

7

TE&3Z  
544

# 长输管道自动化技术

江秀汉 李琳 孟立宏 编著

屈维章 审



A1004155

西北工业大学出版社

2000年3月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】本书介绍现代油气长输管道自动化技术,内容先进而实用。前两章介绍长输管道及其自动化的基本概念和输油输气的基本工艺,然后分几章介绍长输管道自动化系统中常用仪表、主要设备的原理及其控制方法、站控系统、控制中心、监督控制与数据采集系统(SCADA)、管道的检测与保护、数据通信等。书中列举许多国内外现代长输管道自动化系统实例。

本书适用于自动化专业及油气储运专业的本科教学,对从事油气及其它介质长距离管道输送及其自动化的工程技术人员也有很高的参考价值。

### 长输管道自动化技术

江秀汉 李琳 孟立宏 编著

责任编辑 傅高明

责任校对 钱伟峰

\*

©2000 西北工业大学出版社出版发行

(邮编:710072 西安市友谊西路127号 电话:8493844)

全国各地新华书店经销

西安市向阳印刷厂印装

ISBN 7-5612-1227-5/TE·15

\*

开本:787毫米×1092毫米 1/16 印张:20.125 字数:482千字

2000年3月第1版 2000年3月第1次印刷

印数:1—1000册 定价:26.80元

---

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

# 前 言



长输管道的任务是远距离输送液体或气体产品,例如原油、成品油、天然气、煤浆、矿浆、水以及其它可以液化或气化的产品。我国80%以上原油靠长输管道运输,而天然气则全部由长输管道运输。目前,世界各国石油和天然气管道总长约200万公里,我国长输管道总长约2万公里,其中输油管道约1万公里,输气管道约0.7万公里,还有少量的矿浆管道。

世界能源结构的比例是:煤炭、石油、天然气、电力各占22%,43%,25%,10%,而我国分别是74%,19%,2%和5%。显然我国的能源结构还处于污染严重、效率低下的阶段,煤炭所占比例太大,其它所占比例偏小,特别是天然气仅为国际平均水平的1/12,今后若干年内仍然要大力发展石油天然气工业,特别是天然气。由此推断,我国的长输管道事业也必将有大规模高速度的发展。

全球贸易与大市场的形成与发展,对石油天然气运输业提出了越来越高的要求,如何满足国内甚至国际供需双方要求,又保证安全、经济、快速地输送,是长输管道运输业面临的重要问题,解决这个问题的关键技术之一就是长输管道实行自动化的生产和经营管理。目前,世界各国的长输管道都采用了现代化技术装备,整个管线是一个全盘高度自动化的系统,我国已有几条具有80年代和90年代中期国际先进水平的长输管道,一些新的油气水和矿浆长输管道正在建设之中。

本书是为了适应我国长输管道自动化技术的发展和有关工程技术人员及教学的需要,在作者近些年从事研究、教学基础上,并参考国内外有关资料编写而成,希望对我国长输管道事业的发展做出一些贡献。

本书由江秀汉教授主编,并编写了第一、二、八章。第四、五、六、七章由李琳高级工程师编写,第三、九章及第六章的§6-5由孟立宏同志编写。全书由屈维章教授审。

编著者

1999年10月 于西安

## 图形符号和文字代号说明

本书涉及到许多国家长输管道自动化系统的实例,所用符号及代号可能仅符合各自国家或地区的标准,不尽统一,在此一并分类说明,供查阅。

### 一、过程检测和控制流程图用字母代号<sup>①</sup>

字母	第一位字母		后继字母
	被测变量或初始变量	修饰词	
A	分析		报警
B	喷嘴火焰		
C	电导率		控制(调节)
D	密度或相对密度	差	
E	电压(电动势)		检出(检测)元件
F	流量	比	
G	尺度(尺寸)		玻璃
H	手动(人工触发)		
I	电流		指示
J	功率	扫描	
K	时间或时间程序		操作器
L	物位		灯
M	水分或湿度		
P	压力或真空		试验点(接头)
Q	数量或件数	积分、累计	积分、累计
R	放射性		记录或打印
S	速度或频率	安全	开关或连锁
T	温度		传送
U	多变量		多功能
V	粘度		阀、风门、百叶窗
W	重量或力		套管
X	操作		
Y	清管指示		继动器
Z	位置		驱动、执行器

