

UDC

中华人民共和国国家标准

**P** GB50236－2011

**现场设备、工业管道焊接工程施工规范**

Code for construction of field equipment、

industrial pipe welding engineering

（局部修订条文征求意见稿）

20××-××-××发布 20××-××-××实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

联合发布

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局

**《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB50236-2011**

**局部修订条文对照表**

**（方框部分为删除内容，下划线部分为增加内容）**

| **现行《规范》条文** | **修订征求意见稿** |
| --- | --- |
| 1 总则 | 1 总则 |
| 1.0.2 本规范适用于碳素钢、合金钢、铝及铝合金、铜及铜合金、钛及钛合金（低合金钛）、镍及镍合金、锆及锆合金材料的焊接工程的施工。 | 1.0.2 本规范适用于碳素钢、合金钢、铝及铝合金、铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金、锆及锆合金材料的焊接工程的施工。 |
| 1.0.3 本标准适用的焊接方法包括气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极气体保护电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊、气电立焊和螺柱焊。 | 1.0.3 本标准适用的焊接方法包括气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、钨极惰性气体保护焊、熔化极气体保护焊、药芯焊丝电弧焊和螺柱焊。 |
| 1.0.4焊接工程的施工，应按设计文件及本规范的规定执行。  1.0.5当需要修改设计文件及材料代用时，必须经原设计单位同意，并出具书面文件。 | 此条删除，已合并到3.0.1条款中。 |
| 2 术语 | 2 术语 |
| 2.0.2 焊接责任人员 welding responsible personnel  通过培训、教育或实践获得一定焊接专业知识，其能力得到认可并被指定对焊接及相关制造活动负有责任的人员。 | 2.0.2 焊接责任人员 welding responsible personnel  通过培训、教育或实践获得一定焊接专业知识，其能力得到认可并被指定对焊接及相关制造活动负有主要责任的人员。 |
| 2.0.3 焊接工艺规程 welding procedure specification  根据焊接工艺评定报告，并结合实践经验而制定的直接指导焊接生产的技术细则文件，它包括对焊接接头、母材、焊接材料、焊接位置、预热、电特性、操作技术等内容进行详细的规定，以保证焊接质量的再现性。 | 2.0.3 焊接工艺规程 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。 |
| 2.0.4焊接工艺预规程 preliminary welding procedure pre-specification  待评定的焊接工艺规程。 | 2.0.4焊接工艺预规程 preliminary welding procedure specification  为进行焊接工艺评定而拟定的焊接工艺文件。 |
| 2.0.5 焊接工艺评定 welding procedure qualification  为评定焊接工艺，按照焊接工艺预规程的规定，制备试件和试样，并进行试验及结果评价的过程。 | 2.0.5 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。 |
| 2.0.6焊接工艺评定报告 welding procedure qualification report  记录焊接工艺评定过程中有关试验数据及结果的文件。 | 2.0.6焊接工艺评定报告 welding procedure qualification report  记载验证性试验及其检验结果，对拟定的焊接工艺预规程进行评价的报告。 |
|  | 2.0.9 隐蔽工程[concealed](javascript:;) [work](javascript:;)  在施工后被隐蔽起来，表面上无法看到的施工工序或工程。 |
| 3 基本规定 | 3 基本规定 |
| 3.0.1 设计文件应对焊接技术条件提出要求。 | 3.0.1设计文件应对焊接技术条件提出要求，当需要修改设计文件及材料代用时，必须经原设计单位同意，并出具书面文件。 |
| 3.0.5 施焊环境应符合下列规定：  1 焊接的环境温度应符合焊件焊接所需的温度，并不得影响焊工的操作技能 。  2 焊接时的风速应符合下列规定：  1) 焊条电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊和气焊不应大于8m／s。  2) 钨极惰性气体保护电弧焊和熔化极气体保护电弧焊不应大于2m／s。  3 焊接电弧l m范围内的相对湿度应符合下列规定：  1) 铝及铝合金的焊接不得大于80%。  2) 其他材料的焊接不得大于90%。  4 在雨、雪天气施焊时，应采取防护措施。 | 3.0.5 施焊环境应符合下列规定：  1 焊接的环境温度应符合焊件焊接所需的温度，并不得影响焊工的操作技能 。  2 焊接时的风速应符合下列规定：  1) 焊条电弧焊、药芯焊丝电弧焊和气焊不应大于8m／s。  2) 钨极惰性气体保护焊和熔化极气体保护焊不应大于2m／s。  3 焊接电弧l m范围内的相对湿度应符合下列规定：  1) 铝及铝合金、铜及铜合金的焊接不得大于80%。  2) 其他材料的焊接不得大于90%。  4 在雨、雪天气施焊时，应采取防护措施。 |
| 3.0.6不合格焊缝的返修应符合下列规定  4当需预热时，预热温度应比原焊缝适当提高。  5 焊缝同一部位的返修次数不宜超过两次。 | 3.0.6不合格焊缝的返修应符合下列规定  4当需预热时，返修部位的预热温度应比相同条件下正常焊接的预热温度提高30℃～50℃。  5 焊缝同一部位的返修次数不宜超过三次。 |
| 4 材料 | 4 材料 |
| 4.0.2母材使用前，应按国家现行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。 | 4.0.2母材使用前，应按国家现行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。  1.制造单位的质量证明书，应内容完善、清晰，印有可追溯的信息化标识，同时加盖管道、设备制造单位质量检验章。  2.使用单位应按质量证明书进行验收，有疑义时应按有关标准进行复验。  3.合金钢母材应有炉批号的标识。  4. 在中高合金热强钢管道使用过程中，各级使用者应及时移植炉批号，并且在轴测图上标识。 |
| 4.0.3 焊接材料应符合设计文件和下列规定：  1 焊接材料应具有制造厂的质量证明文件。  2碳素钢及合金钢焊条、焊丝和焊剂，应分别符合国家现行标准《碳钢焊条》GB/T5117、《低合金钢焊条》GB/T5118、《不锈钢焊条》GB/T983、《焊接用钢盘条》GBT 3429、《焊接用不锈钢盘条》GBT 4241、《熔化焊用钢丝》GB/T14957、《气体保护焊用钢丝》GB/T14958、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T8110、《惰性气体保护焊接用不锈钢棒及钢丝》YB/T5091、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T12470、《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》GB/T17854、《碳钢药芯焊丝》GB/T10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T17493、《不锈钢药芯焊丝》GB/T17853。  3 铝及铝合金焊丝应符合现行国家标准《铝及铝合金焊丝》GB/T10858的规定。  4 铜及铜合金焊丝应符合现行国家标准《铜及铜合金焊丝》GB/T9460的规定。  5 钛及钛合金焊丝应符合现行国家标准《钛及钛合金丝》GB/T3623的规定和《承压设备用焊接材料订货技术条件 第7部分：钛及钛合金焊丝和填充丝》NB/T 47018的规定。  6 镍及镍合金焊条、焊丝应分别符合现行国家标准《镍及镍合金焊条》GB/T13814、《镍及镍合金焊丝》GB/T15620的规定。  7 栓钉和瓷环应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T10433的规定。  8 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《氩》GB/T4842的规定，锆及锆合金焊接时的氩气纯度不应低于99.998%，其他材料焊接时的氩气纯度不应低于99.99%。当瓶装氩气的压力低于0.5MPa时，应停止使用。焊接铝、铜、钛、镍、锆及其合金时，氩的露点不应高于-50℃。  2） 焊接用二氧化碳气体应符合现行行业标准《焊接用二氧化碳》HG/T2537的规定，二氧化碳气体纯度不应低于99.9%，含水量不应大于0.005%，使用前应预热和干燥。当瓶内气体压力低于0.98MPa时，应停止使用。  3） 焊接用氧气纯度不应低于99.5%；乙炔气应符合现行国家标准《溶解乙炔》GB/T6819的规定，乙炔气的纯度为98%。气瓶中的剩余压力低于0.05MPa时，应停止使用。  4） 焊接用氮气应符合现行国家标准《纯氮、高纯氮和超纯氮》**GB/T8979的规定，氮气**纯度应大于99.99%，含氧量不应大于50×10-6。  5）焊接用氦气应符合现行国家标准《纯氦》GB/T4844.2的规定，氦气纯度不应低于99.99%。当瓶装氦气的压力低于0.5MPa时，应停止使用。  9 钨极惰性气体保护电弧焊宜采用铈钨极。 | 4.0.3 焊接材料应符合设计文件和下列规定：  1 焊接材料应具有制造厂的质量证明文件，并应内容完善、清晰，印有可追溯的信息化标识，同时加盖焊接材料制造单位质量检验章。  2铁基焊接材料应符合国家现行有关标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117、《热强钢焊条》GB/T5118、《不锈钢焊条》GB/T983、《焊接用钢盘条》GBT 3429、《焊接用不锈钢盘条》GBT 4241、《熔化焊用钢丝》GB/T14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T8110、《惰性气体保护焊用不锈钢丝》YB/T5091、《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/T5293、《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/T12470、《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T17854、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T10045、《热强钢药芯焊丝》GB/T17493、《不锈钢药芯焊丝》GB/T17853的规定。  3 铝及铝合金焊丝应符合现行国家标准《铝及铝合金焊丝》GB/T10858的规定。  4 铜及铜合金焊丝应符合现行国家标准《铜及铜合金焊丝》GB/T9460的规定。  5 钛及钛合金焊丝应符合现行国家标准《钛及钛合金丝》GB/T3623和《承压设备用焊接材料订货技术条件 第7部分：钛及钛合金焊丝和填充丝》NB/T 47018的规定的规定。  6 镍及镍合金焊条、焊丝应符合现行国家标准《镍及镍合金焊条》GB/T13814、《镍及镍合金焊丝》GB/T15620的规定。  6A 锆及锆合金焊丝应符合现行国家标准《锆及锆合金棒材和丝材》GB/T 8769的规定。  6B承压设备的焊接材料应符合现行行业标准《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T47018的规定。  7 栓钉和瓷环应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T10433的规定。  8 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《氩》GB/T4842的规定，锆及锆合金焊接时应使用高纯氩气，其他材料焊接时氩气纯度不应低于99.99%。当瓶装氩气的压力低于0.5MPa时，应停止使用。焊接铝、铜、钛、镍、锆及其合金时，氩的露点不应高于-50℃。  2） 焊接用二氧化碳气体应符合现行国家标准《高纯二氧化碳》GB/T23938的规定，二氧化碳气体纯度不应低于99.5%，含水量不应大于0.005%，使用前应预热和干燥。当瓶内气体压力低于0.98MPa时，应停止使用。  3） 焊接用氧气纯度不应低于99.5%；乙炔气应符合现行国家标准《溶解乙炔》GB/T6819的规定，乙炔气的纯度为98%。气瓶中的剩余压力低于0.05MPa时，应停止使用。  4） 焊接用氮气应符合现行国家标准《纯氮、高纯氮和超纯氮》**GB/T8979的规定，氮气**纯度应大于99.99%，含氧量不应大于50×10-6。  5）焊接用氦气应符合现行国家标准《纯氦、高纯氦和超纯氦》GB/T4844的规定，氦气纯度不应低于99.99%。当瓶装氦气的压力低于0.5MPa时，应停止使用。  9 钨极惰性气体保护焊宜采用铈钨极。 |
| 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：  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。焊接材料表面不应受潮（必要时按说明书的要求进行烘干）、污染、存在药皮破损以及储存过程中产生影响焊接质量的缺陷，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。 | 4.0.4 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：  3 应检查焊接材料的外观质量，识别标志应清晰、牢固，并应与产品实物相符。焊丝表面应光滑、整洁，使用前应按规定进行除油、除锈及清洗处理；焊条不应受潮、污染、存在药皮破损以及储存过程中产生影响焊接质量的缺陷。 |
