

关于LNG气化站工艺设备选型的探讨

雷会姣

广州市公用事业规划设计院有限责任公司

摘要：伴随我国能源政策改革不断深入，天然气因其自身绿色、高效等特点，正在逐渐取代其他化石能源，成为民用、工业等主导能源。而LNG气化站则凭借自身建设周期短、供气灵活这一优势，逐渐在各个城市中建成。基于此，本文将以储存容积为1500m³的LNG气化站为例，对气化站内储罐、卸车及气化的工艺设备选型展开探讨。

关键词：LNG气化站；工艺设计；运行管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.22.145

引言：液化天然气是一种清洁、高效的能源，液化天然气（LNG）以其比能量高、运输便利、环保、经济等优点，已成为管道供气范围以外城市的主要气源和过渡气源。天然气作为一种绿色能源正变得越来越受欢迎，许多国家已将LNG作为首选燃料，天然气在电力供应中的比例迅速提高，液化天然气以每年约12%的速度快速增长，成为世界上发展最快的能源产业之一。

一、LNG气化站工艺流程

通过LNG槽车将超低温液态天然气输送到气化站，LNG槽车与卸车台、卸车增压器连接好后，通过卸车增压器为槽车内LNG增压，在槽车与储罐之间的压差作用下（约0.2MPa），槽车内的LNG流入储罐^[1]。有用气需求时，储罐内的LNG利用自身压力或储罐自增压气化器升压，将储罐内LNG的压力升至其所需的工作压力（约0.5~0.7MPa），利用其压力将LNG送至空气加热气化器升温气化。当空温式气化器出口天然气温度较低时，再经水浴加热，使站内天然气出口温度达到10℃以上，最后经压力调节控制器（交流稳压器出口压力约0.35MPa），计量，加臭，进入城市的燃气管网，供给各类客户，如图1所示。

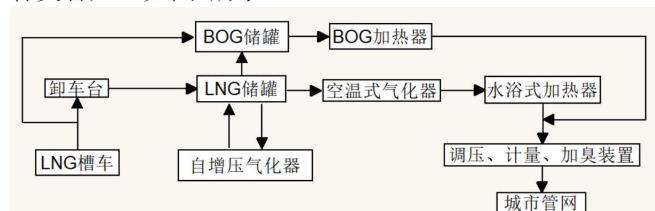


图1 LNG气化站工艺流程

二、LNG储罐的选择

LNG储罐的形式多样，目前用于1500m³储存规格的LNG储罐主要有子母罐和真空粉末绝热储罐两种。

（一）子母罐

子母罐是由多个（3个以上）子罐（内罐）按规则组合为一组或两组，组装在一个大型外罐中，内罐通常为立式圆筒形，为直圆筒+上、下封头圆筒罐，外罐为立式平底拱盖圆筒罐。内罐需耐低温，为0Cr18Ni9不锈钢材质压力罐；外罐不接触低温，为16MnR材质常压罐，内外罐之间填满约800mm厚的粉末（珠光砂）堆积绝热。由于子母罐的外罐形状尺寸过大、不耐外压等原因，子母罐的夹层无法抽真空。子罐为压力容器，需在压力容器制造厂制造完成后，运到现场吊装就位，外罐则加工成零部件，运到现场后在现场组装。

单只子罐容积规格通常为100m³、150m³、200m³、250m³，单只子罐容积不宜过大，否则会导致吊装、运输困难。子罐的数量通常为3只以上，因此可以组建300 m³以上的储罐，1500m³储存规格的LNG气化站可选用10只150m³子罐的子母罐。

（二）真空粉末绝热储罐

真空粉末绝热储罐有立式和卧式两种，由于卧式占地面积大，一般受站场用地面积限制使用较少，故考虑立式罐。立式真空粉末绝热储罐为圆筒罐，结构为直圆筒上、下封头构成的双层结构，内部结构类似于立式保温瓶。内罐采用0Cr18Ni9不锈钢板制成，外罐为16MnR钢板制成，夹层填充优质珠光砂绝热材料，并抽成真空，因此具有优良的绝热性能，储罐日增率不超过3%。常用的真空罐规格有60m³、100m³、150m³、200m³、250m³。其中60m³、100m³储罐单罐容积小，在相同储存规模时储罐数量多，建设用地面积需求量大，200m³、250m³储罐单台容积大，设备质量及外形较大，吊装、运输困难，为了便于运营管理及维修维护，1500m³储存规格的LNG气化站可选用10只150m³的真空粉末绝热储罐。

（三）储罐比较

从用地面积、投资、可靠性及运行维护等方面对两种储罐进行比较可以发现，在相同的储存容积下，真空罐投资略为节省，并且其可单台独立使用、任何一台储罐出现状况检修时不影响其他储罐正常运行、运行可靠性较高，但是储罐罐区占地面积较大、数量多且分散，日常运行管理工作量较大；子母罐则因为子罐组装在同一个外罐中，罐区占地面积较小且外部管路简单、运行

