

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/ 4290—2022

特种设备用流量计（壳体）安全技术条件

Permission on safety technology for flowmeter housing of special equipment

2022 - 06 - 10 发布

2022 - 07 - 10 实施

江苏省市场监督管理局 发 布

目 次

前言II

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义2

4 分类2

5 资格与职责..... 3

6 材料3

7 设计5

8 制造9

9 检验和试验13

10 标志及完工资料17

附录 A（资料性）流量计（壳体）典型结构19

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。

本文件由江苏省市场监督管理局提出并归口。

本文件起草单位：江苏省特种设备安全监督检验研究院、江阴市节流装置厂有限公司、艾默生过程控制流量技术有限公司、江苏华尔威科技集团有限公司、恩德斯豪斯流量仪表技术（中国）有限公司。

本文件主要起草人：顾永华、董文利、柳建东、宋高峰、朱庆南、颜永丰、窦林彬、浦江、江坚、江淼、张红娟、严晓明、王国柱、管凌峰、傅仕干、沈隆、黄庆华、燕集中、李达岗。

本文件为首次发布。

特种设备用流量计（壳体）安全技术条件

1 范围

本文件规定了特种设备用流量计（壳体）的分类、材料、设计、制造、检验和试验、标记及完工资料，并明确了特种设备用流量计（壳体）设计及制造单位的资质与职责。

本文件适用于特种设备用流量计（壳体）（包括《锅炉安全技术规程》中锅炉范围内管道和《特种设备目录》中压力管道定义范围内管道上使用的金属制流量计（壳体））。

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 150.3—2011 压力容器 第3部分：设计
- 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 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 16507.2 水管锅炉 第2部分：材料
- GB/T 16507.4—2022 水管锅炉 第4部分：受压元件强度计算
- GB/T 16507.5—2022 水管锅炉 第5部分：制造
- GB/T 16508.2 锅壳锅炉 第2部分：材料
- GB/T 16508.3—2022 锅壳锅炉 第3部分：设计与强度计算
- GB/T 17611 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号
- GB/T 20801.1—2020 压力管道规范 工业管道 第1部分：总则
- GB/T 20801.2—2020 压力管道规范 工业管道 第2部分：材料
- GB/T 20801.3—2020 压力管道规范 工业管道 第3部分：设计和计算
- GB/T 20801.4—2020 压力管道规范 工业管道 第4部分：制作与安装
- GB/T 20801.5—2020 压力管道规范 工业管道 第5部分：检验与试验
- GB/T 32270 压力管道规范 动力管道
- GB/T 38942 压力管道规范 公用管道
- GB 50016—2014 建筑设计防火规范（2018年版）
- GB 50160—2008 石油化工企业设计防火标准（2018年版）
- GB 50316—2000（2008年版） 工业金属管道设计规范
- DL/T 819—2019 火力发电厂焊接热处理技术规程
- DL/T 869—2012 火力发电厂焊接技术规程
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JB/T 3375 锅炉用材料入厂验收规则
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013.1 承压设备无损检测 第1部分：通用要求
- NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
- NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- NB/T 47013.10 承压设备无损检测 第10部分：衍射时差法超声检测

NB/T 47013.14 承压设备无损检测 第14部分：X射线计算机辅助成像检测
 NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
 NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
 TSG 07 特种设备生产和充装单位许可规则
 TSG 11 锅炉安全技术规程
 TSG Z 6002 特种设备焊接操作人员考核细则
 ASME B31.1 动力管道(Power Piping)
 ASME B31.3 工艺管道(Process Piping)
 ASME Section VIII 压力容器建造规则 (Rules for Construction of Pressure Vessels)

3 术语和定义

GB/T 32270、GB/T 38942、GB/T 17611 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

流量计（壳体） flowmeter housing

流量计中承受内部介质压力的元件组合装置，一般包括筒体、取压装置、法兰等元件。

3.2

筒体 shell

流量计（壳体）中的主要受压元件，一般由管子、板卷管、铸件、锻件等经机加工或焊接而成的元件。

3.3

取压装置 pressure tapping device

流量计（壳体）中用来取压或均压的装置，如引压管、夹持环、均压环等。

3.4

GC1级管道 piping grade GC1

符合下列条件之一的压力管道定义为GC1级：

- 输送《危险化学品目录（2015 版）》中规定的毒性程度为急性毒性类别 1 介质、急性毒性类别 2 气体介质和工作温度高于其标准沸点的急性毒性类别 2 液态介质的压力管道；
- 输送 GB 50160—2008、GB 50016—2014 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液态（包括液化烃），并且设计压力大于或等于 4.0MPa 的压力管道；
- 输送除前两项介质以外的流体，并且设计压力大于或等于 10.0MPa，或设计压力大于或等于 4.0MPa 且设计温度高于或等于 400℃的压力管道。

[来源：GB/T 20801.1—2020，4.1]

4 分类

流量计（壳体）按结构型式不同，主要分为整体式、焊接式、夹持式，其典型结构见附录A。

5 资格与职责

5.1 资格

5.1.1 设计

5.1.1.1 流量计（壳体）制造单位自行设计时应设置设计部门，配备具有相关专业助理工程师及以上职称和相应设计能力的设计人员不少于3人。

5.1.1.2 制造单位不具备设计能力时，可以委托有相应压力管道设计资质的单位设计。

5.1.1.3 电站锅炉范围内管道上特殊情况采用两截管段带环缝焊接的流量计（壳体），还应由锅炉设计文件鉴定机构对其设计文件进行鉴定，并出具书面同意。

5.1.2 制造

属于特种设备用流量计（壳体），制造单位与人员应具有下列资格：

- a) 制造单位应按 TSG 07 的规定建立适用的质量保证体系并取得相应的特种设备制造许可证；
- b) 焊接人员应按 TSG Z 6002 的规定持有相应项目的特种设备作业人员证；
- c) 无损检测人员应按照国家特种设备无损检测人员考核的相关规定取得相应无损检测人员资格并注册。

5.2 职责

5.2.1 用户或系统设计方

用户或系统设计方应以书面形式向流量计（壳体）设计单位提出设计条件，并对其完整性和准确性负责。

5.2.2 设计单位（部门）

5.2.2.1 设计单位（部门）应对设计文件的完整性和正确性负责。

5.2.2.2 设计文件至少应包括设计计算书和设计图样，必要时还应包括安装使用说明。

5.2.2.3 设计单位（部门）应在流量计（壳体）使用期内保存全部设计文件。

5.2.3 制造单位

5.2.3.1 制造单位应执行有关法规、安全技术规范及其相应标准，按照设计图样制造、检验和验收流量计（壳体）。

5.2.3.2 流量计（壳体）出厂时，制造单位至少应提供以下技术文件和资料：

- a) 流量计（壳体）竣工图；
- b) 如果制造中发生了材料代用、无损检测方法改变、加工尺寸变更等，制造单位应按照设计要求在竣工图上做出清晰标注，标注处有修改人的签字及修改日期；
- c) 本文件规定的出厂资料，包括产品合格证、流量计（壳体）质量证明书和安装使用说明书（必要时）。

6 材料

6.1 通用要求

6.1.1 流量计（壳体）材料主要包括板、管、锻件、铸件、紧固件和焊接材料。承压元件（螺栓除外）用材料应有足够的强度、塑性和韧性，在最低使用温度下应具备足够的抗脆断能力。选用的材料应具有足够的稳定性，包括化学性能、物理性能、耐蚀和耐磨性能、抗疲劳性能和工艺性能，应与其要实现的功能、工作条件和预期寿命及制造技术相适应。