<sup>①</sup> 节录自 GB 2625-81。

## 举例

FAH —— 流量高报警,	FAHH —— 流量高高报警,
FSH —— 流量高开关,	FSHH —— 流量高高开关,
FI —— 流量指示器,	FIC —— 流量指示与控制器,
FE —— 流量检测元件,	FR —— 流量记录器,
FRC —— 流量记录与控制器,	LC —— 液位控制器,
LV —— 液位控制阀,	PI —— 压力指示器,
PCV —— 压力控制阀,	PP —— 压力测试点,
XV —— 电动操作阀,	HV —— 手动操作阀,
ZSH —— 高位置选择开关,	VAL —— 低振动报警,
SC —— 速度控制器,	WI —— 重量指示器.

## 二、阀门符号

名称或功能	图形符号	名称或功能	图形符号
闸阀		手动操作阀	
球阀		有手动操作的调节阀	
单向阀		自力式调节阀	
旋塞阀		电动操作阀	
弹力单向阀		活塞式操作阀	
断流单向阀		二通电磁阀	
泄放阀		三通电磁阀	
泄放阀(角形)		手动复位三通电磁阀	
弹力球阀		有手动操作的三通电磁阀	
蝶阀或阻尼阀		呼吸阀	
全开闸阀		自动循环阀	
三通阀		压片单向阀	
四通阀		电动液压式调节球阀	
角阀			

续表

名称或功能	图形符号	名称或功能	图形符号
截流角形单向阀			
具有清洗或泄放阀的闸阀			
孔板			
汽套阀			
减压(背压)阀			
泄压(或安全)阀			
调节阀			











### 三、仪表安装位置符号

说 明	符 号	说 明	符 号
现场安装		盘后安装(主要位置)	
盘面安装(主要位置)		盘后安装(辅助位置)	
盘面安装(辅助位置)		安装在同一处	

### 四、共用控制/共用显示仪表符号







说 明	符 号	说 明	符 号
共用显示/控制(现场安装)		共用显示/控制, 软件报警 (现场主要位置)	$\frac{LAH}{LAL}$
共用显示/控制(现场安装, 辅助位置)		PLC(现场安装, 主要位置)	
计算机功能(主要位置)		PLC(辅助位置)	
计算机功能(辅助位置)		PLC(盘后安装)	
计算机功能(现场安装)		互锁逻辑	

## 五、功能符号









说 明	符 号	说 明	符 号
求和		低限	
求差		选大	
乘法		选小	
除法		比例	
开方		信号输入/输出 <sup>①</sup>	
高限			

① 信号可以是,A—模拟,D—数字,E—电压,I—电流,H—液压,O—电磁,P—气压,R—电阻。

## 六、管路符号

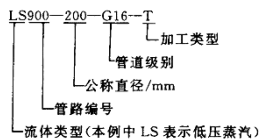
说 明	符 号	说 明	符 号
主管道(粗实线)		蒸汽管道(低压)	
辅助管道(细实线)		保温管道	
有斜度管道		电气线路	

## 七、仪表线路符号

说 明	符 号	说 明	符 号
仪表与工艺过程的连线		电信号线	
毛细管(填充系统)		电磁波或声波信号线	
气压信号线		内部信号线(软件或数据)	
液压信号线		仪表板	

