

# 载运危险货物船舶电气关键技术要求分析

黄菲菲

(中国船级社审图中心, 上海 200135)

**摘要:** 根据《国际海运固体散货 (IMSBC) 规则》和《国际海运危险货物 (IMDG) 规则》的有关规定, 以及《国际海上人命安全公约》(SOLAS)、CCS《钢质海船入级规范》及国际电工技术委员会 IEC60092-506 的相关要求, 着重对危险区域划分的关键要点、以及船舶载运不同危险货物, 有关电气设备需采取不同安全措施的关键技术要求进行分析和阐述, 供船舶设计, 审图及发证参考。

**关键词:** 载运危险货物船舶; 扩大危险区域; 防爆电气设备; 切断方式

中图分类号: U692.1<sup>+</sup>1

文献标识码: C

文章编号: 1005-9962(2011) 04-0064-05

**Abstract:** Based on International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code, International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, the International Convention For The Safety Of Life At Sea (SOLAS), CCS Rules For Classification Of Sea-going Steel Ships and International Electrotechnical Commission IEC60092-506, this paper emphasizes on the key points in subdividing hazardous areas and elaborates the key technical requirements for ships carrying different dangerous goods to take safety measures to their relevant electrical equipments, so as to provide some reference for ship design, check of drawings and granting certificates.

**Key words:** ships carrying dangerous goods; extended hazardous area; explosion-proof electrical equipment; disconnection scheme

## 0 引言

随着世界经济和工业的发展, 国际贸易和运输也快速发展, 船舶载运危险货物的品种和数量逐年猛增, 对船舶安全营运和海洋环境保护带来了巨大风险, 同时也面临严峻挑战。为了提高海运危险货物的安全性, 国际海事组织和成员国海事主管机关以及航运业界高度重视, 积极采取相应措施对船舶载运危险货物加强管理。

国际海事组织(IMO)考虑到许多海运国家的惯例及程序, IMO 海上安全委员会 MSC.122(75)决议通过《国际海运危险货物规则》(简称《国际危规》), 并于 2004 年 1 月 1 日起强制实施。海安会又于 2008 年 5 月 16 日通过 MSC.262 (84)决议, 并通过第 34-08 版《国际危规》修正案, 已于 2010 年 1 月 1 日强制实施。此外, IMO 海上安全委员会 MSC.268(85)决议通过《国际海运固体散装货物 (IMSBC) 规则》, 并于 2011 年 1 月 1 日在 SOLAS 公约第 VI 章和 VII 章修正案生效时同时实施。

收稿日期: 2011-08-26

本文根据《国际海运固体散货 (IMSBC) 规则》<sup>[1]</sup>和《国际危规》<sup>[2]</sup>的有关规定, 以及《国际海上人命安全公约》(SOLAS)<sup>[3]</sup>和 CCS《钢质海船入级规范》<sup>[4]</sup>及国际电工委员会 (IEC60092-506) 的相关要求, 首先对载运不同危险品的货船的危险区域划分进行分类说明及划分要点总结, 其次对船舶载运不同危险货物, 有关电气设备需采取不同安全措施的技术要求进行解释分析, 最终总结出便于船舶设计, 审图及发证参考的关键技术要点。

## 1 危险货物分类

在《国际危规》中, 对于符合其规定的物质和物品, 按照所呈现的危险性或最主要的危险特性分为第 1-9 类。按照《国际海运固体散货 (IMSBC) 规则》, 将化学性质或特性在运输期间可能具有危害的固体散货归入 B 组, 这些物质中有些归类为危险货物, 有些为仅在散装时有危害的物质 (MHB)。

根据 CCS《钢质海船入级规范》及 IEC60092-506 规定, 须对电气设备采取安全措施的危险货物包含以下几类:

**作者简介:** 黄菲菲, 女, 工程师, 1978 年生。2000 年天津大学电力系统及其自动化专业毕业。现从事船舶电气审图。

### 1.1 有包装的危险货物

须对电气设备采取安全措施的有包装的危险货物，包括《国际危规》中的以下类别货品<sup>[3]</sup>：

- 1) 1.1 类：具有整体爆炸危险的物质和货品；
- 2) 1.2 类：具有抛射危险但无整体爆炸危险的物质和物品；
- 3) 1.3 类：具有燃烧危险和较小爆炸或较小抛射危险或同时具有此两种危险，但无整体爆炸危险的物质和货品；
- 4) 1.5 类：具有整体爆炸危险的很不敏感物质；
- 5) 1.6 类：无整体爆炸危险的极度不敏感物质；
- 6) 第 2.1 类：压缩、液化或加压溶解的所有易燃气体；
- 7) 第 3.1, 3.2 类：闪点（闭杯试验）低于 23℃ 的所有易燃液体；
- 8) 第 6.1 类：闪点（闭杯试验）低于 23℃ 的所有有毒物质；
- 9) 第 8 类：闪点（闭杯试验）低于 23℃ 的所有腐蚀性液体。

