

# 山区高速公路桥梁造价分析

吴 刚<sup>1,2</sup>, 陈晓宇<sup>3</sup>, 孙向东<sup>1</sup>

(1. 广东省公路勘察规划设计院, 广东广州 510507; 2. 华南理工大学交通学院, 广东广州 510641;

3. 广东省交通咨询服务中心, 广东广州 510101)

**摘要:**交通部示范项目广梧高速公路是典型的山区高速公路, 沿线地形、地质条件均十分复杂, 构造物多, 技术难度大, 桥梁设计合理与否对整条公路的造价影响较大。该文旨在通过具体数据, 在桥型方案、上部构造、下部构造和基础方面提出一些控制桥梁造价的思路。

**关键词:**山区; 桥梁; 高速公路; 造价

**中图分类号:** U442.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-7716(2007)01-0041-04

## 1 概述

广东广州至广西梧州高速公路双凤到平台段(广梧高速)是典型的山区高速公路, 全线采用高速公路标准设计, 双向四车道, 整体式路基标准宽度 24.5m, 分离式路基宽度 12.25m。山区公路地形、地质条件复杂, 路线布设受地形制约, 平面线形以曲线为主; 路线在山岭间穿越, 为满足纵坡的平稳过渡, 跨越山谷地段, 桥墩高度普遍较高, 大型桥梁构造物较多; 桥位处纵、横断面地形起伏大, 在同一座桥梁中, 相邻桥墩高度甚至同一桥墩的墩柱高度差别都有可能很大; 桥梁建设受施工场地、运输条件等的制约。以上特点与平原区公路截然不同, 因此桥梁构造物设置及桥型选择时, 必须适应本项目基本特点, 以充分贯彻“安全”、“环保”、“舒适”、“和谐”的总体设计原则。桥梁构造物的设置是否合理, 桥型方案是否可行, 工程造价是否经济, 施工方法是否可行, 都需作出多方案的比较和选择, 以期获得最优化的设计方案。

## 2 桥梁总体造价考虑

(1) 从经济、适用、安全和方便施工出发, 桥型选择尽可能采用标准化、系列化、工厂化程度高、造价经济、经验成熟的预制装配施工法, 以确保工程质量、加快建设速度、降低工程造价。

(2) 沿线桥梁上部结构, 通过常用跨径的技术经济比较, 较多采用 20 m 空心板、25 m T 梁、30 m T 梁、40 m T 梁、50 m T 梁。针对本项目地形、地质特点, 进行了不同桥梁跨径与不同墩高组合的经济性比较, 得出了跨径与墩高的最经济组合方式。

(3) 沿线中小桥的设计充分考虑桥梁的运输条

件, 根据沿线桥梁的分布情况, 所有预应力混凝土空心板采用先张法进行工厂预制, 并在合适的地方设置预制厂。在运输条件困难情况下, 高架桥现场预制厂附近的中小桥有条件时, 采用与高架桥上部结构形式一致的桥跨结构, 以方便施工, 其余的中小桥由于运输困难, 则采用现浇连续箱梁结构。

(4) 山区高速公路桥梁的墩高变化均较大, 并且桥梁总长度占路线总长度比例较大, 因此本项目针对其路线及地形、地质等特点进行了多种桥梁跨径与不同墩高进行组合的经济性比较, 得出了跨径与墩高的最经济组合方式, 具体比较结果详见后述。

(5) 该项目的地形变化大, 横坡较为陡峭, 下部结构的形式选择对桥梁结构安全、美观、经济、环保具有较大的影响, 因此针对地形、地质条件对下部结构的形式采用分幅双柱墩、整体双柱墩与整体三柱墩, 进行技术经济的综合比较, 并最终推荐分幅双柱墩。在地面横坡较大处(大于 25° 时)进行了双柱墩与薄壁墩配承台桩基的比较, 并最终推荐薄壁墩。桥台多采用较为经济和施工方便的肋式台或柱式台。当墩、台处地形变化平缓、地基持力层较好且基础设置不影响山坡稳定时, 则采用扩大基础。

(6) 结合沿线地质, 对大直径单桩与小直径双桩进行了经济比较。根据比较结果, 在桩长大于 25 m 时,  $\phi 2.2$  m、 $\phi 2.5$  m 单桩方案造价高于 2 $\phi 1.4$  m、2 $\phi 1.5$  m 双桩配承台方案, 因此对  $\phi 2.2$  m、 $\phi 2.5$  m 单桩采用双桩配承台代替。但当地面横、纵坡变化较大时, 承台施工势必造成大面积开挖, 不利于环保及边坡稳定, 此时仍然采用单桩方案。

