

ICS xx. xxx. xx

P

团体标准

T/CNACCE Nxxx -- 202x

机动焊焊接工艺规程

Welding Process Code for Motor Welding

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中国化工施工企业协会发布

中国化工施工企业协会标准

机动焊焊接工艺规程

Welding Process Code for Motor Welding

T/CNACCE Nxxx--202x

主编单位：中国化学工程第六建设有限公司

批准单位：中国化工施工企业协会

实施日期：202x 年 xx 月 xx 日

xxxx 出版社

202x 北京

中国化工施工企业协会

公 告

第 xx 号

关于发布社团标准 《机动焊焊接工艺规程》的公告

根据中国化工施工企业协会《关于制订〈机动焊焊接工艺规程〉的通知》[中化施协[20xx]xx号]的要求,经评审研究决定,由xxxx、xxxxx、会同有关单位共同编制完成《机动焊焊接工艺规程》。经本协会标准化委员会组织审查,现批准发布,编号 T/CNACCE Nxxx--202x,自 202x 年 xx 月 xx 日起实施。

本标准 xxxx 出版社出版发行。

中国化工施工企业协会

202x 年 xx 月 xx 日

前 言

随着现代工业的发展，自动化焊接技术在船体、石油化工管道、航空等领域的应用越来越广泛。在石化施工行业，焊接工作量大且质量要求高，迫切需要智能焊接系统代替焊工进行施工。

根据中国化工施工企业协会《关于制订〈机动焊焊接工艺规程〉的通知》[中化施协[20xx]xx号]的要求，经评审研究决定，由xxxx、xxxx会同有关单位共同编制完成。

在本标准编制过程中，编制组开展了广泛深入的调查研究，认真总结和吸收了现场施工人员的实践经验，同时参考了国内外相关标准，在广泛征求各方面意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最后经审查定稿。

本标准共分为10章，1个附录。

主要技术内容包括总则、术语和符号、基本规定、材料、焊接工艺评定、机动焊通用焊接工艺规程、设备及钢结构机动焊、管道机动焊、管板机动焊、焊接检验、附录、本规程用词说明、引用标准名录、条文说明。

本标准由中国化工施工企业协会标准化专业委员会归口管理，由中国化工施工企业协会负责解释。请各使用单位在执行本标准过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈到中国化工施工企业协会标准化专业委员会（地址：北京市xxx区xxx路xx号；邮编：xxxxxxx；电子邮箱：xxxxxxxxxxxxxx）。

本标准主编单位、参编单位、主编人、参编人和审查人如下

主编单位：中国化学工程第六建设有限公司

参编单位：江苏启安建设集团有限公司

中国化学工程第四建设有限公司

中国化学工程第十四建设有限公司

盛安建设集团有限公司

陕西化建工程有限责任公司

中国化学工程第十六建设有限公司

山东广帮建筑安装有限公司

山东省显通安装有限公司

主编人：卢杰辉 潘兰兰 李峙勋 尹厚云 袁 莉

参编人：陆健健 肖文斌 高国民 傅会伦 李 琳 杨 胜 张泰源 王吉康 朱红俭 邓青云

王 彬 张国萍 李丽红 胡先武 张书硕 石晓震 武 磊 白雪茹 王 振

审查人：肖 逸 李均分 李 宁 曹建军

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	4
4 材 料	5
5 焊接工艺评定	7
6 机动焊通用焊接工艺规程	8
7 设备及钢结构机动焊	16
7.1 埋弧机动焊平焊.....	16
7.2 埋弧机动焊横焊	19
7.3 气电立焊	21
8 管道机动焊	25
8.1 管道全位置钨极惰性气体保护机动焊	25
8.2 管道全位置熔化极气体保护机动焊	27
8.3 管道水平转动钨极惰性气体保护机动焊.....	32
8.4 管道水平转动熔化极气体保护机动焊	34
8.5 管道水平转动埋弧机动焊	36
9 管板机动焊.....	38
10 焊接检验	40
附录 埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表	42
本规程用词说明.....	50
引用标准名录	51
条文说明	53

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirement	4
4	Material	5
5	Welding procedure qualification	7
6	General welding process code for motor welding	8
7	Mobile welding of equipment and steel structure	16
7.1	Submerged arc motor welding flat welding.....	16
7.2	Submerged arc motor welding transverse welding	19
7.3	Gas-electric vertical welding	21
8	Pipeline motor welding	25
8.1	All - position tungsten inert gas shielded motor welding of pipes	25
8.2	All - position gas - shielded motor welding of pipes	27
8.3	Tungsten inert gas shielded motor welding of horizontal rotating pipe	32
8.4	Horizontal rotating melt-gas shielded motor welding of pipes	34
8.5	Horizontal rotating submerged arc motor welding of pipe.....	36
9	Pipe plate dynamic welding	38
10	Inspection of welding	40
	The appendix	42
	Wording instructions of this regulation	50
	Reference standard List	51
	Description of article	53

1 总 则

- 1.0.1 为提高工程建设设备、管道、钢结构焊接采用机动焊的施工水平，加强机动焊施工过程的质量控制，保证工程质量和安全，特制定本工艺规程。
- 1.0.2 本工艺规程适用于设备、管道、钢结构材质为低碳钢、低合金钢、合金钢、耐热钢、高合金钢等的机动焊施工。
- 1.0.3 本工艺规程适用的焊接方法包括SAW、EGW、GTAW(机动焊)、GMAW(机动焊)。
- 1.0.4 本工艺规程规定了设备、管道、钢结构焊接采用机动焊焊接的基本要求。
- 1.0.5 焊接工程的机动焊施工，应按设计文件及本规程的规定执行。
- 1.0.5 焊接工程的机动焊施工，应按设计文件及本规程的规定执行，并符合国家现行有关规范、标准的规定。
- 1.0.6 焊接工程的机动焊施工应符合国家现行的节能减排、环境保护、安全技术和劳动保护等有关规定。

2 术 语

GB/T 3375界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

2.0.1 焊工 welders

从事焊接操作的人员。焊工分为手工焊工、机动焊工和自动焊工。机动焊工和自动焊工合称焊机操作工。

2.0.2 手工焊 hand welding

焊工用手进行操作和控制工艺参数而完成的焊接，填充金属可以由人工送给，也可以由焊机送给。

2.0.3 机动焊 mechanized welding

焊工操作焊机进行调节与控制工艺参数而完成的焊接。或焊接参数和焊炬导控均由机械或电子控制，也可采用手动操控，以保持规定的焊接工艺。

2.0.4 自动焊 automatic welding

焊机自动进行调节与控制工艺参数而完成的焊接。或借助设备进行电弧焊，全部焊接过程无须焊工对电弧或焊丝（焊条）进行操作，焊工只起引导和调节作用。

2.0.5 半自动焊 semi-automatic welding

设备进行电弧焊，但设备只控制填充金属的给进，焊接速度由人工控制。或控制填充材料传送速度的设备进行的电弧焊，焊炬的移动由手动控制。

2.0.6 焊机操作工 welding machine operato

操作机动焊、自动焊设备的焊工。

2.0.7 焊接技能培训 welding skills training

对拟从事焊接操作的人员进行技能、理论培训。

2.0.8 焊接技能评定 welding skill assessment

对焊接作业人员的操作技能进行评估考核的过程。

2.0.9 焊接工艺评定 welding procedure qualification

为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性而进行的试验过程及结果评价。

2.0.10 预焊接工艺规程（pWPS） preliminary welding procedure specification

为进行焊接工艺评定所拟定的焊接工艺文件。

2.0.11 焊接工艺评定报告（PQR） procedure qualification record

记载验证性试验及其检验结果，对拟定的预焊接工艺规程进行评价的报告。

2.0.12 焊接工艺规程（WPS） welding procedure specification

根据合格的焊接工艺评定报告编制的，用于产品施焊的焊接工艺文件。

2.0.13 焊接作业指导书（WWI） welding wording instruction

与制造焊件有关的加工和操作细则性作业文件。焊工施焊时使用的作业指导书，可保证施工

时质量的再现性。

2.0.14 焊接环境温度 temperature of welding circumstance

施焊时，焊件周围环境的温度。

2.0.15 道间温度 interpass temperature

多道焊缝及相邻母材在施焊下一焊道之前的瞬时温度。道间温度一般用最高值表示。

2.0.16 预热 preheat

焊接开始前，对焊件的全部或局部进行加热的工艺措施。

2.0.17 焊后热处理 (PWHT) post weld heat treatment

能改变焊接接头的组织和性能或焊接残余应力的热过程。

2.0.18 药芯焊丝自保护焊 flux cored wire selfshield arc welding

不需外加气体或焊剂保护，仅依靠焊丝药芯在高温时反应形成的熔渣和气体保护焊接区进行焊接的方法。

2.0.19 根焊 root bead

根焊为管与管、管与管件或管件与管件之间焊接时的第一层焊道。

2.0.20 热焊 hot welding

根焊完成后，立即快速进行的第二层焊道。

2.0.21 填充焊 filling welding

根焊或热焊完成后，盖面焊之前的焊道。

2.0.22 盖面焊 covering welding

最外面一层的成型焊道。

2.0.23 固定焊 position welding

焊接时被焊的管或管件固定不动。

2.0.24 旋转焊 roll welding

焊接时焊接热源位置固定，并位于或接近其顶部中心，被焊管或管件旋转。

3 基本规定

3.0.1 设计文件应对焊接技术条件提出要求。

3.0.2 焊接责任人员和作业人员的资格及其职责应符合下列规定：

1 焊接技术人员应由中专及以上学历，并有一年以上的焊接专业技术实践的人员担任。焊接技术人员应负责焊接工艺评定，编制机动焊焊接工艺规程和焊接技术措施，进行机动焊焊接技术和安全交底，指导机动焊焊接作业，参与机动焊焊接质量管理，处理机动焊焊接技术问题，整理机动焊焊接技术资料。

2 焊接检查人员应由相当中专及以上学历理论水平，并有一定的焊接经验的人员担任。焊接检查人员应对机动焊焊接作业进行全面检查和控制，负责确定焊缝检测部位、评定机动焊焊接质量、签发检查文件、参与机动焊焊接技术措施的审定。

3 焊接材料管理人员应具备相关焊接材料的基本知识，并应负责焊接材料的入库验收、保管、烘干、发放、回收工作。

4 无损检测人员应持证上岗，并按持证项目及权限从事检测和审核工作。应根据焊接质检人员确定的受检部位进行检测、评定焊缝质量、签发检测报告，当焊缝外观不符合检验要求时应拒绝检测。

5 机动焊焊工应持证上岗，且具备相应能力。机动焊焊工应按规定的机动焊焊接工艺规程及焊接技术措施施焊，当工况条件不符合机动焊焊接工艺规程和焊接技术措施的要求时，应拒绝施焊。

6 焊接热处理人员应经专业培训，并持证上岗。应按标准规范、热处理作业指导书及设计文件中的有关规定进行焊缝热处理工作。

3.0.3 监理单位和总承包单位应配备有焊接责任人员。

1 监理单位和总承包单位的焊接责任人员应有不少于五年的焊接专业技术实践。

2 监理人员应经过焊接专业技术培训，掌握机动焊相关知识。

3.0.4 施工单位应具备下列条件：

1 施工单位应建立焊接质量管理体系，对机动焊的焊接活动进行有效控制。

2 焊接工装设备、热处理设备及检验试验手段，应满足相应项目机动焊的技术要求。

3 在机动焊焊接技能评定和工程施焊前，施工单位应具有相应项目的机动焊焊接工艺评定。

3.0.5 工程施焊前，应对焊接和热处理工装设备进行检查、校准，并确定其工作性能稳定可靠。计量器具和检测试验设备应在检定或校准的有效期内。

3.0.6 不锈钢和有色金属的机动焊焊接，应设置专用的场地和专用的组焊工装，不得与黑色金属等其他产品混杂。不锈钢和有色金属的机动焊焊接工作场所应保持清洁、干燥、无污染。

4 材料

4.0.1 机动焊焊接工程所采用的母材，应具有制造商的质量证明文件，并应符合国家现行标准和设计文件的规定。

4.0.2 母材使用前，应按国家现行有关标准和设计文件的规定进行检查和验收，材料标识应清晰完整，并应能够追溯到产品质量证明文件。

4.0.3 焊接材料应符合设计文件和下列规定：

1 焊接材料应有制造商的质量证明文件。

2 碳素钢及合金钢焊丝和焊剂，应分别符合国家现行标准《焊接用钢盘条》GB/T 3429、《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110、《气体保护电弧焊用热强钢实心焊丝》GB/T 39279、《气体保护电弧焊用高强钢实心焊丝》GB/T 39281、《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713、《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 12470、《埋弧焊用高强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 36034、《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 17854、《埋弧焊和电渣焊用焊剂》GB/T 36037、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045、《热强钢药芯焊丝》GB/T 17493、《高强钢药芯焊丝》GB/T 36233、《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853 等的规定。

3 承压设备用焊接材料应符合《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018 的相应规定。

4 焊接用气体的使用应符合下列规定：

1) 焊接用氩气应符合现行国家标准《焊接与切割用保护》GB/T 39255 的规定，机动焊时的氩气纯度不应低于 99.99%，瓶装氩气的压力低于 0.5MPa 时，应停止使用。

2) 焊接用二氧化碳气体应符合现行国家标准《焊接与切割用保护》GB/T 39255 的规定，机动焊时的二氧化碳气体纯度不应低于 99.8%，含水量不应大于 0.005%，使用前应预热和干燥，瓶内气体的压力低于 0.98MPa 时，应停止使用。

3) 混合气体配比应准确，符合焊接工艺评定的要求。

5 钨极惰性气体保护电弧焊宜采用钨钨极。

4.0.4 焊接材料使用前应按设计文件和国家现行有关标准的规定进行检查和验收，并应符合下列规定：

1 应检查焊接材料的包装和包装标记。包装应完好，无破损、受潮现象。包装标记应完整、清晰。

2 应核对焊接材料的质量证明文件所提供的数据是否齐全并符合要求。

3 应检查焊接材料的外观质量，焊丝使用前应按规定进行除油、除锈及清洗处理。焊剂不应受潮，必要时按说明书的要求进行烘干。焊丝表面应光滑、整洁。焊接材料的识别标志应清晰、

牢固、并应与产品实物相符。

4 应根据有关标准或供货协议的要求进行相应的焊接材料试验或复验。

4.0.5 机动焊现场应建立焊接材料的保管、烘干、清洗、发放、使用和回收制度。储存场所和烘干、去污设备以及库存保管和使用过程中的管理，应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的规定。

