



热压铁块协会 (HBIA) 编制



# 高水份直接还原铁铁粉 处理、海运及储存指南 (最佳方案)



HOT BRIQUETTED IRON ASSOCIATION  
出版单位：热压铁块协会 (HBIA)

版权归热压铁块协会所有，未征得版权拥有者书面同意，本指南的任何部分不得以任何方式进行引用或复制。

国际标准书号 ISBN0-615-33698-5

出版时间：2009 年

印刷和装帧：美国

## 声 明

本指南所提供的资料仅为一般性信息，在未经资质人员进行独立检测和确认后，不得擅自实施任何操作。任何擅自操作造成的危险及后果自行负责。

## 致 谢

热压铁块协会衷心感谢协会技术委员会主席 Oscar Dam 博士和 Complejo Siderúrgico de Guayana (COMSIGUA) 公司销售采购部副经理 Ido Gibellini 先生为本指南筹备资料。

本指南中有关的实验模型建立、进行试验及数据整理工作得到了以下公司和同仁们的协助，他们是：

COMSIGUA, C. A. 公司  
技术部经理: Gilbert Chun Taite  
质量工程师: Walter Herrera

ORINOCO IRON S. C. S. 公司  
质量检测实验室经理: Ernesto Nuñez  
高级实验室分析师: Ender Jaimes

加拿大 DIPROINDUCA 公司  
Oswaldo Maitas

特立尼达和多巴哥 NU-IRON 公司  
常务董事、总经理: Lester L. Hart  
物流部经理: Leslie Keen  
物流部经理: Ronnie Dabideen  
材料部: Nigel Noel

特立尼达和多巴哥 ARCELOR MITTAL 公司  
技术与客户总经理: Feeraz Ali

Orinoco Cargo and Marine Surveyor C. A. 公司  
主管: Joseba Benguria

为本指南编纂作出贡献的还包括：  
国际海事组织（IMO）委内瑞拉常驻代表 Luis Alejandro Ojeda Perez 船长

热压铁块协会的生产企业会员单位：

- COMSIGUA C. A.

- CVG Ferrominera Orinoco
- JSC Lebedinsky GOK
- MATESI S. A.
- Orinoco Iron S. C. S.
- VENPRECAR C. A.

热压铁块协会的流通企业会员单位:

- Diproinduca Canada Limited

Sermaven C. A. 公司主管 Pedro Salas

在热压铁块及其副产品质量保证、产品应用、处理、运输及储存领域的专家还包括:

- Atilio Lares
- Celis Mundarain
- Jose Castillo
- Wilfredo Rivas
- Cesar Leyva
- Alexander Gonzalez
- Francisco Ascanio
- Felix Moya
- Mervin Colina
- Alexis Bocarruido

委内瑞拉 Bolivar 省圣费利克斯 Palúa 港口总经理: Wilfredo Urbaz (Cap.)

委内瑞拉 Bolivar 省圭亚那城前港务局长: Reinier Rojas Esaa

直接还原技术先驱: Ralph Smailer 和 Roy Whipp

推进本指南编纂工作落实而进行指导及支持者: Alberto Hassan

编辑与校对工作: Frank Griscom

行政助理: Dilenys Segovia 和 Osmarys Dam

## 出版说明

本指南所述产品为生产和处理 DRI (A) 和 DRI (B) 过程中自然生成的直接还原铁粉, 其水份含量可高达 12%。指南中论述的机械通风法已被证实为 DRI 运输过程中最为安全的通风方法。指南中所介绍的案例主要来源于委内瑞拉和特立尼达两国的生产与运输企业在实际操作、分析、调研与统计方面的资料。

国际海事组织 2009 年版的《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》中所列并确认的直接还原铁 (C) 铁粉规程, 其中要求该货物运输时的水份含量应小于 0.3%。但通常, 直接还原铁 DRI (C) 的水份是高于这一水平的。

因此, 在运输水份较高的直接还原铁粉时, 所涉及的所有企业及人员均应充分认识到: 《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》自 2011 年 1 月 1 日起, 已是强制性执行标准, 即其第 1.5 节的规定必须强制执行。在符合第 1.5 节的规定前提下, 这样的海运货物可获得船旗国政府主管部门签发的免除证书, 即其有效性和安全性被证实基本达到 IMSBC Code 规范的要求方可放行。而船旗国政府主管部门、卸货港口和航船之间必须签署接收免除证书协议。

本指南的目的是提供一套高水份 DRI 铁粉 ( $\leq 12\%$ ) 在处理、海运及储存过程中的现行有效的操作规程, 有助于航运公司如何正确遵守《海上人身安全公约 (SOLAS)》, 为船长、发货方和租船者提供正确、全面的操作信息。挑战或质疑《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》中有关直接还原铁 (C) 铁粉的相关条款规定, 并非是本指南出版者或其会员公司的目的。

## 前 言

本热压铁块协会（HBIA）的职责目标：

- 推动热压铁块工艺成为钢铁金属行业中的最广泛通用工艺之一。
- 为发货方、租船者和最终操作人员提供一套处理、运输及储存热压铁块的最佳方法。

- 协助钢铁企业有效使用热压铁块。

因此，本热压铁块协会发起组织编制《直接还原铁和热压铁块使用、运输、处理和储存指南》，为相关企业的人身与设备安全保驾护航。

本指南共分六章：

第一章 定义

第二章 直接还原铁产品特性

第三章 直接还原铁粉装货规程

第四章 直接还原铁粉海运规程

第五章 直接还原铁粉内陆运输、处理及储存

第六章 应急措施

本指南中实际操作案例提供者包括：委内瑞拉 DRI、HBI 生产企业，特立尼达和多巴哥共和国 DRI 生产企业和 DRI 出口贸易商，他们在生产、应用和出口方面有着超过 35 年以上的实际工作经验。本指南所举实验案例出自公认的实验室或由船运保险机构推荐。

这些实际工作经验的许多内容已经收录入国际海事组织（IMO）出版的新编《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》中，同时亦收录入《美国海岸警卫队船运细则》这些文献中。

《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》中包括的产品品种有：DRI（A）-块状、热模铸的，DRI（B）-块、颗粒和冷模铸，DRI（C）-粉末。本指南论述对象主要为 DRI（C），水份含量 $\leq 12\%$ ，是直接还原铁国际海运中的代表性产品。

我们衷心希望本指南中所介绍的 DRI（C）产品在安全处理、运输及储存方面的有关内容能对读者提供有用的信息、有所补益及帮助。



热压铁块协会主席 Alberto Hassan

## 序 言

目前被普遍接受的有关直接还原铁其物理和化学性能方面的知识主要来源于 20 世纪 70 年代该行业的经验，这些知识为现在正在使用的各种编制成文的规范和具体操作方法提供了参考的基础。

尽管已经有了丰富的知识，但对这些产品在安全处理、运输与储存过程中应使用何正确方法和技术方面的知识及认可还是略显欠缺，同时还包括水份高达 12% 时，直接还原铁铁粉有关安全方面的成文规定。

国际海事组织（IMO）出版的《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》中论述的直接还原铁产品品种有 3 类：DRI（A）块状、热铸的；DRI（B）块、颗粒和冷模铸；DRI（C）铁粉。

这些产品事实上都是经过加工而成的产品，因此基本上都遵循其天然特性，即具有相同的性能。然而在生产、处理，运输和储存过程中会涉及“人为”因素，而这些因素正是要强调的，因为只有正确利用人的因素，才可以顺利操控直接还原产品，使其呈现出目标要求的状态。

在过去 35 年，关于直接还原产品已经发生了许多事故。这些事故大多是在处理、运输及储存中的粗心和疏忽所致。只要人们按照正确的步骤操作，事实上大多数事故是可以避免的。

换言之，只要充分认识、理解并控制某个时段的危险因素，大部分事故都可避免。

本指南搜集了 35 年来基于经验方面积累的知识，并以实际操作中容易引用和理解的方式表达出来。我们期望凡从事直接还原铁铁粉处理、运输及储存的公司及个人均可以通过学习本指南，对直接还原铁铁粉特性有更加深入的了解，并能在实际操作中知道如何解决问题或降低风险。

最后，我们完全能按照《国际海上人身安全公约（SOLAS）》、新版《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》和《散货船安全装卸操作规范（BLU Code）》的有关精神，来负责地进行具体实施。

Oscar Dam G.博士

伦敦大学，帝国学院

# 目 录

第一部分 .....	
第一章 定义 .....	- 1 -
1.1 《散货船安全装卸操作规范 (BLU Code)》 .....	- 1 -
1.2 应急措施 .....	- 1 -
1.3 应急计划 .....	- 1 -
1.4 直接还原原料 .....	- 1 -
1.5 直接还原铁 (DRI) .....	- 1 -
1.6 直接还原铁 (A) .....	- 1 -
1.7 直接还原铁 (B) .....	- 1 -
1.8 直接还原铁 (C) 铁粉 .....	- 1 -
1.9 高水份直接还原铁铁粉 (以下简称为直接还原铁铁粉) .....	- 1 -
1.10 危险环境 .....	- 2 -
1.11 热压铁块 (HBI) .....	- 2 -
1.12 吸湿性货物 .....	- 2 -
1.13 燃点 .....	- 3 -
1.14 《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》 .....	- 3 -
1.15 惰性气体 .....	- 3 -
1.16 惰性环境 .....	- 3 -
1.17 惰化 .....	- 3 -
1.18 除气 .....	- 3 -
1.19 过热 .....	- 3 -
1.20 热压铁屑 .....	- 3 -
1.21 钝化 (自然通风) .....	- 3 -
1.22 自燃 .....	- 3 -
1.23 反应性 .....	- 4 -
1.24 风险及后果 .....	- 4 -
1.25 蒸发 .....	- 4 -
1.26 冷凝 .....	- 4 -
第二章 直接还原产品的特性 .....	- 5 -
2.1 直接还原铁生产 .....	- 5 -
2.2 直接还原铁产品分类 (根据《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》) .....	- 6 -
2.3 直接还原铁反应性 .....	- 6 -
2.4 直接还原铁反应阶段 .....	- 6 -

2.5 危险源.....	- 8 -
--------------	-------

## 第二部分.....

<b>第三章 直接还原铁铁粉装货规程</b> .....	- 10 -
3.1 船舶确认.....	- 10 -
3.2 装运港货物处理和储存.....	- 14 -
3.3 装货前工作及船舶检验.....	- 16 -
3.4 货物相关文件.....	- 17 -
3.5 装货程序.....	- 17 -
3.6 货物顶部覆盖作业.....	- 20 -
<b>第四章 直接还原铁铁粉海运规程</b> .....	- 21 -
4.1 安全总则.....	- 21 -
4.2 通风.....	- 21 -
4.3 例行检查.....	- 23 -
4.4 监控.....	- 23 -
4.5 海水侵入货舱.....	- 24 -
<b>第五章 直接还原铁铁粉内陆运输、处理及储存</b> .....	- 25 -
5.1 直接还原铁铁粉卸货与作业设备.....	- 25 -
5.2 驳船运输.....	- 26 -
5.3 汽车运输和铁路运输.....	- 26 -
5.4 堆场储存.....	- 27 -
5.5 底舱和隔舱储存.....	- 27 -

## 第三部分.....

<b>第六章 应急措施</b> .....	- 29 -
6.1 储存和装货作业期间.....	- 29 -
6.2 航行期间.....	- 30 -
6.3 卸货期间应急措施.....	- 30 -
6.4 氢气应急措施.....	- 32 -

## 第四部分.....

<b>第七章 参考书目</b> .....	- 34 -
<b>第八章 参考文献</b> .....	- 35 -

附件1 《国际海运固体散货规范》之直接还原铁（C）粉末操作

（注：本指南中所讲直接还原铁铁粉，在水份含量和装货方法上和该表中所讲的有所不同）

附件2 高水份直接还原铁铁粉安全系数表

附件 3 2005 年 5 月至 2009 年 3 月委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥共和国直接还原铁粉货运总结概要（内容见国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十四次会议（IMO DSC 14）编制的《委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥岛的玻利瓦尔共和国提交的关于高水份（含水量 $\leq 12\%$ ）直接还原铁粉货运的数据、信息及经验报告》）。

附件 4 2005 年 5 月~2009 年 3 月在采用机械通风条件下，委内瑞拉、特立尼达和多巴哥共和国直接还原铁粉装船海运安全指数（内容见国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十四次会议（IMO DSC 14）编制的《委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥岛的玻利瓦尔共和国提交的关于高水份（含水量 $\leq 12\%$ ）直接还原铁粉货运的数据、信息及经验报告》）。

# 第一部分

## 第一章 定义

本章着重对直接还原铁在其处理、运输及储存过程中，此类产品名称及其方法/操作规程方面的专业技术术语作出明确定义，以免引起歧义。

### 1.1 《散货船安全装卸操作规范（BLU Code）》

由国际海事组织（IMO）制定的固体散装货物装货和卸货国际性安全操作规范。

### 1.2 应急措施

考虑并应急存在危险情况可能性时所做的预防措施（潜在危险）。

### 1.3 应急计划

考虑并应急存在危险情况可能性时所做的预防措施（潜在危险）的一整套具体执行机制（可付之实施）。

### 1.4 直接还原原料

**1.4.1 球团矿（直接还原用）：**在高温约 1360℃~1400℃情况下，将铁粉造球而成。通常品位为 66%~67%，球团粒度的直径多为 9mm~16mm。

**1.4.2 块矿（直接还原用）：**自然开采的块状铁矿，代表粒度为 9mm~25mm，品位 63%~65%。

**1.4.3 粉矿：**自然开采或从原矿筛选而产生的粉状铁矿，分为造球粉矿和烧结粉矿。造球粉矿粒度 0~12mm，在流化床中通过直接还原工艺生成。

### 1.5 直接还原铁（DRI）

直接还原铁是球团、块矿和粉矿在温度高于 900℃时经过直接还原（脱氧）工艺得到的产品。还原后，产品含铁量增加了，而矿中其他氧化物依然保持其原有的自然状态。

国际海事组织描述的直接还原铁品种包括：DRI（A）-块状、热铸的；DRI（B）-块、颗粒和冷模砖；DRI（C）-粉末。含水量为≤0.3%。

### 1.6 直接还原铁（A）

按国际海事组织分类定义的热压铁块（HBI），见第 1.11 节定义。

### 1.7 直接还原铁（B）

按国际海事组织分类定义的球团和块状直接还原铁，见第 1.5 节定义。

### 1.8 直接还原铁（C）铁粉

按国际海事组织分类定义的直接还原铁铁粉和在生产与加工 DRI（A）和 DRI（B）过程中产生的其他副产品，见第 1.9 节定义。

### 1.9 高水份直接还原铁铁粉（以下简称为直接还原铁铁粉）

生产和加工直接还原铁（A）与直接还原铁（B）时产生的粒度较小的副产品。直接还原铁铁粉密度小于 5000kg/m<sup>3</sup>。直接还原铁铁粉其含水量一般大于 0.3%，并可高达 12%。由此可见，直接还原铁铁粉与直接还原铁（C）铁粉虽外形相似，但含水量

不同，因此直接还原铁粉不在《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》货物清单内。

直接还原原料粒度大小介于 0~12mm 不等，金属铁含量 1.0%~75%不等，水份大于 0.3%，甚至可高达 12%。

人们有时制备一些混合粉矿，因其水份会加速自然钝化的过程，混合粉矿的含铁量与烧结用铁矿相似。

交易时所说的直接还原铁粉名称迥异，包括 HBI Fines, Orinoco Remet, Orinoco Concentrate, Settling Pond Fines, Quench Tank Fines, Metallized Fines, Remet, Process Fines, Sedimentation Fines, Chips 等，根据加工工艺或来源不同而有所不同。

直接还原铁粉的主要特性见下表。

直接还原铁粉主要的化学和物理性能		
特性	DRI (A)	DRI (B)
金属铁	1~75%	1~75%
粒度	≤12mm	≤12mm
水份	>0.3~12%	>0.3~12%
老化	最少 30 天	最少 30 天
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1850~3300	1850~3300
堆装系数	0.3~0.54	0.3~0.54
全铁	68~90	68~90
碳	0.2~2.0	0.2~2.5
磷	0.07~0.1	0.03~0.1
硫	0.01~0.03	0.01~0.03
脉石	4.5~6.0	4.5~6.5
<b>代表粒度规格:</b>		
>12mm	最大 6%	最大 6%
>6.35mm	10~20%	10~20%
<6.35mm	90~80%	90~80%

#### 1.10 危险环境

直接还原铁 (A)、(B)、(C) 和直接还原铁粉既不是惰性材料，也不是易燃材料。如果不采取正当的预防措施，亦有可能会发生一些危险情况，比如过热或氢气析出。

#### 1.11 热压铁块 (HBI)

热压铁块是直接还原铁在 650℃ 时压缩而成的密度大于 5.0 克/立方厘米 (g/cm<sup>3</sup>) 的产品。其高密度和枕状形状使其在处理、运输、储存及溶解过程中具有优势。

#### 1.12 吸湿性货物

这类货物与空气接触会吸收水份。(摘自: North England P & I Association Ltd.)

