

文章编号: 0451-0712(2005)07-0113-05

中图分类号: U412

文献标识码: B

运行速度的试算及探讨

唐 云, 吴 林

(中交公路规划设计院 北京市 100010)

摘 要: 简介了运行速度概念, 并用 2 种方法试算某互通立交匝道的运行速度, 比较了计算结果, 从而提出有待解决的问题。

关键词: 运行速度; 试算; 匝道

1 运行速度简介

1.1 运行速度的引入

设计车速的概念于 20 世纪 30 年代提出。在汽车制造业快速发展的近 40 年中, 随着汽车尺寸的加大、功率的提高, 汽车的实际行驶速度与“设计车速”有了很大差别。事故率和破坏严重性的相应增加暴露了“设计车速”的固有缺陷, 如: 现行标准不一致; 设计要素之间不相容; 设计车速与运行车速之间存在差别等。因此, 越来越多的西方国家考虑并实行运行速度设计法。我国亦在 2004 年颁布实施的《公路项目安全性评价指南》(JTJ/T B05-2004)(简称《指南》)中提出运行速度的概念, 并给出运行速度计算方法及运行速度协调性的评价标准。

运行速度是指当交通处于自由流状态, 且天气良好时, 在路段特征点上测定的第 85 个百分位上的车速。运行速度协调性是评价线形设计一致性的指标, 采用相邻单元路段间运行速度的变化值进行评价。

1.2 运行速度计算方法

在新建公路项目的设计阶段是无法以观测的方法得到运行速度的, 而是推算路段运行速度, 进而以此为基础, 对所设计公路的各项技术指标进行评价。《指南》中介绍了 2 种计算运行速度的方法: 依据数学模型进行速度预测(简称“模型法”); 依据图表所示读取路段运行速度(简称“图表法”)。具体方法及规定参见《指南》附录 B。

2 运行速度试算

在山区公路及互通式立体交叉(简称“互通立

交”)匝道的设计中, 由于其设计车速较小, 《公路路线设计规范》(JTJ 011-94)(简称《规范》)中规定的低限设计参数较小, 使得可选用的设计参数值范围较大, 更容易出现诸如长直线或大半径曲线紧接小半径曲线的情况, 导致潜藏更多的安全隐患。运行速度协调性评价在这 2 类路段中的作用更为突出, 意义更为重要。下面就以某定向匝道为例, 用 2 种方法分别进行运行速度的试算。

2.1 试算线形简介

取南京市某高速公路(初步设计阶段)某枢纽型互通立交的一条定向匝道为例。此匝道设计车速为 60 km/h, 为单向单车道匝道, 平面线形如图 1 所示。匝道全长 2 520.807 m, 其中: 渐变段及减速车道(A 点至 A' 点)长 252 m; 加速车道及渐变段(K' 点至 L 点)长 447 m; 匝道净长 1 821.807 m。全线范围内纵坡均小于 3%。本文将试算 A' 点至 K' 点路段上小客车的运行速度。

需要特别说明的是, 匝道选用了半径依次为 8 000 m、1 000 m、250 m、800 m 和 8 000 m 的圆曲线; 相邻 2 段圆曲线间以缓和曲线作为过渡。同向圆曲线间采用一段不完整缓和曲线相连接, 反向圆曲线间采用 2 段完整缓和曲线相连接。缓和曲线的曲率半径逐渐变化, 相邻 2 点的曲率半径是不同的, 但变化是连续的。汽车行驶在缓和曲线路段上时, 其运行速度亦连续变化, 计算此类运行速度比较困难(据悉, 德国正在开展缓和曲线路段运行速度计算方法的研究, 而我国相关部门也已计划开展相关研究工作)。在已经实行运行速度设计法的国家中, 大多将

