焊接工艺专项培训手册封面.pdf 1 2021/3/24 8:44:13



伯朗特：机器人
“重新定义”者

伯朗特机器人股份有限公司
工厂地址：广东省东莞市大朗镇沙步村沙富路83号
电话：0769-89208288
邮箱：info@borunte.com
网址：www.borunte.com

BORUNTE ROBOT CO., LTD.
Address： NO. 83, Shafu Road, Shabu Village, Dalang Town, Dongguan City, Guangdong, China
Tel： 86-769-89208288
E-mail : info@borunte.com
Website： www.borunte.com

www.borunte.com







股票代码：430394
2021.3.24 伯朗特机器人股份有限公司

伯朗特 工业机器人

焊接工艺专项培训手册

焊接工艺专项培训手册封面.pdf 2 2021/3/24 8:44:14

公司简介

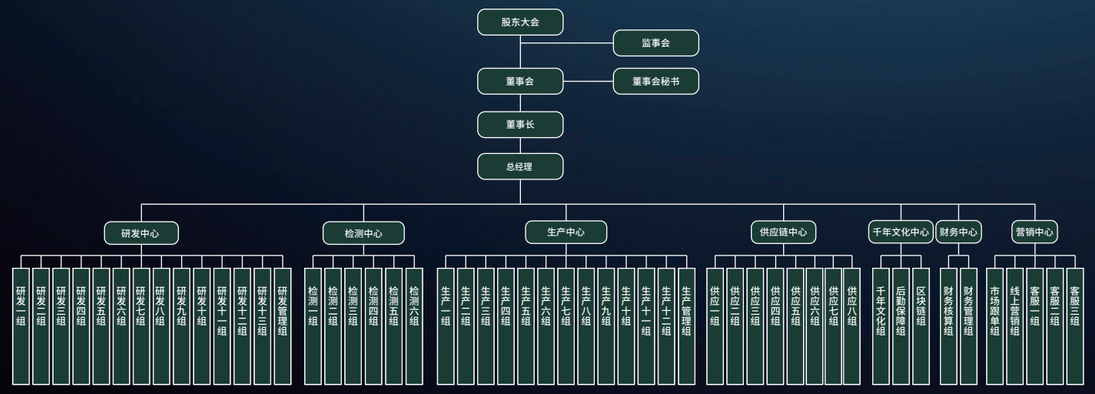
伯朗特机器人股份有限公司成立于2008年，注册资本2.25亿，研发、生产、销售机器人、机械手及其零部件，伯朗特的核心竞争力是在“完成伯朗特2049就是造福全人类”的“伯朗特的千年文化”引领下通过伯朗特应用商模式和伯朗特供应链规则“重新定义”机器人。

BORUNTE ROBOT CO., LTD. was founded in 2008. The registered capital is 225 million RMB. BORUNTE is also an enterprise of R&D, production, sales of industrial robot, IMM robot and its parts. The core competence of BORUNTE is to “redefine” robot through the BORUNTE integrator style and the BORUTNE supply chain rules under the guidance of “BORUNTE millennium culture”, which to achieve annual sell 40,000,000 robots to supply 40,000,000 global labor and break the revenue of trillions by 2049. The completion of producing 40 million robots and breaking the revenue of trillions will benefit the whole mankind.



伯朗特机器人股份有限公司

组织架构图



尹荣造始于2018年12月24日　定于2021年3月23日

发展历程



	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年1-9月
营业收入（万元）	36.55	489.80	1,464.71	2,081.31	2,940.14	5,869.98	8,384.84	13,131.22	20,795.00	36,045.98	45,188.44	52,906.82	40,083.39
净利润（万元）	0.11	0.79	8.72	81.08	46.99	311.90	588.05	1,350.65	2,980.91	4,667.49	4,351.53	8,489.40	7,771.18



	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年1-9月
机器人销售数量（台）	-	-	-	-	-	-	-	48	150	359	5,129	6,797	4,317
机械手销售数量（台）	-	-	-	866.00	1,112.00	2,283.00	3,327.00	4,956.00	8,485.00	17,282.00	15,788.00	15,669.00	11,791.00

伯朗特2049营收万亿级目标分三步走



伯朗特2049第一步

→ "共和国成立" 站起来了

第一步：

完成年销售破40万台机器人且发明专利授权破100件和伯朗特一级应用商破1000家

(营收百亿级)



伯朗特2049第二步

→ "改革开放" 富起来了

第二步：

完成年销售破400万台机器人且发明专利授权破1万件和伯朗特一级应用商破1万家

(营收千亿级)



伯朗特2049第三步

→ "两个一百年" 强起来了

第三步：

完成年销售破4000万台机器人且发明专利授权破10万件和伯朗特一级应用商破10万家

(营收万亿级)

尹荣造始于2018年7月28日 定于2020年10月30日

注：以上所述未来规划等前瞻性陈述，不构成公司对投资者的承诺，投资者及相关人士均应对此保持足够的风险认识，并且应当理解规划与承诺之间的差异。

焊接工艺专项培训手册封面.pdf 3 2021/3/24 8:44:19

公司文化

伯朗特走的是“实践型共产主义”之路，其“众生平等”的基因赋予了伯朗特“生生不息”的力量！



释义：伯朗特的千年文化是指：伯朗特的"伯朗特的千年文化"的魂是"我将无我、天人合一"其落脚点就是"完成伯朗特2049就是造福全人类"；"完成伯朗特2049就是造福全人类"是指：伯朗特的目标到2049年完成年销售破4000万台BORUNTE机器人补给全球4000万以上劳工营收万亿级就是造福全人类且在践行"构建人类命运共同体"。

《伯朗特梦》

我们的梦想
从伯朗特起航
不管再大的风浪
携起手来勇敢去闯

我们的梦想
在伯朗特发光
万亿目标的战略
要成为机器人的领头羊

我们的梦想
和伯朗特一起飞翔
伯朗特大学的崛起
有您有我有爱的力量

尹荣造始于2013年11月05日　定于2020年3月30日

《1.11伯朗特文化节是机器人的“伯朗特宣言”》

伯朗特文化节
它是宣言书
向机器人发出呐喊
王侯将相宁有种乎？

伯朗特文化节
它是播种机
在机器人播洒希望
星星之火，可以燎原！

伯朗特文化节
它是指明灯
为机器人指明方向
路途遥远、行则将至！

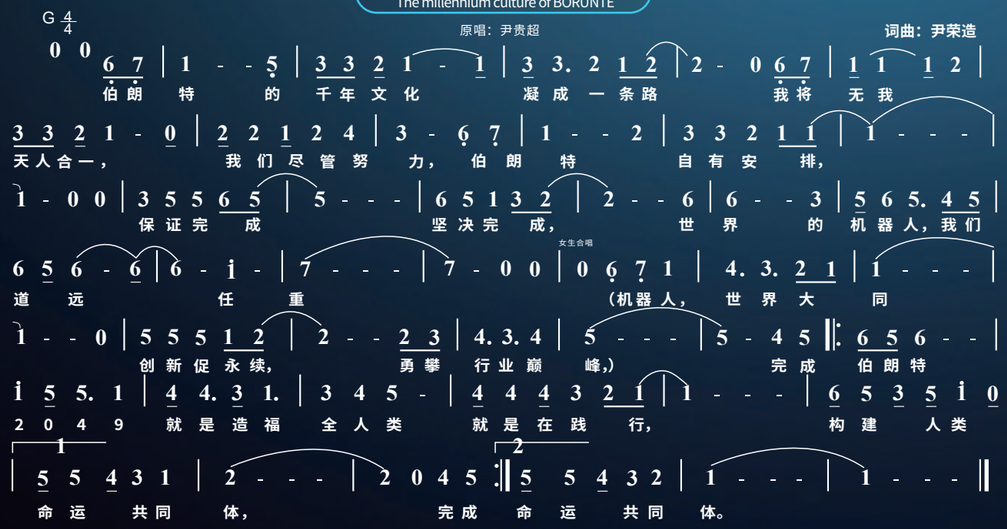
1.11伯朗特文化节
一场机器人的饕餮盛宴
机器人，世界大同
同心者同路！

释义：2019年开始每年的1月11日是伯朗特员工＋伯朗特供应商＋伯朗特应用商的狂欢节日；

尹荣造始于2018年11月17日　定于2020年03月30日

《伯朗特的千年文化》

The millennium culture of BORUNTE



《伯朗特舞》

尹荣造始于2013年11月05日　定于2020年10月30日

重新定义

苹果“重新定义”了手机，特斯拉“重新定义”了汽车，如果机器人被伯朗特“重新定义”，那未来各行各业都将会被中国企业“重新定义”：大众创业、万众创新；客户去中心化；商业无界。

①伯朗特的核心竞争力是在“完成伯朗特2049就是造福全人类”的“伯朗特的千年文化”引领下通过伯朗特应用商模式和伯朗特供应链规则“重新定义”机器人，其目标是到2049年完成年销售超4000万台机器人且营收万亿级，伯朗特与伯朗特一级应用商之间都是相互独立的法人单位，与伯朗特是对等的法律主体且相互之间不存在持股的关系。

②购买BORUNTE产品就两个途径：下单1000台0805成为伯朗特一级应用商或者登录伯朗特官网www.borunte.com点击“应用商模式”找伯朗特一级应用商，2021年1月11日BORUNTE产品开始的“升降维同路”使“伯朗特应用商模式”完全开启了“自动驾驶模式”：伯朗特一级、二级、三级应用商必须按伯朗特官方指导价销售，若有违规者罚款100万是小事，关键是没有货源了；伯朗特应用商体系分伯朗特一级、二级、三级应用商，伯朗特三级应用商对应伯朗特二级应用商，伯朗特二级应用商对应伯朗特一级应用商，伯朗特一级应用商对应伯朗特，伯朗特一级、二级、三级应用商都可以享受最高20%的返点，伯朗特一级应用商每个季度25号向伯朗特完成付款，伯朗特二级应用商每个季度22号向伯朗特一级应用商完成付款，伯朗特三级应用商100%预付；伯朗特应用商的门槛：一级应用商下单1000台0805A，二级应用商下单100台0805A，三级应用商下单≥7.5万BORUNTE产品，授信额度：一级应用商20万~2850万，二级应用商20万~285万，三级应用商100%授信，交期：90天，区域：不限，返点方式：一级应用商下单6倍的返点金额，二级应用商下单10倍的返点金额，三级应用商下单20倍的返点金额。

③伯朗特供应链规则：成本、品质、交期，新进入供应商必须比老供应商成本下降30%以上才能通过研发中心品质和生产中心交期的验证才能成为该产品80%的主流供应，只要您具备足够的成本、品质、交期，伯朗特的大门永远都是开放的，这就是供应链中心同事"傻瓜式"二选一谈判："成本"不超过现有供应商且品质、交期没问题就能成为1%~20%的副供应商或者"成本"比现有供应商下降30%以上且品质、交期没问题就能成为80%以上的主供应商。

④伯朗特2049的人员构成目标80%以上的伯朗特员工是研发人员，我们加入的是一家到2049年要通过伯朗特应用商模式和伯朗特供应链规则培养超10000个亿万富翁届时伯朗特2049必定完成，我将无我、天人合一，我们尽管努力，伯朗特自有安排，我们想成为亿万富翁就去做伯朗特一级应用商或伯朗特供应商，期待伯朗特成就我们的梦想。

尹荣造始于2018年11月3日 定于2021年5月1日

伯朗特企业标准

文件编号：BRT-BP054-2021

焊接工艺
专项培训资料
（第一版）

2021-02-22 发布　　2020-02-23 实施

伯朗特机器人股份有限公司

二零二一 年 二 月 二十二 日

前言

虽然在本规范的编写过程中力求叙述准确、完善，但由于笔者水平有限和时间的仓促，查阅资料也不够全面，编撰过程中难免存在不少疏漏和不妥之处，恳请广大读者和同仁能够给予批评指正，一定及时加以修正。

编写人员：雷作坚

审核人员：杨医华、龚晓东

各部门会签区：

修订版本和内容：

修订记录					
日期	修订状态	修改内容	修改人	审核人	批准人

目录

第一篇 焊接安全和防护.....1
1.1 焊接的定义和分类.....1
1.2 安全的定义和内容.....2
1.3 安全用电.....2
1.4 焊接产生触电的因素.....2
1.5 预防触电的措施.....3
1.6 触电抢救措施.....4
1.7 防火防爆措施.....5
1.8 焊接过程有害因素.....6
1.9 焊接防护.....7
1.10 职业危害告知.....7
第二篇 弧焊机器人基本单元构成.....8
2.1 六轴机器人本体的六个自由度.....8
2.2 机器人外部轴应用.....9
2.3 焊接工装夹具.....9
2.4 焊接机器人基本单元构成.....11
2.5 焊接电源.....11
2.6 弧焊焊机的结构.....12
2.7 焊机调节面板.....13
2.8 送丝机组成及其原理.....15
2.9 送丝机动力分类.....16
2.10 焊枪结构.....18
（1）外置式气冷自动焊枪结构.....18
（2）内置式气冷自动焊枪结构.....18
2.11 焊枪配件.....19
（1）枪颈.....19
（2）导电嘴座（连接杆）.....20
（3）导电嘴.....20
（4）喷嘴.....21
（5）防碰撞传感器.....21
（6）焊枪电缆总成.....22
2.12 供气系统.....24
（1）气源.....24
（2）减压阀和流量计.....25
第三篇 焊接基础知识.....26
3.1 焊接电弧.....26
3.2 焊接母材及焊缝.....27
3.3 熔滴、熔池及保护气体.....27
3.4 熔深、熔宽及余高.....28
3.5 气保焊分类.....29
（1）CO2 焊接.....29
（2）MAG 焊接.....29

（3）MIG 焊接.....29
（4）TIG 焊接.....29
3.6 焊接电源及其要求.....29
（1）定义.....29
（2）要求.....29
（3）选型说明.....30
第四篇 熔化极气体保护焊.....32
4.1 熔化极气体保护焊原理及其分类.....32
4.2 MAG 焊.....32
4.3 MIG 焊.....33
4.4 CO2 焊.....33
4.5 熔化极气体保护焊优缺点.....34
4.6 熔化极气体保护焊焊枪结构.....34
4.7 熔化极气体保护焊送丝软管.....35
4.8 焊接材料的选择.....35
第五篇 熔化极气体保护焊焊接工艺.....37
5.1 焊接手法.....37
5.2 焊接接头基本类型.....37
5.3 焊接坡口.....38
5.4 熔化极气体保护焊（CO2/MAG）焊接参数.....39
（1）焊接保护气体.....39
（2）焊丝材质规格.....40
（3）焊丝伸出长度.....40
（4）焊丝的位置.....41
（5）焊接的位置.....44
（6）焊接电流、焊接电压及焊接速度.....45
（7）机器人实际调试.....46
（8）气流量选择.....47
（9）极性.....47
5.5 调整焊缝几何形状以及熔敷速度的方法.....47
5.6 焊接缺陷的分类.....48
5.7 气体保护焊常见缺陷与产生原因.....49
第六篇 焊接机器人焊枪位姿.....51
6.1 立焊焊枪姿态.....51
6.2 圆弧焊枪姿态.....52
（1）示教圆弧.....52
（2）整圆的示教.....53
6.3 摆动焊接姿态.....56
（1）摆焊分类.....56
（2）摆动焊接的特点.....56
（3）摆动焊接的摆动参数.....57
（4）摆动焊接的焊枪姿态.....57
第七篇 焊接变形与流程设计.....58
7.1 焊接变形的特点和分类.....58
7.2 焊接变形的类别.....58
（1）横向收缩变形.....58

（2）纵向收缩变形.....59
（3）回转变形.....59
（4）横向弯曲变形（角变形）.....59
（5）纵向弯曲变形.....60
（6）波浪变形.....60
（7）扭曲变形.....60
7.3 焊接残余变形的预防与控制.....61
（1）设计措施.....61
（2）工艺措施.....61
7.4 反变形法.....61
（1）无作用力反变形法示例.....62
（2）有作用力反变形法.....62
7.5 刚性固定法.....63
7.6 合理的装配和焊接顺序.....63
7.7 机器人焊接工艺方案的合理性.....64
第八篇 焊接工艺工艺装备及其设计.....65
8.1 焊接工艺装备的分类.....65
8.2 焊接工艺装备的组成.....66
8.3 焊接工艺装备设计的原则.....66
8.4 焊装顺序及选用.....67
8.5 工装夹具的可调节性.....67
（1）调节方式①.....67
（2）调节方式②.....68
8.6 定位零件材料使用.....68
8.7 零件表面保护.....69
8.8 装备设计安全可靠原则.....70
8.9 装备设计方便原则.....70
8.10 装备设计经济型原则.....71
8.11 装配-焊接夹具定位设计.....71
（1）平面定位元件.....71
（2）圆孔表面定位元件.....72
（3）外圆表面定位元件.....73
8.12 定位元件注意事项.....74
8.13 焊件在夹具中的夹紧.....74
（1）确定夹紧力的作用方向.....74
（2）选择力的作用点.....75
8.14 夹紧力大小估算.....76
附录 A 77
附录 B.....82
参考文献.....84
机型目录.....85

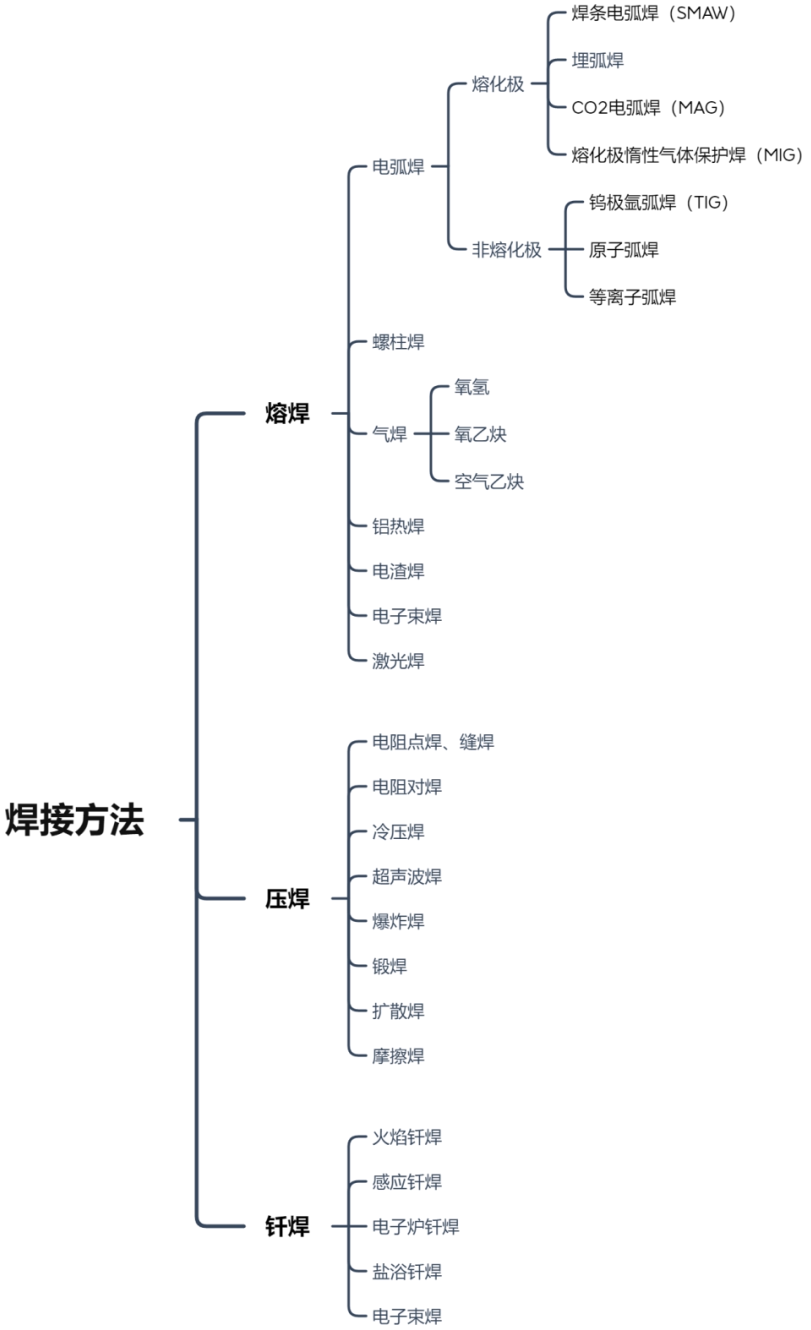
第一篇 焊接安全和防护

1.1 焊接的定义和分类

定义：焊接过程的物理本质就是两种或两种以上同种或异种材料通过原子或分子之间的结合和扩散连接成一体的工艺过程。

促使原子和分子之间产生结合和扩散的方法是加热或加压，或同时加热又加压。

分类：根据焊接过程特点可将其分为熔焊、压焊和钎焊三大类，每大类又可按不同的方法细分为若干小类，如下图所示。



本文主要描述熔化极气体保护焊，包括 CO_2 焊接、MAG 焊接、MIG 焊接等。

1.2 安全的定义和内容

定义

安全就是预知生产过程中的各种危险，以及为消除这些危险所采取的各种手段、方法和行为的总称。简言之就是八个字：预知危险，消除危险。从一定意义上讲，安全就是防止灾害，消除最终导致死亡、伤害职业病及各种损失发生的条件。

内容

安全的内容包括人身安全和设备安全。

人身安全：在安全生产中，消除危害人身安全和健康的因素，保障人员安全健康、舒适的工作，称之为人身安全。

设备安全：消除损坏设备、产品等的危险因素，保障生产正常运行，称之为设备安全。

安全与安全管理的核心是采取各种手段、各种方法、各种行为，从而预知危险，消除危险，达到提高效率、促进生产发展的目的。

1.3 安全用电

焊接过程中，空载电压越高，引弧越容易，但过高的电压对安全不利。

空载电压是指电焊机通电但未进行焊接操作（无电弧）时，焊机输出端子上的电压（两个电极之间的电压）。

负载电压是指电焊机在进行焊接（有电弧）时，为保证电弧稳定，焊机两个输出端之间的电压。负载电压通常比空载电压要低，两者之间的关系与焊接电流有关。

目前，我们的焊接设备空载电压都不一样，不同的品牌及不同的焊机都有一定差异：

焊条电弧焊的空载电压一般为 50～90V；

氩弧焊、二氧化碳焊电源的空载电压为 65V 左右；

埋弧焊的空载电压一般为 70～90V；

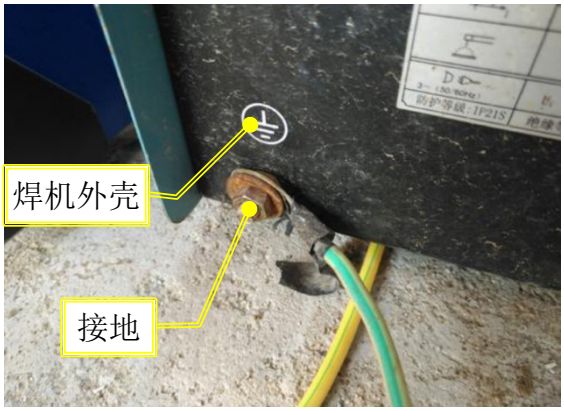
等离子弧切割电源的空载电压高达 300～450V。

所有焊接电源的输入电压均为 220/380V、50HZ 的工频交流电，所以触电的危险性较大。空载电压越高，触电的风险就越大，因此要注意做好防触电安全防护，以免触电发生危险。

1.4 焊接产生触电的因素

焊机的空载电压大多超过安全电压，当身上出汗（特别是夏季）、鞋袜潮湿、鞋底又薄时，人体的电阻降至仅 1600Q 左右，手一旦接触焊机电极，通过人体的电流可达 40～50mA，使焊工的手部发生痉挛，甚至不能摆脱而触电。因此，禁止赤脚接触焊机及其电极延伸部分。

1.5 预防触电的措施





焊机外壳接地



三相电接保护零线

①所有交、直流弧焊设备的外壳都必须接地。在电网为三相三线制或单相制系统中，应安设保护接地线；在电网为三相四线制中性点接地系统中，应安设保护性接零线。

②操作时必须按规定穿戴防护工作服、绝缘鞋和防护手套（手工焊）。身体出汗衣服潮湿时，切勿靠在带电的钢板或坐在焊件上工作。

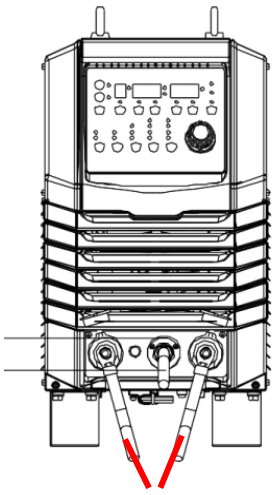
③下列操作应在切断电源后进行：改变焊机接头（正负极线）、改接线路、移动焊机、检修焊机。



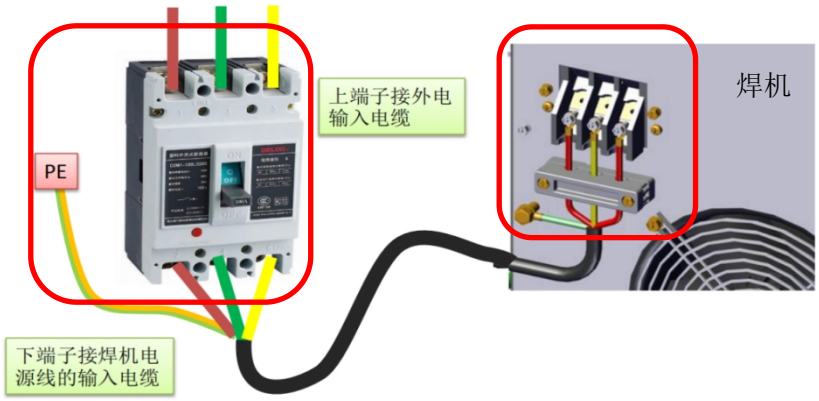
防护手套



绝缘鞋



更换正负极



改接线路

1.6 触电抢救措施

①切断电源：发现有人触电应当立即切断电源，或者用绝缘的物体将电源线挑离触电者的身体，然后及时拨打 120，请求救援；

②在确定环境安全以后，要观察触电者有无呼吸、心跳，如果出现呼吸和心跳骤停，触摸大动脉无搏动，观察患者无呼吸，应当立即予以心肺复苏，可以进行胸外心脏按压以及人工呼吸，及时进行现场救援，等待专业人员前来进行救治。





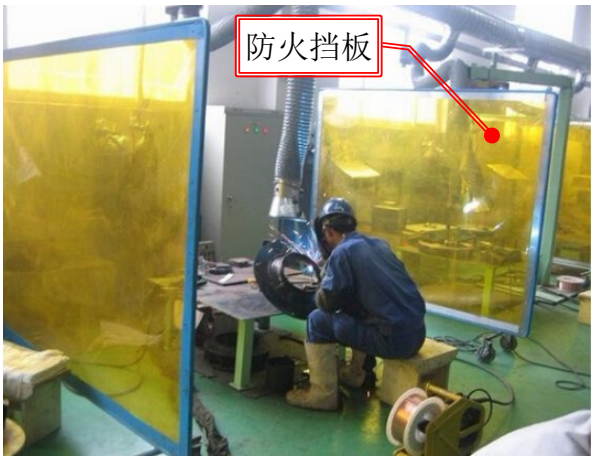
1.7 防火防爆措施

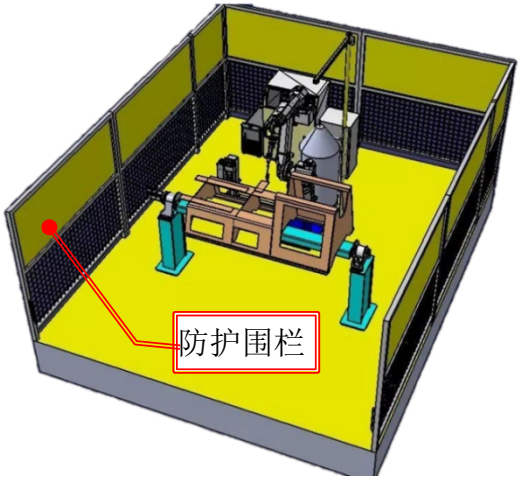
①焊前认真检查工作场地是否有易燃易爆物品；





②在作业区域做好防火挡板或防护围栏，避免火花飞溅引起火灾；





③严禁在有压力的容器和管道上焊接，比如各种气瓶、气罐等；





④焊补贮存过易燃物的容器时，焊前必须将介质放净，比如油罐、燃气罐等。



注：油罐、燃气罐等贮存过易燃易爆物的容器，不建议自行清洗，应让专业从事相关工作的公司来处理，以免处理不专业而发生危害。

1.8 焊接过程有害因素

①红外线：眼部灼痛、红外线白内障、视力减退；

②紫外线:皮炎、弥慢性红斑、蜕皮、急性角膜炎（电光性眼炎)；

③强烈的可见光：“晃眼”、视力下降；

④熔渣和飞溅金属：烫伤；

⑤射线；

⑥有毒气体：臭氧、氮氧化合物、一氧化碳、氟化氢等；

⑦金属粉尘；

⑧高频电磁场：头晕、乏力、记忆力减退、失眠多梦；

⑨噪声：听觉障碍、耳聋；



1.9 焊接防护

①工作服：棉白帆布，隔热、耐磨、不易燃烧。袖口应扎紧，不应沾染油脂，潮湿或有破损，上衣不应扎在工作裤里面；

②焊工绝缘鞋：应具有绝缘、隔热、不易燃耐磨损和防滑，鞋底不应有鞋钉，潮湿或有破损；

③焊工手套：棉帆布或皮革制成，绝缘、抗辐射、隔热、耐磨、阻燃，不应沾染油脂，潮湿或有破损；

④防尘口罩；

⑤耳塞、耳罩等。

1.10 职业危害告知

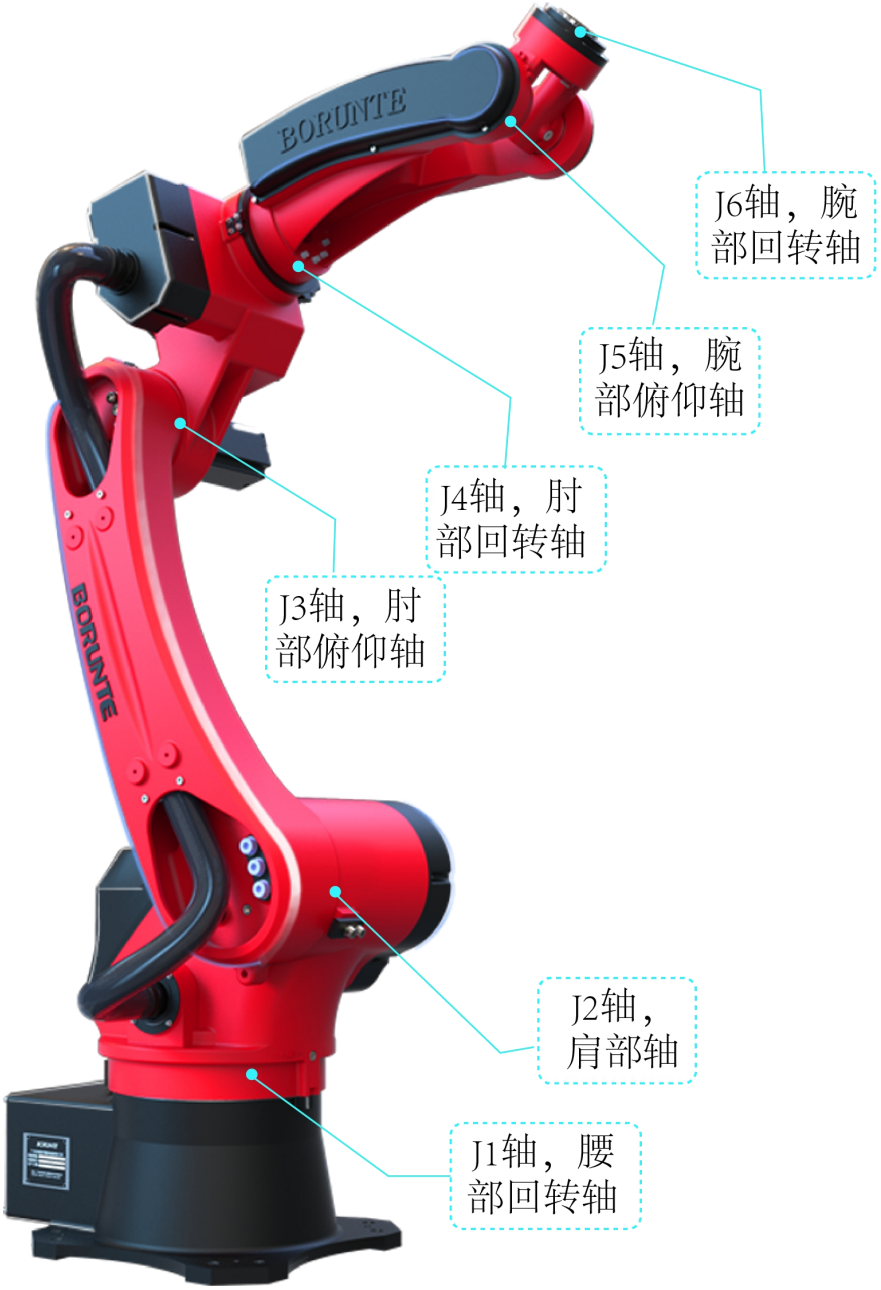
焊接区域要贴有相关职业危害告知标志，如下图：



第二篇　弧焊机器人基本单元构成

2.1 六轴机器人本体的六个自由度

机器人本体，一般是伺服电机驱动的，它由驱动器、传动机构、机械手臂、关节以及内部传感器等组成，如下图所示。它的任务是精确地保证机械手末端（焊枪）所要求的位置、姿态和运动轨迹。



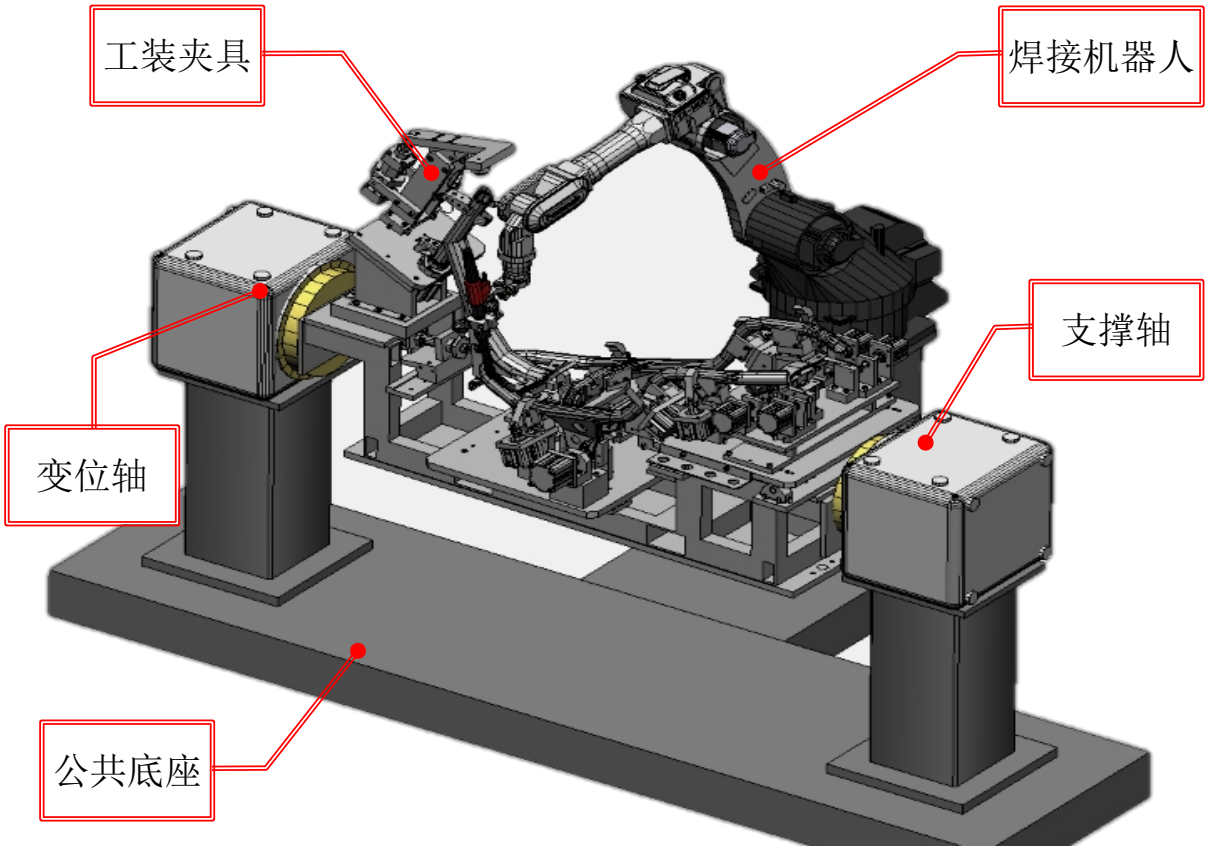
2.2 机器人外部轴应用

机器人外部轴，说的是除机器人本体轴数之外，因工作需要而特地加上的联动轴。

六轴机器人在工业生产中应用最为广泛，而六轴机器人本体有六个轴，为了使其在工作过程中能完成各种难度的工作，可以增加外部轴，或者称为第七轴、第八轴，也有的称为变位机构。

当六轴机器人工作时，只有一个外部轴与机器人本体联动，这个外部轴就称为第七轴。若是在第一个外部轴的基础上再增加一个外部轴，即六轴机器人与两个外部轴同时联动工作，这两个轴就可以称为机器人的第七轴、第八轴。

现在大多数的机器人系统都可以扩展到第八轴，甚至是九轴、十轴。（目前伯朗特机器人只能扩展到第八轴）



机器人外部轴示例应用

2.3 焊接工装夹具

焊接工装夹具就是将焊件准确定位和可靠夹紧，便于焊件进行装配和焊接、保证焊件结构精度方面要求的工艺装备。其作用若如下：

①准确、可靠的定位和夹紧，可以减轻甚至取消下料和划线工作。减小制品的尺寸偏差，

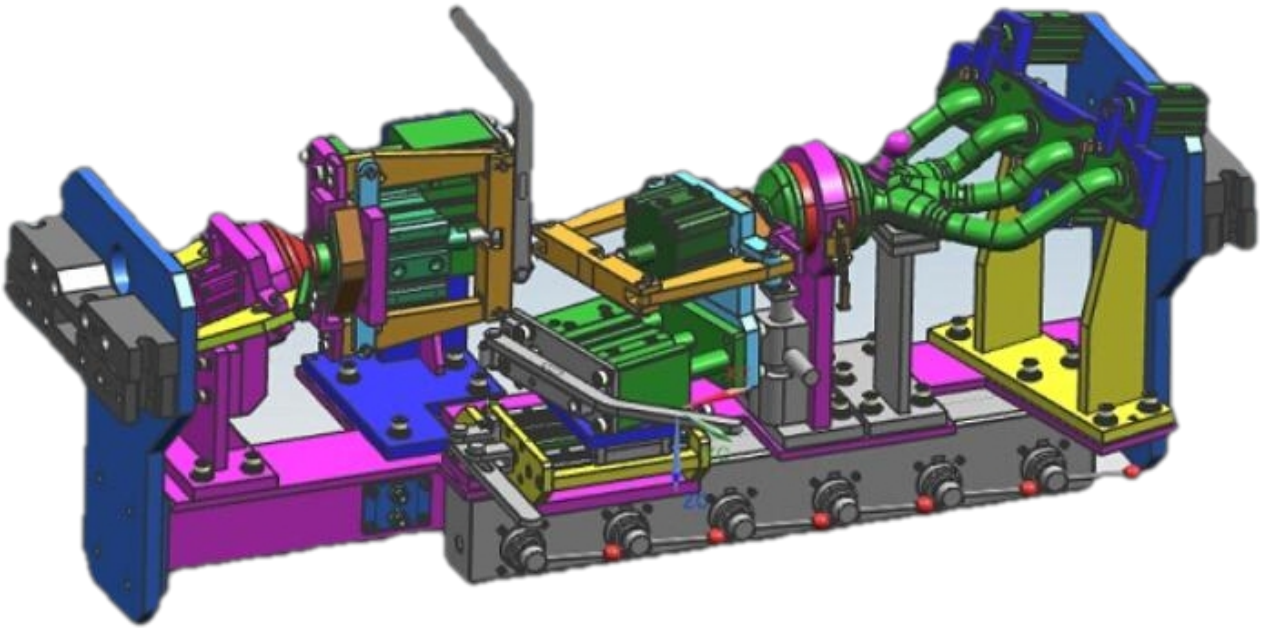
提高了零件的精度和可换性。

②有效的防止和减少了焊接变形。

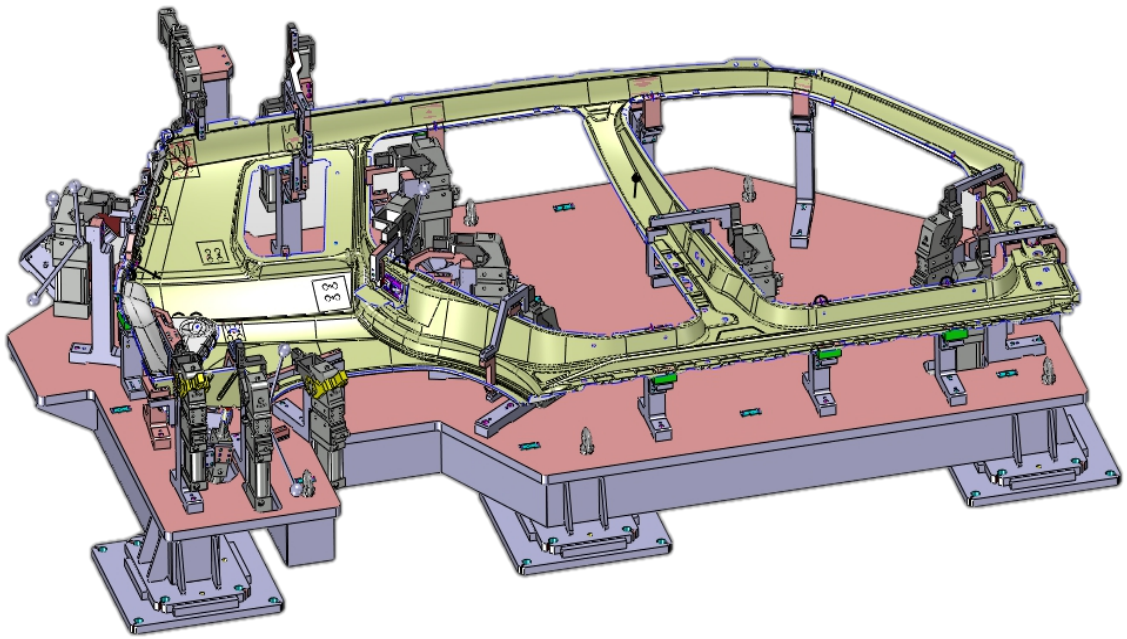
③使工件处于最佳的施焊部位，焊缝的成型性良好，工艺缺陷明显降低，焊接速度得以提高。