5 焊接工艺评定

- 5.0.1 在掌握材料的焊接性能后，必须在工程焊接前进行机动焊的焊接工艺评定。
- 5.0.2 承压设备机动焊焊接工艺评定应按现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014的规定进行。
- 5.0.3 对设计文件另有要求的，应执行相应的焊接工艺评定标准。如：《焊接工艺评定规程》DL/T 868、《石油天然气金属管道焊接工艺评定》SY/T 0452、《钢质管道焊接及验收》GB/T 31032、《钢结构焊接规范》GB 50661、《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》GB 50128、ASME 第IX卷等工艺评定标准规范，并评定合格。
- 5.0.4 焊接工艺评定前，应根据金属材料的焊接性能，按照设计文件和机动焊制造安装工艺拟定预焊接工艺规程。
- 5.0.5 机动焊焊接工艺评定使用的材料应符合本规程第4章的规定。
- 5.0.6 机动焊焊接工艺评定试件的坡口加工、组对及清理等工艺措施应符合本规程有关要求。
- 5.0.7 机动焊焊接工艺评定所用设备、仪表的性能应处于正常工作状态，且符合本规程第3.0.5条的规定。
- 5.0.8 机动焊焊接工艺评定应在本单位进行。试件应由本单位技能熟练的机动焊操作人员施焊。检测试验工作可委托有相应资质的检测试验单位进行。
- 5.0.9 对于长输管道机动焊焊接工艺评定依据《石油天然气金属管道焊接工艺评定》SY/T 0452规定：同一管道工程施工时，压力管道施工资质相同的各单位之间，可以相互利用按SY/T 0452标准评定合格的焊接工艺评定作为编制焊接工艺规程的依据。但事先应经评定单位授权许可，并经本单位总工程师（质量保证工程师）的批准。
- 5.0.10 焊接工艺评定过程中应做好记录，评定完成后提出焊接工艺评定报告，焊接工艺评定报告应由焊接技术员负责编写，焊接责任师负责审核，单位技术负责人批准。
- 5.0.11 焊接工艺评预规程、焊接工艺评定报告、检测试验报告、评定试样等应进行归档保存。
- 5.0.12 工程产品机动焊施焊前，应根据焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程，用于指导机动焊施焊和焊后热处理。
- 5.0.13 焊接工艺评定报告、预焊接工艺规程、焊接工艺规程宜采用相关标准规定的格式。

6 机动焊通用焊接工艺规程

6.0.1 一般规定

1 设备、管道、钢结构的机动焊除应遵守本工艺规程规定外，还应符合现行相关标准和设计文件的技术要求。

2 除本工艺规程规定外，凡通过试验研究和实践证明有效的机动焊成果，经相关各方认可并列入行业标准、企业标准后，可用于设备、管道、钢结构的机动焊。

6.0.2 焊接材料

1 焊接材料包括焊丝、焊剂、气体、电极和衬垫等。

2 焊接材料选用原则

1) 焊缝金属的力学性能应高于或等于母材规定的限值，当需要时，其他性能也不应低于母材相应要求或力学性能和其他性能满足设计文件规定的技术要求。

2) 合适的焊接材料与合理的焊接工艺相配合，以保证焊接接头性能在经历制造工艺过程后，还应满足设计文件规定和服役要求。

3) 制造（安装）单位应掌握焊接材料的焊接性能，用于特种设备的焊接材料应有焊接试验或实践基础。

3 特种设备用焊接材料应符合《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018 的规定。

4 焊接材料应有产品质量证明书，并符合相应标准的规定，使用单位应根据质量管理体系规定按相关标准验收或复验，合格后方准使用。

6.0.3 焊接工艺评定和焊工

1 施焊下列各类焊缝的焊接工艺应按《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 评定合格：

1) 受压元件焊缝。

2) 与受压元件相焊的焊缝。

3) 上述焊缝的定位焊缝。

4) 受压元件母材表面堆焊、补焊。

2 对焊接工艺评定设计另有要求的，执行本规程第 5.0.3 条的规定

3 施焊下列各类焊缝的焊工应按《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002 规定考核合格：

1) 受压元件焊缝。

2) 与受压元件相焊的焊缝。

3) 熔入上述永久焊缝内的定位焊缝。

4) 受压元件母材表面堆焊、补焊。

4 机动焊操作应具有持证合格项目

打底焊项目代号举例:

- | | |
|--|-----------------|
| (1) GTAW-Fe II-5G-3.5/57-FefS-02/11/12 | 手工焊(I类钢、II类钢) |
| (2) GTAW-FeIV-5G-3.5/57-FefS-02/10/12 | 手工焊(IV类钢) |
| (3) GTAW-FeIII-5G-3.5/57-FefS-02/10/12 | 手工焊(III类钢) |
| (4) GTAW-FeIV-5G-3.5/57-FefS-03/11/12 | 手工焊自保护焊丝(IV类钢) |
| (5) GTAW-FeIII-5G-3.5/57-FefS-03/11/12 | 手工焊自保护焊丝(III类钢) |
| (6) GTAW-5G-05/07/09/19(机动焊) | (机动焊)钨极氩弧自动焊 |
| (7) GTAW-5GX-05/07/09/19(机动焊) | (机动焊)钨极氩弧自动焊 |

填充盖面焊项目代号举例:

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| (1) SAW-1G(K)-07/09/19 | (机动焊)埋弧焊 |
| (2) SAW-2G(K)-07/09/19 | (机动焊)埋弧横焊 |
| (3) GMAW-1G(K)-07/09/19 | (机动焊)管子水平转动实芯焊丝 |
| (4) FCAW-1G(K)-07/09/19 | (机动焊)管子水平转动药芯焊丝 |
| (5) GMAW-5G(K)-07/09/19 | (机动焊)实芯焊丝目视观察控制 |
| (6) GMAW-5GX(K)-07/09/19 | (机动焊)实芯焊丝目视观察控制 |
| (7) FCAW-5G(K)-07/09/19 | (机动焊)药芯焊丝目视观察控制 |
| (8) FCAW-5GX(K)-07/09/19 | (机动焊)药芯焊丝目视观察控制 |
| (9) GMAW-5G(K)-07/09/20 | (机动焊)实芯焊丝遥控 |
| (10) GMAW-5GX(K)-07/09/20 | (机动焊)实芯焊丝遥控 |
| (11) FCAW-5G(K)-07/09/20 | (机动焊)药芯焊丝遥控 |
| (12) FCAW-5GX(K)-07/09/20 | (机动焊)药芯焊丝遥控 |
| (13) EGW-3G-07/08/19 | (机动焊)气电立焊 |
| (14) GTAW-5FG-05/07/09/20(机动焊) | (机动焊)管板自动焊 |
| (15) GTAW-5FGX-05/07/09/20(机动焊) | (机动焊)管板自动焊 |
| (16) GTAW-5G-05/07/09/19(机动焊) | (机动焊)钨极氩弧自动焊 |
| (17) GTAW-5GX-05/07/09/19(机动焊) | (机动焊)钨极氩弧自动焊 |
| (18) GMAW-6G(K)-07/09/20(机动焊) | (机动焊)机器人实芯焊丝自动焊 |
| (19) GMAW-6FG(K)-07/09/20(机动焊) | (机动焊)机器人管板实芯焊丝自动焊 |
| (20) FCAW-6G(K)-07/09/20(机动焊) | (机动焊)机器人药芯焊丝自动焊 |
| (21) FCAW-6FG(K)-07/09/20(机动焊) | (机动焊)机器人药芯焊丝自动焊 |

6.0.4 焊前准备

1 场地

- 1) 高合金钢制压力容器场地应与其他类别材料分开,地面应铺置防划伤垫。

2) 合金钢和高合金钢管道应在专用场地或专用空间内制造，并采取相应保护措施，例如应铺置防划伤垫。

2 焊接坡口

焊接坡口应根据图样要求或工艺条件选用标准坡口或自行设计。坡口形式和尺寸应考虑下列因素：

- 1) 焊接方法。
- 2) 母材种类与厚度。
- 3) 焊缝填充金属尽量少。
- 4) 避免产生缺陷。
- 5) 减少焊接变形与残余应力。
- 6) 有利于焊接防护。
- 7) 操作方便。
- 8) 复合材料的坡口应有利于减少过渡焊缝金属的稀释率。

当设计无规定时，按《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 的规定。

3 特种材料焊接坡口的形式与尺寸详见《压力容器焊接规程》NB/T 47015 附录 B。

4 坡口准备

- 1) 制备坡口可采用冷加工法或热加工法。采用热加工方法制备坡口，需用冷加工法去除影响焊接质量的表面层。
 - 2) 焊接坡口及内外侧表面 20mm 范围内的杂质、污物、毛刺等清理干净，并不应有裂纹、分层、夹杂物等缺陷。
- 5 焊接设备、加热设备及辅助装备应确保工作状态正常，安全可靠，仪表应定期校准或检定。

6 组对定位

- 1) 组对定位过程中要注意保护不锈钢和有色金属表面，防止发生机械损伤。
- 2) 组对定位后，坡口间隙、错边量、棱角度等应符合图样规定或施工要求。
- 3) 避免强力组装，定位焊缝长度及间距应符合焊接工艺文件的要求。
- 4) 焊接接头拘束度大时，宜采用抗裂性能更好的焊材施焊。
- 5) 定位焊缝不得有裂纹，否则应清除重焊。如存在气孔、夹渣时亦应去除。
- 6) 熔入永久焊缝内的定位焊缝两端应便于接弧，否则应予修整。

7 预热

- 1) 焊件焊前预热及预热温度应根据母材交货状态、化学成分、力学性能、焊接性能、厚度及焊件的拘束程度等因素确定。
- 2) 焊接接头的预热温度除参照相关标准外，一般通过焊接性能试验确定。实施的预热温

度,

还要考虑到环境温度、结构拘束度等因素的影响。

- 3) 采取局部预热时, 应防止局部应力过大, 预热范围为焊缝两侧各不小于焊件厚度的 3 倍, 且不应小于 100mm。
- 4) 预热的范围以焊缝中心为基准, 大于测温点 A 所示区间 (见图 6.0.5), 在此区间内任意点的温度都要满足规定的要求。

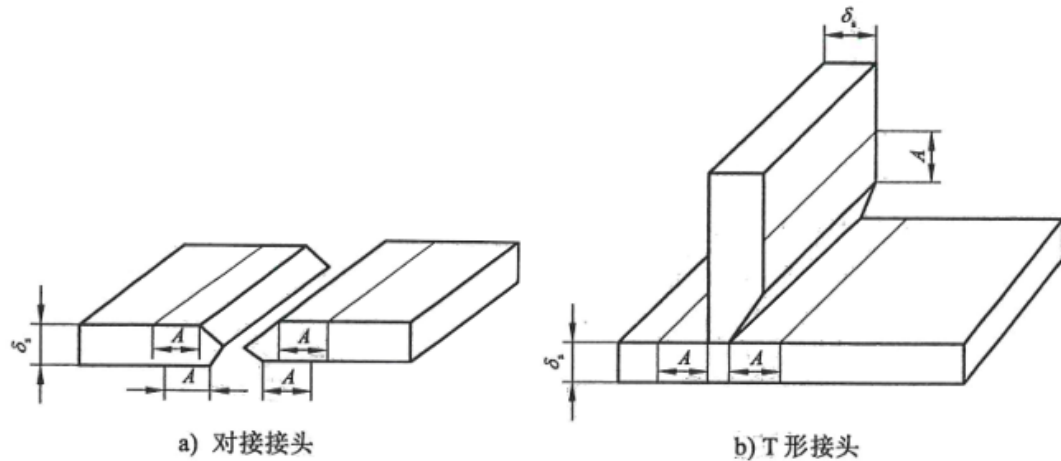


图 6.0.4 测温点 A 的位置

- 5) 需要预热的焊件接头温度在整个焊接过程中应不低于预热温度。
- 6) 当用热加工法下料、开坡口、清根、开槽或施焊临时焊缝时, 亦需考虑预热要求。
- 7) 预热温度的测量
 - ① 应在加热面的背面测定温度。如做不到, 应先移开加热源, 待母材厚度方向上温度均匀后测定温度。温度均匀化的时间按每 25mm 母材厚度需 2min 的比例确定。
 - ② 测温点位置 (见图 6.0.4):
 - a) 当焊件焊缝处母材厚度小于或等于 50mm 时, A 等于 4 倍母材厚度 δ_s , 且不超过 50mm;
 - b) 当焊件焊缝处母材厚度大于 50mm 时, A 大于或等于 75mm。

6.0.5 施焊

1 工艺人员应根据焊件设计文件、服役要求和制造现场条件, 依据评定合格的焊接工艺, 从实际情况出发, 编制焊接工艺规程 (包括封面、焊接接头编号表、焊接材料汇总表、焊接接头工艺卡等)。

2 焊工应按图样、工艺规程、工艺卡和作业指导书施焊。

3 焊接环境

1) 焊接环境出现下列任一情况时, 应采取有效防护措施, 否则禁止施焊:

- ① 风速: 气体保护焊大于 2m/s, 其他焊接方法大于 8m/s。
- ② 相对湿度大于 90%。

③雨雪环境露天下作业。

④焊件温度低于-20℃。

2) 当焊件温度为-20℃~0℃时，应在始焊处 100mm 范围内预热到 15℃以上。

4 应在引弧板或坡口内引弧，禁止在非焊接部位引弧。纵焊缝应在引出板上收弧，弧坑应填满。

5 防止地线、电缆线、焊钳等与焊件打弧。

6 电弧擦伤处需经修磨，使其均匀过渡到母材表面，修磨深度应不大于该部位母材厚度 δ_s 的 5%，且不大于 2mm，否则应进行补焊。

7 对有冲击试验要求的焊件应控制线能量，每条焊道的线能量都不超过评定合格的限值。

8 焊接管子、管件时，一般应采用多层焊，各焊道的接头应错开。

9 角焊缝的根部应保证焊透。

10 多道焊或多层焊时，应注意道间和层间清理，将焊缝表面熔渣、有害氧化物、油脂、锈迹等清除干净后再继续施焊。

11 双面焊须清理焊根，显露出正面打底的焊缝金属。对于机动焊若经试验确认能保证焊透及焊接质量，亦可不作清根处理。

12 接弧处应保证焊透与熔合。

13 施焊过程中应控制道间温度不超过规定的范围。当焊件规定预热时，应控制道间温度不低于预热温度。

14 每条焊缝宜一次焊完。当中断焊接时，对冷裂纹敏感的焊件应及时采取保温、后热或缓冷等措施。重新施焊时，仍需按原规定预热。

15 可锤击的钢质焊缝金属和热影响区，采用锤击消除接头残余应力时，打底层焊缝和盖面层焊缝不宜锤击。

16 引弧板、引出板、产品焊接试件不应锤击拆除。

6.0.6 焊后热处理

焊缝焊后热处理应符合设计或设计指定的规范、标准要求。热处理具体要求见《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236、《压力容器焊接规程》NB/T 47015、《火力发电厂焊接热处理技术规程》DL/T 819、《石油化工钢制管道焊接热处理规范》SH/T 3554、《承压设备焊后热处理规程》GB/T 30583 等热处理技术标准规范。

6.0.7 焊接返修

1 对需要焊接返修的缺陷应分析产生原因，提出改进措施，按评定合格的焊接工艺编制焊接返修工艺文件。

2 返修前需将缺陷清除干净，必要时可采用无损检测确认。

3 待返修部位应制备坡口，坡口形状与尺寸要防止产生焊接缺陷且便于焊接操作。

4 如需预热，预热温度应较原焊缝适当提高。

5 返修焊缝性能和质量要求应与原焊缝相同。

6 返修其他要求执行相关标准规范。

6.0.8 焊接检查与检验

1 焊前

- 1) 母材、焊接材料。
- 2) 焊接设备、仪表、工艺装备。
- 3) 焊接坡口、接头装配及清理。
- 4) 焊工资质。
- 5) 焊接工艺文件。

2 施焊过程中

- 1) 焊接规范参数。
- 2) 执行焊接工艺情况。
- 3) 执行技术标准情况。
- 4) 执行设计文件规定情况。

3 焊后

- 1) 实际施焊记录。
- 2) 焊工钢印代号或标识。
- 3) 焊缝外观及尺寸。
- 4) 后热、焊后热处理。
- 5) 产品焊接试件。
- 6) 无损检测。