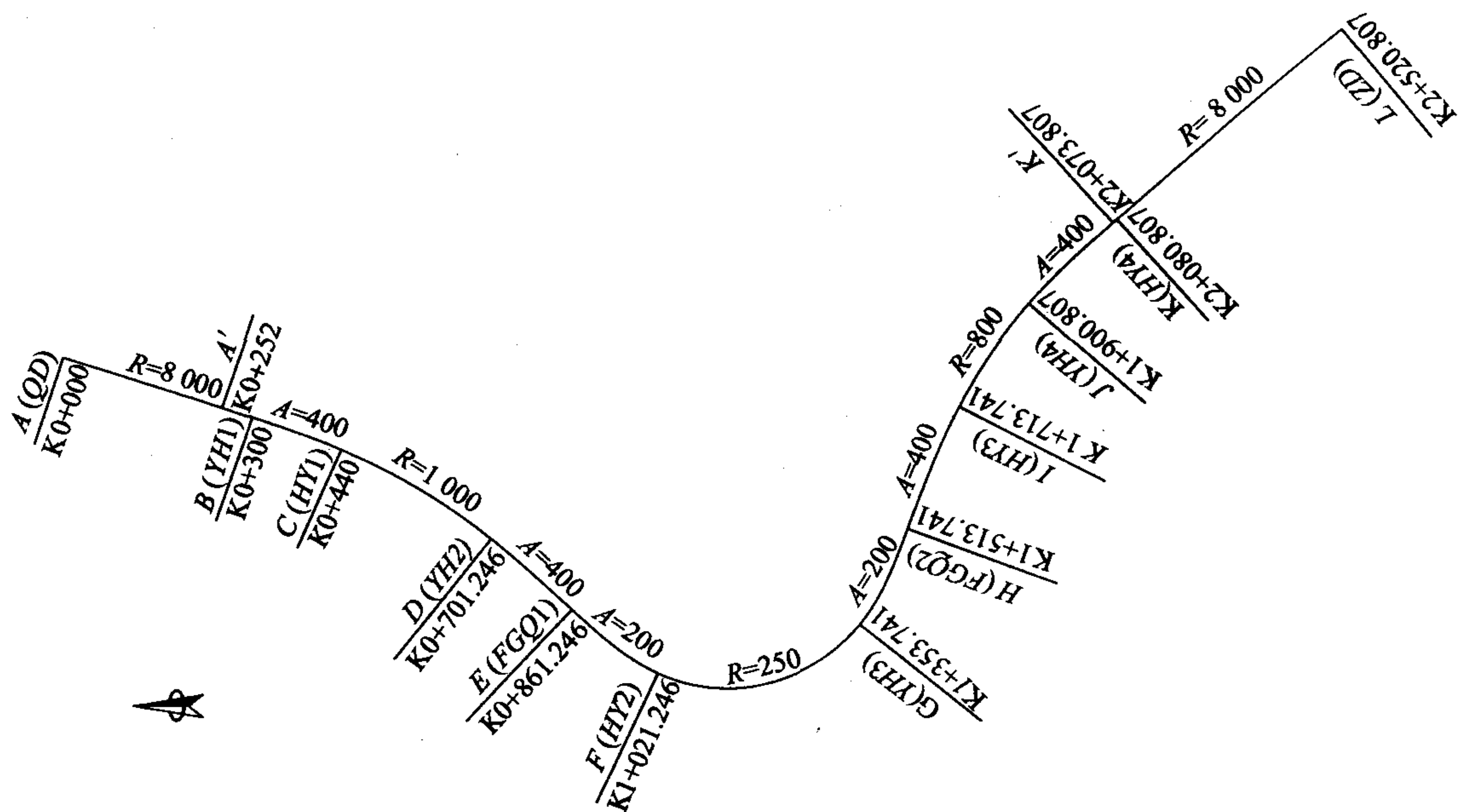


图 1

缓和曲线路段视为平曲线的组成部分,而统归为同一路段加以考虑。以此为原则,可将上述匝道线形视为不同半径圆曲线的首尾相接。

2.2 “模型法”试算演示

《指南》中就“模型法”计算运行速度时提出:半径大于 1 000 m 的大半径曲线自成一段,视作直线段进行考虑;半径小于 1 000 m 的小半径曲线分别计算曲线中部及出口处的运行速度。当圆曲线半径等于 1 000 m 时,路段运行速度的计算方法却没有明确指出。下文将以以上 2 种处理方法分别进行计算,并比较其计算结果。

2.2.1 将 1 000m 半径圆曲线归为大半径曲线

2.2.1.1 路段划分

路段 1:从 A' 点至 E 点,曲线半径为 8 000 m~1 000 m,视为直线段,路段长度为 609.246 m。

路段 2:从 E 点至 H 点,曲线半径为 250 m,自成 1 个路段,单独考虑。

路段 3:从 H 点至 K' 点,曲线半径为 800 m,自成 1 个路段,单独考虑。

2.2.1.2 初始运行速度 V_0

《指南》规定,匝道运行速度的初始速度 V_0 采用匝道设计车速。匝道起点 A' 处的驶入速度为 60 km/h。

2.2.1.3 各路段的运行速度

(1) 路段 1。

根据《指南》中直线段上期望车速计算公式($V_s = \sqrt{V_0^2 + 2a_0S}$)及表 1(《指南》中表 B(1).0.2-2)所

列值,考虑到在互通立交匝道上往往立有限速标志,驾驶员的加速过程比较缓慢,选用较低的加速度值 $a_0 = 0.15 \text{ m/s}^2$,得出此路段终点位置 E 点的运行速度为:

$$V_E = \sqrt{\left(\frac{60\ 000}{3\ 600}\right)^2 + 2 \times 0.15 \times 609.246} \approx 77 \text{ km/h}$$

