

[苏] П.Ф.沃加尼克 著 张榕林 沈兴武 译 陈为康 姜庆汶 校

# 煤气 供应管理自动化

中国建筑工业出版社

# 煤气供应管理自动化

[苏] П·Ф·沃加尼克 著

张榕林 沈兴武 译  
陈为康 姜庆汶 校

中国建筑工业出版社

本书运用自动调节理论,分析了煤气管网各种工况,制订了煤气供应自动化、远动化的基本任务,论述了煤气管网模拟微分方程的组成方法与压力调节过程动力学,评介了煤气供应自动化、远动化的最新系统及遥测、遥控、遥调、通讯专用设备。

本书可供从事煤气、天然气供应的管理、设计、科研人员以及有关大专院校师生参考。

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЕМ ГОРОДОВ

П.Ф.ВОДЯНИК

КИЕВ «БУДІВЕЛЬНИК» 1979

\* \* \*

### 煤气供应管理自动化

张榕林 沈兴武 译

陈为康 姜庆汶 校

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
河北省固安县印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 5 $\frac{1}{8}$  字数: 115 千字

1982年7月第一版 1982年7月第一次印刷

印数: 1—3,200册 定价: 0.70元

统一书号: 15040·4269

## 译者 的话

随着煤气事业的迅速发展，煤气供应系统也日益复杂。为了提高管理水平，实现煤气管网的最佳工况，以确保煤气燃烧设备的高效率与煤气供应的可靠性，就必然要在煤气供应事业中，广泛采用自动化、运动化的先进技术。

本书运用自动调节理论，分析了煤气管网各种工况，较全面地评介了煤气供应自动化、运动化的最新系统及专用设备，对我国煤气供应事业中正开展的遥测、遥控、遥调、通讯“四遥”工作，具有一定参考价值。由于科学技术不断发展，对书中所引用的某些专用设备，在应用中可酌情更新。

本书在翻译过程中采纳了周国祥、林德锦二同志的一些宝贵意见，特此致谢。由于我们水平有限，书中不当之处请读者指正。

# 目 录

## 译者的话

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第一章 城市煤气管网煤气分配的自动化 .....           | 1  |
| 一、城市煤气管网及其主况 .....                 | 1  |
| 二、调节对象和调节器的任务 .....                | 2  |
| 三、高、中压煤气管道——调节对象 .....             | 6  |
| 1. 工作状态和静态特性 .....                 | 6  |
| 2. 作为集中参数调节对象的高(中)压煤气管道的数学描述 ..... | 8  |
| 3. 作为分散参数对象的高(中)压煤气管道的数学描述 .....   | 11 |
| 4. 系统的传递函数 .....                   | 15 |
| 5. 振幅-相位特性分析 .....                 | 16 |
| 6. 枝状高压和中压煤气管道的方程 .....            | 20 |
| 7. 具有一个和几个煤气进口(煤气分配站)的环状管道方程 ..... | 24 |
| 四、低压分配管网——调节对象 .....               | 27 |
| 1. 工作状态和静态特性 .....                 | 27 |
| 2. 低压管网方程 .....                    | 33 |
| 五、调节器 .....                        | 38 |
| 1. 直接作用调节器 .....                   | 38 |
| 2. 间接作用调节器 .....                   | 42 |
| 3. 均衡调节器 .....                     | 44 |
| 4. 双冲量压力调节器 .....                  | 45 |
| 六、高、中压管网的压力调节 .....                | 45 |
| 七、低压管网的压力调节 .....                  | 50 |
| 1. 带一个煤气调压站的分配管网的压力调节 .....        | 50 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 2. 环状分配管网的压力调节 .....               | 55         |
| <b>第二章 城市煤气供应中的远动装置 .....</b>      | <b>63</b>  |
| 一、城市煤气供应中的远动装置系统 .....             | 63         |
| 二、远动装置中的自主操纵设备 .....               | 66         |
| 1. УГМП-64组合装置 .....               | 66         |
| 2. БСТ-2无触点远动装置 .....              | 69         |
| 三、组合远动装置 .....                     | 72         |
| 1. АТДП组合装置 .....                  | 72         |
| 2. «РИТМ-1»远动组合装置 .....            | 74         |
| 3. ТГД-ГХ城市煤气事业调度的远动系统 .....       | 83         |
| 4. ТМ-200远动装置 .....                | 89         |
| 四、远动煤气调压站的数目及其讯问周期的确定 .....        | 92         |
| <b>第三章 煤气供应系统中的煤气参数监控变送器 .....</b> | <b>97</b>  |
| 一、输出电流信号的压力变送器 .....               | 97         |
| 1. 带远传电信号的М1М型压力计 .....            | 97         |
| 2. 输出电信号的压力变送器 .....               | 99         |
| 3. ПД-55М型气动转换器 .....              | 103        |
| 二、频率型输出信号的变送器 .....                | 103        |
| 三、模拟-编码变换器 .....                   | 105        |
| 四、变送继电器 .....                      | 109        |
| 五、二次仪表 .....                       | 112        |
| <b>第四章 调度室和被控端的设备 .....</b>        | <b>118</b> |
| 一、设备 .....                         | 119        |
| 1. 控制台 .....                       | 119        |
| 2. 电气化的城市煤气管网图 .....               | 122        |
| 3. 被控端的设备 .....                    | 128        |
| 二、遥控装置 .....                       | 131        |
| <b>第五章 自动控制系统 .....</b>            | <b>136</b> |
| 一、城市煤气事业联合公司 .....                 | 137        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 1. 维修调度处 .....                      | 140 |
| 2. 煤气统计分配处 .....                    | 141 |
| 3. 对联合公司的调查 .....                   | 142 |
| 4. 信息流的分析 .....                     | 144 |
| 5. 联合公司的一般管理任务 .....                | 145 |
| 二、工艺过程自动控制系统在城市煤气供应中的运用 .....       | 147 |
| 1. 工艺过程自动控制系统的任务 .....              | 147 |
| 2. КОД仪表组合 .....                    | 149 |
| 3. 区域信息和控制系统的技术装备组合体 КТО ЛИУС ..... | 153 |
| 参考文献 .....                          | 158 |

