文章编号:1005-0523(2016)03-0079-08

# 低等级公路交叉口与城市道路非信号灯 交叉口车辆运行速度特征比较分析

### 王 岳,陈雨人

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室,上海 201804)

摘要:平面交叉口是低等级公路和城市道路路网中的重要节点,同时也是事故多发位置,了解并掌握距离交叉口不同位置车辆 运行速度特征,对于交通管理措施的制定和道路交通设施的设计改进都具有重要意义。采用实车实验技术分别采集低等级公 路和城市道路非信号灯交叉口进口道距交叉口中心远,中,近3种不同距离的车辆运行速度,对比分析两者的特征差别,建立 了距离交叉口不同距离的车辆运行车速特征分布函数,从而获得低等级公路交叉口与城市道路非信号灯交叉口车辆运行速度 特征变化规律,为交通管理和设施设计提供参考。

关键词:低等级公路交叉口;城市道路非信号灯交叉口;运行车速特征;分布函数

中图分类号:U416.26 文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.03.013

低等级公路交叉口作为平面路网内的重要节点,往往是事故多发地点,据台州温岭市交通事故统计资 料显示,发生在交叉路口的死亡事故数占农村公路交通死亡事故总数的 29%<sup>[1]</sup>。高建刚等人收集整理美国、 加拿大、英国、澳大利亚等国关于乡村公路交通事故的数据和资料,对国外乡村公路交通事故形态进行了分 析研究,得出了下面两点重要结论:平交路口事故和单车事故、正面碰撞事故并称乡村公路上三大主要事故 类型,而且低等级公路交叉口的事故后果往往都比较严重<sup>2-3</sup>。高建刚、陈宏云等人通过收集整理美国、加拿 大、英国、澳大利亚等国关于乡村公路交通安全保障方面的资料,以安全评价、工程措施、宣传教育、立法执 法、速度管理和事故救援为主线,对乡村公路交通安全保障措施进行了归纳和分析图。同济大学张兰芳等人 指出已建交叉口面临的选位不当、相交角度不合适、面积过大、缺少必要渠化、畸形、视距不良、行人过街安 全保障不够等七大安全问题,并结合公路平交路口的道路特征与交通特征,有针对性地进行了安全改善设 计间。顾宇倩分析中国公路平面交叉口的交通安全现状,针对所存在的交通安全问题,确定影响公路平交路 口交通安全的主要因素,在改善公路平交路口安全方面运用了先进了接入管理技术<sup>(6)</sup>。吴颖峰从发生交通事 故多的平面交叉口的交叉口选位、几何设计、交通标志标线、交通组成和交通信号等方面对国省道干线公路 平面交叉口提出了安全改善设计方案⑦。东南大学孙宝芸、陆建等对江苏省部分国省道公路平面交叉口进行 了实地交通调查,从交叉口基础设施建设的情况出发,对引起公路平面交叉口交通事故的因素进行了简要 阐述圆。上海交通大学交通研究中心卢为杰等人全面考虑了道路环境、接入道路技术等级连续性、接入土地 利用类型和接入道路功能等级连续性等宏观因素,接入密度、道路功能区接入、接入道路类型和接入间距等 中观因素,还有交叉口渠化设计、信号控制、标志标线设计、出入口视距和冲突点数等微观因素对国省干线 公路交叉口安全性的影响<sup>19</sup>。上述研究主要是从交通设施的角度分析了公路平交路口存在的安全问题,并没

收稿日期:2015-11-30

基金项目:国家科技支撑计划课题(2014BAG01B06)

作者简介:王岳(1992—),男,硕士研究生,主要研究方向为交通安全与道路环境。

通讯作者:陈雨人(1966—),男,教授,博士,研究方向为道路交通规则设计,交通安全与道路环境,道路交通计算机辅助工程。

有结合车辆实际运行特征来说明交叉口的安全情况,事实上车辆在交叉口附近的运行特征更能反映包括交 叉口设施设计在内诸多因素的设计质量,而车辆在到达交叉口不同位置的速度分布及速度变化是最基本的 行为特征。本文从车辆在低等级公路交叉口入口道远、中、近不同位置的速度及变化情况入手,结合车辆在 城市道路非信号灯交叉口的速度特征,从统计学角度对比分析,寻求两者在平均值、标准差、变异系数、偏 度、峰度和其随距离变化等方面的差别及其原因,最后分别建立了低等级公路和城市非信号灯交叉口两种 情况下,车辆距离交叉口不同距离的运行车速分布函数。

