

# 恶劣天气对 LNG 接收站的影响及应对措施

巩志超（中石油江苏液化天然气有限公司，江苏 南通 226000）

**摘 要：**LNG 接收站是海上进口天然气的接收终端，用于接卸、储存和外输 LNG，其生产运行会受到多种恶劣天气的影响，笔者根据多年生产运行经验，总结了台风、雷电及寒潮等较为频发且较为严重的恶劣天气对接收站的影响以及将影响降到最低的应对措施。

**关键词：**LNG 接收站；台风；雷电；寒潮；应对

## 0 引言

液化天然气（Liquefied Natural Gas，简称 LNG）接收站是海上进口天然气的接收终端，用于接卸、储存和外输 LNG。随着天然气消费量的持续增长，国内 LNG 接收站迎来了一个蓬勃发展期，规划了一大批新建、扩建项目。<sup>[1]</sup>由于 LNG 接收站主要建设在沿海地区，其生产运行会受到多种恶劣天气的影响。本文根据笔者多年生产运行经验，主要探讨几种对接收站影响较大的恶劣天气，主要包括台风、雷电和寒潮<sup>[2]</sup>，希望可以为应对恶劣天气提供借鉴经验。

## 1 台风

由于 LNG 接收站主要建设在沿海地区，受台风影响较为显著<sup>[3]</sup>。台风天气对接收站的影响主要有高架供电线路受损导致供电中断、高空坠物导致管道泄漏以及 LNG 船舶靠泊推迟导致库存不足。

### 1.1 供电中断

供电中断会导致接收站运行的设备停车以及相关阀门关闭。设备停车和阀门关闭导致设备和管道无法保冷而回温，同时可能导致某些管段被隔离而憋压。如果长时间供电中断，蒸发气（Boil Off Gas，简称 BOG）无法被处理，会导致储罐压力升高，当储罐压力升高到设定值时，为防止储罐超压损坏，会将 BOG 放空火炬燃烧，造成经济损失。

供电中断事故发生后应立即采取以下应急处置措施<sup>[4]</sup>：①首先判断是供电中断；②启动供电中断应急处置预案；③向电气人员通报接收站供电中断及全厂跳车情况，要求电气人员了解、确认停电原因；④向调控中心、上级领导、下游管网、用户及相关单位汇报或通报接收站供电中断及全厂跳车情况；⑤确认不间断供电电源（Uninterruptible Power Supply，简称 UPS）和应急电源（Emergency Power Supply，简称 EPS）供电正常、应急照明工作正常；⑥确认生产控制系统工作正常，设备设施数据实时显示正常，报警系统响应正

常，紧急停车（Emergency Shut Down，简称 ESD）系统动作正常；⑦控制室内操重点监控 LNG 储罐、LNG 管道（低压 LNG 总管、高压 LNG 总管）、再冷凝器、气化器、仪表风系统、氮气系统、消防系统的运行参数正常，观察相关系统是否憋压，开启相关出口阀门、旁路阀门，防止系统超压；⑧班组长组织现场操作岗位到各自操作区域检查、确认现场设备实施状态有无异常情况，在就地或分散式控制系统（Distributed Control System，简称 DCS）上把所有在自动或远方控制模式的设备设施切换到手动控制模式；⑨确认应急柴油发电机自动启动并正常工作，如未自动启动，通知就地人工启动应急柴油发电机运行；⑩启动仪表空气压缩机和空气干燥塔，确保仪表风系统运行正常、压力在正常工况值；⑪向电气人员确认供电中断原因及恢复时间；⑫如不能及时恢复外部电源供电，启动一台储罐应急段低压泵运行，设置零输出循环保冷、码头卸料系统及槽车装车系统循环保冷；⑬如能及时恢复供电，组织在 DCS 及现场对设备设施进行 ESD 联锁系统复位；⑭向调控中心、下游管网、客户通报即将恢复供电并准备恢复生产；⑮联锁系统复位完成并确认无误，全厂恢复供电后，根据操作规程按启动第一条生产线工艺流程启动一条生产线运行，逐步恢复槽车系统装车；⑯第一条生产线运行稳定后，逐步恢复到停电跳车前生产状况；⑰根据当日生产计划任务，计算后续时间内需要完成的生产任务，对生产运行设备进行负荷调控。

### 1.2 管道泄漏

台风天气的另一个潜在危害是可能会将高处重物吹落砸在工艺管道及其附属设施上，引发 LNG 或天然气泄漏。一旦发生泄漏，如果不及时采取措施，有引发火灾和爆炸的风险。所以，在发生 LNG 或天然气泄漏时，应及时采用临时降压、降量等方法封堵，防止其继续泄漏。如果泄漏量较大，采用临时降压、

