

北京航空航天大学

第二十三届冯如杯

创意作品竞赛

新型地铁自动检票闸机

摘要

随着时代的进步，越来越多的人选择地铁作为自己的出行代步工具。作为一种快速便捷的现代交通工具，地铁固然能以其强大运力分担地面交通的压力，但是不容我们忽视的是，任何事物的运转水平都与其附属设施的优劣息息相关。对地铁来说，位于进、出站口处的地铁自动检票闸机无疑是地铁辅助设施中最重要的部分，它的运转效率，安全性直接影响着人们的出行和地铁系统的运行。

地铁自动检票闸机通过票卡收纳装置，高效而有序的进行票卡收取工作；通过光电感应的应用让人、物安全而顺利的通过；同时读卡系统既能起到限制人流的作用，又能防止非正常票卡的使用。通过各个系统的整合及优化，地铁自动检票闸机能够让人们的出行更加安全，便利，快捷，同时让地铁系统更好地运行，让人们充分享受现代科技的便捷。

关键词：地铁自动检票闸机 效率 安全性 票卡收纳装置 光电感应 读卡系统

Abstract

More and more people choose subway as their transportation, for the technology has been greatly developed. Compared with other traditional transportations, subway is modern and convenient, so it is undoubtedly helpful. Although subway do benefit us a lot, we cannot ignore that every system works with its subsidiary facilities. For subway, automatic Fare Collection systems which located at the exits and entrances are the most important. The system's efficiency and safety directly influence the working condition of the subway system.

Automatic Fare Collection system uses ticket accepting device in order to collect tickets efficiently. The use of Photoelectric effect can let people and their belongings pass through the gate safer. In addition, a kind recognize system whose task is to distinguish ticket will not only limit passenger flow volume but also retrieve unreal tickets. The integration and improvement of the automatically fare gate may make our

travel safer, faster and more convenient. As a result, everyone can enjoy their life and the benefit of modern technology.

Keywords: Automatic Fare Collection system efficiency safety ticket
accepting device Photoelectric effect recognize system

目录

摘要	2
Abstract	2
1.引言	6
1.1 功能概述.....	6
1.2 创意来源及国内外研究现状.....	6
2. 整体结构.....	7
2.1 概述.....	7
2.2 票卡收纳装置.....	7
2.2.1 装置构造图.....	7
2.2.2 工作原理.....	8
2.2.3 自动防卡票.....	8
2.3 闸门光电开关.....	8
2.3.1 光电效应.....	8
2.3.2 光电开关的结构.....	10
2.3.3 工作原理.....	10
2.3.4 光电开关组的应用	10
2.3.5 为什么使用感应式开关?	11
2.3.6 关于为何使用相对复杂的光电开关而不采用简单的红外感应开关的讨论	11

2.4 票卡识别系统.....	12
2.4.1 系统构成.....	12
2.4.2 工作程序.....	12
2.4.3 限流功能.....	13
3.系统运作说明.....	13
3.1 自动防卡票.....	13
3.2 防夹，防逃票.....	13
3.3 紧急疏散.....	14
4.可行性分析.....	14
4.1 技术层面.....	14
4.2 经济层面.....	14
5.结束语.....	15
参考文献.....	15

1. 引言

1.1 功能概述

地铁自动检票闸机采用垂直的票卡收纳装置，能有效防止卡票等意外情况的发生；通过光电感应开关而不是传统延时开关的应用让人、物安全而顺利的通过；同时读卡系统既能由工作人员设定最小读取间隔时间起到限制人流的作用，又能识别非正常票卡的使用，并将它们通过票卡收纳装置进行回收。通过各个系统的整合优化及协同工作，系统的可靠性会大大提高，逃票等恶性行为也能够被及时发现并加以制止。地铁自动检票闸机能够让人们的出行更加安全，便利，快速，同时让地铁系统更好地运行，让人们充分享受现代科技的便捷。