### 1.2 散装固体危险货物

须对电气设备采取安全措施的散装固体危险货物，包括《国际危规》中的以下类别货品<sup>[3]</sup>：

- 1) 第 4.1 类：易燃固体、自反应物质和退敏爆炸品；
- 2) 第 4.2 类：易自燃物质；
- 3) 第 4.3 类：遇水放出易燃气体的物质；
- 4) 第 5.1 类：氧化物质；
- 5) 第 9 类：杂类危险物质和物品，经验已经表明或可能表明按其危险性质应采用本节规定的任何其他物质，《国际海运固体散货（IMSBC）规则》的 B 组危险货物中，须对电气设备采取安全措施的货物类别同本条上述类别及 MHB。

6) 仅在散装时具有危险的物质（MHB）：系指在散装载运时可能具有化学危害的物质，但在《国际危规》中归入危险货物类别的物质除外。

## 2 危险区域划分的设计和审图要点

危险区域划分要求仅对载运《国际危规》和《国际海运固体散货（IMSBC）规则》中的危险货物（包含 MHB）的船舶。

### 2.1 危险区域分类

根据 CCS《钢质海船入级规范》及 IEC60092-506 规定，危险区域分为危险区和扩大危

险区<sup>[5]</sup>。

1) 危险区：在正常工作状态下可能出现爆炸性环境的区域或处所；

2) 扩大危险区：在正常工作状态下不太可能出现爆炸性环境，即使出现也仅仅是偶然的和短时间的区域或处所。

### 2.2 危险区和扩大危险区的划分

在 CCS《钢质海船入级规范》第 4 篇第 2 章第 18 节中，对载运有包装的 1 类爆炸品（在配装组 S 中的 1.4 类爆炸品除外）、只产生爆炸性粉尘环境的散装固体危险货物、闪点低于 23℃ 有包装的易燃液体、运散装固体危险货物和 MHB 这 4 大类不同类别危险货物的危险区域进行了划分<sup>[4]</sup>。

### 2.3 设计和审图要点

虽然 CCS《钢质海船入级规范》对载运不同类别危险货物船舶的危险区域作了明确划分，但实际设计和审图过程中，仍会遇到一些具体问题，此外，《国际海运固体散装货物（IMSBC）规则》对某些货品载运的特殊要求或国际船级社联合会（IACS UI）的统一解释，也将影响危险区域的划分。为了便于理解规范条文，结合送审设计的实际情况，总结危险区域划分要点如下：

1) 对于仅申请“散装固体货物证书”的船舶，且载运《国际海运固体散装货物（IMSBC）规则》中未要求设置机械通风的货品，危险区及扩大危险区的划分应满足“只载运散装固体危险货物和 MHB”的要求。但离危险区自然通风口周围 1.5m 范围内的露天甲板区域，或露天甲板上的半围壁处所不作为危险区。上述区域之外 1.5m 范围的露天或半围蔽处所也不作为扩大危险区；

2) 对于申请“危险品适装证书(CFD)”或申请“散装固体货物证书”的船舶，且载运《国际海运固体散货（IMSBC）规则》中要求设置机械通风的货品，危险区及扩大危险区的划分应满足上述 2.2 要求。需特别注意：

(1) 离危险区任何排风口（这里指机械通风）周围 1.5m 范围内的露天甲板区域，或者露天甲板上的半围蔽处所为危险区，上述区域之外 1.5m 范围的露天或半围蔽处所作为扩大危险区；

(2) 对于主甲板上设有甲板室的船舶，甲板室内如有开口通向危险区，且无防止易燃气体进入该处所的适当措施，则该甲板室亦为危险区。除非上述开口设有自闭气密门，且有自然通风，则上述甲

板室可为扩大危险区, 见图 1。

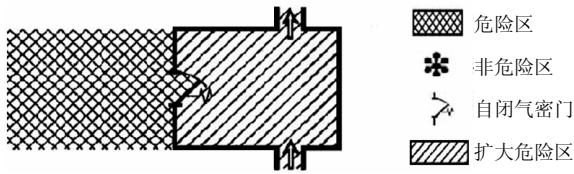


图 1 危险区-扩大危险区

(3) 对于主甲板上设有甲板室的船舶, 甲板室内如有开口通向扩大危险区, 且无防止易燃气体进入该处所的适当措施, 则该甲板室亦为扩大危险区。除非上述开口设有自闭气密门, 且有自然通风, 则上述甲板室可为非危险区, 见图 2。