北英格兰 P&I 协会出版的《Cargo Ventilation 货物通风》)。

#### 1.13 燃点

在 150℃~230℃ 范围，直接还原铁 (A)、(B)、(C) 和直接还原铁铁粉有可能会发生燃烧。

#### 1.14 《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》

由国际海事组织制定的 2009 年版《国际海运固体散货规范》包含详细的干散货和危险品运输的规范。新版取代了 2004 年版的《干散货运输规范 (BC Code)》，并于 2011 年 1 月 1 日开始正式实施。

#### 1.15 惰性气体

惰性气体是一种气体，比如氮气，或几种气体混合而成的。这类气体含氧量少，无法使可燃气体助燃。

#### 1.16 惰性环境

大气中添加惰性气体后，其含氧量降低到 5% 或以下。这种环境称为惰性环境。

#### 1.17 惰化

为营造惰性环境在船舱中添加惰性气体的过程称为惰化，见第 1.16 节。

#### 1.18 除气

向货舱内添加新鲜空气，以去除有毒、易燃和惰性气体并使含氧量增加至 21% 的操作过程称为除气。

#### 1.19 过热

当直接还原铁 (A) 和 (B) 堆在一起而温度超过 150℃ 时的状态称为过热。这时应将直接还原铁摊开，让其自然散热，而不应在冒热气的产品上浇水。

#### 1.20 热压铁屑

在加工、处理或筛选直接还原铁 (A) 过程中产生的粒度在 6mm~25mm 的铁屑。通常粒度大于 25mm 者可以直接运输。在国际海事组织的有关规定中，粉矿和粒度 < 6.35mm 的铁屑在整个航运货物中的比例不得超过 5%。

#### 1.21 钝化 (自然通风)

直接还原铁 (A) 和 (B) 在还原炉或压块机中取出后，通过随后的淬火或空冷时与氧发生反应，这种工艺过程称为钝化。直接还原铁 (A) 的钝化温度大约是 44℃ 左右，而直接还原铁 (B) 的钝化温度低于 100℃。

新生产的直接还原铁成品堆在仓库场地中允许与空气中的氧发生反应。大约 5 天后，直接还原铁 (A) 和 (B) 可能会冒热气。如果天气情况为经常暴雨的话，则需定时 (或每天) 测量温度。

就直接还原铁 (C) 和直接还原铁铁粉来说，可以允许其在 30~120 天内空气中自然地钝化。

#### 1.22 自燃

定义：一是自燃；二是产品相互刮擦或与钢材碰撞时发出火花。直接还原铁本质上不是自燃物。

### 1.23 反应性

任何直接还原铁与空气中或水中的氧发生反应时形成氧化铁的自然趋势过程。空气中的氧对铁的侵蚀损耗还是比较缓慢的。然而水中的氧则会加速氧化反应过程并会释放氢气。这种现象在直接还原铁产品碰到海水时，其反应尤为明显。

### 1.24 风险及后果

在处理、运输及储存 DRI (A)、DRI (B)、DRI (C) 和直接还原铁铁粉时，疏忽大意地操作有可能造成以下后果：

- 人身伤害
- 环境破坏
- 产品质量受损
- 对船舶、设施和设备等带来损坏

### 1.25 蒸发

直接还原铁严重受潮时产生的冒气现象。原因在于直接还原铁在再氧化过程中产生的热会使水发生蒸发，这些水蒸气再散发到大气环境中。

### 1.26 冷凝

船舱中货物或钢结构上都会形成的冷凝液体。（摘自：North England P&I Association Ltd. 北英格兰 P&I 协会出版的《Cargo Ventilation 货物通风》）。

## 第二章 直接还原产品的特性

### 2.1 直接还原铁生产

各种类型的直接还原铁既可采用竖炉工艺来生产,亦可采用流化床工艺来生产。竖炉生产工艺所使用的原料是 100%的球团矿或球团矿加块矿的混合物。流化床生产所使用的原料则为粉矿(粒度 $\leq 12\text{mm}$ )。直接还原铁和热压铁块,其含碳量为 1.5~2.0%,还原温度大约 900℃。直接还原铁的出炉温度大约为 40℃,而热压铁块经过淬火/冷却后的温度小于 100℃。

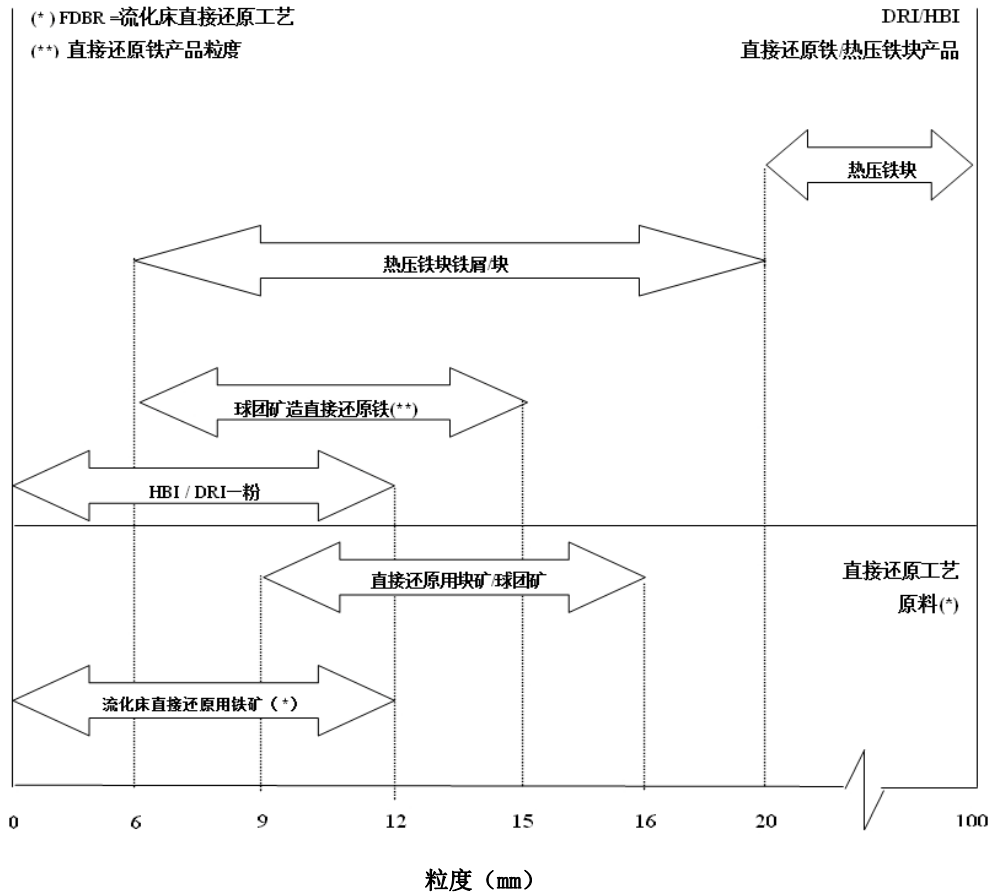


图 1 直接还原工艺及产品粒度范围

球团矿/块矿和粉矿在还原过程中,通过研磨、爆裂及剪切挤压等方式,使其发生了物理分解。这样就将原来的入炉料变成了小颗粒的原料( $< 6.35\text{mm}$ ),我们称之为直接还原粉。

当然亦可用 DRI (A) 和 DRI (B) 作为原料,通过加工处理和筛选来生产直接还原粉。粒度大小配比取决于原料,而最大粒度则可达 12mm (见图 1)。

所有直接还原成品在暂时储存在仓库内或者装船出发前均应通过自然通风进行

钝化。一般需要经过 30~120 天的自然通风，才能完成钝化过程，在自然通风期间，直接还原铁粉应每 1000 吨组成一个小堆，粉堆的高度最高为 3 米，粉堆温度不得超过 65℃。直接还原铁粉应用遮盖物盖住，以避免过量的水份渗入。

## 2.2 直接还原铁产品分类（根据《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》）

按国际海事组织（IMO）制定的《国际海运固体散货规范(IMSBC Code)》，直接还原铁（DRI）分类为：DRI（A）-块状，热铸的；DRI（B）-块，颗粒和冷模砖；DRI（C）-粉末（水份<0.3%。冷模砖是指在低于 650℃温度下形成的密度小于 5000kg/m<sup>3</sup>的铁块。而直接还原铁粉的水份大于 0.3%，最高可达 12%，因此直接还原铁粉不在《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》货物列表里。

## 2.3 直接还原铁反应性<sup>(2, 3, 4)</sup>

众所周知，直接还原产品其反应性是和氧密不可分的。在直接还原铁早期出口阶段，该产品常易与水，尤其是与海水接触进行化学反应，从而导致成品发热并析出氢。

根据这一理由，因此人们必须要知道直接还原铁粉的湿度，然后再准备合适的船舶。《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》要求货舱环境进行惰化，而直接还原铁 DRI（C）的含水量应小于 0.3%。然而实际上大部分直接还原铁粉的含水量均大于 0.3%，甚至达 12%。因此，机械通风被证实是保护高水份直接还原铁粉的最可行的方法。

图 2 所示为所有直接还原产品与其反应性的相互关系图。

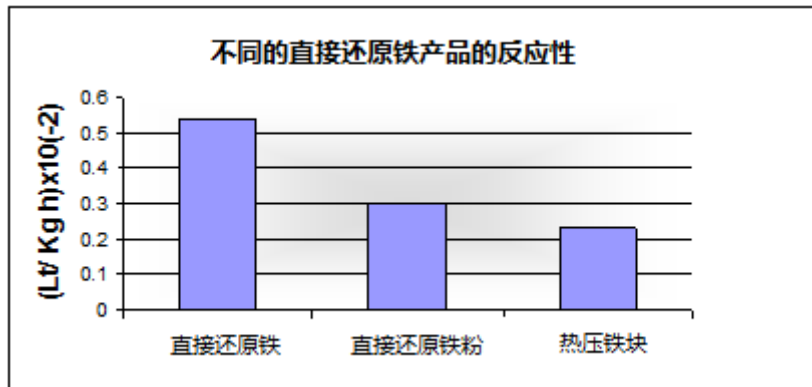


图 2 直接还原产品与其反应性的相互关系<sup>(2, 3)</sup>

## 2.4 直接还原铁反应阶段

工业试验已经证明直接还原反应的机理包含以下几个步骤：

1. 再氧化
2. 蒸发
3. 水效应
4. 自燃

所有直接还原产品其发生反应的步骤基本相同。然而，下文论述的内容主要聚焦于直接还原铁粉，也就是本指南描述的主要对象。

### 2.4.1 再氧化

刚生产出的直接还原铁其反应性的检测必须在干燥的空气环境下进行。内外表面都形成一层氧化铁薄膜。随着时间的推移，其反应性越来越缓慢。即使周围环境温度超过 50℃ (4)，自然“老化”现象使得直接还原铁铁粉活性变得越来越差。这些结果已被委内瑞拉 SIDOR 钢厂 (2) 证实，如图 3 所示。

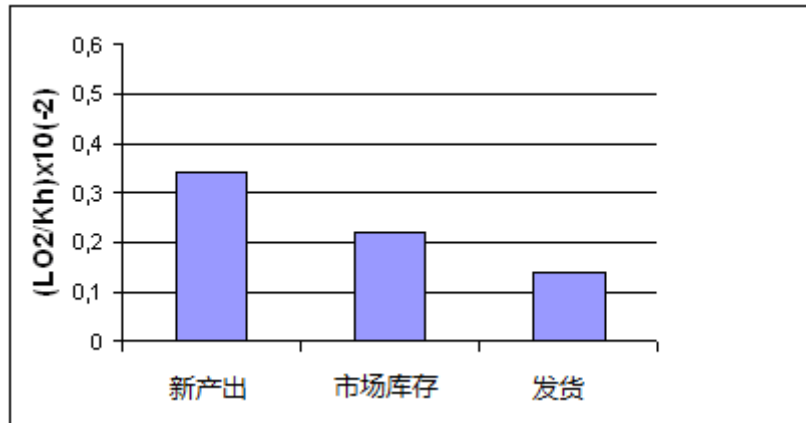


图 3 不同取样点其直接还原铁的反应性 (2)

由于任何直接还原产品都可以和水进行反应，所以储存区域应配备良好的排水系统，以避免进水。

当直接还原铁产品堆放在露天场地时，采用下列一些推荐性措施是能使金属的流失量降低到最小程度：

- 搭建 6 米高的帐篷，遮盖堆物；
- 堆放时稍高于地面，形成斜坡，便于排水。

### 2.4.2 蒸发

直接还原铁铁粉的水份一般是在以下几种过程中形成的：

- 直接还原铁 (A) 淬火；
- 直接还原工艺中的炉顶煤气洗涤；
- 与其他生产的副产品一起沉入沉淀池中进行收集；
- 当堆放在露天场地时雨水的侵入。

二次氧化反应过程中释放的热量使水变成水蒸气，水蒸气挥发到空气中的过程称为蒸发。

### 2.4.3 水效应

再氧化过程或结束后产生了水，会使铁腐蚀。这种反应在遇到海水时要比遇到淡水时更为强烈。

直接还原铁铁粉中的水份会分解产生氢气。在密封环境里，氢气极易爆炸且对人体呼吸有害。

### 2.4.4 自燃

直接还原铁堆物在以下几种情况条件下可能达到其燃点：

- 再氧化反应持续不断；
- 成品产生的热量积聚；
- 直接还原铁堆物未经处理（刚生产或未经自然老化）；
- 含水量过高。

直接还原铁粉堆自燃的可能性并不高，原因是其自身含有的水份实际上被一定程度的钝化过程所吸收掉，至今未发现仓库场地或在船舱中的直接还原铁粉堆物发生过热或自燃现象。

在直接还原铁（A）和（B）生产过程中产生的直接还原铁粉样本分别送往两个独立的实验室，并按联合国试验规程来检测其反应性。结果该 2 个实验室（MVTL 和 Stressau）得出了下列同样的结论：

- 非 4.3 类货物；
- 非 4.2 类货物；
- 非自燃类货物。

然而，由于直接还原铁粉自身本质上处在潮湿的环境下，尤其是处在周边都是海水的环境下，容易产生氢气，因此必须进行严密监控，并且不得存在明火。

根据通用规范，船舶必须配备合适的传感器和仪器仪表来监控温度、氧气和氢气的含量。

## 2.5 危险源

直接还原铁粉的危险源主要有以下几项：

- 缺氧

装有直接还原铁粉的船舱或者周边区域可能会缺氧，进入这样的区域应注意安全。密封舱内含氧量可能低至 5%。在表面通风船舱内，氧气含量可能介于 15~20% 之间。支持人体存活的最低含氧量应达 21%。

