ICS 47.020.10
CCS U 06

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 153—2024

690MPa 级结构钢焊接工艺要求

Welding technological requirements for structural steel of grade 690MPa

2024-12-26 发布　　2025-2-1 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目　次

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中船黄埔文冲船舶有限公司、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院。

本文件主要起草人：雷炳育、邵丹丹、张继军、梁剑明、刘小林、曾鹤鸣、卓振坚、董启航、陈立群、王明皓、郑佳明、张宇。

690MPa级结构钢焊接工艺要求

1 范围

本文件规定了船舶及海洋工程用厚度不大于250 mm的690 MPa级结构钢焊接的工艺准备、焊接坡口、工艺过程、工艺质量、焊后处理、检验、返修、安全防护等。

本文件适用于船舶及海洋工程结构用厚度不大于250 mm的690 MPa级结构钢的焊接。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 712—2022 船舶及海洋工程用结构钢

GB/T 3323.1—2019 焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 6052—2011 工业液体二氧化碳

GB 9448 焊接与切割安全

GB/T 11345—2023 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定

GB/T 18851.1—2012 无损检测 渗透检测 第1部分：总则

GB/T 19418—2003 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南

GB/T 26951—2011 焊缝无损检测 磁粉检测

GB/T 26952—2011 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级

GB/T 26953—2011 焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级

GB/T 29712—2023 焊缝无损检测 超声检测 验收等级

GB/T 32259—2015 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测

GB/T 32533 高强钢焊条

GB/T 36034 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 36233 高强钢药芯焊丝

GB/T 37910.1—2019 焊缝无损检测 射线检测验收等级 第1部分：钢、镍、钛及其合金

GB/T 39281 气体保护电弧焊用高强钢实心焊丝

GB/T 40741 焊后热处理质量要求

CB/T 3761 船体结构钢焊缝修补技术要求

HG/T 3728—2004 焊接用混合气 氩-二氧化碳

ISO 3452—1:2021 无损检测——渗透检测——第1部分：总则（Non-destructive testing of welds—— Penetrant testing——Part 1: General principles）

ISO 5817:2023 焊接——钢、镍、钛及其合金的熔化焊接头——缺陷质量分级（Welding——Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded)——Quality levels for imperfections）

ISO 10675—1:2021 焊缝无损检测——射线检测验收等级——第1部分：钢、镍、钛及其合金（Non-destructive testing of welds——Acceptance levels for radiographic testing——Part 1: steel, nickel, titanium and their alloys）

ISO 11666:2018 焊缝无损检测——超声检测——验收等级（Non-destructive testing of welds——Ultrasonic testing——Acceptance levels）

ISO 17636—1:2022 焊缝无损检测——射线检测——第1部分：X和伽玛射线的胶片技术（Non-destructive testing of welds——Radiographic testing——Part 1: X- and gamma-ray techniques with film）

ISO 17637:2016 焊缝无损检测——熔焊接头目视检测（Non-destructive testing of welds——Visual testing of fusion-welded joints）

ISO 17638:2016 焊缝无损检测——磁粉检测（Non-destructive testing of welds——Magnetic particle testing）

ISO 17640:2018 焊缝无损检测——超声检测——技术、检测等级和评定（Non-destructive testing of welds——Ultrasonic testing——Techniques, testing levels, and assessment）

ISO 23277:2015 焊缝无损检测——渗透检测——验收等级（Non-destructive testing of welds——Penetrant testing——Acceptance levels）

ISO 23278:2015 焊缝无损检测——磁粉检测——验收等级（Non-destructive testing of welds——Magnetic testing——Acceptance levels）

AWS A5.5 焊条电弧焊用低合金钢焊条规范（Specification for low-alloy steel electrodes for shielded metal arc welding）

AWS A5.23 埋弧焊用低合金钢和高锰钢焊丝和焊剂规范（Specification for low-alloy steel and high manganese steel electrodes for submerged arc welding）

AWS A5.28 气体保护电弧焊用低合金钢焊丝和填充丝规范（Specification for low-alloy steel electrodes and rods for gas shielded arc welding）

AWS A5.29 弧焊用低合金钢药芯焊丝规范（Specification for low-alloy steel electrodes for flux cored arc welding）

