文章编号：2095-3747（2022）-04-0001-05

船舶二氧化碳灭火系统工作原理与事故预防措施

冯德银

（青岛远洋船员职业学院职业培训分院，山东 青岛 266427）

摘 要：船舶二氧化碳灭火系统是船舶重要应急设备，是船舶发生大型火灾时最有效的应急措施，但时常会因船员不熟悉其工作原理，或日常管理、操作测试不当，而发生一些意外伤亡事故。防范二氧化碳误释放从而避免人员伤亡事故是一项系统性综合工作。在二氧化碳灭火系统的技术把控环节中，不仅要通过培训和演习等措施来提高船员的业务能力，也需要制造商、主管机关、船级社等各方在设计生产检验方面把关，把误操作的可能性降到最低。

关键词：二氧化碳灭火系统；　工作原理；　事故预防

中图分类号：U675　　文献标识码：A

引言

目前船舶配备的固定灭火系统中，主流仍然是高压二氧化碳灭火系统。该系统工作可靠，储存运输方便，对船舶机器处所和货物处所灭火效果良好。但时常会因船员对二氧化碳系统工作原理不了解，操作程序不熟练，或发生特殊状况时应急处置不正确，而发生一些意外事故。

案例一：2019 年 5 月 25 日，某散货船 J 轮在西霞口船厂接受船舶法定检验期间，按照船级社的要求，船长安排三副到二氧化碳钢瓶间抄写二氧化碳钢瓶有关参数。三副在攀附二氧化碳钢瓶查看时，意外触碰开启了一个钢瓶的瓶头阀，导致该瓶内二氧化碳气体进入管道。为防止管道内的二氧化碳气体进入机舱，三副通过微信向二氧化碳系统检修公司专业人员询问处置办法，试图将管道内的二氧化碳气体泄放掉，但操作过程中又误触开启了增压阀，导致管道内压力气体打开了通往机舱的总阀和其他二氧化碳钢瓶的瓶头阀，致使大量二氧化碳气体释放进入机舱。最终造成 10 人死亡、19 人受伤的特大事故。

案例二：2021 年 9 月 27 日，巴拿马籍 S 轮在长涂一船厂出坞准备开航。船长根据船级社要求指示船员进行二氧化碳系统警报测试。测试过程中一处报警器不发声音。调试船员在检查过程中误碰释放开关，导致系统释放二氧化碳到机舱，最终造成 3 人死亡、2 人受伤的重大事故。

1 船舶二氧化碳灭火系统组成及工作原理

船舶二氧化碳系统主要由气瓶组、启动装置、分配阀、系统专用管路和喷嘴等组成（如图 1）。目前船舶采用的控制方式主要是气动方式，即通过启动控制箱内启动钢瓶气体去触发集合管路主阀和钢瓶组上的瓶头阀。如气动方式启动失败，也可以手动打开相关阀门并开启钢瓶组瓶头阀进行启动。

船舶二氧化碳系统主要部件工作原理如下。

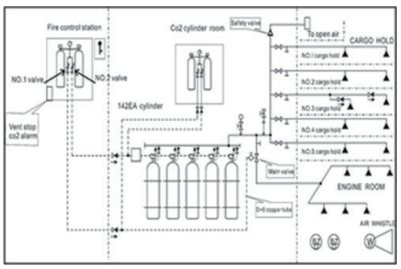


图 1 船舶二氧化碳系统布置图

收稿日期：2022—05—16

作者简介：冯德银（1982— ），男，工程师

1.1 瓶头阀

瓶头阀是该系统非常重要的部件。瓶头阀的工作原理直接关系到整个系统的操作流程，并且大部分船舶二氧化碳事故都和瓶头阀有关。瓶头阀种类繁多，目前常用的有 A 型瓶头阀和 B 型瓶头阀两种类型。

A 型瓶头阀工作原理：通过启动气体顶出气动活塞或通过手动扳动启动手柄，解除对瓶头阀阀芯的控制，阀芯在钢瓶 CO_2 压力下上移，钢瓶内 CO_2 即可从出口流出。从图 2 和图 3 可以看出不论通过气动启动还是手动启动，该瓶头阀保险销均需要提前拔下，以确保系统立即可用。