| 4.0.5 施工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，焊接材料的贮存场所和烘干、去污设施以及焊接材料的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。 | 4.0.5 施工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，焊接材料的贮存场所和烘干、去污设施以及焊接材料的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和下列规定：  1.焊接材料使用前应按产品说明书的规定进行烘干。  2.焊接材料放进和移出烘干箱的温度，酸性焊条不应高于100℃，碱性焊条不应高于200℃。  3.焊接材料烘干、发放应有完善的记录，并应记录焊接材料的生产批号。  4.药芯焊丝打开包装后应按其说明书规定的时间使用，并应有防潮措施。  5.焊接过程中未熔化的埋弧焊焊剂可回收再使用，在重新使用前，应将熔渣和其他杂物分离，并应加入不少于50%的新焊剂混合均匀。  6.焊接材料在使用过程中应保持干燥。焊丝使用前应按规定进行除油、除锈及清洗处理。烘干完成的焊条领用以后使用时间不应超过4h，在潮湿、阴雨天、寒冷季节焊接时，现场应有随时加热措施或施工技术人员根据具体情况制定使用时间。  7.焊条累计烘干次数不宜超过三次。焊接9Cr-1Mo-V钢的焊条、埋弧焊焊剂不宜重复烘干使用。 |
| 5 焊接工艺评定 | 5 焊接工艺评定 |
| 5.0.3 焊接工艺评定前，应根据金属材料的焊接性能，按照设计文件和制造安装工艺拟定焊接工艺预规程。 | 5.0.3 焊接工艺评定前，应由本单位焊接技术人员根据金属材料的焊接性能，按照设计文件和制造安装工艺拟定焊接工艺预规程。 |
| 5.0.4 焊接工艺评定使用的材料应符合本规范第4章的规定。 | 删除本条 |
| 5.0.7 焊接工艺评定应在本单位进行。焊接工艺评定试件应由本单位技能熟练的焊接人员施焊。检测试验工作可委托有相应资质的检测试验单位进行。 | 5.0.7焊接工艺评定试件应由本单位技能熟练的焊接人员施焊。检测试验工作可委托有相应资质的检测试验单位进行。 |
| 6 焊接技能评定 | 6 焊接技能评定 |
| 6 焊接技能评定 | 本章删除。 |
| 7 碳素钢及合金钢的焊接 | 7 碳素钢及合金钢的焊接 |
| 7.1.2 本章适用于焊条电弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极气体保护电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊、埋弧焊、气电立焊、螺柱焊和气焊方法。 | 7.1.2 本章适用于焊条电弧焊、钨极惰性气体保护焊、熔化极气体保护焊、药芯焊丝电弧焊、埋弧焊、气电立焊、螺柱焊和气焊方法。 |
| 7.2.1 焊件的切割和坡口加工应符合下列规定： | 7.2.1焊件的切割和坡口加工应符合下列规定：  6 下列管子当采用热加工方法制备坡口时，坡口表面应进行无损检测，并应符合下列规定：   1. 铬钼钢或材料标准抗拉强度下限值大于或等于540MPa的管子坡口应进行100%无损检测； 2. 设计温度低于-29℃的非奥氏体不锈钢管子的坡口，应进行5%抽检，当有不合格时，应加倍抽检，仍有不合格应进行100%检测； 3. 坡口表面无损检测应执行现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T47013规定，I级合格。   7 不锈钢坡口打磨时应使用不锈钢专用砂轮片。 |
| 7.2.2 焊件组对前及焊接前，应将坡口及其内外侧表面不小于20mm范围内的杂质、污物、毛刺和镀锌层等清理干净，并不得有裂纹、分层等缺陷。 | 7.2.2 焊件组对前及焊接前，应将坡口及其内外侧表面不小于20mm范围内的杂质、污物、毛刺和镀锌层等清理干净，并不得有裂纹、分层和夹渣等缺陷。 |
| 7.2.4 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。 | 7.2.4 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%，且自动焊接时不应大于1mm，手工或半自动焊接时不应大于2mm。 |
| 7.2.13 不锈钢焊件坡口两侧各100㎜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。 | 7.2.13 不锈钢焊件坡口两侧各100㎜范围内，在采用焊条电弧焊、熔化极气体保护焊施焊前应采取防止焊接飞溅物沾污焊件表面的措施。 |
| 7.3.1 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，并应符合下列规定：  3 同种钢焊接时，应符合下列规定：  1）焊缝金属的力学性能应高于或等于相应母材标准规定的下限值。  2）铬、钼耐热钢应选用与母材化学成分相当的焊接材料。焊缝金属的铬、钼含量不应低于相应母材标准规定的下限值。  3）低温钢应选用与母材的使用温度相适应的焊接材料。含镍低温钢焊缝金属的含镍量应与母材相近或稍高。  4）高合金钢宜选用与母材合金系统相同的焊接材料。耐热耐蚀高合金钢可选用镍基焊接材料。  5）用生成奥氏体焊缝金属的焊接材料焊接非奥氏体母材时，应考虑母材与焊缝金属膨胀系数不同而产生的应力作用。  4 异种钢焊接时，应符合下列规定：  1） 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一侧母材或介于两者之间选用焊接材料；  2） 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。当设计温度高于425℃时，宜选用镍基焊接材料。  5 复合钢焊接时，基层和复层应分别按照基层和复层母材选用相应的焊接材料，过渡层应选用25Cr-13Ni型或含镍量更高的焊接材料。  6 常用碳素钢及合金钢焊接材料和异种钢焊接材料可按附录D表D.0.1-1和表D.0.1-2选用。  7埋弧焊时，选用的焊剂应与母材和焊丝相匹配。 | 7.3.1 焊接材料的选用应符合设计文件规定，按母材的化学成分、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，并应符合下列规定：  3 同种钢焊接时，应符合下列规定：  1）焊缝金属的力学性能应高于或等于相应母材标准规定的下限值。  2）铬、钼耐热钢应选用与母材化学成分相当的焊接材料。焊缝金属的铬、钼含量不应低于相应母材标准规定的下限值。  3）低温钢应选用与母材的使用温度相适应的焊接材料。含镍低温钢焊缝金属的含镍量应与母材相近或稍高。  4）高合金钢宜选用与母材合金系统相同的焊接材料。耐热耐蚀高合金钢可选用镍基焊接材料。  5）用生成奥氏体焊缝金属的焊接材料焊接非奥氏体母材时，应考虑母材与焊缝金属膨胀系数不同而产生的应力作用。  6）奥氏体-铁素体双相不锈钢的焊接材料除设计文件另有规定外，熔敷金属铁素体相比例宜控制在35%～60%范围内。  4 异种钢焊接时，应符合下列规定：  1） 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一侧母材或介于两者之间选用焊接材料；  1A）铬钼耐热钢异种钢相焊的焊接材料除应保证焊缝金属力学性能大于或等于相应母材标准规定的下限值外，且应保证焊缝金属中的铬、钼含量不低于母材标准规定的下限值；  2） 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。当设计温度高于315℃时，宜选用镍基焊接材料。  3）异种铁镍合金、镍合金及其与铬镍奥氏体钢组成的异种焊接接头的焊接材料选用应考虑焊接接头的强度与耐腐蚀性、线膨胀系数的差异及焊接裂纹、气孔的敏感性等因素。  5 复合钢焊接时，选用焊接材料应保证焊缝金属的耐腐蚀性能，当有力学性能要求时，还应保证力学性能；基层和复层应分别按照基层和复层母材选用相应的焊接材料，过渡层应选用25Cr-13Ni型或含镍量更高的焊接材料。  6 常用碳素钢及合金钢焊接材料和异种钢焊接材料可按附录D表D.0.1-1和表D.0.1-2选用。  7埋弧焊时，选用的焊剂应与母材和焊丝相匹配。 |
| 7.3.2 定位焊缝应符合下列规定：  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。 | 7.3.2 定位焊缝应符合下列规定：  4 在根部焊道焊接前，应对作为正式焊缝的定位焊缝进行检查，当发现缺陷时，应处理后方可施焊。  7、定位焊缝两端应圆滑过渡。 |
| 7.3.4 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或熔化极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。 | 7.3.4 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焊或熔化极气体保护焊进行根部焊接时，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，且至少焊接两层后，方可终止背面惰性气体保护。 |
|  | 7.3.4A 当焊缝背面不具备充氩或其他气体保护条件时，可采用药芯焊丝或外涂层焊丝钨极气体保护焊焊接奥氏体钢底层焊道。  7.3.4B氧气管道及设计文件限制使用的管道，不应采用药芯焊丝。 |
|  | 7.3.11A 多层焊时每层的接头处应错开，并应清理道间的杂质。  7.3.11B 管道承压件角焊缝，不应采用单道焊。 |
| 7.3.12低温钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢、耐热耐蚀高合金钢以及奥氏体与非奥氏体异种钢接头焊接时应符合下列规定：  3 22Cr-5Ni-3Mo、 25Cr-7Ni-4Mo型双相不锈钢采用钨极惰性气体保护电弧焊时，宜采用98%Ar+2%N2的混合保护气体。 | 7.3.12低温钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢、耐热耐蚀高合金钢以及奥氏体与非奥氏体异种钢接头焊接时应符合下列规定：  3 22Cr-5Ni-3Mo、 25Cr-7Ni-4Mo型双相不锈钢采用钨极惰性气体保护焊时，宜采用98%Ar+2%N2的混合保护气体。  4 双相不锈钢焊接不应使用自熔焊方法。 |
| 7.3.14 复合钢焊接应符合下列规定：  1 复合钢的焊接宜按基层焊缝、过渡层焊缝、复层焊缝的焊接顺序进行。  2 不得采用碳钢和低合金钢焊接材料在复层母材、过渡层焊缝和复层焊缝上施焊。  3 焊接过渡层时，宜选用小的焊接线能量。 | 7.3.14 复合钢焊接应符合下列规定：  1 复合钢的焊接宜按基层焊缝、过渡层焊缝、复层焊缝的焊接顺序进行。当条件受到限制时，也可先焊复层，后焊过渡层和基层；基层的焊接应选用与过渡层焊接相同的焊接材料。  2 不得采用碳钢和低合金钢焊接材料在复层母材、过渡层焊缝和复层焊缝上施焊。  3 焊接过渡层、复层时，宜选用小的焊接线能量。 |
| 7.3.16 螺柱焊的焊接应符合下列规定：  1 焊接工艺参数应根据焊接工艺评定确定，不得任意调节。  2 每个工作日（班）施工作业前，应在厚度和性能与构件相近的试件上先试焊2个焊钉，并应进行外观检验和弯曲试验，合格后再进行正式焊接。 | 7.3.16 螺柱焊的焊接应符合下列规定：  1 焊接工艺参数应根据焊接工艺评定确定，不得任意调节。  2 每个工作日施工作业前，应在厚度和性能与构件相近的试件上先试焊2个焊钉，并应进行外观检验和弯曲试验，螺柱弯曲角度至少15 º，焊缝及热影响区无肉眼可见裂纹为合格，合格后再进行正式焊接。 |
| 7.3.17 公称尺寸大于或等于600mm的管道和设备，宜在内侧进行根部封底焊。 | 7.3.17 公称尺寸大于或等于600mm的管道和设备，宜在内侧进行根部封底焊；无法进行内部焊接的，应采用单面焊双面成形焊接方法。 |
| 7.3.18 当有下列情况之一时，管道或设备的焊缝底层应采用钨极惰性气体保护电弧焊或能保证底部焊接质量的其他焊接方法或工艺： | 7.3.18 当有下列情况之一时，管道或设备的焊缝底层应采用钨极惰性气体保护焊或能保证底部焊接质量的其他焊接方法或工艺： |
|  | 7.3.19钨极惰性气体保护焊、熔化极气体保护焊采用脉冲功能时，脉冲参数应与焊接工艺规程相同。  7.3.20焊缝返修应符合下列规定  1 焊缝返修时，缺陷消除可采用砂轮打磨或碳弧气刨方法。磨槽或刨槽需修整成适合补焊的形状，确认缺陷已被清除后方可补焊。  2 热处理后进行返修的焊缝，返修后应重新进行热处理。 |
| 表7.4.2 原表格用下表替换  **表7.4.2 常用钢种的最低预热温度**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 母材类别 | | 较厚件母材厚度  （mm） | 附加限制条件 | 最低预热温度  （℃） | | 碳钢、碳锰钢 | | ≤25 | 母材最小抗拉强度≤490MPa | 10 | | ＞25 | 母材最小抗拉强度≤490MPa | 95 | | 全部 | 母材最小抗拉强度＞490MPa | 95 | | 合金钢  Cr≤0.5% | | ≤13 | 母材最小抗拉强度≤450MPa | 10 | | ＞13 | 母材最小抗拉强度≤450MPa | 95 | | 全部 | 母材最小抗拉强度＞450MPa | 95 | | 合金钢  0.5%＜Cr≤2% | | 全部 | 无 | 120 | | 合金钢  2.25%≤Cr≤10% | | 全部 | 母材最小抗拉强度≤415MPa | 150 | | 全部 | 母材最小抗拉强度＞415MPa | 200 | | ≤13 | Cr＞6% | 200 | | 马氏体不锈钢 | | 全部 | 无 | 200 | | 低温镍钢 | Ni≤2.5% | 全部 | 无 | 120 | | 3.5 Ni | 全部 | 无 | 150 | | 5 Ni 、8Ni、9 Ni | 全部 | 无 | 10 | | |