表 1 平直路段上期望运行速度和推荐加速度值

车 型	小 客 车	货 车
期望运行车速 V_0 /(km/h)	120	75
推荐加速度值 a_0 /(m/s^2)	0.15~0.20	0.20~0.25

(2) 路段 2。

根据表 2(《指南》中表 B(1).2.2-3)所列平曲线上的速度预测模型,选用入口直线—曲线公式推算曲线中部运行速度为:

$$V_{\text{middle}} = -24.212 + 0.834 \times 77 + 5.729 \ln 250 \approx 72 \text{ km/h}$$

表 2 平曲线上的小客车速度预测模型

曲线连接形式	平曲线模型
入口直线—曲线	$V_{\text{middle}} = -24.212 + 0.834V_{\text{in}} + 5.729 \ln R_{\text{now}}$
入口曲线—曲线	$V_{\text{middle}} = 1.277 + 0.924V_{\text{in}} + 6.19 \ln R_{\text{now}} - 5.959 \ln R_{\text{back}}$
出口曲线—直线	$V_{\text{out}} = 11.946 + 0.908V_{\text{middle}}$
出口曲线—曲线	$V_{\text{out}} = -11.299 + 0.936V_{\text{middle}} - 2.060 \ln R_{\text{now}} + 5.203 \ln R_{\text{front}}$

注:《指南》中原出口曲线—直线的平曲线模型公式为 $V_{\text{out}} = -11.946 + 0.908V_{\text{middle}}$,经编写人员核实,存在印刷错误,正确的公式如表 2 所列。

此为路段2运行速度。选用出口曲线—曲线公式,推算曲线终点位置H点的运行速度为:

$$V_H = -11.299 + 0.936 \times 72 - 2.060 \ln 250 + 5.203 \ln 800 \approx 79 \text{ km/h}$$

(3)路段3。

选用入口曲线—曲线公式推算曲线中部运行速度为:

$$V_{middle} = 1.277 + 0.924 \times 79 - 6.19 \ln 800 - 5.929 \ln 250 \approx 83 \text{ km/h}$$

此为路段3运行速度。选用出口曲线—直线公式,推算曲线终点位置K'点的运行速度为:

$$V_{K'} = 11.946 + 0.908 \times 83 \approx 87 \text{ km/h}$$

2.2.1.4 纵坡影响

由于匝道全线纵坡均小于3%,根据《指南》的规定,其对运行速度的修正为0。

2.2.2 将1 000 m半径圆曲线归为小半径曲线

2.2.2.1 路段划分

路段1:从A'点至B点,曲线半径为8 000 m,视为直线段,路段长度为48 m。

路段2:从B点至E点,曲线半径为1 000 m,自成1个路段,单独考虑。

路段3:从E点至H点,曲线半径为250 m,自成1个路段,单独考虑。

路段4:从H点至K'点,曲线半径为800 m,自成1个路段,单独考虑。

2.2.2.2 初始运行速度 V_0 。

按《指南》规定,A'点的驶入速度为60 km/h。

2.2.2.3 各路段的运行速度

(1)路段1。

《指南》规定:200 m以下的直线段视为短直线,汽车行驶在此类路段上的运行速度保持不变。因而得出B点处的运行速度为60 km/h,并作为路段2起点位置的驶入速度。

(2)路段2。

选用入口直线—曲线公式推算曲线中部运行速度为:

$$V_{middle} = -24.212 + 0.834 \times 60 + 5.729 \ln 1\,000 \approx 65 \text{ km/h}$$

此为路段2运行速度。选用出口曲线—曲线公式,推算曲线终点位置E点的运行速度为:

$$V_E = -11.299 + 0.936 \times 65 + 2.060 \ln 1\,000 + 5.203 \ln 250 \approx 64 \text{ km/h}$$

(3)路段3。

选用入口曲线—曲线公式推算曲线中部运行速度为:

$$V_{middle} = 1.277 + 0.924 \times 64 + 6.19 \ln 250 - 5.959 \ln 800 \approx 55 \text{ km/h}$$

此为路段3运行速度。选用出口曲线—曲线公式,推算曲线终点位置H点的运行速度为:

$$V_H = 11.299 + 0.936 \times 55 - 2.060 \ln 250 + 5.203 \ln 800 \approx 64 \text{ km/h}$$

(4)路段。

选用入口曲线—曲线公式推算曲线中部运行速度为:

$$V_{middle} = 1.277 + 0.924 \times 64 + 6.19 \ln 800 - 5.959 \ln 250 \approx 69 \text{ km/h}$$

