

浅析LNG接收站设计、施工中的注意事项

李博成 海洋石油工程股份有限公司

【摘要】全球各国大力开发的重要化石气体燃料，这其中，液化天然气（LNG）的发展就在迅速并日益提升。而做好LNG接收站的设计施工就是对液化天然气（LNG）高效应用的重中之重。与此同时，这也是提高化工能源企业核心竞争力最有效、最直接的方法。我们通过对LNG接收站建设施工特点的分析，充分整合各建设环节的良好实践过程，还有建设成功的案例，通过建设过程中的经验教训，以及集合众人智慧的思想理念，形成了更加系统的LNG接收站设计方法以及思路。而这也大大地提高了我国对液化天然气（LNG）的实际利用水平。

【关键词】LNG接收站；设计施工；注意事项

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.05.054

引言

所谓LNG的接收站，基本意义很容易理解，主要作用是接收和卸载各地运输而来的液化天然气。LNG一般是由远洋运输船运输至本地的LNG接收站，然后通过管道运输至地下储罐进行储存；我们通过加压等技术将其气化，最后再将天然气通过不同的天然气输送干线，将这些天然气输送给终端用户。LNG接收站作为转运发出天然气的重要能源基础设施，就是在LNG接收站项目的关键组成部分。本文简要论述了液化天然气接收站的建筑工程设计理念，还有在施工中遇到的一些问题，并提出了相应的改进措施。

一、LNG接收站的建设工艺流程及用能节能方面

1.LNG接收站工艺流程

LNG通常由专用运输船从生产地输出终端运到LNG接收站码头后，经过码头卸到接收站的储罐中。LNG进入储罐所置换出的蒸发气通过回气管道输到运输船的LNG储罐中，以维持储罐系统的压力平衡。LNG接收站设计建筑流程工艺流程一般如下：LNG直接由运输船运输至天然气接收站，然后经过常压以及-160℃低温条件结合储存在LNG的储罐中。在接下来，将存储在储罐中的液化天然气经过加压，可以由低压泵输送到高压泵终端。经过加压的液化天然气最后通过气化炉气化成家用的天然气，最后对于天然气实施计量后进入民用天然气输气管网。因此，LNG接收站主要机械设备包括蒸发气体的压缩机，以及低压输送泵与高压出口泵，还有海水泵与天然气气化炉(主要作用为浸没燃烧器或实施中介质的燃烧器)，最后是各种空调以及加氯装置等。在具体的运用工艺上，LNG接收站之间的差异，也主要体现在对气化天然气炉的使用类型上，一般的气化炉分为以下三

种类型：分别是开式框架的气化炉，以及浸没式的燃烧器，还有中介质的燃烧器。而对于采用开式架的气化炉的天然气接收站，这些设备消耗的主要能源包括除了本身的天然气，还有电力等，这其中，电力消耗约占总能源消耗的90%比例以上（其中不含天然气的输送消耗差额）。

2.LNG接收站的节能设计

截至到现在，国内大约有15个液化天然气的接收站，将正式投入生产运营。而随着国家在LNG接收站设计技术上的发展，各个下属单位及高校在进行设计阶段，还有工程建设的阶段，以及生产运营的过程中，都积累了许多先进的设计节能经验，以及良好的实践技艺，其中就产生了一些富有建设性的想法与思路。而将这些高校节能的做法还有施工技术，以及设计思路和理念，真正应用于LNG接收站的能源节能设计过程中，就可以大大提高LNG接收站的能源实际利用效率。一般而言，对于一个200万吨年产量的LNG接收站来说，即使自身冷能的实际回收效率只有20%，那么每年也可节约至少1万吨的标准煤。而如果实施LNG冷能的梯级回收制度，可以将冷能的实际回收效率提高至当前使用效率30%左右，甚至还可以更高，这些方面理念的设计应用，将大大提高我国化工能源企业的节能水平。

基于此种情况，在化工能源企业具备冷能二次利用条件的情况下，可以结合该企业自身的发展条件，综合考虑在冷能的发电与空分，还有制备液态二氧化碳与干冰过程中，或者开展冷冻或冷藏库的建设，以及海水的淡化，还有制冰及中央空调的冷源设计，对于低温破碎与污水处理，还有冷库的装置等各个层次开展节能设计，这样就可以实现对电力的梯级利用。而如果在LNG

