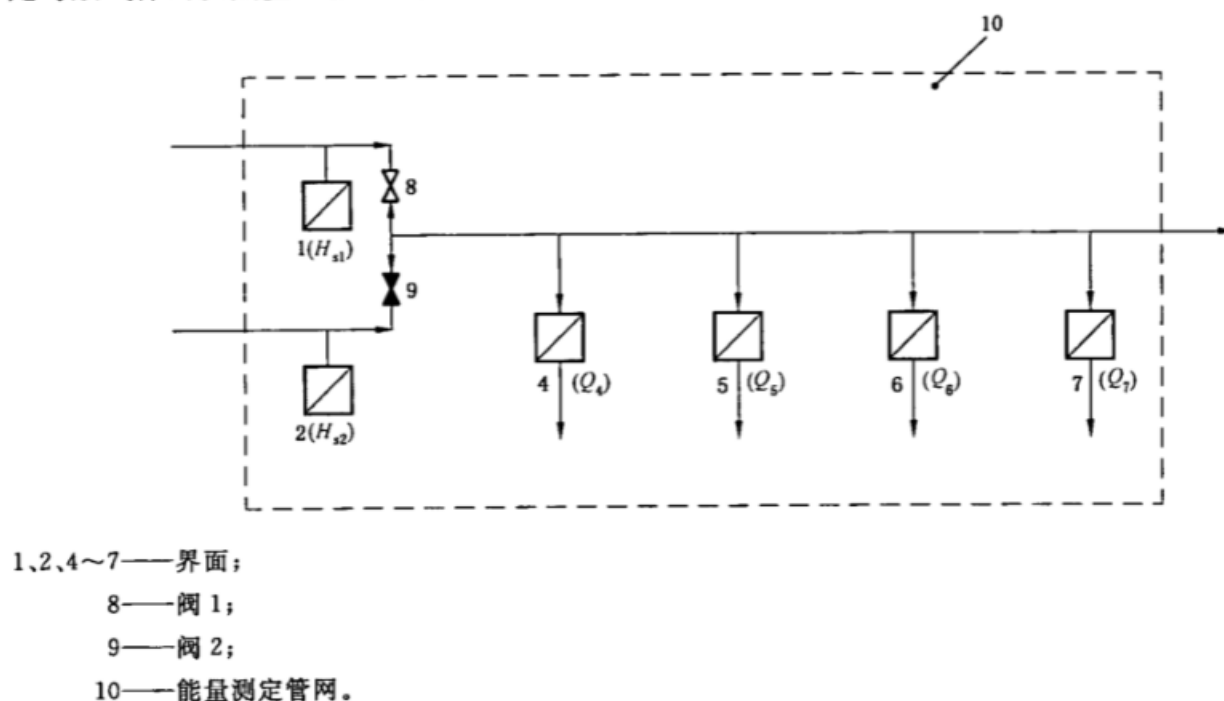


图 13 固定赋值应用于两种经测量的气质——一个气体流动方向示例

气体输送商以能够保证一直从一个气源稳定供气、在同一时间段内不会同时供应不同质量  $H_{s1}$  和  $H_{s2}$  的气体、已记录下不同质量的气体的供气周期,以及赋值时可将发热量  $H_{s1}$  或  $H_{s2}$  用于相应的同一供气周期段的后续界面等各项为基础,从一个或几个发热量测定点中选择使用固定赋值的点。

### 9.1.2 公告发热量的固定赋值

假定发热量在整个能量测定周期中是合理的恒定值。在发热量测量站测定的发热量是用于核查的目的。获得的值证实气质变化很小(参见图 B.1)。因此,公告该发热量并将其值赋给所有后续界面是

合理的。

示例：本地分销商有一输气管网，为居民、商业和小型工业用户供气。该输气管网有两个入口点，由单条管道来的气体在该处进入系统。除去在冬季用气高峰时段外，通过管道的气体发热量仅有很小的波动（最高为1%）。

本地分销商决定对输气管网上的所有界面使用固定赋值的公告发热量；后者在某一时间周期内以下列条件为基础进行公告：

- a) 向用户所供气体的平均发热量等于或高于公告发热量（约  $0.1 \text{ MJ/m}^3$ ）；
- b) 用公告期间每天气体的最低发热量的平均值来计算向用户所供气体的平均发热量；
- c) 每天测定进入管网的所有气体的发热量；
- d) 如果测定的任何时间段的发热量低于公告数据，本地分销商将在后续时间段修订公告值，以便使测定值等于或高于这两个时间段的平均发热量公告值。

9.2 可变赋值

特别是在开放的输气管网中，界面处的气质可能会有显著改变（参见图 B.3）；这种情况下固定赋值的条件不再适用，因此应使赋值或计算方法适合于随时间变化的条件。合适的赋值方法的选择将根据输入站气体量的变化以及后续界面处外输结构的变化而改变。因此，应采用精心编制的发热量可变赋值程序。9.2.1 和 9.2.2 分别描述了两种不同的情况。

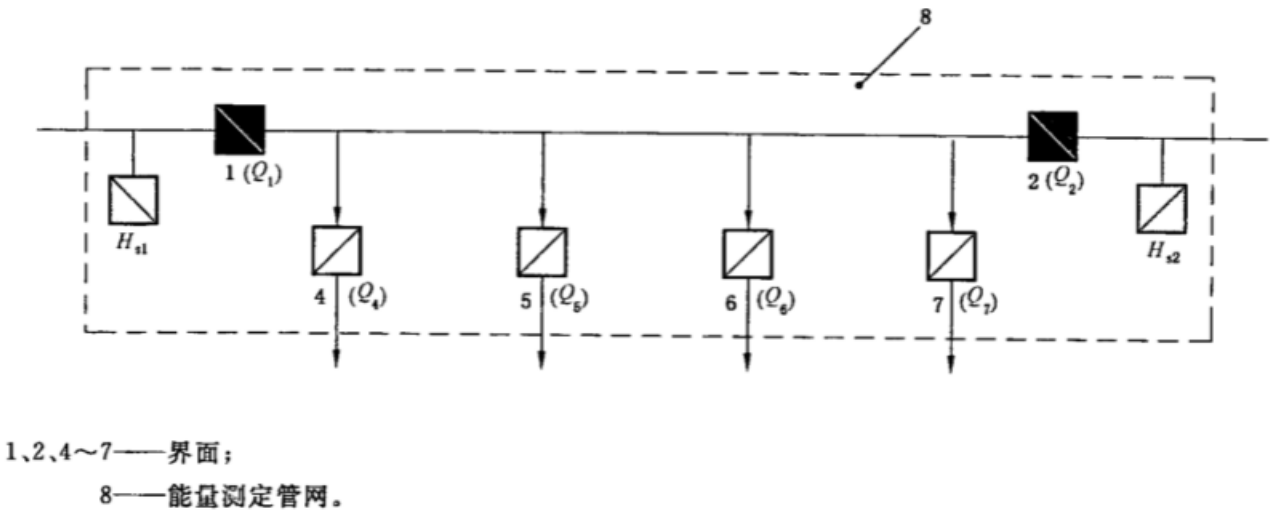
9.2.1 在具有零位浮点的两个或多个不同的输气站输入

示例：如图 14 所示，在一个能量测定周期（参见图 B.3）内，有不同数量和质量的的气体通过界面 1 和 2（输入站）。定义的零位浮点可位于两界面之间（例如两相邻界面之间或一个输入站及其相邻界面之间）。根据界面 4 至 7 的外输结构，发热量为  $H_{s1}$  的气体可能供给界面 4 和 5，而发热量为  $H_{s2}$  的气体可能供给界面 7。从界面 1 和 2 来的混合气可能通过界面 6。因此，发热量  $H_{s1}$  可赋值给界面 4 和 5，发热量  $H_{s2}$  可赋值给界面 7。对于界面 6，有代表性的发热量或者在该界面测定，或者通过考虑来自界面 1 的  $Q_1$  和界面 2 的  $Q_2$  的部分气体和可利用的发热量  $H_{s1}$  和  $H_{s2}$ ，用流量或算术加权平均方法确定（见 10.2.2）。主管道中的零流量可位于界面 4 至 7 或在这些界面之间。

在此周期内，定义的零位浮点在管网中有固定的位置，发热量可根据气体流过输入站到各有关界面的情况来进行赋值。

9.2.2 在气体混合流动的两个或多个不同的输气站输入

示例：如图 15 所示，在整个能量测定周期中都要测量在界面 1 的气体量  $Q_1$  的发热量  $H_{s1}$  和在界面 2 的气体量  $Q_2$  的发热量  $H_{s2}$ 。两个发热量总是彼此不同，且在整个能量测定周期中还有可能改变。根据该已知条件，在将发热量赋值给界面 4~7 的应用中，会在界面 4 处形成与图 B.3 类似的气体流量图形。



1、2、4~7——界面；  
8——能量测定管网。

图 14 可变赋值应用于两种经测量的气质——两个气体流动方向示例

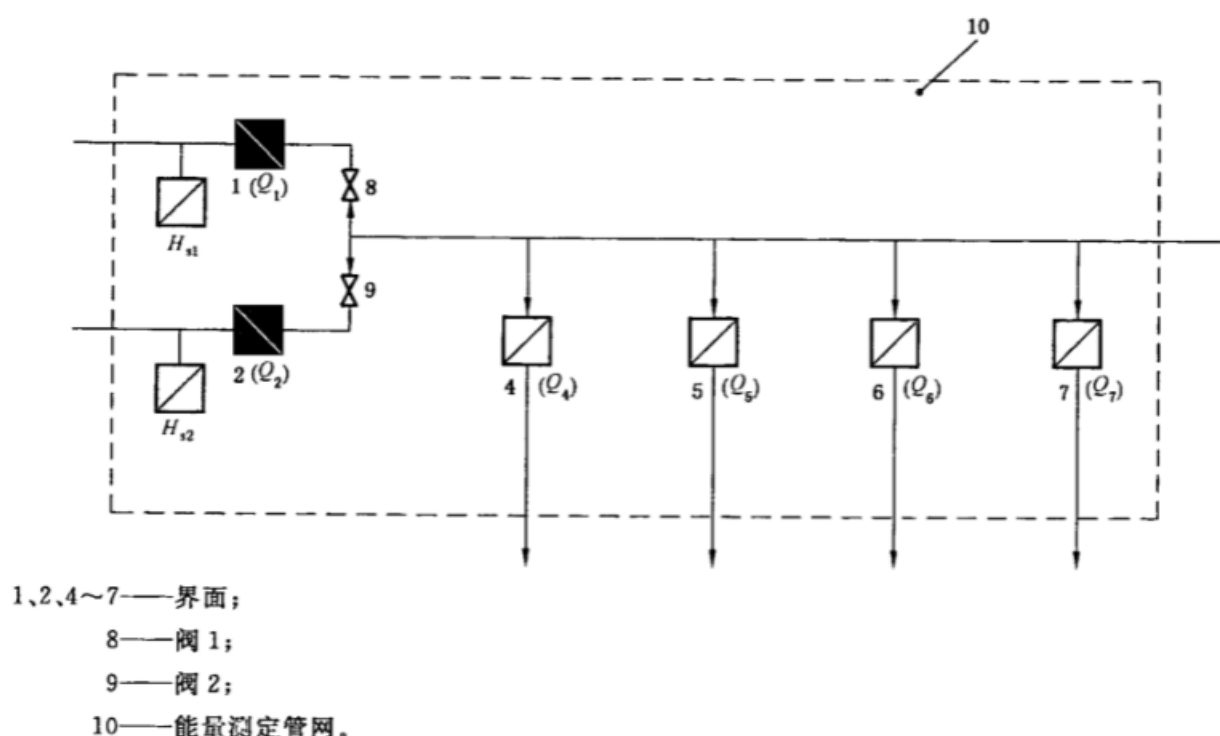


图 15 可变赋值应用于两种经测量的气质——一个气体流动方向示例

在能量测定周期中,对于气体量  $Q_1$  至  $Q_7$  而言,应在阀 1 和阀 2 后面的混合点计算加权平均发热量,并结合考虑发热量为  $H_{s1}$  和  $H_{s2}$  的气体从测量站至混合点的输送时间。