6.0.9 职业健康、安全和环境管理

表 6.0.9-1 职业健康、安全主要控制措施

序号	作业活动	危险源	控制措施
1	磨砂轮	伤人	磨砂轮时应戴防护镜或防护面具。
2	焊接施工	触电	施工所用电源必须接地和设置漏电保护器，在容器内作业使用12V安全电压照明。
		火灾	施工区域10m内不得有易燃易爆物，高空作业应有看火员。
		烟尘	室内或通风差的环境应进行排风，容器内作业应设引风机，并设监护人员，同时佩戴防尘口罩。
		人员受伤设备损坏	老装置区施工办动火证；在盛装过易燃、易爆、有毒介质的设备、管道上作业必须清理干净；且分析化验合格后才能施焊。
		高空坠落	高空作业前应体检合格，正确使用安全带。

焊接工程施工应符合国家现行的节能减排、环境保护、安全技术和劳动保护等相关规定。

1 职业健康、安全主要控制措施

2 环境管理主要控制措施

表 6.0.9-2 环境管理主要控制措施

序号	作业活动	环境因素	控制措施
1	砂轮、气刨	噪声	周边有居民区时要进行噪声测定，不在夜间施工，必要时安排在降噪工作棚施工。
2	焊接	弧光辐射	焊接距周边施工人员近时要对弧光进行遮挡，防止电焊弧光打眼。
		垃圾	现场焊接废弃物，焊条包装塑料袋、塑料筒、纸箱、焊条头、砂轮片，应及时收集分类堆放。避免造成环境污染。
3	射线探伤	射线辐射 暗室废渣、废液	射线探伤应夜间进行，且设立防护围网、警示牌、警示灯；洗片废渣废液集中保存并交有关部门处理。

3 作业环境的要求

1) 现场通风

- ①施工现场应保持有良好的通风条件。
- ②必要时分析作业场地有机溶剂蒸气等含量，如氧气、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、氰酸气、甲烷、乙炔、汽油蒸气、有机溶剂蒸气等，其浓度应符合动火和劳动卫生标准。
- ③在风雨天气时，应注意遮风避雨，严防风沙、雨水侵害机器设备。

2) 现场照明

- ①施工现场的施工照明亮度，应符合标准要求。
- ②没有正式照明，应设置满足施工的临时照明，安装高度应满足规定要求。
- ③照明灯具安装高度应满足规定要求：应使用符合规定的安全电压。手提式安全灯电压不得超过 36V，在潮湿场所，钢架结构物等危险处不得超过 12V 或采用以电池为电源的手提式防爆安全灯。

3) 现场安全设施

- ①施工现场平面布置应整齐清洁，有条不紊，实行文明施工。
- ②各种设备、材料和废弃物都要堆放在指定地点，施工现场的道路要畅通，根据工程规模的大小、运输工具和施工机械的类型和吨位合理确定道路的宽度，并按指定的路线行驶。
- ③施工现场的室内外，应按规定设置消防器材，并定期检查其有效性能。
- ④施工现场的室内外，应设置各类“安全警示”牌。在有车辆或行人通过时，同样应设醒目的警戒标志。
- ⑤必要时周围作业区范围应布置醒目的红色隔离带，并有专人监护保持一定的安全距离，并配有警示标志。无关人员不得穿越红色隔离带。
- ⑥在有车辆或行人通过的交通道路上施工时，要在作业区范围内设置围栏，并设置醒目的警戒标志，必要时经交通主管部门的同意，可以封闭道路。

- ⑦施工区域，必要时应设置“专区证”制度，限制其他施工人员的进出，注意与运转中设备保持一定的安全距离。
- ⑧高空作业必须系挂安全带，安全带应高挂低用，并应系挂牢固。凡患有高血压、心脏病等不宜从事高空作业者，不得从事高空作业，对参加高空作业人员应进行体检。
- ⑨对于施工现场的各种室内外孔、洞、井、坑、楼梯、平台等都要设防护栏杆。
- ⑩禁止在施工现场随意存放易燃、易爆材料，要存放在指定的安全地点，并由专人管理。在有火灾危险发生的地方，应配备必要的消防器材和防毒器材。
- (11)现场用火应设置在安全地点，周围不得有易燃物，应由专人负责看管，并备水桶、砂子、泡沫灭火器等消防设施。在有可燃气体可能泄漏处施工时，要按规定划出防火区，禁止明火。
- (12)高处作业或多层交叉作业要设安全栏杆、安全网、防护棚和警示围栏，脚手架、脚手板应符合安全规定，跳板和斜道要铺放稳固，有防滑措施。
- (13)施工人员进入现场要戴安全帽、穿防滑防钉鞋、系安全带，打磨坡口时佩戴防护眼镜。从事酸洗施工人员要穿戴防护服、防护手套。
- (14)施工现场用电应符合《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的要求，应符合“一机一闸一漏一箱”，漏电保护器灵敏有效，定期定人检查。
- (15)施工机械转动部位的保护罩齐全，电动设备应接地可靠，手动电动工具绝缘必须完好，使用前必须进行安全检查并有专业电工维修保养。
- (16)现场运输、吊装应平稳；吊装作业前，设置安全操作隔离区域，无关人员不得入内；吊装作业时，任何人不得在工件下面、受力索具附近及其它危险地方停留；指挥信号应统一、明确。

7 设备及钢结构机动焊

7.1 埋弧机动焊平焊

7.1.1 一般规定

- 1 本节规定了埋弧机动焊焊接工艺及相关的焊接要求。
- 2 本节适用于碳素钢、低合金钢、不锈钢等材料的设备及钢结构焊接接头的埋弧机动焊平焊。

7.1.2 焊前准备

1 焊丝的选用应根据被焊钢种的类别及对焊接接头性能的要求而确定，选用的焊剂应与母材和焊丝相匹配。碳素钢、低合金钢的焊接，选用的焊丝应保证焊缝金属的力学性能高于或等于母材标准规定的下限值；铬、钼耐热钢、奥氏体不锈钢的焊接，应选用与母材成分相当的焊丝，焊缝金属中的铬、钼含量不应低于母材标准规定的下限值。

2 焊接材料应具有产品质量证明书，并符合相应标准的规定。使用单位应按有关标准的规定进行验收或复验，合格后方准使用。

3 焊丝表面不得有锈、油等，有过大的局部弯折应校直。

4 焊剂应按焊剂生产厂家推荐的规范或有关技术要求进行烘干及保温。

5 焊剂（特别是含铬的烧结焊剂）一般不宜重复使用，但在同时满足下列条件时允许回收重复使用：

- 1) 回收焊剂与新焊剂混用时，应为同批号且添加的混合物的质量分数不超过 50%，一般宜控制在 30%左右。
 - 2) 混合前，应将回收的焊剂过筛，除去尘土、焊渣、杂质及细粉。
 - 3) 混合焊剂的颗粒度应符合规定要求。
- 6 常用钢号推荐选用的埋弧焊焊剂和焊丝见表 7.1.2。

表 7.1.2 常用钢号推荐选用的埋弧焊焊剂和焊丝

钢号	焊剂型号	焊剂牌号及焊丝牌号示例
10 (管) 20 (管)	F4A0-H08A	HJ431-H08A
Q235B Q235C 20G Q245R, 20 (锻)	F4A2-H08MnA	HJ431-H08MnA
16Mn, Q345R	F5A0-H10Mn2	HJ431-H10Mn2 HJ350-H10Mn2
	F5A2-H10Mn2	SJ101-H10Mn2
20MnMo	F5A0-H10Mn2	HJ431-H10Mn2
	F55A0-H8MnMoA	HJ350-H8MnMoA

表 7.1.2 (续)

钢号	焊剂型号	焊剂牌号及焊丝牌号示例
13MnNiMoR 18MnMoNbR 20MnMoNb	F62A2- H8Mn2MoA F62A2- H8Mn2MoVA	HJ350- H8Mn2MoA HJ350- H8Mn2MoVA SJ101- H8Mn2MoA SJ101- H8Mn2MoVA
12CrMo 12CrMoG	F48A0-H08CrMoA	HJ350-H08CrMoA SJ101-H08CrMoA
15CrMo 15CrMoG 15CrMoR	F48P0-H08CrMoA	HJ350-H08CrMoA SJ101-H08CrMoA
12Cr1MoVR 12Cr1MoVG	F48P0-H08CrMoVA	HJ350-H08CrMoVA
06Cr19Ni10	F308-H08Cr21Ni10	SJ601-H08Cr21Ni10 HJ260-H08Cr21Ni10
06Cr18Ni11Ti	F347-H08Cr20Ni10Nb	SJ641-H08Cr20Ni10Nb
	F321- H06Cr19Ni10Ti	SJ641- H06Cr19Ni10Ti
06Cr17Ni12Mo2	F316-H06Cr19Ni12Mo2	SJ601-H06Cr19Ni12Mo2 HJ260-H06Cr19Ni12Mo2
06Cr17Ni12Mo2Ti	F316L-H03Cr19Ni12Mo2	SJ601-H03Cr19Ni12Mo2 HJ260-H03Cr19Ni12Mo2
06Cr19Ni13Mo3	F317-H08Cr19Ni14Mo3	SJ601-H08Cr19Ni14Mo3 HJ260-H08Cr19Ni14Mo3
022Cr19Ni10	F308L-H03Cr21Ni10	SJ601-H03Cr21Ni10 HJ260-H03Cr21Ni10
022Cr17Ni12Mo2	F316L-H03Cr19Ni12Mo2	SJ601-H03Cr19Ni12Mo2

7 机动焊设备各组成部分的电气及机械部件应处于正常状态。

8 当板厚小于或等于 14mm 时,可不开坡口;当板厚大于或等于 14mm 时可开 V 形坡口或 U 形坡口;当板厚大于或等于 44mm 时可开双 V 形坡口或双 U 形坡口。

9 坡口可用刨边机、车床、气割机等设备加工。加工后的坡口尺寸及表面粗糙度等必须符合设计文件或工艺文件的规定。

10 焊件组对前及焊接前,应将坡口及两侧 20mm~50mm 区域内的铁锈、氧化皮、油污、水分等清除干净,露出原有金属光泽。

11 检查焊件的装配质量,必须保证间隙均匀、高低平整,错边量符合标准规范中的要求。

12 定位焊缝应平整,不得有气孔、夹渣、裂纹等缺陷。

13 对于直缝焊件,应在焊缝两端设置引弧板和引出板,厚板多层焊时,引弧板和引出板上设置与焊件相同的坡口形式。

14 有预热要求的，应按专用工艺文件预热，并保证预热温度的均匀性。

7.1.3 焊接工艺要求

1 焊接时应根据焊缝的熔深和熔宽选择合适的焊接工艺。

2 单丝埋弧机动焊时，焊丝应处于垂直位置。

3 圆形容器的环缝焊接时，特别是小直径的容器，焊丝应在容器旋转方向相反的位置偏离中心线 20mm~40mm 距离。

4 焊接容器时宜采用 I 型坡口焊剂垫成型法。

1) 容器对接焊缝组对、焊接时，装配间隙和焊接工艺参数推荐见表 7.1.3。

表 7.1.3 I 型坡口焊剂垫成型法装配间隙和焊接工艺参数推荐表

板厚 (mm)	装配间隙(mm)	焊丝直径(mm)	焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度(cm/min)
6	0+1	4	400~550	28~32	63~73
8	0+1	4	500~600	30~32	63~67
10	2±1	4	500~600	36~40	50~60
12	2±1	4	550~580	38~40	50~57
14	3±0.5	4	550~720	38~42	50~53

2) 焊接正面焊缝时，容器背面可采用焊剂垫（敞口铁盒，内装焊剂）。工艺参数必须保证使熔深大于工件厚度的 60%~70%。反面焊前应先清根，采用与正面相同的规范或稍小的规范进行焊接。

3) 工件下面的焊剂应与工件紧密贴合，压力均匀，且铺满整个焊缝长度。

5 焊件厚度较大或容器封口焊时，焊缝应开 V 或 X 型坡口，可采用焊剂垫或手工焊进行打底焊接。

6 圆筒纵缝双面焊时应先焊内侧焊缝。在筒体内安放好导轨，导轨应与被焊焊缝平行。焊缝背面应放置焊剂垫。筒体内侧焊缝焊完后，外侧焊缝清根后再进行焊接，焊接时电流、电压应相应减小，焊接速度可加大。

7 拼板的纵缝焊接应在引弧板上引弧。

8 焊剂覆盖层厚度宜为 25mm~40mm，焊丝伸出长度宜控制在 40mm 左右。

9 应随时注意电流表及电压表的读数，当不符合要求时，应立即调整。

10 当焊缝出现烧穿、大量气孔、裂纹及成形不良等现象时，应立即停止焊接，查明原因并应采取措施，经检验合格后再进行焊接。

11 厚度 8mm~14mm 的工件应采用无坡口双面埋弧机动焊，焊接规范应根据工艺评定的参数进行。

12 厚度大于 14mm 的工件应采用开坡口的双面埋弧机动焊，焊接规范应根据工艺评定的参

数进行

13 焊接过程中，应通过遥控器对机头进行“上/下”、“左/右”微调，便于焊缝对中。

14 当在室外使用埋弧焊机时，应对电气控制部分采取防水措施。

15 往漏斗里加焊剂时不得将焊剂撒到丝杠及导向柱上，以免丝杠和导向柱磨损或卡死，影响使用。

16 手持遥控器应轻拿轻放、远离热源，不得用金属及尖锐器具碰触其面板。

17 焊接环焊缝时，焊丝与圆筒中心的垂直中心线的偏移量应随着工件直径、焊接速度的增大而增大。焊内环缝时焊速逐层减小，偏移量应逐层减小；焊外环缝时，焊速逐层递增，偏移量应逐层加大。

18 当板厚大于 40mm，应采用多层多道焊，各层焊道接头应错开；坡口形状应采用 V 形或 U 形，坡口宽度与坡口深度宜一致，尽量避免坡口宽度比坡口深度小很多。

19 应保护好所有线缆，勿用力拉扯、勿让重物砸伤、远离热源。

20 埋弧机动焊平焊焊接工艺参数可按本规范附录表选用。

7.2 埋弧机动焊横焊

7.2.1 一般规定

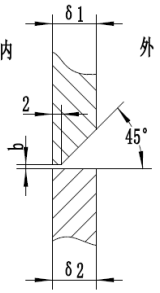
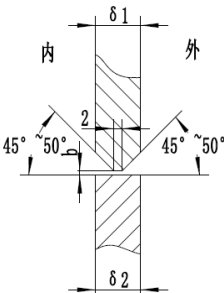
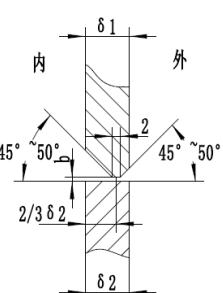
1 本节规定了埋弧机动焊横焊的焊接工艺及相关的焊接要求。

2 本节适用于碳素钢、低合金钢、不锈钢等材料的设备及钢结构焊接接头的埋弧机动焊横焊。

7.2.2 焊前准备

1 埋弧机动焊横焊坡口形式和尺寸应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 埋弧机动焊横焊坡口形式和尺寸

项 目	埋 弧 焊		
坡口形式			
板厚 (mm)	$\delta 1 \leq 12$	$12 < \delta 1 \leq 45$	
间隙 (mm)	$b=0^{+1}_0$	$b=0^{+1}_0$	

