

液化石油气切割与焊接

第一机械工业部情报所编

机械工业出版社

液化石油气切割与焊接是一项新工艺；与使用乙炔比较有很大的政治和经济意义。本文收集国内外有关资料共十三篇，介绍了设备，焊切具及操作工艺，均以生产经验为主。另外还附有目录索引一百余条，供进一步研究时查考。

可供机械、船舶、电力、石油、冶金、化工等工厂技术人员和工人参阅。

液化石油气切割与焊接

第一机械工业部情报所编

(只限国内发行)

*

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 787×1092¹/₁₆·印张 3¹/₁₆·字数 93 千字

1972 年 12 月北京第一版·1972 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—30,000 定价 0.35 元

*

统一书号: 15033·(内) 535

目 录

液化石油气切割与焊接.....	1
液化石油气切割钢坯.....	12
氧-液化石油气切割金属总结	18
液化石油气焊接.....	21
割咀结构对丙烷-氧切割加热速度和经济性的影响	29
切割用丙烷.....	31
丙烷, 乙炔两种气体切割成本比较.....	34
氧-代用气切割的改进	37
丙烷-丁烷混合气在造船厂的应用	42
用丙烷代乙炔修焊农业机械.....	44
Г3У-1-62 和 Г3М-1-62 丙烷丁烷-氧焊把	46
Г3У-2-62 和 Г3М-2-62 丙烷丁烷焊把.....	47
关于丙烷-氧焰的“积缩”作用	48
目录索引.....	49

液化石油气切割与焊接

沈阳市综合利用研究所

一、液化石油气

一、什么是液化石油气

液化石油气是石油开采和炼制过程中的副产物。主要成分是丙烷(C_3H_8)和丁烷(C_4H_{10})，它们在常温常压下是以气态存在，降低温度或增加压力，则会变成液体。为贮存及运输方便，一般是加压使其变成液体装在受压容器内，因此人们称之为液化石油气，简称液化气。

二、液化石油气的来源

液化石油气的主要来源有两个：一个是油田，另一个是炼油厂。

石油开采过程中的气体产物叫油田气，从中可以回收一定量的液化石油气。

石油加工过程中的气体产物叫石油尾气，其中含有乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、丁烷及丁烯等。一般是先将乙烯、丙烯及丁烯等用做化工原料，剩余的丙烷和丁烷等(即液化石油气)做为燃料使用。

三、液化石油气的主要物理性质

液化石油气的物理性质(见附表1)包括其比重、临介压力、临介温度、沸点温度和蒸发潜热等等。

表1 液化石油气的饱和蒸气压力(绝对大气压)

温 度 (°C)	丙 烷 (C_3H_8)	丙 烯 (C_3H_6)	正 丁 烷 ($n-C_4H_{10}$)	异 丁 烷 ($i-C_4H_{10}$)	丁 烯 (C_4H_8)	25% C_4H_{10} 75% C_3H_8	50% C_3H_8 50% C_4H_{10}	75% C_4H_{10} 25% C_3H_8
-50	0.8	0.9	0.10	0.17	0.09	0.62	0.45	0.27
-40	1.2	1.4	0.18	0.27	0.17	0.94	0.69	0.43
-30	1.8	2.0	0.28	0.44	0.27	1.42	1.04	0.66
-20	2.7	3.0	0.45	0.69	0.41	2.13	1.57	1.01
-10	3.7	4.1	0.68	1.02	0.64	2.95	2.19	1.43
0	4.3	5.8	0.96	1.60	0.92	3.84	2.88	1.92
10	6.4	7.6	1.50	2.30	1.40	5.17	3.95	2.72
20	8.5	10.3	2.10	3.20	2.00	6.90	5.30	3.70
30	11.0	13.3	2.90	4.20	2.70	9.00	6.95	4.92
40	14.3	17.0	3.90	5.50	3.60	11.70	9.10	6.50
50	18.0	21.0	5.10	7.10	4.80	14.75	11.55	8.32

从附表1可知：在常温常压下，丙烷气的比重为空气的1.5倍左右，丁烷气的比重为空气的2倍左右。可见，液化石油气比空气比重大得多。因此，当液化石油气漏出时，在通风不良的条件下，容易积存于低洼处，遇火造成火灾，在使用中应加以注意。

在使用过程中，液化石油气瓶内必须始终具有一定的压力，其压力的大小，取决于瓶内

液化石油气的组成及温度。在一定的温度下，瓶内丙烷含量越高，瓶内压力就越大。当瓶内组成一定时，瓶内的压力则随温度的下降而降低。表 1 即为液化石油气各组分、温度与压力之间的关系。

从表 1 可知：如果瓶内装的是纯丁烷，在 0°C 时，瓶内接近于常压；如果瓶内装的是纯丙烷，在零下 30°C 时，瓶内仍有 0.8 公斤/厘米²（表压）的压力。所以在气温比较低的情况下，瓶内的丙烷含量高些好。

气瓶的最大工作压力为 16 公斤/厘米²，就是按瓶内装纯丙烷、温度不超过 50°C 来确定的。

四、液化石油气的燃烧特性

液化石油气的燃烧特性（见附表 1）包括其热值、耗氧量、燃烧速度、火焰温度、燃烧范围及火焰的化学性质等等。

（一）热值

热值就是单位体积或重量的燃料完全燃烧时所放出的热量。液化气与乙炔气的重量热值接近，如丙烷为 $11,300$ 千卡/公斤（低热值），乙炔为 $11,900$ 千卡/公斤。体积热值丙烷气为 $20,485$ 千卡/米³（低热值），乙炔气为 $12,600$ 千卡/米³。即丙烷的体积热值为乙炔的 1.63 倍。