### 9.3 确定代表性发热量

确定的代表性发热量的准确度取决于数据的完整性和准确度以及输气管网的布局。为了确定混合点的代表性发热量,可用气体量及其质量参数计算。为了获得代表性发热量,还应考虑气体从输入站到混合点及后续界面的输送时间。在能量测定周期中,除了固定赋值外,9.3.1、9.3.2 和 9.3.3 给出的方法都可用于确定每个界面的代表性发热量。

#### 9.3.1 算术平均发热量

能量测定周期中入口点界面处的算术平均发热量的计算方法是:此处的单个发热量测定值之和除以发热量的个数(见 10.2.1)。

#### 9.3.2 气量加权平均发热量

入口点界面处的气量加权平均发热量在该界面进行计算,并用于能量测定周期中的后续界面(见 10.2.2)。

#### 9.3.3 质量跟踪

该特殊的赋值方法涉及以在管道上所有供气点测定的气质数据为基础,通过管网模拟或状态重构,对管道或管网中的任何地方的气体质量进行计算的方法。

质量跟踪的目的是获得管道或管网中未安装气质测定设备的那些地方的有关气质信息。

所计算的气质数据的准确度取决于管道布局、测量数据的完整性和准确性及数学模型性能。

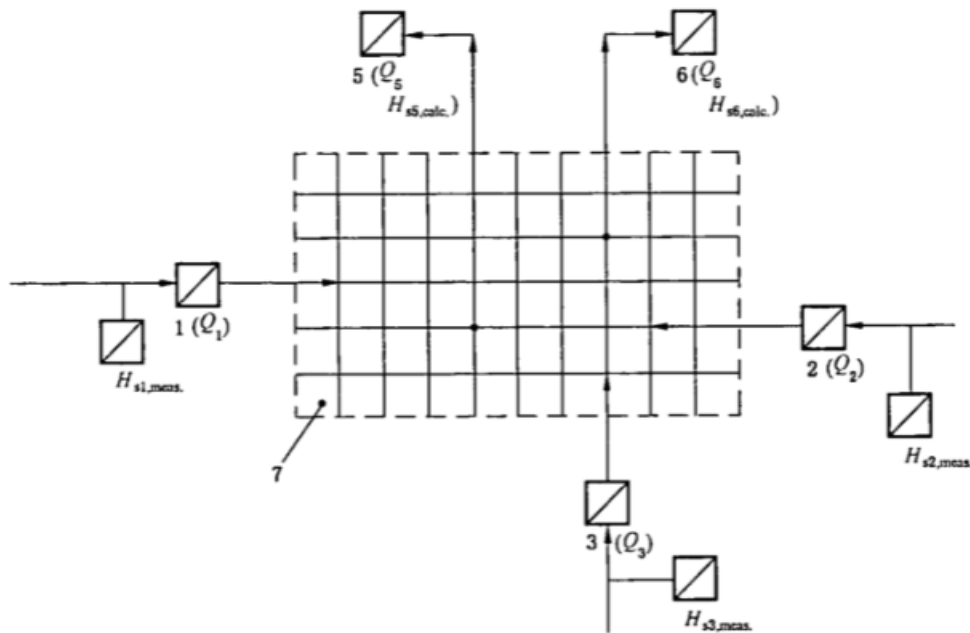
##### 9.3.3.1 发热量的状态重构

状态重构涉及在一个真实的管道或管网中,以完整的拓扑学为基础,用合适的动态数学模型,在管道各点上对所有进、出气处经核查的流量测量值、全部相关的温度与压力,以及可能的附加流量测量进行离线计算。

状态重构的目的是获得管道或管网有关真实流动状态的准确信息。因此,基于气质体系状态重构的结果可能用于计费目的。此时,在管道上的合适地点应有附加的质量参比测量设备监控气质跟踪系统的运转。

图 16 是一个有很多接收站(界面 5 和 6 是两个示例)但不进行发热量测定的输气管网示意图。 $H_{s1}$

至  $H_{s3}$  是来自不同气源的气体量 ( $Q_1$  至  $Q_3$ ) 的测定发热量,  $H_{s5}$  和  $H_{s6}$  是在接收站用气体量  $Q_5$  和  $Q_6$  计算的发热量。



1、2、3、5 和 6——界面；  
7——能量测定管网。

图 16 以气质跟踪方案为基础的重构示意图

9.3.3.2 管网模拟

在管网模拟中,也计算管道或管网中任何点的发热量,不过因为输入数据(布局、发热量、流量、压力和温度)只是未经核查的在线数据或者甚至是假设值,因此模拟结果通常不准确,且不适合用于计费目的。

为了避免混淆,术语“管网模拟”不应用作“状态重构”的同义词。

10 能量计算

10.1 能量的一般计算方程

按照图 2,气体的能量测定是基于随时间而变化的气体流量和发热量,即分别为  $q(t)$  和  $H(t)$ 。

为了测定能量流量,式(1)给出了  $e(t)$  基本的微分公式:

$$e(t) = H(t) \cdot q(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

计算时间  $t_0$  至  $t_n$  (例如在 1 个能量测定周期中,参见图 B. 1~图 B. 3) 内流过的能量则如式(2)所示,在时间  $t$  内对式(1)进行积分而获得能量  $E(t_n)$ 。

$$E(t_n) = \int_{t_0}^{t_n} e(t) dt = \int_{t_0}^{t_n} H(t) q(t) dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

用于计费目的的能量测定的最短时间周期是一小时或其倍数(即数天、数周、月、年)。

在一小时之内的能量测定可采用计算的参比条件下的体积乘以同一小时内计算的平均发热量的方法;也可采用现场能量计算时,在体积转换设备中使用实际测量的参数以  $Q_n$  和  $H_n$  为基础进行能量计算,然后将一小时内的这些单个能量数值相加的方法(也可见 7.2.2.1 和 7.2.2.2)。

每小时的相关数据可被累加起来得到每天、每月或每年的能量值。

计算公式:

对一个较短的时间间隔 ( $\Delta t$ ),设定的发热量 [ $H(t)$ ] 可假定为一常数  $H_c$ 。实际上它与测量设备的结果一致,该测量设备周期性地测量并产生两个测量循环之间的最终测量值。

为了使过程简单化,将  $t_0$  至  $t_1$  周期划分为  $n$  个时间间隔以满足上述假设,从而得出如下的公式:

$$E(t_n) = H_{c,1} \times \int_{t_0}^{t_1} q(t) dt + H_{c,2} \times \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt + \cdots + H_{c,n} \times \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t) dt \quad \cdots \cdots \cdots (3)$$

式(3)中的各部分积分相当于各时间段( $\Delta t$ )内输送的气体体积量  $Q$ ;如式(4),它们可通过对  $t$  时间段内的实际流量进行积分来计算:

$$Q(t) = \int q(t) dt \quad \cdots \cdots \cdots (4)$$

在实际的测量系统中, $Q$  是以测量值形式直接产生的。因此,式(4)可以写为式(5):

$$\begin{aligned} E(t_n) &= \sum_{m=1}^n E_m = (H_{c,1} \times Q_1) + (H_{c,2} \times Q_2) + \cdots + (H_{c,n} \times Q_n) \\ &= \sum_{m=1}^n (H_{c,m} \times Q_m) \quad \cdots \cdots \cdots (5) \end{aligned}$$

式(5)可用于任何时间周期的能量计算,即从一个小时到几天或几个月。

例如,月平均热能可由每天的值来计算。

递增法能量测定的实际应用参见附录 D。

## 10.2 平均值的计算——从平均发热量和累积体积计算

当在  $t_0$  至  $t_1$  时间段内发热量是恒定(参见图 B.1)时不需要进行特殊的计算;如果发热量在这段时间内发生了改变(参见图 B.2,图 B.3),则需要应用 10.2.1 和 10.2.2 描述的方法来计算合适的发热量。

### 10.2.1 发热量的算术平均值

实际应用中,总是在输气管网中有代表性的点测量发热量,并将其赋值给位于其他点的体积计量站。因此,式(6)所示的发热量算术平均值  $H_s$ ,可通过  $n$  次单独测定计算:

$$H_s = \sum_{m=1}^n H_m / n \quad \cdots \cdots \cdots (6)$$

如果发热量( $H_{c,m}$ )不变,可使用其算术平均值( $H_s$ ),则式(5)可简化为式(7):

$$E = H_s \times Q \quad \cdots \cdots \cdots (7)$$

### 10.2.2 发热量的气量加权平均值

如果  $t_0$  至  $t_n$  时间段内所输送气体的能量与同一时间段内输送的气量  $Q(t_n)$  相关联,并结合考虑式(5)就得到式(8)所给定的所谓的“发热量的数量加权平均值”:

$$H(t_n) = E(t_n) / Q(t_n) = \sum_{m=1}^n H_{c,m} \times Q_m / \sum_{m=1}^n Q_m \quad \cdots \cdots \cdots (8)$$

$n$  个单独发热量中的每一个发热量( $H_{c,m}$ )均由与其匹配的气体体积量( $Q_m$ )进行加权处理。

实用示例参见附录 F。

## 10.3 体积换算和体积换算成质量

一些界面上用于换算目的需要的气质数据应与通过这些界面的气体相关联,例如这些数据是在合适的发热量站测定的。如果发热量以体积单位表示,而气体的量是质量单位,则应将发热量从体积单位换算到质量单位。