B 型瓶头阀工作原理：通过启动气体推动驱动头内部活塞或手动扳动启动手柄推动内部活塞，让其驱动主阀体阀芯，钢瓶内 CO_2 即可从出口流出。注意，此类型阀需要持续驱动力，一旦外部驱动力消除，主阀体会在弹簧的作用下自动关闭（见图 4– 图 7）。B 型瓶头阀只有在手动启动时才需要拔除保险销，在气动启动时，无需拔除保险销。此类型瓶头阀一般都和增压阀配合使用。在气动启动失败后，只需要拔掉任一个保险销，手动释放一瓶二氧化碳气体，通过增压阀就可以达到启动所有气瓶。

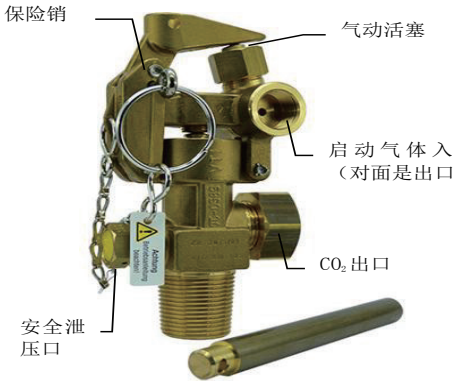


图 2　A 型瓶头阀正常位置

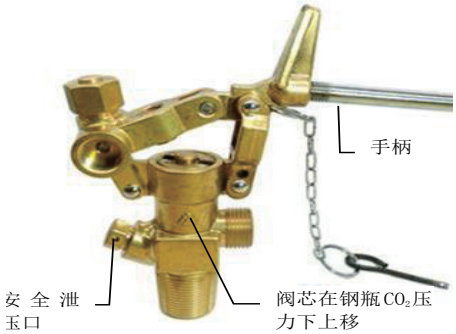


图 3　A 型瓶头阀打开位置

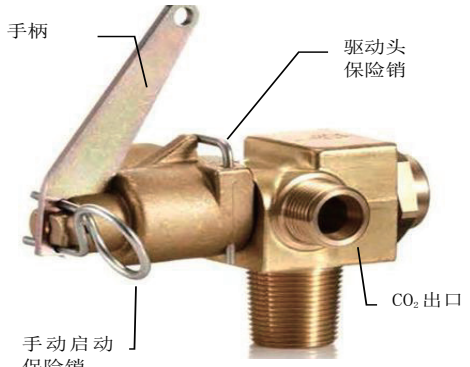


图 4 B 型瓶头阀正常位置

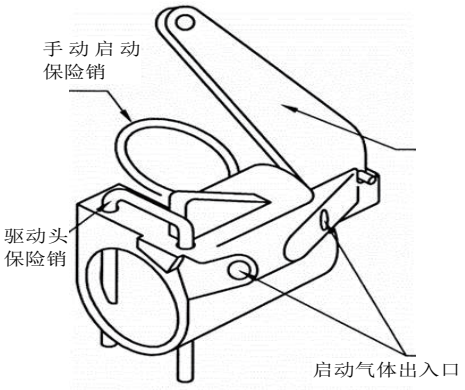


图 5 B 型瓶头阀驱动头

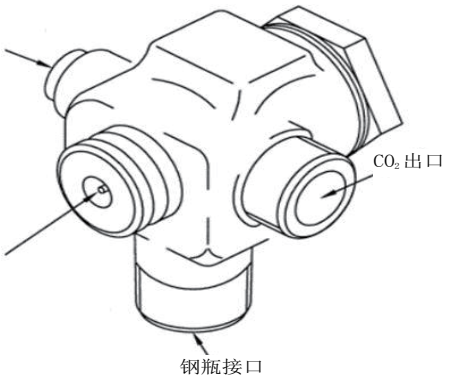


图 6 B 型瓶头阀主阀体 1

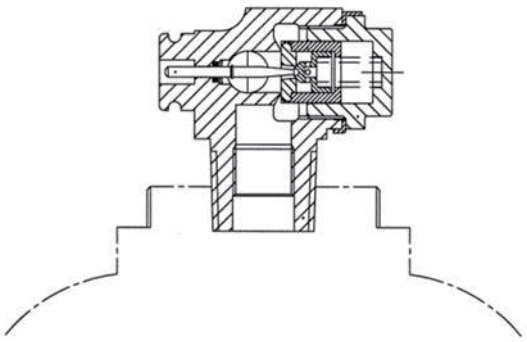


图 7 B 型瓶头阀主阀体 2

1.2 集合管路主阀

一般在通往机舱的管路上设置自动启动主阀，货舱（如配备二氧化碳系统）一般采用手动阀。主阀工作原理：通过启动气体推动活塞解除主阀阀芯控制装置，使阀芯处于自有状态。这样当集合管路有气体压力时，推动阀芯进入保护处所。当气动启动失败也可以通过手动方式来解除主阀阀芯控制装置（见图 8）。