2 其它要求按 7.1.2 条款执行。

7.2.3 焊接工艺要求

1 埋弧机动焊横焊应采用直流电源、反接法，利用较小的焊接电流、电弧电压和较高的焊接

速度，等速送丝方式，取得在横向上的焊缝成形。

- 2 焊接时应将机架行走速度调整到所需的速度，机架行走速度即为焊接速度。
- 3 埋弧机动焊横焊焊接方式可按下列方法执行：
 - 1) 先用焊条电弧焊或气体保护焊进行打底焊接，再用埋弧机动焊横焊进行填充、盖面。
 - 2) 可在焊缝后加钢垫板或陶瓷衬垫，埋弧机动焊横焊直接打底、填充、盖面焊接。
 - 3) 可用埋弧机动焊横焊先外侧施焊，外侧焊接结束后，内侧气刨清根处理，再进行填充盖面焊接。
 - 4) 可在罐壁板焊缝两侧布置焊机，同时同向同速进行焊接。
- 4 埋弧机动焊横焊焊接工艺参数可参考表 7.2.3。

表 7.2.3 埋弧机动焊横焊焊接工艺参数

板材厚度 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电压 (V)	焊接电流 (A)	行走速度 (mm/min)	焊枪角度 (°)	焊道
10~14	Φ3.2	26~27 27~29	320~350 450~480	380~420 480~520	30~35	第一层 第二层
16~18	Φ3.2	26~27 27~29 28~31	380~420 450~480 450~520	380~450 480~520 500~650	30~40	第一层 第二层 第三层
20~22	Φ3.2	26~27 27~29 28~31 28~31	380~420 450~480 450~520 470~520	380~450 480~520 500~650 550~650	30~40	第一层 第二层 第三层 第四层
24~32	Φ3.2	26~27 27~29 28~31 28~31	380~420 450~480 450~520 480~520	380~450 480~520 500~650 550~650	30~40	第一层 第二层 第三层 第四~六层

- 5 埋弧机动焊横焊的焊接宜按下列程序进行：
 - 1) 定好焊接起弧点，让焊丝轻轻接触钢板，采用接触式起弧。调整操作车到焊接位置，反向行车时，要超过焊接起弧点，再正向行车，以消除机械间隙，避免起弧时出现焊瘤。起弧点在弧坑的后部，以避免焊瘤或缺肉。
 - 2) 将行走开关转换到自动控制方式，选择向左/向右焊接行走装置，调节起弧送丝速度和焊接电流、焊接电压。
 - 3) 打开焊剂桶的阀门使焊剂下落到焊剂拖带上面，覆盖焊接区，按下启弧开关，进行自动焊接。
 - 4) 焊剂回收系统自动进行工作，回收焊剂。
 - 5) 按“焊接”按钮，起弧焊接，按照焊接工艺卡调节合适焊接电流。
 - 6) 观察焊道位置、焊道成形，调节焊接速度、焊枪位置，以获得最佳焊接效果。

- 7) 焊接过程中注意观察焊道情况，注意前方障碍物、焊接电缆跟随情况等，以避免出现行车障碍。
- 8) 焊接过程中避免用手和金属工具接触焊枪、送丝机，以免造成短路事故。
- 9) 焊接结束后按下熄弧开关，设备自动停止焊接。
- 6 坡口角度上面的应大一些，焊接时应注意熔池上方的焊剂保护，焊接速度比平焊位置快。
- 7 托轮轴线与罐壁应垂直，托带张力应合适，托带表面距离焊缝坡口下侧宜为 15~20mm。焊接前应上下、前后调节焊枪的焊接角度，拨动送丝/退丝开关调节焊丝的干伸长。
- 8 倒装法进行埋弧机动焊横焊时轨道铺设必须平整，距离罐壁间距相等。
- 9 在对较薄壁板施焊时，应采取双面正/倒装横焊机进行焊接，两面同时对称焊接，消除钢板刚性不足带来的问题；也可以采用正/倒装横焊机单面焊接，在未焊接侧罐壁上加装刚性支撑以加强壁板的强度。

7.3 气电立焊

7.3.1 一般规定

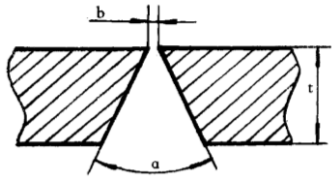
- 1 气电立焊采用水冷滑块挡住熔融金属，使之强迫成形，以实现立向位置的焊接，焊缝一次成形。
- 2 适用于较厚的低碳钢、低合金钢、不锈钢钢板，以 CO₂、Ar+CO₂ 为保护气体、焊接位置为垂直的对接立焊。
- 3 储罐焊接工艺评定应符合现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T47014 的有关规定。当壁板厚度大于 38mm，应采用多道焊，且当单焊道厚度大于 19mm 时，应对每种厚度对接接头进行评定。
- 4 气电立焊的对接接头，罐壁厚度小于或等于 24mm 时宜采用单面坡口，罐壁厚度大于 24mm 时宜采用双面坡口。

7.3.2 焊前准备

- 1 气电立焊可采用实心焊丝和药芯焊丝。
- 2 陶质衬垫应随用随拆。拆封后未用完，储放时间过久时，应经 200℃~250℃烘焙 1h 后方可使用。陶质衬垫应符合《陶质焊接衬垫》CB/T 3715 的规定。
- 3 坡口加工宜采用机械加工方法。加工后的坡口尺寸及表面粗糙度等必须符合设计文件或工艺文件的规定。
- 4 应将坡口边缘两侧不小于 30mm 范围内的切割残渣、装配马脚、飞溅物以及横向焊缝的焊缝余高清除干净。正面水冷滑块应能顺利滑移，反面衬垫应贴紧。
- 5 坡口形式可采用单面 V 形坡口、X 形坡口和 I 形坡口，坡口角度和根部间隙应根据板厚确定。单面 V 形坡口尺寸应符合表 7.3.2-1 的规定。
- 6 当不等厚对接焊件组对，外壁错边量大于 3mm 时，应将厚板削斜至与薄板齐平，削斜宽度

为厚度差的 4 倍，即 $L=4(t_1-t_2)$ ，应按图 7.3.2 进行加工修整。

表 7.3.2-1 单面 V 形坡口尺寸

板厚 t (mm)	坡口角度 α (°)	根部间隙 b (mm)	坡口形式
9~12	55_0^{+5}	6_{-1}^{+3}	
12~15	50_0^{+5}	6_{-1}^{+3}	
15~18	45_0^{+5}	5_{-1}^{+3}	
18~23	40_0^{+5}	5_{-1}^{+3}	
23~26	35_0^{+4}	5_{-1}^{+3}	
26~29	30_0^{+4}	5_{-1}^{+3}	
29~32	25_0^{+4}	5_{-1}^{+3}	

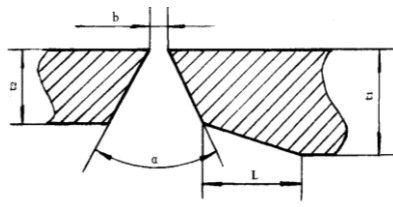


图 7.3.2 不等厚对接焊件坡口加工

7 当背部用陶瓷衬垫时，应在坡口反面的钢板上装焊“II”型定位板，定位板的装配间距宜为 350mm，每只衬垫应不少于两只“II”型板。

8 对接接头装配错边量不应大于 1mm。

9 在焊接坡口反面安装陶质衬垫时，陶质衬垫成型槽中心线应与坡口宽度的中心对正。每根陶质衬垫应至少使用两个斜楔加以固定，使陶质衬垫紧贴于钢板。同时应防止用力过大导致陶质衬垫破碎，各陶质衬垫之间应连接紧密无缝隙。

10 铜滑块应保持通气孔清洁、成型槽光滑，且与被焊件顶紧，力度适中。

11 焊接设备的安装应符合下列规定：

- 1) 应将垂直自动焊设备吊在焊件上合适的位置，并装好气管、水管、控制线及电缆线等，长度应满足整条长接缝的焊接需要。
- 2) 应利用升降装置将导轨安装在距接缝 200mm 处（指磁钢边线），并与接缝保持平行。上下导轨之间连接应无缝隙，并用螺钉拧紧，整条导轨的顶端应与工件可靠连接固定，防止导轨意外脱落。安装导轨前必须清除磁铁表面的灰尘、垃圾和污物。
- 3) 应将垂直自动焊机安放在焊道的起始点，用离合器锁紧待用，并应清除焊机道路中的障碍物。
- 4) 应将送丝机构装在吊架升降装置上，并使 CO₂ 送丝机构固定在合适位置，同时准备好防风帘。

5) 应在焊接坡口正面安放水冷铜滑块，铜滑块的成型槽位置应与坡口正面对正，成型槽宽度与坡口正面宽度应符合表 7.3.2-2 的规定。

表 7.3.2-2 铜滑块成型槽宽度 (mm)

坡口宽度	17	18~21	22~25	26~29	30
成型槽宽度	20	24	28	32	36

6) 应将送丝软管接至焊炬的弯管上，检查导电嘴，并将弯管固定在装置上，送丝后应有一定的焊丝长度和角度。

7) 需焊丝摆动时，应将摆幅与两端停留时间在焊前预先调整好。

8) 气电立焊应采用平特性直流电源，反接法。

7.3.3 焊接工艺要求

1 使用实心焊丝气电立焊时，应采用 80%Ar+20%CO₂(体积分数)的混合气体作为保护气体。使用药芯焊丝气电立焊时，应采用纯 CO₂ 或 80%Ar+20%CO₂(体积分数)的混合气体作为保护气体，气体流量宜为 14L/min~66L/min。还有自保护的药芯焊丝气电立焊。

2 气电立焊三种焊接工艺形式：

1) 背面用陶瓷衬垫，正面用水冷铜滑块强制成型的方法；

2) 焊缝双面均采用水冷铜滑块强制成型的方法；

3) 不用外加气体、采用自保护药芯焊丝单面水冷铜滑块强制成型法。

3 气电立焊时，焊丝伸出长度宜为 40mm。自保护药芯焊丝气电立焊时，焊丝伸出长度宜为 60mm~75mm。

4 厚度大于 30mm 的焊件宜采用摆动焊接，导电嘴应在距每一冷却滑块约 10mm 处停留，摆动速度宜为 7mm/s~8mm/s。

5 当垂直焊接时，焊枪与工件表面应呈 5°~15° 夹角。

6 导电嘴顶端与铜滑块上保护气体输出口下沿的垂直距离宜为 20mm~30mm。

7 焊丝落点应从板厚中心部位略向坡口正面偏移，应处于坡口截面的重心位置。

8 气体流量宜为 25L/min~35L/min。

9 冷却水循环管路应通畅，冷却水流量应不小于 2L/min。

10 焊接停止时，应按停止按钮（同时停止摆动），小车行走和送丝即停止，电弧熄灭。待熔池凝固后，再松开铜滑块。

11 焊接结束后，应先断开焊接小车的控制电源开关和焊接电源开关，再切断水、气、水泵电源等。

12 焊接工艺参数应符合工艺文件的规定或符合表 7.3.3-1 的规定。

13 观察焊丝落点位置和正反面焊缝热量分布情况，若有异常应及时修正焊接规范，并通过机械装置调整电弧位置。

14 观察铜滑块的中心位置。

15 熔池液面与保护气体出气口距离宜为 5mm~10mm。

表 7.3.3-1 焊接工艺参数

板厚 (mm)	电流 (A)	电压 (V)	速度 (cm/min)	焊接 位置	摆动	摆幅 (mm)	前停 (sec)	后停 (sec)
12~14	290~350	29~35	10~13	垂直	不采用	/	/	/
16~20	360~380	32~34	8~10		可采用	4~8	0.6~1.0	0.3~0.6
21~25		33~35	6~7		必须 采用	6~10		
26~33		34~36	4~5			9~11	0.9~1.1	0.9~1.1
12~24				倾斜	4~7	0.4~0.6	0.4~0.6	

16 应用绝缘棒随时清除铜滑块保护气体盒里的飞溅物。

17 焊缝外观尺寸应符合表 7.3.3-2 的规定。

表 7.3.3-2 焊缝外观尺寸 (mm)

板厚	正面焊缝宽度	正面焊缝高度	背面焊缝宽度	背面焊缝高度
12~16	24~28	2	10~18	2
16~26	28~32		14~32	
26~33	32~36	3	18~22	3

18 中间起弧、熄弧及接头处均应用气刨刨清后修补，补焊长度宜为 100mm。背面焊穿处，应用气刨刨清缺陷后，再用手工电弧焊或 CO₂ 气体保护焊填满缺陷空隙，重新起弧焊接。

19 对焊缝中各种缺陷，如表面粗糙、满溢、咬边、气孔、未熔合、宽度高度不足、不成形等缺陷，用气刨刨清缺陷后，再用手工电弧焊或 CO₂ 气体保护焊修补，修补方法按焊接返修工艺进行。

8 管道机动焊

8.1 管道全位置钨极惰性气体保护机动焊

8.1.1 一般规定

1 管道全位置钨极惰性气体保护机动焊是管道对接接头形式的 360° 钨极氩弧气体保护机动化焊接。

2 本节适用于薄壁管道的焊接，中厚壁管道的打底焊；接管与接管、接管与弯头、接管与对焊法兰等多种接头的预制和现场安装焊接。适用管子公称尺寸范围为 20mm~300mm，厚度小于 20mm 管道的焊接；可采用自熔或填丝焊接方式。

8.1.2 焊前准备

1 常用钢号推荐选用的焊接材料见表 8.1.2：

表 8.1.2 常用钢号推荐选用的焊接材料

钢 号	熔化极气体保护焊	氩 弧 焊
	实芯焊丝型号或牌号	实芯焊丝型号或牌号
10、20	ER49-1 ER50-6 H08Mn2SiA	ER49-1 ER50-6 H08Mn2SiA
Q235B、Q235C、 Q235D、Q245R	ER50-6 H08Mn2SiA	ER50-6 H08Mn2SiA
Q345A	ER49-1 ER50-6 H08Mn2SiA	ER49-1 H08Mn2SiA
Q345B、Q345C、Q345D、 Q345R、16Mn	ER50-2 ER50-3 ER50-6 H08Mn2SiA	ER50-2 ER50-3 ER50-6 H08Mn2SiA
16MnDR、Q345E、16MnD	ER55-Ni1	ER55-Ni1
09MnNiDR、09MnNiD	ER55-Ni3	ER55-Ni3
15CrMo 15CrMoG 15CrMoR	ER55-G	ER55-B2 H13CrMoA
12Cr1MoV 12Cr1MoVG 12Cr1MoVR	ER55-B2-MnV	ER55-B2-MnV H08CrMoVA
12Cr5Mo	(CHW-55B6)	H1Cr5Mo

06Cr18Ni11Nb	H06Cr20Ni10Nb (CHM-347)	H06Cr20Ni10Nb (CHG-347)
--------------	-------------------------	-------------------------

表 8.1.2 (续)

钢 号	熔化极气体保护焊	氩 弧 焊
	实芯焊丝型号或牌号	实芯焊丝型号或牌号
06Cr19Ni10 12Cr18Ni9	H06Cr21Ni10 (CHM-308)	H06Cr21Ni10 (CHG-308)
06Cr18Ni11Ti 07Cr19Ni11Ti	H06Cr19Ni10Ti (CHM-321)	H0Cr20Ni10Nb (CHG-321) H0Cr19Ni10Ti
022Cr19Ni10	H022Cr21Ni10 (CHM-308L)	H022Cr21Ni10 (CHG-308L)
06Cr17Ni12Mo2	H06Cr19Ni12Mo2 (CHM-316)	H06Cr19Ni12Mo2 (CHG-316)
022Cr17Ni12Mo2	H022Cr19Ni12Mo2 (CHM-316L)	H022Cr19Ni12Mo2 (CHG-316L)