一般性的描述参见附录 C。基于物性参数的实用示例参见 E.1,基于天然气组成的实用示例参见 E.2。

## 10.4 以公告发热量为基础的能量测定

为了能在界面 4 方便地进行能量测定,同时也适用于界面 5 和界面 6(见图 3 和图 4),可为具有一组不同界面的收费区域的某个能量测定周期中公告一个发热量。在能量测定程序开始之前,应通过加权平均发热量确定公告发热量。例如,如果能量测定时间为 1 年,每个月都要确定一次发热量的算术平均值或加权平均值。在开始实施能量测定的那个月,用前 12 个月的平均值计算年加权平均值,并应考

考虑每月输送给用户的气量。

对于较长的能量测定周期,计算平均值可以不考虑开始实施能量测定的那个月。

在每年的能量测定过程中,由本地分销商设置公告发热量。每年都要评价公告发热量与实际平均值之间的差值。如果差值大于1%,则采用实际平均值。重要的是在一个较长时间周期内,公告发热量和计算平均值之间不能出现明显的偏差。

实用示例参见附录 B。

11 能量计算的准确度

11.1 准确度

经过某特定界面的能量测定准确度由不确定度和偏差两部分构成。

不确定度可能有能量测定中气体量和发热量的测量不确定度,以及被测参数的可变性两个来源(尤为重要当能量测定中使用的参数值是由测量值进行处理而得到时)。

不确定度可以量化,但不能消除。

偏差起因于在气体计量站中计算能量时使用的实际气体量及发热量数据与它们的真实值之间的系统误差。

测定能量时,可能产生的偏差有许多来源,诸如影响后续测量的校准因子误差、固定系数的使用(例如在把测定的气体体积换算为参比条件下的相应体积时),以及赋值给某个只测量气体体积界面的发热量可能不代表通过该界面的气体。

能量测定中不确定度计算和偏差识别的通用信息在 11.2 和 11.3 给出。

11.2 不确定度的计算

根据能量测定的通用式(10),推导出计算能量测定中相对标准不确定度,  $u_{\text{rel}}(E)$ , 计算的式(9):

$$u_{\text{rel}}(E) = (u_{\text{rel}}^2(H_s) + u_{\text{rel}}^2(Q))^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$u_{\text{rel}}(H_s)$ ——高位发热量的相对标准不确定度;

$u_{\text{rel}}(Q)$ ——气量的相对标准不确定度。

计算能量不确定度时,应考虑所有已知影响因素的不确定度。

在能量测定时间段内,对能量计算所使用的积分方式也会影响计算能量的总不确定度。在体积和发热量两者均测量的气体计量站内,仅在一个很短的时间间隔内进行测量、计算能量,并在整个周期中将这单个的能量加和到一起,此时积分对总不确定度的影响相对较小。在另一个极端,当使用数月内输送的气体总体积乘以这段时间内的平均发热量来获得这段时间的能量时,则积分对总不确定度的影响可能会非常明显,尤其在整個时间段内气体使用率和实际发热量发生变化时。当采用发热量赋值方法时,应考虑时间延迟对不确定度的影响。不确定度的实际计算将取决于通过某界面能量的计算方法(见第 8 章)。

注:流量、 $p$ 、 $T$  和  $Z$  的不确定度可使用流量测量标准和压缩因子计算标准确定。作为第一级近似,单次能量计算的相对不确定度可认为等于较长时间段内通过对小部分能量进行积分计算而得到的能量的相对不确定度(即使在计费期间)。仅在以下情况下这种近似才是适用的:

- a) 测量发热量的相对不确定度在测量发热量的整个范围内是恒定的;
- b) 测量气体量的相对不确定度在流量计的整个测量范围内是恒定的。实际上这种假设仅在流量计的部分范围内有效,例如,对于一些孔板计量系统,在  $Q_{\text{max}}$  的 30% 至 100% 范围内不确定度才是基本恒定的。有时在流量计能凭经验确定的流量范围内使用最大相对不确定度是可接受的。

能量( $E$ )由式(10)计算,式(7)是通用公式:

$$E = H_s \times Q \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$H_s$ ——一段时间内的平均发热量或赋值发热量。



不确定度  $u_{\text{rel}}(E)$  由式(9)计算,其中  $u_{\text{rel}}(H_s)$  为平均发热量或赋值发热量的不确定度。

平均发热量或赋值发热量不确定度包含 3 个因素:

- a) 测量不确定度;
- b) 由平均时间段内气体发热量的变化引起的不确定度;
- c) 时间延迟。

### 11.3 偏差

11.3.1 只要可能,就应找出并消除偏差。

11.3.2 在发热量和体积(或质量)均测定的界面中,测定能量的偏差潜在的来源可能产生于检定或校准误差和使用固定的系数代替在线数据(如把体积从操作条件换算至标准参比条件时)。

11.3.3 可通过比较数据鉴别偏差的来源(见 9.2.2),例如测定有证试验气体的组成和发热量来检验标准气的特性。有些情况下,还可以比较一系列测量系统间的输出结果,例如同一个界面由上游和下游有关方操作的两个不同测量系统。

11.3.4 当发热量赋值给某界面和(或)仅使用简单计量仪表的界面时,可能会增大测定能量的潜在偏差。引起这些偏差的因素有可能被识别,但是定量并消除偏差的选择可能只限于操作步骤上的改变。

11.3.5 偏差可能来自将仪表测定的气体体积转化为标准参比条件下等效体积的换算方法。这对民用气界面 4 使用的相对较简单的仪表而言最为显著。例如:

- a) 在把操作温度下测定的气体体积换算为标准参比温度下的等效体积时,假定了计量仪表的操作温度恒定不变。在这种情况下,如果操作温度高于假定的温度,则计算的标准参比温度下的气体体积就错误地偏高,反之亦然。
  - b) 把操作压力下测定的气体体积换算为标准参比压力下的等效体积时,使用了一个固定的平均压力,例如该压力出自于用平均海拔补偿大气压随海拔高度变化而获得。在这种情况下,如果界面海拔高于所使用的固定海拔,则计算的标准参比压力下的气体体积就会过高,反之亦然。
- 11.3.6 当赋给某个界面的发热量值不足以代表通过其中的气体时,也会产生偏差。例如:
- a) 在某个气体流量变化显著,有时甚至会降至零流量的界面使用了基于时间的平均发热量;
  - b) 若某个输气网络的大多数界面由气源系统供气,且这些气源的发热量与基于流量的加权平均发热量不同,而在这样的管网中却使用了基于流量的加权平均发热量;
  - c) 使用了一个低于通过输气网络中任何界面的气体发热量的公告发热量。

## 12 质量控制和质量保证

### 12.1 概述

能量测定系统应进行监控(如用冗余系统)以保证运行正确,并使其维持在预计的准确度和完整性水平。监控包括该系统使用期间与之有关的所有维护、检定和校准活动,并可通过记录该系统的性能来实现。应使用安全可靠的程序进行数据处理和传输。

如果得到了整个周期中可供比较的匹配数据,应当对这些数据进行评估以识别可能的偏差,并估算其值。这一步骤通常只有在产生了大量数据才能进行(例如在一年以后)。因此,根据第 10 章产生的数据可直接用于计费目的。

### 12.2 测量数据过程中的检查

为避免引起合同各方对其他消费者进行交叉补贴这种永久性不利因素的产生,应避免所有界面的偏差。可以使用图形工具和(或)计算工具(如累加和法)进行统计比较的方法检查偏差。

注:当使用以数学工具为基础的统计方法检查偏差时,用户应注意这些方法的应用通常仅适用于可获取持续数据和包含历史数据的数据分析的大气量界面。

通常有以下可能的途径进行数据比较:

- a) 检定或校准标准与检定或校准标准;
- b) 检定或校准方法与测量设备;
- c) 测定值与计算值;
- d) 测量设备与测量设备;
- e) 输入站与输出站总和。

一般而言,经过适当长时间周期的考查后,所确定的偏差才是合理的。

对热量计而言,这样的时间间隔可以是两次校准之间的一段时间,例如一个月。考虑到夏天或冬天的随机影响,通常是一年后对体积计量站的数据进行对比才是合理的。发现偏差后(系统误差),应采取定量并消除该偏差;同时应采用合适的替代值或校正因子。

### 12.3 溯源性

就天然气交接计量的物理涵义而言,输出能量的测量准确度是最重要的。由偏差或系统误差引起的误差,只对一方有利,却以损害另一方的利益为代价。随机误差的影响则是中性的。

大多数测量仪器都以比较技术进行操作,其测量准确度基本上只受所使用的检定或校准标准准确度的影响。因此需要关心的是标准物质及其溯源性。溯源性是指通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链,使测量结果能够与规定的参考标准(通常是国家标准或国际标准)联系起来的特性。

### 12.4 替代值

只要有能量通过界面,就应该随时保证能量测定的进行,即使测量仪器已经部分地或全部停止运行。

如果测量仪器出现故障,需要使用替代值直到测量仪器恢复正常运行。获取替代值应以可能是最合理的值为基础,它们可由测量仪器、辅助设备和(或)用于定量估算的计算模型导出。

替代值及其来源应为众所周知,并向受仪器故障直接影响的各有关方作说明。这些替代值每次都需要征得受直接影响各方(一般是订立合同的各方)的认可。替代值应该清楚地同其他值区别开来。

在输送能量之前的一段足够长的时间内,涉及到的合同各方应当商定用于获得替代值的一般性步骤。这些步骤可能涉及上游和下游的测量仪器,线性回归,在故障前的最后一个合理值与故障后的第一个合理值之间进行插值,以每小时、每天、每星期、每月或者每年为周期与以往的等同周期进行比较,对于工业用户涉及比较产出量和装置效率,基于样品的比较,比较气流阻力恒定的多气路测量系统的各个流动条件,根据气流的物理定律等进行计算等。

该过程的示例参见附录 G。



附 录 A  
(资料性附录)

