API 圆螺纹拉伸失效实验不合格的原因分析*

刘国辉，胡海青，张海燕，田 伟，王雪莹

（内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司，内蒙古 包头 014010）

摘 要： API 圆螺纹套管接头做拉伸至失效实验，拉伸载荷未达到最小连接强度而接头发生了滑脱。文章利用有限元法对比钢管外径、钢管壁厚、钢管内径和螺纹锥度的变化对接头连接强度的影响。计算结果表明，钢管几何参数对连接强度影响较大，同时提出用于圆螺纹加工的平端管几何参数的控制原则。

关键词： 连接强度；圆螺纹；有限元

中图分类号： TE931.2 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2019)04－0089－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.04.025

Analysis on Reasons for Failure of Tension Fail Test of API Round Thread

Liu Guo－hui, Hu Hai－qing, Zhang Hai－yan, Tian Wei, Wang Xue－ying

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The tensile to failure experiment was carried out with the sleeve joint of API round thread and the tensile load did not reach the minimum connection strength so that the joints slipped. In the paper, the effects of changes of outer diameter, wall thickness and inner diameter of steel tube as well as taper of thread on connection strength of joints were compared with the finite element method. The calculation results showed that the effects of geometric parameters of steel tube were greater and the control principle for geometric parameters of plain－end tube for processing round thread was put forward.

Key words: connection strength; round thread; finite element

石油套管连接强度是井柱设计中重要的参考指标，可通过理论公式计算和实验室破坏性实验测得。在做套管拉伸至失效实验过程中，虽然选用各项参数均符合 API SPEC 5CT[1] 和 API SPEC 5B[2] 标准公差要求的套管接头，但仍会发生实验结果不符合 API RP 5C3[3] 标准的情况。而理论计算仅适用于公称尺寸，不能用于实际尺寸下的连接强度计算。故本文以 Φ244.48 mm × 10.03 mm N80Q LC 套管为例，通过有限元法进行模拟计算，对比钢管和螺纹参数在符合相关标准的公差情况下对接头连接强度的影响。

1 有限元建模及计算

使用二维轴对称图形进行建模，首先在制图软件中按公称尺寸做出管螺纹和接箍螺纹配合的接头，导入有限元分析软件中，再进行赋值和计算。材料赋值见表1。

* 收稿日期：2019－06－05

作者简介：刘国辉(1983－)，男，内蒙古包头市人，工程师，主要从事油套管螺纹研究工作。

中国知网 https://www.cnki.net

表1 材料属性设置

名称	泊松比	弹性模量/MPa	摩擦系数	管体屈服强度/MPa	管体抗拉强度/MPa	接箍屈服强度/MPa	接箍抗拉强度/MPa
参数	0.3	2.1×10^5	0.02	634	747	586	718

因本文不模拟损伤阶段，仅模拟弹性和塑性阶段，所以材料损伤模型和参数不进行设置。建模并完成装配，接箍中心施加轴向固定约束，管子远离螺纹端施加轴向面压强，模拟拉伸状态。如图1所示。

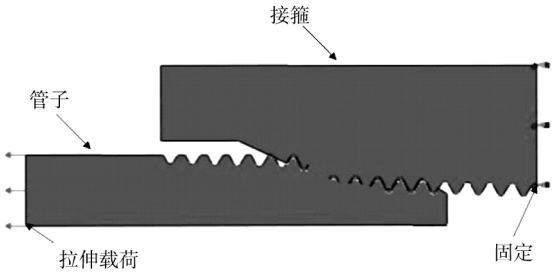


图1 管子和接箍装配及载荷示意图

单元格类型选用“轴对称四边形单元”，将螺纹啮合部分进行网格局部细化后如图2所示。

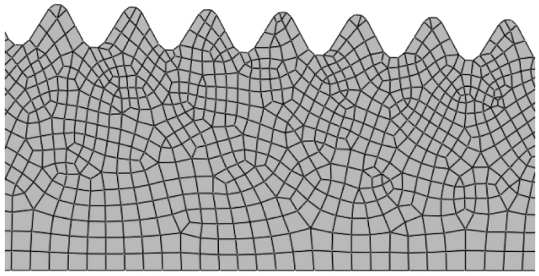


图2 网格划分螺纹啮合处网格细化

模拟机紧过程，设置螺纹啮合部分为表面与表面接触，接箍螺纹为主表面，管体螺纹为从表面，设置摩擦系数为0.02，“干涉调整选项”选择“逐渐删除从表面的过盈结点”模拟机紧过程。机紧后Mises应力云图如图3所示。施加拉伸载荷后的Mises应力云图如图4所示。

