

浅谈风力发电项目对埋地天然气管道的影响

岳建霞

深圳中质安股份有限公司, 中国·广东 深圳 518107

摘要: 随着风力发电项目的日益增多, 风力发电设施与埋地天然气长输管道之间的安全问题也日益凸显, 如何化解风力发电设施与埋地天然气长输管道之间的安全问题也成为一项新的课题, 引起全社会的关注。笔者结合工作实际和现行的相关法律法规, 对风力发电设施在设计、施工及运营过程中对埋地天然气长输管道的安全影响进行了总结分析, 并对未来风力发电设施的建设提出建议措施。

关键词: 风力发电设施; 埋地天然气长输管道; 安全

A Brief Discussion on the Impact of Wind Power Projects on Buried Natural Gas Pipelines

Yue Jianxia

Shenzhen Zhongzhian Co., Ltd., China Guangdong Shenzhen 518107

Abstract: With the increasing number of wind power projects, safety concerns between wind power facilities and buried natural gas transmission pipelines have become increasingly prominent. Addressing these safety issues has emerged as a new topic, drawing widespread societal attention. Based on practical work experience and relevant current laws and regulations, this paper summarizes and analyzes the safety impacts of wind power facilities on buried natural gas transmission pipelines during design, construction, and operation phases, while proposing recommendations for future wind power facility development.

Keywords: Wind power facilities; Buried natural gas long-distance pipelines; Safety

0 引言

埋地天然气长输管道对风电项目的主要影响体现在土地利用冲突和安全风险上: 风电场建设需大面积平坦土地, 而管道线路可能穿越规划区域, 导致土地征用困难或项目延期; 管道运营中的泄漏或爆炸风险可能对附近风电设施构成安全隐患, 需在规划中保持安全距离。此外, 管道施工可能破坏地下基础设施, 增加风电项目前期勘测和协调成本^[1]。

本文以某地新建风力发电项目(以下简称“该项目”)涉埋地天然气长输管道为例, 介绍风力发电设施与埋地天然气长输管道之间的相互影响。

该项目规划开发总规模为 50MW 的风电场, 拟选址位于平原地带, 建设 8 台 6.25MW 风电机组, 同时配套建设 1 座 220kV 升压站, 场内配套建设 2 条 35kV 集电线路接至新建 220kV 升压站, 220kV 出线 1 回送至变电站。风电机组叶轮直径 221m, 轮毂高度 160m。

该项目风电场所选区域微地貌为平地, 内陆冲洪积平原地貌, 地形整体较平整, 站址现场主要为农田和林地。

埋地天然气长输管道设计压力 6.3MPa, 管道长度 250km, 管道材质为 L360 螺旋缝埋弧焊钢管, 管道规格 $\phi 355.6 \times 6.4\text{mm}$ 和 $\phi 406.4 \times 7.1\text{mm}$, 管道级别 GA1。

1 项目选址

风力发电项目在项目选址阶段, 依据规范要求, 重点

考虑场地类型、环境影响、自然条件、地质条件、地形地貌等问题, 但是忽略了风力发电项目场地内埋地天然气长输管道的存在, 导致个别风电机组、输电线路铁塔与埋地天然气长输管道间距不满足要求, 施工过程中被管道主管单位巡线工发现后, 施工被迫叫停。



图1 风电机组与埋地天然气长输管道相对位置示意图

《风力发电场设计规范》(GB51096-2015)第 4.3.3 条要求: 风力发电机组的塔筒中心与公路、铁路、机场、输电线路、通信线路、天然气石油管线等设施的避让距离宜大于轮毂高度与叶轮半径之和的 1.5 倍。

风电机组叶轮直径 221m, 轮毂高度 160m。按照《风力发电场设计规范》(GB51096-2015)第 4.3.3 条计算, 风电机组与埋地天然气长输管道之间的避让距离应为: $(221/2 + 160) \times 1.5 = 405.75\text{m}$ 。

《中华人民共和国石油天然气管道保护法》第四十四

条明确要求:管道建设工程与其他建设工程的相遇关系,依照法律的规定处理;法律没有规定的,由建设工程双方按照下列原则协商处理,并为对方提供必要的便利:

(1)后开工的建设工程服从先开工或者已建成的建设工程;(2)同时开工的建设工程,后批准的建设工程服从先批准的建设工程。

依照前款规定,后开工或者后批准的建设工程,应当符合先开工、已建成或者先批准的建设工程的安全防护要求。

2 风力发电设施对埋地天然气长输管道影响

风力发电设施对周边埋地天然气长输管道影响主要集中在两个方面,一是风力发电设施,如风力发电机组或集电线路杆塔发生倒塔事故所产生的冲击荷载将给埋地天然气长输管道造成不可估量的冲击和危害^[2];二是施工过程中各种重型机械对管道的碾压以及各项施工作业、物料不合理堆放对埋地天然气长输管道造成的影响。因此,在风力发电项目项目选址过程中需要重点关注项目拟选区域内是否存在埋地天然气长输管道。

