

编者按:2005 年 12 月 11 日,英国邦斯菲尔德油库发生火灾爆炸事故,共烧毁储油罐 20 余座,受伤 43 人,造成直接经济损失 2.5 亿英镑。虽无人员死亡,但此次事故成为欧洲迄今为止最大的火灾爆炸事故。本刊在 2015 年第 2 期和 3 期分上下两部分对此次事故的原因进行深度剖析。



事故发生前的邦斯菲尔德库区鸟瞰图



事发后的邦斯菲尔德油库 (912 储罐位于前景的中心, 12 号储罐位于图片的左上部)

## 邦斯菲尔德油库火灾爆炸事故反思(上)

王梦蓉 | 译

2005 年 12 月 10 日晚,英国邦斯菲尔德油库内赫特福德郡储油公司 (HOSL) 的 912 号储罐正在进行汽油接收作业。该储罐的液位控制方式有两种:一是员工通过液位计进行监测;二是独立的高液位开关 (IHLS) 可以在储罐过满时自动停止收油。事发时,液位计被卡住不好用, IHLS 也不能用,因此,当罐内液位达到危险高度后,控制室内的操作人员未能获得任何警报信息。最后,大量的原油从罐顶溢出,形成的蒸气云被点燃后,发生

了巨大的爆炸和持续燃烧了 5 天的大火。

912 号储罐在 2005 年 8 月投入运行,液位计从一开始就经常不好用,尽管如此,不论是现场经理还是负责对系统进行维护作业的承包商都没有采取有效的措施解决该问题。IHLS 的检核柄需通过挂锁使其保持在工作状态,但该开关的供应商并没有将这一重要要求告知安装人员、维护承包商或现场操作人员,因为没有人了解这一要求,因此 IHLS 一直都没配锁。

发生漏油后,要靠在储罐周围修建的防护墙 (二级防控) 和排水系统及集油池 (三级防控) 来防止储罐中溢出的原油泄漏到周围环境中。但事发时,这两级防控措施都未能起到应有的作用。从防火堤中泄漏的燃料和消防用水流入地下水。这些防控系统的设计及维护都存在缺陷。

溢流保护系统和液体阻挡系统的设计和维护问题是导致爆炸发生及污染物渗透到周围环境中的技术因素。但在这些问题背后反映出

的却是更深层次的管理问题：一是 HOSL 建立的与储罐充装管理体系尽管通过了第三方审核，但不仅体系本身存在着问题而且在实际工作中也未被正确地执行。二是事发前员工的工作压力不断增加。该油库共有 3 条输油管线，但对于其中 2 条管线，控制室的操作人员基本上既不能控制流量也不能控制接收时间。因此，信息的缺乏导致工人们无法对燃料的存储进行精确的管理。三是油库吞吐量的不断增加给现场的管理人员和工作人员造成更大压力，进一步影响了他们对燃料接收和储存的监控能力。此外，由于总部不提供工程支持，更加大了员工的工作压力。

所有这些压力导致该公司形成了一种将工作重点全部放在工艺操作上的企业文化，而工艺安全却未得到应有的重视及资源支持。

### 邦斯菲尔德油库简介

邦斯菲尔德原油储存和中转库是一个罐区，位于英格兰赫特福德郡赫默尔亨普斯特德，M1 高速公路 8 号路口附近。2005 年 12 月时有 3 家公司在运营：HOSL 是道达尔英国公司 (Total UK Ltd.) 与雪佛龙公司 (Chevron Ltd.) 的合资企业，日常管理由道达尔英国公司负责，HOSL 的作业场所分为东西两个区；英国管道局 (BPA)，是英国石油公司 (BP Oil) 与壳牌英国公司 (Shell Oil UK) 的合资企业，但资产归英国石油管道公司 (UK Oil Pipelines Ltd.) 所有。BPA 的罐区也分为两块，一块是北区，另一块是其主区，位于 HOSL

的东西区之间；BP 英国石油公司 (BP Oil UK Ltd.) 的罐区位于邦斯菲尔德库区的南端。

根据 1999 年版《重大事故危险控制法规》(COMAH) 的规定，所有这 3 个公司的作业区都属于“顶级”危险场所。该油库被批准的危险烃类燃料的储量为 19.4 万 t。