（二）耗氧量

耗氧量是指燃料完全燃烧所需的氧气量。从附表 1 可知： 1 米³ 丙烷气完全燃烧理论上需氧气 5 米³， 1 米³ 丁烷气需氧气 6.5 米³。

（三）燃烧速度

燃料的燃烧速度是由多种因素决定的，其中包括燃料的性质、氧气和燃料的比例、燃料和氧混合物所处的状态（温度、压力）及燃烧器的构造等等。但主要取决于燃料的性质及氧与燃料的比例。

例如，当氧/乙炔 = 1.15 （体积比）时，其燃烧速度为 7.5 米/秒。当氧/丙烷 = 3.5 （体积比）时，其燃烧速度为 2 米/秒左右，当氧/丙烷 = 4 时，其燃烧速度为 3 米/秒左右，当氧/丙烷 = 5 时，其燃烧速度已接近最大值，为 3.5 米/秒左右。

（四）火焰温度

火焰的温度也和燃料的性质、氧与燃料的比例、燃料与氧混合物的状态有关。但是主要也是取决于燃料的性质及氧与燃料的比例。例如：当氧/乙炔 = 1.15 时其火焰温度约为 3100°C ，当氧/丙烷 = 3.5 时，其火焰温度约为 2100°C ，当氧/丙烷 = 5 时，其火焰温度可达 2700°C 。

（五）火焰的化学性质

火焰的化学性质是指火焰的氧化或还原性质，这种性质也是取决于燃料的性质及氧与燃料的比例。例如：当氧/乙炔 = 1.15 时，其焊接火焰的内焰具有良好的还原性。当氧/乙炔 > 1.2 时，火焰则具有氧化性。对以丙烷、丁烷为主的液化石油气，当氧/液化气 = 3.5 时，其火焰内焰就具有较大的氧化性。

还应指出：火焰的化学性质和火焰的部位有很大的关系。以液化石油气氧焰为例，越靠近火焰内焰的根部，其氧化作用越大。这是因为：液化石油气氧焰的耗氧阶段需一定的时间，在这一阶段没完成之前，火焰中尚存在一定量的“过剩氧”，当金属接触到火焰的这一部位时，便会产生强烈的氧化现象。而越是靠近内焰的根部，这种“过剩氧”量越大。

二、液化石油气切割

一、氧气切割的基本原理

氧气切割过程的实质是用气体燃料(或液体燃料的蒸气)和纯氧的火焰,将铁预热至1050~1300℃,然后开放切割氧(快风),铁在纯氧射流中激烈燃烧,燃烧产物随之被气流吹掉。预热燃料一般是用乙炔气(乙炔气是通过电石得到的),也可以用其它燃料,例如氢气、天然气(甲烷)和液化石油气等等。所谓液化石油气切割,就是用液化石油气代替乙炔的切割过程。

二、液化石油气割炬

割炬分为等压式的及射吸式的两种,后面提到的割炬(或焊炬)全部为射吸式的。

因为液化石油气与乙炔气的燃烧特性不同,所以用液化石油气切割应当使用专门的割炬。这种割炬可以重新设计制造,也可以将原来的乙炔割炬加以适当改造。重新设计或改制的割炬都应满足下列要求:

第一:保证有足够的氧气及燃料。

第二:保证燃料混合气的流出速度合适。

第三:保证割炬有足够大的射吸能力。

(一)原乙炔割炬的改制方法

乙炔割炬的改法很简单(参见图1),主要是两部分:

1. 扩大燃料混合气的喷口截面,降低其流出速度。

燃料混合气的流出速度必须合适,太小了,易发生回火而熄火;太大了,则会脱火而熄火。许可使用的流出速度主要取决于燃料的燃烧速度,燃烧速度越大,可以使用的流出速度也就越大,因为液化石油气氧焰的燃烧速度较乙炔氧焰小得多,所以乙炔割炬用液化石油气切割,必须扩大燃料混合气的喷口截面,降低其流出速度,防止脱火。

例如:二号乙炔割炬(切割厚度为100毫米以下)改用液化石油气切割,同心圆式割嘴可扩大环隙宽度为原来的2.2倍左右,扩大后为0.6~0.65毫米。三号乙炔割炬(切割厚度为300毫米以下)同心圆式割嘴可扩大环隙宽度为原来的二倍左右,扩大后为0.65~0.80毫米。

2. 扩大慢风喷嘴孔径

因为液化石油气切割其燃料混合气的耗氧量较乙炔切割大些,所以应适当加大慢风喷嘴孔径。二号乙炔割炬改用液化石油气切割,慢风喷嘴孔径可由原来的0.7毫米改为1.0毫米。三号乙炔割炬可由0.8毫米改为1.1毫米。

(二)液化石油气割炬的重新设计制造

为设计及制造方便,液化石油气割炬全部零件及总体尺寸与同号乙炔割炬相同。只对其中三个部件加以适当改造,除了扩大慢风喷嘴孔径及燃料混合气喷口截面外,还扩大了射吸管圆柱部分的孔径。图1为二号液化石油气割炬的喷嘴、射吸管及割嘴。

