



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

# 城市交通信号 控制基础

于泉 编著



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

# 城市交通信号控制基础

于 泉 编著

北 京

冶金工业出版社·

2011

## 内 容 提 要

本书共分6章,主要内容包括:交通信号控制器介绍、交通信号控制的基本概念、交通信号控制相位设计、交通信号控制效率指标、交通信号控制基本算法、交通信号控制软件及算例等。本书填补国内城市交通信号控制基础知识的空缺,并有所创新,不是重复同类图书的内容,而是在全面收集资料的基础上,提出国内外文献中常见的、最新的而又易混淆的信号控制基础知识,并进行详细的讲解。本书从硬件到软件,全面地介绍信号控制概念和控制算法。

本书可作为高等院校交通工程专业本科生的教学用书,亦可作为相关专业研究生的教学参考书,也可供交通行业广大技术人员和管理人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市交通信号控制基础/于泉编著. —北京:冶金工业出版社,2011. 1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5456-2

I. ① 城… II. ① 于… III. ① 市区交通—  
交通信号—信号系统—自动控制—高等学校—教材  
IV. ① U491.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第259609号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 vicbs@cnmip.com.cn

责任编辑 廖丹 美术编辑 李新 版式设计 孙跃红

责任校对 石静 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5456-2

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011年1月第1版,2011年1月第1次印刷

169mm×239mm;9印张;173千字;135页

20.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 前 言

交通是国民经济与社会发展的基础性产业,是社会经济活动中客流、物流的主要载体。近年来,我国大部分城市的城市交通正面临着严峻的考验。交叉路口是整个城市道路的瓶颈地带,是城市交通的关键位置。各种交通流体(机动车、非机动车和行人)在平面交叉口处反复地分流、合流及交叉,使得交通状况异常复杂,所以城市交通拥堵问题往往突出表现在交叉口处,提高交叉口的通行效率成为缓解交通拥堵的关键举措。

交通信号控制是交叉路口必不可少的交通控制手段,是提高平面交叉口通行效率的有效办法之一。众所周知,先进的城市交通控制系统在世界上备受瞩目并且得到了迅速的发展和应用。一方面,它有利于保障交通的安全性,维持交通的有序性,并提高交通流的通行效率;另一方面,它关系到土地资源的合理利用、环境污染的改善乃至国民经济的持续发展和社会经济效益的提高。理解信号控制基础概念、掌握控制算法等是致力于信号控制研究的基础。然而,当前国内全面、系统介绍信号控制系统硬件、基本概念以及控制算法的书籍较少,本书正是在这样一种背景下编著的。

本书综合国内外信号控制的常见和最新概念,在全面收集资料的基础上,结合作者在教学和科研过程中的体会和理解,以图文结合、中英文结合的方式,系统和直观地讲解交通信号控制的基础知识。本书面向相关专业方向的本科生及研究生,既可作为高等院校交通工程专业本科生的教学用书,亦可作为相关专业研究生的教学参考书,也可供交通行业广大技术人员和管理人员阅读参考。总之,本书尝试从对信号控制机硬

件装备的直观印象到对信号控制基本概念的理解,系统地认识信号控制的基础知识,为相关领域的研究提供较为全面的知识背景。

本书共分6章,第1章重点介绍交通信号控制机的结构与信号灯,第2章重点介绍交通信号控制的基本概念,第3章重点介绍交通信号控制相位设计,第4章重点介绍交通信号控制效率指标,第5章重点介绍交通信号控制基本算法,第6章重点介绍常用信号控制软件及实用案例。

本书第1章由于泉、邓小惠编著;第2章由于泉、史丽平编著;第3章由刘金广、姜天晓编著;第4章由刘培华、张会编著;第5章由于泉、李宁编著;第6章由姜天晓、赵今编著。全书由于泉副教授统稿与整理。

