

# Flaresim 软件在地面火炬设计中的应用

## Application of FLaresim in design of ground flare

金 芮 薛茂梅 刘金龙 (中国船舶重工集团公司第七一一研究所, 上海 201108)

JinRui Xuemaomei Liujinlong (shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108)

**摘要:** 对于地面火炬多点源的热辐射, 通过手工计算无法快速准确得到结果, 可通过软件 Flaresim 进行多点源的热辐射叠加计算。本文利用软件 Flaresim 对某开放式地面火炬的设计高度进行验证计算, 为该软件应用于地面火炬工程设计提供了依据。

**关键词:** Flaresim; 地面火炬; 热辐射

**Abstract:** The multipoint thermal radiation of ground flare cannot be get by manual calculation quickly and exactly. Flaresim can calculate this multipoint thermal radiation. The Design height of open ground flare is verified by Flaresim in This paper. It provides a basis for the application of Flaresim in ground flare.

**Key Words:** Flaresim; Ground Flare; Thermal Radiation

### 0 引言

压力泄放系统和火炬设施是石油化工企业重要的安全和环保设施之一, 用于处理生产装置和辅助设施在正常生产、事故、开停车及紧急状况下排放的可燃性气体, 以保护设备和人身安全。

火炬可分为高架火炬和地面火炬两大类, 高架火炬主要由筒体、火炬头等设备组成, 通过塔架或拉索等来支撑这些竖立的设备, 火炬气在位于高空的火炬头上进行燃烧, 火焰外露。火炬气的流量无法调节, 排放气的量无论大小, 均在同一火炬头处理导致了高架火炬冒黑烟。此外还有噪音大、热辐射大等问题。

地面火炬则通过把火炬气有组织地引到地面燃烧室内进行处理, 根据排放工况, 对火炬气进行分级燃烧和分级控制。具有热辐射低、噪音低、燃烧充分等优点。开放火炬主要用于火炬气排放量很大的装置。

在火炬设计计算中, 火炬高度的计算对项目成本有着直接关系。同时火炬高度也是火炬热辐射强度的主要影响因素。火炬高度的确定需平衡项目成本和火炬对周围设施及人员的影响, 所以对火炬高度的计算显得尤为重要。对于单筒高架火炬, 可以采用传统的手工算法。但对于地面火炬多辐射源的计算, 显然通过手工计算已经无法适用。近年来, 软件 FlareSIM 广泛应用于火炬的计算, 有效提高了工作效率和设计的准确度。

### 1 工程实例的应用

本项目开放式地面火炬系统界区压力为 0.1MPa, 主要介质为甲烷 (30%)、丙烯 (30%)、乙烯 (20%)、氢气 (20%), 设计放空量 450t/h, 共设置 200 台燃烧器进行燃烧处理。

#### 1.1 工艺流程

火炬气首先经分液罐和水封罐后进入排放气集气总管, 然后分成 10 路分别进入地面火炬围栏内, 通过内部燃烧器焚烧。

#### 1.2 平面布置

该火炬采用开放式地面火炬形式, 成排排列的多个燃烧器与其周围的防辐射金属围栏共同组成了开放式地面火炬的燃烧区域。200 台燃烧器布置在一座金属围栏内。

#### 1.3 热辐射分析

表 1 不同的热辐射强度造成的损害

强度 (kw/m <sup>2</sup> )	裸露皮肤达到痛感的时间 (s)	条件
1.58	--	人员穿有适当衣服可长期停留的地点
1.74	60	
2.33	40	
2.90	30	
4.73	16	无热辐射屏蔽设施, 操作人员穿有适当防护衣时, 可停留几分钟的地点
6. 31	8 (20s 起泡)	无热辐射屏蔽设施, 操作人员穿有适当防护衣时, 最多可停留 1min 的地点
9. 46	6	在火炬设计流量排放燃烧时, 操作人员可能进入的区域, 如火炬塔架根部或火炬附近高耸设备的操作平台处, 但暴露时间应限于几秒钟, 并应有充分的逃离通道

火炬燃烧特别是大量燃烧期间, 会产生强热辐射, 强热辐射会给周边的人员和设施带来一定的危害。强热辐射可能会灼伤人员, 过大的热辐射都有可能导致人员伤亡,

会使周边设备或设施无法正常工作，有时会直接损坏设备或设施，导致安全事故。含有热敏性物料、易熔材料的设备或设施尤其容易受到热辐射影响。GB50160-2008《石油化工企业设计防火规范》及 API RPI 521 热辐射的不同强度可造成的损害如表 1 所示。

#### 1.4 热辐射计算方法

利用 FLARESIM 软件，建立了火炬系统的物理模型（金属围栏、地面燃烧器及其相互之间的间距、周围的辐射区域等等），一一输入了每个燃烧器的各种参数，即其处理量、组分、温度、压力，喷嘴直径等等，选取计算方法（FLARESIM API 模型），设置计算边界，软件可自动对整个开放式地面火炬区域进行迭代计算。