- 氢气积聚

与直接还原铁粉相关的主要的危险源是密封空间内，如：船舱及周边区域氢气的积聚，其原因见本指南第 2.4.4 节中的有关论述。直接还原铁原料因为含有水份（含水量在  $>0.3\sim\leq 12\%$  之间），因此容易发生化学反应从而析出氢气。有关的机理在于水使铁产生腐蚀。

不论在船舱内还是其周边空间，氢容积浓度均不允许超过 1%（25%爆炸下限）。

- 自热

直接还原铁粉和水或者空气发生的反应为放热反应，因此容易产生自热，这是第二大危险源。

货物大批堆装时自热温度短期内可能会达到 50°C（华氏 150°）。如果直接还原铁粉温度超过 65°C（华氏 160°），该货物不得装船。

直接还原铁粉是非燃物，着火的危险和几率很小。

应密切注意：防止海水侵入船舱，因为含盐海水一旦使直接还原铁粉受湿则会

大大加速氢气的释放。

- 灰尘

由于大部分直接还原铁为散货，因此在作业时会产生灰尘。工作人员在处理、装卸直接还原铁粉时必须穿戴合适的工作服、防尘面具和护眼镜。

要了解更多的信息，请参看本指南附录 2《高水份直接还原铁粉安全系数表》的有关内容。

## 第二部分

### 第三章 直接还原铁粉装货规程

本章内容包括以下通用规程：

- 船舶确认
- 装货港货物作业和储存
- 装货前的工作及船舶检测
- 装货程序
- 货物顶部覆盖作业

#### 3.1 船舶确认

装船之前必须确认该船舶是否适用于运输直接还原铁粉，船舱内是否配备一套防爆型通风系统，并是否持有国际海事组织颁发的有效合格证（见下图 4）。

国际海事组织干散货安全操作合格证

证件号：

签发日期：

经当局签发		
船舶概要		
船舶名称	_____	
船舶编号	_____	
船籍港	_____	
总吨位	_____	
载重吨	_____	
IMO 国际海事组织编号	_____	
<p>兹证明：该船只符合国际海事组织（IMO）《固体散货安全操作规范》附录 B 有关规定，并确认该船舶对危险的干散货物以及《固体散货安全操作规范》明确规定的堆放要求已经有所防范。</p>		
产品名称	IMO 等级	货舱
DRI 块，热模	MHB	船舱 3) 4)
证件有限期	_____	
签发日期	_____	
证书续办		
此处转为未能及时续办证书船只提供的临时检验单（在新证书颁发前 5 个月内适用）。		
地点	_____	日期 _____
检测员	_____	盖章 _____

图 4 合格证样本

装运直接还原铁粉的船只确认流程如下图 5 所示：

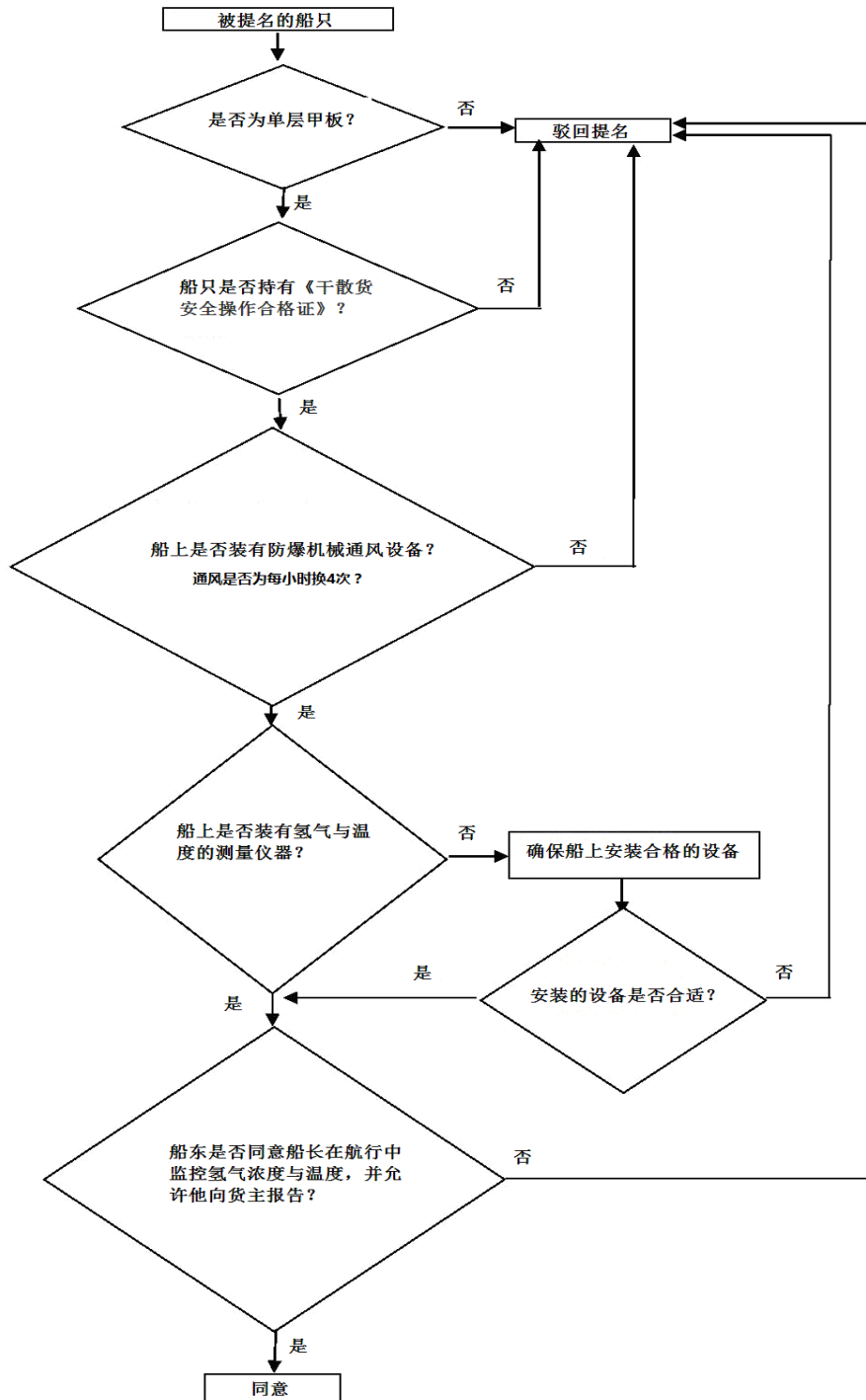


图 5 船只确认流程图

### 3.1.1 船型

目前海运中用来运输直接还原铁铁粉的船型包括：

- 干散货船只：单层甲板船、小灵便型船、大灵便型船、超灵便型船、巴拿马型船，这些船舶配备液压式或机械式或双叠型防漏水的舱盖；

- 油品、散货兼运船，配备上述相同的舱盖。

对直接还原铁铁粉这类货物，双层甲板船不推荐使用。

### 3.1.2 通风系统

直接还原产品含有水份，容易和空气发生反应，并在船舱的钢结构上形成冷凝液体或水珠。如本指南第 2.4.4 和 2.5 节中提到的，船舱及其周边空间密闭处积聚的氢气是直接还原铁铁粉产生的主要危害源，为避免氢气积聚，在船上安装通风系统被证明是一种最可行的方法。

上述的操作方法见北英格兰 P&I 协会（North England P & I Association Ltd.）出版的《货物通风（Cargo Ventilation）》一书，该书对直接还原铁产品的通风要求见下：

- 通风目的：

- 确保有充足的氧气，使人员能顺利进入船舱；

- 去除有毒、易燃和熏人的气体；

- 尽量防止有害气体浓缩或水珠形成。

- 直接还原铁是一种易吸湿货物，因此有通风的必要性。

- 仅对货物上方进行循环通风（编者注：通常认为通风应深入干散货内部并形成循环，显然这一认识与本条冲突）。

同时在 2009 年版的《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》第 3.4 节与 3.5 节也指明要将易燃气体排出船舱，只有采用通风措施。

航行中有可能析出氢气，因此应选择防爆型的机械通风设备。

基于委内瑞拉热压铁块生产商积累的知识和经验，直接还原铁应在机械通风条件下进行运输。《国际海运固体散货规范》的有关章节及发货方详尽的操作指南中规定的所有预防措施和技术要求，均应严格遵守。

### 3.1.3 机械通风系统（配备风机）

运输直接还原铁铁粉的最佳及最安全的方法就是使用机械通风系统。建议每个船舱安装 2 台防爆型通风设备，每台设备的性能要求按本指南第 3.1.5 节的规定执行。

根据国际海事组织（IMO）制定的《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》第 3 章的规定，机械通风即意指是用电力来进行通风，而通风范围仅局限在货物上方之空间。在舱盖之间的甲板上安装的蘑菇型通风机布置图，请见图 6 所示。

由于直接还原铁铁粉的反应性比 DRI（A）的反应性更强，发货方要求采用进行机械通风法不失为一种明智之举，因为他们具有 200 多万吨直接还原铁铁粉海运的丰富经验。

### 3.1.4 机械通风设备安装

- 通风口应安装在舱盖的上部位置或在主甲板正上方。如果有可能，通风入口/出口位置比舱盖高不要超过 3 米，比主甲板高度不要超过 4.5 米。
- 输送管处应安装 Cargocare™ 型过滤器，用来“风干”海上咸的空气。
- 通风口与管道应尽可能避免进水。
- 输送管处应安装聚水器，防止通风时有水渗入，尤其是在海上风大浪急的情况下。
- 船舱内的空气应尽可能清洁干燥，而不是吹入大气中湿气。



图 6 甲板上的机械通风设备 (6)

### 3.1.5 性能（每小时换气量）

根据委内瑞拉直接还原行业有关气体析出速率的测试结果，通风频率要求如下：

- 每小时换 2 次（每个船舱风机的最小通风容量 = 235m<sup>3</sup> / 分钟，空船舱通风容量）
- 每小时换 4 次（每个船舱风机的比较理想的通风容量，空船舱通风容量）。

如果风机容量比较低，也就是说单位时间内风机的通风容积较低，应相应延长通风时间。

### 3.1.6 通风持续时间（每小时换气量）

根据委内瑞拉直接还原行业有关气体析出速率的测试结果，通风频率要求如下：

- 装货及关闭舱盖后的头 72 小时内，要保证每 2 小时通风 1 小时，或保持持续通风。

- 之后，每 4 小时要保证通风 1 小时。

如果风机容量比较低，则应相应延长通风时间。

### 3.1.7 风机传动装置类型

风机应具以下特性：

- 应满足船级社规范的要求，鉴定确认为海洋防爆型；
- 轴向风流；
- 可逆性；
- 风叶不冒火花；
- 风速可调；
- 驱动装置：
  - 空气（气动）；
  - 水（液压）；
  - 电力。

### 3.2 装运港货物处理和储存

本章节内容和指南是依据直接还原铁在港口安全作业和 35 年实际经验基础上编撰而成。位于委内瑞拉的圣费利克斯港（San Felix）是世界上最大的热压铁块和直接还原铁铁粉的运载港口，该港口集装运前准备性作业、产品储存及装运功能于一体。本章节中流程图依据 Compañía Operadora del Puerto de Palúa (COPAL) 公司在该港口的实际操作绘制而成。

关于港口标准化操作规程及紧急情况处理程序方面的更多信息，请邮件联系 COPAL 公司（[www.ggeneral@cantv.net](mailto:www.ggeneral@cantv.net)）。

DRI (A) 热压铁块和直接还原铁铁粉流程图的不同之处在于装载热压铁块时仅对温度的控制有要求，而装载直接还原铁铁粉时则对温度和水份的控制同时有要求。如上变量是最重要指标，它直接关系到是否承运以及运输途中产品的监控事宜。

直接还原铁铁粉在港口作业和储存流程请参见图 7。

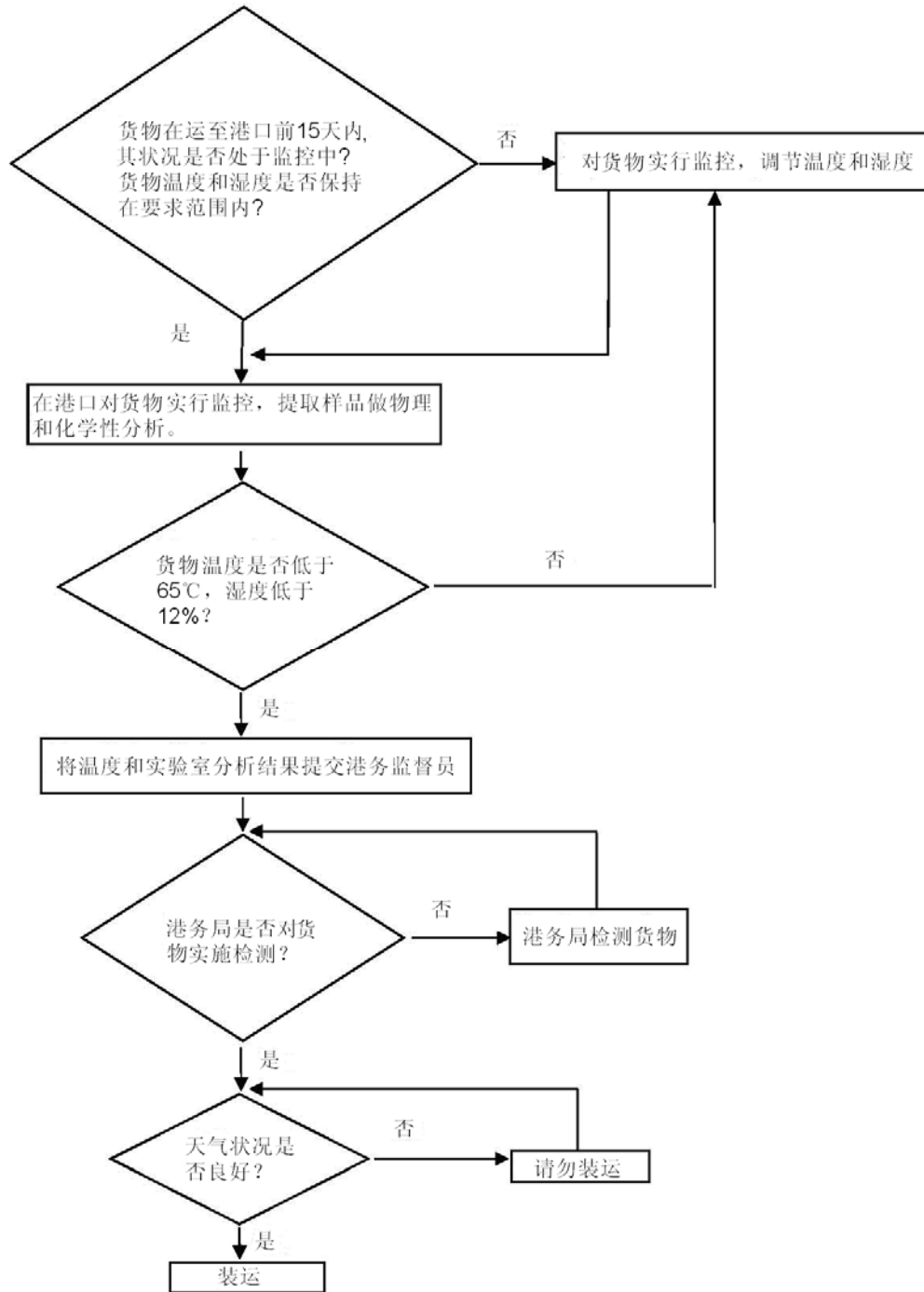


图 7 港口处理和储存操作流程图

### 3.3 装货前的工作及船舶检验

发货方应就所装货物性状提供详细说明，提交承运人。船况检查应按图 8：装货前船舶检验流程图的步骤进行。

装运前，发货方或其指定人员应将直接还原铁运载的安全预防措施和紧急状况处理程序做出说明并提交船长。为保证安全措施到位，发货方需告知产品性能，如其化学危害性（即有毒性和腐蚀性），货物储存要求、对船员休息室位置的选择等。