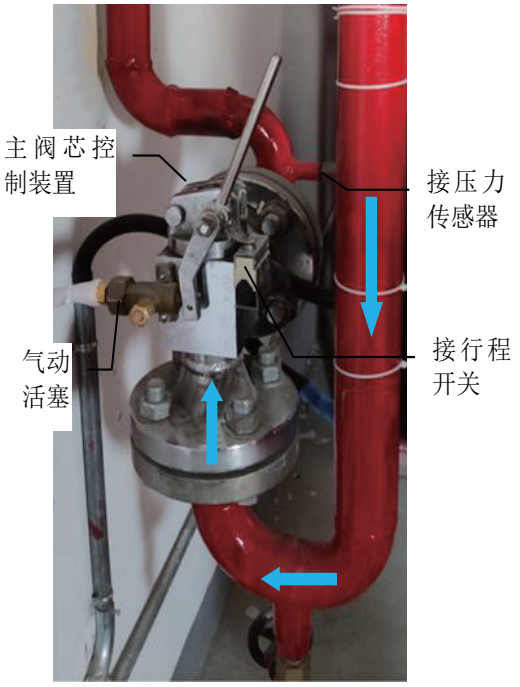


图 8 集合管路主阀

1.3 控制箱、报警面板

控制箱一般设置在两个不同的位置，通常一个设置在二氧化碳间，另一个设置在驾驶台或消防站。其主要作用是通过释放启动钢瓶气体分别到达集合管路主阀和二氧化碳钢瓶组瓶头阀，并触发其打开，顺利完成该系统释放。

FSS CODE Chapter 5, Paragraph 2.2.2.1 要求如下：two separate ontrols shall be provided for releasing carbon dioxide into a protected space and to ensure the activation of the alarm. One control shall be used for opening the valve of the piping which conveys the gas into the protected space and a second control shall be used to discharge the gas from its storage containers. Positive means shall be provided so they can only be operated in that order;

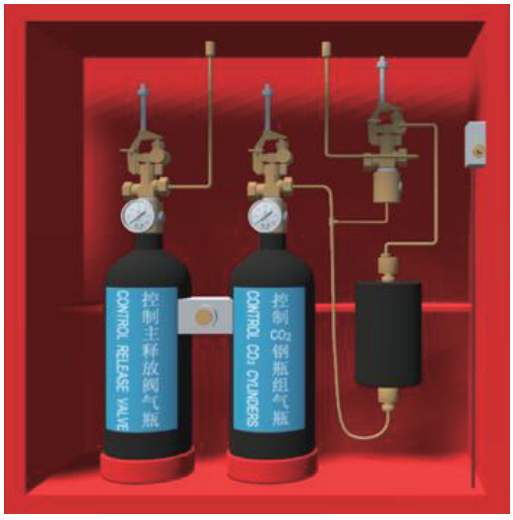


图 9 控制箱 1

从图 9 可以看出，左侧启动气瓶是控制集合管路主阀的，右侧气瓶是控制二氧化碳钢瓶组瓶头阀。虽然钢瓶上明确标明每个气瓶的作用，但是在紧急情况下仍然存在操作顺序错误的可能。



