

# 八渡南盘江大桥

王吉盈\* 胡明

(铁道部第一勘测设计院)

**提 要** 南昆线八渡南盘江大桥,是实行以设计为主体的总承包工程之一,本文介绍其设计特点及创新情况,主跨达 90m,按部分预应力 A 类构件设计,在全国同类铁路桥梁中处于领先地位。

**关键词** 八渡 南盘江 大桥

南昆线地形陡峻,沟谷纵横,河流水深流急,桥隧工程十分艰巨,是继宝成、成昆、襄渝铁路之后,又一条修建难度很大的山区铁路。鉴于目前我国铁路桥梁的建筑水平与世界发达国家比较还有差距,在桥跨结构和式样方面都有待创新,铁道部决定在桥梁建设中实行以设计为主体的工程总承包,鼓励设计施工部门大胆创新。本桥被选为试点之一,桥式方案优中选优,充分发挥全路桥梁界的智慧和力量,在桥式结构及设计、施工方面将我国铁路桥梁水平促上新台阶。

## 1. 线路技术标准及桥址概况

**1.1 线路主要技术标准:**线路等级: I 级;正线数目:单线;限制坡度:百色~威舍及威舍~陆良上行 6‰,下行 13‰;最小曲线半径:400m;牵引种类:电力;牵引定数:上行 3900t,下行 2 050t;到发线有效长度:850m,预留 1 050m;闭塞方式:断电半自动。

### 1.2 桥址概况

(1)地形地貌特征:南盘江发源于云南沾益县境内的马雄山麓,桥址以上流域长度 860km,汇水面积 53 150km<sup>2</sup>。桥址以下 85km 南盘江与北盘江汇合后称红水河、流入珠江流域的西江水系。桥位与水流近于正交,河床呈“U”形断面。桥址河床稳定、顺直,纵坡平缓。两岸地形陡峻,岸坡约 35~40°,轨底主河底高约 104.7m,南宁岸有一泥石流沟,常有携带物堆积于沟口。桥址下游 1km 为黔桂公路(324 国道)的渡口——八渡村,交通方便。

(2)水文:南盘江桥址以下 210km,广西天峨县境内规划有龙滩水库,正常蓄水位 400.6m,考虑回水、浪高、漂流物、河床淤高等因素,要求桥址设计水位 415.0m,并以此高程作为建库后六级航道的通航水位。该江为季节性河流,汛期在 6~7 月,洪水历时 3~5 天,最长达 10 天, $Q_{1\%}=14\,115\text{m}^3/\text{s}$ , $H_{1\%}=387.08$ , $V_{1\%}=3.3\text{m/s}$ 。枯水期为每年 11 月至翌年 4 月,枯水期最大水深 9m,水面宽 98m,流速 1m/s。

\* 本文收稿日期:1994-11-05 王吉盈 高级工程师 铁道部第一勘测设计院副总工程师 兰州 邮编:730000

(3)地质、地震:桥址岩层为单斜。产状为  $N_{85\sim 700}E/25\sim 35N$ 、节理发育,主要有两组: $N_{17\sim 85}W/75^\circ\sim 90^\circ S$ 、 $N_{20\sim 40}E/74^\circ S$ 。地层单一,表层为第四系残积砂粘土和冲积漂卵石、块石土层,下伏三迭系中统边阳组的砂夹泥岩、页岩。岩性如下:

(a)砂粘土( $Q^{t+dl}$ ):棕黄、褐黄色、厚度 0~2m,局部达 3m,分布于两岸山坡,硬塑~半坚硬。

(b)漂石、块石土( $Q^{u+K}$ ):灰、灰褐色,潮湿至饱和,中密。漂块石占 50~60%,直径 20~80cm,最大 210cm,卵石土占 25~30%,直径 5~15cm。其间填充少量砾石、卵石和细砂,成份以砂岩为主,层厚 1~6m,分布于河床内。