直接还原铁铁粉遇水，特别是遇到海水时，会产生氢气及氢气在附近空间内积聚蔓延，这一潜在危险应在提交船长的操作指导书中加以指出和专门进行探讨说明。发货方已将操作指导书等文件提交给船长等证据，如船长已签收等证明，应由发货方进行保管。

氢气含量应始终加以监控。

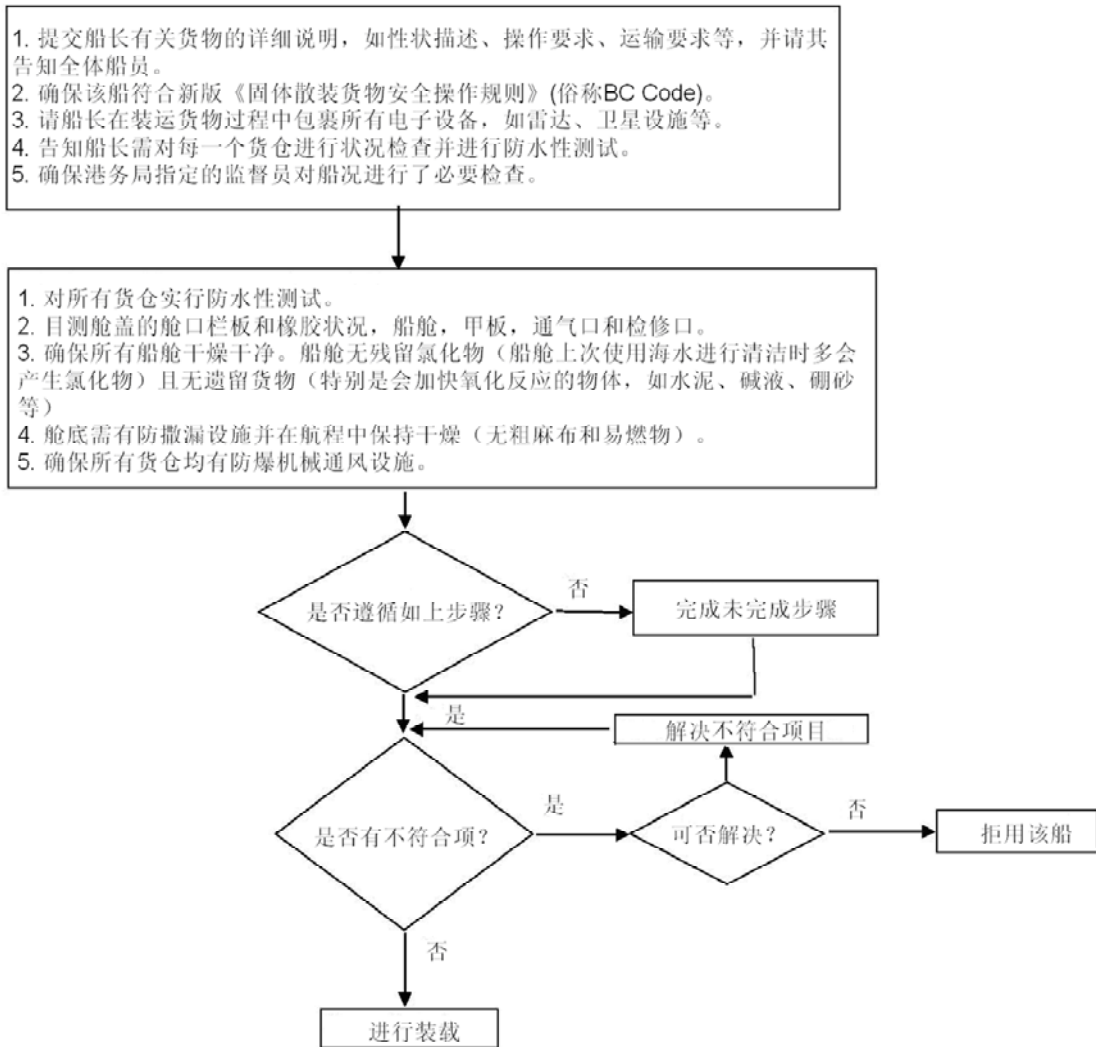


图 8 装货前船舶检测流程图

### 3.4 货物相关文件

装运还原铁粉前，需递交给船运公司及船长如下一些指导性文件：

- 直接还原铁粉海运指南；
- 《直接还原铁粉材料安全数据表》，参见本指南附录 2；
- 材料符合性证书：
  - 由托运人出具的符合性证书；
  - 装运港港务局认可的资质人员出具的符合性证书；
- 装载量；
- 国际海事组织（IMO）的《国际海运固体散装货物规范（IMSBC Code）》复印稿

——见本指南附录 1；

- 必要时，需取得美国海岸警卫队（U.S. Coast Guard）的特别许可；
- 由于本货物-直接还原铁粉和《国际海运固体散装货物规范》中关于 DRI (C) 直接还原铁粉的规定有差异，按照《国际海运固体散装货物规范》第“1.5 免除和等效措施”的规定，需取得装运港的免除声明。

在直接还原铁粉的货运文件中应填写正确的运输名，并保证船长拥有有关运输货物的所有资料，以上两点十分重要。未履行以上两点可能危及直接还原铁粉该货物的运输安全，及可能引发一系列严重事故和法律纠纷。

### 3.5 装货程序

本装货程序依据 35 年来直接还原铁粉运输过程中实际安全操作经验编撰而成。

暴雨天气或温度超过 65℃时不得装货直接还原铁粉。并且，该货物含水量不得超过 12%。

货物装船流程见图 9 所示。

#### 3.5.1 含水量

由于该货物水份（ $0.3\% < \text{水份} \leq 12\%$ ），货舱内的水蒸气会冷凝成水珠。为防止水蒸气凝结，可使用自然通风或机械方法以清除水蒸气。

按国际海事组织制定的《国际海运固体散装货物规范》中分类的 DRI (C) 直接还原铁粉，其含水量不得超过 0.3%，以该货物在运输过程中保持惰性状态（参见本指南附录 1）。然而，由于在生产和加工处理 DRI (A) 或 DRI (B) 的实际过程中会产出直接还原铁粉这一副产品，并且其含水量通常都在 0.3%-12%之间。根据《国际海运固体散装货物规范》第 1.5 节‘免除和等效措施’的规定，发货方、承运人和货物接收人均需签署免除声明，才可在有机通风设施的船上装载高水份直接还原铁粉。实践证明当直接还原铁粉含水量高于 0.3%时，机械通风是最佳的操作方法。

装货前，必须保证货舱干净干燥。船舱内无残留氯化物（船舱上次使用海水进行冲清洁时多少会产生并留下一些氯化物）且无遗留货物（特别是会加快氧化反应的物质，如水泥、碱液和硼砂等）。

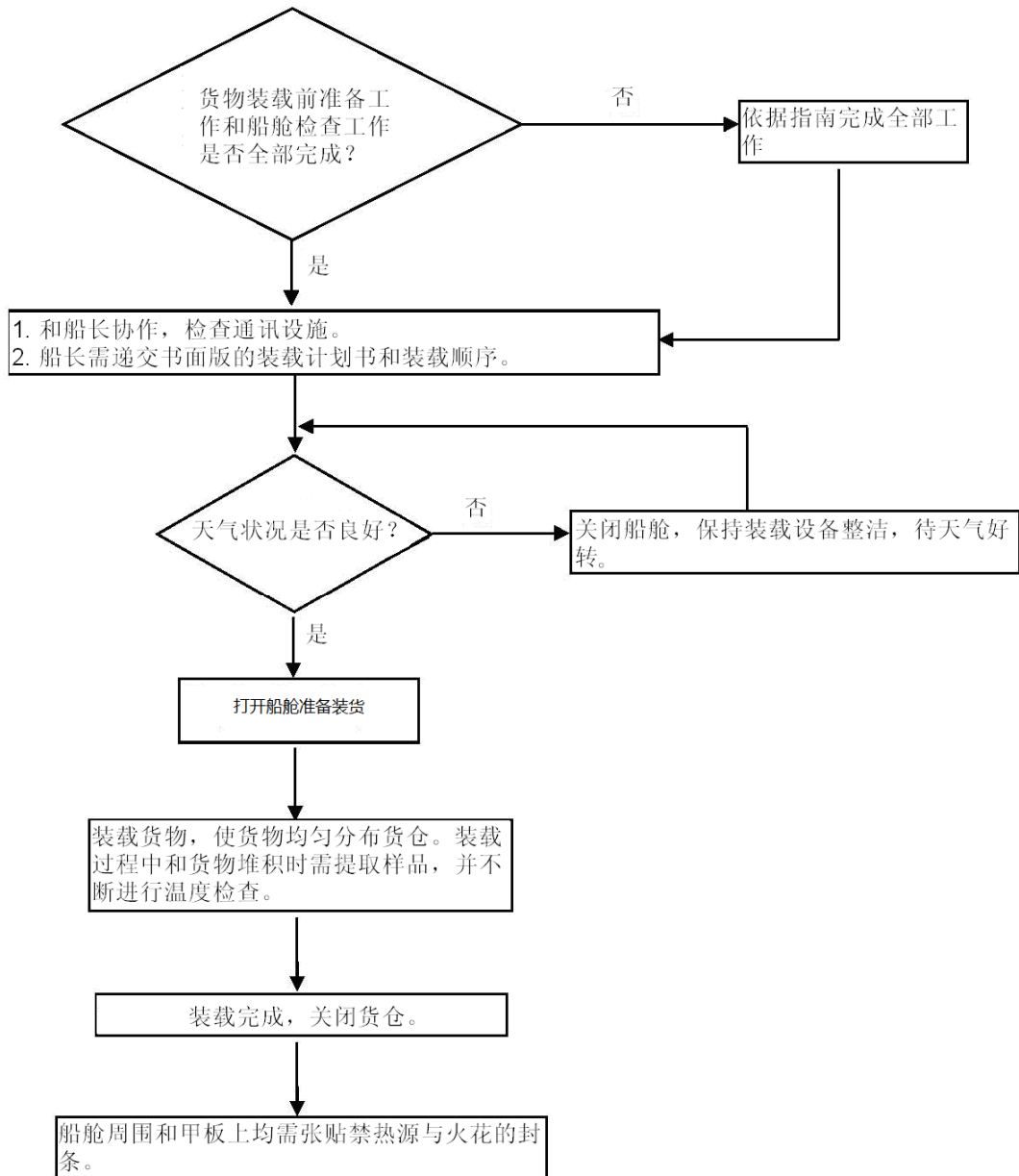


图9 船舶装货流程图

### 3.5.2 温度检测

对所有不同类型的直接还原铁产品均应检测其氢气排放状况, 除此之外研究人员还应取样, 并对样品内部进行温度读数测量, 以研究其自燃现象。货物在一系列不同的货舱条件下的温度读数均应予以测量。

在前文中已提及在装货过程中会发生水蒸气蒸发现象, 表明温度可能已升至接近

85℃。因此，在运输过程中货物的检测温度不得大于 65℃。

应对直接还原铁的温度和含水量进行严密监控。直接还原铁铁粉从堆场运至船舱的过程中均需进行温度检测，以确保所装货物温度控制在 65℃ 以下。

直接还原铁在不同状态下的温度测量监控工作示例，参见图 10、11、12。



图10-从堆场中转移时须测量温度



图11-通过传送带运至船舱过程须测量温度



图12-装入船舱时须测量温度

### 3.5.3 氢气散发检测

实验证明水的存在会引发再氧化反应从而导致氢气的产生，氢气产生所需时间约

为 16 个小时。在航运过程中，如船舱气密性不够，氢气积聚之后会泄漏至船舶其他区域。与采用惰性法和气密法相比，机械或自然通风法可将氢气含量降到最低程度。

对船舱及相邻空间区域内的氢气含量始终加以监控，以保证其值在安全范围内（即氢气含量在最低爆炸点 4% 以下），这是一项必须执行的强制性措施。

### 3.6 货物顶部覆盖作业

装货工作未全部完成时，应进行货物顶部覆盖作业。为完成货物装船作业，需用驳船将直接还原产品运至海轮。

对于直接还原铁粉，货物顶部覆盖作业并不可取。但必须使用该作业时，应严格遵守相关的操作规程。

采用驳船作业情况下，前文 3.5 中提及的海轮作业时相关的操作规程在此同样适用，亦应遵守。驳船内货舱应干净干燥。船舱无残留氯化物和遗留货物，特别是会加快氧化反应的物体，如水泥、碱液、硼砂等。

直接还原铁粉温度超过 65℃ 时不得进行装货作业。

为防止直接还原铁粉吸收过多水份，在暴雨天气情况下不可进行装货作业。但卸货工作可在任何天气状况下进行，室外可残留直接还原成品，但封闭空间内不得有直接还原铁残留物，并且其上方不得有封闭空间存在。

货物顶部覆盖作业请参见图 13 所示。



图 13 货物顶部覆盖作业

## 第四章 直接还原铁粉海运规程

本章节内容依据 20 年来直接还原铁粉安全航海运输的实际经验编撰而成，特别借鉴了自 2005 年引进机械通风系统后的航海运输经验。本章节编制的以流程图形式表示的程序是为了便于理解及正确执行。本章节内容适用于如下情况：

- 海运期间
- 海水侵入船舱时

运输含水量不高于 0.3% 的直接还原铁粉时，应按国际海事组织颁发的《国际海运固体散装货物规范》中相关规定执行。运输高含水量的直接还原铁粉时（含水量高于 0.3% 低于 12%），应按发货方提供的作业指导书—《机械通风规程》的有关规定执行。

《国际海运固体散装货物规范》中有关清除易燃气体的一般性规定，亦应遵照执行。

### 4.1 安全总则

海运期间，装载直接还原铁粉的船舱周围、船上及船体周围均不得吸烟、燃烧、焊接、切割、切削及其他一切可能引发燃烧的行为。船员应熟练掌握在封闭空间内安全自救的方法。

航行期间，对通风、例行检查和船舱监控应予以充分重视。航行期间为防止海水侵入船舱，应紧闭舱盖。任何情况下海水均不得进入船舱。

直接还原铁粉海运流程图请参见图 14。

### 4.2 通风

为去除船舱内产生的氢气，应配备有防爆型机械通风系统。按照国际海事组织 2009 年颁布的《国际海运固体散装货物规范》第三章的规定，机械通风系统是电能带动的，且仅可在货物上方的空间范围内使用。