注：括号内为大西洋焊材厂家规定的牌号。

2 管子壁厚小于或等于 2.5mm 不宜开坡口；碳钢、低合金钢管子壁厚大于 2.5mm 且小于或等于 6mm 应采用 V 型坡口，壁厚大于 6mm 应采用 U 型坡口；不锈钢管子壁厚大于 3.5mm 应采用 U 型坡口。

3 坡口加工宜采用机械加工方法。坡口端面倾斜偏差不应大于管子外径的 1%，且不应大于 3mm。

4 坡口及内外侧表面不小于 20mm 范围内应采用机械法或化学法去除毛刺、飞边、氧化膜、污物、油漆、油脂等杂物。

5 坡口组对时可不留间隙。

6 管子或管件对接焊缝组对时，内壁错边量不应超过母材厚度的 10%，且不应大于 2mm。

7 氩气流量宜为 8L/min~20L/min。

8 水冷循环系统水流量应不小于 600mL/min。

9 连接枪头和电源，水电气管路，焊接电缆。

10 安装好与焊丝直径相适宜的送丝轮，穿好焊丝，调整好送丝轮与焊丝之间的距离。

11 安装好引弧圈；调整好弧长。

12 枪头与焊机连线。

13 陶瓷喷嘴与枪体及分流器连接应紧密。

14 装夹钨极，钨极应夹牢，钨极干伸长宜为 6mm~10mm，钨极至焊件的距离，不填丝约 1.5mm，填丝焊时约 3 mm 左右，调节横摆电机，使钨极尖正对焊缝；送出的焊丝贴在钨极正下方的焊件

上，焊丝伸出送丝嘴宜为 6mm~8mm。

- 15 装夹管子时，不得扳拧水电管。
- 16 起弧前应夹好地线夹，并按焊接方向的反方向绕好水电管。
- 17 应根据已评定合格的焊接工艺编制焊接工艺规程。

8.1.3 焊接工艺要求

- 1 焊工应经专门培训，应仔细阅读焊机使用说明书，
- 2 应根据管道直径及焊接工艺参数，选择合适的喷嘴、保护气体流量。
- 3 应设置焊接参数，模拟焊接，检查旋转方向、送气等是否正常。
- 4 不锈钢管道焊接时，背面应充氩保护，流量应符合工艺要求。
- 5 起焊点应设在上坡焊位置。
- 6 开启电源，进行焊接。在焊接过程中，当管子有变形或外界条件改变时，应调节弧长控制器或通过电源控制自动调节电弧高度，保证焊缝均匀一致。
- 7 当焊接电流较大时，应注意电机温度，当电机表面温度接近 80℃时，应立即停止焊接，温度降低后再继续焊接。
- 8 焊接完成后，应将转动齿轮旋至枪体壳内。
- 9 冷却水系统应使用纯净水，并定期更换。
- 10 焊机上的冷却系统、旋转系统、焊炬及焊接电缆应定期维护保养。
- 11 应经常检查喷嘴、钨极夹、送丝嘴、送丝软管是否符合要求
- 12 应按焊机使用说明书的规定定期对钨极、水电管、离合器等更换和维修。

8.2 管道全位置熔化极气体保护机动焊

8.2.1 一般规定

本节适用于工业管道、公用管道和长输管道的管道全位置熔化极气体保护机动焊接。

8.2.2 焊前准备

1 焊接材料应具有产品质量证明书，且应符合国家标准、行业标准。焊丝宜采用 $\Phi 1.2\text{mm}$ 实芯焊丝或者 $\Phi 1.2\text{mm}$ 药芯焊丝；钨棒宜采用铈钨棒；低碳钢、低合金钢焊接宜采用 80%Ar+20%CO₂ 混合气，不锈钢实芯焊丝宜采用 98%Ar+2% CO₂ 混合气体，药芯焊丝宜采用 100% CO₂，喷嘴气体流量宜为 15L/min~25L/min。

2 焊接材料的选用应符合下列要求，常用钢号推荐选用的焊接材料见表 8.1.2:

- 1) 同种材料焊接时，焊缝金属的力学性能和化学成分应与母材相当，且焊接材料的焊接工艺性能良好。
- 2) 异种材料焊接时，当两侧母材均为非奥氏体钢或均为奥氏体钢时，可根据强度级别较低或合金含量较低的一侧母材或介于两者之间选用焊接材料；当两侧母材之一为奥氏体钢

时，应选用 25Cr-13Ni 型或含镍量更高的焊接材料。

3 坡口加工应符合下列规定：

1) 中高合金钢及不锈钢坡口应采用机械加工方法。

2) 其他材料坡口加工宜采用机械加工方法，当采用热加工方法加工坡口后，应除去坡口表面的氧化皮、熔渣及影响接头质量的表面层，并应将凹凸不平处打磨平整。

4 焊件组对前及焊接前，坡口及其两侧内外不小于 20mm 范围内的表面及不得有油漆、毛刺、锈斑、油污、氧化皮及其他对焊接质量有害的物质，且应露出金属光泽，并不得有裂纹、夹层等缺陷。

5 焊件对接焊缝组对时，内壁应平齐，内壁错边量应按设计文件规定执行，当设计文件无规定时，应按下列要求执行：

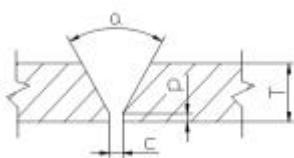
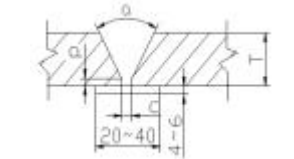
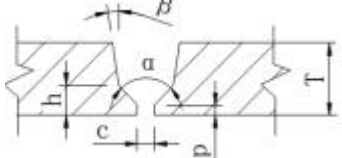
1) 极度和高度危险物质、易燃易爆管道局部错边量不应大于母材厚度的 10%，且不应大于 0.5mm。

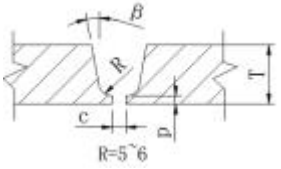
2) 高温、高压及合金钢管道局部错边量不应大于母材厚度的 10%，且不应大于 1.0mm。

3) 其他管道局部错边量不应大于母材厚度的 10%，且不应大于 1.5mm。

6 坡口形式和尺寸应按设计文件规定执行；当设计文件无规定时，常用坡口形式和尺寸应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 常用坡口形式和尺寸

厚度 T(mm)	坡口名称	坡口形式	坡口尺寸			备注
			间隙 c (mm)	钝边 p (mm)	坡口角度 α (β) ($^{\circ}$)	
3~9	V 型坡口		0~2	0~2	65~75	-
9~26			0~3	0~3	55~65	-
6~9	带垫板 V 型坡口		3~5	0~2	45~55	-
9~26			4~6	0~2		
20~60	双 V 型坡口		0~3	1~3	65~75 (8~12)	h=8~12

20~60	U型坡口		0~3	1~3	(8~12)	R=5~6
-------	------	---	-----	-----	--------	-------

7 不等厚对接焊件组对时，应按图 8.2.2 的要求加工。

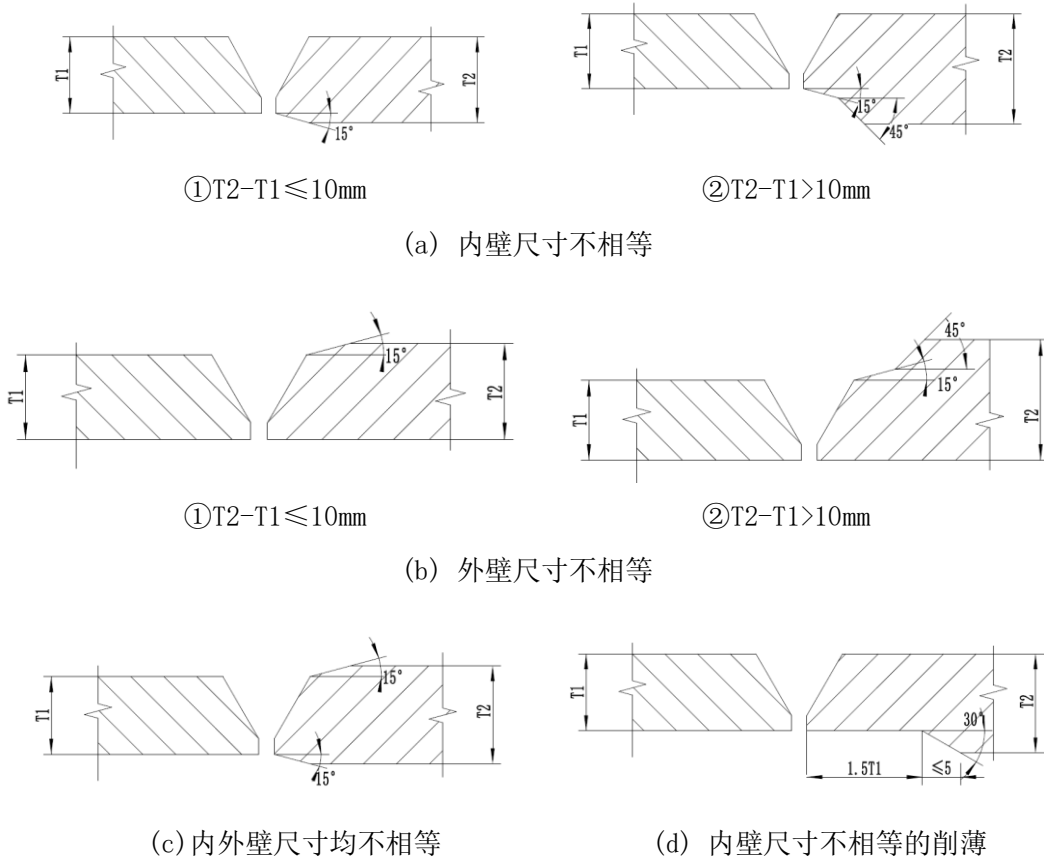


图 8.2.2 不等厚对接焊件坡口加工

T_1 —不等厚焊件接头的薄件母材厚度； T_2 —不等厚焊件接头的厚件母材厚度；

注：用于管件时，如受长度条件限制，图 (a) ①、图 (b) ①和图 (c) 中的 15° 角可改用 30° 角。

8 焊丝使用前应清除其表面的油污、锈迹等。

9 不锈钢焊件坡口两侧各 100mm 范围内，在施焊前应采取防止焊接飞溅物沾污焊件表面的措施。

10 管道焊缝的设置应避免应力集中区，且便于焊接、热处理及各种检验。

11 焊件组对时，应垫置牢固，并应采取措施防止焊接和热处理过程中产生变形和附加应力。

12 除设计规定需进行冷拉伸或冷压缩的管道外，焊件不得进行强力组对，更不允许用热膨胀法组对，防止引起附加应力。

13 当焊件组对的局部间隙过大时应修整至规定尺寸，不得在间隙内堵塞杂物。

14 定位焊缝应符合下列规定：

- 1) 定位焊缝应采用与正式焊接相同的焊接工艺。
- 2) 定位焊缝的长度宜为 15mm~30mm，厚度宜为 2mm~4mm，且不超过壁厚的 2/3。定位焊缝数量不应少于 4 点，定位焊缝两端应修磨成缓坡状。
- 3) 定位焊缝应焊透及熔合良好，不得有裂纹、气孔、夹渣等缺陷，当发现缺陷时应及时消除。

15 与母材焊接的工卡具其材质和焊接材料宜与母材相同。拆除工卡具时，不得用敲打或掰扭的方法拆除。当用氧-乙炔焰切割工卡具时，应在离母材表面 3mm 处切割，并将残留的焊疤打磨修整至与母材表面齐平，且无裂纹。

8.2.3 焊接工艺要求

1 管道焊接方法应按设计规定执行；当设计无规定时宜选用钨极惰性气体保护电弧焊打底，全位置熔化极气体保护机动焊填充、盖面的焊接方法。

2 钨极惰性气体保护电弧焊打底应符合下列规定：

- 1) 焊接引弧应在坡口内进行，不得在焊件表面引弧和试验电流，并应防止电弧擦伤母材。
- 2) 在焊接过程中应保证起弧及收弧处的质量，收弧时应将弧坑填满。多层焊道的接头应错开。
- 3) 除工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝宜一次性连续焊完。当因故中断焊接时，应根据工艺要求采取保温缓冷或后热等防止产生裂纹的措施。再次焊接前应检查焊道表面，确认无裂纹后，方可按原工艺要求继续施焊。有预热要求的焊件应按预热要求重新预热后施焊。
- 4) 管子焊接时，管端应封堵，防止管内穿堂风。
- 5) 钨极惰性气体保护电弧焊打底时，打底焊缝厚度大于 3mm，焊接工艺参数应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3-1 钨极惰性气体保护电弧焊打底焊接工艺参数

焊接方法	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	气体流量 (L/min)
钨极惰性气体保护 电弧焊	Φ2~2.5	80~100	8~15	10~15

3 全位置熔化极气体保护机动焊操作应符合下列规定：

1) 施焊前应检查控制柜、智能焊接小车、遥控器、焊机、送丝机、焊枪与线缆、枪缆、气瓶与减压表各部位是否正常。

2) 焊前应检查管道的椭圆度，当椭圆度过大，超出焊枪调节范围时则不能使用全位置熔化极气体保护机动焊。

3) 对施工的管道材质、坡口角度、管径、厚度应进行确认，正确设置焊接参数。

4) 移动焊接小车至管道上，小车四个磁轮应贴紧管壁，保持轴线一致，焊接不锈钢管道

时，应加装碳钢或低合金钢轨道辅助小车磁力吸附。移动送丝机至合适位置（以枪缆与管道可以绕一圈为参考），枪缆与控制线缆应平顺，焊枪导电嘴、喷嘴应通畅。

5) 开启控制柜电源，小车自动复位至最大摆幅距离行程的中间位置，小车的焊枪应在焊缝坡口中心位置，焊枪喷嘴的枪头应与管道焊缝垂直；按下启动键进行摆动定位，两边的摆动位置与摆幅设置应一致；开启焊机电源，待焊机显示电流电压值并确认，检查气体流量至 15L/min~25L/min，检查送丝机构正常，焊接地线接到所焊接管道上。

