

国内化工与炼油机械行业
焊接冷作工艺现状

全国化工与炼油机械行业情报网
中、西南地区网焊接冷作工艺调查组编

武汉锅炉厂印

1979年1月

目 录

概述.....	(1)
一、板材下料.....	(4)
(一) 放样划线.....	(4)
(二) 机械剪切.....	(4)
(三) 热切割.....	(5)
1. 火焰切割.....	(6)
2. 高速优质切割.....	(7)
3. 等离子切割.....	(8)
4. 自动切割装置.....	(9)
(1) 半自动切割机.....	(9)
(2) 仿形气割机.....	(11)
(3) 光电跟踪气割机.....	(12)
(4) 数控气割机.....	(12)
(四) 坡口加工.....	(13)
二、拼板.....	(14)
(一) 薄板拼接.....	(14)
1. 细丝 CO_2 气体保护焊.....	(14)
2. 不锈钢氩弧焊及等离子焊.....	(15)
3. 有色金属氩弧焊.....	(17)
4. 钛的焊接.....	(18)
(二) 中、厚板拼接.....	(19)
1. 埋弧焊拼板.....	(19)
(1) 碳钢埋弧焊.....	(19)
(2) 不锈钢埋弧焊.....	(19)
(3) 埋弧焊拼板机械.....	(20)
2. 电渣焊拼板.....	(21)
3. 原钢板窄间隙拼焊.....	(23)
三、封头加工.....	(25)
(一) 成型.....	(25)
1. 冲压成型.....	(25)
2. 旋压成型.....	(34)
3. 爆炸成型.....	(38)
4. 翻边工艺.....	(40)

(二) 余量切割及坡口加工.....	(41)
(三) 球罐片的制造.....	(42)
四、筒节制造.....	(45)
(一) 单层筒节的制作.....	(46)
1. 卷制成型.....	(47)
2. 压制成型.....	(50)
3. 大口径高压管.....	(50)
(二) 单层容器筒节纵缝焊接.....	(50)
1. 筒节纵缝双面埋弧自动焊.....	(50)
2. 筒节纵缝电渣焊.....	(55)
3. 筒节纵缝焊接新方法应用实例.....	(57)
4. 筒节纵缝埋弧焊单面焊接双面成型.....	(61)
5. 筒节纵缝埋弧自动焊生产线.....	(63)
(三) 多层筒节的制作.....	(65)
1. 多层包扎式.....	(66)
2. 绕板式.....	(67)
3. 扁平钢绕带式.....	(69)
4. 热套式.....	(70)
5. 多层法兰.....	(71)
(四) 不同结构形式的压力容器的比较、分析及发展趋向的探讨.....	(71)
五、管子管板加工连接.....	(72)
(一) 管板加工.....	(72)
(二) 管子加工.....	(77)
1. 切管.....	(77)
2. 接管.....	(80)
(1) 闪光焊.....	(81)
(2) 摩擦焊.....	(82)
(3) 加填充丝钨极自动氩弧焊.....	(83)
(4) 小口径管子的全位置焊.....	(84)
3. 磨管.....	(88)
4. 穿管.....	(89)
5. 弯管.....	(90)
6. 管子加工生产线.....	(95)
(三) 管子管板连接.....	(98)
1. 管子管板胀接.....	(98)
2. 管子与管板的焊接.....	(100)
六、附件加工.....	(105)
(一) 法兰弯制.....	(106)
(二) 型钢弯制.....	(107)

(三) 小弯曲半径弯头.....	(109)
(四) 翅片管.....	(113)
七、壳体的组装.....	(116)
(一) 壳体的组装.....	(116)
(二) 环缝焊接.....	(120)
1. 埋弧自动焊.....	(120)
2. 窄间隙焊接.....	(125)
3. 焊接自动跟踪装置及其应用.....	(128)
(三) 焊根清理.....	(129)
1. 自动碳弧气刨.....	(129)
2. 水弧气刨.....	(130)
(四) 封头人孔、接管等组焊.....	(130)
(五) 预热及热处理.....	(134)
1. 气体红外线辐射加热器.....	(135)
2. 电红外线加热器.....	(136)

概 述

英明领袖华主席号召我们：“工、农、商、学、兵、政、党，各条战线都要以毛主席制定的党的基本路线为指导，通过确实的调查研究，总结历史的和无产阶级文化大革命以来的正反两个方面的经验，弄清楚自己战线的具体的工作路线，具体的方针、政策和方法，并且在实践中不断地加以改进和完善，使各条战线的工作沿着毛主席的革命路线更快地前进。”本着这个精神，根据全国化炼机械行业中、西南地区情报网一九七八年活动计划安排，组织了本行业冷作与焊接工艺调查活动。通过调查研究，弄清楚我国化炼机械行业冷作与焊接的工艺水平的现状，以便为本地区新技术的交流推广，为各成员单位找差距、赶先进、制定技术赶超规划提供参考。

调查工作从四月下旬开始，于六月上旬结束。参加这次调查活动的有二十二个成员单位，包括领导干部、工程技术人员、工人师傅及情报人员三十六人，分成三个调查组，共调查了本行业的四十六个成员单位。六月十二日至十七日，三个调查组汇集武汉，对这次调查活动进行汇报和总结，拟定了编写水平资料的大纲，由三个调查组选派部分同志组成编写小组（名单附后），负责对调查资料的整理分析和编写工作。

七月十二日至八月十二日，编写小组在广州集中。对广泛的调查材料进行过细的甄别和整理，在充分酝酿讨论的基础上，编写了题为《国内化工与炼油机械行业焊接、冷作工艺现状》的调查报告。

在调查和编写过程中，得到了全网组长单位和兄弟地区网组长单位的指导和帮助，受到了本行业各成员单位的热情接待和大力支持，使这次调查和编写工作得以顺利进行，并达到了预期的目的。

本调查报告是按化炼设备制造工艺的几个主要共通工序而编写的，全文共分七个部分，着重介绍焊接与冷作工艺的现状，同时推荐一些行之有效，有一定普遍意义的双革四新成果，并对本行业当前存在的一些问题和今后技术发展的趋向提出了一些看法。