3 术语和定义

GB/T 712—2022、GB/T 3375界定的以及下列术语和定义适应于本文件。

3.1

690MPa级结构钢　structural steel of grade 690MPa

屈服强度不小于690MPa的低合金高强度结构钢。

注：例如GB/T 712—2022规定的AH690、DH690、EH690、FH690牌号钢材。

4　工艺准备

4.1　环境要求

4.1.1　对于焊条电弧焊，其焊接作业区最大风速不宜超过 8 m/s，如果超出上述范围，应采取有效的防风措施，以减少对熔池的影响。

4.1.2　对于气体保护焊，其焊接作业区最大风速不宜超过 2 m/s，如果超出上述范围，应采取有效的防风措施，以减少对熔池的影响。

4.1.3　对于埋弧自动焊，其焊接作业区风速过大而影响焊剂铺设时，应采取挡板、围蔽等挡风、防风措施。

4.1.4　焊接作业区相对湿度不宜高于 90%。若焊接作业区相对湿度高于 90%，在焊接前应对焊接坡口及其周围 100 mm 范围内的母材进行加热烘干处理。

4.1.5　遇到雨、雪天气时，应避免露天施焊，采取防雨、雪措施。

4.1.6　所有焊接工艺执行前均应进行工艺评定，焊接环境温度低于-10 ℃时，应进行相应焊接环境温度下的工艺评定试验，并应在评定合格后再进行焊接。

4.2　施工人员

4.2.1　焊接施工人员应具备认定的技能资格，经考核合格后持证上岗，焊接施工人员所采用的焊接方法、焊接设备以及施工中涉及的焊接位置应在焊接资质允许范围之内。

4.2.2　焊接施工人员应熟悉生产现场环境，且经过焊接作业安全培训。

4.2.3　焊接施工人员应熟悉相关的设计图纸、焊接工艺文件等，能够按照设计图纸、焊接工艺文件等要求进行施工。

4.3　焊接设备

4.3.1　焊接设备应适合于拟定的用途，并处于有效的工作状态。

4.3.2　焊接设备的仪器仪表应计量合格，并在检定有效期内。

4.4　母材及焊接材料

4.4.1　母材应符合 GB/T 712—2022 中第 7 章规定的 AH690、DH690、EH690、FH690 钢的技术要求或化学成分相似且力学性能相当钢材的其他标准要求。

4.4.2　所选用焊接材料应与母材钢级相适应，且应经过焊接工艺评定试验，宜按表 1 规定选用焊接材料，或选用强度等级、低温冲击韧性等级相当的其他标准及型号的焊接材料。

表 1　焊接材料推荐表

钢级	焊条型号		药芯焊丝型号		实心焊丝型号		埋弧焊丝-焊剂组合型号	
	GB/T 32533 规定	AWS A5.5 规定	GB/T 36233 规定	AWS A5.29 规定	GB/T 39281 规定	AWS A5.28 规定	GB/T 36034 规定	AWS A5.23 规定
AH690	E76XX-XX[a]	E110XX-XX[a]	T762TX-1C1X T764TX-1C1X T766TX-1C1X	E11XTX-XX[a]	G76A2M21XX G76A4M21XX G76A6M21XX	ER110X-XX[a]	S76X2XX-XX S76X4XX-XX S76X6XX-XX	F11A2-EXX F11A4-EXX F11A6-EXX
DH690	E76XX-XX[b]	E110XX-XX[b]	T764TX-1C1X T766TX-1C1X	E11XTX-XX[b]	G76A4M21XX G76A6M21XX	ER110X-XX[b]	S76X4XX-XX S76X6XX-XX	F11A4-EXX F11A6-EXX
EH690	E76XX-XX[c]	E110XX-XX[c]	T766TX-1C1X T768TX-1C1X	E11XTX-XX[c]	G76A6M21XX G76A8M21XX	ER110X-XX[c]	S76X6XX-XX S76X8XX-XX	F11A6-EXX F11A8-EXX
FH690	E76XX-XX[d]	E110XX-XX[d]	T768TX-1C1X	E11XTX-XX[d]	G76A8M21XX	ER110X-XX[d]	S76X8XX-XX	F11A8-EXX

[a]熔敷金属冲击试验温度为0℃或更低。
[b]熔敷金属冲击试验温度为-20℃或更低。
[c]熔敷金属冲击试验温度为-40℃或更低。
[d]熔敷金属冲击试验温度为-60℃或更低。

