

■ 冉海潮 孙丽华 编著

# 消防系统设计

# 与工程实践



科学出版社

## 内 容 简 介

本书系统地讲述了火灾自动报警系统、消防防、排烟系统、消防给水系统及化学灭火系统的组成、工作原理、设计方法和工程应用实例及施工中的注意事项。重点阐述了在高层建筑的消防设计中,电气、给排水、暖通三专业之间的相互联系以及接口部位的检测元件和执行机构的动作原理,特别是对新型的火灾检测传感器、控制系统及新兴的灭火系统作了详尽的分析,给出了大量的实施设计方案和计算方法。本书可作为消防设备生产厂家、建筑设计院所、大专院校相关专业及消防管理部门的参考书,也可作为广大从事建筑消防系统设计、施工及检测的工程技术人员的技术书和参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

消防系统设计与工程实践/冉海潮、孙丽华著.-北京:科学出版社,1999

ISBN 7-03-006917-X

I. 消… I. ①冉… ②孙… III. ①防火系统-设计②防火系统-工程施工 N. TV998.1

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第21681号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

科 地 五 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1999年8月第一版 开本:850×1168 1/32

1999年8月第一次印刷 印张:5 1/4

印数:1—5 000 字数:129 000

定价:10.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

**本书出版得到河北省教育委员会  
学术著作出版基金的资助**

## 序

消防是一门科学，并且是一门综合的科学技术。它涉及到了灭火剂、阻燃剂的生产、消防设备研制以及消防系统的应用三个环节；涉及到了化学、物理、光、电、计算机、给排水、采暖通风、自动化、通讯等多个专业或学科。

早期的消防系统设计是由给排水专业来完成和实现的。随着电子技术的迅速发展，材料科学的发展，消防系统也逐渐扩展，日趋完善，已不仅仅是给排水专业独霸的技术领域。电子、自动化及暖通等专业也先后占据了一席之地。这样就给从事消防系统的设计、施工的工程技术人员带来了不同学科间知识进行相互融合的要求。

大家知道，对于给排水专业人员，泵的特性曲线、水力计算以及消防系统的用水量、喷水强度等并不陌生，然而对于泵的运行控制方式则为门外汉；而电气控制的技术人员，对温感、烟感等探测器及报警控制系统的工作原理及电子线路等则相当了解，而对于消防的工艺流程、消防系统的用水量及喷射强度等却显的无能为力；同样，暖通专业的技术人员，对调节阀、防火阀的选择，风速、风压及排烟量的计算等易如反掌，但对风机的控制运行方式，防、排烟阀的控制方式与工作原理，可能又不十分了解。

根据十几年来消防工程的施工、验收经验，我们发现，大量的消防系统不能通过消防部门的检测验收、甚至不能正确地发挥消防灭火作用主要是由于上述三个专业之间不能协调统一到消防工艺流程的要求所至。常常出现某些不该关闭的阀关闭了，不该启动的风机启动了，而应该启动的泵或风机又不能及时启动等现象。这就迫切需要一本实用的工具书来规范三个专业的设计任

务及相互间的接口，使三个专业的工程技术人员能够统一到消防工艺流程上来。而作为与消防系统的工艺要求联系最紧密的自控人员更应了解被控对象的动作过程与工作原理。

本书的宗旨，在于用大量的实例、通俗的语言来阐明消防系统的工艺过程及工艺要求，并以电气控制为主线来说明三个专业的配合问题，以期使消防系统达到真正的防火、灭火的目的。

此外，本书还注意到了消防系统的发展趋势。书中列举了大量的新兴灭火系统实例，以期能为广大从事消防系统设计、施工及管理工作者所借鉴。

冉海潮

1998年2月18日

# 前 言

防火、灭火始终受到国家和社会的高度重视，特别是在发达国家，火灾报警控制设备的生产和应用相当普遍。近年来，随着城市建设的开发和现代化建设进程的加快，社会迫切需要大批的消防系统设计的专业人才和较好的专业书籍。本书就是在这种形势下，针对防火、灭火这一特殊行业，结合十多年从事消防系统的设计、施工和消防检测验收工作的实践经验编写而成。

