

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 7459—2019

石油天然气工业用模锻件

Closed die forgings for use in the petroleum and natural gas industry

2019 — 11 — 04 发布

2020 — 05 — 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	2
3.1 术语和定义	2
3.2 缩略语	4
4 质量鉴定	5
4.1 总则	5
4.2 质量鉴定	5
4.3 锻件质量鉴定评价	6
4.4 锻件质量鉴定范围	8
4.5 质量鉴定记录	9
5 产品锻件	10
5.1 原材料货源的质量鉴定	10
5.2 材料规范	11
5.3 制造过程规范	11
5.4 过程控制参数	11
5.5 锻件产品	12
5.6 检验和质量控制	12
5.7 补焊	13
5.8 可追溯性	13
5.9 标志	13
5.10 记录类型和保存	13
5.11 搬运、贮存和运输	13
6 工厂要求	14
6.1 锻件制造商的最低设备要求	14
6.2 锻件制造商适用的活动	14
附录 A (资料性附录) 本标准与 API Std 20C ; 2015 技术性差异及其原因	15
参考文献	18

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 API Std 20C ; 2015《石油天然气工业用模锻件》。

本标准与 API Std 20C ; 2015 相比结构性差异是在 4.3 中增加了“4.3.1 总则”，其他后续条款按顺序进行了后延。

本标准与 API Std 20C ; 2015 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线进行了标示，附录 A 中给出了相应技术性差异及其原因一览表。

本标准做了下列编辑性修改：

- 将毫米单位作为数值的主参数，将英寸单位作为数据的参考参数；
- 将 4.4.4.5 中引用错误的“5.4.2”修改为“5.4.b)”；
- 删除了 API Std 20C ; 2015 的前言和特别说明；
- 删除了 API Std 20C ; 2015 的资料性附录 A《许可证持有者使用 API 会标》；
- 增加了本标准的前言。

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这些专利的责任。

本标准由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会（SAC/TC96）提出并归口。

本标准起草单位：宝鸡石油机械有限责任公司、中石油江汉机械研究所有限公司、球豹阀门有限公司、四川宏华石油设备有限公司、河北华北石油荣盛机械制造有限公司、中石化四机石油机械有限公司、盐城市琪航石油机械有限公司、江苏苏盐阀门机械有限公司。

本标准主要起草人：严小妮、孙娟、肖莉、蒋小平、代勇、李兵、许宏奇、谭立军、崔龙、韩正东。

石油天然气工业用模锻件

1 范围

本标准规定了石油天然气工业设备零部件用模锻件的质量鉴定和生产的的要求。

本标准适用于石油天然气工业作业条件要求使用的模锻件。

本标准对模锻件提出四个规范级别（FSL）的要求，并分别规定了不同级别锻件的技术、质量鉴定要求。

2 规范性引用文件

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

GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法（GB/T 228.1—2010, ISO 6892-1：2009, MOD）

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法（GB/T 229—2007, ISO 148-1：2006, MOD）

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法（GB/T 230.1—2009, ISO 6508-1：2005, MOD）

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法（GB/T 231.1—2009, ISO 6506-1：2005, MOD）

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 2828.1—2012, ISO 2859-1：1999, IDT）

GB/T 5611—2017 铸造术语

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 8541—2012 锻压术语

GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法 [GB/T 10561—2005, ISO 4967：1998 (E), IDT]

GB/T 11259 无损检测 超声检测用钢参考试块的制作和控制方法

GB/T 15822.1 无损检测 磁粉检测 第1部分：总则（GB/T 15822.1—2005, ISO 9934-1：2001, IDT）

GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分：总则（GB/T 18851.1—2012, ISO 3452-1：2008, IDT）

YB/T 4285 便携式硬度计测试金属压痕硬度的试验方法（YB/T 4285—2012, ASTM E110：2010, MOD）

ANSI/NCSL Z540.3 测量和试验设备校准要求（Requirements for the calibration of measuring and test equipment）

ASTM A388/A388M 钢锻件超声波检验规程（Standard practice for ultrasonic examination of steel

forgings)

ASTM A604 自耗电极再溶化钢棒材与钢坯宏观浸蚀测试规程 (Standard practice for macroetch testing of consumable electrode remelted steel bars and billets)

ASTM E562 用系统人工点计数法测定体积分数的试验方法 (Standard test method for determining volume fraction by systematic manual point count)

ASTM G48 用三氯化铁溶液测定不锈钢和相关合金耐点蚀和缝隙腐蚀的标准试验方法 (Standard test methods for pitting and crevice corrosion resistance of stainless steels and related alloys by use of ferric chloride solution)