二十多年来，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国化炼机械行业有了很大的发展，不但年产量大幅度增长，而且从制造厂的布局、装备和成套水平上，都有很大的改善和提高。在制造工艺方面也从手工操作，逐步向机械化及数控技术发展。例如：

在下料工作中，已采用了高速精密切割，等离子切割，靠模，光电仿形和数控等自动切割方法；机械剪板机附加自动上下料装置，提高了剪切机的生产能力，值得推广。先进的放样划线方法，目前在我们行业尚无应用。

在成形加工方面，大多数工厂都有液压机，一般都用液压机制造封头；旋压封头的方法没有采用；单层的筒节成形一般采用卷制成形，厚壁小直径也有压制成形，多层的筒节有热套，包扎，绕板，绕带等；管子的弯制有中频弯管，火焰弯管，数字显示弯

管,热推挤弯管等,都达到了相当的水平;管板占孔已有多家工厂采用数控多轴占,特别是简易数控方法,更适合本行业的具体情况。

在组装工作中,陆续采用了液压外撑式筒体、封头对接装置,机械对罐器,内撑式对接装置等,向组装机械化迈进了一步,但应用尚不普遍,装备也有待于进一步完善;在列管式换热器的管子装配工作方面,有些厂已搞了机械化生产线和一些专机,但普遍仍以手工操作为主。

在焊接技术上,也有较大提高。埋弧自动焊已普遍应用,气电焊正逐步推广。 $8\sim 16$ 毫米板厚的单面焊双面成型, CO_2 气体保护焊,铝的熔化极氩弧焊,钨极氩弧焊,管子全位置焊以及管状焊丝电渣焊,等离子弧焊,厚板窄间隙混合气体保护焊等都不同程度在生产中得到应用。焊接用的滚轮架,变位机,操作机等正在进行系列化设计,把五花八门的设备统一规格,以便于定点生产。焊接自动跟踪技术正在调试,尚未达到实用阶段。

通过调查,给我们第一个印象是:许多新工艺、新技术一般都能掌握应用,但真正生根的却不多;高效率的设备为数不少,但利用率却不高;许多厂都在追求“大而全”“小易全”,但配套水平却较差。我们认为产生这些问题的原因是由于:化炼机械行业是一个产品品种多生产批量小的行业,产品的“三化”工作又做得不好,品种规格五花八门,各厂都追求全能,专业化协作不好,只求自己配套,长期沦于单件小批生产的状态,先进的工艺无法发挥它们的应有作用,如:数控占床,由于管板时多时少,只能钻钻停停,不能充分发挥设备的作用,而国外的高效设备往往是一天24小时不停地工作。又如:我们行业千吨以上的水压机为数不少,然而大部分负荷极低,一般仅达25%,并且模具堆积如山,设备的维护保养不善,造成了成本高,质量差的局面。又如:机械化组装设备,不仅因单件小批造成了困难,而且由于产品多变,刚积累一点经验,产品方向又变了,只能采取临时凑合的办法。焊接装备也有类似情况,如多丝埋弧焊,全位置焊,专用焊接夹具等,产品一变,全丢一边。因此,专业化生产问题不解决,新工艺、新技术很难推广应用,应用了也难以发挥它们的作用。

第二个印象是在推广新工艺新技术的问题上,尚存在如下几个问题:一是情报不灵,往往同一地区都情报闭塞,如北结厂研制的水弧气刨,这是一种简易可行的新方法,但就在北京地区的兄弟厂也没有及时推广应用,故加强情报工作是一项不失时机的重要工作。二是材料、设备供应不足,上级没有指定工厂生产新技术所需的材料,设备,使新技术的推广受到很大阻力,例如: CO_2 保护焊,气体、焊丝都无法保证供应;精密切割割咀,至今还无法买到;焊接机械化装备也没有定点生产,要用就得自己动手做。三是对工人、技术人员的技术培训工作重视不够,有些新工艺、新装备难以掌握,致使新技术推而不广。四是对新技术适用范围领会不深,有赶时髦的现象,结果人力物力大量浪费,收效甚微,有的甚至半途而废。五是电子元件质量欠佳,影响了电子技术在化炼机械行业中的应用。

第三是质量管理问题。目前尚未形成一个严密的质量管理系统,而国外往往从产品的研究、设计、制造、安装、甚至使用都在一个公司的范围内进行,形成一个严密的质量管理系统。对原材料及外协件则派人质量进行严格的检查,并根据制造、安装、使用中产生的种种问题,对设计、制造和安装工作加以不断的完善和改进。

最后一个突出的问题是劳动保护。有些厂对此不够重视，车间里烟尘弥漫，缺乏有效的通风除尘设施；各种噪音震耳欲聋，使人精神极度紧张；高压容器在车间现场试水压，没有任何安全防护措施；有些新工艺如等离子切割、气电焊等，因无防护措施，工人不愿意用等等。劳动保护问题不解决好，既不利于工人的健康和安全，同时势必影响新技术的应用和推广。

解决以上种种问题是当务之急，我们认为可以采取一些相应的措施，比如，建立一个有能力的统一的领导机构，统管化炼机械的研究、设计、制造、成套及安装。设计工作要搞好“三化”，并且按照加工工艺和设备能力将各种产品的另部件分别在各个专业厂进行生产，最后在各个总装厂进行总装。这样做既可充分利用加工设备的加工能力，又可以使工人、技术人员不断提高技术水平，真正做到“人尽其材，物尽其用。”

除了上级采取行政措施实行专业化协作外，严格的、全面的经济考核是保证专业化协作的一个关键。多年来，由于林彪及“四人帮”的干扰破坏，使专业化协作变成老生常谈，既没有严格的经济考核，也不受任何的约束，擅自取消或拖延协作合同，不受政治上和经济上的处分，这种情况务必迅速扭转。

我们建议象列管式换热器之类的产品集中几家工厂生产，批量大一些，使各种先进工艺装备有用武之地；封头制造也要定点生产，可以提高液压机使用效率，改善质量和减少不必要的模具堆积；对于大直径薄壁封头则可以采用旋压技术；球罐制造如能固定几家工厂生产，可以搞一套先进的工艺装备，既有利于充分利用先进设备，又有利于培养制造方面的人材，对提高质量，降低成本均有好处。