1 实验情况

采用内置 GPS、三轴加速度传感器,具有前置摄像头的行车记录仪作为实验设备,在西藏昌都地区、芒康县、林芝地区、八宿县、丁青县、那曲地区的 214 国道、318 国道、317 国道进行实验,作为低等级公路的公路平面交叉口的实验背景材料;在上海市嘉定区安亭镇的安驰路周围的路网上进行实验,作为城市道路非信号灯交叉口的实验背景材料,两者的设计速度皆为 60 km·h<sup>-1</sup>。设定距离交叉口中心 30,20,10 m 分别为"远,中,近"的位置,可以获得"远,中,近"不同位置的车辆运行速度值。把实验车辆经过某一低等级公路或是城市非信号交叉口作为一个实验样本,在距离该交叉口中心远、中、近 3 个位置的车辆速度信息作为该样本的一组实验数据,共得到低等级公路交叉口的实验样本 234 个包含数据 243 组,城市非信号灯交叉口的实验样本 193 个,包含数据 193 组,均满足最小样本数量的要求。

#### 2 数据对比分析

#### 2.1 交叉口附近不同位置车辆运行速度统计参数对比分析

表 1~表 6 分别为距离低等级公路交叉口和城市道路非信号灯交叉口远,中,近距离的车辆运行速度特征情况。

表1 距离低等级公路交叉口远距离车速特征

 Tab.1
 Characteristic of vehicle speed far from low-grade highway intersections

| 样本量/组                     | 243      |
|---------------------------|----------|
| 平均值∕(km·h⁻¹)              | 67.691 4 |
| 标准差/(km・h <sup>-1</sup> ) | 18.994 5 |
| 变异系数                      | 0.280 6  |
| 偏度                        | -0.343 8 |
| 峰度                        | 0.024 8  |

表 3 距离低等级公路交叉口中距离车速特征

Tab.3 Characteristic of vehicle speed less far from lowgrade highway intersections

| 样本量/组        | 243      |
|--------------|----------|
| 平均值/(km⋅h⁻¹) | 67.061 7 |
| 标准差/(km·h-1) | 19.272 1 |
| 变异系数         | 0.287 4  |
| 偏度           | -0.350 9 |
| 峰度           | -0.038 0 |

 Tab.2 Characteristic of vehicle speed far from urban unsignalized intersections

 样本量/组
 193

 平均值/(km·h<sup>-1</sup>)
 47.311 8

 标准差/(km·h<sup>-1</sup>)
 12.154 8

表 2 距离城市非信号灯交叉口远距离车速特征

变异系数 0.256 9
偏度 -0.419 3
峰度 -0.340 6

表4 距离城市非信号灯交叉口中距离车速特征

Tab.4 Characteristic of vehicle speed less far from urban unsignalized intersections

| 样本量/组                     | 193      |
|---------------------------|----------|
| 平均值/(km·h <sup>-1</sup> ) | 46.268 8 |
| 标准差/(km・h <sup>-1</sup> ) | 12.651 8 |
| 变异系数                      | 0.273 4  |
| 偏度                        | -0.342 0 |
| 峰度                        | -0.629 0 |

| 表 5 距离低等级公路交叉口近距离车速特征<br>Tab.5 Characteristic of vehicle speed near low-grade<br>highway intersections |          | 表 6 距离城市非信号灯交叉口近距离车速特征<br>Tab.6 Characteristic of vehicle speed near urban<br>unsignalized intersections |          |
|--|----------|--|----------|
| 样本量/组  | 243      | 样本量/组  | 193      |
| 平均值/(km・h <sup>-1</sup> )  | 66.683 1 | 平均值/(km·h <sup>-1</sup> )  | 45.096 8 |
| 标准差/(km・h <sup>-1</sup> )  | 19.551 2 | 标准差/(km·h <sup>-1</sup> )  | 13.420 5 |
| 变异系数   | 0.293 2  | 变异系数   | 0.297 6  |
| 偏度   | -0.338 3 | 偏度   | -0.262 4 |
| 峰度   | -0.043 2 | 峰度   | -0.908 3 |