6.1.2 与承压元件相连接的元件，所使用的材料不应影响与其相连接的承压元件的使用，尤其是通过焊接连接各元件还应考虑材料的焊接性能。

6.1.3 流量计（壳体）用材料的质量、规格与标记（志）应符合相应材料标准和合同的规定。

6.1.3.1 制造单位从材料制造单位取得承压元件用材料时，材料制造单位必须保证质量，并符合下列要求：

- a) 按相应标准规定提供材料质量证明书（原件），材料质量证明书的内容应齐全、清晰，并且印刷可以追溯的信息化标识，加盖有材料制造单位质量检验章；
- b) 按相应标准规定，在材料的明显部位做出清晰的标志。

6.1.3.2 制造单位从非材料制造单位取得承压元件用材料时，应取得材料制造单位提供的质量证明书原件或者加盖材料供应单位检验公章和经办人签章的复印件；制造单位应对所取得的流量计（壳体）用材料及材料质量证明书的真实性和一致性负责。

6.1.4 锅炉范围内管道用流量计（壳体）受压元件材料选用应满足TSG 11、GB/T 16507.2、GB/T 16508.2的要求。

6.1.5 压力管道用流量计（壳体）受压元件材料选用应满足相关压力管道安全技术规范和标准的要求。

6.1.6 采用锻件加工的，锻件技术要求应满足NB/T 47008、NB/T 47009、NB/T 47010或其他相应的标准，锻件级别应满足以下要求：

- a) 公称压力大于等于PN100或Class600的锻件、公称压力大于PN40或Class300的铬钼钢锻件、公称压力大于PN16或Class150且工作温度小于或等于-20℃的铁素体钢锻件应符合Ⅲ级或Ⅲ级以上锻件的要求；
- b) 除上以外的锻件应符合Ⅱ级或Ⅱ级以上锻件的要求。

6.2 采用境外牌号材料

流量计（壳体）受压材料采用国际标准或者国外标准时，应符合下列要求：

- a) 应是经国家市场监督管理总局公告的境外产品标准中允许使用并且已有使用实例的材料；
- b) 材料使用单位首次使用前，应对化学成分、力学性能进行复验，并且进行焊接工艺评定或成型工艺试验；
- c) 应采用该材料的技术标准或者技术条件规定的性能指标进行强度计算。

6.3 进口受压元件

流量计（壳体）的受压元件采用进口部件时，其进口压力管道元件暂不要求取得特种设备制造许可，但应符合中国安全技术规范和国家标准中的强制性要求。首次进口的受压元件中有型式试验要求时应由质检总局核准的压力管道元件型式试验机构进行型式试验。压力管道元件进口报检时，应向出入境检验检疫部门提交型式试验机构出具的型式试验合格证明，经安全性能检验合格，可以在中国境内销售和使用。

6.4 流量计（壳体）各受压元件材料

6.4.1 筒体

6.4.1.1 流量计（壳体）中的筒体材料宜与相连管道的材料牌号、标准和规格尺寸一致。

6.4.1.2 筒体的材料牌号、标准或规格与其相连管道不一致时，应经相连压力管道的原设计单位或用户同意；或由流量计（壳体）制造单位进行自行设计选用，但筒体的材料牌号和规格选用时应考虑满足相连管道的强度、高温性能、低温性能、耐腐蚀性、抗疲劳性能等要求。

6.4.2 取压装置

取压装置宜用无缝管或锻件加工，材料应与其相焊的筒体材料相同或相近，不宜采用异种钢焊接。

6.4.3 法兰

流量计（壳体）中的法兰应符合相应法兰标准要求。

6.5 材料代用

流量计（壳体）受压材料的材料代用应满足强度、结构和工艺的要求，并经制造单位的技术部门（包括设计和工艺部门）的同意，并办理代用手续。

6.6 材料验收

制造单位应按设计文件中规定的材料标准及以下要求进行验收，验收合格后方可使用。

- a) 锅炉范围内管道用流量计（壳体）受压元件用材料按 JB/T 3375 规定进行验收。
- b) 对于铬钼合金钢、含镍低温钢、不锈钢以及镍及镍合金、钛及钛合金材料，在使用前应对主要合金元素含量进行检查，相同炉批号时检查数量应不少于 1 件。

6.7 材料保管

6.7.1 材料使用单位应建立材料保管制度，受压元件材料应当有入库标记；不锈钢和有色金属材料在储存期间不得与碳钢、低合金钢接触或混放。

6.7.2 焊接材料使用单位应按 JB/T 3223 规定对焊接材料的存放、烘干、发放、回收和回用进行管理。

7 设计

7.1 设计条件

用户或系统设计方应根据流量计（壳体）所在管道设计参数按表 1 的内容提供设计条件。

表 1 设计条件

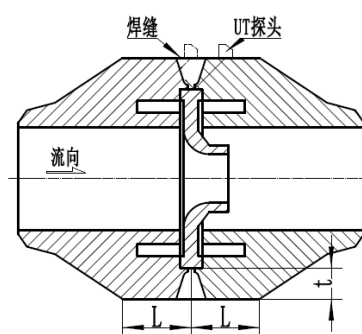
序号	设计条件	
1	流量计（壳体）所在管道级别	<input type="checkbox"/> 锅炉范围内管道 <input type="checkbox"/> GC1 压力管道 <input type="checkbox"/> 其他压力管道
2	流量计型式	
3	公称尺寸、相关直径及安装尺寸	
4	连接端	材料
		尺寸
		标准
5	压力, MPa	设计压力（公称压力）
		工作压力
6	温度, °C	设计温度
		工作温度
7	介质	名称（毒性、易燃性）
		流量范围
8	特殊工况	<input type="checkbox"/> 剧烈循环工况 <input type="checkbox"/> 高温蠕变工况
9	其他	
注 1：电站锅炉范围内管道用流量计（壳体）所在管道，由锅炉制造单位设计时其设计文件应纳入锅炉设计文件进行鉴定，并加盖设计文件鉴定专用章；由管道设计单位设计的，设计单位应具有相应级别压力管道设计资质以及火力发电厂汽水管道设计经历。 注 2：压力管道用流量计（壳体）所在管道，应由相应级别压力管道设计资质的单位进行设计，并加盖压力管道设计许可印章。		

7.2 结构设计

7.2.1 筒体连接

7.2.1.1 筒体连接采用对接时，应采用全焊透对接接头（除特殊结构外）。

7.2.1.2 对于两截管段对接的环焊缝无法进行射线检测时，应采用超声检测，环缝余高宜磨平，且短节直段 L 应满足直射法的探头移动距离的要求，见图 1。

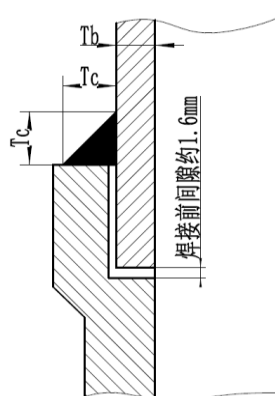


宽度 $L \geq 2Kt$ ， t -焊缝厚度， K -探头折射角的正切值。

图 1 对接焊环焊缝示意图

7.2.1.3 筒体连接（包括取压管与筒体连接）采用承插焊式时，其承插焊的焊接角接头应符合以下规定：

- 承口尺寸应符合相应管件标准的规定，承插焊的焊缝尺寸应不小于图 2 所示尺寸；
- 一般用于公称直径小于或等于 DN50 的管道；
- 可能产生间隙腐蚀或严重冲蚀的场合、要求焊接部位及管道内壁光滑过渡的场合、剧烈循环工况、GC1 级管道且公称直径大于 DN50 的，不得采用此承插焊结构形式。