为了使新工艺、新技术能迅速推广应用，一定要改变目前“小生产”的作法，即什么都自己造，自己用，建议建立冷作焊接装备厂，专门设计制造行之有效的冷作焊接装备，如：变位机，滚轮架，操作机，升降台，组装机，数控设备，切割设备等，这样可以促使质量的提高，又可以成批生产，降低成本。对工人、技术人员的培训、考核工作要进一步加强，使他们能掌握新的技术，不断提高技术水平，以适应日新月异的技术革命的需要。同时，还要广泛开展科研单位、大专院校和工厂“三结合”的科研活动，组织技术攻关，以促进新技术的试验、研究和推广。

参加编写的人员有广重厂李欣德、刘同春、王光中、姚祝靖、区华钦；武锅厂李三辰、陈国娟、张延赤；东锅厂麦国器、郑启亮；广锅厂洗庆圻、郑锅厂陈卫国；邵阳二纺机厂黄道达；许昌通机厂姚宝康；上海化工学院四川分院杨昌达；一机部二院杨国威。鉴于我们的调查和编写工作比较仓促，同时水平所限，本报告中存在的错误和不当之处在所难免，恳望读者批评指正。

全国化工与炼油机械行业技术情报网
中、西南地区网焊接、冷作工艺调查组
一九七八年八月十二日

板 材 下 料

(一) 放 样 划 线

由于我国化工炼油机械行业各生产厂目前专业化程度较低，产品不固定，所以，给技术改造和新技术的采用带来困难。板材的放样划线，90%以上的工作量仍靠手工完成。放样工使用的工具仍是皮尺、园规、样板、粉袋之类，蹲在地上频繁地划线并敲打洋冲定样。这样的放样划线方法，效率低，占地面积大，劳动强度大，是生产中的一个薄弱环节。

十多年来，仿形气割，光电跟踪气割，数控气割等自动气割机的出现，可省去放样划线而直接下料。目前，自动气割应用尚不普遍，但它代表了发展方向，应大力推广。

放样划线工作质量的好坏，对整个化炼设备的制造是至关重要的，它直接影响到后面工序的进行。兰石厂对放样划线制定了操作手则，对尺寸公差要求严格。例如筒节下料，规定矩形边误差小于1毫米，对角线误差小于2毫米。由于误差小，作出的筒体比较标准规则，焊接组装比较容易。旅大市机器制造厂对放样下料很重视，下料车间集中负责全厂下料，提高了专业化程度和劳动生产率，节约了原材料。

目前，国外先进的放样划线方法主要有两种。一种是数控划线，它借助于数控气割机把划线和下料一起完成；一种是电子照像划线。电子照像划线是一种利用氧化锌的光导电性的静电照像法，即在板料上涂上以氧化锌为主体的感光剂，然后使其带电产生感光性，再按照所划图形进行曝光，最后通过显影和定影就形成所需图形。据称，使用该方法只需数分钟即可划好一块料。

(二) 机 械 剪 切

机械剪切具有生产率高，切口光洁等优点。目前在下料工序中，它还占有相当大的比重。在薄板（板厚 $\delta \leq 8$ 毫米）和中板（板厚 $\delta = 10 \sim 30$ 毫米）的下料方面，机械剪切还占主要地位，其生产率之高，是热切割所不能比拟的。

机械剪切主要由龙门式剪床和圆盘式剪床完成，各生产厂一般都有这些设备。上海四方锅炉厂和北京石化总厂机修厂各有一台 30×4000 （毫米）的剪板机，是行业内最大的剪板机。这两个厂所用的板料多为薄板和中板，这样的大型剪板机足可担负绝大部分的直线下料工作。其它厂的设备能力一般可剪板厚在20毫米或13毫米以下。圆盘式剪床主要用于薄板的直线、园和任意曲线的下料。

多数厂的剪板机其上下料仍靠人工进行，劳动强度大。有些厂制备了一些上下料装置，改善了劳动条件。一机部第一设计院和北京建筑机械厂合作设计了一台大型龙门剪床上下料机械化装置，自动化程度较高，可作为技术改造的借鉴。该装置如图1—1所