维护工作量小，但是子母罐的投资略高、出现故障时整座储罐均需停产，影响范围较大。

综上，在没有备用气源的情况下，真空罐投资小、运行可靠性高，更值得推荐。

三、LNG卸车方案的选择

LNG槽车运输到站后，可选用卸车增压器通过气相压差卸车，也可通过卸车泵给液相管路加压卸车。

卸车增压器卸车是采用空温式气化器将LNG加热气化后送入槽车气相空间，使槽车储罐压力升高，当气相空间压力高于LNG储罐内压力0.2~0.3MPa时，槽车内LNG在压差作用下流入储罐，达到卸车的目的。增压器卸车优点是工艺简单、不耗电，缺点是槽车内要保持与储罐较高的压差、卸车速度较泵卸车慢。

泵卸车是直接通过泵把LNG从槽车送至LNG储罐。优点是汽车槽车内气相压力不会提高、卸车速度较快；缺点是需要增加卸车泵，工艺管路复杂，设备投资增加，在运行中耗能也大，槽车内有残液。

根据以上特点，考虑到卸车泵运行维护费用高，提高的卸车速度有限，故考虑采用自增压方式卸车，卸车增压器的数量及增压量则需要根据LNG运输距离、储罐容积、供气量等综合考虑。

四、LNG气化方案的选择

目前LNG气化站的气化方式有空气加热式气化器加热、水浴式气化器加热及两者组合的方式。

水浴式气化器又可根据热源的形式不同细分为热水式、蒸汽加热水浴式、电加热水浴式等。其结构为将导热盘管放入气化器内的热水中，导热管中的液化天然气与热水进行热交换，气化成为天然气气体。水浴式气化器则换热效率高，需要的设备数量少，用地面积小，但是需增配套设置锅炉、循环水泵等设备及热水循环管道，有能耗，运行费用较高。

空温式气化器利用空气温度比LNG温度高，利用空气与LNG的对流换热去加热热交换器中的液态天然气，使低温液态天然气温度升高蒸发为气体。空温式气化器又可分为强制通风和自然通风两种，自然通风空温式气化器依靠空气的自然流动形成热对流，强制通风空温式气化器则在设备外加风罩，通过风扇的运转加速气化器周边空气流动以达到换热的目的。但因强制通风空温式气化器运行费用比自然通风式的要高，一般很少选用。

自然通风空温式气化器直接利用空气，不耗能，操作简单，但出口天然气温度受环境温度影响较大。空温式气化器运行时，由于需要的换热量较大，容易在气化器周边形成空气冷雾，特别是冬天。空气冷雾的情况容易对生产运行、操作产生影响，从而影响储配站区的安

全运行。且为了保证气化器的出口温度，空温式气化器的连续工作时间一般为6~8h。如时间过长，则出气温度会降低，会导致气化效率降低，因此需要另外备用一套设备进行切换。通过空温式气化器气化后的天然气温度比环境温度低5~10℃，冬季气温低或连续气化量大时，为保证出站天然气温度，

为保证LNG气化站出口天然气的温度稳定，并充分利用自然资源、尽可能减少能耗，可采用空温式气化器加热和水浴式气化器组合加热的方式，气候条件合适时，可单独使用空温式气化器，尽量减少耗能。

五、调压计量加臭方案的选择

LNG气化产生较洁净的天然气，但在气化升压过程中难免会带入一定的杂质和雾液，为了满足用气设备对天然气气质的要求，可设置集成式的调压计量撬，撬上设过滤、调压、计量、加臭功能。

调压器采用自力式调压器，配紧急切断阀、外置消音装置，设备用路。调压器能保证外输管道能够安全、平稳、连续地为下游用户供气，维持气体压力在工艺所需范围内。紧急切断阀安装在过滤器及调压器之间，切断信号取自于调压器之后，当调压器之后的压力超过设定上限压力时，紧急切断阀自动及时切断该调压回路，启动备用调压回路，以保证连续、稳压供气。

调压撬的计量应根据流量的大小、安装空间、预算等综合选择合适的流量计。天然气常用的流量有罗茨流量计、涡轮流量计及超声波流量计。罗茨流量计用于流量较小的场合，不适于天然气场站。涡轮流量计具有精度高、量程大、耐高压、结构紧凑、体积小等优点，但其对气体清洁度要求高，天然气流量较小时计量准确度下降。超声波流量计量程比宽、准确度高、能自检、数据易上传，但价格较涡轮流量计高。

出气化站的天然气需要加臭，在泄露时可以给人们警示。加臭装置常安装在调压计量撬的出站总管道上，加臭剂为四氢噻吩，选用燃气自动加臭装置1套，四氢噻吩注入量按20mg/Nm³设定。

结语

LNG气化站由于具有超低温、易燃易爆等特点，一旦发生事故极有可能对人身财产安全造成重大影响，故其场站内设备安全、工艺安全尤为重要。设备选型的安全、合理是气化站运行安全的第一道保障。故选用满足规范、质量达标、工艺合理、投资节省且节能减排的工艺设备是LNG气化站建成并安全运行的关键。

参考文献

[1] 张明全. LNG气化站的工艺设计、选址及相关问题分析[J]. 科学与财富, 2019.