在邦斯菲尔德油库内有 3 条输油管线：一条是 Finaline 管线，起始于林赛炼油厂，途经亨伯赛德郡到达 HOSL 的西区；一条是 UKOP 北线，起始于斯坦劳炼油厂，途径莫西赛德郡到达 BPA；另外一条是 UKOP 南线，从科利顿炼油厂起始，经过埃塞克斯郡到达 BPA。

这 3 条管线均分批运送燃料。在邦斯菲尔德油库，各种类型的燃料按等级的不同分别存储在指定的储罐中。然后再用油罐车将大部分燃料运走，航空煤油从 BPA 用 2 条管线运出，然后并入西伦敦沃顿盖特威克管道系统后，输送到希思罗和盖特威克机场。

作为英国第五大燃料运销区，邦斯菲尔德油库负责向伦敦和英格兰东南部运送燃料，具有重要的战略性。英国东南部最大的工业区之一，梅兰兹工业区与邦斯菲尔德油库西部紧邻。该油库坐落在白垩层上的燧石黏土上，黏土层的厚度为 2 ~ 10 m。白垩层是主要含水层，不仅可以提供饮用水，还包括私用、农用及工业用水。

2005 年 12 月 10 日 18 时 50 分，一批无铅汽油通过 UKOP 南线输送到 912 号罐。该罐的容量为 6 000 m<sup>3</sup>，罐上配有的自动液位计量系统 (ATG) 可以将罐内物料的

液位值直接在控制室的屏幕上。12 月 11 日凌晨 3 时 05 分，ATG 的显示呈平直线，即尽管储罐还在不断地进油，罐内液位的升高情况却无任何记录。最后，由于储罐的液位值一直低于报警值，导致“用户液位”“高液位”和“高一高液位”这 3 个 ATG 报警器都没有动作。而控制室内的操作人员都是在接到报警后才会采取措施，因此尽管液位一直在上升，控制室内的作业主管却没有意识到储罐正面临着充装过量的风险。

在 912 号储罐的 ATG 报警器上方还安装了一个独立的高液位开关 (IHLS)，配置这个开关的目的是使产品输入管线上的阀门自动关闭，以终止充装作业；另外，在罐内液位达到意外高度时，还能发出声音警报。但在事发时由于 IHLS 未能记录下罐内液位的升高情况，导致警报未被发出，管线也未自动关闭。12 月 11 日早晨 5 时 37 分，912 号储罐内的液位超出其最大容量，汽油开始从灌顶的排气孔溢出。

从 CCTV (闭路电视监控系统) 上可以看到，就在汽油溢出之后不久，一团白色的蒸气云从储罐周围的防火堤中散发出来。由于周围没有任何阻挡，这团由烃类物质和冰晶组成的白色蒸气云慢慢地扩散到直径大约为 360 m 的区域 (包括 HOSL 的库区、梅兰兹工业区的停车场及 BPA 北库区装有航空煤油的 12 号储罐)。

库区外的民众及在油库内等待装车的罐车司机发现了蒸气云后，对现场作业人员发出了警告。6 时

01 分，火警按钮被按下，警报响起，消防水泵开始启动。也几乎就在同时，蒸气云发生爆炸，这很可能是因消防水泵启动时产生的火花所造成，此时泄漏出的汽油量已经超过了 250 m<sup>3</sup>。

爆炸造成巨大破坏，后果远远超过人们的预期。虽然没有人员死亡，但仍有 40 多人受伤，有些受伤人员终身都无法康复，如果事故不是在星期日的早晨发生，对人员的影响可能会更大。爆炸引发的大火，是英国在和平时期发生的最大的火灾，HOSL 及附近库区有 20 多个燃料储罐在火中被吞噬，大火持续燃烧了数日。英国各地的消防员纷纷赶来救火。从泄漏的防火堤中泄漏出来的燃料和消防液流入到罐区内外的下水井和排水坑中，造成了巨大的环境、社会及经济损失。

大火连续燃烧了 5 日，灭火过程中使用了大量的水和消防泡沫。从防火堤泄漏出来的燃料、水和泡沫在 BPA12 号罐的东侧形成了一个大的液池。最后这些液体甚至流到了几百米之外的 M1 高速公路桥。