(c)砂岩夹泥岩、页岩( $T_{2s}$ ):灰黄、褐黄色、灰色、深灰色,细粒结构及泥质结构。砂岩中厚层状,泥岩薄层状。据钻探揭示:两岸山坡风化严重( $W_3$ )~颇重( $W_2$ ),风化严重带厚 1~4m,风化颇重带厚度大于 10m;河床中属于风化颇重( $W_2$ )~轻微( $W_1$ ),风化颇重带厚度 2~5m,以下单风的轻微带。三迭系钙质粉砂岩  $\sigma=500\sim 600\text{KPa}$ ,单桥墩主要持力层。

地震烈度小于六度。

## 2 设计控制因素

以往桥梁设计,对简支梁竖向刚度,高墩水平刚度在桥规<sup>(1)</sup>上均有明确规定;对钢梁的横向刚度在桥规<sup>(1)</sup>上也有限值:“在计算荷载可能的最不利组合作用下,横向倾覆核定系数 $\geq 1.3$ ;在一般情况下,主桥中心距不宜小于跨度的  $1/20$ ”。对钢筋混凝土拱桥亦只限制了“板拱拱圈光度式拱肋最小中心距,不宜小于跨度的  $1/20$ 。否则应验算拱平面外的稳定”。然而,对于单线高桥墩、大跨度钢筋混凝土连续结构,如何保证尔后运营中的安全,设计和验交以什么条件来限制,国内规范目前尚无明确规定,国外资料也不尽完善。工务部门对一些桥做了一些测试,也仅限于钢桥和少数其它桥式,如表 1。

铁一院在喜旧溪河大桥投标设计中,参照日本、苏联等规范和国内已成桥测试资料,提出以下三条标准:

(1)高墩墩顶横向水平位移  $\Delta \leq 5\sqrt{L}$ 。

(2)参照日本全国新干线网结构物设计准则<sup>(2)</sup>:当跨度 $>80\text{m}$ 时,跨中竖向挠度  $f \leq \frac{L}{2000}$ ,水平挠度  $\leq \frac{1}{4000} \cdot L$ 。

(3)参照苏联 CH-200-62 规范<sup>(3)</sup>横向自振周期  $T \leq 0.01l(\text{s})$ ,且不大于  $1.5\text{s}$  ( $f=0.68\text{Hz}$ ),并结合国内已成桥资料,既能保证桥梁运营安全,又不使工程投资过大,确定  $f \leq 0.70\text{Hz}$ 。

由于投标的各设计单位,标准不一,造成即便桥式方案相同,然而工程数量却相差很大。后来在该线喜旧溪、极其河(2号)、清水河三座桥招标设计中,部建设司主持召开专家会议讨论,制定了设计标准,即《南昆线四座大桥横向刚度的补充要求》:a)墩顶位移  $\Delta \leq 0.8(5\sqrt{L})$ , $L$ :桥墩两侧较小跨度,以 m 计;b)梁的跨中水平挠度  $\delta \leq L/4000$ ;c)对连续梁和连续刚构体系,应进行梁、墩整体自振周期计算,其第一自振周期  $T_1 \leq 0.011l_0(\text{s})$ ,且  $T_1 \leq 1.7(\text{s})$ 。其中  $l_0$  为

表1 某些钢桥等桥式的指标

桥名	桥式	主跨长 $L$ (m)	主桁宽 $B$ (m)	$\frac{B}{L}$	计算值		实桥实测值		备注
					$f_1$ (Hz)	$T_1$ (S)	$f_1$ (Hz)	$T_1$ (S)	
迎水河桥	112m 简支刚性梁柔性拱	112	5.76	$\frac{1}{19.4}$	0.84	1.19	0.754	1.328	栓焊梁
三堆子 金沙江桥	192m 简支钢桁梁	192	10.00	$\frac{1}{19.2}$	0.53	1.86	0.63	1.590	栓焊梁
安边金沙江桥	128m 简支钢桁梁	128	5.784	$\frac{1}{22}$	0.89	1.124	0.86	1.163	栓焊梁
九江长江桥	180+216+180 连续刚性梁柔性拱	216	12.50	$\frac{1}{17.3}$	0.59	1.70			栓焊梁
红水河桥	48+96+48 斜拉桥	96	4.80	$\frac{1}{20}$	0.66	1.30			钢筋混凝土
安康汉江桥	56+192+56 钢斜腿刚构桥	192		$\frac{1}{25}$			0.93 (1.19)	1.02 (0.84)	天然脉动法 (余振法)
永定河7号桥	150 空腹肋式拱桥	150	7.50	$\frac{1}{20}$			0.565	1.77	钢筋混凝土
孙水河5号桥	32.3+64.6+32.3 铰接悬臂梁	64.6	3.00	$\frac{1}{21.2}$	0.961	1.04	1.754	0.57	钢筋混凝土
旧庄河1号桥	24+48+24 铰接悬臂梁	48	3.0	$\frac{1}{16}$	2.857	0.35	1.515	0.66	钢筋混凝土

