

新时代视域下液化天然气 LNG 气化站的设计优化

史睿 (内蒙古雅海能源开发有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

摘要: 液化天然气是我国主要能源, 科学合理的分配和利用对我国国民经济发展有着非常重要的意义, 更有助于建设绿色生态城市, 促进人与自然和谐发展。LNG 是一种高效、清洁的能源, 比石油单位热值更高, 燃烧后产生的二氧化碳与氮化物更少, 几乎不会排放硫化物等。本文详细阐述 LNG 气化站的工艺设计及优化思路, 以供参考。

关键词: 液化天然气; LNG 气化站; 设计

0 引言

液化天然气 (LNG) 气化站是一个接收、储存和分配 LNG 的卫星站, 从本质上来分析, LNG 气化站是中间站, 主要职能是将 LNG 从生产厂家转运至用户。一般情况下, LNG 都是采用管道运输, 但对于距离较远、运输难度较大的情况, 便需要建立气化站, 使其成为主要气源或过渡气源, 或成为采用管输天然气供气城市的补充气源。

2001 年, 国家在淄博成功建立了第一座生产型的 LNG 装置, 截止 2012 年, 全国在役、在建和规划中的 LNG 卫星站总数已经超过 663 座, 储存区间 50-5000m³ 不等, 具有建设周期短的优势, 有助于迅速满足市场需求, 优化 LNG 气化站工艺设计不仅有助于合理分配和输送 LNG, 还有助于 LNG 的合理开采, 最大程度发挥出 LNG 气化站的建设优势。

1 LNG 概述

天然气属于易燃易爆气体, 在大气压下温度较低, 在常压下沸点为零下 162℃, 当发生泄漏时, 会产生高于空气密度的低温蒸汽。当常温下液态 LNG 转化为气态后, 其体积会增大至 600 倍, 且与空气相对密度约 0.55。

由上可得, LNG 的显著应用优势主要体现在以下几个方面: 其一, 液化过程中几乎能够完全将原料中的水、氢、硫及重烃类杂质脱除, 燃烧的主要物质为水和二氧化碳, 因此相比于其他能源更加清洁, 不会导致大气污染; 其二, LNG 具有较大的能量密度, 能够满足远距离运输的现实环境; 其三, 我国 LNG 气源稳定, 能够满足全国各地的生产、生活用气。

但与此同时, LNG 也在应用过程中存在一定的危险, 主要体现在以下几个方面: 其一, LNG 的储存、操作均需要在低温环境下进行, 因此具有低温危险性, 一旦发生泄漏, 周边所有接触到的建筑物和设备均会

出现脆性断裂问题, 进而缩短建筑物和设备的使用寿命, 一旦接触到工作人员, 还会引起冻伤、低温灼烧等现象, 危机生命安全; 其二, 天然气与空气混合的爆炸极限浓度为 5%-15%, 一旦遇到火源, 便有发生燃烧、爆炸的风险, 因此, 操作环境一定要严格监管, 尽可预防意外的发生; 其三, 天然气的主要化学成分为甲烷, 虽然没有毒性, 但人体如果一次性大量吸入, 也会引发缺氧, 导致窒息, 尤其是在空气不流通的空间中, 低温 LNG 蒸汽的密度低于空气, 可能会在工作人员尚未察觉的情况下导致窒息性死亡。

2 LNG 气化站设计标准

关于 LNG 气化站的设计标准, 当前我国尚未形成, 但随着 LNG 气化站的广泛应用, 越来越多的人看到了其应用优势, 国家也相继出台了设计规范, 并借鉴国外先进的设计经验逐步完善, 当前我国 LNG 气化站设计标准为 GB50028-93《城镇燃气设计规范》, 自 2002 年出台后一直使用至今, 经过实践证明具有较高的安全性与可行性。

3 LNG 气化站的选址及总图布置

3.1 选址

LNG 气化站的选址是否科学, 直接影响着 LNG 的安全储存和输送, 需严格执行《城镇燃气设计规范》, 符合 GB50028-2006 相关标准, 选址要点主要有两点: 其一, 气化站的位置要交通便利且周边人员稀疏, 与周边的建筑物应保持安全防火间距; 其二, 气化站的位置要考虑运输至城镇的管道网建设是否容易接入, 同时还需考虑未来发展, 为管网扩大预留足够的空间。

LNG 气化站选址需要考虑以下问题: 其一, LNG 建成后是否能够最大限度利用燃气管道网, 最好能够与现有的城镇天然气用气符合相近。一般情况下, 为了让气化站建成后不会影响到城镇居民的正常生产生活, 会远离人群密集处, 以确保居民及城镇基础设施