本书为作者多年教学及科研实践的总结,其内容将在作者今后的教学实践中进一步丰富和完善。由于作者水平有限,书中不足之处,望广大读者予以批评指正。

作 者

2010年11月

于北京工业大学交通研究中心

# 目 录

<b>第 1 章 交通信号控制器介绍</b> .....	1
1.1 典型交通信号控制机 .....	1
1.1.1 交通信号控制机的组成 .....	1
1.1.2 交通信号控制机的分类 .....	6
1.2 常用交通信号灯 .....	8
1.2.1 信号灯的含义 .....	8
1.2.2 信号灯的类型的 .....	8
1.3 控制器接口设备 .....	15
1.3.1 基本概念 .....	15
1.3.2 交通硬件在环实时仿真平台 .....	15
1.4 先进的交通控制器 .....	16
<b>第 2 章 交通信号控制的基本概念</b> .....	20
2.1 基础概念 .....	20
2.2 单个交叉口交通信号控制 .....	24
2.2.1 定周期控制 .....	25
2.2.2 感应控制 .....	25
2.3 干线交叉口交通信号协调控制 .....	28
2.4 区域交通信号控制 .....	30
<b>第 3 章 交通信号控制相位设计</b> .....	36
3.1 NEMA 标准 .....	36
3.1.1 相关概念 .....	36
3.1.2 双环控制单元的运行标准 .....	38
3.2 相位相序设计 .....	39
3.2.1 左转相位设计 .....	39
3.2.2 右转相位设计 .....	43
3.2.3 行人相位设计 .....	44
3.2.4 组合相位设计 .....	45

第 4 章 交通信号控制效率指标 .....	47
4.1 延误 .....	47
4.2 服务水平 .....	49
4.3 通行能力 .....	51
4.4 停车次数 .....	52
4.5 排队长度 .....	52
4.6 饱和度 .....	55
4.7 辅助评价指标 .....	55
第 5 章 交通信号控制基本算法 .....	57
5.1 单点定周期信号配时算法 .....	57
5.1.1 TRRL 法 .....	57
5.1.2 ARRB 法(R. Akcelik 法) .....	59
5.1.3 HCM 法 .....	60
5.1.4 冲突点法 .....	61
5.2 单点感应控制算法 .....	64
5.3 行人相位配时算法 .....	66
5.4 基于混合交通特性的算法及应用实例 .....	67
5.4.1 基于间隙理论的半感应初始绿灯算法及应用实例 .....	67
5.4.2 基于混合交通秩序度的控制策略优化方法及应用实例 .....	75
第 6 章 交通信号控制软件及算例 .....	93
6.1 PASSER V .....	93
6.1.1 软件介绍 .....	93
6.1.2 算例介绍 .....	93
6.2 Synchro .....	107
6.2.1 软件介绍 .....	107
6.2.2 算例介绍 .....	108
6.3 LISA + .....	117
6.3.1 软件介绍 .....	117
6.3.2 软件操作方法 .....	117
6.4 TRANSYT-7F .....	125
6.4.1 软件介绍 .....	125
6.4.2 优化过程 .....	126
参考文献 .....	135

# 第 1 章 交通信号控制器介绍

交通信号控制器是城市交通信号控制系统的重要组成部分。交通信号控制器包括交通信号控制机和交通信号控制灯。由于生产厂商不同,交通信号控制器有不同的形式,本章主要对典型交通信号控制机以及常用交通信号灯进行介绍。