本书共分五章，第一、二、三章详细介绍火灾自动报警系统、广播通讯系统、防排烟系统等工作原理、组成形式及设计施工方法。第四章介绍消防给水系统的设计和工作原理，对湿式喷淋系统、雨淋系统、干式预作用系统的工作原理及工程设计作了详尽阐述，对管网的水力计算，消防泵等设备的选型作了详细的说明和计算。第五章介绍化学灭火系统的分类和工作原理，对卤代烷系统、二氧化碳系统及泡沫灭火系统作了详尽的分析，并给出了大量的工程设计与计算实例。

本书由冉海潮、孙丽华编著，全书由冉海潮同志统稿。该书曾在河北省消防检测中心试用，并作为消防管理人员、工程设计、施工人员、检测维修人员的培训教材，深受欢迎。

在编写过程中，得到了许多从事工程设计和施工技术人员的支  
持，得到了消防界前辈魏秉华教授、陈耀宗高工（教授级）、蒋丕杰高工、华瑞龙研究员和中国气体消防技术研究会顾问蒋彦胤研究员的鼓励，特别是中国建筑金属结构学会给排水设备分会常务理事、河北省建筑设计院给排水专业总工程师、河北省建筑防火专家评审委员会副主任委员蒋丕杰高级工程师审阅了全稿，并提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心地感谢。

由于著者水平所限，书中错误和缺点在所难免，恳请读者批评指正。

著 者

1998年2月18日

# 目 录

<b>第一章 火灾报警控制系统</b> .....	( 1 )
1.1 火灾探测器 .....	( 1 )
1.1.1 概述 .....	( 1 )
1.1.2 感烟探测器 .....	( 1 )
1.1.3 火焰探测器 .....	( 3 )
1.1.4 感温探测器 .....	( 3 )
1.1.5 新型火灾探测器 .....	( 4 )
1.1.6 火灾探测器的电路设计 .....	( 5 )
1.1.7 火灾信号远距离传输的几种方案 .....	( 9 )
1.2 火灾自动报警控制系统 .....	( 14 )
1.2.1 火灾自动报警系统的组成与工作原理 .....	( 14 )
1.2.2 特殊功能单元 .....	( 14 )
1.3 火灾报警控制系统的工程设计 .....	( 23 )
1.3.1 火灾探测器的数量与布局 .....	( 23 )
1.3.2 联动控制点的数量 .....	( 25 )
1.3.3 报警及联动控制系统设计 .....	( 25 )
1.3.4 几种联动系统的设计 .....	( 28 )
<b>第二章 火灾广播通讯系统</b> .....	( 32 )
2.1 火灾广播通讯系统的组成及工作原理 .....	( 33 )
2.2 火灾广播通讯系统的设计与设备选型 .....	( 33 )
2.2.1 火灾广播系统的设计与设备选择 .....	( 33 )
2.2.2 火灾通讯系统的设计与设备选择 .....	( 34 )
2.2.3 系统安装与布线 .....	( 34 )
2.3 新型智能广播系统介绍 .....	( 34 )



