

文章编号: 0451-0712(2007)03-0022-06

中图分类号: U452.2

文献标识码: B

# 公路隧道洞口平面线形设计有关问题的探讨

林宣财

(中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710075)

**摘 要:** 对《公路工程技术标准》(JTJ B01-2003)中关于隧道洞口平面“线形应一致”的理解分歧,将会对隧道平面线形设计、工程规模、自然环境以及行车条件等产生重大影响。分析、探讨隧道洞口平面线形规定为“线形应一致”的含义,尝试通过安全性分析,基于运行速度与交通安全关系的角度,提出了公路隧道洞口平面线形设计的几点建议。

**关键词:** 隧道洞口; 3 s 行程; 线形一致; 交通安全

1988 年之前,我国公路隧道较少,相关标准、规范又规定隧道内避免设置平曲线,所以公路隧道基本上都为直线隧道。1988 年版《公路工程技术标准》(JTJ 01-88)规定隧道内可以设置平曲线之后,随着我国山区高速公路的快速发展,为了选择合适的隧道洞口位置,缩短隧道长度,降低公路工程造价,隧道平面设计往往采用曲线线形,出现了大量的曲线隧道,隧道洞口也是位于各种曲线线形上。但是,2003 年版《公路工程技术标准》(JTJ B01-2003)对隧道洞口平纵面线形规定为“隧道洞口内外侧不小于 3 s 设计速度行程长度范围内的平纵线形应一致”之后,行业内对技术标准中关于隧道洞口平面“线形应一致”规定的理解分歧愈来愈大,而理解上的差异经常会对隧道平面线形设计、工程方案、工程规模、自然环境等产生重大影响。因此,如何正确理解和合理运用技术标准、规范中的规定进行隧道线形设计,对选择最佳洞口位置、合理控制隧道工程造价、实现全路段方案整体最优具有重大意义。

## 1 历年标准规范对隧道及洞口平面线形规定的回顾与评价

### 1.1 历年标准、规范对隧道及洞口平面线形的规定

#### 1.1.1 公路工程技术标准的规定

1981 年版《公路工程技术标准》(JTJ 1-81)对隧道平面线形规定:“隧道内避免设置平曲线,如必须设置时,其半径不宜小于不设超高的平曲线半径,

并应符合视距的要求。”对隧道洞口线形没有专门规定。

1988 年版《公路工程技术标准》(JTJ 01-88)与 1997 年版《公路工程技术标准》(JTJ 001-97),对隧道及洞口线形规定相同,即“高速公路、一级公路上的隧道和二、三、四级公路上的短隧道的线形及其与公路的衔接应符合路线布设的规定。二、三、四级公路上的特长及长、中隧道位置,原则上应服从路线走向,路隧综合考虑。当隧道为曲线时,其各项技术指标应符合路线布设的规定。”另外,还规定“隧道洞口的连接线应与隧道线形相配合”。但 1997 年版《公路工程技术标准》(JTJ 001-97)条文说明认为,从通风和光线,减少施工难度,改善养护人员、驾驶人员工作条件和旅客舒适要求,以及从提高行车速度等方面来看,都是直线隧道比曲线隧道优越得多。因此,条文说明内容又与 1981 年版《公路工程技术标准》(JTJ 1-81)的规定相同。条文说明对洞口线形没有进一步说明。

2003 年版《公路工程技术标准》(JTJ B01-2003)对隧道平面线形没有特殊规定,对洞口线形规定为“隧道洞口内外侧不小于 3 s 设计速度行程长度范围内的平纵线形应一致”。条文说明强调“是必要的,也是必须的”,没有进一步说明“线形应一致”的含义。

#### 1.1.2 公路路线设计规范的规定

1984 年版《公路路线设计规范》(JTJ 011-84)



没有与隧道相关的规定。1994年版《公路路线设计规范》(JTJ 011-94)、1988年版《公路工程技术标准》(JTJ 01-88)和1997年版《公路工程技术标准》(JTJ 001-97),对隧道平面线形规定都相同,但1994年版《公路路线设计规范》(JTJ 011-94)对隧道连接线由“相配合”规定为“相协调”。

于2006年10月1日起执行的《公路路线设计规范》(JTJ D20-2006)在最后审稿时,将“平纵线形应一致”修订为“平面线形不应有急骤的方向改变”,但又没有解释什么情况属于“有急骤的方向改变”。