1.2 创意来源及国内外研究现状

北京有复杂而完备的地铁线路网，地铁在经过十几年的发展之后几乎已经延伸到北京的每一个角落。作为一个北京人，但凡我要出行，我基本都会选择地铁作为交通工具。众所周知，作为一个拥有一千多万人口的世界化大都市，北京承受的交通压力无比巨大，地面交通在高峰时段几乎都会处在瘫痪状态。地铁拥有数倍于地面交通工具的运力，本来他可以是北京交通的支柱，但是多年的观察下来，我发现地铁虽然在一定程度上缓解了交通压力，其本身却也存在不少问题：人员拥挤，秩序混乱……撇开人的素质及地铁本身规划不谈，地铁现在不少的问题都存在于自动检票闸机上。我们经常可以看到机器发生卡票的现象，此现象一旦出现，由于现有闸机无法自动解决，闸机常常会较长时间无法使用，这样的后果便是人群骚动，闸机的故障使检票效率大大下降，从而为本来就严峻的交通形势雪上加霜。同时，由于闸机闸门的开闭由延时开关控制，人们必须在一定时间内快速通过。倘若由于某些原因，乘客并未在规定时间内通过，闸门会自动关闭，如果此时乘客正好处于闸门处，被夹伤自然是无法避免的（本人就因为携带行李行动不便被夹住过。）

有了这些在实际生活中的所见所闻所感，我便萌生了对现有自动检票闸机进行改造的想法。通过调查得知，现有的闸机很多都没有车票防卡设备或是在车票被卡住时的自动解决措施，这样一来，只能由技术人员手动解决故障，费时费力。同时，大部分现有闸机的防夹措施都是在已有接触的情况下进行伤害规避，但是此时很有可能对一部分乘客已经造成了伤害。我想，从这些方面对闸机进行优化，不但可以提高系统效率安全性，也能够同时制止逃票等不良行为。

2. 整体结构

2.1 概述

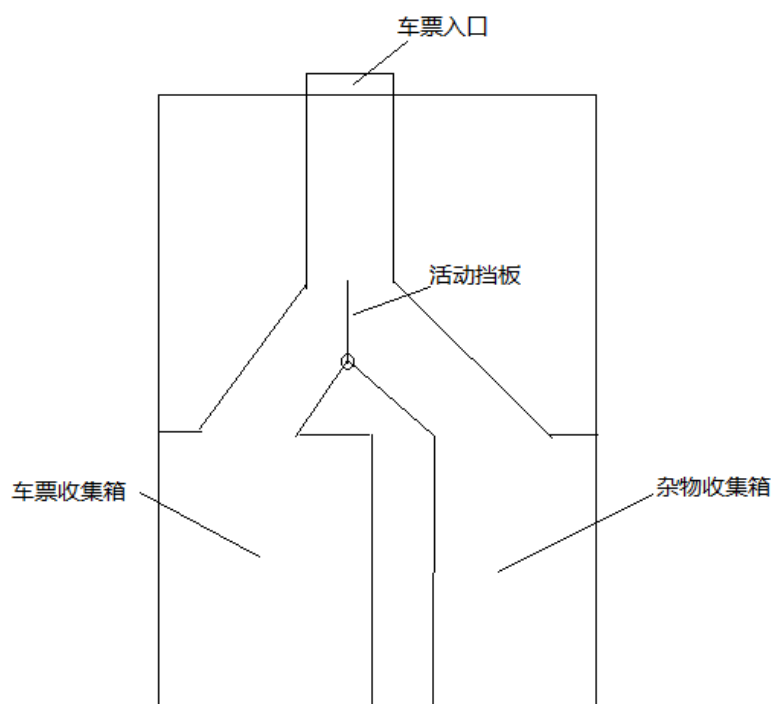
新型地铁自动检票闸机基本沿用旧式闸机的外形构造，但在控制原理，信息处理和部分结构等方面采用新型设计，以达到提升可靠性安全性，提高效率的目的。

