

加氢站选址定量风险分析探讨

赵子贤¹, 李学涛², 仇苓艳³, 白素芳⁴

¹北京国信安技术有限公司, 北京

²哈尔滨天源石化工程设计有限责任公司北京分公司, 北京

³北京海珀尔氢能科技有限公司, 北京

⁴北京兴创投资有限公司, 北京

Email: zzx4745@163.com

收稿日期: 2021年2月11日; 录用日期: 2021年3月4日; 发布日期: 2021年3月11日

摘要

氢能作为新能源的优势显著, 广受发达国家支持, 我国氢能燃料电池汽车研发、产业化进程逐步加快, 加氢站具有广阔的发展前景, 但安全生产与人民群众生命财产安全息息相关, 本论文通过搜索大量法律法规、标准规范, 对加氢站选址时定量风险分析——如外部安全防护距离可参考依据的适用性进行分析, 我国关于加氢站选址的定量风险分析依据尚待明确和完善。

关键词

加氢站, 选址, 定量风险分析

Discussion on Quantitative Risk Analysis of Hydrogen Refueling Station Site Selection

ZixianZhao¹, Xuetao Li², Lingyan Qiu³, Sufang Bai⁴

¹Beijing Guoxin Anke Technology Co., Ltd., Beijing

²Harbin Tianyuan Petrochemical Engineering Design Co., Ltd. (Beijing Branch), Beijing

³Beijing Hypor Hydrogen Energy Technology Co., Ltd., Beijing

⁴Beijing Xingchuang Investment Co., Ltd., Beijing

Email: zzx4745@163.com

Received: Feb. 11th, 2021; accepted: Mar. 4th, 2021; published: Mar. 11th, 2021

Abstract

As a new energy source, hydrogen energy has significant advantages and is widely supported by developed countries. The development and industrialization of hydrogen fuel cell vehicles in our country is gradually accelerating. Hydrogen refueling stations have broad development prospects, but safe production is closely related to the safety of people's lives and property. This paper analyzes the applicability of the quantitative risk analysis when selecting the location of the hydrogen refueling station—the external safety protection distance can refer to the basis. The basis for quantitative risk analysis of hydrogen refueling station site selection in my country has yet to be clarified and improved.

Keywords

Hydrogen Refueling Station, Site Selection, Quantitative Risk Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

氢能利用的角色和价值在世界能源的转型过程中愈加显著,近年来,主要发达国家都大力支持氢能产业的发展,许多能源、汽车、金融公司都陆续开展有关氢能的业务。当前,我国燃料电池汽车产业整体仍处在研发、示范阶段,产业化进程处于起步阶段。氢能燃料电池汽车拥有环保和节能等显著优势,加氢站市场需求良好,有长远的发展前景。

但是,安全生产是与人民群众的生命财产息息相关的,经济社会的协调和健康发展离不开安全生产。挪威首都奥斯陆加氢站和韩国江原道江陵市氢气储罐爆炸事故更是为氢能发展敲响警钟。

同时依据《危险化学品建设项目安全监督管理办法》[1],国内将要大力发展的新建加氢站属于带新建危险化学品储存设施的建设项目,更应从严对待。

另外,依据《氢气站设计规范》(GB50177-2005)[2],加氢站属于甲类生产,其火灾危险性高。因此针对加氢站选址时进行定量风险分析十分必要。

2. 加氢站现用定量分析方法局限性分析

目前针对加氢站可采用的定量风险分析方法有 QRA、故障树(FTA)、事件树(ETA)等,其中 QRA 定量风险分析中的事故后果模拟结果更为直观。

在 QRA 分析中,根据物质属性、装置特性等选择事故后果模拟类型。氢气属于易燃气体,其泄漏后与空气混合,当达到爆炸极限时若遇到点火源就会立即发生燃烧或爆炸,加氢站储存压缩氢气的储氢瓶又属于压力容器,存在发生压力容器物理爆炸的可能性。因此在加氢站 QRA 分析中,火灾爆炸和物理爆炸事故后果模拟最具有代表性。

文章选取 1 台 45 MPa、30 m³ 的储氢罐作为评价对象,模拟分析其发生泄漏并引发的蒸气云爆炸事故和物理爆炸事故后果。模拟分析采用南京安元科技有限公司的 QRA 定量计算方法进行计算,该软件以领先的安全风险管理模型及算法为核心(模型、算法等核心技术,已获得国家科技进步奖),以自主云计算