此为路段4运行速度。选用出口曲线—直线公式,推算曲线终点位置K'点的运行速度

$$V_{K'} = 11.946 + 0.908 \times 69 \approx 74 \text{ km/h}$$

2.2.2.4 纵坡影响

由于匝道全线纵坡均小于3%,根据《指南》规定,其对运行速度的修正为0。

将计算结果绘制于同一张运行速度示意图中,可以发现,A线(将半径为1 000 m的圆曲线归为大半径曲线)与B线(将半径为1 000 m的圆曲线归为小半径曲线)相差13 km/h~17 km/h,如图2所示。《指南》中未就此问题给出明确规定,此处仅做同等试算,并将在下文中通过“图表法”的推算结果对上述2种试算结果提供验证,给出本文观点。

2.3 “图表法”试算演示

2.3.1 路段划分

《指南》中就“图表法”计算运行速度时提出:半径大于600 m的大半径曲线视作直线段考虑;半径小于600 m的小半径曲线按曲线段计算运行速度。以此划分路段。

路段1:从A'点至E点,曲线半径为8 000 m~1 000 m,视为直线段,路段长度为609.246 m。

路段2:从E点至H点,曲线半径为250 m,自成1个路段,依据表3(《指南》中表B(0).0.1-1)第二列及第三列所列数值,路段运行速度为85 km/h。

路段3:从H点至K'点,曲线半径为800 m,视为直线段,路段长度为560.066 m。

2.3.2 初始运行速度 V_0 。

A'点的驶入速度仍为60 km/h。

2.3.3 各路段的运行速度

(1)路段1。

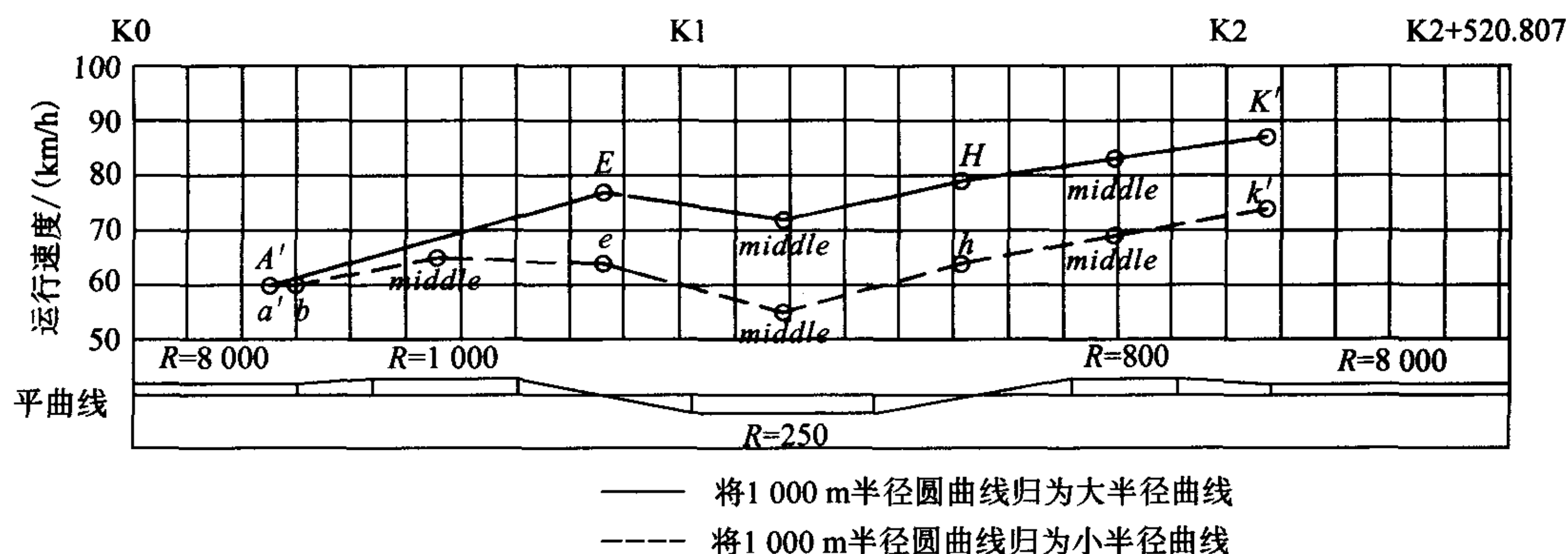


图 2

表 3 路段上小客车的运行车速(节选)

路段半径范围/m	路段单曲线半径/m	路段运行速度/(km/h)
.....
160~260	210	82
180~285	235	84
200~310	260	86
225~335	280	89
.....

