

基于风险控制的核电厂起重作业系统化安全管理浅谈

潘侨南

中广核工程有限公司

DOI: 10.32629/ems.v8i9.22134

[摘 要] 核电厂区安全除受到国家、行业的高度重视外，公众对其也具有较高的敏感度。为有效预防和最大限度地降低核电厂起重伤害风险，防城港项目安全管理人员运用安全系统工程中“FTA”、“JSA”的分析方法，识别出核电厂起重作业的风险因素，并基于保守决策原则和纵深防御原则，从“人、机、环、管”4个维度出发开展起重作业安全管理。

[关键词] FTA；起重伤害风险；系统安全管理

引言

在核电厂建设过程中，需要吊运大量的材料，常规的有钢筋、钢管、模板、挂架、管道和支架等，另外还有精密的大型设备。部分吊运的材料重量重、体积大、形状复杂，而且吊装涉及的起重机械、起重工具种类繁多。起重机械常见包括各类起重机、卷扬机等，起重工具常见包括千斤顶、滑轮、手拉葫芦、电动葫芦、自制吊架、各种吊索具、动定滑轮组等。起重机械^[1]是国家规定的特种设备，使用其进行吊装作业具有吊物势能大、作业范围广、作业环境杂和配合要求高等特点。此外，笔者通过运用系统安全管理理论和方法，从事故发生的概率和后果严重程度2个要素^[2]分析得知起重作业事故发生的可能性高、后果严重，因此不论是出于起重机械自身特点还是核电厂起重吊物的特点，起重作业都应当

是核电厂建设过程中安全管理的重点，为此防城港项目安全管理人员运用安全系统工程中事故树（简称“FTA”）^[3]、作业安全分析（简称“JSA”）^[4]的分析方法，识别了核电厂起重作业的风险因素，为起重作业安全管理制定了一套行之有效的管理方法。

1 核电厂起重作业事故树分析

本文利用事故树（简称“FTA”）分析法对防城港项目起重作业风险进行分析。FTA也可称作事故树分析，它能对各种系统的危险性进行辨识和评价，不仅能分析出事故的直接原因，还能深入地揭示出事故的潜在原因^[5]。FTA既可用于定性分析，又可用于定量分析，同时能够直观、明了描述事故的因果关系，具有思路清晰，逻辑性强的特点，是安全系统工程的重要分析方法之一^[6]。

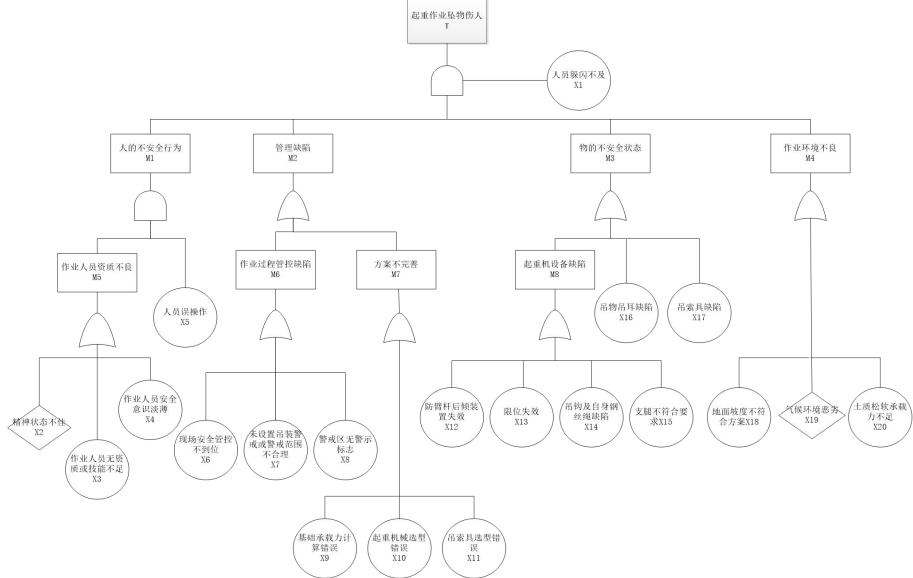


图 1 起重作业坠物伤人事故树分析

为了更好的控制起重作业过程的风险，深入地剖析导致起重伤害事故发生的可能原因，从而控制导致事故发生的危险有害因素，在此基础上提出针对性的措施，从而避免起重伤害事故的发生，构建出了防城港项目起重作业伤害事故树见图1。