④以机械装置代替了手工装配零件部位时的定位、夹紧及工件翻转等繁重的工作，改善了工人的劳动条件。

⑤可以扩大先进的工艺方法的使用范围，促进焊接结构的生产机械化和自动化的综合发展。

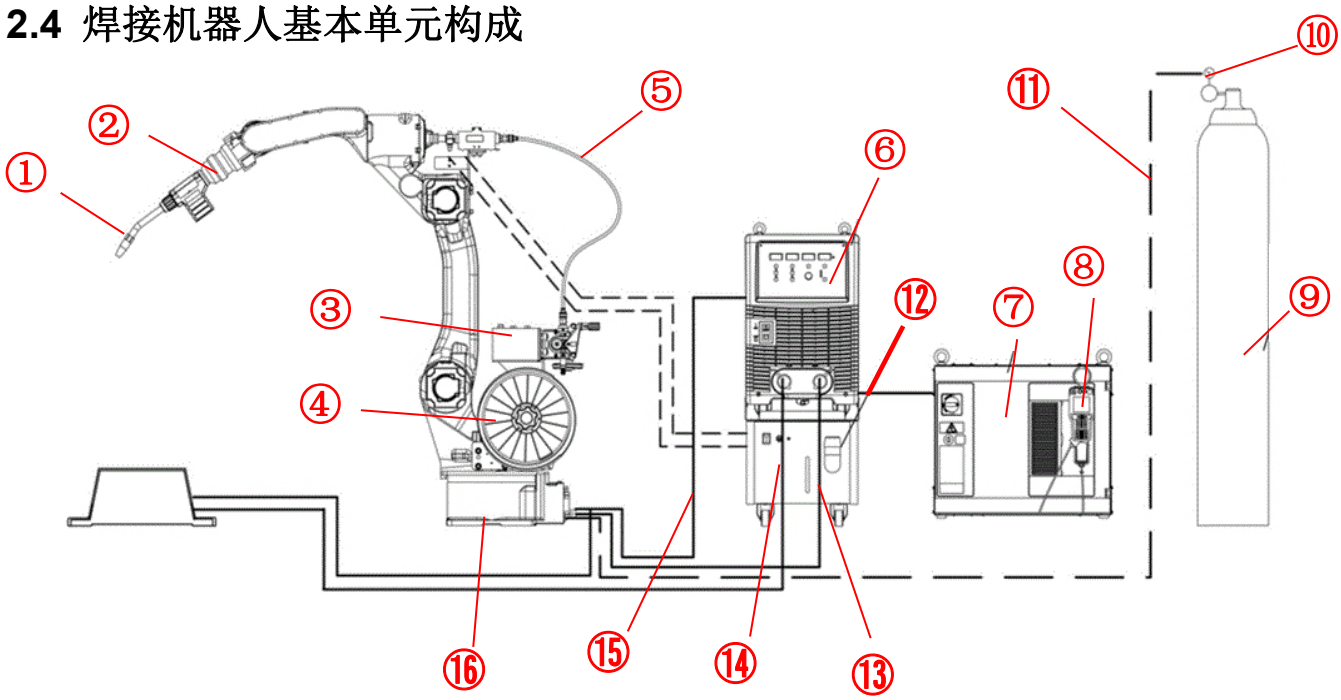


排气歧管焊接夹具



汽车车门焊接夹具

2.4 焊接机器人基本单元构成



标注：1、焊枪　2、焊枪防碰撞传感器　3、送丝机构　4、送丝盘　5、送丝管　6、焊机　7、机器人控制柜　8、机器人示教器　9、供气瓶　10、气体流量计　11、送气管　12、焊机与机器人控制柜信号线　13、电极　14、地线　15、焊接信号控制线缆总成　16、机器人本体

2.5 焊接电源

弧焊电源是指焊接时用的电源，采用平特性或缓降外特性。是电弧焊机中的核心部分，其按照不同的方式有不同的分类，具体如下：

①按照输出电流的种类可分为直流、交流、脉冲三大类型

②按照输出外特性的特征可分为恒流（垂直下降）、恒压（平）外特性和介乎这两者之间的缓降外特性三大类；

③按外特性和动特性的控制技术可分为机械控制型、电磁控制型、电子控制型和数字化控制型四大类。

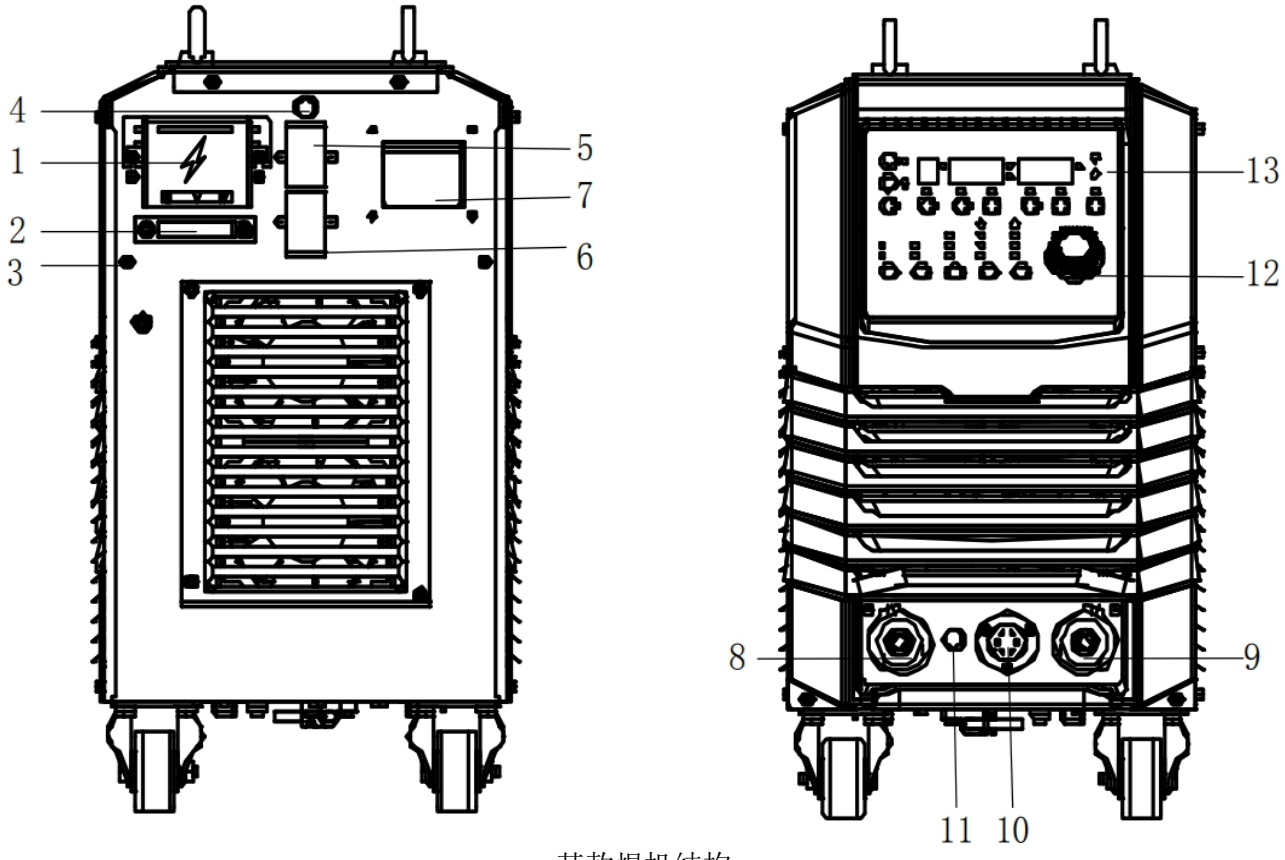
注：恒压特性是指在等速送丝的气体保护焊、埋弧焊等焊接设备中，其特点是输出电流在运行范围内增加时，端电压基本不变（电压下降率小于 7V/100A，电压上升率小于 10V/100A），这种特性称为恒压特性。

恒流特性电是指焊接过程中电弧长度等变化因素引起电弧电压变化时，焊接电流变化很小。

类型		特点	适用范围
交流弧焊电源	弧焊变压器	把网路电压（220或380V）的交流电变成适于弧焊的低压交流电。结构简单，易于维修，成本低，磁偏吹小，空载损耗小，噪声小。其电流波形为正弦波，电弧稳定性较差，功率因数低。	酸性焊条电弧焊、埋弧焊和TIG焊
	矩形波（方波）弧焊电源	网路电压降压后通过半导体控制技术获得矩形波交流电。电流过零点极快，其电弧稳定性好，可调参数多，功率因数高，设备较复杂，成本较高。	碱性焊条电弧焊、埋弧焊和TIG焊
直流弧焊电源	直流弧焊发电机	由柴（汽）油发动机驱动发电机而获得直流电。输出电流脉动小，过载能力强。但空载损耗大，效率低，噪声大。	主要用于野外施工时的焊条电弧焊和气体保护焊
	弧焊整流器	把网路交流电经降压和整流后获得直流电。与直流弧焊发电机相比，制造方便，省材料，空载损耗小，节能，噪声小。由电子控制的近代弧焊整流器的控制与调节灵活方便，适应性强，技术和经济指标高	各种弧焊
脉冲弧焊电源		焊接电流的大小周期性变化，效率高，可调参数多，调节范围宽。热输人可精确控制，设备较复杂,成本高	TIC、MIG、MAG焊和等离子弧焊

焊接电源特点和类型

2.6 弧焊焊机的结构

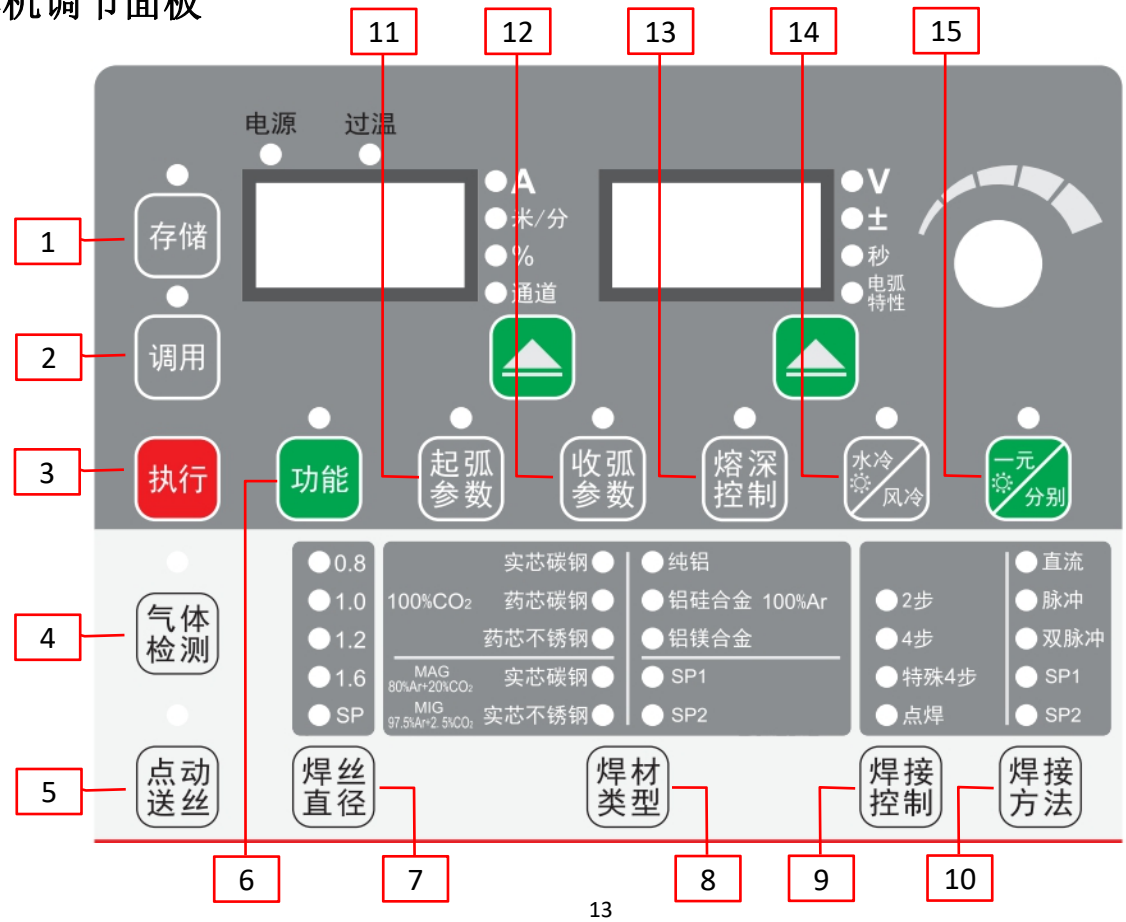


某款焊机结构

序号	名称	功能
1	输入接线排	交流输入电源连接器
2	电缆线固定夹	固定交流输入线缆
3	M6　接地螺柱	安全接地
4	电加热减压器保险座	保险管容量为　8A
5	电加热减压器插座	提供电加热减压器　36VAC　电源
6	通信连接器	用于与计算机的通信
7	电源开关	交流输入电源的接通与断开
8	负输出端子	连接母材电缆
9	正输出端子	连接送丝装置功率电缆
10	七芯航空插座	连接送丝装置控制电缆
11	送丝机电源保险座	保险管容量为　8A
12	参数调节旋钮	调节焊接参
13	控制面板	调节焊接模式

注：不同品牌、不同型号焊机结构都有所差异，但基本类似，注意灵活运用。

2.7 焊机调节面板



序号	名称	功能说明
1	存储键	1.对选择的焊接参数进行存储。 2.在锁定中用于密码设置。
2	调用键	1.对存储的焊接参数进行调用。 2.在锁定中用于密码锁定。
3	执行键	1.用于确认调用和存储的焊接参数。 2.在锁定中用于普通的面板锁定。
4	气体检测	通过气体检测健检验有无气体流出。
5	点动送丝	可进行快速送丝，无气体流出，节约气体。
6	功能	对内部菜单参数进行设定。
7	焊丝直径	用于选择不同的焊丝直径，SP 为其它焊丝直径。
8	焊材类型	用于选择不同的焊接材料，SP 用于其它焊接材料。
9	焊接控制	通过焊接控制按键选择焊接的控制方式。
10	焊接方法	用于选择不同焊接方法（直流、脉冲及双脉冲之间切换。SP1 和 SP2 用于其它焊接方法）
11	起弧参数	可查看起弧参数中的起弧电流、起弧送丝速度和起弧电压，可调节起弧百分比、起弧电压、修正值、起弧时间及电弧特性。
12	收弧参数	可查看收弧参数中的收弧电流、收弧送丝速度和收弧电压，可调节收弧电流百分比、收弧电压、修正值、收弧时间及电弧特性。
13	熔深控制	变化干伸长时熔深保持一致。
14	水冷/风冷	水冷/风冷切换键。
15	一元/分别	一元化模式下，系统会根据当前电流配置相应的电压； 分别模式下，分开调节。

注：不同品牌、不同型号焊机调节面板都有所差异，但功能大多相似，注意灵活运用。

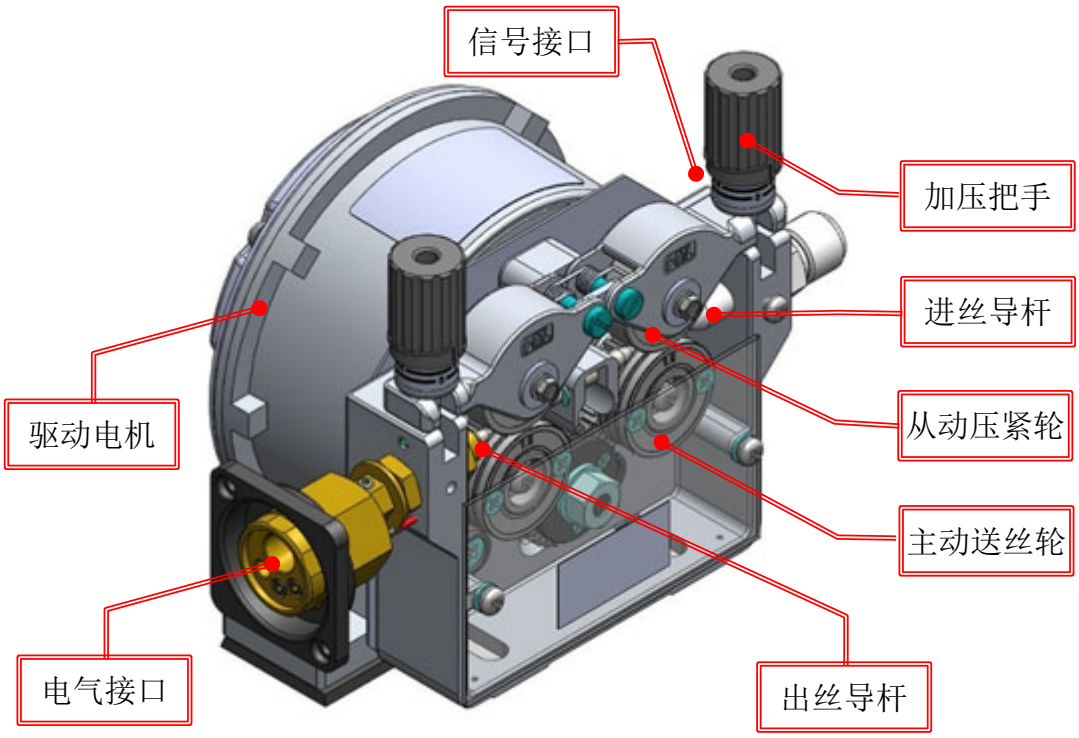
特别注意事项：①更换焊接方式（MAG、MIG、CO_2）时注意要将气体类型切换到正确位置；②更换不同直径焊丝时需要将焊丝直径切换到正确位置。

注：焊机部分品牌及型号见附录 A。

2.8 送丝机组成及其原理

送丝机结构大致由电气接口、驱动电机、信号接口、加压把手、进丝导杆、压紧轮、主动送丝轮、出丝导杆等几种主要零部件组成。

其中电气接口基本可分为松下式、OTC 式、欧式和 TBI 式四种；送丝轮根据焊丝直径及类型的不同，选用与焊丝匹配的规格。（焊丝类型指软态焊丝与硬态焊丝，软态焊丝有铝合金焊丝、铜合金焊丝等，硬态焊丝有碳钢焊丝，不锈钢焊丝等）



某款送丝机结构

注：不同品牌送丝机外型及构造会有所差异，但功能基本相同，注意灵活运用。

丝盘上的焊丝经过送丝管后，再进入进丝导向杆，由进丝导向杆将焊丝部分校直。焊丝经过校直后，继续经过送丝滚轮，然后由出丝导杆一端出来，最后到达焊枪。

其中，由驱动电机提供动力，带动主动送丝滚轮转动，在焊丝经过送丝滚轮时，由于压紧轮的存在，焊丝与滚轮之间就有一股摩擦力。在这股摩擦力和滚轮的共同作用下，就可以驱动焊丝前进或者后退。

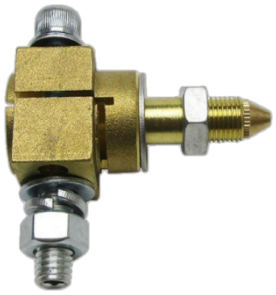
目前，送丝机的电气接口制式在市场上运用较多的主要有松下式和欧式，TBI 式与 OTC 式相对较少。



欧式



接口





松下式

上左图为欧式送丝机电气接口，送丝口、进气口、电极等均作为一体。

上右图为松下式送丝机电气接口，此接口构造为电极与送丝口为一体，进气口从送丝机上另一处接口引出。

注：松下式与欧式主要区别为电气接口的不同，选型时需要与焊枪制式相同，若焊枪与送丝机制式不同，会导致焊枪无法装配到送丝机上。若送丝机制式为欧式，焊枪必须选为欧式；若送丝机为松下式，则焊枪必须选为松下式。

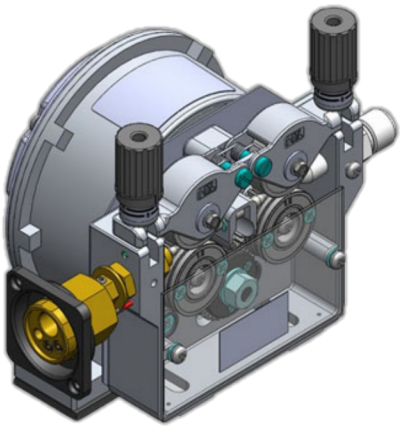
2.9 送丝机动力分类

送丝机根据动力分类可分为推丝式送丝机、拉丝式送丝机、推拉丝式送丝机三种

（1）推丝式送丝机

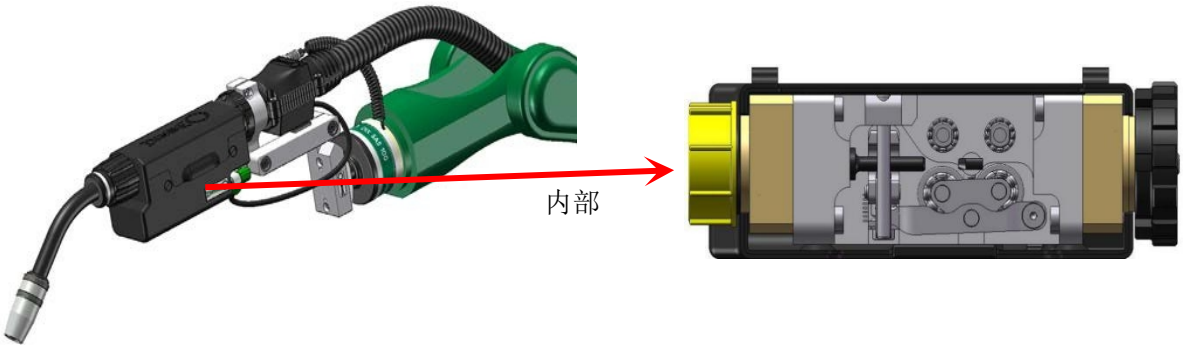


内部构造

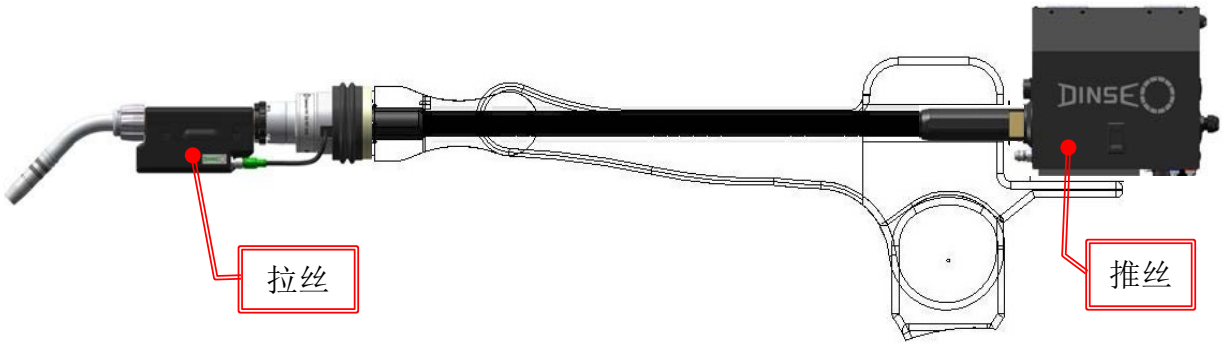


推丝式送丝机主要用于直径为 0.8～2.0mm 的焊丝，它是应用最广的一种送丝方式。其特点是焊枪结构简单轻便，易于操作，但焊丝需要经过较长的送丝软管才能进入焊枪，焊丝在软管中受到较大阻力，影响送丝稳定性，一般软管长度为 3～5m。

（2）拉丝式送丝机



拉丝式送丝机主要用于细焊丝（焊丝直径小于或等于 0.8mm），因为细丝刚性小，推丝过程易变形，难以推丝。拉丝时送丝电机与焊丝盘均安装在焊枪上，由于送丝力较小，所以拉丝电机功率较小，尽管如此，拉丝式焊枪仍然较重。可见拉丝式虽保证了送丝的稳定性，但由于焊枪较重，增加了机器人的载荷，而且焊枪操作范围受到限制。因此，选用此类焊枪时，需计算机器人载荷是否满足要求。



（3）推拉丝式送丝机

推拉丝送丝机由一个拉丝送丝机与一个推丝送丝机组合而成，可以增加焊枪操作范围，送丝软管可以加长到 10m。除推丝机外，还在焊枪上加装了拉丝机。推丝是主要动力，而拉丝机只是将焊丝拉直，以减小推丝阻力。推力与拉力必须很好地配合，通常拉丝速度应稍快于推丝这种方式虽有一些优点，但由于结构复杂，调整麻烦，同时焊枪较重，因此实际应用并不多，大多用在自动铝焊方面。选用此类焊枪时，需计算机器人载荷是否满足要求。

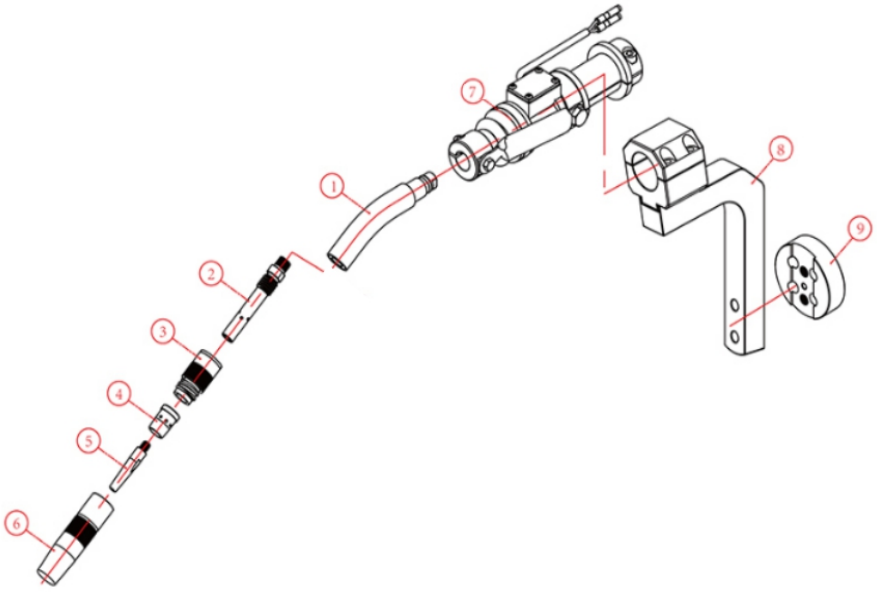
送丝机按滚轮数分为一对滚轮和两对滚轮两种。送丝机的结构有一对送丝滚轮的，也有两对滚轮的；有只用一个电机驱动一对或两对滚轮的，也有用两个电机分别驱动两对滚轮的。

从送丝力来看，两对滚轮的送丝力比一对滚轮的大些。当采用药芯焊丝时，由于药芯焊丝比较软，滚轮的压紧力不能像用实心焊丝时那么大，为了保证有足够的送丝推力，选用两对滚轮的送丝机可以有更好的效果。

多数情况下，为保证送丝稳定及优化结构、节省成本等，推丝送丝机大多使用两对滚轮，拉丝送丝机使用一对滚轮。

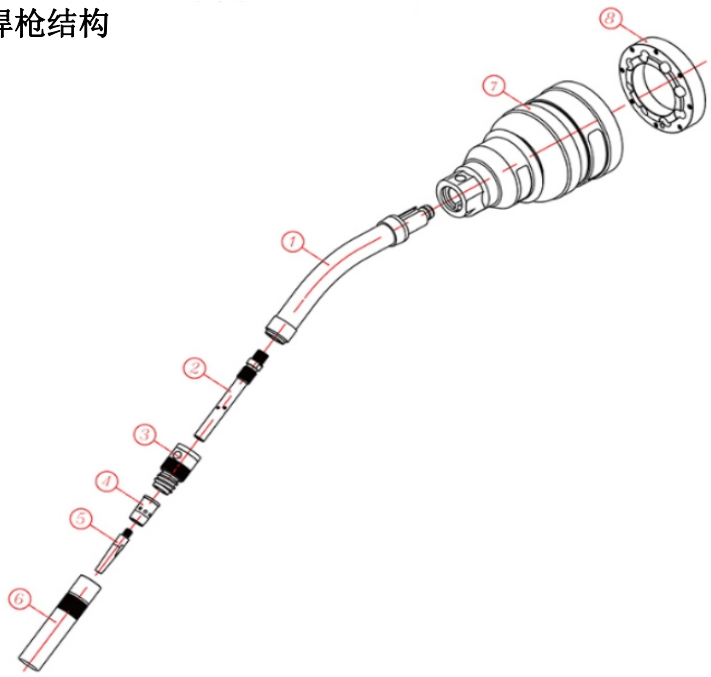
2.10 焊枪结构

（1）外置式气冷自动焊枪结构



标注：1、抢颈 2、导电嘴座（连接杆） 3、绝缘套 4、分流环 5、导电嘴 6、喷嘴 7、防碰撞传感 8、外置支架 9、法兰盘

（2）内置式气冷自动焊枪结构



标注：1、抢颈 2、导电嘴座（连接杆） 3、绝缘套 4、分流环 5、导电嘴 6、喷嘴 7、防碰撞传感 8、法兰盘

熔化极气体保护焊的焊枪按照冷却方式可分为气冷式焊枪和水冷式焊枪两类。（水冷比气冷多了水循环冷却水管，其余部分结构基本相同，且水冷焊枪应用场景较少，在此主要介绍气冷式焊枪，水冷暂时略过，有需要的可自行查阅相关资料）

按照操作方式的不同，又分为自动焊枪和半自动（手工）焊枪，其中自动焊枪是在半自动焊枪上的进一步升级。自动焊枪是指装配在工业机器人上使用的焊枪，按照其在机器人机械轴上的装配方式，分为**外置式**和**内置式**两种。

2.11 焊枪配件

（1）枪颈

焊枪枪颈的作用主要是改变焊接的可达性。对于焊接结构，要使每条焊缝都能施焊，必须保证焊缝周围有供机器人运行和焊接装置正常运行的条件，这就叫焊接可达性。

在实际焊接过程中，有一些焊接部位不容易接触到，那就是焊接可达性较差，给焊接带来不便和困难。为了保证可达性差的位置的焊接质量，要制定好相应的焊接工艺措施，充分利用辅助工具完成多障碍、操作空间狭窄、可达性差的结构焊接。

其中，可以通过更改枪颈的角度和长度来改善焊接可达性的目的。比如说焊缝位置较深，可以采用长一点的枪颈；若是焊缝角度较偏，而且机器人行程不足或者位姿限位，就可以采用角度较大的枪颈来弥补机器人位姿行程。

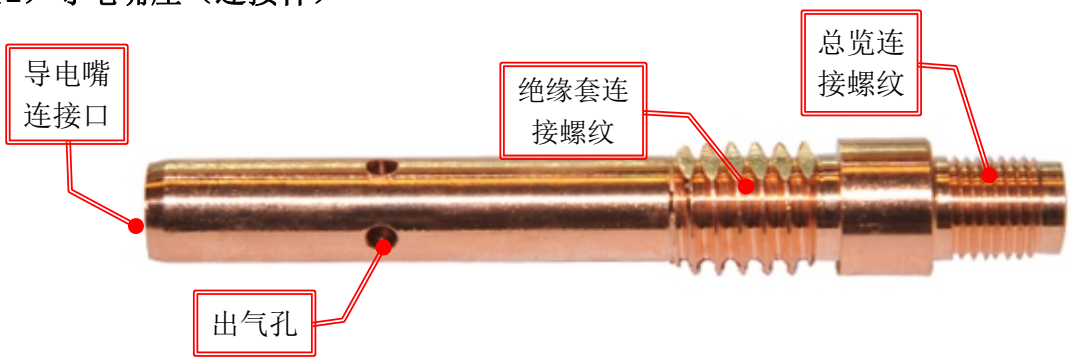
需注意的是，焊枪枪颈的长度和角度必须要与机器人相互配合，不能盲目选型，要经过计算或者模拟之后再确定焊枪枪颈的规格。



通过左图可以看出，各个枪颈的长度、弯度都不一致。有短的，也有长的；有弯曲的，也有直的。不同的枪颈规格对应不同的焊接场景，因此，在焊枪选型时，枪颈的长度与弯度选择要慎重，在复杂零件焊接时，最好经过 3D 模拟之后再进行选型。若是焊枪厂家没有合适的型号，可与其协商定制。

注：相关焊枪机枪颈型号见附录 B

（2）导电嘴座（连接杆）



连接杆的主要作用是导电和导出保护气并分流。连接杆是易损件，需经常更换，大约一个月换一次。更换的时候需要注意制式连接杆标准和型号，或者长度、外内径及螺纹规格等。

（3）导电嘴



导电嘴主要作用是将电流导入焊丝，由纯铜或耐磨铜合金制成，常用的有紫铜、黄铜、铬锆铜等几类。

导电嘴的孔径应比对应的焊丝直径稍大(大 0.1～0.2mm)。喷嘴在焊接过程中不断与焊丝摩擦，因此容易受到磨损。磨损过大时会导致电弧不稳，应及时更换。导电嘴安装后，其前端应缩至喷嘴内 2～3mm。

导电嘴常用的有主要松下式和林肯式两大类，其常用规格有 15AK、24KD、36KD 三种。15AK 指能承受的最大焊接电流为 150A，24KD（M8 螺纹）为 240A，36KD（M6 螺纹）为 360A。

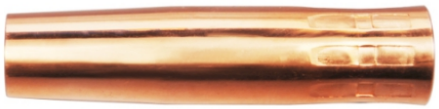
导电嘴的型号也有多种规格及样式，选型时除了需要注意孔径外，还需注意螺纹规格（M6、M8、M10，粗牙、细牙等）、长度、外径、制式等，要与连接杆能配合。

对于导电嘴制式没有硬性要求，现在很多导电嘴都是定制或者仿制的，只要导电嘴的螺纹规格、内孔径、外型、长度以及材料等合适，都可以正常使用。一般来说，都是统一采用某种制式，因为通用性和普遍性较高，采购也相对方便。

（4）喷嘴



可变径喷嘴（窄间隙喷嘴）



绝缘喷嘴

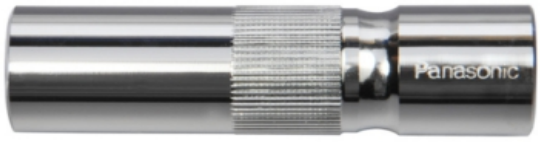
（绝缘套与喷嘴做成一体式）



外角焊缝喷嘴（点焊喷嘴）



缩口喷嘴（锥形喷嘴）



直型喷嘴

喷嘴的主要作用是保护气体通过喷嘴流出，确保能形成一良好的保护气罩，覆盖在熔池及电弧上面，使得焊缝良好成型。喷嘴通过绝缘套装在枪体上，所以即使它碰到焊件也不会造成打弧。

在使用过程中，应随时检查喷嘴是否被堵塞，避免喷嘴堵塞导致保护气体喷出不足，造成焊缝产生气泡、气孔等不良。

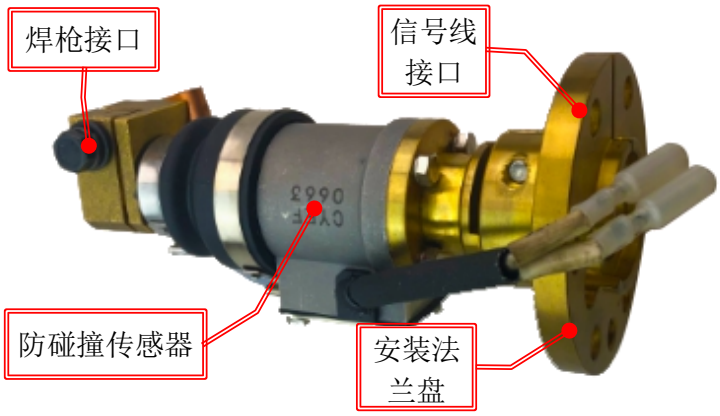
喷嘴的样式型号也是多样，长度、内外径、缩口角度、喷口形状等都不一致，应根据情况（焊缝位置、导电嘴长度大小、制式等）选择合适的喷嘴。因为喷嘴也会影响到焊接可达性以及焊接质量，因此在设计时可先通过 3D 模拟来确定型号，若市场上没有类似规格型号，可联系厂商定制。

（5） 防碰撞传感器

焊枪防碰撞传感器与焊枪和第六轴连接，其工作原理是当自动焊枪枪头与工件发生碰撞后，相互间产生的接触应力便通过焊枪传到导向轴，进而挤压弹簧收缩，带动楔形块运动，并与触点开关接触。当焊枪碰撞超过一定位移后，触点开关接触导通，发出电信号，使机器人停止工作，从而对机器人起到保护作用

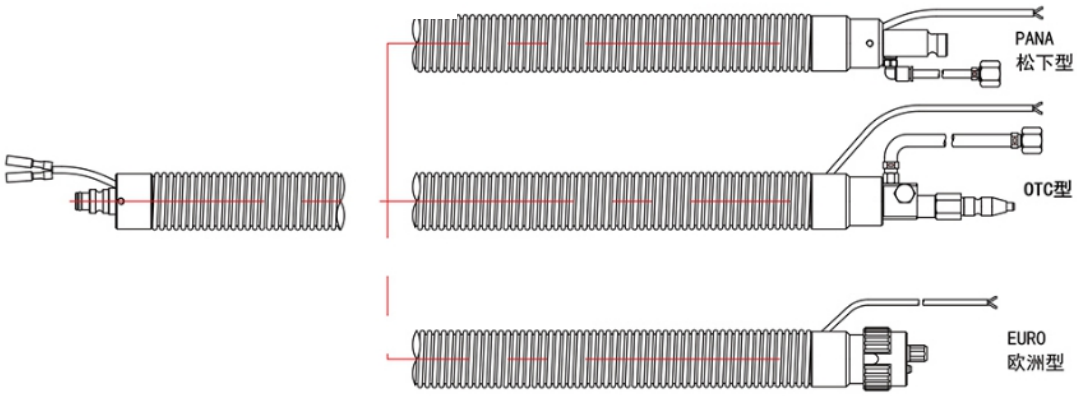


防碰撞传感器

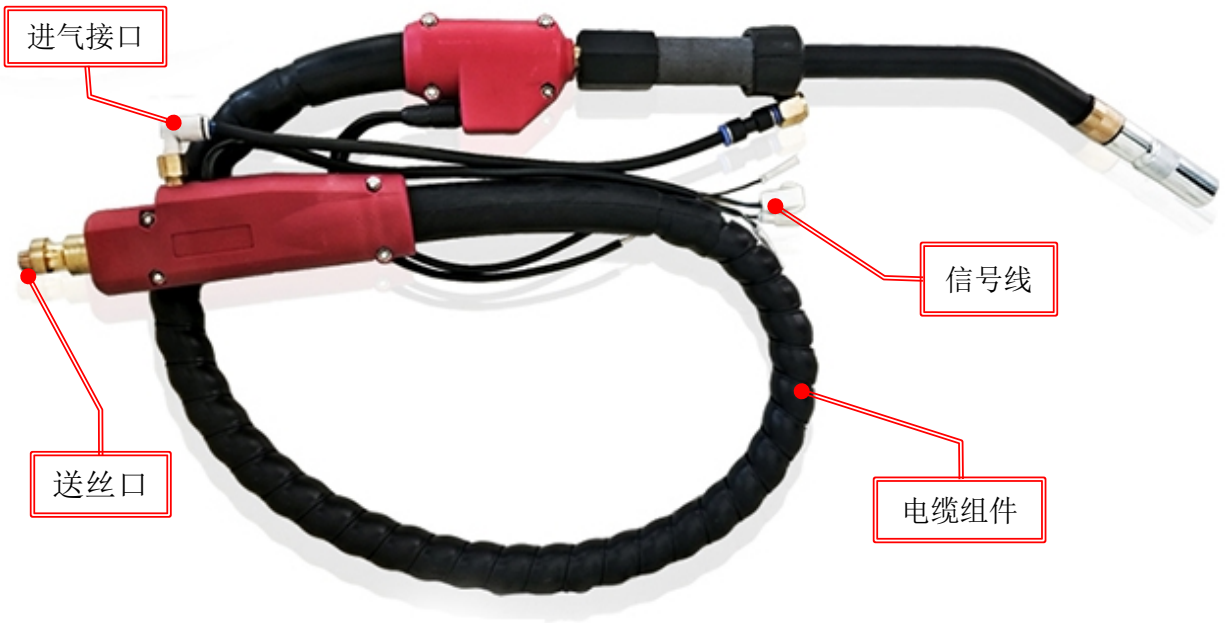


（6）焊枪电缆总成

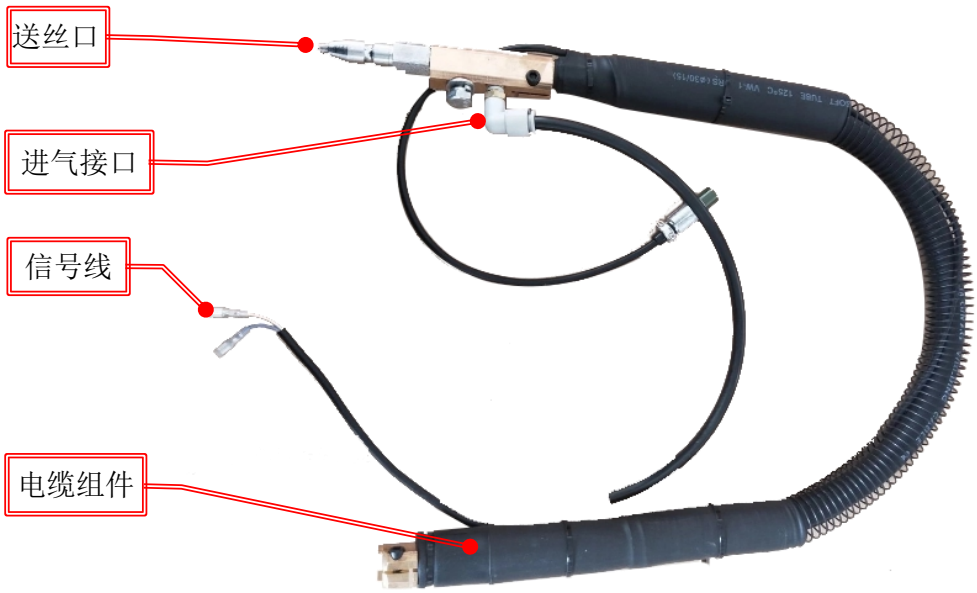
按照制式标准的不同，焊枪电缆总成结构有一定区别，但其原理及功能基本是一致的。最多的焊枪结构为松下式、欧式、OTC 式焊枪结构，也是几种比较主流的焊枪结构，其差别主要在于电缆总成接口不同，如下图。