在船舱未浸水的情况下，通风系统应可在一切非极端天气状况下正常工作。

有关产生氢气时通风系统如何应急处理等事宜，请参见本指南第 6.4 节的内容。

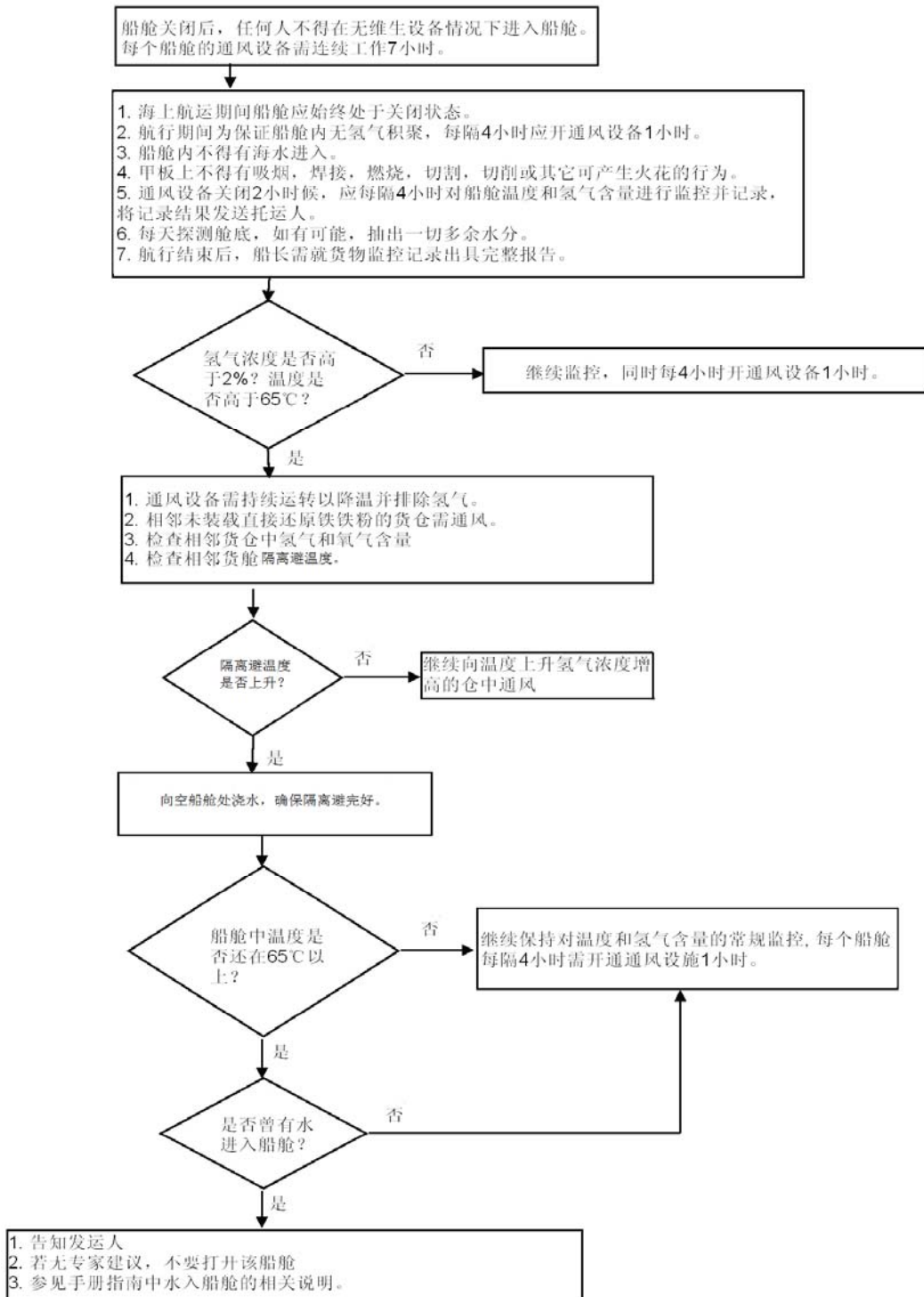


图 14 海运流程图

### 4.3 例行检查

在海运途中，任何情况下船员均不得进入货舱。所有通向货舱的通道处均应贴上相关标识，且如有可能，应锁住所有相关通道。

舱底应每天检查 2 次，一旦发现有水应抽去。

靠近货舱的其它密闭空间，如储存室、木工房、走道等，均应每隔一段时间检测一下这些空间内的氢气含量。上述这些空间应通风良好，机械通风设施应有防爆功能。在人员获准进入上述这些空间或启用该空间内任何设备前，预先检查氢气的含量是至关重要的。

在人员进入与货舱毗邻的其它空间前，应对该空间进行彻底的通风，检查空气质量并保证该空间内已无氢气且氧气充沛。如无法做到上述规定但又情况紧急，则仅训练有素之人员在穿戴全套呼吸器且有负责人监护的情况下方可进入上述空间。此外，应采取特别预防措施以保证无易燃物带入该空间。

### 4.4 监控

在海运期间，对货物的各种检测至少每班进行一次。检测结果应予以记录，并至少保存两年。检测记录结果应迅速发给托运人，最迟不得迟于航程结束。

船舶应有检测货舱内氧气/氢气的含量及质量的相关仪器仪表。同时亦应配备或随带的用以远程记录每一个货舱内温度的有关仪器仪表。

所有监控设备均应在装货时校准完毕，船员应接受正确使用这些设备方面的相关培训。

#### 4.4.1 氢气监控规程

船体应有氢气含量检测设备。检测仪在无氧情况下亦能正常工作，并应具有防爆功能。为保证检测结果准确，应严格防止湿气进入检测仪。检测仪应按照制造商指南中的有关说明进行精确校准。

为测量货舱内的氢气含量，应在船舱舱盖处设有采样点，至少设 1 个采样点，推荐设 2 个采样点。

货舱内氢气含量应在 1% 以下，低于其最低爆炸点（4%）。如含量超标，则应按第 6 章的关于在紧急状况下如何处理之方法，采取应急措施来去除氢气。

在整个航运过程中，氢气含量检测工作应至少每班轮换进行一次。

#### 4.4.2 氧气监控规程

船体应有氧气含量检测设备。检测仪应具防爆功能。为保证检测结果准确，应严格防止湿气进入检测仪。检测仪需按照制造商指南中的说明来进行精确校准。

为测量货舱内氧气含量，应在船舱舱盖处设有采样点，至少设 1 个采样点，推荐设 2 个采样点。

#### 4.4.3 温度监控规程

整个航运过程中需不断监控货舱的温度，监控结果记录应至少保存 2 年。

安装在货舱内的温度远程监控点应布置在约货物高度 50% 的地方。每个船舱中应至少设 4 个温度监测点。

装货后的头 24~36 小时内，货物会因自身内部的相互摩擦而其温度会稳步上升，但随后会受周边环境温度的影响而逐渐下降。

在温暖地带，受日照及伴随的热岛现象的影响，货舱内堆物上方的周边温度或将升高。但货物内部温度受到的影响不大。

如果温度升至 65℃ 以上，请参照本指南有关“应急措施”方面的规定执行（第三部分 第 6 章）。

#### 4.5 海水侵入货舱

航运途中海水侵入货舱时，其应急措施流程图请参见图 15。

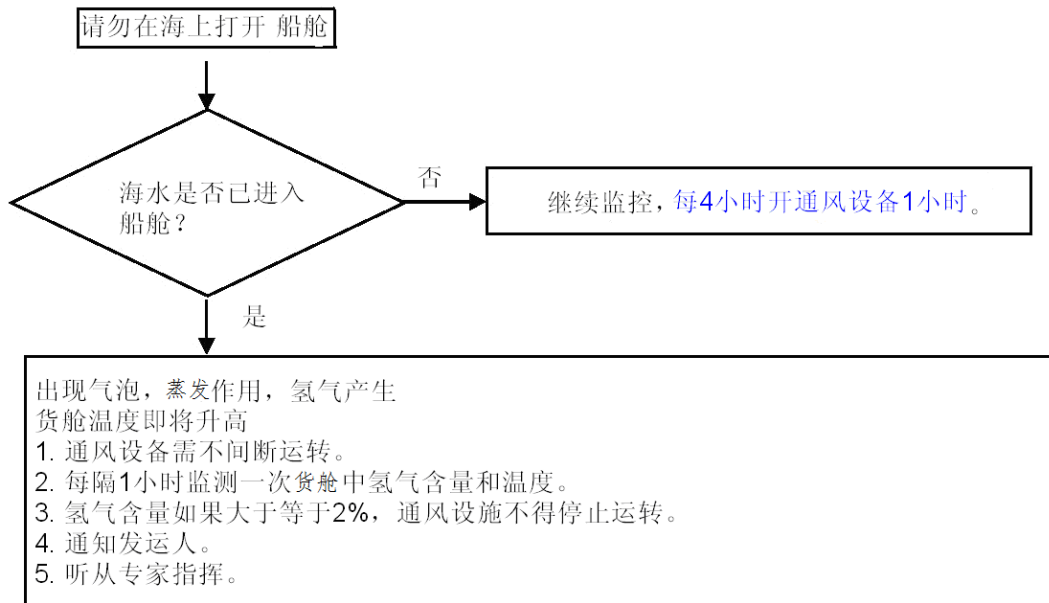


图 15 海水侵入货舱时应急措施流程图

## 第五章 直接还原铁粉内陆运输、处理及储存

### 5.1 直接还原铁粉卸货与作业设备

直接还原铁粉可使用各种常用散装货物作业设备来卸货和处理：

- 前反斗车（图 16）
- 带蛤壳式抓斗的起重机（图 17）
- 输送带（图 18）



图 16 用前反斗车卸载直接还原铁铁粉



图 17 蛤壳式抓斗起重机卸载直接还原铁铁粉



图 18 输送带输送直接还原铁铁粉

## 5.2 驳船运输

如果采用驳船运输，那么应采取前文规定的相同的预防措施，即驳船船顶应该遮盖（详见第二部分 第 3.6 节）。使驳船货舱保持干燥、无残留氯化物或无残留货物，这点非常至关重要。

卸货工作可在任何天气状况下进行，室外可残留直接还原成品，但封闭空间内不得有直接还原铁残留物，并且其上方不得有封闭空间存在。

海运途中，如果直接还原铁粉和以前装货货物残留的水份或湿气接触，驳货舱内会产生氢气。因此，在进行卸货作业前应清除尽氢气。

## 5.3 汽车运输和铁路运输

用汽车或火车运输直接还原铁粉和运输其它散装货物一样，必须遵守当地的运输规范。图 19 和 20 所示为汽车装载直接还原铁粉过程中如何避免货物溢出的示例。

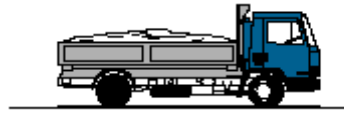
运输途中，如果直接还原铁粉和以前所装货物残留的水份或湿气接触，则驳货舱内会产生氢气。因此，车厢或货运车必须保持清洁和干燥，汽车挡板或车门口应密封。一旦货物装上车，应对货物的温度进行多点检测。

一旦发现车厢或货运车某个区域部位温度升高，因立即将该区域的货物卸下来。直接还原铁粉温度超过 65°C 时不宜进行运输，除非附近区域已经冷却。任何条件下都不宜对热的直接还原铁粉进行装货作业。

当货物驶离堆场时，为了减少粉尘产生，货运公司不应弄湿货物，而是要用一个防油帆布覆盖在货运车厢上，这样不仅可以防尘还可以防止货物溢出。



不推荐



推荐

图 19 汽车装载直接还原铁粉（使用前-后反斗车）



推荐



不推荐

图 20 汽车装载直接还原铁粉（使用前-后反斗车）

#### 5.4 堆场储存

直接还原铁粉可以用前-后反斗车或其它标准的散装物料转载设备和系统来驳料。但是使用前-后反斗车驳料时，为了避免损坏物料，应尽量减少在物料面上进行作业。

储存区域应方便装货设备的自由进出。

保证排水系统畅通来避免积水是一个非常好的做法。

应使直接还原铁粉储存区域保持清洁，不得有木屑、煤炭和焦炭残留物以及其它可燃物。为了防止直接还原铁粉再氧化，应在储存堆上盖上遮盖物。

直接还原铁粉堆物最有效的保护方法见图 21 所示。

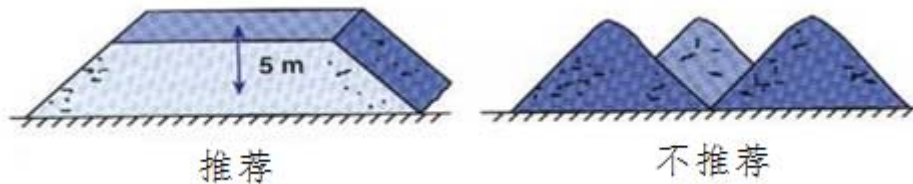


图 21 直接还原铁粉推荐堆放法

直接还原铁粉会释放水蒸气。我们把这个过程称为“蒸发”。直接还原铁粉温度升至 60℃ 左右，一般不会发生过热现象（当温度超过 100℃ 时才会发生过热）。

图 22 所示为直接还原铁粉过热后的操作程序。

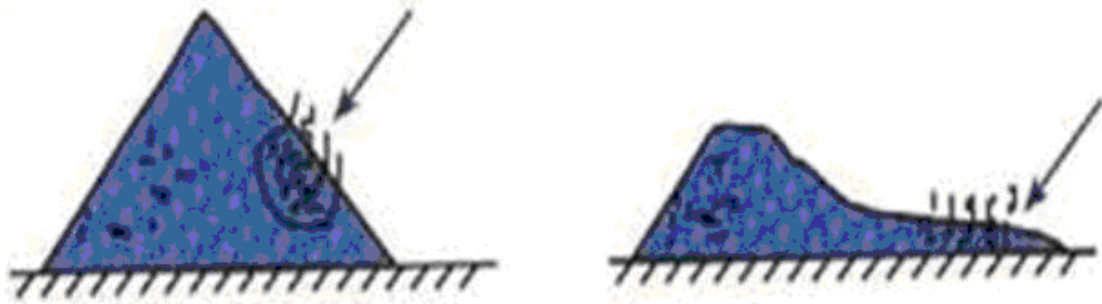


图 22

**警告：**禁止在过热的直接还原铁粉堆上喷水。一旦进水，直接还原铁粉堆会立即发生氧化反应，会造成直接还原铁粉的部分或全部溶解。

铁粉的再氧化速度比块状的再氧化速度快得多。据保守估计，若将平均粒度是 6.3mm 的直接还原铁粉露天放置一个月，会损失 15%。氧化铁含量随铁粉颗粒大小而变化。6.35mm 的直接还原铁粉产生氧化铁的量相当于粒度是 25.4mm 的直接还原铁粉的量。

#### 5.5 底舱和隔舱储存

为降低发生事故的几率，直接还原铁粉要远离各种火源，如：焊接、气焊、研磨、吸烟等。

早期对货舱内氢气含量进行的调查发现：两端舱盖各配备一个重力风机能将舱内氢气水平控制在 1% 以下的水平。然而，由于货舱中间没有通风设备，那里的氢气含量接近 10%，氧气水平却降到 1% 以下。

这表明所配备大型容器，如：货舱、煤舱或底舱仅采用自然通风法不足以将积聚的氢气降到安全爆炸下限值（LEL）水平以下。因此，应对底舱和隔舱采用机械通风措施。

务必按如下的一系列规范进行操作，以确保底舱和隔舱内的直接还原铁粉安全：

- 储存隔舱应遮盖，以防止雨水和洪水进入。
- 储存隔舱设计要便于卸货，为了避免物料堵塞，墙和底部坡度结构应大于 50°。
- 储存隔舱容量超过 100 吨，应在其顶部配备除尘器。
- 储存隔舱和其它散货储存设备/设施应配备热电偶，一旦任何区域温度超过 100 °C，该热电偶应能自动启动警报系统。
- 强烈推荐采用机械通风法。

处理任何直接还原成品的最佳方法是尽可能快地将其送至炼钢车间。如果该方法不可行，则为防止出现恶劣天气，推荐将货物暂时存放在某一有遮蔽的储存场地加以保护。

只要严格遵守上述这些预防措施，对于当前现代化的炼铁和炼钢技术而言，这些造成直接还原成品损害的危险源根本不是一个问题或障碍。然而，本指南第三部分中推荐的方法仍应在危险情况下进行正确实施。

