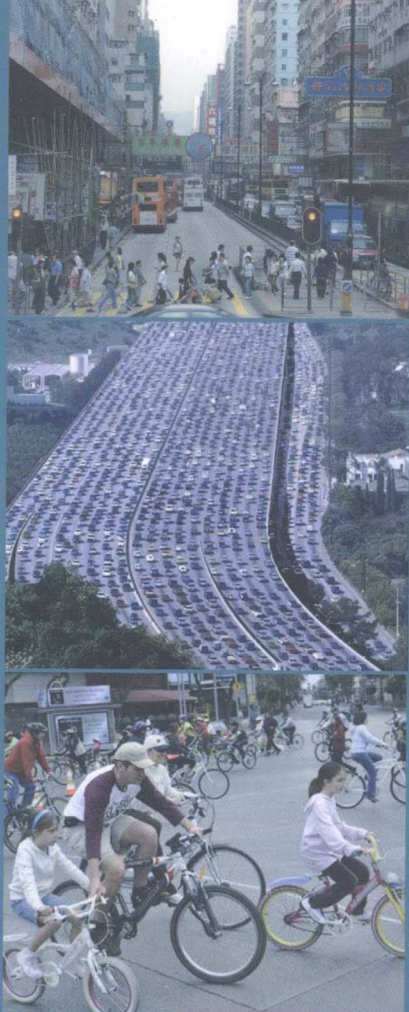


JIAOTONG JINJING SHEYING CELIANG JISHU JI YINGYONG

交通近景摄影



测量技术及应用



于泉 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

国家自然科学基金资助（项目编号：51108010）

交通近景摄影测量技术及应用

于 泉 著

北 京

冶金工业出版社

2012

内 容 提 要

本书对交通数据采集技术,尤其是近景摄影测量系统及其在交通工程中的应用等进行了系统介绍。全书共分6章,主要包括:交通信息采集技术、交通近景摄影测量系统、信号交叉口机动车交通流特性分析、信号交叉口自行车交通流特性分析、信号交叉口行人交通流特性分析、信号交叉口交通控制设施效果分析等。

本书可供高等学校交通运输规划与管理工程专业博士研究生、硕士研究生以及相关专业技术人员和管理人员阅读参考,也可作为交通工程专业本科生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

交通近景摄影测量技术及应用/于泉著. —北京:冶金工业出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-5024-5968-0

I. ①交… II. ①于… III. ①交通运输管理—近景摄影测量 IV. ①U49 ②P234.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第135510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 yjchs@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 李娜 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5968-0

北京慧美印刷有限公司印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012年7月第1版, 2012年7月第1次印刷

169mm×239mm; 9印张; 144千字; 132页

29.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

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

交通流数据采集是开展交通工程规划、设计等工作的首要环节。在需要连续记录较大空间的多个交通个体运动特性的情况下，可以采用视频采集的方法，首先对检测区域进行录像，然后采用计算机图像处理和摄影测量技术相结合来获得连续的交通流微观数据。本书通过对交通数据采集技术，尤其是近景摄影测量系统等的系统讲述，着重对广泛应用于交通工程信息采集中的近景摄影测量技术进行详细的介绍和应用分析。本书在内容和技术上有较多的创新，很多内容是作者负责的课题组首次公布的研究成果。本书面向高等院校交通运输规划与管理工程专业的博士研究生、硕士研究生以及相关专业技术人员和管理人员，也可为交通工程专业本科生提供知识拓展，使其具有交通数据采集技术方面的知识背景，从而对视频交通数据采集技术有较深入的了解。

本书共分6章，第1章介绍交通信息采集技术，第2章介绍交通近景摄影测量系统，第3章介绍信号交叉口机动车交通流特性分析，第4章介绍信号交叉口自行车交通流特性分析，第5章介绍信号交叉口行人交通流特性分析，第6章介绍信号交叉口交通控制设施效果分析。