平台为支撑,基于风险管理,系统工程等综合学科理论研发而成,致力于安全风险专业评估。计算过程通过对企业及周边环境的基本信息、装置信息、工艺信息,管理信息等静态信息和动态信息进行数据挖掘,利用定量风险评估系统中的专业分析模型,进行计算模拟,准确度和精确度较高。

分析过程根据项目情况建立事故模型,并选取必要的参数输入软件,得出结果如下:

- 1) 蒸气云爆炸事故模拟分析结果:死亡半径: 3.96 m; 重伤半径: 15.41 m; 轻伤半径: 29.97 m。
- 2) 压力容器爆炸事故模拟分析结果:死亡半径: 28 m; 重伤半径: 36 m; 轻伤半径: 47.5 m。

由上述模拟结果可见,由于事故后果模拟一般仅仅针对一个装置或者就近的一组设备进行分析,其影响后果往往只涉及到该装置或装置组附近的区域,可预见的后果影响一般也只是分析到储氢瓶(罐)区附近或者其所在站区附近,难以预见新建加氢站在选址时其对周边可能存在的更远距离范围的影响。

而加氢站作为新能源的经营场所,且燃料电池在我国还处于起步阶段,良好且经济的运输条件和地理位置又很必要,所以针对加氢站选址时进行合理有效的外部安全防护距离预测十分重要。

3. 外部安全防护距离的适用性探讨

3.1. 个人和社会风险依据适用性的分析

进行外部安全防护距离确定时的必要前提是进行个人和社会风险分析。目前,个人风险和社会风险分析的依据是《危险化学品生产装置和储存设施风险基准》(GB36894-2018) [3],该标准适用于危险化学品生产装置和储存设施个人风险和社会风险的可接受风险基准值以及选址和周边土地使用规划时的风险判定。

通过咨询该标准的相关起草人员,该标准适用于生产装置及为生产服务的储存设施,制定标准时未考虑加氢站等城市储存经营情况。

3.2. 外部安全防护距离依据适用性分析

目前,外部安全防护距离的依据有 2 个:《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法》(GB/T37243-2019) [4]和《危险化学品生产、储存装置个人可接受风险标准和社会可接受风险标准(试行)》(原安监总局[2014]13 号公告) [5]。具体适用性分析过程如下。

3.2.1. GB/T37243-2019 适用性分析

1. 标准范围的界定分析

该标准规定和适用于确定危化品生产装置和储存设施的外部安全防护距离,但是不适用于汽车加油加气站,加氢站是为燃料电池进行氢气加注的,属于加气站的一种。

2. 标准流程确定分析

该标准在外部安全防护距离的流程确定中做出进一步的范围确定:

首先是针对爆炸物选取事故后果模拟法,根据《危险化学品目录》(2015 年版) [6]加氢站涉及的氢气不属于爆炸物。因此不适用标准中的事故后果法。

其次是针对涉及有毒气体或易燃气体,且其设计最大量不小于 GB18218 中规定的临界量时适用此标准中定量风险评价法。加氢站的氢气属于易燃气体,但是一般为氢能燃料电池汽车服务的城市加氢站的氢气设计最大量基本不会超过 GB18218 中的临界量。

最后标准规定了在上述两种情况均不涉及时,则依据相关标准确定相应危化品生产装置和储存设施外部安全防护距离,即相应标准规范中的防火间距。

因此,GB/T 37243-2019 不适用于目前国内将大力发展的加氢站的外部安全防护距离确定。

3.2.2. 原安监总局[2014] 13 号公告适用性分析

该公告公布和使用时间距今时间较长, 该公告规定了定量风险评价和危险指数两种方法, 其实际应用情况有所局限。具体分析如下:

1. 定量风险评价方法

该方法适用的范围需满足以下 3 个条件之一:

- ① 涉及国家重点监管危险化工工艺[7] [8];
- ② 构成一级、二级重大危险源且涉及国家重点监管危化品[9] [10];
- ③ 构成重大危险源且设计有毒气体(符合原安监总局 40 号令[11])规定的, 按其规定执行)。