T_b 为取压管名义厚度； T_c 取 $1.09T_b$ 或承插件端部厚度两者中的较小者。

图 2 承插焊示意图

7.2.2 引压管与筒体连接

7.2.2.1 外置式（包括全焊透型、部分焊透型）的焊接接头应符合图 3 及下列规定：

- T_b 为支管名义厚度； T_h 为主管名义厚度；
- T_c 填角焊缝有效厚度，取 $0.7T_b$ 或 6.4 mm 中的小者；
- 全焊透型焊缝应保证全焊透，盖面的角焊缝厚度应不小于填角焊缝的有效厚度。

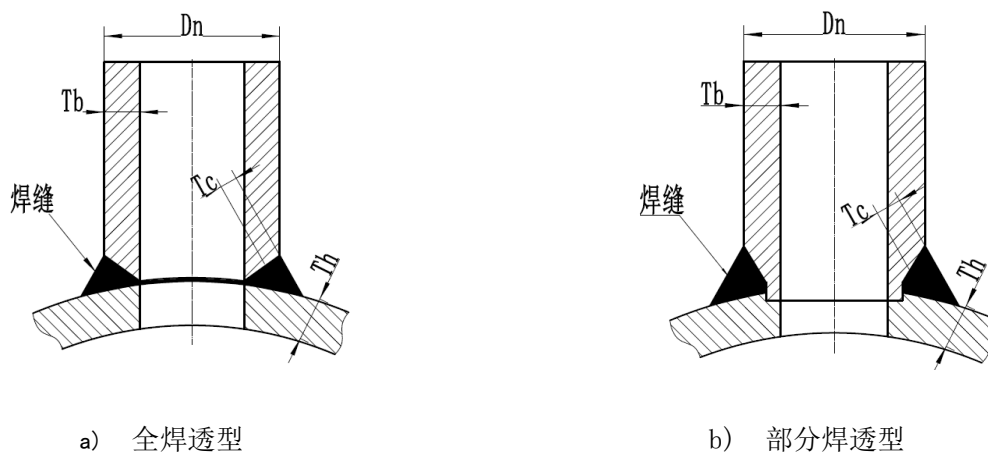


图3 外置式焊接接头示意图

7.2.2.2 内插式的焊接接头应符合图4及下列规定：

- a) T_b 为支管名义厚度， T_h 为主管名义厚度；
- b) T_c 填角焊缝有效厚度，取 $0.7T_b$ 或 6.4 mm 中的小者；
- c) 应保证全焊透，盖面的角焊缝厚度应不小于填角焊缝的有效厚度。

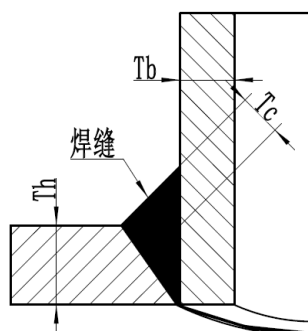


图4 内插式焊接接头示意图

7.2.2.3 压力等级大于等于PN40、外径小于32 mm的取压管，与流量计（壳体）焊接处应采用图5所示的底部加强型管接头。

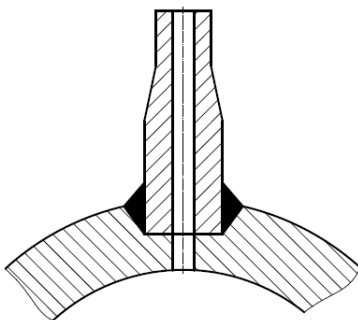


图5 底部加强型管接头示意图

7.2.3 均压环连接

均压环与壳体的焊接结构应采用全焊透结构形式，如图6所示（ $T_c \geq 6\text{ mm}$ ）。

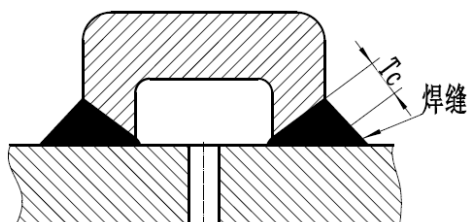


图6 均压环与壳体焊接示意图

7.2.4 法兰与筒体连接

法兰和筒体的连接宜按法兰标准的相关规定执行。

7.3 强度计算

7.3.1 筒体

7.3.1.1 流量计（壳体）的筒体强度采用与之相连管道等强度理论，使用单位提供流量计（壳体）所在管道的加盖设计单位设计许可印章的平面布置图或加盖鉴定专用章的设计文件时，可免除筒体的强度计算。存在下列情况之一的需进行强度校核、应力分析或验证性试验：

- a) 筒体的材料牌号、标准或规格与相连管道不同时；
- b) 流量计（壳体）制造单位对使用单位提供的设计文件中强度计算有怀疑时；
- c) 流量计（壳体）使用单位无法提供所在相连管道的加盖设计单位设计许可印章的平面布置图或加盖 鉴定专用章的设计文件时。

7.3.1.2 锅炉范围内管道用流量计（壳体）的筒体需要强度校核时，应按 GB/T 16507.4—2022 中 10.2 或 GB/T 16508.3—2022 中 6.4 进行强度校核。

7.3.1.3 压力管道用流量计（壳体）的筒体需要强度校核时，根据所在管道要求可选用 GB 50316—2000（2008 年版）中 6.2、GB/T 20801.3—2020 中 6.1、GB/T 150.3—2011 中 5.6、ASME B31.1 或 ASME B31.3 等标准进行强度校核。

7.3.1.4 流量计（壳体）的筒体异形或无法采用标准公式法计算时，可采用应力分析或验证性试验进行强度校核。

7.3.2 法兰

7.3.2.1 采用标准管法兰或整体法兰时，应按法兰标准规定的压力-温度额定值选用，不需单独进行强度计算。

7.3.2.2 采用非标法兰时，宜按 GB/T 20801.3—2020 中 6.4.4 或 ASME Section VIII 非标法兰的压力设计或应力分析进行强度校核。

7.3.3 取压装置

7.3.3.1 引压管一般采用直管，引压管内压计算应按 7.3.1 进行强度校核。

7.3.3.2 夹持环按筒体的强度计算公式进行校核，均压环的强度计算按 GB/T 16508.3—2022 中附录 B 或 GB/T 150.3—2011 中附录 A 进行强度校核。

7.3.4 筒体上支管连接的开孔补强

7.3.4.1 锅炉范围内管道用流量计（壳体）的筒体上开引压管孔时应进行开孔补强计算，根据锅炉结构按 GB/T 16507.4—2022 中 11 或 GB/T 16508.3—2022 中 13.3 进行强度校核。

7.3.4.2 压力管道用流量计（壳体）的筒体上开引压管孔时，应按 GB 50316—2000（2008 年版）中 6.4 或 GB/T 20801.3—2020 中 6.7 进行开孔补强强度校核。