本书由北京工业大学交通研究中心于泉撰写，课题组相关成员张会、姜天晓、史丽平、赵今、李宁、邓小惠也参与了部分工作，撰写

II 前 言

过程中参阅的一些文章、书籍、成果报告等均已列入了书后的参考文献，在此向相关文献的作者谨致谢意。

本书是作者负责的课题组科研成果的总结，由于作者水平有限，书中不足之处，望广大读者予以批评和指正，以便本书在今后修订再版时内容得以进一步完善和丰富。

作 者
2012年4月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
城市交通信号控制基础 (本科教材)	于 泉 编著	20.00
参与型城市交通规划	单春艳 著	29.00
建筑结构振动计算与抗振措施	张荣山 等著	55.00
钢筋混凝土异形柱	李 哲 等著	25.00
地下工程智能反馈分析方法与应用	姜谔男 著	36.00
隔震建筑概论	苏经宇 等编著	45.00
建筑环境工程设备基础 (本科教材)	李绍勇 等主编	27.00
供热工程 (本科教材)	贺连娟 等主编	39.00
FIDIC 条件与合同管理 (本科教材)	李明顺 等主编	38.00
土木工程材料 (英文, 本科教材)	陈 瑜 编著	27.00
GIS 软件 SharpMap 源码详解及应用 (本科教材)	陈 真 等主编	39.00
建筑施工实训指南 (高职高专教材)	韩玉文 主编	28.00
岩巷工程施工——掘进工程	孙延宗 等编著	120.00
岩巷工程施工——支护工程	孙延宗 等编著	100.00
冶金建设工程技术	李慧民 主编	30.00
建筑工程经济与项目管理	李慧民 主编	28.00
建筑施工技术 (第2版) (国规教材)	王士川 主编	42.00
现代建筑设备工程 (本科教材)	郑庆红 等编	45.00
混凝土及砌体结构 (本科教材)	王社良 主编	41.00
土力学地基基础 (本科教材)	韩晓雷 主编	36.00
土木工程施工组织 (本科教材)	蒋红妍 主编	26.00
施工企业会计 (第2版) (国规教材)	朱宾梅 主编	46.00
土木工程概论 (第2版) (本科教材)	胡长明 主编	32.00
理论力学 (本科教材)	刘俊卿 主编	35.00
结构力学 (高职高专教材)	赵 冬 等编	25.00
材料力学 (高职高专教材)	王克林 等编	33.50
岩石力学 (高职高专教材)	杨建中 主编	26.00
岩土材料的环境效应	陈四利 等编著	26.00
计算机辅助建筑设计 (本科教材)	刘声远 等编	25.00

目 录

绪论	1
第 1 章 交通信息采集技术	2
1.1 交通信息采集技术分类	2
1.1.1 交通信息人工采集技术	2
1.1.2 交通信息自动采集技术	2
1.2 常见交通信息采集技术介绍	3
1.2.1 环形线圈检测技术	3
1.2.2 交通微波传感技术	4
1.2.3 超声波检测技术	4
1.2.4 红外线检测技术	5
1.2.5 视频检测技术	5
1.2.6 基于 GPS 的浮动车采集技术	6
1.2.7 基于 RFID 的交通信息采集技术	6
1.3 常用交通信息采集技术存在的问题	8
1.4 摄影测量与图像处理技术在交通工程中的运用	8
1.4.1 摄影测量在交通工程中的应用	9
1.4.2 图像处理技术在交通工程中的应用	10
第 2 章 交通近景摄影测量系统	16
2.1 交通近景摄影测量技术介绍	16
2.1.1 近景摄影测量方法	16
2.1.2 近景摄影测量设备	17
2.1.3 近景摄影测量精度	19

IV 目 录

2.2 交通近景摄影测量系统介绍	20
2.2.1 交通近景摄影测量系统组成	20
2.2.2 交通近景摄影测量系统使用步骤	22
2.2.3 交通近景摄影测量系统精度验证	29
第3章 信号交叉口机动车交通流特性分析	32
3.1 采集地点和道路交通状况	32
3.2 测量精度与样本采集	33
3.3 直行车辆交通流特性分析	34
3.3.1 直行车辆行驶轨迹分析	34
3.3.2 直行车辆横向位移分析	38
3.3.3 直行车辆速度特性分析	44
3.3.4 直行车辆加速度特性分析	46
3.3.5 车辆跟驰的混沌状态	56
3.4 转弯车辆交通流特性分析	64
3.4.1 转弯车辆行驶轨迹分析	65
3.4.2 转弯车辆速度特性分析	68
3.4.3 转弯车辆加速度特性分析	71
第4章 信号交叉口自行车交通流特性分析	79
4.1 自行车个体特性	79
4.1.1 自行车速度特性分析	79
4.1.2 自行车加速度特性分析	80
4.1.3 自行车行驶轨迹分析	81
4.2 自行车群特性	85
4.2.1 自行车群定义	85
4.2.2 自行车群通行阶段特性	85
第5章 信号交叉口行人交通流特性分析	95
5.1 行人数据采集技术分析	95



