

# LNG 液化厂防爆电气设备全生命周期风险管理研究

吴晓宁\*

中海油安全技术服务有限公司, 天津 300452

\* 通信作者, wuxn6@cnooc.com.cn

收稿日期: 2016-11-15

**摘要** 随着我国 LNG 液化厂在沿海发达地区迅速扩张, 防爆电气设备的安全管理成为了新能源企业安全发展的重要环节。由于现场对防爆电气设备的管理还没有系统的指导意见, 对防爆电气设备的风险管理还存在很多问题。因此, 本文以气电集团新能源公司下属的 LNG 液化厂现场检查的问题为依据, 采用问题统计与定性分析相结合的方法, 通过不同角度对问题进行系统的分析。同时对问题所处的不同阶段进行分析, 真实反映现场防爆电气设备的现状与发展动态, 为防爆电气设备进行全方位全生命周期风险管理提供了科学的依据和指导。

**关键词** 防爆电气设备; 定性分析; 风险管理; 全生命周期; 风险分析

## 0 引言

随着国内新能源行业的迅速发展, LNG 液化厂的防爆电气设备的全生命周期的风险管理成为了企业安全管理的薄弱环节。为针对现场防爆电气设备的风险管理形成系统的指导意见, 笔者结合现场检查的防爆电气设备问题实际数据, 通过不同的角度进行对问题系统的分析<sup>[1]</sup>, 同时将现场问题所处的不同阶段进行分析, 对问题产生的原因进行深入剖析并给出相关的建议, 为企业的防爆电气风险管理开拓新的科学有效的识别与分析思路与方法。

## 1 防爆电气设备不同影响因素风险分析

本文针对防爆电气电气设备风险分析, 采用问题统计与定性分析<sup>[2-3]</sup>相结合的方法, 所有的问题数量都是基于现场专家检查的结果统计。在进行定性分析时, 通过咨询专家的意见, 将出现问题的原因进行深入而全面的分析, 为全面管理防爆电气设备<sup>[4-5]</sup>的失效风险

管理提供了参考意见。

本次统计问题设备 3 371 件, 发现问题数量 6 882 个。本文从问题类型、防爆型式、不同制造厂商等 7 个方面分别进行了统计分析, 具体分类情况及标准见表 1、表 2。

### 1.1 不同防爆型式问题分析

依据《GB3836.1-2010 爆炸性环境设备通用要求》中规定的防爆型式, 对防爆电气设备问题按产品防爆型式进行分类统计与分析, 见图 1。

通过对图 1 分析可得出:

1) 现场问题最多的防爆电器为隔爆型、本质安全型和增安型, 其中隔爆型产品在现场应用最多且问题最多, 也是最危险的防爆类型, 应当加强隔爆型防爆电气设备的安全管理;

2) 无法识别类型的设备主要是因为防爆设备无铭牌或铭牌上无防爆合格证, 其数量和比重很多, 给安装、使用、维护、检修等环节造成不便, 甚至引起错误的安装、维护和检修, 可能造成严重后果, 应当完

引用格式: 吴晓宁. LNG 液化厂防爆电气设备全生命周期风险管理研究. 石油科学通报, 2016, 03: 384-389

WU Xiaoning. Research into full life-cycle risk management of explosion-proof electrical equipment in LNG liquefaction plants. Petroleum Science Bulletin, 2016, 03: 384-389. doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2016.03.033

表 1 防爆电气设备问题系统分析表

Table 1 The system analysis of the explosion-proof electrical equipment problems

序号	问题类型	防爆型式	环境因素	设备质量	问题部位	产品证书
1	引入口问题	隔爆型	腐蚀	先天残次	隔爆面	未查到
2	接地问题	增安型	潮湿	安装损坏	引入装置	信息不符
3	使用维护不当	本质安全型	机械作用	设备自身结构不匹配	内部元件	有效
4	铭牌问题	正压型	化学作用	内部元件与箱体不匹配	外观	未见合格证号
5	电气整机防爆	胶封型	进水	铭牌信息与产品不符	紧固处	
6	普通电气设备用于防爆区域	无火花型	高温热源或低温冷源	维护不当导致质量下降	结构	
7	选型错误	无法识别			控制面板	
8	紧固件问题				接地处	
9	证书问题				不相关	
10	产品老化					
11	隔爆间隙超差					
12	假冒伪劣产品					
13	隔爆面锈蚀					
14	隔爆面有缺陷					
15	未经批准修改					

