

开式直筒辐射管燃气燃烧器的优化设计

金宏达, 刘国伟, 董 芃

(哈尔滨工业大学 能源科学与工程学院, 哈尔滨 150001, zhenliuguowei@126.com)

摘要: 为了准确反映出辐射管尺寸对燃烧器工作效果的影响,在3种不同负荷条件下,对使用不同辐射管时的开式直筒辐射管燃气燃烧器相关的热工参数进行了测定,得到了负荷、辐射管管径、辐射管管长之间相对合适的配比关系,进而对燃烧器的结构进行了优化设计.实验结果表明:在测试负荷范围内,219 mm是比较合适的辐射管管径选择,在50,75,100 kW三种负荷下,比较合适的管长分别为950,1 000,1 100 mm.

关键词: 开式直筒辐射管; 燃气燃烧器; 热工参数; 优化设计

中图分类号: TK223.2

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2010)05-0763-03

Optimization design on uncork-cylinder radiant tube gas-fired combustor

JIN Hong-da, LIU Guo-wei, DONG Peng

(1. School of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China, zhenliuguowei@126.com)

Abstract: In order to exactly reflect the effect of the radiant tube size on the combustion performance, thermal parameters on uncork-cylinder radiant tube gas-fired combustor were measured using different radiant tubes under three kinds of loads, and the relatively suitable matching relationship among the load, the length and the diameter of radiant tube was obtained, thus the optimization design on the combustor structure was achieved. It is found that 219 mm is the appropriate radiant tube diameter in the test load range, 950 mm, 1000 mm and 1100 mm are the appropriate radiant tube lengths under loads of 50 kW, 75 kW and 100 kW.

Key words: uncork-cylinder radiant tube; gas-fired combustor; thermal parameter; optimization design

油田加热炉是石油集输系统中重要的工业设备^[1-4].目前,油田广泛使用的火筒式加热炉火筒长径比大,配套的大气式燃烧器组织的火焰长度较短,燃烧放热比较集中,长时间运行后,极易造成火筒的局部烧损,不仅需耗费大量资金维修,而且影响了正常生产^[5-7].针对这一情况,哈尔滨工业大学设计了一种新型的开式直筒辐射管燃气燃烧器^[8-10],使燃气在辐射管内燃烧,利用辐射管外表面以漫辐射的方式将热量投射到火筒内表面,使火焰燃烧高温区传递到火筒的热负荷均匀化,降低局部热流密度的最高值,同时将辐射管出口处的烟气温度控制在火筒壁面不过热的安全温度以下.

1 优化实验

1.1 燃烧器介绍

开式直筒辐射管燃气燃烧器主要由燃烧器和辐射管两大部分组成(见图1).为了方便工程应用和改造,燃烧器采用加热炉原有的大气式燃烧器,该燃烧器设计为环形燃气通道,可利用燃气的动能从中心和周向引射空气,空气量可通过调风板进行调节;辐射管采用相对简单的直筒开式结构,燃气在辐射管内燃烧加热辐射管,辐射管以漫辐射的方式将热量投射到火筒内表面,进而使火筒表面热负荷均匀化,同时将辐射管出口后的烟气温度降低到火筒壁面不过热的安全温度以下,以对流方式进行传热.

1.2 试验系统介绍

本实验系统是采用纯几何相似的近似模化方

收稿日期: 2009-01-14.

作者简介: 金宏达(1983—),男,硕士研究生;

董 芃(1957—),男,教授,博士生导师.

法,在保证模型与真实火筒式油田加热炉炉膛截面积模化比为 1:6 的条件下进行设计和搭建的,主要由燃烧器、辐射管、炉膛、排烟室组成(见图 2)。燃烧器为环形燃气通道,利用燃气的动能从中心和周向引射空气,空气量通过调风板进行调节;辐射管采用材质为 1Cr18Ni9Ti 的开式直筒辐射管;炉膛选用长度为 2 m,内径为 300 mm 的圆筒形炉膛;为了保证试验过程的安全进行,用耐火砖搭砌了一容积约为 1.5 m³ 的排烟室,通过鼓风机向排烟室

内鼓入冷空气,使烟气以较低的温度通过烟囱排放到室外。

辐射管表面温度分布和炉膛表面的热流密度分布是考察辐射管性能的重要指标。本文采用镍铬-镍硅型热电偶对辐射管的表面温度分布进行测量。同时,由于本试验主要关注的是炉膛表面热流密度的分布趋势,对每一测点的测量精度无过高要求,因此采用计量流体流动带走热量的方法对炉膛表面的热流密度分布进行测量,其主要原理是利用一定流量的水流过测点,通过测量水温变化来计算热流密度。因此,本试验在火筒外表面设有 19 个环形的测量流道,宽 20 mm,高 10 mm,流道间隔为 80 mm。为了防止火筒过热和轴向热传导对测量的影响,将测量流道间设置成冷却流道。每个测量流道和冷却流道都设有单独的进水口和出水口,在出水口附近安装球阀来调节水的流量。