从表 1~表 6 中可以看出:

第3期

1)距离低等级公路交叉口"远,中,近"的平均车速分别比距离城市道路非信号灯交叉口相应位置平均 车速高出 20 km·h<sup>-1</sup> 左右。由于低等级公路上车流量很少,加上没有监控和信号灯等交通管理控制措施,车 辆的运行速度会比较高。两种情况下,靠近交叉口中心的平均速度逐级减小,说明从整体来看两者在靠近交 叉口时都有减速行为。

2)距离低等级公路交叉口不同位置的车辆速度标准差分别比距离城市道路非信号灯的标准差高 50%,但是两者的变异系数没有显著性差异。这说明低等级公路交叉口附近的车速分布较城市道路非信号 灯交叉口更加分散,但相对于各自的平均车速而言,两者分散程度相同。距离交叉口由远及近的车速分布的 变异系数逐渐增大,表示距离交叉口越近,车辆速度分散程度越大。

3)偏度说明了数据分布的倾斜程度,当偏度等于0时说明此时数据是左右对称的,当偏度小于0时, 说明数据是向左倾斜,反之是向右倾斜。表1,表3,表5中包含低等级公路交叉口附近车辆速度分布的偏度 值,偏度值为负,但数值较小,说明数据分布略呈现左偏态,速度值较小的部分占有很高比例,而且远、中、近 的车辆速度分布偏度值没有显著性差异。表2,表4,表6代表城市非信号灯交叉口的情况,同样,偏度值是 负值,但数值较小,说明数据分布略为左偏态,由远及近偏度值变大,整体数据的偏度有向正态曲线变化的 趋势,峰值向左波动,此处会在后面的速度分布曲线图中具体详细说明。

4)峰度是描述总体中所有取值分布形态陡缓程度的统计量。这个统计量需要与正态分布相比较,峰度为0表示该总体数据分布与正态分布的陡缓程度相同;峰度大于0表示该总体数据分布与正态分布相比较为陡峭,为尖顶峰;峰度小于0表示该总体数据分布与正态分布相比较为平坦,为平顶峰。从表1,表3,表5可以看出低等级公路交叉口附近的车速分布和正态分布较为接近,而表2,表4,表6表示城市非信号灯交叉口附近的车速分布更趋向于平顶峰。

2.2 交叉口附近车辆运行速度分布对比分析







图 2 距离城市非信号灯交叉口近,中,远车速特征比较 Fig.2 Characteristic comparison of vehicle speeds among far, less far and near urban unsignalized intersections

Fig.1 Characteristic comparison of vehicle speeds among far, less far and near low-grade highway intersections







由图 1~图 5 可以得出以下结论:

1)从图1和图2的对比中可以看出,距离低等级公路交叉口远、中、近的车速分布范围较 广,在每一个速度范围内的远,中,近速度分布比 例没有显著性差异,而且都近似服从正态分布, 峰值的高低近似相等,数据呈现微弱的左偏态; 而距离城市道路非信号灯交叉口远,中,近的车 速分布范围相比低等级公路交叉口的分布范围 小,都在80km·h<sup>-1</sup>以内,在每个速度范围内远, 中,近速度分布比例差别很大,虽然三者的速度 分布分别都近似服从正态分布,但是峰值的高低 有显著性的差别,远距离的车速分布峰值最高, 其次是中距离,近距离的峰值最低;三者虽然都



图4 距离低等级公路交叉口和城市非信号灯交叉口中距离 车速特征比较









呈现左偏态,但峰值的倾斜程度不同,远距离的车速分布倾斜最严重,其次是中距离,近距离的倾斜程度最 小。这也和表 1~表 5 中的偏度与峰度的相对大小是相吻合的。

分析产生上述数据分布特征的原因如下:

① 低等级公路交叉口的情况比较复杂——当车流量小、线形指标良好、视距足够时,车辆会以很高的车速通过交叉口,但当车流量大,或线形指标不好,或视距不良时,驾驶员就会控制很低的车辆速度来保证自身的安全;而城市非信号灯交叉口附近的车速分布比较集中,是由于城市内进行限速等交通管理措施,而且线形指标和视距等物理条件比较良好,车速分布受车流量的影响最大。