# 第一章 城市煤气管网煤气分配的自动化

当煤气的压力固定不变或波动不大时，煤气设备可以达到最佳工况。压力的稳定能够延长设备的使用期限。但是在城市煤气管网中，压力并不是一个固定值，它在每昼夜和一年中的不同季节，随着煤气消耗量的变化及管道中压力损失的不同而变化。

自动装置的任务在于，使煤气在管网中的压力波动最小，并保证对用户连续供应必要数量的煤气。为此，要正确选择和安装煤气分配站和调压站内的自动调节器，并对调节器及煤气分配管网的工况进行连续监控。

## 一、城市煤气管网及其工况

城市或某个小区的煤气供应系统由气源、煤气管网和户内煤气设备所组成。在以天然气供应城市时，则远程干线可视为气源。远程干线一般以市郊的煤气分配站为终端，然后将煤气送到煤气管网。煤气管道可分为输送管线和分配管线。用于降压的煤气调压站也属于城市煤气管网。具有各种不同压力的煤气管道，通过这些调压站连接起来。

城市煤气管网按压力分为：低压（500毫米水柱以下），中压（ $0.05 \sim 3$ 公斤/厘米<sup>2</sup>），高压（ $3 \sim 6$ 或 $12$ 公斤/厘米<sup>2</sup>）。



低压煤气管道主要用于向居民住宅、小的公用生活福利设施及工业用户供气。高压和中压煤气管道，通过煤气调压站的调节器，向低压煤气管网以及大的公用生活福利设施、工业用户供气。在某些系统中，可将民用户及其它用户与高中压管道相连，但必须装有调压器降压。

调压站可以考虑采用输出压力固定不变的工作方式。但是这种工作方式当用户耗气量变化时，不可避免地导致煤气压力的波动，这就会使民用煤气用具的效率降低，使燃烧工况恶化，并使这些设备的使用寿命缩短。按季节整定调压器，根据煤气的消耗量来改变调压站的出口压力，用遥控装置实现调压器整定等，均可使压力波动显著减少。

调压站出口压力应按季节调整，冬天规定为最大压力，夏天为最小压力。这是因为冬天煤气的消耗量大，从调压站到用户的管路压力损失达到最大值。

根据煤气消耗量来改变调压站出口的压力，这就可能使煤气设备前的压力随着煤气需要量而自动改变。这样，从调压站输出的压力将是流量的函数，即耗气量越大，压力越高。在夜间，当耗气量最小时，可将压力减到最小允许值。在此情况下，调压站的工作状态是依靠对调节器的整定来改变的。

