

文章编号:1671-8879(2014)05-0123-06

# 高速公路网语音数字定位标识的编码设计

孙大跃

(长安大学 信息工程学院,陕西 西安 710064)

**摘 要:**针对高速公路客服呼叫和紧急救援时所面临的路网用户定位模糊问题,建立了以道路使用者移动呼叫为主的高速公路网呼救系统模型和紧急工作流程,设计了一种包含道路、桩号和方向 3 大要素的路网精细化语音数字编码(VDC)方案和规则,并使用传输校验位对编码的传输错误和省界处的错误呼叫进行自动校验,方便了道路使用者对自己所处位置的精确描述。研究表明:精细化的 VDC 编码设计方案具有较高的检错性能,检出率值非常接近 95%,该方案使得道路管理人员能够尽快获取精确的呼救定位,从而指引管理部门快速反应,提高应急救援系统的响应实效。

**关键词:**交通信息;高速公路网;数字定位;编码设计;精细化编码;自动校验

中图分类号:U491

文献标志码:A

## Video digital coding design for highway network location and identification

SUN Da-yue

(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to solve network user positioning fuzzy problems in highway customer service calls and emergency rescue, this paper established highway network distress system model and workflow based on mobile calls of road users, designed a kind of road network fine voice digital coding (VDC) scheme and rule which contains three major elements of road, stake number and direction, and used the transmission parity bit to check the coding transmission errors and wrong calls at provincial boundaries automatically, which facilitate road users' precise description of their location. The results show that refined VDC scheme possesses better property of automatic checksum and the check result is chose to 95%. It can make road managers obtain precise positioning of call for help as soon as possible, thus guiding the rapid response of administrative department and improving the response effectiveness of emergency rescue system. 4 figs, 11 refs.

**Key words:** traffic information; high network; location identification; coding design; accurate geographic encoding; automatic checksum

## 0 引 言

随着中国高速公路建设的不断发展,高速公路

形态已由单一路径转变为网状结构。为了应对公路交通事故和紧急事件,起初通过在各个路段配置紧急救助电话和监控中心,并与公安、医疗等部门建立

收稿日期:2014-03-16

基金项目:科技部科技型中小企业技术创新基金项目(09C26226115677);科技创新支撑计划项目(CXY1011(2))

作者简介:孙大跃(1958-),男,山东莱州人,教授,工学博士,E-mail:dsun@chd.edu.cn

业务协作关系来形成相对完整的独立救援方式,如今高速公路的网状分布发展以及移动通信技术的普及应用,对紧急救援系统提出了新的要求,研究具有交通业务特色和技术特点的紧急救援体系是当前高速公路管理的主要契合点,也是中国 ITS 的重点要求。2007 年中国交通运输部相继颁布了《国家高速公路网命名和编号规则》<sup>[1]</sup>、《国家高速公路网相关标志更换工作实施技术指南》<sup>[2]</sup>,制定并解释了道路的编码规则,要求公高速路网统一标识并更换道路桩号。国家高速公路的统一命名和道路桩号的统一标定构造了路网的标识框架与基础,为道路的使用者和管理者提供了完整一致的路网标识,但尚不能直接面向用户的在途应用<sup>[3]</sup>,主要表现在道路使用者无法通过这些标识明确自己的所在位置,呼救中心也无法通过求助者对这些标识的描述来定位其具体位置,这对高速公路紧急事故的发现和应急救援的处理极其不利。

为使高速公路联网监控系统与呼救中心(“12122”)发挥切实有效的作用<sup>[3]</sup>,本文根据高速公路网的建设特点建立了特定的呼救服务系统模型,并制定了高速公路网精细化编码定位标识,构造了面向高速公路三要素“人、车、路”的完备业务流转体系<sup>[4]</sup>。具体来说,就是以高速公路为依托,为车辆和使用者制定简单易判别的道路标识,并应用于呼救中心形成一套完备的道路精细化标识体系,以满足道路使用者在途电话呼救的精确定位需求。