### 1.1.3 公路隧道设计规范的规定

1990年版《公路隧道设计规范》(JTJ 026-90),对隧道平面线形的规定和条文说明几乎与1997年版《公路工程技术标准》(JTJ 001-97)完全一样。但对隧道连接线的规定有两条:第一条与1988年版、1997年版公路工程技术标准一样,规定隧道的连接线应与隧道线形相配合;同时增加一条,即“隧道两端平面线形应与路线线形相一致的最小长度规定按设计速度取值”。

2004年版《公路隧道设计规范》(JTJ D70-2004)对隧道及洞口线形的规定,与2003年版《公路工程技术标准》(JTJ B01-2003)的规定完全一样。

## 1.2 对历年标准、规范对隧道洞口平面线形规定的评价

隧道规范与技术标准对隧道及洞口线形规定是相互采纳的关系,而路线规范与技术标准之间是按修订时间先后逐步变化的,相辅相承。从历次技术标准、规范对隧道及洞口平面线形有关规定的修订情况与条文说明来看,在1988年之前隧道内要避免采用平曲线。1988年之后,标准与规范均规定在受地形条件限制时可考虑设置超高的曲线。但在1990年版《公路隧道设计规范》(JTJ 026-90)和1997年版《公路工程技术标准》(JTJ 001-97)条文说明中,反映出对隧道线形采用设超高的曲线是否安全的研究尚未透彻。2003年之前,对隧道洞口附近线形主要规定连接线应与隧道线形相配合(相协调),强调了洞口线形设计,但较含糊。2003年版技术标准主要参照1990年版隧道规范,将“隧道两端平面线形应与路线线形相一致的最小长度规定按设计速度取值”,改为按3s行程取值。经查证表明,历次技术标准、规范的修订对隧道洞口平面线形的规定,仅仅从用词上做了一些变化,实际上从用词“相协调”、“相配合”,到“相一致”、“应一致”来看均较含糊,在条文

说明中也没有详细解释,每次修订几乎都采用“应”字的规范用词。2006版的《公路路线设计规范》(JTJ D20-2006),将“平纵线形应一致”修订为“平面线形不应有急骤的方向改变”,也还是含糊的。

## 2 理解歧意及其产生的影响

### 2.1 不同的理解

#### 2.1.1 不同理解的主要观点

平面“线形一致”如何理解,有些人认为是指直线或圆曲线;有些人认为是指距曲线要素点距离要满足3s行程要求;有些人认为是指避免出现反向曲线,直线或圆曲线是理想线形。后两种理解差异小些。

#### 2.1.2 公路设计指南对平面“线形一致”的不同理解

《降低造价公路设计指南》(2005年版)第三章中,对“线形一致”解释为指同一曲率或连续变化的曲率或曲线线形趋势变化一致的线形,即直线、圆曲线、缓和曲线、缓和曲线与圆曲线组合等4种线形,理想线形为直线或圆曲线。

《新理念公路设计指南》(2005年版)第三章“几何设计”3.5.5节路线指标运用总表中提出“困难路段,缓和曲线与圆曲线可视为一致线形”。但该书第六章“隧道”6.2.3节,在“隧道洞口线形”内容中提出:“所谓平面线形一致,是指采用直线、圆曲线的一种,不能采用缓和曲线。”这种观点认识的基础是隧道洞口如在直线或圆曲线上,司机便可以不用调整方向盘就能保持车辆的正常行驶,保证交通安全。

不同的理解均在较权威的“公路设计指南”两本书中出现,更让人不知按哪种解释执行,许多设计工程师、咨询工程师都感到左右为难。刚出版的公路路线设计规范在出版前审查时,将“平纵线形应一致”修订为“平面线形不应有急骤的方向改变”,显然,这样修改比原规定清晰多了,只是仅有这一句话还是让人觉得不好操作。

### 2.2 执行技术标准、规范要符合其用词要求

在标准规范用词中“应”表示严格的要求,在正常情况下均应这样做。既然技术标准与规范规定隧道洞口前后3s行程长度“线形应一致”,就必须严格遵照执行,否则认为存在安全问题。但理解不同,结果不同。

### 2.3 产生的影响

对于地形条件相对较好的低山丘陵区,隧道设



置一般相对独立,通过路线的反复调整,能够在工程规模变化不大的情况下,较容易做到所想要的线形。而对于地形和地质条件复杂的山区,隧道的设置受隧道长度、隧道前后连接线的工程规模、隧道进出口位置选择等诸多因素制约,就难以做到所采用的线形符合直线或圆曲线线形,特别是对于设置隧道群的路段。