计算 E 点(即路段 1 终点位置)的运行车速,查阅《指南》中图 B(2). 0. 1—1, 已知车速为 60 km/h, 直线段长约 610 m, 则到达直线终端 E 点时的运行速度为 78 km/h。如图 3 所示。

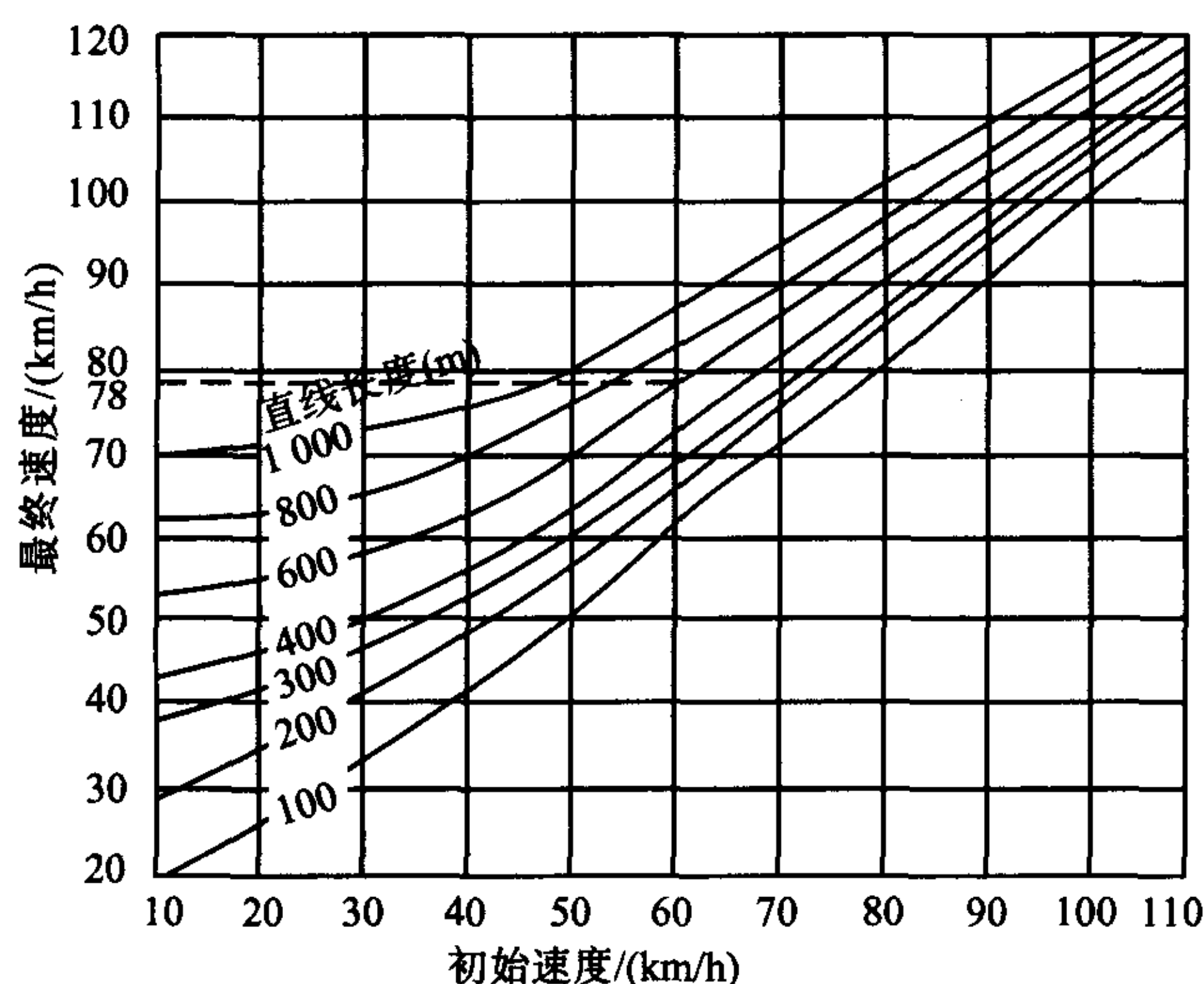


图 3

(2) 路段 2。

计算 H 点(即路段 2 终点位置)的运行车速时, 查阅《指南》中图 B(2). 0. 1—2, 并沿着代表车速为 78 km/h 的曲线向下移, 直至与半径为 250 m 的圆曲线相交, 然后平移至“离开弯道的速度”轴, 读出 H