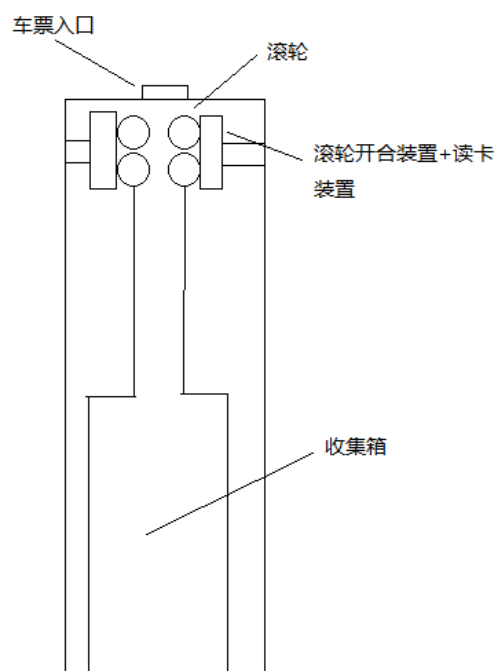


现有地铁自动检票闸机

2.2 票卡收纳装置

2.2.1 装置构造图





2.2.2 工作原理

当车票被插入时，滚轮先转动已将车票带入至识别装置处，经识别，若车票没有发现问题，则活动挡板向右偏转，同时滚轮转动，车票自然滑落至车票收集箱内；若经识别该“车票”为假票或是制片等异物时，挡板左偏，使其落入异物收集箱内。若所使用的车票为非一次性车票，则可将通向车票收集箱的通道通向外界，方便乘客取回。

2.2.3 自动防卡票

由于使用了滚轮系统将车票主动“吸”入，本来卡票的情况就不易发生。若由于各种原因车票没有脱离滚轮，则首先由电动机带动滚轮开合装置使滚轮分开，重力作用下车票自然会下落至收集箱内。若此举无效，则每一侧的两个滚轮反转，夹在同侧两滚轮之间的车票自然也会脱出。该机械结构决定的只有上述两种卡票情况最有可能发生，其余几乎不可能的情况一旦出现（即上述两种方法均不奏效时），机器将报错，会由专业人员进行维修。

2.3 闸门光电开关

2.3.1 光电效应

光电效应看似复杂，但是其实我们早在高中阶段就已经对其有所了解。

光电效应最早是由赫兹在做电磁波实验时发现的。他偶尔发现受光照射的接收回路火花隙间更容易产生火花。[1] 光照射到金属上，引起物质的

电性质发生变化，这类光变致电的现象被人们统称为光电效应（Photoelectric effect）。光电效应分为光电子发射、光电导效应和阻挡层光电效应，又称光生伏特效应。前一种现象发生在物体表面，又称外光电效应。后两种现象发生在物体内部，称为内光电效应。赫兹于 1887 年发现光电效应，爱因斯坦第一个成功的解释了光电效应（金属表面在光辐照作用下发射电子的效应，发射出来的电子叫做光电子）。光波长小于某一临界值时方能发射电子，即极限波长，对应的光的频率叫做极限频率。临界值取决于金属材料，而发射电子的能量取决于光的波长而与光强度无关，这一点无法用光的波动性解释。还有一点与光的波动性相矛盾，即光电效应的瞬时性，按波动性理论，如果入射光较弱，照射的时间要长一些，金属中的电子才能积累足够的能量，飞出金属表面。可事实是，只要光的频率高于金属的极限频率，光的亮度无论强弱，光子的产生都几乎是瞬时的，不超过十的负九次方秒。正确的解释是光必定是由与波长有关的严格规定的能量单位（即光子或光量子）所组成。

光电效应里电子的射出方向不是完全定向的，只是大部分都垂直于金属表面射出，与光照方向无关。光是电磁波，但是光是高频震荡的正交电磁场，振幅很小，不会对电子射出方向产生影响。