(1)若隧道洞口3 s行程必须采用直线或圆曲线线形,则往往出现以下情况。

①往往出现采取降低洞口连接线,甚至降低隧道内平面线形指标的方法来满足隧道洞口3 s行程的线形要求,可能出现更不利于行车安全的情况。例如:在某山区高速公路项目勘察设计时,隧道洞口内外3 s行程线形采用缓和曲线,行车视距均大于规范规定的110 m要求,通过运行速度检验,该路段运行速度的协调性较好,行车安全有保证。但在审查时专家提出洞口内外3 s行程线形不满足规范要求(必须保证为直线),认为存在安全问题,提出将隧道前后平曲线半径一个从900 m减小为600 m,超高值由3%增大为5%,线形调整后成为长下坡末尾接小半径平曲线;另一个平曲线半径由500 m改为450 m,而450 m半径不满足规范对停车视距的要求。该意见实际上是将安全的线形设计改为不利于安全的线形。

②隧道洞口连接线线形与自然环境不协调,出现高边坡或高架桥,导致隧道洞口连接线的工程规模增加,或对自然环境影响增大。

③对于隧道群路段,易出现公路整体线形因需要满足隧道洞口3 s行程要求,而调整曲线半径大小或改变隧道群之间的曲线组合,使线形设计很僵硬,与自然环境不协调,或使前后线形指标不均衡、不顺畅。

④隧道洞口位置不是预先选定的,而是为了确保洞口内外3 s行程处于直线或圆曲线上,然后通过画图调整“调”出来的,这样的设计很难选择到最佳洞口位置。

⑤已建隧道洞口内外3 s行程线形不满足直线或圆曲线情况较多,若存在安全问题,需要改建,许多隧道改建困难。

(2)若隧道洞口3 s行程可采用缓和曲线等线形,则灵活设计将得以体现。

隧道洞口线形设计时,若能采用各种曲线线形布设,就能最大限度地顺应地形,与复杂的山区自然

条件相协调,使总体方案做到最合理,使洞口位置做到最佳选择,使工程造价得到有效降低,灵活设计得以体现。

隧道洞口“线形应一致”的不同理解,对工程规模、环境影响以及行车条件将产生很大影响,设计实例很多,由于篇幅所限,本文不再列举。

### 3 安全性分析及其对线形的要求

隧道洞内及洞口附近易出现交通事故,对隧道洞内及洞口附近线形提出一些设计要求是必要的。本文从几何线形因素、非几何线形因素,以及运行速度与交通安全的关系等3个方面进行分析研究,找出影响隧道洞内及洞口附近交通安全的主要因素,提出隧道洞口平纵面线形设计的几点建议。

#### 3.1 几何线形因素

##### 3.1.1 平面线形

(1)不同线形及组合线形的影响。

平面线形主要有直线、圆曲线、缓和曲线3种,组合线形主要有直线与缓和曲线、缓和曲线与圆曲线、缓和曲线与缓和曲线(S形曲线)、圆曲线与圆曲线(大圆半径 $R$ 与小圆半径 $r$ 的比值小于1.5)4种。这些线形只要符合规范的要求,就应该是安全的设计,存在安全问题的因素关键在于影响通视条件的曲线半径大小,以及前后线形指标的均衡情况。

(2)平曲线半径大小的影响。

平曲线半径的大小对行车安全影响大。曲线半径小,则使行车视距不足,通视条件差,存在安全问题;只有当曲线半径大到一定程度,通视条件才能满足行车要求,安全就有保证。

不同运行速度相应需要采用多大曲线半径是既安全又经济的,以及前后线形指标差异多大是均衡的,还需进一步研究。

##### 3.1.2 纵面线形

(1)纵坡大小的影响。

纵坡大,大车上坡速度往往偏慢,小车下坡速度往往偏快,都易造成追尾,或超车时由于速度差距大,容易引起交通事故。平面指标高、长大纵坡下坡接隧道进洞,车速往往偏高,由于隧道洞口内外行驶条件差异大,易发生交通事故。洞内平面指标高、长大纵坡下坡出洞,出洞后由于行驶条件的改善,驾驶人员往往会习惯性(条件反射性)地加速,车速也易偏高,若隧道洞口外连接线指标偏低,易发生交通事故。



