



中华人民共和国国家标准

GB/T 20657—2022

代替 GB/T 20657—2011

石油天然气工业 套管、油管、 钻杆和用作套管或油管的 管线管性能公式及计算

Petroleum and natural gas industries—Formulae and calculations
for the properties of casing, tubing, drill pipe and
line pipe used as casing or tubing

(ISO/TR 10400:2018, MOD)

2022-12-30 发布

2023-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号和缩略语	4
4.1 符号	4
4.2 缩略语	10
5 一致性	11
5.1 引用文件	11
5.2 计量单位	11
6 管体三轴应力屈服设计	11
6.1 概述	11
6.2 假设条件和适用范围	11
6.3 计算所需参数	12
6.4 管体三轴应力屈服设计公式	12
6.5 管线管三轴应力屈服设计公式使用	12
6.6 计算示例	12
7 管体延性断裂	15
7.1 概述	15
7.2 假设条件和适用范围	15
7.3 计算所需参数	16
7.4 封堵管端延性断裂设计公式	17
7.5 轴向拉伸和外压作用下延性断裂设计公式修正	17
7.6 计算示例	20
8 外压挤毁	22
8.1 概述	22
8.2 假设条件和适用范围	22
8.3 计算所需参数	22
8.4 管体挤毁压力设计公式	22
8.5 经验系数	27
8.6 挤毁压力公式在管线管的应用	28
8.7 计算示例	28
9 接头连接强度	29

9.1	概述	29
9.2	API 套管接头拉伸连接强度设计公式	29
9.3	API 油管接头拉伸连接强度	31
9.4	管线管连接强度	32
10	接箍抗内压性能	32
10.1	概述	32
10.2	圆螺纹和偏梯形螺纹接箍内屈服压力	32
10.3	圆螺纹或偏梯形螺纹接箍的内压泄漏强度	32
11	质量	33
11.1	概述	33
11.2	名义单位长度质量	33
11.3	平端管单位长度质量	33
11.4	管端加工管子质量	34
11.5	螺纹和接箍质量	34
11.6	端部加厚和带螺纹的整体连接油管的质量	34
11.7	端部加厚质量	35
11.8	接箍质量	35
11.9	螺纹加工损失质量	38
11.10	端部加厚质量	40
12	伸长率	42
13	压扁试验	42
13.1	套管和油管的压扁试验	42
13.2	管线管压扁试验	42
14	静水压试验	43
14.1	平端管子和整体接头油管的静水压试验	43
14.2	带螺纹和接箍管子的静水压试验压力	44
15	圆螺纹套管和油管上扣扭矩	45
16	埋弧焊管线管导向弯曲试验	45
16.1	概述	45
16.2	背景	47
17	API 接箍和管体最小冲击试样规格确定	47
17.1	临界壁厚	47
17.2	接箍半成品壁厚	49
17.3	横向冲击试样壁厚	51
17.4	纵向冲击试样壁厚	52
17.5	API 接箍最小试样尺寸	54
17.6	管体冲击试样尺寸	55

17.7 更大尺寸试样	55
17.8 参考信息	55
附录 A(资料性) 管体三轴屈服公式讨论	56
A.1 管体三轴屈服	56
A.2 管体内屈服,外压、弯矩和扭矩为零时的拉梅(Lamé)公式	61
附录 B(资料性) 延性断裂公式的讨论	64
B.1 概述	64
B.2 管体的延性断裂	64
B.3 延性断裂模型的选择	69
B.4 用于评估断裂模型合理性的管子断裂数据	71
B.5 封堵管端条件下不同断裂模型和管子断裂数据之间的比较	71
B.6 封堵管端条件下推荐破裂模型和管子破裂数据的比较	73
B.7 延性断裂公式中的缺欠影响	78
B.8 延性断裂强度的可靠度计算模板	83
附录 C(资料性) 内压破裂试验程序	93
C.1 试样端部	93
C.2 试样最小长度	93
C.3 压力加载	94
附录 D(资料性) 破裂公式讨论	95
D.1 材料强度导致的管体破裂	95
D.2 裂纹扩展模型	95
D.3 环境萌生裂纹导致的失效	98
附录 E(资料性) 历史挤毁公式发展讨论	100
E.1 挤毁压力公式	100
E.2 挤毁压力公式来源	106
附录 F(资料性) 挤毁强度可靠性研究发展	111
F.1 概述	111
F.2 极限抗挤毁强度公式的选择	115
F.3 输入变量	119
F.4 公式的选择	131
F.5 抗挤强度风险评估	134
F.6 总结	143
附录 G(资料性) 由外压挤毁试验数据计算抗挤毁强度设计值	147
G.1 概述	147
G.2 挤毁试验数据	147
G.3 大批量数据样本	147
G.4 小批量数据样本	147