## 1.1 典型交通信号控制机

### 1.1.1 交通信号控制机的组成

道路交通信号控制机是能够改变道路交通信号顺序,调节配时并能控制道路交通信号灯运行的装置。典型交通信号控制机机箱内正面如图 1-1 所示。

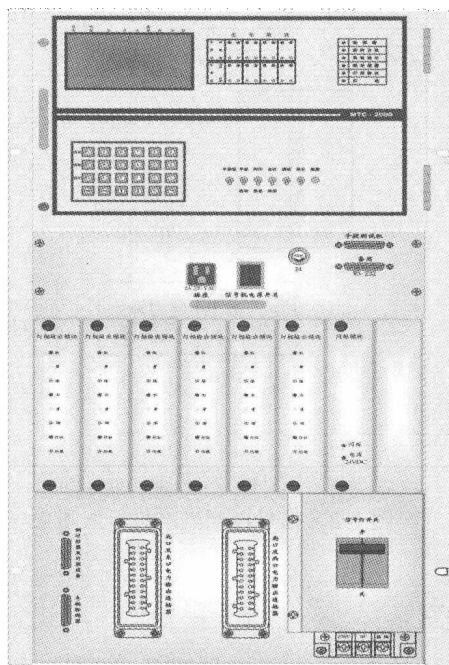


图 1-1 典型交通信号控制机机箱内正面

典型的交通信号机包括六个组成部分,分别为:控制单元、灯相输出模块、闪烁模块、输出/输入接口、电源配置和机柜。图 1-2 为信号控制机结构示意图。



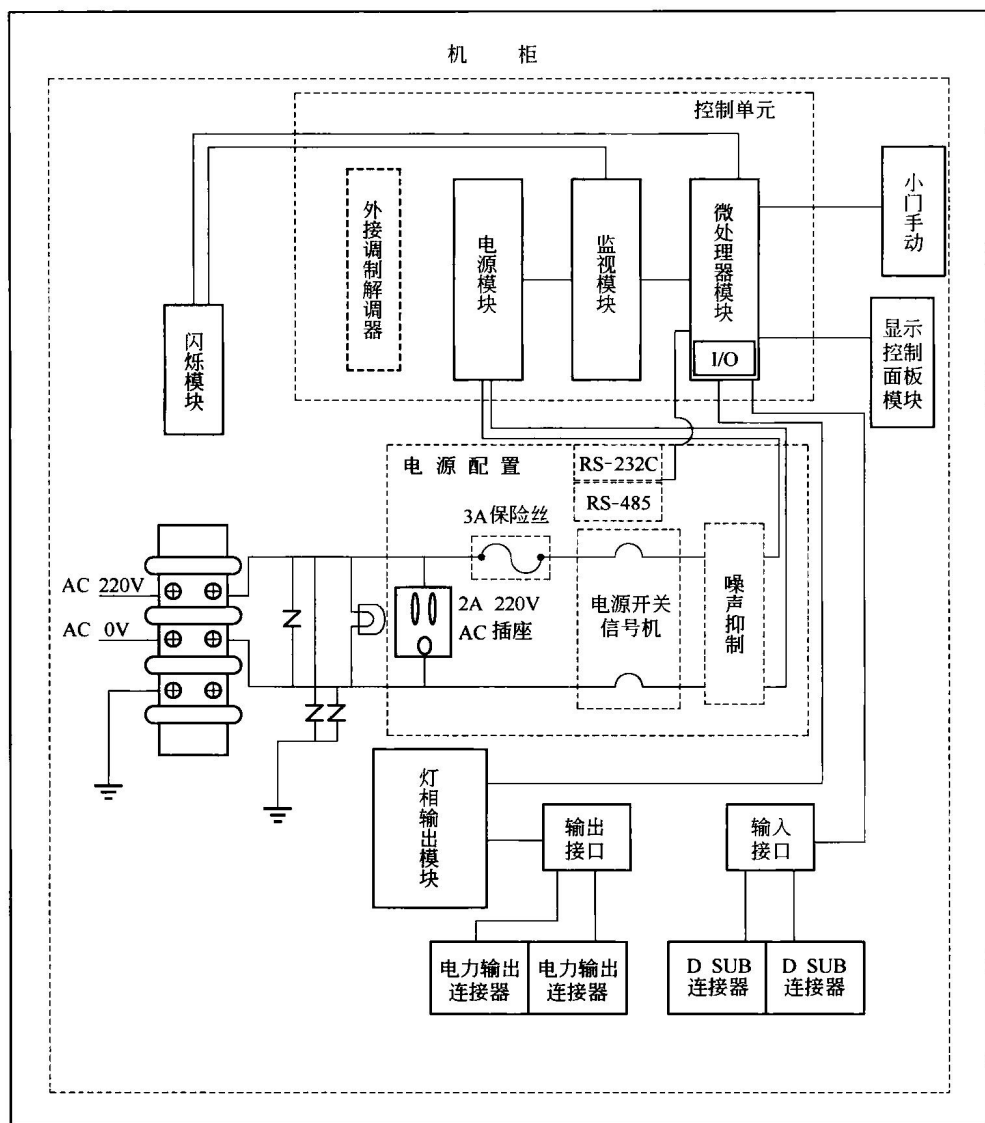


图 1-2 信号控制机结构示意图

### 1.1.1.1 控制单元

控制单元是信号机的核心，由微处理器模块、监视模块、显示控制面板模块以及电源模块四部分组成。

控制单元的功能为：根据不同交通需求时段，选择配时方案，执行路权分配；接收行人及车辆优先控制信号；接收中央计算机下传优化配时方案；执行灯色变换并

监视灯色冲突,监视电源电压,监视灯泡以及灯相输出模块。