7.3.5 孔桥补强

流量计（壳体）的筒体上若开多孔时，应按GB/T 16507.4—2022中11.6 或GB/T 20801.3—2020中6.7.4（f）进行孔桥补强强度校核。

8 制造

8.1 标记

8.1.1 材料标记

8.1.1.1 应制定受压元件材料的标识程序，材料标记应符合合同、相应标准和体系文件的规定。

8.1.1.2 流量计（壳体）受压元件和承受载荷的非受压元件材料标记应能追溯到材料的质量证明书，以防止材料混用。

8.1.2 标记移植

8.1.2.1 应在制造过程中保留材料标记。受压元件用材料切割下料前，应进行标记移植。

8.1.2.2 产品制造过程中有临时性的标记和永久性的标记，生产过程中标记被覆盖或因加工而丢失，应进行标记移植。

8.1.3 标记方法

8.1.3.1 材料的标记宜采用下列方法或下列方法的组合：

- a) 钢印；
- b) 震动蚀刻或其他蚀刻工具；
- c) 涂漆或用标记笔标记；
- d) 其他不损坏安全性的方法（如贴标签、条形码等）。

8.1.3.2 下列情况不应采用钢印标记：

- a) 不锈钢及壁厚小于 5mm 的管子；
- b) 在管子弯头内外弧区域；
- c) 客户要求不允许用钢印标记的材料。

8.1.3.3 焊工标记应在受压元件焊缝附近作永久性的保留，或在焊接记录（含焊缝布置图）上记录。

8.1.3.4 标记方法的采用应以对材料不构成损害或污染为原则，低温用钢、不锈钢及有色金属不得使用硬印标记。当奥氏体不锈钢和有色金属采用喷码标记时，印色不应含有对材料构成损害的物质，如硫、铅和氯等。

8.2 切割（下料）与坡口加工

8.2.1 材料的切割根据材料特性和规格可采用冷切割或热切割方法。如采用热切割方法，切割后应采用机加工或打磨的方法清除表面熔渣和影响材料焊接质量的表面层。对于合金钢，热切割后应留有加工裕量，除非能表明材料的组织没有损坏。

8.2.2 碳钢、碳锰钢可采用机械加工方法和火焰切割方法切割和制备坡口。低温镍钢和合金钢宜采用机械加工方法切割和制备坡口。

8.2.3 不锈钢、有色金属应采用机械加工或等离子切割方法切割和制备坡口。不锈钢、镍及镍合金、钛及钛合金、锆及锆合金采用砂轮切割或修磨时，应使用专用砂轮片。

8.2.4 材料在加工过程中，应避免材料表面的机械损伤。对有严重伤痕的部位应进行补焊或修磨，修磨处的壁厚应不小于设计壁厚。

8.3 弯管

8.3.1 管子的弯管成形应根据材料、规格、弯曲半径、弯管形状和弯管设备选用热成形（即热弯，包括内侧加热弯及热挤压成形及中频感应加热弯等）或冷成形（即冷弯）。

8.3.2 采用热弯时应严格控制加热规范和加热范围。不锈钢管采用热弯时应避免加热时的渗碳和避开引起晶间腐蚀的敏化温度。

8.3.3 弯管成形宜进行工艺试验，以验证所采用的弯管工艺满足产品技术要求。

8.3.4 弯管后应检测弯管的不圆度、褶皱和减薄及表面质量，并应符合设计文件及 GB/T 20801.4—2020 中 6.3.4 的规定。

8.3.5 GC1 级管道的管子弯管后，应逐件对弯曲部位进行磁粉检测或渗透检测，且应符合 GB/T 20801.5—2020 的规定。发现的线性缺陷应予以修磨，修磨后的壁厚不得小于直管的设计厚度。

8.4 筒体成形

8.4.1 用钢板制造筒体时，不应采用锤击的方法加工或成形。

8.4.2 钢板冷成形的筒体，当按式（1）计算的变形率超过表 2 数值时，应于成形后进行相应恢复材料性能的热处理，热处理应按 8.7 的规定进行。

$$A=50\delta[1-(R_f/R_o)]/R_f\times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

A ——变形率（%）；

δ ——板材厚度（见图 7），单位为毫米（mm）；

R_f ——成形后中面半径（见图 7），单位为毫米（mm）；

R_o ——成形前中面半径（见图 7，对于平板为 ∞ ），单位为毫米（mm）。

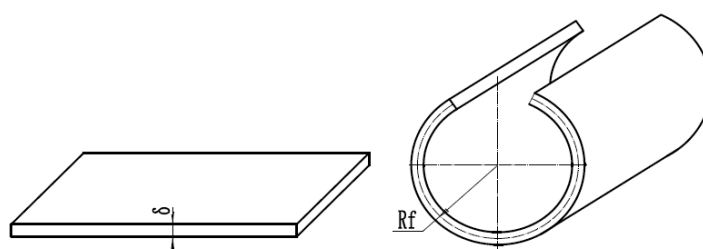


图 7 钢板卷制筒体示意图

表 2 冷成形变形率

材 料	碳钢、低合金钢及其他材料	奥氏体不锈钢
变形率/%	5	15

8.5 机加工

流量计（壳体）的各受压元件的机加工应满足图纸和标准的要求，图纸未规定的机械加工表面线性尺寸的极限偏差应符合 GB/T 1804 中 m 级的规定。

8.6 焊接

8.6.1 焊接作业人员

8.6.1.1 焊接作业人员应按 TSG Z 6002 的规定取得《特种设备作业人员证》后，方可在有效期内从事合格项目范围内的焊接工作。

8.6.1.2 焊工应按照焊接工艺施焊并且做好施焊记录。

8.6.2 焊接工艺评定和焊接工艺

8.6.2.1 流量计（壳体）受压件与受压件的焊接、受压件与非受压件的焊接均采用经评定合格的焊接工艺。

8.6.2.2 焊接工艺评定应按 NB/T 47014 的规定进行。锅炉范围内管道用流量计（壳体）的焊接工艺评定还应满足 TSG 11 中附加金相的要求；压力管道用流量计（壳体）的焊接工艺评定冲击试验要求还应符合 GB/T 20801.2—2020 中 8.2 的规定。

8.6.2.3 受压元件焊接前，应根据焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程，用于指导焊工施焊和焊后热

处理工作。

8.6.3 焊接材料

焊接材料应按 NB/T 47018 要求进行采购和验收。

8.6.4 焊接接头选用和坡口制备

8.6.4.1 制造单位技术文件应规定焊接接头的坡口形式、尺寸和装配间隙，宜按 GB/T 985.1、GB/T 985.2 的规定执行。

8.6.4.2 坡口加工可采用热切割、锯切、打磨、机加工等方法，但不得损害材料冶金和力学性能或产生有害缺陷。

8.6.4.3 制成的坡口表面应清洁，无锈皮和残渣。坡口和施焊表面在焊接前应将油污、铁锈和其他影响焊接质量的杂物清理干净。

8.6.4.4 当设计文件对坡口表面提出无损检测要求时，无损检测及缺陷处理应在施焊前完成。

8.6.5 组对

8.6.5.1 对接接头的组对应符合以下规定：

- 对接接头组对时坡口内壁应尽量对准且平齐，内壁错边量应不大于壁厚的 10% 及内径的 0.3% 且不大于 2 mm；
- 当接头两侧的公称外径和名义壁厚相等时，外表面的错边量应不大于名义壁厚的 10%，且不大于 3 mm；超出上述规定或公称外径不同使错边量超限时，应将超出的部分进行削薄，削出的斜面应平滑，并且斜率不大于 1:3，必要时焊缝宽度可以计算在斜面内。采用削薄方法时，筒体削薄后的实际壁厚不得小于设计厚度；
- 应按图 8 所示进行棱角度检查，外棱角度 $E(外)$ 应不大于壁厚的 10% 加 2 mm，且不大于 5 mm。应避免产生内棱角度 $E(内)$ ，如产生应进行校整。