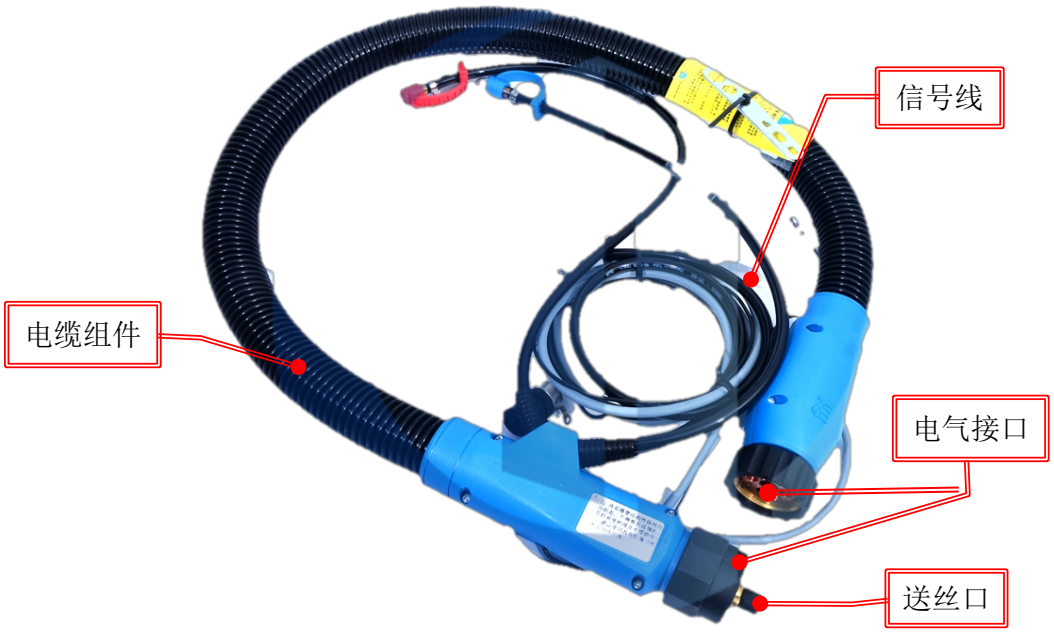
注：因为电缆总成接口的不同，在采购配件时需要注意，先查看机器人配备的是哪种制式的焊枪总成，再采购相应的配件。



松下式



OTC 式



欧式

特别注意事项：焊枪电缆总成制式要与送丝机制式保持一致，松下式送丝机对应松下式电缆总成，欧式送丝机对应欧式电缆总成。

2.12 供气系统

机器人供气系统由气源、减压阀和流量计、送气管等几部分构成。如下图：



（1）气源

机器人气源一般为气瓶或者储气罐供气。有单个气瓶单独供气，也有数个气瓶并联集中供气，还有大型储气罐统一供气的。

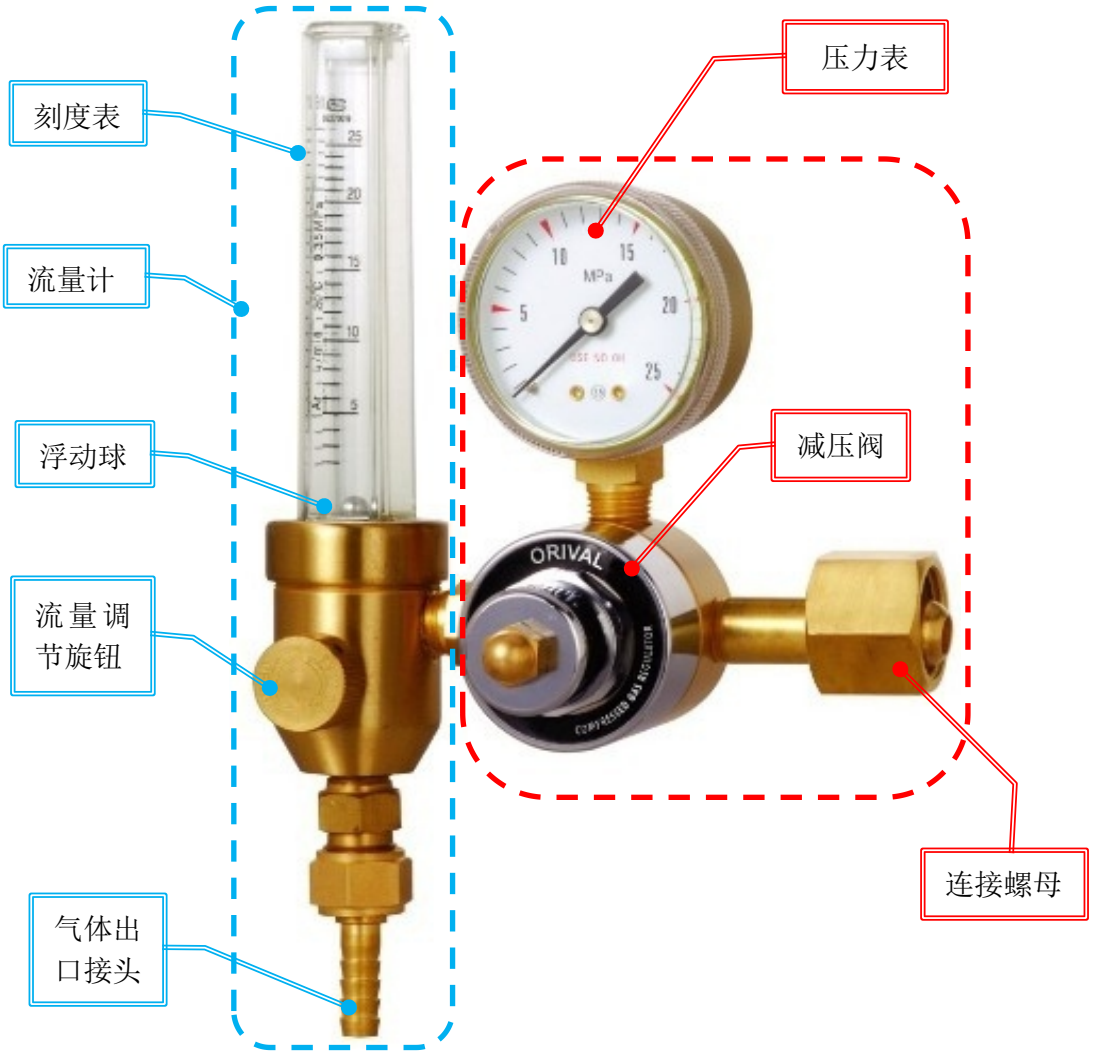


多气瓶并联集中供气方式



大型储气罐统一供气方式

（2）减压阀和流量计



减压阀（右侧红色框）的作用主要是降低气瓶出口的气压，使出气压力能适合焊接工作。减压阀上带有压力显示表，其作用是检测瓶内气压是否足够以及瓶内气体剩余量。气压表指针为零时，说明气体已消耗完毕或者气阀开关未打开。

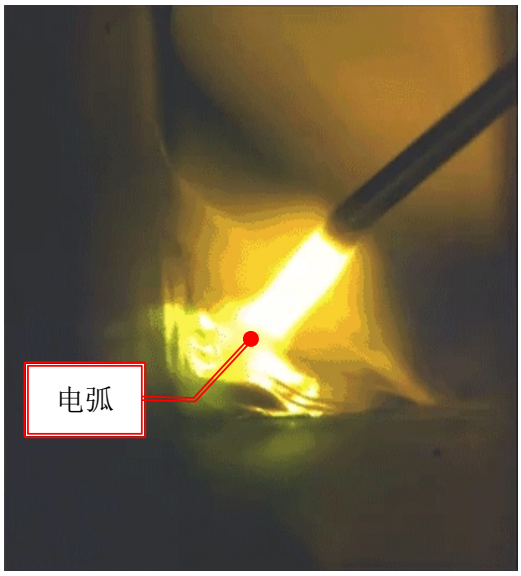
流量计（左侧蓝色框）的作用是调节焊接气体流量，通过调节旋钮，可以增加或者减小气流量。**焊接前要检测气体流量是否合适：按下检气按钮，浮动球浮动在流量计刻度表的哪个位置，就可以通过刻度值观察此刻的气体流量是多少，一般气流量在 10~15L/min 之间。**

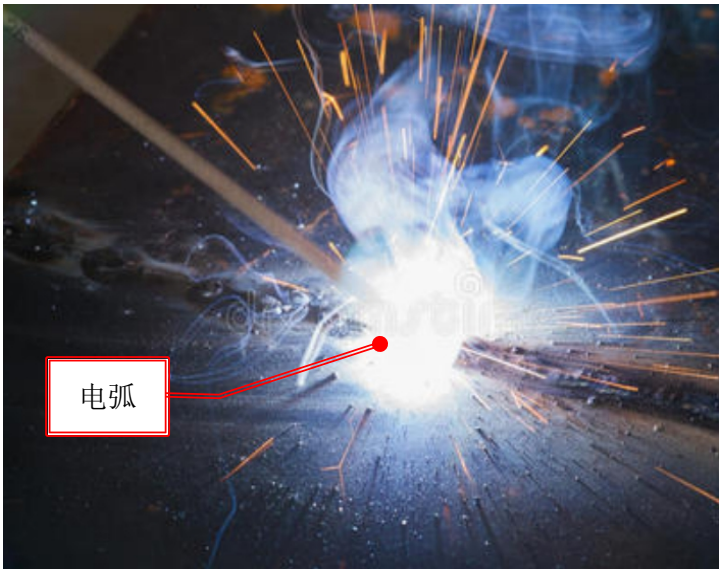
第三篇 焊接基础知识

3.1 焊接电弧

定义

由焊接电源供给的，在两极间产生强烈而持久的气体放电的现象叫做电弧。





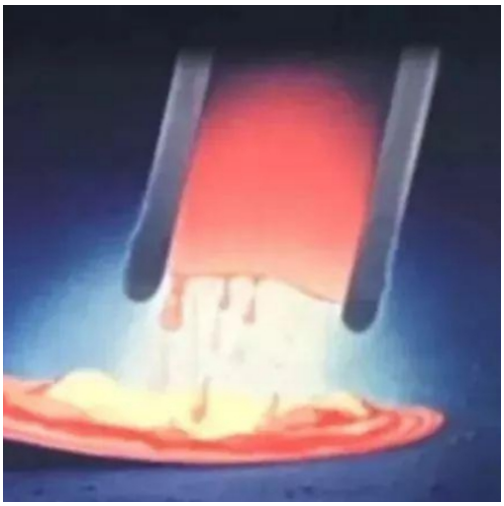
分类

①按电流种类可分为：交流电弧、直流电弧和脉冲电弧。

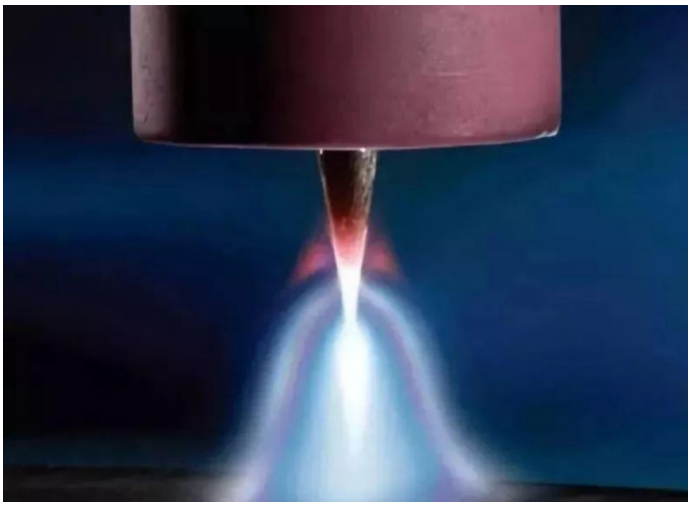
②按电弧的状态可分为：自由电弧和压缩电弧(如等离子弧)。

③按电极材料可分为：熔化极电弧和非熔化极电弧。

其中，实际应用时，大多数按照电极材料分类，即熔化极电弧与非熔化极电话。



熔化极电弧

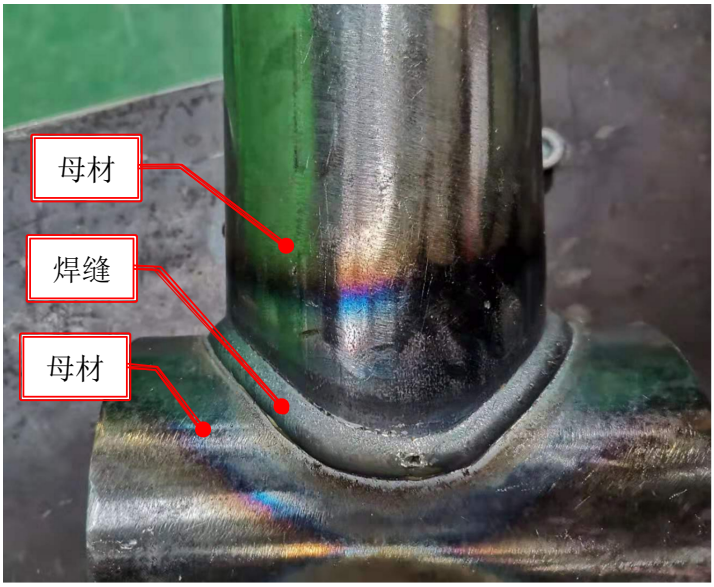


非熔化极电弧

3.2 焊接母材及焊缝

被焊接的金属叫做母材。焊接母材是要将其焊接起来的材料，也就是焊缝中除去焊条金属的材料就可以叫母材。

焊接后，焊件中所形成的结合部分叫做焊缝。如右图所示。



3.3 熔滴、熔池及保护气体

熔滴

焊丝端受热后熔化，并向熔池过渡的液态金属滴，叫做熔滴，见下图。

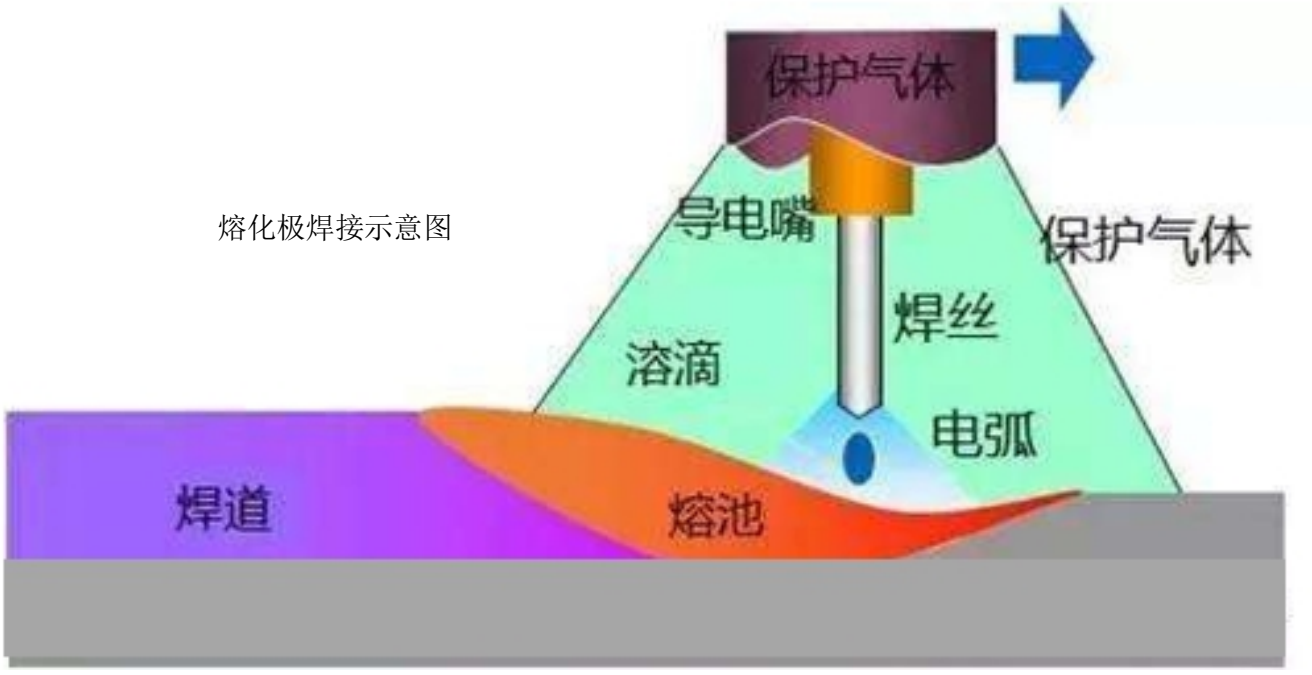
熔池

熔焊时，焊件上所形成的具有一定几何形状的液态金属部分叫做熔池，见下图。

保护气体

焊接中用于保护金属熔滴以及熔池免受外界有害气体（氮、氢、氧）侵入的气体叫做保护气体，

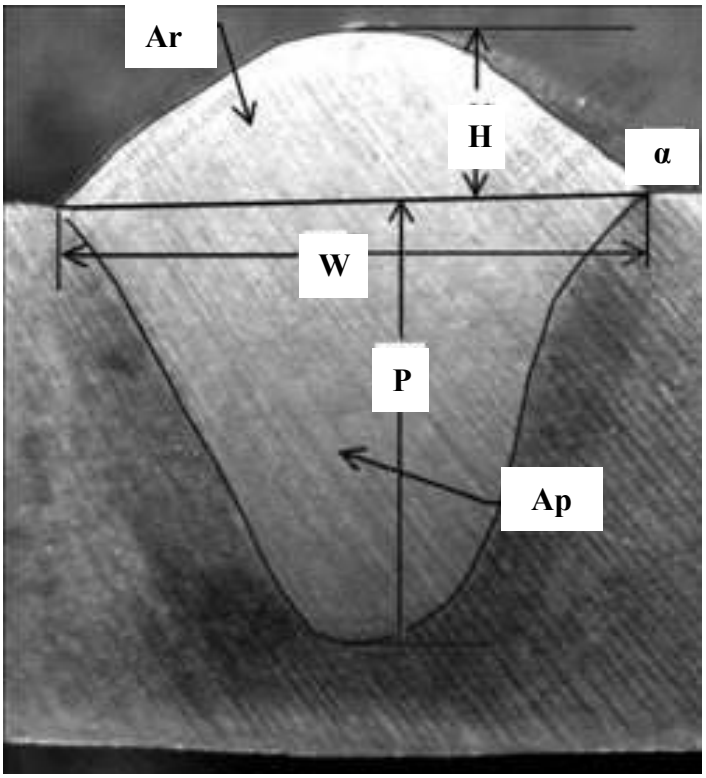
熔化极焊接示意图



3.4 熔深、熔宽及余高

熔深

在焊接接头横截面上，母材熔化的深度叫做熔深。如右图 P。

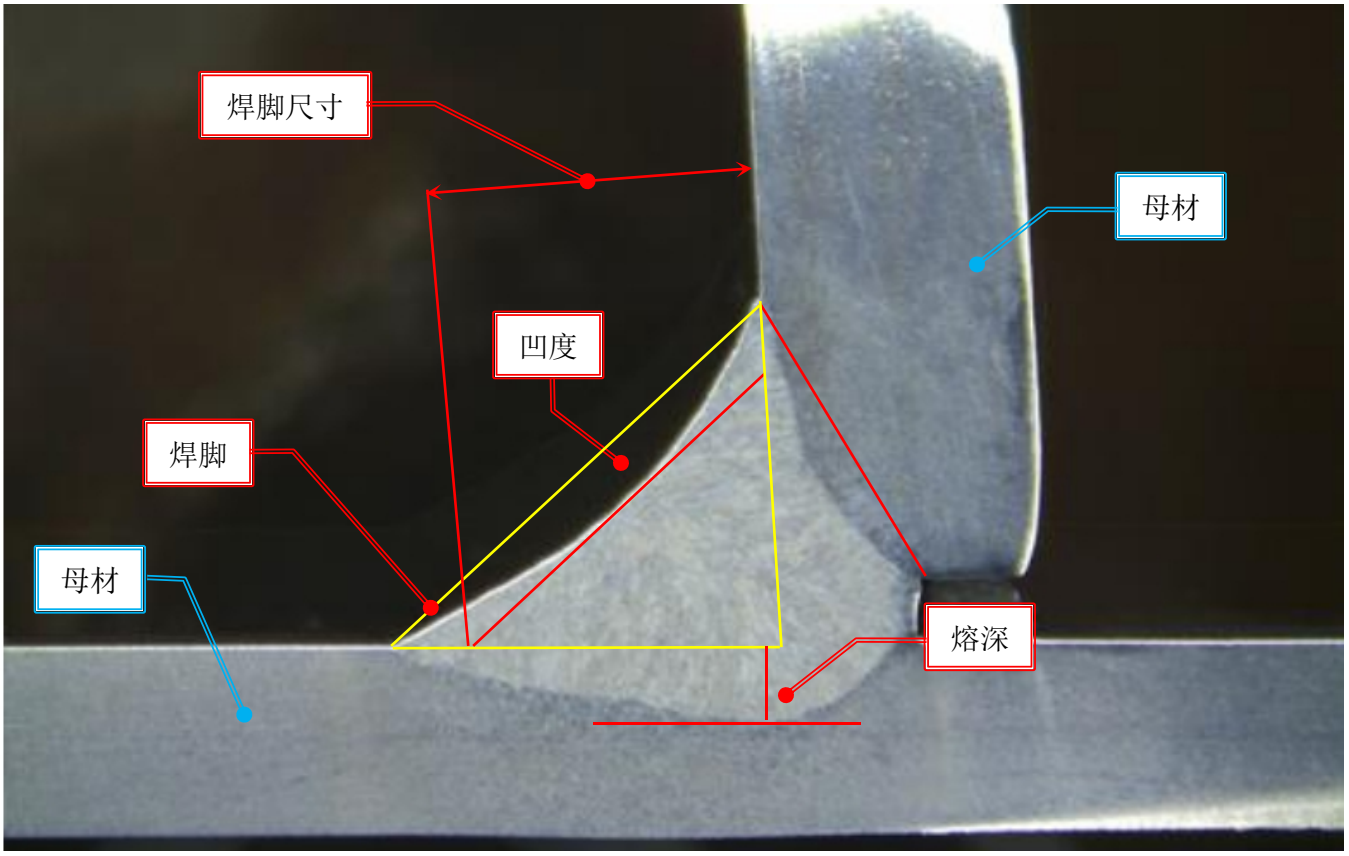


熔宽

在焊缝的横截面上，两焊趾之间的距离称为熔宽，又称焊缝宽度，如右图 W。

余高

超出工件表面的那部分焊缝之最大高度称为余高，即焊缝的顶点到两焊趾连线的距离，如右图 H。对于角接焊缝，余高又称凸度。



角焊缝横切面金相图

3.5 气保焊分类

气体保护焊按电极分类可分为熔化极气体保护焊和非熔化极气体保护焊,其中应用较多的熔化极气体保护焊有 CO2 焊、MAG 焊、MIG 焊等，非熔化极气体保护焊也称钨极氩弧焊。

（1）CO2 焊接

用纯度>99.98% 的 CO2 做保护气体的熔化极气体保护焊称为 CO2 焊接。

（2）MAG 焊接

用混合气体 75～95% Ar＋25～5%CO2，(标准配比:80%Ar ＋20% CO2）做保护气体的熔化极气体保护焊称为 MAG 焊。

（3）MIG 焊接

用高纯度氩气 Ar 99.99%做保护气体的熔化极气体保护焊接铝及铝合金、铜及铜合金等有色金属。

用 98%Ar + 2%02 或 95% Ar + 5%CO2 做保护气体的熔化极气体保护焊接实心不锈钢焊丝的工艺方法称为 MIG 焊。

用氦+氩惰性混合气做保护的熔化极气体保护焊。

（4）TIG 焊接

用纯钨或活化钨(钍钨、铈钨、锆钨、镧钨）作为不熔化电极的惰性气体保护电弧焊，称为非熔化极气体保护焊，简称 TIG 焊。

其中，铈钨极在低电流区显示良好的引弧性能，而且消耗少，寿命长，钨极端头色标为灰色；

镧钨电极用于直流 TIG 焊接，消耗少，可长时间维持稳定焊接，钨极端头色标为蓝色；

纯钨极用于铝交流 TIG 焊接，钨极端头色标为绿色；

钍钨极用于交直流 TIG 焊接，具有微量放射性，钨极端头色标为红色；

锆钨极在交流下焊接性能比纯钨还好，且有良好的抗腐蚀性，钨极端头为棕色。

3.6 焊接电源及其要求

（1）定义

电焊机中，供给焊接所需的电能并具有适宜于焊接电气特性的设备称为焊接电源。

（2）要求

为了保证焊接电弧稳定燃烧和适应各种焊接工艺要求，弧焊电源具有下列特殊要求:

①弧焊电源的静特性(或称外特性)——即稳态输出电流和输出电压之间的关系，有下降特性

(恒流特性)和平特性（恒压特性)。

焊条电弧焊、TIG 焊和碳弧气刨电源的外特性是下降(恒流)特性；CO2、MAG、MIG 电弧焊电源的外特性是平特性(恒压特性)。

②弧焊电源的动特性——当负载状态发生瞬时变化时(如:熔滴的短路过渡、颗粒过渡、射流过渡等)，弧焊电源输出电流和输出电压与时间的关系，用以表征对负载瞬变的反应能力(即动态反应能力)，简称“动特性”。

③空载电压——引弧前电源显示的电压。

④调节特性——改变电源的外特性以适应焊接规范的要求。

（3）选型说明

在焊接电源选型时，需要注意查看焊机的详细参数，以确定是否能满足焊接要求。

因为每款焊机的功能及适用范围都不一样，而且不同品牌的焊机即使是同类型焊接方式（CO2、MAG、MIG、TIG 等），但焊接效果可能天差地别。因此，选用焊机哪个品牌，哪个型号都需要仔细咨询了解清楚，以防选用出错导致达不到焊接效果甚至是无法焊接。可参考如下步骤选择：

①通过焊接材料确定焊接方式，是 CO2、MAG、MIG 或是 TIG；

②通过材料厚度大致确定焊接电流大小，工业重载焊机一般有最大许用焊接电流为 250A、350A、400A、500A、630A、750A 等几大类。一般情况下，630A、750A 需要特殊定制；而 250A 通用性较低，只用在较薄板焊接。因此，常用的一般为 350A、400A、500A 等几类，这几类通用性强，焊接适用范围也较广。

③通过对比确定焊机品牌，常见的品牌有麦格米特、奥太、必高、美佳尼克、威尔泰克、华奥、松下、OTC 等，比较高端的有洛驰、福尼斯、EWM、林肯、米勒等，可根据客户需求与焊接需求选择。

④确定焊机功能性，包括可以实现多种方式焊接、有无脉冲、可焊接材料范围等。（说明：多种焊接方式指可以使用多少种焊接方式，CO2、MAG、MIG、焊条电弧焊其中的一种还是多种；有无脉冲指焊接时是否需要使用脉冲焊接；可焊材料范围指碳钢、不锈钢、铝及其铝合金、铜及其合金等，是只能焊接其中一种还是多种。）

⑤通过询问厂商焊机详细参数，对比不同品牌，确定型号：询问厂商该款焊机是否有对应数字接口，能否匹配到对应机器人型号上面，最后对比不同品牌的同类焊机，在满足焊接条件的情况下，选择性价比较高的焊机。

项目	单位	内容				
		YD-350GR5HGE	YD-500GR5HVE	YD-350GL5HGE	YD-500GL5HGE	YD-500GL5HVE
控制方式	–	数字 IGBT 控制		数字 IGBT 控制		
额定输入电源·相数	–	三相 AC 380 V		三相 AC 380 V		
输入电源频率	Hz	50/60		50/60		
额定输入容量	kVA/kW	17.6/13.5	29.9/23.9	17.6/13.5	29.9/23.9	29.9/23.9
输出特性	–	CV（恒压特性）		CV（恒压特性）		
额定输出电流	A	DC 350	DC 500	脉冲无：DC 350 脉冲有：DC 350	脉冲无：DC 500 脉冲有：DC 400	脉冲无：DC 500 脉冲有：DC 400
额定输出电压	V	31.5	39	31.5	39	39
额定负载持续率	%	60	100	60	60	100
额定输出空载电压	V	DC 80	DC 80	DC 80	DC 80	DC 80
输出电流范围	A	DC 40-430	DC 60-500	脉冲无：DC 40~430 脉冲有：DC 40~350	脉冲无：DC 60~500 脉冲有：DC 60~400	脉冲无：DC 60~500 脉冲有：DC 60~400
输出电压范围	V	16-35.5	17-39	脉冲无：16-35.5 脉冲有：16-31.5	脉冲无：17~39 脉冲有：17~34	脉冲无：17~39 脉冲有：17~34
规范调节	–	分别/一元化		分别/一元化		
焊接方法	–	CO_2/MAG /不锈钢 MIG		CO_2/MAG /脉冲 MAG/不锈钢 MIG/不锈钢脉冲 MIG		
外壳防护等级	–	IP23S		IP23S		
绝缘等级	–	主变 155 ℃（电抗器 200 ℃）		主变 155 ℃（电抗器 200 ℃）		
冷却方式	–	强制风冷		强制风冷		
适用焊丝类型	–	药芯/实芯		药芯/实芯		
适用焊丝直径	mm	实芯 0.8/1.0/1.2/1.4/1.6		实芯 0.8/1.0/1.2/1.4/1.6		
	mm	药芯碳钢 1.2/1.4/1.6 药芯不锈钢 1.2		药芯碳钢 1.2/1.4/1.6 药芯不锈钢 1.2		
存储器	–	100 通道可调用焊接规范存储		100 通道可调用焊接规范存储		
时序	–	焊接/焊接—收弧/初期—焊接—收弧/点焊		焊接/焊接—收弧/初期—焊接—收弧/点焊		
保护气体	–	CO_2 焊接 CO_2：100 % MAG 焊接 Ar：80 %，CO_2：20 % MIG 焊接 Ar:98%, O_2:2%		CO_2 焊接 CO_2：100 % MAG 焊接 Ar：80 %，CO_2：20 % MIG 焊接 Ar:98%, O_2:2%		
气体检查时间	–	60 s（最长气体检查时间）		60 s（最长气体检查时间）		
提前送气时间	–	0 s - 5.0 s 连续调节 (0.1 s 递增)		0 s - 5.0 s 连续调节 (0.1 s 递增)		
滞后停气时间	–	0 s - 5.0 s 连续调节 (0.1 s 递增)		0 s - 5.0 s 连续调节 (0.1 s 递增)		
点焊时间	–	0.3 s - 10.0 s 连续调节 (0.1 s 递增)		0.3 s - 10.0 s 连续调节 (0.1 s 递增)		
外形尺寸（长×宽×高）	mm	682×380×612	735×380×875	682×380×612	762×380×612	735×380×875
重量	kg	68	110	68	75	110

上图是某品牌几款焊机的参数规格表，基本包含了选型所需的重要参数，市面上不同品牌的焊机参数表也基本类似。

主要的焊机参数有控制方式、输出特性、额定输出电流、额定负载持续率、输出电压范围、焊接方法、调节范围、冷却方式、适用焊丝类型、适用焊丝直径、保护气体等。

选型时，最需要查看的参数大致也是以上几项。

注：部分焊机品牌及型号见附录 A

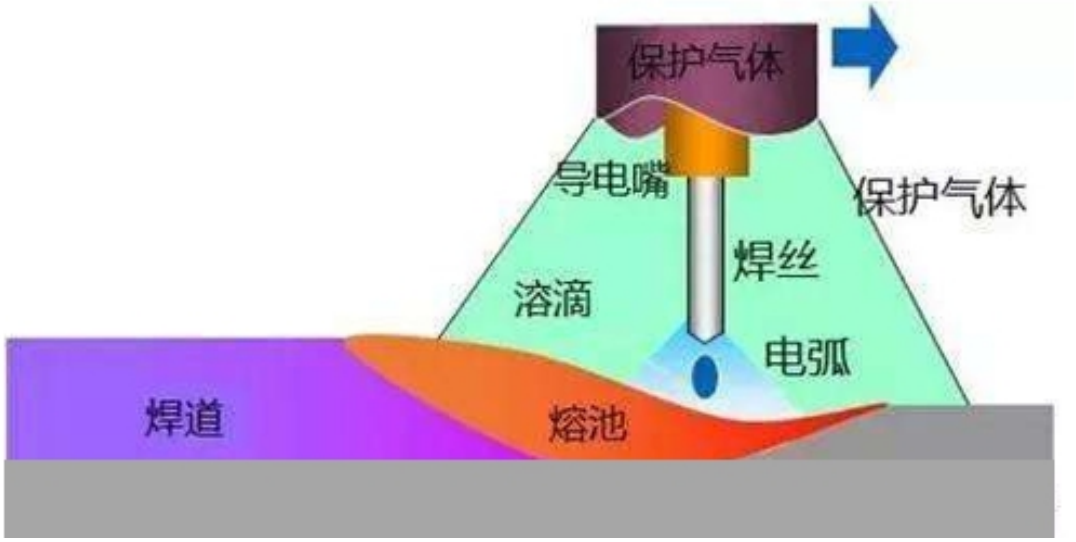
第三篇　熔化极气体保护焊

4.1 熔化极气体保护焊原理及其分类

（1）原理

熔化极气体保护焊是指利用焊丝与工件间产生的电弧作热源将金属熔化的焊接方法。

采用的是可熔化的焊丝与焊件之间的电弧作为热源来熔化焊丝与母材金属，并向焊接区输送保护气体，使电弧、熔化的焊丝、熔池及附近的母材金属免受周围空气的有害作用。



熔化极气体保护焊原理

（2）分类

熔化极气体保护电弧焊分为实心焊丝（GMAW）和药芯焊丝（FCAW）。

实心焊丝又分为惰性气体保护电弧焊（MIG）、氧化性混合气体保护电弧焊（MAG）、CO_2气体保护电弧焊。

药芯焊丝又分为药芯焊丝 CO_2 气体保护电弧焊和混合气体保护电弧焊。

4.2 MAG 焊

（1）定义

MAG（Metal Active Gas Arc Welding）焊是熔化极活性气体保护电弧焊的英文简称。

它是在氩气中加入少量的氧化性气体（氧气，二氧化碳或其混合气体）混合而成的一种混合气体保护焊。我国常用的是 80%Ar＋20%CO_2 的混合气体，由于混合气体中氩气占的比例较大，故常称为富氩混合气体保护焊。

（2）MAG 焊特点及其作用

①提高熔滴过渡的稳定性。

②稳定阴极斑点，提高电弧燃烧的稳定性。

③改善焊缝熔深形状及外观成形。

④增大电弧的热功率。

⑤控制焊缝的冶金质量，减少焊接缺陷。

⑥降低焊接成本。

MAG 焊可采用短路过渡、喷射过渡和脉冲喷射过渡进行焊接，能获得稳定的焊接工艺性能和良好的焊接接头，可用全位置的焊接，尤其适用于碳钢、合金钢和不锈钢等黑色金属材料的焊接。

4.3 MIG 焊

（1）原理

MIG(Melt Inert－gas Welding)焊是熔化极惰性气体保护电弧焊的英文简称。

它是在采用实心焊丝，并使用惰性气体（Ar 氩气和 He 氦气）作为保护气的一种气体保护电弧焊。常用气体的是纯 Ar、纯 He 或者 Ar＋He。

（2）MIG 焊特点及其作用

①适用范围广，MIG 可以焊接铝及其合金、钛及其合金、铜及其合金、碳钢和不锈钢的焊接。

②对氧化膜不敏感，MIG 焊可直流反接，焊接铝、镁等金属是有良好的阴极雾化作用，可有效的去除氧化膜，提高了接头的焊接质量。

③由于氩气为惰性气体，不与任何物质发生化学反应，所以对焊丝及母材表面的油污、铁锈等较为敏感，容易产生气孔，焊前必须仔细清理焊丝和工件。

④MIG 焊接铝合金时，亚射流过渡电弧的固有自调节作用。

MIG 焊时，熔滴过渡主要采用短路过渡和射流过渡，其中短路焊接用于薄板高速焊接和全位置焊，射流过渡用于中、厚板的水平对接和角焊。

注：阴极雾化作用是指反接或焊件处于负极半周时，质量较大的氩离子撞击熔池表面，使熔池表面极易形成的高熔点氧化膜破碎及清除，有利于焊接熔合和保证焊缝质量，此现象称为“阴极破碎”（也叫阴极雾化）作用。

4.4 CO2 焊

（1）定义

CO_2 焊是指采用实心焊丝并使用纯二氧化碳（CO_2）作为保护气体的熔化极气体保护电弧焊，简称二保焊。

CO_2 是一种氧化性气体，在电弧高温下会发生分解，具有强烈的氧化作用，易导致合金元素烧损、气孔和飞溅。

CO_2 焊与 MAG 焊接类似，只是保护气体不同而已。

（2）特点及其作用

①CO_2 的氧化性：解决 CO_2 气体保护焊氧化性的措施是脱氧。具体做法是在焊丝中加入一定量的脱氧剂，如 Al(铝)、Ti（钛）、Si（硅）和 Mn（锰）等。所以目前广泛应用 H08Mn2Si 焊丝，这种焊丝中有 Mn（锰）和 Si（硅）成分。

②气孔问题：可能产生的气孔有三种：一氧化碳气孔、氢气孔和氮气孔。最为常见气孔是氮气孔，主要原因是 CO_2 保护不良或 CO_2 纯度不足。只要加强 CO_2 的保护和控制 CO_2 的纯度，即可防止。造成保护效果不好的原因一般是过小的气体流量，喷嘴被堵塞，喷嘴距离焊件过大，电弧电压过高，电弧不稳或作业区有风等。

③飞溅问题：飞溅问题是 CO_2 气体保护焊的主要问题，特别是大电流焊接时飞溅更为严重。

4.5 熔化极气体保护焊优缺点

（1）优点

① 焊接效率高。因为通过焊丝的电流密度大，所以提高了熔敷速度。

② 可以获得氢含量较低的焊缝金属，一般氢含量在 5mL/100g 以下。

③焊接厚板时，可以用较低的焊接电流和较快的焊接速度，其焊接变形小。

④烟雾少，可以减轻对通风的要求。

⑤明弧焊接，可以观察到电弧和熔池的状态，而且可以进行全位置焊接。

⑥可无需清渣，可以用更窄的坡口间隙，实现窄间隙焊接，节省填充金属，提高生产效率。

（2）缺点

受环境制约。为确保焊接区获得良好的气体保护，在室外操作需要防风装置。

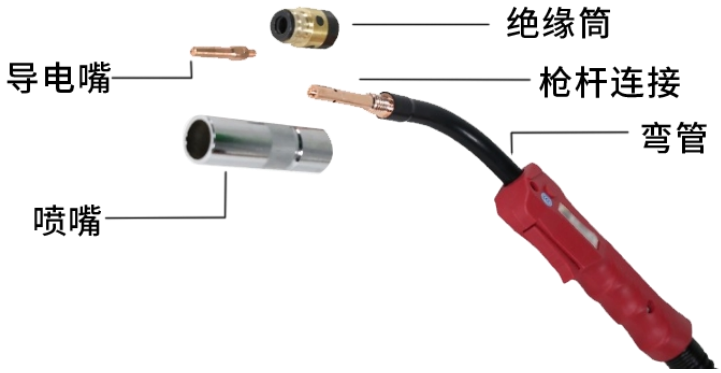
4.6 熔化极气体保护焊焊枪结构

焊枪种类按照制式分为四种，两种日本：松下式、OTC 式；两种德国：宾采尔式（欧式）、TBI 式。最常用的是松下式和宾采尔式（欧式）。

下图所示为松下式手动焊枪结构，其余制式焊枪只是接口、零件形状、尺寸等有所差异，其功能结构基本一致。（自动焊枪是在手动焊枪基础上改进而来，因此自动焊枪结构与手动焊枪结构也基本相同，前文有图示及相关介绍）



焊枪整体图示



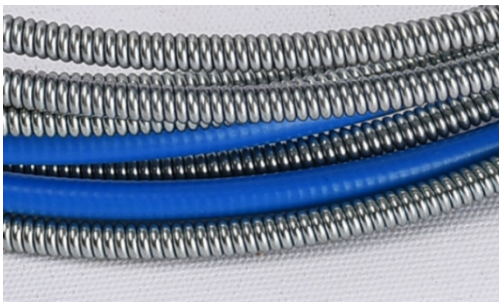
焊枪本体构造

4.7 熔化极气体保护焊送丝软管

焊丝的送丝软管一般有两种，一种是用弹簧钢丝绕制的，另一种是用四氟乙烯、尼龙或者石墨等制成。前者适用于不锈钢、碳素钢和合金钢焊丝，后者适用于铝及铝合金焊丝。

因此，焊丝不同时要注意送丝软管是否符合焊丝，更换不同焊丝时，必须更换与之对应的送丝管，切勿用错。





弹簧绕制





石墨送丝管

4.8 焊接材料的选择

MIG 焊目前主要用于焊接铝、镁及其合金；MAG 主要用于焊接不锈钢、低碳钢和低合金钢等；CO_2 主要用于碳钢类焊接。

①保护气体的选择

MIG 通常采用纯 Ar 与纯 He，或者两者按照一定比例混合的混合气体。MIG 焊焊接铝合金时，Ar 和 He 的不同混合比例对焊缝形状有不同的影响，包括熔深、熔宽、余高。