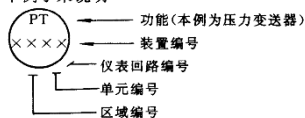
## 八、管路标识

以一个例子说明



## 九、仪表标识

以一个例子来说明





# 目 录



第一章 长输管道及其自动化概述	1
§ 1-1 输油管道	1
§ 1-2 输气管道	5
§ 1-3 长输管道自动化概述	8
§ 1-4 国内外长输管道发展概况	18
第二章 长输管道的输送工艺	25
§ 2-1 输油工艺	25
§ 2-2 输气工艺	42
第三章 检测仪表	58
§ 3-1 管道仪表基本概念	58
§ 3-2 温度检测仪表	61
§ 3-3 压力检测仪表	68
§ 3-4 流量检测仪表	71
§ 3-5 液位检测仪表	81
§ 3-6 过程分析仪表	85
§ 3-7 其它检测仪表	95
第四章 阀和执行机构	104
§ 4-1 调节阀	104
§ 4-2 调节阀执行机构	110
§ 4-3 开关型阀	114
§ 4-4 电磁气阀	122
§ 4-5 方向阀	127
第五章 设备及其控制	136
§ 5-1 泵机组及其控制	136
§ 5-2 压缩机及其控制	147

§ 5-3	加热装置及其控制	157
§ 5-4	储罐及其监控系统	173
§ 5-5	清管器	187
<b>第六章</b>	<b>SCADA 系统系统</b>	<b>191</b>
§ 6-1	SCADA 系统基本概念	191
§ 6-2	SCADA 系统功能	194
§ 6-3	远程终端装置	197
§ 6-4	主站	207
§ 6-5	SCADA 应用程序软件	222
<b>第七章</b>	<b>管道的检测及保护装置</b>	<b>229</b>
§ 7-1	管道的电腐检测及保护系统	229
§ 7-2	长输管道的水击及控制	239
§ 7-3	管道的泄渗漏及检漏	244
<b>第八章</b>	<b>站控系统</b>	<b>249</b>
§ 8-1	站控系统的结构、组成和功能	249
§ 8-2	典型泵站的 P&ID	253
§ 8-3	压力调节与水击控制系统	254
§ 8-4	清管器收、发控制系统	257
§ 8-5	变电站的监控	260
§ 8-6	站控系统中专用 RTU 应用	263
<b>第九章</b>	<b>数据通信</b>	<b>269</b>
§ 9-1	SCADA 系统的数据通信	269
§ 9-2	通信系统	275
§ 9-3	数据传输方式	280
§ 9-4	通信接口标准	281
§ 9-5	调制	287
§ 9-6	多路传输	289
§ 9-7	传输线路	294
§ 9-8	错误检测	298
§ 9-9	传输媒体	302
<b>参考文献</b>		<b>309</b>

# 第一章 长输管道及其自动化概述

长距离输送管道用以将液体或气体从供应方输送到远方的用户，简称长输管道或干线管道。它不同于企业内部管道，具有管径大、距离长、输量大，有各种配套辅助工程，有独立的管道监控和经营管理系统。

可用管道输送的液体有水、原油、成品油、液化天然气、液化化工产品、煤浆、矿浆及其它可液化产品。可用管道输送的气体有天然气、煤气及其它可气化的产品。供应方可以是油田、气田、水库、炼厂、化工厂、煤气公司、矿厂，用户方可以是油库、港口、火车装油站、炼厂、供水供气总站等。若管道通过海底，则称为海底油、气管道。

本章将对输油管道、输气管道及它们的自动化加以概括介绍。

## § 1-1 输油管道

原油运输有水运、公路运输、铁路运输和管道输送等四种方式。水运最经济，但受地理条件限制；公路运输量小而且费用高，只能作为短途运输的辅助手段；铁路运输成本高于管道运输，在管道未建成前，它往往是主要的陆路运输方式，但当运输量增大到一定程度，铁路运输不仅不经济，而且也将因运力有限成为不可能；管道运输不受限制，与其它陆地运输方式相比，运输量大，运输费用低，所以是最主要的原油运输方式。目前，我国原油 80% 以上是通过管道输送的。