的安全，但与此同时，气化站的建立与现有用气负荷距离不能太远，因为管道建设费用与距离呈正相关，距离越远，气化站到用户之间的管道建设费用越高，在合理距离内可以确保气化站的经济利益最大化；其二，LNG 气化站的位置应当尽量靠近城镇外环路，保证远离人群且交通便利，这样不仅有助于建立 LNG 运输，还能大大提高运输安全。另外，LNG 槽车轴距较长，宽度较大，在运行转弯时对路面宽度有所要求，因此为确保顺利运输，务必要保证气化站建立在交通状况良好的地方；其三，气化站的选址要考虑用电、用水是否便利，以确保气化站的顺利建设以及后续建成后是否能够正常运行，避免在建设、使用过程中出现断水、断电现象；其四，要重视景观协调性，LNG 气化站建成后应当与周边环境融为一体，不能过于突兀，在确保建设效果的同时也有助于城镇整体发展；其五，选址要考虑建设地的土地平整性，这样不仅能够尽可能缩减建设开支，提高工程建设的经济回报，还能够确保地基的承载力符合建设要求，并为机械化、自动化施工提供便利，保证建设的完成度，提高气化站工程的综合效益。

3.2 总图布局

气化站的总图布局应当包括生产区和辅助区两个区域，其中生产区应当满足天然气的储存、集中放散总管、卸车、回车场、气化、调压等功能，属于甲类易燃易爆区域，危险系数较高，需严格执行相关建设标准，参照气化站站内的最小频率风向，将生产区建设在上风侧周围，务必保证站内所有建筑物都满足防火间距；辅助区包括办公室、变配电室、发电机房、消防水池等，用于满足工作人员的生产和生活。一般情况下，气化站墙体的高度不低于 2m，为不燃烧实体墙，且生产区和辅助区至少有一个对外的出入口，但如果储罐总容积超过 100m^3 ，则生产区要设置两个间距超过 30m 的出入口，路面宽度为了能够满足槽车出入，不得少于 8m，另外在辅助区要开设一个小门，方便工作人员出入。

关于 LNG 储罐区，主要包括储罐、自增压气化器、集液池三个部分，每个储罐之间的距离不得小于 1.5m，储罐区四周墙体为不低于 1m 的不燃烧实体墙，整个储罐区内容积不小于所有储罐的容积和。

关于工艺设备区，主要放置 LNG 生产、运输等设备，需要注意空间上的设计，例如空温式气化器间距需要超过 2m，增加气化能力与效率，同时保证设备

的吸热和通风，同一组气化器要排成一列，方便管道布设；槽车停放的间距要超过 5m，卸车口的地平面应当高于槽车停车位地平面且呈坡向，便于完全卸掉槽车内的 LNG 余液。

关于生产区的消防车道，宽度需至少 3.5m，一般不少于 4m，当储罐总容积低于 500m^3 时，消防车回车场面积不小于 12m^2 ，另外，因为气化站常用的 50mL 槽车长度约 17m，为例槽车倒车和回车便利，生产区的回车场面积不小于 25m^2 ，同时亦可作为消防车回车场。

关于辅助区，变配电室、发电机房等噪声较大的房间要设计在远离工作人员生活用房和生产的地点，监控室、仪表控制室等因为要保证对整个气化站的监管，建议选择地理位置较高、视野开阔的地方，办公室、生活用房可以选在靠近大门的位置，一旦发生意外，可以增加逃生成功的概率。

4 LNG 气化站设计优化思路

4.1 工程方案设计优化

气化站工程项目主要包括土建、工艺设备安装、消防三个部分，需要投入一定的资金、人力和物力，且进行合理化分配，其中资金投入直接影响着气化站的建设规模与工艺设备质量，只有提前对工程方案做好全面设计，才能保证气化站建设效率及建设质量。

关于工程方案设计的优化思路，主要从两个方面入手：其一是土建部分，设计要点有三，首先是合理进行站内排水设计，根据建设地的地形、地质条件、气候等合理设置排水坡向与管道网，其次是储罐区的顶面高度，要在确保储罐区工艺管道布设的前提下尽可能降低顶面高度，以此来降低吊装难度与成本，最后要重视整体软土地基的加固处理，保证建设质量并为后续投入使用打好基础；其二是根据气化站的主要功能设计工程方案，明确建设规模，常见的气化站功能为主气源、过渡气源、调峰气源、备用气源等。

4.2 工艺流程设计优化

工艺流程设计的科学性与合理性决定着 LNG 运输效率，常规工艺流程如下：首先是 LNG 的储存，当槽车运行至气化站指定地点后，应用卸车增压器提高槽车内的压力，将槽车内的 LNG 输送至储罐内，进行低温储存；其次是 LNG 的运输，利用储罐增压系统提高储罐压力，打开储罐液相出口阀，利用储罐内外的压力差将 LNG 输送至气化器，通过调压、计量之后进入管道网，输送至千家万户。另外需要注意的是，