2 螺纹锥度变化对连接强度的影响

圆螺纹锥度设计值(T)为1.588∶25.4，按API SPEC 5B给出的公差范围计算出最小锥度(T_{min})为1.548∶25.4，最大锥度(T_{max})为1.678∶25.4。

管体螺纹锥度分别取最大值、设计值和最小值与接箍螺纹锥度取最大值、设计值和最小值配合进行模拟机紧和施加拉伸载荷。为简化判定依据，仅取管体单元格中出现Mises应力达到设定的屈服强度时的拉伸载荷为接头的连接强度。经计算得出9种组合情况下的接头连接强度。

连接强度最小为管螺纹最大锥度与接箍螺纹最大锥度的配合。连接强度最大为管螺纹锥度最小与接箍螺纹锥度最大的配合。接头连接强度最大值与最小值差28.16 kN，变化率仅为1.0%左右。所以螺纹锥度变化对接头连接强度影响不明显。

管螺纹锥度不变，随着接箍螺纹锥度的增大接头连接强度变化不大，变化趋势不明显。如图5所示。

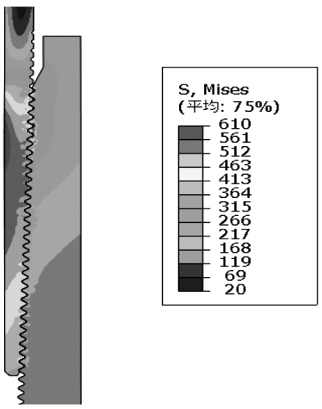


图3 机紧状态下Mises应力分布云图

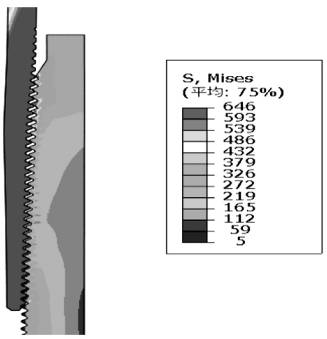


图4 拉伸状态下Mises应力分布云图

中国知网 https://www.cnki.net

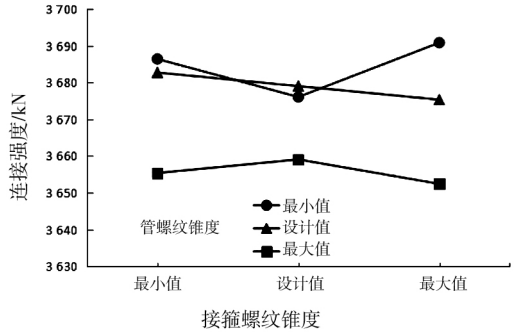


图 5　管体锥度不变接箍锥度从小变大连接强度变化趋势

接箍螺纹锥度不变，随着管螺纹锥度增大，接头连接强度呈下降趋势，特别是管螺纹锥度在设计值和最大值之间时连接强度下降明显。而管螺纹锥度在最小值和设计值之间时连接强度变化不明显。如图 6 所示。所以，整体看圆螺纹锥度对连接强度影响不大，但管螺纹锥度偏向正公差时连接强度有明显下降趋势，管螺纹锥度应控制在最小值和设计值之间。

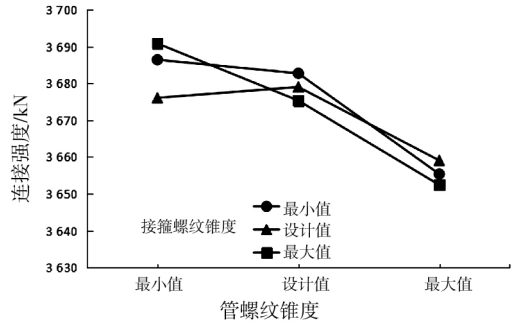


图 6　接箍锥度不变管体锥度从小变大连接强度变化趋势

3　管体几何尺寸对连接强度的影响

为对比外径、壁厚和内径对接头连接强度的影响，外径分别取 243. 26 mm、244. 48 mm、245. 7 mm 、246. 8 mm 和 246. 92 mm；壁厚分别取 8. 78 mm、10. 03 mm 和 13. 23 mm；内径取 220. 46 mm 和 224. 42 mm。用以上几何参数组合出 19 种规格，分别建模并模拟机紧和拉伸实验，计算出各规格的接头连接强度。根据计算值绘制曲线如图 7，图 8，图 9 所示。