### (2) 竖曲线半径大小的影响。

竖曲线半径太小,视觉效果差,甚至影响通视条件,对行车安全有影响。

#### 3.1.3 超高设置

超高设置不合理,超高值与运行速度不匹配,重载车易引起翻车。在隧道洞口附近超高过渡太急,渐变率过大,易发生交通事故。

#### 3.1.4 平面宽度

避免宽度突变,避免采用需设加宽的圆曲线半径,保证平面宽度满足安全行车要求是十分必要的。

### 3.2 非几何线形因素

#### (1) 隧道洞内外光线亮度不同的影响。

在车辆由隧道外进洞的过程中发生交通事故较多,主要是由于隧道洞内外的光线亮度差异大,明暗度变化过于急躁,驾驶人员视觉功能不适应,车辆在高速进入隧道过程产生“黑洞”现象,本能地过猛踩刹车,产生“甩尾”,造成方向失控,发生撞击隧道壁或前后车辆追尾的事故。而车辆由隧道内出洞口过程发生交通事故较少,主要是由于车辆在隧道内的运行速度相对低些,出洞过程行驶条件逐渐转好的缘故。

#### (2) 隧道洞内光线差、能见度低的影响。

隧道洞内光线比较差,加之烟雾浓度高,使能见度降低,是诱发隧道内交通事故的主要原因。驾驶人员在环境单调的隧道内行驶时,由于光线差、能见度低,容易出现判断失误,造成追尾或侧向相碰的交通事故。同时,车辆在隧道洞内超车现象还较普遍,增加了交通事故发生的可能性。

(3) 隧道洞内湿度大、尘埃多,路面摩擦系数降低的影响。

隧道洞内由于是相对封闭的特殊环境,得不到雨水冲洗、阳光的暴晒,油渍和尘埃附着在路面上,由于洞内湿度大,降低了路面的摩擦系数,增大了交通事故发生概率。

### 3.3 运行速度与交通安全之间的关系

通过陕西省铜(川)黄(帝陵)高速公路、黄延(安)高速公路、连霍高速公路西安~郑州段、京珠高速公路广东省境内段、晋(城)焦(作)高速公路、广东省清(远)连(州)一级公路等自驾车体验,以及调查访问部分专业司机,对运行速度与交通安全之间的关系主要有以下几点体会(以下观点均针对小车而言)。

#### 3.3.1 超速行驶

高速公路限速往往按设计车速定,有限速却无人监管,实际运行速度一般超速25%~60%。如设计车速为60 km/h路段,实际驾驶速度视平面线形为75~100 km/h;设计车速为80 km/h路段,实际运行速度为100~130 km/h;设计车速为100 km/h路段,实际运行速度为125~150 km/h,甚至更高。目前,小车超速运行是极普遍现象,大多数路段超速在30%以内且运行速度不超过120 km/h,则总体感到是安全的,但超速在30%以上或运行速度超过120 km/h,则行车安全性明显降低。隧道内运行速度一般较低,多数车辆运行速度与设计速度一致,超速也在30%之内,但隧道内超速行驶的总体感觉是不安全。

#### 3.3.2 限速行驶

若按设计车速或交通管理部门的限制车速运行,明显感觉车速偏低,运行速度过低也易使人过于放松,出现驾驶时精力不够集中或麻痹思想,存在交通不安全的隐患。最佳运行速度除特殊路段外,在设计速度基础上增加25%~30%是可行的(小车)。即:设计速度为60 km/h时,更多路段限制车速为80 km/h;设计车速为80 km/h时,限制车速为100 km/h;设计车速为100 km/h时,限制车速为120 km/h。这样规定符合车辆性能的实际情况,较科学,也与国外车速限制基本一致。对于大型车辆应按设计速度限制,特别是长大下坡路段更要严格限制车速,隧道也应按设计速度进行限速。

#### 3.3.3 超车行驶

高速公路、一级公路均为分离的双向四车道以上行驶条件,内外侧车道按理不应叫超车道和行车道,而应按“快速车道”与“慢速车道”来标志,并限制相应车速。实际驾驶过程中往往超车道被占,行车道闲置,速度快的车在行车道上行驶,快了自然超过“超车道慢车”。许多车辆时而按正常超车驾驶,时而按“各行其道”超车驾驶,在交通量较大、大货车较多、慢车较多,同时又有较多超速行驶的小车时,实际埋下了安全隐患,重大交通事故发生就在所难免了。高速行驶中的超车过程最不安全,特别是在隧道内超车。