示，它由四部分构成。

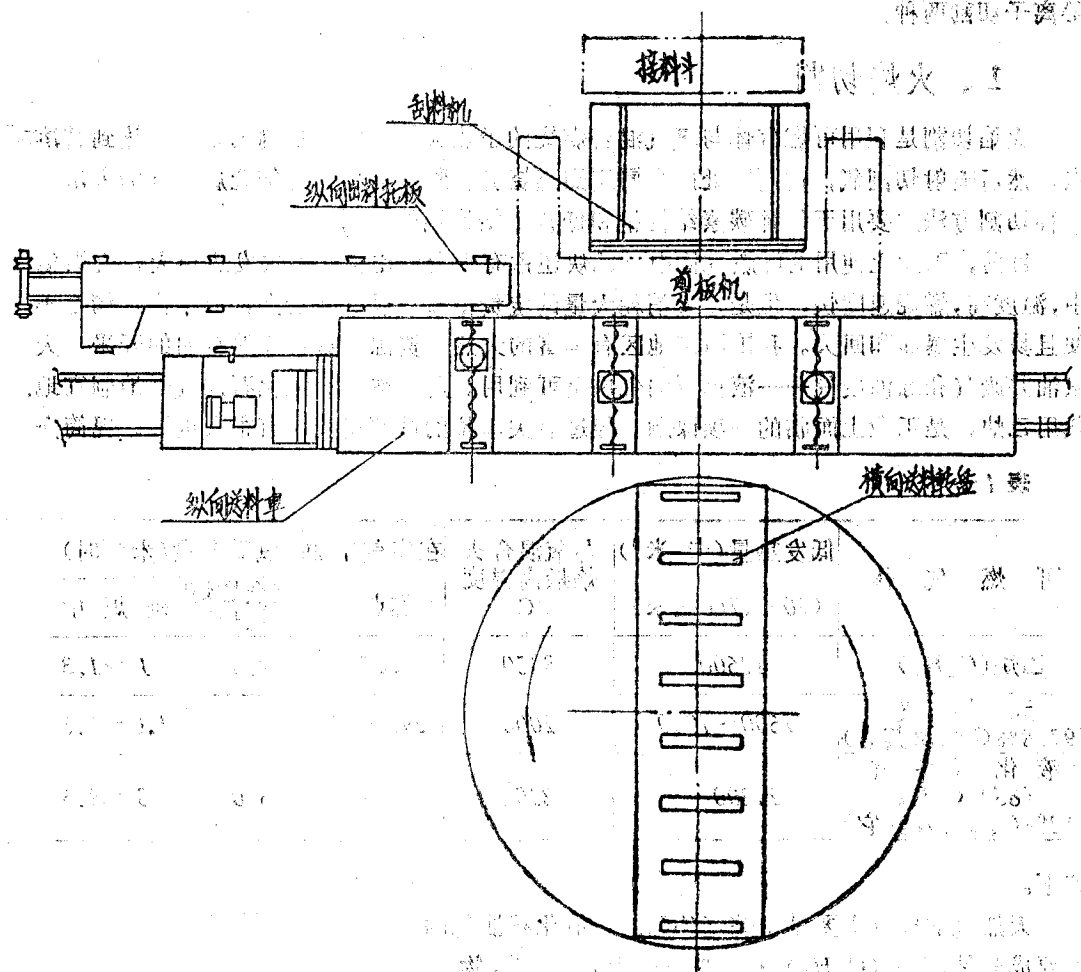


图 1—1 大型剪板机上下料操作机平面图

(1) 纵向送料车：工作台面尺寸 7.5×1.5 （米），轨道长25米，剪板最大长度8~8.5米。上有三只电磁吸盘，单个吸力一吨，可单个或同时作前后移动，以使板料粉线对准剪口。

(2) 纵向出料托板：由纵向送料车带动作纵向出料。

(3) 横向送料转盘：载重三吨，盘径5米，滚筒宽1.4米，转盘转动，可实现调头。

(4) 刮料机。

该机用无线电遥控，省去了供电拖缆。

(三) 热 切 割

目前，随着化炼设备向高压大型化发展，厚板的数量日益增加，这样，适于厚板下

料的热切割发展很快，切割技术也在不断提高。热切割按使用的热源可分为火焰切割和等离子切割两种，

1、火焰切割

火焰切割是利用可燃气体与氧气混合燃烧的予热火焰，将被切割的金属加热到其熔点，然后喷射切割氧，使割缝处的金属剧烈燃烧并吹除其氧化物而把金属分开的方法。这种切割方法主要用于各种碳素结构钢和低合金结构钢的切割。

目前，工业上使用的可燃气体中，乙炔还占有很大的比重。乙炔发热值大，火焰集中，温度高，燃烧速度快，但是，要消耗大量的宝贵电石，设备投资大，成本高，储运不便且易发生爆炸和回火。我国西南地区有丰富的天然气资源，随着各地石油的开采，大量油井废气和炼油废气——液化石油气也足可利用。用天然气和液化石油气因地制宜地代用乙炔，是工业上面临的一项课题。经过有关单位的试验研究，有很大进展，现简介

表 1—1

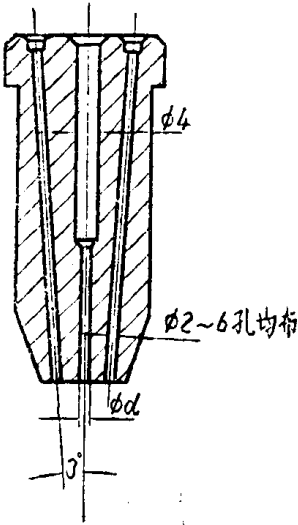
可 燃 气 体	低发热量(卡/米³) (20℃,760毫米)	与氧混合火焰最高温度 ℃	在空气中的 燃点℃	氧需要量(米³/时)	
				完全燃烧 (理论)	割 炬 中
乙炔(C ₂ H ₂)	12600	3150	305	2.5	1~1.3
天 然 气 (97.8%CH ₄ 及其它)	7500~7900	2000	290~530	—	1.0~1.5
液 化 石 油 气 (85%C ₃ H ₈ 12%C ₄ H ₁₀ 及其它)	21200	2100	—	5.0	3~3.5

如下。

天然气的成分主要是甲烷(CH₄)，液化石油气的主要成分是丙烷(C₃H₈)和丁烷(C₄H₁₀)，其物理化学特性如表 1—1 所示。

由表 1—1 知，天然气与乙炔相比，火焰温度低，燃烧速度慢。东锅厂将原乙炔用割咀进行改进，加大射吸管直径，以提高天然气供应量，加大混合气体喷口截面，以增加流量，减少速度。这样，割咀就具有较大的功率，其构造尺寸如图 1—2 所示。据该厂介绍，用天然气切割，点火和予热较难掌握，但其成本低(乙炔每米³三元，天然气每米³约0.035元)，供应方便，设备简单，不易回火，割口质量也能得到保证。

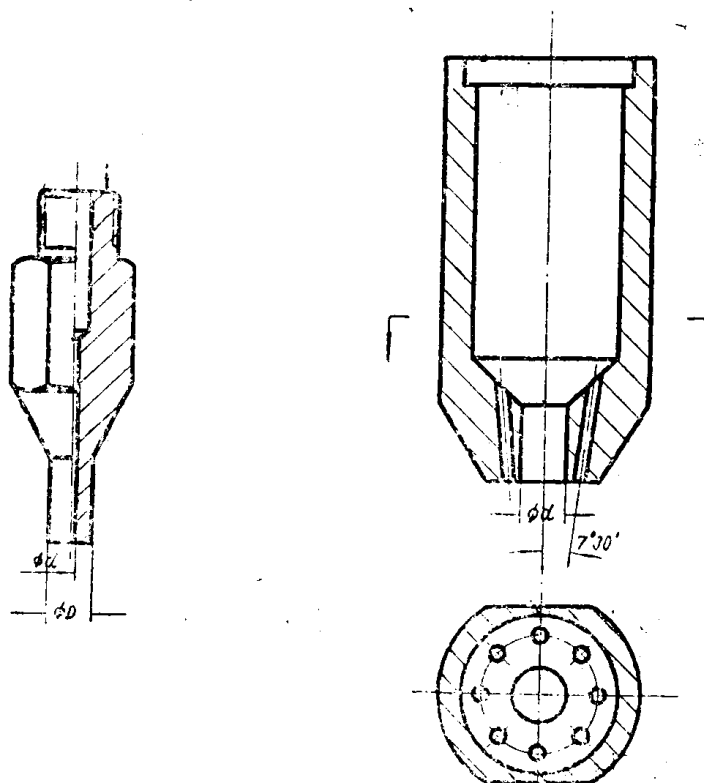
液化石油气作可燃气体，火焰温度低，传播速度慢且需氧量很大。北结，天锅和无锅等厂对石油气代用乙炔也作了大量的试验研究，取得了成熟的经验。改进后的割咀，增大了混合室、予热氧喷咀孔径和射吸管直径，减少了可燃气体入口孔径，以使氧的混合浓度增加



