

内容提要 本书讲述了可控气氛热处理中所用可控气氛的种类、制备和用途，其中着重介绍了吸热式气氛的制备和应用；同时还介绍了可控气氛热处理的有关设备以及碳势控制的原理和仪器。

本书可供热处理工人和技术人员参考。

可控气氛热处理

刘德宝 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 5 · 字数 107 千字

1974年11月北京第一版·1974年11月北京第一次印刷

印数 00,001—23,000 · 定价 0.36 元

*

统一书号：15033·4247

出版说明

在批林批孔运动的推动下，机械工业技术革新技术改造的群众运动蓬勃开展，先进经验层出不穷。为及时总结推广这些先进经验，我们组织编写了“机械工业技术革新技术改造选编”。

“机械工业技术革新技术改造选编”将陆续出版，内容包括：铸、锻、焊、热处理、机械加工、改善劳动条件、三废处理等方面，每本讲一个专题，内容少而精，便于机械工业的广大职工阅读参考。

在组织编写过程中，得到有关领导部门和编写单位的大力支持，对此我们表示感谢。欢迎广大读者对这些书多提宝贵意见。

前 言

钢铁零件在一般的空气炉中加热，会发生氧化和脱碳，从而大大降低了零件的机械性能和使用寿命。为了去除氧化皮，在设计机械零件时必须留有加工余量，因而降低了材料利用率。

采用可控气氛进行热处理，就可基本上或完全避免氧化和脱碳。目前，有些产品和零件，如微型轴承、喷油嘴等，在进行热处理时，特别是喷油嘴，由于其喷油孔孔径很小，用空气炉加热就会由于氧化而报废，而用盐浴炉进行加热后，其清洗盐的工序是很麻烦的，采用可控气氛热处理，上述问题就可很易解决，而且还能保证产品质量。

采用可控气氛进行化学热处理，如渗碳、氰化等也同样能大大提高产品质量和机械性能。

从最近几年的实践来看，在热处理中采用可控气氛，已经取得了一系列效果。我国有关工厂、学校和科研单位实行革命的三结合，根据具体的产品和生产条件，大胆设计和制造了各种形式的可控气氛热处理设备，对解决和提高产品质量问题，发挥了很大作用。

为了普及和推广可控气氛热处理这项先进工艺，本书介绍了这方面的一些技术资料和自己工作中的一些体会。但由于本人政治和业务水平不高，编写仓促，书中缺点和错误之处，望读者批评指正。

作 者

目 录

一、概 论	1
(一) 钢在可控气氛中的氧化、脱碳和增碳的基本原理	1
(二) 可控气氛的分类和应用	7
(三) 制备可控气氛的原料	7
二、放热式气氛	13
(一) 概述	13
(二) 放热式气氛的制备	15
(三) 放热式气体发生器	19
(四) 发生器的操作	26
三、吸热式气氛	28
(一) 概述	28
(二) 吸热式气氛的制备流程	31
(三) 吸热式气体发生器	35
(四) 发生器的调整	66
四、催化剂(触媒)的制备	79
(一) 载体	79
(二) 触媒剂与助触媒剂	80
(三) 计算和制备方法	80
五、氨分解制备的气氛	83
(一) 概述	83
(二) 分解氨的制备及分解氨发生器	85
(三) 触媒剂	88
六、其它种类型气氛的制备	89
(一) 木炭制备的气氛	89

(二) 液体制备的气氛	90
(三) 氮保护气的制备	91
(四) 贵重气体保护气	92
七、碳势控制原理及测量碳势的仪器	93
(一) 碳势控制原理	93
(二) 露点仪	96
(三) 电导仪	106
(四) 红外线 CO ₂ 气体分析仪	108
(五) 露点仪、电导仪、红外线 CO ₂ 气体分析仪的比较	114
(六) 奥氏分析仪	115
八、多用式可控气氛热处理炉	125
(一) 多用式可控气氛热处理炉的主要组成	125
(二) 工作炉的安装	128
(三) 工作炉的冷试调	129
(四) 工作炉的烘炉及热试车	130
(五) 向炉内通吸热式气和停止送气的程序及操作	133
(六) 工作炉的时效	134
(七) 经验平衡曲线的测定	134
(八) 工作炉的安全操作	139
(九) 热处理工艺的选择	140
(十) 光亮淬火油的选择	147
(十一) 关于工作炉常出现的一些问题	148
(十二) 工作炉的筑炉材料及其技术要求	149