## 1 呼救服务系统模型

为了保障高速公路网紧急救援的定位准确性和响应及时性,根据不同区域高速公路网的特点建立特定的呼救服务指挥系统是很有必要的<sup>[5]</sup>。

本系统的设计基于以下事实,中国高速公路基本已被 GSM/GPRS 网络覆盖了,而且公路行车的手机持有率接近 100%,手机已成为呼救的重要工具。本研究方案与其他行业传统呼救中心方案的不同之处表现在<sup>[6]</sup>,系统关注道路使用者的紧急救护,为之形成专门、实时、有效的闭环系统,以此作为基本模型承载系统的核心业务,紧急呼救系统模型如图 1 所示。

紧急呼救系统工作流程说明:道路使用者通过移动终端拨打交通特服号向外场进行呼叫救援;核心业务系统负责接听管辖区的所有来电用户,根据用户需求提供不同的服务,如果用户想要查询或者预约某项服务,则转系统自动应答,如果用户需要报

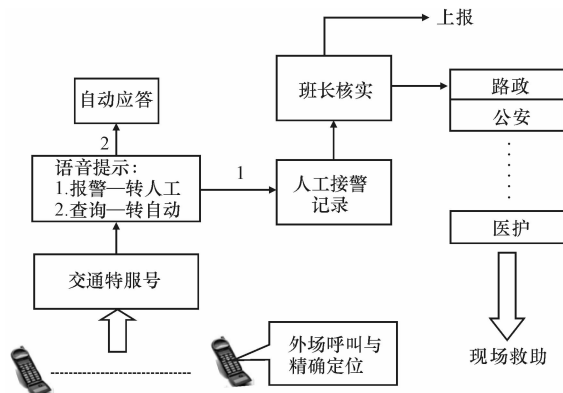


图 1 呼救系统基本模型

Fig. 1 Model of emergency calling system

警求助,则转人工接警记录,进一步根据表述的路况信息和标志编码号对用户进行准确定位,并上报班长或责任领导,调度相关部门进行协同处理。

## 2 路网定位标识

为了保证高速公路管理者在接到救援请求时能够及时准确获知呼救者的位置,要求呼救者能在第一时间找到并上报其所在位置的定位标识。本文通过在《国家高速公路命名和编码规则》的基础上细化路网定位编码标识来实现这一功能,并应用于“12122”紧急救援与呼救中心系统来实现呼救者的精确定位。

### 2.1 编码结构

高速公路定位方法有很多,譬如采用网络定位或手机定位技术等,但是在实际应用中均不能达到满意的效果,也很难实现精确定位,主要表现在以下几个方面<sup>[7-8]</sup>:

(1)网络定位技术对移动通信设备的处理能力要求较高;

(2)手机定位技术要求手机内置有 GPS 接收模块,现有的情况无法满足;

(3)高速公路网交错复杂,水平道路的上下行关系、垂直盘道的高度差等均影响定位的准确性<sup>[9]</sup>。

基于以上原因,本文采用交通标识定位的方法来实现交通精细化管理。

### 2.2 定位标识设计

中国通过在道路沿线设置路桩的方式来标识路段,标识一般分为道路标识和高速标识,其中高速公路设有“公里桩”和“百米桩”。本文根据中国高速公路交通标志标线的有关规定,为高速公路现有标识增加详细的道路交通标识来实现呼救者的精确定位。

标识设计:某某 K××+× -×;

字段含义:“某某”为高速公路名称;“K××+×”为公里+百米标识;“-×”为上下行标识,选用“上”为上行、“下”为下行。

考虑到中国交通的繁多和复杂性,路网定位标识应具有通用性、统一性、无歧义性的特征,既方便于呼救者辨认报送,又有助于施救方对信息的记录确认,基于上述原因,上述定位标识设计仍需进一步改进,为此本文提出了更加精细化的 VDC 编码方案。

### 3 语音数字编码方案

#### 3.1 路网编码原则

高速公路定位标识的精细化编码应遵循以下设计原则:

(1)统一编码。高速公路定位标识的编码集合应包含省内甚至是中国所有联网运行的高速公路。为保证道路标识的统一性和唯一性,省内的国家高速公路主线应采用全国统一编码,省内各地区的高速公路采用省内统一编码。

(2)简单易读。高速公路定位标识直接为道路的使用者和管理者使用,简单易读是设计的首要原则。定位标识的构成元素种类越少越好,数量和编码越简越好。考虑到各地域文化和方言的差异性,应尽量使用数字符号作为交通定位的标识,方便呼救者浏览和记忆,也方便施救者准确记录和定位。

(3)精确定位。高速公路定位标识的编码要精确唯一,确保呼救中心通过该编码标识能够准确定位呼救者。高速公路的精确定位应至少包含 3 个因素:目前所在的道路、所在道路的哪个区间以及车辆行进方向<sup>[10]</sup>。为了方便呼救者能在第一时间找到定位标识,本设计将定位精度精确到百米,即间隔 100 m 设置定位标识符,使用数字统一标识出行驶的道路、区间和方向。

#### 3.2 路网编号规则

本文对陕西省内的高速公路网进行了调研和分析,按照国家高速公路网和道路特点并结合《陕西省高速公路网规划(调整报告)》中的编号规则对省高速公路进行统一编号,图 2 展示了陕西省高速公路网规划情况。

陕西省内的高速公路按照“两环六辐射三纵七横十八联络线”来规划。具体来说,就是根据环线、省会放射线、南北纵线、东西横线等特点对道路分别顺序编号,其中三纵七横应当参照国家高速公路网

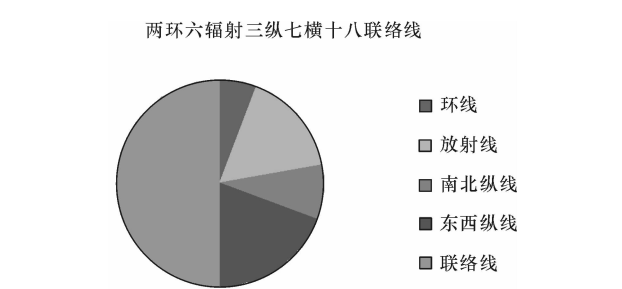


图 2 陕西省高速公路网规划情况  
Fig. 2 Highway network planning chart of Shaanxi province

的统一编号规则。本文采用两位数字 01、02、…、99 表示省内联网收费的高速公路和隧道大桥,具体的编号规则如下所示。

(1)环线编号:由 01、02 两组两位数字顺序组成,以环城线的 12 点方向为起始点,由北向南顺时针方向编号。

(2)放射线编号:由 21、22、…、26 的 6 组两位数字顺序组成。以省会城市开始,放射线的终点结束,编号按路线的顺时针方向排列。

(3)南北纵线编号:由 41、42、43 的 3 组两位数字顺序组成,每条路线都从北端开始至南端结束,特殊情况以公路里程桩号描述为准,路线之间按照纵向排列,自东向西顺序编号。

(4)东西横线编号:由 61、62、…、67 的 7 组两位数字顺序组成,每条路线都从东端开始至西端结束,特殊情况以公路里程桩号描述为准,路线之间按照横向排列,自北向南顺序编号。

(5)联络线编号:由 81、82、…、98 的 18 组两位数字顺序号组成,根据路网规划图,按照自北向南、自东向西的顺序进行编号。

其他省份高速公路的编号规则应当结合其各自的路网规划特点,并按照上述编号方法来划分相应的编号范围完成所有路线的编号。

#### 3.3 语音数字编码方案

考虑到行车用户可能出现误读误报的情形,数据在传输过程中可能出现误传漏传等情况,接警人员也可能出现误听误记的状况,为了减少或避免由于该类错误而导致救援中心延误黄金救援时间造成严重后果,本文创造性的提出了 VDC(voice digital code)编码方案。