能量测定推荐使用的仪器和方法

表 A.1 给出了天然气能量测定不同界面使用的仪器和方法的建议。

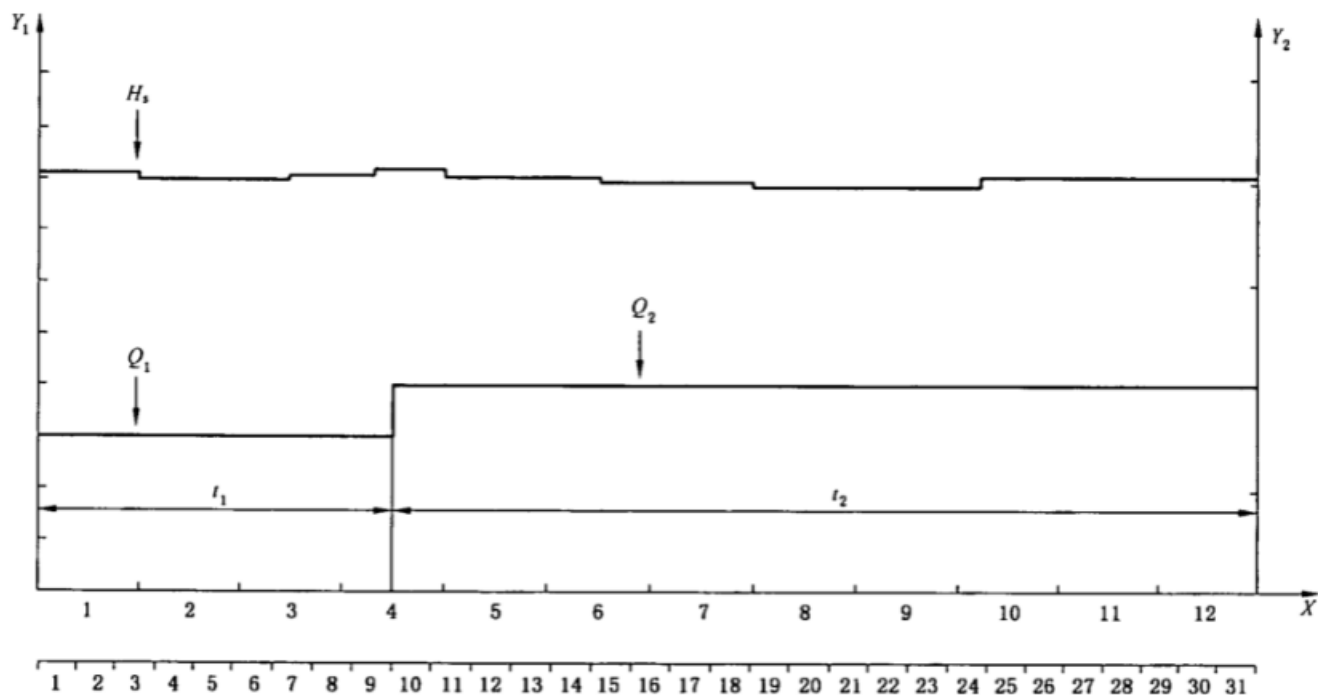
表 A.1 能量测定推荐使用仪器和方法

设备或参数		推荐的界面配置					
		1	2	3	4	5	6
体积流量计	膜式流量计	N	N	N	R	N	R
	腰轮流量计	N	N	N	R	R	R
	涡轮流量计	N	R	R	N	R	R
	孔板流量计	R	R	R	N	R	R
	超声波流量计	R	R	R	N	R	N
	旋进旋涡流量计	N	N	N	N	R	R
	核查计量设备	G	G	G	N	G	N
T,P 测定		R	R	R	N	R	R
站内数据储存		R	R	R	N	R	N
站外数据储存		R	R	R	N	R	N
操作条件下的密度测定		GC	GC	GC	V	GC	GC
标准参比条件下的密度测定		GC	GC	GC	V	GC	GC
压缩因子计算		GC	GC	GC	V	GC	GC
体积换算		R	R	R	N	R	R
发热量测定		GC	GC	GC	V	GC	GC
替代值的产生		R	R	R	N	R	R
<p>注：</p> <p>a) G:按 GB/T 18603—2001 要求,当标准参比条件下的体积流量<math>\geq 50\,000\text{ m}^3/\text{h}</math>时的推荐配置；</p> <p>b) GC:使用色谱仪分析数据计算相应的物性参数,按 GB/T 18603—2001 要求,当标准参比条件下的体积流量<math>\geq 50\,000\text{ m}^3/\text{h}</math>时,推荐使用在线方法,否则可以使用非在线方式；</p> <p>c) N:不推荐配置；</p> <p>d) R:推荐配置；</p> <p>e) V:物性参数推荐使用赋值方法。</p>							

附录 B  
(资料性附录)

发热量可能出现的不同变化情况

图 B.1 至图 B.3 说明了能量测定周期中发热量可能变化的三种不同情况示例。



$X$ ——月(1=1 月份, ..., 12=12 月份)或天(每月 1 日至 31 日);

$Y_1$ —— $H_s$ , 以  $\text{MJ}/\text{m}^3$  表示;

$Y_2$ —— $q_v$ , 以  $\text{m}^3/\text{d}$  或  $\text{m}^3/\text{月}$  表示。

图 B.1 以年或月为能量测定周期——气质只是常规变化

在图 B.1 中, 能量测定周期(例如为一个月)内的发热量几乎是恒定的。因此计算整个月的平均发热量是合理的(见第 10 章, 尤其可将 10.4 作为合理方法)。对能量测定而言, 考虑到在第 1 天至第 10 天期间的气流量比第 10 天至第 31 天期间的气流量小是重要。因此, 可计算时间段  $t_1$  内的能量值  $E_1$  和时间段  $t_2$  内的能量值为  $E_2$ 。

如果时间周期为一年, 则根据发热量曲线的形状计算年平均发热量是合理的。在该年中, 可计算一到四月份的能量  $E_1$  和五到十二月份的能量  $E_2$ 。

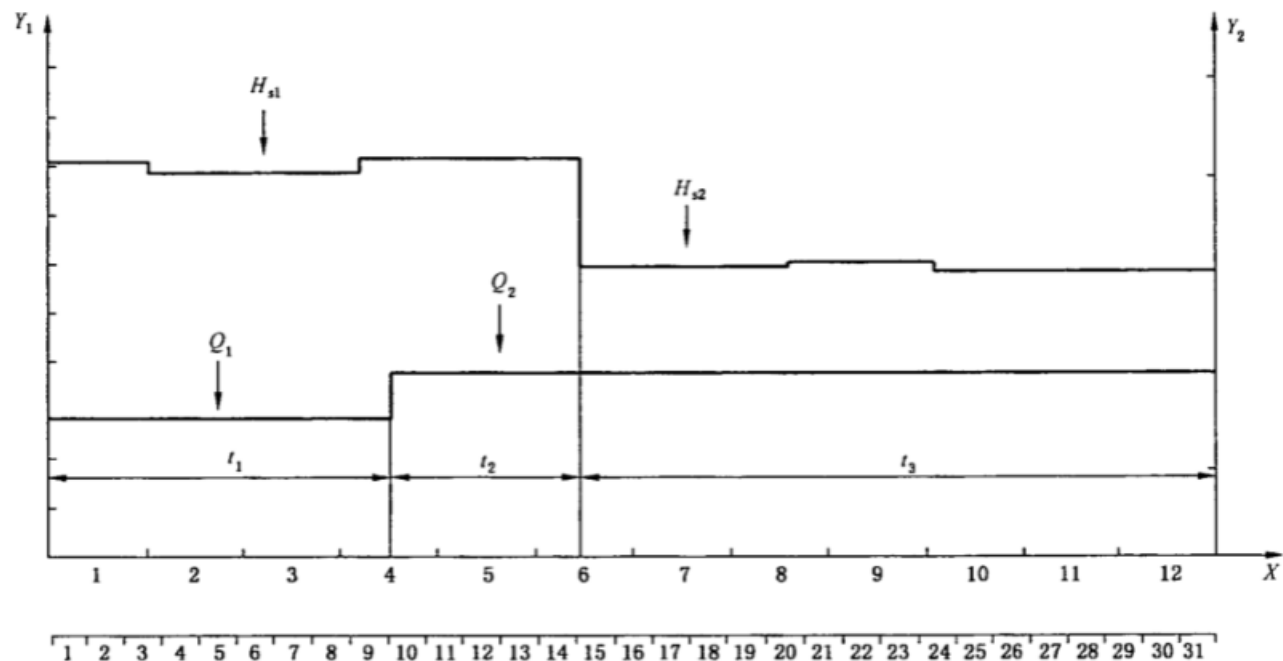
在图 B.2 中, 能量测定周期(例如为一个月)内前 15 天发热量几乎是恒定的, 然后发热量下降到一个明显低的水平。为了进行能量测定, 或者将一个月分为 1 至 15 天和 15 至 31 天两个时间段, 或者计算平均发热量(见第 9 章和参见附录 F)。由于大流量和经济方面的原因, 应将能量测定周期分为两个时间段。

在这种情况下, 由于第 1 到第 10 天的气量不同, 且发热量在第 15 天时发生变化, 为了实现能量测定, 应分别确定相应时间段  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  内的能量  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 。

如果时间周期为一年, 则根据发热量的变化规律, 将一年分为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  三个计量时间段比较合理。因此可计算一到四月份的能量  $E_1$ , 五到六月份的能量  $E_2$  和七到十二月份的能量  $E_3$ 。

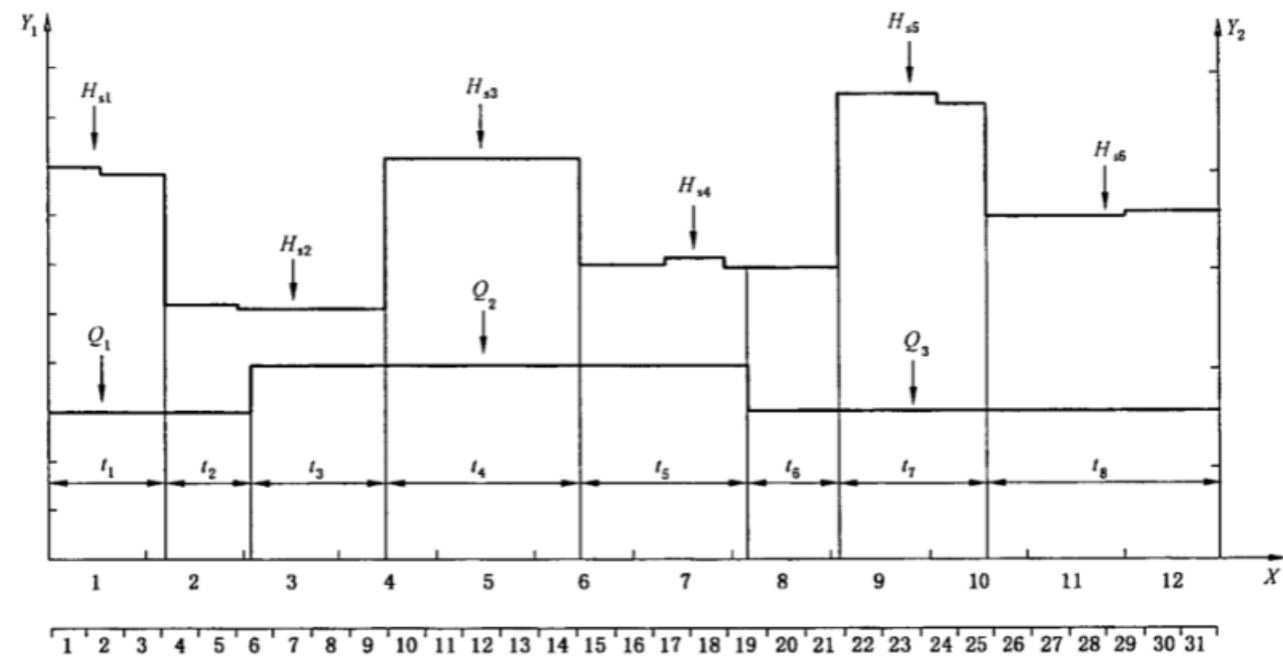
在图 B.3 中, 一个能量测定周期(例如为一个月)内的发热量发生了几次变化; 因此或者应将该月分为几个时间段, 或者计算平均发热量(见第 9 章和参见附录 F)。由于大流量和经济方面的原因, 应将

