

文章编号: 1002-0268 (2004) 05-0001-04

# 黄金分割比例及其在道路设计中的应用

袁国林<sup>1</sup>, 陈荣生<sup>2</sup>

(1. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096; 2. 南京工业大学土木工程学院, 江苏 南京 210009)

**摘要:** 认为某些数量关系的和谐是造就一切美, 一切和谐事物的普遍规律。黄金分割比例即是使视觉比例和谐的数字关系之一。本文论述了黄金分割比例在道路平面, 纵断面, 横断面, 道路环境景观设计及其敏感度中的应用及错觉现象对视觉比例的影响, 并使道路设计规范中的一些定性化的条文有了明确的量化参照指标, 从而为从事道路设计及科研工作者们提供了一种新的思维方法。

**关键词:** 比例; 黄金分割; 错觉; 道路; 思维方法

中图分类号: U412

文献标识码: A

## Gold Section Scale and its Application in Road Design

YUAN Guo-lin<sup>1</sup>, CHEN Rong-sheng<sup>2</sup>

(1. College of transportation, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China;

2. College of Civil Engineering, Nanjing University of Technology, Jiangsu Nanjing 210009, China)

**Abstract:** In the paper, it has been believed that the harmony of some numeral relations is the general law that creates the beauty and the harmonious things. Gold section scale is one of the numeral scale relations which has the effect of the visual scale harmony. The authors not only discussed the application of the gold section scale in the design of horizontal alignment, vertical alignment, transverse section, the landscape environment and the environmental landscape sensibility but also discussed the influence that the illusion phenomena has impact on the gold section scale. The conclusions in the paper recommend some quantitative provisions in road design specification. Therefore, the conclusion has advanced a new thinking method for the researchers for the design and scientific research in road construction.

**Key words:** Scale; Gold section; Illusion; Road; Thinking method

### 1 黄金分割比例

比例是指空间或几何结构物的整体与局部或局部与局部之间的数比关系。合理地确定空间或几何结构物及其局部构成之间的比例, 可以取得较好的视觉效果。因而和谐的比例能够使人产生赏心悦目的美感。众所周知, 数学的比例源于古希腊。著名的古希腊毕达哥拉斯学派认为: 自然万物最基本的原素是数, 数的原则统摄一切现象<sup>[1]</sup>。并且坚信: 某些数字比例关系的和谐是造就一切美, 一切和谐事物的普遍规律。其中黄金分割比例便是自古以来广泛应用的最著名的使视觉比例和谐的数字关系之一。其含义为: 假设有

一条线段, 如图 1 所示, 被位于其上的 C 点分割为长度不同的两段, 其中长的一段为 a, 短的一段为 b, 则满足黄金分割比例的条件为:  $a:b = (a+b):a$ <sup>[2]</sup>。由此可得  $a:b = 1.618:1 = 1:0.618$ 。C 点为黄金分割点; 其实 0.618 即为常用来阐明物品外形比例的费博纳西基数 (Fibonacci series) 的收敛结果。



图 1 黄金分割线段

如图 2 所示: 若以 a 为长 b 为宽构成一个长方形, 则此长方形即为黄金分割长方形。在黄金分割长方形中, 以宽的长度截去一个正方形, 则余下的长方形仍然是一个黄金分割长方形。再在余下的黄金分割

长方形中，以其短边为长度截去一个正方形，则余下的长方形仍然是一个黄金长方形，此过程可以无限地进行下去。黄金分割比例最大的特点是突破了对称性，但看起来却是最优美、最匀称的平衡。

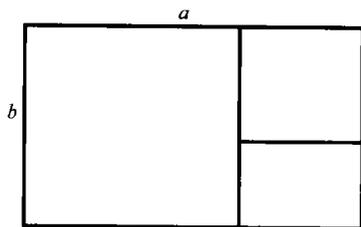


图2 黄金分割矩形

## 2 黄金分割比例在道路设计中的应用

### 2.1 在道路线形设计中的应用

《公路路线设计规范》<sup>[3]</sup> (JTJ011-94) 9.2.2.4 条款中指出：直线长度不宜过短，特别是同向曲线间不得设置短的直线。那么同向曲线之间的直线究竟应该多长才能满足要求？比例多大合适呢？这个问题实质上是直线和曲线之间的比例关系问题。笔者认为：可按以下两种情况分别进行处理<sup>[4]</sup>。

(1) 顺应自然地形，强调以曲线为主的公路，优美的线形组合应为：曲线段与直线段的长度之比为0.618左右。

(2) 在地形起伏不大，比较平坦的地区强调以直线为主的公路，优美的线形组合应为：直线路段的长度与曲线段的长度之比应等于0.618左右。《公路路线设计规范》(JTJ 011-94) 9.4.2.2 条款中指出：平纵面线形的技术指标应大小均衡，使线形在视觉上，心理上保持协调。9.4.3.1 条款中指出：平曲线与竖曲线应相重合，且平曲线应稍大于竖曲线，如图3所示。