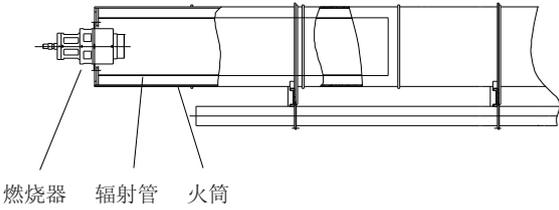
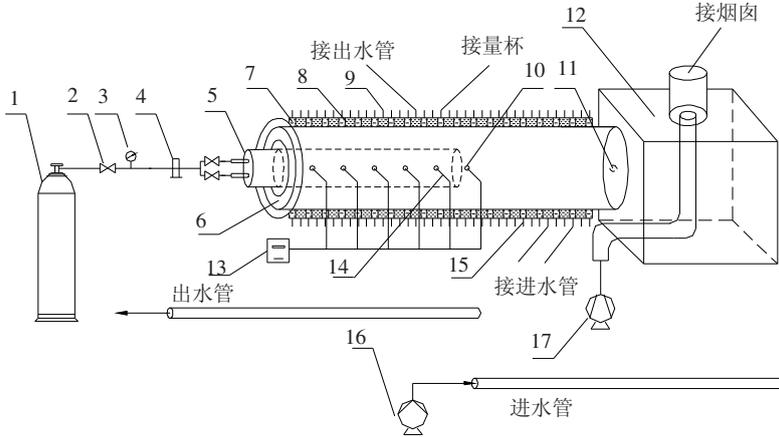


图 1 开式直筒辐射管燃气燃烧器示意图



1—丙烷气瓶; 2—调节阀; 3—压力表; 4—流量计; 5—燃烧器; 6—炉膛; 7—火筒; 8—测量水道; 9—出水口; 10—烟气测温点; 11—烟气取样口; 12—排烟室; 13—数字显示表; 14—热电偶; 15—进水口; 16—水泵; 17—风机

图 2 试验系统示意图

1.3 试验结果与分析

在 50, 75, 100 kW 三种负荷条件下,分别对使用管径为 $\Phi 108, \Phi 219, \Phi 273$, 管长为 800, 1 000, 1 200 mm 的 9 种辐射管燃气燃烧器的热工特性进行了试验研究,得出了负荷、辐射管管径、辐射管管长之间相对合适的配比关系。

1.3.1 管径的确定

由于温度高低对辐射换热的效果有着决定性影响,要使辐射管达到良好的辐射传热效果,就必须使辐射管达到一定的温度水平。同时,考虑到辐射管的安全,辐射管的壁温应在保证其不烧损的安全温度以下。因此,在不同负荷条件下,不同辐射管壁面温度的高低就成为了衡量辐射管性能的最重要指标。

从图 3~5 可看出,由于辐射管外壁不断地对外辐射,所以无论在哪一种负荷条件下,各辐射管

的壁面温度都在 650 °C 以下,远远低于保证辐射管不烧损的安全温度,因此无需担心辐射管烧损现象的发生。同时,无论在哪一种负荷条件下, $\Phi 273$ 辐射管壁面温度都相对较低。这是因为 $\Phi 273$ 辐射管管径过大,火焰和烟气集中于辐射管上部放热,造成辐射管周向温度分布不均,这必然导致辐射管向外辐射热量分布不均。因此,使用 $\Phi 273$ 辐射管的效果无疑是不够理想的。相比之下, $\Phi 219$ 和 $\Phi 108$ 辐射管在各负荷条件下的壁面温度都一直保持在相当高的水平,这是因为燃气在这两种管径的辐射管内燃烧时,火焰充满度较好,保证了辐射管周向温度的平均。但是,使用 $\Phi 108$ 辐射管时,由于辐射管管径过小,火焰从燃烧器出口喷出后很快就与辐射管内壁接触,使辐射管壁面高温区过于靠前,导致辐射管后部的壁面温度大幅降低。同时,由于辐射管管径过小,在