DNV-RP-F112 暴露于阴极保护的双相不锈钢水下设备的设计 (Design of duplex stainless steel subsea equipment exposed to cathodic protection)

3 术语、定义和缩略语

GB/T 5611—2017、GB/T 8541—2012 界定的以及下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

黑皮锻件 (锻造状态) as-forged

不留加工余量的锻件，带黑皮的锻件不再切削加工，直接供装配和使用。

[GB/T 8541—2012，定义 5.1.29]

3.1.2

坯料 (毛坯) blank

从棒材或锻坯上切割的用来锻造的一块原材料，满足单个锻件所必需的准确材料量。

3.1.3

锻坯 bloom/billet

热轧、连铸或锻造的方形、矩形或均匀圆截面的半成品。

3.1.4

模锻 closed-die forging

利用模具使毛坯变形而获得锻件的锻造方法。

[GB/T 8541—2012，定义 5.2]

3.1.5

切头 crop

切去铸锭、锻坯含有初次缩孔或其他缺陷的料头。

3.1.6

模具 dies

将材料成形 (成型) 为具有特定形状与尺寸的制品、制件的工艺装备。

3.1.7

不连续 discontinuities

包括裂纹、折叠、皱褶、冷疤和穿流及内部缺陷，例如夹渣、偏析和疏松。内部不连续可以采用体积 NDE 方法检测和评价。

3.1.8

终锻 finish forging

在模锻过程中得到锻件最终几何尺寸的工步（除少数锻件在终锻后尚需附加弯曲、扭转等工步外），将预锻件或毛坯锻成最终的锻件形状。

[GB/T 8541—2012，定义 5.2.7]

3.1.9

发裂 flakes

由于应力和氢含量的临界组合而引起钢中无序排列的内部热裂纹（微细龟裂）。

3.1.10

锻造批 forging lot

同一个生产过程中，采用相同的锻造设备和相同的 MPS 锻造参数所生产的锻件。

3.1.11

锻造流线 forging flow line

在锻造时，金属的脆性杂质被打碎，顺着金属主要伸长方向呈碎粒状或链状分布；塑性杂质随着金属变形沿主要伸长方向呈带状分布，这样热锻后的金属组织就具有一定的方向性，通常称为锻造流线，也称流线，它使金属性能呈现异向性。

[GB/T 8541—2012，定义 4.23]

3.1.12

晶粒度 grain size

表示金属材料晶粒大小的物理量，它由单位面积内所包含晶粒个数来度量，也可用直接测量平均直径大小（用 mm 或 μm ）来表示。

[GB/T 8541—2012，定义 13.7.24]

3.1.13

热处理 heat treatment

采用适当的方式对金属材料或工件进行加热，保温和冷却以获得预期的组织结构与性能的工艺。

[GB/T 8541—2012，定义 13.5]

3.1.14

锻造比 hot work reduction

每次热成形加工操作期间，衡量横截面积变化的比率。

除镦锻外，单次热成形加工操作的锻造比可采用公式（1）计算：

$$\text{锻造比} = \frac{A_i}{A_f} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

A_f ——最终横截面面积；

A_i ——初始横截面面积。

对于镦锻，单次热成形加工操作的锻造比可采用公式（2）计算：

$$\text{镦锻锻造比} = \frac{A_f}{A_i} \text{ 或 } \frac{h_i}{h_f} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

A_f ——最终横截面面积；

A_i ——初始横截面面积；

h_f ——终锻高度；

h_i ——初始材料高度。

热成形加工总锻造比定义为热成形加工时从铸锭横截面到最终热成形加工横截面每一步所获得的单独锻造比的乘积。铸锭横截面应为热成形加工前铸造或最终重熔和任何铸锭打磨或表面制备后所获得的铸锭横截面。当原材料或锻件的横截面不同时，应采用最小的横截面计算锻造比。

3.1.15

夹杂物 inclusions

原材料中存在的被带到锻件中的金属和杂质元素的非金属化合物颗粒。

3.1.16

铸锭 ingot

将熔融金属浇入锭型铸成的用作金属炉料或供进一步热加工的金属锭块。

[GB/T 5611—2017, 定义 2.22]

3.1.17

巨晶 ingotism

由于浇注温度高、凝固慢，在钢锭或厚铸件内部形成的粗大的枝状晶缺陷。

[GB/T 5611—2017, 定义 9.9.9]

3.1.18

钢包精炼 ladle refining

精炼和调整包内钢液化学成分的方法。

3.1.19

折叠 lap

塑性加工时将坯料已氧化的表层金属汇流贴合在一起压入工件而造成的缺陷。

[GB/T 8541—2012, 定义 13.7.9]