## 第三部分

### 第六章 应急措施

本章主要介绍了过去 35 年间通常使用的应急措施。

基本可分为两类：

- 自热；
- 密闭货物或相邻空间里氢气积聚超出爆炸下限值（LEL）水平。

#### 6.1 储存和装货作业期间

如下为 Palúa 港编制并执行的作业指导书，用于处理和装运所有从委内瑞拉出口的直接还原铁（A）和直接还原铁铁粉。

##### 6.1.1 应急措施总则

装货作业应由熟悉直接还原铁铁粉安全保障措施及应急程序的人员监督指导下进行。装货人员应接受相应的安全防范措施和应急程序方面的知识培训。

尽管现场经验表明直接还原铁铁粉堆发生事故的概率比较小，但是从应急角度来看，在过热情况下，这些适用于其它直接还原物料的应急规范同样适用于直接还原铁铁粉。

##### 6.1.2 高温时 DRI 铁粉实施计划

在下列温度条件下，若火车和汽车将物料送到接货港码头，由作业监管人员和物料操作人员负责该实施计划的正确执行。

###### 6.1.2.1 $65^{\circ}\text{C} < \text{温度} \leq 80^{\circ}\text{C}$

应按如下要求进行操作：

- 在从铁路车厢或卡车卸货之前，要测量每节铁路车厢/卡车内直接还原铁铁粉的温度，并记录在航海日志上。
- 将直接还原铁铁粉卸到客户指定的码头，并立刻将货物转运到客户指定储存区域堆场，并按本指南第二部分第 5.4 节中指示的操作方法保存货物。

###### 6.1.2.2 $80^{\circ}\text{C} < \text{温度} \leq 150^{\circ}\text{C}$

应按如下要求进行操作：

- 从铁路车厢或卡车上卸货之前，要测量每节铁路车厢/卡车内直接还原铁铁粉的温度，并记录在航海日志上。应每隔两小时测量并记录一次，确保应急措施落实到位。
- 应先将温度低于  $65^{\circ}\text{C}$  的货物从铁路车厢或卡车上卸下来，然后再卸温度在  $65\sim 100^{\circ}\text{C}$  之间的货物，最后卸温度在  $100\sim 150^{\circ}\text{C}$  的货物。
- 按照下列方式将直接还原铁铁粉从码头转运到客户指定的储存堆场：  
——按照最长间隔时间 3 分钟来转运一批货物，如此重复转运（例如：冷、热物料混合，但不得用水），对温度在  $100\sim 150^{\circ}\text{C}$  之间的直接还原铁铁粉，其最长间隔时间不超过 2 分钟。将振动式送料机关停 5 分钟左右，但是要保持输送带处于运动状态。反复进行这些步骤直到直接还原铁铁粉被完全运毕。

——转运直接还原铁铁粉时要检查一下输送带传输系统是否过热。一旦输送带温度过热，应停止给料和运转，直到温度降下来。要特别注意，避免将水倒入料仓及其它设备中。

——采用本指南第二部分第 5.4 节中介绍的方法，使用前-后反斗车将直接还原铁铁粉摊开至于 30 厘米的高度，以防止再氧化反应。

——确认输送带温度已冷却后，可按照前面的操作说明重新启动转运直接还原铁铁粉。

### 6.1.2.3 温度 $>150^{\circ}\text{C}$

应按如下要求进行操作：

- 从铁路车厢或卡车上卸货之前，要测量每节铁路车厢/卡车内直接还原铁铁粉的温度，并记录在航海日志上。应每隔两小时测量并记录一次，确保应急措施落实到位。

- 当在终端收料区的直接还原铁铁粉装货温度超过  $150^{\circ}\text{C}$  时，应用高压水进行喷洒。在这种情况下，在码头将直接还原铁铁粉卸载并运至输送带系统前，应暂时将该直接还原铁铁粉冷却。否则，输送皮带会燃烧。因此，可将直接还原铁铁粉摊开，使其进一步降温。

- 当温度降至  $80\sim 150^{\circ}\text{C}$  之间时，可按第 6.1.2.2 节中规定的要求进行操作。

## 6.2 航行期间

多年来，直接还原铁铁粉在运输过程中发生过很多事故，如：再氧化和过热，发生这些事故的原因在于缺乏经验、粗心大意或疏忽过失而使货舱、船员以及货物等暴露在极端恶劣条件下。只有遵守这些相关的预防措施，方能在全球范围内安全地运输直接还原铁铁粉。

一些危险因素相叠加会使各种类型的直接还原铁在远洋运输过程中发生事故。因此，所有船员均应熟悉而且严格遵守国际海事组织制定的《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》的规定。

运输途中，如果货物温度超过安全指标，则应将船只停靠在附近最合适的港口（该港口应有岸边起重机或其它散货处理设备），并将货物卸下。

极端情况下，如温度高于  $200^{\circ}\text{C}$  时，必须尽快对受影响的货舱灌水，以防止船只毁坏，并且要打开通风孔排出氢气。按专家的指导意见为保船只的完好无损，应对货舱灌水。

航行过程中难免会有氢气产生，因此绝对有必要将氢气排出货舱。自然通风是无法完全解决问题的，所以必须配备机械通风系统。同时还应谨防海水侵入货舱，因为受潮的直接还原铁铁粉易加快氢气释放。

## 6.3 卸货期间应急措施<sup>(10)</sup>

大部分天气都可以卸载直接还原铁铁粉，只要保证直接还原铁铁粉通风即可，但直接还原铁铁粉不得放置在封闭空间里，亦不得在其正上方有任何封闭空间。

### 6.3.1 应急措施总则

卸货作业应由熟悉直接还原铁铁粉安全保障措施及应急程序的人员监督指导下进行。卸货人员应接受相应的安全防范措施和应急程序方面的知识培训。

### 6.3.2 高温时 DRI 铁粉实施计划

一旦发现货舱内有氢气或温度超出正常水平，船长应通知港务局。

如果船上的直接还原铁铁粉温度处于如下水平，港务局长及具资质人员要负责采取相应措施：

#### 6.3.2.1 $65^{\circ}\text{C} < \text{温度} \leq 80^{\circ}\text{C}$

应按如下要求进行操作：

- 卸货之前测量每个货舱的直接还原铁铁粉温度，并记录于航海日志上。
- 将货舱在制定区域卸货后，应立即将直接还原铁铁粉转运到堆场，详情请参照第二部分第 5.4 节的有关规定。

#### 6.3.2.2 $80^{\circ}\text{C} < \text{温度} \leq 150^{\circ}\text{C}$

应按如下要求进行操作：

- 卸货之前应测量每个货舱内直接还原铁铁粉的温度，并记录在航海日志上。每 2 小时测一次。

• 先将温度  $< 65^{\circ}\text{C}$  的直接还原铁铁粉从货舱卸下，接着卸温度在  $65^{\circ} \sim 100^{\circ}$  之间的。最后是温度在  $100^{\circ} \sim 150^{\circ}$  之间的，建议使用输送带将物料输送到物料转运站。

• 从卸货区转运的直接还原铁铁粉应干净，无碎渣、易燃材料，如：煤炭、焦炭及木材等，然后再转运到指定堆场，其要求如下：

——按照最长间隔时间 3 分钟来转运一批货物，如此重复转运（例如：冷、热物料混合，但不得用水），对温度在  $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$  之间的直接还原铁铁粉，其最长间隔时间不超过 2 分钟。将振动式送料机关停 5 分钟左右，但是要保持输送带处于运动状态。反复进行这些步骤直到直接还原铁铁粉被完全运毕。

——转运直接还原铁铁粉时要检查一下输送带传输系统是否过热。一旦输送带温度过热，应停止给料和运转，直到温度降下来。要特别注意，避免将水倒入料仓及其它设备中。

——采用本指南第二部分第 5.4 节中介绍的方法，使用前-后反斗车将直接还原铁铁粉摊开到 30 厘米的高度，以防止再氧化反应。

——确认输送带温度已冷却后，可按照前面的操作说明重新转运直接还原铁铁粉。

**警告：**千万不可向正在冒热气的直接还原铁铁粉泼水。

#### 6.3.2.3 温度 $> 150^{\circ}\text{C}$

应按如下要求进行操作：

- 卸货之前，要测量每个货舱内直接还原铁铁粉的温度，并记录在航海日志上。应每隔两小时测量并记录一次，确保应急措施落实到位。

• 当在终端收料区的直接还原铁铁粉装货温度超过  $150^{\circ}\text{C}$  时，该直接还原铁铁粉应用高压水喷洒。因为在这种情况下，别无选择，只能采取这种方法方可降温。

- 当温度降至 80~150℃之间时，可按第 6.3.2.2 节中规定的要求进行操作。

## 6.4 氢气应急措施

最新版规范要求防止淡水或海水侵入货舱。

对各种类型的直接还原成品样本进行测试后发现，直接还原铁在接触到空气中的氧和水时会发生再氧化反应，尤其在遇到海水。再氧化反应往往会产生氢气，遇到燃烧源时会引起直接还原铁自燃。

### 6.4.1 预计氢气平均产生量

- 首个 72 小时：0.007 liter/kg·h
- 之后：0.0001 liter/kg·h

### 6.4.2 预计货舱达到最低爆炸点时间

- 首个 72 小时内，4~6 小时能够达到最低爆炸点。
- 之后，24 小时能够达到最低爆炸点。

### 6.4.3 氢浓度大于 1%时的预防措施

- 通风系统应进行校验，确保其正常运转，应谨防其擦出火花。
- 使用合适的设备监控货舱中氢浓度，启动通风系统使其运转，直到氢浓度降到 1%以下。

- 如果氢浓度处于安全水平，则按本指南第 4.2 节的操作规程来控制通风系统。
- 一旦发现氢浓度高于安全线，增设风机。如果可行，请再实时测量氢浓度情况。
- 联系船东保赔协会 (P&I Club) 和发货公司，并按专家或监测人员的指示操作。
- 在海上，未得到专家或监测人员明确指示，不得打开货舱。
- 确保货舱、附近区域或甲板无火源

如果货舱由于事故遭到损坏而充满海水，或产生氢气，应采取如下措施：

- 应保持机械通风系统持续工作，测量氢浓度，确保最低爆炸点低于 25%，水温保持恒温。在渗入海水后 16~24 小时，直接还原铁铁粉可能会冒热气，直接还原铁铁粉接触到海水后发生氧化，颜色变成红褐色。

- 监控温度，按照第 4.5 与 6.2 节的规定进行操作。通知船东保赔协会(P&I Club) 和发货公司，寻求进一步措施。

在海上如果由于天气恶劣，有少量的海水经舱盖漏进货舱，应采取如下措施：

- 关紧货舱，帖不透水的封条。保持机械通风系统持续工作，测量氢浓度，确保最低爆炸点低于 25%，水温保持恒温。在渗入海水后 16~24 小时，直接还原铁铁粉可能会冒热气，直接还原铁铁粉接触到海水后发生氧化，颜色变成红褐色。

- 持续监控货物的温度，一旦温度 >150℃应按第 4.5 节与 6.2 节的规定执行。通知船东保赔协会 (P&I Club) 和发货公司，以寻求进一步措施。

### 6.4.4 惰性环境下氢产生

- 分别在自然通风和机械通风下，对惰性环境中的直接还原铁铁粉样本进行测试。

- 特立尼达与多巴哥共和国的直接还原铁铁粉含水量为 10.54%，测试时与委内

瑞拉直接还原还原铁粉做比较，并监控两种直接还原铁铁粉的氢释放、氢积聚、温度上升与氧气损耗的状况。

- 标准值下，测量所有参数。
- 查明无异常现象。
- 图 23 中标出测试结果。

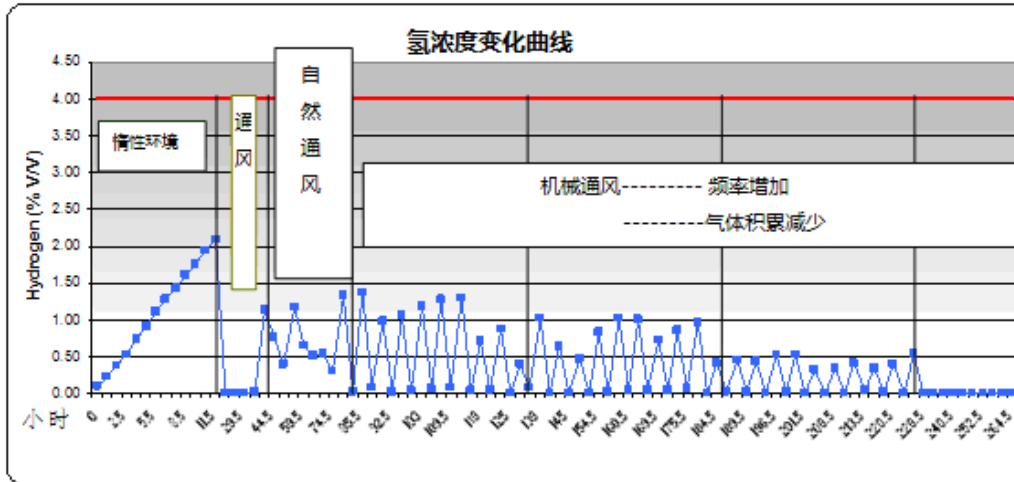


图 23

从上图显然可以发现，在惰性环境或密封空间中亦会产生氢。因此，惰化不能阻止或停止氢的产生。氢的积聚事实上是可以通过通风来加以解决的，即可以通过不同的航海周期状况，分别采用机械通风法或自然通风法来加以解决。

#### 6.4.5 海上风大浪急或机械通风停止工作时的通风规程

通过除气测试试验，证明阀门打开，氢会降低到较低水平。也就是说万一因为某种原因通风系统停止工作，可以将机械通风设备的通风口打开，然后尽快重启通风系统，具体操作可参考第 3.1.5 与 3.1.6 节的有关规定。

在风大浪急的海面上，可打开舱盖尾部或桅室的自然通风口，这样可以控制氢气积聚。

**注意：**每个舱盖处应配备 2 台通风能力最大的风机，万一有一台出现故障，另一台还可工作。

## 第四部分

### 第七章 参考书目

1. Dam, Oscar. *Guide for the Transportation, Handling, and use of Orinoco Iron HBI*. Puerto Ordaz, Venezuela: Orinoco Iron S.C.S. 1999.
2. *BHP Boodarie HBI Users Manual*. Perth, W. Australia: BHP Billiton Direct Reduced Iron Pty Ltd. A.C.N. 50 056 025 860. 2003.
3. Anderson, David; Sheard, Daniel. *Cargo Ventilation*. United Kingdom: North of England P & I Association Ltd. 2006.
4. “Contingency Notification in the Industrial Area of Palua” from COPAL Internal Norms and Procedures, Code PPC-02-017. San Felix, Bolivar State, Venezuela: COPAL. 2003.
5. “Clothing, Equipment and Personal Protection Devices” from COVENIN Norm 2237. Caracas, Venezuela: COVENIN. 1989.
6. *Risks Control System Manual*. Code: GG-MSCR-01-01.
7. “Iron Minerals and Iron and Steel Industry Products, Briquettes” from COVENIN Norm 3.395. Caracas, Venezuela: COVENIN. 1999.
8. “Iron and Steel Industry, Iron Mineral Pre-reduced, Briquettes” from COPANT Pan-American Norm C 105: 043. 1992.
9. *Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes, Edition 2004*. London, England: International Maritime Organization. 2005.
10. International Maritime Organization. Excerpt of Document MSC 85/26/Add.2. *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code*. Pages 149~152. December 24, 2008.
11. *Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk Carriers (BLU Code)*. London, England: International Maritime Organization. 1998.

