

T/CPI

中国石油和石油化工设备工业协会团体标准

T/CPI XXXXX—XXXX

自动混浆固井设备技术规范

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国石油和石油化工设备工业协会 发布

目 次

前言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 设计 4

 4.1 设计条件 4

 4.2 设计计算 4

 4.3 额定值 5

 4.4 额定值依据 5

 4.5 设计安全系数 5

 4.6 设计文件 5

5 设计验证 6

 5.1 总则 6

 5.2 试验 6

 5.3 记录 7

6 材料要求 7

 6.1 金属材料 7

 6.2 非金属密封材料 8

7 焊接要求 9

 7.1 总则 9

 7.2 焊接评定 9

 7.3 焊材控制 9

 7.4 焊后热处理 9

 7.5 组焊要求 9

 7.6 补焊要求 9

 7.7 焊接控制 10

8 质量控制 10

 8.1 总则 10

 8.2 质量控制人员资格 10

 8.3 测量和试验设备 10

 8.4 材料控制要求 11

 8.5 焊接控制要求 12

 8.6 承载和承压件质量控制要求 13

 8.7 装配质量控制 14

8.8 质量控制记录要求 15

8.9 试验控制 15

9 设备 16

9.1 总则 16

9.2 型式、型号 16

9.3 整机要求 17

9.4 设备主要部件及要求 18

10 标志、包装、运输和贮存 20

10.1 标志 20

10.2 包装与运输 21

10.3 贮存 21

11 文件 21

11.1 记录保存 21

11.2 制造商保存文件 21

11.3 设备携带的随机文件 21

附录 A（资料性附录） 动力传动装置选型计算..... 22

附录 B（资料性附录） 液压元件选型计算..... 23

附录 C（资料性附录） 电气负荷及供电需求计算..... 24

附录 D（资料性附录） 轴载荷计算..... 26

附录 E（资料性附录） 重心计算..... 27

附录 F（资料性附录） 主承载及承压件强度及刚度计算..... 28

附录 G（资料性附录） 常规焊接接头形式..... 29

附录 H（资料性附录） 焊缝外观质量..... 32

前 言

本标准按照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》给出的规则起草。

本标准由中国石油和石油化工设备工业协会提出并归口。

本标准主要起草单位：中石化四机石油机械有限公司、四机赛瓦石油钻采设备有限公司、宝鸡石油机械有限责任公司。

本标准主要起草人：

自动混浆固井设备技术规范

1 范围

本标准规定了自动混浆固井设备的设计、设计验证、设计确认、材料要求、焊接要求、质量控制、设备、标志、包装、运输和贮存和文件。

本标准适用于常规和非常规油气开采用车装、橇装及半挂拖装柴驱和电动自动混浆固井设备的设计、制造、试验、检验和CPI认证。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法

GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件

GB 1589 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 3797 电气控制设备

GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯

GB 4053.2 固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯

GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB 4785 汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定

GB 7258 机动车运行安全技术条件

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB 11567 汽车及挂车侧面和后下部防护要求

GB/T 13306 标牌

GB 15741 汽车和挂车号牌板（架）及其位置

GB/T 18411 机动车产品标牌

GB 23254 货车及挂车 车身反光标识

GB/T 23507.2 石油钻机用电气设备规范 第2部分：控制系统

GB 25990 车辆尾部标志板

GB 34659 汽车和挂车防飞溅系统性能要求和测量方法

GB 50661 钢结构焊接规范

SY/T 5534 油气田专用车通用技术规范

SY/T 7015 石油天然气钻采设备 固井压裂柱塞泵
SY/T 7333 石油天然气钻采设备 固井设备
ASME B31.3 工艺管道
ASME BPVC. IX 焊接和钎接评定
ASNT SNT-TC-1A 无损检测人员资格鉴定和认证
AWS D1. 1/D1. 1M 钢结构焊接规范
AWS D1. 3/D1. 3M 薄板钢结构规范
ISO 9712 无损检测 无损检测人员的资格鉴定与认证

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动混浆固井设备

能实现固井水泥浆自动混合的固井设备。

3.2

柴驱自动混浆固井设备

固井泵由柴油机驱动的自动混浆固井设备。

3.3

电动自动混浆固井设备

用电动机驱动固井泵的自动混浆固井设备。

3.4

主承载件

设备中承受主要载荷的零部件。

3.5

承压件

当预期功能丧失时，会导致其封存的流体向大气泄漏的零件。

3.6

额定值

理论计算最大值和实际试验最大值中的较小值。

3.7

焊接要素

焊接方法的主要参数，如焊接方法、焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊接位置、母材类型、母材厚度、填充金属类型类型及尺寸等。

3.8

高能混合器

一种通过高能量的清水喷射，实现干水泥和清水预混，并通过水泥浆循环制备特定密度固井水泥浆的装置。

3.9

混浆罐

一种能够实现水泥浆混合，并容纳水泥浆的容器。

3.10

混浆管汇

与高能混合器相配套连接，实现水泥浆制备的管汇。

3.11

密度计

可精确测量流体（如水泥浆、清水等）密度的装置。

3.12

循环泵

一种实现水泥浆吸入-排出循环作业的离心泵。

3.13

喷射泵

一种实现清水在较高压力下排出的离心泵。

3.14

下灰阀

一种可实现干水泥稳定下灰，并能够调节下灰量的装置。

3.15

喷射器

一种可通过清水和水泥浆高速喷射作用下，实现干水泥和清水预混的装置。

3.16

扩散槽

一种可实现预混水泥浆均匀扩散至混浆罐的装置。

3.17

循环管汇

在循环泵作用下实现混浆罐内水泥浆循环混合和密度测量的管汇。

3.18

水泥浆二次混合管汇

在循环泵作用下，对预混合的水泥浆通过高能混合器再次实现混合的管汇。

3.19

断路器

具有过载、短路和欠电压保护功能,能保护线路和电源的低压电器。

3.20

低压成套开关柜

作为输电、配电及电能转换装置，由一个或多个低压开关器件和与之相关的部件构成的组合体。

3.21

电动机

把电能转换成机械能的一种设备。

3.22

变频电动机

一种频率和电压可调的电动机。

3.23

IGBT

绝缘栅双极型晶体管。

3.24

变频器

应用变频技术与微电子技术，通过改变电动机工作电源频率方式来控制交流电动机的电力控制设备。

3.25

变压器

利用电磁感应的原理来改变交流电压的设备。

3.26

摆角

传动轴在运转过程中，以传动轴一端万向节中心为圆心，传动轴轴管绕圆心转动形成的锥面与转动轴线之间的角度。

4 设计

4.1 设计条件

4.1.1 设备设计、制造和试验应满足其预定的用途，应保证其安全运行。

4.1.2 除非另有规定或者协议双方另有书面商定，设备的设计工作环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 设计计算

4.2.1 总则

本章计算项目适用于新产品设计，定型产品的改型设计相同部分不需要计算，改型部分没有引起参数变化的不需要计算。

4.2.2 设计计算项目

设计计算至少包括主要作业参数计算、主要配置选型计算、车装及半挂拖装设备载荷分布计算、车装及半挂拖装设备通过性计算、车装及半挂拖装设备侧倾稳定性计算、橇装设备重心、吊点计算、设备主承载和承压件强度及刚度计算，其计算方法及要求见表1。