一、概 论

(一) 钢在可控气氛中的氧化、

脱碳和增碳的基本原理

钢铁零件在空气炉中进行加热时，要发生氧化、脱碳，这是因为在空气中存在着21%左右氧气的缘故。这不但损失大量的钢铁，而且使产品质量、机械性能和使用寿命大为降低。因此，为了避免上述缺陷，工件在加热过程中应将炉内的氧气排除掉。

排除氧气有种种方法，一种方法是把空气抽掉，使工件在加热时呈真空状态，这就是真空热处理。但这种真空方法对加热炉结构要求很高，特别是在真空设备里实现多种热处理工艺时，使这种真空热处理设备结构更为复杂。

另一种方法是在热处理炉内通入能够保护钢铁零件不氧化、不脱碳的一些气体，这就是本书所介绍的可控气氛热处理。常用的可控气氛主要由一氧化碳(CO)、氢(H₂)、氮(N₂)及微量的二氧化碳(CO₂)、水分(H₂O)及甲烷(CH₄)等气体所组成。

这些气体与钢铁及碳化物的化学反应列于表1。

从表1中这些化学反应式可以归纳为：

1. 具有氧化和脱碳作用的气体

除了氧是强烈氧化、脱碳性气体外，二氧化碳和水蒸气的作用与氧一样，在高温下同样使钢铁零件产生氧化和脱碳。因此，对这两种气体在控制气氛中必须严格控制。

2. 具有还原性的气体

表 1 各种气体与钢铁及碳化物的化学反应

气体成分	无氧化条件 (%)	化 学 反 应	性 质	不脱碳条件 (%)
O ₂	0	$2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$ $\text{Fe}_3\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + \text{CO}_2$	强氧化性 强脱碳性	0
N ₂	100	—	中 性	100
CO ₂	≤ 5	$\text{Fe} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{FeO} + \text{CO}$ $\text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}$	强氧化性 强脱碳性	0
H ₂ O	≤ 3 (24°C以下)	$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeO} + \text{H}_2$ $\text{Fe}_3\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{H}_2$ + CO	氧化性 强脱碳性	≤ 0.25 (-11°C以下)
H ₂	2~100	$\text{FeO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$	强还原性	
CO	8~20	$\text{Fe} + 2\text{CO} \rightarrow \text{Fe}(\text{C}) + \text{CO}_2$ $\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$	弱渗碳性 还原性	
CH ₄	1	$\text{Fe} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{C}) + 2\text{H}_2$	强渗碳性	1

氢和一氧化碳属于这种气体，也就是说这两种气体不仅能够保护钢铁在高温下加热时不氧化，而且还能具有将氧化铁还原成铁的作用，其中一氧化碳还是一种增碳性气体。

3. 中性气体

氮气在高温下和钢铁零件不发生任何作用，即不氧化、脱碳，也不还原，也无渗碳作用，因此是一种中性气体。

4. 具有强烈渗碳作用的气体

甲烷是一种渗碳性气体，在高温下能分解出大量的碳原子，渗入钢的表面，使之增碳。

从以上我们介绍的各种气体组成和性质来看，实际上通入的可控气氛是多种气体的混合气体，这里面有氧化脱碳性的气体 (CO₂、H₂O)，有还原性气体 (CO、H₂)，还有渗碳性气体 (CH₄)。这些气体组元，在高温下的化学反应是很

复杂的，究竟是使钢铁氧化脱碳呢？还是不氧化不脱碳，或是渗碳呢？这要从组成这个混合气体的各种气体性质及其 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 、 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的相对含量来看，即何种气体起主要作用。实际上混合气体在高温条件下，有时其中即使有大量的氧化性气体（氧除外）存在，由于气相反应平衡的原因，也不会引起钢铁的氧化、脱碳。要求不氧化是比较容易的，要求不脱碳则要求 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 、 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的

比值还要小。为了叙述方便，下面以图 1 为例进行详细探讨。

图中 AD、BC 两条曲线分别为 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 、 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的反应平衡曲线。从图中可以看出，尽管两条曲线的平衡规律不同（具有相反的斜率），但它们的共同特点是各自曲线的左边为还原区，曲线的右边为氧化区，而在 COD 区间 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的氧化区恰巧在 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 的还原区。

