

低温火炬与相邻火炬的热辐射和可燃气体扩算计算的研究

孔维光

中国石油工程项目管理公司天津设计院

DOI:10.32629/bd.v4i2.3098

[摘要] 结合马来西亚RAPID炼化厂新建乙烯储运装置的配套火炬,研究新建火炬与已建火炬的相互影响。考虑相邻火炬的热辐射叠加计算,以及新建火炬在未点燃情况下的冷放空工况对已建火炬的扩散影响,综合考虑热辐射和扩散计算结果保证两个火炬的安全性。

[关键词] 火炬; 热辐射; 扩散

Study on Cold Flare Radiation and Combustible Gas Dispersion Calculation of Two Nearby Flare

KONG Wei-guang

CNPC Project Management Company Tianjin Design Institute

[Abstract] One Cold flare for ethylene storage and transportation unit is newly built in Malaysia RAPID Project. The influence of the newly built flare and built flare on each other is studied. It is necessary to consider the nearby flare overlay radiation and the combustible gas dispersion to keep both flare safe.

[Key words] flare; flare radiation; gas dispersion

高架火炬是石油化工企业中重要的安全设施,其作用是在开停工、非正常工况及事故状态下将装置及管线内烃类、硫化氢等各类气体进行燃烧处理,这些可燃或者可燃有毒气体在燃烧后将变为无毒无害的气体,排入大气。同时,在高架火炬燃烧的过程中会带来热辐射的不利影响,甚至在火炬故障的情况下,会发生放空气未点燃的情况,可燃或有毒的气体将对周围的人员和设备造成严重影响。随着石油化工行业生产装置越来越大,高架火炬放空量也越来越大,热辐射和可燃或有毒气体扩算的影响范围也越来越大。因此,研究高架火炬设计中的热辐射和可燃气体扩算对石油化工企业具有重大意义。

1 项目概况

1.1 项目简介

马来西亚RAPID项目是马来西亚国家石油公司的超大型炼油和化工一体化项目,多个系统分批建设,分为多个工作包先后进行建设,已建22号工作包(P22)已设置常温火炬1具。新建30号工作包(P30),建设了一套乙烯储运系统,包括2万方乙烯储罐1具、乙烯外输泵、乙烯BOG压缩机等,配套建设乙烯火炬1具。P22工作包火炬位于P30工作包火炬下风向约82米处,两个火炬的平面布置见图1。

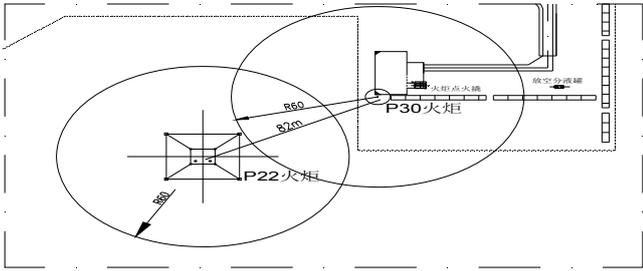


图1 火炬平面布置图

1.2 火炬介绍

P30工作包火炬主要用来处理和燃烧乙烯BOG压缩机、高低压液体分离器装置的高压放空气,乙烯储罐的低压放空气,放空气的主要组分为乙烯,低温介质,因此,整个火炬系统材质均为不锈钢,放空气物性参数见表1,火炬为可拆卸放倒式火炬,火炬头采用非音速火炬头,主要设备包括不锈钢筒体、不锈钢火炬头(附带长明灯、消烟蒸汽喷嘴等附件)、点火装置、塔架和拆卸筒

体用的卷扬机。P22工作包已建火炬1具,火炬总高24米高,出口直径为18,火炬头为非音速火炬头,放空气物性参数见表2。P30火炬与P22火炬间距约82米,考虑两个火炬相距较近,安全考虑,P30火炬选择与P22火炬相同高度。

表1 P30火炬放空气物性参数表

序号	项目	单位	数值	放空气组分	单位	摩尔百分比
1	放空流量	kg/h	10000	甲烷	%	1.51
2	温度	°C	-102-40	乙烯	%	98.41
3	摩尔分子量	/	27.87	氮气	%	0.08

表2 P22火炬放空气物性参数表

序号	项目	单位	数值	放空气组分	单位	摩尔百分比
1	放空流量	kg/h	92930	丁烷	%	3.9
2	温度	°C	44	i-丁烷	%	8.72
3	摩尔分子量	/	50.2	i-丁烷	%	11.95
	放空气组分	单位	摩尔百分比	1-丁烯	%	8.22
4	水	%	0.12	Cis2-丁烯	%	8.61
5	甲烷	%	0.16	Tr2-丁烯	%	12.72
6	丙烷	%	6.63	C5+	%	0.64
7	丙烯	%	38.33			