① 加氢站不涉及国家重点监管化工工艺; ②、③一般为氢能燃料电池汽车服务的城市加氢站基本不构成重大危险源, 且氢气不属于有毒气体。

因此加氢站不适用该公告中定量风险评价法。

2. 危险指数法

该方法需同时满足以下 3 个条件: ① 不属于国家重点监管危险化工工艺; ② 不涉及重点监管危化品或涉及重点监管危化品但不构成一、二级重大危险源; ③ 涉及毒性气体但不构成重大危险源。

一般为氢能燃料电池汽车服务的城市加氢站基本不构成重大危险源, 且氢气不属于有毒气体。

因此加氢站不适用该公告中危险指数法。

通过以上分析可见, 外部安全防护距离的确定更加适用于带危险化学品生产装置和储存设施的危险化学品项目。目前, 仅带储存经营的加氢站未见进行个人风险和社会风险分析及计算外部安全防护距离的明确适用规范。

4. 其他可参考/引用定量分析依据探索

根据上述分析可知, 目前已有的明确进行外部安全防护距离确定的定量分析方法不适用于新建加氢站, 文章在此基础上进一步探索其他依据中关于定量风险分析参考的可能性。文章通过查找大量法律法规、标准规范, 对加氢站选址时可以参考/引用的法律法规、标准规范进行分析, 通过进一步分析, 关于加氢站选址时可依据的法律法规、标准规范有很多, 但是大部分强调的是建设项目安全管理、危险源辨识、定性或者半定量(HAZOP 等)分析、安全仪表等方面的内容, 未明确或包含加氢站选址时进行定量风险分析-如外部安全防护距离的依据或者说明。具体分析内容详见图 1。

5. 结论

随着科技的发展, 时代的进步, 人类在不断寻求更加环保、经济的新型能源, 以实现更加长远的可持续发展。但是在此过程中势必要面临发展、环保、安全等多方面问题的综合挑战, 但是在发展中要始终贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针。近观多年, 危险化学品事故频发, 其中不乏有关氢气的安全事故, 虽然已经发生的有关氢气的事故原因和后果不尽相同, 但是不得不让我们警惕面对, 在提倡新能源——氢能发展的同时, 势必要坚守安全的红线, 氢气属于危险化学品, 虽然其可以作为新能源, 但是不能忽视其危险性, 要更加关注其作为新能源使用的同时可能存在更大的隐患, 尤其是在化工安全事故、电动车自燃事故频发的当下。

加氢站是服务于氢能燃料电池汽车, 一般周边环境比较复杂, 因此更加应该引起重视。氢能的发展应在确保安全的基础上, 稳步而有序的发展, 不能追求快。

目前关于加氢站选址时可进行的定量风险分析——事故后果模拟又有所局限, 因此, 明确和完善加

序号	依据名称	选址需要关注的相应内容	依据的侧重点	说明
1	《中共中央 国务院关于推进安全生产领域改革发展的意见》（2016年12月9日）第二十条	加强安全风险管控。 地方各级政府要建立完善安全风险评估与论证机制，科学合理确定企业选址和基础设施建设、居民生活区空间布局。 高危项目审批必须把安全生产作为前置条件，城乡规划布局、设计、建设、管理等各项工作必须以安全为前提，实行重大安全风险“一票否决”。加强新材料、新工艺、新业态安全风险评估和管控。紧密结合供给侧结构性改革，推动高危产业转型升级。位置相邻、行业相近、业态相似的地区和行业要建立完善重大安全风险联防联控机制。构建国家、省、市、县四级重大危险源信息管理体系，对重点行业、重点区域、重点企业实行风险预警控制，有效防范重特大生产安全事故。	以防范遏制重特大生产安全事故为重点。	强调了：坚持安全发展，坚守发展决不能以牺牲安全为代价这条不可逾越的红线。
2	《国家安全监管总局 工业和信息化部关于危险化学品企业贯彻落实《国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知》的实施意见》（安监总管三〔2010〕186号）第5条	企业要建立生产工艺装置危险有害因素辨识和风险评估制度，定期开展全面的危险有害因素辨识，采用相应的安全评价方法进行风险评估，提出针对性的对策措施。企业要积极利用危险与可操作性分析（HAZOP）等先进科学的风险评估方法，全面排查本单位事故隐患，提高安全生产水平。	认真贯彻落实《国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知》（国发〔2010〕23号，以下简称国务院《通知》）精神，推动危险化学品企业(指生产、 储存危险化学品 的企业和使用危险化学品从事化工生产的企业)落实安全生产主体责任，全面加强和改进安全生产工作，建立和不断完善安全生产长效机制，切实提高安全生产水平。	加氢站属于危险化学品储存经营企业。
3	《国家安全监管总局 住房城乡建设部关于进一步加强危险化学品建设项目安全设计管理的通知》（安监总管三〔2013〕76号）	①第七条：在建设项目前期论证或可行性研究阶段，设计单位应开展初步的危险源辨识，认真分析拟建项目存在的工艺危险有害因素、当地自然地理条件、自然灾害和周边设施对拟建项目的影响， 以及拟建项目一旦发生泄漏、火灾、爆炸等事故时对周边安全可能产生的影响。 涉及“两重点一重大”建设项目的工艺包设计文件应当包括工艺危险性分析报告。	加强危险化学品建设项目安全设计管理，切实提高危险化学品企业本质安全水平，从设计源头遏制事故发生。	从新建项目安全设计管理角度，提出一系列的要求。