5.2 行人数据采集实施方案	95
5.2.1 数据采集的地点选定	95
5.2.2 数据采集的实施过程	96
5.3 行人数据提取与处理流程	98
5.3.1 交叉口坐标系的建立	98
5.3.2 交叉口行人轨迹追踪	99
5.4 交叉口行人单体特性分析	100
5.4.1 行人群内行人单体的差异性	100
5.4.2 行人单体与对向行人群的排斥特性	100
5.4.3 行人单体运行轨迹和侧向位移的变化特性	102
5.5 交叉口行人群体特性分析	103
5.5.1 行人在人行横道两端的聚集、组团特性	104
5.5.2 行人群初始释放的排队消散特性	104
5.5.3 双向行人群相遇后的叠加膨胀特性	105
5.5.4 双向行人群的自动渠化特性	105
5.5.5 双向行人群的彼此对抗特性	105
5.5.6 双向行人群穿越后的扩散特性	106
5.6 交叉口行人群体多事件划分	107
5.6.1 事件划分方法	107
5.6.2 事件划分依据	108
5.6.3 事件划分实例	109
5.7 交叉口行人群集行为分析	113
5.7.1 群集定义	113
5.7.2 群集队形变化特性	114
5.7.3 群集变化和消散特性	116
5.7.4 过街群集中行人速度的分析	117
5.7.5 群集运动横向边界约束	118
第6章 信号交叉口交通控制设施效果分析	120
6.1 黄闪灯控制效果分析	120



6.1.1	采集地点和道路交通状况	120
6.1.2	样本采集	121
6.1.3	在黄闪灯影响下的直行车辆速度分析	122
6.2	信号灯控制下减速丘效果分析	126
6.2.1	采集地点和道路交通状况	126
6.2.2	在信号灯影响下设减速丘的直行车辆速度分析	126
参考文献		130

绪 论

交通工程的规划、设计等工作离不开对参与交通的各类运动对象的调查与观测。无论是机动车、自行车还是行人，都在其相应的运动空间内呈现出一定的运动规律，掌握这些交通参与者的运动规律对于开展各类交通工程的规划、设计等工作具有十分重要的作用。因此，对各类交通流开展有效、实时、准确的观测是交通工程的一项基础任务。

对交通流运行轨迹和相应的微观特征参数的调查研究，是对交通流中的个体运动行为进行研究。通过观测数据建立各种模型和机制来描述各类交通个体在特定环境中的行为，能够再现或预测交通流个体在某种交通管理措施下或特定交通环境中的行为，进而应用于交通运营管理、交通工程设计、交通安全、交通仿真等方面的评估或分析研究中。

为了获取微观个体的运动特征数据，可以采用的主要交通信息检测设备包括环形线圈检测器、超声波检测器、红外线检测器、微波检测器、视频检测器等。目前各种交通检测设备中，环形线圈检测器应用最为广泛，但是感应线圈的维护保养难度大，而超声波检测器、红外线检测器、微波检测器及视频检测器易于安装和维护，逐渐成为交通信息采集的主要设备。运用这些新型检测器开展交通调查与研究成为新的关注热点。

第 1 章 交通信息采集技术

1.1 交通信息采集技术分类

交通信息采集是为了满足相应的使用目的而开展的。对于交通管理控制而言，需要的是实时、动态的交通流量、交通速度、交通密度等方面的信息；对于交通流理论的科学研究而言，则会根据不同的研究背景提出不同的数据需求。随着传感器技术、微电子技术和信息处理技术的发展，不断出现新型的交通流检测器和检测技术。但从总体上来说，常用交通信息采集技术仍可以分为人工采集技术和自动采集技术两大类。