FLARESIM API 方法假定辐射源为位于火焰中心处的单点源，并向各方向发射辐射。

公式如下：

$$K = \frac{FQ}{4\pi D^2}$$

其中：

K- 接收处的热辐射值；

F- 辐射因子；

Q- 火炬气的总放热量（低热值）；

D- 接受处到火焰中心的距离。

从该公式中可看出，在火炬气的组分和排放量已定的情况下，热辐射的大小主要受距离 D 和 F 辐射因子的影响。

#### 1.5 热辐射计算结果

计算运行过程中各水平平面的热辐射数值见图 1~4：

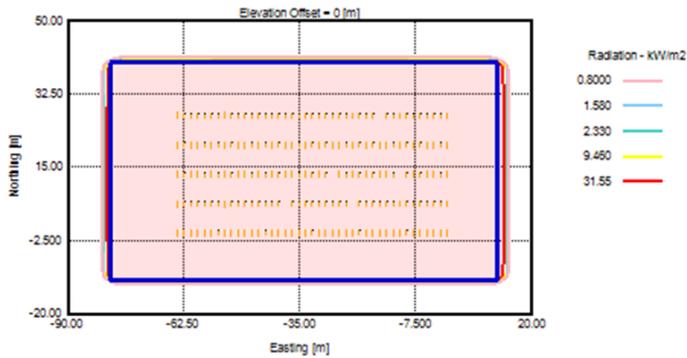


图 1 0m 水平面热辐射数值模拟

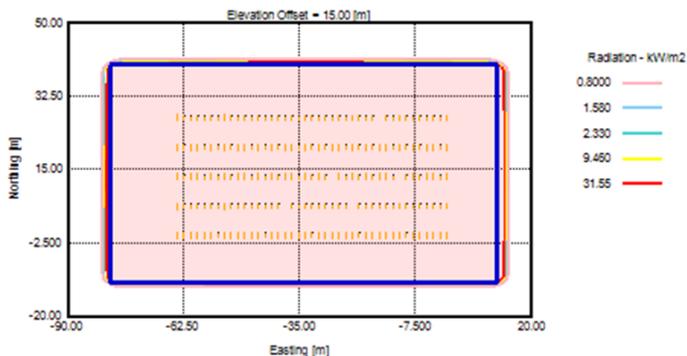


图 2 15m 水平面热辐射数值模拟

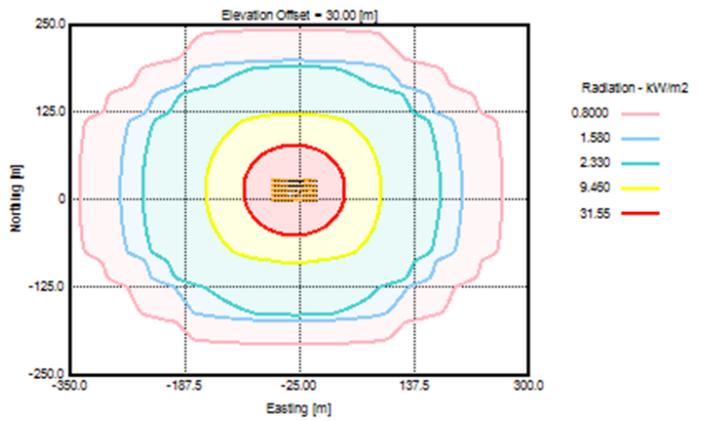


图 3 30m 水平面热辐射数值模拟

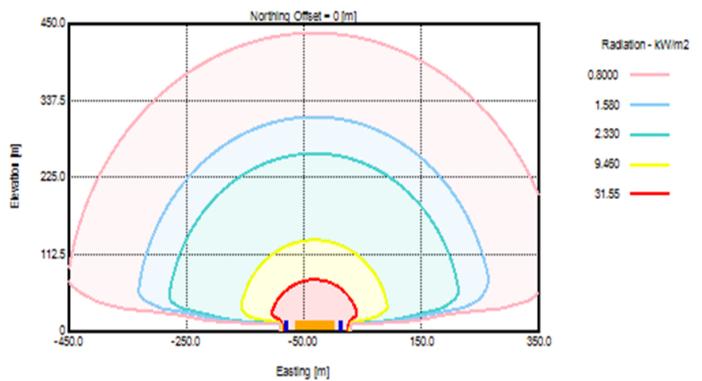


图 4 垂直平面热辐射数值模拟

由图 1~3 可见，对于 0m 和 15m 水平面，由于有金属围栏的保护，围栏外的热辐射强度都在 1.58kW/m<sup>2</sup> 之内。也就是操作人员可长期暴露的安全区域，满足设计需求。对于 30m 水平面，由于超过了金属围栏的高度，可以明显看到热辐射呈圆环型向上扩散，但该部分热辐射只会对周边高耸建筑产生影响。

垂直平面热辐射呈扇形状，见图 4。这会对布置在开放式地面火炬周围的高耸建筑有热辐射的风险影响。

## 2 结论

本文通过 FlareSim 软件对该开放式地面火炬的热辐射进行了计算。结果表明，本项目围栏外热辐射强度在允许范围内，火炬高度设置合理。同时该计算结果也为装置外设备的布置提供参考。本文为软件 Flaresim 应用于多点源热辐射计算提供依据，为工程设计带来了很大的方便，提高工作效率和准确度。在地面火炬的设计中具有广阔的应用前景。

### 参考文献：

- [1] SH3009-2013. 石油化工可燃性气体排放系统设计规范 [S]. 北京：中华人民共和国工业和信息化部, 2014.
- [2] American Petroleum Institute. Pressure-relieving and depressuring systems: API RP 521[S]. Sixth Edition. Washington DC: API Publishing Services, 2014.

### 作者简介：

金芮（1988-），女，工程师，硕士学位，现就职于中国船舶重工集团公司第七一一研究所，从事火炬装置的设计工作。