借助遥控装置，由调度室对调节器进行整定，使调压站出口压力分级变化，从而使运行着的煤气设备的工作条件得到改善。

## 二、调节对象和调节器的任务

调节对象（城市煤气管网）是调节系统的组成部分，它

是由某些质量的与数量的参数来表征的。

负荷或是对象的生产能力属于数量参数，而它们每时每刻在很广的范围内任意地变化。

属于调节对象的质量参数有压力、温度、流量及其它。质量参数应在扰动时保持给定值。当已稳定的工况破坏时，管网中的煤气储量及煤气的质量参数同时发生变化。

如果在被调节对象中完全保持物料量和能量的平衡，即流进的各种物料量等于流出的物料量，所进入的能量等于送出的能量，则任何一个对象都是在稳定的工况下工作。表征工艺流程的基本参数，在稳定的工况下应该是不变的。

在实际运行中，由于生产过程进行条件的改变，即由于各种干扰的结果，使建立起来的过程经常遭到破坏。根据动态特性不同，对象可区分为集中参数对象和分散参数对象。

当对象在稳定的状态下，被调节量在整个调节对象上只有同一个数值，这样的对象称为集中参数对象。在过渡状态中，这种对象的任何一点上，被调节量变化的特征在同一时间内都是一样的，例如既粗又短的供气管道，煤气贮罐等。

在对象的不同点上，被调节量的数值不同（例如在高、中、低压煤气管道内的压力），这种对象称为分散参数对象。

对集中参数对象的数学描述一般用微分方程就足够了，而要描述分散参数对象必须用偏微分方程。

集中参数对象本身可以分为简单的和复杂的两种。几乎所有在城市煤气管网中进行的工艺过程，都属于集中参数的复杂调节对象或分散参数对象。

对于城市煤气管网的工作来说，要使煤气在管道中的流入量与从管道中流出量相适应。但从管道中流出多少，并不

决定于煤气干线的煤气分配站的生产能力，而决定于用户的需要。为此就有必要创造这样条件，使每次煤气管道在扰动后能够自动恢复物质平衡。为了这个目的，在煤气干线的煤气分配站内，在城市的煤气分配站和煤气调压站内安装压力调节器，以保证将煤气按给定的数量供应给相应的煤气管道。

调节器的一般任务是在城市煤气管网需要的地方，当从对象取出任一数量煤气时，都能维持调节过程的给定质量参数。经常采用有两个或两个以上相互稳定关系值的调节器，例如，为了在锅炉中得到最佳燃烧工况，就必须使煤气与空气的耗量保持一定的比值。

有时需要使调节器对不同负荷都规定出被调量的一定值。在煤气分配站和煤气调压站安装的调节器都具有这种特性。当用气不断变化时，为了补偿压降和使煤气分配管网中的压力稳定在给定值，就必须改变煤气的压力。

在某些情况下，如在支状管终端调压站的低压煤气管网中的压力变化时，必须根据每昼夜时间的规律来改变被调节的压力。这种调节器被称为程序调节器。

这里所提到的调节器的特点是使被调节的参数维持在给定的数值，这些参数不随时间改变或者根据一定的负荷随时间而变化。自调式调节器已在使用。这里自动改变整定值的限量，不是取决于表征被控制过程特征的参数之间具体函数关系的结果如何，而是取决于寻求某些客观存在并正被人们探求和期望的那种工况。在变化的、难以考虑的因素影响下，最佳工况有所变化，因此，有必要连续自动调整调节器的整定值。

对象和调节器形成一个闭合回路（称为调节回路）。在

最简单的情况下，它是由两个相互作用的环节组成：由于被调节的参数 $\varphi$ 的偏差，被调节的对象作用于调节器，而调节器通过改变调节机构的开度，给予被调节对象以调节作用 $\mu$ 。

除了这些被称为内部相互作用的环节以外，对象和调节器可以经受一系列外部的作用，而所有扰动（如负荷 $\lambda$ 的改变）及调节器任务的改变就属于外部扰动情况之列。

被调节的对象和控制它们的自动调节器共同构成自动调节系统。自动调节理论研究调节系统的两种工况。第一、研究自动调节系统的稳定工况，这时，表征其状态的全部的量可以认为与时间无关。这就是调节的静力学部分。在这部分中，系统的公式和特性不包括时间。第二、研究自动调节系统的非稳定的工况，即过渡过程，是调节的动力学部分。