MAG 通常采用 Ar＋O_2、Ar＋CO_2、或 Ar＋CO_2＋O_2 混合气体。

Ar＋O_2 一般用于不锈钢焊接，O_2 的加入量在 1%－5%；Ar＋CO_2 主要用于焊接碳素钢和合金结构钢，CO_2 加入量一般控制在 5%－30%的范围内；焊接低碳钢与低合金钢时一般采用 Ar＋CO_2＋O_2 混合气体。

CO_2 就是直接采用高纯度二氧化碳气体来做保护气体，其纯度在 99.98%以上。

②焊丝的选择

MIG 焊：使用的焊丝化学成分通常应与母材的材料相同，焊丝直径通常在 0.8～2.4mm 范围内，使用前必须经过严格的化学或机械清理。

MAG 焊：对用氧化性强的混合气体焊接时，应采用高锰高硅焊丝；对富氩混合气体，应采用低锰低硅焊丝；

CO_2 焊：在焊丝中加入一定量的脱氧剂，如 Al（铝）、Ti（钛）、Si（硅）和 Mn（锰）等。所以目前广泛应用 H08Mn2Si 焊丝，这种焊丝中有 Mn（锰）和 Si（硅）成分。

注：（H08Mn2Si 是焊接用低合金碳钢。H 代表焊丝的意思；08 是碳含量，即在 0.08%左右；2 代表锰元素的含量约在 2%左右；同时含有硅元素 0.6%左右。焊接用钢包括：焊接用碳素钢、焊接用合金钢和焊接用不锈钢等，其牌号表示方法是在各类焊接用钢牌号头部加符号“H”。例如：“H08”、“H08Mn2Si”、“H1Cr18Ni9”等。）

碳钢用焊丝：目前应用最多的是牌号为 ER50－6（美标 ER70S－6）的焊丝，其次是 ER50－3（美标 ER70S3）。

ER50－6（ER70S－6）类别的焊丝和填充丝既适用于单道焊，又适用于多道焊。它们特别适合于期望有平滑焊道的金属薄板和有中等数量铁锈或热轧氧化皮的型钢和钢板。在进行 CO_2 保护焊或 MAG 焊接时，这些焊丝允许采用较高的电流范围。

不锈钢用焊丝：MAG、MIG 自动焊丝有光亮半硬态、软态盘状或者桶状。其牌号较多，一般母材是哪种类型，就采用对应型号的焊丝。

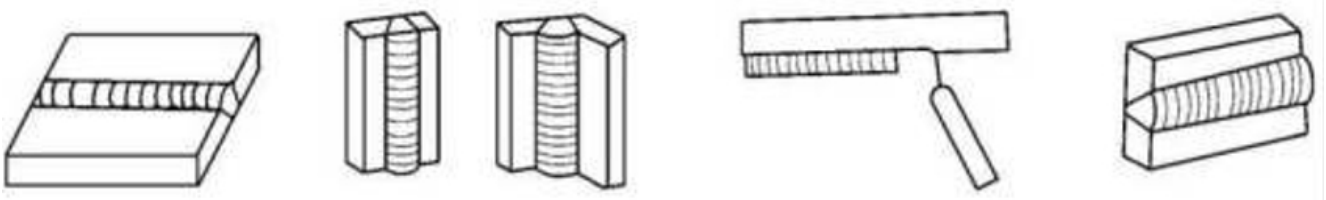
常见的有：ER304、ER308L、ER309 牌号的焊丝。

若是要求不严格，部分焊丝牌号也可通用；若是要求严格，就必须采用相同类型的焊丝，例如说食品行业用不锈钢焊接，因为安全问题，必须采用一致或者性能高于母材且不影响食用安全的焊丝。而且不同的焊丝，焊接后的焊缝金属晶体也会不一样，因此焊缝的强度、韧性等力学性能也会有所区别。

第四篇 熔化极气体保护焊焊接工艺

5.1 焊接手法

焊接手法可按照焊缝在空间位置的不同分为四大类：平焊、立焊、仰焊、横焊。



平焊　　立焊　　仰焊　　横焊

平焊：水平焊接，焊缝中心线是垂直的，焊缝表面向上

立焊：焊接方向由下向上或由上向下

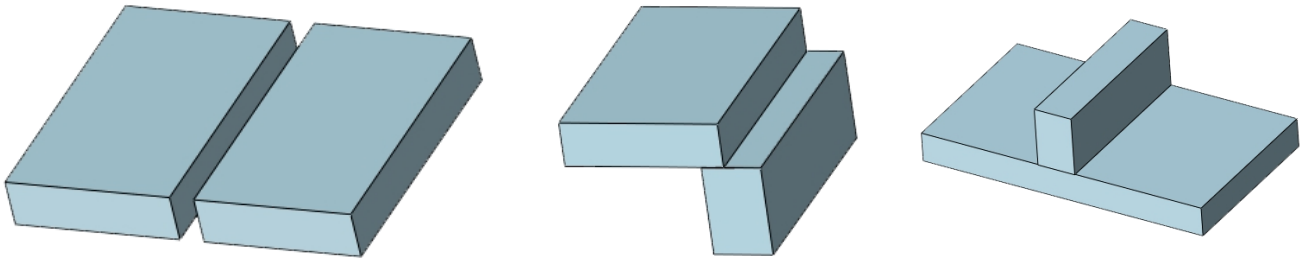
仰焊：水平焊接，仰视，焊缝中心线是垂直的，焊缝表面向下

横焊：水平焊接，焊缝中心线是水平的

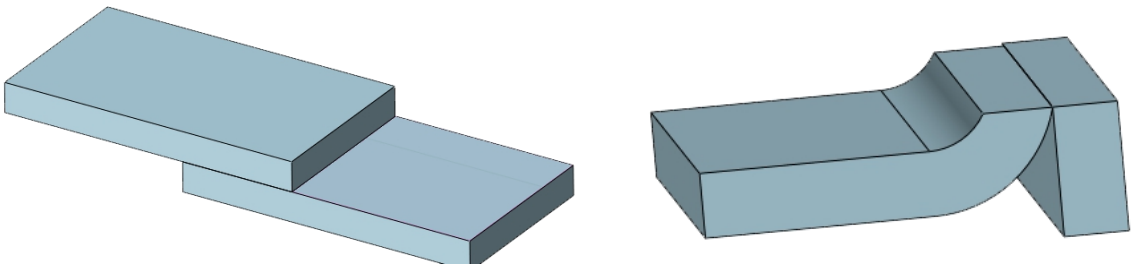
注：平焊、立焊、仰焊、横焊四种焊接方法所需要的焊接手法均不一样，平焊难度最低，仰焊难度最高。因此，不管手工焊或是自动焊，应尽量采用平焊，避免仰焊。

5.2 焊接接头基本类型

焊接接头是指用焊接方法把金属材料连接起来的部位，简称接头。焊接结构上的接头，按照被连接构件之间相对应位置及其组成的几何形状，可以归纳为五大类：对接接头、角接接头、T 型接头、搭接接头、卷边接头，如下图所示。



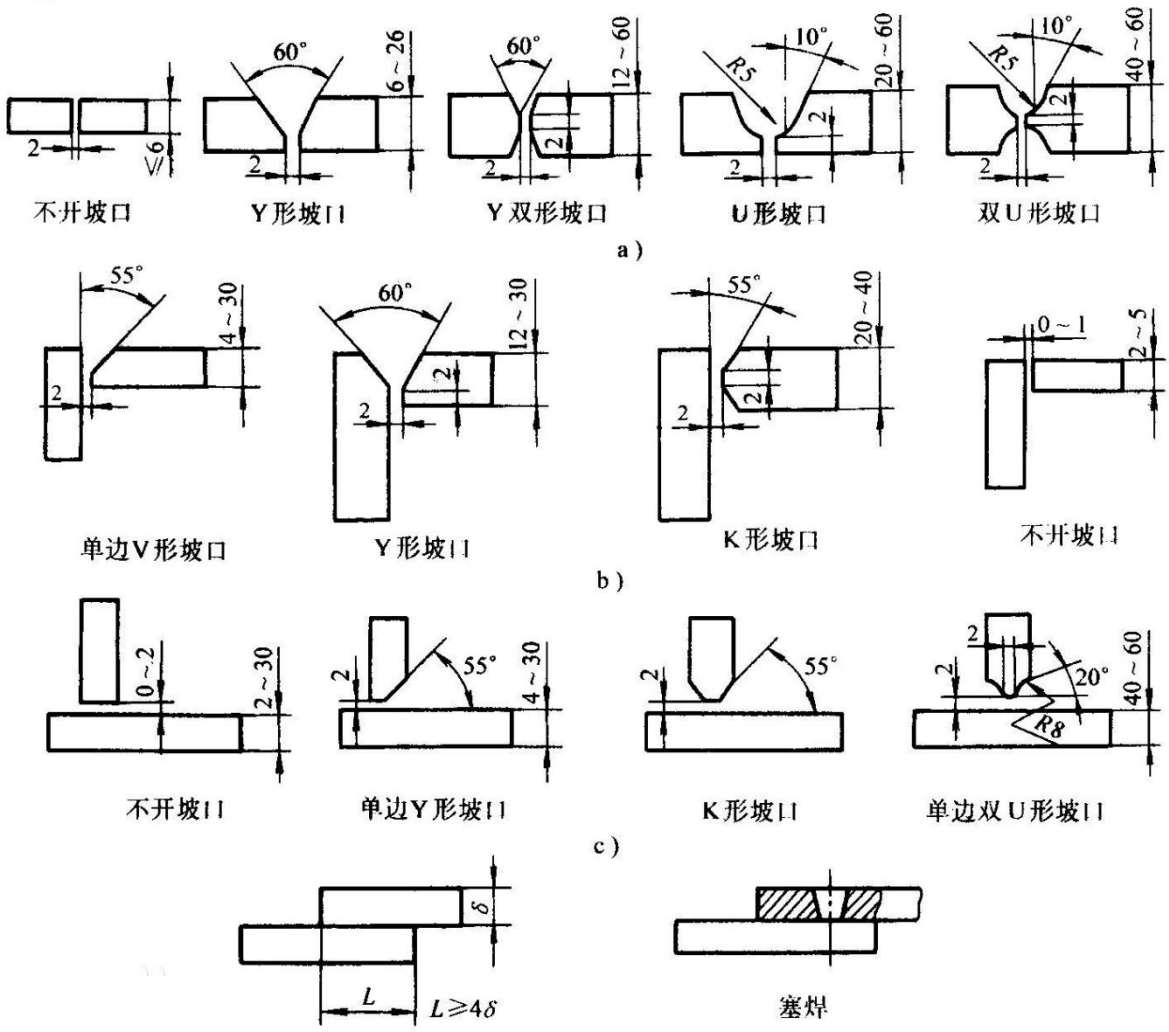
对接接头　　角接接头　　T 型接头



搭接接头　　卷边接头

5.3 焊接坡口

对接接头、T 形接头和角接接头中为了保证焊透常在焊前对待焊边缘加工出各种形状的坡口，下图给出了常用坡口的类型及其开口尺寸，焊接时应了解是哪一种坡口。



各类焊接坡口形状及尺寸

设计和选择这些焊接坡口，主要取决于被焊构件的厚度、焊接方法、焊接位置和焊接工艺程序。此外，还应尽量做到以下几点:

①填充材料应最少；

②具有好焊接的可达性，方便施焊；

③坡口容易加工，且费用低。V 形和双 V 形坡口可以气割，而 U 形坡口一般要机械加工，成本较高；

④要有利于控制焊接变形。双面对称坡口角变形小；单面 V 形坡口角变形比单面 U 形坡口的大。

5.4 熔化极气体保护焊（CO2/MAG）焊接参数

MIG/MAG 的焊接参数有焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊丝直径、焊丝伸出长度、焊丝的位置、焊接的位置、极性等。此外，还有保护气体及其流量大小等。

上述几项参数是 CO2、MAG 焊的基本参数项，除此之外，不同型号、不同品牌的焊机可能在其调节面板上有不同的调节项，也会影响到焊缝成形。

以下为调节焊接参数的基本步骤。

（1）焊接保护气体

根据焊接材料的规格材质，先选择焊接保护气体。

MAG 焊是指混合气焊接，通常采用 Ar＋O2、Ar＋CO2、或 Ar＋CO2＋O2 混合气体。

混合气气瓶在其瓶体上都印有混合气字样，除此之外，在瓶身上一般还贴有小标签，注明混合气种类及其比例，如右图所示。



混合气瓶

Ar＋O2 一般用于不锈钢焊接，O2 的加入量在 1%～5%；其最大的优点是克服了纯 Ar 保护焊接不锈钢时存在的液体金属粘度大、表面张力大而易产生气孔，焊缝金属润湿性差而易引起咬边，阴极斑点飘移而产生电弧不稳等问题。

Ar＋CO2 主要用于焊接碳素钢和合金结构钢，CO2 加入量一般控制在 5%～30%的范围内。

通常的碳钢 MAG 焊接，基本采用 80%Ar＋20%CO2 的混合比例。它既具有 Ar 弧电弧稳定、飞溅小、容易获得轴向喷射过渡的优点，又具有氧化性。克服了氩气焊接时表面张力大、液体金属粘稠、阴极斑点易飘移等问题，同时对焊缝蘑菇形熔深有所改善。

Ar＋CO2＋O2 主要用于焊接低碳钢与低合金钢。用 80%Ar＋15%CO2＋5%O2 混合气体（体积比）焊接低碳钢、低合金钢时，无论焊缝成形、接头质量以及金属熔滴过渡和电弧稳定性方面都比上述两种混合气体要好。

CO2 焊是指焊接时采用纯二氧化碳。

二氧化碳气瓶在气瓶本体与混合气瓶类似，一般都瓶身上都印有二氧化碳或者 CO2 字样。

CO2 是一种氧化性气体，在电弧高温下会发生分解，具有强烈的氧化作用，易导致合金元素烧损、气孔和飞溅。

飞溅问题是 CO2 气体保护焊的主要问题，特别是大电流焊接时飞溅更为严重。

目前，在自动化焊接领域，MAG 焊比 CO2 焊优势明显。MAG 焊的飞溅小，焊缝光滑、美观，焊接速度快，焊缝抗冲击性比 CO2 的要强。因此，MAG 焊接应用却来越广泛，大多数自动焊都采用 MAG。

（2）焊丝材质规格

选择好保护气体后，再根据焊接材料的规格和材质，选择焊丝。

前文有描述碳钢类焊丝与不锈钢焊丝相关内容，现补充说明焊丝直径选择。

焊丝的直径通常是根据焊件的厚薄、施焊的位置和效率等要求选择。焊接薄板或中厚板的全位置焊缝时，多采用直径 1.6mm 以下的焊丝。参考选择如下：

0.5～0.8mm 直径的焊丝一般焊接板厚为 0.4～3mm；

1.0～1.2mm 直径的焊丝一般焊接板厚为 2～12mm；

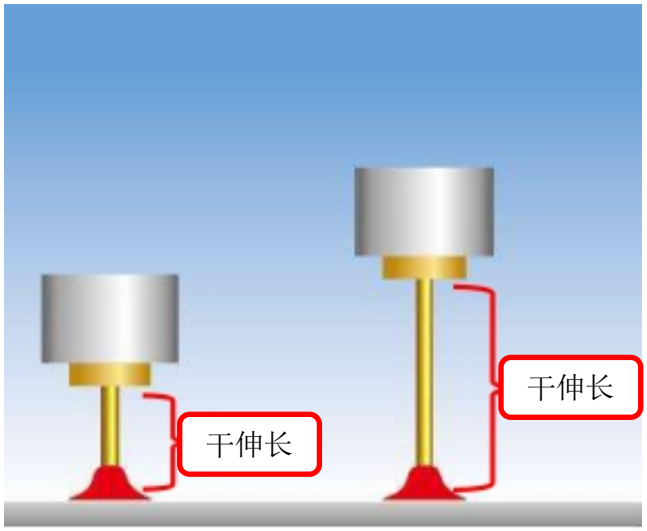
1.6mm 直径的焊丝一般焊接板厚为 2～12mm；

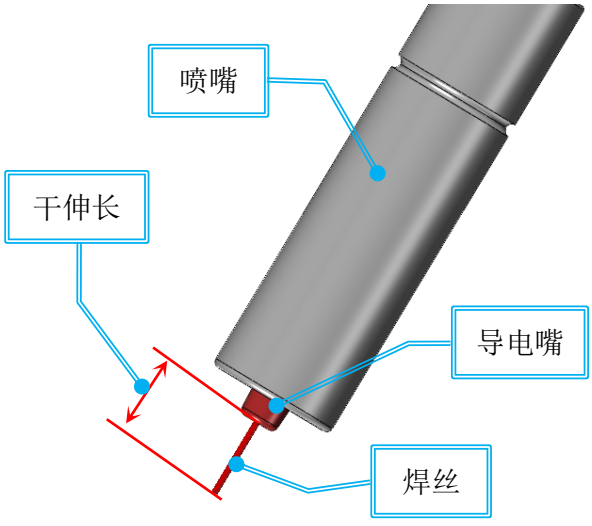
2.0～2.5 直径的焊丝一般焊接板厚在 8mm 以上。

注：碳钢焊丝与不锈钢焊丝的直径选择一致。

（3）焊丝伸出长度

焊丝伸出长度指的是导电嘴端部到焊丝端头的距离（如下图），也称为干伸长。



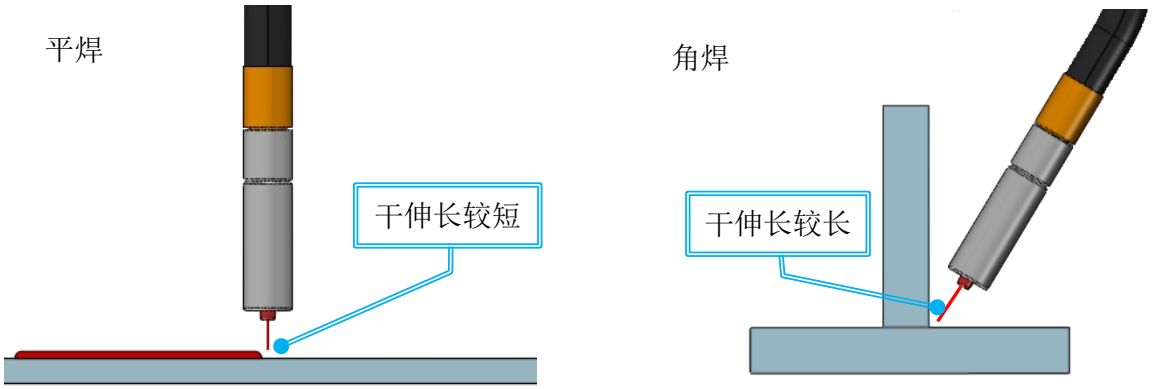


焊丝伸出越长，焊丝的电阻热越大，其熔化速度越快。若伸出过长，则会导致电弧电压下降，熔敷金属过多，焊缝成形不良，熔深减小，电弧不稳定，而且飞溅大；若伸出过短，则电弧易烧毁导电嘴，金属飞溅物容易堵塞喷嘴。**一般来说，干伸长一般在 10～15 mm 之间。**

又因为喷嘴外径与工件或者定位可能存在干涉问题，焊丝干伸长可能会超过 15mm，因此，在调试机器人时，要灵活运用。焊接可达性好的焊缝位置，采用 10～15mm 的焊丝干伸长，可达性差的焊缝位置，焊丝干伸长可稍微加长，但不可超过 25mm。一般来说，平焊时焊丝干伸长较短，角焊时焊丝干伸长较长。

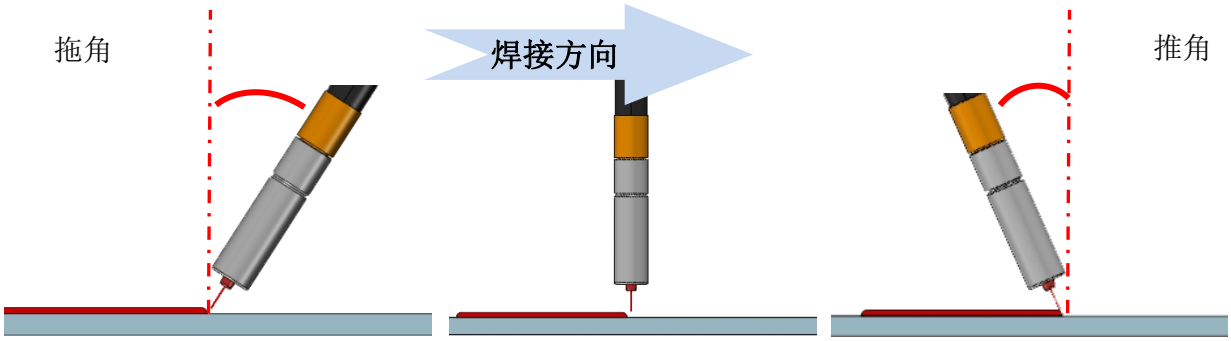
综上所述，焊丝干伸长是可浮动的，因此在标定焊枪中心点时，我们尽量采用中间值 15mm，来保证焊枪中心点路径的准确性。这样，即使因为焊丝干伸长不一致而导致焊接路径有一点偏差，只要在可焊接路径范围内，也不影响焊缝的稳定性和外观。

（4）焊丝的位置



焊丝轴线相对于焊缝轴线的角度和位置会影响焊缝的形状和熔深，我们也称之为焊枪的位姿，是焊枪工作角和行走角的组合。

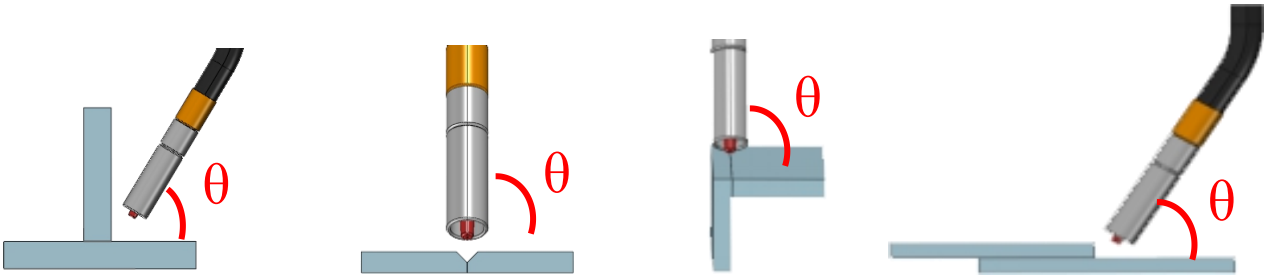
当焊丝轴线和焊缝轴线在一个平面内，则它们相互之间的夹角称为行走角，如下图所示。



焊丝向前进方向倾斜的焊接方式称为前倾焊法（a），焊丝向与前进相反的方向倾斜的焊接方式称为后倾焊法（c）；焊丝轴线与焊缝轴线垂直的焊接方式称为正直焊法（b）。

当其他条件不变时，焊丝从垂直位置变为前倾时其熔深增加，而焊道变窄，余高增大。当拖角在 15°～ 20°之间的熔深最大，这时一般不推荐拖角大于 25°。

焊丝轴线和焊件表面所成的角度为工作角，如下图所示：

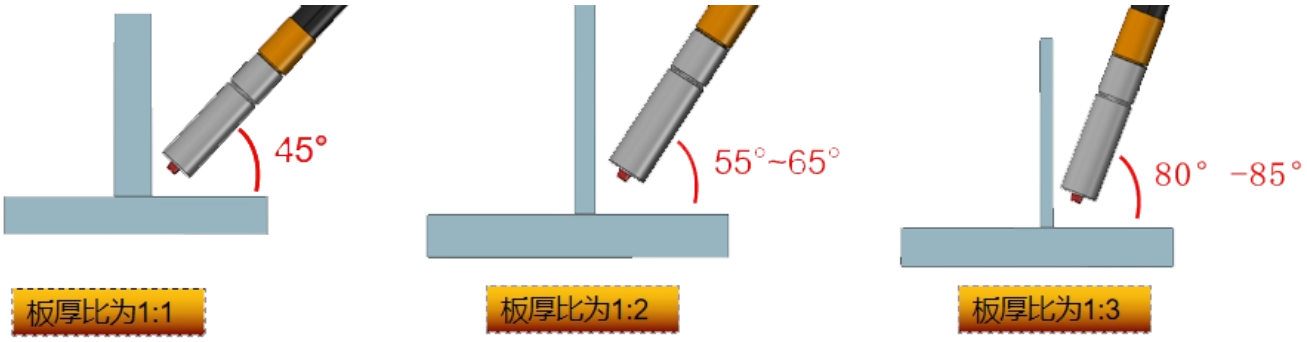


T 接焊工作角　　对接焊工作角　　角接焊工作角　　搭接焊工作角

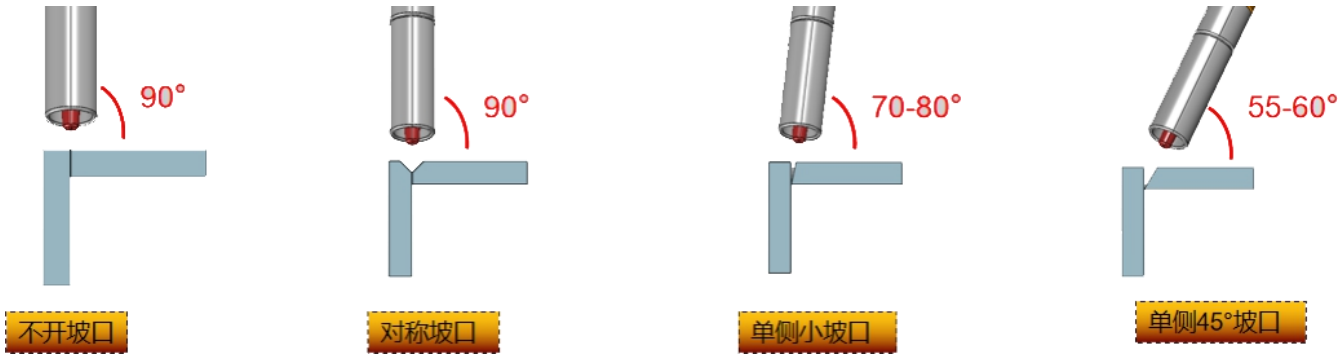
随着搭接方式、零件焊接坡口、零件厚度的不同，焊接的工作角也跟着改变。

焊接时，电弧的指向应偏向厚板，以使两板加热温度相等。焊接多层道焊时，还应根据焊道位置及板厚调整焊枪角度，以保证焊缝良好成形。

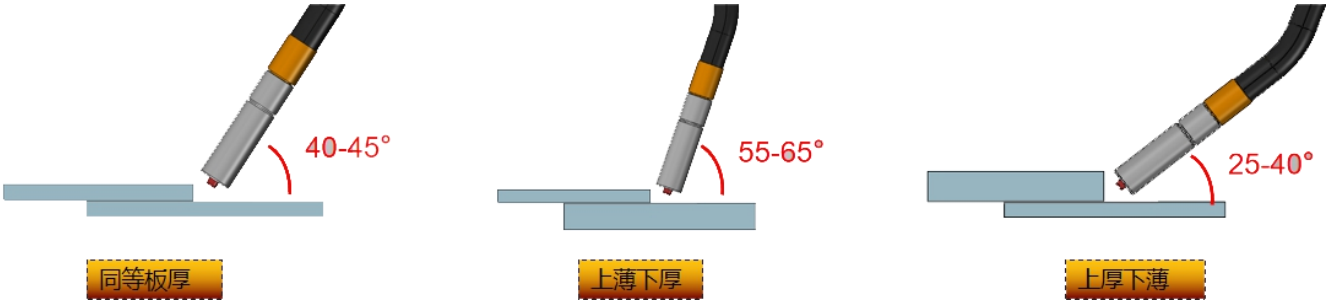
①T 接角焊板厚比例与焊接焊枪工作的关系如下图所示：



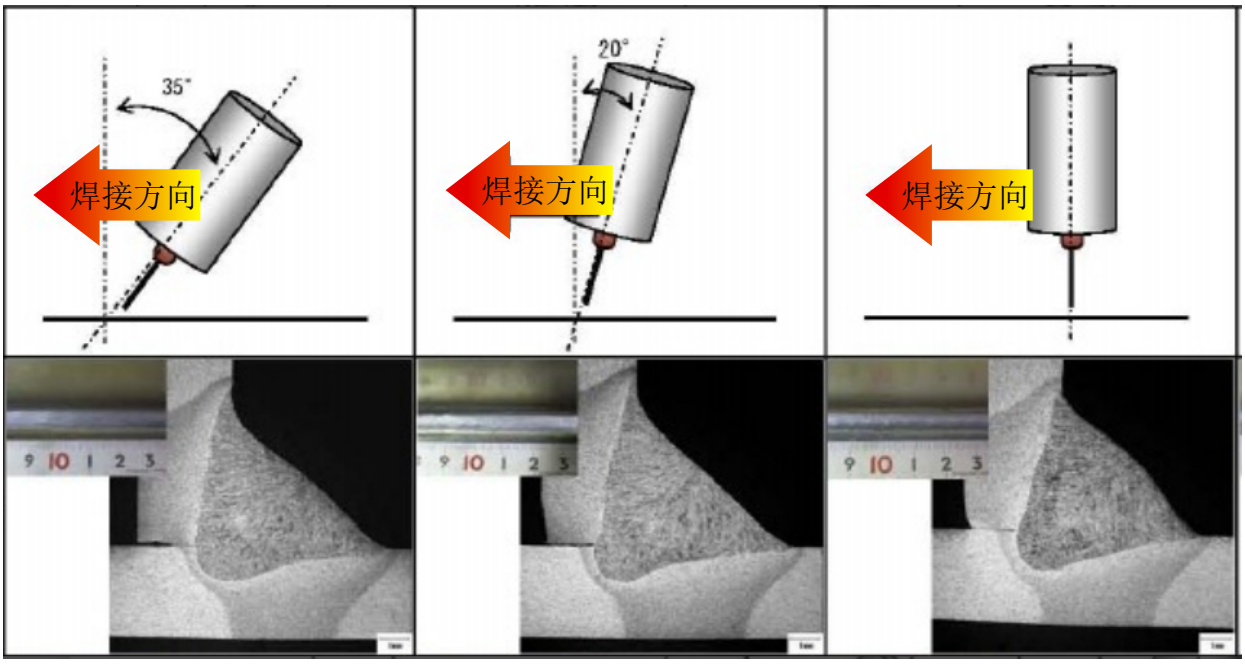
②角接接头平焊视坡口的不同，焊接工作角也不同，焊接时要采用合适的焊枪姿态，以保证焊缝两侧的熔化程度相同，如下图。

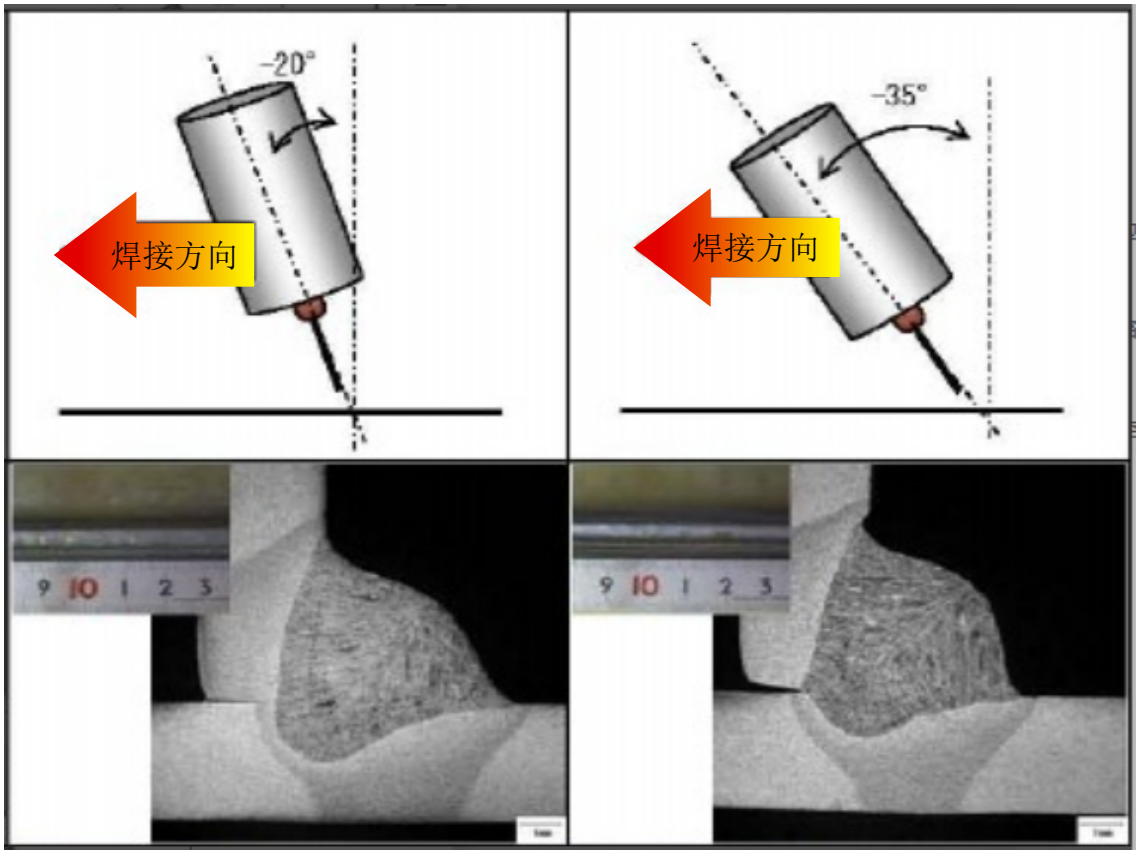


③搭接接头与 T 接接头的焊接类似，需要根据板厚来调整焊枪的工作角，焊枪偏指向厚板一侧，如下图。

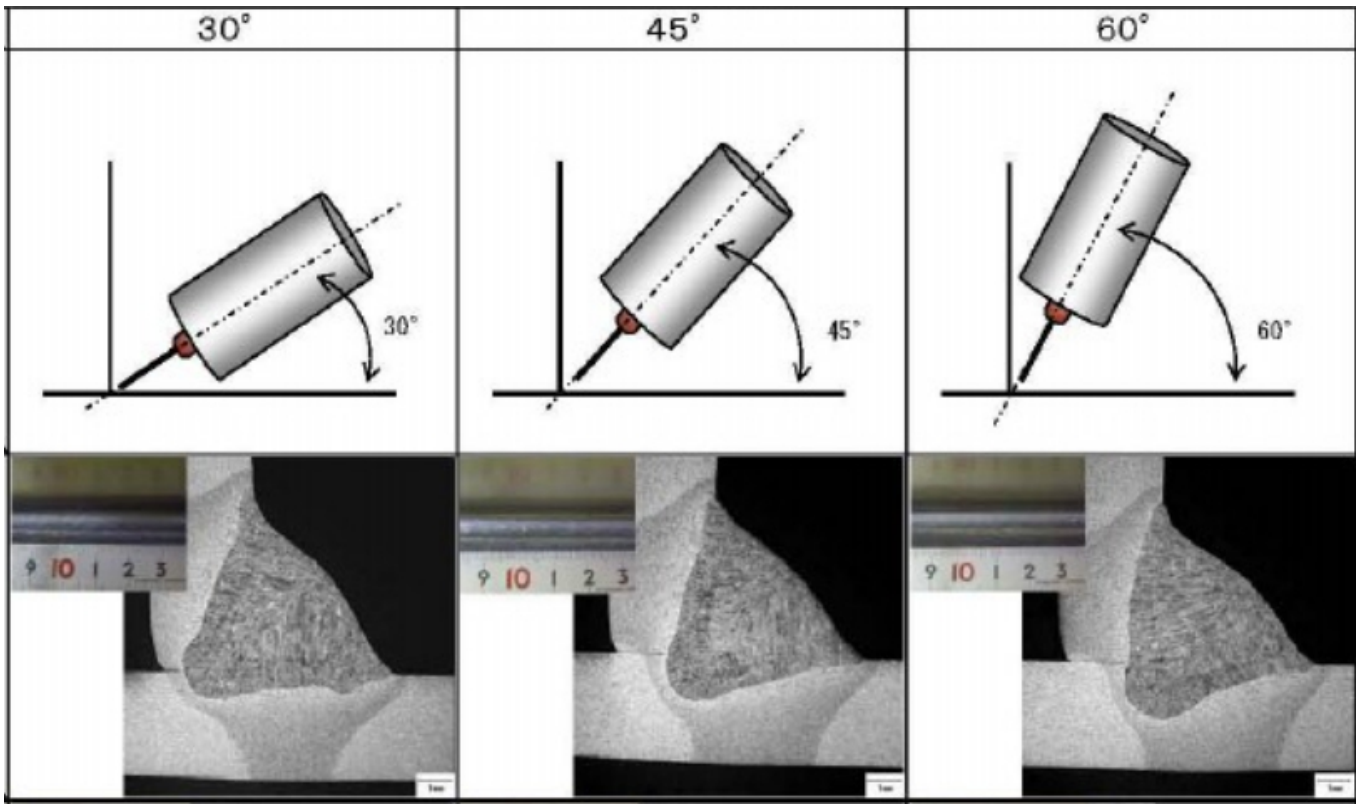


焊缝成形的是工作角与行走角两者组合一起影响的。工作角的不同，所形成的焊缝熔深、熔宽、余高等都不一样，行走角亦是如此。行走角和工作角不同对焊缝的影响可通过焊缝横切面的金相分析来观察，如下图所示。





上图为在同样焊接参数下，不同的行走角所形成焊缝的金相分析图。可以看出，在正直焊法（90°）状态下，两侧熔深是比较均衡的，焊缝表面也较为平滑；在推焊（+20°）时，焊缝表面较为均匀，但熔深较浅；在拉焊（-20°）时，焊缝表面余高较高，有凸起，但是熔深较深；在拉焊（-35°）时，焊缝表面余高更高，而熔深也开始变浅。



上图为在同样焊接参数下，不同的工作角所形成焊缝的金相分析图。可以看出，工作角为 30°时，竖向板件熔深较深，底板熔深较浅；工作角为 45°时，竖板与底板的熔深基本保持一致；工作角为 60°时，竖板的熔深较浅，底板的熔深较深。因此，焊接调试时，焊丝应指向板件较厚的一侧。

焊枪的位姿非硬性规定，并不一定要完全按照理论角度来调试，因为焊接零件复杂多样，每一处焊缝的焊接可达性都不一样，不可能每一处焊缝都可以用理想的焊枪姿态来焊接。

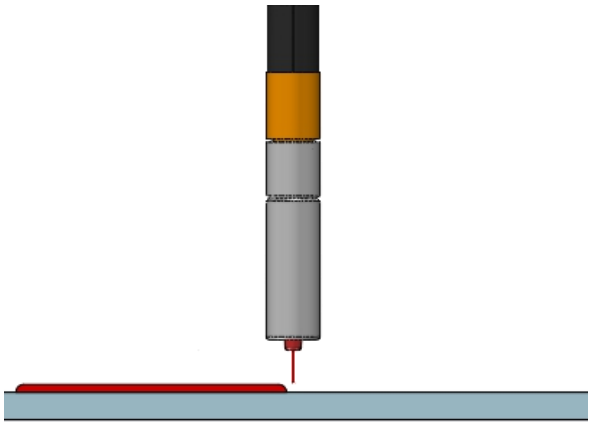
实际焊接时还是需要根据零件的变化灵活运用，焊接空间足够的尽量选择上述合适的焊枪位姿，焊接空间不足的可以稍微变换，只要能保证焊缝合格即可。

（5）焊接的位置

焊接的位置是指焊丝尖端与需要焊接处的位置距离，这也是影响焊缝成型的关键。焊接的位置与焊丝的位置定义不同，切记不能混淆。

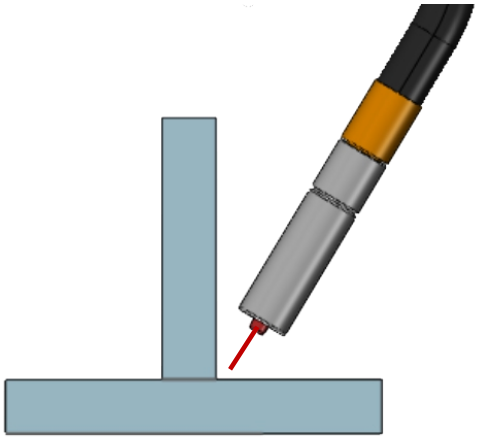
因为机器人焊枪的中心点是根据导电嘴端一个固定长度来确定的，这个长度与编辑程序时焊丝伸出长度不可能保持一致，有时会长一点，有时也会短一点。因此，在运行程序时，焊丝尖端的实际路径肯定会与理论路径存在一定偏差。所以，在调试机器人时，焊丝尖端相对焊接处要处于一个合理的位置，才能保证焊接路径可行，焊接效果良好。

接的位置可按照如下图所示来调试。



平焊时，焊丝尖端要正对焊缝，距离零件面 0.5~1mm，切记焊丝尖端不可与零件接触，以免试运行时焊丝与零件发生干涉，导致焊丝弯曲，无法判断焊接路径是否正确。

角焊时，焊丝尖端要正对焊缝，且与零件两侧的距离一致，即焊丝尖端到底面的距离和焊丝尖端到立面的距离是一样的，也是在 0.5~1mm，同样不可与工件接触。



特别注意：上述为理想状态下的调试，实际调试时，因为焊丝存在一定的弯曲度，即使调试试运行时路径正确，但是焊接时可能会产生焊缝焊偏的情况，此时就需要灵活运用，焊缝往那边偏，调试时就需要往反方向位移一些，多次调试，直至焊缝完全合格。