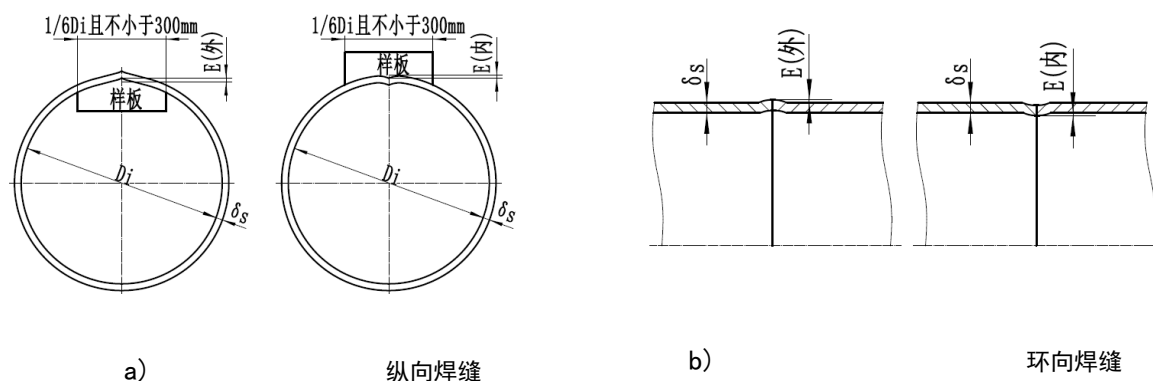


图 8 棱角度检查示意图

8.6.5.2 流量计（壳体）筒体中文丘里喉部的同一端面上最大与最小内径之差，应不大于该端面内径 D_i 的 0.1%，其他筒体的同一端面上最大与最小内径之差，应不大于该端面内径 D_i 的 0.3%，超过此偏差时应进行校圆或镗孔。

8.6.5.3 支管连接接头（安放式支管、插入式支管）的组对应符合设计图样和焊接工艺的规定。

8.6.6 焊缝设置

8.6.6.1 焊接管及焊接管件组对时，应避免十字焊缝。

8.6.6.2 相邻两对接环焊缝之间距离应大于 3 倍焊缝厚度并且不得小于 100 mm。

8.6.7 预热和后热要求

8.6.7.1 预热温度应在焊接工艺规程或设计文件中规定，并经焊接工艺评定验证。各种材料的最低预热温度应符合 GB/T 16507.5—2022 中 8.7.2、GB/T 20801.4—2020 中表 6 的规定。对于预热温度要求不同的材料焊接时，应选用较高的预热温度。

8.6.7.2 焊接接头有冲击韧性要求时，在焊接工艺规程中应规定层（道）间最高温度。对于需要预热的多层（道）焊件，其道间温度应不低于预热温度，且应符合 GB/T 20801.4—2020 中 8.2.3 的规定。

8.6.7.3 对冷裂纹敏感的材料，焊后应及时采取措施（如后热或含消氢处理、缓冷等）保证材料的使用性能。

8.6.8 焊接操作

8.6.8.1 焊接时应采取合理的焊接方法和施焊顺序。

8.6.8.2 对含铬量大于或等于 3% 或合金元素总含量大于 5% 的材料焊缝，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道单面焊接时，焊缝背面应充氩气或其他保护气体，以防止背面焊缝金属被氧化。

8.6.8.3 用于下列管道上的流量计（壳体）的单面焊焊缝根部应采用钨极惰性气体保护电弧焊或能保证根部焊接质量的其他焊接工艺方法：

- a) GC1 级；
- b) 公称直径小于 500 mm，且设计温度低于 -20℃ 的；
- c) 设计压力大于等于 10.0 MPa 的；
- d) 工作介质为导热油、极度或高度危害的；
- e) 内部清洁要求较高且焊接后不易清理的；
- f) 设计规定的其他管道。

8.6.8.4 公称直径大于或等于 500 mm 的筒体，宜在内侧进行根部双面焊。

8.6.8.5 不应在焊件表面引弧或试验电流。对于设计温度不高于 -20℃ 的、淬硬倾向较大的合金钢、不锈钢及有色金属流量计（壳体），其表面均不应有电弧擦伤等缺陷。

8.6.8.6 规定进行层间无损检测的焊缝，无损检测应在目视检查合格后进行，经检测的焊缝在评定合格后方可继续进行焊接。

8.6.8.7 焊接完毕后，应及时清除焊缝表面的熔渣及附件的飞溅物。

8.6.8.8 每个焊工均应有指定的识别代号。承压焊缝应标有焊工识别标记，标记方法应符合 8.1.3 的规定。

8.6.9 焊接返修

8.6.9.1 当焊缝需要返修时，其返修工艺应符合 8.6.2 的有关规定。

8.6.9.2 焊缝同一部位的返修次数不宜超过 2 次。如超过 2 次，应重新制定返修措施并经单位技术负责人批准后方可进行返修，返修次数、部位和返修后无损检测结果应一并记入产品的质量证明文件中。

8.6.9.3 要求进行焊后热处理的材料，如在热处理后进行焊接修补，修补后应重新进行热处理。

8.7 焊后热处理

8.7.1 焊后需要热处理时，焊后热处理应在所有焊接完成后进行。

8.7.2 流量计（壳体）可以作为一个整体进行炉内热处理，也可以进行局部热处理。局部热处理时，焊缝和焊缝两侧的加热宽度应不小于焊接接头两侧材料厚度（取较大值）的 3 倍且不小于 200 mm，且应配有足够的绝热保温材料覆盖加热区域以外的元件毗邻区域，从而使其不会产生有害的温度梯度。

8.7.3 锅炉范围内管道用流量计（壳体）焊后热处理厚度按 GB/T 16507.5—2022 中 9.3.5、DL/T 869—2012 中 5.4 的规定进行，压力管道用流量计（壳体）焊后热处理厚度按 GB/T 20801.4—2020 中 9.3.2 的规定进行。

8.7.4 焊后热处理工艺

8.7.4.1 锅炉范围内管道用流量计（壳体）焊后热处理工艺应符合 GB/T 16507.5—2022 中 9.3.3、DL/T 819—2019 中 6.4 的规定。

8.7.4.2 压力管道用流量计（壳体）焊后热处理工艺应符合 GB/T 20801.4—2020 中 9.3 的规定。

8.7.5 重新热处理

热处理后如进行焊接返修、弯曲、成型加工，或硬度检查超过规定要求的焊缝，应重新进行热处理。

9 检验与试验

9.1 外观

目视检查，流量计（壳体）表面应光滑，无毛刺、划痕、锈蚀、锤印等缺陷；受压元件焊接接头（包括非受压元件与受压元件焊接的接头）应进行外观检验，并应符合以下要求：

- a) 焊缝外形尺寸符合设计图样和工艺文件的规定；
- b) 对接焊缝高度不低于母材表面，焊缝余高应符合表 3 和图 9 的规定，焊缝与母材平滑过渡，焊缝和热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑和气孔；对于内余高影响测量准确度要求时，应考虑机加工或打磨去除内余高。

表 3 对接接头焊缝余高

单面坡口		双面坡口	
e1	e2	e1	e2
$\leq 10\% \delta_s$ ，且 $\leq 3\text{ mm}$	$\leq 0.3\%$ 内径，且 $\leq 3\text{ mm}$	$\leq 10\% \delta_1$ ，且 $\leq 3\text{ mm}$	$\leq 0.3\%$ 内径，且 $\leq 3\text{ mm}$