库区作业人员并不了解在附近的区域内有很多下水井和排水坑，混合着燃料、水和泡沫的液体流入到这些下水井和排水坑后会渗入到其下面的泥土中。混合液的污染物中含有 PFOS（磺化全氟辛烷）及烃类物质如苯、二甲苯。这些污染物已经进入到库区下面的白垩层中，白垩层是提取饮用水的含水层。库区附近的污染物对饮用水的供应并未造成影响，但造成长期污染的可能性依然存在。英国环境署制定了一个监测方案对含水层的污染物

含量实施检查。

## 失控的根本原因

导致这起重重大事故发生的直接原因是 912 号储罐中的燃料液位升高后，ATG 和 IHLS 都没有发出任何动作。这是失去了“一级”控制。

在火灾发生的过程中及之后还存在着“二级”和“三级”控制措施失效的问题。那么在直接原因及导致控制措施失效背后的深层原因是什么呢？即换言之，在这个高危场所，是哪些操作管理问题导致控制措施一次又一次地失效呢？了解了这些根源问题将有助于帮助高危行业的管理人员从邦斯菲尔德事故中汲取经验教训，防止类似事故的发生。

### 独立高液位开关（IHLS）

2004 年 7 月 1 日，912 号储罐安装了一个独立的高液位开关。该开关由 TAV 工程公司设计、生产及供应。依据开关的设计方案，其部分功能需定期进行检查。但由于该开关的设计、安装和维护方式给人以安全运行的假象，而安装和使用开关的人员不太了解开关的工作原理，或对其进行挂锁所起的作用，在测试完成后，该开关就不能用了。

高危作业设备的设计人员应该建立一套体系在确保设备在适用的同时还要保障其安全。

如果对设计变更进行过严格的审查，则此设计缺陷在早些时候就会被消除。但无论如何，给安装者和使用者提供清晰明确的指导（包括对挂锁的重要性的说明）都是必要的。TAV 公司知道其生产的开关将用于高危行业，因此其安全性

应该是至关重要的。

设计商和安装商都应该充分了解其设备的使用环境。

开关设计中存在的不足及未能告知用户及供应商有关挂锁重要性的变更情况所造成的不良影响完全可以在供应链下游获得解决。马瑟韦尔控制系统公司从 TAV 公司订购 IHLS 时，双方都忽略了在油库这种高危环境中对关键安全设备的要求。TAV 提供的信息未能充分地说明 IHLS 设计及使用过程中的关键之处，并且 TAV 应该先了解这种开关的使用目的后再确定其是否适用，如是否可用于像邦斯菲尔德油库这种仅用于高液位控制的情况等。马瑟韦尔是一个管理层收购公司，虽然成立的时间比较短，其员工在其所属专业领域却具有十分丰富的工作经验，但其对设备的检查和了解相关的制度存在着不足。

看起来马瑟韦尔公司内没有一个人了解挂锁的安全重要性。912 号储罐安装 IHLS 后没有上锁是因为该公司的作业人员以为挂锁仅仅是为了“防破坏”。在经过定期测试后，不知是否是有意，检核杆被置于非作业位置。当然，TAV 的相关人员有义务告知挂锁的作用，但马瑟韦尔的作业人员也应该更加了解这个功能。马瑟韦尔公司存在以下几个问题：对其所供应及 / 或安装的开关的要求确认及说明程序不当；未从生产商那里获得，也没能向客户提供必要的的数据；不了解开关的漏洞或挂锁的功能；马瑟韦尔公司在关键安全设备的安装中起着至关重要的作用，但其过于依赖



的 TAV 公司却未为其提供的足够的信息。

除了 IHLS 生产商和安装商的问题外，库区操作人员对订购、安装及测试程序也没有进行足够的监督。在对开关进行定期测试时，HOSL 库区没有一个人意识到需要更换一把锁，以将检核杆置于正确的位置。现场的操作人员更应很好地监督关键安全作业及设备情况，以更全面地了解其工作原理。

### 自动储罐计量 (ATG) 系统

ATG 系统的失效是导致事故发生的另一个直接原因。液位计卡住（液位计显示水平线不发生变化）不好用的情况已经不是首次出现了。实际上，在 912 号储罐经过维修投入运行后的 2005 年 8 月 31 日到 2005 年 12 月 11 日之间，该液位计就曾经发生过 14 次卡住不能用的情形。有时主管在发现系统出现问题后会采取一些纠正措施，如把仪表移到较高的位置后再恢复到原位进行“充填”。有时还会请马瑟韦尔公司的相关人员来帮助解决，但导致仪表卡住的原因却始终未能确定。并且仪表问题记录也不全。