②76号全文

序号	依据名称	选址需要关注的相应内容	依据的侧重点	说明
4	《国家安全监管总局关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》（安监总管三〔2014〕116号）	从2018年1月1日起，所有 新建涉及“两重点一重大” 的化工装置和 危险化学品储存设施 要设计符合要求的安全仪表系统。其他 新建 化工装置、 危险化学品储存设施 安全仪表系统，从2020年1月1日起，应执行功能安全相关标准要求，设计符合要求的安全仪表系统。 企业要依据有关标准、规范，组织工程技术和管理人员或委托具有相应资质的设计、评价等中介机构对可能存在的泄漏风险进行辨识与评估，结合企业实际设备失效数据或历史泄漏数据分析，对风险分析结果、设备失效数据或历史泄漏数据进行分析，辨识出可能发生泄漏的部位，结合设备类型、物料危险性、泄漏量对泄漏部位进行分级管理，提出具体防范措施。当工艺系统发生变更时，要及时分析变更可能导致的泄漏风险并采取相应措施。	加强化工安全仪表系统管理，防止和减少危险化学品事故发生。	安全仪表系统管理方面，属于安全设施。
5	《国家安全监管总局关于加强化工企业泄漏管理的指导意见》（安监总管三〔2014〕94号） 第九条	企业要依据《管理导则》以及有关标准、规范，组织工程技术和管理人员或委托具有相应资质的设计、评价等中介机构对可能存在的泄漏风险进行辨识与评估，结合企业实际设备失效数据或历史泄漏数据分析，对风险分析结果、设备失效数据或历史泄漏数据进行分析，辨识出可能发生泄漏的部位，结合设备类型、物料危险性、泄漏量对泄漏部位进行分级管理，提出具体防范措施。当工艺系统发生变更时，要及时分析变更可能导致的泄漏风险并采取相应措施。	主要针对“化工企业”。 加强化工企业安全生产基础工作，推动企业落实安全生产主体责任，有效预防和控制泄漏，防止和减少由泄漏引起的事故，提升企业本质安全水平	加氢站属于危险化学品（氢气）经营企业。
6	《北京市安全生产监督管理局关于加强危险化学品企业泄漏管理有关工作的通知》（京安监发〔2015〕17号） 第三条	企业要依据《管理导则》以及有关标准、规范，组织工程技术和管理人员或委托具有相应资质的设计、评价等中介机构对可能存在的泄漏风险进行辨识与评估，结合企业实际设备失效数据或历史泄漏数据分析，对风险分析结果、设备失效数据或历史泄漏数据进行分析，辨识出可能发生泄漏的部位，结合设备类型、物料危险性、泄漏量对泄漏部位进行分级管理，提出具体防范措施，并形成书面报告。 注：管理导则是指国家安全监管总局《化工企业生产装置泄漏管理导则（征求意见稿）》	加强本市危险化学品生产企业和危险化学品安全使用许可企业的泄漏管理。	加氢站属于危险化学品（氢气）经营企业。
7	《北京市应急管理局关于在危险化学品重点企业全面实施“五项制度”的通知》（京应急通〔2018〕6号）	附件4 安全风险研判制度实施细则	在全市危险化学品重点企业全面实施“五项制度”（“五项制度”指安全风险研判制度、安全承诺公告制度、主要负责人考核制度、主要负责人述责述安制度、专职安全总监和注册安全工程师制度）。	/