6) 使用遥控器进行参数设置；设置智能纠偏。

7) 启动小车自动焊接。

8) 焊丝应与坡口中心对中，起弧时，应先开启手动纠偏模式，保证焊缝不偏时，再开启视觉纠偏。

9) 焊接过程中，应仔细观察焊缝，发现有偏斜时，可将视觉纠偏改为手动纠偏，纠偏完成后再继续视觉纠偏。

10) 起弧点应打磨成斜坡形式，保证焊缝接头质量。

11) 每层焊接完成后，应将焊道中不平整处和焊缝与坡口边缘的夹角进行打磨，圆滑过渡。

12) 立向上 45° 焊接时应对摆幅、小车速度做实时调整，保证熔池平滑。

13) 焊接时视觉相机温度应不超过 60℃。

14) 焊接时，禁止焊枪升降的调节超出焊枪行程范围。

15) 焊接过程中应做好防风措施。

16) 焊接过程中手持遥控器应远离焊接区域，避免焊渣、飞溅损伤遥控器屏幕，影响使用。

17) 焊接过程中发现异常情况如异常噪声、气味，应及时查找原因、排除故障。

18) 焊接结束后，应关闭焊接电源、控制电源，及时清理焊接小车磁轮上的焊渣。

4 全位置熔化极气体保护机动焊焊接工艺参数应符合下列规定：

1) 全位置焊接时电流电压应按上半区/下半区设置，设置不同角度分区参数：电流、电压、小车速度、摆幅、摆速、内外侧延时。

2) 设置电流参数，实芯焊丝全位置焊接时电流宜为 130A~160A，水平转动焊接位置时电流大于 150A。

3) 设置电压参数可根据所采用的焊接电流的大小，计算出电弧电压的近似值：

当焊接电流在 200A 以下，主要是短路过渡，电弧电压可按下式计算：

$$U=0.04I+16\pm 2 \quad (8.2.3-1) ;$$

当焊接电流在 200A 以上，主要是射滴过渡，电弧电压可按下式计算：

$$U=0.04I+20\pm 2 \quad (8.2.3-2) 。$$

- 4) 焊丝伸出长度宜为 10 倍焊丝直径 ($L=10d$)。
- 5) 立向下焊接时, 应提高焊接速度使电弧靠前, 降低摆速、延时减缓熔池向下流动速度, 保证焊缝宽度, 熔深和厚度基本达到一致。仰焊、立向上焊接时, 应降低焊接速度、增加摆幅、降低摆速、增加延时, 因在立向上焊接焊缝中间凸起, 焊缝整体宽度减少, 增加摆幅、降低焊接速度是保证焊缝宽度一致; 降低摆速、增加延时是减缓熔池因重力向中间移动, 使焊缝基本平整。
- 6) 小车速度即为焊接速度, 可根据摆幅设置, 如摆幅 6mm, 小车速度可为 15cm/min~17cm/min; 摆幅 10mm, 小车速度可为 10cm/min~12cm/min。
- 7) 摆幅可根据所需焊接坡口的宽度或者上一层焊缝实际宽度设置, 为保证焊接质量, 摆幅不宜超过 12mm, 坡口宽度过大应采用多层多道焊。
- 8) 焊枪摆动速度可设置 20mm/s~40mm/s。
- 9) 焊枪摆动内外侧延时参数可设置 300ms~400ms。
- 10) 常用焊接工艺参数见表 8.2.3-2、表 8.2.3-3:

表 8.2.3-2 焊接工艺参数

工艺参数	管道材质	20#	坡口类型	V 型	规格	16mm	气体	混合气	焊丝型号	ER50-6
	电流	140A	车速	17cm/min	摆幅	7mm	摆速	30mm/s	焊缝层数	1 层
	电压	16V	内侧延时	300ms	外侧延时	300ms	延时距离		焊缝类型	填充
角度位置	0 点~3 点	车速	17cm/min	摆幅	8mm	摆速	30mm/s	内/外延时	300ms	
	3 点~6 点	车速	18cm/min	摆幅	8mm	摆速	30mm/s	内/外延时	300ms	
	6 点~9 点	车速	16cm/min	摆幅	8mm	摆速	25mm/s	内/外延时	350ms	
	9 点~12 点	车速	17cm/min	摆幅	8mm	摆速	27mm/s	内/外延时	350ms	

表 8.2.3-3 焊接工艺参数

工艺参数	管道材质	20#	坡口类型	V 型	规格	16mm	气体	混合气	焊丝型号	ER50-6
	电流	150A	车速	15cm/min	摆幅	8mm	摆速	30mm/s	焊缝层数	1 层
	电压	17V	内侧延时	300ms	外侧延时	300ms	延时距离		焊缝类型	压道
角度位置	0 点~3 点	车速	15cm/min	摆幅		摆速		内/外延时	300ms	
	3 点~6 点	车速	16cm/min	摆幅	8mm	摆速	28mm/s	内/外延时	320ms	
	6 点~9 点	车速	14cm/min	摆幅	9mm	摆速	25mm/s	内/外延时	330ms	
	9 点~12 点	车速	15cm/min	摆幅	9mm	摆速	30mm/s	内/外延时	320ms	

- 5 各传动部件应经常检查, 确保运转灵活无卡阻现象。

- 6 应每三个月给蜗轮蜗杆、传动丝杆补充固体润滑油。当室温低于 5℃时，润滑油应更换成 20 号机械油。
- 7 应定期检查视觉传感器，当窗口图像不清晰度时，应及时更换视觉传感器窗口玻璃。
- 8 焊前应清理焊枪和小车磁轮。

8.3 管道水平转动钨极惰性气体保护机动焊

8.3.1 一般规定

- 1 本节规定了管道水平转动钨极惰性气体保护机动焊焊接工艺及相关的焊接要求。
- 2 适用薄壁管道的焊接，中厚壁管道的打底焊；用于接管与接管、接管与弯头、接管与对焊法兰等多种接头的预制焊接。

8.3.2 焊前准备

1 焊接材料的选用应按照母材的化学成分、力学性能、焊接性能、焊前预热、焊后热处理、使用条件及施工条件等因素综合确定。碳素钢、低合金钢的焊接，选用的焊丝应保证焊缝金属的力学性能高于或等于母材标准规定的下限值；铬、钼耐热钢、奥氏体不锈钢的焊接，应选用与母材成分相当的焊丝，焊缝金属中的铬、钼含量不应低于母材标准规定的下限值。

2 焊接材料应具有产品质量证明书，并符合相应标准的规定。使用单位应按有关标准的规定进行验收或复验，合格后方准使用。

3 焊丝表面不得有锈、油等，有过大的局部弯折应校直。

4 常用钢号推荐选用的焊接材料见表 8.1.2。

5 坡口准备：

- 1) 管道壁厚 2.5mm 以下无需开坡口；碳钢、低合金钢管道壁厚 14mm 以下 2.5mm 以上采用 V 型坡口，14mm 以上采用 U 型坡口。
- 2) 坡口可用坡口机、车床等设备加工。坡口端面倾斜偏差不应大于管子外径的 1%，且不得大于 3mm。
- 3) 坡口组对时可不留间隙。
- 4) 管子或管件对接焊缝组对时，内壁错边量不应超过接头母材厚度的 10%，且不应大于 2mm。

6 焊前清理

1) 氧化物清理

管口内壁和外壁焊缝周边 20mm 内进行氧化物清理（碳钢要清理到金属颜色，不锈钢要进行氧化皮清理）。

2) 毛刺清理

在坡口加工过程中，坡口周边会留有毛刺，毛刺会对后续的组对和焊接工作造成影响，所以要彻底的清理。

3) 油污清理

不锈钢和有色金属应用酒精或者丙酮对焊缝周边 30mm 内进行彻底清理, 洁净管道必须用高纯丙酮对焊缝周边 100mm 内进行彻底清理。

7 焊机准备

1) 检查水冷循环系统, 通水检查应保证水流量大于或等于 600ml/min, 不足者补充适量纯净水。

2) 连接枪头和电源, 水电气管路, 焊接电缆。

3) 安装好与焊丝直径相适宜的送丝轮, 穿好焊丝, 调整好送丝轮与焊丝之间的距离。

4) 安装好引弧圈; 调整好弧长。

5) 枪头与焊机连线。

6) 装夹钨极, 调整钨极干伸长为 6mm~10mm, 调节钨极至焊件的距离, 不填丝约 1.5mm, 填丝焊时约 3 mm 左右, 调节横摆电机, 使钨极尖正对焊缝; 送出的焊丝贴在钨极正下方的焊件上, 焊丝伸出送丝嘴约 6mm~8mm。

7) 装夹工件。

8) 装地线夹, 将水管缠绕在绕线架上。

8 根据焊接工艺评定编制焊接工艺规程。根据焊接电源使用说明书, 对焊接参数进行设置。

8.3.3 焊接工艺要求

1 定位焊缝应符合下列规定:

1) 定位焊缝应由持相应合格项目的焊工施焊。

2) 定位焊缝焊接时, 应采用与工程正式焊接相同的焊接工艺。

3) 定位焊缝的长度、厚度和间距的确定, 应能保证焊缝在正式焊接过程中不开裂。

4) 在根部焊道焊接前, 应对定位焊缝进行检查, 当发现缺陷时, 应处理后方可施焊。

2 对含铬量大于或等于 3%或合金元素总含量大于 5%的焊件, 采用钨极惰性气体保护电弧焊进行根部焊接时, 焊缝背面应充氩气或其他保护气体, 或应采取其他防止背面焊缝金属被氧化的措施。

3 其他工艺要求及注意事项:

1) 焊接过程中应保证起弧和收弧处的质量, 收弧时应将弧坑填满, 多层多道焊接接头应错开。

2) 管子焊接时, 管内应防止穿堂风。

3) 除工艺或检验要求需分次焊接外, 每条焊缝宜一次连续焊完。当因故中断焊接时, 应根据工艺要求采取保温缓冷或后热等防止产生裂纹的措施。再次焊接前应检查焊道表面, 确认无裂纹后, 方可按原工艺要求继续施焊。

4) 根据管道直径及焊接工艺参数, 选择合适的喷嘴、保护气体流量。

- 5) 设置焊接参数，先模拟焊接，检查旋转方向、送气等是否正常。
- 6) 开启电源，进行焊接。在焊接过程中，若管子有变形或外界条件改变，调节弧长控制器或通过电源控制自动调节电弧高度，保证焊缝的均匀一致。
- 7) 焊接完成后，拆卸焊枪；开启电源，检查旋转、送丝、弧长控制、冷却水流量是否正常。

8.4 管道水平转动熔化极气体保护机动焊

8.4.1 一般规定

- 1 本章适用于低碳钢、低合金钢、高合金钢管道水平转动气体保护焊自动焊接。
- 2 适用管子公称尺寸范围为 50mm~600mm，壁厚为 3mm~52mm。适用焊缝：管子与管子焊缝、管子与弯头焊缝、管子与法兰焊缝等。

8.4.2 焊前准备

- 1 采用 $\Phi 0.8\text{mm} \sim \Phi 1.2\text{mm}$ 实芯焊丝或者 $\Phi 0.8\text{mm} \sim \Phi 1.2\text{mm}$ 药芯焊丝，常用钢号推荐选用的焊接材料见表 8.1.2。
- 2 通常采用纯 CO_2 或 $80\%\text{Ar}+20\%\text{CO}_2$ (体积分数) 作为保护气体。 CO_2 气体的纯度要达到 99.5% 以上，其质量应符合《工业液体二氧化碳》GB/T 6052 的要求。
- 3 对焊机及附属设备严格进行检查，应确保电路、气路及机械装置的正常运行。
- 4 一般采用单面 V 形坡口，坡口角度和根部间隙由焊件厚度决定，一般参考《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 标准中规定。
- 5 坡口采用车床或管道坡口机加工。加工后的坡口尺寸及表面粗糙度等必须符合设计图纸或工艺文件的规定。
- 6 坡口及坡口周围不小于 20mm 范围内必须保持清洁，不得有影响焊接质量的铁锈、油污、水和涂料等异物。
- 7 焊接前必须详细阅读焊机使用说明书，并按照焊机焊接操作规程进行焊接。

8.4.3 焊接工艺要求

- 1 焊接顺序为打底焊、填充焊和盖面焊。打底焊厚度不超过 4mm，填充焊时，焊枪横向摆动，使焊道表面下凹，且高度低于母材表面 1.5mm~2mm；盖面焊时，焊接熔池边缘应超过坡口棱边 2mm~4mm，防止产生咬边。
- 2 定位焊缝应有足够的强度，如发现定位焊缝有夹渣、气孔和裂纹等缺陷，应将缺陷部位除尽后再补焊。定位焊缝的长度在 20~50mm，定位焊缝间距在 100mm~200mm。
- 3 保护气体应有足够的流量并保持层流（保护气体在喷嘴内和喷嘴外的一定距离作有规则的层状流动），及时清除附在导电嘴和喷嘴上的飞溅物，确保良好的保护效果。
- 4 焊接区域的风速应限制在 1.0m/s 以下，否则应采用挡风装置。
- 5 应经常清理送丝软管内的污物，送丝软管的曲率半径不得小于 150mm。

- 6 焊接工艺参数可参考表 8.4.3。
- 7 焊接过程中，导电嘴到母材之间的距离一般为焊丝直径的 10~15 倍。
- 8 焊丝直径小于或等于 1.2mm 时，气体流量一般为 6L/min~15L/min，焊丝直径大于 1.2mm 时，气体流量一般为 15L/min~25L/min。焊接电流越大，焊接速度越高。
- 9 采用多层焊时，应将前一道焊缝表面清理干净后，再继续施焊。
- 10 根据焊丝直径正确选择焊丝导电嘴，焊丝伸出长度一般应控制在 10 倍焊丝直径范围以内。
- 11 施焊前应将送气软管内残存的不纯气体排出。
- 12 导电嘴磨损后孔径增大，引起焊接不能稳定，需重新更换导电嘴。
- 13 应经常清理软管内的污物及喷嘴的飞溅。

表 8.4.3 气体保护焊焊接工艺参数推荐

焊接方式	焊丝直径 (mm)	焊件厚度适用范围 (mm)	电源极性	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	干伸长 (mm)	保护气体	气体流量 (L/min)			
CO ₂ 实芯	0.8	1~3	直流反接	80~120	17~20	8~12	99.7% CO ₂	8~15			
	1.0	3		140~160	22~24	10~15		8~15			
		4~5		160~180	24~26			8~15			
		5~6		180~200	26~28			8~15			
		6~8		200~220	28~30			10~20			
		8~10		220~240	32~34			10~20			
		10 以上		250~280	34~37			15~25			
	1.2	10 以上		210~250	30~33	12~20		15~25			
				250~300	34~38						
	混合气体保护焊	0.8		1~3	直流反接	80~120		16~18	8~12	80%Ar+20% CO ₂	8~15
1.0		3	140~160	18~21		10~15	8~15				
		4~6	160~180	21~24			8~15				
		6~8	180~200	24~27			10~20				
		8~10	220~240	28~32			10~20				
		10 以上	250~280	32~35			15~25				
			210~250	28~32			12~20	15~25			
1.2		10 以上	250~300	32~36							
			CO ₂ 药芯	1.2		4~6	直流反接	180~200	22~26		12~20
6 以上		210~250		28~30							

8.5 管道水平转动埋弧机动焊

8.5.1 一般规定

1 本章适用于碳素钢、低合金钢、高合金钢等的管道水平转动焊接的埋弧自动焊。

2 适用管子公称尺寸大于或等于 200mm，壁厚为 8mm~65mm。适用焊缝：管子与管子焊缝、管子与弯头焊缝、管子与法兰焊缝等。

8.5.2 焊前准备

1 常用钢号推荐选用的埋弧焊焊剂和焊丝见表 7.1.2。

2 全面检查自动焊设备各组成部分的电气及机械部件是否正常。

3 检查焊丝、焊剂的牌号、规格，是否有质量证明书。焊丝表面不得有锈、油等，焊剂应按要求进行烘干。

4 一般情况下，开 V 形或 U 形坡口。

5 坡口可用管道坡口机、车床等设备加工。加工后的坡口尺寸及表面粗糙度等必须符合设计图纸或工艺文件的规定。

6 焊前应将坡口及两侧 20mm~50mm 区域内的铁锈、氧化皮、油污、水分等必须清除干净。

7 检查焊件的装配质量，必须保证间隙均匀、高低平整且不错边。

8 定位焊用的焊材应与焊缝强度等级或化学成分相当。定位焊缝应平整，不得有气孔、夹渣、裂纹等缺陷。

9 有预热要求者，应按专用工艺文件预热，并保证预热温度的均匀性。

10 定位焊缝采用钨极惰性气体氩弧保护焊进行焊接，定位焊缝应与母材强度相等，且应平整、无气孔、夹渣等缺陷，长度一般应大于 30mm，定位焊缝间距在 100mm~200mm。