1.1 最小割集

割集是指由事故树的某些基本事件构成的集合^[7]，当这些基本事件都发生时，顶上事件必然发生。如果在某个割集中任意除去一个基本事件就不再是割集了，这样的割集就称为最小割集，也就是导致顶上事件发生的最低限度的基本事件组合。

根据事故树组成及计算方法，求得该事故树的最小割集总计342个，如{X1, X2, X5, X6, X12, X18}, {X1, X2, X5, X7, X13, X18}, {X1, X3, X5, X6, X12, X19}等，根据本事故树分析可知能够导致起重坠物伤人事件的途径总计有342个。

1.2 最小径集

径集是指事故树某些基本事件的组合^[8]，当这些基本事件全部都不发生时，顶上事件必然不发生的一个集合。最小径集是指顶上事件不发生的最低限度的基本事件的集合，它反映的是系统的安全性，一个径集对应一种防止事故发生的途径。根据事故树的组成情况，求的该事故树的最小径集总计8个，如{X1}, {X2, X5}, {X12, X13, X14, X15, X16, X17}等。

2 防城港项目起重作业安全管理方法

本文主要侧重于起重吊装作业先决条件、吊装过程的管理来阐述系统化的安全管理方法。

2.1 起重吊装作业先决条件管控

2.1.1 人的不安全行为管控

根据轨迹交叉理论^[9]，控制人的不安全行为，使得人的不安全行为与物的不安全状态在时间和空间无法相遇，事故就无法发生。

开展作业安全分析（简称“JSA”）。作业前，作业负责人或技术人员组织进行作业安全分析，拟参与起重作业相关人员参加，作业安全分析过程应对作业步骤分解，详细分析作业过程安全风险点，逐项制定控制措施并确认落实责任人，

作业安全分析结果应有书面记录，参与人签字，并经直接主管人员签字确认。

明确主要人员配置及基本职责。吊装前明确参与吊装活动的具体人数，并将所有参与人员分为四个系统：指挥系统、操作系统、监督协调系统、应急保卫系统。针对所有参与起重吊装作业的人员都开展了详细的交底确保每名参与人员清楚起重吊装作业时的职责。

检查人员证件确保有效，对每位特种作业人员的证件进行了详细的核查，并针对特种作业类型成立了专项技能鉴定小组，评估及技能，经考核合格方可参与起重吊装作业。

检查精神状态，防人因失误。每日早班会，工长、班组长检查全员身体精神状态，严禁作业人员带病作业。

劳保用品配备齐全。塔式起重机司机、起重指挥在上下攀爬时必须穿戴全身五点式安全带，并配合“安全绳和自锁器”使用；司索工戴短皮手套；起重指挥人员作业时穿戴反光背心。

设置警戒区，避免无关人员进入。

2.1.2 物的不安全状态管控

检查起重机械，确保安全可靠。基于对本质安全的要求，现场使用的起重机械必须具备故障—安全功能。针对塔吊、龙门吊、行车项目部实行每月检查；针对汽车吊项目部实行入场审批及每半月复检制度；履带吊在组装前进行检查，整改不符合项之后进行组装，组装后，对起重机进行载荷试验，合格后方可使用。

根据计算及现场实际确定起重机械。方案起重作业方案编制的技术员需根据吊装物的特点及现场环境合理选择起重机械。

根据计算确定吊索具，并经试验合格。起重吊装作业使用的吊索具均需要经过计算确定型号类型，并需经过季度检验和使用前检查确保合格可靠。在行车、龙门吊吊钩处安装声光报警器。

2.1.3 环境的不良状态管控

根据计算确定吊装风速。对于一般的起重吊装作业风速执行六级风速要求，对于大件吊装须根据《起重机设计规范》（GB/T3811）^[10]，模拟在最不利风向作用下，计算吊装活动时的最大风速，得出实际吊装的允许风速；并且需要在吊装