Figure 1. Laws, regulations, standards and specifications referred to/quoted when selecting hydrogen refueling stations [12]-[18]

图 1. 加氢站选址时参考/引用的法律法规、标准规范说明[12]-[18]

氢站在选址时进行合理的定量风险分析——如外部安全防护距离分析的依据对安全发展的意义重大。这也再次提示我们在新兴产业快速发展的同时，安全方面的法律、法规、标准、规范的更新速度略微滞后。

参考文献

- [1] 国家安全生产监督管理总局 45 号令. 危险化学品建设项目安全监督管理办法[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/zjl_01/201505/t20150527_233686.shtml, 2012-01-30.
- [2] 建设部、国家质量监督. GB50177-2005. 氢气站设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.
- [3] 国家市场监督管理总局. GB36894-2018. 危险化学品生产装置和储存设施风险基准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [4] 国家市场监督管理总局. GB/T37243-2019. 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [5] 国家安全生产监督管理总局令第 13 号. 危险化学品生产、储存装置个人可接受风险标准和社会可接受风险标准(试行) [EB/OL]. <https://wenku.baidu.com/view/454de86e30126edb6f1aff00bed5b9f3f90f72f0.html>, 2014-05-07.
- [6] 安监总厅管三[2015]80 号. 国家安监总局办公厅关于印发危险化学品目录(2015 版)实施指南(试行)的通知[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/gfxwj/2015/201509/t20150902_242909.shtml, 2015-08-19.
- [7] 安监总管三[2009]116 号. 国家安监总局关于公布首批重点监管的危险化工工艺目录的通知[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/tz_01/200906/t20090617_237056.shtml, 2009-06-12.
- [8] 安监总管三[2013]3 号. 国家安监总局关于公布第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/gfxwj/2013/201301/t20130118_242954.shtml, 2013-01-15.
- [9] 安监总管三[2011]95 号. 国家安监总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/gfxwj/2011/201106/t20110622_243042.shtml, 2011-06-21.
- [10] 安监总管三[2013]12 号. 国家安监总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/gfxwj/2013/201302/t20130217_242957.shtml, 2013-02-05.
- [11] 国家安全生产监督管理总局令 40 号. 危险化学品重大危险源监督管理暂行规定[EB/OL]. http://www.gov.cn/flfg/2011-09/13/content_1945888.htm, 2011-08-05.
- [12] 中共中央国务院. 关于推进安全生产领域改革发展的意见[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-12/18/content_5149663.htm, 2016-12-09.
- [13] 安监总管三[2010]186 号. 国家安监总局. 工业和信息化部关于危险化学品企业贯彻落实《国务院进一步加强企业安全生产工作的通知》的实施意见[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/gfxwj/2010/201011/t20101110_243088.shtml, 2010-11-03.
- [14] 安监总管三[2013]76 号. 国家安监总局. 住房城乡建设部关于进一步加强危险化学品建设项目安全设计管理的通知[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/tz_01/201306/t20130625_235444.shtml, 2013-06-20.
- [15] 安监总管三[2014]116 号. 国家安监总局关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见[EB/OL]. http://www.safehoo.com/Laws/Notice/201411/371986_2.shtml, 2014-11-13.
- [16] 安监总管三[2014]94 号. 国家安监总局关于加强化工企业泄漏管理的指导意见[EB/OL]. https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzfl/vj_01/201409/t20140902_242225.shtml, 2014-08-29.
- [17] 京安监发[2015]17 号. 北京市安全生产监督管理局关于加强危险化学品企业泄漏管理有关工作的通知[EB/OL]. <https://www.doc88.com/p-07116065022593.html>, 2015-02-06.
- [18] 京应急通[2018]6 号. 北京市应急管理局关于在危险化学品重点企业全面实施“五项制度”的通知[EB/OL]. http://yjglj.beijing.gov.cn/art/2018/11/26/art_6058_179356.html, 2018-11-26.