表 2 防爆电气设备问题数量统计表

Table 2 The quantity statistics of the explosion-proof electrical equipment problems

问题名称	数量/个	问题名称	数量/个	问题名称	数量/个	问题名称	数量/个
引入口问题	3 838	隔爆面锈蚀	37	潮湿	43	接地处	453
接地问题	1 220	隔爆面有缺陷	21	进水	36	外观	435
使用维护不当	519	未经批准修改	7	化学作用	7	紧固处	294
铭牌问题	484	隔爆型	2 709	高温热源或低温冷源	1	内部元件	220
电气整机防爆	154	本质安全型	1 399	先天残次	648	结构	116
普通电气设备用于防爆区域	144	增安型	252	维护不当	228	控制面板	61
选型错误	132	胶封型	23	铭牌信息与产品不符	116	不相关	90
紧固件问题	85	无火花型	3	安装损坏	82	无合格证号	4 041
证书问题	82	正压型	1	内部元件与箱体不匹配	32	有效	816
产品老化	73	无法识别	2 495	匹配度	23	信息不符	141
隔爆间隙超差	47	腐蚀	119	隔爆面	3 935	未查到	1 884
假冒伪劣产品	39	机械作用	107	引入装置	1 278		

善设备的铭牌。

## 1.2 不同环境因素问题分析

依据防爆电器设备现场工作环境、设备损坏原因分析及与当地地理位置环境相结合,对问题按环境影响因素进行分类统计。其中 6 569 个问题与环境因素

不相关,未纳入后续分析工作,可见环境因素对防爆电气设备的影响并非主要问题,问题分布情况见图 2。

通过对图 2 分析可得出:

1) 在环境因素中潮湿问题比较突出,主要是因为大部分液化站位于沿海地区,沿海地区空气潮湿且雨水较多,易加速设备腐蚀和老化;

2)机械作用对防爆电气设备影响突出主要是因为电器设备受振动源或外力作用影响,会造成螺栓螺钉等紧固件以及电缆引入装置部位的松动或断裂。

### 1.3 不同设备质量问题分析

根据防爆电器设备现状及管理经验,对问题按设备质量因素进行分类统计。其中5753个问题与质量因素不相关,未纳入后续分析工作,问题分布情况见图3。

通过对图3分析可得出:

- 1)设备质量对防爆电气设备问题的影响比例不大,但是后果很严重,直接影响防爆电气设备的防爆性能。
- 2)统计过程中,发现部分设备缺少应有配件或内部构件,或产品相关信息丢失问题,均列为先天残次,其致因虽无法直接判定为采购验收原因,但仍应引起注意。

### 1.4 不同设备部位问题分布分析

对防爆电气设备问题按设备问题出现部位进行分类统计。其中5753个问题与质量因素不相关,未纳入后续分析工作,问题分布情况见图4。

通过对图4分析可得出:

1)防爆电气设备出现问题最多的部位为引入装置和接地处,外观和紧固件次之,主要是安装与维修保养阶段出现的问题,所有要加强安装与维修保养阶段的安全管理;

2)不同部位问题造成的危险度不同,引入装置与隔爆面问题就是造成设备直接失去防爆完整性,所以要加强危险度大的问题部位的监督。

### 1.5 不同问题类型分析

根据防爆电器设备现状及管理经验,对问题按问题类型进行分类统计。根据已有信息,整理出15类防爆电气设备常见问题,具体问题分布情况见图5。

通过对图5分析可得出:

1)防爆电气设备问题主要为引入入口问题、接地问题、铭牌问题和使用维护不当问题,可见问题比较多的为防爆电气设备安装施工与现场维护保养不当,所以要加强普遍性问题的安全管理,减少现场防爆电气设备失效造成现场爆炸的危险;