### 1.1.1.2 灯相输出模块

灯相输出模块可以控制灯泡亮灭,包括若干组红、黄、绿可控组件。每个灯相输出模块都可以提供机动车红、黄、绿,行人与非机动车红、绿可控组件,以控制灯泡亮灭。图 1-3 所示为某款信号机的灯相输出模块,这款信号机有 6 个灯相输出模块,每一个灯相输出模块有 2 组机动车红、黄、绿可控组件和 1 组行人与非机动车红、绿可控组件。

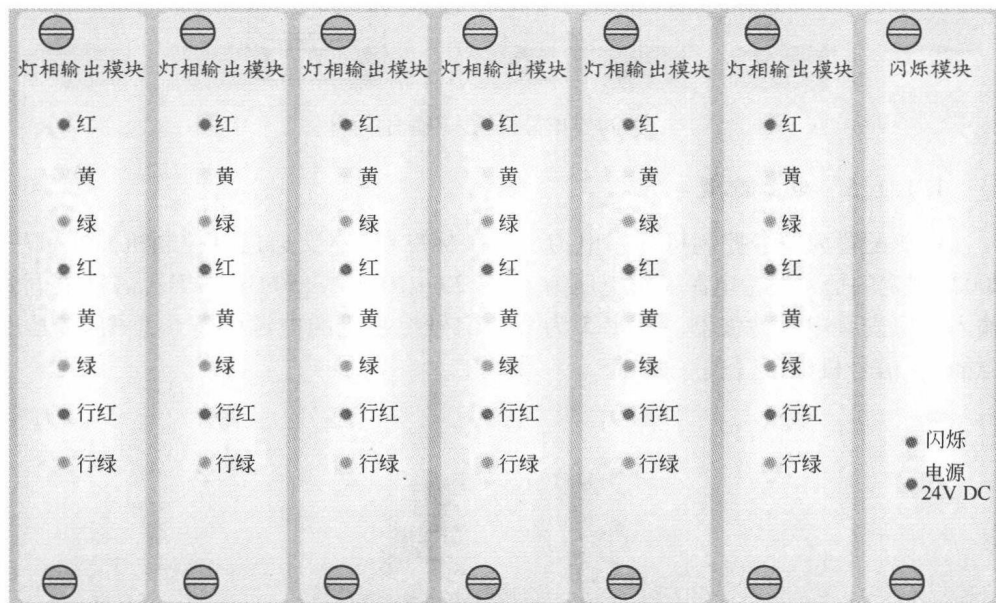


图 1-3 灯相输出模块

### 1.1.1.3 闪烁模块

闪烁模块可以提供故障(包括微处理器模块故障或绿—绿冲突故障)警示。发生故障时闪烁灯闪烁。如图 1-3 所示,闪烁模块位于灯相输出模块右侧,有两个可控组件,分别为闪烁灯以及电源指示灯。

### 1.1.1.4 输入/输出接口

信号控制机输入/输出接口提供信号交通控制信息的内外传输以及控制电源的连接,包括倒计时器及外围设备接口、车辆检测器接口、各进口电力输出连接器接口等。图 1-4 是某款信号控制机的输入/输出接口示意图。