改制或重新设计的液化石油气割炬与同号乙炔割炬切割能力相同。

图1所示割嘴为同心圆式,这种割嘴的优点是加工方便,缺点是火焰不够集中,呈发散型,应进一步改进。

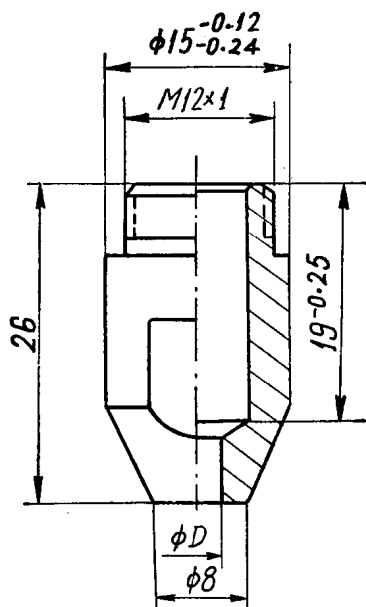


图1 a 割嘴外套

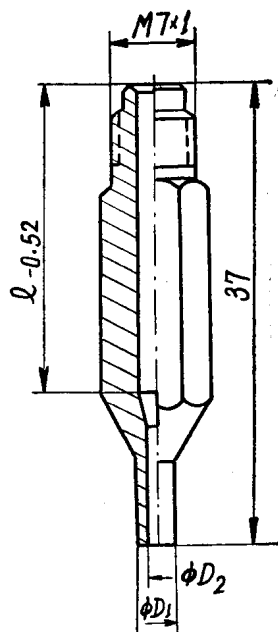


图1 b 割嘴内咀

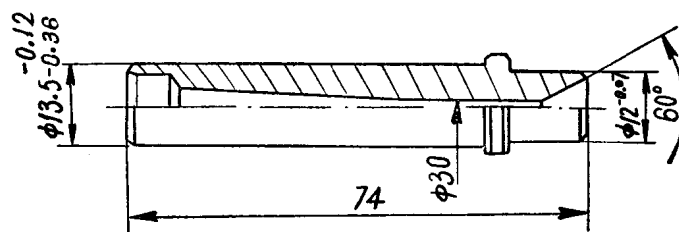


图1 c 射吸管

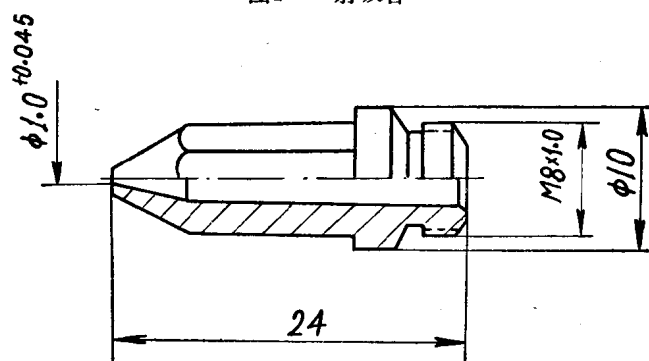


图1 d 喷嘴

图 1 二号液化石油气割炬主要零件结构尺寸

割嘴号码	ϕD_1	ϕD_2	l	ϕD
1	2.9	1.0	26	4.1
2	3.1	1.3	23	4.4
3	3.4	1.6	23	4.7

三、液化石油气割炬的操作方法

液化石油气点火较困难，最好使用明火，其办法是先放出少量燃料气，点燃后给氧气并逐渐加大燃料量。当火焰呈兰白色并发出呜呜响声时即可。也可使用碳火，其办法是先放出少量的燃料并放出一定量的氧气，使碳火变成明火，点燃后再调节火焰。

氧气的供给压力与同号乙炔割炬相同，燃料的供给压力可略低于同号乙炔割炬的乙炔供给压力。

四、液化石油气切割的优缺点

液化石油气切割具有许多优点，主要是：

(一) 成本低：切割燃料费较用乙炔可降低70%左右，虽然氧气稍费点，但总的切割费用仍可显著降低。

(二) 质量好：切口平整，切口上缘不熔化，下缘很少粘附熔渣，切口表面不增碳，便于进一步加工。

(三) 安全可靠：不回火，初学者也容易掌握。

(四) 使用方便：无水无渣，节省了装水装电石的工作量，便于携带，适于流动作业。

就目前的使用情况而言，液化石油气切割尚存在预热时间稍长、耗氧量稍大的缺点，但随着切割工具的改进，这些缺点都将得到一定程度的克服。

三、液化石油气焊接

一、气焊的一般原理

气焊是利用化学能转变为热能的一种熔化焊接方法。焊接时利用气体燃料（或液体燃料的蒸汽）与氧气混合燃烧，形成移动的热源给金属加热。这种热源的特征是温度高且热量相当集中，它能够迅速地加热金属并形成熔池。

熔池的化学反应与冶金过程有些类似，主要是氧化作用和还原作用。在焊接低碳钢时熔池的主要化学反应是：

铁的氧化：



一氧化碳使一氧化铁还原：



氢使一氧化铁还原：



上述反应说明：在熔池中铁（Fe）与氧反应生成一氧化铁（FeO），同时放出一定的热量（Q）。一氧化铁与火焰中的还原性气体—CO及H₂作用，又被还原为铁。因此在气焊火焰中，必须有足够比例的CO及H₂，才能使FeO全部还原为Fe。否则熔池中将出现氧化现象。

二、原乙炔焊炬改用液化石油气焊接

将乙炔焊炬改用液化石油气焊接，应用一般的操作方法，可以焊接各种有色金属，应用特殊的操作方法，还可以焊接薄钢板及厚度不大的钢管等。

(一) 有色金属的焊接

有色金属的熔点都较低，例如铜的熔点为1080~1083℃，铝的熔点为657℃，而铅的熔

点只有327℃。所以用温度较乙炔氧焰为低的液化石油气氧焰焊接有色金属,既能保证焊缝质量,又容易掌握。

选用的焊炬焊嘴应比焊接该金属相同厚度所用的乙炔焊炬火嘴大二号。

(二) 低碳钢的焊接

用液化石油气氧焰焊接低碳钢,如采用乙炔氧焰的操作方法,便产生熔池氧化严重、焊缝成形不好的缺陷。实验发现:当明亮的内焰尖端离开熔池几毫米远时,便能焊接成形。经过反复实践,终于找到了用液化石油气氧焰焊接低碳钢的一般规律。这就是:必须利用火焰氧化性最低的区域,使火焰与熔池之间的角度和部位最有利于吹掉熔渣、避免焊丝与火焰接触而氧化等等。因此,在焊接过程中必须按照特殊的操作方法,这些方法是:

1. 焊把与焊嘴选大点,焊接 0.8~1.5 毫米薄板,选用小号焊把,4、5号焊嘴,焊接壁厚 3 毫米以上钢管,选用中号焊把,大号焊嘴。

2. 氧压给高些 (3~4.5 公斤/厘米²), 火焰调长点。

3. 火焰尖端离熔池远点,一般为 3~6 毫米。

4. 火焰指向熔池稍后点。

5. 手法要稳,焊把动作小点。

6. 焊嘴角度斜一点。

7. 焊丝与火焰距离远点。

应用这七点操作方法焊接成形的焊缝,经过鉴定,是符合规定的,见附表 2。

应用七点操作法焊接低碳钢,是能够基本上克服氧化现象,达到焊接要求的,但焊接速度慢。为克服这个缺点,又采用了多喷口焊嘴,在焊嘴中心孔的周围钻 4~5 个小孔,中心孔形成较长的焊接火焰,周围孔形成多个短小火焰。增加了一定的还原能力,从而使火焰温度有所升高,氧化现象有所减轻。

三、新式液化石油气焊炬

一般焊接用的液化石油气氧焰,其氧/液化气 = 3~3.5, 此时的火焰温度约为 2100℃,如果进一步提高这个比例,火焰温度还将升高,但氧化更加激烈,以至不能形成焊缝。为解决这一矛盾,研究成功了一种新式液化石油气焊炬。

这种焊炬既提高了液化石油气氧焰的温度,又解决了氧化问题,焊接效率可以赶上同号乙炔焊炬。

(一) 基本原理

此焊炬采取双层火焰,焊嘴中间是氧化焰,周围是碳化焰。利用中间氧化焰获得火焰的最高温度,利用周围碳化焰产生大量的还原性气体——一氧化碳及氢。增加火焰的还原能力。

碳化焰部分燃烧的结果,除产生还原性气体外,还产生碳及乙炔等物质,进一步促使中间火焰温度的升高,两种火焰与金属的作用是:

1. 火焰对金属表面加热:由于氧化焰的温度高,且处于焊嘴的中心,所以这一过程主要由它完成。

2. 铁的氧化反应:反应按 (1) 式进行。所需氧气主要由氧化焰供给。

3. 铁的熔化:所需热量,一部分由火焰供给,一部分由铁的氧化反应供给。

4. FeO 的还原:反应按 (2)、(3) 式进行,CO 及 H₂ 主要由碳化焰供给。

(二) 焊炬构造及主要尺寸

这种焊炬为双射吸器、双层火嘴。图 2 所示为小号新式液化气焊炬，其焊接能力与小号乙炔焊炬（HO1-6 型焊炬）相同，为满足焊接不同厚度材料的要求，焊嘴共分三个号。

(三) 使用方法

使用过程中的关键在于调火。图 2 所示焊炬为四个调节阀，主体后部为两个氧气阀，手柄后部为两个燃料阀。上部的阀门供给碳化焰，下部的阀门供给氧化焰。点火时同时打开两个燃料阀，点燃后再给氧气。将氧化焰调成兰白色的明亮的火焰，碳化焰调成略带红色的虚火。焊接时，如果发生氧化现象，则可增加碳化焰的燃料量或适当减少氧化焰的氧化量。

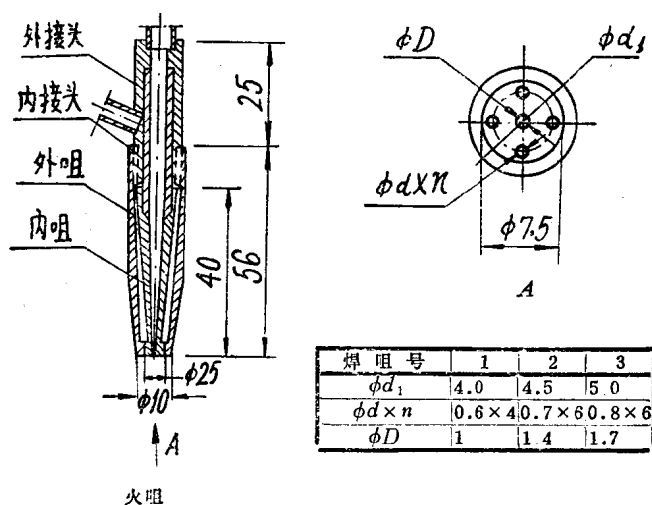
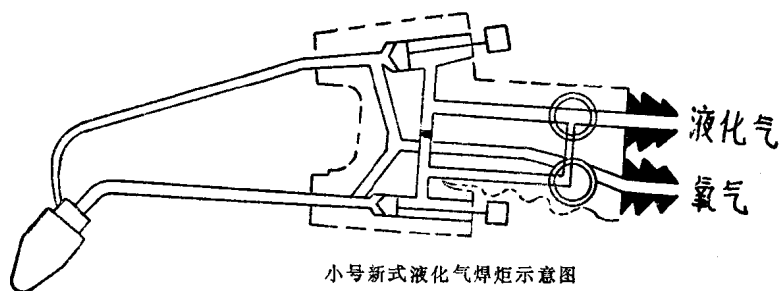
焊接过程中，内焰尖端可以接近熔池，应注意的是焊把不要摆动太大，焊丝最好离开氧化焰的尖端。

氧气的供给压力为 4 公斤/厘米² 左右，燃料的供给压力为 200~300 毫米水柱。

(四) 新式液化气焊炬的优缺点及改进方向

新式焊炬的显著优点是火焰温度高且不氧化。焊接速度快，焊接生产率（如表 2 所示）可以赶上同号乙炔焊炬，由于克服了氧化现象，焊缝质量（如附表 2 所示）容易得到保证。

但也存在一些缺点。主要是结构上较复杂，初用者感到调节有些麻烦。为克服这一缺点，目前正在实验改为三个阀。氧气阀门变为一个（并取消了氧气阀针），氧化焰与碳化焰的氧气量靠喷嘴孔径的不同加以分配，总的氧气量由一个阀门调节。这样既可以简化焊炬的构造，又便于火焰的调节。