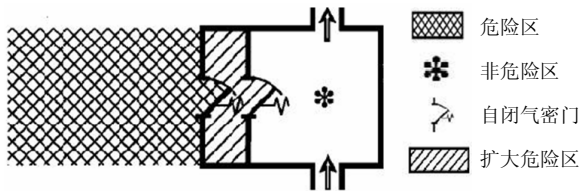


图 2 危险区-扩大危险区-非危险区

(4) 当甲板室通向危险区开口设有舱口盖, 如该舱口盖为气密(水密可认为气密), 且载运危险货物期间保持关闭, 则上述甲板室可为非危险区。

3) 对于申请“危险品适装证书(CFD)”的船舶, 根据国际船级社联合会 IACS UI SC79 解释, 拟载运 SOLAS II-2/19 规定的危险货物、涉及运用 SOLAS II-2/19.3.2 条时, 存放带有法兰、阀门、泵的管路的封闭处所(例如管弄、舱底泵舱等)应作为一个扩大的危险区, 除非具有满足 IEC60092-506 第 7 项要求的正压保护<sup>[6]</sup>。若设计方拟通过设置“正压保护”的方式替代设置上述扩大危险区, 则 IEC60092-506 第 7 项的要求应得到满足, 特别注意以下要求:

(1) 须确认管弄或舱底泵舱通风应为机械通风(送风机), 正压保护失压应能立即恢复, 并须满足 IEC60092-506 第 7 项正压通风的相关要求。

(2) 有开口通向相邻危险区域的正压区域, 可不作为危险区域的其他条件: 在正压保护失压时, 在“有人驾驶/有人操纵”的位置(如驾驶室)设置视觉和听觉报警, 且设自闭气密门(开口朝向正压区域), 见图 3。

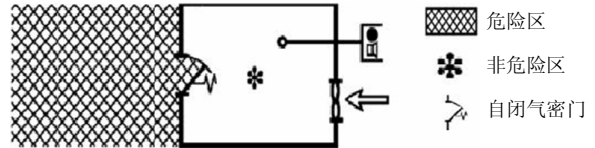


图 3 危险区-非危险区

(3) 如正压不能马上恢复或积聚的可燃气体上升到危险浓度应能切断用电设备。

### 3 危险区域内电气设备的设计和审图要点

#### 3.1 一般要求

在 CCS《钢质海船入级规范》第 4 篇第 2 章第 18 节中, 对载运 4 大类不同类别危险货物的船舶危险区域内电气设备要求进行了阐述。此外还指出, 在危险区域中仅可安装船舶安全与营运所必不可少的电气设备, 所安装和使用的电气设备的防爆性能应适合于所载运货物的特性<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 载运不同危险货物的特殊规定

在《国际海运固体散装货物(IMSBC)规则》中, 每一危险货物的装载要求比较分散, 为了便于设计和审图, 对 IMSBC 规则中各种不同危险货物装载处所内的电气设备配置的特殊要求归纳如下:

1) 如未获得拟载运的货物特性的详细资料, 或者船舶拟载运 1 类、2.1 类、3.1 类、3.2 类、6.1 类、8 类、4.1 类、4.2 类、4.3 类、5.1 类、9 类、MHB 的所有货物, 则可安装在危险区域中的电气设备应符合下列规定<sup>[4]</sup>:

外壳防护等级	IP65
最高表面温度	85℃
防爆类别	IIC
温度组别	T6

2) 对拟装载 IMSBC 规则附录 1 中 C 类货物的船舶, C 类货物中硝酸铵基化肥(无危害)要求货物在船上期间, 货物处所内所有电气设备除经认可的本质安全型外, 应用适宜方式(除保险丝外)在货物处所外部的位罝将其电源切断<sup>[1]</sup>。如货物处所内的电气设备不能满足上述要求, 则硝酸铵基化肥(无危害)不能载运;

3) 对拟装载 IMSBC 规则附录 1 中 5.1 类的硝酸铵(UN1942), 硝酸铵基化肥(UN2067), 硝酸铵基化肥(UN2071) 货物, 电气设备要求同上, 否则不能装运;