图 10 控制箱 2

为了防止操作人员操作失误，IACS ui-sc252 中已经给出明确解释：The “positive means” referred to in 2.2.2.1 for the correct sequential operation of the controls, is to be achieved by a mechanical and/or electrical interlock that does not depend on any operational procedure to achieve the correct sequence of operation. 该解释要求 2012 年 7 月 1 日以后建造的船舶应满足上述要求，即两个控制阀具有连锁结构。为了满足解释要求，目前

主流控制箱（如图 10 所示）在未打开左侧控制阀开关阀 1（控制集合管路主阀）的情况下，右侧控制阀开关阀 2（控制钢瓶组瓶头阀）是无法打开的，并且两个钢瓶气体可以共用。通往钢瓶组瓶头阀的启动管路仍然需要设置延时器（不得少于 20s）。现在船舶一般设置电子延时器居多。

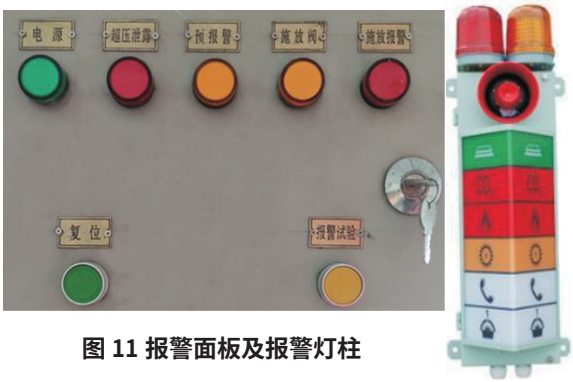


图 11 报警面板及报警灯柱

报警面板（图 11）主要功能是提示系统工作状态并给出声响和视觉警示。一般主要有四类报警：一是预报警。一般此类报警行程开关与控制箱门联动。只要打开控制箱门，该报警即动作。同时报警信号也传给机舱报警灯柱。二是释放阀报警。该报警动作证明集合管路上主阀已经打开。三是释放报警。该报警动作说明主阀后通往保护处所的管路内有气体压力，二氧化碳气体已经开始进入保护处所。四是超压泄露报警。此报警只针对瓶头阀的安全泄压口装设专用集合管路引至开敞甲板的船舶。部分船级社对此项不要求。如钢瓶存放处所具有良好通风并能保证室温不超过 45℃时可免除。

2 船舶二氧化碳灭火系统意外释放事故原因分析

从二氧化碳灭火系统原理可以看出，二氧化碳气体想要释放到保护处所，集合管路上主阀或货舱分配阀和钢瓶组瓶头阀必须同时打开。这种情况在正常状态下很难发生。即使由于船舶颠簸、瓶头阀故障或人为意外触碰某一钢瓶二氧化碳意外释放，此时因主阀或分配阀处于关闭状态，二氧化碳气体也不会进入保护处所。

统计各类事故案例分析，事故发生一般有两种可能：一是主阀状态不对，没有处于关闭位置，一旦瓶头阀人为误操作或故障问题自动释放，二氧化碳气体就会进入保护处所。此时因二氧化碳气体较少一般问题不大。二是二氧化碳系统设置了增压阀（见图 12）并处于开启状态。增压阀作用是防止气动启动失败或气动启动压力不够而从集合管路上引流气体进入启动管路，来达到紧急情况下快速启动。引言中 J 轮的事故就是典型案例。