2.3.1	六总线智能广播系统的功能与特点	( 34 )
2.3.2	智能广播系统的组成及工作原理	( 35 )
2.3.3	智能广播系统设计	( 37 )
<b>第三章</b>	<b>消防防、排烟系统</b>	( 39 )
3.1	概述	( 39 )
3.2	防、排烟系统的分类及特点	( 40 )
3.2.1	自然排烟	( 40 )
3.2.2	机械排烟	( 41 )
3.2.3	防烟加压送风	( 41 )
3.2.4	密闭防烟	( 42 )
3.2.5	几种方式的比较	( 43 )
3.3	自然排烟系统设计	( 44 )
3.3.1	自然排烟的原理	( 44 )
3.3.2	排烟口及排烟设计	( 45 )
3.3.3	自然排烟量的计算	( 47 )
3.4	机械排烟系统设计	( 50 )
3.4.1	机械排烟系统的组成	( 50 )
3.4.2	排烟量的计算与设备选择	( 50 )
3.4.3	排烟风道设计时的注意事项	( 53 )
3.4.4	排烟口与排烟风机	( 53 )
3.4.5	排烟系统控制方式及程序	( 54 )
3.5	防烟正压送风系统	( 56 )
3.5.1	防烟正压送风系统的组成	( 56 )
3.5.2	正压送风系统的设计与设备选择	( 57 )
3.5.3	正压送风系统设计中的注意事项	( 62 )
3.6	防、排烟系统的组件	( 62 )
3.6.1	排烟口、送风口及排烟阀	( 62 )
3.6.2	自动排烟防火阀	( 62 )
3.6.3	自动关闭防烟防火调节阀	( 63 )
3.6.4	全自动防烟防火阀	( 63 )

3.6.5	余压阀 .....	( 66 )
3.6.6	防、排烟系统的电气控制 .....	( 66 )
3.6.7	防烟、防火阀等组件的安装 .....	( 67 )
<b>第四章</b>	<b>消防给水系统</b> .....	<b>( 71 )</b>
4.1	概述 .....	( 71 )
4.2	消火栓给水系统 .....	( 71 )
4.2.1	消火栓给水系统的组成及工作原理 .....	( 71 )
4.2.2	消火栓给水系统的计算 .....	( 73 )
4.2.3	消防给水控制原理及接口 .....	( 75 )
4.2.4	高层建筑的水泵串联接力 .....	( 76 )
4.3	自动喷水灭火系统 .....	( 76 )
4.3.1	自动喷水灭火系统的组成及工作原理 .....	( 76 )
4.3.2	湿式喷淋系统的设计与计算 .....	( 79 )
4.3.3	湿式系统的组件功能 .....	( 83 )
4.3.4	自动喷水湿式系统的调试 .....	( 88 )
4.4	施工中注意事项 .....	( 89 )
4.5	开式自动喷水灭火系统 .....	( 89 )
4.5.1	开式系统的组件及工作原理 .....	( 89 )
4.5.2	开式自动喷水系统的设计计算 .....	( 97 )
4.5.3	设计计算实例 .....	( 98 )
4.6	水喷雾灭火系统及蒸汽灭火系统简介 .....	(100)
<b>第五章</b>	<b>化学灭火系统</b> .....	<b>(102)</b>
5.1	卤代烷灭火系统 .....	(102)
5.1.1	卤代烷的灭火机理 .....	(102)
5.1.2	卤代烷灭火系统的组成及工作原理 .....	(102)
5.1.3	卤代烷系统的设计计算 .....	(102)
5.1.4	卤代烷灭火系统的组件 .....	(117)
5.2	CO <sub>2</sub> 气体灭火系统 .....	(127)
5.2.1	CO <sub>2</sub> 与卤代烷的比较 .....	(127)
5.2.2	CO <sub>2</sub> 灭火机理 .....	(128)

5.2.3	CO <sub>2</sub> 灭火系统的组成及工作原理	(128)
5.2.4	CO <sub>2</sub> 灭火系统应用范围及对防护区的要求	(130)
5.2.5	CO <sub>2</sub> 灭火系统的设计计算	(131)
5.3	化学灭火系统的施工、调试与验收	(140)
5.3.1	化学灭火系统的施工	(140)
5.3.2	化学灭火系统的调试	(143)
5.3.3	化学灭火系统的验收	(143)
5.4	泡沫灭火系统	(144)
5.4.1	水成膜泡沫液	(144)
5.4.2	泡沫灭火系统设计	(145)
5.4.3	设计实例	(145)
5.5	新型灭火系统介绍	(150)
5.5.1	循环灭火系统	(150)
5.5.2	泡沫/水喷淋系统	(151)

