

GPS 车辆监控系统存在问题的探讨及解决方案

朱庄生, 万德钧, 王 庆, 张小国
(东南大学仪器科学与工程系, 南京 210096)

[摘要] 提供了笔者在实际工程应用中总结出的一些经验, 为人们设计实用的、具有广泛推广价值的 GPS (全球卫星定位系统) 车辆监控系统提供参考; 从数字地图、无线通信以及 GPS 三个部分入手, 通过总结实际工程应用中遇到的问题和客户反馈的意见, 探讨了目前车辆监控系统中存在的一些问题以及针对这些问题提出的解决方案; 多次跑车实验结果和客户长期试用的信息反馈显示, 笔者提出的方案解决了车辆监控系统中存在问题对系统的影响, 该方案已应用于实际工程, 并获得了良好的应用效果。

[关键词] 全球卫星定位系统 (GPS); 数字地图; 车辆监控系统; 通信系统

[中图分类号] P228.4; U491 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742 (2003) 09-0049-06

1 引言

GPS (全球卫星定位系统) 车辆监控系统是现代高自动化的先进综合管理系统, 它融合多种高新技术于一体, 对各种移动车辆进行实时跟踪, 从而给予一定的控制与管理。通过对 GPS、航位推算 (DR)、地图匹配 (MM) 和数据信标发射机 (DBT) 四种定位方式的不同组合, 形成各种组合定位模式, 以获取移动车辆的实时位置信息, 然后通过无线通信网把车辆的实时位置信息传输到监控中心, 监控中心调度员根据当时数字地图上车辆的分布情况, 通过无线通信网向移动车辆发出控制与管理指令。

作为一个实用且具有广泛推广价值的 GPS 车辆监控系统, 它必须具备以下 6 个优点: 快 (快速响应即时报警); 准 (准确显示车辆的实时位置) 全 (大范围内有线无线联网); 容量大; 精 (精确数字地图的生成和自动修正); 廉 (总体投资少)。但从资料显示, 目前已投入应用的 GPS 车辆监控系统的主要特点是: 慢 (响应速度慢)、容量小、数字地图更新缓慢、不能实现实时跟踪显示^[1-5]。

作者结合在实际工程中所遇到的问题和针对这些问题的解决方案, 从 GPS 车辆监控系统的三个核心单元: 数字地图、无线通信以及 GPS 入手, 分析了三个单元在工程应用中存在的问题, 简单介绍了笔者在实际工程应用中解决这些问题的方案, 这对于设计和实现高性能、有推广价值的 GPS 车辆监控系统, 具有一定的指导性、可操作性和示范意义。

2 GPS 车辆监控系统的框架结构

车辆监控系统的框架结构可以抽象成 4 个部分: 车载单元 (也称定位单元); 监控中心 (显示部分); 全球卫星定位系统; 无线通信网络。图 1 所示是一个投入实际工程应用的车辆监控系统框架结构图, 图中的 4 个粗虚线框包含的区域分别表示以上 4 个部分。