计量周期分开,并应分别考虑发热量  $H_{s1} \sim H_{s6}$ 。



$X$ ——月(1=1 月份, ..., 12=12 月份)或天(每月 1 日至 31 日);  
 $Y_1$ —— $H_s$ ,以  $\text{MJ}/\text{m}^3$  表示;  
 $Y_2$ —— $q_v$ ,以  $\text{m}^3/\text{d}$  或  $\text{m}^3/\text{月}$  表示。

图 B.2 以年或月为能量测定周期——2 个不同的发热量



$X$ ——月(1=1 月份, ..., 12=12 月份)或天(每月 1 日至 31 日);  
 $Y_1$ —— $H_s$ ,以  $\text{MJ}/\text{m}^3$  表示;  
 $Y_2$ —— $q_v$ ,以  $\text{m}^3/\text{d}$  或  $\text{m}^3/\text{月}$  表示。

图 B.3 以年或月为能量测定周期——几个不同的发热量

在这种情况下可根据不同的气量  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$  和不同时间段的发热量分别计算  $t_1 \sim t_8$  时间段对应的能量  $E_1 \sim E_8$ 。将  $E_1 \sim E_8$  相加获得总能量[见式(5)]。

如果时间周期为一年,则比较合理的做法是:根据发热量的变化规律,将该年分为发热量为  $H_{s1}$ 、 $H_{s2}$ 、 $H_{s3}$  等的若干个能量测定周期,并为每个周期确定平均发热量。

附录 C  
(资料性附录)

体积换算和体积换算成质量

常见的流量标准(GB/T 18604、GB/T 21391、GB/T 21446、SY/T 6658、SY/T 6659 和 SY/T 6660)提供的流量通常以质量/秒或体积/秒(操作条件下)为单位,后一种情况应将体积换算为参比条件下的体积。

根据质量的连续性和 GB/T 18603—2001 附录 B,推导出下列体积换算公式和由操作条件下的体积和密度计算质量的公式。式(C. 1)和式(C. 2)是用于计算在标准参比条件下的换算体积( $V_n$ ,以立方米表示);式(C. 3)是用于计算质量( $M_m$ ,以千克表示)。

式(C. 1)至式(C. 3)可应用于本标准相关的计算:

$$V_n = V \frac{p T_n Z_n}{p_n T Z}$$
$$V_n = V \frac{\rho}{\rho_n}$$
$$M_m = V \frac{p M}{T Z R}$$

.....( C. 1 )

.....( C. 2 )

.....( C. 3 )

式中:

- $p$ ——操作条件下的压力,单位为千帕斯卡(kPa);
- $p_n$ ——标准参比条件压力,单位为千帕斯卡(kPa);
- $T$ ——操作温度,单位为开尔文(K);
- $T_n$ ——标准参比温度,单位为开尔文(K);
- $V$ ——操作条件下的体积,单位为立方米( $m^3$ );
- $V_n$ ——标准参比条件下的体积,单位为立方米( $m^3$ );
- $Z$ ——操作条件下的压缩因子;
- $Z_n$ ——参比条件下的压缩因子;
- $M_m$ ——气体质量,单位为千克(kg);
- $R$ ——通用气体常数,等于 8. 314 510 kJ/(kmol · K);
- $\rho$ ——操作条件下的密度,单位为千克每立方米( $kg/m^3$ );
- $\rho_n$ ——标准参比条件下的密度,单位为千克每立方米( $kg/m^3$ )。

**附录 D**  
(资料性附录)  
**递增的能量测定**

本方法是测定短时间间隔内的发热量,然后乘以连续测定之间的时间段内计量仪表记录的气体量,从而获得这段时间间隔内的能量。时间间隔一般为几分钟,唯一的要求是气体发热量应在所选择的时间间隔内保持基本恒定。

在许多情况下时间间隔等于气相色谱测定发热量的循环(周期)时间。将计费周期中所有时间间隔内的能量相加,得到总能量。该方法如图 D.1 所示。

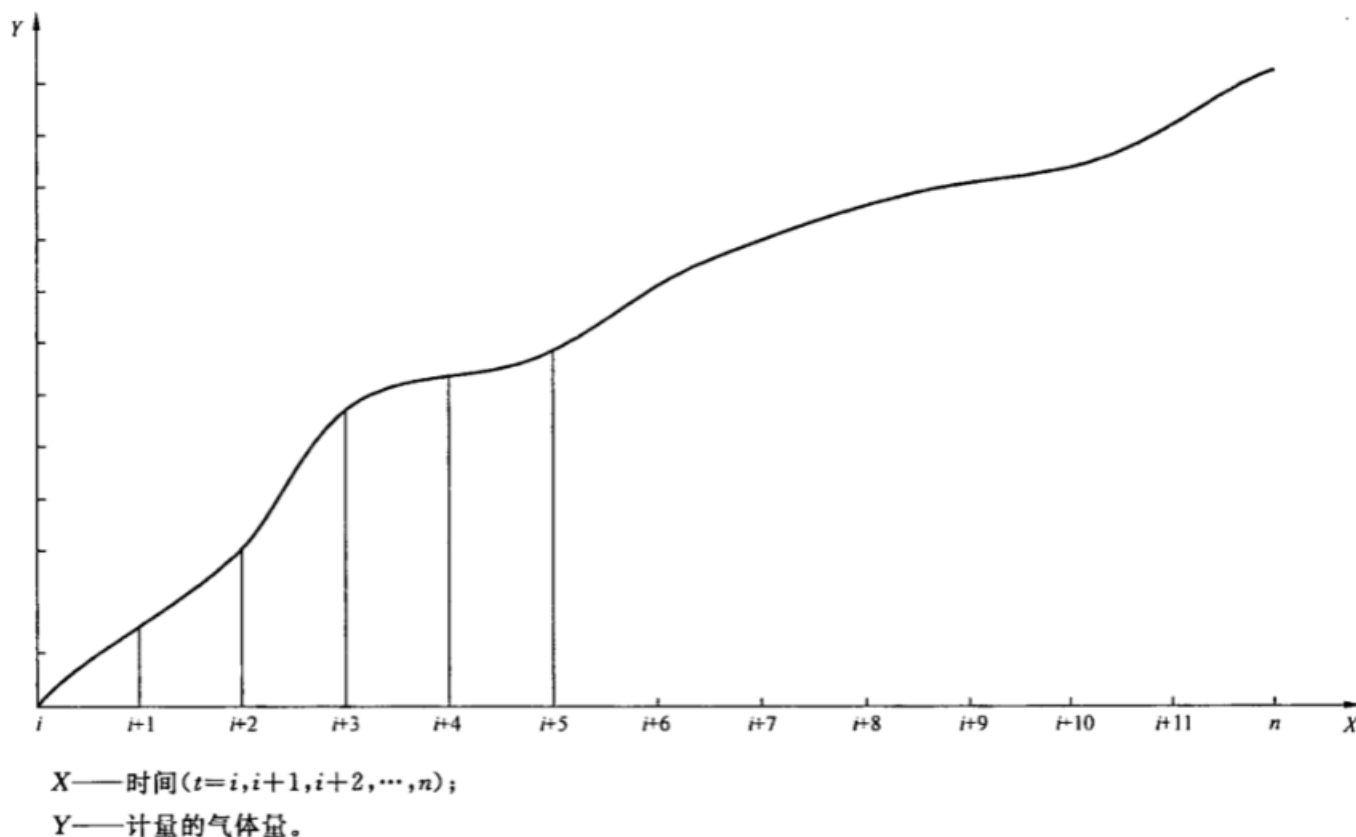


图 D.1 递增能量测定

在时间  $i$  时,计量仪表记录的气体量为  $Q_{t=i}$ ,测定的气体发热量为  $H_{t=i}$ ,在时间  $i+1$  时,计量仪表记录的气体量为  $Q_{t=i+1}$ ,测定的发热量为  $H_{t=i+1}$ ,则从  $t=i$  到  $t=i+1$  时间间隔内的能量由式(D.1)给出:

$$E_{t=i \sim t=i+1} = (Q_{t=i+1} - Q_{t=i}) \cdot H_{t=i} \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

那么,从时间  $i$  到时间  $n$  时间段内的总能量  $E$  等于其间所有不连续的能量之和,由式(D.2)给出:

$$E = (E_{t=i \sim t=i+1} + E_{t=i+1 \sim t=i+2} + \dots + E_{t=n-1 \sim t=n}) \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

在实际应用中,该方法由流量计算机实现,它记录流量计读出的气体量和输入其中的发热量测定值。

通常,在进行流量和气质测量的界面都会用到该方法。然而,利用现代化的信息系统可提供用于本方法的在线固定赋值发热量。

附 录 E  
(资料性附录)  
体积换算和能量计算实例

E.1 使用 GB/T 17747.3 计算

E.1.1 通用公式

用式(E.1)从操作条件下体积( $V$ )计算以立方米表示的标准参比条件下体积( $V_n$ ):

$$V_n = Vz \quad \text{.....( E.1 )}$$

式中:

$V$ ——操作条件下体积,单位为立方米( $\text{m}^3$ );

$z$ —— $z$ 因子由式(E.2)计算。

$$z = \frac{T_n}{T} \frac{p_{\text{amb}} + p_g - p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_n} \frac{Z_n}{Z} \quad \text{.....( E.2 )}$$

式中:

$T_n$ ——标准参比温度,单位为开尔文(K);

$T$ ——操作温度,单位为开尔文(K);

$p_{\text{amb}}$ ——在计量仪表处的平均大气压力,单位为千帕斯卡(kPa);

$p_g$ ——操作压力(表压),单位为千帕斯卡(kPa);

$p_{\text{H}_2\text{O}}$ ——天然气中水的分压,单位为千帕斯卡(kPa);

$p_n$ ——操作压力,单位为千帕斯卡(kPa);

$Z$ ——操作条件下的压缩因子;

$Z_n$ ——标准参比条件下的压缩因子。

$Z_n/Z$ 可由  $H_s$ 、 $\rho_n$ 和  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$  及  $\text{H}_2$  浓度计量,例如使用 GB/T 17747.3(S-GERG88)进行计算。