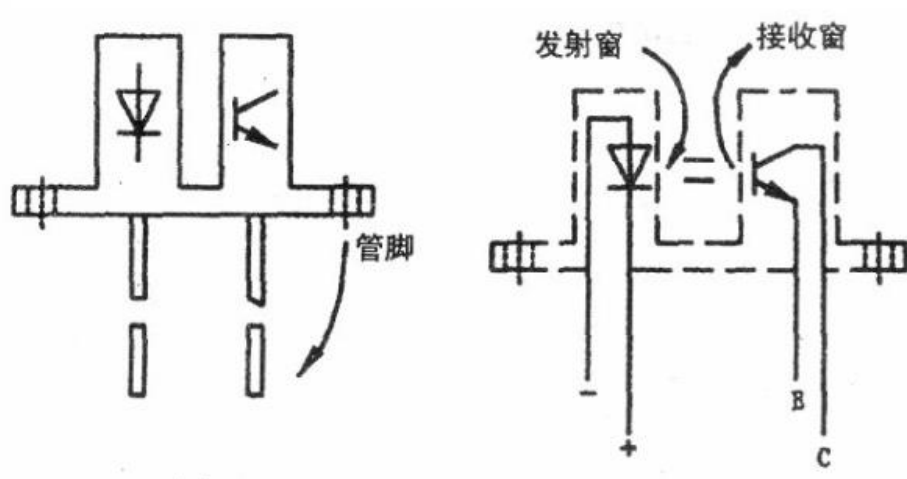


光电效应说明了光具有粒子性。相对应的，光具有波动性最典型的例子就是光的干涉和衍射。

只要光的频率超过某一极限频率，受光照射的金属表面立即就会逸出光电子，发生光电效应。当在金属外面加一个闭合电路，加上正向电源，这些逸出的光电子全部到达阳极便形成所谓的光电流。在入射光一定时，增大光电管两极的正向电压，提高光电子的动能，光电流会随之增大。但光电流不会无限增大，要受到光电子数量的约束，有一个最大值，这个值就是饱和电流。所以，当入射光强度增大时，根据光子假设，入射光的强度（即单位时间内通过单位垂直面积的光能）决定于单位时间里通过单位垂直面积的光子数，单位时间里通过金属表面的光子数也就增多，于是，光子与金属中的电子碰撞次数也增多，因而单位时间里从金属表面逸出的光电子也增多，饱和电流也随之增大。[2]

2.3.2 光电开关的结构

光电开关分为漫反射式，镜反射式，对射式及槽式等多种类型[3]，鉴于本机的设计使用特点及结构基础，我们选择可靠性及准确性高的对射式光电开关。下图为对射式光电开关结构图。

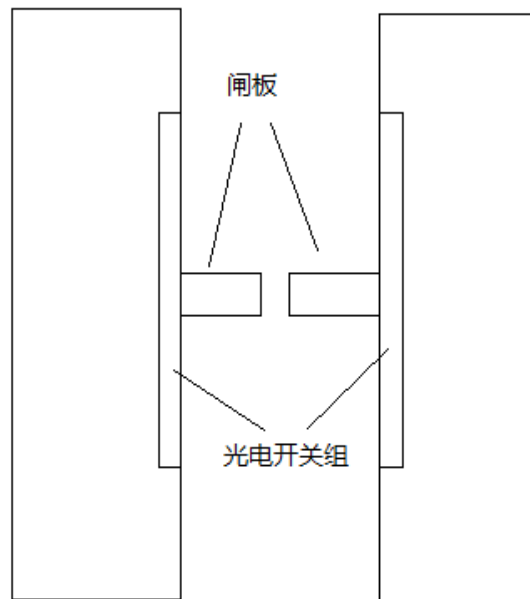


2.3.3 工作原理

对射式光电感应开关包含在结构上相互分离且光轴相对放置的发射器和接收器，发射器发出的光线直接进入接收器，当被检测物体经过发射器和接收器之间且阻断光线时，光电开关就产生了开关信号，该信号可以直接控制传动机构或经过处理后输入至控制平台中，以实现开关的作用。当检测物体为不透明时，对射式光电开关是最可靠的检测装置。

2.3.4 光电开关组的应用

光电开关组可以大大提高系统的准确性及可靠性，并且有效的防止乘客被夹伤。



从日常生活观察，人们在平时走路的时候脚都不会离地面太高（大约 10 厘米），同时，本开关由于要同时负责人、物的检测，故光电开关组设在离地面 15 厘米处。多个光电开关的同时使用，可以让开关的判定系统由线判断变为面判断。传统的线判断方式在一定区域范围内只能检测出单个物体的出现，而多个传感器的使用可以粗略勾勒出物体的轮廓，同时检测范围的扩大也有利于同时检测多个物体。只要人、物没有完全离开开关检测范围，闸门就不会关闭，从而有效防止“乘客通过了闸口而行李等随行物品却被卡在了另一端”情况的发生。

2.3.5 为什么使用感应式开关？

传统的延时开关要求乘客必须在一定时间内通过闸机，否则闸门便会自动关闭，即使有防夹的措施也都是在接触后被动的采取措施，就算反应速度再快终究也只是“马后炮”，闸门的关闭此时很可能已经对乘客造成了伤害。采用感应式开关，可以直接主动的从源头上规避此伤害，安全性无疑会大大提高。