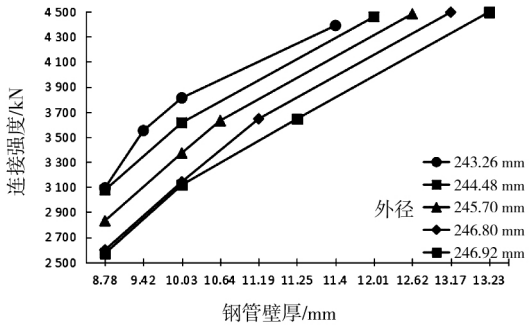


图 7　外径不变壁厚与连接强度变化趋势

图 7，钢管外径不变，随着壁厚的增大连接强度线性增大。壁厚对接头连接强度影响较大，增大壁厚可提升接头连接强度。

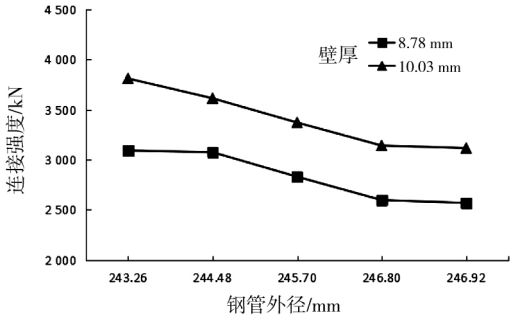


图 8　壁厚不变外径与连接强度变化趋势

图 8，钢管壁厚不变，随着外径增大接头连接强度降低。壁厚不变外径从 244. 48 mm 增大到 246. 92 mm 连接强度从 3. 613 kN 降低到 3. 116 kN，降低幅度为 13. 75% 。

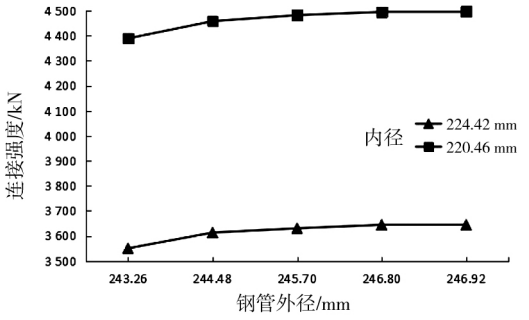


图 9　内径不变外径与连接强度变化趋势

图 9，钢管内径不变时，外径在公称外径以下时外径增大接头连接强度增加明显，外径超过公称外径后外径再增大接头连接强度增加不明显。影响接

中国知网　https://www.cnki.net

头连接强度最直接的因素是钢管的内径。为保证套管接头连接强度符合标准要求，应该控制钢管内径不小于公差尺寸时的钢管内径。

4 结论

(1) 圆螺纹锥度在符合标准公差的情况下对连接强度影响程度很小。

(2) 螺纹锥度从设计值变到最大值的过程中，连接强度明显下降。设定锥度内控标准时应将锥度最大值加严控制。

(3) 钢管外径不变的情况下，接头连接强度与壁厚呈正相关。设定壁厚公差时应加严控制壁厚负偏差。

(4) 钢管壁厚不变的情况下，接头连接强度与外径呈负相关。设定外径公差时应加严控制外径负偏差。

(5) 钢管内径不变的情况下，外径小于公称直径时，外径和接头连接强度呈正相关，外径大于公称直径时，外径的增加对接头连接强度提升不明显。

(6) 钢管内径是影响接头连接强度的直接因素，为保证接头连接强度，外径和壁厚的控制原则为要保证内径不大于公称内径。

参 考 文 献

[1] API SPEC 5CT，套管和油管规范[S].
[2] API SPEC 5B，套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范[S].
[3] API RP 5C3，石油和天然气工业套管、油管、钻杆和作为套管或油管使用的管线管性能用公式和计算[S].

(上接第85页)

由图2可以看出，H_2O_2 和 Fe^{2+} 摩尔比越高，芬顿氧化除锰的效率越好，在 H_2O_2 和 Fe^{2+} 摩尔比为5∶1时，同时加入 Fe^{2+} 500 mg/L，其除锰效率为99.96%，此时锰的去除效率最高，此时锰含量已达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)[3]中的一级排放标准。

3 结论

(1) 石灰法除锰pH值升高锰的去除效率持续加大，增大到10以上时，去除效率增加不明显，故最佳pH值为10。

(2) 石灰法除锰，加入石灰量较小时，除锰效率不高，加入量提高，去除效率有所提高，但沉淀效果不好，泥水不易分离，故石灰法除锰不适用。

(3) 芬顿氧化除锰试验，氧化条件为 H_2O_2 和 Fe^{2+} 摩尔比为5∶1，Fe^{2+} 适宜加药量为500 mg/L，除锰效果为99.96%，此时锰含量已达到国家标准规定的一级排放要求。

参 考 文 献

[1] 唐朝春. 地下水除铁除锰技术与应用的研究进展[J]. 大众科技，2016，33(1)：136－140.
[2] 项秀红. 电解金属锰厂含锰废水的处理[J]. 中国锰业，1988，(1)：39－42.
[3] GB 8978—1996，污水综合排放标准[S].

中国知网 https://www.cnki.net