② 距离低等级公路交叉口远,中,近车速分布的峰值位置、峰值高低、倾斜程度都近似相等,说明从整体上来看,车辆接近低等级公路交叉口时减速行为并不明显;而城市道路非信号灯交叉口远,中,近的车辆速度分布的峰值位置虽然都处于 40~60 km·h<sup>-1</sup> 的范围内,但是由远及近的过程中,车速分布峰度逐渐变平、速度分布峰值逐渐向左波动,从整体上看,说明车辆接近在城市道路非信号灯交叉口的过程中,车辆具有明显的减速行为。

2)通过图 3~图 5 可以明显看出低等级公路交叉口和城市非信号灯交叉口远,中,近距离速度分布的对 比情况。

① 图 3~图 5 的共同特点是,城市非信号灯交叉口的速度分布峰值的位置比低等级公路平面交叉峰值 的位置小1个等级,大约为20km·h<sup>-1</sup>;而且低等级公路交叉口的速度分布范围比城市道路非信号灯交叉口 多 2 个等级,80~100 km·h<sup>-1</sup> 和 100~120 km·h<sup>-1</sup>,这说明在城市中限速的管理措施非常有效,而在低等级公路 情况下,限速效果较差。

② 在交叉口远距离处,两者的速度分布都为近似的正态分布,左右近似对称,只是在距离低等级公路 交叉口较远处,速度分布比较广,所以峰值比城市非信号灯交叉口的峰值低。

③ 在交叉口中距离处,关于城市道路非信号灯交叉口,速度分布发生了向右的倾斜,速度范围在 20~40 km·h<sup>-1</sup>的分布比例升高,峰值向左波动且降低,但仍然比低等级公路情况的峰值高;低等级公路的速 度分布几乎没有变化。

④ 在交叉口近距离处,对于城市道路非信号灯交叉口,速度分布向右的倾斜度更加严重,速度范围在 20~40 km·h<sup>-1</sup> 的分布比例已经达到很高的值,峰值少部分降低,60~80 km·h<sup>-1</sup> 的分布比例明显地降低,而低 等级公路的速度分布依旧几乎没有变化。

总而言之,从整体车速分布角度看,车辆在接近低等级公路的平面交叉口的过程中,速度分布几乎没有 变化,而在车辆接近城市道路非信号灯交叉口的过程中,速度分布会向速度变小方向的波动。

2.3 交叉口附近车辆速度变化对比分析

针对车辆经过交叉口的过程进行纵向对比,观察车辆速度变化的分布情况。在同一个样本中距离交叉 口远距离的车速与距离交叉口中距离的车速相减、距离交叉口中距离的车速与距离交叉口近距离的车速相 减,这两个速度差值作为速度变化的量化指标。在速度变化归类时把速度变化在 3 km·h<sup>-1</sup> 以内认为是平稳

运行, 变化超过 3 km·h<sup>-1</sup> 认为是加速或减速行 代表平稳运行。以 D&D 为例,它代表了车辆经过 交叉口先加速,而后再次加速的速度变化行为。

从图6中可以看出车辆在接近低等级公路 交叉口的过程中车速变化情况分布比较分散,其 中,不断加速、不断减速、平稳运行占了大约65% 的比重,剩下的情况分布比较平均;而车辆接近 城市非信号灯交叉口的车速变化情况比较集中, 不断减速、不断加速、先平稳运行后减速和先平 稳运行后加速占了大约90%的比重。这说明了城 市道路非信号灯交叉口的情况比较稳定,整体物 理条件比较良好,而低等级公路交叉口的情况比 较复杂,车辆在接近该交叉口时会做出比城市非 信号灯交叉口更加复杂的驾驶行为。



Fig.6 Characteristic comparison of variation about vehicle speeds when vehicles are going across low grade highway intersections and urban unsignalized intersections

建立距离交叉口不同位置的车辆运行速度分布函数 3

从图 1~图 2 中可以看出距离低等级交叉口和距离城市道路非信号灯交叉口远,中,近的车速样本都近 似服从正态分布,分别对其进行 α=0.1 的正态性检验,原假设 H0:不符合正态性,备择假设 H1:符合正态 性。检验结果如表7所示,最大值为0.095,没有 超过显著性水平  $\alpha=0.1$ ,皆通过了正态性检验。