# 第一章 火灾报警控制系统

## 1.1 火灾探测器

### 1.1.1 概述

一般火灾分为 A（通常火灾），B（电力火灾），C（油、气火灾）三类。凡物质着火都经过阴燃、发烟、火焰、强热四个阶段，不同物质都有其固有的燃烧数学模型，各阶段有很大差异，燃烧物的燃烧条件不同，燃烧的标志也不同。

选择火灾探测器的种类，需考虑被保护物的燃烧特点及环境因素，尽可能早的探测到火灾的发生（如图 1-1 所示）。

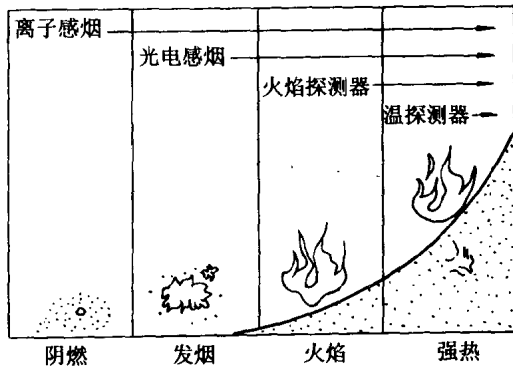


图 1-1 探测器种类选择

### 1.1.2 感烟探测器

感烟探测器一般分为离子感烟探测器和光电感烟探测器。

离子感烟探测器是根据电离原理工作的探测器。其工作原理

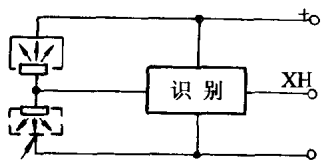


图 1-2 离子感烟探测器工作原理

如图 1-2 所示。

两个电离室的空气均被放射源发出的射线电离，形成电压平衡桥路，当  $0.001\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$  直径的各种烟粒子闯入后，干扰电离效果，改变了电桥平衡，产生了与

烟进入量成正比的，与粒子大小和颜色相关作用不明显的阻抗变化，从而形成了可靠的火灾早期报警信号输出。

光电式感烟探测器分为减光式和散射式两种。

减光式探测器的检测室内装有发光元件及受光元件。在正常情况下时，受光元件接收一定的光量，而在火灾时，检测室内进入大量的烟雾，发光元件发出的光受烟雾的遮挡，因而使受光元件接受的光量减少，光电流降低，从而发出报警信号。原理示意图如图 1-3 所示。目前这种形式的探测器应用较少。

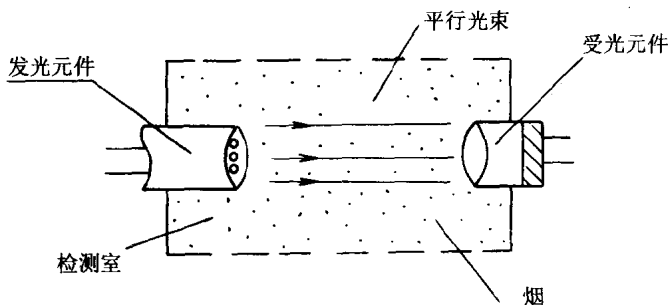


图 1-3 减光式光电感烟探测器原理

散射式探测器的检测室内装有发光元件和受光元件。正常状态时，受光元件接收不到发光元件的光，不产生光电流；火灾时，烟雾进入检测室，由于烟粒子的作用，使发光元件发射的光产生漫射，这种漫射光被受光元件接受，产生光电流，从而将烟雾信号转换成电信号。原理示意图如图 1-4 所示。