火咀

图 2 小号新式液化气焊炬结构尺寸

表 2 液化气与乙炔气焊接生产率比较

种 类	焊 接 形 式	火 嘴 号	金属厚度 (毫米)	焊条直径 (毫米)	焊接生产率 (米/小时)	消耗量 (米 ³ /小时)	
						气体燃料	氧 气
液 化 气	对接 (不修切, 有间隙)	1 号	1.5	$\phi 2.0$	8.5	0.095	0.28
			2.5	$\phi 3.2$	5.9	0.095	0.28
乙 炔 气	对接 (不修切, 有间隙)	—	2	$\phi 2.0$	7	0.150	0.175
			3	$\phi 2.5$	6	0.30	0.330

四、液化石油气供应设备及使用方式

一、液化石油气的供应设备

液化石油气的供应由专门的充气站负责。充气站备有专用的运输、贮存及充瓶设备。与用户直接有关的设备是气瓶、气化器及调压器等。

(一) 气瓶

按用户用量及使用方式, 气瓶贮存量分别为 10 公斤、15 公斤及 30 公斤等多种。如果用量很大, 还可以制造 1.5~3.5 吨的大型贮罐。

气瓶可采用 16Mn 钢、甲类钢 A₃ 及 20 号优质碳素钢等材料制造。气瓶最大工作压力为 16 公斤/厘米², 水压试验为 30 公斤/厘米²。气瓶外表面涂银灰色, 并标有“液化石油气”字样, 如图 3。

气瓶试验鉴定以后, 应于固定在瓶体上的金属牌注明: 制造厂名、编号、重量、容量、制造日期、工作压力及试验压力等等。并标有制造厂检查部门的烙印。

(二) 气化器

所谓气化器就是蛇管式或列管式换热器。其构造如图 4。管内通液化石油气, 管外通热水, 以供给液化气蒸发时所需的热量。热水可由外部供给, 也可以用液化气的燃烧来加热水。通常在用量大、液化石油气中丁烷含量高的情况下可以考虑使用气化器。

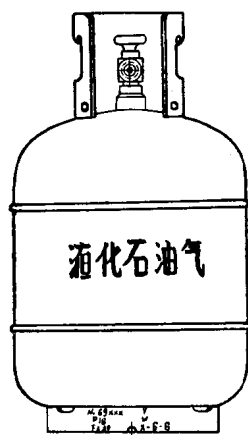


图 3 液化石油气瓶

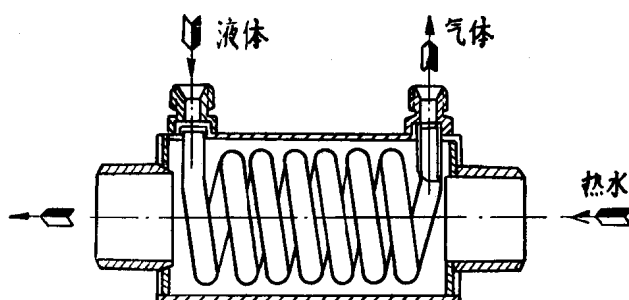


图 4 气化器

(三) 调压器

调压器的构造如图 5 所示: 作用有两个, 其一是降低瓶内输出压力, 其二是稳定输出压

力，保证燃料供给量的均匀。

调压器的输出压力不是严格不变的，它是随着气瓶内压力的下降、气体输出量的增加而下降的。

民用调压器的输出压力为 200~300 毫米水柱，适于二号割炬使用，如果用量较大，需要输出的压力较高，应重新设计调压器。

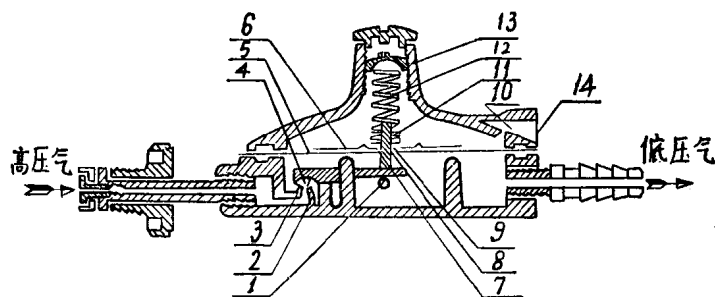


图5 调压器

1—滚柱；2—支柱轴；3—喷嘴；4—阀垫（橡胶）；5—橡胶隔膜；6—压隔膜的金属片；7—横阀杆；8—纵阀杆；9—安全阀座；10—安全孔；11—安全阀弹簧；12—调压弹簧；13—调整螺丝；14—网。

二、液化石油气的使用方式

按气化方式，液化石油气使用方式可分为自然气化和强制气化两种。

自然气化即将瓶内气体导出使用，瓶内液体蒸发所需的热量全靠周围的空气供给。这种方法要求环境温度不能太低，冬天必须放在有采暖的室内，气化量较小，但切割一般厚度的钢材已够用。

强制气化是将瓶内液体导出，靠气化器使之气化。这种方法的优点是瓶内组成及压力始终不变，气化量不受环境温度及气瓶大小的限制，只取决于气化器能力。

按用户用量、工作条件及液化石油气的组成不同，通常可采用下面三种使用方式：

（一）自然气化单瓶使用

如图6所示：这种方法最简单，适用于用量较小的用户。气瓶可采用 10~30 公斤的。

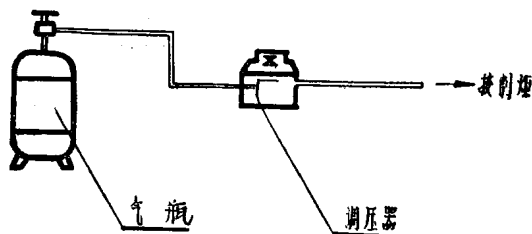


图6 单瓶气体导出流程

（二）自然气化多瓶并联使用

如图7所示：这种方法是将 20 公斤或 30 公斤的气瓶多个并联起来，从而增加气化量。采用该方法应注意如下事项：

1. 贮气瓶以单室放置为好，并设有采暖通风设备。
2. 这种方法液化气的气化量为各瓶气化量的总和。为避免全部气瓶气化量同时下降，可将气瓶分两组，轮换使用。
3. 应特别注意高压管路漏气。