实验过程中还发生了析碳的现象。

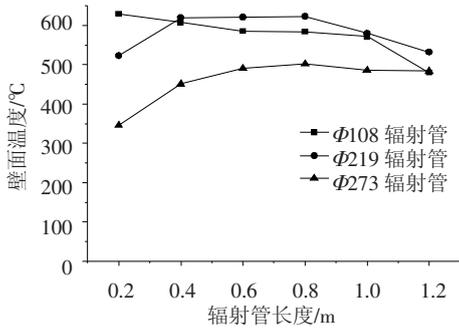


图3 100 kW 负荷下不同管径辐射管壁面温度分布

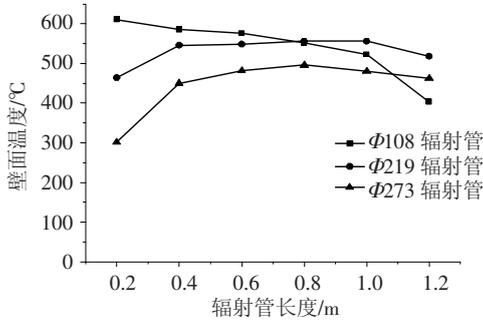


图4 75 kW 负荷下不同管径辐射管壁面温度分布

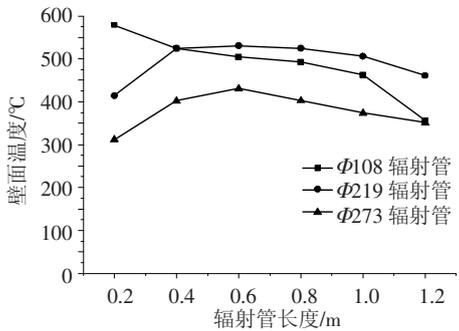


图5 50 kW 负荷下不同管径辐射管壁面温度分布

由此可见,要想达到良好的辐射效果,选择的辐射管管径不应过大,否则会导致辐射管周向上的温度分布不均;同时选择的辐射管管径也不宜过小,否则会导致辐射管长度方向上的温度分布不均。而就测试的负荷范围而言,Φ219 辐射管是比较合适的选择。

1.3.2 管长的确定

由于219 mm 是较合适的辐射管管径选择,因此在不同负荷条件下,重点对使用Φ219 辐射管时火筒表面热流密度分布进行了测量。根据前后热流密度峰值相等为最佳的原则,得到了负荷与辐射管管长之间相对合适的配比关系。

如图6~8 可见,当管长为800 mm 时,各测试负荷条件下,后一热流密度峰值都明显高于前一峰值,这表明在测试负荷范围内800 mm 的辐射管都过短,造成大量燃气在喷出辐射管后才燃烧放热,进而导致辐射管出口处局部的火筒表面热流密度偏高。在50 kW 负荷下,辐射管管长为

1 000 mm 和1 200 mm 时,热流密度后一峰值都略小于前一峰值,说明在该负荷条件下,相对合适管长应略小于1 000 mm,结合管长为800 mm 时后一峰值明显高于前一峰值的情况,预计相对合适管长应为950 mm 左右。在负荷为75 kW 时,管长为1 000 mm 时,前后热流密度峰值恰好基本相等,分别为23.464 37 和23.484 56 kW/m²,因此,可以认为此负荷下相对合适管长为1 000 mm。而在负荷为100 kW,管长为800 mm 和1 000 mm 时,后一峰值都明显高于前一峰值,只有管长1 200 mm 时,后一峰值(为22.954 47 kW/m²)才比前一峰值(为24.767 82 kW/m²)略低,因此,可判断负荷100 kW 时,Φ219 辐射管相对合适的管长应为1 100 mm 左右。

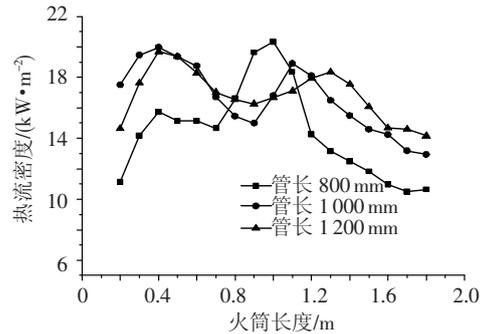


图6 50 kW 负荷下Φ219 辐射管火筒表面的热流密度分布

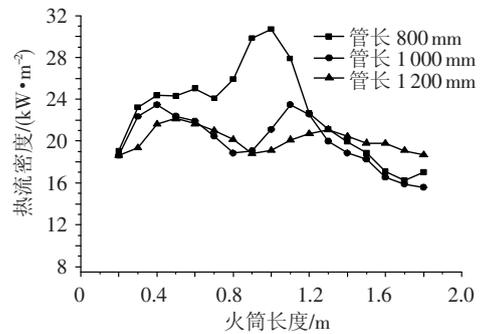


图7 75 kW 负荷下Φ219 辐射管火筒表面的热流密度分布

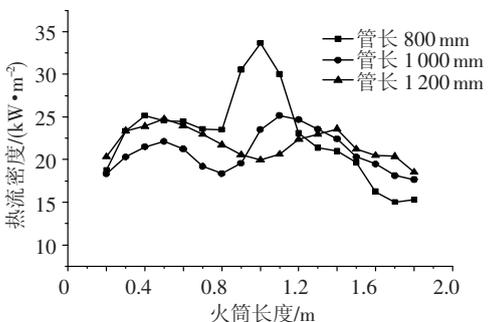


图8 100 kW 负荷下Φ219 辐射管火筒表面的热流密度分布

2 结 论

1) 无论在何种负荷条件下,各辐射管的壁 (下转第769页)