接收站的项目设计以及运行初期，我们就能很好地对液化天然气的冷能实施回收方法，那么也可以在液化天然气的接收站中，在汽化器周围预留一些换热器的接头接口。一旦冷能利用的条件成熟，那么不仅可以真正回收液化天然气过程中的冷能，我们还可以回收那些在气化冷海水过程中产生的冷能。将这些冷能进行回收，就能够用于中央空调的制冷，或一些其他可以利用这些冷能的设备，同时，我们也可考虑到与周边的其他企业达成冷热互供的合作模式。

二、在LNG储罐上部的钢结构平台与管道之间的碰撞问题

由于在一般的LNG储罐中，其上部的钢结构柱还有钢梁，通常与低温管道之间在使用的过程中会发现预留的空间较小。这主要是由于钢结构柱的安装一般是从罐顶的位置坐标放样定位，这样管道的安装就可以从喷嘴的出口进行定位，但当在气顶提升之后，还有后续的安装过程中，这些喷嘴位置就比较容易出现偏差，而设计师在设计时检查设计制作的三维模型时往往会发现冲突，但施工人员在实际现场的安装时却会不出现了冲突，这就会导致冷保温的材料无法做到合格地安装。

具体案例如下：某LNG的项目模型，在设计检查的过程中，发现顶部的进液管道与实际的钢结构柱之间存在一定的空间，但在管道保温的施工过程中，施工人员却发现钢结构柱还有钢梁与低温管道出现了碰撞问题。

解决措施如下：在设计的过程中，我们不仅要加强对钢结构与低温保温管道之间的碰撞距离检测，这样可以大大避免钢结构与低温保温管道之间出现直接的碰撞；与此同时，我们还应注重钢结构平台与低温保温管道那些间距较小的空间位置，要能够充分考虑到现场的施工条件，在实际施工的过程中，工人们可能出现不同程度的安装误差，并注意加强对阀门执行的检查，还有操作手轮等不同结构部件与低温保温管道之间产生的碰撞距离检查。

三、在LNG接收站的管线预冷接口方面的设置问题

由于大多数的LNG低温管道比较特殊，在正式启动前需要进行预冷的处理，因此如果设计师在设计的过程中，没有充分考虑到管道的预冷接口设置。那么在现场正式启动计划好的预冷方案时，施工人员就会发现预冷接口的实际位置，还有数量以及具体的管径都不能达到管道预冷的标准要求。

具体案例如下：我们在LNG接收站项目的设计阶段，设计师一般对于工艺系统的特殊性要有所了解，以

此来决定LNG管道的预冷接口实际位置还有数量以及具体的管径。由于设计人员对于LNG管道实际预冷的安装经验相对比较缺乏，一般只能从理论设计的角度进行考虑，这就需要他们多参考其他LNG管道项目的建设数据。对于预冷的接口的位置还有数量未经深入考虑，就研究LNG管道的实际预冷方案；此外，大对数的LNG管道预冷方案多在设计后期才开始考虑。当施工人员发现安装过程中的问题时，基本设计以及框架也已经完成。而重新调整或现场增加LNG管道的预冷接口，则会导致LNG接收站的整体设计发生变更以及返工，还需要重新采购LNG的管道或者阀门等基础物料。

解决措施如下：设计师需要深入调研收集国内的LNG接收站，在LNG管道设计师过程中的实际预冷经验还有相关的设计数据，并且在项目组内，还要组建专门的LNG管道预冷设计团队，通过提前制定LNG管道的预冷方案，再配合相应的设计工艺规程，确定在设计的过程中，对于LNG管道的预冷预留接口的实际位置还有具体直径，这个过程，最好的时机是在我们采购以及启动6英寸以及以下的低温阀门过程之前。此外，开展LNG管道设计的工程师不仅要关注本接收站正常的运行条件，还要及时关注LNG管道的启动还有预冷等实际方案，真正了解和掌握LNG管道预冷的全过程。

四、部分低温管托所需要的直管段空间的预留不足

一般LNG的低温管道在寻找支撑结构时，基本上都选用低温管托。这样在保冷需求较厚的情况下，管托的制造商通常会在多个层面，通过设计管壳以及错缝，在其中采用相同的管壳层，在施工过程中采用的是不同的管壳层，这样能够避免空气在进入保冷管壳的过程中，最大程度上减少保温效果。而在设计实际的管支撑位置时，我们还应考虑导前后直管段的预留空间，并为安装人员建安装预留一定的施工空间。

具体案例如下：在某LNG项目的管道设计过程中，设计人员对低温管支架在安装过程中的整体尺寸设计重视不够，导致未对管支架的形状与相邻的管件，还有阀门之间的实际距离进行准确校核，而在层间错缝中突出的一些冷保温壳的长度也没有进行充分的考虑。结果，施工人员在安装的过程中发现管道直管段的实际长度不够，并且与相邻的管件和阀门发生相撞，这就会导致管托的现场安装发生失败，在安装管托后或经过低温管道的支持，以及外部保护层覆盖整个管道的焊接，造成地管道实际质量的无损检测也失败，就会导致实际的施工安装发生返工，进而影响具体的施工工期。同样，在焊