| 8 铝及铝合金的焊接 | 8 铝及铝合金的焊接 |
| 8.1.2本章适用于钨极惰性气体保护电弧焊和熔化极惰性气体保护电弧焊。 | 8.1.2本章适用于钨极惰性气体保护焊和熔化极惰性气体保护焊。 |
| 8.2.2.2坡口加工应采用机械方法或等离子弧切割。切割后的坡口表面应进行清理，表面应平整光滑并应无毛刺和飞边。 | 8.2.2.2坡口加工应采用机械方法或等离子弧切割。切割后的坡口表面应进行清理，表面应平整光滑且无毛刺和飞边。 |
| 8.2.3 焊前清理应符合下列规定：  1 焊件组对和施焊前应对焊件坡口、垫板及焊丝进行清理。两侧坡口的清理范围不应小于50mm。应先用丙酮等有机溶剂去除表面的油污，再用机械法或化学法清除表面氧化膜。  1） 机械法清理：坡口及其两侧表面应采用刮削、锉削或铣削，也可采用不锈钢丝刷（轮）清理，并应露出金属光泽。焊丝表面应用不锈钢丝刷或干净的油砂纸擦洗。钢丝刷应定期进行脱脂处理。  2） 化学法清理：应采用5％～10％的氢氧化钠溶液，在温度为70ºC下浸泡30s～60s，然后水洗，再用15％左右的硝酸在常温下浸泡2min，然后用温水洗净，并使其干燥。  2 清理好的焊件和焊丝应保持干燥和加以保护，并及时施焊，不得有水迹、碱迹或被沾污。  3 当焊件和焊丝清理后超过8h未焊时，且无有效的保护措施，则焊接前应重新清理。 | 8.2.3 焊前清理应符合下列规定：  1 焊件组对和施焊前应对焊件坡口、垫板及焊丝进行清理。两侧坡口的清理范围不应小于50mm。应先用丙酮等有机溶剂去除表面的油污，再用机械法或化学法清除表面氧化膜。  1） 机械法清理：可采用切削法对坡口及其两侧表面进行清理，并露出金属光泽。切削工具可选用电动铣刀，也可使用刮刀。对较薄的氧化膜，也可采用铰刀、不锈钢丝刷进行清理。  2） 化学法清理：应采用5％～10％的氢氧化钠溶液，在温度为70ºC下浸泡30s～60s后，水洗，然后用15％左右的硝酸在常温下浸泡2min后，用温水洗净，并使其干燥。  2 清理好的焊件和焊丝应保持干燥和加以保护，并及时施焊，不得有水迹、碱迹或被沾污。  3 当焊件和焊丝清理后超过8h未焊时，且无有效的保护措施，则焊接前应重新清理。 |
| 8.2.5 当焊缝背面需加设永久性垫板时，垫板材质应符合设计规定；当设计无规定时，垫板材质应与母材相同，垫板上应开有容纳焊缝根部的沟槽。当焊缝背面需加设临时垫板时，垫板应采用对焊缝质量无不良影响的材质。 | 8.2.5焊缝背面需加临时垫板时，垫板可采用不锈钢材料制作。当焊缝背面保留垫板时，应征得设计单位的同意，且垫板材质应与母材相同，垫板上应开有容纳焊缝根部的沟槽。 |
| 8.2.6 管道对接焊缝组对时，内壁错边量应符合下列规定：  1 当母材厚度小于或等于5mm时，内壁错边量不应大于0.5mm。  2 当母材厚度大于5mm时，内壁错边量不应大于母材厚度的10%，且不应大于2mm。 | 8.2.6 管道对接焊件组对时，内壁错边量应符合下列规定：  1 当壁厚小于或等于5mm时，内壁错边量不应大于0.5mm。  2 当壁厚大于5mm时，内壁错边量不应大于母材厚度的10%，且不应大于2mm。 |
| 8.2.7 设备对接焊缝的错边量应符合下列规定：  1 当母材厚度小于或等于12mm时，纵缝、环缝错边量不应大于1/5母材厚度。  2 当母材厚度大于12mm时，纵缝错边量不应大于2.5mm；环缝错边量不应大于1/5母材厚度且不应大于5mm。 | 8.2.7 设备对接焊件的错边量应符合下列规定：  1 当壁厚小于或等于12mm时，纵缝、环缝错边量不应大于1/5母材厚度。  2 当壁厚大于12mm时，纵缝错边量不应大于2.5mm；环缝错边量不应大于1/5母材厚度且不应大于5mm。 |
| 8.3.1 钨极惰性气体保护电弧焊应采用交流电源，熔化极惰性气体保护电弧焊应采用直流电源，焊丝接正极。 | 8.3.1 钨极惰性气体保护焊应采用交流电源，熔化极惰性气体保护电弧焊应采用直流电源反接。 |
| 8.3.5 焊接过程中应清除焊层焊道间的氧化物夹杂等缺陷。双面焊应清理焊根，显露出正面打底的焊缝金属。 | 8.3.5 焊接过程中应清除焊层焊道间的氧化物夹杂等缺陷。双面焊应清理焊根，并应露出焊缝金属光泽**。** |
| 8.3.11 当钨极惰性气体保护电弧焊的钨极前端出现污染或形状不规则时，应进行修正或更换钨极。当焊缝出现触钨现象时，应将钨极、焊丝、熔池处理干净后再继续施焊。 | 8.3.11 当钨极惰性气体保护焊的钨极前端出现污染或形状不规则时，应进行修整或更换钨极。当焊缝出现触钨现象时，应将钨极、焊丝、熔池处理干净后再继续施焊。 |
| 9 铜及铜合金的焊接 | 9 铜及铜合金的焊接 |
| 9.1.2 本章适用于纯铜和黄铜的钨极惰性气体保护电弧焊，以及黄铜的氧乙炔焊方法。 | 9.1.2 本章适用于纯铜和黄铜的钨极惰性气体保护焊，以及黄铜的氧乙炔焊。 |
| 9.2.1 焊接材料的选用应符合下列规定：  5 钨极惰性气体保护电弧焊所采用的保护气体应选用氩气、氦气或氩和氦的混合气。 | 9.2.1 焊接材料的选用应符合下列规定：  5 钨极惰性气体保护焊所采用的保护气体应选用氩气、氦气或氩和氦的混合气。 |
| 9.2.2 焊件坡口制备应符合下列规定：  1 坡口形式和尺寸可根据不同焊接方法和焊接工艺参数确定，应采用坡口角度大、根部间隙宽的形式。 | 9.2.2 焊件坡口制备应符合下列规定：  1 坡口形式和尺寸可根据不同焊接方法和焊接工艺参数确定，宜采用坡口角度大、根部间隙宽的形式。  4 坡口不应有分层、折叠、裂纹、撕裂等缺陷。 |
| 9.2.3 焊件组对和施焊前，坡口及两侧不小于20mm范围内的表面及焊丝，应采用丙酮等有机溶剂除去油污，并应采用机械方法或化学方法清除氧化膜等污物，使之露出金属光泽；当采用化学方法时，可用30%硝酸溶液浸蚀2min～3min，用水洗净并干燥。 | 9.2.3 焊件组对和施焊前，坡口及两侧不小于20mm范围内的表面及焊丝，应采用丙酮等有机溶剂除去油污、水分与其他污染物，并应采用机械方法或化学方法清除氧化膜等污物，使之露出金属光泽；当采用化学方法时，可用30%硝酸溶液浸蚀2min～3min，用水洗净并干燥。 |
| 9.2.4 管道对接焊缝组对时，内壁错边量不应超过母材厚度的10%，且不大于1mm。不宜在焊缝及其边缘开孔，如必须开孔时，应符合本规范第13.3.6条的规定。 | 9.2.4 管道对接焊缝组对时，内壁错边量不应大于母材厚度的10%，且不大于1mm。不宜在焊缝及其边缘开孔，如必须开孔时，应符合本规范第13.3.6条的规定。 |
| 9.2.5 设备、卷管对接焊缝错边量应符合本规范第8.2.7条规定。 | 9.2.5 设备对接焊缝组对时，内壁错边量应符合本规范第8.2.7条规定。 |
| 9.2.6 不等厚对接焊件的组对，当内壁错边量超过本规范第9.2.4条和第9.2.5条规定或外壁错边量大于3㎜时，应按本规范7.2.8条的规定对焊件进行加工。 | 9.2.6 不等厚对接焊件组对时，当内壁错边量大于本规范第9.2.4条和第9.2.5条规定或外壁错边量大于3㎜时，应按本规范7.2.8条的规定对焊件进行加工。 |
| 9.3.2 采用单面焊接接头时，应采取在背面加垫板等措施。 | 9.3.2 采用单面焊接接头时，应采取在背面加垫板或成型装置等措施，加垫板时可采用石墨垫板。 |
| 9.3.5 纯铜及黄铜的钨极惰性气体保护电弧焊应符合下列规定：  1 焊接时应采用直流电源，母材接正极。  2 焊接前应检查坡口的质量，不应有裂纹、分层、夹渣等缺陷，当发现缺陷时，应修磨或重新加工。  3 当焊件壁厚大于等于4mm时，焊前应对坡口两侧150mm范围内进行均匀预热，纯铜预热温度应为300℃～500℃，黄铜预热温度应为100℃～300℃，层间温度不应低于预热温度。  4 焊接过程中发生触钨时，应将钨极、焊丝和熔池处理干净，方可继续施焊。  5 进行预热或多层多道焊时，应及时去除焊件表面及焊道间的氧化层，焊缝道间温度应为300℃～400℃。 | 9.3.5 纯铜及黄铜的钨极惰性气体保护焊应符合下列规定：  1 焊接时应采用直流电源正接法。  2 焊接前应检查坡口的质量，当发现缺陷时，应修磨或重新加工。  3 当焊件壁厚大于等于3mm时，焊前应对坡口两侧50mm～150mm范围内进行均匀预热，纯铜预热温度应为300℃～500℃，黄铜预热温度应为100℃～300℃，层间温度不应低于预热温度。  4 焊接过程中发生触钨时，应将钨极、焊丝和熔池处理干净，方可继续施焊。  5 多层多道焊时，应及时去除焊件表面及焊道间的氧化层。  6 应使用与母材同材质的引弧板和熄弧板。 |
| 9.3.6 黄铜氧乙炔焊应符合下列规定： | 9.3.6 黄铜氧乙炔焊应符合下列规定：  3A焊接时焊缝不应过热，焰心尖端与焊件距离宜为3mm～5mm，厚壁焊件应两边摆动，熔深不宜超过1.5mm。 |
| 9.3.8 黄铜焊后热处理应符合下列规定：  1 黄铜焊后应进行热处理，热处理前应对焊件采取防变形的措施。热处理加热范围以焊缝中心为基准，每侧不应小于焊缝宽度的3倍。  2 热处理温度应符合设计文件的规定。当设计无规定时，可按下列热处理温度进行：  1) 消除焊接应力热处理温度应为400℃～450℃；  2)退火热处理温度应为500℃～600℃。  3 对热处理后进行返修的焊缝，返修后应重新进行热处理。 | 9.3.8 黄铜焊后热处理应符合下列规定：  1 黄铜焊后应进行热处理，热处理前应对焊件采取防变形的措施。热处理加热范围以焊缝中心为基准，每侧不应小于焊缝宽度的3倍。  2 热处理温度应符合设计文件的规定。当设计无规定时，可按下列热处理温度进行：  1) 消除焊接应力热处理温度宜为400℃～450℃；  2)软化退火热处理温度宜为500℃～600℃；  3）恒温时间应按每毫米厚度3min计算,到达恒温时间后再缓慢冷却。  3 对热处理后进行返修的焊缝，返修后应重新进行热处理。 |
| 10 钛及钛合金的焊接 | 10 钛及钛合金的焊接 |
| 10.1.1 本章适用于钛及钛合金（低合金钛，下同）设备和管道的焊接施工。 | 10.1.1 本章适用于钛及钛合金设备和管道的焊接施工，不适用于钛及钛合金复合钢板的焊接。 |
| 10.1.2 本章适用于钨极惰性气体保护电弧焊方法。 | 10.1.2 本章适用于钨极惰性气体保护焊方法。 |
| 10.2.1 焊接材料的选用应符合下列规定：  1 焊缝金属的力学性能不应低于相应母材退火状态的标准规定的下限值，焊接工艺性能应良好，焊缝的使用性能应符合国家现行有关标准和设计文件的规定。  2 焊丝的化学成分应与母材相当。  3 当对焊缝有较高塑性要求时，应采用纯度比母材高的焊丝。  4 不同牌号的钛材焊接时，应按耐蚀性能较好或强度级别较低的母材选择焊丝。  5 不得从所焊母材上裁条充当焊丝。  6 保护气体应选用氩气、氦气或氩和氦的混合气。 | 10.2.1 焊接材料的选用应符合下列规定：  1 焊缝金属的力学性能不应低于相应母材退火状态的标准规定的下限值，焊接工艺性能应良好，焊材的选择应符合设计和现行行业标准《承压设备用焊接材料订货技术条件 第7部分 钛及钛合金焊丝和填充丝》NBT 47018.7的要求。  2 焊丝的化学成分应与母材相当，钛及钛合金焊接材料宜按本规范附录D表D.0.3A选用。  3 当对焊缝有较高塑性要求时，应采用纯度比母材高的焊丝。  4 不同牌号的钛材焊接时，应按耐蚀性能较好或强度级别较低的母材选择焊丝。  6 保护气体应选用氩气、氦气或氩和氦的混合气。 |
| 10.2.4 坡口加工应采用机械加工的方法。加工后的坡口表面应平整、光滑、不得有裂纹、分层、夹杂、毛刺、飞边和氧化色。坡口表面应呈银白色金属光泽。 | 10.2.4 坡口加工应采用机械加工的方法。加工后的坡口表面应平整、光滑、不得有裂纹、分层、夹杂、毛刺、飞边和氧化色。坡口表面应呈银白色金属光泽，机械加工坡口时不得采用油质润滑剂。 |
| 10.2.5 焊件组对和施焊前，坡口及焊丝的清洗应符合下列规定：  4 焊丝应保持清洁、干燥，施焊前应切除端部已被氧化的部分。当焊丝表面出现氧化现象时，应进行化学清洗。 | 10.2.5 焊件组对和施焊前，坡口及焊丝的清洗应符合下列规定：  4 焊丝应保持清洁、干燥，施焊前应切除端部已被氧化的部分。 |
| 10.3.1 钛及钛合金钨极惰性气体保护电弧焊应采用直流电源、正接法。 | 10.3.1 钛及钛合金钨极惰性气体保护焊应采用直流电源、正接法。 |
| 10.3.2 管道焊接位置宜采用水平转动平焊。 | 此条取消。 |
| 10.3.3 钛及钛合金的焊接不宜进行焊前预热。多层焊缝道间温度应低于100℃。必要时可采用铜垫板冷却。 | 10.3.3 钛及钛合金的焊接,当焊件表面温度低于5℃时，应在始焊处100mm范围内预热到15℃以上。多层焊缝道间温度应低于100℃。必要时可采用铜垫板冷却。 |
| 10.3.5 焊接熔池及焊接接头的内外表面焊接区域，应采取下列保护措施：  1 当采用焊炬喷嘴保护熔池时，喷出的氩气应保持稳定的层流状态。  2 当采用焊炬拖罩或全罩保护热态焊缝及其热影响区时，焊炬拖罩的形式应根据焊件形状和尺寸确定。公称尺寸小于或等于为50mm的管道，宜采用全罩保护。 | 10.3.5 焊接熔池及焊接接头的内外表面焊接区域，应采取下列保护措施：  1 当采用焊炬喷嘴保护熔池时，喷出的氩气应保持稳定的层流状态。  2 当采用焊炬拖罩或全罩保护热态焊缝及其热影响区，焊炬拖罩的形式应根据焊件形状和尺寸确定。公称尺寸小于或等于为50mm的管道，宜采用全罩保护。 |
| 10.3.8 一条焊缝宜一次焊完，当中途停焊后重新焊接时，应重叠10mm～20mm。弧坑应填满，接弧处应熔合焊透。 | 10.3.8 一条焊缝应一次焊完，当中途停焊后重新焊接时，应重叠10mm～20mm。弧坑应填满，接弧处应熔合焊透。 |
|  | 10.3.9A 焊接过程中，应随时对焊缝及热影响区的表面颜色进行检验，并应按国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB50683表8.1.3的规定进行处理。 |
| 11 镍及镍合金的焊接 | 11 镍及镍合金的焊接 |
| 11.1.2 本章适用于焊条电弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极惰性气体保护电弧焊和埋弧焊方法。 | 11.1.2 本章适用于焊条电弧焊、钨极惰性气体保护焊、熔化极惰性气体保护焊和埋弧焊方法。 |
| 11.2.1 镍及镍合金焊接材料的选用应符合下列规定：  5 惰性气体保护电弧焊时，保护气体应选用氩气、氦气或氩和氦的混合气。 | 11.2.1 镍及镍合金焊接材料的选用应符合下列规定：  5 惰性气体保护焊时，保护气体应选用氩气、氦气或氩和氦的混合气。 |