2.3.6 关于为何使用相对复杂的光电开关而不采用简单的红外感应开关的讨论

很多人认为，由于人、物会自动发射红外线，所以在自动检票闸机上采用红外感应开关是很好的选择，同时，被动的红外探测相比其他主动探测方式也更加节能。不可否认，红外感应开关具有简便，价格低廉，能耗低等优势，但是在方便的同时，红外感应开关也有相当多的缺点。首先，它容易受各种热源、光源、射频辐射、热气流的干扰。不同于大部分防盗用红外探测装置所处的人流量极小的地方，

安装闸机的地铁站客流量大，设备复杂，自然会对红外感应开关造成相当大的干扰；同时，被动红外穿透力差，人体的红外辐射容易被遮挡或向多个方向扩散，感应系统很容易产生误判或者根本接收不到信号，可靠性及准确性较低；而且当环境温度和人体温度接近时，红外探测的灵敏度和精确度明显下降，有时造成短时失灵。夏天本来就热，地铁站人又多，如此看来，这也是明显不符合要求的地方。

相比较而言，光电感应开关虽然原理相对复杂，投入较高，但是唯一决定其判断的只是光线发射装置有没有被遮挡，而被动等待物体来“撞线”，显然比主动接受红外辐射的探测方法有更高的精度。自动检票闸机不是一个很大的设备，要使相对较小的设备能够完成较复杂的判别任务，高的精确度必不可少。

2.4 票卡识别系统

2.4.1 系统构成

票卡识别系统主要由读卡器 LED 显示屏和反馈单元构成。

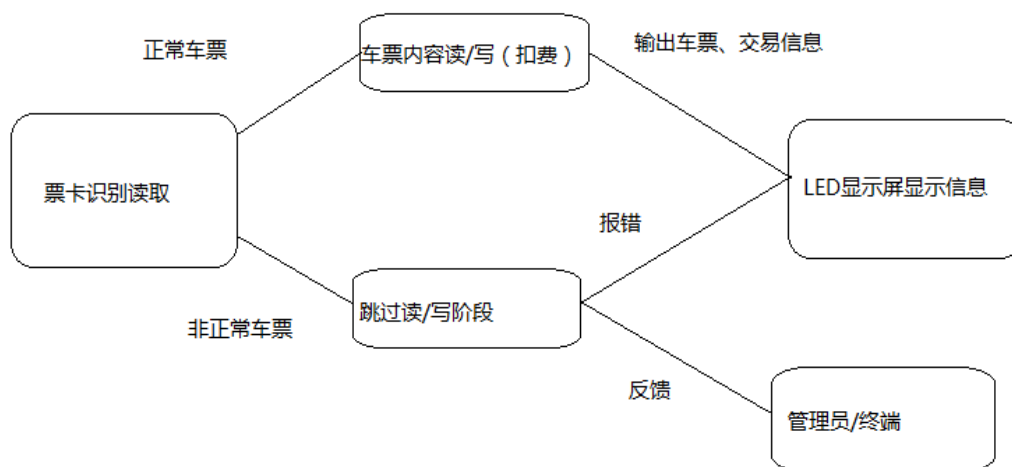
读卡器主要负责车票的判别以及票卡信息的读取，并且进行读/写，扣费等一系列操作。并对票卡收纳系统的活动挡板发出指令，对车票/异物进行分类收纳，控制闸门是否开放。

LED 显示屏作为人机的交互界面，可以让乘客对自己的车票信息一目了然，并且可以在设备发生故障或车票出现问题时及时显示。

反馈单元主要实现机器与管理员之间的信息交流，并方便管理员在特殊情况下对闸机进行远程控制。

2.4.2 工作程序

当乘客插入车票时，读卡器对车票进行识别，若为正常车票，则读卡装置进行正常的读写程序，并在 LED 显示屏上显示相应的车票信息。若车票不正常，则在显示屏上显示相应错误信息，同时将错误信息反馈至人控终端处，以提醒管理员及时解决问题