割咀序号	1	2	3	4
d (毫米)	φ1.0	φ1.2	φ1.4	φ1.6

图 1—2 多孔整体式梅花形天然气割咀

到理论燃烧浓度；同时加大混合气体喷出口截面，降低出口流速，使之与火焰燃烧速度相适应。其构造尺寸如图 1—3 所示。用石油气切割，设备简单，来源丰富，成本低廉，操作安全，切口质量也能达到要求。



割咀内咀 (毫米)

割咀号	ϕD	ϕd
1	2.9-0.008	1 ± 0.003
2	3.1-0.008	1.3 ± 0.003
3	3.4-0.008	1.6 ± 0.003

割咀外套 (毫米)

割咀号	ϕd	边孔直径	边孔数
1	3.4 ± 0.004	φ 1.0	7
2	3.7 ± 0.004	φ 1.0	8
3	4.0 ± 0.004	φ 1.0	9

图 1—3 液化石油气割炬割咀

北京石油化工总厂机修厂制造了石油气双层火焰割咀，外层火焰对内层火焰起保护和隔热作用，提高了内层火焰的温度，效果更佳。

2、高速优质切割

近十年来，出现了一种新的火焰切割法——高速优质切割。它的切割速度比通常的氧——乙炔切割提高 1—3 倍，切口光洁度在 $\nabla 4$ 以上，上无烧塌，下无挂渣，切后可不再机械加工。1977 年 9 月，化炼机械行业在兰州召开的新技术经验交流会上，南京 307 厂和北京 211 厂对高速优质切割作了介绍和现场表演，引起了与会代表的极大兴趣，争购高速割咀蔚然成风。今年的工艺调查发现很多厂都已进入试验和在生产中应用阶段。

北结厂已将石油气高速切割法成功地应用于 200×200 (毫米)的方钢下料上,效果显著。

高速优质切割的出现是基于对火焰切割机理的深刻研究。火焰切割速度主要由切割过程中形成氧化物的清除以加快金属进一步燃烧的速度来决定。要提高切割速度,就必须提高切割氧流的流速和流量,而这对普通火焰切割所用的直筒形或收缩形氧孔道是无能为力的,因为无论怎样提高氧的压力,也只能使其出口速度达到音速,且此时气流变粗,振动加剧,使割缝加宽,切口质量变坏。高速割咀的氧孔道是根据拉瓦尔喷管原理设计的,它由稳定段,收缩段,喉部,扩散段和平直段五部分组成,其构造原理如图 1—4 所示。

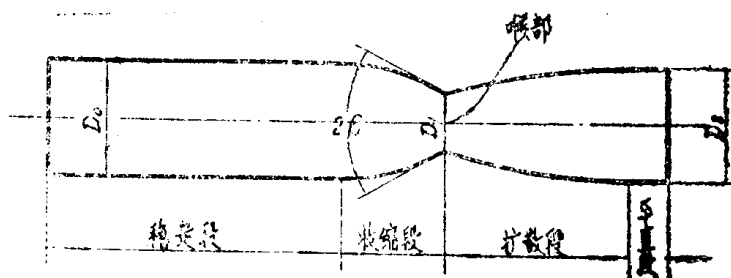


图 1—4 高速割咀工作原理图

切割氧流以规定压力进入稳定段,气流速度经过均化,再经收缩段逐渐加速,至喉口处达到当地音速,进入扩散段后不断膨胀,速度继续提高,至孔道出口处时可获得超音速气流。

高速切割使用的氧气压力一般为 $7 \sim 8$ 公斤/厘米²,氧出口流速达 $2 \sim 3.6$ 马赫。高速切割用的氧气压力必须保持定值,否则,气割速度和割缝质量都将显著下降。

高速割咀的制作方法目前有三种,即电铸成型法,模锻法和机械加工法。它们都各有特点,但工艺均较复杂,成本高,氧孔道形状较难保证,使用厂难以制造。这种割咀目前虽已试点成批生产,但还远远不能满足用户的需要,成为推广这项先进工艺的一大障碍。

3、等离子切割

目前本行业中大都具备了手工及小车型半自动等离子切割机,个别单位并已运用数控操纵等离子切割。当前行业中,对于板厚60毫米以下的不锈钢及有色金属采用纯氮的等离子切割技术,均已正常运用。部份单位由于产品的需要,对板厚100毫米左右不锈钢材料、铝和铜材料的切割技术也取得了一定的实用经验。对于更大厚度的切割,为确保切口质量,可改用氮氢或氩氢等混合气体,试验工作虽已有一定成绩,但实际产品极少,生产使用不多。

等离子切割在本行业中已普遍用于生产,但对于切割时产生的一些有害因素尚未引起应有的重视,如强辐射光、高频电场、放射性尘埃、噪音、毒性气体等,经调查所见,确有部份单位尚未解决防护装备,但大多数工厂均已逐步着手解决这一问题。例如以强力抽风吸尘排气,加薄金属板屏蔽高频电场,在专用密封罩内修磨钍钨电极或改用放射性极小的铈钨电极等,使用效果尚好。为更好地解决防护问题,并向自动化遥控方向发展,武汉锅炉厂已取得更为显著的经验。该厂自制的数控等离子切割机已工作多年,人