## 3 桥梁上下部结构比选

### 3.1 桥梁跨径与墩高、桩基组合的比选

通过对同等跨径、不同墩高配不同桩基的桥梁进行内力计算分析, 得出以下的桥梁经济性比

收稿日期: 2006-07-10

作者简介: 吴刚(1980-), 男, 山西太谷人, 工程师, 从事桥梁设计工作。



较表(桥长以 250 m 为例,分离式双柱墩,均按嵌岩桩设计),见表 1。

表 1 桥梁墩高组合经济比较表

上部结构形式	墩高(m)	柱径-桩径(m)	每平方米桥面的总造价(元/m <sup>2</sup> )
20 m 空心板 (先简支后连续)	10	1.0~1.2	1720
	15	1.2~1.3	1896
25 m T 梁 (先简支后连续)	10	1.2~1.3	2142
	15	1.2~1.3	2291
	20	1.3~1.5	2437
30 m T 梁 (先简支后刚构)	15	1.4~1.6	2547
	20	1.4~1.6	2703
	30	1.4~1.6	2981
	40	1.6~1.8	3302
40 m T 梁 (先简支后刚构)	30	1.8~2.0	3095
	40	2.0~2.2	3507
	45	2.0~2.2	3620
	50	2.2~2.5	3937
50 m T 梁 (先简支后刚构)	45	2.2~2.5	3602
	50	2.3~2.5	3729
	55	2.3~2.5	3902

从表 1 分析可见,跨径与墩高、桩基存在着一定的规律,使其经济性达到最优。表中情况表明:墩高在 15 m 以下时采用 20 m 空心板,15~20 m 时采用 25 m T 梁,墩高在 20 m~30 m 时采用 30 m T 梁,而墩高在 30 m~45 m 时采用 40 m T 梁,45 m 上上墩高的结构采用 50 m T 梁。

3.2 分离式双柱墩、整体三柱墩与整体式双柱墩的经济比较

下面以 20 m 跨简支空心板及 30 m 跨简支 T

梁为例,对半幅路基双柱墩和整幅路基整体三柱墩及整体双柱墩作经济比较(均按嵌岩桩设计),详见表 2。

从表 2 分析可见,分幅双柱墩最为经济,整体三柱次之,整体双柱墩的造价最高。

3.3 高墩形式的比选

高度大于 45 m 以上的高墩形式选择,对结构施工及运营阶段的安全性、舒适性、经济、美观等具有较大的影响,因此有必要对高墩作专门的比选工作。

对于高墩的形式,主要有以下几种形式可选:

(1)空心薄壁墩;(2)双圆柱墩;(3)工字形薄壁墩;(4)矩形墩。

墩柱断面形式如图 1 所示。

以上四种断面形式的抗弯惯矩比为 1 : 0.626 : 0.829 : 0.683,面积之比为 1 : 1.491 : 1.491 : 1.491。

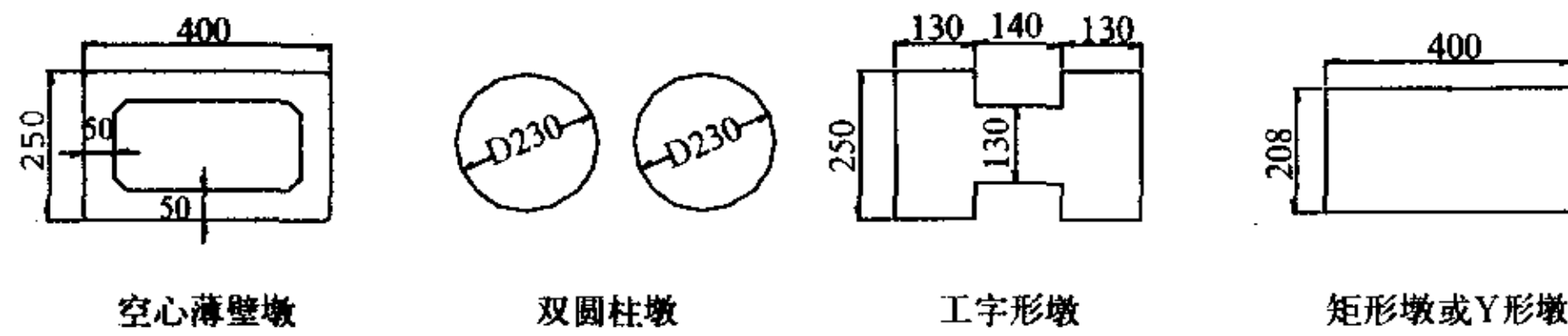


图 1 墩柱断面形式(单位:cm)

