

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。

邦斯菲尔德油库火灾爆炸事故反思(下)

王梦蓉 | 译

二级控制失败

邦斯菲尔德的防火堤存在的很多问题导致大量的燃料、泡沫和消防水从防火堤中泄漏出去。防火堤既不防渗透也不防火,并且无法处理在事故灭火过程中使用的大量消防水。总的来说,混凝土的抗燃性还不错,但在连接部分和有管道穿过的墙壁受损最为严重。

防火堤连接

所有容留液体的混凝土结构在设计时都应该考虑到要尽可能地减少裂缝形成的风险。如果出现了裂缝则应进行适当修复。

英国标准 BS 8110《英国钢筋混凝土设计规范》和 BS 8007《英国混凝土贮液构筑物设计规范》对裂缝的限制给出了指南,一般要求在混凝土板之间加入移动连接使其伸缩。连接的设计对确保液体容留至关重要。防火堤膨胀连接中的止水带是使防火堤保持完整且在重大事故发生后使液体不外漏的关键。连接部分应该是抗燃的,这可以通过使用金属止水带和抗燃密封胶来

实现。通过邦斯菲尔德事故可以看出,在活动连接部分上面放上金属板是增加其耐火性的有效办法。

邦斯菲尔德油库中有一个防护堤的连接部分含有金属止水带。在经历了池火和储罐火灾之后,该防火堤的连接部分损坏不大,没有出现很大的泄漏。其他防火堤的止水带是塑料的,只是在连接部分的内表面上覆盖了金属板。这些连接在火灾后也基本保留完整,因为金属盖板对这些塑料止水带和连接材料

起到了保护的作用,使其免于受到热冲击。还有一个防火堤,没有经历火灾,只是在用于存储灭火时的液体,其连接处没有安置止水带,只是覆盖了金属盖板,泄漏的也不严重。

在 HOSL 库区内, A、B、C 三个防火堤受损最严重。这些防火堤地板与墙壁间的连接部分都没有止水带。大火过后,非抗燃的密封胶和其他连接材料都被严重烧毁。由于连接部分泄漏严重,导致燃料、消



事故发生后的邦斯菲尔德油库部分库区图



消防人员在邦斯菲尔德油库灭火

防泡沫和消防水流到库区的路面上。

在事故发生前 HOSL 就应该已经发现这些防火堤不适用。按照《重大事故危险控制法规》(COMAH) 的规定, 作为顶级危险运营商, HOSL 在其提供的安全报告中声称要遵守行业规范。如果其在编制该报告期间对防火堤的详细设计进行过审查, 就会发现这些防火堤的连接部分不符合规范的要求, 既不抗渗透也不抗燃。更严重的是, 现场的作业人员有时都会看到这些连接部分有泄漏。有人留意到, 直到事发前 A 防火堤的泄漏处都未得到修复, 并且 HOSL 也没有彻查这些泄漏的根源。

BPA12 号储罐防火堤连接部分的泄漏情况也很严重。该防火堤始建于 2002 年, 最初的规范引用了 BS 8007 标准和水行业土木工程规范, 要求建成液体阻挡结构。但由于项目管理不力, 对设计及建造过程中的变更都没进行正确的评估。防火堤连接部分未安装止水带。因此在此次火灾中其受损也很严重,

导致大量的燃料、泡沫和消防水泄漏出来。此外, 该防火堤由于在矮墙角安放的是移动连接, 其完整性被造成更大的破坏。

系杆孔

导致 BPA 防火堤在火灾中被严重烧毁的另一个原因是其施工阶段遗留的问题。施工时, 混凝土成型前, 要用系杆(或系紧螺栓)将其模板固定。好的模板技术一般都不使用系紧螺栓或系杆止水带。而 BPA 在进行防火堤施工作业时, 系杆穿透了防火堤, 尽管穿孔处后来都被堵住且已灌浆, 但其仍无法抵住大火的冲击。系杆孔被烧开后, 成了防火堤内液体向外泄漏的通道, 导致更多的液体被泄漏出去。

