

采用验证试验法设计高压大口径管件

张有渝 熊 皓 黄 敏

中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司,四川 成都 610017

摘要:

我国天然气管道工程用管件,特别是三通、弯头,在高压大口径的设计参数下,由于采用数学分析法计算的壁厚越来越厚,导致在目前的装备条件下管件制造工艺难以保证管件质量。为解决这一问题,根据管件标准的规定,应采用验证试验法,验证试验法不仅可以解决上述技术问题,还适用于各种设计参数下的管件计算,可以较大地降低管件壁厚和制造工艺的难度从而减少管件投资,论述了验证试验法不是简单强度爆破试验的理由,介绍了采用该方法应进行的主要工作,提出了相关建议。

关键词:

管件;设计计算;验证试验法;采用

文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2012)01-0083-03

0 前言

我国天然气长输管道工程从 20 世纪 90 年代陕京输气管道工程建设至今,历经十多年的快速发展,已经从当年的 6.4 MPa $\Phi 660$ mm 发展到现在的西气东输二线工程 10 MPa $\Phi 1\ 219$ mm,干线钢管材质也从 X60 发展到 X80,实现了我国天然气长输管道工程建设向高压大口径高强度钢发展的目标,而长输管道工程中必不可少的高压大口径管件的设计制造和应用也得到了相应的发展,基本满足了长输管道工程建设的需要。但是由于管件自身结构的特点,管件设计计算和制造工艺上与干线钢管有很大的区别,由此给高压大口径高强度钢的管件设计计算和制造带来了一系列的重大技术问题,迫切需要我们思考和解决。

1 管件数学分析法造成的困境

管件概念应包含三通、弯头、大小头和管帽,其中

在数量和规格上应用大多是三通和弯头。

管件的设计计算都是按技术标准规定执行的,在我国天然气长输管道工程中,三通采用等面积补强法,弯头采用环管公式^[1],这些计算方法均属于数学分析法,但是由于长输管道设计压力和管径的不断扩大,采用高压大口径设计参数时,管件的材质虽然采用高强度钢,但其壁厚也不断增大,特别是三通和弯头的壁厚增大较多,按照标准规定的计算壁厚虽然在材料供应上不存在问题,但在制造工艺的某些关键环节上却因壁厚的增大出现难题,这主要表现在三通拔制过程中的多次加热工艺和三通产品的最终热处理工艺。三通的大壁厚造成在加热过程中三通壁厚的心部和表面层温差较大,使得其金相组织的不均匀性和性能差异很大,因而三通的某些性能达不到标准或技术规格书要求,不能保证三通成品的质量,可能成为整个长输管道工程技术和进度上的瓶颈。大壁厚的弯

收稿日期:

2011-10-11

基金项目:

中国石油天然气集团公司工程资助项目(S2010-14D)

作者简介:

张有渝(1941-),男,江苏连云港人,教授级高级工程师,本科,主要从事石油化工压力容器和石油天然气压力管道设备和管件、油罐设计、审核、审定工作和标准编制工作。

头在感应加热推制或压制成型过程中也可能出现性能和几何尺寸不符合要求的质量问题。这些制造上的技术难题,有些在目前工艺装备和制造工艺方法上是难于解决的。

在目前的管件特别是三通、弯头制造装备和工艺条件下,采用数学分析法进行计算确定壁厚,其设计参数不是可以无限制扩大的,解决的方法应该是改变管件的设计计算方法。

2 管件设计计算方法

2.1 美国管件标准规定

美国管件标准 MSS SP-75-2008《优质锻制对焊管件技术规范》^[2] 是世界上得到公认并广泛应用的的标准,它规定管件设计计算的方法有数学分析法和验证试验法,其主要内容有:

- a) 数学分析法应是国家认可的压力容器或压力管道标准/规范规定的计算方法;
- b) 验证试验法由管件制造商选定,但制造商选定验证试验法应以有工程设计记录或合格的验证试验结果为依据,且应提供给购方审查;
- c) 当数学分析法不能确认新设计的管件合格时,应用验证试验法来确定;
- d) 一般验证试验为强度爆破试验;
- e) 对管件为进行验证试验而组成的管件试验系统作了明确规定;
- f) 验证试验压力的计算公式作了明确规定;
- g) 验证试验的合格标准作了明确规定;
- h) 对经验证试验判定合格的管件,其试验结果覆盖范围有明确规定。

美国其它的管件标准,如 ASME B16.9-2007《工厂制造的锻制对焊管配件》^[3] 也与 MSS SP75-2008 对管件设计计算方法有相同的规定。

2.2 我国长输管道工程管件计算现状

我国长输管道工程设计管件多年来采用的都是数学分析法,三通采用等面积补强法,弯头采用环管公式,大小头和管帽则采用 GB 150-1998^[4] 规定的公式,目前我国尚无设计项目或是管件制造商在管件设计计算上采用验证试验法,因为验证试验法是建立在大量的管件强度爆破试验数据基础上的设计计算方法。

2.3 分析

各种管件设计计算采用的方法都是在一定的试验和理论分析基础上建立的,都是列入了相关的压力管道标准或压力容器标准的。依据管件计算结果制造的管件是安全可靠的,但是其理论分析的前提条件和

数据的选取等都带有一定的假设性和裕量,特别是三通在内压作用下其压力分布状况远比圆筒体复杂,采用的等面积补强法在计算上应该是偏于保守的,但这又不能违反标准规定。因此,我国现在采用的弯头、三通计算还停留于数学分析方法,这是我国与国外管件先进技术主要差距之一^[5],现在因为大量长输管道工程建设中管件制造出现了困境才意识到。

管件设计计算的验证试验法是在大量的管件强度爆破试验基础上经过分析、筛选试验结果数据得出的,包罗了理论分析中许多假设条件和未考虑到的因素,因此更符合管件在内压下的实际应力状况,是优于数学分析法的设计计算方法,欧美国家许多管件制造技术先进的企业都是采用验证试验法进行管件计算的。我国高压大口径长输管道建设起步较晚,对高压大口径管件计算方法给管件制造工艺带来的影响认识较迟,因此,现在才意识到对管件计算的验证试验法的需求。

3 管件计算的验证试验法相关问题

3.1 采用验证试验法的意义

验证试验法用于管件计算优于数学分析法,其优越性就在于:在相同的设计参数下,采用相同材质设计制造的管件,验证试验法得出的管件壁厚要比数学分析法计算得到的壁厚薄,特别是三通,二者计算的壁厚结果相差更大。验证试验法用于管件计算的意义在于:

- a) 管件壁厚较数学分析法计算的壁厚薄,可以降低钢材消耗和投资,不仅可应用在高压大口径的管件,对低压和较小口径的管件也是适用的;
- b) 对于高压大口径管件,特别是三通,由于采用验证试验法计算而使其壁厚较大地减薄,解决了管件制造工艺上难于保证管件质量的技术难题,特别是在厚壁三通的加热和热处理质量上的难题;
- c) 当管件采用数学分析法不能判定其设计合格时,则应采用验证试验法进行判定,因此这两种计算方法中,验证试验法在一定情况下是数学分析法的判定方法。

3.2 验证试验法不同于强度爆破试验

从上述分析的验证试验法的意义可以了解到,简单的管件强度爆破试验不能起到管件试验验证作用,也不能达到计算管件壁厚的目的。

简单的强度爆破试验只能对试验管件检验其承受的最大强度即爆破压力,确定该试验管件的壁厚是否满足所要求的设计压力,判定能否安全使用;而验证试验法是通过一系列的管件强度爆破试验,并对爆

破试验结果进行数据评定筛选,按照标准规定的覆盖范围从而达到确定管件壁厚的目的。因此验证试验法的强度爆破试验需要对试验管件的尺寸规格和压力进行认真思考和计算,并对试验结果和数据进行分析和筛选。