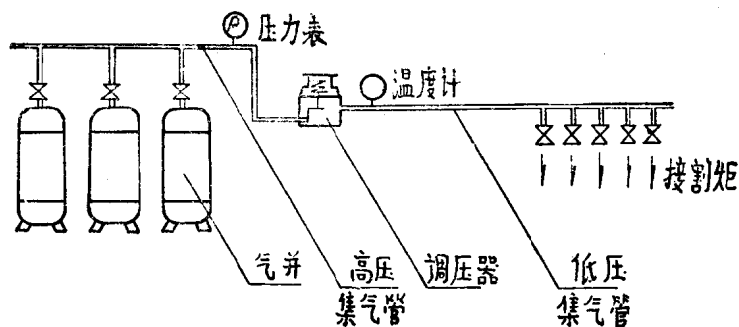


图7 多瓶并联气体导出流程

(三) 强制气化集中供给使用

如图8所示：此流程适于用量大且使用比较集中的用户。具体过程是：贮罐内的液体在压力下进入过滤器，滤掉杂质后进入液体调压器，液体调压器将其压力降至 $0.5\sim 1.0$ 公斤/厘米²，此时部分液体开始气化，气液混合物进入气化器。在气化器中绝大部分液体得到气化。然后进入气液分离器，分离掉少量液体，气体进入气体调压器，气体调压器按工作所需压力进一步降压后供使用者，气液分离器的残液去残液罐。

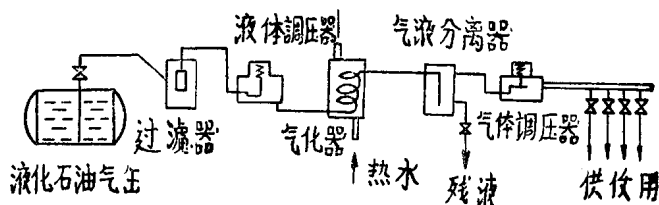


图8 强制气化集中供给流程

三、使用液化石油气应注意的问题

液化石油气是可燃气体，其气瓶又是受压容器，所以在使用中应注意如下问题：

- (一) 制造气瓶必须按设计要求进行，使用中定期做水压试验。
- (二) 气瓶不能充满液体，必须留出 $10\sim 15\%$ 的气体空间。
- (三) 气瓶必须放置在通风良好的地方，防止气体漏出时积存于低洼处，遇火造成火灾。此外，要防止气瓶长期淋雨或日光直射。
- (四) 气瓶严禁用火加热。防止瓶体温度过高瓶内压力过大以及气瓶内外壁面受到腐蚀。
- (五) 气瓶阀门及管路接头等处不得漏气，应特别注意丝堵、角阀丝扣的磨损及锈蚀情况，防止发生事故。
- (六) 瓶内所剩残液，不得自行倒出，防止残液蒸发，遇火失火。
- (七) 用完后必须关好全部阀门，防止漏气。

附表1 液化气各组分的物理性质与燃烧特性

名 称		乙炔	乙烷	乙烯	丙烷	丙烯	丁烷	丁烯	戊烷
分 子 式		C_2H_2	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	C_4H_{10}	C_4H_8	C_5H_{12}
分 子 量		26.01	30.05	28.03	44.06	42.05	58.08	56.06	72.09
比 重	与空气相比	0.95	1.038	0.975	1.523	1.479	2.007	1.977	2.491
	气态①公斤/米 ³	1.091	1.273	1.187	1.867	1.780	2.460	2.372	3.050
	液态 公斤/升	—	0.446	—	0.509	0.522	0.582	0.599	0.626
临界压力大气压 (表压)		61.6	48.8	50.70	42.01	45.0	36.0	34.0	33.0
临 界 温 度 °C		35.9	32.0	9.7	96.8	91.7	125.9	144.0	197.2
沸 腾 温 度 °C		—	-88.6	-103.5	-41.6	-47.0	+0.5	+1.4	+36.1
蒸发潜热 (千卡/公斤)		—	117	120	102	108	94	98	—
低 热 值	气态 千卡/米 ³	12600	14340	13280	20485	19393	26679	25565	32940
	液态 千卡/公斤	11600	11264	11188	10972	10895	10845	10778	10800
理论需氧量 米 ³ /米 ³		2.5	3.5	3.0	5.0	4.5	6.5	6.0	8.0
在空气中理论燃烧温度 °C		2325	2020	2154	2043	2110	2057	2100	—
在氧气中实际燃烧温度 °C		3000~3500	—	—	2000~2850	—	—	—	—
燃烧速度 米/秒	在 空 气 中	4.7②	—	—	1.5③	—	—	—	—
	在 氧 气 中	7.5④	—	—	2.0⑤	—	—	—	—
与空气混合时的最低自燃温度 °C		305	580~605	475~550	510~580	475~550	475~500	445~500	475~510
燃烧范围体积 %	与 空 气 上 限	2.8	3.2	3.2	2.3	2.2	1.9	1.7	1.4
	与 空 气 下 限	65	12.5	18.3	9.5	9.7	8.5	9.0	8.0
	与 氧 上 限	2.8	4.1	4.1	—	—	—	—	—
	与 氧 下 限	93	50.5	61.8	—	—	—	—	—