3.1.20

宏观腐蚀 macroetch

热成形加工状态（例如疏松、夹渣、偏析、碳化和流线）的试验程序。

3.1.21

熔炼方法 melt practice

熔炼和精炼一炉金属所用的设备和工艺方法。

3.1.22

可追溯性 traceability

通过形成文件的记录、标识，验证某一项的历史、位置或应用的能力。

3.1.23

锻态组织 wrought structure

不含铸造树状晶成分的结构。

3.1.24

质量鉴定 quality certification

锻件制造商按照其规定的锻造工艺规程制造锻件样品，并解剖样品，检测其是否达到规定要求的一组操作。

3.2 缩略语

BOF：碱性氧气顶吹转炉（basic oxygen furnace）

FSL：锻件规范级别（forging specification level）

MPS：制造过程规范（manufacturing process specification）

MT：磁粉检测法（magnetic particle testing）
 NDE：无损检测（nondestructive examination）
 PT：液体渗透法（penetrant testing）

4 质量鉴定

4.1 总则

本标准规定了锻件的四个规范级别（FSL）要求。FSL-1、FSL-2、FSL-3、FSL-4 锻件的质量要求依次递增，本章规定了各规范级别（FSL）锻件的允许接收条件。

4.2 质量鉴定

4.2.1 锻件的质量鉴定样品应由锻件制造商生产、试验和评价，以进行表 1 和表 2 所列某一范围产品的质量鉴定。锻件应按 5.3 规定的 MPS 生产。锻件的质量鉴定材料组别应按表 1 的规定。质量鉴定锻件样品的锻态形状应完整，并按规定进行所有的粗加工和完全热处理，以确定最终产品的力学性能。锻件的质量鉴定样品应按第 4 章、第 5 章的要求，以及锻件制造商规定了验收准则的书面规范进行生产。

表 1 材料组别

材料组别	说明	典型示例
1 组	碳钢和低合金碳钢	30CrMo, 12Cr2Mo1
2 组	奥氏体、马氏体和沉淀硬化不锈钢	12Cr13, 04Cr13Ni5Mo, 06Cr17Ni12Mo2, 05Cr17Ni4Cu4Nb
3 组	耐腐蚀合金	NS4301, NS3306
4 组	双相不锈钢	022Cr23Ni5Mo3N, 022Cr25Ni7Mo4N, 022Cr25Ni7Mo4WCuN

表 2 黑皮锻件重量范围级别

规范级别	锻件重量 kg (lb)			
	< 91 (200)	≥ 91 (200) , < 454 (1000)	≥ 454 (1000) , < 1089 (2400)	≥ 1089 (2400)
FSL-1	要求一种质量鉴定锻件			
FSL-2	要求一种质量鉴定锻件		要求一种质量鉴定锻件	
FSL-3	要求一种质量鉴定锻件	要求一种质量鉴定锻件	要求一种质量鉴定锻件	要求一种质量鉴定锻件
FSL-4	重量不适用于 FSL-4。每种锻件均应单独进行质量鉴定			

4.2.2 按某一 FSL 鉴定的锻件，也适用于 4.4 限定范围内较低 FSL 锻件的鉴定（例如 FSL-4 可涵盖 FSL-3、FSL-2 和 FSL-1 锻件的鉴定）。

4.2.3 质量鉴定样品锻件不应焊补。

4.3 锻件质量鉴定评价

4.3.1 总则

所有的评价试验检测应在最终热处理后进行。

4.3.2 目检

4.3.2.1 应按锻件制造商的程序对锻件进行目视检验，检验是否有裂纹、折叠、裂缝和其他缺陷。结果应形成文件。

4.3.2.2 应对质量鉴定样品锻件拍照，以记录其表面质量、结构和整体的外观。结果应形成文件。

4.3.3 硬度试验

在质量鉴定样品锻件的表面上，应按 GB/T 231.1、YB/T 4285 或 GB/T 230.1 进行布氏和（或）洛氏硬度试验，锻件表面硬度值应在规定的限定范围之内，结果应形成文件。

4.3.4 无损检测

4.3.4.1 表面无损检测

4.3.4.1.1 总则

最终热处理和任何机加工操作后，每个质量鉴定样品锻件所有可接近表面应采用 PT 或 MT 进行检测。

4.3.4.1.2 检测方法

所有质量鉴定样品锻件应按 GB/T 15822.1 或 GB/T 18851.1 规定的方法和程序进行无损检测。如果发现有任何与表面破裂无关的（例如磁导率变化、非金属条带等）的非相关指（显）示，则其应采用 PT 方法检测，或清除并重新检测，以确认其非相关性。