实质上，调节的过程是动态过程，需要有调节器，而调节器负有恢复调节对象被破坏使之达到稳定的工况，并使其工况维持在给定值。

在自动化系统中，动态工况用微分方程表示，该方程包括了时间这一独立的自变数，所以表示系统状态的特征全部变数，实质是时间的函数。

自动调节动力学的基本任务之一是对调节系统工作进行分析，即编制对象、调节器及其它环节的方程，满足这些方程的解，并按已得结果研究调节过程。

综合的任务更为广泛，已知的仅仅是系统的部分环节，为了使调节过程正常进行，还必须求出不足的环节的结构和参数。

为了正确解决自动化的任务，即选择调节器的特性和结构类型，并确定在调节器和调节机构间适当的连接，无论是

在稳定状态下或在过渡过程中，必须知道被调节对象的性状。

### 三、高、中压煤气管道——调节对象

#### 1. 工作状态和静态特性

高（中）压煤气管道在煤气分配站（煤气调压站）之间做为联系的环节，是影响着它们工作的动力因素。因此，必须研究高、中压煤气管道的系统图及其静态特性，确定当煤气以临界和亚临界速度流过调节阀时，对城市煤气分配站和煤气调压站的自动装置工作的影响程度。

城市高、中压煤气管道的布局与城市结构有关，一般分为枝状管网与环状管网。

高压煤气管道的运行与调压站出口维持给定的压力有关，这个给定的出口压力决定于管子的强度和煤气供应的可靠性。由于额定煤气流量通过高、中压煤气管道所造成的能量损失，导致离煤气分配站最远点的压力降低。但是考虑到在煤气分配站和煤气调压站的调节机构中存在临界压降，沿煤气管道长度压力变化并不影响其自动装置的工作，因为，在此情况下，对象的自调节实际上是不存在的。

枝状管网及其静态特性如图 1 所示。

管道直径距煤气分配站越远越小，在稳定工况下，额定负荷时，煤气压力沿其长度按曲线 1 分配，在最高负荷下按曲线 2 分配，在夜间则按曲线 3 分配。

与枝状管网相反，环状管网机动性很大。它们可以在检修（事故）时关断部分管段，对基本用户仍能连续供气；可以从一个、两个或更多的煤气分配站向高、中压煤气管道供

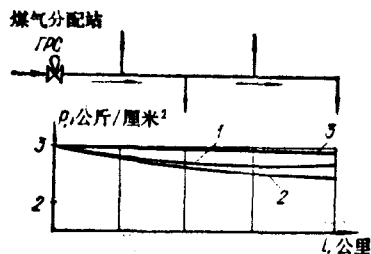


图 1 中压枝状管网及其静态特性

1—在额定负荷时；2—在最大负荷时；3—在夜间

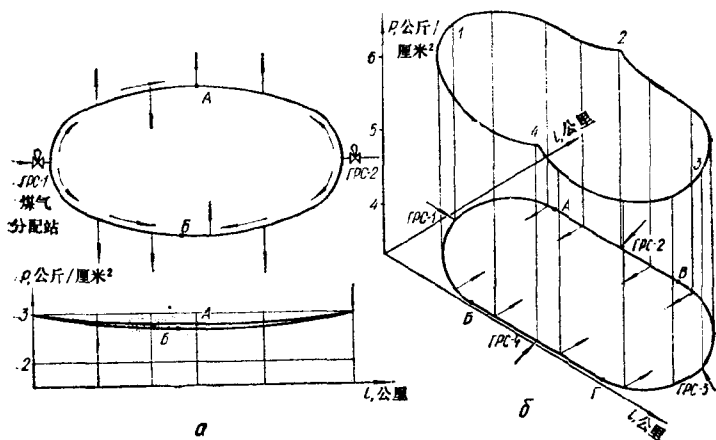


图 2 中压环状管网及其静态特性

a—带有两个煤气分配站；b—带有四个煤气分配站

气（图 2）。

从静态特性可以看出，当煤气在环状管网内作稳定流动时，如有两个煤气分配站，存在 A 和 B 气流分界点；如有四个煤气分配站，则存在 A、B、C 和 D 四个气流分界点。研究

表明，在气流分界点处的煤气运动速度可以等于零或某一最终数值。例如，如果在圆环上半部（图 2a），气流分界点正好处在其中一个煤气调压站的接点上，这时从两个气源对这个调压站所带的用户供气。另一种可能情况，煤气调压站布置成圆环下半部那样，气流分界点是在两个调压站之间的 B 点上，结果在这管段上将没有煤气的流动。当自动调节煤气分配站出口压力与对煤气调压站的干扰作用基本上相同时，气流分界点将长时间处在煤气管道的同一地点。

从对静态特性所做的分析可以得出结论：由于存在气流分界点，带有一个或数个煤气分配站的高压或中压环状管网，实质上是若干个独立的双辐射状煤气管的组合，各双辐射状煤气管独立工作的条件，是保持气流分界点的位置不变。