员远离割炬，在控制室内操纵并有强力抽风排气，使用效果甚好。设备外形如图 1～5 所示。

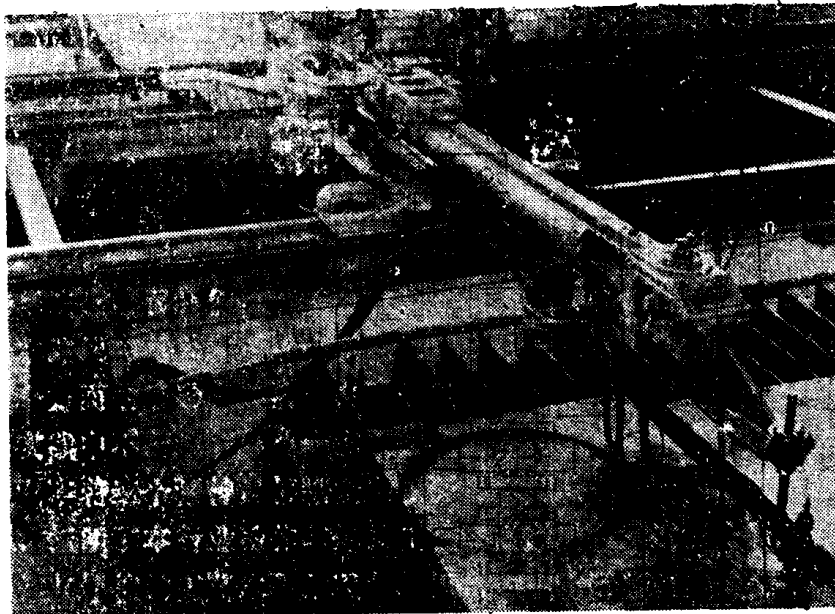


图 1—5 数控等离子切割机

行业中还有个别单位用氧砂作不锈钢板材下料，设备简单，使用尚正常，但切口宽，效率低。

近年来，国外在等离子切割方面又有了新的发展，出现了空气等离子切割和“水弧”等离子切割。空气等离子切割采用压缩空气作为切割气体，代替了价格昂贵的氮、氢、氩，割咀的特殊结构可保证钨极不被空气所氧化。该法把等离子切割引入碳钢领域，其切割速度比火焰切割高出 3～5 倍（在板厚 25 毫米左右时）、在很多场合可取代火焰切割。这一新技术在东德、苏联和美、日等国已大量应用于生产。“水弧”等离子切割是用高压水通过内外喷咀的间隙成环状对称地射向从内咀喷出的等离子流，在外形成旋转锥形水幕，对等离子流进行再次压缩（又称二次压缩），使其速度更高，热量更集中。旋转水膜冷却了切口边缘，表面光洁无氧化色。喷咀因受水滴流冷却，使用寿命延长。我国首都机械厂对“水弧”等离子切割进行了试验，已获初步成功。

4. 自动切割装置

（1）半自动气割机

半自动气割与手工气割相比，其生产率高，劳动强度低，切口质量好。不仅可切割直线，加上附件还可以切割圆弧。半自动切割在各厂应用比较普遍，在中小厂内，约占火焰切割总量的一半以上；在大厂里，约占 80～90%。很多厂还用半自动切割机完成大量的焊接坡口加工任务。

半自动气割机除了国家的定型产品如 CG₁-30 等以外，有些厂还根据其生产特点自制了一些专用设备，以完成某一产品特定另件的切割。上海工业锅炉厂和西安锅炉厂自制的斜孔切割机可作为一例，其构造如图 1—6 所示。