（6）焊接电流、焊接电压及焊接速度

在稳定焊接过程中，焊接电流、焊接电压和焊接速度是相辅相成的，三者要匹配合理，才能焊接出成型美观、质量合格的焊缝。

通俗点讲，电流是调节自动送丝的快慢，电压是焊丝融化速度的快慢，焊接速度是焊枪运动的快慢。

电流影响焊缝的熔深，熔深是母材熔化部的最深位与母材表面之间的距离。

电压影响焊缝的熔宽，熔宽是焊缝熔化区的表面或有效宽度。

焊接速度则两者都影响， 当其他条件不变的情况下，提高焊接速度，则单位长度上电弧传给母材的热量显著减小，母材熔化速度减慢，其熔深和熔宽减小。若速度过高，就会引起咬边；若速度过低，会使单位长度上的熔敷量增加，熔池体积增大，熔深反而减小而熔宽增加。因此，合适的焊接速度非常重要。

三者的调节可参考下面所述。

首先实际了解三者的实际作用

使用手工焊机实际操作，通过实践，理解三者各自的实际作用。

第一步，先把电流旋钮调到最小，把电压旋钮调到最大，使用焊枪对准试焊工件某一点焊接，此时不要动电压旋钮，逐步调大电流，到能正常焊接就停下。

第二步，反过来，就是把电流旋钮先调到最大，然后把电压旋钮调到最小，试焊一下，不要动电流旋钮，逐步增加电压，一直到能正常焊接就停下。

第三步，把电流和电压旋钮都调到最小，逐步增大电压和电流，直到找到焊缝成型最好，声音最柔和，并且是自己能控制得住的匹配参数。

第四步，通过第三步调试好的参数，改变焊接的速度，观察焊缝的成型情况。

第五步，通过调节三者的关系，试焊不同的材料板厚，比如 1.0～2.0～3.0～4.0mm 厚度的材料，然后调试出合理的参数匹配。

手工实践焊接时，出现的具体现象及其原因如下：

①电压偏低，握枪的手会感觉到焊枪头部发硬，焊枪头部的强烈振动，可听到爆断声，移动焊枪有阻力，通过面罩观察，焊丝插入熔池，飞溅多。这是因为电压太低，送丝速度远远大于熔化速度，电弧引燃后又被焊丝踏灭时发出的响声。

②电压偏高，焊枪头部过于绵软，几乎没有振动，可随心所欲地移动焊枪，通过面罩观察，焊丝飘在熔池上方，端部形成大熔球，时而出现大熔滴飞溅。

如果熔化速度超过送丝速度太多，电弧会一直返烧到导电嘴，把焊丝和导电嘴熔化在一起，送丝终止，电弧熄灭。这对导电嘴和送丝机构都会造成损坏，所以引弧时应确认电压没有偏高。

③电压与电流匹配时的现象：电弧稳定燃烧，发出细密的滋滋声，手感焊枪头部略有振动，软硬适度，电压显示表浮动不超过 5V，电流显示表浮动不超过 30A，在手的握把处不应出现振动。

（7）机器人实际调试

机器人匹配焊机采用的是模拟量电压电流，也就是说，编程时，示教器面板上显示的参数与焊机实际参数是不一致的，但两者是存在一定比例关系的。

可通过试焊来观察示教器面板参数和焊机实际显示数值，来估算两者的曲线关系。

一般来说，焊机的实际电流与实际电压的关系可参考如下所述。

①日产焊机：当焊接电流小于 200A 时，电压等于 16＋0.04 倍电流，上浮 1.5V 下浮 1.5V，电流大于 200A 时，电压等于 20＋0.04 倍电流上浮 2V 下浮 2V，举例设定焊接电流 150A，则焊接电压=16＋0.04*150=22V,最高＋1.5=23.5V,最低－1.5=20.5V。

②国产焊机:当电流小于 200A 时，电压=14＋0.05 电流上浮 1.5V 下浮 1.5V，当电流大于 200A 时，电压=18＋0.05 电流上浮 2V 下浮 2V。举例：设定电流 150A，电压=14＋0.05*150=21.5V,最高＋1.5=23V,最低－1.5=20V。

了解以上的基本情况后，可以开始进行初步调试。

第一，先根据材料厚度和焊丝直径，初步确定焊接电流（焊机实际显示电流），可参考下表。

焊丝直径（mm）	电流范围（A）	适用板厚（mm）
0.6	40～100	0.6～1.6
0.8	50～150	0.8～2.3
0.9	70～200	1.0～3.2
1.0	90～250	1.2～6
1.2	120～350	2.0～10
1.6	> 300	> 6.0

第二，确定初步焊接电流后，根据上述所写的公式初步确定焊接电压（焊机实际显示的电压）。

第三，确定焊接速度，一般在 3～8 mm/s 之间，可逐步调试，选择最合适的速度。

第四，观察焊缝成型，逐步微调电压、电流和焊接速度，直至焊缝成型最好，焊接效率最优。此时，三者的匹配已经是一个合格焊接参数。

（8）气流量选择

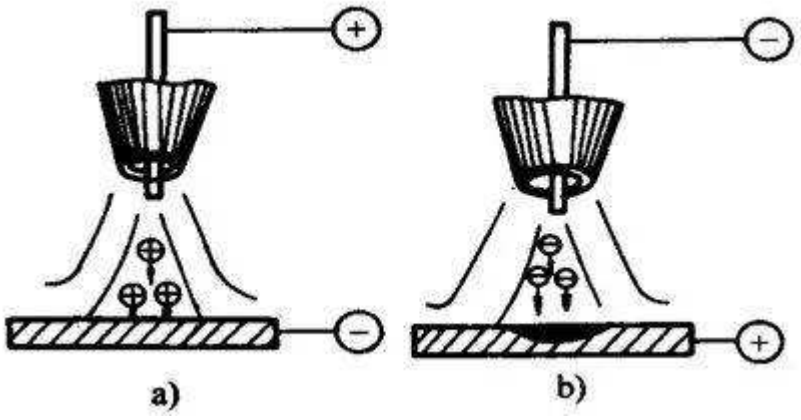
保护气流量的调节是通过流量计上的流量调节旋钮来控制的。一般来说，CO2、MAG 焊的保护气流量一般在 10～15L/min。焊接时，按照这个区间段来调试，基本可以保证焊缝的保护效果良好。但是当喷嘴距离焊缝较远时，因适当加大气流量。

（9）极性

采用直流电源焊接时，有两种接线方法：直流正接和直流反接。两种方法对焊缝的熔深影响时不一样的，直流反接时熔深大于直流正接。而采用交流电时，熔深介乎这两者之间。

直流反接指的是焊件接电源负极，电极接电源正极的接线方法，如下图。

直流正接指的是焊件接电源正极，电极接电源负极的接线方法，如下图。



CO2/MIG/MAG 焊一般采用直流反接

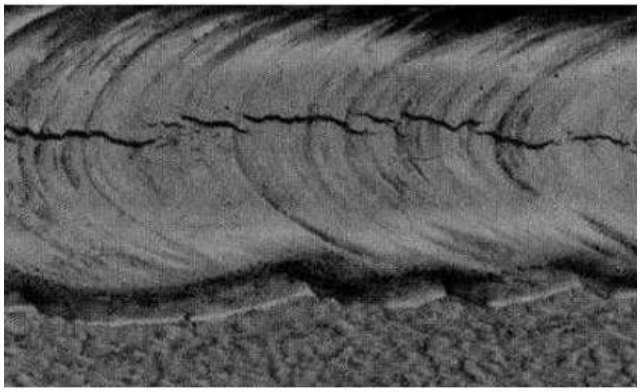
5.5 调整焊缝几何形状以及熔敷速度的方法

调试时，可以根据下表来调节相关参数，来达到改善焊缝的目的，调整的优先级按照表格为从左到右，意思就是优先选择左边的参数来调节，然后再依次往右选择调节参数。

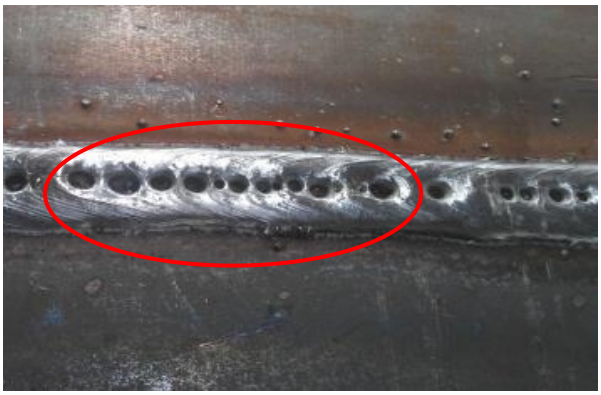
例如，要调节焊缝的熔深，首先是调节焊接电流的大小，若改变焊接电流大小还无法满足要求，那就再更改焊枪角度（焊丝倾角），如果还未能达到效果，就继续更改焊丝伸出长度，最后更换焊丝直径。

要求		电弧电压	焊接电流	焊接速度	焊丝倾角	焊丝伸出长度	焊丝直径	说明
熔深S	深些	---	增大	---	拖角（最大25°）	减少	小	调整优先级按照表格为从左到右
	浅些	---	减小	---	推角	增加	大	
余高h	大些	---	增大	减小	---	增加	---	
	小些	---	减小	增大	---	减少	---	
熔宽c	凸且窄	减小	---	---	拖角	增加	---	
	平且宽	增大	---	---	90°	减少	---	
熔敷速度v	快些	---	增大	---	---	增加	小	
	慢些	---	减小	---	---	减少	大	

5.6 焊接缺陷的分类



裂纹



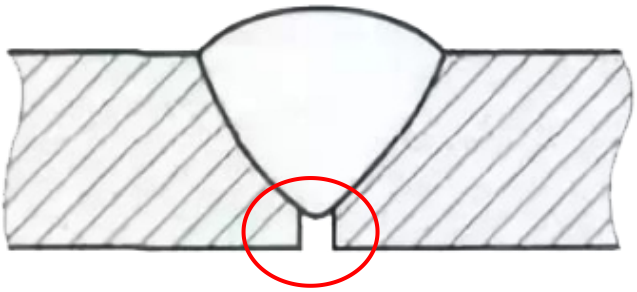
孔穴



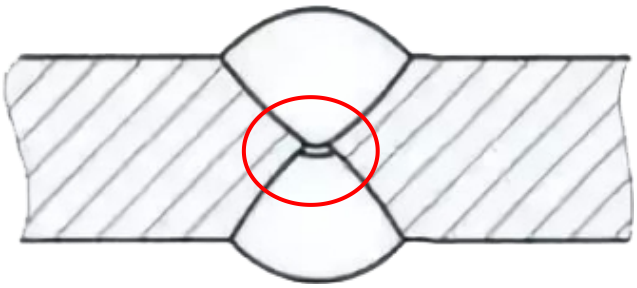
固体夹杂



形状和尺寸不良



根部未未焊透



中间未未焊透

根据性质和特征分为六大类：第一类为裂纹；第二类为孔穴；第三类为固体夹杂；第四类为未熔合（未焊透）；第五类为形状和尺寸不良；第六类为其他缺陷。示意图例如下所示：

在实际生产焊接中，常见的焊接质量问题及其术语有气泡、气孔（孔穴类）；虚焊、假焊（未熔合类）；焊穿、焊偏、咬边、焊瘤、过烧（形状和尺寸不良类）；开裂（裂纹类）等。

5.7 气体保护焊常见缺陷与产生原因

缺陷	产生原因
气孔	①CO_2 气体不纯；②焊接时卷入空气；③预热不起作用；④风大，保护不完全；⑤喷嘴与焊件的距离过大；⑥喷嘴被飞溅物堵塞，不通畅；⑦焊接区表面被污染，油、锈和水分未清除；⑧导电嘴伸出太长或者未对中；⑨喷嘴过小，导致气流量喷出不足；
咬边	①电弧太长，电弧电压过高；②焊接速度过快；③焊接电流太大；④焊丝位置不当，没对中；⑤焊丝摆动不当；
未焊透	①焊接电流太小，送丝不均匀；②电弧电压过低或过高；③焊接速度过快或过慢（在坡口内）；④坡口角度小，间隙过小；⑤焊接位置不当，对中不好；
焊缝成形不良	①焊接参数不合适；②焊丝位置不当，对中差；③送丝滚轮的中心偏移；④焊丝校直机构的调整不当；⑤导电嘴松动；
裂纹	①焊接电流太大；②坡口过窄；③电弧电压过低；④焊丝位置不当，对中不好；
电弧不稳定	①导电嘴松动，磨损或直径过大（与焊丝比）；②焊丝转盘传动不均匀，送丝滚轮的沟槽已磨损，加压滚轮紧固不良，以及导丝管阻力大等；③焊接电流过低，电弧电压波动；④焊丝伸出长度过大；⑤焊件上有锈蚀、油漆、油污等；⑥地线放置不良或者松动；
飞溅	①焊接参数不当；②焊件和焊丝清理不良；

当焊接发生质量缺陷时，可参考上表给出的原因逐一排除，然后制定相应解决措施。

焊丝位置与焊接位置所代表的的含义是不同的，焊接位置不当说明可能是调试机器人时焊枪路径及姿态不正确，或者焊枪 TCP 中心不准导致路径偏差；焊丝位置指的是焊丝尖端的位置，焊丝不对中或不当说明导电嘴磨损过多或者焊丝弯曲度太大，导致焊丝尖端位置不正确。导电嘴磨损过多则需要更换新导电嘴，焊丝弯曲度太大则将焊丝伸出量（干伸长）减短。

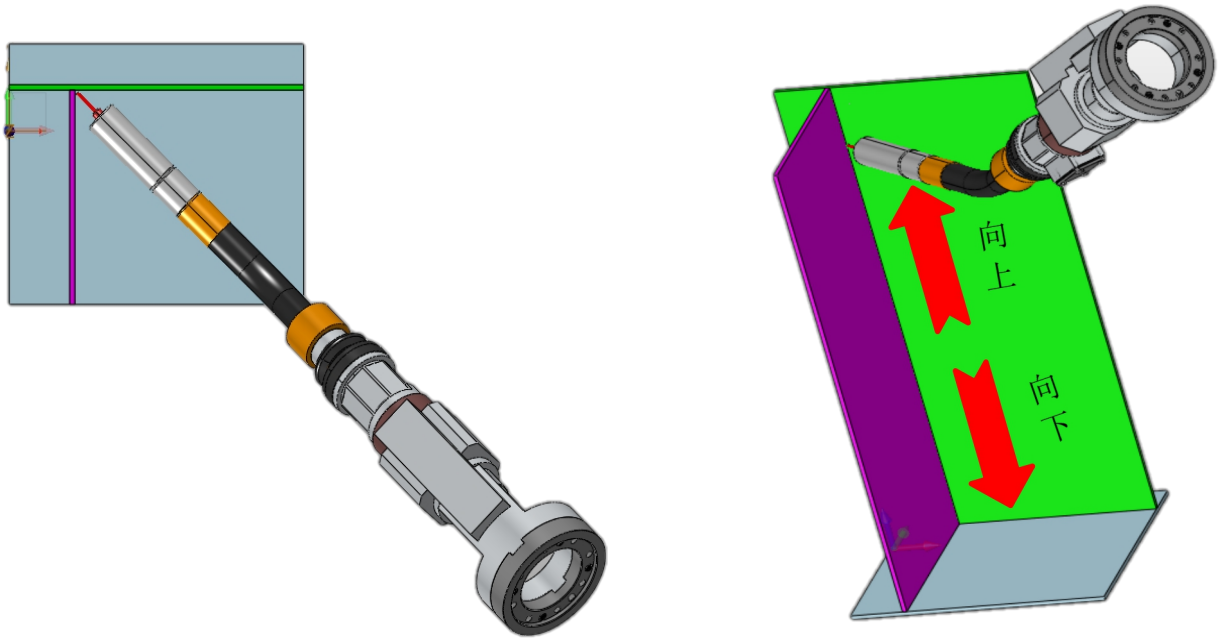
焊件上若有油漆、油污、锈蚀等，焊接前一定要将焊件清理干净，否则会产生引弧不成功、焊缝有气孔、飞溅大等。有油漆的地方可能还会产生明火燃烧，而且散发出刺激性气体。

焊接产生气孔时，大多数是保护气保护不到位而引起的。在排查此类问题时，最需要注意的是检查导电嘴与喷嘴是否在同一个中心。因为若是导电嘴偏往一边，在保护气体喷出时，偏的那一侧的保护效果就不理想，进而会导致焊缝气孔、气泡的出现。

第五篇　焊接机器人焊枪位姿

焊枪的位姿指的是机器人焊枪与焊缝焊接时所具有的姿态。其有两大参数：行走角和工作角，前文有介绍焊枪位姿对焊缝的影响，本章主要介绍一些编程调试要点。

6.1　立焊焊枪姿态



立焊俯视图

根据工件厚度的不同，立焊可以采用向下立焊或向上立焊。前者主要用于薄板，而后者用于厚度大于 6mm 的工件。

机器人自动化焊接时，向下立焊的焊枪工作角（焊枪指向板厚一侧）与角焊缝时类似；行走角保持在 0～30° 之间（及焊枪与水平面的角度为 0～30° ）。

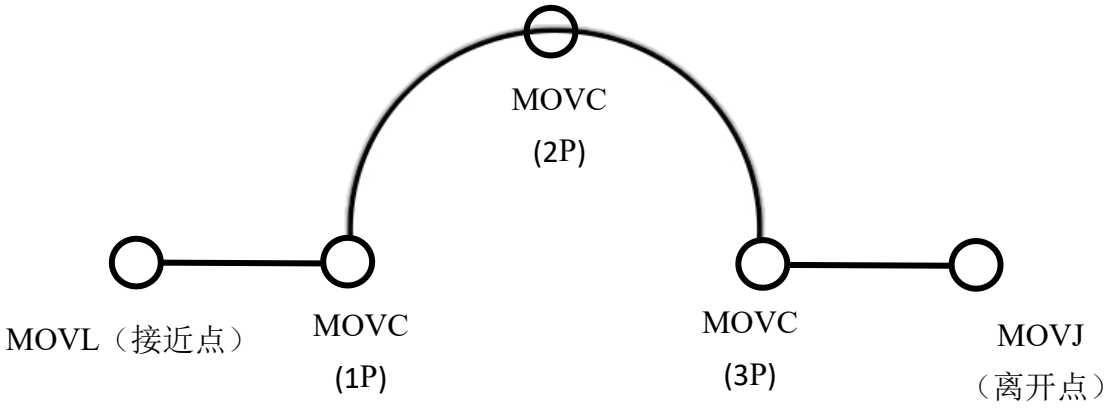
若行走角过大，则铁液容易流到电弧前方，容易发生焊瘤和焊不透等。而且机器人焊接速度宜加快，比平焊要快 1/3 左右，切记不能使用摆动焊接。

向上立焊时熔深较大、熔透可靠，多用于焊接厚度超过 6mm 的工件。但是由于熔池较大，使铁液流失倾向增加。为了能形成焊缝，不能使用过大参数。而且向上立焊时焊枪位置十分重要，焊枪大致上应垂直于工件，最好使用推焊焊接。

若焊接空间不足，可考虑增加变位机构，将立焊变成平焊或者介于两者之间的斜角焊。向上立焊一般用于手工焊接，自动化焊接应用较少，因此调试时，尽量使用向下立焊。

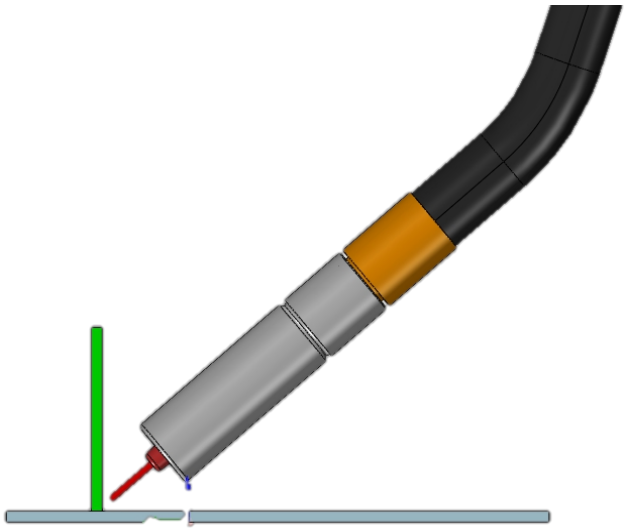
6.2 圆弧焊枪姿态

（1）示教圆弧

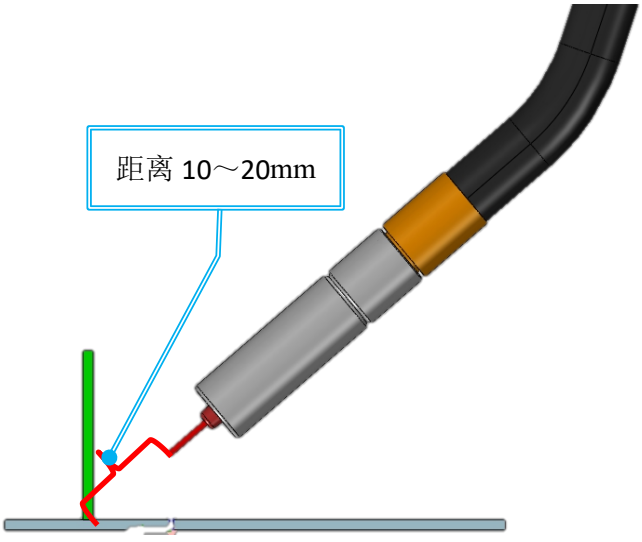


由三点组成一个圆弧，由接近点直线运行到开始焊接点，开始焊接点为圆弧第一点，圆弧中间点为第二点，圆弧结束点为第三点。

编程时，一定要在焊接点之前编辑一个接近点，距离开始焊接点大致 10～20mm 左右，不宜过大也不宜过小，而且这个接近点的焊枪姿态要保持与焊接开始点保持一致，如下图所示。



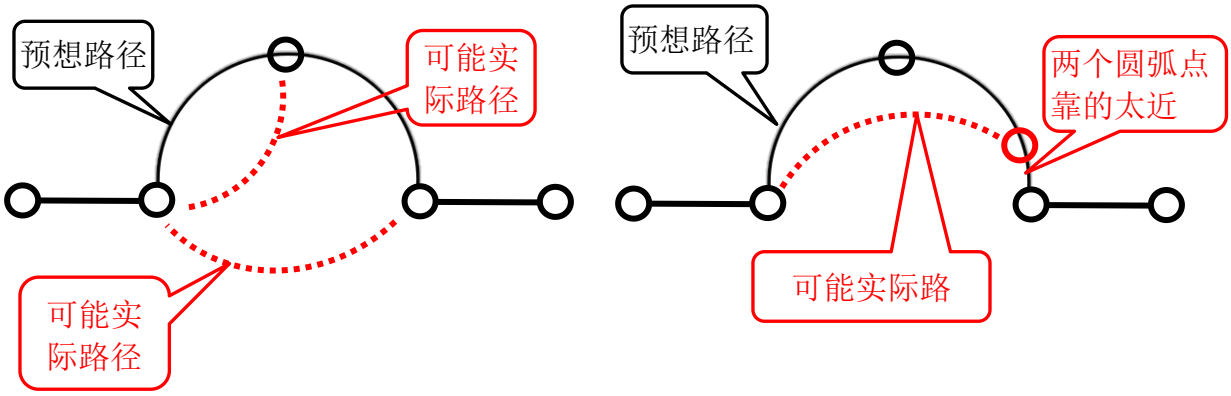
焊接点



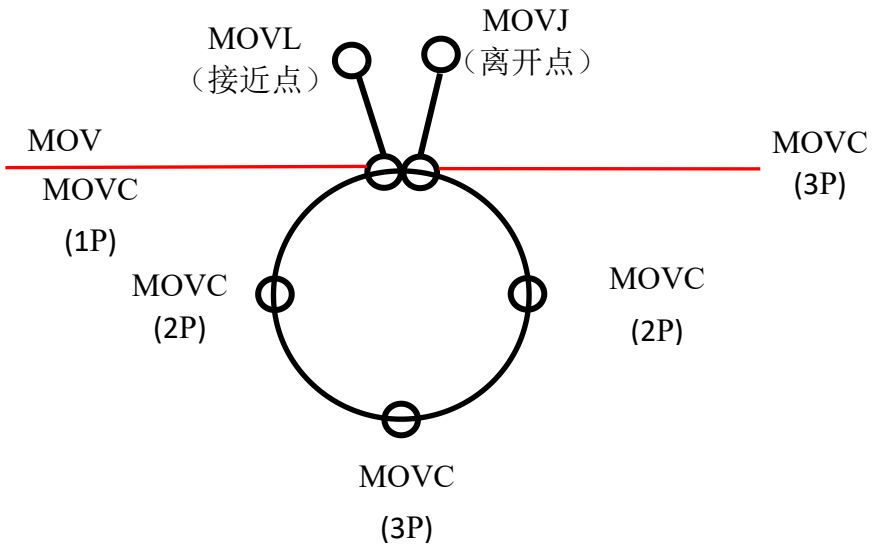
接近点

焊接结束时也要设一个离开点，与接近点类似，焊接离开点与焊接结束点也大致相差 10～20mm，离开点的焊枪姿态与焊接结束点的姿态也应保持一致。

当圆弧超过 180°时，尽量将此段圆弧分成两小段圆弧编辑程序，而且第二点尽量为圆弧的中间点，因为若是机器人各轴旋转超过一定角度或者圆弧点靠的太近，可能导致错误发生，如下列情况：

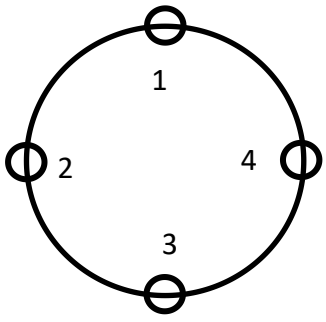


（2）整圆的示教



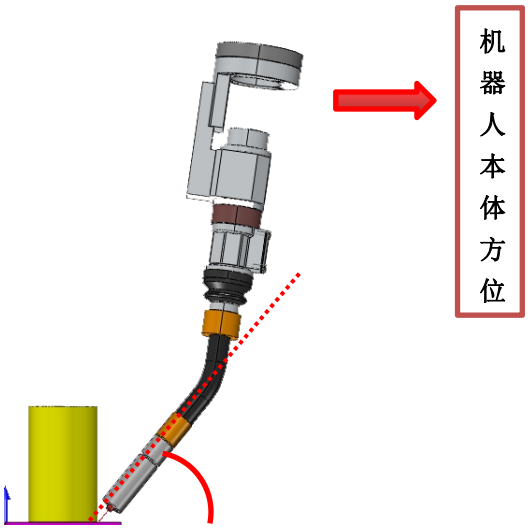
由最少五点组成一个整圆，每大致 90°编辑一个程序点，如上图所示。

整圆的编辑一般按照两个半圆圆弧来编辑程序，先编辑前段半圆，再编辑后段半圆，两个半圆轨迹组成一个整圆轨迹。

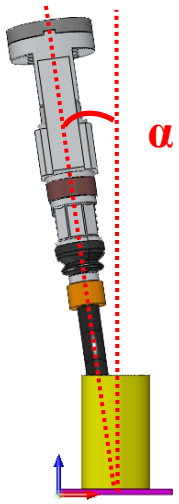


如右图所示，整圆编程前，可先在圆形工件上用标记笔分成 4 份，每隔大致 90 度打一个标记（可按顺序标记成 1～2～3～4，尽量接近 90 度，不要偏差太大）。编程时，在编辑好焊枪位姿后移动到这些标记点并记录即可。

整圆实际编程时焊枪各个位姿如下（路径为逆时针方向编辑）：



第一点侧视图



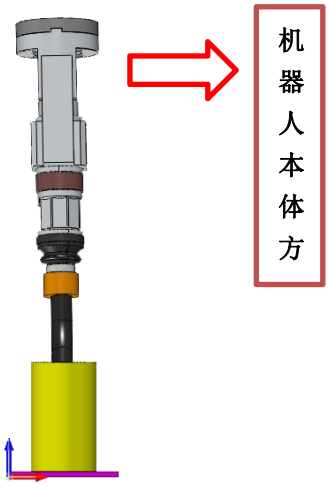
第一点正视图

第一点焊枪位姿如上图。

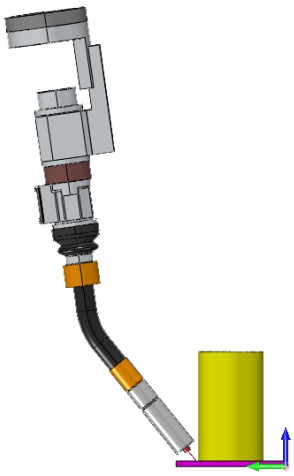
调试时，在正侧面观察θ角，根据材料板厚来确定，管和板的厚比为 1:1 时，θ角为 45°；厚度比为 1:2 时，θ角为 55°～65°，厚度比为 1:3 时，θ角为 80°～85°。

在正视面观察α角，即管件中心线与焊枪中心线的夹角，在 5°～15°之间，不能过小，也不能过大。过小则机器人容易反向运行，过大则焊缝不稳。而且第六轴的的旋转角度不能超过 180°（±180°都算）。

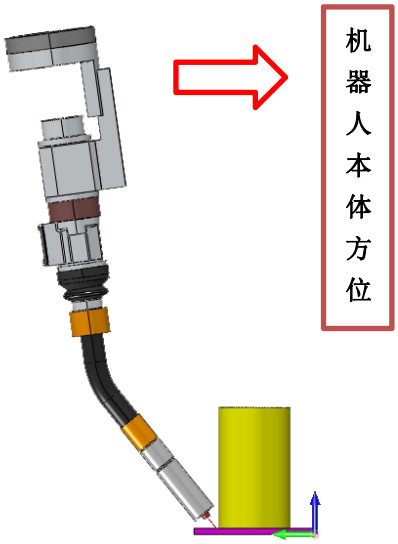
第一点的机器人位姿较为重要，若是第一点位姿不正确，机器人在运行时很可能就发生路径错误，反向运行。



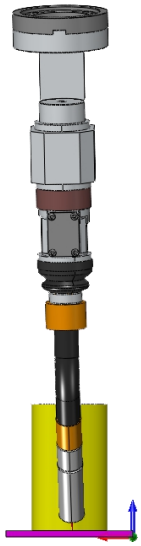
第二点侧视图



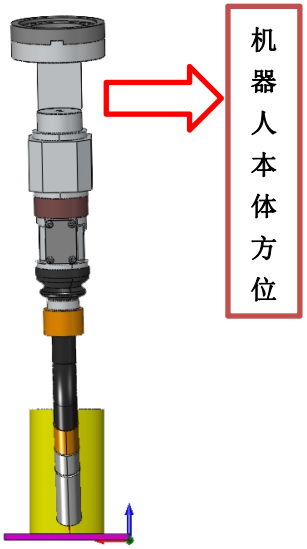
第二点正视图



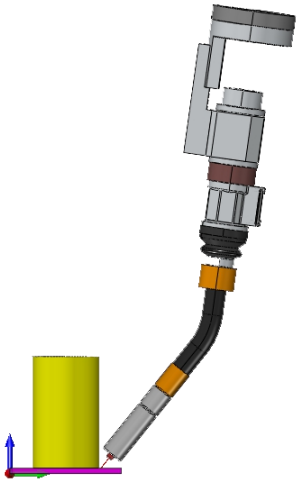
第三点侧视图



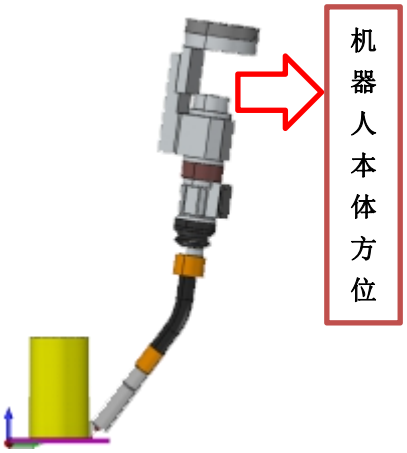
第三点正视图



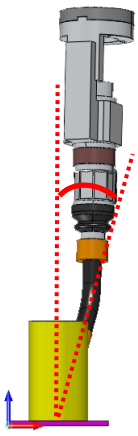
第四点侧视图



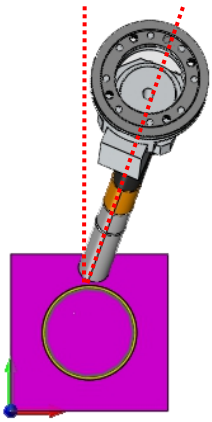
第四点正视图



第五点侧视图



第五点正视图

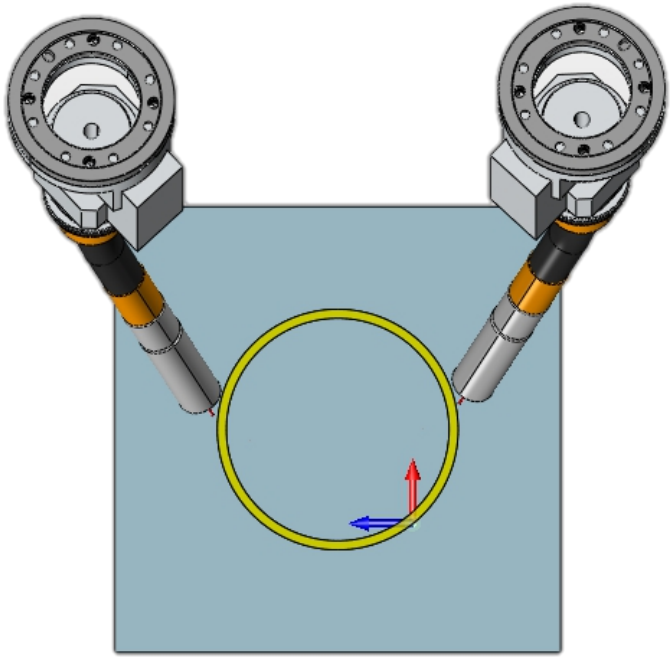


第五点俯视图

第五点位姿与第一点有相似之处，其中 α 角为 5°～25°之间，不能过小，也不能过大。过小则机器人容易反向运行，过大则焊缝不稳。而且第六轴的旋转角度不能超过 180°（±180°都算）。

实际焊接编程时，圆弧轴线（中心线）、焊丝轴线、枪颈轴线三条轴线保持在一个平面内，此时焊丝轴线与焊缝轴线垂直，行走角为 90°，为正直焊法，也是焊缝质量较为可靠的焊接姿态。

然而实际焊接工作中，由于工装夹具定位干涉、机器人轴极限限位、缺少变位机构以及空间位置受限等问题，圆弧焊接不可能时刻保持正直焊法。因此，焊枪的行走角会不停变换，所形成的焊缝外型也有所差别。



若无法保持正直焊法，可参照右图所示大致角度调试，可推焊，也可拉焊，只需能保证焊缝质量即可。但右图所示焊枪角度一般发生在焊接开始部分或者焊接结束部分，若是整道焊缝都是保持类似焊枪姿态，说明焊缝焊接可达性不足，应制定相应的修改措施，改善焊接可达性以保证焊缝质量及焊接稳定性。

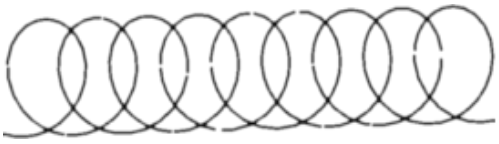
6.3 摆动焊接姿态

（1）摆焊分类

使用熔化极保护焊焊接一定厚板工件的时候，在平角焊、对接坡口焊，角接坡口焊、船形焊时会使用摆动焊接，即焊枪沿着焊缝方向焊接的时候也同时做横向摆动。伯朗特机器人系统目前主要有锯齿形、圆圈形两种摆焊方式，如下图。



锯齿形（Z 字型）摆焊法



圆圈形摆焊法

（2）摆动焊接的特点

①焊缝更宽：横向摆动运条比直线运条的焊缝更宽；

②焊缝余高小，可满足一些特定的焊缝余高要求；

③可以降低焊接缺陷：焊接过程中 横向摆动，可以将熔池中的氮气 一氧化碳等气体排出，减少气孔缺陷。

④焊缝横向摆动，两侧稍作摆动中间走的快一下，可以保证焊缝两侧，与母材良好的熔合，避免、咬边、未熔合、未焊透等缺陷。

（3）摆动焊接的摆动参数

机器人锯齿形（Z 字形）摆动焊接的摆动参数有摆弧宽度（mm）、摆弧频率（次/S 或次/min）、左停留时间、右停留时间、加速时间、减速时间等。圆圈型摆动焊接除这 6 项参数外，还多有圆弧半径一项。

摆弧宽度就是指焊枪横向摆动的宽度，可根据所需焊缝宽度及坡口大小来调节，但基本都在 1～10mm 范围内。

摆弧频率指的是焊枪在每秒（分）摆动的次数，一般在 100～140 次/min（即 1.67～2.3 次/S）。当然，不同的机器人或者不同的焊接材料，摆弧频率也会不同，不一定要在这范围内调节，实际调试时需灵活运用，学会判断。

左/右停留时间是指当焊枪摆动到左/右侧终点后所停留的时长，焊接时，需查看焊缝两边是否熔深均匀平滑。若是有缺陷，如焊缝填充不饱满、未焊透、咬边等，则需修改停留时间。

加速时间是指机器人到达摆动终点后反向运行时由零达到焊接速度所需的的时间。

减速时间是指机器人到达摆动终点后反向运行时由焊接速度降低到零所需的时间。

圆圈型摆焊的圆弧半径是指纵向摆动的圆弧半径，一般取 2～4mm。

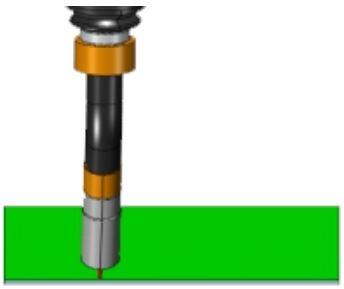
所有参数需要在实际生产中慢慢调节，直至调试出合适的参数。

（4）摆动焊接的焊枪姿态

平角摆焊焊枪姿态



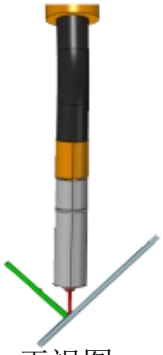
正视图



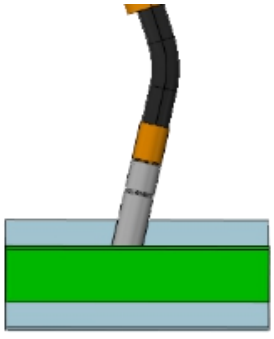
侧视图

角焊摆焊时，可采用前倾或者后倾、正直焊法，每种焊法焊接出来的焊缝都有一定区别，可通过调试确定角度。

摆动焊接的焊枪姿态可参考左图，其中船形焊与坡口焊的焊枪姿态类似，只是焊接层数可能会有所差异。



正视图



侧视图

第七篇　焊接变形与流程设计

7.1　焊接变形的特点和分类

①焊接变形的特点

焊件由于焊接而产生的变形称为焊接变形。焊接变形与焊件形状尺寸、材料的热物理性能及加热条件等因素有关。

一般情况下，一条焊缝正在施焊处受热发生膨胀变形，后面开始凝固和冷却处发生收缩。膨胀和收缩在这条焊缝上不同部位分别产生。直至焊接结束并冷至室温，变形才停止。

②焊接变形的分类

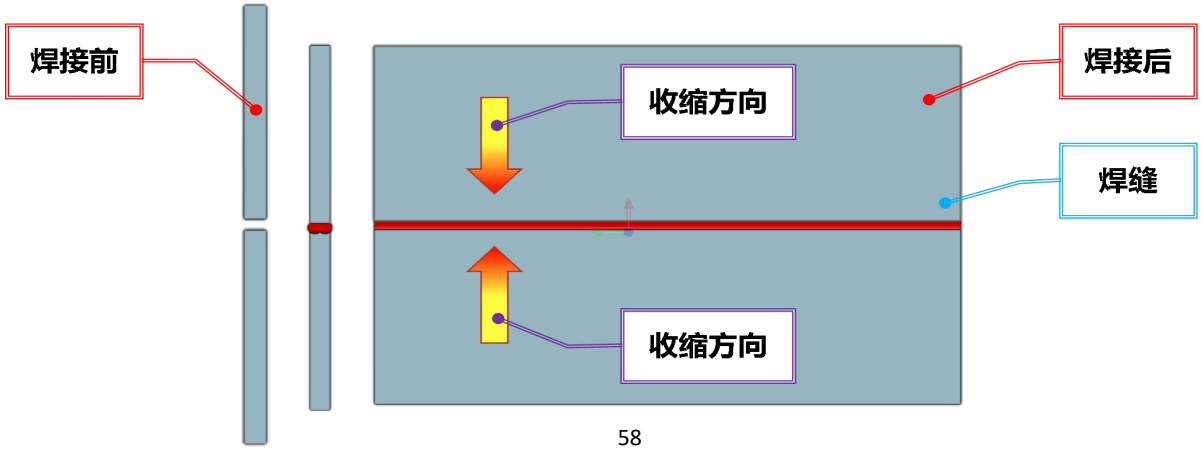
焊接过程中随时间而变的变形称为焊接瞬时变形，它对焊接施工过程产生影响。焊接结束冷却后，焊件上残留下来的变形称为焊接残余变形，它对制品的质量和使用性能产生影响。

人们关心最多的是焊接残余变形，因为它直接影响焊接结构的使用性能。所以在没有特别说明的情况下，一般所说的焊接变形，多指焊接残余变形。它们与焊件的形态、尺寸、焊缝在焊件上的位置、焊缝坡口的几何形状等因素有关。