4.4.3　焊接材料贮存场所应保持干燥、通风良好。

4.4.4　焊条使用前宜在 370 ℃～430 ℃温度范围内烘焙 2 h～3 h，或按焊条说明书要求进行烘干。

4.4.5　烘干后的焊条应放置在温度不低于 120 ℃的保温箱中存放、待用，烘干后的焊条在焊工领取至施工现场使用时应置于保温筒内，随用随取，焊条在保温筒内的放置时间不应超过 2 h。

4.4.6　焊剂使用前应按制造厂家推荐的温度进行烘焙，烘干后的焊剂在盛装时应放置于保温桶内，在保温桶内放置的时间不应超过 4 h 或内部焊剂温度不应低于 50 ℃，不应使用已受潮或结块的焊剂。

4.4.7　药芯焊丝使用前应保证真空包装完整。

4.4.8　焊丝表面应无油污、水分等影响焊接质量的杂质。

4.4.9　对于需要进行焊后热处理的焊缝，所匹配焊接材料熔敷金属焊后热处理的性能应符合 GB/T 40741 要求。

4.4.10　焊接材料熔敷金属扩散氢含量应不大于 5 ml/100g。

4.4.11　气体保护焊所用 80%Ar+20%CO_2混合气体应符合 HG/T 3728—2004 中第 3 章规定的Ⅱ类技术指标要求，所用 CO_2气体应符合 GB/T 6052—2011 中第 3 章规定的技术指标要求。

5　焊接坡口

5.1　焊接坡口宜符合附录 A 或焊接工艺评定试验的要求。

5.2 焊接坡口加工可采用火焰切割、等离子切割或机械切削等方法。若采用火焰切割或等离子切割方法进行坡口加工时，坡口加工后宜采用机械打磨方法去除坡口面氧化层。
5.3 钢材厚度不大于 100 mm 时，坡口割纹深度不应大于 0.2 mm；钢材厚度大于 100 mm 时，坡口割纹深度不应大于 0.3 mm。
5.4 坡口割纹深度过大时应采用机械加工或打磨清除。

6 工艺过程

6.1 焊前清理

6.1.1 对焊接坡口面和坡口两侧 30 mm 范围内的母材进行清理，去除氧化层、锈蚀、油污、水分等影响焊接质量的杂质。
6.1.2 去除坡口加工残留的毛刺。

6.2 预热

6.2.1 预热温度应根据钢材的等级、碳当量、焊件厚度、施焊环境、焊接方法和拘束度等因素综合考虑，同时应满足焊接工艺文件要求。
6.2.2 最低预热温度宜按表 2 的要求进行选择。

表 2 最低预热温度推荐表

接头最厚部件的板厚t mm	推荐最低预热温度 ℃
t≤20	20
20＜t≤40	80
40＜t≤60	100
60＜t≤80	120
t＞80	150

6.2.3 焊接前预热宜采用电加热法（包括感应加热法）、火焰加热法，应确保加热区域均匀加热，并应采用专用的测温仪器测量。
6.2.4 预热加热区域应在焊接坡口两侧，宽度应大于焊件施焊处板厚的 1.5 倍，且不应小于 100 mm。

6.3 定位焊

6.3.1 定位焊所用焊接材料应与正式焊缝的焊接材料相当。
6.3.2 定位焊缝厚度不应小于 3 mm，长度不应小于 50 mm，其间距宜控制在 300 mm～600 mm 范围内。对结构复杂、线型复杂、曲度较大或拘束度较大的接头，其定位焊间距应适当减小，长度应适当加长。
6.3.3 定位焊焊接时预热温度宜高于正式施焊预热温度 20 ℃～50 ℃范围。
6.3.4 定位焊缝与正式焊缝应具有相同的焊接工艺和焊接质量要求。
6.3.5 定位焊缝存在裂纹、气孔、夹渣等缺陷时，应完全清除，再重新施焊。