当钢铁零件在一定温度下加热时，是被氧化还是被还原主要看气氛中 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 、 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的相对量。为了研究方便，下面我们分别分析一下 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 或 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的比值在不同温度下对钢铁作用的影响。

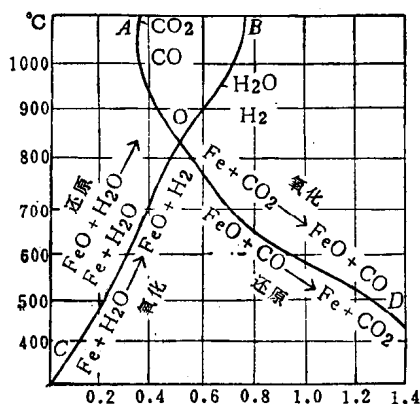


图 1 不同温度下， $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 或 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 反应平衡曲线

例如，当加热温度为 950°C ，气氛中 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} = 0.4$ 时，从图中 AD 曲线看出，此时既不产生氧化、也不还原，即氧化作用与还原作用处于均势，也就是说处于相对平衡状态（氧化速度等于还原速度）。这样，在 950°C 加热时：

当控制气氛中

$\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} > 0.4$ 时，钢铁被氧化，

$\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} < 0.4$ 时，钢铁被还原，

$\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} = 0.4$ 时，钢铁既不被氧化，也不还原。

也就是说， $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} = 0.4$ 时，相应于温度 950°C 时的平衡值。从曲线也可以看出，当加热温度变动时，其 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 平衡值也发生变动。例如：加热温度为 850°C 时，气氛中 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 平衡值为 0.5；加热温度为 700°C 时，平衡值为 0.7。因此，炉温不同，其 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 所对应的平衡值也不同。

同样从 BC 曲线看出：

当加热温度为 950°C 时， $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的平衡值为 0.7，

加热温度为 850°C 时， $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的平衡值为 0.5，

加热温度为 700°C 时， $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的平衡值为 0.4。

应当指出，可控气氛是由多种气体所组成的，因此对钢铁的作用，应同时综合考虑这些气体的影响。综上所述可以得出结论：在 $700\sim 950^{\circ}\text{C}$ 的热处理温度范围内，要使钢铁零件在加热时不氧化，必须控制气氛中的 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 比值相应地小于 $0.7\sim 0.4$ （视加热温度而定）， $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的比值相应地小于 $0.4\sim 0.7$ 。而不脱碳则要求上述比值还要小，约 0.04 左右。

那末如何控制保护气氛中 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 和 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的比例呢？我们只要采用适当的空气与原料气（如：丙烷、丁烷）的混合比，就可很容易地控制了。增加原料气的量就可使反应气中的 H_2O 和 CO_2 量减少，而 CO 、 H_2 的量增加，因而使 $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ 和 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2}$ 的比值减小。混合比降低，可增加反应气的还原性，从而保证工件不氧化。当 CO 和 H_2 的量足够多时，就有利于还原和增碳反应。

碳渗入钢中有两种途径：

1. 由 CH_4 直接分解： $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_{\gamma, \text{Fe}} + 2\text{H}_2$
2. 由 CO 分解： $2\text{CO} \rightarrow \text{C}_{\gamma, \text{Fe}} + \text{CO}_2$

$\text{C}_{\gamma, \text{Fe}}$ 表示在高温状态下溶于奥氏体中的碳。所以，当需要渗碳时只要往这种气氛中加入适当的碳氢化合物（如： C_3H_8 、 C_4H_{10} 、 CH_4 等），即可提高气氛的碳势使钢铁零件表面增碳。

钢铁零件在可控气氛中加热时，除了对可控气氛成分的要求和加热温度的考虑外，还应注意被处理钢材的含碳量。对于某一种含碳量的钢材，在一定温度下加热时，有着与它相平衡的 CO_2 或 H_2O 的含量。图2所示为不同含碳量的钢在不同温度下加热时，可控气氛中 CO_2 的平衡值。从图2中看出，当加热温度升高，钢的含碳量增加时，要降低 CO_2 含量才能保持平衡。

例如，在此可控气氛中（此可控气氛含 $\text{CO}_2 + \text{CO} = 20\%$ ），加热含碳量为0.8%的钢：850℃时，可控气氛中的 CO_2 应为0.4%左右；