管道贯穿

HOSL 有很多防火堤的墙壁和地板都有管线贯穿, 这些部分如果出现问题, 整个防火堤就无法阻挡住液体的流出。总的来说, 出现问题的类型共有 3 种: 管线贯穿处墙壁的倒塌很可能是因管线的热膨胀引起; 一些出储罐的产品管线爆裂

泄漏, 造成其中的燃料通过防火堤墙壁及未被隔离区域的管线流出; 管线与墙壁间的密封胶被烧毁。

三级围护

邦斯菲尔德实际上并未建立三级围护措施。防火堤之外的围护系统实际上只是油库的排水系统, 仅用于雨水和少量产品的泄漏和排放, 之后这些液体将流入油库的隔油池和污水处理厂。排水系统无法接受从防火堤中泄漏出来的大量液体, 这点从此次事故中就可以看出。其存在的主要问题包括:

1. 没有围挡或围墙, 一旦泄漏液体, 就会流的到处都是;
2. 排水系统和污水池的容量过小;
3. 有些排水管上有孔, 大量液体会从地下的管孔中漏出;
4. 消防水池衬里易被烧坏或被爆炸碎片损坏;
5. HOSL 油库西边的蓄水池本应提供消防水的供应, 但由于其中储存的是泄漏出来的燃料而被搁置。溢出的燃料将消防泵房淹没;
6. 用泵抽液体的程序由于一些问题(如泵容不够、停电时无法启动泵、易燃液体泄漏后泵无法使用)的出现而不易实施;
7. 有些未铺的路面不防渗, 其中有一段此类路面下就有一个排水坑;
8. 在 HOSL 的安全报告或应急预案中都没有明确污水处理厂内有排水坑。

所有这些问题导致大量的燃料、泡沫和消防水流出库区。

应该建立适当的三级防控以确保危险性液体(如燃料或消防水)泄漏后可以被阻止且防止污染的发生。

应急安排

《重大事故危险源控制》(COMAH)法规的一个基本目标就是确保在事故发生前,已经做好正确的应急安排。

进行风险评价时就应该制定应急方案。出于环境保护的考虑,风险评价应该确定出在事故发生时,所有可能通向环境受体的通道,这样就可以计划、执行、维护并行使那些可以减少环境影响的措施。

从邦斯菲尔德事故中可以吸取

的教训包括:

1. 风险评价应该正确地反映涉及到多个储罐/防火堤火灾及大量消防水泄漏的最严重的情形。在制定事故处理战略时,应该对各种灭火措施(如控制燃烧或灭火)可能导致的后果进行评价。

2. 事故发生前或发生时,作业场所内外的最新排放方案(包括表面流的地形信息和地下排放体系的特点)应该交给应急救援人员。HOSL的西库区排放系统中包含的

排水坑在最新的方案中就没有提及,但在该公司旧的方案中则有所描述。无论是HOSL还是BPA都没有发现在樱桃树路上有2个排水坑,这2个排水坑位于HOSL吸取和BPA12号储罐所在区域之间,用于阻挡污水排放到地面及其下面的含水层,这都是在事后调查时才发现的。如果在事发前就了解这一情况,则可以采取措施清除或保护好这些通道。

3. 事发前就应该订立泄漏应急合同。COMAH的应急方案指南中强调,为了加快事故后的清理作业,必须先确定好管理结构并做好行政安排。对于油品泄漏的处理,就要由英国泄漏计划委派的泄漏处理人员来完成。这些处理人员应该参与到泄漏救援计划及实施安排活动中。英国泄漏承包商委派计划已经取代了英国石油泄漏控制机构的认证。

事发前应该制定相关的程序(如风险评价及方法说明),并且该程序需得到认可和测试。这样将可以获得应急措施所需的资源。环保措施不应该与人员健康的保护措施有冲突。事先计划不足可能会不利于降低对环境的影响。