未能建立有效的故障记录程序及能够可靠解决这些问题的维修制度，是导致事故发生的两大重要的管理及组织根源问题。此外，马瑟韦尔公司的作业人员既没有对仪表的问题进行调查，也没有分析那么多次被叫去帮助解决仪表的问题的原因，并且从来都没有对系统的可靠性产生过任何疑问。

### 其他缺陷

该系统还存在着其他本应很容易

解决的缺陷。

**监控屏幕。**多个储罐 ATG 系统提供的数据都在一个显示屏上显示，因此每次只能看到一个储罐的完整状态。事发当晚，与 912 号储罐相关的显示出现在其他 4 个储罐的显示窗口附近或之后。整个 ATG 系统只有一台计算机在运行，没有任何备份。而主管人员主要都要依赖 ATG 系统来控制储罐的充装，对于如此关键的控制过程不进行备份是不明智的。

**冗余紧急停车系统。**显示屏上的储罐模拟图上有一个红色的紧急停车“终止”按钮。按下这个按钮即表示将储罐的所有侧阀都关掉。但很多主管人员并不知道该按钮不好用，且从未被纳入到该系统。如果这个按钮好用，尽管关阀的过程可能需要几分钟才能完成，但至少也提供了一个有用的应急程序。这反映了该公司在管控方面存在的问题，其主管人员根本不了解这个“终止”按钮的冗余，马瑟韦尔公司的员工也没有对其进行过任何测试。这个按钮不好用意味着库区根本无法采取任何措施主动将 3 条进料管线中的 2 条 UKOP 管线关停。但在控制室内则可以用紧急停车按钮关停 Finaline 管线。

**系统安全。**尽管没有迹象表明系统安全问题与此次事故有任何直接的联系，但 ATG 系统中的安全措施确实存在着不足。该系统内置的安全系统允许控制室内的所有员工对其参数（包括报警设置值）进行修改。

**报警功能。**ATG 系统升级后，当储罐液位测量值与充装数据不一

致时可进行报警。如果事发前就有这个功能，将会在储罐液位值发生“意外”停止时对控制室内的作业人员发出警告。若能早一点修改此功能，不必等到罐内物溢出，操作员就会知道仪表出现了问题。如果监控方案能够更严格一些，也很可能会发现系统中存在的问题，从而让库区操作人员对 ATG 系统进行升级。

### 其他潜在原因

ATG 仪表不好用及 IHLS 不工作是导致 912 号储罐溢出的技术原因，但其反映出的是深层次管理问题。

### 入库燃料的控制

对于油库的管理员来说，了解 Finaline 管线和 2 条 UKOP 管线在批量收油控制方式方面存在着巨大区别是非常重要的。Finaline 管线是由管理员控制的，而由于历史原因，UKOP 管线是在其他地方控制的。另外，这些管理员获得的有关 3 条管线的相关信息也都矛盾重重。对于两条 UKOP 管线，管理员只能使用 ATG 系统，无权进入 SCADA 监控系统，无法了解 UKOP 管线是否在用，也无法知道在用管线的流量。

从理论上来说，通过储罐的充装速度就可以确定 UKOP 管线的流量。但实际上却不是那么容易就可以做到，因为储罐在接收管线来料的同时还有可能在向油罐车送料。不止一个储罐在充装的过程中由于受到外部因素的影响而导致流量发生变化。对 UKOP 管线进行预先计划不但很难，而且有时是极

其不可能的。因此，没有制定任何预先计划制度。流量的变化幅度很大，有时连 HOSL 的管理员都不了解具体的变化情况。例如，就在爆炸前不久，在管理员毫不知情的情况下，UKOP 南线的流量从 550 m<sup>3</sup>/h 增加到了 900 m<sup>3</sup>/h。

信息的缺乏影响了管理员对燃料管理的计划和控制能力。更为严重的是，由于担心 UKOP 管线输送不力或中断会给库区操作人员造成经济处罚，油库所有的工作人员都认为应该给 UKOP 管线更多的优先输送权。并且要想紧急关停 UKOP 管线，只能通过给另一个油库打电话、IHLS 动作或按下附近 BPA 库区的手动报警按钮才能实现。