3 风力发电机组倒塔事故案例

案例一:2025年2月6日夜间至7日凌晨,江苏某地一台高达120米的风力发电机在9级大风中倒塌。白色塔筒斜插湖岸,扇叶碎片散落湖面^[3]。

案例二:2018年3月初,山东省某风电场发生倒塔事故,轮毂高度达137米的维斯塔斯全钢标准锥形柔性塔筒V1102.0MW风机倒塌^[3]。

案例三:2025年11月9日,江西九江市都昌县一处大型风力发电机一片叶片断裂坠落,事发时,风力发电机正在运转,叶片主体和部分部件一同坠落。

案例四:2023年7月29日下午2时37分,安徽省某风力发电项目发生了一起风机倒塌事故。当时,正处于试运阶段的F12风机突然倾倒,F12风机的叶片及混塔段遭受了严重损毁。

4 风电机组对埋地天然气长输管道的影响

风力发电机组主要由塔筒、风轮、发电机、偏航系统、变桨系统等组成,存在的主要故障有:

4.1 塔筒坍塌

风机塔筒若存在材质、制造缺陷,造成塔筒的强度、刚度达不到有关标准的要求;风机塔筒在飓风或瞬时的强风作用下,有可能造成塔筒的坍塌事故。

4.2 叶片断裂

叶片断裂是致命性的,可以导致整台风机停止运行,断裂主要是由于振动引起的。叶片在空气动力、重力和离心力的作用下,振动形式有以下三种挥舞、摆振和扭转。挥舞是指叶片在垂直于旋转平面方向上的弯曲振动,摆振是叶片在旋转平面内的弯曲振动,扭转是指叶片绕其变距

轴的扭转振动。其中,挥舞和摆振是振动的主要形式。

摆振是造成叶片断裂的主要原因。在正常情况下,叶片在摆振方向受到扰动后的振幅比较小并且能够衰减,没能造成太大的危害。但在失速的情况下,叶片的气动阻尼超过结构阻尼,导致振动不能衰减而造成叶片断裂。一般风机叶片的气动特性如下:失速后,阻力系数增加,升力系数减少,当气动阻尼数值上大于结构阻尼,摆振就会发散,从而导致叶片断裂。

将风机失效模式分为四种:部分失稳破坏、局部破坏、螺栓节点破坏和基础破坏。不同的破坏形式对应的荷载特性不同,具体如下:

部分失稳:塔身中部发生破坏,风机构件砸在埋地管道上方,重量为倒塌塔身重量的部分,高度为塔高的部分高度处。

局部破坏:风机叶片或轮毂发生破坏,构件落在塔基础附近,对埋地管道影响较小,落在管道上方,对埋地管道影响较大。

螺栓点破坏:风塔重要受力部位由于应力集中较大,出现风机倒塌砸在埋地管道上方或附近。

基础破坏:基础破坏时,整座塔身倒塌,由于塔身长度较长,输电塔的某个区域砸在埋地管道上方部分失稳破坏的风机大部分发生中部失稳破坏,主要由于施工质量(安装工艺(天气状况以及火灾造成;局部破坏的风机主要发生风机叶片及轮毂损坏,主要由于普通损坏型、前缘腐蚀、前缘开裂、后缘损坏、叶根断裂、表面裂缝、雷击损坏等导致;螺栓节点破坏主要由于节点板弯曲变形和剪切破坏后将钢构件被折断,或螺栓强度较低造成;基础破坏将会导致整座风机倾倒,主要由于地基基础强度较低或岩溶采空以及设计施工不合理等地质灾害造成。

在四种风机破坏形式中,当风机出现基础破坏或部分失稳的情况下对管道的冲击影响大(倒塌冲击),局部破坏或螺栓点破坏时可能导致风机和叶片或者叶片直接破坏管道。埋地管道在土压力和冲击荷载下,可能产生较大幅度的变形,影响管道运行安全和使用寿命。

当叶片连同风机强冲击管道时,下侵力较大,将管道直接剪断,导致管路停滞,叶片单独冲击管道同样会导致管道剪断,容易造成天然气泄漏或火灾等事件,导致管道无法正常运行,对下游天然气用户的生产和生活造成不可估量的损失。

5 施工过程对埋地天然气长输管道的影响

天然气长输管道内充满了高压的介质,项目施工时,由于外力影响造成管道受损,致使内部介质泄漏,遇明火可能发生火灾、爆炸事故,从而造成人员伤亡和财产损失。下列因素造成管道泄漏甚至发生火灾、爆炸事故的主要因素。