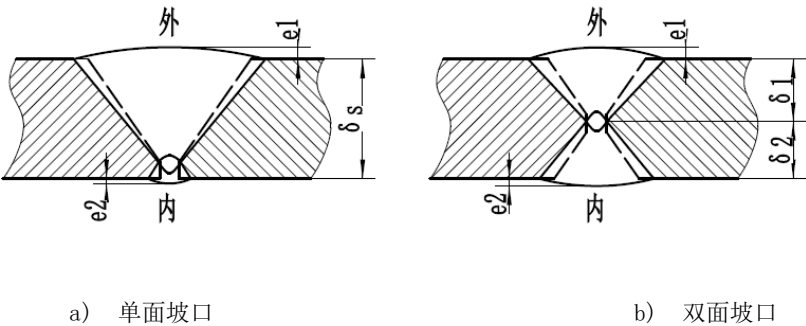


图 9 对接接头焊缝余高示意图

- c) 合金钢、不锈钢焊缝不允许有明显咬边，其余焊缝咬边深度不超过 0.5 mm，管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的 20%，并且不超过 40 mm。

9.2 几何尺寸

用通用量具进行检测，流量计（壳体）的筒体最小壁厚及连接尺寸应符合设计文件的规定。

9.3 光谱检验

铬钼合金钢、含镍低温钢、不锈钢以及镍及镍合金、钛及钛合金等材料的受压元件施焊结束后，应对母材和焊缝进行光谱检验，核查母材和焊材使用的正确性，并出具光谱检验报告。材料牌号单一且组批生产的制造单位，制定相应材料保证措施后可免除光谱检验。

9.4 硬度检查

9.4.1 通用要求

要求焊后热处理的焊接接头，热处理后应测量硬度值。焊接接头的硬度测定区域应包括焊缝和热影响区，热影响区的测定区域应紧邻熔合线。

9.4.2 锅炉范围内管道用流量计（壳体）

9.4.2.1 同种钢焊接接头，焊后热处理的硬度值应不超过母材布氏硬度值加 100 HBW，且不超过下列规定：合金总含量小于或等于 3%，布氏硬度值不大于 270 HBW；合金总含量小于 10%，且大于 3%，布氏硬度值不大于 300 HBW。

9.4.2.2 异种钢焊接接头焊缝的硬度，不应超出接头两侧母材的实际布氏硬度平均值的 30 %或低于较低侧硬度值的 90%。

9.4.2.3 焊缝硬度不应低于母材硬度的 90%。

9.4.3 压力管道用流量计（壳体）

焊接接头在热处理后的硬度值应符合 GB/T 20801.4—2020 中表 7 的规定，对于 GB/T 20801.4—2020 中表 7 未注明硬度值要求的材料，焊缝和热影响区的硬度值应不大于母材硬度值的 125%；异种钢焊接时，两侧母材均应符合 GB/T 20801.4—2020 中表 7 规定的各自硬度值，焊缝的硬度应不超出接头两侧母材的实际布氏硬度平均值的 30%或低于较低侧硬度值的 90%。

9.5 无损检测

9.5.1 通用要求

9.5.1.1 无损检测方法主要包括射线检测（RT）、超声检测（UT）、磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）、衍射时差法超声检测（TOFD）、X 射线计算机辅助成像检测（CR），检测方法按 NB/T 47013.1、NB/T 47013.2、NB/T 47013.3、NB/T 47013.4、NB/T 47013.5、NB/T 47013.10、NB/T 47013.14 的规定进行。

9.5.1.2 对接接头焊缝采用超声检测时，超声检测仪宜采用数字式可记录仪，若采用模拟式超声检测仪，应附加 20%局部射线检测。

9.5.1.3 对接接头焊缝采用超声衍射检测（TOFD）时，应与脉冲回波法（PE）组合检测，检测结论以 TOFD 与 PE 方法的结果进行综合判定。

9.5.2 检测时机

9.5.2.1 焊接接头无损检测应在形状尺寸和外观检查合格后进行。

9.5.2.2 有延迟裂纹倾向的材料应当在焊接完成 24h 后进行无损检测。

9.5.2.3 有再热裂纹倾向的焊接接头，应在最终热处理后进行表面无损检测复查。

9.5.3 具体方法和比例

9.5.3.1 锅炉范围内管道用流量计（壳体）

9.5.3.1.1 对接接头焊缝应进行 100% 射线或超声检测。

9.5.3.1.2 A 级锅炉范围内管道用流量计（壳体）上角接头焊缝、异种钢焊接接头、具有再热裂纹或者延迟裂纹倾向的焊接接头应进行 100% 表面无损检测。

9.5.3.2 压力管道用流量计（壳体）

9.5.3.2.1 凡所在压力管道符合下列条件的之一的流量计（壳体）对接接头应进行 100% 射线或超声检测：

- a) 注明为剧烈循环工况、高温蠕变工况的管道；
- b) GC1 级管道；
- c) 设计压力大于 PN160 的管道；
- d) 钛及钛合金、镍及镍基合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢、锆及锆基合金、铝及铝合金等有色金属；
- e) 按 9.6.4 的规定可以免除压力试验的；
- f) 设计或用户要求对接接头进行 100%无损检测的。

9.5.3.2.2 上述条件之外的压力管道用流量计（壳体）对接接头应进行 20% 射线或超声检测，公称直径小于 500 mm 时，按环向对接接头的接头数抽查；公称直径大于或等于 500 mm 时，对每条环向对接接头的长度进行局部检测，检测长度不得小于 150 mm。

9.5.3.2.3 凡符合下列条件的之一的压力管道用流量计（壳体）对接和角接头应进行 100% 渗透或磁粉检测（铁磁性材料应优先采用磁粉检测）：

- a) GC1 级管道（碳钢、不锈钢及铝合金环向对接除外）；
- b) 设计温度低于-20℃的碳素钢、低合金钢，设计温度低于-196℃ 的奥氏体不锈钢材料；

- c) 钛及钛合金、镍及镍基合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢、锆及锆基合金；
- d) 铁素体型不锈钢，其他 Cr-Mo 合金钢；
- e) 异种钢焊接接头、具有再热裂纹或者延迟裂纹倾向的焊接接头；
- f) 标准抗拉强度下限值 R_m 在 540 MPa 及以上的合金钢；
- g) 钢材厚度大于 20 mm 的奥氏体不锈钢、奥氏体-铁素体（双相）型不锈钢的焊接接头；
- h) 设计或用户要求进行 100% 表面无损检测的。

9.5.3.3 组批生产的压力管道用流量计（壳体）射线抽样检测要求

9.5.3.3.1 组批原则

制造单位质量保证体系运转正常、产品焊接质量稳定，连续三年产品射线检测的一次合格率达到 95 %以上，具有相同设计文件(同一套设计文件、产品结构相同、承压元件焊接接头形式相同)，相同工艺文件和相同质量计划的产品（GC1 级压力管道工程上流量计（壳体）除外），焊接接头的焊接时间应不超过 20 天，总数不超过 200 台可组成一批。

注 1：抽样检测并不能保证所制造产品达到了预定质量水平，必须认识到，在被代表检测的一批流量计（壳体）产品中，未检测部分可能在进一步检测中会暴露缺陷，组批抽样检测合格，不代表制造单位对该批内未抽样检测的产品出现安全质量问题具有免责权。如果对某一批产品要求不存在射线检测规定的超标焊接缺陷时，则规定 100%的射线检测。

注 2：抽样射线检测是指在同一批次内的流量计（壳体）产品中，按照相关技术要求规定的检测比例抽取样品进行射线检测，被抽样品的对接焊缝应进行 100%的射线检测。对于质量流量计（壳体），可根据制造工序分阶段进行抽样射线检测，各阶段的抽样比例均应达到要求。