点驶离车速为 74 km/h。如图 4 所示。

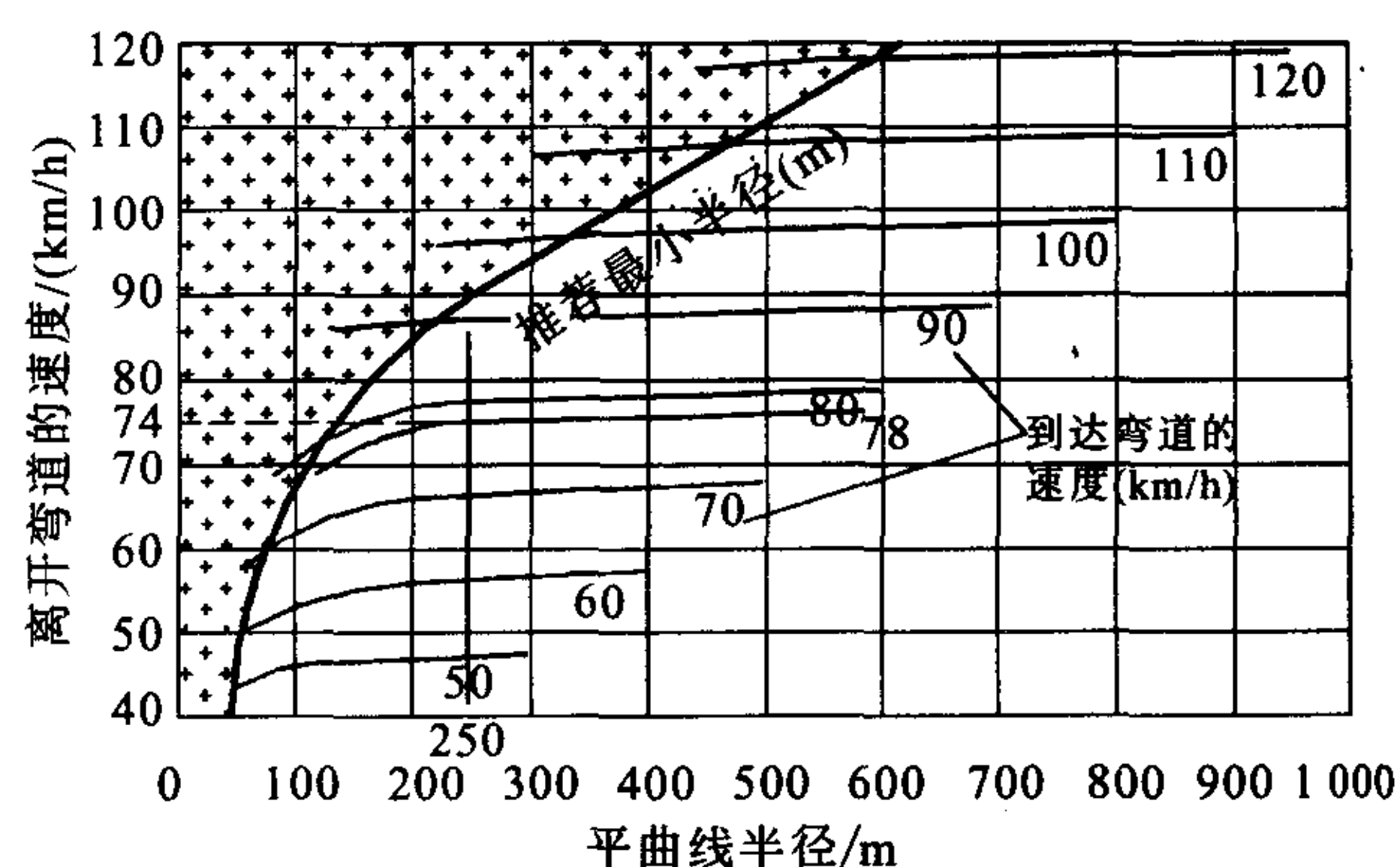


图 4

(3) 路段 3。

计算 K' 点(即路段 3 终点位置)的运行车速, 如图 5 所示, 已知车速为 74 km/h, 直线段长约 560 m, 则到达直线终端 K' 点时的运行速度为 87 km/h。