900℃时，可控气氛中的 CO_2 应为0.2%左右。

如果把低于此含碳量的钢在这种气氛中加热时，钢材表

面的碳分就要增加到此含碳量——增碳。而高于此含碳量的钢，表面含碳量就要减到此含碳量——脱碳。

因此，我们一般都把此含碳量称之为某种可控气氛的碳势。同样可控气氛中 H_2O 也有类似的平衡曲线，这里不再详述。

以上我们列举的平衡曲线均为理论计算所得，因此称为理论平衡曲线。而实际上由于条件不同，可控气氛中各组元之间的化学反应是非常复杂的，这种理论平衡与实际情况是有差异的，差异甚至很大，特别是对合金钢由于钢中含合金元素的影响，出入

更大。因此这种理论平衡曲线，对生产实践只能作个参考，而真正用来指导生产实践的是经验平衡曲线。这种经验平衡曲线，是在生产中针对某种钢材与所使用的可控气氛，通过试验测定出的，在一定温度下对应于不同的 CO_2 或 H_2O 含量时可控

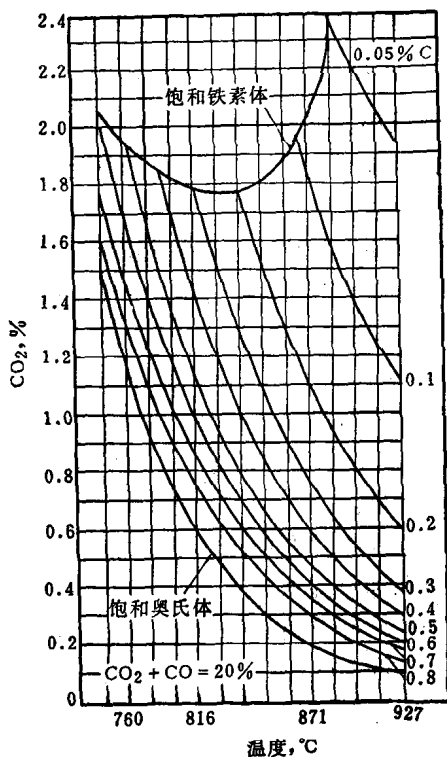


图2 对于不同含碳量的钢，
在平衡状态下的 CO_2 含量

气氛的碳势。

(二) 可控气氛的分类和应用

在前言中已经谈到可控气氛热处理的优越性，因此，目前可控气氛热处理已被普遍重视和推广采用。用于热处理的可控气氛其名称和种类繁多，所以对它的合理分类就显得非常重要。分类时首先应考虑到使用选择的方便。但目前国内外所使用的可控气氛，还没有一个统一的分类方法，各国都有自己的分类方法。

从所用的原料气来分：有用固体原料制备的气氛、液体原料制备的气氛和气体原料制备的气氛。从气氛制备的特点来分：有吸热式气氛、放热式气氛和放热吸热式气氛。

我国则是根据国内的具体情况（如：原料气来源，经济价格和所处理的工件特点等）来选择气体的类型和制备方法的，目前我们常用的可控气氛主要是吸热式气氛、放热式气氛和氨分解气氛三大类，其它种类型有工业氮和氢等。

吸热式气氛和放热式气氛为可控气氛的主要类型，而其它种类型的气氛大多数是从上述两种气氛分出来的。如：再处理的吸热式气体，是由吸热式气体分出来的，因此再处理的吸热式气氛也是吸热式气氛的一种。净化放热式气氛和再处理的放热式气氛是由放热式气氛分出来的等等。