安全管理体系、管理监督及领导

HOSL油库的安全管理体系包含在其安全报告中。因此该安全报告就成了一个载体,HOSL可以,也确实是在报告中陈述了其重大作业危险管理原则。但在该文件及安全管理体系中陈述的内容却并没有真实地反映在现场作业活动中。例



管道贯穿中灾难性的防火堤失效



贯穿管道与防火堤之间的密封泄漏



现场流出的燃料和消防液体



事故发生后 HOSL 现场的消防水形成泻湖

如，因进行风险评价要将需维修的重要零件列表，并且还要对该表进行严格的评价。但实际上，该表只是将各种零件毫无根据地罗列在一起。安全报告要求在更换重要设备时要进行变更管理，但在 2004 年对 912 号储罐上的 IHLS 进行更换时却没有履行该程序。

HOSL 和 BPA 库区二级及三级防控失效可以追溯到其各自安全管理体系中所存在的问题。邦斯菲尔德油库防火堤出现问题是因为其安全管理体系中存在的根源问题所引起。

防火堤应该按关键安全设备对待。在设计、建造、使用、检查及维护过程中，都要确保其适用。

邦斯菲尔德操作员管理体系中存在以下问题：

1. 在进行风险评价时没有考虑到多个储罐着火后可能造成的影响。没有对爆炸及（或）更严重的情况下大量燃料和消防水会泄漏的情况进行评价，事发前操作人员都应该知道会有此类情况发生。此外，风险评价也没有考虑到防火堤可能会发生结构性破坏（因着火影响）超出其围挡能力的情形。

2. 承包商（包括那些防火堤进行设计及施工方）管理体系未能确保防火堤建造过程中执行的是最佳的实践做法。

3. 防火堤项目没有正确地应用变更的管理程序。在设计和施工阶段发生变更后，没有对其是否会在事故期间对液体的阻挡能力造成影响进行审查。

4. 没有建立对防火堤进行正确检查和维护的制度。

5. 没有依据最新的标准和指南对防火堤的特性定期进行检查。而这正是要求其提供安全报告的目标之一。

6. 防火堤的问题没有按“未遂事件”对待。若将其作为未遂事件将会对产生问题的根源进行调查，从而实施相关的纠正措施。

总之，这些未解决的问题意味着操作员错失了很多可以更好地解决防火堤问题的机会。

HOSL 库区（现场）管理

HOSL 库区的日常作业由道达尔公司的员工负责管理。因此，道达尔公司的管理层应该对其员工提供日常支持。但对 HOSL 库区总的

管理监督责任仍归 HOSL，因为按 COMAH 法规的规定，该公司是运营商。尽管 HOSL 可以选择如何行使 COMAH 职责，但是不能将其作为运营商的责任委托给他人。

道达尔的沃特福德总部对 HOSL 库区的工作制度有很大的影响，应该向其提供必要的工程支持及其他专业技术支持，但实际工作中的情形却并非如此。运行经理和油库调度员每天有太多的工作要做。油库调度员往往缺乏足够的信息指导其如何安排油品运输的顺序，并且其拥有的专业技能和资源也无法使其履职。尤其是在其执行安全管理体系过程中获得的帮助过少。

沃特福德总部向库区下发了损失控制手册。若手册中的体系得到执行，邦斯菲尔德事故可能就不会发生。并且若在工作中能够进行完全彻底的检查，将会发现工作中的缺陷，这种方法对于重大事故的严格管理是非常重要的。

例如，在损失控制手册中要求提供关键安全配件表。但却未提供相关的指导说明如何确定这些配

件。因此，实际中使用的配件表并不正确，不能作为重要安全相关设备维修的有效工具使用。

关键配件表存在的不足也反映了该油库缺乏对重要危险体系及装置的重视。HOSL 库区没有建立适当的工艺安全指标确定框架。如果建立了该框架，对一些相对简单的指标进行检测就会使管理层意识到那些导致事故发生的隐患问题。