接低温的阀门设计过程中也有类似的问题。一般来说，它们都配有袖管。而由于低温阀门的长度数据信息采集不足，就会导致在三维模型数据库开展建模时，设计师没有将具体套筒的长度设计，真正包含在低温阀门整体的结构长度色剂中，施工人员进行低温阀门的安装过程中，就会发现管道间的剩余直管段实际长度过短，进而无法满足低温管支架的整体安装需要。

解决措施如下：当设计师在设计低温管道的支架时，不仅要仔细掌握不同低温管道的支架，还有低温阀门的具体结构类型以及外形尺寸方面的数据信息。在低温阀门的结构类型，以及低温管支架的规格，还有特殊管件的订货数据收集到后，还要在初步设计的结果中，进行假设输入的数据二次复核，进而及时更新自己的三维设计数据库；与此同时，在设计的过程中，设计师还应适当预留一些直管段的安装余量以及施工空间，这样对于后期可能的修改可以进行有效应对。

五、在BOG压缩机的采购还有安装界面的问题

由于BOG压缩机是一种结构性的成套设备，大多数情况下由供应商来提供成套的设备。因此我们无论是在安装设备的申请单文件中，还是进行返回订单的数据收集时，都要明确具体的供货范围，对安装接口进行划分，这些都需要在设计以及施工的过程中得到充分体现。

具体案例如下：

第一，当LNG的接收站项目，在准备BOG压缩机安装的分包合同时，设计人员由于没有充分的理解接口划分的重要性。导致压缩机的安装设计过于笼统，并未列出具体的安装设备，还有管路的支撑材料以及实际的安装清单。因此，在施工人员的安装过程中，施工单位就会拒绝对BOG压缩机设备，其基础钢结构还有相关的支架进行安装处理，这就会大大影响压缩机的实际安装进度，进而延误BOG压缩机的调试时间。

第二，在一个液化天然气项目的管道设计过程中，由于施工单位对于供应商提供的图纸，没有进行仔细审查并了解BOG压缩机的实际供货范围，这就导致在实际安装的过程中，发现供应商既没有提供准确完整的图纸，而且从车站到压缩机的电池限制以及冷却器，也没有得到应有的供应。在安装现场，施工单位不得不紧急提出设备的采购补充申请，这就进一步增加了LNG的接收站项目团队的实际工作量，也大大延误了BOG压缩机的安装进度，与此同时，由于没有提前设计，还会导致存在BOG压缩的采购量小，却由于设备的不配套采购成本较

大的问题。

解决措施如下：对于LNG接受站项目的成套设备的采购设计，设计人员应从编制的采购申请单先入手。除了要充分了解一些成套设备的具体性能参数，还有具体的结构形式外，设计人员还应注重加强对BOG压缩的供货范围划分，以及实际安装接口的熟悉，进而避免发生设计上的遗漏；与此同时，还要加强对供应商采购文件的仔细审核，最终形成设计方案的输入还有采购意见的反馈记录表，要严格按照专业的设计程序设计编制条件，还要大胆鼓励设计师参与现场实际的安装过程，增加设计经验。

六、结语

结合以上研究可以发现，对于LNG接受站项目来说，其设计施工的需求量也在不断增加，目前有许多项目已获批并开始在建，但是由于LNG接受站项目属于近几年发展起来的新理念，这就导致许多的LNG接受站项目在设计以及建设阶段，都存在许多的问题。比如低温工况下的工程在理论设计，还有施工过程中都与传统的建筑工程有许多的不同之处。而开展企业之间的经验分享和沟通就可以避免很多问题的发生，真正促进LNG接受站项目的顺利开展以及安全建设。

参考文献：

- [1]黄冉.LNG接收站消防应急照明和疏散指示系统设计[J].山东化工, 2020.
- [2]王同吉.LNG接收站BOG管网进液危害分析及应对措施[J].石油与天然气化工, 2020.
- [3]孙航.浅析LNG接收站设计、施工中的注意事项[J].山东化工, 2020.
- [4]王海, 王志会, 赵思琦.风险管理在大型LNG接收站项目中的应用[J].天然气化工(C1化学与化工), 2020.
- [5]张国权, 廉立虎, 张慈珩.LNG接收站取水口设计及施工方案设计[J].港工技术, 2019.