3 数字地图存在的问题及解决方法

从图 1 可以看出, 数字地图 (GIS) 是 GPS 车辆监控系统的基石。在车载单元的地图匹配算法中, 它直接参与车辆实时位置的获取, 在监控中心

用来显示车辆的实时位置。由此可见，数字地图的精度会直接影响 GPS 车辆监控系统的总体性能。

目前，在数字地图中能够影响地图匹配算法性能的 3 个主要问题是：

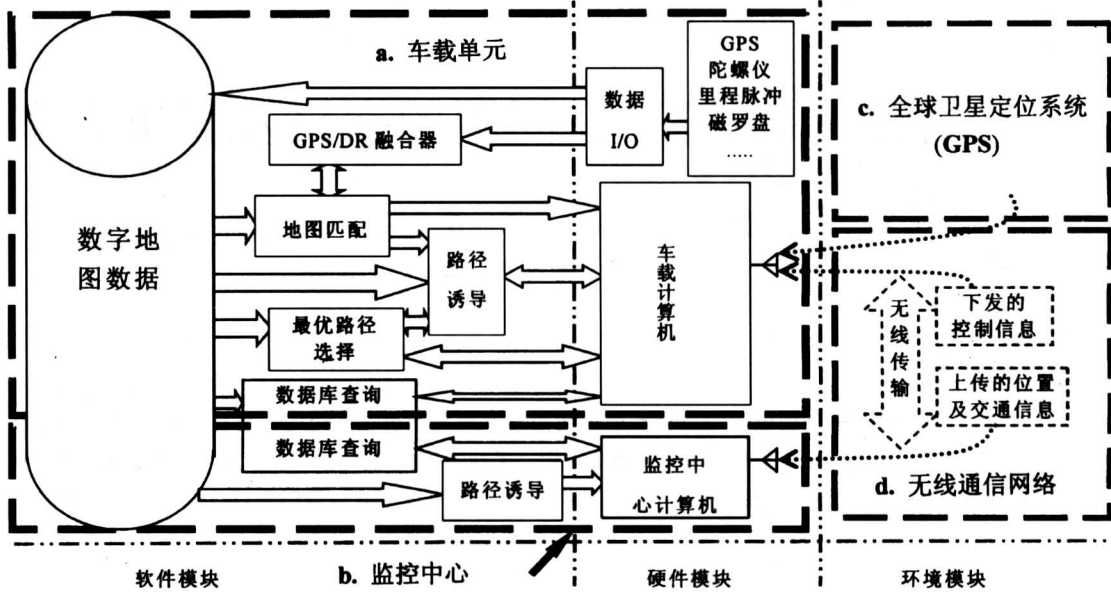


图 1 GPS 车辆监控系统框架结构

Fig.1 Frame structure chart of GPS vehicle monitoring

1) 图 2 a 所示为道路轮廓图，它用区域来表示道路，真实反映了现实世界中的道路；图 2 b 所示是图 2 a 道路在数字地图中的简化模型，这是目前普遍应用于车载导航数字地图中的线型道路网络模型。在现实中，当车辆在道路上正常行驶时，其行驶路线可能偏离道路中心线（即数字地图中的线性道路），或者行驶角偏离道路中心线的切线方向，

而这种可能性与传感器本身的误差和算法缺陷毫无关系。如图 2 a 所示，在现实中，车辆是在 A 点开始转弯的，其实际行车路线是图 2 b 所示中的 CAB 曲线（CAB 曲线是笔者添加的），而在数字地图中其行车路线是 COB，经过笔者实地勘察 CO 间的距离有 60 m 左右。

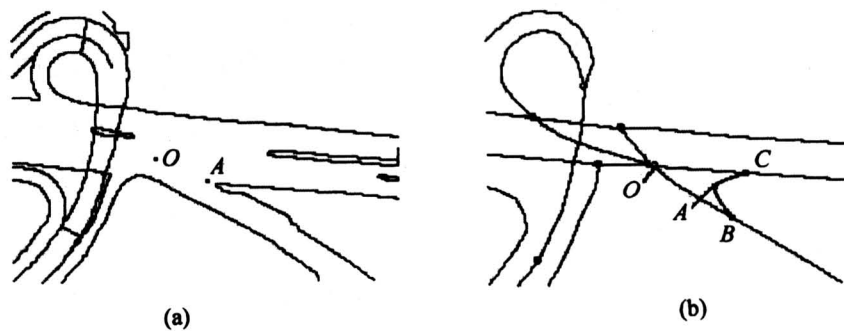


图 2 模型简化误差一

Fig.2 Model error one

2) 目前的车载导航数字地图多为二维（图 3 a）而非三维（图 3 b），道路数据结构中普遍缺乏高程信息，这种数字地图适用于地面比较平坦的地方，在地面不是很平坦且道路很不平整的场合下，将会导致定位精度的下降，并且随着航位推算时间

的增加，地图匹配的误差也会逐渐增大。

另外，目前的数字地图道路网络模型都没有很好地表示道路转弯。对于十字路口，通常简化成四个相互连接的道路中心线和对应的一个道路节点 O（见图 4 a）。事实上，车辆穿越道路需要一个过