1.1.1 交通信息人工采集技术

交通流的人工观测法、试验车移动调查法和摄影录像法都不具有自动采集信息的功能而属于人工采集技术。人工采集技术具有简单、易控制等特点。即使在美国这样的经济发达国家，目前各州交通部门仍大量采用人工观测法。

人工观测法是在选定的地点及时间，由测量人员计测和记录通过实测断面的车辆数，常用的工具为秒表、计数器、尺子等。此方法简单易行，不需要复杂设备，但需要较多人力，适用于做短期内的调查，不适合于交通的实时控制和交通流诱导，一般用于临时交通调查或调查设备无法获得信息的情况。试验车移动调查法是通过在测定区间内驾车反复行驶测量求得区间内断面平均交通流量的方法。摄影录像法是在测定断面处路面上作标记后，对其做定时摄影或录像，然后对照片进行处理或重放录像，得出交通信息的方法。此方法对交通信息的采集有滞后性，不适于交通实时控制和交通流诱导。

1.1.2 交通信息自动采集技术

交通流的实时运动特征参数是交通控制和交通流诱导的重要指标。目



前，实用的交通流自动采集设备主要有环形线圈检测器、超声波检测器、红外线检测器、微波检测器、视频检测器等。交通流自动检测设备包含三个部分，即传感器、信号处理装置和数据处理装置。传感器按工作原理可分为电磁感应式、电接触式、光电式、超声波式、红外线式、雷达波式以及视频检测等多种类型。传感器发现运动物体通过或出现，信号处理装置一般把传感器输出转换成电信号，数据处理装置通常由计算机硬件和固件组成，它把电信号转换成交通参数。自动检测技术一般用于具备硬件条件的城市道路。此方法智能化、精度高、方便可靠、节约人工，并且可以持续观测。

1.2 常见交通信息采集技术介绍

随着我国智能交通系统的迅速发展，交通数据采集和交通事故检测变得越来越重要。需要采集的基础交通信息和交通事故数据主要包括车流量、车速、车间距、车辆类型、道路占有率、车辆违章信息、交通事故检测等。

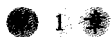
现阶段，多种检测手段正越来越多地应用在各级公路和城市道路的监控系统中。为了得到交通数据和信息，最常用的主要是借助于固定式检测器的检测方法，例如技术成熟的线圈检测器，新兴的微波检测器、视频检测器、红外检测器。但固定式检测器有安装和维护成本高，覆盖范围小，仅能检测固定位置的数据，受人力、资金制约的缺陷。为了弥补固定式检测器存在的问题，从20世纪80年代开始，美国、日本、德国、荷兰等国家相继开展了针对浮动车采集方式的研究和应用。随着GPS、GIS和无线通信技术的广泛应用，出现了基于GPS和无线通信设备的交通信息采集技术。

本节主要对各个常见的、重要的交通信息采集技术进行简要介绍，并在此基础上介绍各项技术的使用范围和优缺点等。

1.2.1 环形线圈检测技术

环形线圈检测技术是世界范围内已经十分成熟的检测技术，也是现代智能交通控制和交通管理系统的最基本的交通信息采集技术。利用环形线圈检测技术可以获取当前监控路面的交通流量、道路占有率、车辆速度等数据，以判断道路阻塞情况，然后通过外场信息发布设备发布相关信息。

环形线圈检测技术经过几十年的发展到如今已实现标准化，优点是技术成熟、易于掌握，计数非常精确，同时系统非常稳定，不受环境的影响。然



而，环形线圈检测技术也存在固有的一些缺点：首先，必须在车道上开槽埋设线圈，这在实际使用时往往受到一些局限，在已经使用路面上铺装时，会引起交通严重拥堵和中断；其次，可能由于路基破坏和路面维护造成线圈损坏率较高、维护工作量和费用相对增大；再次，检测到的数据虽然精确，但相对而言还不够直观，因此环形线圈检测技术需要一些可视的监测手段来辅助。环形线圈检测技术适用范围主要是在高速公路上，而对于城市交通则不适宜单独使用。