## 第八章 参考文献

1. *BIMCO Bulletin*. Volume 101, N°C5. Pages 32~33. 2006.
2. Coster, J. “Consideraciones Técnicas sobre el Acarreo y Almacenamiento de HRD y su Comportamiento en la Planta.” Presented at CVG Sidor C. A. R&D Department VII Internal Symposium. Puerto Ordaz, Venezuela. August 1980.
3. Ciccariello, R. et. al. “Report to IMO Sub ~ Committee on Containers & Cargoes.” Presented at 22<sup>nd</sup> Session DC XXII/5/9/Add.1, Agenda Item 5; Circulated under Cover of BC XXII/5/9. London, England: Sidbec R&D Department.
4. Piest, W. “Storage, Shipping, and Storage of Direct Reduction Iron.” *AIME Transactions*. Vol. 262. Pages 225~234. September 1977.
5. Stewi, A. “LISCO Report on Experience of DRI Export.” Midrex Operations Seminar, September 2006, and *Direct from Midrex*, 4<sup>th</sup> quarter 2006.
6. United Kingdom Mutual Steam Ship Assurance Association (Bermuda) Limited. *Correspondence to IMO*. August 1981.
7. Gallagher, W.P. “Hydrogen Evolution from DRI Products Reacting with Water.” *ISS Transactions*. Vol. 1. Pages 69~73. 1982.
8. Nunez, E. et al. *Internal Report on the Simulation of DRI (B) Lumps Reactivity in Ship Holds under Different Conditions*. Puerto Ordaz, Venezuela. Orinoco Iron S. C. S. Quality Assurance Department. Sept. -2006
9. Smailer, R. “Fior 300, 000 Tons by Water.” ILAFA Direct Reduction Congress. Buenos Aires, Argentina. 1980.
10. *COPAL Briquettes Reception and Unloading Procedures*.
11. Fior de Venezuela Fact Sheets Leaflet.
12. Uneven Report – IMO DSC 11 handout report.
13. *HYL Report*. Vol. XVII, N<sup>a</sup> 1. Spring 2003.
14. International Maritime Organization, *Inert Gas Systems, 1990 Edition, London*.

## 附录1 《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》直接还原铁 (C) — 粉末

(注: 本指南中所指的直接还原铁铁粉, 与《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》中定义的直接还原铁, 在水份含量限制和装货方法上均有所不同)

以下内容摘自《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》p143~147复印件

### 直接还原铁 (C) 粉末

#### 综述

直接还原铁 (C) 是一种多孔、黑/灰色的金属物料, 是生产和加工处理直接还原铁 (A) 和/或直接还原铁 (B) 过程中的副产品。直接还原铁 (C) 的密度小于 5000kg/m<sup>3</sup>。

#### 特性

堆 角	散货密度 (kg/m <sup>3</sup> )	堆装系数 (m <sup>3</sup> /t)
不适用	1850~3300	0.30~0.54
尺 寸	类 别	组 别
铁粉和小颗粒, 平均粒度 <6.35mm, 粒度不得 >12mm	MHB	B

#### 危险性

散装物料处理后, 由于自身发热, 温度可能会提高 30°C。

在运输过程中, 存在着过热、着火和爆炸的危险。这种货物会和空气、淡水或海水起化学反应, 产生氢气和热量。氢气是一种易燃气体, 一旦在空气中的浓度达到 4% 以上 (按体积算), 就会形成爆炸性的混合物。货物发热可能会产生非常高的温度, 足以导致自热、自燃和爆炸。

在货舱及毗邻密闭空间内氧气可能会耗尽, 同时这些区域可能会聚集易燃气体。在进入货舱及毗邻密闭空间时应采取一切预防措施。

由于该类物料性质未纳入本规范清单之列, 故其反应性难以评估。但无论如何, 均应假定最坏情况下随时采取应急措施。

#### 装货和隔离

按包装形式分类, “隔离” 货物分为: 第 1 (细分为 1.4S)、2、3、4、5 和第 8 类酸性物 (参见 IMDC 规范)。

第 4 和 5 类固体散装货物应“隔离”。

除 1.4S 外的其他第 1 类货物不得与该货物同船运载。装货货物的货舱之间应能防火并防止液体通过。

#### 保持清洁

货舱应保持清洁、干燥, 且无盐及先前货物的残留物。装货前, 应拆除诸如板条

等木制装置、不牢固的衬垫、碎片和易燃材料。

### 天气注意事项

在装载和运输期间，该货物的含水量应随时保持在本《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》规定的允许范围之内。

任何紧急情况下，本货物均不得装船或在船舶与驳船之间进行驳运。在装载这类货物时，装载或拟装载该货物的货舱所有非工作舱盖均应关闭。

### 装载

装货前，码头应确保输送带和其他装载该货物的设备不得有积水或其他物料。每当开始或重新启动货运作业时，尤其是下雨或清洗后，任何输送带均须空载运行一段时间，且不得在船舶的货舱上方进行运行。

装货前，需用超声波或其他合适的仪器进行测试，以确保舱口盖和关闭装置的防风雨密闭性，并且所有的测试读数均应符合密闭性的要求。

装载这类货物前，发货方应向货主提供由船旗国政府主管部门认可的资质人士颁发的证书。该证书应证明该货物在装货时适合装运；符合本规范的要求；含水量低于 0.3%；温度不超过 65°C。该证书应证明该货物已满足时效硬化和物料温度方面的装货标准。

若该货物温度超过 65°C，或其含水量超过 0.3%，不予装货。任何已湿的或得知湿过的货物均不得装货入舱。

应按本《国际海运固体散货规范》第 4 和第 5 部分的有关规定进行整改。

装货时应监测该货物温度，并把每批货物的温度详细记录在航海日志中，并向货主提供一份副本。

装货后，该船旗国政府主管部门认可的资质人士应签发一份证书，以确认该粉末在整个托运过程中含水量不超过 0.3%，温度不超过 65°C。

完成一整舱的货物装载后应立即关闭货舱并密封，之后输入足够的惰性气体，使整个货舱氧气浓度低于 5%。

### 注意事项

应充分考虑货物堆内部受潮的可能性，以避免装运湿货物或部分浸湿的货物，应认识到即使货物堆表面看上去干燥，其底部亦可能受潮。承运人指定的技术人员或其他代表有权对货堆和装运设备进行检查。

在装运前，货物应至少时效硬化 30 天，并由该船旗国政府主管当局认可的资质人员签发证书证实这一点。

装货前，发货方应向货主提供有关该货物的完整资料以及应急情况下应采取的安全规程。该建议可以是本规范的补充说明，但不得和安全方面的建议相违背。

在可行情况下，和货舱相邻的压载舱（除双层底舱外）应保持空置。在整个航行途中应保持密闭性。舱底的污水井应保持清洁、干燥，并保证货物进入畅通，污水井应采用非燃性材料。货舱内应避免潮湿和冷凝。

应采取适当的预防措施，以防止货物灰尘污染设备、机械和起居舱室。船上的雷达和暴露在外的无线电通讯设备应做好防货物灰尘的保护工作。有可能接触到货物灰尘的相关人员应穿戴防护服、护目镜或其他类同的眼部防尘用品和防尘口罩。

货物装卸期间，应在甲板上和货物毗邻区域张贴“严禁吸烟”的告示牌；这些区域不允许使用明火。任何时候，在装有该货物的货舱附近应禁止吸烟、燃烧、切割、切削、研磨或其它引燃的作业。

装载该货物的货舱内和毗邻处的氧气可能会耗尽。任何人不得进入装载货物的货舱或毗邻的密闭空间内，除非该区域已经通风，且空气经过测试并证实没有有害气体，并有足够的氧气来维持呼吸。尽管如此，仍允许在应急情况下未通风或未测试或两者均无时有人员进入，但这些人员必须配备自给式呼吸器并经过训练，且在负责人员的监护下及不会将火源带入货舱的情况下，允许进入该区域。

装货前，应采取措施，将干燥惰性气体输入货舱顶部，以让惰性气体净化货物产生的空气并充满上方的自由空间。最好使用氮气。应关闭和密封可能让惰性气体从装运该货物的货舱内泄露出去的所有通风口、通道和其它诸如围板排水管等开口。

应为船舶配备相应装置，以确保满足本规范关于氧气浓度在整个航行期间保持在5%以下的要求。船舶上备用的二氧化碳消防系统不得用于此用途。应考虑航行期间，船舶货舱内惰性气体供应。

船舶应配备可靠的测量装置，以检测货舱多处的温度，并掌控航行时氢气和氧气的浓度。应采取适当的预防措施，尽量减少惰性气体的损失。

已装入货舱但随后由于暴露于外而接触到淡水或海水，使含水量超过其天然值而变湿或已经开始发生反应的任何货物且温度已超过120°C，应及时卸货。

完成一整舱的装货后应立即关闭货舱并密封，之后输入足够的惰性气体，使整个货舱氧气浓度低于5%。

在货主和船旗国政府主管当局认可的资质人员对以下情况感到满意之前，船舶不得开航：

- 1 所有装载货舱均正确密封和惰化；
- 2 在各测量点所测的货物温度均已稳定，而且未超过65°C；
- 3 在惰化过程结束时，货舱内自由空间的氢气含量已经稳定，而且按体积算未超过0.2%。

## **通风**

在航行期间，装运该货物的货舱应保持密封和惰化状态。

## **装运**

为测量氧气和氢气含量，在装运货物期间，船上应配备适当的检测仪。检测仪应适合在无氧气的空气上使用，即使在易爆气体环境中使用亦确保安全。航行期间应定期测量装运该货物的氢气、氧气含量，并将测量结果记录在案且保存在船上至少两年。

整个航行期间，应补足惰性气体，使装运这些货物的货舱内的氧气浓度始终保持在5%以下。

航行期间，应定期测量装运该货物的氢气和氧气含量，并将测量结果记录在案且保存在船上至少两年。如货舱温度超过 65°C，或监测到的氢气浓度按体积计算超过 1% (>25% LEL-氢气安全爆炸下限值)，必须按照发货方提供的应急程序采取适当的安全措施。如有疑问，应征询专家意见。

应定期检查污水井是否有水。如发现有水，应泵抽或排干污水井的水。恶劣天气情况下应考虑增加货物检测的频率。应采取一切措施以尽量减少货舱内惰性气体的损失。

### 卸货

在打开舱盖之前，首先应立刻检测货舱内的氢气浓度。若氢气浓度按体积算大于 1% (>25%，LEL-安全爆炸下限值)，应按照发货方提供的程序或主管当局建议采取一切适当的安全措施。如有疑问，应征询专家意见。

应急情况下，应暂停一切货运作业，并关闭装有货物的舱室，且继续监测装有该货物的货舱内的氢气。

### 清扫

应尽快清除在甲板上或货舱毗邻处周围积聚的货物灰尘。应避免用海水冲洗。应考虑仔细清洁可能沾上货物灰尘的暴露在外的无线电通信设备，如雷达、电台天线、高频设备、船舶自动识别系统和全球定位系统。

### 应急程序

#### 采取的专用应急设备

(无)

#### 应急程序

(无)

#### 当遭遇火灾时，应采取的应急措施

当发生紧急事故时，应咨询并按发货方所提供的专用程序执行，并视情况而定。不得使用二氧化碳、水以及蒸汽。

封仓、用船上设备恢复惰性气体。增加监控次数。如果温度或氢的浓度稳步上升，尽早寻求专家意见。

如果货舱里的温度超过 120°C，货运船只应尽可能在临近港口卸下受影响之货物。在卸货之前，要做好准备工作。

如果有氮气，使用氮气降低氧气密度，如果有氢气生成，应控制火灾并防止爆炸。

最后一招可用大量水浇灭受影响货物，但是船只的稳定性和承受强度应纳入考虑范围之内。

#### 医疗急救

参见《医疗急救指南 (MFAC)》修正版。

以上内容摘自《国际海运固体散货规范 (IMSBC Code)》p143~147复印件

附录 2 直接还原铁粉物料安全系数表——高水份

附 录  
直接还原铁粉物料安全系数表（高含水量）  
MSDS

---

厂商直接还原铁物料安全系数表

---

第一章 产品和公司

---

产品

---

产品名称及商标	直接还原铁粉
化学名称	铁
产品用途:	钢铁生产
国际海事组织《国际海运固体散货规范》	未列出
货运名称:	直接还原铁粉
组号:	B
国际海事组织分类:	MHB
美国海岸防卫队的特殊许可:	无
物料安全系数表日期:	2009 年 10 月

---

公司

---

厂商  
名称:  
地址:  
电话:  
传真:  
紧急电话:

---

## 第二章 产品成分

### 主要化学成分数据：（按重量百分比计算）

含铁总量 (TFe):	68 % (最小值)
金属铁 (° Fe):	1 % (最小值)
碳 (C):	0.2 % (最小值)
硫 (S):	0.05 % (最大值)
磷 (P):	0.14 % (最大值)
脉石	6.0 % (最大值)

### 美国化学文摘服务社 CAS N°

品名	美国国家标准技术研究院化学文摘服务社编号 (CAS)	欧洲现有商业化学品目录 (EINECS) 编号 N°
直接还原铁粉	65996-67-0	265-998-4

### 成分

成分	美国国家标准技术研究院化学文摘服务社编号 (CAS)	浓度
铁	7439-89-6	1~65%
氧化亚铁	1345-25-1	4~20%
三氧化二铁	1309-37-1	4~50%
金属氧化物	无	<4%
碳	7440-44-0	0.2~2.0%

## 第三章 危险辨别，包括应急情况概述

### 危险物料详情

类别	无危险物分类
成分	无危险物成品详情
有毒物料表	无

### 对健康影响

急性食入	如果吞食，可能造成肠胃紊乱。过量食入铁，对嘴、食道和胃都将带来一定的刺激。症状：反胃、呕吐、腹痛、腹泻和休克。
过分与眼睛接触	直接和眼睛接触，可能造成机械性刺激、发红、疼痛及流泪。或引发结膜炎。
与肌肤急性接触	与肌肤直接接触将可能产生机械性刺激，并致使皮肤发红。
过量吸入	吸入矿石灰尘或对呼吸道造成刺激。症状：咳嗽、打喷嚏、咽喉痛以及

---

	呼吸困难。
长期接触	经常或长时间和铁粉接触会对敏感性肌肤造成一定损害。和铁粉粉尘长期接触会一直伴随着良性尘肺病，但不会影响肺功能。呼吸道受损的人对粉尘物料更敏感。
分解	当铁粉加温至其分解温度 1535℃时，可能产生有毒铁雾。

---

---

#### 第四章 急救措施

---

##### 紧急救助

---

吞食	催使伤者迅速呕吐，并就医诊治。
吸入	将伤者转移至新鲜空气处，就医诊治以防呼吸困难。
与眼睛接触	如果眼睛接触到铁粉，应用大量的水冲洗 15 分钟，眼睑张开。情况严重者应向医生寻求帮助。
与皮肤接触	慢慢地用水和肥皂彻底清洗。若要重新穿或丢弃受污染的衣服，应保证其被清洗干净。情况严重者应向医生寻求帮助。
急救设施	洗眼喷水器和正常的清洗设施

---

##### 对医生的建议

---

对医生的建议 就具体症状进行诊治，或咨询防毒控制中心

---

---

#### 第五章 消防措施

---

##### 火灾及爆炸危险数据详情

---

——直接还原铁粉是一种细小物料，和水接触可能会释放出氢气（可燃性气体）。如果直接还原铁粉在装运时是潮湿的，将会释放出氢气。无论天气条件如何，被释放出的氢气必须采用通风方法将其从货舱内排除出去。**要注意防止海水侵入货舱**，因为当直接还原铁遇海水时，会加快氢气的释放速度。

——如果直接还原铁粉装运在封闭的货舱内，氢气将会不断的生成并积聚在货舱内。氢气是可燃性气体。因此，如果装运在封闭的货舱内，必须采取机械通风。若堆放不正确，货物可能会自动升温。如果遭遇火灾，应从该区域疏散并联系应急救援服务中心。留在上风处，并告知何为危险的下风。