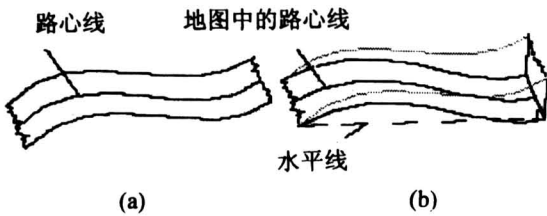


图 3 模型简化误差二

Fig.3 Model error two

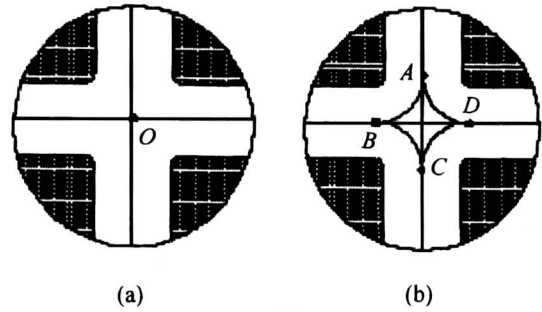


图 4 数字地图道路网络的两种模型比较

Fig.4 A comparison between two models of road networks

程，并且需要一个转弯半径，真正的道路网络应该如图 4 b 所示，可以看到在一个十字路口上实际需要 10 个道路路段和 4 个道路节点。图 4 中 O ， A ， B ， C 和 D 表示道路节点，其中图 4 a 表示简化的模型，图 4 b 表示实际道路网络模型。事实上，在选择何种模型时总存在如下的困境：**a.** 图 4 a 简化的模型不精确，在十字路口拐弯并不是按照车辆运行轨迹设置对应的道路，而是采用简单、且基本能够表示道路网络的模型；**b.** 图 4 b 能够真实地反映车辆运行轨迹，但是由此将使道路网络数据库的体积增大 1 倍多，加大了制作工作量，增加了系统调入调出数据库的开支，使得地图匹配算法更加复杂，并且降低鲁棒性。另外，在同一个转弯口，不同的驾驶人员、不同的车辆、不同的驾驶时间都可能造成转弯半径的不一致。

3) 在数字地图中，单路线道路网络模型在表示

实际道路网络上存在一些困难。如图 5 所示，在一条道路上有多个车道，如果用一条曲线表示整个道路，将使精度降低；如果每个车道都采用一条相应的路心线，将使数据大量冗余，并且增加数据处理和地图匹配以及最优路径算法的复杂性。此外，这种单路线模型在表达几乎平行道路的分叉上存在很大的困难。图 5 a 中一条道路在 EF 段可以有两个行驶路径，其中之一是上高架桥，且两者在水平面上几乎平行而且这两条分叉道路的路边几乎和原道路路边平行（图 5 b 所示），这种道路情形一般只能表示成图 5 c 所示的情形，然而由于车辆由 SP 进入 RU 或 QT 几乎不发生转弯，因此很难把实际情形表示出来。

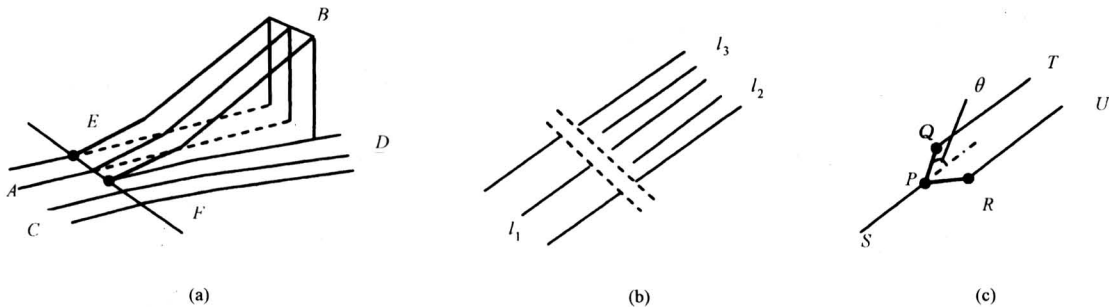


图 5 路心线模型在表示实际道路网络上的缺陷

Fig.5 Drawbacks of center-line model to represent practical road networks

解决方案：对于问题 1 和问题 3，可以通过 GIS 的全球标准化加以约束。问题 1 可以规定在制作 GIS 时，对“V”字形十字路口进行特殊处理。例如，V 字两边道路宽度之和大于某个阈值，且 V 字的顶角小于某个阈值，必须在道路网络中增加如图 2 b 曲线 CAB 表示的道路段。问题 3 可以规定增加 PQ 和 PR 道路段的长度，使道路段 SP 和道

路段 PQ 的道路转角 θ 小于某个阈值（如 20° ）；或者规定道路段 SP 和道路段 PQ 的转角 θ 小于某个阈值（如 60° ）且 PQ 和 PR 道路段的长度必须小于某个阈值。对于问题 2，就采用目前简化的道路网络模型，但是在地图匹配算法中，可通过数字地图数据库给出的道路穿越对和道路节点，在算法中增加转弯半径这个属性，通过程序算法来修正道路