6.4 焊接

6.4.1 根据焊接实际工况和焊接工艺要求选用焊条电弧焊、气体保护焊、埋弧自动焊等焊接方法。

6.4.2 焊接宜按照附录 B 的规定选用焊接参数。

6.4.3 焊接坡口两端应设有引弧板和熄弧板，焊接过程中不应在焊接坡口外的母材上引弧和熄弧。

6.4.4 多层多道焊时应连续施焊，每一道焊缝焊接完成后应及时清理焊渣及表面飞溅物，并且每层焊缝的起点和终点应相互错开 30 mm。

6.4.5 道间温度应不低于预热温度且最高不超过 230 ℃。

6.4.6 若焊接施工遇有中断施焊的情况，应采取适当的保温措施，必要时应进行后热处理，再次焊接时重新预热温度应高出初始预热温度。

6.4.7 全焊透焊缝的清根应从焊缝背面进行，清根可采用碳弧气刨、等离子气刨等方法，清根前应按照焊前预热要求进行预热。清根后的凹槽应形成不小于 10° 的 U 形坡口。

6.4.8 若进行焊缝清根，清根完成后应彻底打磨清除气刨引起的渗碳层、氧化层等影响焊接质量的杂质。

6.4.9 每道焊缝焊接后施焊人员应立即对焊缝进行外观检查，并及时对焊接缺陷进行返修，避免引起重复的加热工作。

6.4.10 施焊人员应对焊接过程进行记录，记录内容应包含附录 B 中的内容。

7 工艺质量

7.1 焊缝质量应符合 GB/T 19418—2003 第 5 章或 ISO 5817:2023 第 5 章规定的 B 级要求。

7.2 焊缝表面的无损检测验收等级应符合设计要求，不应低于 GB/T 26952—2011 第 5 章或 ISO 23278:2015 第 5 章规定的 2X 级要求，或不应低于 GB/T 26953—2011 第 5 章或 ISO 23277:2015 第 5 章规定的 2X 级要求。

7.3 焊缝内部的无损检测验收等级应符合设计要求，不应低于 GB/T 37910.1—2019 第 5 章或 ISO 10675—1:2021 第 5 章规定的 1 级要求，或不应低于 GB/T 29712—2023 第 6 章或 ISO 11666:2018 第 6 章规定的 2 级要求。

8 焊后处理

8.1 焊缝施焊工作结束后应立即进行消氢热处理。焊后消氢热处理的加热温度为 250 ℃～350 ℃范围内，保温时间应根据工件厚度按每 25 mm 板厚不小于 0.5 h 且总保温时间不应小于 1h 确定，达到保温时间后应缓冷至环境温度。

8.2 当环境温度低于 5 ℃时，保温后缓冷的冷却速度应小于或等于 50 ℃/h。

8.3 若设计文件、合同文件等要求焊缝焊后进行消除应力热处理，则免除 8.1 要求的消氢热处理，焊缝施焊工作结束后应按相关文件要求进行焊后消除应力热处理。

9 检验

9.1 焊缝无损检测应在焊后处理结束 48 h 后进行。

9.2 焊缝目视检测应按 GB/T 32259—2015 第 5 章或 ISO 17637:2016 第 6 章规定的要求执行。

9.3 焊缝表面应按照设计文件要求进行无损检测，可采用磁粉检测或渗透检测方法，渗透检测应按 GB/T 18851.1—2012 第 8 章或 ISO 3452—1:2021 第 8 章规定的要求执行，磁粉检测应按 GB/T 26951—2011 第 5 章或 ISO 17638:2016 第 5 章规定的要求执行。

9.4 焊缝内部应按照设计文件要求进行无损检测，可采用射线检测或超声波检测方法，射线检测应按 GB/T 3323.1—2019 第 7 章或 ISO 17636—1:2022 第 7 章规定的 B 级要求执行，超声波检测应按 GB/T 11345—2023 第 12 章或 ISO 17640:2018 第 12 章规定的 B 级要求执行。