此外，该安全管理体系过于注重人的安全问题而缺乏对重大危险（特别是一级防控）的真正的有深度的控制措施。

好的工艺安全管理不是偶然事件，需要长期的积极的努力。COMAH 作业区的安全管理体系更应该强调重大危险风险，以确保使用并维护正确的工艺安全指标。

根据 COMAH 法规的规定，哈特福德郡储油公司是 HOSL 库区的经营商。HOSL 负责编写提交 COMAH 安全报告。HOSL 只有董事会却没有员工，这对于要对一个具有重大危险作业区进行控制的公司来说是非常具有挑战性的。

该安全报告是由一个承包商编写的，从未受到过 HOSL 董事会的严格审查。实际上，HOSL 的董事会每年只开 2 次会，油库经理在会上将报告健康、安全和环境问题。但这种完全不干预的做法对严格的重大危险区控制管理框架存在着严重的监管不力。与道达尔公司一样，HOSL 对库区的安全和环境表现盲目自信。另外，该公司还迟迟不聘用新的管理员也没有为三级防控提供资金支持。如果董事会能对操作安全更关心一些，他们将会认识到

缺少一名管理员可能带来的安全影响。同样的，如果他们能更深入地研究一下安全报告，就会发现报告中的部分内容是一种期望，而不是现场实际情况的真实反映。

简而言之，HOSL 的董事会未能承担其 COMAH 责任；HOSL 合资公司也未能对重大事故进行有效地管理，他们更注重的是财务管理。

清晰及正面的工艺安全领导是重大危险管理的核心，且对于有效地管理风险也是至关重要的，这需要董事们的参与及能力。董事层面对工艺安全领导的重视和推进对于整个组织内正面安全文化的形成也是非常重要的。

结论

导致邦斯菲尔德事故发生直接原因是储罐的计量表卡住不好用及高液位开关不能用。但其背后的深层次管理问题同样重要，对于存在着重大危险的行业有很大的借鉴意义。这些管理问题既包括引发事故的原因也包括减灾程序。MIIB(Major Incident Investigation Board, 重大事件调查委员会)对这些深层次原因和管理问题进行研究后得出以下结论：

1. 对于邦斯菲尔德事故：关键安全作业的工艺安全控制措施未能按最高的标准进行维护；高级领导未能进行有效的控制；未建立有效的审核体系。审核和监测体系只注重于是否建立系统，却未能对系统的质量进行测试，更重要的是未能检查系统是否被应用或是否有效。

2. 邦斯菲尔德事故显示，关键

安全设备使用者期望的高标准同样适用于设备供应商。在此次事故中，从设计商、生产商、安装者到维修作业人员都不太了解设备的使用环境。因此无法决定其工作中适用的标准。总之，关键安全设备的设计、安装和维护作业与操作过程控制同样重要。

鉴于经营商与承包商之间关系的重要性，经营商不能对承包商的工作想当然。HOSL 不是一个聪明的客户，因此无法从承包商那里获得放心的服务。他们也没有为之提供必要的专业技能或适当的资源。安全报告不是用来应付执法者的。在编写安全报告的过程中，HOSL 没能对旨在“预防重大事故及降低这些事故对人员和环境造成不良后果”的操作系统及管理制度进行严格的检查。

所有的重大危险区都各有特点，但在管理方面却会有很多共同之处。邦斯菲尔德事故中反映出来的一些管理问题在其他重大事故中也常常会被发现。

从邦斯菲尔德事故及其他事故中应该获得的教训是：工艺安全保护系统不应该依赖于操作员对报警的响应，溢流保护措施应该独立于正常的操作监控措施。同时，在调查中还发现，此行业的领导和高级管理人员对人员和环境重大风险的管理措施有所欠缺。重大危险行业仍没有从事故中吸取教训。希望借此事故能促进领导加强对工艺安全，健康、安全和管理及对重大事故危险的控制。🔴

译自英国安全与健康执行局报告

编辑 付希燕