现将主要可控气氛的名称、组成及用途列于表2。

(三) 制备可控气氛的原料

制备可控气氛用的原料是多种多样的，可以用气体原料，固体原料，亦可用液体原料。为制备出合格的可控气氛，对于所用的原料有如下的要求：

表2 可控气氛的组成及用途

气体名称	气体成分(体积, %)					发生量 (米 ³ /小时)	铜	低碳钢 ($<0.2\%C$)	中碳钢 ($0.2\sim0.6\%C$)	高碳钢 ($>0.6\%C$)	特殊钢
	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	H ₂ O	N ₂					
吸热式 气氛	0.0①	24.0	33.4	0.4	0.0	42.2		渗碳, 氮共渗, 光亮退火, 钎焊, 烧结	渗碳, 氮共渗, 光亮退火, 钎焊	光亮退火, 光亮淬火	光亮淬火 (铸钢, 铝钢 及高速钢)
	0.0②	24.5	32.1	0.4	0.0	43.0					
放热式 气氛 (露点 -40°C)	10.5	1.5	1.2	0.0	0.8	86.0	光亮 退火, 烧 结				
	5.0	10.5	12.5	0.5	0.8	70.7		光亮退火 钎焊	光亮退火 (30分以内 处理)		
净化放热 式气氛 再处理的 放热式气氛	0.05	1.5	1.2	0.0	0.0	其余	光亮 退火	光亮退火	光亮退火	光亮退火	光亮退火(不 锈钢及硅钢)
	0.05	0.05	3.0 ~10.0	0.0	0.0	其余	超光 亮退火	超光亮退 火			光亮退火(不 锈钢及硅 钢)
氢分解气 氛③	0.0	0.0	75.0	0.0	0.0	25.0		钎焊, 烧 结, 表面氧 化物快速还 原			
氢燃烧气 氛④	0.0	0.0	~10	0.0	0.0	90		钎焊 光亮退火	钎焊	钎焊 光亮退火	光亮退火(高 速钢, 不锈 钢)光亮退 火(高速钢)
再处理的 吸热式气氛	0.05 ~2.0	0.05 ~10	50.0 ~98.8	0.0 ~0.40	0.0	其余	表面氧化 物快速还原				光亮退火(不 锈钢及硅钢)

● 用丙烷制备时的成分, ● 用丁烷制备时的成分, ● 用氨气制备, 其它为用天然气、煤气制备时的成分。

- (1) 原料来源丰富，价格低；
- (2) 分解转化完全，不积碳黑；
- (3) 含硫量低 ($<0.16 \sim 0.23$ 克/米³)；
- (4) 便于运输和贮存。

1. 固体原料

制备可控气氛的固体原料主要是木炭，木炭发生器结构简单，制作容易，投资少，维修和操作方便。但使用木炭也有很多缺点，如：木炭的消耗量较大、脏、劳动条件差。更主要的是木炭制备的气体成分，随天气潮湿变化，碳势低，因此，只适于要求不太严格的零件保护加热，如铸锻件的退火保护。用木炭作为制备可控气氛的原料，由于有上述缺点，所以在应用上受到了一定的局限，使用的不多了。

2. 液体原料

用作可控气氛的液体原料主要是醇类，如：甲醇、乙醇、丙酮等等。甲醇是稀释气体-载体，丙酮是渗碳气体。用液体原料制备可控气氛，一般都是将液体原料直接滴在井式炉内，因此，无须特殊设备，只用一般的井式炉经过稍加改装即可。具备投资少，制作容易，上马快等特点，是应用可控气氛的另一途径。

作为理想的形成渗碳气氛的有机液体应以稍易燃，不易产生焦油和碳黑为宜。如脂肪族化合物的醇、酮、醚等有机液体，其碳氧比 $C/O \geq 1$ ，其分子结构比较简单，在高温下易于分解为 CH_4 、 H_2 及 CO ，最适用于制备可控气氛。

3. 气体原料

用气体做制备可控气氛的原料有很多种，总的可分为人造的与天然两种。

(1) 人造的气体原料

人造的气体原料主要有：城市煤气，发生炉煤气和焦炉煤气等等。这些气体适用于无天然气，运输不方便的地方使用。上述的气体原料其成分随着其负荷不同，变化比较大，因此，制备出的气氛不稳定，直接影响着热处理的质量。另外上述煤气的含硫量较高，因之需要采取除硫措施，否则易使发生器内催化剂毒化而失效。用煤气作原料气其含硫量应控制在 $160 \sim 230$ 毫克/米³ 以下。除硫最简单的方法是将含硫气体通过装有三氧化二铁或三氧化二铁加木屑的容器，这样可将绝大部分 H_2S 除去。如：原始城市煤气含 $430 \sim 570$ 毫克/米³ 的硫，通过三氧化二铁处理后，含硫量可降低到 $46 \sim 92$ 毫克/米³。

其它还有很多的除硫方法，如：用分子筛亦可达到除去 SO_2 、 H_2S 的作用。但这种方法由于用分子筛，成本稍高。

此外，某些热值过低的气体 (<3000 千卡/米³) 是不适宜做制备可控气氛原料的。

氨气 (NH_3) 也是应用较广的一种气体原料，为运输贮存的方便，氨气都是呈液氨瓶装使用。这种液氨在 $20^\circ C$ ，一个大气压下，每公斤可产生 1.4 米³ 的氨气。氨经过分解以后其气体体积增加一倍，所以每公斤液氨可制备约 2.8 米³ 的分解氨气体 (其中 $3/4 H_2$ ， $1/4 N_2$)。