2)对于那些出现概率较小但是危险度极高的问题,比如:隔爆面有缺陷、隔爆面间隙超差,应当从防爆

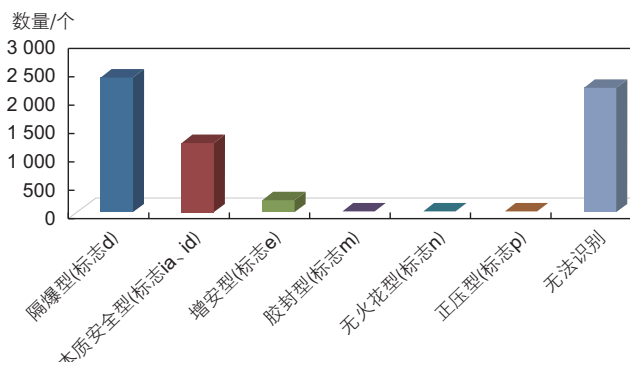


图1 不同防爆型式问题分布情况  
Fig.1 The distribution of different explosion proof types

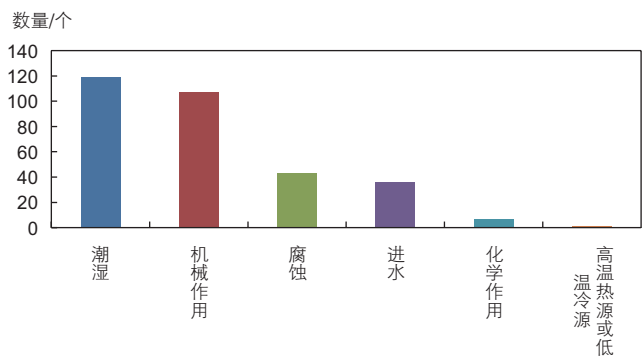


图2 不同环境因素问题分布情况  
Fig.2 The distribution of different environmental factors

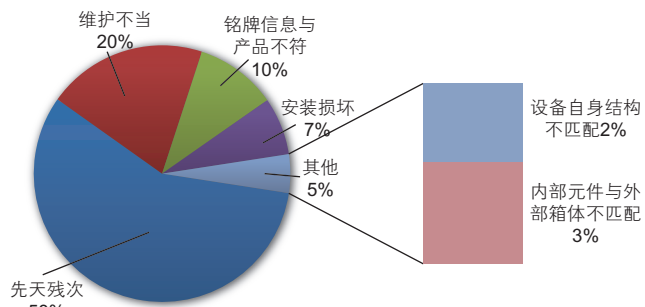


图3 不同设备质量问题分布情况  
Fig.3 The distribution of different equipment quality

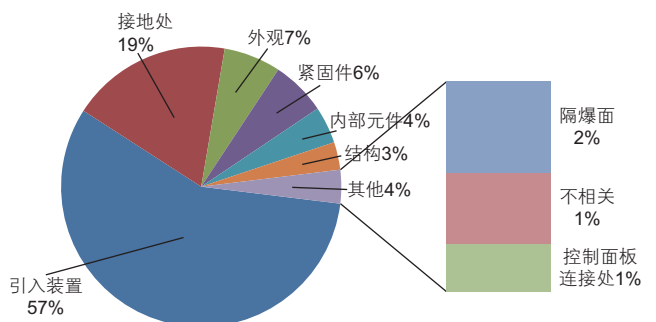


图4 不同设备部位问题分布情况  
Fig.4 The distribution of different equipment parts

电气设备的全生命周期每一个环节重点监管，增加设备的防爆安全性能。

### 1.6 不同制造厂商问题分析

对防爆电气设备问题所对应的制造或生产厂商进行分类统计。根据已有信息，整理出 171 家相关厂商，其中 10 余家厂商提供设备较多，同时问题亦较多，具体问题分布见图 6。