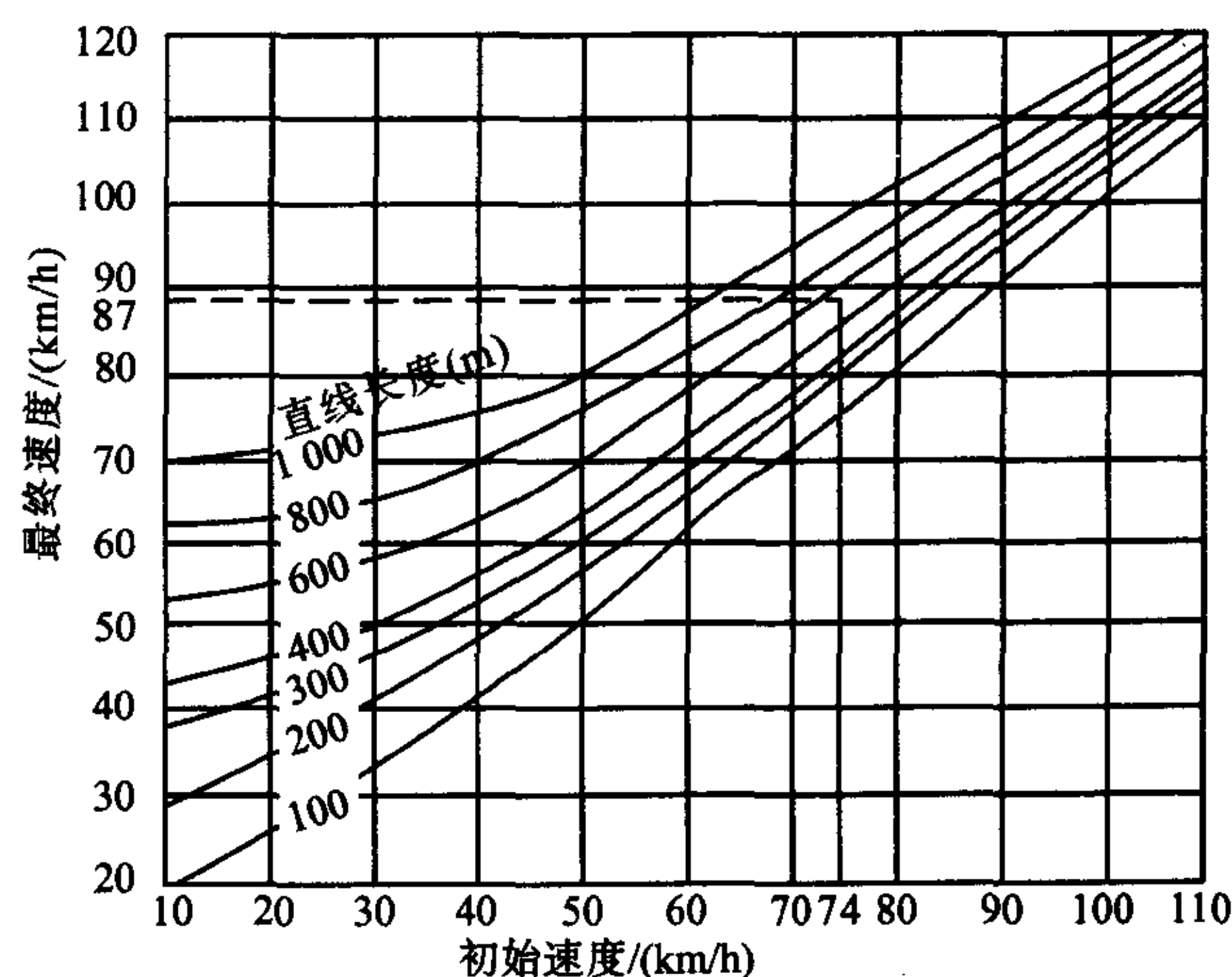


图 5

2. 3. 4 纵坡影响

由于匝道全线纵坡均小于 3%, 根据《指南》的规定, 其对运行速度的修正为 0。

2.4 试算小结

2.4.1 半径为1 000 m的圆曲线

以“图表法”为验证,可以发现在“模型法”计算中,将半径为1 000 m的圆曲线归为大半径曲线时,得出的该路段运行速度为77 km/h,与“图表法”推算出的相应路段运行速度(78 km/h)更为接近。因此,在本示例中,将半径为1 000 m的圆曲线归为大半径曲线更为合理。

2.4.2 “模型法”与“图表法”

从试算过程可以看出:“模型法”计算结果更为准确合理,能够避免“图表法”读图时的误差;而“图表法”推算过程简单、直观、易于操作。特别需要指出的是,对于半径在600 m~1 000 m范围内的圆曲线,虽然2种计算方法将其分别划归为小半径曲线和大半径曲线,但两者的计算结果比较接近。如图6所示,2种方法的计算结果相近,可以互为验证。