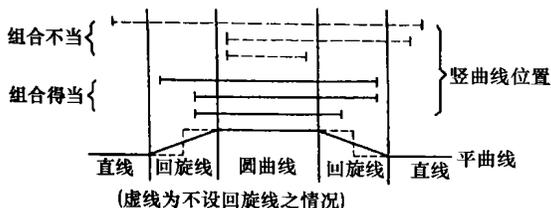


图3 平曲线与竖曲线的组合

竖曲线的长度在整个纵断面线形中究竟占多大比例才合适？根据《公路路线设计规范》9.2.2.4 条款所确定的比例0.618 之值以及 9.4.2.2 条款、9.4.3.1 条款的要求，可得出如下结论：

(1) 在平面线形中，当平曲线段长度与直线段长度之比等于0.618左右时，在纵断面线形中，竖曲线

段长度与直坡段长度之比亦应为0.618左右，或略小一点儿。

(2) 当直线段长度与曲线段长度之比等于0.618左右时，在纵断面线形中，直坡段长度与竖曲线段的长度之比亦应为0.618左右，或略大一点儿。确定回旋线参数时，应在  $R/\beta \leq A \leq R$  范围内选定，其中  $A$  为回旋线参数； $R$  为与回旋线相连接的圆曲线半径。笔者认为：最佳的回旋线参数  $A$  值应取为  $A=0.618R$ 。9.2.5.1 条款中指出：在由回旋线-圆曲线-回旋线组成的平曲线的基本型中，回旋线-圆曲线-回旋线的长度之比宜为1:1:1。笔者认为，从视觉效果上看，在1:1:1的比例中，回旋线会显得过长，特别是在平曲线比较短的时候，这一问题显得更加突出，合适的比例宜为1:1.6:1，如图4所示。9.2.5.2 条款中指出：在S型曲线中，两个反向圆曲

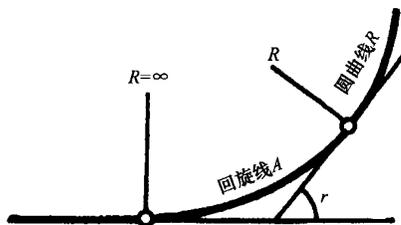


图4 基本型

线的半径之比不宜过大，以  $R_1/R_2=1 \sim 1/\beta$  为宜， $R_1$  为大圆曲线半径 (m)， $R_2$  为小圆曲线半径 (m)。笔者建议， $R_1/R_2$  之值应为0.618左右，如图5。9.2.5.3 条款中指出：在卵型曲线中，用一个回旋线

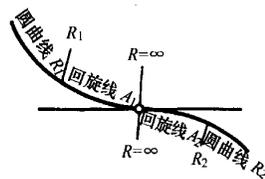


图5 S型

连接两个同向圆曲线时，卵形回旋线的参数应符合  $R_2/\beta \leq A \leq R_2$ ，两圆曲线半径之比以  $R_2/R_1=0.2 \sim 0.8$  为宜。笔者认为，最佳的  $A$  值应为  $A=0.618R_2$ ， $R_2/R_1=0.618$ ，如图6。

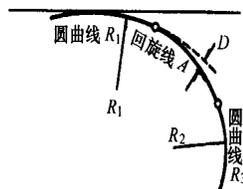


图6 卵型

## 2.2 在道路横断面设计中的应用

道路横断面是指道路中线上各点的法向切面。合理的道路横断面设计应能够反映构成道路本体并满足一定功能需求的各种几何结构物之间以及道路本体与其周围建筑物之间的良好比例关系，亦即：应能够给人以爽心悦目的视觉比例关系。据研究发现，当一条道路两侧的建筑物高度与该条道路的宽度之比超过 1:1 时，就会使行人产生穿越峡谷之感<sup>[5]</sup>。当高宽比为 1:1, 1:2 和 1:3 时，建筑物布局通常最令人感到满意<sup>[5]</sup>。而黄金分割比例  $1:1.618=0.618$  即在 1:1 和 1:2 之间。故合理的道路两侧的建筑物或几何结构物（如：灯柱）的高度与道路宽度之比应在 0.618 左右。

当进行道路横断面设计时，在挖方路段路堑两侧的边坡坡度的大小是值得认真研究的问题。针对这一问题，笔者认为，考虑到各种因素对道路使用者视觉的影响，符合视觉上的美感与心理上的舒适感的路堑边坡度  $\alpha$  的大小应在  $35^\circ \sim 38^\circ$  之间。当  $\alpha=38^\circ$  时，路堑边坡的景观视觉敏感度  $S=\sin\alpha$  之值为 0.618 即  $S=0.618$ <sup>[4]</sup>。