工作程序示意图

2.4.3 限流功能

车票识别装置可人为输入最小读写间隔，在客流量大时，可以由管理员将最小读写间隔调高，减少单位时间内通过闸机的乘客数，从而防止站内人流过于拥挤。

3. 系统运作说明

3.1 自动防卡票

在防止卡票这一功能上，票卡识别系统的读卡器主要负责检测的工作。如果在滚轮转动一段时间之后车票仍未离开读卡器的识别范围，则可判定为车票被卡住了（正常情况下滚轮转动会带动车票，使其落入收纳箱中）。此时，识别系统向收纳系统的滚轮及滚轮开合装置发出信号，由电动机带动滚轮开合装置使滚轮分开，重力作用下车票自然会下落至收集箱内。若此举无效，则每一侧的两个滚轮反转，夹在同侧两滚轮之间的车票自然也会脱出（同在 2.2.3 有所描述描述）。若所卡为正常有效车票，识别系统会开闸放行，若为非正常票卡，则会显示相应信息，并呼叫控制人员。自动放卡系统的使用，可以有效节约人力成本，并且提高工作效率。

3.2 防夹，防逃票

一旦乘客的正常车票经过识别确认，票卡识别系统控制闸门开启，与此同时光电感应开关组开始运作。从车票被识别开始，开关检测第一个进入范围的物体，若同时进入感应范围的另一物体拥有与前一物体相同的速度（单位时间内遮挡的光电开关变化量相同），则识别为同一物体（几乎都是在乘客手拉行李箱的情境况下出现）。在该物体未完全通过位于闸门出的开关时，闸门不会自动关闭，从而避免乘客或是行李被夹住。如果在识别范围内检测到两个以上物体通过但是车票数量与物体数量不符，为确保乘客安全，闸门不会关闭但是蜂鸣器会鸣响以提醒附近的工作人员有逃票现象的发生。

3.3 紧急疏散

地铁被称为世界上最安全的交通工具，现代城市不可或缺的交通工具。统计资料表明，它与路面交通工具发生事故的比例是 1: 100。但是大量的地铁火灾、爆炸及恐怖袭击事故的发生，已经给人们带来了巨大的财产损失和人员伤亡。2005 年 7 月 8 日刚刚发生的伦敦地铁爆炸事件再次让世人震惊，造成 56 人死亡。因此，一旦发生紧急事故，如何快速安全地将地铁列车及站台内的人员撤离到安全区域具有非常重要的意义。[4]

现有研究证明，在进行人员疏散时有闸机比无闸机时所用的疏散时间要长 36% 左右[4]，所以在突发情况出现时及时打开闸机非常重要。新型的地铁自动检票闸机由于与管理网络进行连接，所以管理员可以在第一时间将所有闸机开放。同时，为防止停电现象的发生，可由机械结构自动在停电状态下将闸门打开，方便乘客疏散，逃生。

4. 可行性分析

4.1 技术层面

本机所采用的技术都是目前相当成熟的技术，如票卡收纳装置的类似机械早已在自动售货机，银行自动柜员机上使用；光电感应开关普遍用于各种感应式机械；自动开启装置已经用在了大门，电梯等设备上，LED 显示屏也被经常运用于人机交互界面，所以，新型地铁自动检票闸机在技术可行性上没有什么难度，完全没有问题。

4.2 经济层面

鉴于所使用技术都相对成熟且并没有采用相对复杂的构造，新式地铁自动检票闸机的成本仅会在光电感应开关组的使用，与终端连线 and 系统改动方面的作用下有小幅提升，但是赶紧之后的系统可靠性安全性和效率都有所提高，长期看来完全是利大于弊，故在经济方面也没有问题。

5. 结束语

时代及科学的进步的确能为我们带来便利，让我们的生活更高效更丰富。但是在这些科技的运用上，我们是不是应该多考虑考虑下人性化设计及机器的运作效率呢？一项技术再先进，如果没有为人们所用，终究只能成为纸面上的色彩而无法点缀装饰我们的社会；一种设计再高端，如果没有考虑到使用者——人类，最后也只能慢慢为人们所淡忘，深埋在社会进步扬起的尘埃中。我相信，充分考虑到当今社会最重要两个理念“人性化”和“效率”的新式地铁自动检票闸机，必能为我们现有的添上闪亮的一笔。

参考文献

- [1] 钟锡华，陈熙谋. 大学物理通用教程——近代物理.[m]. 北京：北京大学出版社，2011年
- [2] 百度百科
- [3] 邓重一. 光电开关原理及应用. [A]. 传感器世界. 2003.12: 19-22
- [4] 田娟容等. 地铁自动检票闸机对人员疏散的影响分析. [A]. 火灾科学. 2006.1, 15-1: 19-43