

# 地下综合管廊电缆燃烧温度及烟气分布规律研究

嵇小玲

合肥市建设投资控股(集团)有限公司 安徽合肥 230088

**摘要:** 介绍了综合管廊火灾的研究背景和试验条件,通过建立全尺寸综合管廊模型和进行电缆燃烧试验,分析总结了管廊不同起火位置电缆燃烧温度和烟气的分布规律。

**关键词:** 综合管廊; 电缆火灾; 温度场; 烟气分布; 试验

## Study on combustion temperature and flue gas distribution of underground integrated pipe gallery cable

Xiaoling Ji

Hefei Construction Investment Holding Co., Ltd. Anhui Hefei 230088

**Abstract:** This paper introduces the research background and test conditions of comprehensive corridor fire. By establishing a full-scale comprehensive corridor model and conducting a cable combustion test, the distribution law of cable combustion temperature and smoke at different fire positions in the corridor is analyzed and summarized.

**Keywords:** utility tunnel; cable fire; temperature field; flue gas distribution; test

### 1 引言

地下综合管廊是城市地下空间重要基础设施,可有效提升城市地下空间利用率,正逐渐成为我国未来市政基础设施的发展方向。城市地下综合管廊中敷设各类线缆,包括电力线缆、供热管道和通信线缆等<sup>[1]</sup>。但密集的管线也增大了火灾发生几率,其中火灾危险性较大的管廊电力舱一旦发生火灾后极易造成城市大面积断电,严重影响居民的日常生活和城市的正常运营,造成巨大的经济损失<sup>[2]</sup>。因此,研究地下综合管廊电缆火灾烟气蔓延及温度分布规律,对于此类场所火灾防治工作具有十分重要的意义。

针对综合管廊电缆火灾,国内外学者进行了一些研究,但研究重点主要集中在缩尺寸实体试验及计算机模拟研究等方面<sup>[3-5]</sup>,全尺寸实体火灾试验开展较少。本研究按照某电厂厂区管廊狭长区域搭建了全尺寸模拟试验

平台,考察不同起火位置电缆燃烧的温度和烟气分布规律,为综合管廊防火技术研究及灭火设施的设计提供基础数据。

### 2 实验方案

#### 2.1 实验平台搭建

综合管廊分两种区域,分别是单向狭长通道和交汇区,试验选取了某电厂内地下综合管廊中的一个电缆最密集的区域建立全尺寸试验模型。模型分两个区域,一个是电缆交汇的区域(试验中称为交叉区域),一个是交叉区域西侧一个端口延长出的一段长10m的狭长通道(试验中称为长边区域)。从火灾研究的角度来分析,长边区域属于狭长受限空间,交叉区域属于狭长受限空间的交汇处。(见下图1)

本试验以厂区管廊狭长区域搭建了全尺寸模拟试验平台,用于地下管廊内电缆火灾的试验研究。

#### 1) 管廊建筑模型

管廊模型与实际建筑的尺寸比例为1:1。长边区域长约10m,宽3.3m,高2.4m;交叉区域高约4.8m。交叉区域的3个通道口和长边区域通道口各设置一个与横截面相同尺寸的门。

**通讯作者简介:** 嵇小玲,出生年月:1972年4月,民族:汉,性别:女,籍贯:安徽池州,单位:合肥市建设投资控股(集团)有限公司,职位:基建部部长,职称:中级,学历:本科。

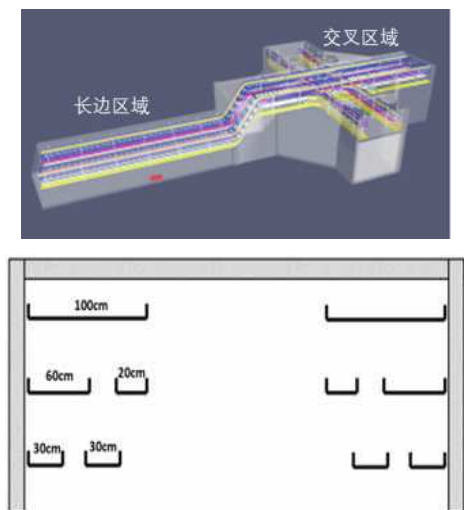


图1 管廊建筑模型及管廊内建筑模型内区域划分和管廊内电缆桥架示意图

### 2) 电缆桥架模型

长边区域电缆桥架分为三层，上层设有1个，宽100cm；中层设有2个，靠墙外侧一个宽60cm，靠过道内侧一个宽20cm；下层设有2个，均宽30cm。对侧电缆桥架与之对称。