可见四种断面形式中,空心薄壁墩刚度最好,混凝土材料也最少,而双柱墩刚度最小。

经济性比较见表 3。

从上述的比较可以表明:

(1)刚度最大为空心薄壁墩,其余依次为工字

表 2 桥墩工程数量比较表

项目		单位	半幅双柱(全幅统计)	整体三柱(全幅统计)	整体双柱(全幅统计)
20m 跨径空心板	外型尺寸	cm	150(宽)×130(高)×1186(长)×2	150(宽)×150(高)×2436(长)	160(宽)×180(高)×2436(长)
	盖				
	梁				
	混凝土	m <sup>3</sup>	42.7	52.7	65.0
	钢筋	kg	6405	6851	8450
	钢绞线	kg	305(3×φ15-15)	2601(6×φ15-15)	
	墩柱				
	外型尺寸	cm	4×D100(墩高 8m)	3×D120(墩高 8m)	2×D130(墩高 8m)
	混凝土	m <sup>3</sup>	25.13	27.14	21.24
	钢筋	kg	3017	3257	2549
	桩				
	外型尺寸	cm	4×D120(桩长 26.0m)	3×D130(桩长 26.0m)	2×D150(桩长 26.0m)
30m 跨径T梁盖梁	基				
	混凝土	m <sup>3</sup>	117.6	103.5	92.0
	钢筋	kg	7057	7766	6892
	建安费	元	343180	345812	346615
	估算造价比		1	1.007	1.01
	外型尺寸	cm	160(宽)×150(高)×1084(长)×2	160(宽)×180(高)×2334(长)	180(宽)×200(高)×2334(长)
	盖				
	梁				
	混凝土	m <sup>3</sup>	48.52	65.2	77.7
	钢筋	kg	7278	8476	10099
	钢绞线	kg		1422(3×φ15-17)	2801(6×φ15-17)
	墩柱				
	外型尺寸	cm	4×D140(墩高 17m)	3×D160(墩高 17m)	2×D180(墩高 17m)
	混凝土	m <sup>3</sup>	104.7	102.5	86.5
	钢筋	kg	12564	12300	10380
	桩				
	外型尺寸	cm	4×D160(桩长 28.5m)	3×D180(桩长 28.5m)	2×D200(桩长 28.5m)
	基				
	混凝土	m <sup>3</sup>	229.2	223.9	179
	钢筋	kg	13752	16791	13430
	建安费	元	650582	660340	661642
	估算造价比		1	1.015	1.017



形墩、矩形墩、双柱墩。

(2) 经济性最优为双柱墩，其余依次为空心薄壁墩、矩形墩、工字形墩，但造价均相差不大。

3.4 大直径单桩与小直径双桩的比选

本项目桥梁的墩高普遍较高，分离式双柱墩的桩、柱尺寸随跨径及墩高的增加而增加，桩径增加到一定值后，单桩(相对单柱而言)造价可能还高于两根小桩(相对单柱而言)配承台的造价，对 D2.0 m 及以上桩径的桩基做了单、双桩的比较，两种桩基方案的平面布置如图 2 所示。

每种桩基均以 40 m T 梁方案产生的桩顶竖向力计算桩长，考虑了全线地质分布情况后，分摩擦桩和嵌岩桩两种桩基类型进行比较。两种桩基方案的经济比较结果见表 4 (表中一栏内有两个数据时，斜线上数据对应于摩擦桩，斜线下数据对应于嵌岩桩)

从表 4 可以看出，D2.0 m 单桩方案造价低于 2D1.3 m 双桩方案造价，D2.2 m 单桩方案造价高于 2D1.4 m 双桩方案造价，D2.5 m 单桩方案造价高于 2D1.5 m 双桩方案造价。但是，当地面横纵坡