轨迹。

4 无线通信网络系统存在的问题及解决方案

在论述第4、第5章之前,提出以下假设条件:车载单元实时获得的车辆位置信息就是车辆目前在道路上的真实位置。

电子类产品的生命周期普遍比汽车产品的寿命要短。通常,一种汽车产品的销售周期能达到电子类产品的3倍。如果汽车产品每6年为一个更新换代周期,电子类产品如蜂窝式电话的更新换代周期可能只有2年。由于车辆实际上变得更加耐用,寿命也更长,因此汽车原始设备制造(OEM)厂商们在设计生产过程中尽可能地拖延电子类产品与汽车相结合的进程^[6]。到目前为止,还没有专门用于车辆监控系统的电子类产品。为了解决车辆监控系统的通信问题,目前研究人员都把目光聚集在全球移动通信系统(GSM)移动通信网传输平台上。GSM的最大优点是地域覆盖广,通信可靠。其缺点来自两个方面:一是GSM网为电路交换,信号传输时延大;二是GSM网的负荷量制约了车辆监控系统的能力。因此运用GSM网的系统特别适用于非实时车辆监控调度实用环境^[7]。

从图1可以看出,一个车辆监控系统在硬件上分为监控中心和移动车载单元两大部份。其中移动车载单元负责实时采集车辆的位置信息,监控中心就是把采集的车辆位置信息实时地显示在数字地图上,而无线通信系统就是架设在移动车台和监控中心之间的一座桥梁,移动车台上报的车辆实时位置信息就是这座桥梁上的“汽车”。为了保持一座桥梁或者一条道路的畅通性,交通管理部门通常采用两种方法:一种是增加桥梁或者道路的流通量(硬件设施),如拓宽道路、架设立交桥等;另一种是通过交通法规减少车流量(软件设施),如在某个时间段禁止某些车辆通过。在实时车辆监控系统中,为了保持无线通信系统这座桥梁的畅通性,人们也采用了和交通部门相似的两种方法。其主要解决方案多用于硬件设施上;在软件方面主要是通过延长向监控中心上报信息(车辆位置信息)的时间间隔来减少数据流量。譬如,笔者在南京某银行运钞车实时监控系统中,采用的是每隔3s向监控中心发送一次车辆实时位置信息;而在“香港消防署第三代调派系统”中采用的是每隔8s向监控中心上报一

次车辆的实时位置信息。这样会严重影响车辆的实时位置精度。简单地算一下,如果车辆以100 km/h的速度行驶,每延误2s时间,造成的车辆位置误差大约为50m。

解决方案:提出基于GIS/DR协议的地图匹配算法。其原理如图6所示:图中 $P_r(t_1)$ 表示车辆在 t_1 时刻的实时位置信息,为车载单元最近上报给监控中心的车辆位置信息; $P_a(P_r(t_1), P_{am}, t)$ 表示车辆在 t 时刻的预测位置信息,其中参数 P_{am} 表示地图数据库信息; $P_p(t)$ 表示车载单元在 t 时刻获得的车辆实时位置信息; R 表示误差阈值半径。车载单元和监控中心用同一个函数 $P_a()$ 预测车辆的实时位置信息,当车载单元探测到 $P_p(t)$ 和 $P_a(P_r(t_1), P_{am}, t)$ 之间的位置距离大于阈值 R 时,车载单元将向监控中心上报 t 时刻的车辆位置信息 P_p ,以此更新监控中心的车辆位置信息 P_r 。实验仿真结果显示:在车辆定位精度相同条件下,与前面所提到的“通过延长向监控中心上报信息的时间间隔来减少数据流量”方法相比,基于GIS/DR协议的地图匹配算法估计可减少30%~40%的数据流量,对于具有固定路线的车辆(如市内公交车)监控估计可减少80%的数据流量。