### 2.2 试验工况设计

试验工况设置如表1所示

表1 试验工况表

实体试验工况	火源	工况说明	场所
1	电缆火	在长边区域桥架内敷设直径20mm、型号WDZB-YJY3×10的电缆。顶层桥架宽1000mm，敷设30根电缆；中层桥架宽600mm，敷设18根电缆；桥架内电缆填充率为60%，电缆靠外侧单层平铺敷设，间距在0.1cm~0.5cm之间。	管廊长边区域桥架
2	电缆火	在北侧斜坡段桥架内敷设方式同1。	管廊北侧斜坡段桥架
3	电缆火	在交叉区域有5层电缆，其垂直重叠区域三层，由下往上数分别是第3、4、5层。线缆敷设方式同1。	管廊交叉区域上方电缆桥架

## 3 实验结果与分析

### 3.1 温度变化

#### 3.1.1 工况1 (管廊长边区域电缆火)

工况1中，热电偶2-1、3-2和3-4分别布置在火源横截面的过道中线距离地面不同高度处，如图3-1，测得其温度变化如图3-2所示：

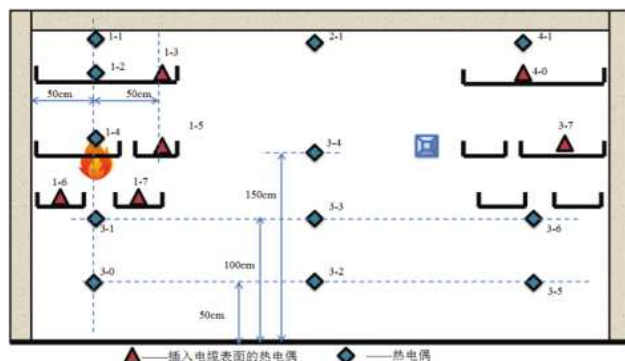


图3-1 工况1 热电偶布置图和电缆燃烧过程温度变化

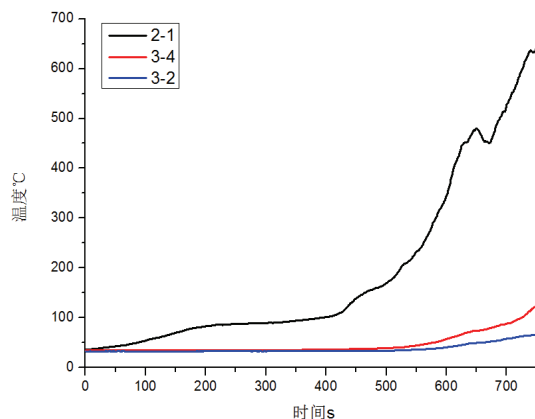


图3-2 工况1 电缆燃烧过程温度变化

根据试验结果可知：

距地150cm的热电偶3-4和距地50cm热电偶3-2在电缆燃烧初期一直处于空气当中，温度上升很小，后期由于热烟气的快速下沉，测得温度分别升至于约130℃和约70℃。而热电偶2-1位于顶棚处，一直处于烟气层当中，测得热烟气的最高温度高达约650℃。可见，热烟气是火灾后期蔓延的重要因素。