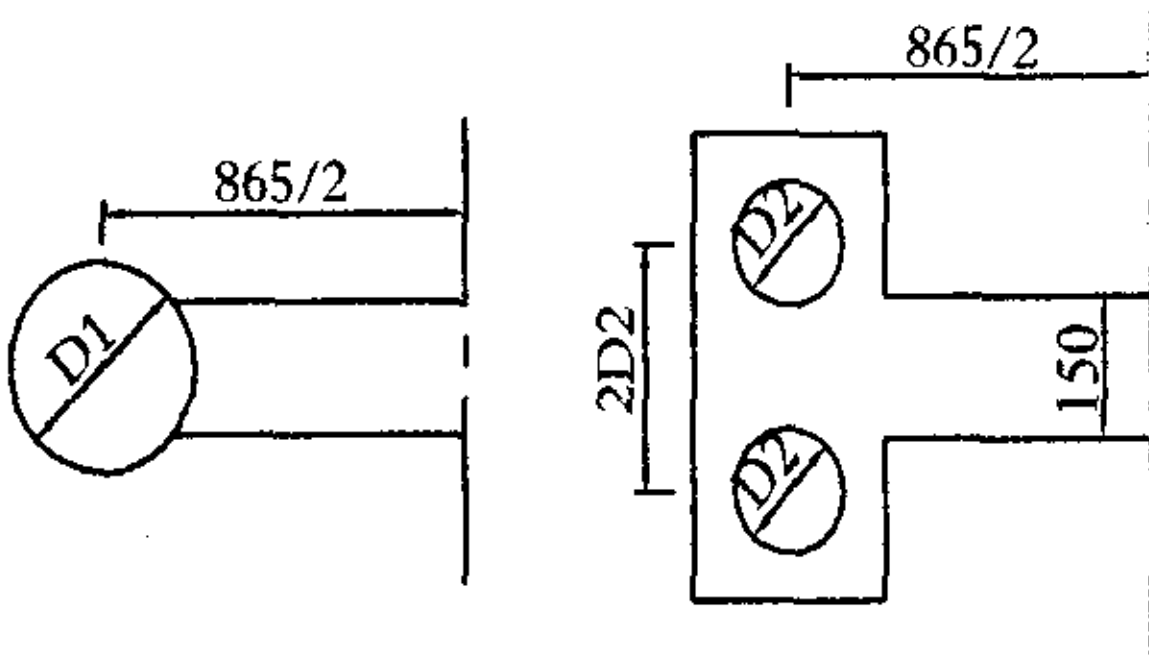


图 2 桩基方案平面布置

变化较大时，双桩方案的承台施工势必造成大面积的山体开挖，不利于环保；且桩基受力复杂，系梁不易设置，美观性较差，施工周期也比单桩方案长。因此，在地势平缓地段，对 D2.2 m、D2.5 m 单桩考虑采用双桩方案代替，当地势变化较大时仍采用单桩方案。

4 结语

对于还处在经济欠发达的广大山岭地区，所选桥型的造价是否合理是一个非常现实的问题，因此山区桥梁的设计不但要考虑其技术的可行性，更重要的是要考虑所选桥型经济性指标是

表 3 桥梁高墩典型形式经济比较表

项目			单位	单柱空心薄壁墩	双柱(单幅统计)
50m跨径T梁	外型尺寸		cm	280(宽) × 280(高) × 1069(长)	250(宽) × 170(高) × 1069(长)
	帽梁	混凝土	m <sup>3</sup>	78.1	51
		钢筋	kg	14058	9180
	外型尺寸		cm	外形 400(横向) × 250(纵向); 内形 300(横向) × 150(纵向) (墩高 50m)	2 × D230(墩高 50m)
	墩柱	混凝土	m <sup>3</sup>	310.8	416
		钢筋	kg	77700	66480
	承台	外型尺寸	cm	600 × 550 × 250	660 × 220 × 200
		混凝土	m <sup>3</sup>	82.5	29.04
	系梁	钢筋	kg	4950	2904
		外型尺寸	cm	4 × D150(桩长 28m) (嵌岩 2.5m)	2 × D250(桩长 28m) (嵌岩 2.5m)
	桩基	混凝土	m <sup>3</sup>	197.9	274.9
		钢筋	kg	12863.5	26115.5
	建安费		万元	110.62	109.51
	估算造价比			1	0.99
50m跨径T梁	项目		单位	矩形墩(单幅统计)	工字形薄壁墩(单幅统计)
	外型尺寸		cm	250(宽) × 280(高) × 1069(长)	280(宽) × 280(高) × 1069(长)
	帽梁	混凝土	m <sup>3</sup>	70.1	78.1
		钢筋	kg	12618	14058
	外型尺寸		cm	400(横向) × 208(纵向) (墩高 50m)	外形 2 × 130(横向) × 250 (纵向) + 140(横向) × 130 (纵向)(墩高 50m)
	墩柱	混凝土	m <sup>3</sup>	416	416
		钢筋	kg	83200	74880
	承台	外型尺寸	cm	600 × 550 × 250	600 × 550 × 250
		混凝土	m <sup>3</sup>	82.5	82.5
	系梁	钢筋	kg	4950	4950
		外型尺寸	cm	4 × D150(桩长 28m) (嵌岩 2.5m)	4 × D150(桩长 28m) (嵌岩 2.5m)
	桩基	混凝土	m <sup>3</sup>	197.9	197.9
		钢筋	kg	13853	13853
	建安费		万元	112.8	113.9
	估算造价比			1.02	1.03