(1) 管道安全距离内未经批准,有建筑施工、挖掘行为,对管道产生直接破坏行为,发生管道破裂。

(2) 项目施工过程中,施工重型机械挖掘机、打桩机及压路机等的使用,施工车辆的来往,都增加了管道附近地质震动频率和强度,从而增加了管道疲劳破坏的风险概率。

(3) 风机基础基坑开挖过程中如支护质量差或车辆碾压出现基坑坍塌,可能会引起周边土体产生位移,改变管道周围地质条件,破坏管道原有的稳定。

(4) 风机施工操作平台摆放风机部件、吊装车辆以及运输车辆,对管道周围的挤压,周边土体产生移动,破坏管道的稳定性。

(5) 风机吊装施工平台地基处理过程中,施工机械的振动引起管道附近土体振动造成管道疲劳,或将施工机械车辆停放在管道保护范围内,形成管道占压隐患。

(6) 风机施工平台与管道同侧,将会加大管道风险概率,机械设备违章侵入管道保护范围内,或大量物资堆放在管道周边,都会引起管道损坏。

(7) 该项目风机塔筒高度 160m,叶片直径 221m,风机高度较大,在风机吊装过程中受大风作用下可能失稳倒塌,威胁输气管道的安全。

(8) 管道周边风机吊装施工过程中,可能会出现对吊机操作不当或其它不可预知因素导致重物坠落,砸落管道保护范围内或管道上方,土体通过荷载传递,将力传递到管道上,可能造成管道的破损从而导致天然气泄漏甚至引发火灾爆炸事故。

(9) 施工前对施工机械设备检查不到位,吊装作业过程中出现吊车断臂,吊装物及吊车臂砸落在管道上方或管道附近,可能造成管道破坏引起泄漏。

(10) 吊车作业场地地基不稳或吊车在施工过程中失去重心而导致吊车倾覆,造成周边土体大面积位移,威胁到管道的稳定性,甚至可能会导致管道扭曲断裂,造成严重的后果。

(11) 管道两侧 5m 保护范围内堆土或堆放大宗物资会对原有管道产生侧向挤压,可能导致管道下沉或侧向水平移位,从而对管道产生破坏性影响,引发安全事故。

(12) 施工期间周边道路及施工便道在管道上方或跨越管道,由于车辆和重型机械运输产生的交变应力,会使得管道出现疲劳破坏。

(13) 挖掘机、渣土车、吊车等大型机械施工作业中,跨越管道行驶、管道周边行驶或占压管道,由于大型车辆、机械行驶产生的交变应力及振动,可能会使得管道出现疲劳破坏。

风力发电项目与油气管道的相互影响涉及多个方面,包括风力对管道的物理影响、管道对风电项目的潜在干扰,以及两者在土地利用和电网整合中的互动。以下从风力对油气管道的影响、油气管道对风力发电项目的影响、协同与冲突管理等方面进行分析。

6 结语

(1) 项目选址过程中应做好拟选场地范围内地下管道的探查工作,提前发现,在风电机组选点定位时充分考虑各项影响因素,避免因安全间距不足影响施工进度。

(2) 管道保护施工前,采取调查、勘察、核实等手段,详细了解施工过程对输气管道的影响情况,制定应对方案。施工单位在施工前应向管道管理单位提出施工申请,施工过程中应与管道单位充分沟通,详细了解管道周边情况,并请管道单位相关管理人员到现场,进行现场监督指导。

(3) 施工单位应当严格按照管道管理单位审批通过的设计和施工方案进行施工作业,并落实保障管道、管道附属设施质量和安全的防护措施。

(4) 项目运行过程中应针对风电机组与长输管道间距不足的问题,编制专项应急预案,定期开展协同应急演练,检验预案的可操作性,提升双方的协同处置能力。

(5) 加强风电场管理,严格落实日常风机机组巡检、监控,尤其是大风等特殊天气,加大风机状况的巡检、监控,发现异常情况应及时采取措施。

(6) 风电运行企业应与管道企业建立联合巡检机制。定期对风电机组与天然气长输管道进行巡查,检查管道标志桩、测试桩、警示牌是否完好,防护设施有无损坏。

(7) 运行过程利用技术手段提升风机监控能力,重点关注风机基础的沉降监测、应力应变监测设备等。

(8) 风电运行企业应履行管道保护义务,加强与管道运营单位对接,及时阻止危及该管段安全的违法施工作业行为,为管道巡线、检修等提供便利。

参考文献:

- [1] 李慧. 全球风电市场有望实现历史性增长[N]. 中国能源报, 2025-9-22(3).
- [2] 黄栋, 赵宇, 陈宇龙等. 云顶风电场风机倒塌对埋地管道的冲击影响[J]. 振动与冲击, 2018,37(8):125-131.
- [3] 风电行业事故案例[Z]. 互联网文档资源, 2025(<http://wenku.baidu.com>).

作者简介: 岳建霞(1981.05-), 女, 河北邢台人, 汉族, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 从事安全评价技术服务、应急管理咨询和应急预案评审等工作。