VDC 编码结构由道路编号、道路百米桩号、方向编号和校验码四项基本要素共 8 位数字组成<sup>[11]</sup>,编码范围为 00000000~99999999,编码结构如下页图 3 所示。

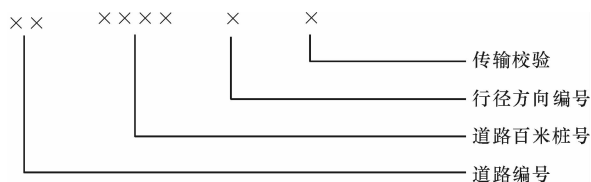


图3 VDC编码结构

Fig. 3 Code structure of VDC

(1)道路编号:定位标志的前两位定义为道路编号,使用该字段对省内的所有道路进行统一编号,取值范围00~99,可编号100个道路,每个编号都唯一对应路网中的某条线路。

(2)道路百米桩号:定位标志的第3至第6位数字定义为道路百米桩号,使用该字段对每条道路进行细化标识。其中前3位的取值是公路里程碑的后3位数字,最大编码里程值为1 000 m,用000、001、…、999表示;最后一位数字的取值是高速公路里程桩的百米数,将每公里路段继续细化为百米区间,用0、1、…、9来表示10个百米区间。道路百米桩号能够确定某条编码道路上的唯一1个百米区间,标识精确度可达50 m。

(3)行进方向编码:定位标志的第7位定义为方向码,用来标识行车所在道路的行进方向、互通交叉转弯方向和道路的出入口匝道等,该字段可以精确的描述出车辆当前所在道路的行进方向、或是在哪一条互通立交交叉连接线上、或是在道路的哪一个出入口匝道上。

(4)传输校验码:定位标志的最后一位定义为校验码,利用该字段能够对前面的7位数据进行校验,验证其传输过程中是否出现错误,降低了误报误传误听所导致的差错,提高了位置标识的准确度。

## 4 编码安全校验

### 4.1 传输错误自动校验

一个完整的数据交换或通信系统,都应当设置校验位来避免数据在传输中出现错误,比如异步通信中常采用奇偶校验码,在计算机网络通信中多采用循环冗余校验CRC编码等。本系统将路网标识的第8位设计为校验位,用于校验编码在传输中是否出现错误。

VDC编码方案是基于十进制码的信息校验系统,定位标识编码信息采用8位十进制数据 $a_0a_1a_2a_3a_4a_5a_6P$ 来表示;其中, $a_0\sim a_6$ 用来表示具体道路的精细化定位标识编码,称之为数据位, $P$ 用于完成对数据位的差错校验,称之为校验位。如果数据在

上报或信道传输中出错,接受者通过该字段能够检测出传输数据的错误率并根据实际情况要求对方重新发送。

### 4.2 越界错呼自动校验

省际间的呼叫混淆是全国统一特服号码后经常出现又不可避免的问题,由于高速路网采用统一特服号“12122”无需加拨所在区号,因此可能导致路段区域与行政区划错位,其原因在于移动通信的信号覆盖与省界无法完全一致,边界出现交叠<sup>[9]</sup>。

如图4所示,用户行驶在省界附近拨打全国统一特服号码时,“呼叫2”发生了错位,如相邻省份不做编码区别,“呼叫2”在Ⅳ省区被当作正常请求处置,而其行驶道路其实位于Ⅰ省区,应该接入Ⅰ省区的特服中心。