通过对图 6 分析可得出：在供货的厂家里，其主要出现的问题为安装问题、产品接地问题，此类问题

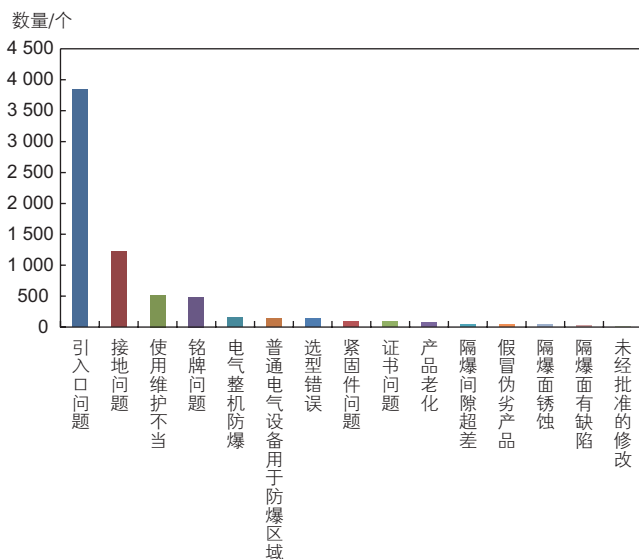


图 5 不同问题类型分布情况  
Fig. 5 The distribution of different types

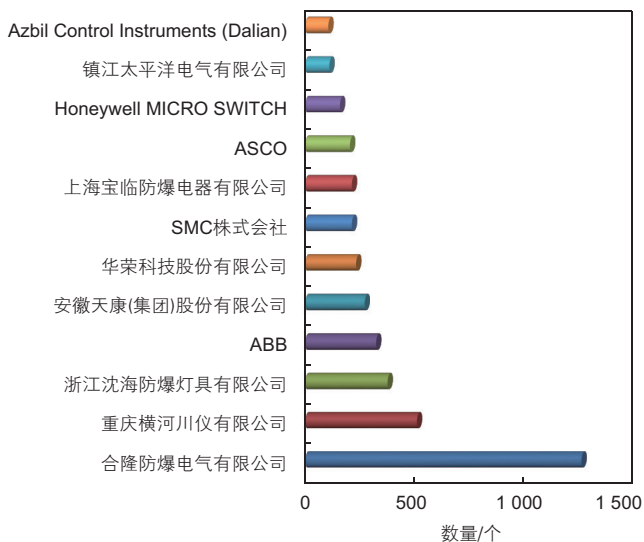


图 6 问题较多设备厂商分布情况  
Fig. 6 The distribution of the more problematic equipment manufacturers

应当加强施工管理与维护保养管理。有个别是产品质量问题，产品质量问题占据的百分比比较低，但是造成的后果就是防爆电气设备失效，危险度极大，此类问题应当杜绝。

### 1.7 产品证书问题分析

对防爆电气设备问题就日常管理中经常被忽视的证书问题进行分类统计，见图 7。

通过对图 7 分析可得出：现场检查的防爆电器设备以未见到合格证号和在网上未查到相关的设备合格证问题居多，未见合格证号多为产品资料不全、设备铭牌丢失所致。所以要加强防爆电气设备资料的管理，建立防爆电气设备台账，是全生命周期安全管理的重要环节。

## 2 防爆电气设备不同阶段的风险分析

笔者根据防爆电气设备问题出现时间，将问题按照防爆电气设备全生命周期的不同阶段进行划分，从而能更好的实现防爆电气设备的风险管理。按照设备全生命周期分为设计选型、采办、安装、维护保养、报废管理共 5 个阶段<sup>[6-7]</sup>，其问题数量分别为 87 个、265 个、5 887 个、592 个、51 个，具体分布见图 8 所示：

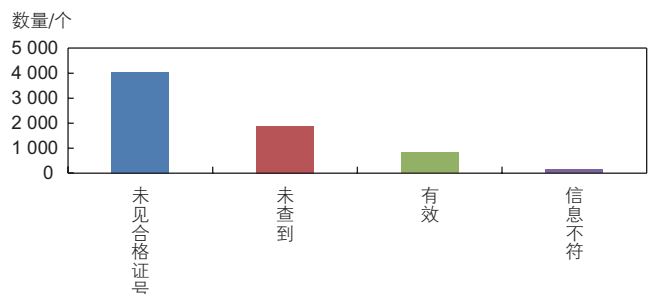


图 7 不同产品证书有效性问题分布情况  
Fig.7 The distribution of different product certificates validity

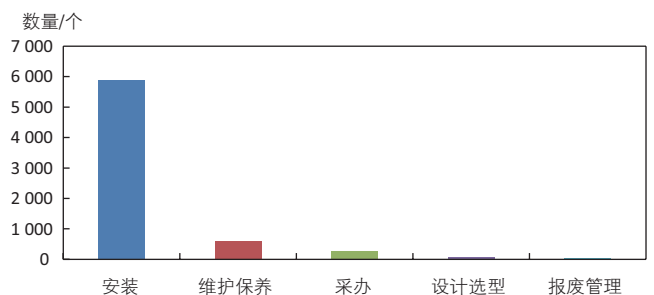


图 8 不同阶段问题分布情况  
Fig. 8 The distribution of different phases



由图8可得,安装阶段出现的问题最多,其次为使用维护、加工制造、采购、设计。从本质安全学的角度来管理,应该严格审查设计选型阶段的产品符合性,加强安装阶段的管理,杜绝采购阶段的不合格产品,增强维护保养阶段的管理,及时更换或维修报废的产品,将有效保证防爆电气设备的防爆安全性,延长设备使用寿命。