当然油库的管理员们并不了解 UKOP 管线控制方面存在的问题。但正是这些问题让他们感觉到了工作中存在的压力。

值得一提的是，控制室内的操作从未进行过任何风险评价。

#### 吞吐量的增加

自从该油库于 20 世纪 60 年代末投入使用以来，其吞吐量已经增加 4 倍。增量的大部分源于其附近的壳牌公司油库在 2002 年关停后，吞吐量都并入了 HOSL 油库，同时加入的还有大量的油罐车司机及承包商，所有这些都使管理员的工作负担大幅增加。此外，由于为了防止储罐过满而不停地倒罐，也给储罐液面上的气相空间带来了巨大压力，只有用罐车将油品拉走使储罐腾空后才能获得必要的空距。

有证据显示，在事发当晚，管

理员们甚至都不知道哪条管线在充装哪个储罐。Finaline 管线和 UKOP 南线都在接收大量的无铅汽油。出现这种局面主要是因交班程序问题及 ATG 系统的重叠屏幕所导致。鉴于工作人员日益增加的工作压力及控制室缺乏有效的数据，出现这种状况也不难理解。

为了处理这些问题，员工们不得不大量加班，而这对于公司来说是很大的一笔费用，为了减少支出，管理层试图招募新的管理员，但每次招到新员工后就会有别的员工提出辞职。

#### 储罐充装程序

管理员的主要任务是操作并监控与燃料储运相关的控制系统，包括对 Finaline 管线的控制。其最关键的一个任务是充装及清空 HOSL 储罐。ATG 系统可以为管理员提供很多参数数据。管理员在一个屏幕上看完 ATG 数据后，可以一个个地调出屏幕的图像。如前所述，一次只能看一个储罐的状况。通常，在计算机屏幕上会一个挨一个地堆叠三四个窗口，管理员必须谨慎地决定所要看的屏幕。该系统为液位测量设计了一系列的视听报警，根据储罐中不同产品的不同液位对管理员发出警报，使其采取相关的行动。

“高液位”报警一般包括以下 3 种，“用户高”液位：该报警值可以由管理员进行设置，表示需要采取干预措施；“高”液位：设置的液位值低于储罐的最大工作液位；“高—高”液位：设置的液位值低于 IHLS 的动作液位。

该油库共有 8 个管理员，每人

使用的报警液位都不同。例如有时储罐内的液位被允许超过“高”液位报警值。少数情况下，考虑到储存空间的压力，储罐中的液位会达到甚至高于“高—高”报警值。管理员都依赖于报警对充装过程进行控制。

该油库关于充装作业的操作规程也缺乏细节要求。没有说明如何选择被充装的储罐，及如果可能的话，在什么情况下可以使储罐的充装高度超过“高”液位或“高—高”液位。即使该油库的管理层认为这个程序比较适当，也缺乏相关指南的支持，如该程序中没有关于其他安保措施的介绍、也没有要求对此类事件进行报告及对事件的原因进行有效的调查。

总之，没有一个可称之为储罐充装的系统。鉴于储罐充装系统应该是防止燃料失控最重要的过程控制系统，该油库在重大事故危险控制方面存在着严重的管理问题。

应该建立一个健全的工作安全体系，确保所有的管理员都能够以一致的、安全的方式来控制储罐的充装，并且对于某些需要采取特殊措施的情况也要做好记录并获得管理层的审核。

#### 工作压力

所谓的储罐充装系统，因整个 ATG 系统的不可靠性而受到影响。管理员们不仅不能预测 UKOP 管线的工作参数，也无法预测管线中所输送的燃料的性质。这些因素给他们带来了额外的压力。

加上油库吞吐量增加后的存储压力，所有这一切都让管理员们处于巨大的压力下。他们建立了自己

的一套系统来克服这些压力。例如，他们在控制室内放了一个小闹钟，用它来追踪 Finaline 管线的产品界面，有时也用它来提醒储罐接近了最大罐容。在 ATG 系统不可靠后，一名管理员还要求对 IHLS 备份，这也表明他们对油库重装系统缺乏信心。

工作模式也是造成压力的一个方面。管理员们每个班的工作时间为 12 h，而且不停地监测储罐的充装及腾空作业。他们一般要连上 5 个班，加上加班的时间，一般 7 天的工作时间大约为 84 h，并且没有固定的休息日，只有在操作条件许可的情况下才会休假。管理员们要大量加班，但即使如此他们也拒绝增加新的管理员，因为那样会使他们的收入降低。