#### 3.1.2 工况2 (管廊斜坡段电缆火)

工况2中，热电偶3-6、4-2和4-1分别布置在交叉区域中部距离地面不同高度处，如图3-3所示，测得其温度变化如图3-4所示：

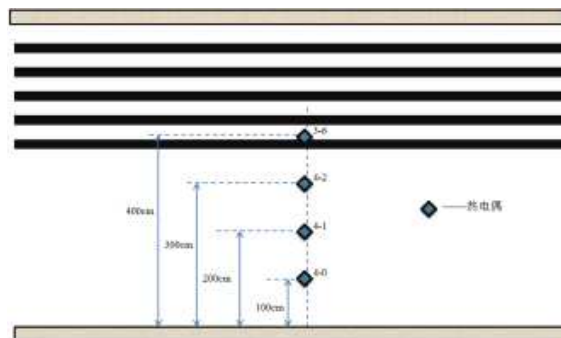


图3-3 工况2 热电偶布置图和电缆燃烧区域上层温度变化

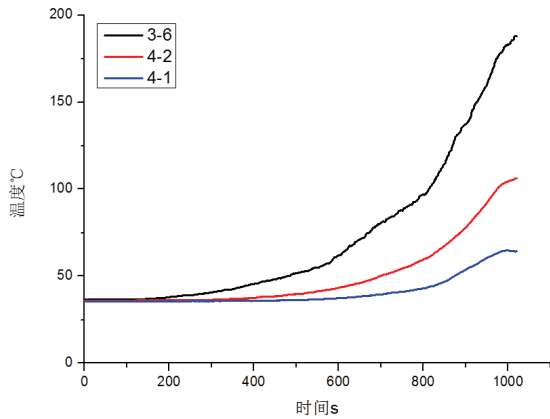


图3-4 工况2 电缆燃烧过程温度变化

根据试验结果可知：

距离地面高度200cm、300cm和400cm的热电偶测得的最高温度分别约为65℃、110℃和190℃，说明交叉区域上层的高温烟气已包围了上部区域的电缆桥架，温度随距地高度的降低而逐渐递减。

### 3.1.3 工况3（管廊交叉区域电缆火）

工况3中，热电偶3-1、4-4和4-5分别布置在交叉区域中部距离地面不同高度处，如图3-5所示，测得其温度变化如图3-6所示：

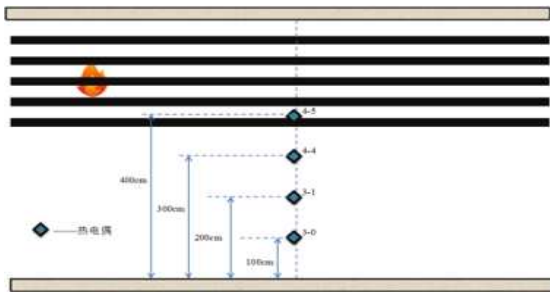


图3-5 工况3 热电偶布置图和电缆燃烧过程温度变化

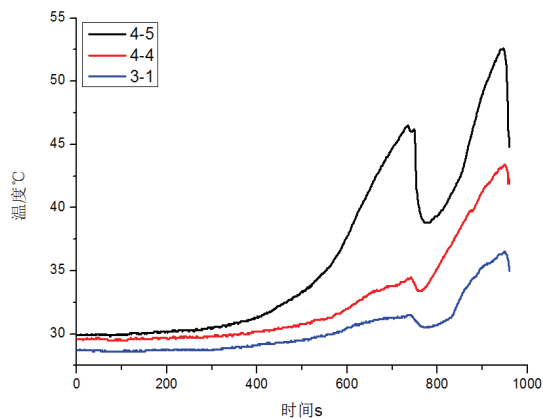


图3-6 工况3 电缆燃烧过程温度变化

根据试验结果可知：

热电偶3-1、4-4和4-5距离地面高度分别为200cm、300cm和400cm，由于该工况电缆火相对较小，烟气生

成的量较少，在交叉区域顶部聚集的烟气还未下沉至距地400cm处，因此测得的最高温度分别为40℃、43℃和52℃。

## 3.2 烟气浓度变化

### 3.2.1 工况1（管廊长边区域电缆火）

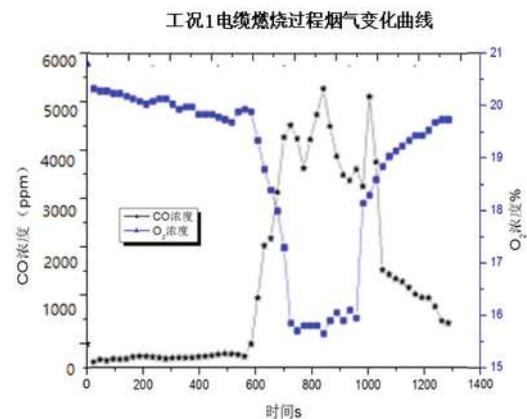
工况1中，烟气分析仪布置于火源西侧距离地面高1.8m、与火源水平距离3m处，测得CO和O<sub>2</sub>浓度变化如图3-7所示。管廊长边区域高为2.4m，顶棚与上层电缆桥架的垂直距离不足40cm，电缆燃烧产生的烟气向上蔓延，聚集到顶部后开始向下沉降，由于管廊长边区域高度受限，烟气500s左右就沉降到地面高度1.8m处。在灭火前，测得CO浓度最大值约为5400ppm，O<sub>2</sub>浓度最小值到达11.9%。