故使用正态分布函数建立距离交叉口不同 位置的车辆运行速度分布函数。

表 8 为距离低等级公路及城市道路交叉口 30 m(远),20 m(中),10 m(近)车辆运行速度平

| 表 7   | 正态性检验          |
|-------|----------------|
| Tab.7 | Normality test |

| 距离 | 低等级公路交叉口 | 城市非信号灯交叉口 |  |
|----|----------|-----------|--|
| 远  | 0.028    | 0.095     |  |
| 中  | 0.004    | 0.057     |  |
| 近  | 0.007    | 0.002     |  |

#### 均值,图7是相应的距离-运行速度关系图。

表 9 为距离低等级公路及城市道路交叉口 30 m(远),20 m(中),10 m(近)车速标准差,图 8 是相应的 距离-速度离散性关系图。

|                            | 表 8 远、中、近车速平均值                                 |  |  |
|----------------------------|--|--|--|
| Tab.8                      | Average vehicle speeds far from, less far from |  |  |
| and near the intersections |  |  |  |

|       | 表9 远、中、近车速标准差                                   |  |  |
|-------|---|--|--|
| Tab.9 | Standard deviations of vehicle speeds far from, |  |  |
|       | less far from and near the intersection         |  |  |

| 位置                                  | 30 m(远)  | 20 m(中)  | 10 m(近)  |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| 低等级公路<br>交叉口/(km·h <sup>-1</sup> )  | 67.691 4 | 67.061 7 | 66.683 1 |
| 城市非信号灯<br>交叉口/(km·h <sup>-1</sup> ) | 47.311 8 | 46.268 8 | 45.096 8 |

 位置
 30 m(远)
 20 m(中)
 10 m(近)

 低等级公路
 18.994 5
 19.272 1
 19.551 2

 交叉口/(km·h<sup>-1</sup>)
 12.154 8
 12.651 8
 13.420 5

得到距离城市非信号交叉口和低等级公路交叉不同位置的车速分布函数。

城市非信号灯交叉口

 $v \sim N(\mu, \sigma^2)$   $\mu = -0.0006x^2 + 0.1365x + 43.796$  $\sigma = 0.0014x^2 - 0.1176x + 14.461$ 

低等级公路交叉口

 $v \sim N(\mu, \sigma^2)$   $\mu = 0.0504x + 66.137$  $\sigma = -0.0278x + 19.829$ 

其中:v为车辆速度; $\mu$ 为车辆速度平均值; $\sigma$ 为车辆速度标准差;x为车辆距离交叉口中心的距离; $R^2$ 为决定 系数或称为拟合度。

使用二次函数与一次函数对城市非信号灯交叉口与低等级公路交叉口不同距离的车速平均值和标准 差进行拟合,拟合度 R<sup>2</sup> 都在 0.97 以上,拟合效果很好。距城市非信号灯交叉口中心距离增大,车速平均值和 标准差的斜率减小,变化逐渐变得平稳,车速平均值和标准差比低等级公路交叉口小;而低等级公路交叉口 的车速平均值和标准差的斜率为定值,单位距离的变化量是不变的。



4 结论

本文通过实验数据,进行低等级公路交叉口和城市非信号灯交叉口车辆速度变化的分布对比分析,得 到主要结论如下:

1)相同设计速度下,低等级公路交叉口附近的平均车速比城市道路非信号灯交叉口的平均车速高很多,且超速现象明显,在本次调查中低等级公路交叉口超速行为占70%以上。

2)低等级公路交叉口的车速分布范围较广,整体呈现略向左偏的正态分布,车辆接近交叉口的过程整体车速分布变化不明显。

3)城市非信号灯交叉口的车速分布范围受到限速的控制,整体呈现略向左偏的正态分布,而且车辆接 近交叉口的过程车速分的偏度逐渐增大、峰值向左波动、峰度降低、有向平顶峰变化的趋势,说明在车辆接 近该交叉口时有整体减速的行为。

4)低等级公路交叉口附近的车速变化比较分散,整体上来说,是由于低等级公路交叉口的道路环境比 城市非信号灯交叉口的道路环境复杂,才造成驾驶员产生更加复杂的驾驶行为。