表1 自动混浆固井设备设计计算表

计算项目		计算方法	要求	车装和半挂拖装	橇装	备注
主要作业参数	排出压力	参见 SY/T 7015 第 4 章	应满足作业要求	√	√	
	排出流量			√	√	
主要配置选型	动力传动装置选型	参见附录 A	应符合设备配置要求	√	√	
	液压元件选型	参见附录 B		√	√	
	电气负荷及供电需求	参见附录 C		√	√	
设备载荷分布	总质量		应符合 GB 1589 和 SY/T 5534 的规定	√	√	
	轴载荷	参见附录 D		√		
通过性		参见 GB 1589	应符合 GB 1589 和 SY/T 5534 的规定	√		
侧倾稳定性	侧倾稳定角	参见相关文件	应符合 GB 7258 和 SY/T 5534 的规定	√		
重心		参见附录 E	应符合设备整体设计 要求	√	√	
主承载及承压件强度及刚度		参见附录 F	应符合设计载荷要求	√	√	
注：当设备配置液压系统时，应进行液压元件选型计算，否则不需要。						

4.3 额定值

- 4.3.1 按本标准提供的自动混浆固井设备额定值应符合本标准规定的要求。
- 4.3.2 与设备额定压力和额定流量相关的零部件的参数应满足或超过设备额定参数配套要求。
- 4.3.3 制造商应规定各种型号自动混浆固井设备的额定压力和额定流量值。

4.4 额定值依据

- 4.4.1 设备额定压力和额定流量值应基于设备性能参数计算值和第 5 章中试验数据。
- 4.4.2 当第 5 章中试验达到的最高压力和最大流量值低于计算值时，应以试验达到的最高压力和最大流量值作为设备额定压力和额定流量值。

4.5 设计安全系数

- 4.5.1 传动轴设计安全系数应不低于 1.3。
- 4.5.2 吊耳安全系数应不低于 2。

4.6 设计文件

- 4.6.1 设计文件及设计更改文件应包括设计方法、假设、计算和设计要求。
- 4.6.2 设计要求应至少包括尺寸、试验、工作压力、排量、材料、环境和规范的要求以及其它有关的设计要求。
- 4.6.3 车装和半挂拖装设备产品说明书应符合 GB 7258 的规定。

5 设计验证

5.1 总则

设备应采用试验方式进行设计验证。

5.1.1 型式试验

凡属下列情形之一时，应进行整机型式检验：

- a) 新产品或定型产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，结构、材料、工艺发生重大改变可能影响产品性能时；
- c) 停产两年以上，恢复生产时；
- d) 正常生产三年后应进行一次型式试验；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大的差异时；
- f) 国家质量技术监督机构提出型式检验要求时。

5.1.2 出厂试验

每台设备都应进行出厂试验。

5.1.3 工业性试验

新产品应进行不少于3井次工业试验。

5.2 试验

5.2.1 安全环保要求

安全环保应符合SY/T 7333的规定。

5.2.2 试验条件

试验条件应符合SY/T 7333的规定。

5.2.3 试验方法

5.2.3.1 柴驱自动混浆固井设备应符合 SY/T 7333 的规定。

5.2.3.2 电动自动混浆固井设备除符合 SY/T 7333 的规定外，还应包含以下内容：

- a) 电动机、变频器、低压开关柜等交流电气设备通电前应做绝缘检测，符合 GB/T 23507.2 的规定；
- b) 变频电动机温升试验：连续额定负载运行，主电动机的绕组和轴承温升应符合 GB/T 23507.2 的规定；
- c) 变频器温升试验：连续额定负载运行，变频器的 IGBT 温升应符合 GB/T 23507.2 的规定；
- d) 变频电动机转速控制试验：主电动机设定转速与实际转速偏差值应不超过 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.4 试验噪声

试验噪声应符合9.3.4的规定。

5.2.5 行驶试验

5.2.5.1 对于车载式和半挂拖装式固井设备，整机行使试验应符合 SY/T 7333 的规定。

5.2.5.2 行驶试验应包括设备通过性试验，通过性试验应符合 GB 1589 的规定。

5.2.6 侧倾稳定性试验

对于车载式和半挂拖装式固井设备，整机应进行侧倾稳定性试验，应符合GB 1589和SY/T 5534的规定。

5.2.7 工业试验

工业试验应符合SY/T 7333的规定。

5.3 记录

所有设计确认记录和支持性数据，应按第12章中设计文件的规定进行控制。

6 材料要求

6.1 金属材料

6.1.1 总则

本章内容规定了固井设备主承载零件以及承压零件金属材料的质量鉴定、性能、工艺等的各项要求，另有规定者除外。

6.1.2 书面规范

用于制造主承载件的材料应符合或超过设计要求的书面规范。

金属材料书面规范应明确以下内容：

- a) 力学性能要求；
- e) 材料质量鉴定；
- f) 材料加工制造要求；
- g) 化学成分及公差；
- h) 适用时，无损检测要求。

6.1.3 力学性能

6.1.3.1 用于主承载件的金属材料，力学性能应满足书面规范的要求。

6.1.3.2 力学性能试验应在最终热处理状态下，使用代表零件制造中所用炉号及热处理批的质量鉴定试块或牺牲零件进行检测，取样位置应位于距表面 1/4 厚度的芯部区域。

6.1.3.3 力学性能试验方法应符合 GB/T 228.1、GB/T 229 或国际、国内公认的标准要求。

6.1.3.4 设计和制造等书面规范有要求时，应检测金属材料在特定温度下的冲击韧性。冲击试验应符合国际或国内公认的标准要求。当必需使用小尺寸冲击试样时，不应使用宽度小于 5 mm 的小尺寸冲击试样。

6.1.4 材料质量鉴定

6.1.4.1 质量鉴定试块应符合规定的要求，能代表产品材料的实际性能，试块与其所代表的零件可以是整体，也可以是分离的，还可以破坏一个生产零件，从其上切取。在任何情况下，测试试块应与其鉴定的零件具有相同的炉号，应经受相同的加工工序，并应和该零件一起进行热处理。

6.1.4.2 锻造质量鉴定试块的总锻造比不应超过其所鉴定零件的总锻造比。

6.1.4.3 铸造质量鉴定试块应与其鉴定的零件采用相同的铸造工艺，以保证其代表性。

6.1.4.4 对于质量鉴定试验，如果焊后热处理温度低于改变母材热处理状态温度时，焊后消除应力处理则不被视为热处理。如果消除应力温度低于改变热处理状态温度时，鉴定试验可在消除应力处理之前进行。

6.1.5 材料加工制造要求

6.1.5.1 制造过程应确保重复生产零件时符合本规范所有要求。

6.1.5.2 锻件应使用可在零件整个截面上得到锻造组织的工艺进行制造。

6.1.5.3 铸件应符合规定的技术要求。

6.1.5.4 所有热处理过程应按照书面规范要求采用鉴定合格的设备进行。热处理炉内的工件装炉时，炉内零件的放置不应对其余零件的热处理效果产生不利影响。热处理过程的温度和时间要求应按照书面规范确定。实际热处理温度和时间应进行记录；热处理记录应可追溯到相应的零件。