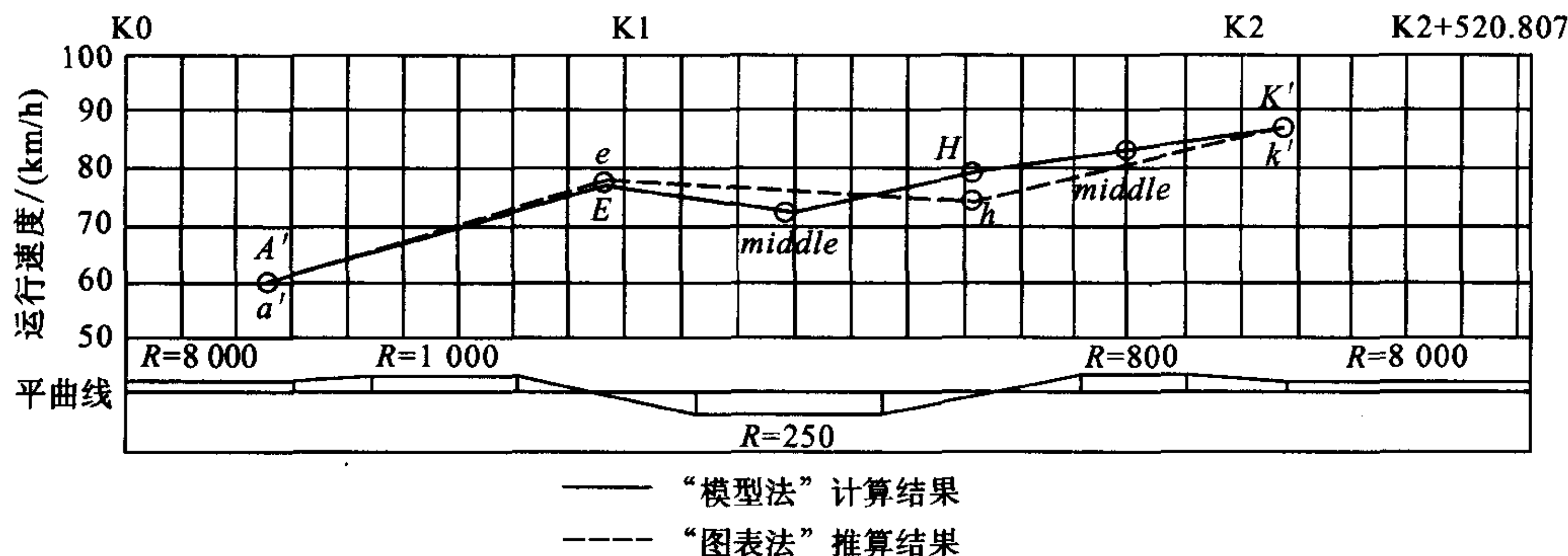


图6

2.4.3 协调性评价

(1)各路段间的运行速度协调性。

匝道起点至路段1间运行速度差值为17 km/h,依据《指南》中的规定,运行速度协调性较好。

路段1至路段2间运行速度差值为5 km/h,运行速度协调性好。

路段2至路段3间运行速度差值为11 km/h,运行速度协调性较好。

(2)设计车速与运行速度协调性。

在匝道的各个路段上,运行速度均大于设计车速10 km/h以上,特别是靠近匝道出口的位置,速度差值接近27 km/h。依据《指南》中的规定,设计车速与运行速度协调性不好。在条件允许的情况下,建议调整平面线形,或在其后的设计中选取适合于匝道运行速度的相应的设计指标,以提高设计车速与运行速度的协调性。

为流畅,行驶更为安全。

3.2 关于半径为临界值的圆曲线

在“模型法”中,对半径为临界值(1 000 m)的圆曲线划归没有明确规定,而且不同归类后的计算结果有很大差异。虽然在本文的算例中推荐将其归为大半径曲线,但并不表明,此种处理适用于所有情况。因此,应在理论基础支持或大量试算验证后,明确方法,以方便在设计工作中的运用。

4 结语

我国开展运行速度研究工作,并将其应用于实际设计中的时间并不长,理论基础需要进一步完善,适用于我国公路实际特点的相关参数也还需继续研究论证,实际操作经验更有待不断积累总结。本文所提出的观点也只是一些浅见,作者希望在向大家介绍这种设计方法的同时,抛砖引玉,对其展开更深入的探讨研究,并使其在设计工作中发挥出它的作用。

3 有待解决的问题

3.1 关于缓和曲线路段的运行速度

缓和曲线是相对复杂的平面线形,它受缓和曲线参数A值的控制,会表现出各种不同的线形特点。在公路的平面设计中,缓和曲线是经常被采用的。如果能够推算此类路段上的运行速度,必将帮助设计人员更为合理地选用缓和曲线,从而使公路线形更

参考文献:

- [1] JTG/T B05-2004,公路项目安全性评价指南[S].
- [2] JTJ 011-94,公路路线设计规范[S].
- [3] 公路路线设计规范修订(送审稿)[Z]. 2003.
- [4] 陈胜营,汪亚干,张剑飞. 公路设计指南[M]. 人民交通出版社,2000.