4.3.4.1.3 验收准则

检测结果应同时满足下列三种情况，结果应形成文件：

- a) 无任何主要尺寸大于或等于 5mm ($3/16$ in) 的相关指（显）示。
- b) 任何连续的 40cm² (6in²) 面积上相关指（显）示不超过 10 个。
- c) 在任一条直线上，边距小于 1.6mm ($1/16$ in) 的相关指（显）示不超过三个。

4.3.4.2 体积无损检测

4.3.4.2.1 总则

每个质量鉴定样品锻件应在最终热处理后和影响检测结果有效性判定的机加工操作前，进行 100% 的超声波检测。对于调质处理的产品，体积无损检测应在最终热处理后进行，但不包括消除应力处理或降低硬度的重新回火处理。

4.3.4.2.2 检测方法

所有锻件应采用超声波方法，按 ASTM A388/A388M 和 GB/T 11259 中规定的平底孔程序进行检测，也可以采用液浸法。空心锻件应采用 ASTM A388/A388M 中规定的斜探法和验收准则进行检测。对于金属厚度小于 38mm ($1\frac{1}{2}$ in)，距离幅度曲线 (DAC) 应基于直径为 1.6mm ($1/16$ in) 的平

底孔；对于金属厚度介于 38mm (1½in) ~ 150mm (6in) 时，距离幅度曲线应基于直径为 3.2mm (⅛in) 的平底孔；对于金属厚度大于 150mm (6in)，距离幅度曲线应基于直径为 6.4mm (¼in) 的平底孔。检测结果应形成文件。

4.3.4.2.3 验收准则

验收准则应满足：

- a) 无任何单个指（显）示超过基准距离幅度曲线。
- b) 无任何超过基准距离幅度曲线 50% 的多个指（显）示。多个指（显）示定义为在任一方向上两个或两个以上的指（显）示 [每个指（显）示均超过基准距离幅度曲线的 50%]，彼此之间的间距在 13mm (½in) 之内。

4.3.5 材料检测

试验材料应取自解剖的锻件。为获得所有要求的试验数据，可能会用多个锻件解剖。质量鉴定试验所用的锻件，应取自同一炉、同一热处理批和同一锻造批。

4.3.6 力学性能试验

4.3.6.1 硬度试验应按 GB/T 231.1、GB/T 230.1 或 YB/T 4285 的规定，在最厚横截面的整个横截面上，沿两个相互垂直的方向进行，且每个方向至少包含 5 个等间距的测试点，结果应形成文件。

4.3.6.2 拉伸试样应从解剖锻件以下位置取样，并按照 GB/T 228.1 测试方法进行试验：

- a) 在锻件表面或近表面的深度不超过 31.75mm (1¼in) 处。
- b) 在锻件最厚横截面 ¼ 厚度处。
- c) 在锻件最厚横截面 ½ 厚度最近处。

上述每一个位置，若几何结构允许，则试样应沿锻造流线的纵向和横向切取，结果应形成文件。

4.3.6.3 夏比 (CVN) 冲击试样应与拉伸试验 (见 4.3.6.2) 的取样位置相同，试验应按 GB/T 229 及 MPS 中规定的温度进行。在所有位置，若几何结构允许，则试样应沿锻造流线的纵向和横向切取。结果应形成文件。

4.3.7 化学分析

4.3.7.1 锻件制造商应在 MPS 中规定质量鉴定样品锻件所用材料的公称化学成分，包括成分偏差。

4.3.7.2 材料化学成分应按国家或国际公认的标准，以炉次为基础（或重熔级材料以重熔锭为基础）来确定。

4.3.8 金相和腐蚀检验

4.3.8.1 金相检验

4.3.8.1.1 金相试样应分别取自表面处和解剖锻件最厚横截面的 1/4 厚度处。

4.3.8.1.2 对于 1 组材料，钢的纯净度应按 GB/T 10561 中的 A 法确定，并应在表 3 所示的极限范围内。结果应形成文件。

4.3.8.1.3 对于 1 组材料，晶粒度应按 GB/T 6394 规定在 1/4 厚度位置确定。对于碳钢和低合金钢，晶粒度应达到 5 级或更细。应以 100 倍的放大倍数，对晶粒度试样的显微照片拍照。结果应形成文件。

4.3.8.1.4 对于 2 组材料和 3 组材料，应采用 MPS 中规定的适用的方法和验收准则评价显微结构。应

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/427166136034006033>