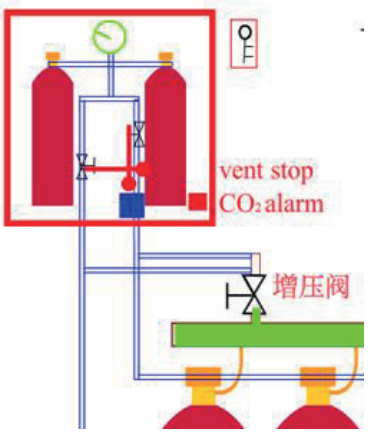


图 12 增压阀示意图

3 船舶二氧化碳灭火系统意外释放事故预防措施

3.1 加强培训和演习

船上在组织培训时，务必要仔细研读说明书洞悉二氧化碳灭火系统各部件工作原理，千万不可根据经验来进行操作测试。每次演习可在船长、轮机长和大副参与监督下进行多次模拟操作，让相关船员熟悉操作流程。并模拟假设各种可能误操作，并给予针对性的应对措施。

3.2 按要求正确检查维护保养

除按要求请岸上专业机构进行检验外，船舶日常检查要确保各管路、阀门处于良好状态并确保位置正确。瓶头阀上保险销应根据其工作原理确定是否需要拔除，上述 A 型瓶头阀需要拔除，但 B 型瓶头阀不需要拔除。系统设置增压阀时，应格外注意，正常情况下增压阀应处于关闭状态。

3.3 建议将更多报警传感信号接入机舱灯柱

目前很多船舶机舱二氧化碳报警灯柱信号只接入二氧化碳预报警信号，即只要打开控制箱机舱就会发出报警，可以让机舱工作人员更早地采取行动。但若不是通过控制箱启动的释放，机舱不会发出报警（上述案例中 J 轮就是在没有打开控制箱的情况下意外释放到机舱的，此时机舱并未发出二氧化碳释放报警）。建议将释放阀报警信号和释放报警信号都接入机舱报警灯柱（CO_2

报警）。这样可以避免意外释放不报警。

3.4 建议在主阀附近增加手动球阀

现场检查检验人员一旦误操作导致意外释放，现场人员根本无法采取有效应急措施。主阀阀芯受到高压二氧化碳压力，手动根本无法复位。如在主阀附近增加一个手动球阀（保持活络并常开），不管何种原因导致意外释放，现场人员能够第一时间通过关闭手动球阀阻止大量气体进入保护处所（机舱）。按照 FSS 规则要求，两分钟内 85% 的气量要能进入保护处所。如能在 10S 内关闭该手动阀，基本可以避免重大事故发生。

3.5 对货舱释放二氧化碳意外事故预防

如果对货舱释放二氧化碳，操作人员应手动打开相应货舱分配阀。当船舶配备图 10 所示的控制箱时，操作人员按正常程序操作，机舱主阀就会被打开，二氧化碳会同时进入货舱和机舱，不仅造成二氧化碳进入货舱量少，影响灭火效果，同时也会造成机舱意外事故。因此，此时一定要通过手动释放钢瓶组瓶头阀。

4 结束语

船舶二氧化碳灭火系统是船舶重要应急设备，是船舶发生大型火灾的最有效应急措施。但因船员不熟悉其工作原理，或日常管理、操作测试不当，经常会发生一些意外伤亡事故。防范二氧化碳误释放从而避免人员伤亡事故是一项系统性综合工作。在二氧化碳灭火系统的技术把控环节中，不仅要通过培训和演习等措施来提高船员的业务能力，也需要制造商、主管机关、船级社等各方在设计生产检验方面把关，把误操作的可能性降到最低。各单位应该各司其职，严格把关，相互协作，确保船舶二氧化碳灭火系统的安全稳定可靠。

Working Principle and Accident Prevention Measures of Ship CO_2 Fire Extinguishing System

FENG De—yin

（School of Vocational Training , Qingdao Ocean Shipping Mariners College, Qingdao266427, China）

Abstract: Ship carbon dioxide extinguishing system is an important emergency equipment, is the most effective emergency measure. However, because the crew is not familiar with its working principle, or daily management, operation test, some accidental casualties often occur. How to prevent carbon dioxide release is a systematic and comprehensive work. In the technical control of the carbon dioxide fire extinguishing system, it is not only necessary to improve the business ability of the crew through training and exercises, but also need the manufacturers, the competent authorities, the classification society and other parties to check the design and production inspection, so as to minimize the possibility of misoperation.

Key words: carbon dioxide fire extinguishing system; working principle; accident prevention.