注 ①乙炔比重为20°C 760mm汞柱,其余 为15°C、760汞柱

②乙炔占10% (体积)

③丙烷占4% (体积)

④ $O_2:C_2H_2=1.15$ (体积比)

⑤ $O_2:C_3H_8=3.5$ (体积比)

附表2 液化气焊接焊缝的机械性能及元素分析

焊 接 方 式	化 学 分 析 (含C)	机 械 性 能				金 相 组 织	水 压 试 验 kg/cm ²
		拉 伸 kg/mm ²	弯 曲	拉 伸 kg/mm ²	弯 曲		
原乙炔焊炬改用 液化气	基本金属0.03% 焊 缝0.03% 无增C或C烧损 (不加焊丝)	基本金属处断 34	180°	基本金属处断 35	165°	焊缝铁素体组织 大些 (由含C分析 试件作)	基本金属处裂 580 试件: 有缝钢管 $\phi 44 \times 4$ 方法: 加焊丝
		试件: 薄板 S = 1.0 mm 方法: 不加焊丝		试件: 薄板 S = 2.0 mm 方法: 加焊丝			
新式液化气焊炬	—	—	180°	基本金属处断 40.3	180°	焊缝铁素体组织 较上小些 (加焊 丝)	—
		试件: 薄板 S = 1.2 mm 方法: 不加焊丝		试件: 薄板 S = 2.5 mm 方法: 加焊丝			

S: 板厚

液化石油气切割钢坯

天津市轧钢一厂

用液化石油气切割有许多优点，安全，方便，质量好，成本低，节约电石，资源丰富，是一项值得推广的先进技术。我厂自1970年开始这项试验，在上级领导的支持和兄弟单位的协助下，经过反复实验，终于改制成功一种简易的割枪，实现了用液化石油气切割大厚度钢锭的新技术，并在我厂得到了普遍采用。

一、切割枪的改革

用液化石油气代替电石气切割，首先碰到的问题就是切割枪的改制问题。因为，旧有的应用电石气进行切割的割枪已不合使用。天津锅炉厂和天津气焊工具厂改制的液化石油气割枪，对我们很有启发，但因该割枪是用2号割枪改制的，它的最大切割厚度为100毫米对我厂要大量切割150~200毫米的钢锭不大适用。因此，结合我厂的具体情况我们选用3号割枪进行了改革。

1. 一些初步分析：

要研究切割枪的改革问题，首先必须研究液化石油气与电石气（即丙烷和乙炔）两种燃料的不同特点。下面是液化石油气主要成分丙烷和乙炔对气割和气焊最有关的一些物理化学特性（表1）。

表1 乙炔与丙烷的物理化学特性

名 称		乙炔 (C_2H_2)	丙烷 (C_3H_8)
比 重	与空气相比	0.95	1.523
	气态 公斤/米 ³	1.091	1.867
	液态 公斤/升		0.509
低 热 值	液态 千卡/公斤	11600	10972
	气态 千卡/米 ³	12600	20485
需 氧 量 (氧与燃料气体的体积比)	完全燃烧 (理论值)	2.5	5.0
	在焊枪和割枪中所供给的氧 (混合比 β_0)	理论值 = 1 实际1.1~1.2 (中性焰)	3~3.5
与氧混合的火焰温度 $^{\circ}C$		3000~3400	2000~2850
燃烧范围 (混合气中燃料气体的含量%体积)	在空气中	2.2~81	2.3~9.5
	在氧气中	2.8~93	
燃烧速度 米/秒		见图1	见图1

(1) 丙烷与乙炔按重量计的发热值几乎相等，即：发出相同的热量下，所需的丙烷和乙炔的重量大致相同。但按体积计，则丙烷低热值要比乙炔高62.5%，在发出相同热量的条

件下则所需丙烷仅为乙炔的61.5%，这是丙烷于乙炔的优点之一。

(2) 丙烷氧焰比乙炔氧焰的温度要低几百度，这是利用丙烷代替乙炔进行焊接，特别是进行钢的焊接的主要问题。为了有效地对钢进行焊接，有必要设法提高丙烷氧焰的温度。火焰的温度是与许多因素有关的，首先是与氧气和燃料气体的混合比有关，在一定范围内提高氧气在混合气中的比例可以提高火焰温度。此外，火焰温度还与燃料气体和氧气所处的状态（如温度），燃烧速度及燃烧器的结构等有关。

丙烷氧焰的温度为两千度，这对切割来说大体上是可以了，但为了缩短切割的预热时间和提高切割速度，尤其是切割厚大钢件时，设法提高火焰温度或加大火焰，使火焰的总发热量增大还是必要的。

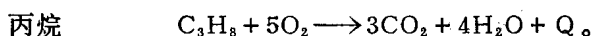
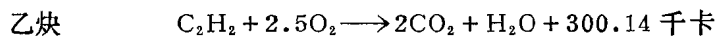
(3) 从图1中可以看到，丙烷氧焰的燃烧速度比乙炔氧焰要小得多，在通常用到的混合比的条件下，乙炔氧焰的燃烧速度约为7~8米/秒，而丙烷氧焰则1~2米/秒。因此，在改制割枪和焊枪时，必须降低混合气从割咀和焊咀中流出的速度。当然，燃烧速度不是固定不变的，它除了首先与混合比有关外，还与混合气的成分，温度等因素有关。

(4) 丙烷的燃烧范围比乙炔小得多，这是丙烷比乙炔安全的原因之一。

(5) 需氧量：关于需氧量问题将在下面结合火焰的燃烧过程作比较详细的说明。

火焰的燃烧过程：

丙烷和乙炔都属于烃类化合物，它们和氧混合燃烧的火焰都有相同的构造，它们的燃烧过程也应是相似的。乙炔和丙烷完全燃烧的化学反应如下：



从这两个反应式中，我们可以看到，完全燃烧1体积的乙炔需要2.5体积的氧气，而燃烧1体积的丙烷则需5体积的氧，比乙炔增加一倍。但这是总的需氧量而言，在割枪或焊枪中所给的氧只是其中的一部分，其余部分由空气中吸取，因此还不能从这两个式子来决定混合比。