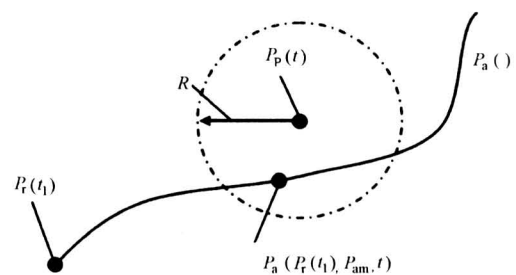


图6 GIS/DR协议算法

Fig.6 Algorithm of a GIS/DR protocol

5 GPS存在的问题及解决方案

GPS通过测量从接收机到四颗卫星的伪距离来确定接收机的三维位置和时钟误差。伪距测量受很多误差因素的影响,包括卫星时钟和星历、选择可用性(SA)、电离层延迟、对流层延迟、多径延迟和热噪声等^[8]。除对流层延迟、多径延迟和热噪声外,其他因素引起的误差都可以通过差分技术(DGPS)进一步消除。对流层延迟也可通过实时测量湿度和温度,并利用已知的经验公式进行校正。热噪声幅度比较小,多径误差幅度较大,而且由于

受测量环境的影响而难以预测。特别是对近距离差分,多径干扰变成了主要误差源^[9]。目前 GPS 抗多径干扰主要有如下措施: a. 提高接收机的距离测量精度,如窄相关码跟踪环、相位测距、平滑伪距等; b. 抗多径天线^[10]; c. 抗多径信号处理与自适应抵消技术等^[11,12]; d. 加权几何精度因子(GDOP)值选星法^[13]。这些措施虽然能够有效地进行进一步消除 GPS 多径误差,但是有的方法仍不能 100%地消除多径误差,这些不能剔除的多径误差将会给车辆监控系统中的车辆定位带来很大误差。

对于车辆导航用 GPS,其多径现象经常会出现现在开阔区(如郊区)和非开阔区(如城区)的交界处。城区是 GPS 盲点较多的地方(如在香港大约有 70%~80%的区域是 GPS 盲区)。通过笔者实地跑车试验发现,如果仅在香港城区内跑车,可能会一直收不到 GPS 信号。这就意味着在车辆进入 GPS 盲区前受到了 GPS 多径误差的干扰,在车辆进入 GPS 盲区后这个多径误差干扰会在相当长时间内影响车辆的位置精度,直到车辆重新收到正确的 GPS 信号更正车辆位置为止。图 7 所示为笔者在香港实地跑车的实验结果,笔者把图分成了 A, B, C, D 四个区域。其中 A 区为 GPS 多径区, C 区内的 F 点为 GPS 多径点; B 区和 D 区分别因为 A 区和 C 区内的多径误差导致匹配算法中车辆位置滞后,从而引起错配现象。出现这种情况后,只能在收到正确的 GPS 信号后才能纠正地图匹配算法中的错配,得到车辆的实际位置。图 7 所示中的 E 点即为接收到的正确的 GPS 信号,从而系统从 E 点开始重新得到正确的车辆实时位置信息。

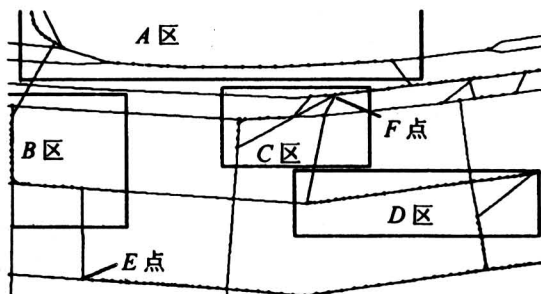


图 7 香港实地跑车实验效果

Fig. 7 Experiment result chart of Hong Kong

解决方案:利用神经元在地图匹配算法中识别 GPS 多径误差。其基本思想是:利用车辆当时的

位置、行驶速度、方向和精确的数字地图预测车辆在下一时刻的位置 P_1 , 下一时刻 GPS 显示的车辆位置为 P_2 , 利用 P_1 来辨识和检测 P_2 是否含有 GPS 多径误差。图 8 为图 7 的实地跑车数据采用此方案的仿真结果,可以看出系统能够很好地辨识 GPS 多径误差。

