

天然气安全储运风险防范的思考

张志军（中国石油天然气第一建设有限公司，河南 洛阳 471023）

摘要：天然气是碳减排实现目前的最现实的替代能源，全世界储量不丰富的国家都在争夺购买，我国作为应用大户，不管是国内还是国际上都需要大量的天然气储存和远程输送，作为储输过程中易燃易爆的气体，给储存和运输带来了很大的挑战，文章根据我国天然气供应情况，结合储存和输送模式，提出了在储输过程中应该注意的问题。

关键词：天然气；安全储运；风险防范

Abstract: Natural gas is the most realistic alternative energy to achieve carbon emission reduction, and countries with insufficient reserves all over the world are competing for it. As a large application, China needs a large amount of natural gas for storage and long-distance transportation, both domestically and internationally. As flammable and explosive gas in the storage and transportation process, it brings great challenges to storage and transportation. Based on China's natural gas supply, combined with storage and transportation modes, this paper puts forward some problems that should be paid attention to in the storage and transportation process.

Keywords: natural gas; Safe storage and transportation; risk prevention

0 引言

2015年《巴黎协定》设定了本世纪后半叶实现净零排放的目标。越来越多的国家政府正在将其转化为国家战略，提出了无碳未来的愿景。天然气作为一种清洁低碳排放燃料，成为世界各国争夺的重要战略资源。

作为一种不可再生资源，界上目前已知探明储量主要分布在中东阿拉伯地区，俄罗斯、中亚、非洲几内亚湾等少数几个地区，我国凭借广阔的海域和西部高原沙漠地区，已探明了不少油气田，在世界上可占据前十位以内，但是我国的油气大部分分布难以开采的地方，开采技术目前很难达到。

这就决定了我国在洁净能源的利用上大部分要依赖进口。不管是直接购买还是投资获取的开发权所获得的油气都需要经过长途跋涉的路程送达我国，有的需要陆路即可，有的则需要海陆，不管是那种方式，因为油气易燃易爆的物理化学性质，常态下是气体，因此给油气的安全储运、风险防范带来了挑战。

1 我国天然气供应情况

我国国内天然气探明储量集中在十个大型盆地，依次为：鄂尔多斯、四川、塔里木、渤海湾、松辽、柴达木、准格尔、莺歌海、渤海海域和珠江口。天然气资源总量中，西部地区占据80%，东部占8%，海域占12%。为了满足经济发展需要、提高人民生活水平和保护环境，减低碳排放，实现

中国碳达峰、碳中和的目标，国家正在大力推广使用天然气。

从分布看我国天然气主要在西部，东部较匮乏，国家正在采取“西气东输”、海气上岸、“俄气南供”及“LNG引进就近外供”等项目的计划和实施，为北京、广州、上海等东部沿海城市的天然气供应创造了良好的条件。在布局上坚持“海陆并举、液气俱重、多种渠道、保障供应”。

进口天然气主要是从西北通过管道进来的中亚天然气和沿海LNG。因此天然气管道建设成为我国天然气应用的主要输送载体。目前在路上输送的布局形成了东北、西北、西南、海上天然气四大进口通道，实现我国天然气进口的多渠道，多来源，多品种，保证我国天然气的稳定供应。同时由于国内天然气管网设施不足，无法满足大中小城市、城镇、农村及各行各业的全面需求，考虑到天然气基础设施的建设需要较长周期，且在建设期国家依然有推进天然气消费的目标和要求，根据不同要求在全国各地开设了点供，灵活机动的为社会经济发展的各行业提供补充需求。伴随着世界能源现货交易的发展和减排协议的实施，新能源设备的陆续诞生，点供天然气需求迅猛，储运技术不断进步，催生陆海一体化罐箱联运LNG模式崛起，市场份额保持快速增长。

2 我国天然气的储输方式

随着我国煤制气在工业、家庭中的应用逐步退

出,天然气应用几乎进入了每个家庭,新能源发电,新能源汽车、现代供热取暖等等都离不开天然气。如此广泛的应用,天然气是如何储存转运,如何输送到终端客户的呢。很多情况下的储运是一体化的,既是储存又是运输。

2.1 天然气的储存方式

从目前的应用情况看天然气储存方式有储气罐储气、地下储气库储气、液化天然气储气、管道储气、水合物储气、压缩天然气储气。储气罐储气分低压和高压我们常见的就是新能源汽车的储气罐可以形象的说明,就是在一定的压力状态下,将天然气封装在罐里进行运输,送到客户终端,带罐转移,罐体作为临时供应输送,用完再补充,如此循环。储存罐可以随时移动,即用即开,既是储气又是输气。