4) 对拟装载 IMSBC 规则附录 1 中要求强制机械通风的如下货品, 货舱风机电机必须选用合格防爆型设备, 且防爆级别和温度组别应满足所载运货品的最高防爆要求。不允许采用切断电路的替代方法来满足。此外, 需特别注意载运硅铁时, 货物处所应至少由两部独立的风机进行通风。风机应为防爆型, 其布置应使逸出的气体流与电缆和电器组件隔离。具体的 10 种货品名称为:

硅铁铝粉末 (UN1395)

无涂层硅铝粉 (UN1398)

铝熔炼副产品或铝再熔炼副产品 (UN3170)

磷铁合金(包括砖块形) (MHB)

硅铁, 硅含量 25% 至 30%, 或硅含量 90% 或以上(包括砖块形) (UN1408)

硅铁, 硅含量 30% 或以上, 但小于 90%(包括砖块形) (UN1408)

种子饼 (UN2217)

含植物油种子饼 (b) (UN1386)

硅锰合金 (低碳)(具有已知危险特性或已知会释放气体)(硅含量 25% 及以上) (MHB)

锌灰 (UN1435)

5) 对拟装载 IMSBC 规则附录 1 中的煤, 由于煤为 MHB 货品, 并可能散发易燃气体甲烷, 应注意货物处所内电气设备应能在爆炸性空气中安全使用或完全隔离, 并满足 CCS《钢质海船入级规范》第 4 篇第 2 章第 18 节表 2.18.5.2 中的相关要求。当托运人已告知货物易散发甲烷或货物处所空气的分析表明甲烷含量超过爆炸下限 (LEL) 20% 时, 船长应确保定期监测贮藏室、木工间、过道、隧道等封闭处所是否存在甲烷。这类处所应充分通风而且系机械通风, 并应使用能在爆炸性空气中安全使用的设备;

6) 对于拟装载 IMSBC 规则中部分货品, 如硅铁 (UN1408)、种子饼 (UN2217)、含植物油种子饼 (b) (UN1386)、硫磺 (UN1350), 货物处所内不适合在爆炸性空气中使用的设备的电路应通过拆除该系统中的电气连接加以隔离 (不包括拆除保险丝)。

### 3.3 设计和审图要点

虽然 CCS《钢质海船入级规范》第 4 篇第 2 章第 18 节中对危险区域内的电气设备的具体要求已通过表格形式明确, 但实际设计和审图过程中, 仍会遇到一些具体问题, 结合设计和审图实际, 将具体技术要求进行总结, 通过案例分析来了解某些安

全措施的局限性, 有助于设计方案的选择, 准确提供审图意见。

1) 危险区内的电气设备应选用合格适宜防爆电气设备, 外壳防护等级一般至少为 IP55。货物危险区内所安装的电气设备的防爆级别和温度组别应满足所载运货品的最高防爆要求。非适宜防爆型电气设备应避免开设在危险区内, 否则应采取如下切断方式 (如适用): 应有防止未经批准的再次接通的保护。该项关断应在危险区域之外进行, 且一般应采用隔离开关或可锁定的开关实施。

2) 如所载运的货物不包括氢气、氢气混合物以及在一定条件下可能产生氢气的散装货物, 则 CCS《钢质海船入级规范》第 4 篇第 2 章第 18 节表 2.18.4.3 的防爆类别可为 IIB<sup>[4]</sup>。

3) 载运不同危险货物时, 电气设备如不能选择适宜防爆型设备, 则需采用 3.2 条特殊规定中的几种切断电路方式, 以防止产生爆炸危险。当载运的货品中涉及不同切断要求的货品, 应按最安全的切断要求设计, 可采用下列方案之一:

(1) 货物处所内所有电气设备选择本质安全型, 并满足载运货品的最高防爆要求。

(2) 货物处所内部分电气设备选择本质安全型, 并满足载运货品的最高防爆要求。在切断电路方式可行的条件下, 其余电气设备通过拆除该系统中的电气连接加以隔离 (不包括拆除保险丝), 即完全断开方式。

(3) 其余电气设备选择其他适宜防爆型 (并满足载运货品的最高防爆要求), 且在切断电路方式可行的条件下, 同时用适宜方式 (除保险丝外) 在货物处所外部的的位置将其电源切断。

(4) 货物处所内全部电气设备选择非本质安全型, 但适宜防爆型 (并满足载运货品的最高防爆要求), 且在切断电路方式可行的条件下, 同时用适宜方式 (除保险丝外) 在货物处所外部的的位置将其电源切断。

(5) 在切断电路方式可行的条件下, 货物处所内全部电气设备通过拆除该系统中的电气连接加以隔离 (不包括拆除保险丝), 即完全断开方式。

4) 电气设备采用切断方式的局限:

(1) 在正常航行载货期间, 船舶某些电气系统的设备是不允许切断的, 例如: 公约要求某些船舶配备的货舱进水报警系统等测量装置。

(2) 在正常航行载货期间, 上述特殊要求中的 10 种货品, 需强制机械通风, 则货舱风机电机不允

许采用切断电路的替代方法来满足危险区域电气设备的要求。

5) 电缆安装应满足如下要求:

(1) 电缆均应是铠装的或者应具有编织的屏蔽层, 否则应敷设在金属管道中, 但扩大危险区可以除外。

(2) 装货处所中应尽可能避免电缆接头, 如不可避免, 则接头应围蔽在防爆的金属或高强度塑料制成的接线盒中, 或者将其密封在波纹套筒中。

(3) 除扩大危险区以外, 甲板和舱壁上的电缆贯穿应是密封的, 以防止易燃气体或蒸气透过。

6) 危险区域内的可携电气设备要求: 如为船舶营运必须在危险区域内使用可携电气设备, 则应采用适合于该危险区域中使用的合格防爆电气设备, 且除本质安全电路外, 一般应自带电源。

## 4 结语

本文在总结归纳《国际海运固体散货 (IMSBC)

规则》,《国际海运危险货物 (IMDG) 规则》及 CCS《钢质海船入级规范》中关于危险区域划分和危险区域内电气设备配置的相关要求的基础上, 结合设计和审图实例, 提出了关于上述两方面的设计和审图要点, 便于船舶设计, 审图及发证参考。

### 【参 考 文 献】

- [1] 国际海事组织. 国际海运固体散货规则 (IMSBC) [S]. 2008.
- [2] 国际海事组织. 国际海运危险货物规则 (IMDG) [S]. 2008.
- [3] 国际海事组织. 国际海上人命安全公约 (SOLAS)[S]. 2009.
- [4] 中国船级社. 钢质海船入级规范[S]. 2009.
- [5] IEC 60092-506, Electrical installations in ships - Part 506: Special features - Ships carrying specific dangerous goods and materials hazardous only in bulk[S]. 2003.
- [6] IACS UI SC79. Certified Safe Type Electrical Equipment for Ships Carrying Dangerous Goods[S]. 2006.

(上接第58页)

不燃性	符合 IMO.FTPC Part1/ IMO.A799(19)的规定
底层材料 (岩棉板):	
密度/kg/m <sup>3</sup>	140±10
不燃性	符合 IMO.FTPC Part1/ IMO.A799(19)的规定
整体结构:	
耐火型	符合 IMO.FTPC Part3/ IMO.A754 的规定
隔声绝缘/隔噪标准	符合 IMO.A468(12)的 规定
单位面积重量/kg	TX-2 型: 38 TX-3 型: 39.5

## 4 产品的经济性

按照 LNG 船的使用面积计算, 用于防火的岩棉总用量约为 38.5t/船, 进口价格 (到岸价) 应在人民币 10000 元/t 左右。耐火岩棉材料国产化, 在不考虑研制费用的前提下 (该费用将在前两条船中消化) 预计其销售价格为人民币 6000 元/t (包含运输, 表面敷设材料) 可节约人民币 154000 元, 甲板敷料全船用量约为 582m<sup>2</sup>, 进口价格约 100 美元/m<sup>2</sup>,

国产的预计销售价格为人民币 150 元/m<sup>2</sup>, 每船可节约人民币 393432 元, 总共节约人民币 547432 元。

## 5 结语

LNG 船用绝缘材料和甲板敷料材料的研制最终获得了成功, 经实船应用<sup>[4]</sup>, 100kg/m<sup>3</sup> 容重的岩棉较之玻璃棉及陶瓷棉其通用性更好。而 TX-2 型浮动地板的隔声性能经同济大学噪声与振动工程中心测试, 隔声指数达到了 42.4dB(A), 其综合性能比 A60 级防火陶瓷棉耐火型浮动地板的防火、隔热、隔声性能均有改善, 并具有更广泛的用途。目前, 这 2 种耐火材料也已被大量应用于在建船舶上。

### 【参 考 文 献】

- [1] 石明伟, 张天财, 齐 曦. 海洋平台防火材料的应用技术[J]. 上海造船, 2010, (1): 63-65.
- [2] IMO. International Code for Application of Fire Test Procedures(FTP) Part1[S].
- [3] IMO. International Code for Application of Fire Test Procedures(FTP) Part3[S].
- [4] 陈建国, 楼丹平, 张丽萍. LNG船建造技术的消化吸收与自主创新[J]. 上海造船, 2010, (1): 22-24.