10 返修

10.1 焊缝返修应按 CB/T 3761 的要求执行。

10.2 焊缝缺陷清除时，应优先选用机械打磨方式。对于较大和较深的缺陷，可采用气刨方式清除焊接缺陷，但气刨前应对相关区域进行预热。

10.3 气刨前预热及返修前的预热温度应比相同条件下正常焊接前的预热温度高 25 ℃。

10.4 返修补焊的焊缝长度应不小于 100 mm。

10.5 修补后的焊缝应与相邻部位过渡平顺。

10.6 焊后经过热处理的焊接接头，返修补焊后应再次进行热处理。

10.7 返修补焊的焊缝应重新进行无损检测，检验方法应符合第 9 章规定的要求，验收结果应符合第 7 章规定的要求。

10.8 同一位置的焊缝返修不应超过两次。

11 安全防护

11.1 焊接安全防护应符合 GB 9448 的要求。

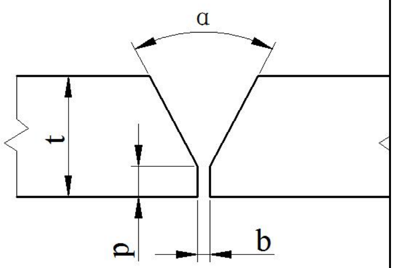
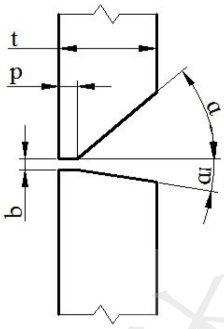
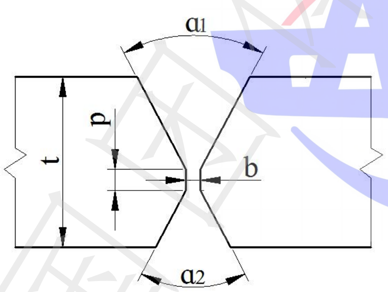
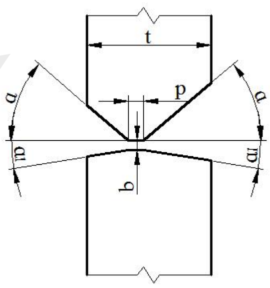
11.2 进入生产场地的人员应穿戴齐全的劳动保护用品。

11.3 若在有限空间内施焊，应加强环境通风，并采取专人监护措施。

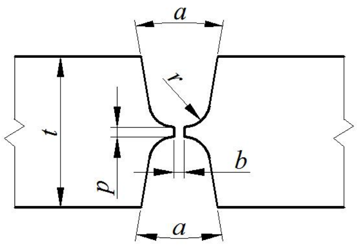
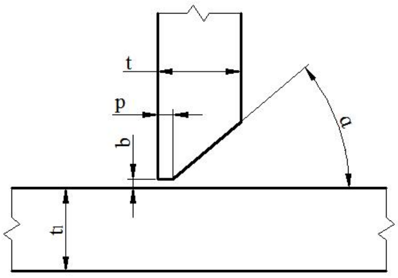
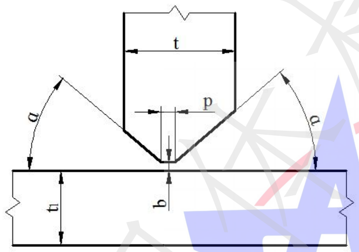
附录A
（资料性）
焊接坡口

A.1 焊条电弧焊焊接坡口见表A.1。

表A.1　焊条电弧焊焊接坡口

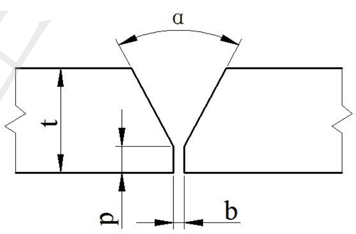
序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
1		t——钢板厚度，取 6 mm≤t≤24 mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 55°≤α≤65°	板厚 6 mm≤t≤24 mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（根部清根）。
2		t——钢板厚度，取 6 mm≤t≤24 mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——上坡口角度，取 45°≤α≤55° α_1——下坡口角度，取 0°≤α_1≤10°	板厚 6 mm≤t≤24 mm 横焊焊缝的焊接（根部清根）。
3		t——钢板厚度，取 t>24mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α_1——正面坡口角度，取 55°≤α_1≤65° α_2——反面坡口角度，取 55°≤α_2≤65°	板厚 t>24 mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（根部清根）。
4		t——钢板厚度，取 t>24mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——上坡口角度，取 45°≤α≤55° α_1——下坡口角度，取 0°≤α_1≤10°	板厚 t>24mm 横焊焊缝的焊接（根部清根）。

表A.1 焊条电弧焊焊接坡口(续)