### 一、输油管道的分类与组成

#### 1. 分类

输油管道按照所输油品种类可分为原油管道和成品油管道两种。按照所输油品在输送中间是否需要加热可分为常温输送管道和加热输送管道两种，前者在首站将原油热处理到一定温度后，中间各站不再加热，依靠地层温度，将原油温度保持在一定范围，直至送到末站。后者，则需要某些中间站向原油补充热能，维持流动性能。例如，东—黄复线原油长输管道为加热输送管道，而库—鄯线则为常温输送管道。

#### 2. 组成

输油管道主要由输油站、线路和调度中心（控制中心）三大部分组成。在自动化和管理水平较高的管道上，往往还将管线运行信息传送到上级指挥管理机关（管理中心）。图 1-1 给出了典型的长距离输油管道组成概况。

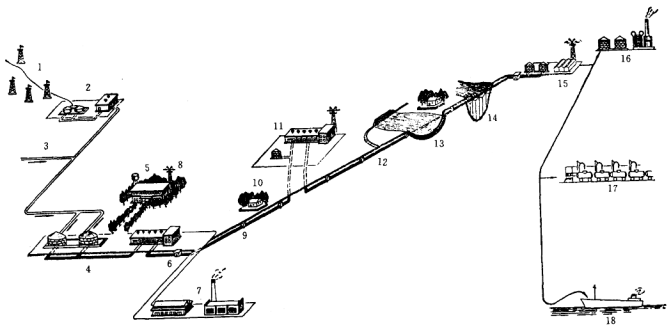


图 1-1 长距离输油管组成

- 1—井场；2—输油站；3—来自油田的输油管；4—首站油罐区和泵房；5—全线调度中心；6—输管器及泵车；  
 7—首站的锅炉房、机修厂等辅助设施；8—微波通讯塔；9—线路网室；10—管线维修人员住所；11—中间输油站；  
 12—穿越铁路；13—穿越河流的弯管；14—跨越工程；15—末站；16—炼厂；17—火车装油栈桥；18—油轮装油码头

(1) 输油站。输油站的关键——输送动力设备为泵，因此也常称其为泵站。如果站内既有泵站又有加热站，则该站又称为热泵站，仅有加热系统的站，称为加热站。一般的站都是用泵给原油加压的，但有的中间站却用来减压，这样的站称为减压站，有的中间站仅用来收、发清管球，这样的站称为清管站。

输油站按其在管道中所处地理位置分为首站、中间站和末站。有的管道系统，在中间还设有分输站。首站位于管道的起点，末站位于管道的终点，在起点和终点之间的站称为中间站。最一般的管道仅有一个首站、一个末站和若干个中间站，复杂的管道系统可能有多个产品供应方和多个用户方，因而有多个首站、末站和分输站。首末站位置以供需方所在地，即管道的起、终点确定，中间站数目及位置则以水力、热力计算确定，同时还应考虑当地的地形、地质、交通、水文及社会条件等。

首站的任务是接受产品经计量后输向下一站。首站设有较大的油罐区（解决供量和输量的不平衡），计量系统和输油泵房。如果原油需要加热输送，还应设置加热设备。此外，还有站控中心等。

中间站的任务是将产品加压、减压或加热，以进行压力调节和能量补充后送往下一站。中间站只有少量油罐，根据其主要任务还有输油泵房、加热设备或减压阀组等。中间站规模较大时也有站控中心。

末站的任务是接受管道运送来的产品，并输向炼厂、铁路或港口。末站主要由较大的油罐区（为解决输量与用量不平衡）、计量系统和化验室组成。输送高凝固点原油的管道，末站还设有反输泵房和加热设备，以备反输。此外，还有站控中心等。