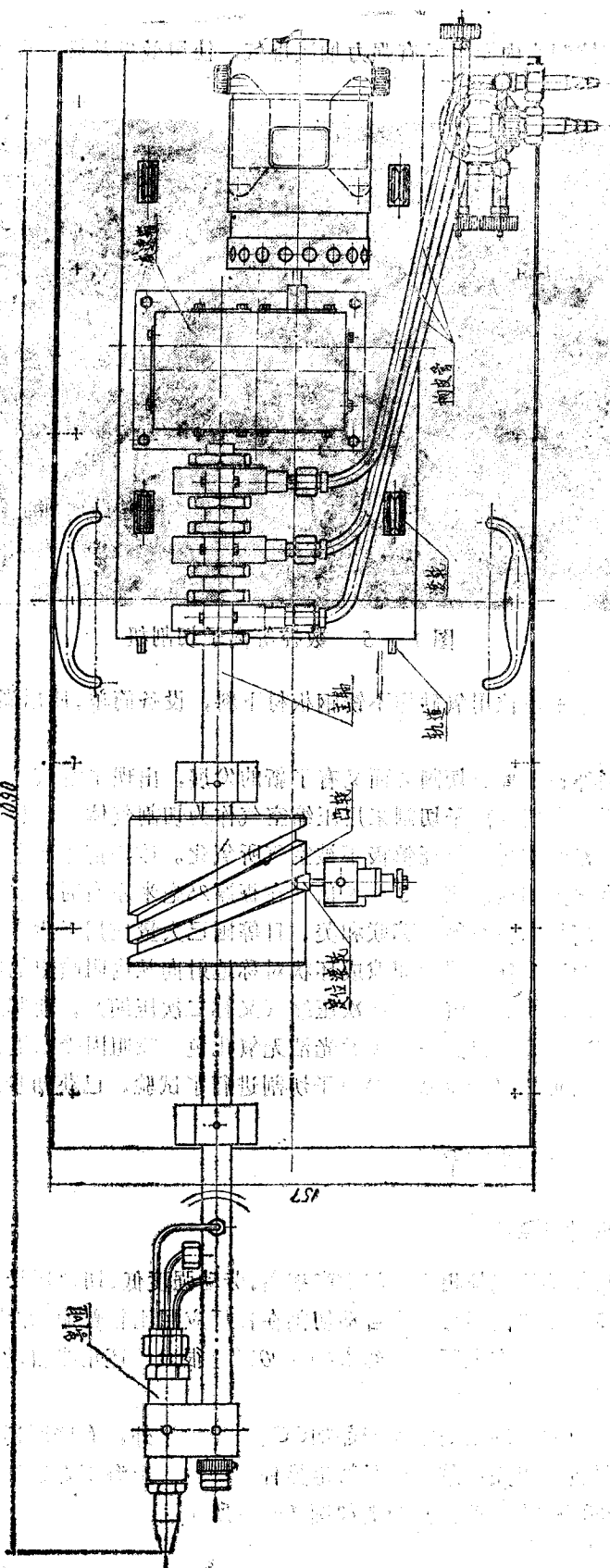


图 1—6 斜孔切割机

该切割机主轴由电动机经三级蜗轮减速后带动，电动机由变阻器调节无级变速。主轴中间有凸轮，上有与主轴轴线成 45° 和 30° 夹角的两条导轨，插入定位滚轮，以供切割倾斜角为 45° 和 30° 的孔。轴前端装有切割咀，可作轴向和径向调节。切割时，主轴转动，使割咀作圆周运动和在凸轮作用下的轴向移动，这样就在筒体上割出椭圆孔来。

半自动气割机还有多头的。四方锅炉厂的高频点火多头龙门气割机，北锅厂的筒体双头切割机，生产应用都很成功。半自动气割在封头余量切割和大直径管子切割方面也有大量应用，且可同时开出焊接坡口。

北锅厂自制有法条式半自动切割机，用留声机法条作动力，并可实现无级调速。因其操作方便，深受工人欢迎。该机省去电源，适于野外或露天切割作业。其设备外貌如图1—7所示。

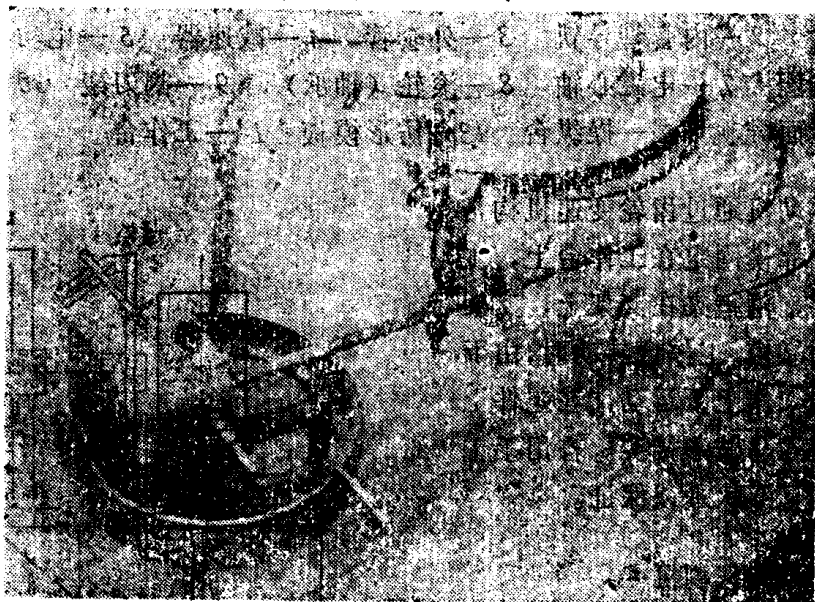


图 1—7 法条式半自动切割机

(2) 仿形气割机

仿形气割机切割时不必划线，让割咀按照与工件的形状和尺寸相应的样板运动来实现切割。该法生产率高，适用于大批量生产，能割出较复杂的另件，但因受摇臂长度的限制，其切割另件的尺寸有限。仿形切割在行业内应用比较普遍，很多厂都有定型或自制设备。常州化机厂的磁性多头切割机可作为一例，其示意图如图1—8所示。

该机由机身本体，操纵台和工作台组成。机身本体由内外套管，两端侧板，大齿条（连接于内套管一端）及电动机构（直流电动机，减速器，磁力线圈，心轴）与内套管连成一体组成。电动机用可控硅整流调速，磁力线圈心轴与减速器轴用铜焊连接。当电机与磁力线圈通电后，电机通过减速器带动心轴自转，磁力线圈产生磁场，使心轴磁化，心轴靠自身磁力借固定在外套上两端侧板上的数对滚子（可纵横运动）绕仿形模板外径作公转，从而带动外套管作同样运动。这样，装在大齿条上的多头割咀就产生与心轴相同轨迹的运动而同时切割。

东锅和北锅的管接头马鞍形靠模气割机用于管子的异形切割，其示意图如图1—9

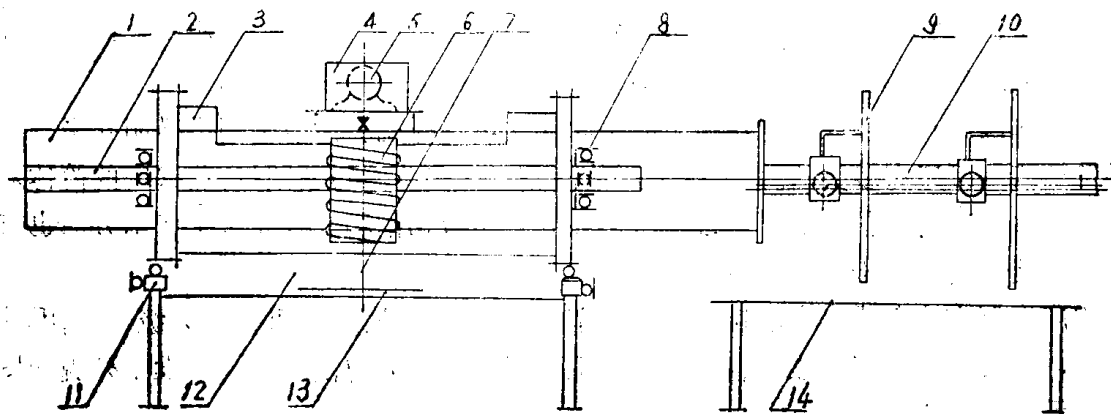


图 1—8 磁性多头切割机示意图

- 1—内套管 2—内套管导轨 3—外套管 4—减速器 5—电动机
6—电磁线圈 7—电磁心轴 8—滚轮(轴承) 9—割刀架 10—大齿条
11—操纵台面导轨 12—操纵台 13—仿形模板 14—工作台