### 3.2.2 工况2（管廊斜坡段电缆火）

工况2中，烟气分析仪布置于火源西侧，斜坡电缆桥架下方高度1.8m、与火源水平距离4m处，测得CO和O<sub>2</sub>浓度变化如图3-7所示，根据试验数据以及烟气分析仪探头的布置位置可知：电缆燃烧产生的烟气向上蔓延，聚集到顶部后开始向下沉降，由于斜坡段桥架上部空间较大，烟气分析仪在400s左右测到了烟气浓度变化，在约1000s左右烟气层沉降至地面高度1.8m处，之后100s时间内烟气浓度快速上升。测得灭火前CO浓度最大值约为500ppm，O<sub>2</sub>浓度最小值约为15.5%。

### 3.2.3 工况3（管廊交叉区域电缆火）

工况3中，烟气分析仪布置于距离地面高度1.8m，靠斜边处，测得CO和O<sub>2</sub>浓度变化如图3-7所示，根据试验数据以及烟气分析仪探头的布置位置可知：管廊内交叉区域的上部空间较为充分，烟气下沉至探头处需要一定时间，故在约800s左右时才测得CO浓度发生变化，在大约1100s左右，烟气沉降到地面高度1.8m处，CO浓度急速增长。灭火前测得CO浓度最大约为130ppm，O<sub>2</sub>浓度最小约为19.8%。



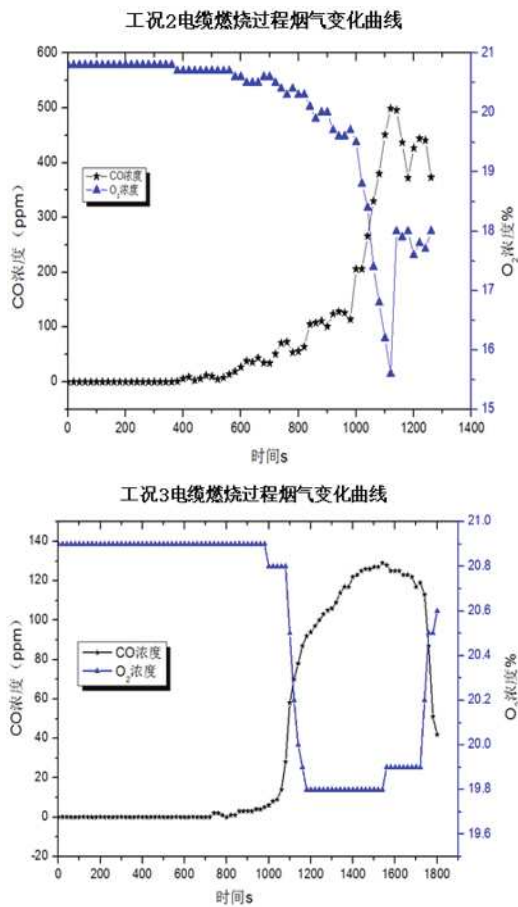


图3-7 工况1-3 电缆燃烧过程烟气变化

#### 4 结论

本文首先介绍了管廊电缆火灾相关研究,进而设计

了不同工况下的电缆火实体试验。

实体实验结果表明:

(1) 管廊内长边区域上部空间受限,热烟气层迅速下降,导致火源处氧气浓度下降,电缆燃烧多为不完全燃烧,产生的CO浓度高达5400ppm,而顶部温度也高达650℃。

(2) 管廊内电缆火试验结果表明,由于烟气在受限空间上部区域聚集,管廊上部区域的温度要远大于靠近地面区域的温度。

(3) 管廊内斜坡段电缆火工况中的烟气生成量比交叉区域工况更大,烟气沉降速度更快,使得空间内的升温速度更快,因此其火灾危险性更高。

参考文献:

[1]陈馈,蔡建林.城市地下综合管廊发展现状与对策[J].建筑机械化,2012,33(10):53-55.

[2]孙瑞雪.城市地下综合管廊灭火系统的实验与数值模拟研究[D].2018.

[3]陶海军,朱国庆,赵永昌,et al.综合管廊电缆燃烧烟气温度实验研究[J].消防科学与技术,2017(6).

[4]王明年,田源,于丽,et al.城市综合管廊电缆火灾数值模拟及影响因素分析[J].中国安全生产科学技术,2018,14(11):54-59.

[5]杨永斌.火源位置对城市地下综合管廊电力舱火灾蔓延的影响研究[J].武警学院学报,2018.