

试论天然气长输管道泄漏的抢修与维护

●唐振林



[摘要] 在当前全球能源匮乏的大背景下,我国正在大力推广新型清洁能源。天然气作为一种高效的清洁能源,已经逐渐被大量应用到了人们的生活以及工业发展中。长距离管道运输是当前天然气运输的主要途径,这种运输方式在大幅提升天然气运输效率的同时,也由于各种外界因素而存在一定的安全隐患。因此,天然气管道的抢修和维护工作具有重要意义。在开展抢修和维护工作时,管道应力的存在给工作的实际开展带来了一定的影响。如何避免管道应力带来的干扰成了当前管道抢修工作的重点研究方向。本文中,笔者主要对管道应力对抢修的影响及管道应力控制措施在抢修工作中的应用进行了研究,并总结了日常工作中天然气长输管道泄漏的抢修方法和维护处理方法。

[关键词] 天然气管道;管道应力;抢修与维护

如何实现天然气高效、安全的运输始终是困扰业内有关人员的一大难题。这不仅影响天然气公司的经济效益,更是关系用户的生命财产安全。在实际的运输过程中,由于环境的复杂性和多变性,长输管道常常由于地形、地势的变化、管道自重的影响、管道内部压力不均匀以及温度等,使得管道环向应力值、温度应力值等超过材料本身上限而导致管道失效和受到破坏。鉴于此,对输气管道在运行过程中的应力影响进行研究重要且必要。

Q 管道泄漏的原因

(一)管道老化腐蚀造成的泄漏

为了提升天然气的运输效率,管道内运输的天然气往往是经过加压的。管道内壁在长期高压的状态下很容易造成内壁老化以及局部脱落。再加上外部酸性土壤以及其他原因,就会形成点状、带状、面状腐蚀。管道表面形成的不均匀腐蚀点在管道应力的作用下会继续扩张成大面积的断裂带,造成天然气泄漏。

(二)天然气管道环形裂缝开裂造成的泄漏

造成环形裂缝的原因是在铺设管道时钢管连接处焊接不牢导致的。天然气长输管道是由多节管道焊接而成的,焊缝位置也一直是管道系统的薄弱部分,在焊接工艺不高,出现夹渣、气孔等缺陷时,容易在后期运行过程中出现焊缝上的问题。虚焊现象存在但是没有及时发现和处理,当管道应力作用时,管道承受的受力达到了自身能够承受的极限,进而导致在焊缝位置出现断裂,产生裂缝。

(三)管道应力影响

输气管道大多铺设在地形复杂、地质情况比较不理想的野外。由于野外土壤层没有经过硬化处理,因此在极端的气候灾害、地质环境变化等情况下容易导致管道环向应力值、温度应力值等易超过管材的许用应力,造成管道泄漏。

(四)管道母材缺陷

天然气长输管道泄漏的根本原因在于管道发生破损,因此管道母材缺陷也就成了引起管道泄漏的根本原因。一般而言,管道母材缺陷主要是由于用以生产管道的材料本身存在缺陷,或者是生产工艺技术水平较低,致使生产出来的管道质量较差,无法满足天然气长输管道高压的运行环境,进而出现泄漏问题。

(五)其他原因

管道泄漏的原因有很多。除了上述的几种因素外,人为影响、地质变迁、野生生物破坏等都有可能造成远距离输气管道的泄漏。另外工程施工未能勘察到位,导致操作不当而对长输管道形成破坏,也会造成泄漏问题发生。

Q 输气管道应力分析

(一)管道受力情况

天然气运输管道在铺设完成后投入使用的过程中,受到的基本应力主要包括四类:环向应力、轴向应力、剪应力和径向应力。环向应力的产生是由于内压所致,此应力的方向垂直于中轴,平行于切线。轴向应力属于正应力,其方向平行于管轴。剪应力与材料晶体结构平面平行。径向应

力由内压引起,方向平行于管子半径。

环向应力的大小沿管壁方向的改变可以通过Lame公式计算,薄壁管道的轴向应力可以近似为: $S_p = p d_0 / 2t$ 。其中, P —管道内压,单位为MPa; d_0 —管道外径,单位为m; t —壁厚,单位为m。径向应力(S_r):由管道内(外)压产生。当管道承受内压时,内壁的径向应力等于内压,外壁的径向应力等于零。由于管道径向应力与环向、轴向应力比较相对较小,在管道系统进行应力分析时一般忽略不计。

(二)存在的问题

上文中介绍了天然气输送管道在使用的过程中容易出现泄漏。因此,在检修以及维护的过程中,如果发现泄漏点的存在则需要及时更换运输管道。而由于应力的存在,管道检修和更换工作的开展都存在一定的难度。应力的存在如果不能妥善处理,那么在换管作业中在管道的断面处很容易出现应力突然释放的情况,这会威胁到检修人员和设备的安全。