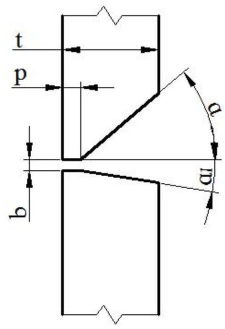
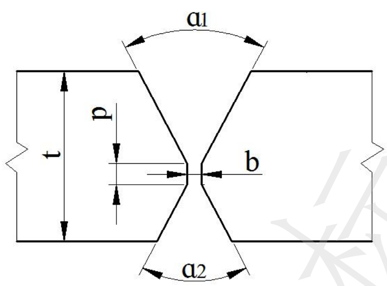
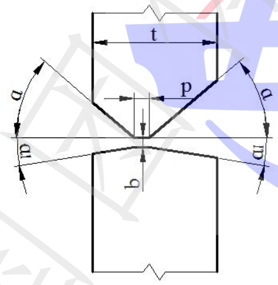
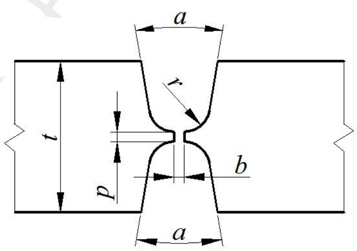
序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
5		t——钢板厚度，取 t＞50 mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 10° ≤α≤20° r——根部半径，取 5mm≤r≤10 mm	板厚 t＞50 mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（根部清根）。
6		t——腹板厚度，取 6 mm≤t≤24 mm t_1——面板厚度 b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 45° ≤α≤50°	板厚 6 mm≤t≤24 mm 平角焊、横角焊、立角焊、仰角焊焊缝的焊接（根部清根）。
7		t——腹板厚度，取 t＞24mm t_1——面板厚度 b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 45° ≤α≤50°	板厚 t＞24mm 平角焊、横角焊、立角焊、仰角焊焊缝的焊接（根部清根）。

A.2 气体保护焊焊接坡口见表 A.2。

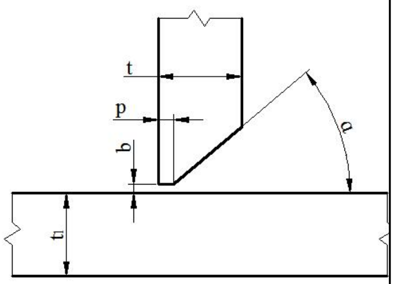
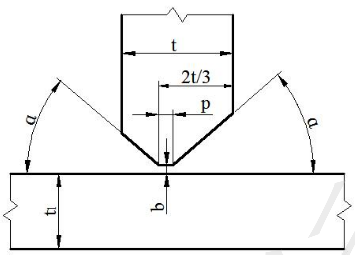
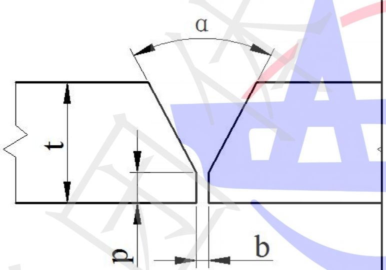
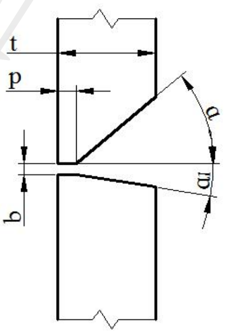
表A.2 气体保护焊焊接坡口

序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
1		t——钢板厚度，取 6 mm≤t≤24 mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 55° ≤α≤65°	板厚 6mm≤t≤24mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（根部清根）。

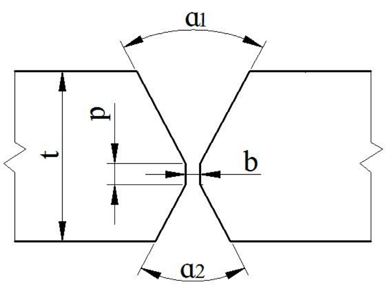
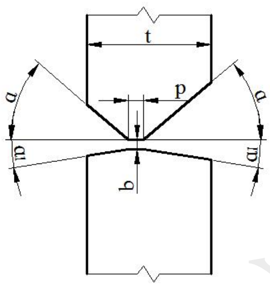
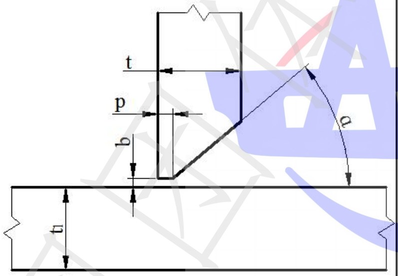
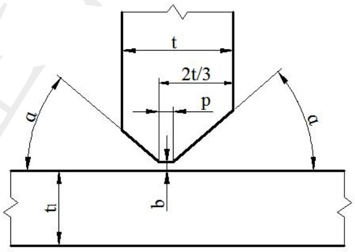
表A.2　气体保护焊焊接坡口（续）