6.1.6 化学成分和公差

主承载件和承压件的材料应按国际或国内公认的标准，对规范指定的元素进行材料成分分析，其化学成分和公差符合规定的要求。

6.1.7 无损检测要求

如果设计和（或）工艺有要求时，应根据主承载件和（或）承压件的无损检测质量要求，确定金属材料的无损检测要求。

6.2 非金属密封材料

6.2.1 书面规范

承压件或承压控制密封件的书面规范应包括以下内容：

- a) 普通基体聚合物；
- b) 力学性能要求；
- c) 材料鉴定及测试后力学性能的变化；
- d) 储存及老化控制要求；
- e) 接收和（或）拒收准则。

6.2.2 非金属密封产品的贮存

6.2.2.1 书面规定的非金属密封件要求，至少应包括下列规定：

- a) 老化控制；
- b) 室内贮存；
- c) 最高温度不超过 49 °C (120 °F)，贮存室相对湿度不应大于 80 %；
- d) 避免太阳光直接照射；
- e) 贮存期间不受压；

- f) 贮存时避免与液体接触;
- g) 避免臭氧和放射线损伤。

6.2.2.2 非金属密封产品应当规定贮存期,贮存时间符合制造商贮存期有效期要求。

7 焊接要求

7.1 总则

本章规定了主承载件及承压件焊接和补焊的要求。

7.2 焊接评定

7.2.1 除非符合免除评定条件,承压件的焊接工艺规程(WPS)应按照 ASME BPVC. IX 或类似公认的行业标准的规定进行工艺评定,工艺评定合格后才能用于焊接零件。

7.2.2 除非符合免除评定条件,主承载件的焊接工艺规程(WPS)应按照 AWS D1.1/D1.1M、GB 50661 或类似公认的行业标准的规定进行工艺评定,工艺评定合格后才能用于焊接零件。

7.2.3 焊接工艺评定试验所确定的力学性能,至少应符合设计所要求的最低规定力学性能。当设计或合同有要求时,工艺评定时应进行冲击试验,试验的温度和冲击功的验收值应符合相应的规范或合同的要求。

7.2.4 如果试件需要进行焊后热处理,则焊接评定的试验应在试件相应的焊后热处理状态下进行。

7.2.5 焊接工艺规程(WPS)应规定相应标准所列的基本要素和/或补充基本要素,工艺评定记录(PQR)应记录评定试验用焊接工艺的所有基本要素和/或补充基本要素,同时,WPS 和 PQR 均应作为文件保存。

7.3 焊材控制

7.3.1 焊材应符合相应的国家、行业或焊材制造商的标准。

7.3.2 产品制造商应编制关于焊材管理的文件,文件内容应包含焊材的保管和使用要求。

7.4 焊后热处理

零部件的焊后热处理应符合相应的评定合格的焊接工艺规程(WPS)。

7.5 组焊要求

产品设计图纸中应明确规定焊接接头的形式和尺寸,制造时选择合适的、涵盖相应接头型式的焊接工艺规程(WPS)指导焊接。焊接接头形式参见附录G。

7.6 补焊要求

7.6.1 应对焊接缺陷进行检验、评价和消除。

7.6.2 如果焊接要素相同,产品的补焊可使用与产品制造相同的焊接工艺规程(WPS)。

7.6.3 铸件和锻件应按书面焊接规范进行补焊,补焊规范应包括以下内容:

- a) 缺陷类型;
- b) 缺陷尺寸极限;
- c) 大补修和(或)小修补的定义;
- d) 如果有要求时,应规定焊接顺序和焊后热处理。

7.7 焊接控制

7.7.1 焊接应符合 AWS D1.1/D1.1M 或 GB 50661、AWS D1.3/D1.3M、ASME BPVC. IX、ASME B31.3 或类似公认的行业标准要求。

7.7.2 焊接用仪器仪表应按规定的要求进行校准。

7.7.3 焊接操作者应具备与焊接方法、接头形式、材料规格和焊接位置等相对应的操作技能，并具备相应的资格证书。

7.7.4 焊接操作者在焊接时应按照相应的焊接工艺规程（WPS）进行。

8 质量控制

8.1 总则

符合本规范制造的设备应符合第8章规定的质量控制要求和质量控制记录要求。所有质量控制工作应由制造商的书面规范加以控制，包括适用的方法和定量或定性的验收准则。

8.2 质量控制人员资格

8.2.1 无损检测（NDE）人员

无损检测人员应根据 GB/T 9445 的规定进行鉴定并取得相应资格，或按符合 ISO 9712 或 ASNT SNT-TC-1A 规定要求的书面培训程序进行资格鉴定。

8.2.2 无损检测目视检测人员

目视检验人员应按书面程序规定的要求，每年进行一次视力检查。

8.2.3 焊接检验人员

8.2.3.1 资格要求

对焊接操作和完工焊缝进行目视检验的人员，应至少按照下列方式之一进行资格鉴定和发证：

- a) AWS 认证；
- b) 制造商形成文件的要求认证。

8.2.3.2 视力检测

依据 AWS D1.1/D1.1M 中 6.1.4.4 的要求，检验人员的视力测试应每三年进行一次，必要时也可少于三年。

8.2.4 其他人员

进行验收测量、检验或试验的其他人员，应按书面规定的要求进行资格鉴定。

8.3 测量和试验设备

用于检查、试验或检验材料或其他设备所用的设备，应按书面文件进行校准、调整和控制，识别其检定周期，以维持所要求的准确度等级。

8.3.1 压力测量仪表

8.3.1.1 类型和准确度

压力测量仪表至少应精确到满量程的 $\pm 2\%$ 。如果使用压力测量仪表代替压力传感器，应使试验压力在其满量程的 $0\% \sim 80\%$ 之间。

8.3.1.2 校准程序

压力测量仪表应定期用标准压力测量装置或砝码试验器，至少在满量程的3个平均点上重新校准。

8.3.1.3 校准周期

校准周期应根据使用的重复性和使用程度确定，建立鉴定规范文件。

根据记录的校准历史，校准周期可延长或者缩短。在制造商能建立校准历史记录之前，校准周期最长应为三个月。周期的延长以3个月的增加为限，最大校准周期不超过1年。

8.4 材料控制要求

8.4.1 总则

所有金属和非金属承载和承压件均有书面材料规范。

8.4.2 金属材料

8.4.2.1 书面规范

承载和承压件的书面规范要求应包括以下内容：

- a) 接收和拒收准则；
- b) 力学性能要求；
- c) 材料鉴定；
- d) 热处理工艺，包括温度及其偏差、热处理设备和冷却介质；
- e) 成型加工工艺；
- f) 材料成分及偏差；
- g) 力学性能要求；
- h) NDE 要求。