降量等方法封堵已经不起作用时,需立即进行工艺切换。如果泄漏点所在管段有旁路并且可被隔离,则先打开其旁路或启运备用设备,对泄漏管段隔离,待台风天气结束后再处理泄漏点。如果泄露点无法隔离,接收站执行零外输流程。如果受泄漏点影响,接收站无法执行零外输保冷流程,向值班领导汇报并接到全场 ESD 指令后,尽快打开 ESD 执行后会导致部分液相管道憋压的管路旁通阀,然后执行全厂 ESD 操作,按下全场停车按钮,并检查 ESD 后阀门的状态,密切监控储罐压力以及火炬长明灯燃烧情况,如果罐压升高到放空火炬的压力值,及时放空火炬,防止储罐超压。

### 1.3 靠泊推迟

台风期间,海面风浪较大,不利于船舶靠泊,可能导致 LNG 船舶靠泊推迟,在接收站储罐库存量不足的情况下,台风将间接影响接收站的正常生产运行,只能被迫降低外输量,造成经济损失。

台风天气对 LNG 接收站的影响显著。所以,在台风多发季节,应实时跟踪台风预警,提前做好防台风检查,重点是加固容易被吹落的物体,将台风的影响降到最低。此外,特别要注意的是在台风天气下的任何应急操作应以人的安全为第一考虑要素。

## 2 雷电

除了台风,雷电也是一种对 LNG 接收站影响较大的恶劣天气。雷电是由于天空中云层间的相互高速运动、空气流动的剧烈摩擦,使高端云层和低端云层带上相反电荷;此时,低端云层在其下面的大地上也感应出大量的异种电荷,形成一个极大的电容,当场强达到一定强度时,就会产生对地放电,这就是雷电现象。这种迅猛的放电过程产生强烈的闪电并伴随巨大的声音。雷电对建筑物、电子电气设备和人、畜危害极大。雷电对 LNG 接收站的影响主要表现在信号干扰和晃电。

### 2.1 信号干扰

雷电对 LNG 接收站控制系统及仪表参数会产生信号干扰。曾经出现过在发生雷电时一些仪表参数会异常波动,如一些设备的振动检测值,通常情况下这种波动会在短时间内恢复正常。但是,雷电对控制系统的信号干扰造成的影响要比对仪表参数的影响大得多。某接收站曾发生过一起雷电干扰事件,导致正在卸船的卸料臂触发船岸紧急脱离以及一系列的异常报警。消除雷电对 LNG 接收站影响的措施主要是对电气

及仪表系统按照设计规范要求进行防雷接地,并定期进行检测,对不符合要求的及时整改。

### 2.2 晃电

晃电学名为电压暂降,是指供电电压合理值在短时间内突然下降之后又恢复到正常运行状态的现象。由于供配电系统在运行中受到各种因素的影响,比如外电网受台风、雷电、暴雨等恶劣天气的影响、以及供配电系统内部设备故障等原因,电网电压波动和停电事故常有发生,供电系统不可避免地出现供电网络瞬时失压或电压波动的现象。一些对电压骤降非常敏感的用户及设施一旦发生电压暂降,带来的损失将是巨大的。接触器作为低压配电网络的重要控制开关器件,在企业连续稳定运行中承担重要责任。在末端低压电机回路,接触器在电压跌落期间触头可能弹开,并引起相关连锁设备动作,导致生产线停车,使企业造成巨大的经济损失。对于石油、化工等存在大量连续生产装置的行业来说,晃电产生诸如安全、环保、废品、原料浪费、产量降低、效益低下等一系列后果。

雷电天气期间经常出现晃电现象,对 LNG 接收站的影响主要是导致低压辅助设备跳车,如浸没燃烧式气化器(Submerged Combustion Vaporizer,简称 SCV)冷却水泵、海水泵冷却水泵、压缩机冷却水泵等,继而对其从属的主设备产生影响,SCV 会因其冷却水泵跳车而跳车,海水泵和压缩机会因其冷却水泵跳车而冷却不足导致跳车或设备损坏。当设备由于晃电而跳车时,操作人员应及时确认供电正常,快速匹配工艺系统上下游流量,使生产工艺系统恢复平稳。

电压骤降从电力供应源头治理到整条生产线的治理、设备级的治理,再到设备控制级的治理,治理费用以数量级的比例下降。因此从治理成本及合理性来说,更提倡在设备末端进行治理,甚至是深入到设备内部的电气控制元器件处治理。越是靠近末端进行治理,所花费成本越少,亦能达到同样的治理效果。

当前针对末端接触器的抗晃电解决方案主要分为晃电保持和晃电再启动两种。保持式可以通过在线式 UPS 或者独立模块实现。采用 UPS 方式集中电源处理,对 UPS 的可靠性要求较高,一旦出现问题,会导致整个电源网络故障。采取独立模块方式,出现问题时不会影响其他回路的控制电压,优势更为明显。再启动式属于弥补方案,当电压暂降时间较长时,电机已经停机,可以采用分批延时再启动电机方式,避免同时启动造成系统电压冲击。

### 3 寒潮

寒潮是整个冬季最主要的恶劣天气,位于高纬度上的接收站更易受到寒潮的影响。寒潮到来时,将在短时间内使环境温度下降 10℃或者更多,造成低温天气,还时常伴随着大风、冰雪天气,给工艺设备稳定运行带来了较大的安全隐患。