管道储气是利用末端的压力和容积的变化来储存天然气,也是日常中最常见的家家通气、储气的最基本方式。管道储气利用了长输管道较高的压力,又解决了利用长输管道储气调峰难以实现的问题;液化天然气储气采用低温常压的方法将天然气冷却至 -162°C 以下储气。液态天然气的体积约为气态天然气体积的 $1/600$ 。一般用于为长距离和大规模的船运;压缩天然气储气,压缩天然气(CNG)的体积约为标准状态下同质量的天然气的体积的 $1/200$ 。压缩天然气的生产运输,是将低压的天然气增压至 $20\sim 25\text{MPa}$,用高压气瓶组车通过公路运输至使用地,再经过输配站将高压的天然气减压到 1.6MPa ,最后进入储罐或者经过进一步减压后进入城市管网。

2.2 天然气的输送方式

输送方式主要有管道输送,包括三种集气管道、干线输气管道(简称输气管道)和配气管道;非管道输送包括压缩天然气(CNG),液化天然气(LNG)两种。管输天然气供应是使用管道将天然气从开采地或处理厂通过主干线输送到各种管网再送达到终端用户。

根据输送阶段的不同划分成了三种。

集气管道:指的输气最上游的管段,从气田井口装置经集气站到气体处理厂或起点压气站之间的联接管道和设施。主要用于收集刚刚开采出来的需要送到处理站进行脱硫、脱水、脱杂质等处理然后外输的管段。

输气管道是从处理场出来或是从城市周边起点压气站到各个城市的配气中心、大型储气库、干线

的终点门站及城市官网用户之间的管段,是整个天然气系统管道输送的主体部分。管线比管输和配送管都要粗,输送距离几十千米到数千千米不等,输送压力一般在 $4.0\sim 10.0\text{MPa}$ 之间不等。

配气管道是从城市调压计量站经配气干线到用户支线的管道。压力小于 1MPa ,管径管径小于 200mm ,是城市管网的主要组成部分,分支多,管线多,近几年有被工程塑料管取代的趋势。非管输天然气供应就是不用管道作为载体从气源地进行输送天然气至用气点。例如车运、船运等。

压缩天然气(CNG)就是高压储存的方式,将低压状态的天然气增至高压装罐或是车载流动仓,通过陆上公路或是火车运载,到达使用地后经过减压站将高压天然气经 $1\sim 2$ 级减压至 1.6MPa ,输入当地的储罐或是直接减压到标准压力进入城市管网;液化天然气(LNG)是将气态天然气经过脱水、脱硫、脱酸性气体等杂质处理后,再经液化处理成为液态。LNG液化站一般应建在气井处,采用低温储罐车通来运输、供应,到达目的地后,经罐车自增压系统增压,进入LNG储罐,储罐中的LNG再自增压系统压入气化器中气化,经调压计量送入城市管网。

从天然气的储存和输送的分类及针对的工作内容可以看到天然气的储存和输送是密不可分的,储存的目的就是为了输送给用户应用,输送的介质来自储存设备。储输一体的整体观是油气开展储运研究的必须坚持的原则不管是那种输送本质上就是储存设备。因此,对于任何天然气的储存和输送都应建立在储运一体化的分析和防护基础上,任何单一的分析都是对认识的片面。必须对储储运共同安全防范进行研究。

3 天然气安全储运风险防范的思考

不同阶段的天然气储运对应着不同的工作环境,面临的风险也不完全相同,天然气作为一种常态下易燃易爆的气态,要想储存运输必须要密封好,即便是采用物理手段改变它的形态,由气态变成液态,仍然具有高流动性,需要合理的、达到一定的密封性才能实现安全的储存与供应。

3.1 集气管输、地下储气库储气过程中应注意问题

在集气管道的储运与输送过程中,因为前端是直接从气源地出来的采集气,气体不纯既要防止爆炸还要防止泄露中毒,若是气体中含有水气太多会导致酸性腐蚀加重。因此对这个阶段的安全问题了,除了共性的生产管理、工艺管理、检修管理和