如果室外温度较低,空温式气化器出口的 LNG 温度低于 5℃,需要在出口处安装加热器,加热气化后的 LNG。

关于工艺流程设计的优化思路,可以从以下两个方面进行:其一,方形补偿器应当放置在水平位置,但凸出的拱形部分体积较大,需要同时考虑周边管道的布设。其二,气化区的工艺管道标高应当充分考虑工作人员的实际操作,以操作便利为主,由于阀门口径较大,阀门的位置一般较高,但手轮顶面高度在 1.2~1.4m 为最佳,低于这个高度会影响到管道及相关设备的正常使用,高于这个高度则操作难度较高。

4.3 电气设计优化

为了使供电更可靠,站区供电一般按二类负荷设计,由两路电源供电,一路由自备柴油发电机供电,一路由市电系统供电,当电网断开时,柴油发电机就会立刻供电,从而保证即使在事故发生时,消防设备也可以顺利运行。由于消防设备用电负荷与生产办公负荷并不相同,因此应当依据相关国家标准规定设计站区照明。

4.4 消防系统设计优化

LNG 气化站的消防系统建设是保障气化站安全、正常运行的关键,具有预防火灾、自救的作用,在站内生产区安装报警探头,当探查到有可燃气体时便会报警,同时立即切断管道网系统阀门,同时在储罐进出液管的位置安装紧急切断阀门,并同时与储罐液位联动,一旦发生 LNG 泄漏,阀门便可自动关闭,最大限度预防火灾的发生,一旦发生火灾,也可以利用站内的消防水池和灭火器,用最快的速度控制火情,减少火灾损失。

关于消防系统设计优化思路,可以从以下两个方面入手:

一方面,站内变压器的类型应当基于所有用电设备的功率总和,尤其是消防水泵,虽然平时几乎不会使用,可一旦使用,务必要确保消防水泵的正常使用。

另一方面,气化站内需要放置备用电池,放置位置、数量等均需要综合考量,以确保消防系统在任何情况下都可以正常运行。

4.5 防护墙的设计优化

除了气化站的墙体需要应用不燃烧实体墙之外,储罐区还需要特别设置防护墙,设计优化思路需要注意以下三点:其一,防护墙内的有效容积需大于储罐液化 LNG 容积总量;其二,防护墙上不能有任何管线、

管槽开孔,谨防低温液体 LNG 外泄;其三,防护墙内应当设置集水井,一旦液化 LNG 泄露,可以有效防止其进入下水道或周边沟渠。

4.6 办公用房设计优化

气化站内的生产区至关重要,但辅助区也不能忽视,因为气化站位置远离城镇人流密集区,绝大多数管理人员和工作人员的生活与工作都在站内,办公用房面积不用太大,可以将常规的两层办公用房改为单层,只需满足使用即可,这样可以加快建设进程,降低资金投入成本。

5 小结

综上所述,液化天然气属于清洁能源,气化站的建立对于保障液化天然气有效输送有着非常重要的意义。尽管国家对 LNG 运输的重视程度逐年提高,但仍旧有许多小城镇无法使用液化天然气。

建立气化站后,将会有越来越多的小城镇实现液化天然气输送。在新时代视域下,气化站的设计优化有助于最大程度发挥出应用优势,更好的实现液化天然气运输。

参考文献:

- [1] 卢菊强.LNG 气化站的工艺设计和相关问题探讨[J]. 中国房地产业,2020(21):78.
- [2] 庞美飞.LNG 气化站工艺设计及施工管理[J]. 能源与环境,2021(3):109-110.
- [3] 李兴泉,施静林.LNG 气化站工艺系统设计及要点分析[J]. 建材发展导向(下),2020,18(9):14-15.
- [4] 郝继来,王薇.LNG 气化站安全设计与运行分析[J]. 信息记录材料,2019,20(1):38-39.
- [5] 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(4):283.
- [6] 王克栋.LNG 气化站工艺设计与安全技术措施[J]. 中国房地产业,2017(16):18.
- [7] 文中华.液化天然气(LNG)气化站设计优化[J]. 低碳世界,2018(8):50-51.
- [8] 徐龙春,邢少郡,侯立朋,等.LNG 气化站气化装置及基础改造方案[J]. 煤气与热力,2023,43(6):43-45.
- [9] 刘世杰.奉贤海湾 LNG 气化站灌装效率的优化探讨[J]. 上海煤气,2021(1):1-4.

作者简介:

史睿(1996-),汉族,籍贯:江苏省宿迁市,助理工程师,硕士研究生,研究方向:化工-液化天然气。