| 11.2.3 焊件组对和施焊前，应对坡口两侧各20mm范围内进行清理。油污可用蒸汽脱脂；对不溶于脱脂剂的油漆和其他杂物，可用氯甲烷、碱等清洗剂清洗；标记墨水可用甲醇清除；被压入焊件表面的杂物可用磨削、喷丸或10％盐酸溶液清洗。清理完后，应用水冲净，干燥后方能焊接。 | 11.2.3 焊件组对和施焊前，应采用专用工具，清除坡口及其母材两侧表面各50mm范围内的氧化物、油污、熔渣及其他有害杂质。 |
| 11.2.4 管道对接焊缝组对时，内壁错边量不应大于0.5mm。 | 11.2.4 管道对接焊件组对时，内壁错边量不应大于0.5mm。 |
| 11.2.7 定位焊缝应符合下列规定：  2 采用钨极惰性气体保护电弧焊进行定位焊时，焊缝背面应进行充氩气或其他气体保护。 | 11.2.7 定位焊缝应符合下列规定：  2 采用钨极惰性气体保护焊进行定位焊时，焊缝背面应进行充氩气或其他气体保护。 |
| 11.3.1 镍及镍合金管的底层焊道焊接时，宜采用钨极惰性气体保护电弧焊方法。当含铬或含钼的镍合金焊接接头要求有良好的耐晶间腐蚀性能时，应采用钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极惰性气体保护电弧焊或焊条电弧焊方法。 | 11.3.1 镍及镍合金管的底层焊道焊接时，宜采用钨极惰性气体保护焊方法。当含铬或含钼的镍合金焊接接头要求有良好的耐晶间腐蚀性能时，应采用钨极惰性气体保护焊、熔化极惰性气体保护焊或焊条电弧焊方法。 |
|  | 11.3.2A控制道间温度应小于或等于150℃。 |
| 11.3.4 当焊件温度低于15℃时，应对焊缝两侧各300 mm范围内加热至15℃～20℃，并应热透，对拘束度大的厚壁焊件，宜采取预热措施。道间温度应小于100℃。 | 11.3.4 当焊件温度低于15℃时，应对焊缝两侧各300 mm范围内加热至15℃～20℃，并应热透，对拘束度大的厚壁焊件，宜采取预热措施。 |
| 11.3.5 当采用钨极惰性气体保护电弧焊方法焊接底层焊道时，焊缝背面应采取充氩气或其他气体保护措施。焊接过程中，焊丝的加热端应置于保护气体中。 | 11.3.5 当采用钨极惰性气体保护焊方法焊接底层焊道时，焊缝背面应采取充氩气或其他气体保护措施。焊接过程中，焊丝的加热端应置于保护气体中。 |
| 11.3.10 镍及镍合金不宜进行焊后热处理。当设计文件要求进行焊后热处理时，应在焊缝检验合格后进行。 | 11.3.10当设计文件要求进行焊后热处理时，应在焊缝检验合格后进行，并应按设计文件规定进行焊后热处理。 |
| 12 锆及锆合金的焊接 | 12 锆及锆合金的焊接 |
| 12.1.2 本章适用于钨极惰性气体保护电弧焊方法。 | 12.1.2 本章适用于钨极惰性气体保护焊方法。 |
| 12.2.2焊件坡口制备应符合下列规定：  2 焊件切割及坡口加工应采用机械方法，加工速度应适当，应防止过热氧化。当采用等离子切割管子时，应采取防止管子内外表面被污染的措施，并应采用机械方法去除污染层。 | 12.2.2焊件坡口制备应符合下列规定：  2 焊件切割及坡口加工应采用机械方法，加工速度应适当，应防止过热氧化。 |
| 12.2.3 管道对接焊缝组对时，内壁错边量不应大于接头母材厚度的10％，且不应大于1mm。 | 12.2.3 管道对接焊件组对时，内壁错边量不应大于接头母材厚度的10％，且不应大于1mm。 |
| 12.2.4不等厚对接焊件组对时，薄件端面应位于厚件端面之内。当内壁错边量大于本规范第12.2.3条规定或外壁错边量大于3㎜时，应按本规范第7.2.8条的规定进行加工。 | 12.2.4 不等厚对接焊件组对时，薄件端面应位于厚件端面之内。当内壁错边量大于本规范第12.2.3条规定或外壁错边量大于3㎜时，应按本规范第7.2.8条的规定型式进行加工，加工斜率为1:4。 |
| 12.2.5 定位焊缝应符合下列规定：  3 定位焊缝不得有裂纹、气孔或不允许存在的氧化变色等缺陷。 | 12.2.5 定位焊缝应符合下列规定：  3 定位焊缝在打底过程中应采用机械方法磨除。 |
| 13 焊接检验及焊接工程交接 | 13 焊接检验及焊接工程交接 |
|  | 13.1.1A检查焊接工艺文件，应符合本规范第5章的有关规定。 |
|  | 13.1.1B检查焊工资格，应符合本规范第6章的有关规定。 |
|  | 13.1.1C检查焊接及热处理交底记录，应符合本规范的有关规定。 |
| 13.1.1工程使用的母材及焊接材料，使用前应按本规范第4章的规定进行检查和验收。 | 13.1.1工程使用的母材及焊接材料，应按本规范第4章的规定进行检查和验收。 |
| 13.1.2 焊接前应对焊接、热处理和工装设备进行检查、校准，并应符合本规范第3.0.7条的规定。 | 13.1.2 检查、校准焊接、热处理的工装设备，应符合本规范第3.0.7条的规定。 |
| 13.1.3 焊接前应检查焊接工艺文件，并应符合本规范第5章的有关规定。 | 按工序移至13.1.1A |
| 13.1.4 焊接前应检查焊工资格，并应符合本规范第6章的有关规定。 | 按工序移至13.1.1B |
| 13.1.5 焊接前应对焊接环境进行监控，并应符合本规范第3.0.5和第3.0.8条的有关规定。 | 13.1.5 对焊接环境进行监控，并应符合本规范第3.0.5和第3.0.8条的有关规定。 |
| 13.1.6组对前应对焊件的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、焊接工艺文件及本规范的有关规定。当设计文件、相关规定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。 | 13.1.6组对前应对焊件的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、焊接工艺文件及本规范的有关规定。当设计文件、相关规定对坡口表面要求进行无损检测时，检测及对发现缺陷的处理应在施焊前完成。 |
| 13.1.7 组对后应检查组对构件焊缝的形状、位置、错边量、角变形、组对间隙、搭接接头的搭接量和贴合、带垫板对接接头的贴合等，其质量应符合设计文件、焊接工艺文件及本规范的有关规定。 | 13.1.7 组对后应检查组对构件接头的形状、位置、错边量、角变形、组对间隙、搭接接头的搭接质量、带垫板对接接头的贴合等，其组对质量应符合设计文件、焊接工艺文件及本规范的有关规定。 |
| 13.1.10 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、焊接工艺文件及本规范的有关规定。 | 13.1.10 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和焊接工艺文件的规定。 |
|  | 13.2.2A 对道间温度有明确规定的焊缝，道间温度应符合焊接工艺文件的规定。要求焊前预热的焊件，其道间温度应不低于预热温度。 |
| 13.2.3 多层焊每层焊完后，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。 | 13.2.3 多层多道焊每道焊完后，应立即对道间进行清理，并应进行外观检查，对发现的缺陷应彻底清除后，再进行下一道的焊接。 |
| 13.2.4 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。表面无损检测应在射线检测及超声波检测前进行。经检验的焊缝在评定合格后，再继续进行焊接。 | 13.2.4 对规定进行层间无损检测的焊缝，无损检测应在焊缝外观检查合格后进行。表面无损检测应在射线检测及超声波检测前进行。经检验的焊缝在评定合格后，再继续进行焊接。再次焊接前仍应进行外观检查，必要时进行磁粉或渗透检测。 |
| 13.2.6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。 | 13.2.6 对施工过程中意外中断焊接的焊缝，继续焊接前应进行清理、检查，对发现的缺陷应进行彻底清除，并应加热至符合规定的预热温度后方可施焊。 |
| 13.2.7 焊接双面焊件时应清理并检查焊缝根部的背面，清除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。 | 13.2.7规定进行双面焊接的焊件，应清理并检查焊缝根部的背面，当有缺陷时，应彻底清除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。 |
|  | 13.2.7A低碳钢及普通低合金钢焊缝根部清理可使用电弧切割或碳弧气刨，但气刨完成后必须将淬火层及熔渣彻底清除干净。高合金钢焊缝应采用机械方法进行焊缝根部清理。 |
| 13.3.3 应按设计文件和国家现行有关标准的规定对焊缝进行表面无损检测。磁粉检测和渗透检测应按现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730的规定进行。 | 13.3.3 应按设计文件和国家现行有关标准的规定对焊缝进行表面无损检测。磁粉检测和渗透检测应按现行行业标准《承压设备无损检测》 NB/T 47013的规定进行。 |
| 13.3.4 焊缝的内部质量应按设计文件和国家现行有关标准的规定进行射线检测或超声检测，并应符合下列规定：  1 焊缝的射线检测和超声检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730的规定。  2 射线检测和超声检测的技术等级应符合工程设计文件和国家现行有关标准的规定。射线检测不得低于AB级，超声检测不得低于B级。  3 当现场进行射线检测时，应按有关规定划定控制区和监督区，设置警告标志。操作人员应按规定进行安全操作防护。  4 射线检测或超声检测应在被检验的焊缝覆盖前或影响检验作业的工序前进行。 | 13.3.4 焊缝的内部质量应按设计文件和国家现行有关标准的规定进行射线检测或超声检测，并应符合下列规定：  1 焊缝的射线检测和超声检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013的规定。  2 射线检测和超声检测的技术等级应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。射线检测不得低于AB级，超声检测不得低于B级。  3 当现场进行射线检测时，应按有关规定划定警戒区，设置警告标志。操作人员应按规定进行安全操作。  4 对于隐蔽工程，射线检测或超声检测应在被检验的焊缝覆盖前或影响检验作业的工序前进行。 |
| 13.3.5 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，并应采用原规定的方法进行扩大检验。 | 13.3.5 对焊缝无损检测时发现的超标缺陷，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，当发现超标缺陷时，应采用原规定的方法进行扩大检验。 |
| 12.3.6 当必须在焊缝上开孔或开孔补强时，应对开孔直径1.5倍或开孔补强板直径范围内的焊缝进行射线或超声检测，确认焊缝合格后，方可进行开孔。被补强板覆盖的焊缝应磨平，管孔边缘不应存在焊接缺陷。 | 12.3.6 当必须在焊缝上开孔或开孔补强时，应对开孔直径1.5倍或开孔补强板直径范围内的焊缝进行射线或超声检测，确认焊缝合格后，方可进行开孔。被补强板覆盖的焊缝应磨平，管孔边缘不允许存在焊接缺陷。 |
| 13.3.11 焊缝的强度试验及严密度试验应在射线检验或超声检验以及焊缝热处理后进行。焊缝的强度试验及严密度试验方法及要求应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。 | 13.3.11 焊缝的强度试验及严密度试验应在射线检验或超声检验以及焊缝热处理完成后进行。焊缝的强度试验及严密度试验方法及要求应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。 |
|  | 13.3.11A与母材焊接的工卡具，其材质宜与母材相同或为同一类别号, 其焊接材料宜采用与母材相同或为同一类别号。拆除工卡具时不应损伤母材。拆除后应确认无裂纹并将残留焊疤打磨修整至与母材表面齐平。高合金钢应对打磨后的表面,按现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T47013进行无损检测，合格级别不低于Ⅰ级。 |
| 13.4.1 当施工单位按合同规定的范围完成全部焊接工程项目后，应及时与建设单位或总承包单位办理交接手续。 | 13.4.1 当施工单位按合同规定的范围完成全部焊接工程项目后，应及时与总承包单位或建设单位办理交接手续。 |
| 13.4.2 焊接工程交接前，建设单位或总承包单位应对其进行检查和验收，并应确认下列内容：  1 施工范围和内容符合合同规定。 | 13.4.2 焊接工程交接前，总承包单位或建设单位应对其进行检查和验收，并应确认下列内容：  1 施工范围和内容应符合合同规定。 |
| 13.4.3 焊接工程交接时，施工单位应向建设单位或总承包单位提交下列文件：  1 母材和焊接材料的质量证明文件或复验、试验报告。  2 焊接施工检查记录和试验报告应包括下列内容，且应符合估计现行有关标准的规定：  1） 焊工资格认可记录；  2） 焊接检查记录；  3） 焊缝返修检查记录；  4） 焊缝热处理报告（含热处理记录曲线）；  5） 无损检测报告（射线检测、超声波检测、磁粉检测、渗透检测等）；  6） 硬度检验、光谱分析或其他试验报告。  3 设备排版图或管道轴测图、设计变更和材料代用单 | 13.4.3 焊接工程交接时，施工单位应向总承包单位或建设单位提交下列文件：  1 母材和焊接材料的质量证明文件或复验、试验报告；  2 焊接施工检查记录和验收记录应包括下列内容，且应符合国家现行有关标准的规定：  1） 焊工资格认可记录、焊工资格证登记表；  2） 焊接检查记录；  3） 焊缝返修检查记录；  4） 焊缝热处理报告及热处理记录曲线；  5） 无损检测报告；  6） 硬度检验、光谱分析或其他试验报告。  3 设备排版图及管道轴测图。管道轴测图应标明焊缝编号、焊工代号及焊接日期等，符合国家现行标准《工业金属管道工程施工规范》GB50235附表A.0.5。  4设计变更和材料代用单。 |
|  |  |