1.2.2 交通微波传感技术

交通微波传感技术是一种广泛应用于高速公路和城市道路管理监测系统的交通微波检测技术，该项技术利用微波和高速数字信号处理技术，可同时检测多车道或检测区域内的车流量、道路占用率、车速、车长等信息，并可探测静止车辆的排队状况。该技术检测设备为微波车辆检测器，即智能交通微波传感器（intelligent traffic microwave sensor, ITMS），这是一种利用雷达线性调频技术原理，对路面发射微波，通过对回波信号进行高速实时的数字化处理分析，检测车流量、车辆速度、车道占有率和车型等交通流基本信息的非接触式交通检测器。

微波车辆检测器能够根据车辆的长度探测到行驶在多至 8 条车道的每一条车道上的车辆类型、道路占用率、车流量和车辆平均速度，所以其性价比很高。交通微波传感技术独一无二的区域检测能力可使它从多角度得到应用，而其他检测技术则很难维持这种准确性。微波车辆检测器无需开挖路面，只需在路侧安装，易于维护，且微波车辆检测器的全天候工作特性使其能够很好地适应诸如雾天、夜晚、大风等不同环境。

1.2.3 超声波检测技术

超声波检测技术是一种在高速公路上应用较多的检测技术，它是利用反射回波原理工作的。超声波检测技术的检测器由探头和控制机构成，超声波检测变送器将感应到的道路交通流信息以电信号的方式送到路口控制机，由路口控制机分析处理，得出每条车道分车型的流量、流速数据以及车道占有率、堵车时间等数据。

由于超声波检测技术设备安装采用悬挂式安装，这与路面埋设式安装



(如环形线圈检测器的安装)相比有许多优点。首先是不需破坏路面,也不受路面变形的影响;其次是使用寿命长,可移动,架设方便。从架设、维护方便和使用寿命等方面来说,路面埋设式检测器都不如超声波检测器,所以超声波检测技术成为目前使用量仅次于环形线圈检测技术的一种检测技术。不足之处是超声波检测技术的检测范围呈锥形,受车型、车高变化的影响,特别是在道路严重拥挤的情况下,检测精度较差;另外检测精度易受环境的影响,尤其是受大风、暴雨等的影响,探头下方通过的人或物也会产生反射波,造成误检。

1.2.4 红外线检测技术

红外线检测技术主要应用于公路收费系统中,用于车辆计数、车辆分离和车型分类,此外还可以获取交通流量、车辆速度等交通信息。红外线检测器一般采用反射式检测技术和阻断式检测技术。反射式红外线检测器使用反射接收器,用来发射光束和接收反射光束,通过记录路面和车顶反射率的变化对车辆进行检测。阻断式红外线检测器由位于道路一侧的反射接收器和车道另一侧的强反射板组成,车辆通过时,反射波被切断而检测到车辆。

与其他检测技术相比,红外线车辆检测器产品技术相对成熟,安装简便,高速响应,抗干扰性强,可输出丰富的车辆数据信息,能可靠检测各种特殊车辆,且红外线检测器是具有良好应用前景的悬挂式或路侧式交通检测器。其缺点是工作现场的灰尘、雨雾会影响系统的正常工作。

1.2.5 视频检测技术

视频检测技术以视频图像为分析对象,通过对设定区域的图像进行分析,可以得到交通信息(包括车流量、平均车速、道路占有率、车型等)。利用视频检测技术,除可以提供一般的交通统计数据外,还可进行事件检测,如交通阻塞、超速行驶、非法停车、不按道行驶、逆行等。

基于视频图像处理的交通检测技术是近年来逐步发展起来的一种新型的车辆检测方法,它具有无线、可一次检测多参数和检测较大范围的特点,使用灵活,预计将有很好的应用前景。视频检测器的安装也相对简单,可以利用道路监控摄像机或者另外架设摄像机获取道路交通视频图像,所以外场设备的费用较低。



1.2.6 基于 GPS 的浮动车采集技术

基于 GPS 的浮动车采集技术利用 GPS 实时采集浮动车的位置、速度、时间等数据，经过处理后得到道路交通信息。将安装 GPS 设备的机动车作为浮动车，基于浮动车的交通信息采集系统由车载设备、无线通信网络、基于 GIS 的交通信息处理平台等组成。车载设备主要包括 GPS 定位模块、通信模块等，GPS 定位模块接收卫星信号并运算出车辆的坐标和瞬时速度，通信模块负责将车辆坐标、速度等数据传送到交通信息中心，并接收交通信息中心发送的指令和数据。无线通信网络主要是指通信运营商提供的通信基站和数据传输服务。基于 GIS 的交通信息处理系统是指交通信息处理与分析软件系统。