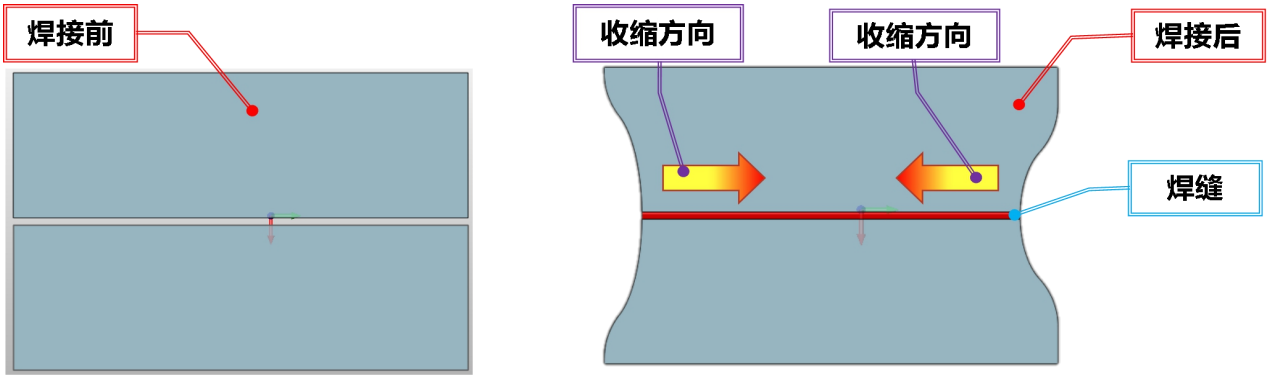
7.2　焊接变形的类别

类别		说明
板平面内的变形	横向收缩	垂直焊缝轴线方向的收缩
	纵向收缩	沿焊缝轴线方向的收缩
	回转变形	在平板条对接焊过程中坡口间隙在板平面内时而张开时面闭合的变形。在热源前万完全没有拘束的情况下，连续焊接玻口间隙常常是张开的。焊接速度越大，张开量越大
板平面外的变形	横向弯曲变形（角变形）	因焊接面使板厚方向温度分布不均匀时，沿板厚横向收缩不同，引起板件绕焊缝中心线发生弯曲变形，又叫角变形
	纵向弯曲变形	细长构件的纵向焊缝沿焊接方向偏心收缩，引起的弯曲变形
	波浪变形	在薄板焊接时，由于焊接产生的压缩残余应力，使板件出现因弯曲形成的波浪变形
	扭曲变形	细长构件，纵向焊缝的横向收缩不均匀或备料与组装质量不良，使构件绕自身轴线扭转

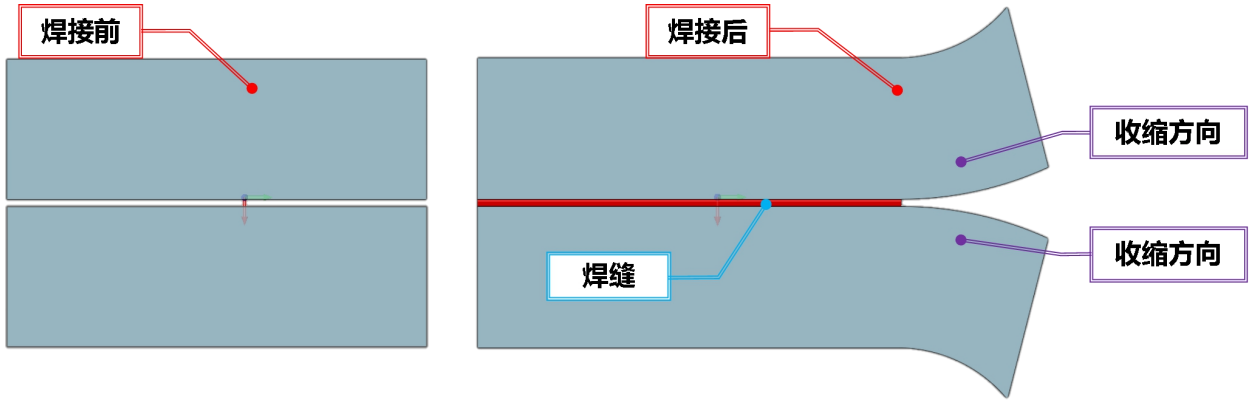
（1）横向收缩变形



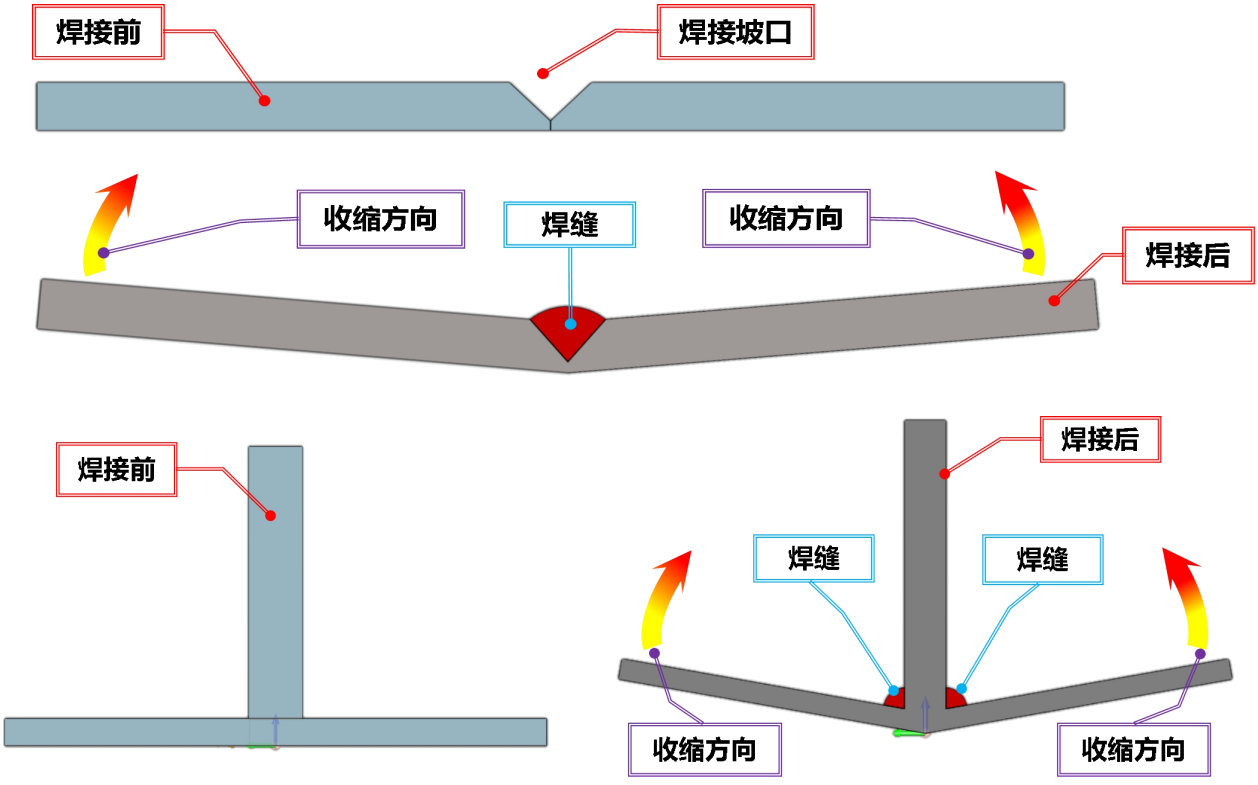
（2）纵向收缩变形



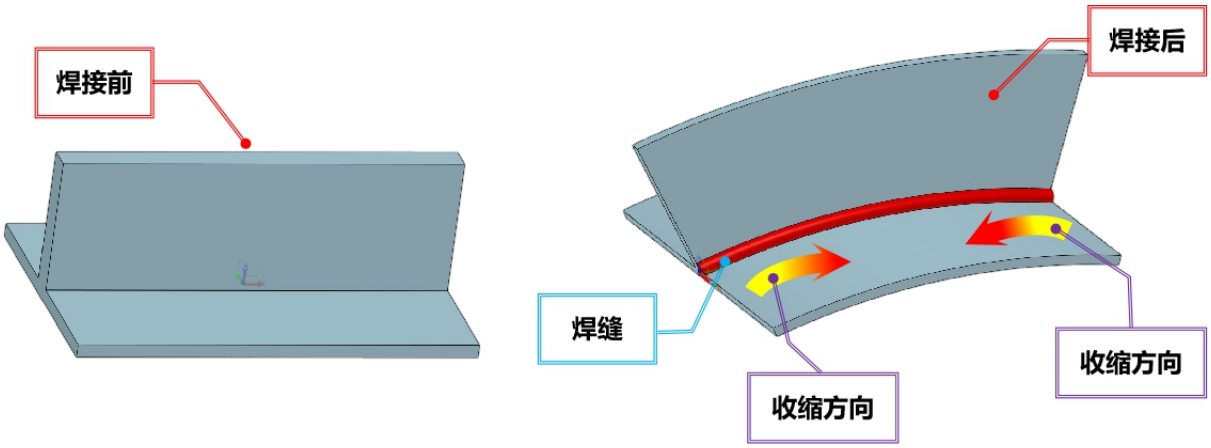
（3）回转变形



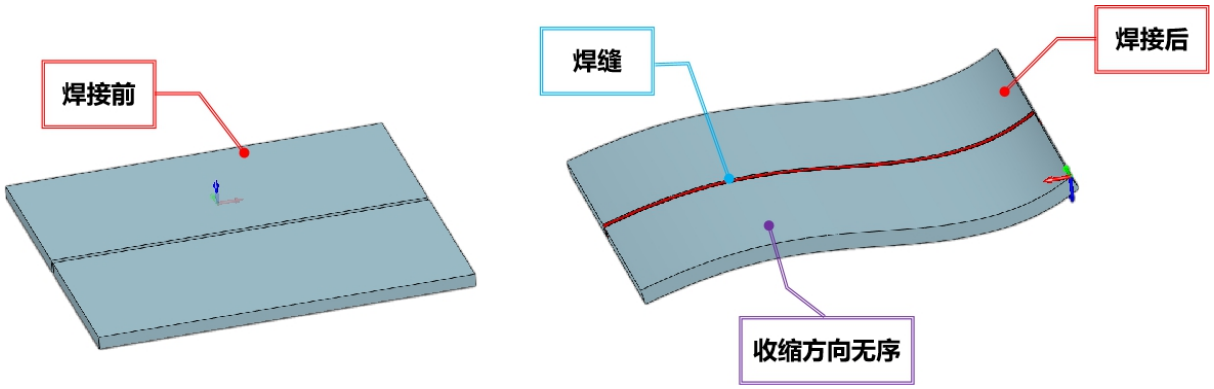
（4）横向弯曲变形（角变形）



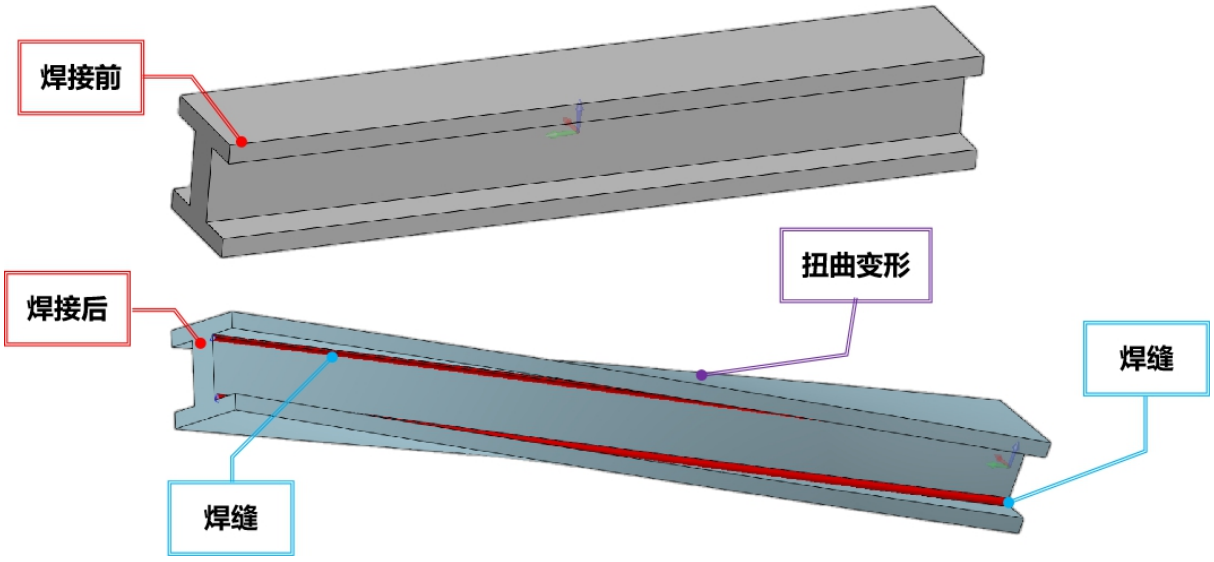
（5）纵向弯曲变形



（6）波浪变形



（7）扭曲变形



7.3 焊接残余变形的预防与控制

预防与控制焊接残余变形的措施有设计措施与工艺措施。

（1）设计措施

①选择合理的焊缝形状和尺寸：在保证焊缝强度质量的情况下选择最小的焊缝尺寸；选择合理的坡口形式。

②减少焊缝数量：在满足焊接结构强度的前提下，焊缝尽可能的减少或者适当增加板厚以减少肋板的数量以及用冲压型结构代替肋板结构。只要允许，多采用型材冲压件；焊缝多且密集处采用铸～焊联合结构，就可以减少焊缝数量。

③合理安排焊缝位置：合理的设计应该尽量把焊缝安排在结构截面的中性轴或靠近中性轴，力求在中性轴两侧的的变形大小相等、方向相反，起到相互抵消的作用。

（2）工艺措施

①反变形法：焊前使焊件具有一个与焊后相反、大小相当的变形，以便焊好后恰好能抵消焊接时产生的变形。

②刚性固定法：焊件被夹紧，处于不能自由变形的条件下焊接，这样可以减少焊后变形。

③选择合理的焊接方法和焊接参数：能量集中和热输入较低的焊接方法，可以有效的降低焊接变形。焊接热输入是影响变形的关键因素，当焊接方法确定后可通过调节焊接参数来控制热输入。

④选择合理的装配和焊接顺序：合理的装配和焊接顺序，可以有效降低焊接变形。

大型或复杂的焊接结构，只要条件允许，把它分成若干个结构简单的部件单独进行焊接，然后再总装成整体焊接。

对称结构上的对称焊缝，最好两侧同时焊接或者交替焊接（每一侧都先焊一定长度的焊缝，不焊满，交替焊接，直至焊满焊缝为止）

7.4 反变形法

定义及其分类

分析焊件施焊后可能产生变形的方向和大小，在焊接前应使被焊件发生大小相同、方向相反的变形，以抵消或补偿焊后发生的变形，以达到防止焊后变形的目的，这种方法称之为反变形法。

反变形法很有效，但必须准确的估计焊后可能产生的变形方向和大小，并根据焊件的结构特点灵活运用。

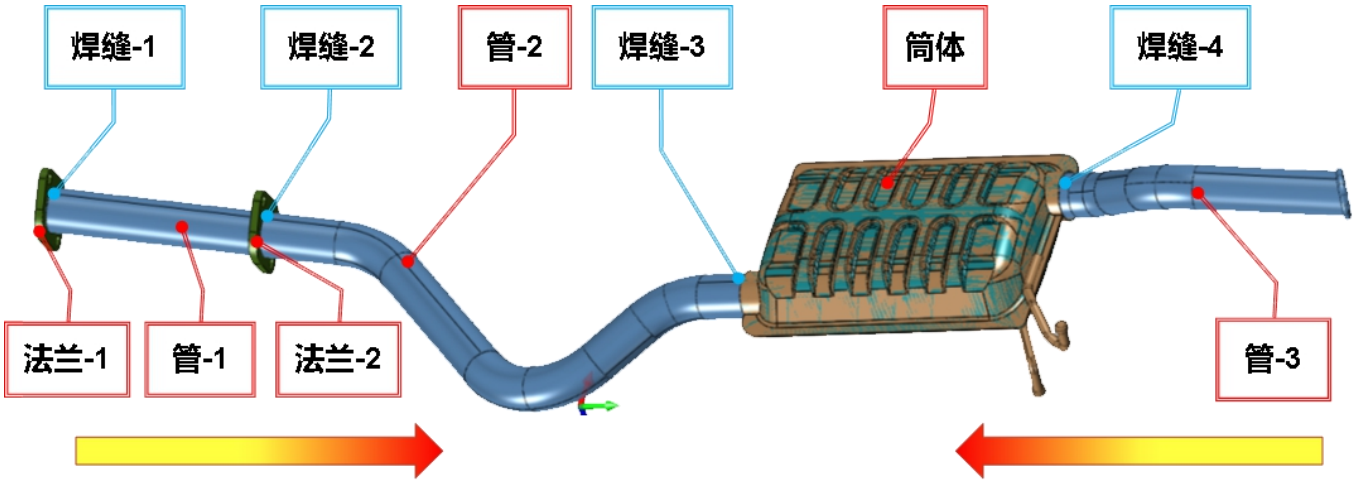
反变形法又分为无外力作用和有外力作用两种。

①无外力作用下的变形法：焊接前，对焊接件留下一定反向收缩余量，使得零件在焊接结束后，

变形量正好为焊前留下的余量。

②有外力作用下的变形法：使用焊接夹具使焊接件处在反向变形的条件下焊接，焊接结束后松开夹具，焊件回弹后其形状和尺寸恰好达到要求。

（1）无作用力反变形法示例



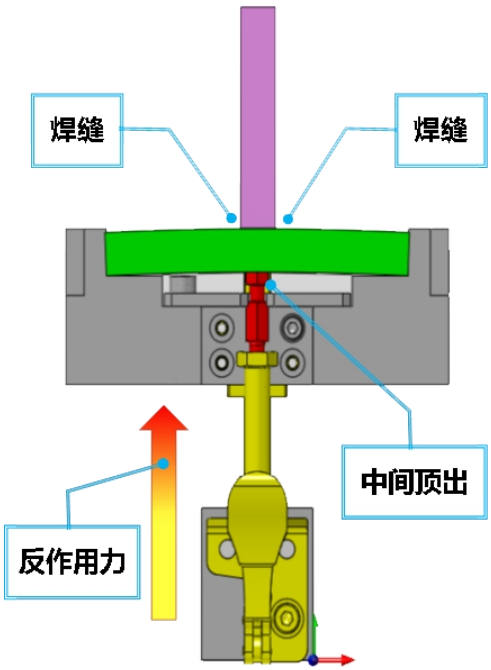
如上图，图示为某消声器焊接总成，零件共有 4 道整圆焊缝，焊接后，零件会朝箭头方向收缩（缩短）一定长度，导致零件尺寸整体缩短，造成偏差。因此，在焊接前，可将零件组件均匀往箭头反方向移动一定距离，使得零件在焊接后收缩的尺寸正好接近焊前移动的距离。

假设每道焊缝在焊接完成冷却后均缩短 0.5mm，整个零件有 4 道焊缝，那零件整体就缩短 2.0mm。因此，焊接前，要将各个零部件方向移动合适的距离。一般都是将筒体固定不动，作为基准件，然后将管-2 往左方向移动 0.5mm，将法兰-2 往左方向移动 1mm，将法兰-1 往左方向移动 1.5mm，将管-3 往右方向移动 0.5mm。如此逐级递增移动，最后待焊接完成冷却之后，零件的收缩尺寸则最为接近设计原型。

（2）有作用力反变形法

如右图，示例零件为两道平角焊缝，因焊缝集中于底板中间，因此容易引起底板中间收缩变形。此时，可以夹紧底板两端，中间使用工具顶高，使构件处于反向弯曲的状态，最后再进行焊接焊接。

焊接完成后，松开夹紧和顶高装置，使得工件回弹，待工件完全冷却后，查看焊接件尺寸，是否符合要求。若不符合，可再调试顶出量，直至焊后尺寸完全符合要求为止。



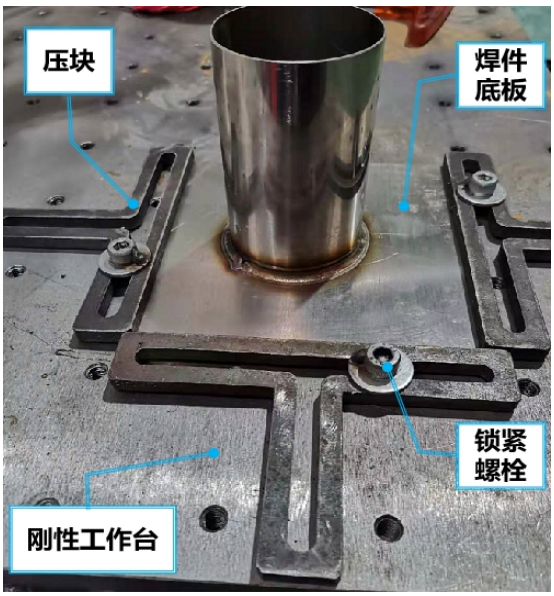
7.5 刚性固定法

焊件被夹紧，处于不能自由变形的条件下焊接，这样可以减少焊后变形。

通常是利用夹具把焊接件装夹到与之适应的夹具或者工作台上，夹具或工作台的刚性足以抑制焊接时的变形。有时可以充分利用焊接件的结构特点，通过夹具等方法组成一个能相互制约的构件进行焊接。

刚性固定法的优点是可以自由焊接，不必考虑焊接顺序。缺点是只能减小变形，因为去除夹固后，焊接件仍然有回弹变形。

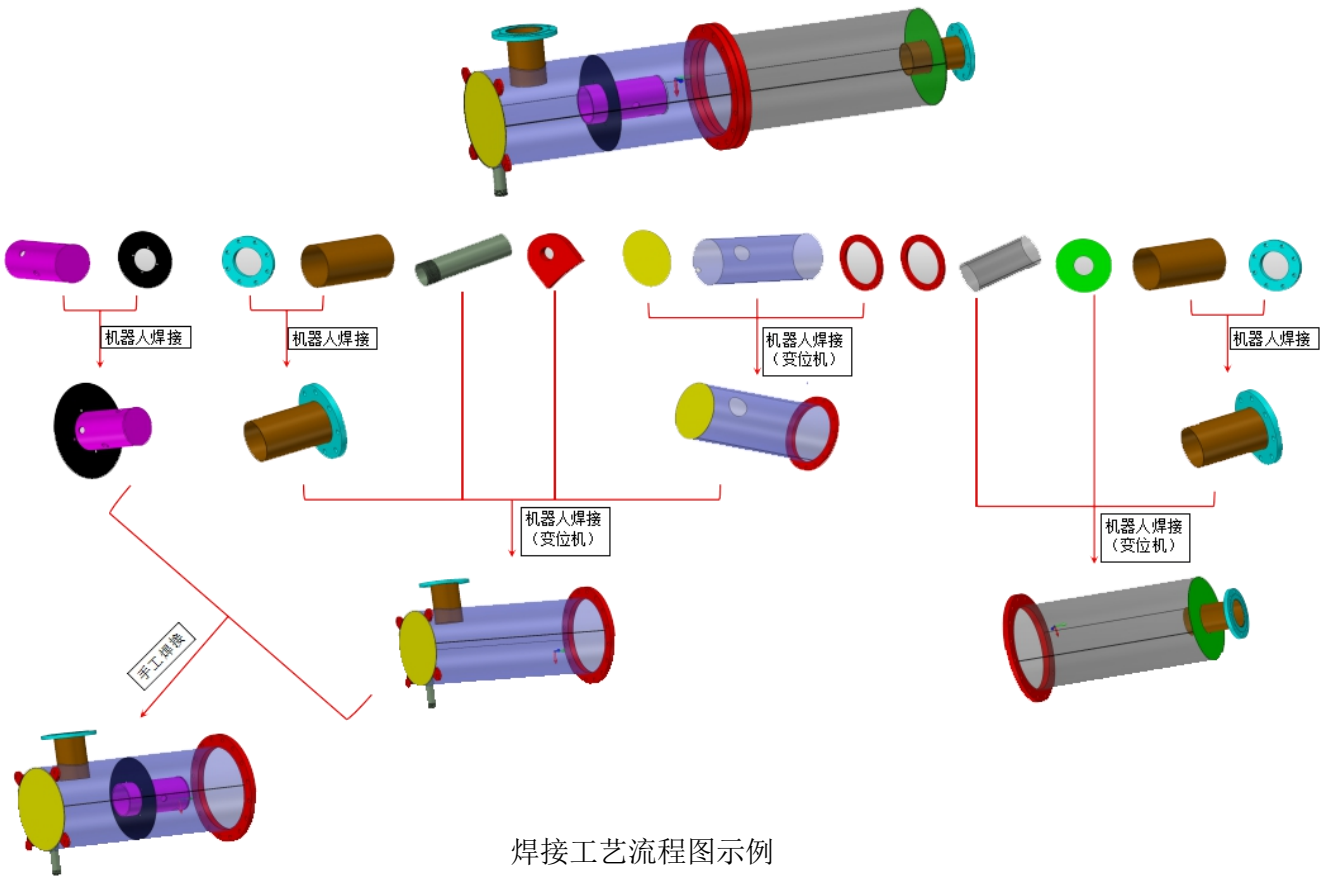
要是刚性固定法与反变形法同时配合使用，效果可以达到最佳。



刚性固定

7.6 合理的装配和焊接顺序

合理的装配和焊接顺序，可以有效降低焊接变形。但合理的前提是规划好焊接工艺流程，确定好焊接工艺方案。下图是某焊接成品的焊接工艺流程图。



焊接工艺流程图示例

如前图所示，一个焊接成品，通常由多个零件组成。大多情况下，因为成品的复杂性或焊接可达性的问题，导致零件总成无法一次性焊接完成。这个时候，就需要将零件总成拆分，分步焊接成小组件，最后再组合焊接为成品。具体如何分步，该分为几步，每一步的零件数如何分配，分步后的工艺是否能满足装夹定位、效率、成本、质量等一系列要求，都需要逐一考量。

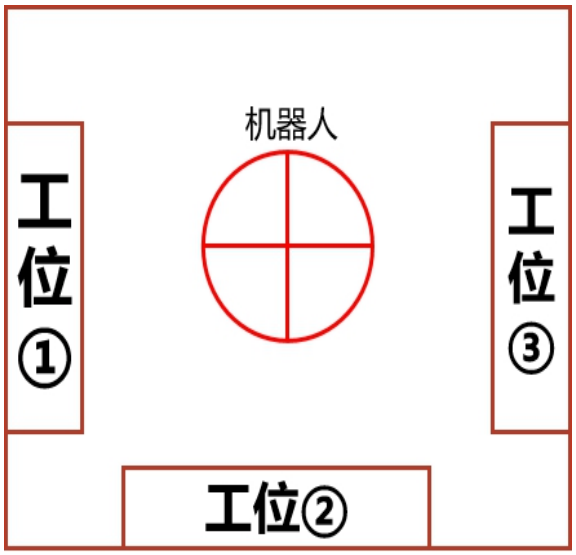
焊接工艺流程决定了装配顺序以及焊接顺序，也是焊接工艺方案的基础。焊接工艺流程可能不止只有一种，所以方案也可能不止一个，一般需要评议和审批，确定最优方案。

7.7 机器人焊接工艺方案的合理性

焊接工艺方案，首要条件是能保证焊接的可达性，若是设计的工艺焊接可达性无法满足，焊接就无从谈起。

第二是保证焊接装夹定位的一致性，只有焊接定位的一致性高，才能保证产品的焊接质量能达得到要求。例如说，某个组件焊接完成后变形量不一，可能就会导致下一工序的定位或者焊接位置偏差，最终造成焊接质量问题。

第三点，就是保证机器人焊接生产过程中的均衡性。一般的机器人工作站，最多可设置为三个工位，但多数情况下，在生产过程中都是使用其中的两个工位交替焊接，所以这就涉及到时间均衡。工位布局如右图所示。



零件的焊接可基本分为装配时间和焊接时间两个，装配时间就是指将本工位焊接所需的零件装配到工装夹具上的时间总和，焊接时间指的是机器人焊接完本工位零件所需要时间总和。

假设某个焊接机器人使用工位①与工位②焊接，要使得时间均衡，首先就要保证工位①与工位②的焊接时间基本一致，其次要使得工位①、工位②的装配时间要分别与焊接时间基本一致，略高或略低，不能相差太大，才能让人机效率达到最高。

设计方案时，焊接时间可以根据焊缝长度与焊接速度估算，装配时间可根据装配的便捷性估算，大致估算出一个比较合理的时间。焊接机器人焊接速度一般在 3-8mm/s，设计方案计算时，一般焊缝可以取中间值 5mm/s。假设焊缝的长度为 100mm，则焊接时间大致可估算为 20S。若有特殊工艺要求，则需根据图纸说明才能计算大致速度，如连续点焊、摆焊等。

第八篇　焊接工艺工艺装备及其设计

8.1 焊接工艺装备的分类

焊接工艺装备是指在焊接结构生产的装配和焊接过程中起配合或辅助作用的工夹具、变位机械、焊剂送收装置等的总称。因为它们都是为装配与焊接工艺服务的，故又称装配-焊接工艺装备，简称工装。

①按功能分类

名称		特点与适用场合
装配-焊接夹具		功能单一，主要起定位和夹紧作用；结构较简单,多由定位元件、夹紧元件和夹具体组成,一般没有连续动作的传动机构；手动的工夹具可携带和挪动，适于现场安装或大型金属结构的装配和焊接场合下使用。
接变位机	焊件变位机	又称焊接变位机。焊件被夹持在可变位的台或架上，该变位台或架由机械传动机构使之在空间变换位置，以适应装配和焊接需要,适于结构比较紧凑、焊缝短而分布不规则的焊件装配和焊接时使用。
	焊机变位机	又称焊接操作机。焊机或焊接机头通过该机械实现平移、升降等运动，使之到达施焊位置并完成焊接。多用于焊件变位有困难的大型金属结构的焊接，可以和焊件变位机配合使用。
	焊工变位机	又称焊工升降台。由机械传动机构实现升降，将焊工送至施焊部位，适用于高大焊接产品的装配、焊接和检验等工作。
焊接辅助装置		一般不与焊件直接接触，但又密切为焊接服务的各种装置，如焊剂输送和回收装置,焊丝去锈缠绕装置等。

②按适用范围分类

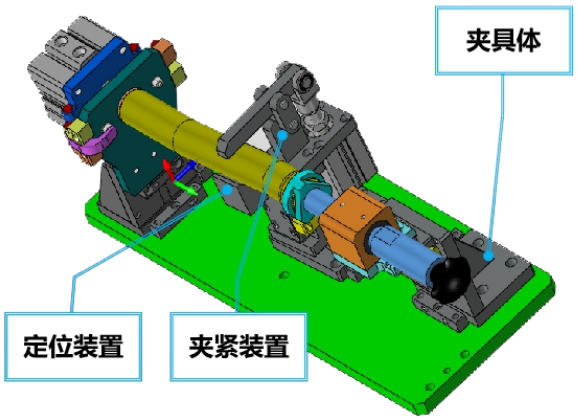
名称	特点与适用场合
专用装备	只适于一种焊件的装配或焊接使用,换另一种焊件则不适用。多在有特殊要求或大批量生产场合下使用
通用装备	又叫万能工装，一般不须调整即能适用于各种焊件的装配或焊接。其结构简单定位器、夹紧器等
半通用装备	介乎专用与通用之间,有一适用范围,如适用于同一系列但不同规格产品的装配或焊接,用前须作适当调整
组合式装备	具有万能性质,但必须在使用前将各夹具元件重新组合才能适用于另一种产品的装配和焊接

③按劳动力源分类

名称	特点与适用场合
手动装备	靠工人手臂之力去推动各种机构实现焊件的定位、夹紧或运动,适于夹紧力不大、小件、单件或小批量生产场合
气动装备	用压缩空气作动力源，气压一般在 1MPa 以内，传动力不大，适用于快速夹紧和变位场合
液动装备	用液体压力作动力源，传动力大，平稳，但速度较慢、成本高，宜短距离控制，适用于传动精度高、工作要求平稳、尺寸紧凑的场合
磁力装备	利用电磁铁产生的磁力作动力源来夹紧焊件，用于夹紧力小的焊件
电动装备	利用电动机的扭矩作动力驱动传动机构，实现各种动作，它效率高、省力、易实现自动化，适于批量生产
真空装备	利用真空盘的吸力夹持焊件，适用于薄板件的装配与焊接

8.2 焊接工艺装备的组成

焊接工艺装备的构造是由它的用途和所实现的功能而定。装配～焊接夹具主要起定位和夹紧工件的作用，一般是由定位器件（或装置）、夹紧器件（或装置）和夹具体组成，如右图。夹具体起安置各定位器和夹紧器的作用，有时还起支承焊件的作用。



8.3 焊接工艺装备设计的原则

焊接工艺装备设计是一种机械设计。但这种机械设计必须充分考虑焊接工艺的基本特点，并满足装配和焊接工艺的特殊要求。一般的设计原则与要求如下：

①工艺原则：即所设计的产品能满足产品的装配和焊接工艺要求。

②安全可靠原则:指装备在使用期间绝对安全可靠,凡是受力构件都应具有足够的强度和刚度,足以承受焊件因重力和因限制焊接变形而引起的各方向的反作用力等。

③方便原则：装备必须便于操作与施工，能使装配和焊接过程简单化，劳动强度降到最低，效率达到最快；以及各种定位、夹紧上的易损件要便于维修和更换。

④经济原则：所设计的装备必须易于制造，投资少，制造成本低，回收期短。尽量选用通用化、标准化的零部件；在一个夹具上定位器件和夹紧机构的结构不宜过多，也不应过于复杂。

8.4 焊装顺序及选用

焊接产品总是由两个以上的零部件组成，出于焊接方便或易于控制变形等原因，装配和焊接两道工序可能是先装完，后再焊接，也可能是边装边焊，所设计的装备应能适应这些情况。

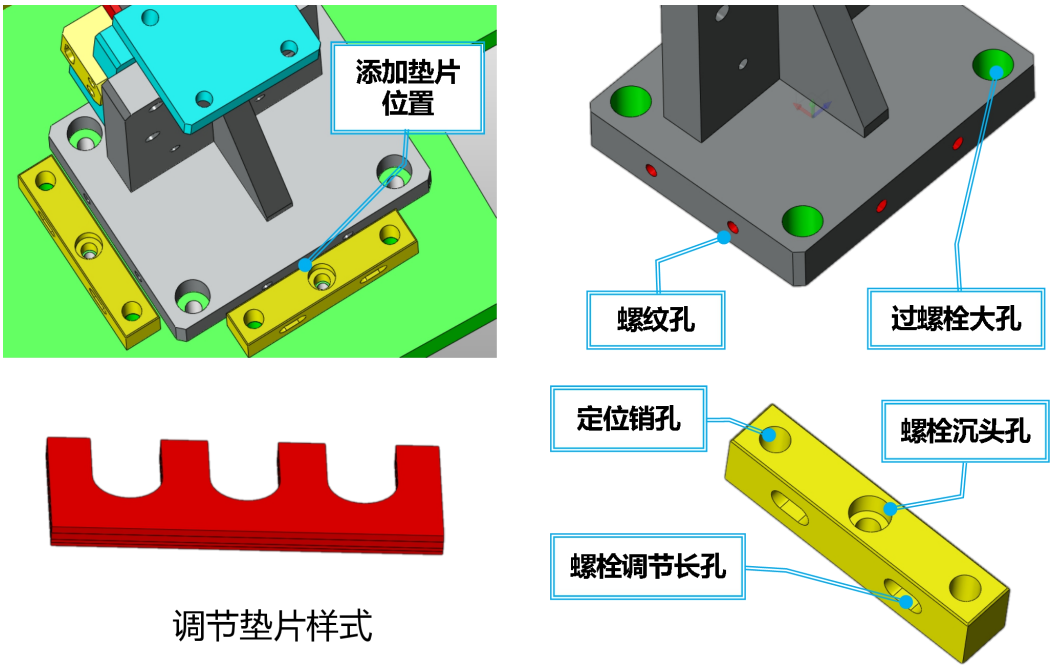
但是多数情况下，焊接件基本都是先装夹完成再进行焊接。边装边焊，在汽车复杂钣金件手工悬挂焊中比较常见，在明弧焊中应用不多。设计时应考虑哪种方法合理就选用哪种。

8.5 工装夹具的可调节性

焊接是局部加热过程，不可避免产生应力与变形，在装备上设置的定位装置和夹紧器件时要充分考虑焊接应力和变形方向。通常在平面内的变形不做限制，通过焊件留收缩余量方法让其自由的收缩；而焊件面外的焊接变形，如角变形、弯曲变形等应用夹具难以加以控制，有时还需要利用夹具作出反变形的工艺措施，这些都要求用定位和夹紧器来实现。

因此，设计工装夹具时，零件定位机构要具有一定的调节性，才能使得焊接变形时可以通过调节夹具，预留出合适的收缩余量。焊接零件的加工误差和夹具零件的加工装配误差也要求工装夹具具有可调节性，切记焊接夹具定位零件禁止焊死。（下图是两种调节方式设计，实际应用中还有其他方式，如开定位槽等）

（1）调节方式

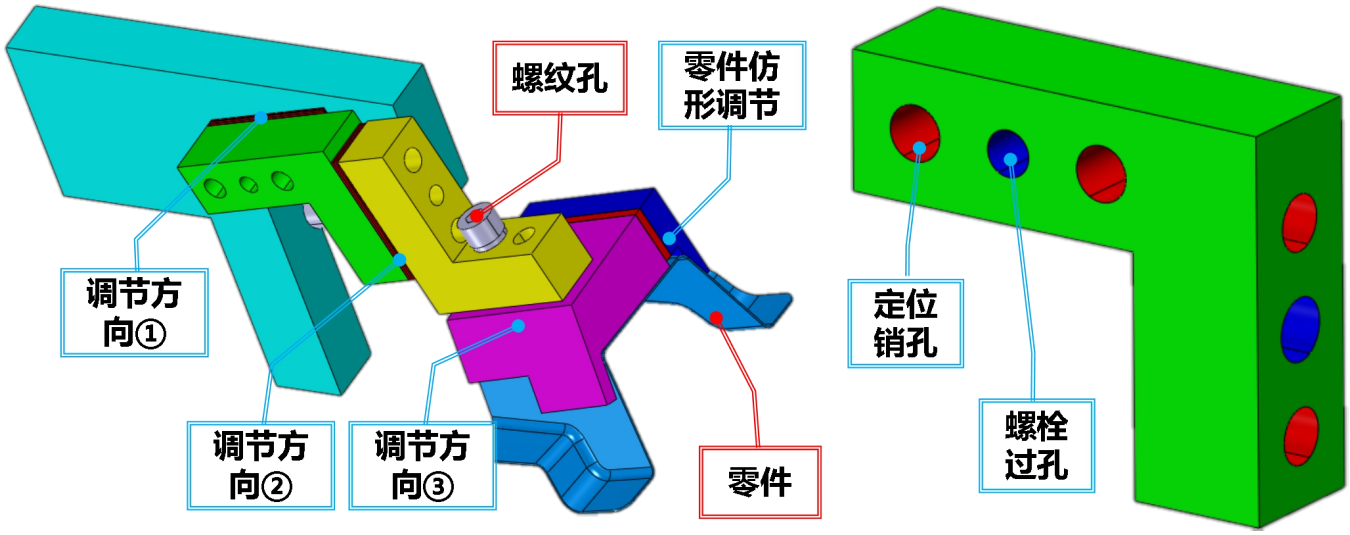


调节垫片样式

如上图所示，两个固定板（黄色）使用两颗定位销钉固定位置；支座（灰色）正面方向上的 4 个螺栓过孔均比螺纹孔要大一些，两侧面分别都有两个螺纹孔，对应固定板上的两个螺栓调节长孔。

固定板是完全固定的，而支座是可以活动的，因此两个固定板和支座两侧面中间可以通过增加或减少调节垫片来精准调节位置。其中，固定块还起到加强定位的作用。

（2）调节方式



如前图所示，零件的定位三个方向（X、Y、Z）均可调节，每个方向都是通过定位销确定位置方向，即只能朝着定位销轴线方向调节，是唯一的。X 向只能调节 X 向，Y 向只能调节 Y 向，Z 向只能调节 Z 向。通过每个方向组合垫片调节，最终得到合适的定位尺寸。这种调节方式是非常精准的，精度可以达到 0.05mm，而且不轻易偏位，因为定位销已经完全固定位置。（注：图示零件孔位只作为示意）

8.6 定位零件材料使用

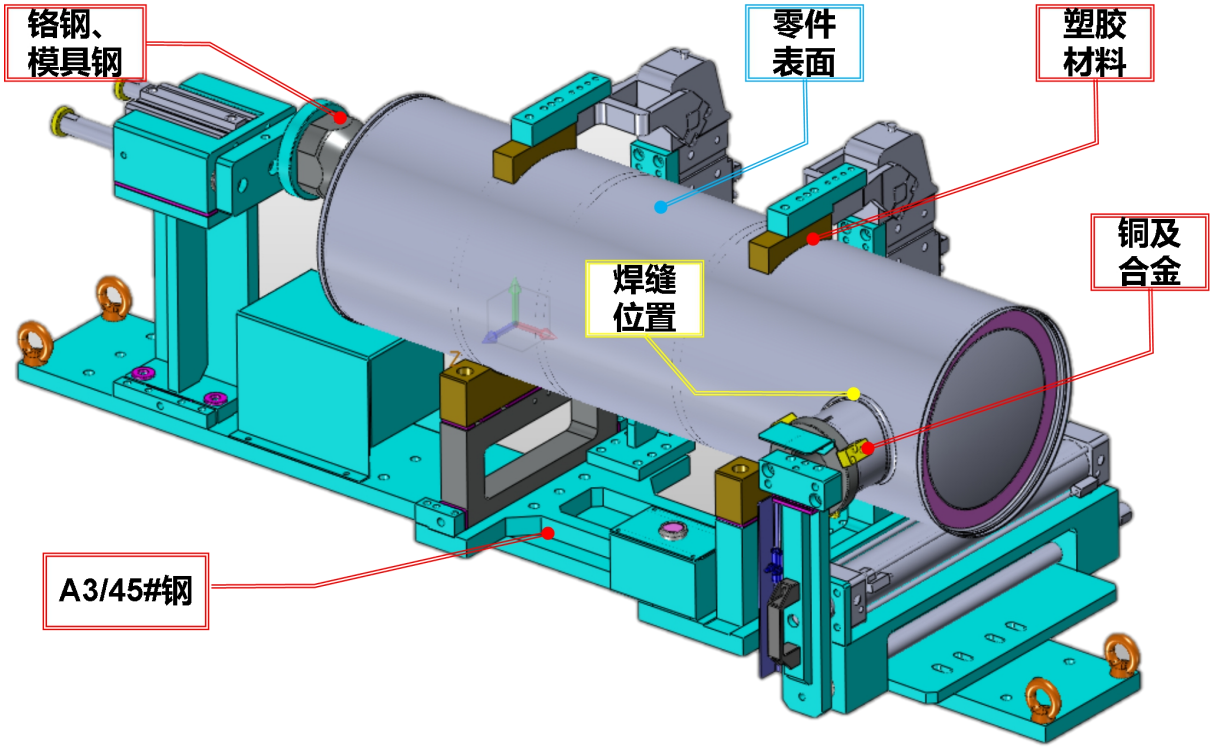
用电作热源的焊接方法，一般都要求焊接件本体作为焊接回路中的一个电极，就可能要求焊接装备具有导电或绝缘功能。而且焊接夹具不得用磁性材料制作，也不得带有剩磁，因为磁场会影响焊接电弧造成扰弧、偏弧等现像。（注：部分焊接场景可以使用小磁铁做吸附用，但磁力不能过大，且不能靠近焊缝）