2 热辐射计算

火炬的热辐射计算采用Flaresim计算软件,该软件是国际工程中使用最广泛的火炬计算软件,可评估火炬系统的热辐射值和噪音,计算方法有API521模型、点源模型、扩散模型、点源和扩散源的混合模型、Brzustowski&Sommer模型和Chamberlain模型等。API521模型是目前应用最广的火炬热辐射计算方法,认可度最高,它是将整个火焰的辐射源简化为一个点作为火焰中心,是一种热辐射值计算的点源模型。但这种模型忽略了风对火焰的影响,所以Brzustowski和Sommer在API模型的基础上进行了修正,考虑了火焰中心在风的作用下将发生偏移,形成了新的计算方法,这种方法能够准确表达热辐射的空间分布,与真实的燃烧情况非常吻合。因此,本文在Flaresim软件中选用Brzustowski&Sommer模型进行计算。

火炬热辐射计算中的环境参数如表3所示,计算结果如图2和图3所示。

表3 环境参数

序号	项目	单位	数值	序号	项目	单位	数值
1	风速	m/s	10	4	最大湿球温度	°C	30.0
2	平均相对湿度	%	83.4	5	太阳热辐射值	kW/m2	1.639
3	最大干球温度	°C	36.5				

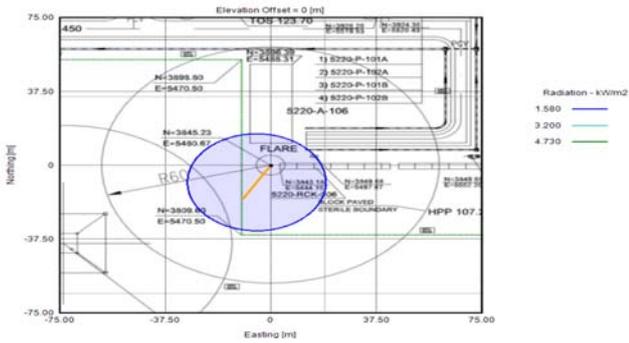


图2 P30火炬最大放空量下热辐射平面分布图

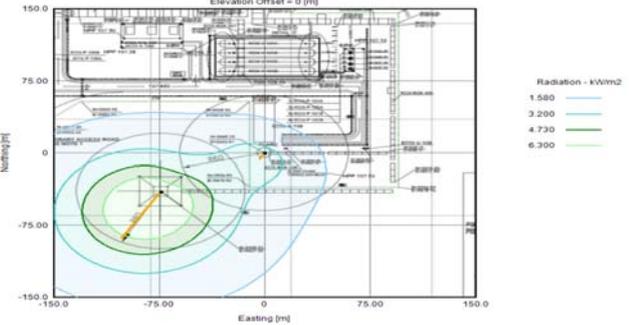


图3 P22和P30火炬最大放空量下同时燃烧热辐射平面分布图

经过计算,结果如下:在P30火炬单独进行放空燃烧的时候,在最大放空量下地面处最大热辐射值为在距离火炬南8.69m、西5.01米处为2.818kW/m²,而在60米的火炬热辐射界区内,大部分区域热辐射远远低于1.58kW/m²,(GB50183《石油天然气工程设计防火规范》中操作人员需要长期暴露的任何区域的热辐射值)。在P30火炬单独P22和P30两个火炬同时按最大量放空时,地面处最大热辐射值为距离火炬南53.64米、西81.64米出为9.348kW/m²,在两个火炬中间区域,热辐射值已接近9.46kW/m²(GB50183《石油天然气工程设计防火规范》中有人通行,单暴露时间必须限制在几秒钟之内能安全撤离的任何场所的热辐射值),在此区域,热辐射太大,工作人员即使身着防护服,只能停留数秒,必须马上撤离,应从操作规程上规定两个火炬同时放空时禁止操作人员进入两个火炬的叠加热辐射区域。在P30火炬热辐射界区内,两个火炬同时放空时,高于1.58 kW/m²的区域较仅P30火炬燃烧时范围扩大很多,此区域内的设备应按照叠加的热辐射值考虑防护措施,如点火装置应设置罩棚等。