尽管操作经理在事发前不久刚由于不堪忍受工作环境的压力而辞职，这足以证明环境的恶劣，但油库的管理层们却始终没能发觉这些令人无法接受的工作压力。

管理层有义务监测员工的工作压力并采取措施使他们的工作负担保持在合理、可接受的水平。

### 故障记录不当

调查显示，HOSL 与关键设备和工作实践相关的故障记录不当。该油库的倒班体系导致问题只能短期解决，而不能深究是哪里出现了问题及为什么会出现这些问题。

管理员们的换班时间很短，其实这段时间是非常重要的，交班的人可以把当班时的信息传达给接班的人员。他们争取用 15 min 完成换班工作，并且他们清楚这 15 min 是没有任何薪水的。交班文件

主要用于记录 Finaline 管线，而关于 UKOP 管线的记录一般都是临时要求的。并且信息记录的都是每个班结束时的信息，当班期间发生的事故等一般不做记录。

业务协调人员曾经制作了一个电子故障日志，但管理员们都没把它用起来。在事故发生前的 3 个月里，912 号储罐上的 ATG 仪表曾经有 14 次被卡住不好用，但在故障日志上并没有这些记录，业务经理也不清楚该仪表到底发生了多少次故障。该故障记录系统没有被坚持使用，特别是当故障很迅速被解决后（如对仪表进行充装或马瑟韦尔公司早期的访问）更没有留下如何记录。库区的工作人员不了解关节安全设备的不可靠程度有多大，也没有制定相关的制度让高层管理层对关键安全参数进行监控。

IHLS 的情形也与 ATG 相似。故障程序及做法都未得到正确的处理。ATG 系统的失效意味着对 IHLS 的依赖性会更大；但由于 IHLS 经常处于非工作状态，实际上更多地依赖于 ATG。鉴于这 2 个系统都不可靠，大大影响了对储罐充装过程的总体控制能力。管理层没能对 ATG 系统及无法工作的 IHLS 共同引发的不可靠性进行详查。

例如，在 2004 年 4 月的第一个星期，明知 912 号储罐上的 IHLS 不好用，储罐仍被使用，且直到 2004 年 7 月 1 日才安装上新的开关。据查，在此之前，用于接收无铅汽油的 911 号罐也是在 IHLS 不工作的状态下运行了至少 9 个月的时间。如果故障记录系统健

全，并且得到高层的细致审查，很可能会查处整个系统存在的严重不可靠性。

因此管理层应该建立制度以监控关键安全设备的可靠性。

### 马瑟韦尔控制系统公司

马瑟韦尔控制系统公司 (Motherwell Control Systems) 负责 IHLS 的供应和安装及对 ATG 系统的维护工作，这是一个非常重要的承包商伙伴关系。与马瑟韦尔签订的合同属于关键安全协议，马瑟韦尔公司从事关键设备作业人员是否称职及其培训情况应经过评估，但这些基本没有做过。道达尔公司曾经做过承包商现场绩效评估，但主要是关于对现场个人防护方面的评估，不是技术能力评估。

承包商作业过程中，为了保障安全应做到以下几点：应该与之签订正规的合同，明确关键安全作业目标；应该建立有效的报告系统，将所有重大故障及其解决方案进行记录；并且合同双方均应了解并实施该系统；对已建立及需要建立的系统应有一个可靠且实时的说明；最关键的是，在 2004 年更换 IHLS 开关时，应该有一个正规的“变更的管理”过程。该过程基本上应包括对变更的好坏进行的工程评价，同时还应考虑到程序上（如测试）应如何做出相应的更改。

承担高危风险作业者应签订正规的协议，明确相关各方的职责，以确保在合理可行的情况下对关键安全设备执行最高的标准。（未完待续，见 3 期）<sup>③</sup>

译自英国安全与健康执行局报告

编辑 付希燕

# 邦斯菲尔德油库火灾爆炸事故反思（上）

作者: [王梦蓉\(译\)](#)  
作者单位:  
刊名: [现代职业安全](#)  
英文刊名: [Modern Occupational Safety](#)  
年, 卷(期): 2015(2)

引用本文格式: [王梦蓉\(译\)](#) [邦斯菲尔德油库火灾爆炸事故反思（上）](#) [期刊论文]-[现代职业安全](#) 2015(2)