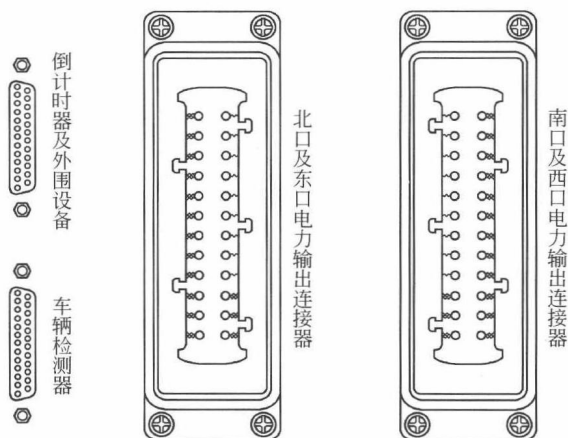


图 1-4 信号机输入/输出接口

### 1.1.1.5 电源配置

电源配置为信号控制机提供电力。我国标准《道路交通信号控制机》(GA47—2002)规定的信号机主电源额定电压为  $AC(220 \pm 20\%)V$ ,  $50\text{ Hz} \pm 2\text{ Hz}$ , 信号机电源输入端应安装电源滤波器。图 1-5 为某款信号控制机的电源配置示意图, 包括电源插座、信号机电源开关。

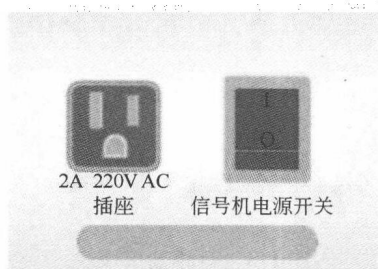


图 1-5 电源配置

### 1.1.1.6 机柜

信号控制机机柜能够保护信号机内部结构, 根据我国标准《道路交通信号控制机》(GA47—2002)的规定, 信号机机柜内部空间应足够大, 应有利于信号机的散热和安装、使用、维修, 应能够防雨并且尽可能降低灰尘及有害物质的侵入, 机柜和安装机箱的设计还要防止顶面积水等。

信号控制机外箱机柜由主箱体、侧边执勤手动小门、外围控制缆线与信号机接线板三大部分组成。图 1-6 ~ 图 1-8 分别为信号机外箱机柜正视图、外箱机柜背视图以及外箱机柜侧视图。图 1-9 为侧边执勤手动小门示意图, 侧边执勤手动小门可以提供手动变换灯信号、闪烁灯信号、四面全红灯信号和开闭等操作。