寒潮对 LNG 接收站的影响主要有冻堵和开架式气化器 (Open Rack Vaporizer, 简称 ORV) 负荷受限。

#### 3.1 冻堵

寒潮带来的短时间低温、大风雨雪天气主要影响接收站的生产、生活水系统及其仪表,极易发生水管线冻裂、仪表冻坏的情况,进而影响到正常生产。

应对寒潮的措施主要是在寒潮来临之前做好如下准备:①电伴热检查:对全厂公用工程站、设备冷却水管线、消防水管线进行电伴热状态检查;②暖风机检查:对空压机房、水泵房、电解制氯间等设备用房暖风机状态进行检查,同时对上述房屋的门窗等结构密封完整性进行检查;③保温设施检查:对全厂工艺和消防水系统、空压机系统、污水处理系统的水管线、仪表引压管和室外设备的保温完整性进行检查,同时对部分工艺系统仪表引压管的保温完整性进行检查;④市政供水系统检查:对市政供水管线完整性进行检查,对市政供水管线放气阀、排净阀进行操作检查和维护;⑤应急供水系统(如有)检查:对应急供水系统设备设施进行完整性检查,启动应急水泵进行运行测试;⑥液氮气化系统检查:检查电加热器水浴液位,补充加注蒸馏水;⑦ SCV 系统检查:对 SCV 进行设备完整性检查,启动测试 SCV,检查设备运行状态;⑧井池积水情况检查:对泄漏收集池、海水泵出口阀池、制氯系统中和池、地下阀井积水情况进行检查;⑨排水沟淤堵情况检查:对排水沟淤堵情况进行检查;⑩防风检查:对全厂槽盒盖板、高处标识、隔离围挡等设施进行防风检查。寒潮期间,生产运行应对应急供水系统、海水泵冷却水系统、SCV 冷却水系统、污水处理系统等加强巡检和监控。

#### 3.2 ORV 负荷受限

寒潮对 LNG 接收站的另一重大影响是使 ORV 负荷受限。ORV 是 LNG 接收站的关键设备,是以海水为热源将液态天然气转化为气态天然气进行外输的气化器。由于采用海水作为热源,所以 ORV 运行负荷主要受海水温度的影响。冬季的长时间低温天气将使海水温度降至 ORV 正常运行温度以下,寒潮期间海

水温度将会降至更低,造成接收站内的 ORV 无法正常使用,或者只能选择降低负荷使用,继而对接收站的气化外输能力造成影响。以某接收站为例,其配置的 ORV 在设计海水温度 5℃下,控制结冰高度在最大允许的 3m 以内,可以达到满负荷 200t/h 运行。在实际运行时,为保证 ORV 运行安全,结冰高度会保留一定的安全余量,控制在允许最大值以下。如表 1 所示,以控制结冰高度 2m 为例,海水温度在 4℃时,ORV 负荷只能达到额定负荷的 83%,海水温度在 3℃时,ORV 负荷只能达到额定负荷的 75%,海水温度更低时,ORV 负荷受限程度更大。

表 1 不同海水温度下 ORV 负荷 (结冰高度 2m)

| 海水温度, °C | ORV 负荷, t/h | 负荷率, % |
|----------|-------------|--------|
| 5        | 185         | 92.5   |
| 4.5      | 176         | 88     |
| 4        | 166         | 83     |
| 3.5      | 155         | 77.5   |
| 3        | 150         | 75     |
| 2.5      | 135         | 67.5   |

针对 ORV 在寒潮期间负荷受限问题,要加强巡检,重点关注 ORV 运行时的结冰高度,在结冰高度超过设计要求时及时降低负荷,确保设备安全,同时启动 SCV 来消化 ORV 降低的产能,以满足生产指标的要求。

### 4 结语

综上所述,台风、雷电及寒潮等恶劣天气对 LNG 接收站的安全平稳运行会产生诸多不良影响和安全隐患,在接收站管理方面应及时跟踪气象预报,在恶劣天气来临之前做好防范措施;在操作方面,恶劣天气对接收站造成一定影响时,要及时积极应对,将不良后果降到最低,保证生产的安全平稳。

#### 参考文献:

- [1] 韦振兴, 冀翔. LNG 行业发展现状分析与对策建议 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(12): 136-138.
- [2] 李云, 蔡启明, 汪世涛. 极端天气对接收站工艺设备运行影响分析 [J]. 天然气技术与经济, 2017, 11(z1): 72-74.
- [3] 张超, 彭延建. 台风地区 LNG 接收站风速设计标准的探讨 [J]. 工程建设与设计, 2016(11): 35-37.
- [4] 何洪儒, 胡云跃, 郭志明. LNG 接收站断电后的紧急处理和预防措施分析 [J]. 天然气技术与经济, 2011 (z1): 89-91.

#### 作者简介:

巩志超 (1988-), 本科, 工程师, 主要从事 LNG 接收站生产运行工作。