8.4.3 非金属材料

8.4.3.1 主要检验项目

主要检验项目包括：

- a) 尺寸验证；
- b) 目检；
- c) 硬度检测。

8.4.3.2 取样

对非金属密封件的取样应按照GB/T 2828.1, 一般检验水平 II的规定，2.5 AQL验收质量等级用于O形密封圈，1.5AQL用于其它密封件。

8.4.3.3 方法

检验方法包括：

- a) 检验每件样品尺寸，应保证在规定的公差范围内；

- b) 目检每个样品, 保证符合制造商的书面规范;
- c) 硬度试验应符合 GB/T 531.1 规定。

8.4.3.4 验收准则

如果检验中产生的不合格数小于抽样允许的合格判定数, 则该批应予以接收。

8.4.3.5 文件

供应商和(或)制造商应保证材料及最终产品满足制造商的书面规范, 应提供材料物理性能报告, 产品合格证, 合格证应包括厂家零件号、标准号、胶料号批号、硫化日期及贮存有效期。

8.5 焊接控制要求

8.5.1 检验项目

焊接检验至少包含以下项目:

- a) 尺寸;
- b) 外观;
- c) 无损检测。

8.5.2 检验方法

8.5.2.1 焊缝尺寸及位置

焊缝尺寸及位置应符合图纸或相应文件要求。

8.5.2.2 目视检查

焊接目视检查应满足以下要求:

- a) 焊缝目视检验主要用肉眼借助有关辅助量具进行。检验时要保证良好的照明;
- b) 焊缝外形应均匀, 焊道与焊道及焊道与基本金属间应平滑过渡;
- c) 所有焊缝应 100 % 进行目视检查, 检测范围包括焊缝和周围 13 mm(1/2 in) 内的母材金属;
- d) 焊后不热处理的产品: 屈服强度不小于 690 MPa 的钢材焊接后至少 48 小时以后才能做目视检查;
- e) 其它钢焊接后焊缝冷却到环境温度后就可以做目视检查。焊后需要热处理的产品, 目检应在热处理之后进行。

8.5.3 焊缝质量

8.5.3.1 制造商应有书面文件规范焊接过程, 控制焊缝的焊接质量。

8.5.3.2 焊缝外观质量参见附录 H。

8.5.4 无损检测

焊缝的目视检测和无损检测按 ASME BPVC. IX、ASME B31.3 第 6 章、AWS D1.1/D1.1M 第 8 章或 GB 50661 第 8 章或其它公认的行业标准或制造方书面规范进行外观检查执行。

8.5.5 焊后追溯

焊接结束后, 应将焊缝及其附近母材清理干净, 对于重要部件的焊缝, 还要在适当位置打上焊工本人的钢印代号。

8.6 承载和承压件质量控制要求

8.6.1 承载和承压件

承载和承压件主要包含固井泵、高压管汇和安全管汇。

8.6.2 检验项目

检验至少包含以下项目：

- a) 热处理后的拉伸试验；
- b) 热处理后的冲击试验；
- c) 热处理后的硬度试验；
- d) 尺寸检验；
- e) 追溯性；
- f) 化学分析；
- g) 无损检测；
- h) 静水压试验。

8.6.3 检验方法

8.6.3.1 固井泵应符合 SY/T 7015 的规定。

8.6.3.2 高压管汇和安全管汇检验方法见表 2。

表2 高压管汇和安全管汇检验方法

检验项目	检验方法
热处理后的机械性能	按制造商选定的标准进行
热处理后的硬度	按制造商选定的标准进行
尺寸检验	a) 全尺寸检验 b) 用量具与量规测量端部和出口连接螺纹
追溯性	见 8.6.6
化学分析	按制造商选定的标准进行
无损检测	a) 各成品零件的可接近表面应在最终热处理之后和最终机加工之后进行检测 b) 所有磁粉检测应使用湿性荧光法
系列化	见 8.6.7
静水压试验	按制造商选定的标准进行

8.6.4 验收准则

8.6.4.1 验收按制造商选定的标准进行。

8.6.4.2 尺寸检验应按以下要求进行：

- a) 制造商的书面规范应规定关键尺寸的验收准则；
- b) 对于主要承载和承压件，不应抽样检验，所有零件都应进行尺寸检验；
- c) 非承载和承压件应按书面文件的抽样方法进行。

8.6.4.3 如果硬度试验不满足规定的最小硬度值，但是据硬度测量算出的抗拉强度满足要求，则可接受该部件。

8.6.4.4 化学分析、无损检测、热处理后的机械性能、静水压试验应满足供应商的书面规范。

8.6.5 验收状态

所有承载和承压件的装置、零件和材料的验收状态应在设备、零件或材料上，或在可追踪到设备、零件或材料的记录上加以标识。

8.6.6 可追溯性

承载和承压件应满足以下要求：

- a) 应具有工作批追溯能力；
- b) 应有书面文件要求在材料或零件上保持标志，以便于追溯；
- c) 书面文件应要求标志的维护或更换和标志控制记录。

8.6.7 连续性代码

固井设备、固井泵、高压管汇应对每一单个零件和/或产品分配唯一的代码并予以标志，以保持可追溯性和相关的记录。

8.7 装配质量控制

8.7.1 动力传动系统

动力传动系统安装质量控制应符合表3的规定。

表3 动力传动系统装配质量控制表

检验部位	检验项目	要求
发动机、变速箱	发动机和变速箱的内部和外部连接螺栓扭矩	制造商规定的范围，螺纹涂防松胶
	发动机安装前曲轴窜动间隙	制造商规定的范围
	发动机安装后曲轴窜动间隙	制造商规定的范围
	变速箱输出轴中心高偏差	±2 mm
	其他检查项目	管路连接处的密封性能
电机	电机输出轴中心高偏差	±2 mm
传动轴	法兰连接螺栓扭矩	制造商规定的范围，GB/T 1231
	摆角	≤12 °
	其他检查项目	制造商书面文件

8.7.2 其他系统装配要求

其他系统的装配按制造商书面的规范要求执行第10章的规定。

8.7.3 外观质量检查

设备装配完成后应进行外观质量检检验，检验应包括但不限于下列条款：

- a) 完整性
 - 各部件应装配完整、正确；
 - 螺栓应保证有效拧入深度，头部露出螺母 2 个至 3 个螺距。
- b) 连接液气路、电路管线应布置整齐，走向合理，安装牢固。
- c) 标志按照按制造商书面的规范要求执行第 10、11 章的规定。

8.8 质量控制记录要求

8.8.1 总则

记录应易读、可识别、可检查，并应防止损毁或丢失。记录应注明日期，并存档保存 10 年。

8.8.2 制造商保存的记录

制造商应保存以下记录：

- a) 焊接工艺评定记录；
- b) 焊工资格鉴定记录；
- c) 材料试验记录：化学成分、拉伸试验、冲击试验、硬度试验；
- d) 无损检测记录；
- e) 零部件硬度试验记录；
- f) 焊接过程记录：焊接设备鉴定、焊接目视检验记录、焊后热处理；
- g) 热处理记录：实际温度、炉号、保温时间；
- h) 静水压试验记录：固井泵、高压管汇元件；
- i) 关键尺寸检验记录：书面文件规定零部件关键尺寸；
- j) 装配检验记录：设备档案卡、主承压件或承载件的跟踪记录、各部件的装配关系、动力传动系统紧固件的扭矩值；
- k) 出厂试验报告。