附录A 焊接工艺规程的格式

**表A 焊接工艺规程的格式**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接工艺规程编号 | | | | | | | |  | | | | | | | 页数 | | |  | | |
| 工程名称 工程编号  产品名称（施焊部位）  产品编号（设备编号、管线号或焊缝编号）    焊接工艺评定报告（PQR）编号 焊接施工执行标准  焊接方法 操作类型（手工，自动，半自动） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 焊接接头：  坡口形式 衬垫（材料及规格）  简图 （接头型式、坡口形式和尺寸、焊层/焊道布置及顺序示意图）：  接头制备要求： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 母材：  材料标准号 型号或牌号与  材料标准号 型号或牌号相焊  厚度范围：坡口焊 角焊  管道直径范围：坡口焊 角焊  其他 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 填充金属 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 焊接材料标准号 | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 型号 | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 牌号 | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 尺寸 | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 烘干温度（℃）/时间（h） | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 焊缝熔敷金属厚度 | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 其他 | | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 焊接位置：  坡口对接焊缝位置  角焊缝位置  焊接方向（向上、向下）  其他 | | | | | | | | | | | 预热：  预热温度（℃）  层间温度（℃）  后热温度（℃）和时间 （h）  加热方式及其他 | | | | | | | | | |
| 焊后热处理：  温度 （℃）  时间 （h）  升温速率（℃/h）  降温速率（℃/h）  其他 | | | | | | | 气体：  种类（成分） 混合配比（纯度） 流量（L/min）  保护气体  尾部气  背部气  其他 | | | | | | | | | | | | | |
| 电特性：  电流种类 极性 电流范围（A） 电弧电压（V）  送丝速度 熔滴过渡形式 钨极类型及尺寸  其他 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 焊层/焊道 | 焊接方法 | | 填充金属 | | | | | | 焊接电流 | | | | | 电弧电压 （V） | | | 焊接速度  （cm/min） | | | 线能量  (KJ/cm) |
| 牌号 | | | 直径  （mm） | | | 类型/极性 | | | | 安培(A) |
|  |  | |  | | |  | | |  | | | |  |  | | |  | | |  |
|  |  | |  | | |  | | |  | | | |  |  | | |  | | |  |
|  |  | |  | | |  | | |  | | | |  |  | | |  | | |  |
|  |  | |  | | |  | | |  | | | |  |  | | |  | | |  |
|  |  | |  | | |  | | |  | | | |  |  | | |  | | |  |
| 技术措施：  摆动焊或不摆动焊道 摆动参数  焊前清理或层间清理  背面清根  导电嘴至工件距离（mm） 钨极伸出长度（mm）  焊炬、电极（焊丝、焊条）角度  喷嘴尺寸（mm） 单道焊或多道焊（每侧）  单丝焊或多丝焊  锤击  其他： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 编 制 | |  | | | 审 核 | | | | | | |  | | 批 准 | | | | |  | |
| 日 期 | |  | | | 日 期 | | | | | | |  | | 日 期 | | | | |  | |

附录B　 删除

附录C 常用焊接坡口形式和尺寸

C.0.1 碳素钢和合金钢的焊接坡口形式和尺寸宜符合表C.0.1－1和表C.0.1－2的规定。

**表C.0.1－1 碳素钢和合金钢焊条电弧焊、气体保护电弧焊、**

**自保护药芯焊丝电弧焊和气焊的坡口形式与尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 厚度δ  (㎜) | 坡口  名称 | 坡口形式 | | 坡口尺寸 | | | 备注 |
| 间隙c  (㎜) | 钝边p  (㎜) | 坡口角度  α(β)  (°) |
| 1 | 1～3 | I形  坡口 |  | | 0～1.5 | — | — | 单面焊 |
| 3～6 | 0～2.5 | 双面焊 |
| 2 | 3～9 | V形  坡口 |  | | 0～2 | 0～2 | 60～65 | — |
| 9～26 | 0～3 | 0～3 | 55～60 |
| 3 | 6～9 | 带垫板  V形坡口 |  | | 3～5 | 0～2 | 40～50 | — |
| 9～26 | 4～6 | 0～2 |
| 4 | 12～60 | X形坡口 |  | | 0～3 | 0～2 | 55～65 | — |
| 5 | 20～60 | 双V形  坡口 |  | | 0～3 | 1～3 | 65～75  (10～15) | h=8～12mm |
| 6 | 20～60 | U形坡口 |  | | 0～3 | 1～3 | (8～12) | R=5～6mm |
| 7 | 2～30 | T形接头I型坡口 |  | | 0～2 | — | — | — |
| 8 | 6～10 | T形接头单边V型坡口 |  | | 0～2 | 0～2 | 40～50 | — |
| 10～17 | 0～3 | 0～3 |
| 17～30 | 0～4 | 0～4 |
| 9 | 20～40 | T形接头K型坡口 | |  | 0～3 | 2～3 | 40～50 | — |
| 10 | — | 安放式焊接支管坡口 | |  | 2～3 | 0～2 | 45～60 | — |
| 11 | 3～26 | 插入式焊接支管坡口 | |  | 1～3 | 0～2 | 45～60 | — |
| 12 | — | 平焊法兰与管子接头 | |  | — | — | — | E=T,且不大于6E取T与 6mm中较小者 |
| 13 | — | 承插焊法兰与管子接头 | |  | 1.5 | — | — | — |
| 14 | — | 承插焊管件与管子接头 | |  | 1.5 | — | — | — |

**表C.0.1－2 碳素钢和合金钢气电立焊的坡口形式和尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 厚度T  (㎜) | 坡口  名称 | 坡口形式 | 坡口尺寸 | | | 备注 |
| 间隙c  (㎜) | 钝边p  (㎜) | 坡口角度α(β)  (°) |
| 1 | 12～36 | V形  坡口 |  | 6～8 | 0～2 | 20～35 | — |
| 2 | 25～70 | X形坡口 |  | 6～8 | 0～2 | 20～35 | — |

**表C.0.2 铝和铝合金焊缝的坡口形式和尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接 方法 | 项次 | | 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）（º） |
| 钨极惰性气体保护电弧焊 | 1 | | 1~2 | | 卷边 | | | |  | | — | — | — | 卷边高度T+1mm不填加焊丝 |
| 2 | | <3 | | I形坡口 | | | |  | | 0～1.5 | — | — | 单面焊 |
| 3～5 | | 0.5～2.5 | 双面焊 |
| 3 | | 3～5 | | V形坡口 | | | |  | | 0～0.25 | 1～1.5 | 70～80 | ①横焊位置坡口角度上半边40º～50º，下半边20º～30º；  ②单面焊坡口根部内侧最好倒棱；  ③U形坡口根部圆角半径为6mm～8mm |
| 5～12 | | 2～4 | 1～2 | 60～70 |
| 4 | | 4～12 | | 带垫板V形坡口 | | | |  | | 3～6 | 0～2 | 50～60 |
| 5 | >8 | | U形坡口 | | | |  | | 0～2.5 | 1.5～2.5 | | 55～65 | R=5～6mm |
| 6 | >12 | | X形坡口 | | | |  | | 0～2.5 | 2～3 | | 60～80 | — |
| 7 | ≤6 | | 不开坡口T形接头 | | | |  | | 0.5～1.5 | — | | — | — |
| 8 | 6～10 | | T形接头单边V型坡口 | | | |  | | 0.5～2 | ≤2 | | 50～55 | — |
| 9 | ＞8 | | T形接头K型坡口 | | |  | | | 0～2 | ≤2 | | 50～55 | — |
| 熔化极惰性气体保护电弧焊 | 10 | ≤6 | | I形坡口 | | |  | | | 0～3 | — | | — | — |
| 11 | 6～20 | | V形坡口 | | |  | | | 0～3 | 3～4 | | 60～70 | — |
| 12 | 6～25 | | 带垫板V形坡口 | | |  | | | 3～6 | 0～2 | | 50～60 | — |
| 13 | ＞20 | | U形坡口 | |  | | | | 0～3 | 3～5 | | 40～50 | R=5～6mm |
| 14 | ＞8 | | X形坡口 | |  | | | | 0～3 | 3～6 | | 70～80 | — |
| ＞26 | | 5～8 | | 60～70 | — |

C.0.3铜及铜合金钢的焊接坡口形式和尺寸应宜分别符合表C.0.3－1和表C.0.3－2的规定。

**表C.0.3-1 纯铜和黄铜钨极惰性气体保护电弧焊的坡口形式及尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 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  a (β) (°) |
| 1 | ≤2 | I 形坡口 |  | 0 | — | — | — |
| 2 | 3～4 | V形坡口 |  | 0 | — | 60～70 | — |
| 3 | 5～8 | V形坡口 |  | 0 | 1～2 | 60～70 | — |
| 4 | 10～14 | X形坡口 |  | 0 | — | 60～70 | — |

**表C.0.3-2 黄铜氧乙炔焊的坡口形式及尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 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 a(β)  (°) |
| 1 | ≤2 | 卷边 |  | 0 | | — | — | 不加填充金属 |
| 2 | ≤3 | I形坡口 |  | 0～4 | | — | — | 单面焊 |
| 3～6 | 3～5 | | — | — | 双面焊，但不得两侧同时焊 |
| 3 | 3～12 | V形坡口 |  | 3～6 | 0 | | 60～70 | — |
| 4 | ＞6 | V形坡口 |  | 3～6 | 0～3 | | 60～70 | — |
| 5 | ＞8 | X形坡口 |  | 3～6 | 0～4 | | 60～70 | 不得两侧同时焊 |

**C.0.4** 钛及钛合金的焊接坡口形式及尺寸宜符合表C.0.4的规定。

**表C.0.4 钛及钛合金的焊接坡口形式及尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 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 (°) |
| 1 | 1～2 | I形坡口 |  | 0～1 | — | — | — |
| 2 | 2～16 | V形坡口 |  | 0.5～2 | 0.5～1.5 | 55～65 | — |
| 3 | 12～38 | X形坡口 |  | 0～2 | 1～1.5 | 55～65 | — |
| 4 | 12~38 | U形坡口 |  | 0～2 | 1～1.5 | 15～30 | R=5～6mm |
| 5 | — | 安放式焊接支管坡口 |  | 1～2.5 | 1～1.5 | 40～50 | — |
| 7 | 2～16 | 插入式焊接支管坡口 |  | 1～2.5 | 1～1.5 | 40～50 | — |
| 8 | 1～6 | T形接头 |  | 0～2 | — | — | — |
| 9 | 4～12 | 单边V形坡口 |  | 0～2 | 1～1.5 | 40～50 | — |
| 10 | 10～38 | K形坡口 |  | 0～2 | 1～1.5 | 40～50 | — |

**C.0.5** 镍及镍合金的焊条电弧焊和惰性气体保护电弧焊坡口形式及尺寸宜符合表C.0.5的规定。

**表C.0.5 镍及镍合金的焊条电弧焊和惰性气体保护电弧焊坡口形式及尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 厚度δ  (㎜) | 坡口  名称 | 坡口形式 | 坡口尺寸 | | | 备注 |
| 间隙c  (㎜) | 钝边p  (㎜) | 坡口角度α(β)  (°) |
| 1 | 1～3 | I形  坡口 |  | 1.0～2.0 | — | — | 单面焊 |
| 3～6 | 1.0～2.5 | 双面焊 |
| 2 | ≤8 | V形  坡口 |  | 2～3 | 0.5～1.5 | 70～80 | — |
| ＞8 | 2～3 | 0.5～1.5 | 65～75 |
| 3 | 12～32 | X形坡口 |  | 0～3 | 0～2.5 | 65～80 | — |
| 4 | ≥17 | 双V形  坡口 |  | 2～3 | 1～2 | 70～80  (25～27.5) | h=T/3mm |
| 5 | ≥17 | U形坡口 |  | 2.5～3.5 | 1～2 | (15～20) | R=5～6mm |
| 6 | — | 安放式焊接支管坡口 |  | 2～3 | 0～2 | 55～65 | — |
| 7 | 2～10 | 插入式焊接支管坡口 |  | 2～3 | 0～2 | 50～60 | — |

**C.0.6** 锆及锆合金焊接坡口形式及尺寸宜符合表C.0.6的规定。

**表C.0.6 锆及锆合金的焊接坡口形式及尺寸**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 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 (°) |
| 1 | 1～2 | I形坡口 |  | 0～1 | — | — | — |
| 2 | 2～10 | V形坡口 |  | 3～3.5 | 0～0.5 | 50～60 | — |
| 3 | — | 安放式焊接支管坡口 |  | 1～2.5 | 1～1.5 | 40～50 | — |
| 4 | 2～10 | 插入式焊接支管坡口 |  | 1～2.5 | 1～1.5 | 40～50 | — |