9.5.3.3.2 抽样比例

抽样的最小比例应不低于该批台数的 5%，且应包括每种不同焊接工艺及焊工。当发现焊接超标缺陷时，另取同批次内两倍超标缺陷抽样数的该焊工施焊的相同焊接工艺焊接接头进行相同的射线检测，若被检接头均合格后则视为该批次内该焊工所焊接头均合格，若再有一个焊接接头出现焊接质量超标缺陷，则该批次内该焊工施焊的焊接接头进行 100% 射线检测。

9.5.4 技术要求

9.5.4.1 射线检测

按 NB/T 47013.2、NB/T 47013.11、NB/T 47013.14 的规定进行，合格指标见表 4。

9.5.4.2 超声检测

按 NB/T 47013.3、NB/T 47013.10 的规定进行，合格指标见表 4。

表 4 射线、超声检测合格指标

检测方法		检测技术等级	检测范围		合格级别
射线检测		AB	纵向、环向	100%	II
			对接接头	20%	III
超声检测	脉冲反射法	B	纵向、环向	100%	I
	衍射时差法	B 级及以上	对接接头	20%	II
				—	II

9.5.4.3 表面检测

按 NB/T 47013.4、NB/T 47013.5 的规定进行，合格级别不低于 I 级。

9.5.4.4 组合检测

当采用超声和射线组合检测时，质量要求和合格级别应按各自执行的标准确定，且均应合格。

9.6 试验

9.6.1 通用要求

9.6.1.1 制造完工的流量计（壳体）应按设计文件规定进行压力试验和泄漏试验。

9.6.1.2 压力试验和泄漏试验应选用两个相同量程并经检定合格的压力表，压力表的精度不得低于 1.6 级，压力表的量程一般为试验压力的 1.5 倍~3.0 倍，2 倍为宜。

9.6.1.3 压力试验分为液压试验、气压试验，应按设计文件规定的方法进行压力试验。

9.6.2 液压试验

9.6.2.1 基本要求

液压试验的基本要求如下：

- a) 液压试验场地应当有可靠的安全防护设施；
- b) 液压试验应当在环境温度高于或等于 5℃ 时进行；
- c) 液压试验液体一般应使用洁净水，当对奥氏体不锈钢受压元件水压试验时，应控制水中氯离子含量不超过 25mg/L，如不能满足要求时，水压试验后应当立即将水渍去除干净。当采用可燃液体进行试验时，其闪点不得低于 49℃，且应考虑到试验周围的环境。试验时液体的温度应不低于 5℃；合金钢受压元件的水压试验水温应当高于所有钢种的脆性转变温度。

9.6.2.2 试验压力及保压时间

9.6.2.2.1 液压试验时，薄膜应力不应超过元件材料在试验温度下屈服点的 90%。

9.6.2.2.2 锅炉范围内管道用流量计（壳体）水压试验压力为其设计压力的 1.5 倍，保压时间至少 5 min。

9.6.2.2.3 压力管道用流量计（壳体）液压试验压力按下述规定：

- a) 不得低于 1.5 倍设计压力；
- b) 设计温度高于试验温度时，试验压力应不小于式（2）的计算值：

$$P_T = 1.5 P_S / S_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_T —— 试验压力，单位为兆帕（MPa）；

P —— 设计压力，单位为兆帕（MPa）；

S_1 —— 试验温度下，管子许用应力，单位为兆帕（MPa）；

S_2 —— 设计温度下，管子许用应力，单位为兆帕（MPa）。

- c) 保压时间不少于 3 min。

9.6.2.3 过程控制

进行液压试验时，压力应当缓慢地升降。当压力上升到设计压力时，应当暂停升压，检查有无泄漏或异常现象，然后再升到试验压力，达到保压时间后，降到设计压力进行检查。检查期间压力保持不变。

9.6.2.4 合格要求

液压试验的合格要求如下：

- a) 当降到设计压力时，受压元件金属壁和焊缝无泄漏和其他异常；
- b) 液压试验后，没有发现明显残余变形。

9.6.3 气压试验

气压试验应满足下列规定：

- a) 采用气压试验的制造单位应进行风险评估并制定应急预案，气压试验的安全操作程序应经过审核；
- b) 气压试验温度至少应比金属材料的脆性转变温度高 17℃；
- c) 用作试验的介质应是干燥洁净的空气、氮气、或其他不易燃和无毒的气体；
- d) 气压试验时应装有压力泄放装置，其设定压力不得高于 1.1 倍的试验压力；
- e) 气压试验的试验压力为 1.15 倍的设计压力；

- f) 气压试验时,应逐级缓慢增加压力,当压力升至试验压力的 50% 时,应进行初始检查,若未发现异常或泄露,继续按试验压力的 10% 逐级升压,每级稳压 3 min 直至达到规定的试验压力,在试验压力下稳压 10 min,再将压力降至设计压力,采用发泡剂等检查有无泄露,停压时间应根据查漏工作需要确定。

9.6.4 压力试验的免除

流量计(壳体)上环向、纵向焊接接头均应进行 100 % 射线或超声波检测合格,其他受压焊接接头经过氩弧焊打底且 100%渗透或磁粉检测合格,在制造单位内可以不单独进行压力试验。

9.6.5 泄漏试验

9.6.5.1 对于 GC1 级中介质为极度和高度危害毒性、易燃性的管道上用流量计(壳体),水压试验合格后应进行敏感性泄漏试验,敏感性泄漏试验应按 GB/T 20801.5—2020 中 9.2.1 的规定进行。

9.6.5.2 经使用单位和设计单位同意,可采用气密性试验代替敏感性泄漏试验,以无可查泄漏为合格。

9.6.5.3 气密性试验压力应为设计压力,试验介质可采用空气,气密性试验按 9.6.3 气压试验的相关要求进行。压力试验采用气压试验的可免除气密性试验。

9.6.5.4 经使用单位和设计单位同意,泄漏性试验可按最高工作压力和管道系统一并进行。

10 标志及完工资料

10.1 标志

产品的适当位置上至少应包括下列信息:

- a) 制造厂名;
- b) 产品型号;
- c) 产品编号;
- d) 制造许可证编号;
- e) 规格、尺寸;
- f) 制造日期;
- g) 流体方向。

10.2 完工资料

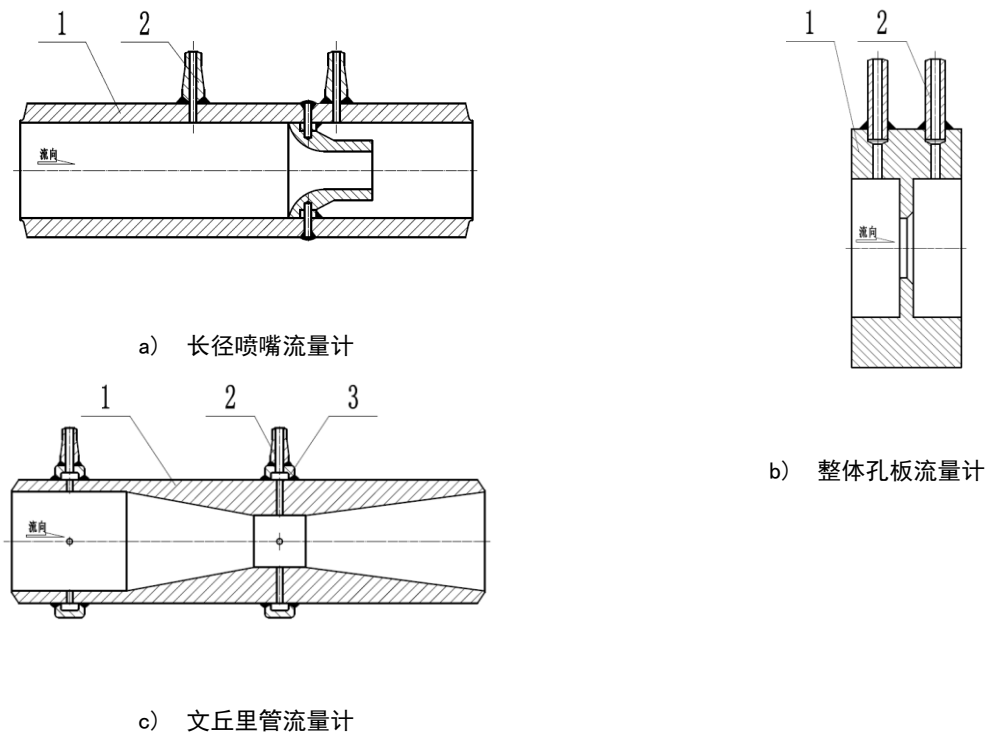
产品的完工资料应包括以下内容:

- a) 产品安全性能监督检验证书;
- b) 产品合格证;
- c) 流量计壳体竣工总图(包含强度校核计算书);
- d) 材料汇总表(含焊接材料);
- e) 焊接记录;
- f) 热处理报告(含热处理曲线);
- g) 无损检测报告;
- h) 光谱检查报告;
- i) 硬度检测报告;
- j) 尺寸检查报告;
- k) 压力试验记录或报告;
- l) 泄漏试验记录或报告;
- m) 材料代用单;
- n) 图样及技术文件更改单;
- o) 材料标记移植、焊工钢印示意图;
- p) 产品铭牌拓印件或照片;
- q) 特种设备制造许可证。

(资料性)
流量计（壳体）典型结构

A.1 整体式流量计（壳体）

整体式流量计（壳体）是指流量计（壳体）中筒体无纵、环焊缝的型式，一般由筒体、取压装置（引压管、均压环）组成，典型结构见图 A.1。

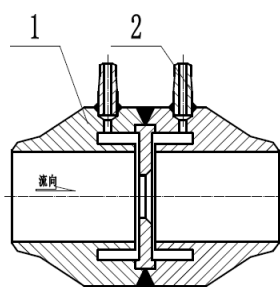


标引序号说明：
1——筒体
2——取压装置（引压管）
3——取压装置（均压环）

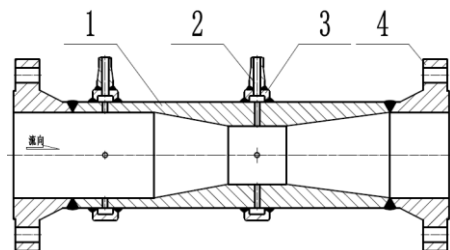
图 A.1 整体式流量计（壳体）结构示意图

A.2 焊接式流量计（壳体）

焊接式流量计（壳体）是指筒体与筒体、筒体与法兰之间采用焊接连接，一般由筒体、取压装置、法兰等组成，典型结构见图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5、图 A.6、图 A.7。



a) 焊接式孔板流量计

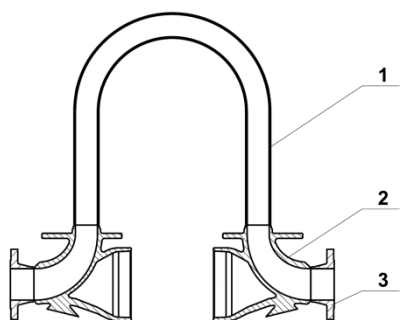


b) 法兰连接式文丘里管流量计

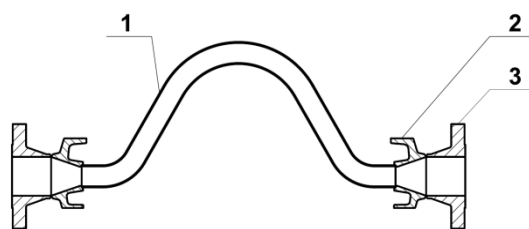
标引序号说明:

- 1——筒体
- 2——取压装置 (引压管)
- 3——取压装置 (均压环)
- 4——法兰

图 A.2 差压流量计 (壳体) 结构示意图



a) 质量流量计 1

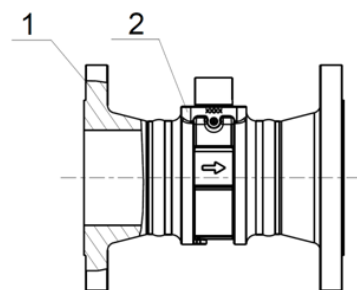


b) 质量流量计 2

标引序号说明:

- 1——筒体 (测量管)
- 2——筒体 (分流器)
- 3——法兰

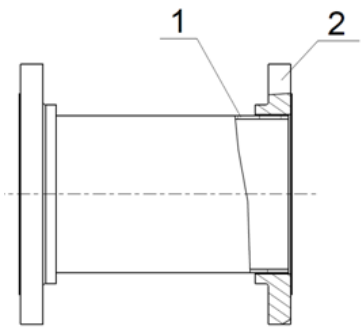
图 A.3 质量流量计结构示意图



标引序号说明:

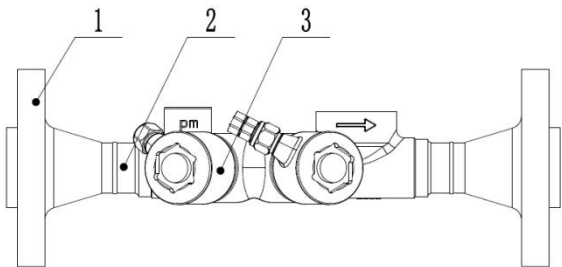
- 1——法兰
- 2——筒体 (表体)

A.4 涡街流量计结构示意图



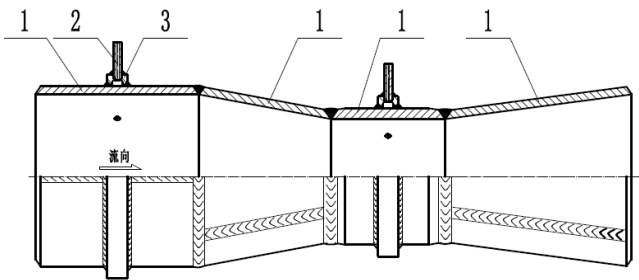
标引序号说明：
1——筒体（表体）
2——法兰

图 A.5 电磁流量计结构示意图



标引序号说明：
1——法兰
2——筒体（钢管）
3——接管座

图 A.6 超声流量计结构示意图

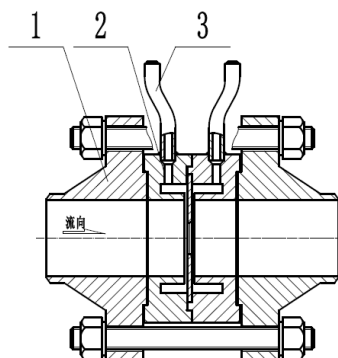


标引序号说明：
1——筒体
2——取压装置（引压管）
3——取压装置（均压环）

图 A.7 卷制式流量计（壳体）结构示意图

A.3 夹持式流量计（壳体）

法兰夹持式流量计（壳体）是指筒体与法兰之间采用紧固件夹持连接，由法兰、筒体（夹持环）、取压装置（引压管）等组成，典型结构见图 A.8。



标引序号说明：

1——法兰

2——筒体（夹持环）

3——取压装置（引压管）

图 A.8 法兰夹持式流量计（壳体）典型结构示意图