8.9 试验控制

8.9.1 检验项目

出厂检验和型式检验的项目按表4的规定。有特殊要求时，可按相关专业标准的规定执行。

表4 自动混浆固井设备试验检验项目

序号	试验项目及内容	型式检验	出厂检验	本标准条款
1	液压系统试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
2	气路系统试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
3	低压管汇静水压试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
4	空负荷试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
5	超压保护装置试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
6	负荷试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
7	连续运转试验	√	√	5.2.3.1、5.2.3.2
8	噪音检验	√	√	5.2.4
9	交流电气设备绝缘检测	√	√	5.2.3.2
10	变频器、变频电机温升试验	√	√	5.2.3.2
11	变频电动机转速控制试验	√	√	5.2.3.2
12	行驶试验	√	√	5.2.5
13	整机侧倾稳定性试验	√	—	5.2.6
14	整机工业性试验	√	—	5.2.7
注1：“√”表示试验，“—”表示不试验。与行驶相关的项目不作为橇装设备检验项目。				

注2：不是所有项目均适用柴驱和电动自动混浆固井设备，设备具体适用项目见第 5 章。

8.9.2 判定规则

- 8.9.2.1 型式检验的设备，各项检验项目均为合格时，则判定该产品型式检验为合格；否则不能投产、转产或继续生产。
- 8.9.2.2 出厂检验的设备，各项检验项目均为合格时，则判定该设备为合格。

9 设备

9.1 总则

除非另有说明，否则，第4章至第11章的要求适用于本标准涵盖的设备。

9.2 型式、型号

9.2.1 型式

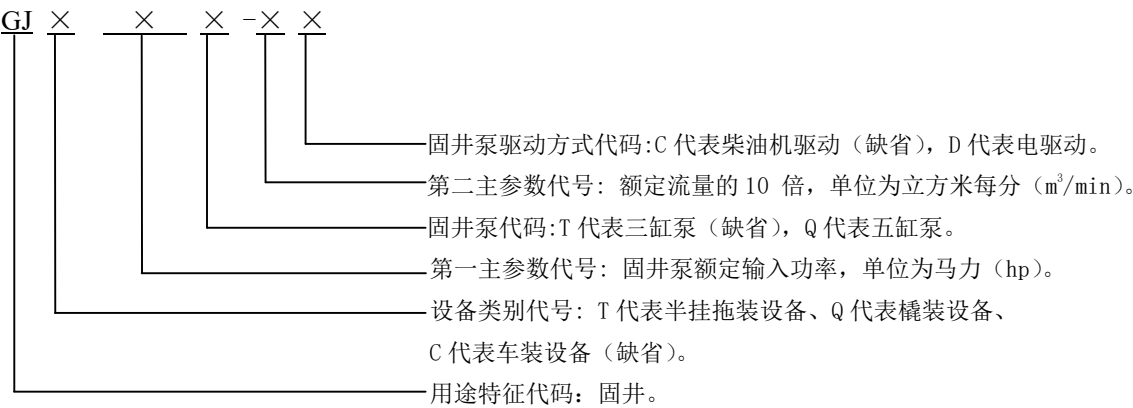
整机型式可依据下列几种方式进行划分：

- a) 按运载方式分：
 - 车装固井设备；
 - 半挂拖装固井设备；
 - 橇装固井设备。
- b) 按固井泵驱动方式分：
 - 柴驱固井设备；
 - 电动固井设备。
- c) 按固井泵型式分：
 - 三缸固井设备；
 - 五缸固井设备。

9.2.2 型号

9.2.2.1 设备表示方法

设备表示方法如下：



示例：某油气田专用车制造厂设计生产的橇装三缸固井设备，固井泵额定输入功率为 447 kW（600 hp），额定流量为 3.0 m³/min，固井泵由柴油机驱动，其型号为 GJQ600-30。

9.2.2.2 设备型号表示方法

设备型号编制规则应符合SY/T 7333的规定。

9.2.3 基本参数

设备基本参数见表5。

表5 设备基本参数

参数名称		参数值
额定工作压力（MPa）	第一系列	35、45、70、100
	第二系列	40、55、60、75、80、95、140
额定流量（m³/min）	第一系列	1.7、2.1、3.0、4.2
	第二系列	1.3、1.4、1.5、1.6、1.8、2.3、2.4、2.6、2.8、3.4、3.8、 5.1
水泥浆密度（g/cm³）		达到1.0~2.6
水泥浆密度控制精度范围（g/cm³）		±0.02
混浆能力（m³/min）		≥2.3

9.3 整机要求

- 9.3.1 设备应配备夜间照明装置。
- 9.3.2 设备应根据需求配备加热装置。
- 9.3.3 非G类车装和半挂拖装式设备应安装防飞溅系统，防飞溅系统应符合GB 34659的规定。
- 9.3.4 在距发动机或电机左、右各1 m、距地面高1.5 m至1.7 m处测试噪声，设备自身噪声级别为：
- a) 装机功率小于等于500 kW的柴驱设备，设备自身噪声级别应不大于95 dB(A)；
 - b) 装机功率为500 kW至900 kW的柴驱设备，设备自身噪声级别应不大于100 dB(A)；
 - c) 装机功率大于等于900 kW的柴驱设备，设备自身噪声级别应不大于115 dB(A)；
 - d) 电动设备，设备自身噪声级别应不大于95 dB(A)。
- 9.3.5 对于非外围供电使用的设备，设备供电能力应不低于设备电气负荷需求。
- 9.3.6 设备外廓尺寸、后悬应符合GB 1589和SY/T 5534的规定。
- 9.3.7 车装和半挂拖装式设备最大允许总质量、各轴最大允许轴荷以及驱动轴、转向轴的轴荷应符合GB 1589、SY/T 5534的规定。
- 9.3.8 车装和半挂拖装式固井设备侧倾稳定角应符合GB 7258和SY/T 5534的规定。
- 9.3.9 车装和半挂拖装式固井设备车辆通过性应符合GB 1589和SY/T 5534的规定。
- 9.3.10 电、液、气路管线应有标识，有合理的操作、维护和检修空间。
- 9.3.11 标记及车辆识别代号应符合SY/T 5534的规定。
- 9.3.12 号牌板（架）及其位置应符合GB 15741的规定。
- 9.3.13 车辆尾部标志板安装应符合GB 25990的规定。
- 9.3.14 车身反光标识的安装与粘贴应符合GB 23254的规定。

- 9.3.15 汽车标记及警示牌应符合 GB 7258 的规定。
- 9.3.16 电路系统和电气元件使用环境符合 GB/T 3797 的要求。
- 9.3.17 电路系统供电电源符合 GB/T 3797 的要求。
- 9.3.18 车装和半挂拖装设备照明和光信号装置的安装应符合 GB 4785 的规定。