Q 管道应力及其影响分析

(一)长输管道应力现状

长输管道存在的应力按照性质可以分为管道覆土应力、温差应力、地震运行过程产生的震动应力,以及管道制造、运输、安装过程中产生的残余应力,如焊接残余应力、加工残余应力、铸造残余应力、装配残余应力等。且各种应力之间存在相互影响,在实际的分析过程中很难判断出其合力的作用方向。且管道距离越长,越容易产生形变,应力的分布也越复杂。对应力进行研究的目的在于找到合适的释放方式,避免检修和维护时出现突然释放造成危险。

(二)管口位移应力作用分析

笔者将一次应力定义为在应力荷载的作用下产生的应力。一般来说,一次应力和外力是始终保持平衡的。它随着荷载的变化而变化,如果一次应力的大小超过了管道本身的屈服极限,那么管道会发生塑性破坏。二次应力则是各种位移荷载导致的,是管道由于变形约束而产生的正应力和剪应力。二次应力具有自限性,能将应力自动地限制在一定范围内。在实际的管道维修作业中,管口受到的应力基本上可以视为轴向和径向应力,在断口处各个时钟点位应力存在差别,且这个差别一般较大。甚至可能受弯矩作用而在断口一侧存在拉应力而另一侧却存在压应力。

(三)轴向位移产生的影响

管道由于轴向应力存在拉应力或挤应力,对管道断管施工将产生如下影响:(1)采用分瓣式切管机进行冷切割时,如果在切割口存在挤压应力,很容易出现切割刀具进给距离不一致的现象。那么未完全切透的管壁剩余壁厚因不能承载前后管线应力挤压,造成卡刀、夹刀、断齿甚至断裂报废。如

果出现拉应力,管道在临近切割完成时,由于连接管道无法承受强大的拉应力,管道未切开的剩余部分瞬间撕开,可能造成人员受伤和设备损坏。(2)火焰切割时,在管道存在拉应力的情况下所受到的影响与冷切割相同;存在挤应力时,会出现被夹死的现象,切除的管段将无法被顺利吊出。

(四)径向位移产生的影响

管道应力随着管道被切开而释放。在释放的瞬间,管口会由于产生径向位移而出现大幅度的振动。这种振动有可能会造成检修人员受伤或者检修设备的损坏。大口径管道断管后,径向位移往往导致管口卡死,应力无法释放,影响作业进度。

Q 应力控制措施在抢修维护工作中的应用

(一)管段卡阻无法吊出情况的处理

需要在距离卡阻管口100mm左右位置再切割一道口,并在两道口之间横向切割(开天窗),最终切下一个环形缺口达到充分释放应力的目的。此过程中随时可能出现应力突然释放管口崩开的情况,因此,全过程需做好相应安全措施。

(二)断管作业坑处理

(1)管线在断裂的瞬间,为了避免由于应力瞬间释放导致的大幅位移,应该在施工之前做好预先的支撑和压制工作。支撑可以选择千斤顶或者其他专业的工具。压制则可以考虑采用机械对管线左右固定。

(2)开挖摆管作业坑释放管线应力。一般情况下在目标焊口上、下游各开挖至少20m摆管作业坑(以 $\Phi 1016$ 管径为例,其他管径可根据实际情况进行调整),摆管作业坑与作业坑之间预留2m原土堆层不开挖,可在释放应力的同时对管口位移进行一定限制。

(三)断管过程控制

(1)冷切割。优先使用钻铣刀加楔铁的切割方式。钻铣刀依靠自身旋转磨削金属来实现切割管道,切出的刀口宽度近20mm,可以帮助管线释放自身应力。在断管过程中,要注意控制进刀速度,保证匀速进刀,并打入楔铁,防止管口因产生轴向位移而对刀具产生挤压和卡阻。

(2)火焰切管。在火焰切割机安装远程遥控装置,可以远距离控制切管机,避免站在管道附近的操作人员在管道应力突然释放时受伤。另外,目前火焰切割机为单割炬,可将火焰切割机制成双把切割,并增加轴向切割功能,可同时进行抽条和断管,使整个切管过程更加可控。

(3)分瓣式切割法。火焰切割的不利之处在于在进行切割作业时,切割现场存在明火,具有一定的危险性。采用分瓣切割法进行切割则能够有效规避这一隐患。此外,为了适应切割现场“碰死口”下短管工序对钢管切割和管端坡

口的需求采用分瓣式连接结构,将两瓣固定在外壁上,通过刀盘的旋转和刀具的自动进给来实现切割以及管端坡口。

(四)应力测试研究

开展应力与弹开方式研究,在切管前用多种方法测量切割管口两侧应力,预判断管后的弹开方向,并在断管后比对,建立数据库,最终达到准确预判的效果。开展季节、温度、温差等对管道应力的影响研究。