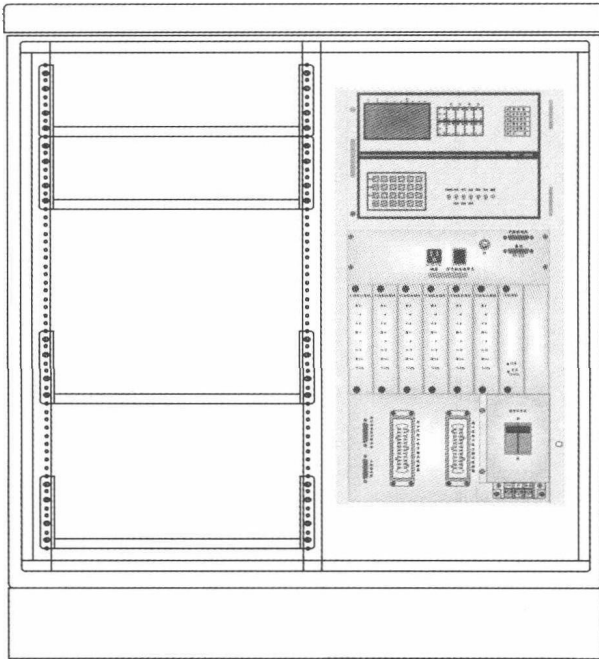


图 1-6 外箱机柜正视图

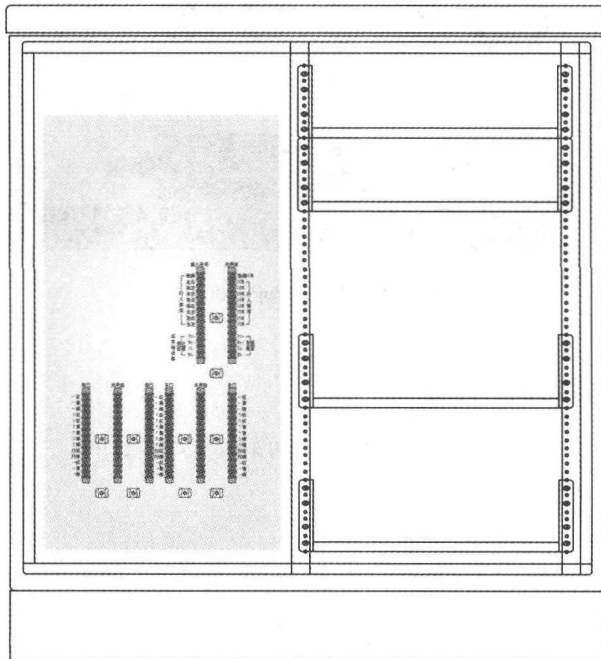


图 1-7 外箱机柜背视图

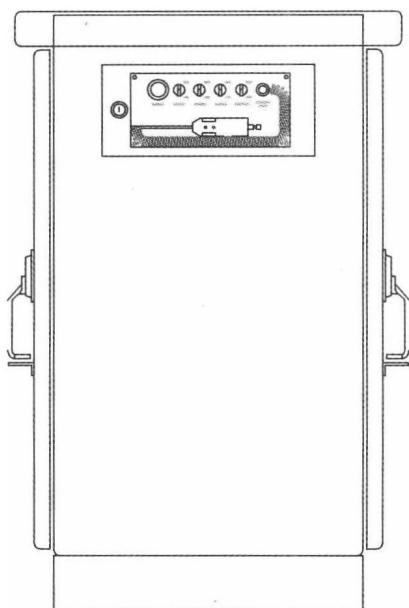


图 1-8 外箱机柜侧视图

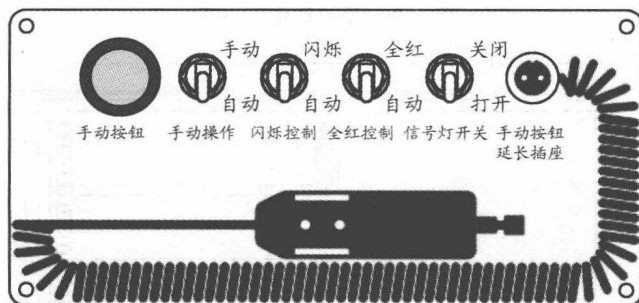


图 1-9 侧边执勤手动小门

## 1.1.2 交通信号控制机的分类

交通信号控制机可以分为定周期信号机和感应信号机。

### 1.1.2.1 定周期信号机

定周期信号机按照预先设定好的时间表进行工作。在功能上,它具有固定的周期和预置的相位。这种信号机设备比较适合安装在可以预估交通流量和交通类型的地区,如一些商业区。定周期信号控制机不能够识别和适应交通需求的短期波动变化,因此当交通流变化比较显著时,可能引起严重的延误。

定周期信号机可以在不同的时间段提供相应的固定配时方案,能够依据时间表进行一天内或者一周内的配时方案选择,在一定程度上适应时间段的变化。定周期信号机的特性如下:

- (1) 信号机机箱可以提供附加的物理空间;
- (2) 配时方案易于调整;
- (3) 电子设备易于维护,硬件设备不易损坏,但是维护复杂;
- (4) 易于纳入信号控制系统。

### 1.1.2.2 感应信号机

感应信号机可以通过道路上的车辆检测器和行人检测器适应交通流量的实时变化并提供感应配时方案。感应信号机可以提供的感应控制模式包括:半感应控制、全感应控制以及流量-密度控制。