---

---

## 消防规程

---

- 着防护服及呼吸器。
- 穿不会产生火花的鞋。
- 避免所有火源。
- 将热的物料从货堆处移开。若在船上，可使用一个蛤壳式抓斗。
- 将热的物料分成小份，但高度不能超过半米，随后将该物料快速冷却并保持  
在燃点以下。
- 万一没有足够的空间分散物料，比如说在船上，使用无氧化剂的覆盖物（如  
沙子或细粉碎渣）来灭火并阻碍空气流通。在应急情况下才考虑使用这种方法，因为  
这种方法容易使直接还原铁铁粉受到污染。
- 不要使用二氧化碳，因为二氧化碳易分解一氧化碳。不要使用干粉灭火剂。
- 不要在船上的货舱封闭空间内使用淡水和海水来冷却热的物料，除非为了保  
证船只安全完好不得不如此，但亦应在专业人士的指导下进行。如果使用水，1) 用  
大量的水来淹没该物料；2) 提供足够的通风使得产生的氢气排除出去。
- 如果遭遇火灾，应从该区域疏散并联系应急救援服务中心。
- 寻求专家意见，电话通知发货方。
- 尽早将惰性气体吹入，以抑制燃烧源可能会更有效。
- 应急情况下应采用此类包装材料：GOLF，依据《国际海运危险品规范》

---

## 第六章：意外泄漏应急措施

---

散装物料	尽可能地重新收集并再次使用。避免产生灰尘。
包装物料	如果泄漏在封闭区域，尽量让该区域通风。采用第 8 章里的 保护设备。重新将散落的铁粉放置在合适的容器中留作再次 使用。
包装好的铁粉溢出后 采取的应急措施	按《国际海运危险品规范》（November/Oscar/Papa）的规定 执行。

---

### 附录3 2005年5月~2009年3月委内瑞拉、特立尼达和多巴哥共和国直接还原铁粉装船海运概述（内容见国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十四次会议（IMO DSC 14）编制的《委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥岛的玻利瓦尔共和国提交的关于高水份（含水量≤12%）直接还原铁粉货运的数据、信息及经验报告》）。

1 这是从特立尼达岛和多巴哥岛货运直接还原铁 DRI (B) 的历史经验所得。特立尼达岛和多巴哥岛货运直接还原铁的实践经验见《直接还原铁的海运及处理》一文，该文由 ISPAT 船运公司的董事 V. C. Vora 撰写，选自《矿业技术概述》（1998年2月28日第4~8页的内容，主要讨论的是直接还原铁 DRI (B) 的内容。

2 在《直接还原铁的海运及处理》一文中，详细的介绍了截至1998年700万吨直接还原铁的生产、处理和海运经验。海运不仅从特立尼达岛横跨海洋至美国，还抵达远东和东南亚地区。

3 在《直接还原铁的海运及处理》一文中所描述的货船配备了全套可操作的通风系统，以及适合运输直接还原铁的海洋运输系统。尽管在整个航海过程中，货舱舱口关闭及风机保持密封，但一旦货舱氢气浓度超过1%时，即要保持通风，直至氢气浓度降至1%以下为止。现在这些操作方法已是特立尼达岛海运直接还原铁的标准操作法之一。表 I 所示为2005年5月至2009年3月海运220万吨直接还原铁铁粉的不同参数平均值。

#### 委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥岛直接还原铁粉运输所使用通风方法概述

4 表 I 所示为2005年5月~2009年3月海运220万吨直接还原铁铁粉的不同参数平均值。

表 1a 2005年5月~2009年3月委内瑞拉货运相关数据信息（仅限机械通风）

货运总吨位 (t)	# 货运	# 事故	装载货物温度 (°C)		含水量 (%)		粒度 -12mm		散货平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )
			平均	最大值	平均	最大值	平均	最大值	
			43.2	62.0	4.3	10.5	99.0	100.0	

表 1b 2005年5月~2009年3月特立尼达岛和多巴哥岛海运相关数据信息  
(自然通风和机械通风)

货运总吨位 (t)	# 货运	# 事故	装载货物温度 (°C)		含水量 (%)		粒度 -12mm		散货平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )
			平均	最大值	平均	最大值	平均	最大值	
			29	47	5	12	99.0	100.0	

## 装货温度

5 从以上表格内容可以看出，委内瑞拉直接还原铁铁粉的平均装货温度为 43.2℃，最高达 62℃。特立尼达岛和多巴哥岛直接还原铁铁粉的装货温度为 47℃。无论在任何情况下，装载重任何直接还原铁，经验表明其温度不得高于 65℃。

## 货运监控

6 在国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十二和十三次会议中，人们提出了对直接还原铁铁粉氢气的生成及温度上升问题的担忧。在委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥岛代表团所做的报告中指出，当有表面通风时，海运直接还原铁是安全的，即便货物含水量达到 10.5%。

7 为求证这一点，在整个航运过程中对氢气、氧气的产生以及温度情况进行了监测。具体结果见表 II。

表 II 2005 年 5 月~2009 年 3 月委内瑞拉直接还原铁铁粉海运  
对温度、氢气和产生和氧气的消耗进行的监测

货船名称	航海天数	最大值			平均值		
		温度 °C	O <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> %	温度 °C	O <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> %
Spar Eight	7	56.0	21.3	0.20	42.50	20.70	0.18
Scanda	8	36.0	20.0	0	32.40	19.40	0
Scanda	8	38.0	21.8	0	36.10	20.10	0
Scanda	8	54.6	20.5	0.30	44.50	20.40	0.10
Aviona	12	58.7	21.0	1.80	44.00	20.70	0.10
Scanda	40	45.0	20.9	2.88	28.80	20.30	0.60
Yung Cheng	40	61.0	21.0	0.50	39.90	20.70	0.30
Engin Kaptanoglu	41	52.4	20.9	0	38.80	20.80	0
Bulk Crusader	43	56.0	20.9	0	44.00	20.70	0
Artic Voyager	43	51.0	20.5	1.75	34.00	20.09	0.20
Rong Cheng	45	59.9	21.0	2.00	53.32	19.38	0.22
Bulk Crusader	45	54.8	21.0	0.16	45.10	20.20	0.10

8 正如国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十三次会议 DSC 13/4/8 报告所述：the MV Bulk Crusader 船在一次驶往中国的航行途中氢气浓度曾达到了一个非正常的情况，为 7%，其原因在于该船舶进港前，机械通风系统自动关闭了。

9 这些装船货物的通风频率应始终保持在每 4 小时至少通风 1 小时以上。风机能力要求：空舱里，空气每小时转换 4 次。

10 根据表 II，当航行中采用机械通风时：

- 1) 货物温度不得大于 61℃；
- 2) 氢气含量不得大于 3%；
- 3) 货舱内，氧气含量不得小于 20%。

11 当表 Ia 和 Ib 所采集的数据落在表 IIIa 和 IIIb 按航行天数变化之范围内，那么可以完全有把握地推断 DRI 铁粉在机械通风条件下是十分安全的。

表 IIIa 在机械通风条件下，委内瑞拉 DRI 铁粉其温度、氢含量变化及氧气消耗的平均值和最大值（2005 年 5 月~2009 年 3 月份）

	航行天数								
	7~9			10~15			40~45		
	温度 °C	O <sub>2</sub> % 容积	H <sub>2</sub> % 容积	温度 °C	O <sub>2</sub> % 容积	H <sub>2</sub> % 容积	温度 °C	O <sub>2</sub> % 容积	H <sub>2</sub> % 容积
最大	56.00	21.80	0.30	58.70	21.00	1.80	61.00	21.00	2.88
平均	38.90	20.15	0.14	44.00	20.70	0.10	40.03	20.28	0.68
读数	729	729	125	335	335	335	1785	1753	1394

12 根据表 IIIa，由此可以推断出如下的结论：

- 1) 最大温度值，尽管似乎是由航行时间决定，而不完全取决于粒度（4mm 以下）（参见国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十三次会议 DSC 12/4/2 报告）；
- 2) 氢气浓度则完全取决于通风持续时间的长短；
- 3) 氧气也是持续通风时间的作用，而且其值不得小于 20%。

表 VIII b 在机械通风条件下，特立尼达和多巴哥直接还原铁粉其温度、氢含量变化及氧气消耗的平均值和最大值

	航行天数								
	7~9			10~15			40~45		
	温度 °C	O <sub>2</sub> % 容积	H <sub>2</sub> % 容积	温度 °C	O <sub>2</sub> % 容积	H <sub>2</sub> % 容积	温度 °C	O <sub>2</sub> % 容积	H <sub>2</sub> % 容积
最大	43	21.90	0.40	47	21.90	0.76	不适用	不适用	不适用
平均	36	20.00	0.40	44	20.70	0.64	不适用	不适用	不适用
读数	60	60	60	210	210	10	不适用	不适用	不适用

13 根据表 VIII b，由此可以推断出如下的结论：

- 1) 最大温度值，尽管似乎由航行时间决定的，但是仍然落在安全范围内；
- 2) 氢气浓度则完全取决于通风持续时间的长短（参见试验数据结论）；
- 3) 氧气也是由通风持续时间决定，而且其值不得小于 20%。

**附录 4 2005 年 5 月~2009 年 3 月在采用机械通风条件下，委内瑞拉、特立尼达和多巴哥共和国直接还原铁粉装船海运安全指数（内容见国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十四次会议（IMO DSC 14）编制的《委内瑞拉、特立尼达岛和多巴哥岛的玻利瓦尔共和国提交的关于高水份（含水量 $\leq 12\%$ ）直接还原铁粉货运的数据、信息及经验报告》）。**

1 有关安全方面，自从 2005 年起（即发生 M/V Ythan 事故后）特立尼达、多巴哥、委内瑞拉诸国的 DRI 行业已经采取了一系列措施，并反复提及和强调安全的重要性，目的是为了控制与直接还原铁 DRI（C）铁粉海运相关的风险和事故，同时为了减少或甚至完全消除任何可能发生的潜在的事故或险肇事故，如下：

1) 在机械通风条件下，这种货物在船运过程中应按《干散货运输规范（BC Code）》（及新版《国际海运固体散货规范（IMSBC Code）》）第 3 节和第 5 节的有关规定，始终保持避免任何易燃气体的积聚。

2) 对于 DRI 铁粉的运输过程，按联合国的有关分级要求在独立的具资质的实验室和生产工厂里进行了彻底详尽地研究、试验、分析，并且确定何为主要的危险源；

3) 识别并认为在 DRI 铁粉运输过程中氢气的产生是主要危险源，而在货舱内氢气的积聚实质上是主要问题，而不是氢气的产生。

4) 对于运输 DRI 铁粉所租用的船舶，要求货舱应配备一套机械通风系统，并且要求风机至少每小时在转换 4 次，而通风频率应始终保持在每 4 小时至少通风 1 小时以上（按国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十三次会议文献 DSC 12/4/1 的指南执行）。

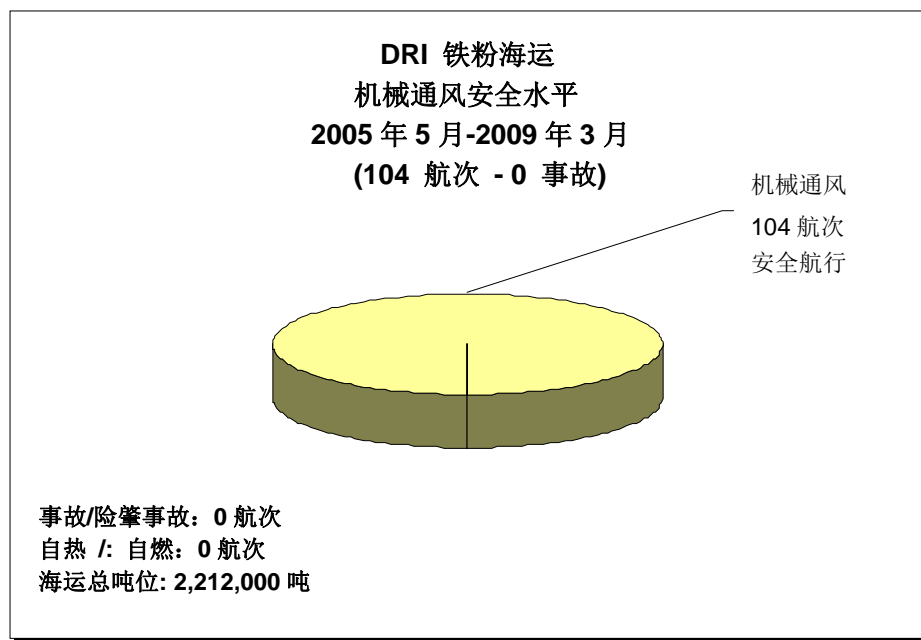


图 1

5) 在货物装货前及装货过程中、在货物整个航运过程中及在卸货地, 严密监控货物的具体状况。监控应包括: 用热电偶测量货物的温度; 在海运过程中, 主要是应对氢气的积集和氧气的浓度进行气体学分析;

6) 编制在航运过程中应做什么事及当氢气安全爆炸下限值 LEL 达到 25%时应采取何应急措施的一系列规程;

7) 船上主要人员应充分理解有关货物危险方面的全面信息及安全处理和安全运输的规程 (按国际海事组织危险品、固体货物和集装箱分委会第十三次会议的文献 DSC 12/4/1 的每一条款执行)。

2 基于这些安全指标, 在机械通风条件下, 运输 220 万吨 (104 个航次) DRI 铁粉, 安全指标达到了 100%, 原因在于委内瑞拉和特立尼达的该行业自 2005 年起按上述的规定进行了操作, 见图 1。

### 结论

3 根据现场测量和实验室试验采集得到的数据, 在与不同的实际环境进行对比基础上, 例如: 惰性气体、含毛类物品、连续自然通风、每 4 小时机械通风一次、每 3 小时机械通风一次和持续不断地进行机械通风等等, 我们可以得出如下的一些结论:

1) 某两种原料其化学还是物理所表现的性能均极其相似, 那么经过程序认可可以视为单一的货物。

2) DRI 铁粉货物产生氢气的主要根源在于物料中含有湿气成分。在运输中任何空气均含有湿气, 一旦被货物吸入从而会导致货物生锈。

3) DRI 铁粉按联合国 UN Test 试验要求既不是 4.2 级货物亦不是 4.3 级货物, 即货物在估价时应按联合国 UN Test 试验要求进行一项法律上的有效性试验。

4) 这种货物的主要危险源不是仅仅氢气产生的多寡, 而是在货舱内氢气积集的程度。

5) 由于氢气的产生使得在环境中氢气和氧气的浓度分别保持在大于 1%与小于 5% 的范围内极其困难。简单而言, 这既无操作性亦无实际可行性。

6) 从有限的试验中得到的数据资料基础上, 证明惰性气体可能会降低氢气的产生及积集的程度。然而, 由于这种办法是不可能制止氢气的产生的, 因此是不可能作为唯一的措施来保护船舶和海员达到所谓“安全第一 (SAFETY FIRST)”之目标。

7) 已证明机械通风是最佳及最有效的技术, 其能使 DRI 铁粉在海运中湿气含量即使达到任何程度, 但仍能确保船舶处安全环境而万无一失。

8) 船舶应配备通风设备并具足够的通风能力。进一步建议其在所有海洋/气候环境条件下应具备足够的通风能力, 以进一步降低氢气的积集。

9) 根据最近的试验成果, 只要按照国际海事组织 IMO 12/4/1 文献所规定的要求执行, DRI 铁粉可以被认为是一种安全的货物。





HBI Association Ltd.  
624 Matthews-Mint Hill Road  
Suite 410  
Matthews, North Carolina 28105  
USA

© HBI Association Ltd, December 2009