附录 H(资料性) 根据产品数据确定抗挤毁强度	150
H.1 概述	150
H.2 产品质量数据	150
H.3 可靠性分析	151
H.4 计算示例	155
附录 I(资料性) 外压挤毁试验程序	163
I.1 概述	163
I.2 试样准备	163
I.3 试验设备	163
I.4 外压挤毁试验前的测量	164
I.5 试验程序	166
I.6 数据报告	166
附录 J(资料性) 接头连接强度公式讨论	168
J.1 概述	168
J.2 API 套管接头拉伸连接强度设计公式	168
附录 K(资料性) 国际单位制计算性能列表	172
附录 L(资料性) 美国惯用单位制计算性能列表	265
参考文献	358

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。

本文件代替 GB/T 20657—2011《石油天然气工业 套管、油管、钻杆和用作套管或油管的管线管性能公式及计算》。本文件与 GB/T 20657—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了有效轴向力的定义(见 3.7, 2011 年版的 4.7)；
- b) 删除了主应力、每英寸螺纹数、屈服应力偏差等术语和定义(见 2011 年版的 4.19、4.23、4.26)；
- c) 增加了缩略语(见 4.2)；
- d) 更改了仅内压、无轴向载荷作用下薄壁管屈服设计公式(见 6.6.2, 2011 年版的 6.6.2)；
- e) 删除了 M65 钢级要求及其数据(见 2011 年版的 7.3.2、15、B.2.3.3、B.3.2、F.5.4、F.6.3、K.2、L.2)；
- f) 删除了内压对接管的效应(见 2011 年版的 8.4.7)；
- g) 增加了轴向应力和内压复合作用下的挤毁压力公式(见 8.4.7)；
- h) 删除了所有与直连型套管相关的内容(见 2011 年版的 9.2.4、11.9.4、11.10.5、J.2.4)；
- i) 增加了用于计算上扣扭矩的不加厚油管接头滑脱强度计算公式(见 9.3.2)；
- j) 增加了用于计算上扣扭矩的加厚油管接头滑脱强度计算公式(见 9.3.3)；
- k) 更改了部分规格接箍的临界壁厚(见 17.1, 2011 年版的 17.1)；
- l) 更改了部分规格接箍半成品计算壁厚(见 17.2, 2011 年版的 17.2)；
- m) 更改了部分规格接箍加工横向夏比冲击试样所需壁厚(见 17.3, 2011 年版的 17.3)；
- n) 更改了部分规格接箍加工纵向夏比冲击试样所需壁厚(见 17.4, 2011 年版的 17.4)；
- o) 更改了部分规格接箍横向冲击试样最小尺寸(见 17.5, 2011 年版的 17.2)。

本文件修改采用 ISO/TR 10400:2018《石油天然气工业 套管、油管、钻杆和用作套管或油管的管线管性能公式及计算》。

本文件与 ISO/TR 10400:2018 相比做了下述结构调整：

- 4.1 对应 ISO/TR 10400:2018 中的第 4 章，增加了 4.2；
- 将第 9 章～第 11 章以及附录中公式及图的部分符号释义内容移至 4.1，将 9.1 中的缩略语移至 4.2；
- 将 A.1.3.3.1.1～A.1.3.3.1.4 改为 A.1.3.3.2～A.1.3.3.5，A.1.3.3.2 改为 A.1.3.3.6；
- 将附录 K 中 K.2 和附录 L 中 L.2 的内容移入相应表格中，删除了 K.1、K.2、L.1、L.2 的章条号和标题。