除了以上各站的主要组成部分，在各站还有通信机务、清管、供热、供水、机修和消防等辅助系统，以及供工作人员和家属居住的生活区。

(2) 线路。管道的线路部分包括管道本身、线路阀室、阴极保护及通讯设施等。管道由钢管焊接而成，外表面涂有防腐保护层，必要时还要对管道进行内防腐，有的加热输送管道外表面还有保温层，以减少热量损失。为了增强防腐效果，还设有阴极保护设施。根据管道通过地区的地形、地质、水文地质、气候及社会人文条件等，管道可以采用地下、半地下、地上与管架等敷设方式，其中地下方式最为多用。管道每隔一定距离以及在大河流穿越工程两端安装截断阀，在管道发生破裂事故时，即可将两侧阀门及时关闭，以减少漏油量并防止灾害发生和扩大。在自动化程度较高的管线上，截断阀上都装有遥控装置及相应的通讯设备，有些管道的有线通信线路也是沿管线敷设的。未来，也许会有管道的检漏设备沿管线敷设。

(3) 控制中心。控制中心对全线的运行状况进行监督和控制，其主要功能是生产调度和管理，因此，也称调度中心，有的控制中心具有一定的经营管理功能。控制中心主要由计算机网络和通信系统构成。复杂的长输管线系统，在控制中心之下还设立若干区域控制中心或叫分控中心。

(4) 管理中心。管理中心的主要任务是经营管理和决策，它要根据管道公司的经营策略、供需市场的变化、销售状况及公司运营状况对公司的经营作出分析和决策，下达到控制中心来具体执行。管理中心任务的特点是考虑长远规划、综合分析、经营策略等，不直接参与生产过程的控制，其主要组成是计算机网路、通信系统及相应的管理决策软件系统。

## 二、输油站的组成

下面以典型的输油站为例来说明其组成。典型的输油站分为生产区和生活区两大部分，为了生产和生活的安全，除两区公用的一些供热供暖及交通设施外，两区在地理位置上应有一定距离。生产区主要由 11 个部分组成。

### 1. 输油泵房

输油泵房或称输油泵区是提供输油动力的关键部分，内设输油泵机组及辅助系统。输油泵机组中直接给原油提供动力的泵机组称为输油主泵，为了保证主泵正常工作的辅助增压泵称为给油泵。过去，输油泵机组一般都安装在泵房内，不能露天使用。现代化的泵机组能适应室外温度变化、风雨雪、沙尘等不利的自然条件，有较高的自动控制水平，可以设置在露天，这在国外比较多见，或为了适当保护，给泵机组加以顶棚式防护房，这在国内比较多见。

### 2. 储罐区

首、末站储罐区储量较大，用以调节输量和来油之间或输量与转运量之间的不平衡。中间站只设一个容量较小的单罐，用于缓冲（旁接输送）或泄放（密闭输送）。

### 3. 高压管组

它由阀门和管道组成，用来切换工艺流程，随着阀门质量的改善，阀组已逐渐由室内式改为蓬式或露天式。

### 4. 计量间

一般设于首、末站。首站的计量间计量油田所交油量，作为核算交接油量的依据。末站计量是向用户发油的依据。我国目前的状况是在管道首、末站有计量间外，油田和港口转运部门往往也设有计量系统。

### 5. 清管设备

清管设备主要为清管器发放筒、接收筒和相应的阀门与控制系统。用来对清除管道内污染物、测试管道腐蚀或泄漏等的清管器进行发放或接收。首站设有发放筒，末站设有接收筒，中间站则兼有接收筒和发放筒，有的中间站也可以不设，清管器直接通过。清管设备都为露天设备。

### 6. 加热系统

热管道的加热系统一般使用加热炉，分为直接加热和间接加热两种方式。间接加热系统除加热炉外，还有换热器和其它辅助设备。间接加热系统的加热炉可以是热媒炉或蒸汽锅炉，被加热的热媒或蒸汽在换热器中与原油进行热交换。