3 冷放空扩散计算

P30火炬的扩散计算采用SCREEN3软件,该软件采用单源高斯烟羽的估算计算模型,可计算点源、面源和体源等污染源的最大地面浓度,以及建筑物下洗和熏烟等特殊条件下的最大地面浓度,估算模式中嵌入了多种预设的气象组合条件,包括一些最不利的气象条件,对于小于1小时的短期非正常排放,可采用估算模式进行预测。在计算中选取大气稳定度为D级,在选取P30火炬下风向计算未点燃工况下乙烯气体的冷放空扩散浓度。计算结果如图4和图5所示,横坐标为火炬下风向距离火炬筒体的距离,纵坐标为乙烯可燃气体的浓度。

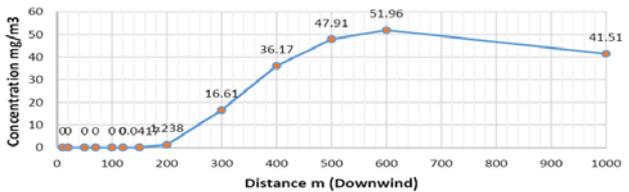


图4 P30火炬下风向地面处乙烯浓度曲线

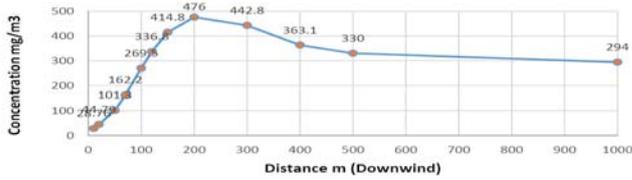


图5 P30火炬下方向24米高度乙烯浓度曲线

地面最大浓度出现在下风向距离火炬筒体632米处,浓度最大值为52.16mg/m³,P22火炬处浓度为1.435x10⁻⁷mg/m³,乙烯气体的50%的爆炸极限是16875mg/m³,因此,在地面处没有爆炸的风险。在24米的火炬高度上,最大浓度出现在下风向距离火炬筒220米处,浓度最大值为476mg/m³,在P22的火炬处浓度为211.6mg/m³,同样无爆炸的风险。

4 结论

在相邻火炬的建设中,应进行两个火炬的热辐射值叠加计算和上风向火炬的可燃气体浓度估算计算。(1)在两个火炬同时放空燃烧时,两个火炬的中间区域出现热辐射值最大值,此区域应在操作中禁止人员进入。(2)相邻火炬的布局设计时,考虑冷放空时的可燃气体扩散。在上风向的火炬冷放空时,在下游的火炬在地面和各个操作平台高度上,可燃气体浓度均不能超过其爆炸极限。

[参考文献]

[1]张杰东.高架火炬热辐射影响范围研究[J].消防科学与技术,2018,37(10):1336-1339.
 [2]秦琴,王伟,张磊.长输天然气管道放空火炬热辐射距离计算方法讨论[J].化工机械,2009,36(6):566-569.
 [3]陈国华,黄庭枫.石化企业高架火炬安全距离确定方法的比较研究[J].工业安全与环保,2013,39(9):83-85.
 [4]李攀.放空热辐射影响区域研究[D].西南石油大学,2016.
 [5]张雯莉.天然气输送管道放空管设计方法研究[D].西南石油大学,2015.
 [6]黄庭枫.石化企业高架火炬安全距离确定方法与实验研究[D].华南理工大学,2013.
 [7]李金彪.天然气净化厂火炬及放空系统设计的探讨[J].化工管理,2018,(11):96-97.
 [8]裴斌,杨斯,许娟,等.基于PHAST的输气站场放空火炬热辐射安全距离与影响因素研究[J].化工机械,2016,43(04):461-463.
 [9]陆林军.大型石油化工装置火炬系统的设置[J].上海化工,2006,(11):26-28.
 [10]刘祖德,杨平,赵云胜.天然气处理厂放空火炬影响分析与模拟计算[J].中国安全科学学报,2008,(07):23-28.
 [11]石天雄.PHAST软件预测火炬的气体扩散和热辐射[J].安全、健康和环境,2010,10(07):35-38.
 [12]承奇,张礼敬,陶刚,等.高架火炬事故状态火焰热辐射危险性分析[J].石油化工高等学校学报,2009,22(01):69-72.
 [13]王艳玲,于风叶,张风波.天然气净化厂火炬及放空系统设计的探讨[J].天然气与石油,2008,26(6):43-45.
 [14]方士珍,张红伟.炼油厂火炬系统的工艺设计[J].安徽化工,2010,36(3):67.
 [15]陈国华,黄庭枫,梁栋.分区域-多点多源的高架火炬安全距离计算新模型[J].天然气工业,2013,33(12):168-172.

作者简介:

孔维光(1986—),男,河北沧州人,汉族,研究生,中级工程师,研究方向:石油放空系统,从事工作:油气储运和地面工程建设。