注:本附录为 ISO 15112:2007 标准中的示例,视流量计计算机的厂家不同可能会:

- a) 使用附录 C 的公式进行体积换算;
- b) 可能使用超压缩系数( $F_z$ )代替操作条件和标准参比条件下的压缩因子,它们的关系如下:

$$F_z = \sqrt{\frac{Z_n}{Z}} \quad \text{.....( E.3 )}$$

- c) 使用 GB/T 11062 计算标准参比条件下的压缩因子( $Z_n$ )。

E.1.2 计算实例

换算体积( $V_n$ )计算的演示是以 GB/T 17747.3(S-GERG88)要求的如下参数完成的:

- a) 在计量仪表处的平均大气压力,  $p_{\text{amb}}$  为 99.66 kPa;
- b) 操作压力(表压),  $p_g$  为 700 kPa;
- c) 操作温度,  $T$  为 288.15 K;
- d) 高位发热量,  $H_s$  为 11.901 kWh/ $\text{m}^3$ ;
- e) 密度,  $\rho_n$  为 0.822 7 kg/ $\text{m}^3$ ;
- f)  $\text{CO}_2$  浓度,  $c_{\text{CO}_2}$  为 1.12 mol%;
- g)  $\text{N}_2$  浓度,  $c_{\text{N}_2}$  为 0.8 mol%;
- h)  $\text{H}_2$  浓度,  $c_{\text{H}_2}$  为 0 mol%;
- i) 天然气中水的分压,  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  为小于 0.1 kPa;

注1:  $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 可由  $\varphi$ (气体的相对湿度)和  $p_{\text{sat}}$ (饱和气体中蒸汽的分压)的乘积来表示;干天然气中的  $p_{\text{sat}}$ 通常等于 0.1 kPa。因此对于天然气而言,表达式( $p_{\text{H}_2\text{O}} = \varphi \times p_{\text{sat}}$ )通常被设定为 0。

j)  $Z_n/Z$  为 1.017 52。

注 2: 使用前 8 个参数, 用 GB/T 17747.3(S-GERG 88) 计算。

将测定值代入式(E.2), 计算:

$$z = \frac{273.15 \text{ K}}{288.15 \text{ K}} \times \frac{99.66 \text{ kPa} + 700 \text{ kPa} - 0 \text{ kPa}}{101.325 \text{ kPa}} \times 1.017 52$$

$$z = 0.947 94 \times 7.892 03 \times 1.017 52$$

$$z = 7.612 24$$

在一个计量站, 已测定了气体量  $Q(V=1\ 000 \text{ m}^3, T=288.15 \text{ K}, p_g=700 \text{ kPa}, p_{\text{amb}}=99.66 \text{ kPa})$ 。用式(E.1)进行体积换算, 得到:

$$V_n = 7\ 612.24 \text{ m}^3$$

根据式(10)计算能量如下:

$$E = 7\ 612.24 \text{ m}^3 \times 11.901 \text{ kWh/m}^3$$

$$E = 90\ 593.27 \text{ kWh} = 326\ 135.77 \text{ MJ}$$

## E.2 使用 GB/T 17747.2 计算

### E.2.1 通用公式

除  $Z_n/Z$  可由气体组成分析数据使用 GB/T 17747.2 计算外, 其余相同的通用公式和原理在 E.1.1 中给出。

### E.2.2 计算实例

能量,  $E$ , 计算的演示是使用在某一界面测定的如下参数完成的:

a) 在计量仪表处的平均大气压力,  $p_{\text{amb}}$  为 99.66 kPa;

b) 操作压力(表压),  $p_g$  为 5 000 kPa;

c) 操作温度,  $T$  为 283.15 K;

d)  $\text{CO}_2$  浓度,  $c_{\text{CO}_2}$  为 2.22 mol%;

e)  $\text{N}_2$  浓度,  $c_{\text{N}_2}$  为 0.77 mol%;

f)  $\text{O}_2$  浓度,  $c_{\text{O}_2}$  为 0.01 mol%;

g)  $\text{CH}_4$  浓度,  $c_{\text{CH}_4}$  为 87.62 mol%;

h)  $\text{C}_2\text{H}_6$  浓度,  $c_{\text{C}_2\text{H}_6}$  为 8.75 mol%;

i)  $\text{C}_3\text{H}_8$  浓度,  $c_{\text{C}_3\text{H}_8}$  为 0.53 mol%;

j)  $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$  浓度,  $c_{i\text{-C}_4\text{H}_{10}}$  为 0.03 mol%;

k)  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$  浓度,  $c_{n\text{-C}_4\text{H}_{10}}$  为 0.04 mol%;

l)  $i\text{-C}_5\text{H}_{12}$  浓度,  $c_{i\text{-C}_5\text{H}_{12}}$  为 0.01 mol%;

m)  $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$  浓度,  $c_{n\text{-C}_5\text{H}_{12}}$  为 0.01 mol%;

n)  $\text{C}_6\text{H}_{14}^+$  浓度,  $c_{\text{C}_6\text{H}_{14}^+}$  为 0.01 mol%;

o) 高位发热量,  $H_g$  为 11.581 kWh/m<sup>3</sup>;

p) 密度,  $\rho_n$  为 0.813 3 kg/m<sup>3</sup>;

q) 天然气中水的分压,  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  为小于 0.1 kPa;

注 1:  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  可由  $\varphi$ (气体的相对湿度)和  $p_{\text{sat}}$ (饱和气体中蒸汽的分压)的乘积来表示;干天然气中的  $p_{\text{sat}}$  通常等于 0.1 kPa。因此对于天然气而言,表达式( $p_{\text{H}_2\text{O}} = \varphi p_{\text{sat}}$ )通常被设定为 0。

r)  $Z_n/Z$  为 1.152 073 7。

注 2: 使用  $\text{CO}_2$  至  $\text{C}_6\text{H}_{14}^+$  浓度, 用 GB/T 17747.2[AGA8-92DC 式(8)]计算。

将测定值代入式(E.2), 计算:

$$z = 0.964 68 \times 50.329 73 \times 1.152 073 7$$

$$z=55.935\ 58$$

在一个计量站,已测定了气体量  $Q(V=10\ 000\ \text{m}^3, T=283.15\ \text{K}, p_g=5\ 000\ \text{kPa}, p_{\text{amb}}=99.66\ \text{kPa})$ 。  
用式(E.1)换算成标准参比条件下的体积( $V_n$ ):

$$V_n=559\ 355.8\ \text{m}^3$$

根据式(10)计算能量如下:

$$E=559\ 355.8\ \text{m}^3 \times 11.581\ \text{kWh/m}^3$$

$$E=6\ 477\ 899.52\ \text{kWh}=23\ 320\ 438.27\ \text{MJ}$$



附录 F  
(资料性附录)

根据不同的输送条件计算平均发热量的实例

以下几个例子演示了以下例发热量为基础,在输气站 5(工业用户)计算输送能量的方法:

- a) 算术平均发热量,参见图 F.1 和表 F.1;
- b) 加权平均发热量或固定赋值,参见图 F.2 和表 F.2 及表 F.3;
- c) 加权平均发热量或可变赋值,参见图 F.3 和表 F.4、表 F.5 及表 F.6。

注:通过校正程序进行的发热量校正(见 6.5 和 12.2)用于输气站 1 至 3 和输气站 5。

表 F.1 给出了输气站 5 的一个工业用户以标准参比条件下单独测量的发热量( $H_{s5}$ )和在标准参比条件下单独测量的气体体积( $V_{Q5,n}$ )计算能量的过程。进气点输气站 1 和 2(参见图 F.1)给输气站 4 至 7 供气, $H_{s5}$ 、 $Q_{s5}$ 、 $p_{s5}$ 、 $T_{s5}$ 、密度和  $CO_2$  浓度在输气站  $Q_5$  测量。

表 F.1 在输气站 5 使用单独测量的发热量值计算能量

小时	发热量 $H_{s5}$		气体体积 $V_{Q5,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	MJ	kWh
1	39.89	11.08	5 100	203 429	56 508
2	39.82	11.06	4 950	197 089	54 747
3	39.82	11.06	4 880	194 303	53 973
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
744	39.64	10.01	5 000	217 998	60 555
总和	—	—	3 868 800	153 343 757	42 595 488

表 F.2 在输气站 5(工业用户)使用气量加权平均发热量固定赋值计算能量

小时	发热量 <sup>a</sup> $H_{s1}$		气体体积 $V_{Q1,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	MJ	kWh
1	39.89	11.08	101 000	4 028 688	1 119 080
2	39.82	11.06	105 000	4 180 680	1 161 300
3	39.82	11.06	107 000	4 260 312	1 183 420
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
744	39.64	10.01	98 000	3 884 328	1 078 980
总和	—	—	72 912 785	2 895 220 864.8	804 228 018

<sup>a</sup> 在进气点使用小时数据计算月气量加权平均发热量,  $H_{s1,m}$ :

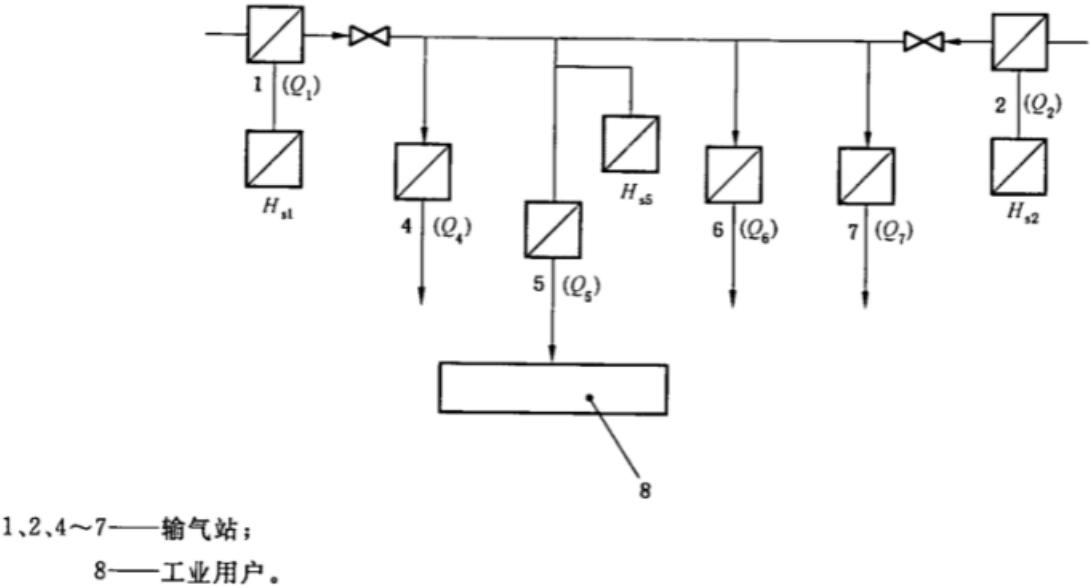
$$H_{s1,m} = E/V_{Q1,n} = 2\,895\,220\,864.8 \text{ MJ}/72\,912\,785 \text{ m}^3$$