基于 GPS 的浮动车采集技术具有数据精度高、采集成本低、覆盖范围广、实时性强等优点，与传统固定式检测技术相比具有明显的优势。

1.2.7 基于 RFID 的交通信息采集技术

基于射频识别（RFID）的交通信息采集技术是交通领域最新的采集技术，可以采集车辆的速度、车牌、车主信息等，采用有源标签的设备还可以和信息处理中心交换信息，完成道路交费、路线查询等功能。利用 RFID 的交通信息采集技术是车路协同新领域探索的技术支撑。以 2.45G 的基于 RFID 的速度采集技术为例，采集设备包括阅读器、计算机、定位器和标签，给目标测试车辆或行人配备射频标签，当车辆或行人经过定位装置时，激发标签，标签与阅读器进行通信，读出标签经过的时刻点，两个定位装置的读取的时刻差就是目标行程时间，行程时间结合已知定位器间的距离可以计算出对应的速度值。该技术尚处于理论研究阶段，已经有一些实验论证，实验采集设备原理如图 1-1 所示，采集行人速度的实验过程如图 1-2 所示，但是至今没有真正应用在路面交通中。实验表明，此技术可以作为替换车牌识别系统和其他传统的速度测量技术的新技术。

目前国内对于行人速度的数据采集方法主要是人工方法和基于视频图像处理的方法，人工采集方法精度低、可靠性差，视频采集需要通过处理图像来分析出行人的数据，而基于 RFID 的采集方法可以直接测得行人速度，精度高、可行性好。基于 RFID 的速度采集技术可以作为替代其他传统的测量

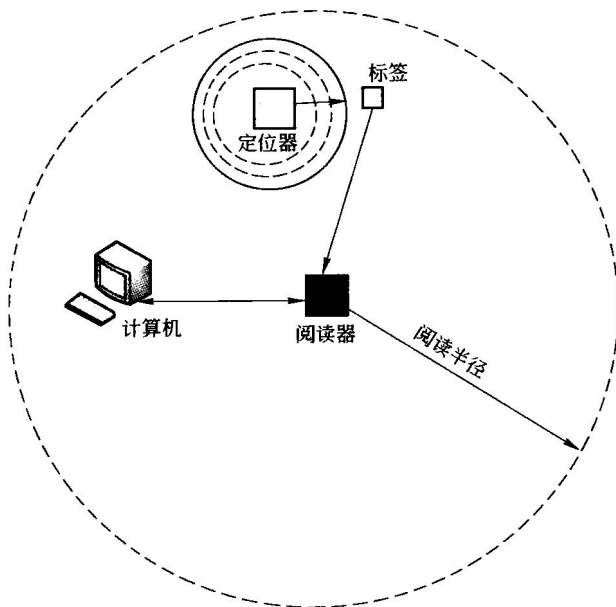


图 1-1 基于 RFID 的交通信息采集设备原理

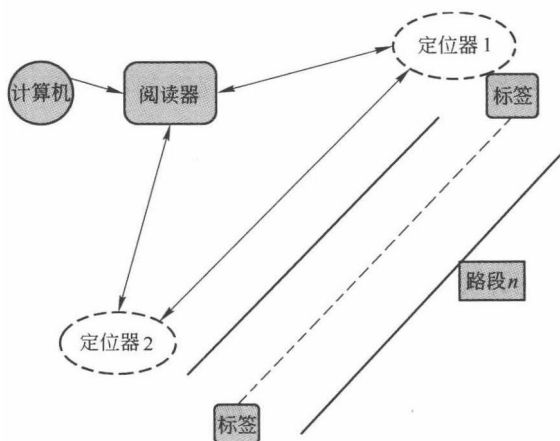


图 1-2 采集行人速度的实验过程

行程时间技术的新技术。但是，设备本身会产生一些误差，影响整个行程时间测量的准确率。另外，基于 RFID 的速度采集技术还需要进一步研究，使其能实现实时数据传输。