### 7. 通信系统

通常采用明线载波和微波，现代的管道系统也有采用光纤和卫星通信的。通信系统的机房设在站内，微波或卫星天线设在机房附近或房顶。通信系统除满足通话需要外，还承担传输集中控制系统的控制信号和采集数据的任务。先进的通信系统还可传输图像和视频信号。站与其附近管道上的设施常采用 VHF 和 UHF 通信。管道巡视和维护工作中也会用到移动通信。

### 8. 站控室

站控室也称站控中心，它是输油站的监控中心。如为全线集中控制的管道，站控室是输油站控制系统与控制中心的联系枢纽，管道自动控制系统的远程终端（RTU）与可编程序控

制器 PLC 等主要控制设备都设在这里。

#### 9. 供电系统

供电系统包括变电所、开关场、配电站及输电线路。变电所将高压输电线路送来的高电压（一般为 35 kV 或 110 kV）降为电动机和照明使用的几种较低电压，供站内使用。如果泵站输油机组不使用电动机，一般不设变电所。

#### 10. 供热、供水、排水及消防系统

这些系统包括锅炉房、水源井、水塔、污水处理设施（中间站不设）、消防泵房与水池（中间站不设），以及各种相应的管道。

#### 11. 办公室

首、末站人员多，办公室面积较大，中间站办公室较小。高度自动化的管道，中间站无人值守，不设办公室。

根据管道的规模、所输原油的特点及自动化的程度，生产区组成部分和规模会有所不同。有些管道还可能增加一些其它部分，例如，采用降粘输送时，还应有降凝剂、减阻剂的加注系统等。

输油站还建有生活区，供泵站工作人员及家属居住。我国新建管道为了改善输油站的工作人员及家属的生活条件，按照当地情况，采取在较好的地区集中建设生活基地，输油站只设单身宿舍。

## § 1-2 输气管道

与液体输送方式不同，天然气具有密度小、体积大的特点，因而管道输送几乎成了天然气远距离输送的惟一方式。国外已研究出在低温高压下气态输送或液态输送天然气的新输气工艺，其输送能力比一般温度和压力下提高几倍到十几倍。

### 一、输气管道的组成

输气干线从矿场附近的输气首站开始，到终点配气站为止。它主要由输气站、线路和控制中心三大部分组成。高度现代化的输气干线还具有经营管理中心。输气干线与输油干线的构成形态类似，但由于天然气密度小、体积大，可压缩的特点，解决供量与用量不平衡的储气方式与储油方式有较大差别，所用的主动力设备为压缩机。图 1-2 给出了典型的长距离输气管道的组成概况。

#### 1. 输气站

输气站的任务是进行气体的调压、计量、净化、加压或冷却，使气体按要求沿着管道向前流动。压气机也称压缩机，是输气站的关键动力设备，因此输气站又称压气站或压缩机站。

首站：它是输气干线的第一个压气站，是输气干线的起点，常位于气田附近。如果气田的地层压力大到足以将气体送到下一个压气站时，首站可暂不设压缩机车间，此时首站实质上就是一个调压计量站。大型的首站还兼有天然气净化系统。

中间站：首站与末站之间的压气站统称为中间站。除了不必贸易计量和大型净化装置外，其它任务和设备与首站相似。有些管线首、末站之间设有若干清管站或分输站。

末站：它是输气干线终点的最后一个输气站，它本质上也是一个调压计量站，担负着向

城市或用户配气管网供气的任务，也称为配气站。

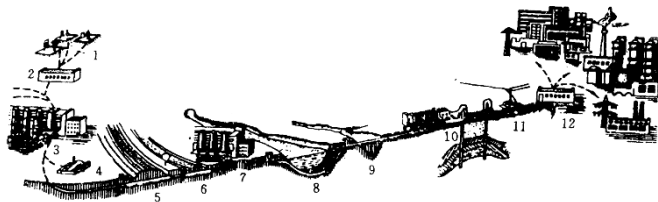


图 1-2 长距离输气管道组成

1—井场；2—集气站；3—有净化装置的压气首站；4—支线配气站；5、6—铁路和公路穿越；7—中间压气站；  
8、9—河流穿越和跨越；10—地下储气库；11—阴极保护站；12—终点配气站