附录D 焊接材料的选用

D.0.1常用碳素钢及合金钢焊接材料可按表D.0.1—1和表D.0.1—2选用。

**表 D.0.1—1 常用碳素钢及合金钢焊接材料的选用**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 母材牌号 | | 焊条电弧焊 | | 埋弧焊 | | 熔化极气体保护电弧焊（CO2、实芯） | 惰性气体保护电弧焊（Ar、实芯） |
| 新牌号 | 旧牌号 | 焊条 | | 焊丝型号 | 焊丝-焊剂组合 | 焊丝型号 | 焊丝型号 |
| 型号 | 牌号示例 |
| Q235A、10、20 | — | E4303  E4315 | J422  J427 | H08A  H08MnA | S43A0CS-SU08A | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA |
| Q235B、Q235C、Q235D、  Q245R | — | E4315  E4316 | J427  J426 | H08A  H08MnA | S43A2MS-SU08A | ER50-6  H08Mn2SiA | ER50-6  H08Mn2SiA |
| Q345A | — | E5003  E5015  E5016 | J502  J507  J506 | H08MnA  H10Mn2 | S49A2U AB-SU34 | ER49-1  H08Mn2Si | ER49-1  H08Mn2Si |
| Q345B、Q345C、Q345D  Q345R、16Mn | — | E5015  E5016 | J507  J506 | H08MnA  H10Mn2 | S49A4 FB-SU34 | ER50-2  ER50-3  ER50-6  H08Mn2SiA | ER50-2  ER50-3  ER50-6  H08Mn2SiA |
| 16MnDR、Q345E、16MnD | — | E5015-G  E5016-G | J507RH  J506RH | — | S49A4U FB-SU34 | — | ER55-Ni1 |
| 09MnNiDR、09MnNiD | — | E5515-C1L |  | — | — | — | ER55-Ni3 |
| 18MnMoNbR | — | E6015-D1 | J607 | H08Mn2MoA | S62P4 AB-SUM31 | — | — |
| 12CrMo、12CrMoG | — | E5515-B1 | R207 | H13CrMoA | S55 3 FB-SU1CM1 | — | H13CrMoA |
| 15CrMo、15CrMoG、  15CrMoR | — | E5515-B2 | R307 | H13CrMoA | S55 2 AB-SU1CM3 | — | ER55-B2  H13CrMoA |
| 12Cr1MoV、12Cr1MoVG  12Cr1MoVR | — | E5515-B2-V | R317 | H08CrMoVA | S55 Y AB-SU1CMV | — | ER55-B2-MnV  H08CrMoVA |
| 12Cr2Mo、12Cr2MoG、12Cr2MoR | — | E6015-B3 | R407 | H05SiCr2MoA | S62 YU FB-SU2C1M1 | — | ER62-B3 |
| 1Cr5Mo 12Cr5Mo | 1Cr5Mo | ECr5Mo-15 E5515-5CM | R507 |  | S55 Y AB-SU5CM | — | H1Cr5Mo ER55-B6 |
| 12Cr9Mo |  | E6215-9C1M | R707 |  | S62 Y AB-SU9C1M | — | ER62-B9 |
| 12Cr18Ni9  06Cr19Ni10 | 1Cr18Ni9  0Cr18Ni9 | E308-16  E308-15 | A102  A107 | H0Cr21Ni10 | F308 FB-S308 | — | H0Cr21Ni10  S308 |
| 06Cr18Ni11Ti  07Cr19Ni11Ti | 0Cr18Ni10Ti  1Cr18Ni11Ti | E347-16  E347-15 | A132  A137 | H0Cr20Ni10Nb | F347 FB-S347 | — | H0Cr20Ni10Nb  S347 |
| 022Cr19Ni10 | 00Cr19Ni10 | E308L-16 | A002 | H00Cr21Ni10 | F308L FB-S308L | — | H00Cr21Ni10  S308L |
| 06Cr17Ni12Mo2 | 0Cr17Ni12Mo2 | E316-16  E316-15 | A202  A207 | H0Cr19Ni12Mo2 | F316 FB-S316 | — | H0Cr19Ni12Mo2  S316 |
| 06Cr17Ni12Mo2Ti | 0Cr18Ni12Mo2Ti | E316L-16 E318-16 | A022  A212 | H0Cr19Ni12Mo2 | F318 FB-S3182 | — | H0Cr19Ni12Mo2  S318 |
| 06Cr19Ni13Mo3 | 0Cr19Ni13Mo3 | E317-16 | A242 | H0Cr19Ni14Mo3 | F317 FB-S317 | — | H0Cr19Ni14Mo3  S317 |
| 022Cr17Ni14Mo2 | 00Cr17Ni14Mo2 | E316L-16 | A022 | H0Cr19Ni14Mo3 | F316L FB-S316L | — | H00Cr19Ni12Mo2  S316L |
| 022Cr19Ni13Mo3 | 00Cr19Ni13Mo3 | E317L-16 | A022Mo | — | — | — | S317L |
| 06Cr23Ni13 | 0Cr23Ni13 | E309-16  E309-15 | A302  A307 | H1Cr24Ni13 | F309 FB-S309 | — | H1Cr24Ni13  S309 |
| 06Cr25Ni20 | 0Cr25Ni20 | E310-16 E310-15 | A402  A407 | H1Cr26Ni21 | F310 FB-S310 | — | H1Cr26Ni21  S310 |

**表D.0.1—2 常用异种碳素钢及合金钢焊接材料的选用**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 被焊钢材种类 | 母材牌号举例 | 焊条电弧焊 | | 埋弧焊 | | 熔化极气体保护电弧焊（CO2、实芯） | 惰性气体保护电弧焊（Ar、实芯） |
| 焊条 | | 焊丝型号 | 焊丝-焊剂组合 | 焊丝型号 | 焊丝型号 |
| 型号 | 牌号示例 |
| 碳素钢与强度型低合金钢焊接 | 20、Q235、Q245R + Q345、Q345R | E4303  E4315  E4316  E5015  E5016 | J422  J427  J426  J507  J506 | H08A  H08MnA  H10Mn2 | S43A2 AB-SU26  S49A2 AB-SU34 | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA |
| 碳素钢与耐热型低合金钢焊接 | Q235、20 + 12CrMo、15CrMo、12Cr1MoV、12Cr2Mo、1Cr5Mo | E4315  E4316 | J427  J426 | H08A  H08MnA | S43A2 AB-SU08A  S43A2 AB-SU26 | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA |
| 强度型低合金钢与耐热型低合金钢焊接 | Q345R + 12CrMo、15CrMo、12Cr1MoV、12Cr2Mo、1Cr5Mo | E5015  E5016 | J507  J506 | H08MnA  H10Mn2 | S49A0 AAS-SU26  S49A0 AAS-SU34 | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA | ER49-1  ER50-6  H08Mn2SiA |
| 耐热型低合金钢之间焊接 | 12CrMo + 15CrMo、12Cr1MoV、12Cr2Mo、1Cr5Mo | E5515-B1 | R207 | H13CrMoA | S55 2 AB-SU1CM3 | — | H13CrMoA |
| 15CrMo + 12Cr1MoV、12Cr2Mo、1Cr5Mo | E5515-B2 | R307 | H13CrMoA | S55 2 AB-SU1CM3 | — | ER55-B2  H13CrMoA |
| 12Cr1MoV + 12Cr2Mo、1Cr5Mo | E5515-B2-V | R317 | H08CrMoVA | S55 Y AB-SU1CMV | — | ER55-B2-MnV  H08CrMoVA |
| 12Cr2Mo + 1Cr5Mo | E6015-B3 | R407 | H05SiCr2MoA | S55 2 AB-SU2C1M | — | ER62-B3 |
| 非奥氏体钢与奥氏体钢焊接 | 20、Q345R、15CrMo等 + 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2等 | E309-15  E309-16  E310-16 E310-15 | A307  A302  A402  A407 | H1Cr24Ni13  H1Cr26Ni21 | F309 FB-S309  F310 FB-S310 | — | H1Cr24Ni13  S309  H1Cr26Ni21  S310 |

D.0.3A 钛及钛合金焊丝的选用宜符合表D.0.3A的规定。

**表D.0.3A 常用钛及钛合金焊丝选用表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 母材种类 | 母材牌号 | 焊丝、填充丝牌号 |
| 工业纯钛 | TA1 | ER TALEL1 |
| 工业纯钛 | TA2 | ER TA2EL1 |
| 工业纯钛 | TA3 | ER TA3EL1 |
| 工业纯钛 | TA4 | ER TA4EL1 |
| Ti+0.2Pb | TA9 | ER TA9 |
| Ti+03.Mo+0.8Ni | TA10 | ER TA10 |

D.0.5 锆及锆合金焊丝的选用宜符合表D.0.5的规定。

**表D.0.5 锆及锆合金焊丝选用表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 母材种类 | 母材牌号举例 | 焊丝型号 |
| 工业纯锆 | Zr-3(R60702) | ERZr-3（ERZr-2） |
| Zr-1.5Sn合金 | （R60704） | （ERZr-3） |
| Zr-2.5Nb合金 | Zr-5 （R60705） | ERZr-5（ERZr-4） |

注：括号内母材牌号为ASME SB523 SB658标准，焊丝型号为AWS A5.24标准

引用标准名录

《工业金属管道工程施工规范》GB50235

《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB50683

《不锈钢焊条》GB/T983

《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

《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2

《铝及铝合金气体保护焊的推荐坡口》GB/T 985.3

《复合钢的推荐坡口》GB/T 985.4

《焊接用钢盘条》GBT 3429

《钛及钛合金丝》GB/T3623

《焊接用不锈钢盘条》GBT 4241

《氩》GB/T4842

《纯氦、高纯氦和超纯氦》GB/T4844.2

《碳钢焊条》《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117

《低合金钢焊条》《热强钢焊条》GB/T5118

《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》《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/T5293

《溶解乙炔》GB6819

# 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》《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/T8110

《纯氮》GB/T8979

《铜及铜合金焊丝》GB/T9460

《碳钢药芯焊丝》《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T10045

《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T10433

《铝及铝合金焊丝》GB/T10858

《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》《 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/T12470

《镍及镍合金焊条》GB/T13814

《熔化焊用钢丝》GB/T14957

《镍及镍合金焊丝》GB/T15620

《锆及锆合金棒材和丝材》GB/T 8769

《锆及锆合金焊丝》YST 887

《低合金钢药芯焊丝》《热强钢药芯焊丝》GB/T17493

《不锈钢焊丝和焊带》GBT29713

《不锈钢药芯焊丝》GB/T17853

《耐蚀合金牌号》GB/T 15007

《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T17854

《特种设备焊接操作人员考核细则》TGS Z6002

《焊接用二氧化碳》HG/T2537《高纯二氧化碳》GB/T23938

《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223

《承压设备无损检测》JB/T4730 NB/T47013

《承压设备焊接工艺评定》NB/T47014

《压力容器焊接规程》NB/T47015

《承压设备用焊接材料订货技术条件 第7部分：钛及钛合金焊丝和填充丝》NB/T47018.7

《惰性气体保护焊用不锈钢棒及钢丝》YB/T5091

中华人民共和国国家标准

**现场设备、工业管道焊接工程施工规范**

GB50236-2011

条文说明

1 总则

1.0.3 本规范适用的焊接方法仅是熔化焊部分，本次修订增加了自保护药芯焊丝电弧焊、气电立焊和螺柱焊方法。根据《焊接及相关工艺方法代号》GB/T5185-2005的分类，焊条电弧焊、埋弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊（TIG，如钨极氩弧焊）、熔化极气体保护电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊均属于电弧焊的范畴。熔化极气体保护电弧焊包括熔化极惰性气体保护电弧焊（MIG，如熔化极氩弧焊）、熔化极非惰性气体保护电弧焊（MAG，如二氧化碳气体保护焊）、非惰性气体保护的药芯焊丝电弧焊和惰性气体保护的药芯焊丝电弧焊四种。气电立焊主要用于现场大型金属储罐的纵缝焊接，近几年来在国内应用发展较快。自保护药芯焊丝电弧焊与焊条电弧焊同属于金属电弧焊的范畴，近年来在现场设备和管道工程中得到推广应用。螺柱焊主要用于现场设备的栓钉（保温钉）焊接，在国内已逐步取代栓钉的手工电弧焊方法。气焊方法仅限于焊接黄铜，它在工程建设现场的小口径低碳钢管道上的应用已被钨极氩弧焊所取代。对于钎焊，在现场设备和管道工程中应用极少，故未列入。焊接方法术语和GB/T3375进行了统一。

1.0.4～1.0.5 设计文件是管道工程施工的基本依据，按图施工是《建设工程质量管理条例》的规定，应严格执行。实际施工过程中，施工单位会经常发现设计不合理或不符合实际之处；现场也会出现材料采购困难或引进新材料的情况，需要通过材料代用来保证施工有序进行。此时，施工单位可对设计文件修改或材料代用提出建议，经原设计单位研究决定后作出设计变更，签署意见并盖章后，方可按变更后的设计要求进行施工。归入第3章 基本规定中。

2 术语

2.0.1 该术语限定为“在工程建设施工现场制造或安装的设备”。

2.0.3 国内有些标准和规程采用的术语不统一，如焊接工艺指导书、焊接作业指导书等。本标准综合了国家标准GB/T 3375、行业标准JB 4708和《焊接词典》的定义而成。

2.0.4 该术语根据国家标准GB/T 19866-2005，定义为“待评定的焊接工艺规程”。

2.0.3～2.0.6术语采用了《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014-2011中定义。

2.0.9根据施工工序，这些"隐蔽[工程](https://baike.so.com/doc/5251364-5484609.html)"都会被后一道工序所覆盖，所以很难检查其材料是否符合规格、施工是否规范。

3 基本规定

3.0.6 焊接施工中超过两次返修的焊缝是不断存在的。实践已证明，只要在焊缝返修时的焊接工艺措施得当，超过两次返修的焊缝其使用性能不会受到影响。相反，对钢而言，多次返修后对热影响区的多次回火作用有利于改善力学性能。若措施不当，只会使新老缺陷问题更加严重。如：铝材随着焊接返修次数的增加，焊缝成形就越来越困难。本规范提出限制返修次数不是从技术角度出发，主要是从焊接质量管理角度考虑的。返修二次仍不合格，说明这位焊工连续三次都不能焊好，应该采取管理措施，如：更换焊工；及时、准确地分析缺陷产生的原因；重新制定返修措施、调整焊接工艺（无须重新评定焊接工艺），防止缺陷的进一步扩大；修正奖惩对策；加强对返修质量的监控等等，这些都要通过施焊单位采取管理手段来完成。本次修订增加了对返修部位预热温度的要求，防止出现拘束度过高产生裂纹，保证局部焊接时的质量。放宽了对返修次数的限制，更具操作性。