序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
2		t——钢板厚度，取 6 mm≤t≤24 mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——上坡口角度，取 45°≤α≤55° $α_1$——下坡口角度，取 0°≤$α_1$≤10°	板厚 6mm≤t≤24 mm 横焊焊缝的焊接（根部清根）。
3		t——钢板厚度，取 t＞24mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm $α_1$——正面坡口角度，取 55°≤$α_1$≤65° $α_2$——反面坡口角度，取 55°≤$α_2$≤65°	板厚 t＞24mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（根部清根）。
4		t——钢板厚度，取 t＞24mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——上坡口角度，取 45°≤α≤55° $α_1$——下坡口角度，取 0°≤$α_1$≤10°	板厚 t＞24mm 横焊焊缝的焊接（根部清根）。
5		t——钢板厚度，取 t＞50 mm b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 10°≤α≤20° r——根部半径，取 5mm≤r≤10 mm	板厚 t＞50mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（根部清根）。

表A.2　气体保护焊焊接坡口（续）

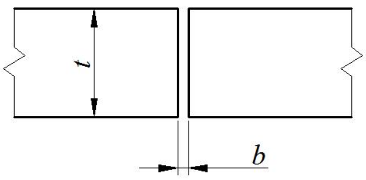
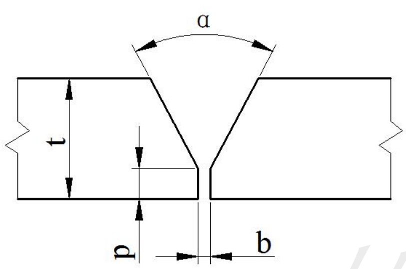
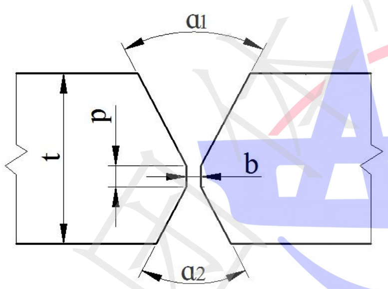
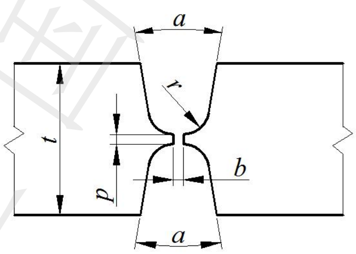
序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
6		t——腹板厚度，取 6 mm≤t≤24 mm t_1——面板厚度 b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 45° ≤α≤50°	板厚 6 mm≤t≤24 mm 平角焊、横角焊、立角焊、仰角焊焊缝的焊接（根部清根）。
7		t——腹板厚度，取 t＞24 mm t_1——面板厚度 b——根部间隙，取 0mm≤b≤2mm p——钝边尺寸，取 2 mm≤p≤4 mm α——坡口角度，取 45° ≤α≤50°	板厚 t＞24mm 平角焊、横角焊、立角焊、仰角焊焊缝的焊接（根部清根）。
8		t——钢板厚度，取 6 mm≤t≤30mm b——根部间隙，取 5mm≤b≤8mm p——钝边尺寸，取 0 mm≤p≤3 mm α——坡口角度，取 35° ≤α≤45°	板厚 6mm≤t≤30mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（衬垫辅助的单面焊）。
9		t——钢板厚度，取 6 mm≤t≤30 mm b——根部间隙，取 5mm≤b≤8mm p——钝边尺寸，取 0 mm≤p≤3 mm α——坡口角度，取 30° ≤α≤40° α_1——下坡口角度，取 0° ≤α_1≤10°	板厚 6 mm≤t≤30 mm 横焊焊缝的焊接（衬垫辅助的单面焊）。