$$= 39.71 \text{ MJ/m}^3$$

$$= 11.03 \text{ kWh/m}^3$$

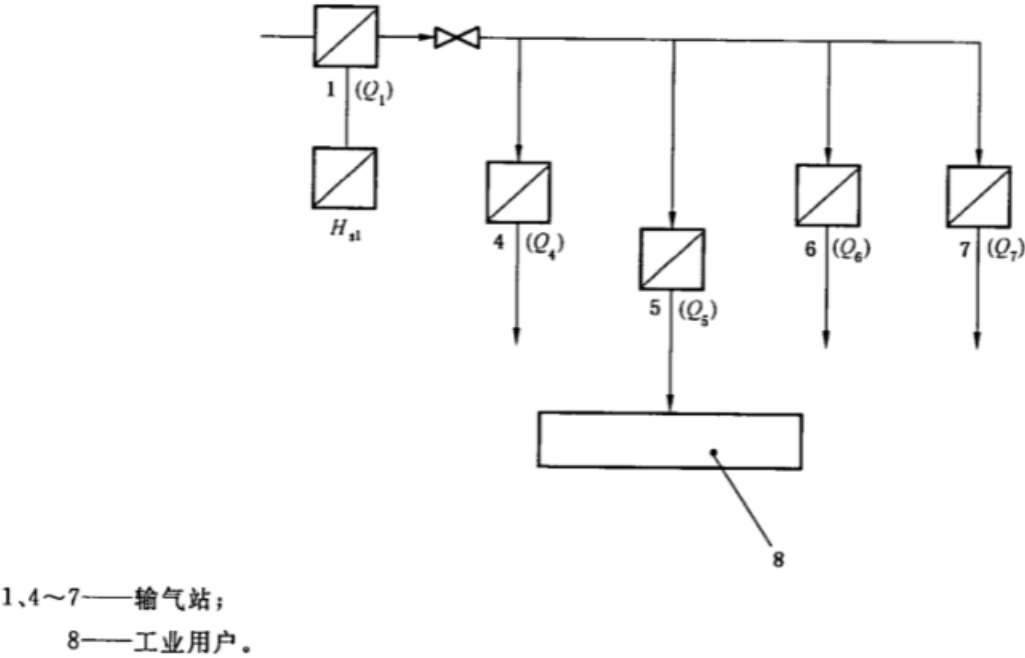
表 F.3 在输气站 5 使用气量加权平均发热量固定赋值计算能量

小时	发热量 $H_{s,ws}$		气体体积 $V_{Q5,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	MJ	kWh
1	—	—	5 100	—	—
2	—	—	4 950	—	—
3	—	—	4 880	—	—
...	—	—	...	—	—
...	—	—	...	—	—
744	—	—	5 500	—	—
总和	—	—	3 809 280	—	—
—	39.71	11.03	—	151 258 888.8	42 016 358



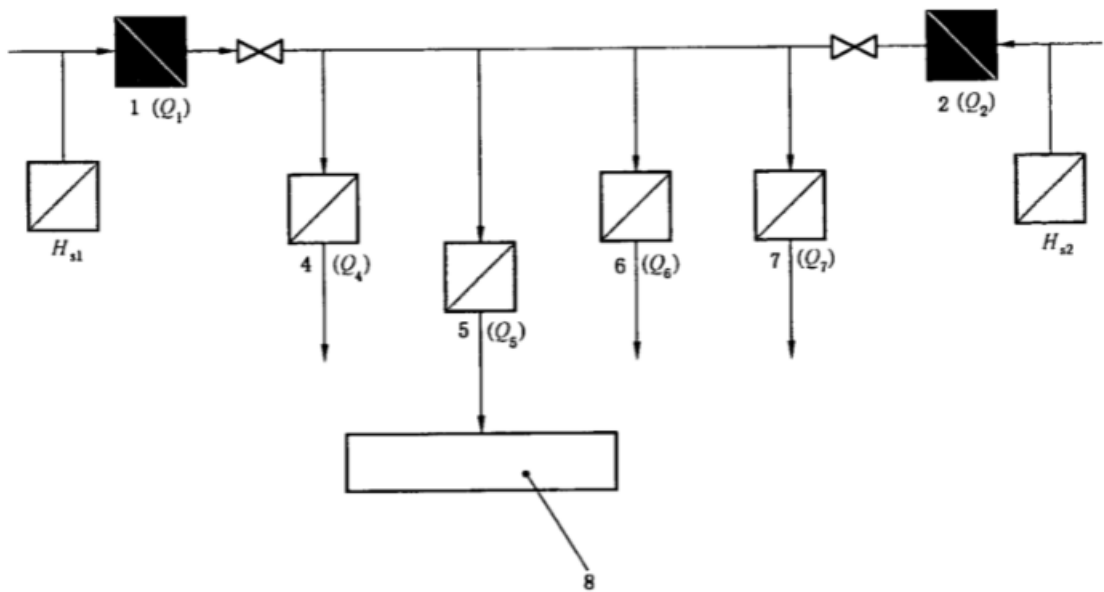
1、2、4~7——输气站；  
8——工业用户。

图 F.1 输气站 1 和 2 进气，随后供气给输气站 4 至 7 的系统



1、4~7——输气站；  
8——工业用户。

图 F.2 输气站 1 进气，随后供气给输气站 4 至 7 的系统



1、2、4~7——输气站；  
8——工业用户。

图 F.3 带有输气站 1 和 2 两个进气口，随后供气给输气站 4 至 7 的系统

图 F.3 示例了一个带有输气站 1 和 2 两个进气口，随后供气给 2 个方向来气的输气站 4 至 7 的气体输送系统，气质变化假定与图 B.2 一样。

上图输气系统中有两个输气站  $Q_1$  和  $Q_2$  (入口点)，它们通过输气站  $Q_4$  至  $Q_7$  向用户供气。在输气站 5 为一工业用户供气，并在该处测定  $Q_5$ 、 $p_5$  和  $T_5$ 。用于能量测定可应用的发热量， $H_{s1}$ ，(参见表 F.6)是分别以输气站 1(参见表 F.4)和 2(参见表 F.5)的平均发热量， $H_{s1,wa}$  和  $H_{s2,wa}$ ，为基础进行赋值的。

表 F.4 在输气站 1 使用计算月气量加权平均发热量计算能量

日	发热量 <sup>a</sup> $H_{s1}$		气体体积 $V_{Q1,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	MJ	kWh
1	39.82	11.08	1 150 251	45 881 208	12 744 781
2	39.82	11.06	1 200 500	47 799 108	13 277 530
...	...	...	...	...	...
31	39.64	10.01	1 080 500	42 826 698	11 896 305
总和	—	—	37 747 354	1 497 513 027.6	415 975 841
<sup>a</sup> 月气量加权平均发热量， $H_{s1,wa}$ ，是从在输气站 1 的日测量数据按如下方式计算： $H_{s1,wa} = E/V_{Q1,n} = 1\,497\,513\,027.6\text{ MJ}/37\,747\,354\text{ m}^3$ $= 39.672\text{ MJ/m}^3$ $= 11.02\text{ kWh/m}^3$					

表 F.5 在输气站 2 使用计算月气量加权平均发热量计算能量

日	发热量 <sup>a</sup> $H_{s2}$		气体体积 $V_{Q2,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	MJ	kWh
1	38.88	10.80	600 500	23 347 440	6 485 400
2	39.528	10.98	580 540	22 947 584	6 374 329
...	...	...	...	...	...

表 F.5 (续)

日	发热量 <sup>a</sup> $H_{s2}$		气体体积 $V_{Q2,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	MJ	kWh
31	39.564	10.99	520 000	20 573 280	5 714 800
总和	—	—	17 577 413	692 660 160	192 405 600
<p><sup>a</sup> 月气量加权平均发热量, <math>H_{s2,ws}</math>, 是从在输气站 1 的日测量数据按如下方式计算:</p> $H_{s2,ws} = E/V_{Q2,n} = 192\,405\,600\text{ kWh}/17\,577\,413\text{ m}^3$ $= 10.95\text{ kWh/m}^3$ $= 39.420\text{ MJ/m}^3$					

表 F.6 在输气站 5 使用月气量加权平均发热量可变赋值方法计算能量

日	发热量 <sup>a</sup> $H_{s1+s2,ws}$		气体体积 $V_{Q5,n}$	能量 $E$	
	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	MJ	kWh
1	—	—	5 100	—	—
2	—	—	4 950	—	—
...	—	—	...	—	—
31	—	—	5 000	—	—
总和	—	—	3 809 280	—	—
—	39.600	11.00	—	150 847 488	41 902 080
<p><sup>a</sup> 计算结果在 <math>H_{s1}</math> 和 <math>H_{s2}</math> 之差小于 ±2% 的条件下有效, 而用于输气站 4 至 7 的月气量加权平均发热量, <math>H_{s1+s2,ws}</math>, 是由在输气站 1 和 2 的总能量之和除以它们的总体积之和计算:</p> $H_{s1+s2,ws} = \frac{(415\,975\,841 + 192\,405\,600)\text{ kWh}}{(37\,747\,354 + 17\,577\,413)\text{ m}^3}$ $= 11.00\text{ kWh/m}^3$ $= 39.600\text{ MJ/m}^3$					

附 录 G  
(资料性附录)  
替代值的确定方法

### G.1 有冗余的系统

如果有冗余测量系统,在主要(运行)测量系统出现故障的情况下,应使用该系统的值。

### G.2 无冗余的系统

如果没有冗余测量系统,可从以下方法中选择最好的解决方案:

#### a) 操作条件下的体积

##### 1) 可从下列途径获得 $V$ :

- 最初的计量仪表读数(在仪器上);
- 数据存储设备;
- 转换装置;