靠近焊缝位置的定位，因为会有熔渣飞溅，会导致定位上附着有颗粒飞溅物，难以清除。久而久之，就会损坏工装定位或者影响到定位的一致性，有时还会刮伤零件表面等。因此，靠近焊缝附近的定位可以采用铜及铜合金、陶瓷等易于清理焊渣附着物的材料。

定位销类定位易于磨损的，应采用铬钢、白钢、磨具钢等耐磨且硬度足够的材料，以免当定位零件磨损过多时导致零件焊接偏位。

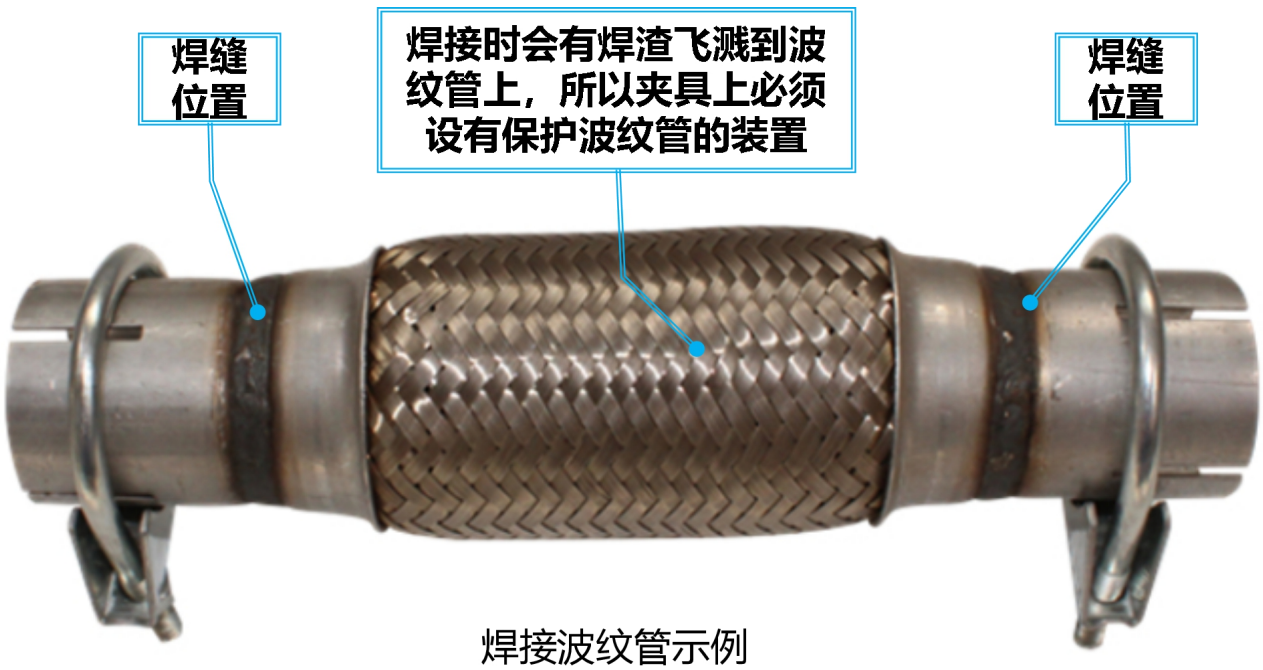
对零件表面有要求的可以使用工业塑胶材料，如电木板、PU 板、PA 板、PP 板等。

其他普通定位可采用较为普通的材料，如 A3、45#钢等。示例如下图所示。



8.7 零件表面保护

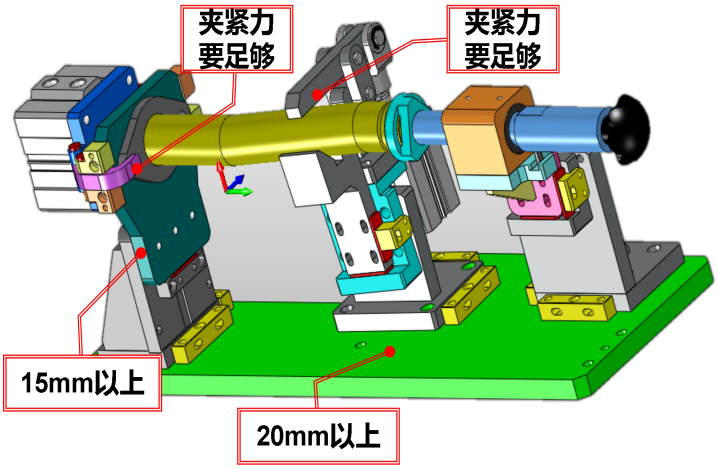
明弧焊接时，难免会产生烟尘、金属或熔渣的飞溅物，他们会损坏工装上外露的零件表面，需要有遮掩措施等。示例如右图。



焊接波纹管示例

8.8 装备设计安全可靠原则

安全可靠原则是指装备在使用期间绝对安全可靠，凡是受力构件都应具有足够的强度和刚度，足以承受焊件因重力和因限制焊接变形而引起的各方向的反作用力等。夹紧时机不破坏焊接件的既定位置，夹紧后既不让焊接件松动滑移，又不使焊件的拘束度过大，以免产生较大的拘束应力；夹紧机构应能自锁。

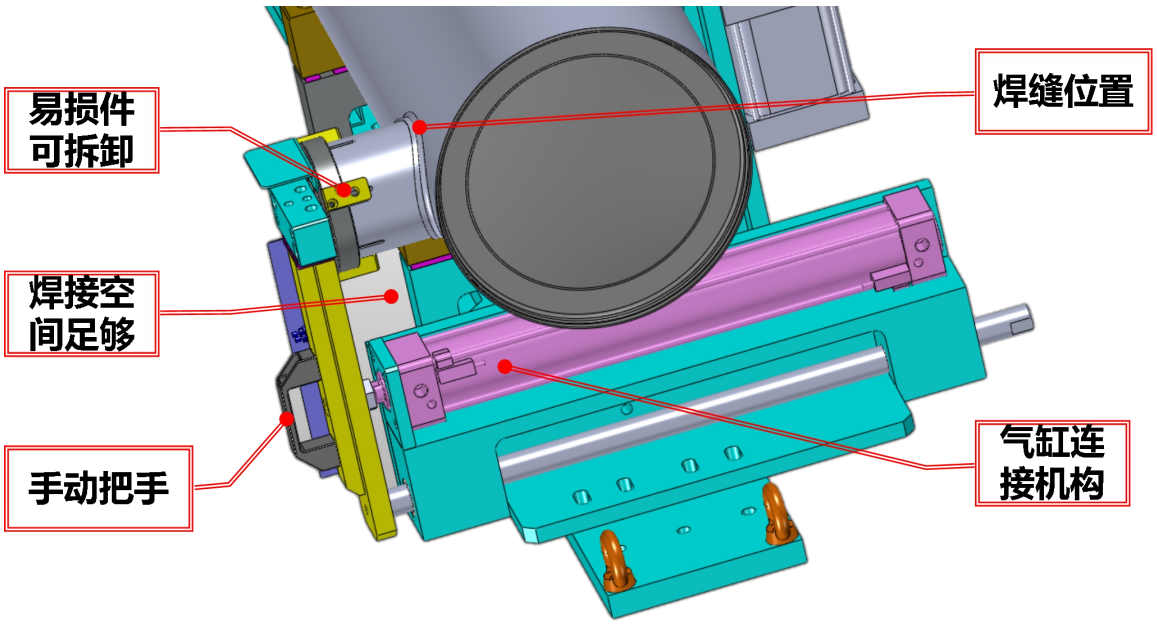


焊接工艺装备不同于一般非标设备需要轻量化设计，焊接工装所面临的环境都比较恶劣，如焊接应力、零件碰撞、焊枪焊钳碰撞、锤子敲击焊渣等。因此，必须保证其构件强度刚度足够。

一般来讲，焊接夹具定位件厚度需在 15mm 以上，常用的有 15mm、16mm、20mm 等；焊接夹具的底板厚度一般需要在 20mm 以上，若夹具体较大，则厚度可达 30mm 以上。（注：个别焊接位置可达性不足时可减少板厚）

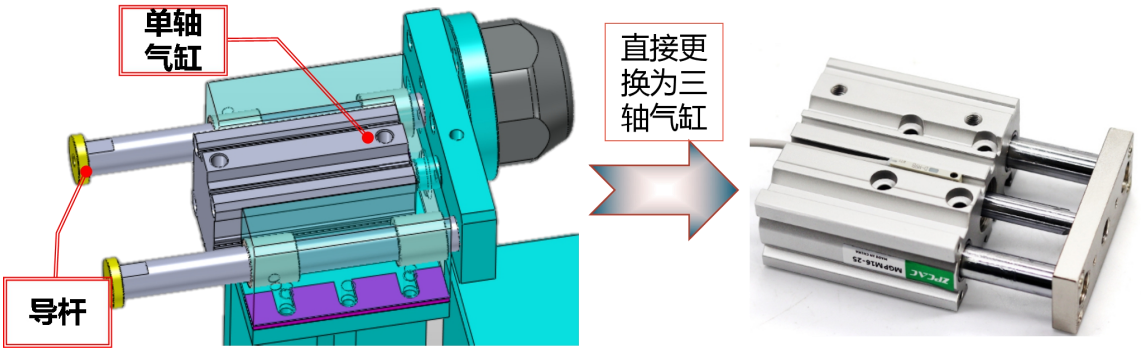
8.9 装备设计方便原则

装备必须便于操作与施工，能使装配和焊接过程简化，工人劳动强度达到最低，工件装上或者卸下方便；有提供焊枪、焊接机头等进出和摆动的空间，以及工人自由操作的位置，能使焊缝处于最方便焊接的位置，也便于中间进行焊缝质量检测；装备上各种机构操作要轻巧灵便；定位、夹紧和松开过程要省力而快速；对于易损零件部件便于维修或更换。示例如下图所示。



8.10 装备设计经济型原则

所设计的装备必须易于制造，投资少，制造成本低，回收期短。尽量选用通用化、标准化的零部件；在一个夹具上定位器件和夹紧机构的结构不宜过多，也不应过于复杂。使夹具和机械具有较好的制造工艺性能和较高的机械效率；装备在使用时能源消耗和管理费用较少。应该多熟悉一些零件的常用加工方式，比如车、铣、钻、线切割、电火花、真空热处理、电镀、激光割、火焰割等，了解哪些加工方式在要求范围内最为经济实惠。同时，也要知道设计的复杂零件能否简化为几个简单零件组合而成，以减少加工难度及费用。



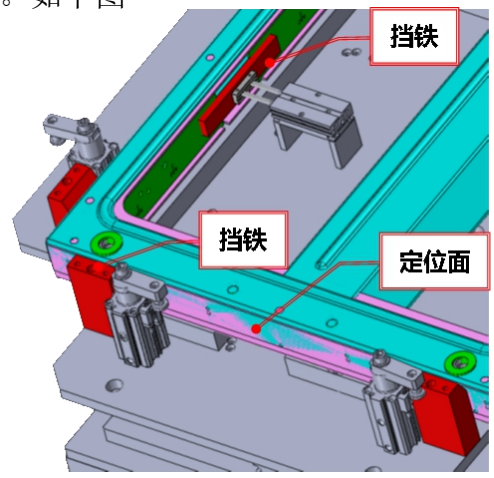
上图为示例，原本机构为一个单轴气缸加上两根导向杆及导向轴套组成一个活动机构，可直接更换为一个三轴气缸，如此不仅减少零件加工费用，还简化了机构的复杂度。

8.11 装配--焊接夹具定位设计

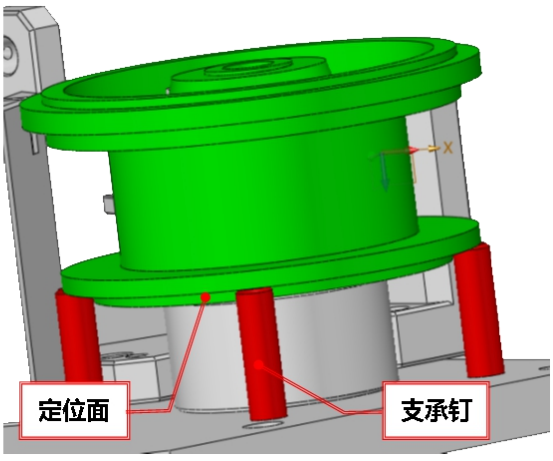
在进行焊接夹具设计时，选用或者设计的定位元件，要考虑到是否与工件的定位基准状况相适应。工件形状是多样的，但他们的基本结构不外乎是由平面、圆柱面、圆锥面以及各种成型面组成。这些面都可以选为定位基准。因此，可以按照不同形状的定位基准去选择或设计相应的定位元件。

（1）平面定位元件

一般以平面做为定位基准时，常使用的定位元件是挡铁和支承钉，按实际需要可以设计成自己所需样式。如下图



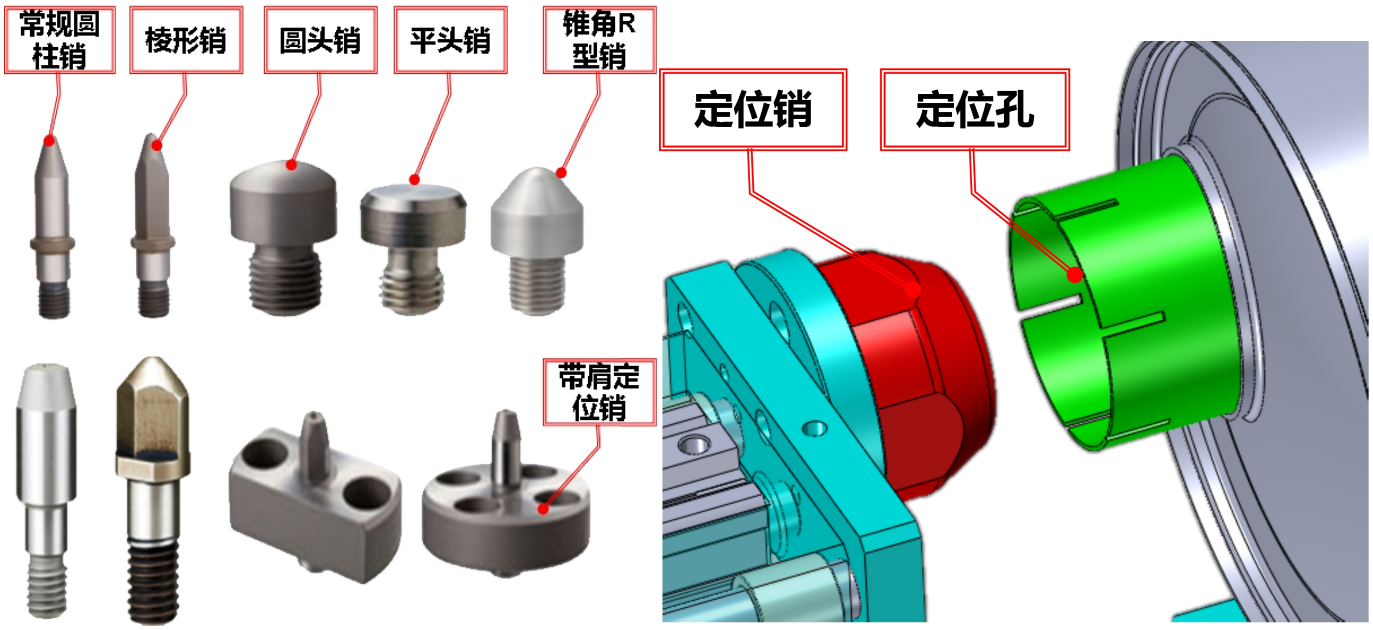
挡铁定位示例



支承钉定位示例

（1）圆孔表面定位元件

焊接件以机械加工过的圆孔内表面做定位基准时，多采用定位销做定位元件。如下图所示。



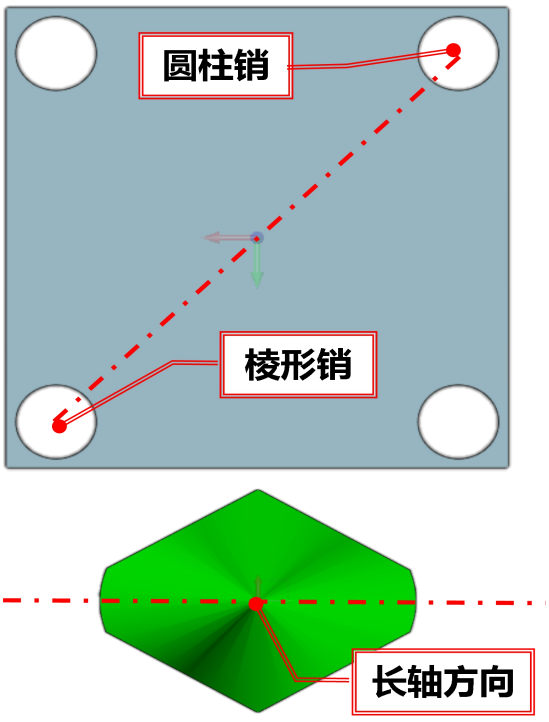
当一个零件需要多个定位销定位时，只能将其中两个作为固定式，其余作为活动伸缩式；当零件需要两个或两个以上定位销定位时，只将其中一个作为主定位，其余作为副定位，主定位做成圆柱样式，副定位做成棱形样式，且菱形长对角边应垂直于两销连线。

一般零件定位，看零件图纸，看零件边是基准还是零件孔是基准，若没有说明，则优先用零件孔定位。

如右图所示，假设图中零件需要定位，其孔位有 4 个，则可选取其中两个孔作为基准孔。

类似图中 4 个孔位都是两两对称的零件，一般取其两个对角孔作为基准。其中一个使用圆柱销，另一个使用棱形销。两销的轴与两孔（定位孔）是紧密的间隙配合（一般只有 0.2mm 间隙）；定位孔中心距存在公差（误差），如果两销都是圆柱销，则夹具上的两销就不能与工件的两孔“准确”配合，零件就难装或者装不进去。

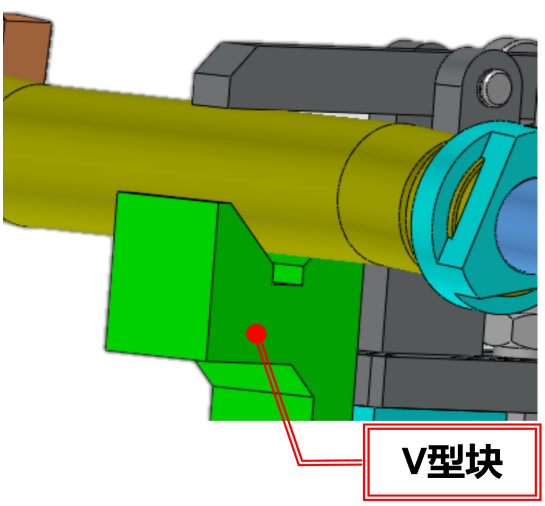
当其中一个做成菱形销后，定位孔中心距误差就不能干涉两销与两孔的配合了。从定位、限制自由度来分析，两个圆柱销是过定位的。菱形销的长轴，与两销孔连心线，必须是垂直的，否则就失去菱形销的作用。

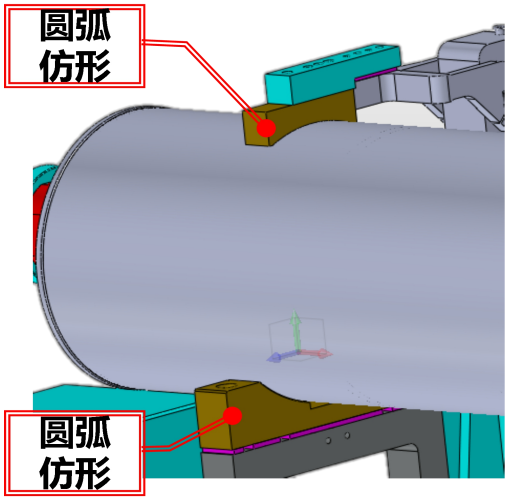


定位销使用示例

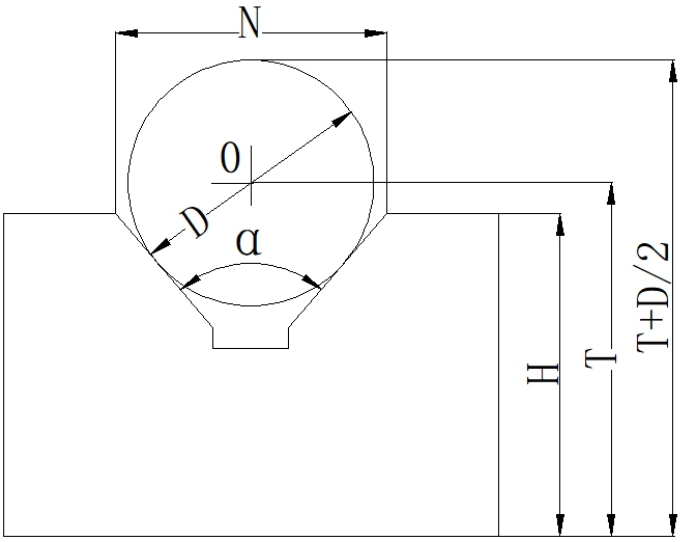
（3）外圆表面定位元件

圆柱形焊接件以其外圆柱面定位时，最常用的定位元件是 V 型块，有时也用圆套或半圆套定位件，如下图所示。





V 型块对中性好，能使工件的定位基准轴线在 V 型两斜面的对称面上，而不受定位基准直径误差的影响，并且安装方便，粗精基准均可使用。V 型块上面两斜面的夹角α一般选用 60°、90°和 120°三种。最常用的是 90 度，其结构和尺寸有国家标准，设计时需根据工件定位要求加以计算。计算公式参考下表。



两斜面夹角	α	60°	90°	120°
标准定位高度	T	T=H+D−0.866 N	T=H+0.707D−0.5N	T=H+0.577D−0.289N
开口尺寸	N	N=1.15D−1.15 a	N=1.41D−2a	N=2D−3.46a
参数	a	a=（0.14～0.16）D		

注： H～V 型块的高度（mm），用于大直径时，取 H≤0.5D，用于小直径时，取 H≤1.2D。

8.12 定位元件注意事项

（1）定位元件的工作表面常与工件接触，应该耐磨，以保持定位精度。通常硬度在 40～65HRC 之间，可通过选择材料及热处理方法获得，一般普通定位件都采用经过热处理的 45#钢。还需注意的是当定位件磨损或损坏后应易于更换。

（2）定位元件一般不应做受力构件，以免损伤精度。但在焊接过程中与夹紧元件配合工作时，就会受到夹紧力；控制焊接变形时，会引起拘束力；焊接件翻转或回转时，会受到重力和惯性力等。因此，凡是受力的定位元件一般要进行强度和刚度计算。

（3）定位元件一定要有好的加工性能，其结构要简单，易于加工和安装。

（4）定位元件上的限位基准应该有足够的精度。为此，必须保证加工误差和加工精度。定位元件之间的配合精度可参考零件的极限偏差与配合相关资料，比如说孔轴配合、公差带等。（为了严谨，建议出图时根据公差带要求标注）

8.13 焊件在夹具中的夹紧

在夹具上被定好位置的工件，必须进行夹紧，否则无法维持它的既定位置，要始终使工件的定位基准与定位元件紧密接触。

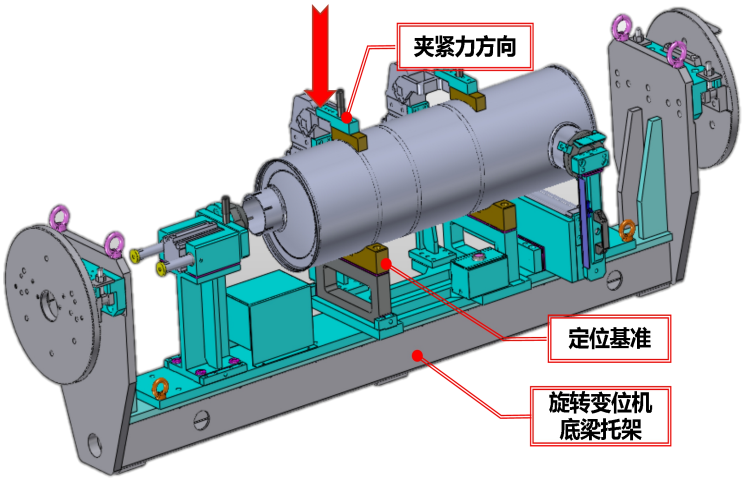
为此，夹紧所需的力应能客服操作过程中产生的各种力，如工件的重力、惯性力、因控制焊接变形而产生的拘束力等。

如何确定夹紧力，是夹具设计中的一个重要内容。通常是从以下三要素下手：

要素一，先确定力的作用方向；要素二，再选择力的作用点，然后计算所需夹紧力的大小；要素三，最后选择或设计能实现该夹紧力的夹紧装置。

（1）确定夹紧力的作用方向

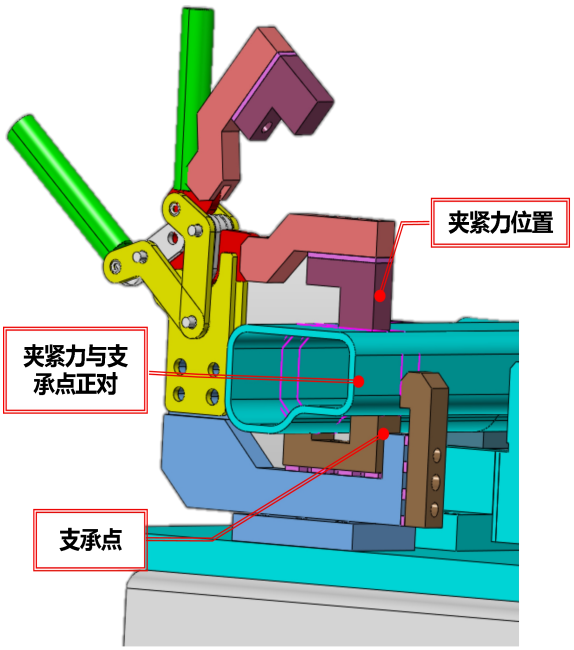
夹紧力应指向定位基准。特别是指向主要定位基准面，因该面的面积较大限制自由度最多，定位稳定牢靠，还可以减少工件的夹紧变形。



夹紧力的指向应有利于减小夹紧力。因为夹紧力的大小是根据夹紧力的静平衡条件来确定的，焊接时，夹具经常遇到工件重力、控制焊接变形所需的力、工件转动或移动引起的惯性力和离心力等。通常夹紧力的方向要与这些力的方向一致，便能减小夹紧力，否则夹紧力要增大。示例如上图。

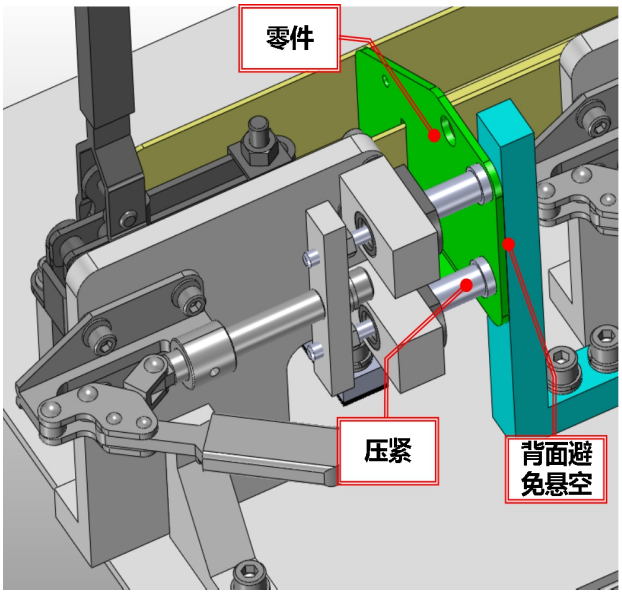
（2）选择力的作用点

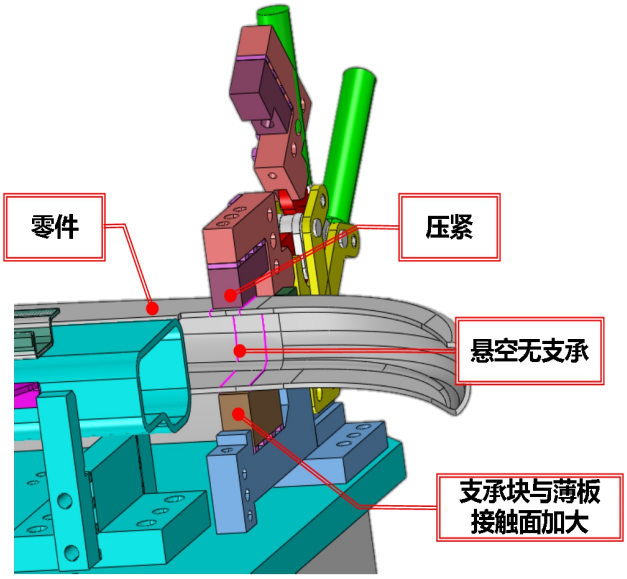
夹紧力作用在工件上的位置，视工件的刚性大小和定位支承的情况而定。当定位元件是以点与工件接触定位时，要注意以下几点：



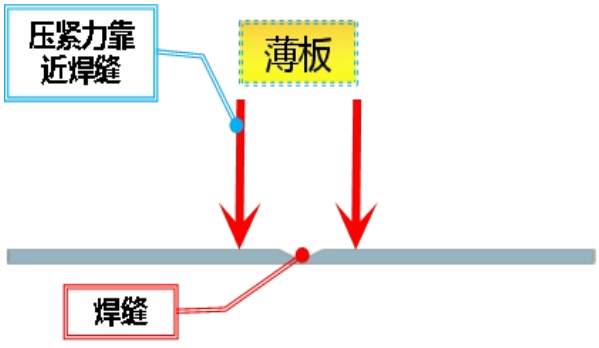
①作用点应正对定位元件的支承点或在它的附近，以保持工件的稳定，不至于引起工件位移、偏转或发生局部变形。示例如右图所示。

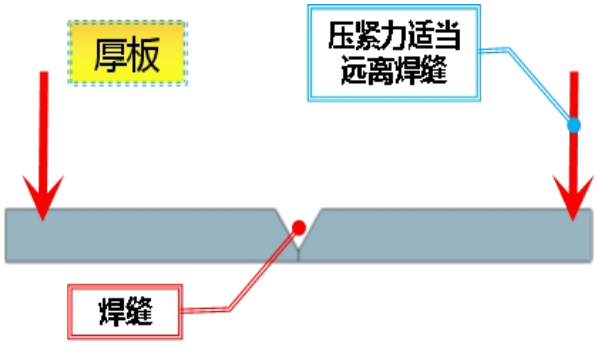
②夹紧力作用点应落在工件刚性较好的部位，以减小夹紧变形。被夹紧工件的背面应避免悬空，最好背面有腹板、隔板或加强肋等支承着。遇到背面没有支承的薄壁件，应减小压强，即夹紧元件与该薄板的接触面积应适当加大。示例如下图所示。





③用于控制平板对接角变形时，对于薄板（≤2mm）的夹紧力作用点应靠近焊缝，且延焊缝长度方向多点均布，板越薄点距应越密。对于厚板，则因其刚性大，力作用点可适当远离焊缝，以减小夹紧力。如后图所示。



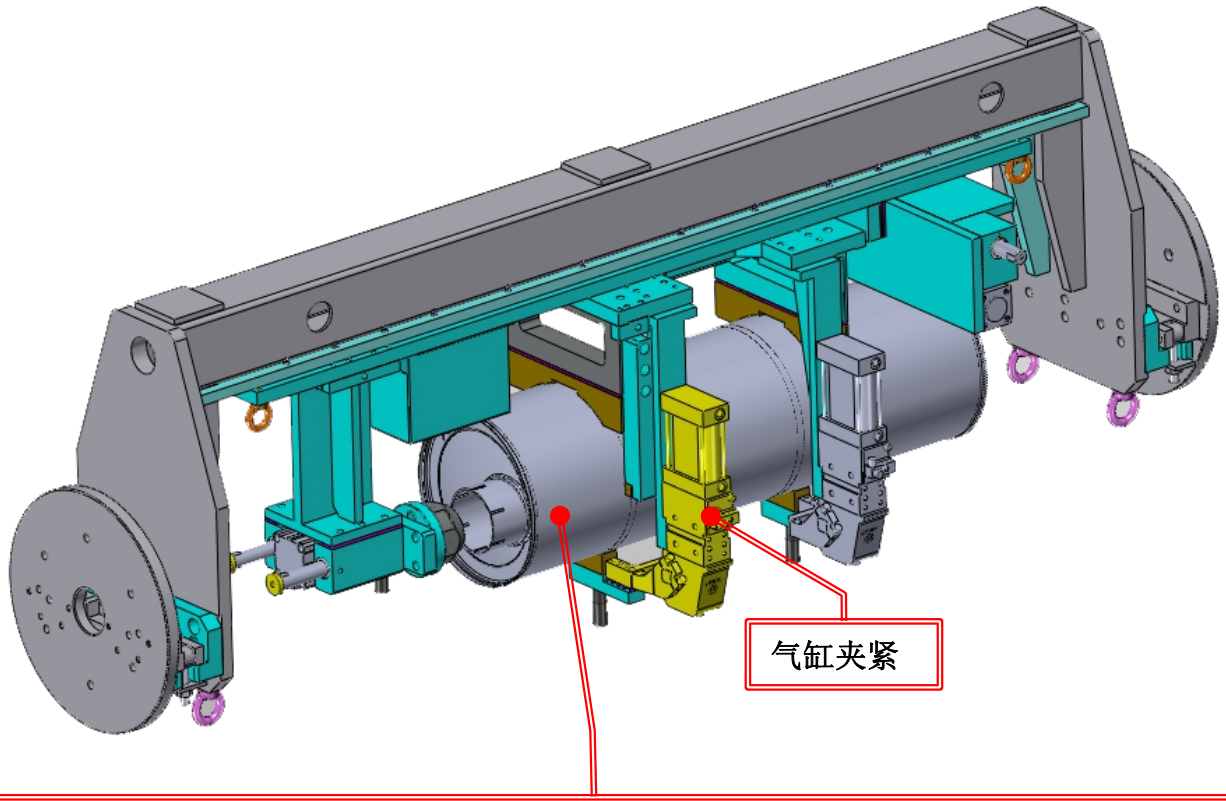


8.14 夹紧力大小估算

专供装配用的夹具，因只装不焊，其理论的夹紧力比较容易计算，仅考虑重力、支承反作用力和摩擦力等。

计算夹紧力的大小时，常把夹具和工件看成是一个刚性系统，根据工件在装配或焊接过程中产生最为不利的瞬时受力状态，按静力平衡原理计算出理论夹紧力，最后保证夹紧安全可靠，再乘以一个安全系数作为实际所需夹紧力的数值，即 FK=K*F （ FK 指实际所需的夹紧力；F 指在一定条件下由静力平衡计算出的理论夹紧力；K 指安全系数，一般取 1.5~3，夹紧条件比较好时取低值，否则取高值例如手工夹紧、操作不方便、工作表面毛糙等，应取高值）

专供焊接用的夹具或装配与焊接合用的夹具，除了需要考虑重力、支承反作用力、和摩擦力外，还需要开了因控制变形而引起的拘束力，而这个拘束力不仅与拘束方向及拘束程度有关，又与焊接工艺有关，很难精确计算。通常是按生产经验进行估算，但必要时，需要通过试验确定。



此零件（筒体）在定位方向上无焊缝，定位属于装配定位。因此，零件在变位机旋转到反向倒置位置时，夹紧力最大；当旋转静止时，为静力平衡状态，此时的力需要乘以一个安全系数。图示机构为气缸夹紧机构，安全系数取低值，若换成快速夹机构，则取高值。

示例说明

附录 A：部分焊机品牌型号

厂商	焊接电源（型号）	焊接方法						输出			输入		适用板厚范围（mm）	适用焊丝直径（mm）		冷却方式	标配焊枪接口形式
		CO2 MAG	MAG 脉冲	MIG		脉冲 MIG		电流（A）	负载率（%）	外特性	电压（V）	相数		实心	药芯		
				不锈钢	铝	不锈钢	铝										
麦格米特	Artsen CM500	●						500	100%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen CM400	●						400	100%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～16	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen CM350 II	●						350	100%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PM500F II	●	●					500	60%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PM400F II	●	●					400	100%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～16	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷 水冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PM500N II	●	●			●		500	60%	CV 恒压 脉冲 CC 恒流	380	3	1.2～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PM400N II	●	●			●		400	100%	CV 恒压 脉冲 CC 恒流	380	3	1.2～16	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷 水冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PM500 AS/DII	●	●			●	●	500	60%	CV 恒压 脉冲 CC 恒流	380	3	1.2～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PM400 AS/DII	●	●			●	●	400	100%	CV 恒压 脉冲 CC 恒流	380	3	1.2～16	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷 水冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PLUS 500P	●	●	●		●		500	60%	CV 恒压	380	3	1.2～25	0.8 0.9 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式 欧式

厂商	焊接电源（型号）	焊接方法						输出			输入		适用板厚范围（mm）	适用焊丝直径（mm）		冷却方式	标配焊枪接口形式
		CO2 MAG	MAG 脉冲	MIG		脉冲 MIG		电流（A）	负载率(%)	外特性	电压（V）	相数		实心	药芯		
				不锈钢	铝	不锈钢	铝										
麦格米特	Artsen PLUS 500Q	●	●	●		●	●	500	60%	CV 恒压	380	3	1.2～25	0.8 0.9 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PLUS 400P	●		●				400	100%	CV 恒压	380	3	1.2～16	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PLUS 400Q	●	●	●		●	●	400	100%	CV 恒压	380	3	1.2～16	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PLUS 350P	●	●	●		●		350	60%	CV 恒压	380	3	1.2～16	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Artsen PLUS 350Q	●	●	●		●	●	350	60%	CV 恒压	380	3	1.2～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Dex DM 3000	●		●				280	60%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～12	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Dex DM 3000S	●		●				280	60%	CV 恒压 CC 恒流	380	3	1.2～12	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Dex PM 3000	●	●	●	●	●	●	280	60%	CV 恒压 脉冲 CC 恒流	380	3	1.2～12	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
麦格米特	Dex PM 3000S	●	●	●	●	●		280	60%	CV 恒压 脉冲 CC 恒流	380	3	1.2～12	0.8 0.9 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式

厂商	焊接电源（型号）	焊接方法						输出			输入		适用板厚范围（mm）	适用焊丝直径（mm）		冷却方式	标配焊枪接口形式
		CO2 MAG	MAG 脉冲	MIG		脉冲 MIG		电流（A）	负载率(%)	外特性	电压（V）	相数		实心	药芯		
				不锈钢	铝	不锈钢	铝										
奥太	MAG-350RL	●						350	60%	CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	～	风冷	日式 欧式
奥太	MAG-350RPL	●	●	●		●		350	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	～	风冷	日式 欧式
奥太	NBC-350R	●						350	60%	CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
奥太	NB-500R	●						500	100%	CV 恒压	380	3	1.2～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式 欧式
奥太	Pulse MIG-350RP	●	●	●	●	●	●	350	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
奥太	Pulse MIG-500RP	●	●	●	●	●	●	500	100%	CV 恒压 脉冲	380	3	1.0～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
必高	Pulse MIG-350ⅡR	●	●			●	●	350	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
必高	Pulse MIG-500ⅡR	●	●			●	●	500	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	1.0～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
必高	Pulse MIG-350IXR	●	●			●		350	100%	CV 恒压 脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
必高	Pulse MIG-500IXR	●	●			●		500	100%	CV 恒压 脉冲	380	3	1.0～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式

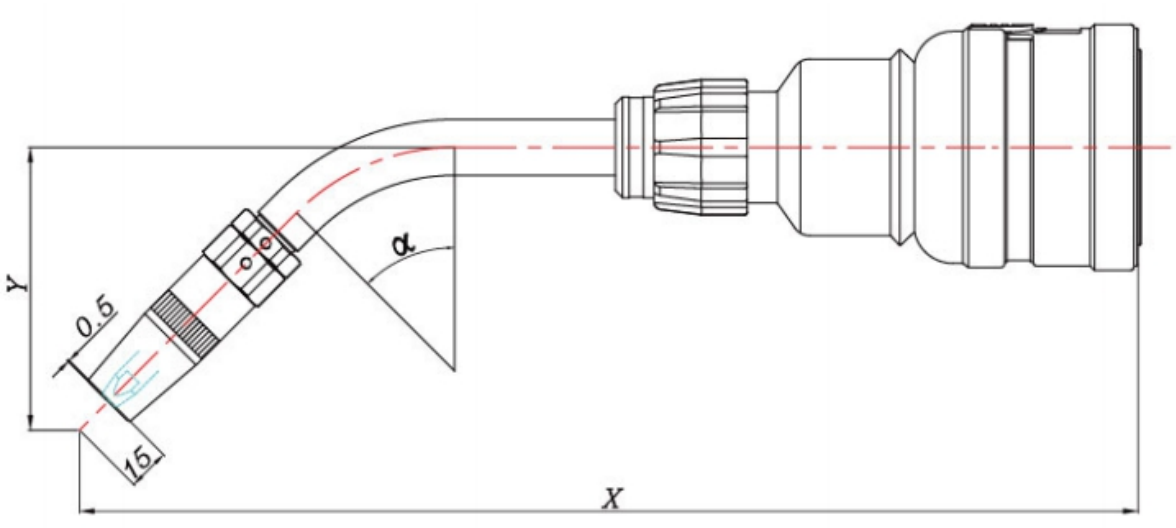
厂商	焊接电源（型号）	焊接方法						输出			输入		适用板厚范围（mm）	适用焊丝直径（mm）		冷却方式	标配焊枪接口形式
		CO2 MAG	MAG 脉冲	MIG		脉冲 MIG		电流（A）	负载率(%)	外特性	电压（V）	相数		实心	药芯		
				不锈钢	铝	不锈钢	铝										
必高	NBC-350MR	●						350	100%	CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
必高	NBC-500MR	●						500	100%	CV 恒压	380	3	1.0～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式 欧式
必高	NBC-630MR	●						630	100%	CV 恒压	380	3	1.0～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
松下	350GR5	●		●				350	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式
松下	500GR5	●		●				500	100%	CV 恒压	380	3	1.2～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式
松下	350GL5	●	●	●		●		350	60%	CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式
松下	500GL5	●	●	●		●		500	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	1.2～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式
松下	500GL5HV	●	●	●		●		500	100%	CV 恒压 脉冲	380	3	1.2～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式
松下	350GP5	● 选配	● 选配	● 选配	● 选配	● 选配	● 选配	350	60%	CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷 水冷	日式
松下	500GP5	● 选配	● 选配	● 选配	● 选配	● 选配	● 选配	500	60%	CV 恒压 脉冲	380	3	1.2～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式
美佳尼克	ET-350R	●						300	35%	CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式