前对吊装区域进行风速测量。

起重机械周边环境符合要求。场地平整压实, 站位场地坡度符合要求; 吊车站位点进行地基承载力试验, 符合要求; 清除起重机站位场地周边障碍物, 特别是于架空线路的距离; 对于群塔作业, 利用 BIM 技术进行了三维动画模型演示, 安装塔吊防碰撞系统。

2.1.4 管理缺陷的管控

起重作业方案标准化。防城港项目统一了现场起重作业方案的编制格式, 明确了起重作业必须计算的内容, 安全管理的措施, 作业人员的职责分工, 应急管理措施等。

实行许可管理。现场起重作业必须填写起重吊装作业许可票, 并经过审批; 同时对于吊运危险物品、两台或两台以上起重机械同时吊运同一重物、起吊精密物件、不易吊装的大件或在复杂场所进行的大件吊装执行高风险管控, 需编制安全专项控制方案。

针对起重作业及起重作业相关人员执行奖惩机制, 保证相关人员按标准要求开展起重作业。

开展技能比武及经验反馈。为提升起重作业相关人员的技术水平, 每年至少组织 1 次的起重作业技能比武, 考察起重作业相关人员的能力水平; 收集典型的起重作业事故事件, 结合示范项目的实际情况每季度开展经验反馈。

应急预案及应急演练有效。针对大件吊装作业及事故后果极其严重的起重作业, 开展应急演练, 确保所有参与作业人员情况应急措施。

2.2 吊装作业过程管控

严格按方案施工。起重作业涉及面广、后果严重, 任何起重作业必须严格按方案施工, 严禁违反“十不吊”。

应急准备有效。使用风速仪测量风速, 若吊装过程中, 突发大雾、大雨或测取的最大风速大于六级, 起重机及吊物出现任何不可控情况时, 立即启动应急预案。

就位过程人员行为管控。需要精确就位的吊装活动, 必须确保吊装路径上无影响就位的障碍物, 同时就位时的速度须严格按方案要求执行, 严禁司索身体直接触碰吊装物及身体任何部位在吊装物的下方。

吊装物固定牢固后, 人员撤离。吊装物就位后, 无关人员迅速撤离警戒区, 作业人员根据吊装物的特点, 采取相应

的防倾覆措施。

3 结束语

在“基于风险控制的核电厂起重作业系统化安全管理浅谈”课题研究总结的基础上, 对起重作业活动安全管理体系进行研究, 关于起重作业先决条件、吊装过程的安全管理方法, 总结有以下几个要点:

1) 进行全面系统的风险识别: 读者在起重作业安全管控时, 需要特别注意, 应当区分大件吊装、危险物品吊装等特殊的起重作业与一般起重作业的区别, 重点管控特殊的起重作业, 同时, 在分析之前, 读者必须全面系统的对将要进行的作业进行详细的调查、有系统性的了解, 否则, 草率的依据“人、机、环、管”4 个方面进行分析, 必然会有遗漏。

2) 重点关注人的不安全行为: 建议读者应用人员择优选取、系统性交底、提前演练等多种方式来控制。

3) 充分重视应急管理的工作: 建议读者在起重作业安全管理时, 充分重视应急管理的工作, 做好事故预防及应急准备。

【参考文献】

[1] GB/T20776-2006, 起重机械分类[S].

[2] 傅贵. 安全管理学-事故预防的行为控制方法[M]. 中国矿业大学, 2014.

[3] 胡洁, 方书昊, 齐涵, 等. 事故树-风险矩阵评估高校实验室火灾风险[J]. 安全, 2019, 40(5): 24-29.

[4] 都书海. 工作安全分析在管理实践中的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(7): 204-208.

[5] 林伯泉, 张景林. 安全系统工程[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2010.

[6] 臧艳彬, 王瑞和, 张锐, 等. 基于事故树的钻柱失效分析方法[J]. 石油学报, 2011, 32(1): 171-176.

[7] 何利辉. 事故树分析法在起重机作业安全中的应用[D]. 大秦铁路股份有限公司, 2012.

[8] 于庭安, 戴兴国. LNG 储罐火灾和爆炸事故树分析[J]. 中国安全科学学报, 2007(8): 110-114+177.

[9] 张涛, 吕淑然. 基于轨迹交叉论的石油管道泄漏爆炸事故预防研究[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 43-47.

[10] GB/T3811-2008, 起重机设计规范[S].