#### 3.3.4 运行速度与平纵面线形

运行速度的高低关键在于通视条件,而通视条件主要决定于平面线形指标。所以,驾驶者在行驶过程中主要依据平面线形指标掌握运行速度高低,纵坡大小与上下坡不同对运行速度起到助加速与限加



速作用,其他条件对车速影响较小。行驶前方平面指标高,运行速度在加快,运行速度达到驾驶者心理最高车速时,保持相对高速运行;行驶前方平面指标低,立即减速,减到安全速度,保持相对低速运行。如此不断重复,完成出行路程。平纵面线形指标变化突然,在短距离内出现速度差过大(大于 20 km/h),易出现交通事故。隧道洞口内外行驶条件差异大,最易出现速度差大于 20 km/h 的情况,故隧道进出口附近最易发生交通事故,特别是长大下坡后的隧道进口附近。

### 3.3.5 运行速度与曲线超高

运行速度的高低与超高设置合理不合理有一定关系,由于小车往往超速,车辆容易出现失重与打滑;大型车辆又往往速度偏慢,容易出现失衡而翻车。运行速度与超高值是否相匹配对行车安全影响较大。

### 3.3.6 运行速度与隧道照明亮度

一般在隧道进洞前 6 s 行程距离,驾驶者已开始依据洞口平面线形指标适度减速,在隧道进洞前 3 s 行程距离,依据洞口平面宽度的变化、洞内外光线亮度,进一步合理掌握运行速度;若在洞口前速度过快,进洞光线明暗反差大,易出现交通事故。出隧道时,在出洞口之前往往已开始加速,若在洞内速度偏高,洞口外光线太亮,平纵面线形指标偏低,易发生交通事故;白天隧道洞内照明亮度应符合要求,晚上亮度较白天照明亮度可低些,没有照明也可以(服务水平低些);洞内正常照明路段亮度不足,存在交通安全隐患,超车(应禁止)时更不安全。隧道洞内正常路段运行速度一般为 80~100 km/h,照明亮度低、交通量大时运行速度更低。隧道洞内运行速度超过 100 km/h 时,不管线形指标高低、洞内亮度如何,均存在交通安全隐患。

根据以上自驾车体会及调查访问部分司机,认为不同行驶条件下采用不同运行速度是保证交通安全的前提,超速行驶、超车行驶和隧道照明亮度不足是交通肇事的主要原因。设计不够合理是诱发交通事故的因素,如曲线超高设置与运行速度不匹配,长大下坡问题,隧道洞口过渡段照明亮度不足,引导标志、提示性标志设置不合理等。

### 3.4 隧道采用曲线线形有利于控制洞内车速

《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)条文说明 7.0.1“一般规定”指出:“隧道平面线形应与隧道前后线形协调一致,并尽量均衡。影响隧道行车安全

的重要因素是停车视距和车速,因此线形设计必须保证停车视距……曲线隧道从路线布设上很难避免,过去由于考虑施工的难度,以及隧道内通风的效果,不提倡洞内设置平曲线,但随着施工技术的提高,以及通风设备性能的改进,可以根据路线布设的整体需要,采用曲线隧道。曲线隧道有助于控制洞内车速,提高驾驶人员的注意力,而且比直线隧道能够更好地解决光过渡和眼睛的适应问题。”通过已建曲线隧道实际驾驶检验情况来看,确实如此。

## 4 结论与建议

### 4.1 隧道洞口平面“线形应一致”的正确理解

从历年标准、规范对隧道及洞口平面线形的规定查证结果,以及通过对隧道洞内及洞口附近交通安全性分析,可以得出以下结论。

(1)“线形应一致”实际是泛指线形指标不要出现突变。所谓突变是指:①进隧道洞口前连接的平面线形指标过高,甚至是长直线,纵面是大纵坡下坡,洞口附近又是小半径平面线形和小半径凹型竖曲线的情况;②出隧道洞口后连接的平面线形指标过低,且纵坡大、坡差大、凸型竖曲线半径小,而隧道内为平面线形指标高、纵坡较大一路下坡的情况;③隧道洞口采用缓和曲线时曲线超高渐变率过急。