目前，发光元件大部分采用大电流发光效率高的红外发光二极管；受光体则采用半导体硅光电池。

受光元件的阻抗是随烟浓度的增加而下降的，变化曲线如图 1-5 所示。烟浓度的表示单位为 %/m，即每米内光减少的百分数，称为减光率。

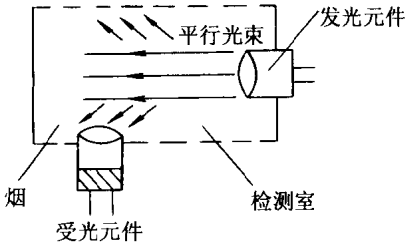


图 1-4 散射式光电感烟探测器原理

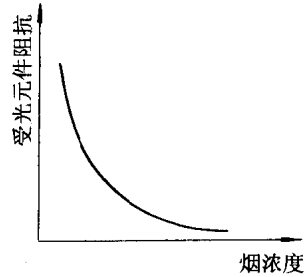


图 1-5 受光元件阻抗随烟浓度变化曲线

### 1.1.3 火焰探测器

火焰探测器对明光敏感，分为红外光散射吸收式以及紫外光增敏感式等形式。因减光或感光而输出报警信号。

### 1.1.4 感温探测器

感温探测器分为定温式、差温式及差定温式三类。在温度达到预定的高温时输出报警信号为定温式；在温升速率超过额定值时报警为差温式；综合了差温和定温两种功能的感温探测器为差定温式。因此，差定温式适用场合很广。

电子式差定温探测器是差定温探测器中的一种，它符合 GB4716-97 的技术要求。其外形结构剖面如图 1-6 所示。其中  $R_1$ 、 $R_4$  为两个具有同样负阻特性的热敏电阻。 $R_1$  紧靠在探测器的金属内下壁，并由一  $\Omega$  型金属片固定。在金属壳与金属片之间填充了硅导热胶。 $R_4$  放在电路板和金属外壳之间。其电路图如图 1-7 所示。其工作过程可分为三步。

1. 正常监视状态： $V_1 < V_2$ ，F3094 输出 20V 左右的电压，稳

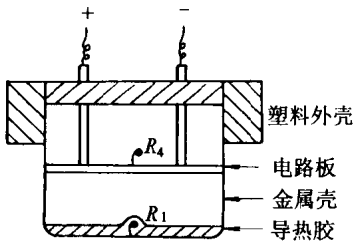


图 1-6 差定温探测器结构图

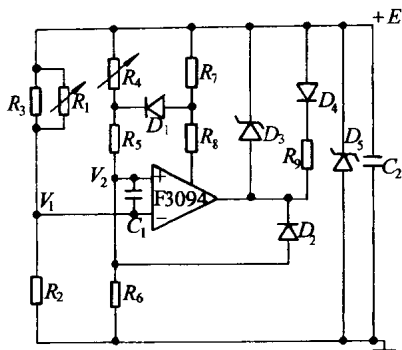


图 1-7 差定温探测器的原理图

压管  $D_3$  处于不稳压状态，发光二极管  $D_4$  不发光。

2. 报警状态：当温度超过一个定值或升温速率不正常时， $R_1$  感受的温度比  $R_4$  快，即  $V_1$  逐渐增高，当  $V_1 = V_2$  时，F3094 翻转， $D_3$  处于稳压状态， $D_4$  发光。由于  $D_2$  的正反馈作用，使  $V_2$  电位下降到低于正常监视状态  $V_1$  值时，放大器一直处于报警状态， $D_4$  一直保持发光状态。

3. 复位：用瞬时电源切断可使其恢复到正常监视状态。F3094 的第 5 脚为偏置输入端，利用输入偏置电流大小可改变片子的灵敏度。

### 1.1.5 新型火灾探测器

复合感烟探测器，采用光电式感烟和电子式感温复合结构，利用烟和热两个参数判定火灾，从而提高了火灾报警的可靠性。

模拟式线性感温电缆是一种新型感温探测器，这种探测器对于其它电子产品无法克服的使用环境——污染、灰尘、潮湿、腐蚀等，却能应付自如。

普通的感温电缆为数字量方式，是由两条外表涂有预定低熔点绝缘物质的互绞导线组成，如图 1-8 所示。当外界温度达到电缆外皮绝缘体的溶解温度时，两条导线就造成短路，发出报警信号。