(2) 天然的气体原料

从前面所述的固体原料和液体原料来看，用来制备可控气氛都有一定的缺点，现在已逐渐被石油化工副产品——丙烷、丁烷等液化石油气所代替。丙烷、丁烷在我国有着极其丰富的矿藏，特别是大庆等油田的开发，为我国普遍应用可控气氛，创造了很有利的条件。

丙烷、丁烷有两种来源：一种是在炼制石油时分离出来

的；另一种是开采石油时得到的油田气。这两种气体的含硫量都很低（ $<0.01\%$ ），因此，可不必担心硫的毒化，很适用于作制备可控气氛的原料气。另外，丙烷、丁烷的最大特点是在常温下加压（8 公斤/厘米²）即可液化[●]，液化的丙烷、丁烷装在容器中运输和贮存都很方便。为了更好地使用丙烷、丁烷，表3、表4列出了丙烷、丁烷的一般物理特性和一般参考数据供参考。

表3 丙烷、丁烷的一般物理特性

原料气 名 称	液体比重 (20℃)	气体密度(公斤/米 ³)		蒸发潜热 (仟卡/公斤)	点火温度 (℃)
		一个大气压 (15℃)	一个大气压 (0℃)		
丙 烷	0.5	1.86	2.02	102	374
丁 烷	0.58	2.45	2.59	92	608

表4 丙烷、丁烷在使用时的一般参考数据

原料气 名 称	10公斤容器 可 装 (升)	10公斤容器 可 放 气 体 (米 ³)	1 公斤液体 气 化 后 为 (米 ³)	1 公斤液体 产 气 量 (标准米 ³)	1 标准米 ³ 吸 热 式 气 体 产 气 量 (标准米 ³)
丙 烷	20	5	0.537	6.79	12.64
丁 烷	17.2	4	0.408	8.72	16.52

一般的液化石油气，多为丙烷和丁烷二者的混合物，所以平均来算，一公斤液化石油气约生成0.5米³的液化气体。其混合物的比重大致为0.51左右，约为水的一半。

所谓液化气液体比重，就是在标准状态（0℃，一个大气

● 指丙烷而言。

压)下液体与同容积的水的重量比。

通常液化气的比重,是指液化石油气的分子量同空气的分子量之比,这是由于1克分子气体具有相同体积的缘故(22.4升)。

$$\text{丙烷的比重} = \frac{\text{丙烷}(44)}{\text{空气}(29)} = 1.52$$

$$\text{丁烷的比重} = \frac{\text{丁烷}(58)}{\text{空气}(29)} = 2.0$$

表示蒸气分子的压力为蒸气压,蒸气压与外压相等时的液温叫沸点。沸点与外压有关,外压增高,沸点便上升。丙烷的沸点为 -42°C ,如果加以 8公斤/厘米^2 的压力,沸点便为 20°C ,所以,我们规定液化石油气的标准压力为 7公斤/厘米^2 ,其目的是为了把沸点置于常温之下。

制备可控气氛用的丙烷、丁烷气体,要求有较高的纯度($>90\sim 95\%$)。但是,从我国的实际情况出发,供应纯度 $90\sim 95\%$ 的丙烷、丁烷,尚有一定困难,根据各单位使用情况来看,丙烷、丁烷的含量在 $80\sim 85\%$ 左右也勉强可用。纯度低于 80% 在使用中易产生碳黑,这些碳黑附着在催化剂的表面,使催化剂失去作用。碳黑产生的原因主要是其中含有许多烯烃化合物等杂质,这些不饱和的烯烃在发生器中裂解转化时易析出碳黑。因此,烯烃之类最好限制在 5% 以下。

气体原料中还有一种是天然气——甲烷(CH_4),是一种很好的天然资源,也是最价廉的一种气体。我国甲烷资源也很丰富。如四川省自贡的天然气含甲烷量为 97.553% ,因此纯度很高,为开展可控气氛热处理提供了一个极为便利的条件。可惜甲烷是种干性气体——很难液化,这给运输带来了困难,只限于在产地应用。