4 材料

4.0.2 检查并确认母材是否无差错地用在设计所规定的部位上，乃是焊接之前一个极其重要的工作，也是保证焊接质量的前提。所以本条提出：母料使用前应按国家现行标准和设计文件的规定进行检查和验收，确保投入使用的母材是合格产品。实行产品质量终身制要求无论是在施工过程中还是在施工结束后材料都要有可追溯性。本次修订增加了对材料验收的具体要求。

4.0.3 本条所述焊接材料包含了非承压和承压的设备和管道用焊接材料。焊接材料质量是保证焊缝质量的关键，故对不同母材用焊接材料的生产标准进行了详细规定。

本次修订对作废规范进行了修改，增加了锆及锆合金焊丝标准，对承压设备的焊接材料进行了规定。

根据现行国家标准《氩》GB/T4842-2006的规定，纯氩合格品的纯度指标不应低于99.99%，故对原标准的氩气纯度指标进行了修改。

原规范二氧化碳气体纯度为不应低于99.5%，依据《焊接用二氧化碳》HG/T2537的规定，含水量不应大于0.005%时，二氧化碳气体纯度不应低于99.9%。

原规范氧气的纯度为98.5%。现在焊接用氧气的生产技术规定氧气的纯度为99.5%（见《工业氧》GB/T3863-2008）。氧气的纯度对气焊、切割的效率和质量有很大影响，用于气焊和切割的氧气纯度越高越好，尤其是切割时，为可实现切口下缘无粘渣。现在施工中已没有用电石自制乙炔气体，所以将原规范的有关要求删除。

铈钨电极电子逸出功低，化学稳定性高，允许电流密度大，无放射性，性能优于纯钨极，是目前普通采用的钨极。钍钨极电子发射能力强，允许的电流密度大，电弧燃烧较稳定，但钍元素具有一定的放射性，故本规范推荐采用铈钨极，而不推荐采用钍钨极。

6 焊接技能评定

6.0.1 本条规定了焊接技能评定的组织和实施机构是企业焊接技能评定委员会。企业焊接技能评定委员会必须在企业中产生，按照企业质量管理体系的要求建立与运行，不强调有关主管部门的审批程序。未设立焊接技能评定委员会的单位，其焊工的焊接档案可委托由承担其焊接技能评定的企业负责管理。

6.0.2 本条规定的企业焊接技能评定委员会应具备的条件必须是本单位具备的，主要包括人员、场地、设备、工艺文件等。一般不得采取外借设备、外借人员和租用场地作为焊接技能评定的场地。焊接技能评定委员会必须有的基本人员包括承担考试技术责任的焊接工程师、具有较高理论和实际水平的射线照相检验人员以及具有监督焊工技能考试和执行工艺指令能力的焊接技师，其中射线检测人员应取得国家有关部门至少射线检测II级资格。对考试的场地、工装设备、检测手段等提出要求，目的是保证焊工考试工作的顺利进行，也是成立焊工考试机构的必备条件。本条规定企业具有管理不少于50名焊工的能力，是指与本企业签订有劳动合同的焊工。

6.0.4 基于我国的国情，对焊工的文化程度加以规定是有必要的。为避免考试成绩低劣，致使大量焊接技能评定不能通过。故规定参加考试的焊工应有一定基础并要通过评委会的审查批准。

6.0.5 基本知识考试是参加技能考试的前提，因为技能水平的提高是建立在理论水平的基础上，为督促焊工学习基本知识，提高理论水平，规定基本知识考试合格后方能参加技能考试。

6.0.6 本条规定的焊工基本知识考试的内容包括焊工为合理施焊和安全操作所必备的基本知识。这样规定比国内其他考试规则的内容范围窄，但针对性强，符合焊工的基本条件和满足现场焊接工作的需要。

6.0.7 规定了焊工在何时何种情况下可以免除基本知识考试，但材料类别或焊接方法有改变时，需重新增加相应材料类别、焊接方法的考试。因为不同种类的材料其焊接特点有一定差别，对焊接技能的要求就不一样；不同的焊接方法其焊接基本原理大不相同。焊工必须经过对该种类材料或焊接方法的基本知识进行系统的学习，方能正确掌握和提高。

6.0.8 强调了焊工应严格按照焊接工艺规程的要求进行技能评定，其目的是：一方面保证焊接技能评定不受不良的焊接工艺因素影响，另一方面考核焊工执行焊接工艺指令的能力。

6.0.9 原规范第5章关于“焊接操作技能评定的范围、内容、方法和结果评定”的内容主要依据美国ASME-IX并结合国情编写的，这与《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》（国质检锅[2002]109号）是一致的。最近该考试规则正在修订为《特种设备焊工考试细则》(TGS Z)，且仍然保留了ASME-IX的一些观点。为简化规范条文的叙述，也为协调好本标准与国家质检总局特种设备安全技术规范《特种设备焊接人员操作考核细则》TGS Z 6002-2010的关系，避免重复性的工作，本次修订对原规范中涉及到焊接操作技能评定的的相关内容与《特种设备焊接考核细则》基本一致的部分直接采用。

《特种设备焊接人员考核细则》中不涉及到锆及锆合金材料，故对其做补充要求。

原规范提出了同一管状试件上同时进行水平固定及垂直固定两位置的考试，实践表明这是一种行之有效且经济合理的办法。本次修订予以保留，并对管径进行了限制。

本条第3款依据ASME-IX对部分材料的部分焊接方法免去了弯曲性能检验的要求。

依据ASME-Ⅸ，结合我国施工现场工件材质多，用于考试的材料供应不足的实际情况，在焊接材料与原规定不变的前提下，考试试件的母材采用低合金系列材料代替高合金材料是可行的。当考试试件母材按本规范表6.0.9代用时，焊接材料必须与原规定的考试试件母材相匹配。本规定适用于只进行射线检测的试件，如果有弯曲性能检验要求时，则不适合。

6.0.10 焊接技能评定不合格的原因可能有技能以外因素的影响，所以应给予补考的机会，补考仍不合格，可对其技能作出判断，需经一段时间的培训和学习，方能再次申请考试。对于补考仍不合格者，应经过多长时间的培训和学习，才能再次申请补考呢?国内标准规定为3个月，国外规范无时间规定。我们认为应根据焊工培训进步情况决定，在时间上以不作硬性规定为宜。

6.0.11 对连续中断6个月焊接作业需要再参加焊接工作的焊工，国内一些考试规则规定的办法是“重新考试”。但完全依靠重新考试会给企业带来繁重的工作量和经济负担。本条增加“现场考核”的办法，同样能考查焊工在中断6个月后技能有无退步。“现场考核”的办法及考核焊缝的长度规定主要依据ASME—IX。

本条规定的免试条件是调研了施工企业目前的焊接技术水准而定的。由于各企业内部的质量管理指标和考核办法不尽相同，对焊工技能等级的要求也不尽一致，质量低劣注销合格证的条件由企业质检部门确定。

6.0.12 在施工现场往往一名焊工除承担本规范所辖范围的焊接工作外还同时从事锅炉、压力容器、钢结构件等的焊接工作，相应的规范又规定必须符合各自《考规》的要求，所以，作为企业和焊工都希望能建立起各考规之间的联系“桥梁”，以避免重复考核。本条提出：若焊工按其他标准考核合格，承担本规范适用范围的焊接作业时，应取得建设单位（或监理）的焊接责任工程师认可，条件是认可的项目应符合本章规定。

7 碳素钢及合金钢的焊接

7.2 焊前准备

7.2.1 机械加工即冷加工，主要包括车、刨、砂轮切割、坡口机加工等，适用于所有的材料。但不锈钢、有色金属等材料用砂轮切割与修磨坡口时，应使用专用砂轮，不得使用切割碳素钢管的砂轮，以免受污染而影响不锈钢和有色金属的质量。等离子弧或氧乙炔火焰加工即热加工，等离子弧切割主要用于高合金钢和有色金属材料，但氧乙炔火焰切割主要适用于碳素钢和低合金钢。对淬硬倾向大的合金钢，热加工切割容易产生表面淬硬层。表面淬硬层的厚度与切割方法、切割速度、工件材质、结构状况及环境条件有关。因此，对不同的材料应正确选用合适的热切割加工方法和采取相应的措施，减少淬硬层的厚度，否则应采用机械方法加工处理。铬钼钢或材料标准抗拉强度下限值大于或等于540MPa的管子、设计温度低于-29℃的非奥氏体不锈钢管子，采用热加工方法制备坡口时易产生缺陷。增加了坡口制备规定和对铬钼钢、低温钢坡口制备时表面进行无损检测的规定。

7.2.4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。有些设备和管道还会因错边产生冲刷腐蚀。根据目前施工行业推行机动焊、自动焊的趋势，机动焊、自动焊接比手工焊接对坡口组对质量要求高，明确了机动焊、自动焊接内壁错边量。

7.3 焊接工艺要求

7.3.1 正确选择焊接材料是保证焊接质量最重要的也是基本的条件。本条对焊条、焊丝的选择作了原则规定。焊接材料原则上应由设计文件提出，并通过焊接工艺评定验证后才能用于焊接工程。

1～2 焊接材料选用的基本原则：

1）应考虑焊接材料的工艺性能。工艺性能若不好，则电弧燃烧不稳定，不易脱渣，飞溅大，焊缝易出现气孔，容易产生焊接缺陷。所以工艺性能是否良好是选择焊材时应考虑的一项重要条件。

2）应考虑焊材与母材的相匹配性，保证焊接接头的使用性能，即按照母材的化学成分、力学性能、焊接性能、焊前预热、焊后热处理和使用条件等因素综合考虑，必要时通过试验确定。

2３ 同种钢材的焊接，首先要保证焊缝金属的使用性能(包括力学性能，耐热耐腐蚀及低温性能等)与母材相当。为此：

1）碳素钢、低合金强度钢应保证焊缝的力学性能高于或等于相应母材标准规定下限值。

2）铬钼耐热钢应保证焊缝的力学性能和化学成分均高于或等于相应母材标准规定下限值。通常情况下都是根据其合金元素含量选择相应化学成分的焊材。

3）低合金低温钢应保证焊缝的力学性能高于或等于相应母材标准规定下限值，选用与母材使用温度相适应的焊材。就低温钢的焊接性而言，主要矛盾是保证接头的低温韧性要求，防止接头在使用中产生脆性断裂，其强度通常均能满足要求。

4）高合金钢应保证焊缝金属的力学性能和耐腐蚀性能均高于或等于相应母材标准规定下限值。也可选用镍基焊材。

5）当用奥氏体焊接材料焊接非奥氏体母材时，应慎重考虑母材与焊缝金属膨胀系数不同而产生的应力作用。

6）增加了奥氏体-铁素体双相不锈钢焊接材料熔敷金属铁素体相比例要求。

3４ 异种钢结构能充分利用材料各自的优点，节省大量的贵重材料，并能更好地满足使用要求，在工程建设施工中，不可避免地会遇到异种钢材的焊接问题。

1）金相组织基本相同而钢种不同的异种钢焊接时，因其热物理性能彼此差异不大，可不考虑因组织差异对焊接质量所带来的问题。 一般情况下根据合金含量较低一侧或介于两者之间的钢材选择焊材，既可满足对接头的使用要求，而且焊材的焊接性也较好。

2）奥氏体钢与珠光体钢焊接时，为避免焊缝中产生脆性的马氏体组织，用含镍量高的焊接材料是目前改善此类异种钢焊接接头中熔合区质量的主要手段。含镍量越高，脆性层宽度越小，当使用镍基焊材时，脆性层会完全消失。

对于“设计温度高于425℃时宜选用镍基焊接材料”的规定，主要参考电力行业和石化行业的通行做法（见SH/T3526-2004《石油化工异种钢焊接规程》和DL/T869-2004《火力发电厂焊接技术规程》的相关规定。

补充了铬钼耐热钢异种钢相焊、复合钢，以及异种铁镍合金、镍合金及其与铬镍奥氏体钢焊材选用的要求。E309类不锈钢填充金属，焊缝包含充分的Cr 和Ni补偿稀释。但是当焊缝在热循环和温度大于315℃工作时，将产生热应力和疲劳问题，选用镍基焊接材料。此处425℃调整为315℃，和其他标准保持统一。

4 复合钢基层多半由碳素钢或低合金钢组成，以满足设备在使用中的强度和刚度要求；不锈钢部分称为复层，主要用来满足耐腐蚀性能要求，其厚度通常占总厚度的10％～20％。复合钢板基层与复层过渡的焊接，实际上即为奥氏体钢与珠光体钢之间异种钢的焊接，需采用25Cr-13Ni或含镍量更高的焊材。

7.3.4 对合金元素含量较多的钢种，在钨极惰性气体保护电弧焊（如氩弧焊）打底时焊缝内侧必须充保护气体加以保护，否则焊缝内表面将会被严重氧化，甚至形成疏松组织而无法成形，严重影响焊缝质量。但对合金元素含量较少的钢种，内侧是否充保护气体对焊缝成形和焊接质量并无明显影响，在此情况下则没有必要对焊缝内侧金属进行保护。保护气体普遍采用氩气。国外及国内有些单位采用氮气或氩气+氢气等其他气体成分作为内侧保护取得了成功经验。所以本条对内侧保护方法和保护气体的种类未予限制。

根据多年来的施工经验及现行行业标准《电力建设施工及验收技术规范(火力发电厂焊接篇)》DL 5007标准规定，将氩弧焊时内侧必须进行保护的合金钢的化学成分限定在Cr≥3％或合金元素总含量大于5％。为了防止含铬量大于或等于3%或合金元素总含量大于5%的焊件背面焊缝金属被氧化，规定至少焊接两层后，方可终止背面惰性气体保护。

7.3.4Ａ　增加了焊缝背面不具备充氩或其他气体保护条件时，可采用药芯焊丝或外涂层焊丝钨极气体保护焊焊接奥氏体钢底层焊道规定，通过近些年的现场使用，证实采取以上方法同样可以达到很好的背面保护效果。