9.4 设备主要部件及要求

9.4.1 主要部件

自动混浆固井设备主要部件包括：

- a) 固井泵；
- b) 自动混浆系统；
- c) 动力传动系统；
- d) 操作控制系统；
- e) 运载底盘或橇架；
- f) 高压管汇；
- g) 低压管汇；
- h) 安全系统；
- i) 液压系统；（电动自动混浆固井设备可能不配置）
- j) 气路系统；（电动自动混浆固井设备可能不配置）
- k) 电路系统。

9.4.2 部件要求

9.4.2.1 固井泵、高压管汇、动力传动系统、高压管汇、低压管汇、液压系统、气路系统

固井泵、高压管汇、动力传动系统、高压管汇、低压管汇、液压系统、气路系统应符合 SY/T 7333 的规定。

9.4.2.2 自动混浆系统

- a) 自动混浆系统的主要部件包括：
 - 高能混合器；
 - 混浆罐；
 - 混浆管汇；
 - 密度计；
 - 循环泵；
 - 喷射泵。
- b) 高能混合器应符合以下要求：
 - 高能混合器包括下灰阀、喷射器、扩散槽等组成部件；
 - 应通过电气或液压驱动下灰阀，实现流量自动调节；
 - 喷射器应包括清水喷射口以及二次混浆循环口，喷射口能够形成不低于 0.6 MPa 的喷射水流，内部应能形成负压；
 - 扩散槽应采用圆筒状设计，实现水泥浆中的气体排出；
 - 高能混合器应具备快速拆除清洗的功能。
- c) 混浆罐应符合以下要求：
 - 应配置搅拌装置；

- 宜设置液位计，液位计宜实现本地和远程显示。
- d) 混浆管汇应符合以下要求：
 - 混浆管汇应包括喷射管汇、循环管汇以及水泥浆二次混合管汇；
 - 喷射管汇应安装流量计，实现清水流量的测量，精度应不低于 $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ ，并具备计算机远程读取功能；
 - 循环管汇应安装密度计，能够实现水泥浆密度的测量，精度应不低于 $\pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ ，并具备计算机远程读取功能。
- e) 循环泵应符合以下要求：
 - 清水介质时，循环泵的最大排量不低于 $3 \text{ m}^3/\text{min}$ ，压力应不低于 0.35 MPa 。
- f) 喷射泵应符合以下要求：
 - 清水介质时，喷射泵的排量应不低于 $1.65 \text{ m}^3/\text{min}$ ，压力应不低于 0.6 MPa 。

9.4.2.3 动力传动系统

动力传动系统应满足以下要求：

- a) 柴驱自动混浆固井设备应符合 SY/T 7333 的规定；
- b) 电动机的外壳防护等级应不低于 IP54，符合 GB/T 4208 的规定。

9.4.2.4 安全系统

安全系统应满足以下要求：

- a) 设备应配备机械式和电子式两套超压保护装置，超压保护装置应在设定压力下开启，实际压力开启值允许有 $\pm 2\%$ 的偏差；
- b) 超压保护装置承压能力应符合 SY/T 7015 的规定；
- c) 转动部位应安装护罩及警示牌；
- d) 高温、高压区应设警示牌；
- e) 设备应配备灭火装置；
- f) 钢平台、防护栏和钢梯应符合 GB 4053.1、GB 4053.2、GB 4053.3 的要求；
- g) 车装和半挂拖装设备侧面和后下部防护要求应符合 GB 11567 的规定；
- h) 设备设置的泄压值应不高于设备额定压力值；
- i) 电动机、变频器、低压开关柜、等交流电气设备金属外壳均应设置接地点，应符合 GB/T 23507.2 的规定。

9.4.2.5 操作控制系统

- a) 操作控制系统应满足以下要求：

设备仪表显示系统、传感器灵敏度、柴驱自动混浆固井设备控制阀门及开关及其仪表显示内容应符合 SY/T 7333 的规定；
- b) 电动自动混浆固井设备控制阀门及开关及其仪表显示内容除符合 SY/T 7333 的相关规定外，还应满足以下要求：
 - 1) 控制阀门及开关还应包括：
 - 主电动机启动、停止、故障复位及调速；
 - 断路器分闸、合闸及急停。
 - 2) 仪表显示内容还应包括：
 - 驱动固井泵的变频电动机转速；
 - 驱动固井泵的变频电动机绕组温度；

- 驱动固井泵的变频电动机故障诊断；
 - 驱动固井泵的变频电动机母线电压电流。
- c) 自动控制系统
- 1) 对于远程控制设备，应有自动控制系统；
 - 2) 柴驱自动混浆固井设备自动控制系统应符合以下要求：
 - 发动机应配置通讯协议转换模块，具备通讯控制功能，可远程实现发动机启、停，调速控制；
 - 传动箱应配置通讯协议转换模块，具备通讯控制功能，可远程实现传动箱换档控制；
 - 蝶阀、旋塞阀应为电控且接入控制系统；
 - 配置具有远控功能的通讯接口，可远程实现水阀、灰阀的开关控制；
 - 3) 电动自动混浆固井设备自动控制系统应符合以下要求：
 - 电机具备远控功能；
 - 变频控制功能接入控制系统，可远程实现电机启停，调速控制；
 - 蝶阀、旋塞阀为电控且接入控制系统；
 - 配置具有远控功能的通讯接口，可远程实现水阀、灰阀的开关控制。

9.4.2.6 运载底盘或橇架

运载底盘或橇架应满足以下要求：

- a) 操运载底盘或橇架应符合 SY/T 7333 的规定；
- b) 底盘配置及外廓尺寸应符合 GB 1589、GB 7258 和 SY/T 5534 的规定；
- c) 底盘最小离地间隙应不小于 250 mm；
- d) 底盘噪音应符合 GB 7258 的规定；
- e) 底盘说明书应符合 GB 7258 的规定；
- f) 底盘车辆通过性应符合 GB 1589 的规定。

9.4.2.7 电路系统

电路系统应满足以下要求：

- a) 变频器、低压开关柜、仪表控制柜、传感器等电器的外壳防护等级应不低于 IP54，符合 GB/T 4208 的规定；
- b) 电路系统电缆的选型及敷设符合 GB/T 23507.2 的相关规定。

9.4.3 设计确认

设备应按照第 6 章要求进行设计确认。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

- 10.1.1 产品标志型式、尺寸、内容及安装位置应符合 GB/T 13306、GB/T 18411 和 GB 7258 的规定。
- 10.1.2 对于获得 CPI 许可证厂家生产的、带有 CPI 会标的产品应符合 CPI 相关文件的规定。

10.2 包装与运输

设备包装与运输应符合 SY/T 7333 和 GB/T 191 的规定。

10.3 贮存

设备包装与运输应符合SY/T 7333的规定。

11 文件

11.1 记录保存

11.1.1 本标准中要求的任何文件的全部记录，应由制造商在设备制造和销售之后保存 10 年。

11.1.2 文件应清晰、易读、可检索，并应防止损坏、变质或丢失。

11.1.3 本标准要求的所有质量控制记录应签字并注明日期。

11.1.4 设备采购方、权威机构或鉴定机构要求时，制造商应提供制造所有记录和文件。

11.2 制造商保存文件

制造商应保存以下文件：

- a) 设计文件（见4.6）；
- b) 设计验证文件（见第5章）；
- c) 书面规范（见第6章）；
- d) 评定和（或）鉴定记录（见第7章至第8章）；
- e) 设备或零部件的可追溯检验和试验记录（见第8章）；
- f) 特殊过程记录（见第8章）。