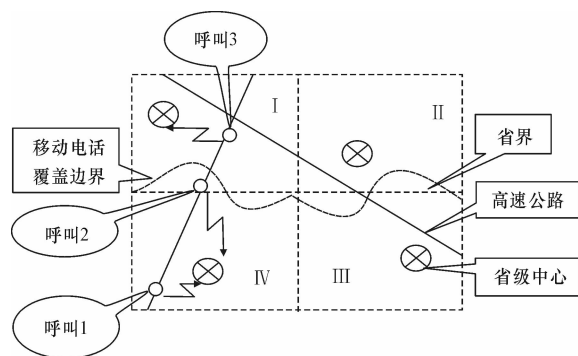


图4 省界处的呼叫错位

Fig. 4 Miscalling in the provincial boundaries

VDC编码能够消除省际间的呼叫混淆,这是因为其设置了统一的道路精细标识规则能区分相邻省份,定位标识编码的校验位不仅起到数据校验的功能,还承担了区别省际呼叫的功能,该字段的取值规则为

$$\text{I号省: } P_1 = (a_0 + a_1 + \dots + a_6) \bmod 10 \quad (1)$$

$$\text{相邻II号省: } P_2 = (a_0 + a_1 + \dots + a_6) \bmod 10 + 1 \quad (2)$$

$$\text{相邻III号省: } P_3 = (a_0 + a_1 + \dots + a_6) \bmod 10 + 2 \quad (3)$$

$$\text{相邻}n\text{号省: } P_n = (a_0 + a_1 + \dots + a_6) \bmod 10 + n - 1 \quad (4)$$

式中:mod表示取余数。

上面公式中的 $a_0, a_1, \dots, a_6$ 为道路定位标识编码的前7位数字,对应定位标识精确化编码的具体信息; $P_i$ 表示相邻第 $i$ 号省高速公路交通定位标识编码的校验码,为定位标识精细化编码的最后一位,用于检验传输的准确性。

系统可根据上面规定的校验位的赋值约定来设置校验程序。呼救中心根据定位标识最后一位的取值来判断是否出现电话交叉拨打的情况,如果是那

么系统自动弹出提示信息并直接转接至邻省进行校验,有效解决了编码规则在相邻地域的并行应用。该方案能够直接应用于当前的全国高速公路的统一特服号呼叫与接驳流程。

#### 4.3 传输检错率分析

传输检错率定义:在所有上报到呼救中心的定位标识语音数据中,出现误读误传或误听的数据被校验出的次数占所有上报次数的比例,即检错率  $\eta$

$$\eta = \frac{m}{m+n} \quad (5)$$

式中: $\eta$  为检错率; $m$  为被检出错误的次数; $n$  为未检出错误的次数。

校验位的分析计算为

$$P = (a_0 + a_1 + \dots + a_6) \bmod 10 \quad (6)$$

传输完成后,校验过程为

$$(a_0 + a_1 + \dots + a_6 - P) \bmod 10 = 0 \quad (7)$$

由式(7)可知,如果其中一位数据传输错误,其错误变化所在的范围为  $0 \sim 9$ ,那么,各个数据位的和与校验位之差就不能够与 10 同模。显然,任何一位数据的单独变化都会导致该式不成立,根据该公式即可检查出定位标识在传输中是否发生错误。

但是当有两位或两位以上数据同时发生错误时,其差值之和有可能出现与 10 同模的情形,这就会出现数据本身有误却未能被检出的情况,下面对该种情形作详细分析。

##### (1) 两位数据同时出错的情形

假设 8 位数据中有两位数据出错,因为每一位的变化幅度为  $0 \sim 9$ ,所以设定这两位数据的变化量为  $(m, n)$ 。由式(7)知可检测模值为 10,所以如果出现  $(m+n) \bmod 10 = 0$  的情况,那么该情形导致的错误是无法检测的;还有另外一种情况是如果数据中的任意两位仅仅发生了位置变换,这种情形并不会改变总数据位的和,所以由此导致的错误也是无法检测的。

所以式(5)定义了检错率,用于评价校验系统的性能。下面分析 8 位数据中有两位数据出错或位置互换后无法检测出的情形:

两位数据的变化量  $(m, n)$  共有  $C_{10}' C_{10}' = 100$  种组合,其中  $(0, 0)$  组合为无变化状态可以省略,所以共有 99 种状态,此外显然有约束条件。不难列出变化量  $(m, n)$  的所有组合形式:  $(1, 9)$ 、 $(2, 8)$ 、 $(3, 7)$ 、 $(4, 6)$  和  $(5, 5)$ 。然后再考虑两位数据位置互换的情况,也就是从 7 位数据位中任意抽取两位数据的组合数,共有  $C_7' C_6'$  种。结合以上所述的 2 种

情况可知,当两位数据同时改变且变化量为模 10 的情况共有  $C_7^2(5 \times 2 - 1) \times 10^7$  种。

##### (2) 3 位数据同时出错的情形

假设 8 位数据中有 3 位数据出错,依然按照前面的分析方法,设定 3 位数据的变化量为  $(m, n, o)$ ,约束条件  $m+n+o \leq 27$ ,由式(7)知可检测模值为 10,所以当  $m+n+o=10$  或 20 时,校验方式无法检测出错误,下面给出变化量  $(m, n, o)$  的所有数据组合情形

$\{1, (1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5)\};$   
 $\{2, (1, 7), (2, 6), (3, 5), (4, 4)\};$   
 $\{3, (1, 6), (2, 5), (3, 4)\};$   
 $\{4, (1, 5), (2, 4), (3, 3)\};$   
 $\{5, (2, 3), (1, 4)\};$   
 $\{6, (1, 3), (2, 2)\};$   
 $\{7, (1, 2)\};$   
 $\{8, (1, 1)\}$

通过对以上组合的分析,下面对重复数组进行剔除处理,并对剩余组合进行了合并归类。

第 1 类:变化量为 10 的情形,共有 8 种数据组合。

$(1, 1, 8)$ 、 $(1, 2, 7)$ 、 $(1, 3, 6)$ 、 $(1, 4, 5)$ 、 $(2, 2, 6)$ 、 $(2, 3, 5)$ 、 $(2, 4, 4)$ 、 $(3, 3, 4)$

第 2 类:变化量为 20 的情形,处理合并后共有 16 种数据组合。

$\{2, (9, 9)\}$ 、 $\{3, (8, 9)\}$ 、 $\{4, (7, 9), (8, 8)\}$ 、 $\{5, (6, 9), (8, 7)\}$ 、 $\{6, (5, 9), (6, 8), (7, 7)\}$ 、 $\{7, (4, 9), (5, 8), (6, 7)\}$ 、 $\{8, (3, 9), (4, 8), (5, 7), (6, 6)\}$ 、 $\{9, (2, 9), (3, 8), (4, 7), (5, 6)\}$ 。

##### (3) 4 位数据同时出错的情形

假设 8 位数据中有 4 位数据出错,依然按照前面的分析方法,设定 4 位数据出错的变化量为  $(m, n, o, p)$ ,显然有约束条件  $m+n+o+p \leq 36$ ,所以当  $m+n+o+p=10$  或 20 或 30 时,校验方式无法检出错误。当变化量和等于 10 时的组合情形有  $\{(1126)、(1135)、(1144)、(1225)、(1234)、(1333)、(1711)、(2233)、(2224)\}$  9 种;变化量和等于 20 时的数据组合共有 32 种;变化量和等于 30 时的数据组合共有 9 种,3 种情形共计 50 种组合。

考虑所有数据位均出错的情形,除去每一位变化量都为 0 的情况,所有的数据组合共有  $G_7^7(10^7 - 1) \times 10^7$  种。下面给出 4 码以内出错的情况,系统总的检出率为

$$\eta = 1 - \frac{C_7^2(5 \times 2 - 1) + C_7^3(9 \times 6 + 7 \times 3) + C_7^4(50 \times 10)}{C_7^1(C_{10}^1 C_{10}^1 C_{10}^1 C_{10}^1 - 1)}$$

$$= 95\% \quad (8)$$

由于 5 码以上同时出错的概率很小,所以本文不予考虑。

通过以上的分析发现:当发生错误的数据位数增加时,不能检测的组合数也随之增加,但其数量值很小对检出率的结果影响不大。虽然本文只计算到 4 码而没有考虑 5 码以上出错情形,但经过理论计算得到的检出率值依然非常接近 95%。由此可见,精细化的 VDC 编码设计方案具有较高的检错性能,对于来自不同地区、使用不同方言的高速公路行车用户具有非常实用的价值,对于高速公路的管理部门和救助中心,也具有非常重要的信息参考价值,有效提高公路交通管理水平和应急救援效率。