### 3 结论及建议

通过上述分析可知防爆电气设备全生命周期风险管理涉及的面比较广且复杂,在设备全生命周期内每一个环节都需要去做好风险把控,尤其是在采购、安装与维护保养环节。针对风险分析结果,对防爆电气设备防爆安全性的管理提出以下管理建议:

(1)建立及优化防爆电气管理制度,从防爆电气设备管理全生命周期的各个环节入手,针对企业设备特点及人员结构,建立相应的防爆电气管理制度,对已

有制度进行优化,确保防爆电气设备管理合法合规。

(2)设备管理人员能力建设,为各级各类从业人员提供足够的培训,提高从业人员在防爆电气设备选型、安装、使用、维护、检修及管理方面的水平。

(3)从企业角度整体把握防爆电气供应商的选取,严格审查承包商的资质,寻找具有防爆电气设备安装资质的承包商。

(4)从现场日常维护着手。制定防爆电气设备日常维护流程,严格按照流程维护保养现场防爆电气设备。及时更换新的合格的防爆电气设备或者维修达到设备防爆标准的状态。

(5)对于先天不合格产品,即普通电气设备用于防爆区域或假冒伪劣产品,应更换为各项技术指标符合防爆标准规定且经防爆认证的产品。

(6)引入口部位是问题集中区,与安装人员及验收人员标准不熟悉、不理解有直接关系,是现阶段迫切需要解决的问题,应引起足够重视。

### 参考文献

- [1] 张景林,崔国璋.安全系统工程[M].北京:煤炭工业出版社,2002. [ZHANG J L, CUI G Z. Safety system engineering[M]. Beijing: Coal Industry Press, 2002.]
- [2] 洪冶,蔡维由,乐振春.模糊故障树诊断及应用[J].武汉大学学报工学版,2001,34(1):93-94+105. [HONG Z, CAI W Y, LE Z C. Fuzzy fault tree diagnosis and application [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2001, 34(1): 93-94+105.]
- [3] 彭力,李发新,宁绪成,等.风险评价技术应用于实践[M].北京:石油工业出版社,2001. [PENG L, LI X F, NING X C, et al. Risk assessment technology is applied in practice[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.]
- [4] 《爆炸性环境第1部分:设备通用要求》GB3836.1-2010[S].北京:中国标准出版社,2010. [Explosive atmospheres Part1:Equipment-General requirements. GB3836.1-2010[S]. Beijing: China Standard Press, 2010.]
- [5] 《危险场所电气防爆安全规范》AQ3009—2007[S].北京:中国标准出版社,2007. [Safety criterion for electrical apparatus in hazardous areas. AQ3009—2007[S]. Beijing: China Standard Press, 2007.]
- [6] 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058-92[S].北京:中国标准出版社,1992. [Code for design of electrical installations in explosive atmospheres. GB50058-92[S]. Beijing: China Standard Press, 1992.]
- [7] 《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》GB50257-96[S].北京:中国标准出版社,1996. [Code for construction and acceptance of electric device for explosion atmospheres and fire hazard electrical equipment installation engineering. GB50257-96[S]. Beijing: China Standard Press, 1996.]

## Research into full life-cycle risk management of explosion-proof electrical equipment in LNG liquefaction plants

WU Xiaoning

CNOOC Safety Technology Service Co., Ltd, Tianjin 300452, China

**Abstract** With the rapid expansion of LNG liquefaction plants in developed coastal areas, safety management of explosion-proof electrical equipment is a key to secure development of such new energy enterprises. Due to the lack of systematic

guidance on the on-site management of explosion-proof electrical equipment, there are a lot of problems in the risk management of explosion-proof electrical equipment. Based on the on-site inspection results of a new energy company's LNG liquefaction plants of the CNOOC Gas & Power Group, we carried out systematic analysis of different aspects of these results by applying both problem statistics and qualitative methods. In order to reflect the present situation and the ongoing development of explosion-proof electrical equipment, problems are analyzed by dividing equipment full life-cycles into several different stages. This study can be referenced in the full life-cycle risk management of explosion-proof electrical equipment.

**Keywords** explosion-proof electrical equipment; qualitative analysis; risk management; full life-cycle; risk analysis

**doi:** 10.3969/j.issn.2096-1693.2016.03.033

(编辑 付娟娟)