从上面两个反应式中，还可看到，1体积的乙炔完全燃烧后产生3体积的气体，丙烷为7体积气体，所以丙烷的发热值虽然较大（以体积计），但其火焰温度还是较低的。

氧与乙炔及氧与丙烷的混合比不同时可得到三种火焰，中性焰、氧化焰和炭化焰。对乙炔来说，混合比 $\beta_0 = 1.1 \sim 1.2$ 时，得到中性焰 $\beta_0 < 1.1$ 时则为炭化焰， $\beta_0 > 1.2$ 时则为氧化焰。

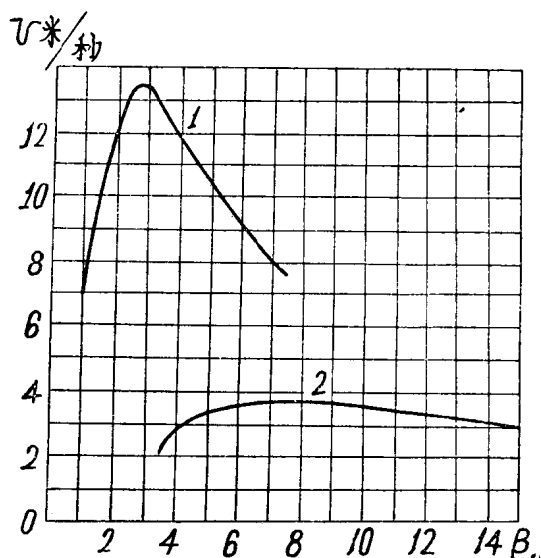


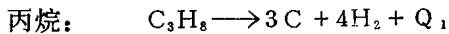
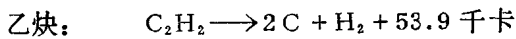
图1 气体燃料与氧混合的火焰传播速度 v 和氧与燃料间的混合比 β_0 的关系

1—乙炔， 2—丙烷。

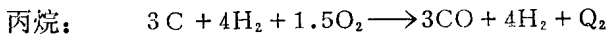
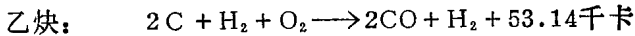
(混合比 β_0 是指混合气体中氧气体积与气体燃料体积之比)

乙炔氧火焰和丙烷氧火焰有相同的构造，火焰可分三层：焰心，内焰和外焰，在这三层中进行的化学反应是很复杂的，下面只按其主要反应作些分析。

在焰心区进行燃料气体的热分解：

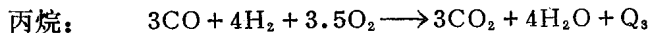
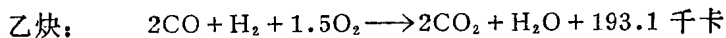


在内焰区进行燃料气体的第一阶段燃烧：



内焰区的这两个反应是按中性焰而言，在氧化焰和碳化焰里则反应有所不同。从这两个反应式中可以看到，如果第一阶段燃烧所需要的氧是由氧气瓶中供给的话，那么对乙炔而言，为要得到中性焰，则1体积的乙炔需要1体积的氧，也就是说：混合比 $\beta_0 = 1$ ，这是理论值；对丙烷而言，为要得到中性焰则1体积的丙烷需要1.5体积的氧，这也是理论值。实际上，因为氢也会有部分被燃烧，而且氧也不能完全燃烧完，因此需要多给些氧，所以实际上，对乙炔 $\beta_0 = 1.1 \sim 1.2$ 时才能得到中性焰；比理论值高10~20%；对于丙烷中性焰的 β_0 的实际值当然是大于1.5的，由于丙烷氧火焰中氢的浓度比乙炔氧火焰中大得多，氢的燃烧量必然较大，我们预计 β_0 的实际值会比理论值高20%还要多，究竟多少？还有待实践确定。初步计算增到2.5较合适。在割枪和焊枪设计时，为了使器具有较好的调节范围，可以把这个数值再提高一些。

在外焰区依靠从空气中吸入的氧进行燃料气体的第二阶段燃烧：



从这两个反应式可以看到，燃烧气体依靠从外界空气中吸入的氧进行第二阶段的燃烧。空气中氧气的浓度为21%（按体积计）其余约78%的是氮气还有1%的氩气，因此随着氧气的吸入，氮气等，也同时被大量吸入。事实上，混合气从割咀或焊咀喷出起，整个火焰燃烧过程中都会混入空气的，但氮气等并不参加燃烧过程，白白消耗热量，有害无益，这是影响火焰温度的一个重要因素，尤其是丙烷氧火焰吸入的冷空气比乙炔氧火焰的更多，因此，在提高火焰温度时如何防止冷空气的影响是个很值得考虑的因素。

从前面的分析，我们得出将乙炔割枪改制为液化石油气割枪的一些初步认识。这些认识是：

- (1) 由于液化石油气的燃烧速度较低，混合气从割咀流出的流出速度应予降低；
- (2) 提高割枪中氧与液化石油气的混合比 β_0 。初步认为，使 β_0 提高到2.5较合适；
- (3) 液化石油气氧火焰温度较低，为了对金属有效地进行加热可加大火焰，提高火焰的发热量；
- (4) 在发出相同热量的条件下，所需液化石油气约为乙炔的61.5%（体积计），但因液化石油气的火焰温度较低，热的有效利用率也就较低，因此，液化石油气的流量应比乙炔的61.5%高些；
- (5) 零件的更改应简单，便于加工，便于装拆。并可从下述方面进一步提高割枪性能：
 - (一) 研制新的割枪结构，以提高火焰温度。