表 4 单、双桩方案经济比较表

项 目	方案布置情况			建安费(元/处)	估算造价比
D200 与 2D130 比较	单桩方案	桩径(cm)	1-D200	164259	1/1
		桩长(cm)	3500/2500	/	
		系梁尺寸(cm)	140(宽) × 160(高)	136194	
	双桩方案	桩径(cm)	2-D130	171893	1.05/1.05
		桩长(cm)	3300/2370		
		承台尺寸(cm)	230(宽) × 200(高)		
		系梁尺寸(cm)	150(宽) × 200(高)		
				143645	
D220 与 2D140 比较	单桩方案	桩径(cm)	1-D220	207953	1/1
		桩长(cm)	3540/2500	/	
		系梁尺寸(cm)	150(宽) × 180(高)	159254	
	双桩方案	桩径(cm)	2-D140	195399	0.94/0.98
		桩长(cm)	3340/2380		
		承台尺寸(cm)	240(宽) × 200(高)		
		系梁尺寸(cm)	150(宽) × 200(高)		
				156244	
D250 与 2D150 比较	单桩方案	桩径(cm)	1-D250	233994	1/1
		桩长(cm)	3230/2500	/	
		系梁尺寸(cm)	180(宽) × 200(高)	195299	
	双桩方案	桩径(cm)	2-D150	212438	0.91/0.91
		桩长(cm)	3340/2380		
		承台尺寸(cm)	250(宽) × 200(高)		
		系梁尺寸(cm)	150(宽) × 200(高)		
				177772	

否达到了最佳范围。对于山区桥梁的设计应在初步设计阶段,根据工程所处的地理环境和施工条件进行多方案的技术经济指标论证,以期获得最佳方案,从而节约工程费用,取得良好的经济指标。

参考文献

[1] 广东省公路勘察规划设计院. 广梧高速公路双凤至平台段两阶段初步设计[Z].2005.

[2] 广东省公路勘察规划设计院. 广贺高速公路广宁至怀集段两阶段初步设计[Z].2005.



## 宁波象山港大桥南线工程进入设计阶段

宁波象山港大桥及接线工程南线象山段的测量日前已全部完成,地质钻探勘测工作完成 70%,现已进入设计阶段,设计工作预计在 2007 年春节前完成。

象山港大桥是宁波市“一环四射三复三连三疏港”高速公路网中同三国道主干线甬台温高速公路复线的重要组成部分,也是宁波继杭州湾大桥后的第二座特大型跨海大桥。象山港大桥及接线工程起自宁波绕城公路云龙互通,接宁波绕城公路东段,向南经鄞州区栎斜、管江、里蔡,于山岩岭以桥梁方式跨越象山湾,经象山县小蔚庄、大斜桥、黄避岙、白墩港、洋北,止于戴港,暂接省道 38 线,远期接规划建设沿海高速公路象山至台州段。

大桥及接线工程全长约 47 km,其中跨海湾大桥长约 6.7 km,北起鄞州区山岩岭,南至象山县小蔚庄,采用双塔双索面斜拉桥桥型。全线设置互通立交 6 处,隧道 6 座,桥梁 12 座,双向 4 车道,设计时速 100 km,投资估算 65 亿元。