培训管理,还要更加注意密封泄露问题,因为气体中可能含有 H_2S 或是 SO_2 ,一旦泄露 H_2S ,含有剧毒极易让工地周围的人中毒,若是气体中含 SO_2 则容易与含水生成酸加剧对设备的腐蚀,管道受腐蚀老化被破坏的机率较其他阶段会跟多。作为供气的源头有陆上有、海上的。海上要注意海水对外壁的腐蚀特别是不同介质交界的地方,陆上要注意可能的意外破坏。钻进和储存库一般都在偏僻的山区,要防备第三方的破坏行为,同时一线工人的综合素质要得到高度重视,要有完善的技能和安全培训意识。

集气管输和地下储气库作为一个模块化,会配套一系列的设备,因此对站场和库区的消防安全要有充分的认识。针对这些问题要运用有效的技术手段提高管道的防腐蚀能力,提高防漏检测能力和周围大气的检测能力,加强站场的安全巡检,制定有效可行的消防应急措施,强化员工的培训,提升幸福感。对于海上平台要同时提高管道内外壁的防腐蚀能力,提高风力和海浪的抗冲击能力,对管道外壁轻微受损要及时修复,对平台周边海域要保持清洁,防止生物再次群聚。做好断电应急处理和台风应急紧急处理措施,做到早预警,早发现,早消除隐患。

3.2 干线输气、管道储气过程中应注意问题

干线输送都是长距离的大管径输送,是处理后的可直接应用的气体,管内处于增压状态下运行,由于跨度较大,管道所处的环境随经过地的环境进行变化,可能是酸性、可能是碱性,有的是深埋地下,有的是在水中,有的是空中。管道周围环境总是不断的变化,造成管道外壁受腐蚀程度难以统一计算,例如中俄跨国管道,中缅管道等全线所经历的环境差别非常大,铺设的时候应该就根据当地的环境特点选择不同技术处理的管道。由于管道跨度太长,所处的环境又差别很大,巡检非常困难,而且大部分管道都是在山区深埋地下,有的还有积雪覆盖,常规检测很难进行。

针对这些问题要积极研究管道的外壁防护措施,不同地段不同涂层或是保护层技术进行防护。加大现在技术在巡检中的应用,通过无人机,深层探伤等手段加强对管道的周期性检查,避免潜在事故的发生。管道储气类同于输气,防护可参照输气采取相应的防护。

3.3 压缩天然气储气、输送应注意的问题

压缩天然气的目前的储存是采用的瓶储、罐储

和井储。不管是哪种方式都是在高压状态下,属于压力容器式的特殊装备,在车载、船载运输过程中容易碰撞,设备容易老化,频繁使用的阀门管线容易出现密封性降低,发生泄漏。因为瓶内高压,一旦泄漏易燃的天然气容易造成爆炸事故。井储作为一种新的储存方式,因为是目前正处于探索中的储气,很多都是试用还没有真正的商业化应用,采取的应用注意事项并不完善,由于井储的方式特殊,对于常态性的一些潜在危险不用考虑,但是它的密封泄漏仍然可能发生,且一旦着火爆炸将引起连锁爆炸,破坏力更大。因此在日常中要密切关注设备的漏气检测,防止老化。运输过程中要避免剧烈碰撞,海上运输中要固定好,避免大风大浪引起船体颠簸带动设备的震动造成碰撞。设备在应用前一定要进行特种设备的专业质检,防止劣质设备在高压下工作。

3.4 液化天然气储气、输送应注意的问题

液化天然气的储气输送是近几年新兴的一种现货交易模式,本身也是一种高压差下的特种容器的储存。一般都是大吨位的船运和陆上运输。

海上有特定的 LNG 运输船,船上有特制的球型类大容器。陆上有卡车也有轨道运输,采用用的都是罐车及罐式集装箱,原理都基本上一样,只是有的是单车单罐,有的联合多罐集装箱式轨道运输。

作为技术含量好的液化储存运输模式,主要危害类同于压缩瓶、罐储运模式,只要不发生剧烈碰撞,容器本身不会出现大事故,但是频繁用的阀体和接头作为非特殊工艺的易损件,容易在天然气转移过程中对接传输期间出现密封问题,从而引起泄漏,造成一定的破坏。随着市场需求量的增加,LNG 储输方式会越来越多,需要行业企业急需培养专业人士进行相关操作,避免因操作失误引起重大事故。

4 结语

随着人类对生存环境、气候变化的高度重视,天然气的随求会继续急剧增长,各种储存、输送方式都会得到进一步的应用,或是交叉混合应用。应用范围越光、普及率越高,储存运输量就越大,存在的潜在危害跟多,因此,作为天然气的供应客户,要根据不同的供应环境和条件,充分考虑各种潜在问题,制定有效的应对处理措施,最大限度的降低潜在危害。