##### 2) 可从并联的计量回路得到 $V$ ;

##### 3) 通过系统故障前的最后一次校正值和系统恢复后的第一次校正值之间线性插值得到 $V$ ;

##### 4) 求故障前后一段时间内体积的平均值得到 $V$ 。

#### b) 参比条件下的体积

##### 1) 可获得 $V$ 、 $p$ 、 $T$ 和 $Z$ ,用式(C.1)计算 $V_n$ ;

##### 2) 可获得 $V$ 、 $\rho$ 和 $\rho_n$ ,用式(C.2)计算 $V_n$ ;

##### 3) 系统故障前的最后一次校正值和系统恢复后的第一次校正值之间的线性插值;

##### 4) 求故障前后一段时间内的平均值。

#### c) 气体性质( $H_2$ ; $CO_2$ ; $\rho$ ; $\rho_n$ )

##### 1) 由标准测定获得的值;

##### 2) 由模拟或状态重构系统获得的值;

##### 3) 系统故障前的最后一次校正值和系统恢复后的第一次校正值之间的线性插值;

##### 4) 求故障前后一段时间内的平均值;

##### 5) 继续使用最后一次的(保留)值。

#### d) 气体状态( $p$ , $T$ )

##### 1) 从 SCADA 或过程控制系统(从测定点的数据传输)获得的有代表性的值;

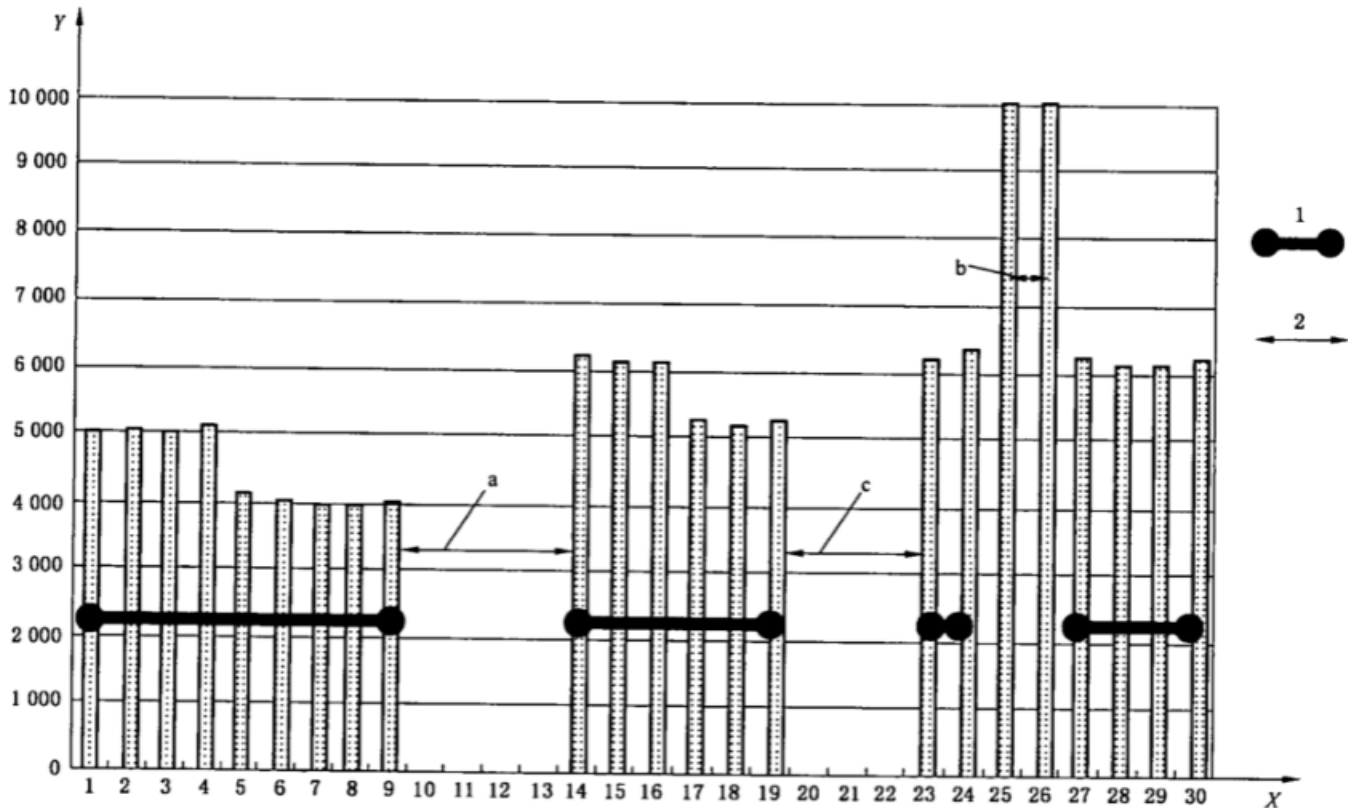
##### 2) 系统故障前的最后一次校正值和系统恢复后的第一次校正值之间的线性插值;

##### 3) 求故障前后一段时间内的平均值;

##### 4) 继续使用最后一次的(保留)值。

附录 H  
(资料性附录)  
合理性检验图形示例

图 H.1 以简单的图形方式举例说明了怎样检验合理性,该示例中的气量为每天的气量。

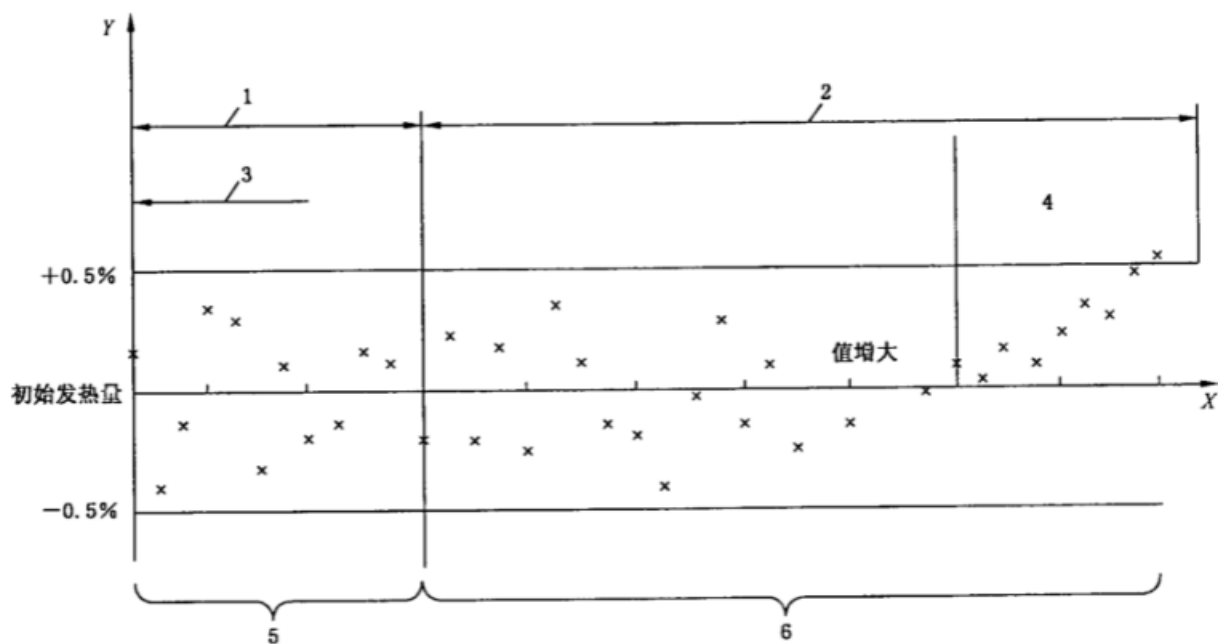


X——日期;  
Y——以  $\text{m}^3/\text{d}$  表示的气量;  
1——可认为合理的值;  
2——将检查的值;  
a——测量设备出故障;  
b——计量站出故障;  
c——无流量。

图 H.1 计量站每天气量的合理性检验(示例)

在一个月的第1天到第9天这段时间内记录的数据可以认为是合理的。然而,第一阶段中的第10天到第13天和第二阶段的第20天到第22天出现数据丢失。计量站的操作人员指出,第一阶段是测量设备出现故障;而第二阶段则没有气体流动。因而应在第一阶段建立替代值(见12.4)。还应为第26天和27天建立替代值,因为操作人员检查测量设备时发现测量设备出现故障。

附录 I  
(资料性附录)  
单个气藏的发热量测定



- X——以周或月表示的时间；  
Y——以初始值表示的发热量与初始发热量之间的差别；  
1——初始阶段；  
2——生产阶段；  
3——生产起点；  
4——最终耗尽阶段；  
5——以周间隔取样；  
6——以季间隔取样。

图 I.1 单个气藏的发热量测定

从组成恒定的气藏开始输气时，应在相对较短的时间间隔内采集大量的气样（一般一周采集 6~12 个样品）。求这些单个样品发热量的算术平均值。该平均值即为“初始发热量”的参考值。

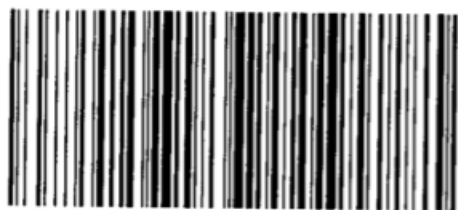
在气藏的生产阶段，按合同规定的时间间隔（一般为 3~6 个月）采样，测定其发热量。如果该发热量是合理的，且与初始发热量的差值不超过 0.5%，则可将其用于能量测定。

根据合同规定，可将最后一次单独的发热量或至少三次最近的发热量的平均值用于能量测定，直到采集并分析了新的样品。

如果从最近采集样品的气体组成计算的发热量与初始发热量的差值超过 0.5%，应在 2 周内采集核查样品并对其进行分析。如果由核查样品的分析结果计算的发热量是合理的（见 8.3），且与初始发热量的差值不超过 0.5%，则在此处弃去错误样品，采用核查样品。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 12206—2006 城镇燃气热值和相对密度测定方法
- [2] GB/T 13609—1999 天然气取样导则
- [3] GB/T 13610—2003 天然气的组成分析 气相色谱法
- [4] GB/T 17747.2—1999 天然气压缩因子的计算 第2部分:用摩尔组成进行计算
- [5] GB/T 17747.3—1999 天然气压缩因子的计算 第3部分:用物性值进行计算
- [6] GB/T 18604—2001 用气体超声流量计测量天然气流量
- [7] GB/T 21391—2008 用涡轮流量计测量天然气流量
- [8] GB/T 21446—2008 用标准孔板流量计测量天然气流量
- [9] JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示
- [10] SY/T 6658—2006 用旋进旋涡流量计测量天然气流量
- [11] SY/T 6659—2006 用科里奥利质量流量计测量天然气流量
- [12] SY/T 6660—2006 用旋转容积式气体流量计测量天然气流量
- [13] ISO 15970:2008 Natural gas—Measurement of properties—Volumetric properties:density, pressure, temperature and compression factor
- [14] ISO 15971:2008 Natural gas—Measurement of properties—Combustion properties—Calorific value and Wobbe index
- [15] ISO/TR 7871:1997 Cumulative sum charts—Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques
- [16] BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML Guide to expression of uncertainty in measurement(GUM), published 1993, Corrected and reprinted 1995



GB/T 22723-2008

版权专有 侵权必究

\*

书号:155066·1-36066

定价: 30.00 元



[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网