(2)通过对隧道及洞口线形安全性分析研究表明,隧道洞口附近采用曲线线形时,当平曲线半径大到一定值,曲线超高渐变率采用较小值,行车视距达到一定长度,如满足规范要求的长度或更长,正常行车安全就有保证。事实上不论采用何种线形,或距曲线要素点需要多远的位置,驾驶人员都需要不断调整方向盘,修正行驶轨迹,才能保证行驶方向是一致的。为了提高驾驶员的行车舒适性,确保行车安全,需要有足够的行车视距。

(3)曲线隧道有助于控制洞内车速,提高驾驶人员的注意力,而且能够比直线隧道更好地解决光过渡和眼睛的适应问题,所以隧道线形设计应服从路线布设的需要,采用曲线隧道是合理的、安全的,无需回避,也很难避免。

(4)在线形设计符合“线形应一致”的基本要求下,洞口附近线形应与隧道及连接线的总体方案尽量做到整体最优。在确保洞口一定距离内行车视距良好的条件下,对于地形地质条件复杂路段,更要保持线形与地形相协调,选择最佳洞口位置,避开不良地质,避免或减轻偏压,从如何才能选用更大的曲线



半径、更小的超高值、具有更远的行车视距以及降低工程造价等方面综合考虑,其线形设计才是最合理的。避免采用的线形是指标突变的线形。

(5)对于隧道洞口纵面线形问题,则体现在纵面行车视距是否满足要求、视觉效果是否良好等方面。设计应避免将隧道洞口置于小半径凸型竖曲线顶点处,应保证洞口前后视线连续,并具有足够长的行车视距。因此,在满足视距情况下,竖曲线起终点置于洞口附近是允许的,与平面线形相比更不存在安全问题。

#### 4.2 建议

对隧道内外行驶条件差异判别时间采用3 s为极限值,为减轻司机对环境条件变化的心理压力,避免或减少交通事故,洞口附近线形指标宜尽可能长地保持均衡,尽可能采用较高些的技术指标。根据上述结论,对隧道洞口平纵面线形设计提出以下几点建议,供同行参考(以下指标还需进一步研究)。

(1)隧道平面线形采用曲线时,为保证行车视距并控制超高值在4%之内,高速公路最小平曲线半径应大于620 m(80 km/h),一般情况宜大于850 m。

(2)进洞之前的隧道连接线平纵面线形。

①通视条件要满足行车视距要求。

②进洞之前6 s行程距离的纵坡宜小于3%,不应大于4%。

③洞口内外3 s行程距离超高渐变率宜不大于1/200(边线旋转轴)。

④避免平面线形高指标、纵面长大纵坡进洞,如平曲线半径大于5倍一般最小值半径时,纵坡大于3%、坡长大于600 m的情况。

(3)出洞之后的隧道连接线平纵面线形。

①通视条件满足行车视距要求。

②出洞之后3 s行程距离纵坡宜小于3%,不应大于4%,竖曲线半径宜大于2倍一般最小值。

③洞口内外3 s行程距离超高渐变率宜不大于1/200(边线旋转轴)。

④避免隧道内长下坡,坡度大于3%的情况。当洞口内3 s行程距离和洞外6 s行程距离为小半径平面曲线(最小值半径)时,建议连接线平面曲线半径大于1.5倍一般最小半径。

(4)从行驶舒适性考虑,隧道洞口连接线6 s行程距离线形指标应满足以下要求。

①平面曲线半径宜尽量大于一般最小半径的2倍,行车视距宜尽量大于停车视距规定值的1.5倍。

②纵面下坡进洞和出洞下坡宜尽量采用小于3%的纵坡。为了保证在纵面上有较好的视觉效果,竖曲线半径宜大于一般最小半径的2倍,有条件时采用满足视觉要求的竖曲线半径。

(5)连拱隧道、隧道群进出口连接线平纵面线形也应符合上述要求。

#### 参考文献:

- [1] JTG B01-2003,公路工程技术标准[S].
- [2] JTG D20-2006,公路路线设计规范[S].
- [3] JTG D70-2004,公路隧道设计规范[S].
- [4] 新理念公路设计指南[M]. 北京:人民交通出版社, 2005.
- [5] 降低造价公路设计指南[M]. 北京:人民交通出版社, 2005.
- [6] 殷瑞华. 浅谈公路隧道线形的安全设计[Z].
- [7] 沈艾中. 隧道交通事故多发的成因及预防措施[Z].
- [8] 刘伟. 我国公路隧道火灾防救研究[Z].
- [9] 程久胜. 不良地质段的公路隧道设计[Z].