复杂的输气干线也可以有多个供气首站和多个配气末站，它们从不同气田进入干线或由干线分流，也称为支线首站或支线配气站。

## 2. 线路、控制中心、管理中心

它们的基本组成和功能与输油管道类似，不再赘述。

## 3. 储气设施

干线供气一般变化不大，而城市的用气量随季节和每天时间变化很大，储气设施就是用来解决供气与用气的不平衡问题的。

## 二、压气站的组成

典型压气站的生产区由以下各部分组成。

### 1. 压缩机车间

它包括压缩机及驱动压缩机的燃气轮机、电动机或燃气发动机。它们是压气站的核心设备，为输送的气体提供动力。

### 2. 高压管组

它由阀门和管道组成，用以控制压气站的工艺流程。

### 3. 气体净化和脱尘设备

从地层开采出来的天然气往往含有砂和混入的铁锈等固体杂质，以及水、水蒸气、硫化物和二氧化碳等有害物质。因此，天然气进入输气干线之前必须净化，除去尘粒、凝液、水及其它有害成份。

除去固体杂质常用各种分离器，例如重力式分离器、旋风分离器和多管旋风分离器等。常用的脱水方法有低温分离、固体干燥剂吸附和液体吸收等。脱硫和脱二氧化碳的方法很多，可分化学溶剂法、物理溶剂法、直接转化法和干式床层法等四大类。

### 4. 清管设备

其作用与输油管道中的清管设备相似，不再赘述。

### 5. 气体分配站



用以将气体分配到不同的干线，主要由调节阀及计量系统组成。

#### 6. 能源系统

由锅炉房、热力管网、燃气管网、变电站或发电间，以及输配电设备等组成。

#### 7. 给排水系统

有水源、水泵房、水塔、储水罐、冷却水塔、供水及排水管网、污水处理装置等。

#### 8. 通信系统

包括有线的、无线的、微波的、光纤的或卫星通信系统。

#### 9. 站控系统

主要由工业控制计算机或网络组成，有就地监控和远程监控两种形式。

#### 10. 化验室

主要用来分析气体所含成份及含量，如  $H_2S$ 、 $CO_2$  的含量等。先进的管道多为在线工作方式。

#### 11. 办公室、修理间、消防间等。

### 三、配气站的组成

配气站是输气干线或支线的终点站，又是一个城市或部门配气系统的总站。它的主要任务是接受干线输气管来的气，向储气库转输气体或接收其来的气，然后进行气体的除尘、一级或多级调压、计量和添味（加臭），并将气体通过各种管网送给用户。储气库的调压站可以单独设置，也可以与配气站合并设置。典型的配气站包含以下设施：

(1) 清管器接收筒，用来接收清管器和排污。

(2) 阀组与管汇，用来控制工艺流程。

(3) 除尘器。

(4) 压力调节阀。

(5) 计量系统。

(6) 添味器。用来向气体中加入添味剂，使气体具有强烈的刺鼻的气味，一旦气体泄漏，即可闻到，从而及时发现，采取措施，保证安全。

### 四、储气

解决供气与用气不平衡的方法有：调节气源的供气能力或设置机动气源；将大型企业作为城市用气的缓冲用户，气体多余时，让它用气，少时让它改用其它燃料，这两种方法受气源和用户某种条件的限制，不可能完全解决不平衡问题。因此，必须采用储气措施，常见的储气方法有：地下储气、气罐储气、液态或固体储气、输气管道末段储气等。

在本节的末尾，我们将长距离输油和输气管道加以比较，如表 1-1 所示。

表 1-1 输油干线与输气干线的比较

	输油干线	输气干线
输送介质	液体，密度大，不可压缩	气体，密度小，可压缩
原动机	泵，离心泵汽蚀问题	压缩机，离心式压缩机喘振问题