## 2. 作为集中参数调节对象的高（中）压煤气管道的数学描述

复杂结构的高（中）压煤气管道的静态和动态特性，可用实验或借助模型来确定。当需要对已运行的或正设计的煤气管道预先进行评价时，为了分析对象的不同性质，往往把它们作为集中参数对象处理。这是允许的，这是因为煤气管道长度往往各不相同。

假定，煤气管道不长，管内压力可以认为各处相同，而用气集中在出口处（图 3a）。可以把高压煤气管道看成具有集中的容量和阻力，而且取集中容量等于煤气管道的几何容积，而阻力则等于沿管道长度的压降。显然，通过煤气管道的煤气体积流量可用方程式表示：

$$Q = 13.303 \frac{T_0}{P_0} \left[ \frac{(P_2^2 - P_1^2) d^5}{\lambda_0 \gamma_0 z l T} \right]^{0.5} \quad (1)$$

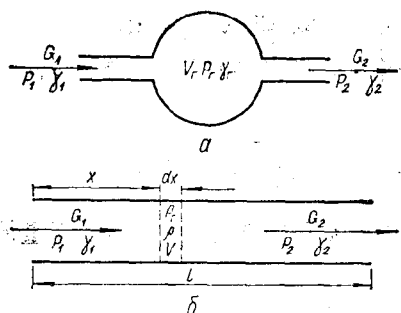


图 3 具有各种参数的高压煤气管道系统图

a—集中式；b—分散式

式中  $Q$ ——通过煤气管道的体积流量（米<sup>3</sup>/时）；  
 $P_2$ ——煤气管道进口的压力（公斤/厘米<sup>2</sup>）；  
 $P_1$ ——煤气管道出口的压力（公斤/厘米<sup>2</sup>）；  
 $T_0$ ——标准温度（°K）；  
 $P_0$ ——标准压力（公斤/厘米<sup>2</sup>）；  
 $d$ ——煤气管道内径（米）；  
 $\lambda_0$ ——水力阻力系数；  
 $\gamma_0$ ——煤气重度；  
 $l$ ——煤气管道长度（公里）；  
 $z$ ——煤气的压缩系数；  
 $T$ ——煤气的绝对温度（°K）。

考虑到  $\lambda_0 = 0.0094 / \sqrt{d}$ ， $T_0 = 288^\circ\text{K}$ ， $P_0 =$

10333公斤/厘米<sup>2</sup>，方程式（1）写成下列形式：

$$Q = 3.822 d^{8/3} \sqrt{\frac{1}{\gamma_0 z l T}} \cdot \sqrt{P_2^2 - P_1^2} \\ = A \sqrt{P_2^2 - P_1^2} \quad (2)$$

① 原文此处误为  $T$ 。



此处  $A = 3.822 d^{5/3} \sqrt{1/\gamma_0 z l T}$

因为  $P_1 = \text{常数}$ , 所以将方程式 (2) 线性化可转化为增量关系式:

$$\Delta Q = A \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 - P_1^2}} \Delta P_2 \quad (3)$$

根据式 (3) 每秒钟煤气通过管道的重量流量为 (以增量式表示)

$$\Delta G_2 = k \Delta P_2 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} k &= A \frac{P_{2.0}}{\sqrt{P_2^2 - P_1^2}} \gamma_2 \\ &= 3.822 d^{5/3} \sqrt{\frac{1}{\gamma_0 z l T}} \times \frac{P_{2.0}}{\sqrt{P_2^2 - P_1^2}} \gamma_2 \end{aligned}$$

在稳定工况下, 在某段时间  $dt$  内, 从煤气管道流向用户的煤气总量  $G_{2.0}$ , 等于从煤气分配站在同一时间内进入煤气管道的煤气量  $G_{1.0}$ 。所以

$$(G_{1.0} - G_{2.0}) dt = 0 \quad (5)$$

如果, 因某种原因使已稳定的状态被破坏, 在  $dt$  时间内, 管道内的煤气量引起重度的增量为  $d\gamma_2$ , 因为煤气管道总体积为常数, 即得

$$\Delta G_1 - \Delta G_2 = V_2 (d\gamma_2 / dt) \bullet \quad (6)$$

式中  $V_2$ ——煤气管道的容积。

考虑到公式 (5) 中诸数值的意义, 从公式 (6) 得

$$\Delta G_1 - \Delta G_2 = V_2 (d\Delta\gamma_2 / dt) \quad (7)$$

因为  $d\gamma_2 = d(\gamma_2 - \gamma_{2.0}) = d\Delta\gamma_2$ ,

压力是关键参数, 为了从重度增量过渡到压力增量, 列

● 原公式此处误为  $d\Delta\gamma_1 / dt$ 。