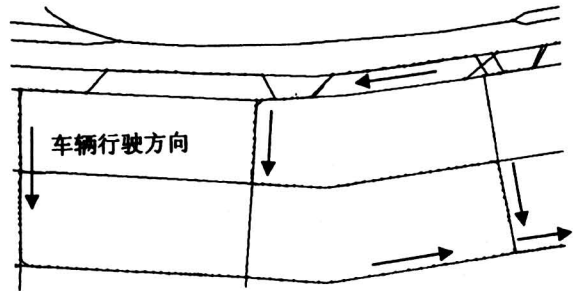


图 8 香港实地跑车实验数据重新仿真效果

Fig. 8 Simulate result chart of Hong Kong experiment data

6 结论

总结东南大学仪器科学与工程系导航与定位研究所研制开发的 GPS/DR/MM 组合导航系统在“香港消防署第三代调派系统”的实际应用中,客户所提出的问题和笔者在跑车时所发现的问题,以及作者为解决这些问题而采取的一些方案。通过这些方案的实际应用,发现它能够较好地解决 GPS 车辆监控系统中存在的问题,并且取得了良好的实地跑车效果。

参考文献

- [1] 电子公交站牌上海不适用 [EB/OL]. <http://www.epc-its.com.cn/index.asp>, 2001-06-12
- [2] 青岛公交调度有了智能系统 [EB/OL]. <http://www.epc-its.com.cn/index.asp>, 2001-09-18
- [3] 申城公交车将装 GPS 车辆位置一目了然 [EB/OL]. <http://www.epc-its.com.cn/index.asp>, 2001-10-31
- [4] 深圳启用电子公交站牌 [EB/OL]. <http://www.epc-its.com.cn/index.asp>, 2001-09-07
- [5] 江苏 GPS 公众网概述 [EB/OL]. <http://www.jsgps.com>
- [6] 远程信息处理前景无限 [EB/OL]. <http://www.epc-its.com.cn/index.asp>, 2002-01-10
- [7] TH 系列 GPS-GSM 车辆监控调度系统 [EB/OL]. <http://www.comeinfo.com/index.htm>

- [8] Van Nee R D J. Spread-spectrum code and carrier synchronization errors caused by multipath and interference [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1993, 29 (4): 1359~1365
- [9] Merphy T, Snow R. GPS multipath on large commercial air transport air frame [J]. Journal of the Institute of Navigation, 1996, 43 (4): 297~406
- [10] Tranquilla J M, Carr J P, Al-Rizzo H M. Analysis of choke ring ground plane for multipath control in global positioning system application [J]. IEEE Trans on AP, 1994, 42 (7): 905~911
- [11] Breivik K, Forssell B, Kee C, et al. Estimation of multipath error in GPS pseudorange measurement [J]. Journal of the Institute of Navigation, 1997, 44 (1): 43~52
- [12] 宋茂忠. GPS多径误差特性与抗多径方法 [J]. 南京航空航天大学学报, 1999, 31 (增刊): 27~33
- [13] 宋茂忠. 用加权几何精度因子选星的GPS抗多径定位方法 [J]. 南京航空航天大学学报, 2000, 32 (5): 510~515

Study of Existing Problems and Solution in Vehicle Monitoring System

Zhu Zhuangsheng, Wan Dejun, Wang Qing, Zhang Xiaoguo

(Department of Instrument Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

[Abstract] The purpose of this paper was providing some experience and ready reference for people who could design a utile and abroad popular GPS vehicle monitoring system. The author demonstrated some problems existing in the vehicle monitoring system, such as digital map model errors lead to map matching errors; telecommunication system information lag results in vehicle real time position error and global position system multipath error affects vehicle position. The authors had provided some schemes for solving the problems, e. g. GIS/DR protocol for solving telecommunication system information lag, nerve cell for solving global position system multipath. Experiment showed that the solution schemes had eliminated the system errors. The solution schemes had been applied to some projects, and had acquired very good application effect.

[Key words] GPS; digital map; vehicle monitoring system; telecommunication system

(cont. from p. 42)

Studying the New Strength-toughen Mechanisms, Developing a New Field of Ultra-high Steel

Zhao Zhenye, Li Zhi, Liu Tianqi, Zhu Jieyuan

(Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

[Abstract] The new strength-toughen mechanisms, such as super fine Martensitic laths, new strength phases, Laves phase and M_2C carbide, precipitated coherence with Martensitic matrix and the VIM + VAR double vacuum melting with super pureness, super homogenization hotwork, controlled Martensite transformation heat treatment techniques have been investigated. By means of them a new type of low carbon stainless steel, 14Cr-12Co-5Mo-Me, with ultra-high strength, high plasticity and high toughness was obtained.

[Key words] ultra-high strength stainless steel; Martensitic lath; strength-toughen mechanism