## 2.3 路面结构设计中的黄金分割比例

进行普通水泥混凝土路面结构设计，为减小收缩应力和翘曲应力，混凝土面层一般由纵向及横向接缝划分为有限尺寸的矩形板。在确定路面板的平面几何尺寸时，根据行车道的宽度需求，板宽通常为 3.5~3.75m，在确定板的长度时，通常取为 5m 左右，因为这时板内所产生的翘曲应力不至于使板开裂<sup>[6]</sup>。若再结合车辆对行驶舒适方面的要求，为尽可能减少由于横缝的设置而对车辆行驶所产生的不利影响，笔者建议，板的长度应取为 5.5m 左右。这时混凝土路面板的宽度及长度之比为  $3.5/5.5=0.636$ 。该值近似等于黄金分割比例。

还有一些值得十分注意的结论：

(1) 计算在圆形均布垂直荷载作用下弹性半空间体（柔性承载板）表面的位移时，如图 7 所示，有下面两个公式：

圆形均布垂直荷载直接作用下的表面中心处的最大弯沉为<sup>[7]</sup>

$$W|_{z=0} = \frac{2pa}{E} (1-\mu^2) \quad (1)$$

圆形均布垂直荷载直接作用下的表面边缘处的垂直位移为<sup>[7]</sup>

$$W|_{z=a} = \frac{4pa}{E\pi} (1-\mu^2) \quad (2)$$

从以上两个函数表达式可以得出如下结论：圆形

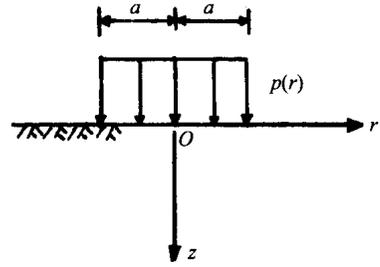


图 7 圆形均布垂直荷载置图

均布垂直荷载作用面积的边缘处的垂直位移为其表面中心处弯沉的 0.636 倍。而 0.636 则近似等于黄金分割比例。

(2) 通过计算表明，当三跨连续梁桥的主跨与两边跨之比为 1:0.618 时，其结构对于承受车辆荷载的作用是最优的，而桥梁的跨度比例也是令人爽心悦目的，如图 8 所示。

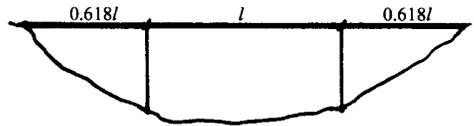


图 8 三跨连续梁桥的结构布置

## 2.4 在道路环境景观设计中的应用

基于视觉方面所考虑的与道路本体密切相关的环境景观设计除了应与道路的本体相协调，并能适应道路所通过地区的地形，地区特征及历史特点外，如能再满足以下指标的要求，则道路的本体将会为道路使用者提供更加美好的视觉上的美感及舒适感，进而提高道路的总体服务质量。

(1) 与整个路段相关的相同环境景观宜占整个路段长度的 60% 左右。若公路两侧的绿化带全是品种、姿势相同的树木，则必然会使公路的使用者感到其周围的景观缺少变化而令人乏味<sup>[8]</sup>。

(2) 与公路环境景观密切相关的与人的视觉有关的物理指标是环境景观敏感度。其定义为：公路环境景观敏感度是公路及其周围的环境景观被人们所注意的程度的量度，也是环境景观的可见性，清晰性以及醒目程度等方面的综合和反映。它和环境景观的空间位置与公路本身的相对位置及环境景观的物理属性等方面有着密切的关系。公路环境景观的综合敏感度 S 的计算公式为<sup>[9]</sup>

$$S = \frac{S_{a1} + S_{a2} + S_d + S_i + S_c}{n} \quad (3)$$

其中， $S_{a1} = \sin[\arctan i]$ ， $i$  为地面横坡度。 $S_{a2} = \sin[\arctan(1/m)]$ ， $m$  为路堑边坡值。 $S_d = 1$ ， $d < D$ ， $D$  为公路使用者能较清楚地观察公路周围某种环境景观的元素，质地或成份的最大距离。 $S_d = D/d$ ， $d$

$> D$ ,  $d$  为公路使用者距景观的实际距离。从  $S_d$  的计算公式可知  $S_d$  在  $0 \sim 1$  之间。 $S_l = l/L$ ,  $L$  为路段总长度 (m),  $l$  为对应于该路段的某景观路段的长度 (m),  $S_l$  之值在  $0 \sim 1$  之间。 $S_c$  为色彩敏感度, 黄色为 1, 红色、绿色、蓝色为  $3/4$ 、 $1/2$ 、 $1/4$ ,  $S_c$  之值在  $0 \sim 1$  之间。景观综合敏感度  $S$  应在 0.618 左右, 公路全线范围内的环境景观敏感度曲线图应如图 9 所示。