8.5.3 焊接工艺要求

1 根据焊缝的熔深和熔宽选择合适的焊接工艺。

2 焊接顺序为：打底焊、填充焊和盖面焊。

3 一般采用钨极惰性气体氩弧保护焊进行打底焊，打底焊厚度要超过 3mm。

4 当焊接小直径的管道时，为了使熔池和熔渣有足够的凝固时间，以保证焊缝良好成形，焊丝应在焊件旋转方向相反的位置偏离中心线一定距离。一般根据管道直径的大小以及焊接速度的快慢，确定为 20mm~40mm。

5 盖面层焊接时电流、电压应比填充时相应减小，焊接速度加大。

6 在适当的收弧时间前按下收弧程序开关，使工件停止转动，焊丝对弧坑继续填丝，直至收弧处的焊缝尺寸符合技术要求。

7 在焊接过程中应随时调整焊丝始终处于正确的位置上。

8 焊枪头离焊道距离不得小于 15mm，焊丝伸出长度不得小于 30mm。

9 管道水平转动埋弧自动焊焊接工艺参数见表 8.5.3。

表 8.5.3 焊接工艺参数

焊丝直径(mm)	焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度(cm/min)
----------	---------	---------	--------------

2.5	250~320	25~30	20~35
3.2	350~450	28~33	35~50
4	400~550	28~33	50~70

10 高合金钢管道焊接时应采用小线能量焊接工艺参数。

11 焊接时，焊丝与管道中心的垂直中心线的偏移量应随着工件直径、焊接速度的增大而增大。

12 当壁厚较厚时，宜采用多层多道焊，坡口形状一般采用V形或U形，坡口宽度与坡口深度最好一致，尽量避免坡口宽度比坡口深度小很多。

13 当多层多道焊时，注意检查每一层每一道焊缝成形情况，出现未熔合的深沟时要停止焊接并进行打磨清除，将出现的缺陷重新焊接后方能进行下一步。

14 焊剂在焊道上不宜堆叠过高，避免焊缝成形恶化。

9 管板机动焊

9.1 一般规定

9.1.1 管板机动焊是焊接换热管与管板接头形式的钨极氩弧全位置自动化焊接。

9.1.2 本章适用于碳素钢、奥氏体不锈钢等材质的换热管与管板接头形式的焊接，包括管平头、管伸出。换热管外径范围应为 $\Phi 16\text{mm} \sim \Phi 60\text{mm}$ ，管板厚度不限。可采用自熔焊、填丝焊、自熔加填丝焊。当焊接管子外径小于或等于 $\Phi 25\text{mm}$ 时，应配合气动操作架使用；当焊接管子外径大于 $\Phi 25\text{mm}$ 时，应配合平衡器悬挂式使用。

9.2 焊前准备

9.2.1 常用钢号推荐选用的焊接材料见表 8.1.2。

9.2.2 坡口制备应符合下列规定：

1 管板坡口可根据设计文件要求或工艺条件选用标准坡口或自行设计。

2 管板坡口加工宜采用机械加工方法。

3 用于焊接时的换热管管端清理长度应大于 100mm；用于胀接时的换热管管端清理长度应大于管板厚度的 2 倍。

4 管板坡口和管板孔应清理干净，露出金属光泽。

9.2.3 组对定位应符合下列规定：

1 折流板应清理干净，露出金属光泽。

2 换热管和管板装配时不得用铁器敲打。

3 换热管伸出管板长度宜为 3mm~5mm，或应符合设计文件的规定。

4 换热管与管板装配间隙应均匀，单边间隙应控制在 0.8mm 以内。

5 换热管管端应用平头机平口，并应去除换热管口处的毛刺。

6 换热管与管板组装后，用气焊火焰加温烤去水分和油污，再用钢丝轮清理见金属光泽，最后用干燥的压缩空气吹扫。

7 定位焊应采用钨极氩弧气体保护电弧焊，可加丝也可不加丝，定位焊缝高度不宜过高。

8 焊丝和焊件应保持清洁、干燥。

9.2.4 焊机准备应符合下列规定：

1 手柄或遥控器上的功能键应正常。

2 压缩空气的压力、氩气流量应处于使用范围内。

3 弹性定位器应能紧紧地胀在管内壁上。

4 芯轴与管板平面应垂直。

5 焊枪的焊接直径、角度、高度应符合使用要求。

6 钨极伸出长度应不超过喷嘴直径的 2/3。

7 焊丝的位置应符合使用要求。。

8 焊枪应定位在所需焊接的管板上。

9 应编辑输入焊接程序或参数。

9.3 焊接工艺要求

9.3.1 工艺人员应依据评定合格的焊接工艺，从实际情况出发，编制焊接工艺文件。

9.3.2 焊工应仔细阅读焊机使用说明书，必须按说明书操作步骤进行焊接。

9.3.3 焊工应按设计文件、工艺文件和技术标准施焊。

9.3.4 焊接前管板与焊机机头应平行，保证焊枪在一个垂直平面内旋转，钨极至焊缝的距离始终保持一致，防止出现焊缝成形不均匀，换热管局部没有被熔化以及夹钨等现象发生。

9.3.5 应先模拟焊接，检查旋转、送丝、保护气体流量等各功能是否正常。再调整好起焊点位置，开始正式施焊。

9.3.6 焊接时应先通保护气体，再引弧焊接。

9.3.7 焊接时应采用小线能量。

9.3.8 焊接时焊枪角度应正确。

9.3.9 多层焊时，各层焊道的接头应错开。

9.3.10 角焊缝的根部应焊透。

10 焊接检验

10.1 焊接前检查

- 10.1.1 焊接前,应对所要使用的母材及焊接材料按设计文件和相关规范的规定进行检查和验收。
- 10.1.2 焊接材料在使用前应按规定进行烘干,并应在使用过程中保持干燥。
- 10.1.3 焊接前应检查坡口及坡口两侧的清理质量。清理宽度及清理后的表面质量应符合相关规范和焊接工艺文件的规定。
- 10.1.4 焊件组对前应对其主要结构尺寸与形状、坡口形式和尺寸、坡口表面进行检查,其质量应符合设计文件、焊接工艺文件和相关规范的有关规定。当设计文件、相关规范对坡口表面要求进行无损检测时,检测及对缺陷的处理应在施焊前完成。
- 10.1.5 焊件组对后应检查焊缝的形状、位置、错边量、角变形、组对间隙等,其质量应符合设计文件、焊接工艺文件和相关规范的规定。
- 10.1.6 对有焊前预热规定的焊件,焊接前应检查预热温度并记录,预热温度及预热区域宽度应符合设计文件、焊接工艺文件和相关规范的规定。

10.2 焊接中检查

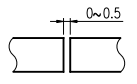
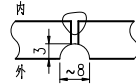
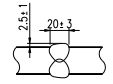
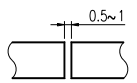
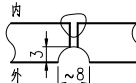
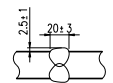
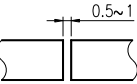
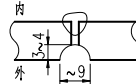
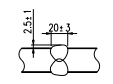
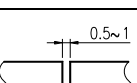
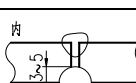
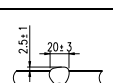
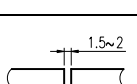
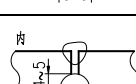
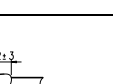
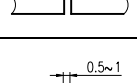
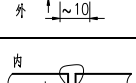
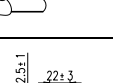

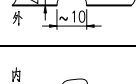
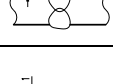
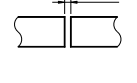
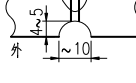
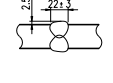
- 10.2.1 定位焊缝焊完后,应清除渣皮进行检查,其质量应符合焊接工艺文件和相关规范的规定。
- 10.2.2 对有冲击韧性要求的焊缝,施焊时应测量焊接线能量并记录。焊接线能量应符合设计文件和焊接工艺文件的规定。
- 10.2.3 多层焊时每层焊完后,应立即对层间进行清理,并应进行外观检查,清除缺陷后,再进行下一层的焊接。
- 10.2.4 对规定进行层间无损检测的焊缝,无损检测应在外观检查合格后进行。如果管道壁厚超过 30mm 时,为减少根部焊缝返修工作量,在打底焊和填充焊厚度达到 12mm~15mm 时,先做一次射线检测,经检验评定合格后,继续进行余下焊缝填充盖面工作,完成后再进行一次射线检测或超声波检测。
- 10.2.5 表面无损检测应在射线检测及超声波检测前进行。
- 10.2.6 对道间温度有明确规定的焊缝,应检查记录道间温度,道间温度应符合焊接工艺文件和相关规范的规定。
- 10.2.7 对中断焊接的焊缝,继续焊接前应进行清理、检查,对发现的缺陷应进行清除,并应符合规定的预热温度后方可施焊。
- 10.2.8 焊接双面焊件时应清理并检查焊缝根部的背面,清除缺陷后方可施焊背面焊缝。规定清根的焊缝,应在清根后进行外观检查及规定的无损检测,清除缺陷后方可施焊。
- 10.2.9 对规定进行后热的焊缝,应检查后热温度和后热时间。后热温度、后热时间和加热区域范围应符合焊接工艺文件和相关规范的规定。

10.3 焊接后检查

- 10.3.1 除设计文件和焊接工艺文件有特殊要求的焊缝外，焊缝应在焊完后立即去除渣皮、飞溅物，清理干净焊缝表面，并应进行焊缝外观检查。
- 10.3.2 焊缝边缘应圆滑过渡到母材，焊缝表面不得有裂纹、未焊透、未熔合、气孔、夹渣和未焊满，焊缝外形尺寸应符合设计要求和相关规范的规定。
- 10.3.3 除设计文件和焊接工艺文件另有规定外，焊缝无损检测应在该焊缝完成并经外观检查合格后进行。对有延迟裂纹倾向的材料，无损检测应在焊接完成 24h 后进行。对有再热裂纹倾向的焊缝，无损检测应在热处理后进行。
- 10.3.4 除设计文件和焊接工艺文件另有规定外，应按有关规范的规定对焊缝进行表面无损检测（磁粉检测或渗透检测）。磁粉检测和渗透检测应按相关规范的规定进行。
- 10.3.5 除设计文件和焊接工艺文件另有规定外，应按有关规范的规定对焊缝进行射线检测或超声检测。射线检测和超声检测应按相关规范的规定进行。
- 10.3.6 对焊缝无损检测时发现的不允许缺陷，应消除后进行补焊，并应对补焊处采用原规定的方法进行检验，直至合格。对规定进行抽样或局部无损检验的焊缝，当发现不允许缺陷时，应采用原规定的方法进行扩大检验。
- 10.3.7 要求热处理的焊缝，热处理后应进行硬度检验。焊缝的硬度检验区域应包括焊缝和热影响区。
- 10.3.8 当对焊缝进行化学成分分析、焊缝铁素体含量测定、焊接接头金相检验、产品试件力学性能等检验时，应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。

附录 埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表

埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表

厚度 (mm)	焊缝 类别	正反面	焊接 层次	每层 道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡 口	挑 焊 根	焊 缝
8	纵焊缝	正面	1	1	520~550	32~34	55~58			
		反面	1	1	500~550	34~36	55~58			
	环焊缝	正面	1	1	500~550	32~34	55~58			
		反面	1	1	520~550	34~36	55~58			
10	纵焊缝	正面	1	1	550~600	34~36	50~53			
		反面	1	1	550~570	36~38	48~51			
	环焊缝	正面	1	1	570~590	36~38	48~50			
		反面	1	1	550~580	36~38	48~50			
12	纵焊缝	正面	1	1	620~650	36~38	46~50			
		反面	1	1	600~630	36~38	45~48			
	环焊缝	正面	1	1	600~650	36~38	45~48			
		反面	1	1	600~630	38~40	45~46			
14	纵焊缝	正面	1	1	650~700	36~38	45~48			
		反面	1	1	650~680	36~38	43~46			
	环焊缝	正面	1	1	650~700	36~38	41~45			
		反面	1	1	650~680	38~40	40~43			

埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 1)

厚度 (mm)	焊缝类别	正反面	焊接层次	每层道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡口	挑焊根	焊缝
16	纵焊缝	正面	1	1	680~720	36~38	41~45			
		反面	1	1	670~700	38~40	40~43			
	环焊缝	正面	1	1	680~720	36~38	40~43			
		反面	1	1	680~700	38~40	38~41			
18	纵焊缝	正面	1	1	680~700	36~38	40~43			
		反面	1	1	680~720	36~38	38~41			
	环焊缝	正面	1	1	680~700	36~38	36~40			
		反面	1	1	680~700	36~38	40~45			
		反面	2	1	680~700	38~40	35~38			
20	纵焊缝	正面	1	1	680~700	36~38	35~38			
		反面	1	1	700~730	36~38	41~45			
		反面	2	1	650~680	38~40	36~41			
	环焊缝	正面	1	1	650~680	36~38	36~40			
		反面	1	1	700~730	36~38	41~45			
		反面	2	1	650~680	38~40	36~41			

埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 2)

厚度 (mm)	焊缝类别	正反面	焊接层次	每层道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡口	挑焊根	焊缝
22	纵焊缝	正面	1	1	680~720	36~38	40~45			
		正面	2	1	680~700	38~40	38~41			
		反面	1	1	700~720	36~38	41~45			
		反面	2	1	680~700	38~40	36~45			
	环焊缝	正面	1	1	680~700	36~38	40~45			
		正面	2	1	680~700	38~40	36~41			
		反面	1	1	680~720	36~38	41~45			
		反面	2	1	680~700	38~40	36~45			
24	纵焊缝	正面	1	1	700~750	36~38	40~45			
			2	1	680~700	38~40	36~41			
		反面	1	1	700~720	36~38	36~43			
			2	1	680~700	38~40	35~40			
	环焊缝	正面	1	1	700~730	36~38	38~45			
			2	2	650~680	38~40	40~45			
		反面	1	1	680~700	36~38	35~38			
			2	2	650~680	38~40	40~45			

埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 3)

厚度 (mm)	焊缝类别	正反面	焊接层次	每层道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡口	挑焊根	焊缝
25~26	纵焊缝	正面	1	1	680~720	36~38	40~45			
		正面	2	1	650~680	38~40	35~38			
		反面	1	1	700~720	36~38	35~38			
		反面	2	1	650~680	36~38	40~45			
		反面	3	2	620~680	38~40	35~50			
	环焊缝	正面	1	1	680~720	36~38	35~38			
		正面	2	1	650~680	38~40	40~45			
		反面	1	1	650~680	36~38	40~45			
		反面	2	1	650~680	36~38	40~45			
		反面	3	2	620~680	38~40	45~50			
28	纵焊缝	正面	1	1	720~750	36~38	38~41			
		正面	2	2	620~680	38~40	45~50			
		反面	1	1	720~750	36~38	38~41			
		反面	2	2	620~680	36~38	45~50			
		反面	3	3	620~680	38~40	45~50			
	环焊缝	正面	1	1	650~700	36~38	40~45			
		正面	2	2	620~680	38~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
		反面	2-3	2	650~680	36~38	45~50			
		反面	4	3	650~680	38~40	45~50			