3.3 管件验证试验法的判定标准

用验证试验法计算管件壁厚,首先应确定所作的强度爆破试验及相关数据处理应执行的标准,该标准考虑的因素有:

- a)在油气管道工程的管件设计制造行业得到国际公认和广泛应用;
- b)在国外长输管道工程管件设计制造上易于获得国外业主方的认同;
- c)国内长输管道工程管件设计、制造机构熟悉且能正确地使用、执行;
- d)满足上述因素要求的标准,笔者认为最为恰当的管件标准是 MSS SP75-2008^[6]。

3.4 强度爆破试验应由制造商完成

验证试验法的管件计算是建立在管件强度爆破试验基础上的,管件强度爆破试验的结果又与管件的结构和制造工艺密切相关,特别是三通。

三通肩部结构和腹部壁厚与三通在内压下产生的应力状态密切相关,三通制造中的多次加热和最终热处理效果直接影响到三通的金相组织和承载能力,这些都与各个制造商的三通开口拔制工艺和热处理工艺及装备有关,因此验证试验法采用的强度爆破试验和其后的数据处理等工作应由各个管件制造商进行。

4 建议

大型管件的安全性和重要性对于天然气长输管

道工程建设是不言而喻的,但其计算方法的改变不仅涉及到设计方、制造商,而且涉及到管理制度上的改变,因此不是一项简单的仅作强度爆破试验的工作,为此提出以下建议:

- a)建立由管件设计、管件材质和制造商参与的管件计算方法课题组,该课题组宜由相关管理部门人员负责领导或由管件设计、管件材质单位共同负责;
- b)对管件设计计算方法的改变进行充分研讨,包括设计管理制度上的相应改变,试验投资和进度安排等;
- c)对管件计算的验证试验法有关技术问题进行充分准备,包括强度爆破试验方案的编制和确定,制造商的确定等;
- d)强度爆破试验结果的分析,数据处理及形成试验报告和成果鉴定等。

强度爆破试验数量是较大的,其中不排除失败的可能性,但总体结果上应该成功,在我国长输管道工程上管件设计计算采用新的方法应该是可行的,也是技术发展的必然结果。

参考文献:

- [1] GB 50251-2003,输气管道工程设计规范[S].
- [2] MSS SP75-2008,优质钢制对焊管件技术规范[S].
- [3] ASME B16.9-2007,工厂制造的钢制对焊管配件[S].
- [4] GB 150-1998,钢制压力容器[S].
- [5] 张有渝,成一宇.站场用管件的设计与制造[J].天然气与石油,2005,23(4):44-46.
- [6] 张有渝,叶卫江.站场大管件用 WPHY 系列管件钢分析[J].天然气与石油,2005,23(4):41-43.

中国石油集团调整油气管道管理体制

为适应油气管道业务快速发展的需要,中国石油集团对油气管道管理体制进行调整,实行区域化管理,同时进一步完善天然气销售及下游利用业务的管理体制。

油气管道管理体制调整,由按线管理为主调整为分区域管理,将以油或气为主的管道运营公司建成输送介质多元化、管理区域化的综合性管道运营公司,并将根据管道建设情况和运营情况,统筹安排,分步实施,先气后油,逐步到位。此次调整主要包括四个方面的内容:一是调整专业分工,增设西南管道分公司,形成以管道分公司、西气东输管道分公司、西部管道分公司、西南管道分公司和北京天然气管道公司五个综合性运营公司为主,西南油气田公司为补充的“5+1”国内管道运营管理体系;二是重划管理范围,实行区域化管理;三是优化二级运营机构设置,原则上“一省一机构”;四是坚持输销一体化,完善天然气销售及下游利用业务管理体制,根据区域划分情况相应调整天然气销售区域,加强天然气下游利用业务与成品油销售业务的协调和衔接,油气并举。

(圆月供稿)