11.3 设备携带的随机文件

设备应至少携带以下随机文件：

- a) 制造商的符合性声明，证明完全符合本标准的要求和采购单规定的任何其他要求。声明应识别所有与规定要求的不同之处；
- b) 出厂试验报告；
- c) 产品说明书和操作维护手册；
- d) 主承压件或承载件的跟踪检验记录；
- e) 装配检验记录；
- f) 其它采购方要求的随机文件。

附 录 A
(资料性附录)
动力传动装置选型计算

$$N_{\text{动}} = \left(\sum \left(N_{\text{被驱动件}} / \eta_{\text{被驱动件}} \right) \right) / \eta_{\text{动}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$N_{\text{动}}$ --- 动力传动系统输出功率(kW)；

$N_{\text{被驱动件}}$ --- 被驱动元件输入功率(kW)；

$\eta_{\text{被驱动件}}$ --- 被驱动元件效率；

$\eta_{\text{动}}$ --- 动力传动系统效率。

附录 B
(资料性附录)
液压元件选型计算

$T_0=p \times q_0 \times \eta_m / (2 \times \pi)$		(B. 1)
$Q_l=q_0 \times n / (60 \times \eta_{v, 马达})$		(B. 2)
$Q_2=q_0 \times n \times \eta_{v, 泵} / 60$		(B. 3)
$p_0=\pi \times T_0 \times n / 30$		(B. 4)
$p_i=p \times Q / \eta$		(B. 5)

式中：

T_0 —— 液压马达轴输出的转矩 (N·m)；

p —— 工作压力 (Pa)；

q_0 —— 排量 (m³/r)；

η_m —— 马达机械效率；

Q_l —— 马达输入流量 (m³/s)；

n —— 额定转速 (r/min)；

$\eta_{v, 马达}$ —— 马达容积效率；

Q_2 —— 液压泵输出流量 (m³/s)；

$\eta_{v, 泵}$ —— 液压泵容积效率；

p_0 —— 马达机械功率 (W)；

p_i —— 液压泵输入功率 (W)；

附录 C
(资料性附录)
电气负荷及供电需求计算

C.1 电气负荷计算

C.1.1 直流

$$P = U \times I \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：
P——系统用电设备总功率（W）；
U——系统电压（V）；
I——系统电流（A）。

C.1.2 交流

a) 驱动固井泵的变频电动机负荷计算：

$$S_{\text{主}} = \frac{P_m}{\eta_m \times pf \times \eta_g} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：
 $S_{\text{主}}$ ——驱动固井泵的变频电动机负荷（kVA）；
 P_m ——驱动固井泵的变频电动机功率（kW）；
 η_m ——驱动固井泵的变频电动机输出效率；
 η_g ——机械传动效率；
——驱动固井泵的变频电动机功率因数。

b) 总用电负荷计算

$$S = S_{\text{主}} + S_{\text{辅}} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：
S——电气负荷（kVA）；
 $S_{\text{辅}}$ ——包括辅助散热、照明及控制系统等用电功率的总和（kVA）。

C.2 供电需求计算

C.2.1 直流

$$P_{需} = K \times P \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

$P_{需}$ ---供电需求（W）；

K ---供电系数，宜取1.2。

注3：发动机带动的发电机功率选用需大于 $P_{需}$ 。

C.2.2 交流

$$S_{外} = k \times S \dots\dots\dots (C.5)$$

式中：

$S_{外}$ ---供电需求（kW）；

k ---供电系数，宜取1.2。

附 录 D
(资料性附录)
轴载荷计算

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (g_i \times x_j) \dots\dots\dots (D.1)$$

$$G_{前} = \sum_{i=1}^n G_i = \sum_{i=1}^n (g_i - (g_i \times x_i)/L) \dots\dots\dots (D.2)$$

$$H = \sum (M_i \times H_i) / M \dots\dots\dots (D.3)$$

- 式中：
- $G_{后}$ ——后桥承载的总载荷；
 - $G_{前}$ ——前桥承载的总载荷；
 - L ——前后桥中心距；
 - G_i ——每个部件施加在后桥上的载荷；
 - g_i ——每个部件自身的载重；
 - 每个部件的重心距离前轴重心的距离；
 - H ——整机重心高度；
 - M_i ——各个部件的重量；
 - H_i ——各个部件的重心高度；
 - M ——设备总重量。

附 录 E
(资料性附录)
重心计算

$$X_c=(\sum(P_i \times X_i))/(\sum P_i)..... (E.1)$$

$$Y_c=(\sum(P_i \times Y_i))/(\sum P_i)..... (E.2)$$

$$Z_c=(\sum(P_i \times Z_i))/(\sum P_i)..... (E.3)$$

式中：
 X_c 、 Y_c 、 Z_c ---重心坐标位置
 P_i ---各部件重量
 X_i 、 Y_i 、 Z_i ---各部件距离基准坐标面距离

附 录 F
(资料性附录)
主承载及承压件强度及刚度计算

F.1 正应力计算公式

$\delta = P/A$ (F.1)

式中：
 δ ——纵向力作用下的正应力；
 P ——纵向力；
 A ——横截面面积。

F.2 切应力计算公式

$\tau = Q/A$ (F.2)

式中：
 τ ——横向力作用下的切应力；
 Q ——切力；
 A ——横截面面积。

F.3 挠度计算公式

$1/\rho = M/(E \times I)$ (F.3)

式中：
 ρ ——中性层的曲率半径；
 M ——梁截面上的弯矩；
 E ——弹性模量；
 I ——截面对中性轴的惯性矩。

附录 G
(资料性附录)
常规焊接接头形式

G.1 我钢板壁厚 t 不小于 5mm的全焊透对接接头 (AWS D1.1/D1.1M 钢结构规范)

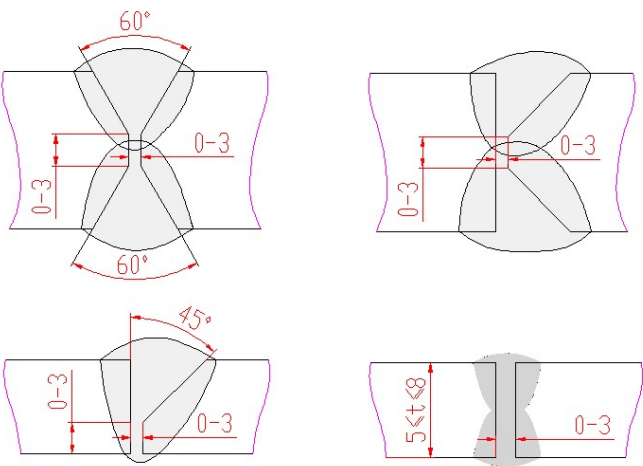


图1 全焊透对接接头 ($t \geq 5\text{mm}$)