#### A 半感应控制

半感应控制模式通常可以纳入信号控制系统。半感应控制模式必须保证非感应相位(通常为主路)的绿灯时间在 25 ~ 30s 的范围内。通行权在感应相位(通常为支路)接收到感应请求时转变。当有车辆通过时,感应相位继续放行,直到通行时间结束或者达到最大绿灯时间。半感应控制模式的特性如下:

- (1) 检测器只需埋设在次要道路上;
- (2) 主要相位具有最小绿灯时间;
- (3) 主要相位绿灯延长直到次要相位收到感应请求;
- (4) 如果主要相位已经达到最小绿灯时间,次要相位在接受感应请求后转变为绿灯;
- (5) 次要相位具有最小绿灯时间;
- (6) 感应请求将延长次要相位绿灯时间,直到达到最大绿灯时间;
- (7) 当次要相位达到最大绿灯时间时,如果仍有感应请求,该请求将被保留,并且会在主要相位绿灯时间结束后转变为次要相位绿灯;
- (8) 每个周期都预设黄灯时间和全红时间。

#### B 全感应控制

信号机运行处于周期不断变化的模式。所有相位的绿灯时间受不同进口车道检测车辆的影响。全感应控制适用于独立运行的交叉口,并且各个进口道一天的交通需求都处于变化中。全感应控制需要各个相位都设置检测器。全感应控制与半感应控制最大的不同在于全感应不能像半感应那样可以进行相位自动跳跃,除非在信号机内有特殊的设置。全感应控制模式的特性如下:

- (1) 检测器设置在全部的道路进口;
- (2) 每个相位预置最小绿灯时间,为停止车辆提供清空时间;
- (3) 最小绿灯时间结束时,每一感应请求都被延长为一个预置的单位绿灯延长时间;
- (4) 通常绿灯时间只能预设为一个(有些设备可以在每个周期提供两个最大绿灯时间);
- (5) 每个周期都预设黄灯时间和全红时间。

### C 流量-密度控制

流量-密度控制是感应信号机提供的一种比全感应控制更为复杂的运行模式,具有一系列绿灯分配标准,包括“可变初始时间”和“等候时间-间隙衰减”。流量-密度控制需要把车辆检测器安装在高速运行的车道进口,每个进口道车速非常快,一般超过 56 或 64 km/h。流量-密度控制和全感应控制的区别,在于感应信号机增设一个最初间隔和衰减间隙。流量-密度控制模式特性如下:

- (1) 检测器设置在全部的道路进口;
- (2) 每一个流量密度相位具有一个最小绿灯时间;
- (3) 最小绿灯时间结束后,给每一个感应请求增加一个单位绿灯延长时间;
- (4) 当接收到冲突请求时,单位绿灯延长时间减少为最小间隔时间;
- (5) 每个相位都预设最大绿灯时间和单位绿灯延长时间;
- (6) 每个周期都预设黄灯时间和全红时间。

## 1.2 常用交通信号灯

### 1.2.1 信号灯的含义

信号灯是加强道路交通管理,减少交通事故,提高道路使用效率,改善交通秩序的一种重要设施,由道路交通信号控制机控制,指导车辆和行人安全有序地通行。

### 1.2.2 信号灯的类型

#### 1.2.2.1 按种类分

信号灯按种类分为普通信号灯、箭头信号灯、闪烁灯。

#### A 普通信号灯

普通信号灯的灯头为圆形,显示红、黄、绿三种颜色。这种信号灯主要控制交叉

口各进口道方向的所有车辆通行或暂停,不能分别指示左转、直行、右转三个方向。

(1) 绿灯(green):表示准许车辆、行人通行,转弯的车辆不准妨碍直行的车辆和被放行的行人通行。

(2) 红灯(red):表示不允许车辆、行人通行,面对红灯的车辆不能超过停车线,右转车在不妨碍被放行的车辆和行人的情况下可以通行。

(3) 黄灯(yellow, amber):表示即将亮红灯,未到达停车线的车辆应该停止;已经越过停车线的车辆,须在确保安全的原则下继续通行通过交叉口。

## B 箭头信号灯

箭头信号灯在普通信号灯灯头上增加指示方向的箭头,可分别指示左转、直行、右转三个方向。它是专为分离各种不同方向交通流,并提供专用通行时间的信号灯。这种信号灯只在设有专用转弯车道的交叉口上使用才能有效。