埋弧机焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 4)

厚度 (mm)	焊缝 类别	正反面	焊接 层次	每层 道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡 口	挑 焊 根	焊 缝
30	纵焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	35~38			
		正面	2	2	650~680	38~40	41~46			
		反面	1	1	700~720	36~38	38~41			
		反面	2	2	620~680	36~38	45~50			
		反面	3	3	620~680	38~40	41~45			
	环焊缝	正面	1	1	650~700	36~38	40~45			
		正面	1	2	620~680	38~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
		反面	2~3	2	650~680	36~38	45~50			
		反面	4	3	650~680	38~40	45~50			
32	纵焊缝	正面	1	1	720~750	36~38	35~38			
		正面	2	2	650~680	38~40	41~46			
		反面	1	1	720~750	36~38	38~41			
		反面	2	2	620~680	36~38	41~45			
		反面	3	3	620~680	38~40	41~45			
	环焊缝	正面	1	1	650~700	36~38	24~27			
		正面	2	2	650~680	38~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
		反面	2~4	2	650~680	36~38	45~50			
		反面	5	3	650~680	38~40	45~50			

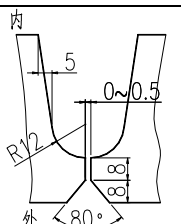
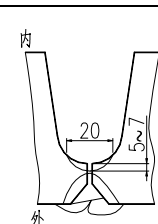
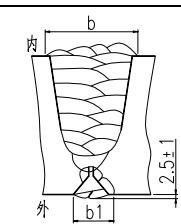
埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 5)

厚度 (mm)	焊缝类别	正反面	焊接层次	每层道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡口	挑焊根	焊缝
34	纵焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	35~38			
		正面	2-3	各 2	650~680	36~40	41~46			
		反面	1	1	680~720	36~38	38~41			
		反面	2-4	2	620~680	36~38	45~50			
		反面	5	3	620~680	38~40	45~50			
	环焊缝	正面	1	1	680~720	36~38	38~46			
		正面	2	各 2	650~680	36~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
		反面	2-5	各 2	650~680	36~38	41~46			
		反面	6	3	650~680	38~40	41~46			
36	纵焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	35~38			
			2-3	各 2	650~680	36~40	41~46			
		反面	1	1	720~750	36~38	38~41			
			2-4	2	620~680	36~38	45~50			
			5	3	620~680	38~40	45~50			
	环焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	38~41			
			2	2/3	650~680	36~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
			2-5	2	650~680	36~38	41~46			
			6	3	650~680	38~40	41~46			

埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 6)

厚度 (mm)	焊缝类别	正反面	焊接层次	每层道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡口	挑焊根	焊缝
38	纵焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	35~38			
			2	各 2	650~680	36~40	41~46			
		反面	1	1	680~720	36~38	40~45			
			2-5	2	620~680	36~38	41~46			
			6	3	620~680	38~40	41~46			
	环焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	38~41			
			2	2/3	620~680	36~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
			2-5	2	650~680	36~38	41~46			
			6	3	650~680	38~40	41~46			
40	纵焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	35~38			
			2	各 2	650~680	36~40	41~46			
		反面	1	1	720~750	36~38	38~41			
			2-5	2	620~680	36~38	45~50			
			6	3	620~680	38~40	45~50			
	环焊缝	正面	1	1	700~720	36~38	38~41			
			2-3	2	620~680	36~38	45~50			
			4	3	620~680	38~40	45~50			
		反面	1	1	700~720	36~38	40~45			
			2-6	2	620~680	36~38	45~50			
7	3	620~680	38~40	45~50						

埋弧机动焊平焊焊接工艺参数推荐表 (续 7)

厚度 (mm)	焊缝 类别	正反面	焊接 层次	每层 道数	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	坡 口	挑 焊 根	焊 缝
40~ 65	环焊缝	内	1	1	650~700	36~38	40~45			
			2	2	620~680	38~40	45~50			
		外	1	1	650~700	36~38	40~45			
			中间层	2	620~680	36~38	45~50			
			盖面	3-4	620~680	38~40	45~50			

注：厚度为 40~65 b=45±5 b1=30±3

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用本文件。

GB/T 150	压力容器
GB/T 985.1	气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
GB/T 985.2	埋弧焊的推荐坡口
GB/T 2650	金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验
GB/T 2651	金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验
GB/T 2652	金属材料焊缝破坏性试验 熔化焊接头焊缝金属纵向拉伸试验
GB/T 2653	焊接接头弯曲试验方法
GB/T 2654	焊接接头硬度试验方法
GB/T 3429	焊接用钢盘条
GB/T 4241	焊接用不锈钢盘条
GB/T 39255	焊接与切割用保护气体
GB/T 4842	氩
GB 9448	焊接与切割安全
GB/T 5293	埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 6052	工业液体二氧化碳
GB/T 8110	熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
GB/T 10045	非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
GB/T 12470	埋弧电弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 13298	金属显微组织检验方法
GB/T 13869	用电安全导则
GB/T 14957	熔化焊用钢丝
GB/T 17493	热强钢药芯焊丝
GB/T 17853	不锈钢药芯焊丝
GB/T 18591	焊接预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南
GB/T 31032	钢质管道焊接及验收
GB/T 34525	气瓶搬运、装卸、储存和使用安全规定
GB 50128	立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范

GB 50235	工业金属管道工程施工规范
GB 50236	现场设备、工业管道焊接工程施工规范
GB 50661	钢结构焊接规范
NB/T 47013	承压设备无损检测
NB/T 47014	承压设备焊接工艺评定
NB/T 47015	压力容器焊接规程
NB/T 47016	承压设备焊接产品焊接试件的力学性能检验
NB/T 47018	承压设备用焊接材料订货技术条件
JB/T 3223	焊接材料质量管理规程
YB/T 5091	惰性气体保护焊用不锈钢丝
TSG 21	固定式压力容器安全技术监察规程
TSG D0001	压力管道安全技术监察规程-工业管道
TSG Z6002	特种设备焊接操作人员考核细则
SH/T 3501	石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范
SH/T 3520	石油化工铬钼钢焊接规范
SH/T 3523	石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程
SH/T 3525	石油化工低温钢焊接规范
SH/T 3527	石油化工不锈钢复合钢焊接规程
SH/T 3554	石油化工钢制管道焊接热处理规范
DL/T 752	火力发电厂异种钢焊接技术规程
DL/T 819	火力发电厂焊接热处理技术规程
DL/T 868	焊接工艺评定规程
DL/T 869	火力发电厂焊接技术规程
JGJ 46	施工现场临时用电安全技术规范
SY/T 0452	石油天然气金属管道焊接工艺评定
CB/T 3715	陶质焊接衬垫
CB/T 3947	气电自动立焊工艺要求

2 参考资料

相关焊接设备厂家产品说明书

条文说明

1 总 则

1.0.2 明确本规程的适应范围是金属材料，而不适应非金属材料。低碳钢系指 $C \leq 0.30\%$ ；合金钢包括低合金结构钢、低温钢、耐热钢、不锈钢、耐热耐蚀高合金钢等。有色金属因缺乏机动焊研发数据暂不适应本规程。

1.0.3 自保护药芯焊丝机动焊焊接方法，因缺乏这方面的研发数据，暂不适应本规程。

1.0.5 强调设计文件是工程施工的基本依据，设计变更，签署意见并盖章后，方可按变更后的设计要求进行焊接施工。

1.0.7 本规程是指导现场机动焊施工的综合性规程，考虑到各行业机动焊焊接施工的特殊性，现场焊接机动焊施工，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关规范、标准的规定。

2 术 语

2.0.2 手工焊 hand welding

采用了现行TSG特种设备安全技术规范《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002-2010的术语。

2.0.3 机动焊 mechanized welding

采用了现行TSG特种设备安全技术规范《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002-2010的术语。

2.0.4 自动焊 automatic welding

采用了现行TSG特种设备安全技术规范《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002-2010的术语。

2.0.8 焊接技能评定 welding skill assessment

采用了现行国家标准《现场设备、工业和管道焊接工程施工规范》GB 50236-2011的术语。

3 基本规定

3.0.1 本条强调设计文件中焊接技术条件的重要性。

3.0.2 焊接人员包括焊接责任人员和作业人员。焊接人员的素质是保证机动焊质量的前提条件，本条是对焊接责任人员和作业人员最基本的要求。

3.0.4 本条强调施工单位应具备的焊接条件。

3.0.6 不锈钢和有色金属管道大多用于各种耐腐蚀性介质或在高温、低温等特殊条件下使用，主要依靠表面形成致密的氧化膜来达到。因而在机动焊焊接生产过程中，应考虑如何保护其表面不造成损伤和被污染，以免影响其使用性能。

4 材料

4.0.1 机动焊用母材，应有制造商的质量证明文件，并应符合国家现行标准和设计文件的规定，无质量证明书的材料必须按材料标准补做试验，证明合格后方可使用。

4.0.2 检查并确定母材是否无差错地使用在设计规定的部位上，乃是焊接前一个极其重要的工作，材料都要有追溯性。

4.0.3 本条所述焊接材料包括非承压和承压设备和管道用焊接材料，对不同母材用焊接材料的生产标准进行了详细规定。

4.0.4 焊接材料试验或复验应在设计技术文件或供货协议有要求时才进行。

5 焊接工艺评定

5.0.1 机动焊焊接工艺能否保证焊接质量很关键。焊接工艺评定很重要，必须在工程焊接前完成机动焊的焊接工艺评定。

5.0.3 特别指出，对设计文件另有要求的，应执行相应的焊接工艺评定标准。

5.0.8 强调机动焊焊接工艺评定应在本单位进行。试件应由本单位技能熟练的机动焊操作人员施焊。检测试验工作本部位无能力的，可委托有相应资质的检测试验单位进行。

5.0.9 指出长输管道机动焊焊接工艺评定的特点和不同要求。

5.0.10 焊接工艺评定过程中应做好记录，评定完成后提出焊接工艺评定报告，焊接工艺评定报告应由焊接技术负责人审核。

5.0.11 对焊接工艺评定编制、审核、试样保存等规定。

5.0.12 对工程产品机动焊用焊接工艺规程编审的规定。

6 机动焊通用焊接工艺规程

6.0.1 本条款强调凡通过试验研究和实践证明有效的机动焊成果，经相关各方认可并列入行业标准、企业标准后，可用于设备、管道、钢结构的机动焊。

6.0.2 本条款强调特种设备用焊接材料应符合《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018的规定。

6.0.4 本条款特地指明对焊接工艺评定设计另有要求的，执行本规程第 5.0.3 条的规定（应执行相应的焊接工艺评定标准）。

列出了机动焊操作应具有持证合格项目，打底焊项目代号及填充盖面焊项目代号。

6.0.5 机动焊焊接坡口应根据图样要求或工艺条件选用标准坡口或自行设计。坡口形式和尺寸除应考虑常规 8 类因素外，还应重点考虑机动焊的操作便利。

对机动焊应特别注意组对定位后，坡口间隙、错边量、棱角度等应符合图样规定或机动焊操作要求。

本条款强调需要预热的焊件接头温度在整个焊接过程中应不低于预热温度。

6.0.6 本条款强调工艺人员（焊接技术人员）应根据焊件设计文件、服役要求和制造现场条件，依据评定合格的焊接工艺，从实际情况出发，按每个焊接接头编制焊接工艺文件：编制焊接工艺规程（包括封面、焊接接头编号表、焊接材料汇总表、焊接接头工艺卡等）。

本条款强调焊工应按图样、工艺文件和技术标准施焊。

本条款特别强调对有冲击试验要求的焊件应控制线能量，每条焊道的线能量都不超过评定合格的限值。

本条款强调施焊过程中应控制道间温度不超过规定的范围。当焊件规定预热时，应控制道间温度不低于预热温度。

本条款强调每条焊缝宜一次焊完。当中断焊接时，对冷裂纹敏感的焊件应及时采取保温、后热或缓冷等措施。重新施焊时，仍需按原规定预热。

6.0.7 本条款强调焊缝焊后热处理应符合设计或设计指定的规范、标准要求。

6.0.8 本条款指出对需要焊接返修的缺陷应分析产生原因，提出改进措施，按评定合格的焊接工艺编制焊接返修工艺文件。

7 设备及钢结构机动焊

7.1 埋弧机动焊平焊

7.1.2 正确选择焊接材料是保证焊接质量最重要的也是最基本的条件。本条对焊丝、焊剂的选择作了规定。

焊接坡口的根本目的是确保接头根部焊透，并使两侧的坡口面熔合良好。设计焊接坡口既要符合设计文件的要求，还要考虑母材的焊接性、焊接应力、焊接方法的特点及其熔深等。

定位焊缝承受组对应力。如定位焊缝存在缺陷，这些缺陷在焊接过程中常常不能全部熔化，而保留在新的焊道中，形成根部缺陷。因此，定位焊缝应无气孔、夹渣、裂纹等缺陷。

7.2 埋弧机动焊横焊

7.2.2 因埋弧机动焊横焊与埋弧机动焊平焊只是焊接位置不同，所以除了坡口形式和尺寸以外，其它要求按 7.1.2 条款执行。

8 管道机动焊

8.2 管道全位置熔化极气体保护机动焊

8.2.2 铈钨极电子逸出功低，化学稳定性高，允许电流密度大，无放射性，性能优于纯钨极，是目前普遍采用的钨极。钍钨极电子发射能力强，允许电流密度大，电弧燃烧较稳定，但钍元素有一定的放射性。故推荐采用铈钨极，而不推荐采用钍钨极。

焊件组对错边量的大小直接影响到根部焊道质量，尤其是单面焊焊缝，如局部错边量过大，易导致焊缝根部产生未熔合缺陷和造成应力集中。

对不等厚焊件组对时错边量的处理要求既保证了焊接质量，又考虑到了使用条件、应力集中因素和焊件的外观质量。

8.2.3 中断焊接是指一条焊缝因某种原因未能完成而中断，焊缝要在完全冷却后重新开始焊接。每条焊缝连续焊完，可使焊缝在整个焊接过程中少受外界不利因素影响，因此强调：除工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝宜一次性连续焊完。考虑到某些焊缝要进行中间检验或工艺要求或其他原因而中断焊接时，应根据工艺要求采取保温缓冷或后热等防止产生裂纹的措施。再次焊接前应清理并检查焊层表面，有预热要求的还应重新预热。

8.3 管道水平转动钨极惰性气体保护机动焊

8.4 管道水平转动熔化极气体保护机动焊

8.5 管道水平转动埋弧机动焊

所适用的管径受设备卡具的影响，有一定的使用范围，但可根据现场实际情况，设计辅助工装，如主动转动的辊胎等，跟焊接设备联动调试同步后使用，可扩大该机动焊的管径适用范围。

9 管板机动焊

9.1 一般规定

9.2.2 管板机动焊对坡口尺寸要求比较高，因此坡口宜采用机械加工方法。机械加工即冷加工，主要包括车、刨、坡口机加工等，相比热加工，坡口尺寸更精准。

10 焊接检验

10.3 焊接后检查

10.3.4、10.3.5 未指定焊缝无损检测所适用的检测标准及合格等级，应根据设计文件和所焊管道或设备的使用特性，合理地选用检测的方法和划分合格等级。