所示。该机由电动机通过齿轮变速机构带动工作台旋转，靠模固定在工作台上，工件装在靠模上层，割把夹在支架上，支架通过小滚轮紧贴靠模。工作台转动时，由于靠模的作用使支架作上下运动，在工件上割出带焊接坡口的马鞍形接头。若用手工切割，生产率低且形状难以保证。

(3) 光电跟踪气割机

光电跟踪气割机是利用光电原理跟踪图纸上所划的线条来控制割炬的运动而进行切割。光电跟踪气割可简化工艺，省去划线和辅助材料(铁皮、油毡)，减少作业面积，但图纸要求要高度精确。光电跟踪气割机在本行业内应用不多，据调查得知，合肥化机厂有一台1:10放大的光电跟踪气割机在使用。

(4) 数控气割机

七十年代以来，我国电子技术在工业中开始采用，数控气割机在行业内的出现就是一例。目前，已有兰石、郑锅、上锅，西安化机厂等四台在使用。该机主要由输入部分，电子计算机，执行机构等三部分组成。数控气割只需要编制好程序后即可成批地进行切割，省去了大量的实尺放样划线。它切出的板料尺寸准确，效率高，而且大大地减轻了劳动强度。若采用多头切割，功效则成倍增加。用数控切割不仅可割出直线和圆弧，

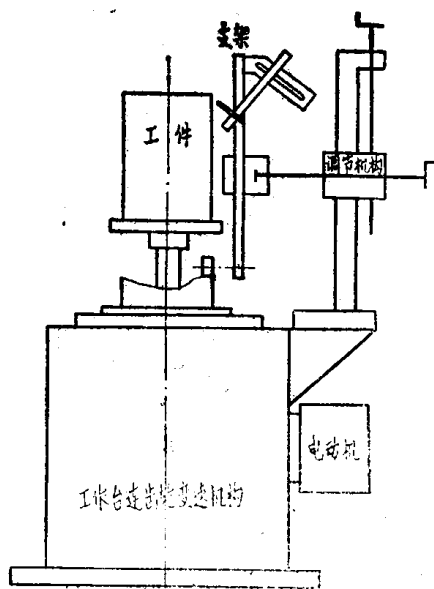


图 1—9 管接头马鞍形靠模切割机示意图

而且可以用逼近法足够准确地切割出极其复杂的任意平面图形。兰石和郑锅的数控气割机设备外形见图 1—10，和图 1—11。

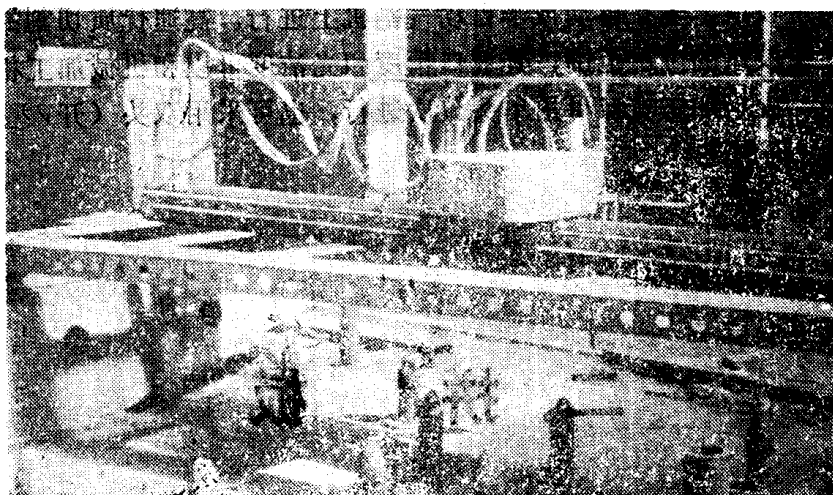


图 1—10 兰石厂数控气割机

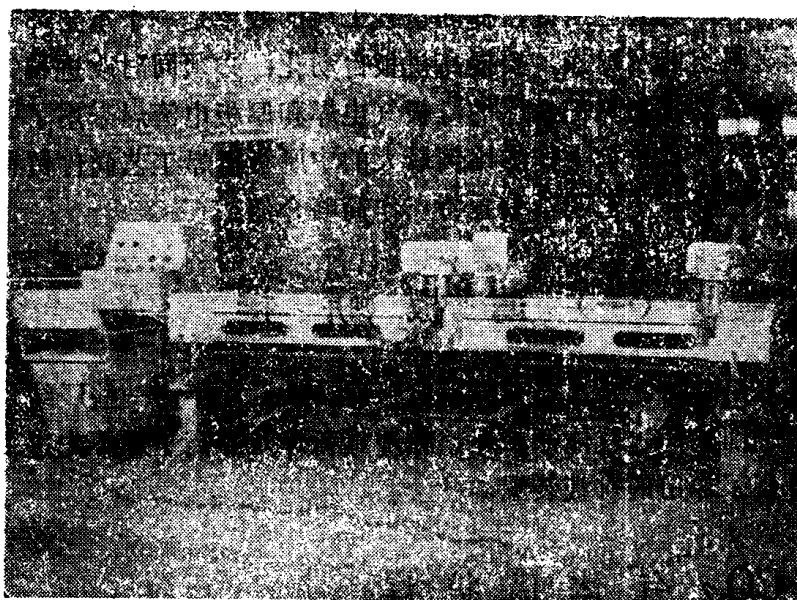


图 1—11 郑锅厂数控气割机

数控切割是一门先进的切割技术。但是，由于我们行业工厂里产品多变，批量小，给这门先进技术的推广应用带来了困难，加上目前国内电子元件质量不稳定，容易损坏，致使我们行业工厂里几台数控切割机都比较娇嫩。动辄就要停车修理，未能充分发挥其积极作用和显示其优越性。

(四) 坡 口 加 工

坡口加工主要有机械加工和火焰切割两种。

笨重的手工风铲加工坡口，现已基本淘汰。

行业内各厂均有大小不等的刨边机，铣边机，立车和镗铣床等用于坡口加工。最大的