(1) 绿色箭头灯(green arrow headed signal):准许车辆、行人按箭头所指示的方向通行。

(2) 红色箭头灯(red arrow headed signal):禁止箭头所指示方向的车辆、行人通行。

## C 闪烁灯

普通信号灯或箭头信号灯按一定的频率闪烁,可补充其他灯色所不能表达的交通指挥涵义。

(1) 红灯闪烁(red flashing):警告车辆不准通行。

(2) 黄灯闪烁(yellow/amber flashing):表示车辆可以通行,但需谨慎驾驶。

(3) 行人绿灯闪烁(flushing don't walk):不准行人进入人行横道,但已进入人行横道的行人可以继续通行。

### 1.2.2.2 按排列方式分

信号灯按排列方式分为垂直排列式信号灯和水平排列式信号灯。

#### A 垂直排列式(vertical face side mount)信号灯

##### a 普通信号灯次序

国际规定,普通信号灯次序自上而下为红、黄、绿,如图 1-10(a)所示。

##### b 带有箭头灯时的安排次序

(1) 单排式(single rank):自上而下,一般为红、黄、绿直行箭头,左转箭头,右转箭头,中间可以省掉不必要的箭头灯。当同时装有直、左、右三个箭头灯时,可省掉普通绿灯,如图 1-10(b)所示。



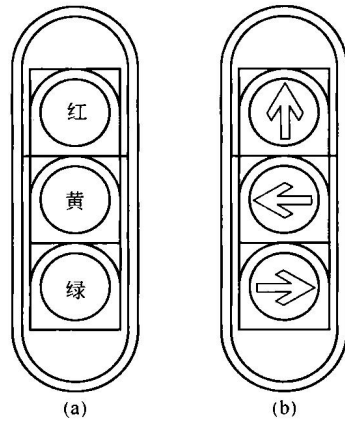


图 1-10 垂直排列式信号灯示意图

(2) 双排式(double ranks):一般在普通信号灯的里侧加装左转箭头灯,或左转和右转箭头灯,或左、直、右三个箭头灯。

#### B 水平排列式(horizontal face side mount)信号灯

##### a 普通信号灯次序

从道路的中心线一侧以红、黄、绿的顺序向右侧路边排列,如图 1-11(a)所示。

##### b 带有箭头灯时的安排次序

(1) 单排式(single rank):自外向里,一般为红、黄、绿左箭头、直箭头、右箭头灯,如图 1-11(b)所示。

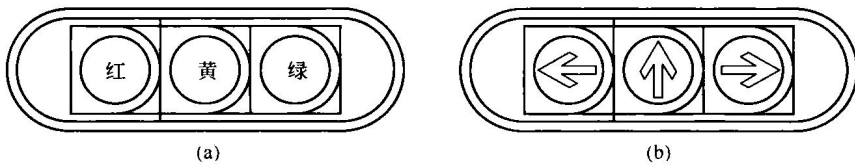


图 1-11 水平排列式信号灯示意图

(2) 双排式(double ranks):一般在普通灯下,自外向里,为左箭头灯、直箭头灯和右箭头灯,中间可省掉不必要的箭头灯。

水平排列时,左右箭头灯所处位置,原则上可以同左、右车道的位置一致。

按照固定方式排列信号灯有两个优点:一是把红色信号灯放在最醒目的位置;二是可以使患有色盲的人凭位置来判断信号的含义。

#### 1.2.2.3 按装配方式分

信号灯按装配方式分为立柱式信号灯、跨线式信号灯、悬臂式信号灯。