5)建立低等级公路平交路口及城市非信号灯交叉口两种情况下,距离交叉口中心不同位置的速度分 布函数。

#### 5 意义与展望

研究了低等级公路与城市无信号控制交叉口距离交叉口不同位置车速分布特性,发现低等级公路交叉 口的超速现象十分严重,在本次调查中占70%以上,这是低等级公路的警告标志,车道标线不足导致的。而 对于城市无信号控制交叉口来说,限速标志、车道分隔线,尤其是转向车道设立的作用明显,在本次的调查 中没有发现超速的现象。所以可以在靠近低等级公路交叉口时,比如距离交叉口提前100m设置减速标志, 防止交叉口超速现象的发生,在次路设置停车让行的标志,提醒交叉口次路的车辆注意主路的交通状况,并 完善交叉口的交通标线;保证低等级公路交叉口的停车视距是十分重要的,由于车辆在靠近交叉口时几乎 没有减速的行为,若交叉口视距不良会发生十分严重的交通事故。由于运行车速的85%分位值远高于设计 车速,故停车视距应该按照运行车速的85%分位值进行设计,若不足则应该按照运行车速85%的进行改善。 西藏地区运行车速的分布可以参考本文得到的分布函数。故本文对低等级公路与城市无信号控制交叉口距 离交叉口不同位置车速分布特性的研究,可以提升低等级公路的通行效率,保障这类交叉口的通行安全。

分析了低等级公路交叉口和城市无信号控制交叉口的车速分布特性,发现城市无信号控制交叉口没有 超速现象,而且靠近交叉口有明显的减速现象,并用其的设施设计来指导低等级公路交叉口的交通设施设 计。希望在以后的研究中,对其他车辆状态指标和驾驶行为指标,例如:加速度、航偏角、横滚角、俯仰角、横 向偏移、驾驶员对油门、刹车、视点特性等,进行深入全面的研究。

#### 参考文献:

中国知网

- [1] 毛华荣, 王春雷, 熊燕飞. 农村公路交叉口视距研究[J]. 公路交通科技, 2009(2):41-43.
- [2] 高建刚,陈宏云,郑昊,等. 国外乡村公路交通事故主要致因综述[J]. 公路交通科技,2009,26(11):123-131+135.
- [3] 高建刚,陈磊,陈宏云,等. 国外乡村公路交通事故形态[J]. 中外公路,2009,29(4):250-6.
- [4] 高建刚,陈宏云,许诺,等. 国外乡村公路交通安全保障措施介绍[J]. 公路交通科技,2010,27(8):120-6.
- [5] 张兰芳,方守恩,郭靖宇. 公路平面交叉口交通安全改善设计研究[J]. 交通标准化,2006(7):74-78.
- [6] 顾宇倩. 公路平面交叉口交通安全设计[J]. 现代管理科学,2008(6):53-55.
- [7] 吴颖峰. 国省道干线公路平面交叉口交通安全改善措施[J]. 山西建筑,2007,33(9):281-282.
- [8] 孙宝芸,陆键,戈权民,等. 公路平面交叉口交通安全改善措施[J]. 交通运输工程与信息学报,2005,3(4):50-54.
- [9] 卢为杰,陆键,陆林军,等. 国省干线公路出入口管理系统性安全评价[J]. 华东交通大学学报,2015,32(5):27-34.

## Characteristic Comparison of Vehicle Speed at Low-grade Highway Intersection and Urban Unsignalized Intersection

#### Wang Yue, Chen Yuren

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Intersections are critical junctures for low-grade highway and urban road network and at the same time they are black spots. It is of great significance to obtain the knowledge about vehicle speed characteristics in different positions so as to take traffic management measures and improve transportation facilities. This study used vehicle test to collect vehicle speeds in three kinds of distances respectively—far from, less far from and near—the centers of urban unsignalized intersections and low-grade highway intersections. After comparison and analysis about their characteristics, distribution functions of vehicle speed in different distances to intersection centers were established. It then obtained the pattern of vehicle speed variation at low-grade highway intersections or urban unsignalized intersections, which provides some reference for traffic management and design of transportation facilities.

**Key words**: low-grade highway intersection; urban unsignalized intersection; vehicle speed characteristics; distribution function

(责任编辑 姜红贵)