本文件与 ISO/TR 10400:2018 的技术差异及其原因如下：

- 删除了部分符号，标准正文中没有使用这些符号(见第 4 章)；
- 增加了 f_{ht} 、 f_{ycom} 和 CRS、CVN、FAD 等符号和缩略语，对增加的公式中的符号进行了说明，补充了常用的缩略语(见第 4 章)；
- 增加了轴向应力和内压复合作用下的挤毁压力计算公式(见 8.4.7)，以明确复合载荷下挤毁压力计算方法，增强标准的可操作性；
- 增加了外压挤毁压力计算示例(见 8.7)，以有益于本文件使用者理解公式；
- 结合 ISO 11960:2020，更改了 API 螺纹接箍临界壁厚(见 17.1)，与相关标准协调一致。

本文件做了下列编辑性改动：

- 补充了 L80 9Cr 数据(见 11.1、表 F.8 和表 F.9),完善了现有钢级数据；
- 删除了部分局限性背景资料介绍(见 F.1.1)；
- 调整了部分表格编号(见 H.4.2 中表 H.11 和表 H.12)；
- 将 K.2 和 L.2 的内容调整到相应的表格中(见表 K.1~表 K.5 和表 L.1~表 L.5)。

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。

本文件由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团工程材料研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司、大庆油田有限责任公司、国家石油天然气管网集团有限公司西气东输分公司、中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司、宝鸡石油钢管有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、西安三环石油管材科技有限公司、北京隆盛泰科石油管科技有限公司、中国石油天然气股份有限公司冀东油田分公司。

本文件主要起草人：王建军、徐婷、申昭熙、方伟、杨尚谕、李方坡、孙建华、薛承文、贺海军、吕华、蔡萌、路彩虹、李丽锋、池明、刘贺、高霞、张矿生、武刚、赵楠、邱贻旺、朱丽霞、娄琦。

本文件于 2006 年首次发布,2011 年第一次修订,本次为第二次修订。

石油天然气工业 套管、油管、 钻杆和用作套管或油管的 管线管性能公式及计算

1 范围

本文件给出了各种管子性能必要的计算公式和模板,包括:

- 管子性能,如抗拉强度、抗内压强度和抗外挤强度;
- 最小物理指标;
- 上扣扭矩;
- 产品试验压力;
- 与试验检测标准相关的产品临界尺寸;
- 试验设备的临界尺寸;
- 试样临界尺寸。

对管子性能计算公式,提供了其发展和使用相关的大量背景资料,详见附录 A~附录 J。

本文件适用于根据 ISO 11960 或 API Spec 5CT、ISO 11961 或 API Spec 5D、ISO 3183 或 API Spec 5L 生产的管子。在慎重的情况下,本文件公式和模板能用于其他管子。制造过程中有冷加工的管子(如冷矫直管)也包括在本文件范围内。本文件不适用于成品管后再进行冷加工的管子,如膨胀管和连续油管。

管线管和其他管子使用本文件中的性能计算公式时仅限于这些管材用作套管/油管或实验室使用,并需对其热处理过程、矫直过程和屈服强度等与最接近的套管/油管产品谨慎对应。这些公式用于钻杆性能计算时也需保持同样的谨慎。

通过输入管子生产制造参数,本文件及其所含公式可计算出 ISO 11960 或 API Spec 5CT、ISO 11961 或 API Spec 5D、ISO 3183 或 API Spec 5L 中管子预期性能。本文件公式计算结果不能理解为生产过程的保证。制造商根据包括产品尺寸和理化性能的生产规范要求生产石油管材。本文件设计公式为用户描绘管材性能和井身设计或管子特性研究提供参考。

本文件不是设计规程,它只提供用于下井使用的管子性能计算的公式和模板。本文件不提供任何关于管子可能会遇到的载荷或者可接受设计所需的安全裕量的指导。用户确定合适的设计载荷和选择足够的安全系数以进行安全有效的设计。设计载荷和安全系数可基于历史经验、当地法规要求和特定井况选择确定。

本文件中所有的公式和所列管子性能数据(见附录 K 和附录 L)均假定处于良好环境,材料性能满足 ISO 11960 或 API Spec 5CT、ISO 11961 或 API Spec 5D、ISO 3183 或 API Spec 5L 要求。其他环境可能需要另外的分析,如附录 D 中所列。

本文件不包括管子接头密封强度和动载荷作用下的管子性能。

本文件中所有的拉伸应力都是正值。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。