表A.2　气体保护焊焊接坡口（续）

序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
10		t——钢板厚度，取 t＞30 mm b——根部间隙，取 5mm≤b≤8mm p——钝边尺寸，取 0mm≤p≤3 mm α_1——正面坡口角度，取 35° ≤α_1≤45° α_2——反面坡口角度，取 35° ≤α_2≤45°	板厚 t＞30mm 平焊、立焊、仰焊焊缝的焊接（衬垫辅助）。
11		t——钢板厚度，取 t＞30 mm b——根部间隙，取 5mm≤b≤8mm p——钝边尺寸，取 0 mm≤p≤3 mm α——坡口角度，取 35° ≤α≤40° α_1——下坡口角度，取 0° ≤α_1≤10°	板厚 t＞30 mm 横焊焊缝的焊接（衬垫辅助）。
12		t——腹板厚度，取 6 mm≤t≤30mm t_1——面板厚度 b——根部间隙，取 5mm≤b≤8mm p——钝边尺寸，取 0 mm≤p≤3 mm α——坡口角度，取 35° ≤α≤45°	板厚 6 mm≤t≤30mm 平角焊、横角焊、立角焊、仰角焊焊缝的焊接（衬垫辅助）。
13		t——腹板厚度，取 t＞30 mm t_1——面板厚度 b——根部间隙，取 5mm≤b≤8mm p——钝边尺寸，取 0mm≤p≤3 mm α——坡口角度，取 35° ≤α≤545°	板厚 t＞30mm 平角焊、横角焊、立角焊、仰角焊焊缝的焊接（衬垫辅助）。

A.3 埋弧焊焊接坡口见表A.3。

表A.3　埋弧焊焊接坡口

序号	坡口形式	坡口说明	适用范围
1		t——钢板厚度，取6 mm≤t≤14 mm b——根部间隙，取0mm≤b≤1mm	板厚6 mm≤t≤14 mm平焊焊缝的焊接。
2		t——钢板厚度，取14 mm≤t≤30 mm b——根部间隙，取0mm≤b≤1mm p——钝边尺寸，取5 mm≤p≤8 mm α——坡口角度，取50°≤α≤60°	板厚14mm≤t≤30mm平焊焊缝的焊接。
3		t——钢板厚度，取t＞30 mm b——根部间隙，取0mm≤b≤1mm p——钝边尺寸，取5 mm≤p≤8 mm $α_1$——正面坡口角度，取50°≤$α_1$≤60° $α_2$——反面坡口角度，取60°≤$α_2$≤70°	板厚t＞30 mm平焊焊缝的焊接。
4		t——钢板厚度，取t＞50 mm b——根部间隙，取0mm≤b≤1mm p——钝边尺寸，取5 mm≤p≤8 mm α——坡口角度，取10°≤α≤20° r——根部半径，取5mm≤r≤10 mm	板厚t＞50mm平焊焊缝的焊接。

附录B
（资料性）
焊接参数

B.1 焊条电弧焊推荐焊接参数见表B.1。

表B.1　焊条电弧焊推荐焊接参数

焊接方法	焊条直径 mm	焊层	电流极性	焊接电流 A	焊接电压 V	焊接速度 cm/min
焊条电弧焊	Φ3.2、Φ4.0、Φ5.0	打底	直流反接	105～125	20～24	5～10
		填充	直流反接	160～180	23～27	14～20
		盖面	直流反接	150～170	22～26	15～20

B.2 气体保护焊推荐焊接参数见表B.2。

表B.2　气体保护焊推荐焊接参数

焊丝类型	保护气体组分	导电嘴到工件距离 mm	气体流量 L/min	焊丝直径 mm	焊层	电流极性	焊接电流 A	焊接电压 V	焊接速度 cm/min
药芯焊丝	100%CO_2或80%Ar+20%CO_2	12～20	15～25	Φ1.0、Φ1.2、Φ1.4	打底	直流反接	170～190	20～25	7～9
					填充	直流反接	170～200	20～26	19～25
					盖面	直流反接	180～200	22～26	20～45
实心焊丝	80%Ar+20%CO_2	12～15	15～25	Φ1.0、Φ1.2、Φ1.4	打底	直流反接	150～170	19～24	6～8
					填充	直流反接	150～180	19～25	15～25
					盖面	直流反接	160～180	21～25	20～45

B.3 埋弧焊推荐焊接参数见表B.3。

表B.3　埋弧焊推荐焊接参数

焊接方法	导电嘴到工件距离 mm	焊丝直径 mm	焊层	电流极性	焊接电流 A	焊接电压 V	焊接速度 cm/min
埋弧焊	15～25	Φ4.0、Φ5.0	打底	直流反接	580～610	30～32	35～45
			填充	直流反接	640～660	30～35	35～45
			盖面	直流反接	680～720	34～36	35～45