Q 日常工作中天然气长输管道泄漏的抢修

(一)抢修准备工作

(1)场地警戒。检测到长输管道发生泄漏的第一时间,要尽快赶往泄漏地点,并组织人员划分警戒范围,设置警示标志,避免无关人员靠近。警戒范围内,禁止火种、通讯设备及非防爆工具的使用,以免引起火灾和爆炸事故。

(2)风险评估。积极勘察泄漏现场,根据现场实际情况,明确管道泄漏发生的原因,并对其泄漏范围进行明确,评估其可能存在的风险。并在基础上制定科学的抢修方案,明确具体抢修办法,准备物资并开展抢修作业。

(3)管道泄压。关闭泄漏点上下游的阀门,排空管道内残存的天然气,为抢修作业的展开提供基本的条件。若是涉及动火作业,为避免发生爆炸,则要以氮气等气体对管道内天然气进行填充置换。

(4)开挖作业坑。根据抢修技术方案类型,规范开挖作业坑,并确保作业坑尺寸等相关参数能够满足实际抢修工作的开展需要。

(二)抢修方法

(1)管道更换。长输管道损伤面积较大的情况下,可采用管道更换办法进行抢修,将原有损坏管道切除,选择一段合适长度的管道进行替换。替换管道时,要明确坡口的角度,并高于原管道壁厚,管径与原有管道对齐,以动火的方式进行焊接,进而完成修补。

(2)管卡修复。管卡修复适用于腐蚀作用引起的长输管道泄漏问题。在修复的时候,要首先将泄漏管道的防腐层进行剥离,并保持管道表面清洁,而后在卡具的支持下,将泄漏的天然气引入安全区域,借助卡具自带的密封功能来对泄漏天然气进行隔离,并实现对泄漏点的封堵。若是腐蚀问题比较严重,则还需要在后续开展换管维修。

(3)顶针堵漏。顶针堵漏主要是针对材料缺陷或者点位腐蚀而引起的管道穿孔泄漏。在管卡安装到位后,在漏点上进行顶针锥体顶丝的放置,并将其内丝进行紧固,确保锥体能够牢固地顶住泄漏点位,以实现漏点的封堵。修补后确保无泄漏现象后,沿锥体丝圆周与管道进行焊接,实现彻底封堵。去除多余锥体,拆除卡具,完成堵漏。

(4)复合材料缠绕修补。复合材料缠绕修补主要是利用

专用修补剂,将环氧树脂和碳纤维片材交替铺层粘接在一起,形成树脂基纤维增强复合材料修补层,实现对管道缺陷的修补与封堵。经过树脂固化后的复合材料,具备很强的抗拉强度,能够借助粘结力来进行压力的传递,起到分散管内压力的作用,并限制管道的膨胀变形问题,实现对管道缺陷的补强修复。

Q 日常工作中天然气长输管道的维护处理

(一)检测处理

长输管道泄漏问题修复后,必须对修复后的管道开展各项检测,如测试管道强度、承压能力、密封性等,从而从根本上保证管道修复的可靠性,避免在加压后再次出现泄漏问题。各项检测指标合格后,才能冲洗加压通气,投入使用。

(二)防腐处理

检测完成后,必须对管道进行一定的密封防腐处理,通过涂刷防腐层或者阴极保护等形式,对管道实施保护,避免管道再次发生腐蚀而出现泄漏问题,保证泄漏修复的长效性。

(三)覆土回填

防腐处理完成后,可着手进行管道回填作业。在管道上部约30cm的位置,以细土进行覆盖并夯实,以起到一定的缓冲保护作用,一般都是采用原回填土进行回填。回填作业完成后,应在上方进行警示带的埋置,起到一定的警示作用,避免人为等外部因素的破坏。

Q 结束语

天然气具有广阔的发展前景。管道检修工作的顺利开展是其发展的基石。相关人员应该对管道应力的成因、性质等有全面、深刻的理解,充分了解管道应力对抢修维护的影响及管道应力控制措施在抢修维护工作中的应用。避免由于应力释放不合理导致的损失,提升管道抢修维护的效率和安全性。

Q 参考文献

- [1]赵景星,席光锋,韩伟,等.长输天然气管道腐蚀检验与修复技术[J].石油化工安全环保技术,2013,29(04):47-49.
- [2]黄坤,吴世娟,卢泓方,等.沿坡敷设输气管道应力分析[J].天然气与石油,2012,30(04):1-4,97.
- [3]王方成,张礼敬,陶刚.基于模糊层次分析法的长输天然气管道腐蚀综合评估[J].江西化工,2016(03):82-84.

作者简介:

唐振林(1986—),男,汉族,广西桂林人,本科,助理工程师,国家管网集团西南管道有限责任公司南宁输油气分公司,研究方向:天然气、成品油管道应急抢修。