G.2 钢板壁厚不小于 5mm的部分焊透对接接头 (AWS D1.1/D1.1M 钢结构规范)。

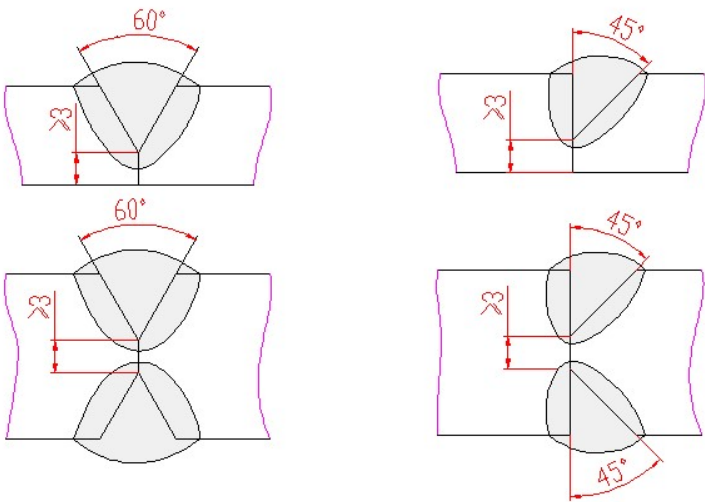


图2 部分焊透对接接头 ($t \geq 5\text{mm}$)

G.3 钢板壁厚 t 小于 5mm 的全焊透对接接头（AWS D1.3/D1.3M 钢结构规范）。

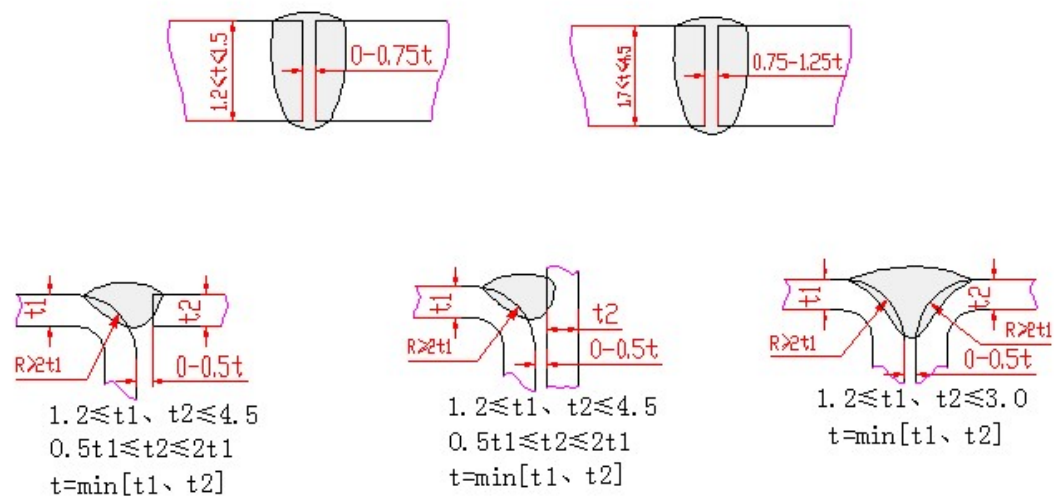


图3 全焊透对接接头（ $t < 5\text{mm}$ ）

G.4 钢管对接接头（ASME B31.3 工艺管道）

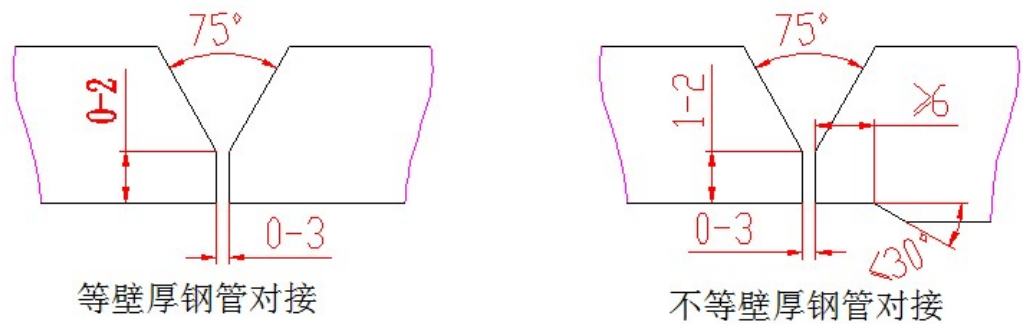


图4 钢管对接接头

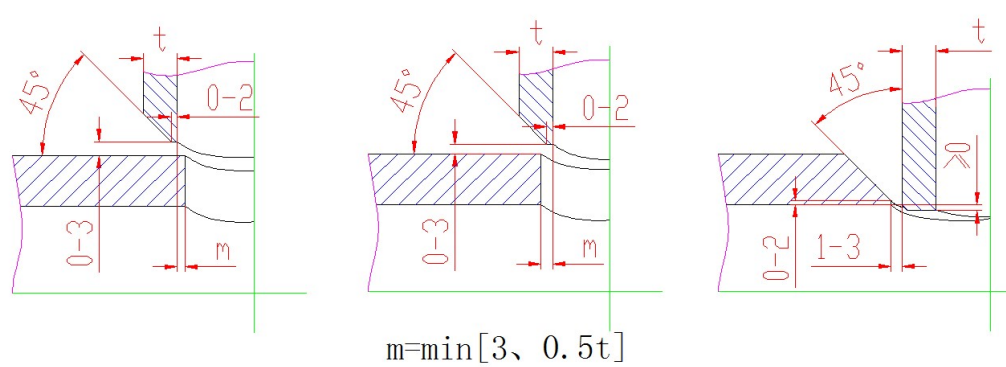


图5 钢管 T 型接头

附 录 H
(资料性附录)
焊缝外观质量

H.1 外观质量要求

焊缝外观质量要求见表H.1

表 H.1 焊缝外观质量要求

序号	项目	要求	
1	焊缝余高	板厚 t (mm)	余高 R (mm)
		t≤25	0-3
		25< t ≤50	0-5
		t >50	0-6
2	咬边	咬边严禁超过 1mm	
3	气孔	(1)对接接头完全熔透（CJP）坡口焊缝严禁有管状气孔 (2)其它坡口焊缝和角焊缝，100 mm 长度内管状气孔数量严禁超过 1 个，且最大气孔直径严禁超过 2.5 mm	
4	焊瘤	无	
5	夹渣	无	
6	弧坑	所有弧坑必须填至规定的焊缝尺寸	
7	焊缝边缘直线度	在任意 300 mm 连续焊缝长度内不大于 3 mm	
8	焊缝余高差值	在焊缝任意 25 mm 长度内，焊缝余高差值不大于 2 mm	
9	裂纹	无	
10	未熔合	无	
11	烧穿	无	
12	母材被电弧打伤	无	
13	焊缝和母材的熔合	焊缝的相邻焊层之间以及焊缝与母材之间必须完全熔合	