## 5 结 语

(1)本文提出的高速公路路网定位标识的精细化语音数字编码(VDC)方案以道路编号、百米桩号和行进方向三大要素为基础,定位精度高、准确性强。通过在编码方案中加入传输校验位,实现传输过程中的错误自动校验和越界错呼问题,具有较高的传输检错率。

(2)高速公路网精细化编码方案的设计与应用,解决了复杂路网状况下的“人、车、路”的快捷呼救定位问题,有效提高了应急救援系统的响应速度和客服呼叫的服务满意度,提升了交通管理与服务水平。

(3)该编码方案在自动校验、省界错误寻呼等方面还不能完全消除差错,还有进一步的优化和精确的空间;同时文中只给出了陕西省高速公路精确定位标识的编码方案,该方案的具体实施部署以及扩展至全国范围内的应用,还有待进一步研究和落实,这将是下一步的研究方向。

## 参考文献:

## References:

- [1] JTG A(03) 2007, 国家高速公路网命名和编号规则[S].  
JTG A(03) 2007, Naming and numbering rules of national expressway network [S].
- [2] 中华人民共和国交通部. 国家高速公路网相关标志更换工作实施技术指南[M]. 北京:人民交通出版社, 2007.  
The ministry of communications of the People's Republic of China. Technical guide for the replacement

of national expressway network related traffic signs [M]. Beijing: China Communications Press, 2007.

- [3] 陕西省交通运输厅. 陕西省高速公路网综合监控系统建设指导意见[R]. 西安:陕西省交通运输厅, 2008.  
Shaanxi Province Transportation Hall. Shaanxi province highway system comprehensive monitoring system construction guidance [R]. Xi'an: Shaanxi Provincial Department of Transportation, 2008.
- [4] 雷 剑. 高速公路改扩建工程精细化管理关键问题研究[D]. 西安:长安大学, 2011.  
LEI Jian. Analysis on key problem of meticulous management on expreway expansion [D]. Xi'an: Chang'an University, 2011.
- [5] 孙大跃. 高速公路紧急救援体系研究[D]. 西安:长安大学, 2006.  
SUN Da-yue. Freeway emergency rescue system research [D]. Xi'an: Chang'an University, 2006.
- [6] 卜文华. 呼叫中心在高速公路客户服务中的应用[J]. 新西部, 2008(7): 72-73.  
PU Wen-hua. Application in highway customer service call center [J]. New west, 2008(14): 72-73.
- [7] 王忠军. 基于 GIS 的智能高速公路管理关键技术研究 [D]. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学, 2009.  
WANG Zhong-jun. Research on construction and key technology of intelligent freeway management platform based on GIS [D]. Zhengzhou: The PLA Information Engineering University, 2009.
- [8] 张 超. 智能车辆定位导航系统的定位研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2005.  
ZHANG Chao. Intelligent vehicle positioning navigation system positioning research [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2005.
- [9] 唐 会. 区域性高速公路路网运营管理系统复杂性研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2008.  
TANG Hui. Regional expressway network operation management system complexity research [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008.
- [10] 刘伟铭. 高速公路系统控制方法 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.  
LIU Wei-ming. Highway system control method [M]. Beijing: China Communications press, 1998.
- [11] 屈立成, 孙大跃. 高速公路路网精细化编码与定位研究 [J]. 交通信息与安全, 2011(29): 66-70.  
QU Li-cheng, SUN Da-yue. Accurate geographic coding and location services for expressway [J]. Journal of Transport Information and Safety, 2011 (29): 66-70.