厂商	焊接电源（型号）	焊接方法						输出			输入		适用板厚范围（mm）	适用焊丝直径（mm）		冷却方式	标配焊枪接口形式
		CO2 MAG	MAG 脉冲	MIG		脉冲 MIG		电流（A）	负载率（%）	外特性	电压（V）	相数		实心	药芯		
				不锈钢	铝	不锈钢	铝										
美佳尼克	MIG-350R	●	●	●		●		350	35%	CV 恒压脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式 欧式
威尔泰克	PP403R	●	●	●		●		400	100%	CV 恒压脉冲	380	3	1.0～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
威尔泰克	PP503R	●	●	●		●		500	60%	CV 恒压脉冲	380	3	1.0～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
威尔泰克	DP-350	●	●	●		●	●	350	100%	CV 恒压脉冲	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
威尔泰克	DP-500	●	●	●		●	●	500	100%	CV 恒压脉冲	380	3	1.2～25	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式 欧式
威尔泰克	DP-630	●	●	●		●	●	630	100%	CV 恒压脉冲	380	3	1.5～30	0.8 1.0 1.2 1.6	1.2	风冷 水冷	日式 欧式
威尔泰克	NB-350	●								CV 恒压	380	3	0.8～12	0.8 1.0 1.2	1.2	风冷	日式
威尔泰克	NB-500	●								CV 恒压	380	3	1.2～25	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷	日式
威尔泰克	NB-630	●								CV 恒压	380	3	1.2～30	1.0 1.2 1.6	1.2 1.6	风冷 水冷	日式

焊机厂商联系方式：

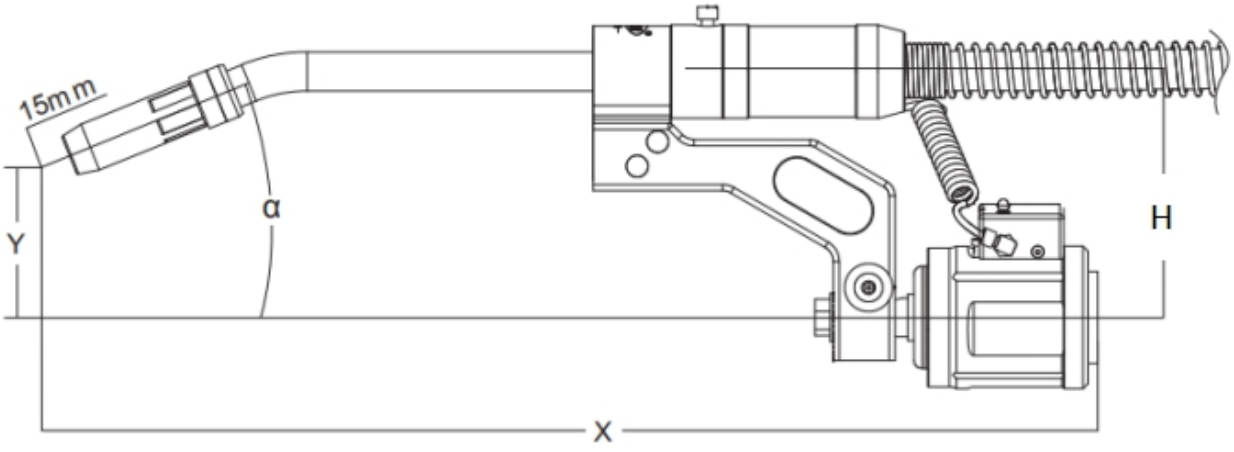
必高重工---关健生～13509962212 官网 0757-23604334
美佳尼克---陈良火～13817568351 官网 021-63510333
麦格米特---陈先生～15999674408 官网 +86-755-8660050
威尔泰克---宋军民～13709695832 官网 +86-760-89829788
松下焊机---林楚星～13723460502 官网 0755-89205075
奥太焊机---刘　一～15065316962　官网 400-0531-772

附录 B　部分焊枪品牌型号

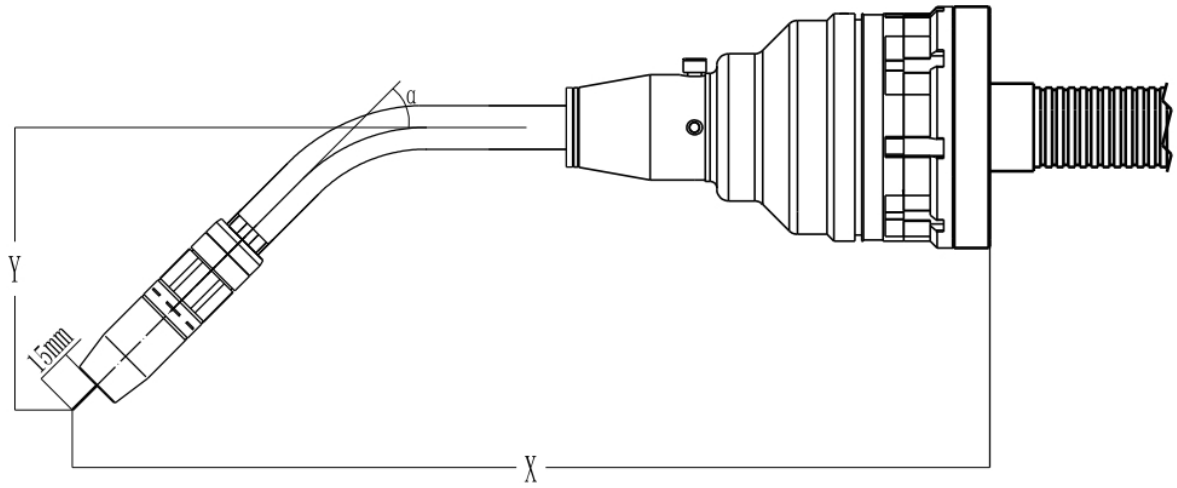


品牌	型号	装置方式	轴向长度（X）mm	径向长度（Y）mm	枪颈弯度（α）	枪颈弯曲半径（R）mm
日皓	ARH01350	内置	424.8	81.7	31°	60
日皓	ARH01350L	内置	498.3	124.8	35°	127
日皓	ARH01500	内置	437.2	89.2	31°	60
日皓	ARH01500L	内置	510.2	133.1	35°	127
日皓	ARH02350	内置	323.7	81.7	31°	60
日皓	ARH02350L	内置	397.2	124.8	35°	127
日皓	ARH02500	内置	336.1	89.2	31°	60
日皓	ARH02500L	内置	409.1	133.1	35°	127
日皓	ARH03350	内置	374	81.7	31°	60
日皓	ARH03350L	内置	447.5	124.8	35°	127
日皓	ARH03500	内置	386.4	89.2	31°	60
日皓	ARH03500L	内置	459.4	124.8	35°	127
日皓	ARH06350	内置	393	80.2	31°	～
日皓	ARH06500	内置	405.5	87.7	31°	～
日皓	ARS06350	外置	429.5	145.6	31°	～
日皓	ARS06500	外置	440.4	145.6	31°	～

昆山日皓焊枪供应商联系方式：　销售---肖红梅---18012690713



品牌	枪颈编号	支枪架编号	装置方式	轴向长度（X）mm	径向长度（H）mm	枪颈弯度（α）	TCP 距离（Y）mm
特尔玛	TRM501-22	TRM216-045-105	外置	455	120	22°	74
特尔玛	TRM501-22L		外置	512	120	22°	74
特尔玛	TRM501-45		外置	408	120	45°	20
特尔玛	TRM501-45L		外置	455	120	45°	0
特尔玛	TRM501-45L1		外置	510	120	45°	0
特尔玛	TRM501-45L2		外置	560	120	45°	0
特尔玛	TRM501-180		外置	443	120	180°	120
特尔玛	TRM501-22	TRM211-022	外置	455	142	22°	0
特尔玛	TRM501-22L	TRM211-022L	外置	512	164	22°	0
特尔玛	TRM501-45	TRM211-045	外置	408	100	45°	0
特尔玛	TRM501-45L	TRM211-045L	外置	455	120	45°	0
特尔玛	TRM501-45L1		外置	510	120	45°	0
特尔玛	TRM501-45L2		外置	450	120	45°	0
特尔玛	TRM501-180	TRM211-180	外置	443	169	180°	0



品牌	枪颈编号	装置方式	轴向长度（X）mm	枪颈弯度（α）	TCP 距离（Y）mm
特尔玛	TRM501-22	内置	389	22°	47
特尔玛	TRM501-22L	内置	446	22°	47
特尔玛	TRM501-45	内置	342	45°	100
特尔玛	TRM501-45L	内置	389	45°	120
特尔玛	TRM501-45L1	内置	444	45°	120
特尔玛	TRM501-45L2	内置	504	45°	120
特尔玛	TRM501-60	内置	340	60°	134
特尔玛	TRM501-180	内置	377	180°	0

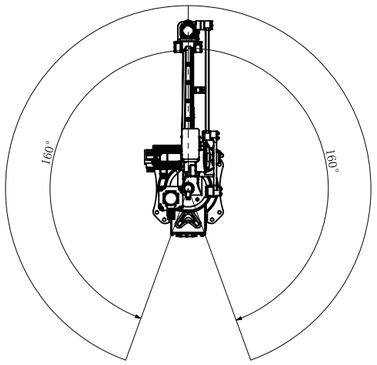
常州特尔玛焊枪供应商联系方式： 销售---刘春方---13685281733

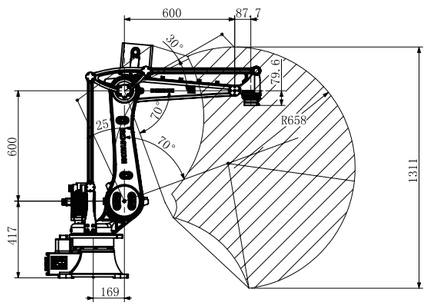
参考文献

[1] 陈祝年、陈茂爱.焊接工程师手册[M].机械工业出版社:北京,2018:1-1347.

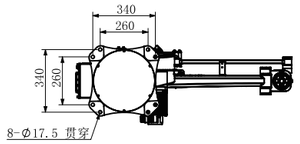
以上资料，部分资源来自互联网及公开渠道，如有侵权请及时联系我们，联系方式见封页。

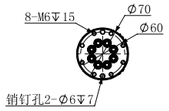
伯朗特机器人机型图录





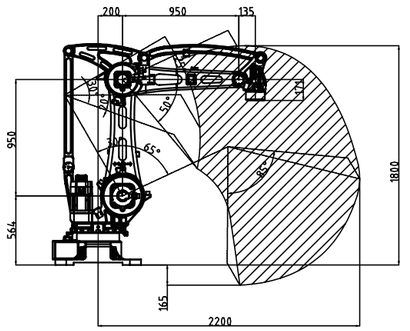
裁边钻孔 12.5 6.3

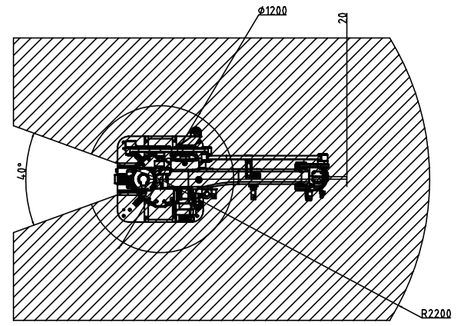


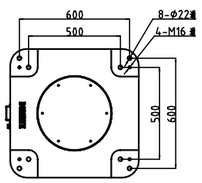


BRTIRPZ1508	技术参数	
最大运动半径	1500MM	
运动范围	J1:-160° ～+160°	J2: -70° ～+25°
	J3:-70° ～+30°	J4: -360° ～+360°
	R34:60° ～180°	
最大速度	J1:220° /S	J2: 220° /S
	J3:270° /S	J4: 410° /S
安装环境	温度：0～40°	湿度：20～80%RH(无结露)
重复定位精度	±0.05MM	
最大负载	8KG	
整机重量	约：135KG	
防护等级	IP54	

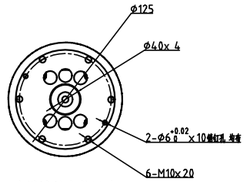
图名	四轴机器人	图号	BRTIRPZ1508A	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记
材质		处理		比例 1:20	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5	
BORUNTE 广东伯朗特智能装备股份有限公司 TEL:0769-81066795 FAX:0769-81066785				质量：	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8	
				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计







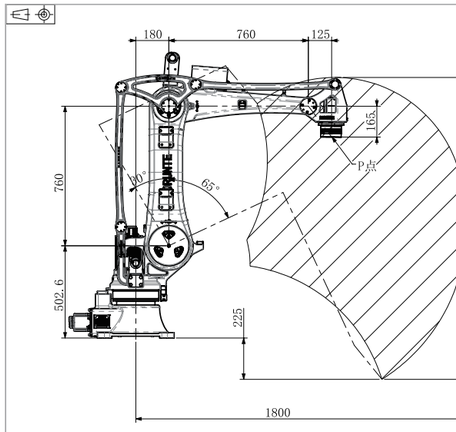
底座安装孔尺寸

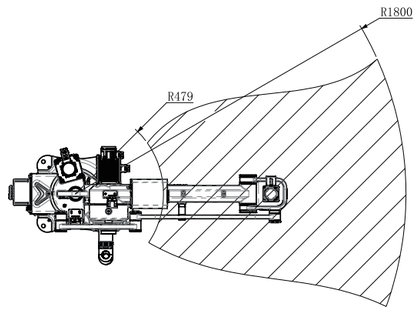


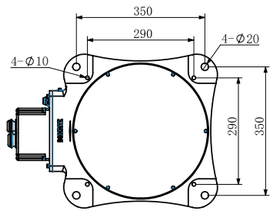
末端法兰安装尺寸

技术参数：
最大运动半径： 2200mm
重复精度： ±0.1mm
最大负载： 50KG
本体净重：约560KG
动作范围：J1:±160° J2:+30°~-65° J3:+2 5°~-50° J4:±360°
R34:65°~160°
减速比： J1: 142:1 J2: 171:1 J3:111:1 J4: 121:1
最大速度：J1: 105°/S J2: 88°/S J3: 135°/S J4: 223°/S
安装环境：温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
防护等级： IP54

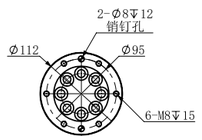
图名	50KG码垛型录	图号	BRTIRPZ2250A	张数	一般加工公差		P点运动轨迹		检验标记
材质		处理		比例	0-30	±0.5			
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司				版本	30-120	±0.8			
				单位	承认	核准	审查	绘图	设计







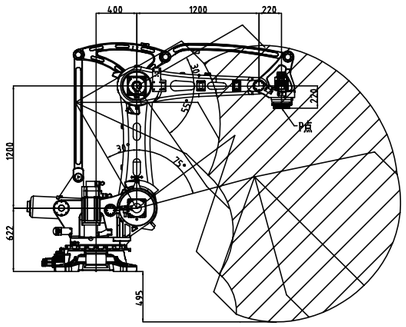
底座安装尺寸

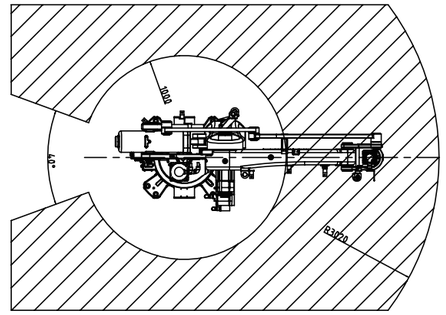


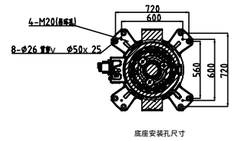
末端法兰孔

技术参数：
最大活动半径 1800mm
重复精度 0.08mm
最大负载 25kg
本体净重 约256kg
动作范围 J1:±160° J1:-70°~+30° J3:-65°~+25°
J4:±360° R34:67°~175°
减 速 比 J1: 85.75:1 J2: 111:1 J3: 81:1 J4: 80:1
最大速度 J1:175°/S J2:135°/S J1:185°/S J1:300°/S
安装环境 温度0～40℃ 湿度20～80RH%（无结露）
防护等级 IP54

图名	四轴机器人	图号	BRTIRPZ1825A	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记
材质		处理		比例 1:20	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5	
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-89208288				版本	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8	
				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计







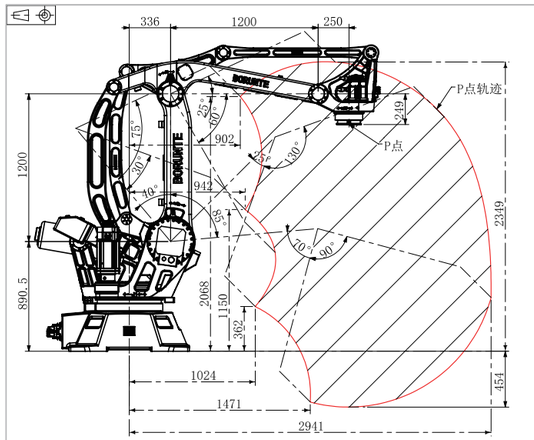
底座安装孔尺寸

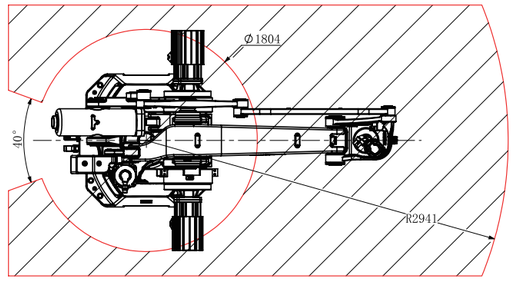


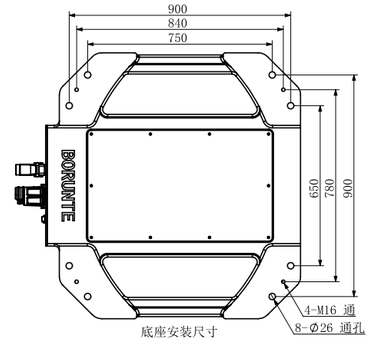
末端法兰安装尺寸

BRTIRPZ3013A 技术参数：
最大运动半径： P值 3020mm
动作范围：J1:+160°~-160°
J2:+30°~-75° J3:+30°~-55°
J4:-180°~+180°
减速比：J1: 210:1 J2: 171:1
J3:171:1 J4: 80:1
最大速度：J1: 57°/S J2: 53°/S
J3: 53°/S J4: 150°/S
安装环境：温度0°~40° 湿度
20-80%RH(无结露)
重复精度：±0.15mm
最大负载：130KG
本体净重：约1200KG
防护等级：IP54

图名	130KG码垛型录	图号	BRTIRPZ3013A	张数	一般加工公差		P点运动轨迹		检验标记
材质		处理		比例	0-30	±0.5			
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司				版本	30-120	±0.8			
				单位	承认	核准	审查	绘图	设计



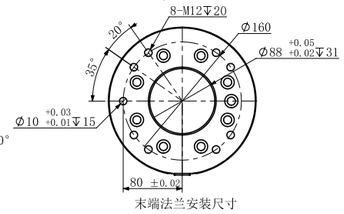




底座安装尺寸

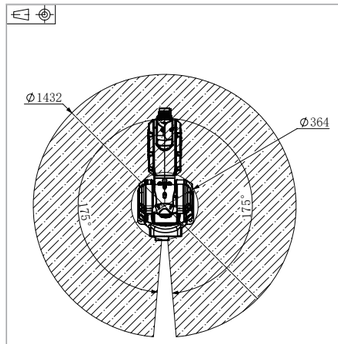
技术参数：

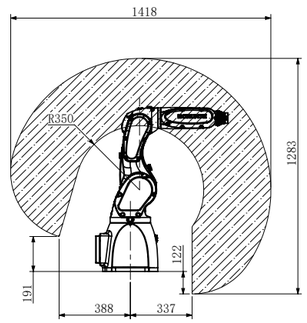
最大运动半径 ：2950mm
重复精度：±0.2mm
最大负载：300KG
本体净重：约2550KG
动作范围：J1:±160° J2:-85°~+40°
J3:-60°~+25° J4:±360° R34:75°~160°
减速比： J1: 169.73:1 J2:192.4:1
J3: 192.4:1 J4:110.35:1
最大速度：J1: 53°/S J2: 63°/S
J3: 63°/S J4: 150°/S
安装环境：温度0°~40°
湿度20-80%RH(无结露)
防护等级：IP54

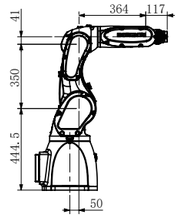


末端法兰安装尺寸

图名	300KG四轴机器人型录	图号	BRTIRPZ3030B	张数 1/1	一般加工公差	120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:30	0 - 30 ±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本 V0	30 - 120 ±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-81066795 FAX:0769-81066785				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计







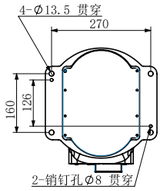
其余 6.3

BRTIRUS0707A技术参数：

最大运动半径700mm

动作范围 J1:±175° J2:-125° 至85°
J3：-60° 至175° J4:±180°
J5:±120° J6：±360°
最大速度 J1:243.24°/s J2: 270°/s J3:337.5°/s
J4:308°/s J5：270°/s J6：342°/s

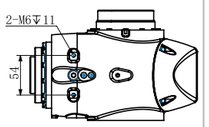
减速比 J1:100 J2:100 J3:80 J4:52.5 J5:100 J6:50
安装环境 温度：0-40℃ 湿度：20-80RH(无结露)
重复定位精度：±0.03mm
最大负载：7KG
整机重量：50KG
防护等级：IP67



底座安装尺寸

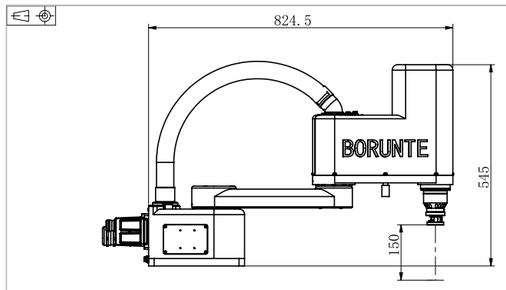


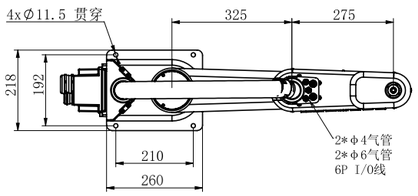
末端法兰安装尺寸

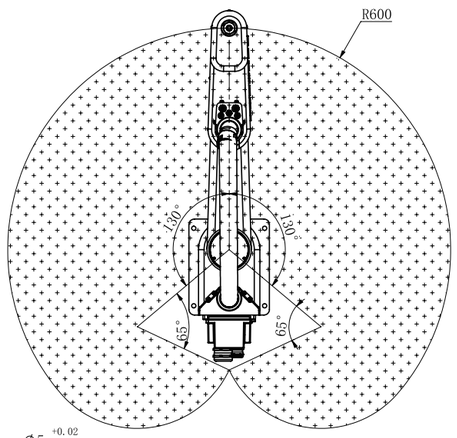


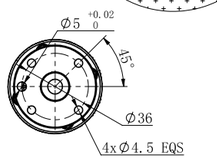
顶部安装孔

图名	六轴工业机器人	图号	BRTIRUS0707A	张数 1/1	一般加工公差	120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:20	0 - 30 ±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本	30 - 120 ±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-89208288				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计





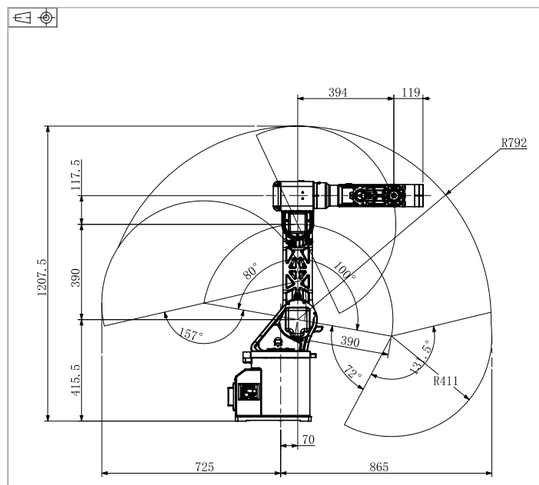




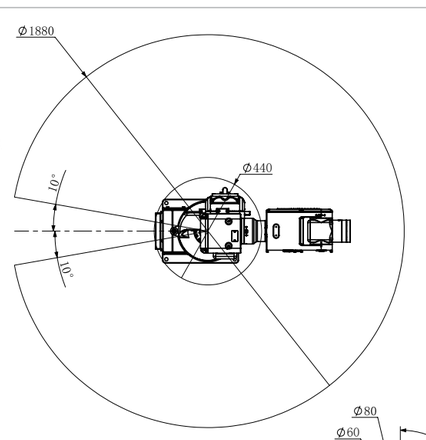
末端法兰安装孔

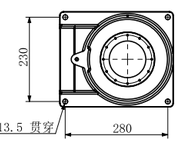
BRTIRSC0603A 技术参数：
最大运动半径 ：600mm
动作范围：J1:+130°~-130° J2:+150°~-150° J3:150mm J4:+360°~-360°
减速比：J1: 80:1 J2: 50:1 J3:丝杆导程 16mm J4: 50:1
负载1KG最大速度：J1:300°/S J2:576°/S J3:900mm/S J4:720°/S
安装环境：温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
重复精度：±0.02mm
最大负载：3KG
本体净重：22KG
防护等级：IP54

图名	四轴机器人型录	图号	BRTIRSC0603A	张数 1/1	一般加工公差	120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:10	0 - 30 ±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本	30 - 120 ±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-89208288				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计

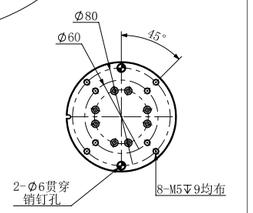


技术参数：
最大运动半径：940mm
重复定位精度：0.05mm
最大负载：5kg
整机重量约：约53kg
防护等级：IP54
安装环境：温度：0-40℃ 湿度：20%-80%RH（无结露）
减速比：J1 112.5:1 J2 101:1 J3 81:1
J4 90:1 J5 50:1 J6 51:1
动作范围：J1±170° J2 -100°至+80° J3 -80°至+95°
J4 ±180° J5 ±120° J6 ±360°
最大转速：J1 266°/s J2 297°/s J3 300°/s
J4 333°/s J5 500°/s J6 500°/s





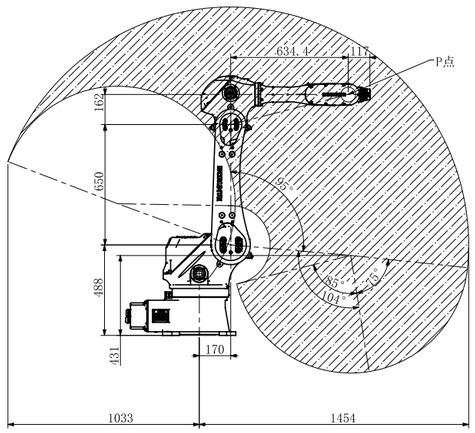
底座安装尺寸

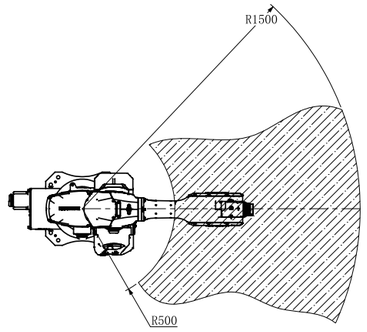


末端法兰安装尺寸

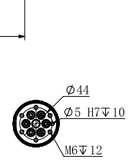
图名	新款小红人	图号	BRTIRUS0805A	张数 1/1	一般加工公差	120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:10	0 - 30 ±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本	30 - 120 ±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-89208288				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计

其余 6.3

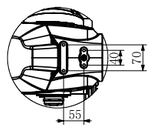




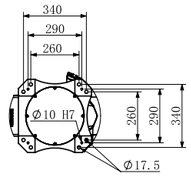
BRTIRUS1510A 技术参数:
最大运动半径 : 1500mm
动作范围: J1:-165°~+165° J2:-95~+70°
J3:-85°~+75° J4:-180~+180°
J5:-115°~+115° J6:-360~+360°
减速比: J1: 106:1 J2: 121:1 J3: 121:1
J4: 62.5:1 J5: 100:1 J6: 80:1
最大速度: J1:163°/S J2:148°/S J3:223°/S
J4:250°/S J5:270°/S J6:337°/S
安装环境: 温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
重复精度: 0.05mm
最大负载: 10 KG
本体净重: 约130 KG
防护等级: IP54



末端法兰安装孔

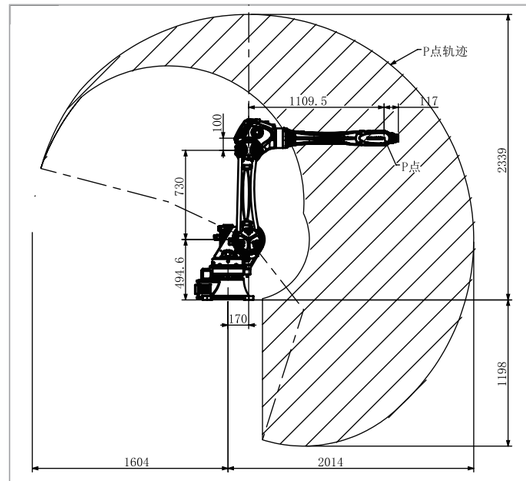


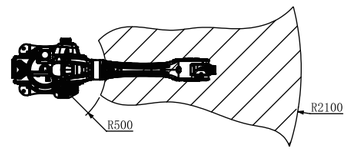
顶部安装孔

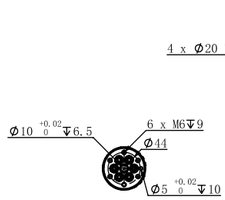


底座安装孔

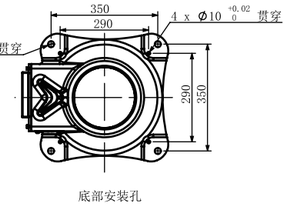
图名	1510新款轨迹图	图号	BRTIRUS1510A	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:20	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-89208288				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计







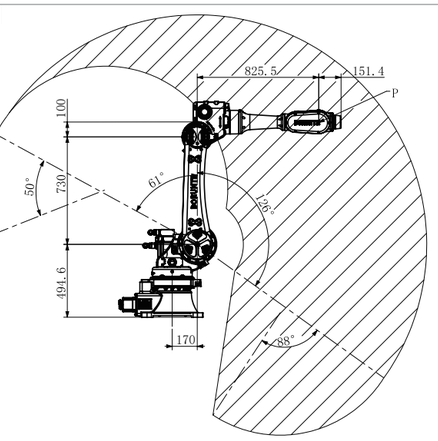
末端法兰安装孔

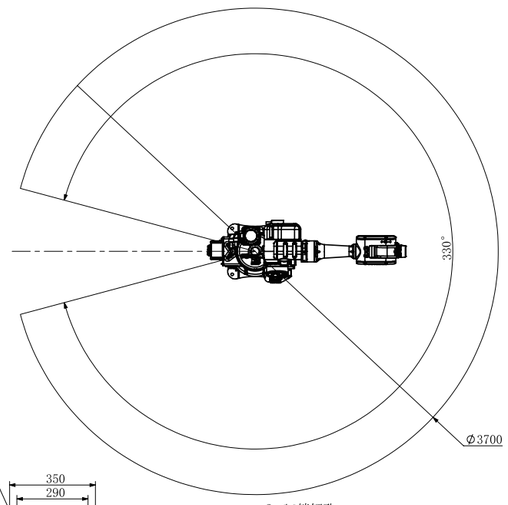


底部安装孔

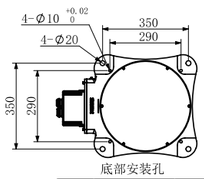
BRTIRUS2110A 技术参数:
最大运动半径 : 2100mm
动作范围: J1:-155°~+155° J2:-142~+65°
J3:-75°~+110° J4:-180~+180°
J5:-115°~+115° J6:-360~+360°
减速比: J1: 147:1 J2: 111:1 J3: 121:1
J4: 76.95:1 J5: 100:1 J6: 50:1
最大速度: J1: 102°/S J2: 124°/S J3: 125°/S
J4: 390°/S J5: 300°/S J6: 336°/S
安装环境: 温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
重复精度: 0.05mm
最大负载: 10KG
本体净重: 约230KG
防护等级: IP54

图名	BRTIRUS2110A 轨迹图	图号	BRTIRUS2110A	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		质量:	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 广东伯朗特智能装备股份有限公司 TEL:0769-81066795 FAX:0769-81066785				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计

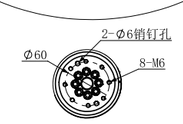




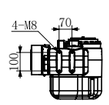
BRTIRUS1820A 技术参数:
最大运动半径 : 1850mm
动作范围: J1:-165°~+165° J2:-130~+60°
J3:-75°~+135° J4:-180~+180°
J5:-115°~+115° J6:-360~+360°
减速比: J1: 147:1 J2: 111:1 J3: 121:1
J4: 76.95:1 J5: 100:1 J6: 80:1
最大速度: J1: 102°/S J2: 124°/S J3: 125°/S
J4: 390°/S J5: 300°/S J6: 375°/S
安装环境: 温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
重复精度: ±0.05mm
最大负载: 20KG
本体净重: 约230KG
防护等级: IP54



底部安装孔

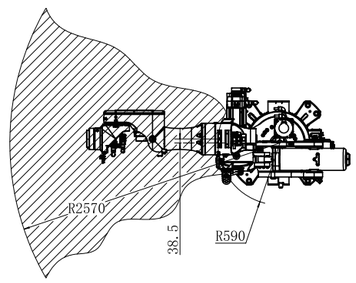


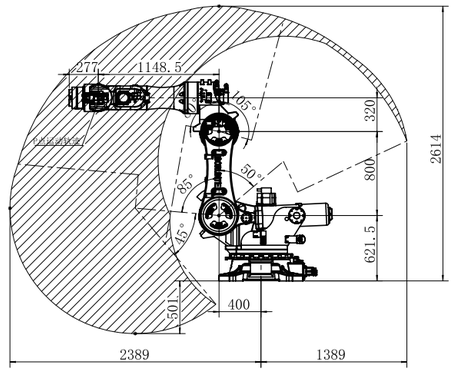
末端法兰安装孔

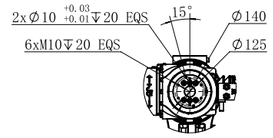


两吸两抱安装孔

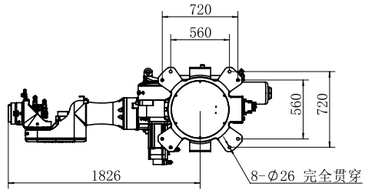
图名	20KG技术参数	图号	BRTIRUS1820A	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:20	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本 V0	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-89208288				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计



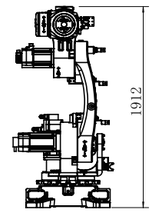




末端法兰安装孔位

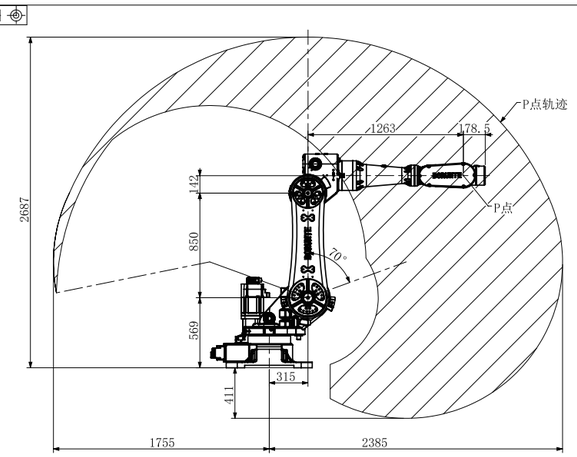


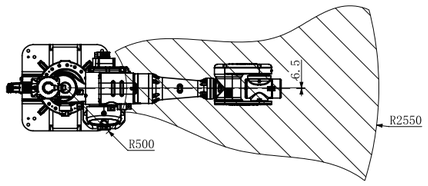
底座安装孔尺寸



技术参数:
最大运动半径: 2570mm
重复精度: 0.2mm
最大负载: 200kg
本体净重: 约1320kg
动作范围: J1: ±160° J2: -85°~+50° J3: -80°~+105°
J4: ±180° J5: ±95° J6: ±360°
减速比: J1: 210:1 J2: 171:1 J3: 171:1
J4: 171:1 J5: 160:1 J6: 121:1
最快速度: J1: 71°/s J2: 70°/s J3: 70°/s
J4: 105°/s J5: 112°/s J6: 148°/s
安装环境: 温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
防护等级: IP54

图名	六轴机器人轨迹图	图号	BRTIRUS2520B	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记	
				比例 1:35	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5		
材质		处理		版本V01165.521	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 伯朗特机器人股份有限公司 TEL:0769-81066795 FAX:0769-81066785				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计



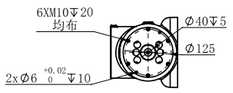


裁边钻孔 12.5

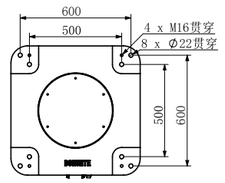
其余 6.3

技术参数：

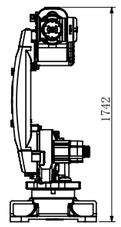
最大运动半径 ：2550mm
重复精度：0.1mm
最大负载：50KG
本体净重：约725KG
动作范围：J1:±160° J2:±70° J3:-75°~+115°
J4:±180° J5:±125° J6:±360°
减速比： J1: 142:1 J2: 171:1 J3: 171:1
J4: 110:1 J5: 121:1 J6: 121:1
最大速度：J1: 84°/S J2: 52°/S J3: 52°/S
J4: 245°/S J5: 223°/S J6: 223°/S
安装环境：温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
防护等级：IP54



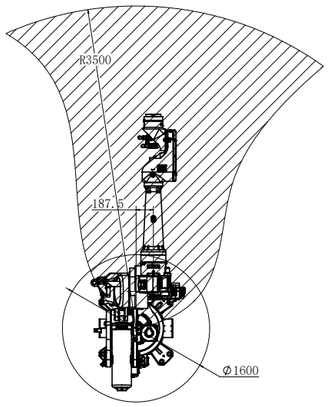
末端法兰安装孔

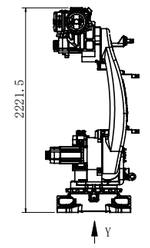


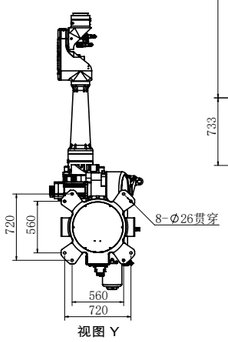
底座安装孔尺寸



图名	六轴50KG轨迹图	图号	BRTIRUS2550A	张数 1/1	一般加工公差		120 - 315	±0.3	检验标记	
材质		处理		比例 1:30	0 - 30	±0.1	315 - 1000	±0.5		
				质量：	30 - 120	±0.2	1000 - 2000	±0.8		
BORUNTE 广东伯朗特智能装备股份有限公司 TEL:0769-81066795 FAX:0769-81066785				单位 mm	SIZE A4	承认	核准	审查	绘图	设计

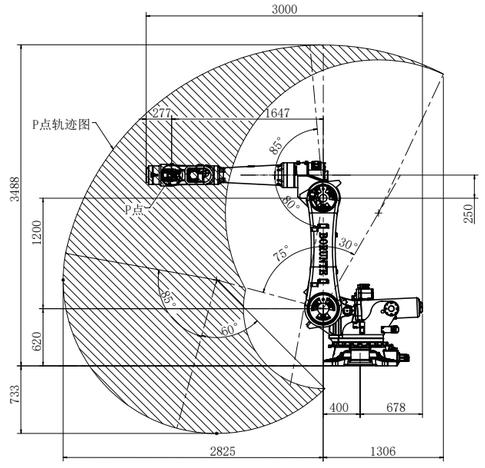


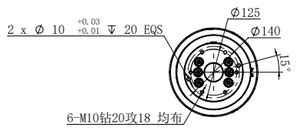




视图 Y

底座安装尺寸





末端法兰安装尺寸

BRTIRUS3511A 技术参数：
最大运动半径 ：P值 3500mm
动作范围：J1:+160°~-160° J2:+30~-75°
J3:+85°~-80° J4:-180~+180°
J5:+95°~-95° J6:-360~+360°
最大速度：J1: 85°/S J2: 105°/S J3: 105°/S
J4: 102°/S J5: 148°/S J6: 210°/S
安装环境：温度0°~40° 湿度20-80%RH(无结露)
重复精度：0.2mm
最大负载：100KG
本体净重：约1350KG
防护等级：IP54

图名	六自由度工业机器人轨迹图	图号	BRTIRUS3511A	数量 1	阶段标记		共1张 第1张		检验标记
材质		处理		比例 1:40	S				
					承认	核准	审查	绘图	设计
BORUNTE 广东伯朗特智能装备股份有限公司 TEL:0769-81066795 FAX:0769-81066785				单位 mm	SIZE A4				