7.3.4Ｂ　由于氧气管道对管道内洁净度要求高，药芯焊丝会产生少量的渣皮，因此不允许使用药芯焊丝。

7.3.11A管道承压件角焊缝多道焊时，同一部位出击现缺陷的几率小，不易出现渗漏。若采用单道焊，易从缺陷处渗漏。

7.3.11B 增加了管道承压件角焊缝焊接要求，角焊缝单道焊很可能产生贯穿性缺陷，造成焊缝的泄露，因此角焊缝至少应焊2道。

7.3.12 对低温钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢、耐热耐蚀高合金钢以及奥氏体与非奥氏体异种钢接头，为保证其焊接质量，除应选择正确的焊接方法和焊接材料外，需采用的焊接工艺的共同特点就是选用较小的焊接线能量施焊，并尽量降低层间温度。

焊接低温钢时，控制焊接线能量，可防止因焊缝过热出现粗大的铁素体或粗大的马氏体组织。试验证明，增大焊接线能量时，焊缝和热影响区的韧性都随之下降。

奥氏体不锈钢采用小的焊接工艺参数焊接，可有效地防止合金元素的烧损，降低焊接残余应力，减少熔池在敏化温度区的停留时间，避免产生晶间腐蚀，同时也可防止热裂纹的产生。

双相不锈钢既要控制焊接线能量的上限，也要控制其下限。这是因为当线能量太低可导致母材熔合区和热影响区铁素体含量过高，从而降低韧性和耐蚀性，而太高的线能量可导致金属间沉淀相的形成，而铁素体对形成金属间相敏感。

双相不锈钢进行多层多道焊时，后续焊道对前层焊道有热处理作用，焊缝和热影响区的奥氏体相组织增多，成为奥氏体占优势的两相组织，从而使整个焊接接头的组织和性能显著改善。所以双相钢接触腐蚀介质一面的焊缝先焊比后焊要好，这恰与奥氏体不锈钢焊缝相反。

22Cr-5Ni-3Mo（2205型）、 25Cr-7Ni-4Mo（2507普通型和超级型）双相不锈钢焊接采用氩+氮混合保护气，对焊缝的双相比是有好处的。因为双相不锈钢（如2205型、2507型）均是氮合金化的，在距焊缝表面的一定范围内氮的损失是难免的，如果氮的损失过多，则焊缝区的奥氏体相比例将会大大减少，铁素体相偏高，冲击韧性下降，耐腐蚀性能也会减弱。因此保护气体中保持一定量的氮气可以补充焊接过程中金属本身氮的损失，但如果补充量太大，焊缝易产生气孔，焊缝的冲击值也会下降。一般推荐采用98%Ar+2%N2比较合适。

耐热耐蚀高合金钢采用较小的焊接线能量焊接，可减小合金元素烧损和熔池过热而形成粗晶组织，获得较好“等强度”的接头。粗晶组织虽然对高温瞬时强度和持久强度有一定好处，但严重降低高温塑性和疲劳强度、并易引起热裂纹，过热区越宽，影响越严重。

非奥氏体和奥氏体钢异种钢接头的焊接，选用小电流，短电弧，快焊速工艺可有效降低熔合比，避免接头珠光体钢一侧产生淬硬组织，防止扩散层。如果淬硬倾向较大，焊前应对其预热，其预热温度比单独焊接珠光体钢时要低一些。

强调了双相不锈钢焊接不应使用自熔焊方法规定。

7.3.16 螺柱焊每个工作日前的焊接试验是对当天焊接人员、设备及作业条件的检验，有利于确保焊接质量。补充了进行螺柱试焊的检验要求和合格标准，便于现场执行。

7.3.19 根据目前施工中机动焊、自动焊应用较多，结合相关规范《石油化工工程焊接通用规范》SH/T3558,规定了机动焊、自动焊焊接方法的特殊参数（如脉冲功能、脉冲参数等）使用规定。

7.3.20增加了焊缝返修的工艺要求。缺陷的清除、磨槽或刨槽的形状直接影响焊缝返修的成败，热处理后返修的焊缝需要重新热处理。

7.4 焊前预热及焊后热处理

7.4.2 预热的主要目的是为了降低钢材的淬硬程度，延缓焊缝的冷却速度，以利于氢的逸出和改善应力条件，从而降低接头的延迟裂纹倾向。提高预热温度常常会恶化劳动条件，使生产工艺复杂化。过高的预热还会降低接头韧性。因此焊前是否需要预热和预热温度如何确定要认真考虑。影响预热温度的因素很多。本条依据ASME B31.3提出的表7.4.2是对常用钢种的最低预热温度值要求，只考虑了材质和厚度两个因素。实际焊件预热时，不仅要考虑材料的淬硬性和焊件厚度，还应考虑结构刚性、焊接方法和环境温度等因素，当遇有拘束度较大或环境温度低等情况时应适当增加预热温度。依据最新版《压力管道规范 工业管道》GB/T20801-2020、《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》SH/T3501-2011 等标准的修订，对常用钢种的最低预热温度要求进行了调整，以保持统一。

9 铜及铜合金的焊接

9.1 一般规定

9.1.2 钨极惰性气体保护电弧焊具有电弧稳定、能量集中、保护效果好、操作灵活、焊接质量高的优点。它已逐渐取代了气焊和焊条手工电弧焊而成为铜及铜合金焊接方法中应用最广泛的焊接方法，几乎所有的铜及铜合金均宜采用此种焊接方法。由于现场铜制设备和管道大部分焊件的厚度不超过12mm，钨极惰性气体保护电弧焊的焊接质量高，所需要预热温度较低，因此现场的铜及铜合金实际上多采用钨极惰性气体保护电弧焊。

氧乙炔焊工艺简单，使用灵活适用于焊接质量要求不太高的薄壁、小管焊接，焊接温度低、可减少黄铜中锌的蒸发，所以氧乙炔焊适合于黄铜焊接。但氧乙炔焊易变形，成形不好，目前在现场应用较少，作为传统焊接方法，本次修订仍以保留。

9.3 焊接工艺要求

9.3.2 采用开坡口的单面焊接接头在背面加垫板是为了避免焊接熔池中液态流动性好的铜液流失，使焊缝成型良好。铜及铜合金焊接时用垫板，一般为石墨制作，因石墨导热慢、保温性能好。

9.3.5 铜的热导率高造成焊接区的热量快速传导，母材难以象钢材那样局部熔化，对于厚的铜及铜合金焊接，应采用焊前预热来减少这种热量损失。否则，所焊接头可能未熔合、接头未熔透，或这两种情况均存在。关于纯铜的钨极惰性气体保护电弧焊应在什么厚度下预热的问题，中国机械工程学会焊接学会编著的《焊接手册》（第2版）第2卷“材料的焊接”中指出：纯铜钨极氩弧焊时，工件厚度在4mm以下可以不预热，4mm～12mm的纯铜需预热至200℃～450℃。现行行业标准《铜制压力容器》JB/T4755-2006也规定：焊件厚度超过大于4mm的纯铜、黄铜焊前一般应预热。 焊件厚度和尺寸、保护气体的种类不同，则预热温度不同。美国焊接学会主编的《焊接手册》中推荐黄铜的预热温度为93℃～316℃。

9.3.6 黄铜采用氧乙炔焊，由于氧乙炔焰的温度较低，故其预热温度略高于纯铜。为防止熔池金属氧化和其他气体侵入熔池，并改善液体金属的流动性，采用氧乙炔焊时应使用焊剂。

9.3.8 黄铜焊后是否需要热处理取决于母材的成分及焊件的用途。高锌（≤0.20）含锌量小于等于0.20的高锌黄铜合金在焊接过程中产生的应力，在某些介质中能导致应力腐蚀，以致引起产品过早破坏，且焊缝区的硬度将随焊接热所引起的时效结果而变化，因此黄铜焊后都要进行热处理以消除应力。

对于可淬硬合金焊件采用退火处理和均质化处理，以产生令人满意符合要求的金相组织，退火温度必须高于消除应力的热处理温度。美国焊接学会主编的《焊接手册》中推荐的黄铜退火温度范围为427℃～593℃。

10 钛及钛合金的焊接

10.3 焊接工艺要求

10.3.2 目前钛管对接焊口都是采用水平转动位置进行预制的，有利于保证管道的焊接质量，焊接固定焊缝也是可行的，只是对焊工技能要求较高，高空作业实现各部分良好的保护较麻烦，操作不方便。另外对焊接时的环境条件、要求防尘、防铁离子污染等都要采取一些必要的措施。所以在施工中尽量减少固定的安装焊口。

10.3.3 增加了当环境温度过低时的焊前预热要求。

10.2.9A 焊接过程应随时注意焊缝的保护情况，避免造成产品返工或者报废情况的发生。

11 镍及镍合金的焊接

11.2 焊前准备

11.2.3 本条规定了坡口及边缘内外侧的清理要求。由于镍及镍基合金表面存在难熔的氧化膜，如氧化镍，它的熔点为2090℃，而镍的熔点只有1446℃，如果焊前不采用适当的方法除去表面氧化膜，焊接时易使它成为焊缝的夹杂物，甚至影响焊接正常进行。另外，工件表面粘污的物质(油脂、油漆)也会带入熔池一些有害元素如Pb、P、S等，以致产生裂纹，所以焊前必须彻底清理干净。GB 50236-2011版此条规定了坡口及焊材采用化学清理的方法,考虑到化学清理方法会带来一定的环保问题及对人产生一定的的危害，并且现在实际焊接过程中基本没有采用化学方法清理的，都采用专用的工具清理。

考虑到与其他有关标准的协调性，所以把坡口的清理范围定为50mm。

11.3 焊接工艺要求

11.3.2A 现场的设备向大型化，高参数发展，大直径、厚壁的设备越来越多，过低的层间温度不利于焊接的连续性，影响焊接施工效率；镍及镍基焊接时如严格控制道间温度在150℃以下，不会对焊接接头的力学性能及耐腐蚀性能产生不利影响。

13 焊接检验及焊接工程交接

13.1 焊接前检查

13.1.1C技术交底的目的是使施工人员掌握施工技术要求和质量标准。

13.2 焊接中间检查

13.2.1 定位焊缝过短、过薄，使因此定位焊缝在焊接过程中易被撕裂，定位焊道上存在缺陷可能性较大，这些缺陷在焊接过程中常常是不能被全部熔化，而保留在新的正式焊道中形成根内部缺陷，因此对定位焊应清除渣皮进行检查。

13.2.2 对某些特殊材料的焊接，为保证其焊接质量，除应选择正确的焊接方法和焊接材料外，还应控制焊接线能量。控制焊接线能量的目的是：提高保证接头性能，如冲击、耐腐蚀等；减小接头应力；防止热影响区和焊缝产生淬硬组织，进而提高设备使用的疲劳寿命。本条主要强调对试件有冲击韧性要求时的特殊材料焊接线能量输入检查要求，其他情况的线能量控制要求由设计文件和焊接工艺文件确定。

焊接线能量的控制测量方法：

1由电流表、电压表读数和测量单位时间熔敷焊道的长度计算线能量。缺点是太繁琐，焊工不便于直接观察，且电力网络波动影响数据准确性；

2由规定的线能量范围推算出每根焊条的燃烧时间和每根焊条的熔敷长度（极限范围），焊接时测量每根焊条的燃烧时间和每根焊条的熔敷长度，检查其是否在极限范围内。

与焊接线能量有关的变因素包括预热温度、层间温度、焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊接位置和焊条直径等。而与焊接线能量直接有关的因素是焊接电流、电弧电压和焊接速度，当电流、电压最大而速度最小时，线能量最大。

13.2.3多层多道焊接产生的内部缺陷，检查发现和消除打磨、修补，都较表面缺陷复杂得多，困难得多。所以要及时清理、检查并消除，避免残留于层间的表面缺陷，在下一层的焊接中成为内部缺陷。

13.2.6 中断焊接是指一条焊缝，因某种原因未能一次性完成而中断，焊缝要在完全冷却后重新开始焊接。因此消除中断处焊缝缺陷，并重新预热至规定预热温度再进行焊接是十分必要的。

13.2.7 清根的目的是为了消除第一道不符合质量要求的焊缝，而且在被清除的部分更易发生缺陷，根部焊缝背面存在的超标缺陷，它的存在和层间缺陷有相同的后果，具有同等的危害性，因此应及时检查和清除。

13.2.7A 淬火层及熔渣彻底清除干净是避免其熔入焊缝中形成新的缺陷。

13.3 焊接后检查

13.3.1 设计文件和焊接工艺文件有特殊要求的焊缝，主要是指要求焊后减低冷却速度缓冷的焊缝。焊工在焊缝完成后不去除药皮进行表面外观检查，甚至在交工工程的焊缝上仍有药皮保留是经常发生的。为了纠正这一劣习，应在焊完后立即去除渣皮、飞溅，清理干净焊缝表面后，进行焊缝外观检查，并形成检查记录。

焊缝的外观检查，发现缺陷应及时消除、修补。现场强度及严密性试验不合格,有相当部分是焊缝表面缺陷未能被及时发现、消除而造成的。

13.3.4 关于焊缝无损检测的执行标准问题，原标准规定射线检测为为《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323，超声检测为《钢行手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB11345，考虑目前国内压力容器和压力管道已经统一执行行业标准《承压设备无损检测》JB/T4730NB/T47013标准，本规范涉及的压力容器和压力管道，作了相应的变动，以保持与特种设备安全技术规范的一致性。《承压设备无损检测》JB/T4730NB/T47013对不同类型的材料和焊缝（环缝、纵缝）提出的质量等级评定依据，更具有可操作性。

关于射线检测和超声检测的技术等级，《承压设备无损检测》JB/T4730-2005 NB/T47013规定：射线检测技术等级分为A、AB、B三个级别，其中A级最低，B级最高。超声检测的技术等级分为A、B、C三个级别，其中A级最低，C级最高。射线检测和超声检测技术等级的选择应根据设备或管道的重要程度，由相关标准及设计文件规定。

各类射线对人体有害，对环境也有一定的污染作用。因此操作人员应按规定进行安全操作防护。