其优点是易于连接，结构简单。

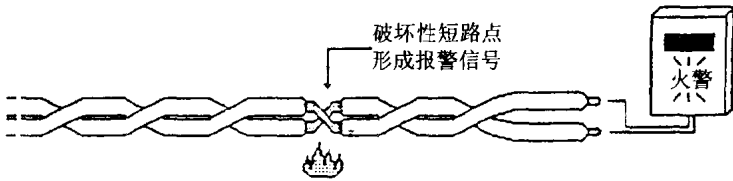


图 1-8 普通感温电缆

但因其工作原理的局限性，因此具有破坏性报警、报警温度固定、故障信号不全三个缺陷。

模拟线性感温电缆的内部含有四根导线，这些导线外层涂有特殊的以负温度系数物质制成的绝缘体，并且两两端接成两个互相比对的监测回路，如图 1-9 所示。当环境温度发生变化时，两个监测回路的电阻就会发生变化，报警控制器就可根据预定的报警值，发出火灾报警信号。

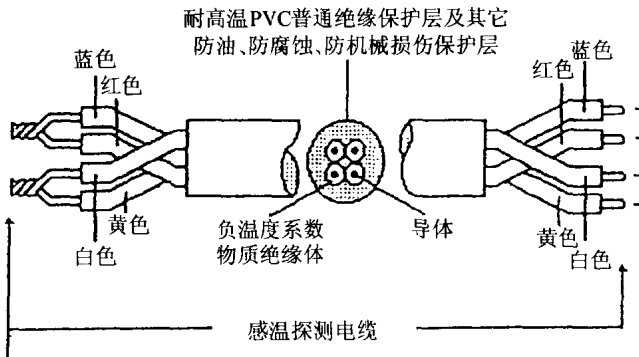


图 1-9 模拟线性感温电缆

### 1.1.6 火灾探测器的电路设计

光电感烟探测器的电路原理框图如图 1-10 所示。该探测器在正常监视状态工作电流 $\leq 100\mu\text{A}$ ，探测器的电源为 24V，输入阻抗为 240k $\Omega$ ，呈高阻态。在报警时，工作电流 $\leq 80\text{mA}$ ，并等效为一



个 7V 左右的稳压管，呈低阻态。这样，探测器静态功耗很小，同时也有利于区别探测器的两种不同的工作状态。

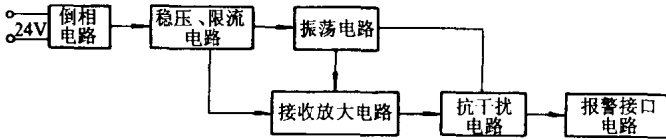


图 1-10 光电感烟探测器的原理框图

### 1.1.6.1 倒相电路

倒相电路原理如图 1-11 所示。该桥式倒相电路的优点是接入的电源不必分正负端，可以随意接入电源的两根线，而输出是确定的极性。

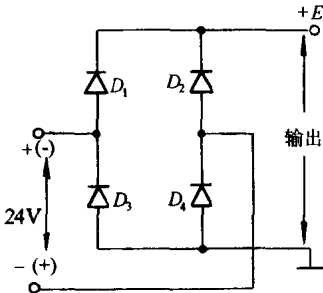


图 1-11 倒相电路

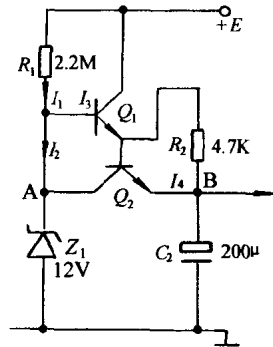


图 1-12 稳压、限流电路

### 1.1.6.2 稳压、限流电路

稳压、限流电路原理如图 1-12 所示。上电后， $Q_1$ 、 $Q_2$  均处于导通状态，形成  $I_1$  对  $C_2$  充电。由于  $R_1$ 、 $R_2$  阻值的选择使  $I_1$  电流较小，电容  $C_2$  取值较大，所以 B 点电位缓慢上升。此时  $Z_1$  处于不稳压状态， $I_2$  很小。由于  $Q_2$  导通，A 点电位随 B 点电位升高而