图 9 道路全线综合景观敏感度

### 2.5 错觉及色彩的胀缩对黄金分割比例的影响

所谓错觉是指根据人们的视觉所获的信息与人们所观察的实际物体的特征之间存在着矛盾与差别<sup>[8]</sup>, 如图 10、图 11 所示。

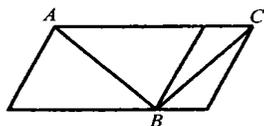
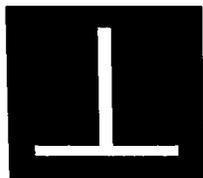


图 10 两条垂线长度相等 图 11 两条对角线长度相等

(1) 当方向指示力较为强烈时, 往往使人们对简单的几何图形在视觉上造成判断上的错误。如图 10, 虽然水平方向上的直线与垂直方向上的直线有相同的长度, 但是看起来水平方向的直线好像比垂直方向上的直线短。在图 11 中, 两个平行四边形的对角线长度相等, 但看起来大的平行四边形的对角线  $AB$  似乎比小的平行四边形的对角线  $BC$  长一些。

基于上述错觉现象, 道路设计工作者在对与道路密切相关的附属结构物 (如交通标志牌等) 的几何形状进行设计时, 除了考虑黄金分割比例外, 还应注意错觉现象, 并将错觉现象巧妙地运用到在确定与道路相关的几何结构物的形状的过程之中。

(2) 色彩的胀缩是指色彩在对比过程中, 某些色彩的轮廓给人以胀大或缩小的感觉。产生这种现象的主要原因是人的眼睛在观察几何结构物的色彩时, 有一种生理上的光渗现象。浅色的物体在人眼的视网膜上所形成的物象表面总有一圈光包围着。好像把深色背景下的浅色物体在视网膜上所形成的物象扩大了。所以看起来物体色彩的面积有所胀大。如法国的看起来宽度相同的红、白、蓝三色条纹国旗, 其实是由红、白、蓝三种色彩的面料按宽度之比分别为  $35 : 33$

:37 制作而成的<sup>[9]</sup>。

由于与道路本体密切相关的与视觉有关的环境景观是由具有不同色彩和形状的几何结构物组成的。因此, 在处理与道路设计密切相关的具有不同色彩和形状的几何结构物之间的关系时, 除了应考虑黄金分割比例的应用之外, 还应考虑几何结构物的不同色彩对几何结构物在道路使用者视觉里的空间尺寸及相互间比例大小的影响。

从上面所论述的错觉及色彩的胀缩现象可以得出下面的结论: 当我们在确定构成道路本体的几何结构物的几何形状及色彩时, 除了应考虑黄金分割比例的影响之外, 还应根据几何结构物所处的具体环境情况及其色彩构成情况和几何形状所产生的错觉及色彩胀缩现象, 对影响几何结构物在道路使用者视觉里的几何形状的技术指标之间的比例进行适当的调整, 以便取得最佳的视觉比例。因此, 考虑到错觉现象及色彩胀缩现象, 在确定几何结构物几何形状的最佳尺寸比例及其色彩构成时, 黄金分割比例的应用范围可以扩展为  $0.60 \sim 0.65$  之间。

### 3 结语

上面论述了黄金分割比例在道路平面、纵断面、横断面、道路景观设计及其景观敏感度中的应用情况, 并注意到了在确定路面结构、桥梁结构以及对圆形垂直均布荷载作用下的弹性半空间体进行沉降位移力学分析时所存在的与黄金分割比例 0.618 密切相关的数字比例规律, 还论述了错觉及色彩的胀缩现象对黄金分割比例的影响。并认为黄金分割比例的应用范围可以扩展为  $0.60 \sim 0.65$  之间。

#### 参考文献:

- [1] 郑宏. 环境景观设计 [M]. 北京: 中国建筑出版社, 1996.
- [2] 王健. 交通美学 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992.
- [3] 中华人民共和国交通部. 公路路线设计规范 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [4] 袁国林. 公路环境景观敏感度的分析计算及其应用 [J]. 公路 2002 (3): 14.
- [5] [英] J 麦克卢斯基著, 张仲一, 卢绍曾, 译. 道路型式与城市景观 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.
- [6] 姚祖康. 道路路基和路面工程 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1998.
- [7] 朱照宏, 王秉刚, 郭大智. 路面力学计算 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1985.
- [8] 袁国林, 程建川. 错觉及其在公路线形设计中的应用 [J]. 中国公路学报, 2002 (2): 19.
- [9] 王健. 交通美学 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992.