连续梁或连续刚构体系的主跨长度,以米计;d)在有足够理由的情况下,桥梁结构跨宽比可不受  $L/B \leq 20$  限制。

### 3 桥式方案比选

#### 3.1 桥式方案考虑的几个重要因素

a)由于南盘江常水位时主槽内最大水深约10m,百年一遇洪水水深约30m、且流速达3.3 m/s,轨底至河床最低点高达104.7m,设计中应尽量减少水中高墩。

b)每年有6个月左右的枯水期,枯水期水面宽度约100m,跨度大小拟定,宜跨过水面,减少水中墩。

c)南宁岸有一泥石流沟,常有携带物冲下,孔跨布置时,桥墩宜尽量避开。

d)孔跨布置,结构选型,跨度大小,既要有先进性,又要保证技术上可靠,经济上合理。

#### 3.2 桥式方案选择

投标设计中对梁部曾做过10多个方案比选,最后筛选出以下四个方案,进行上部结构,下部结构详细比选,如表2。

从上表可见,84m跨度连续梁方案,也是较经济的,但考虑到海子沟大桥已经建成,技术水平方面无突破;100m跨度的连续刚构方案,虽由于墩、梁协调作用、使跨中、支点弯矩减少,省去了昂贵的支座,是向大跨度发展的较为理想的桥式之一,但考虑到喜旧溪桥上已采用,不

表 2 八渡南盘江大桥方案比指标

项 目  主跨方案	主 梁 长 (m)	上部结构			下部结构			全桥造 价之差 (万元)
		混凝土	预应力筋	普筋	钢筋混凝土	混凝土	基础圬工	
		M <sup>3</sup> /m	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
60+2×100+60 V 型支撑连续梁	321.4	6.98	69.5	122.0	1 673.0	8 407.0	1 548.0	+76.3
54+2×90+54 V 型支撑连续梁	289.4	6.51	70.5	122.0	1 215.0	8 547.0	1 302.0	0
60+2×100+60 连续刚构	321.4	8.93	52.1	114.6	8 408.0	1 654.0	1 042.0	+60.2
50+2×84+50 连续梁	269.4	8.51	55.8	118.6	225.0	9 600.0	1 462.0	+8.8

宜重复出现在南昆线上。90mV 形支撑连续梁方案,缩短了计算跨度,减小了梁的跨中弯矩、使之受力合理,更易发挥高强材料作用,赢得了纤细的主梁外形,工程数量、造价均居四个方案中最优地位,而且结构轻盈,美观,故做为推荐方案提出。

### 3.3 桥墩类型比选

墩身尺寸系主跨梁墩整体横向刚度控制。它不仅影响横向刚度,而且影响到工程数量和全桥造价。为此设计中进行了厚壁与薄壁空心高墩的技术经济比较,如表 3。

表 3 桥墩比选指标

项 目  名 称	顶 帽	墩 身		基 础	造价差 (万元)
	300 号钢筋混凝土 (m <sup>3</sup> )	300 号钢筋混凝土 (m <sup>3</sup> )	300 号混凝土 (m <sup>3</sup> )	150 号混凝土 (m <sup>3</sup> )	
厚壁墩	142.5	0	8 582.2	1 309.6	0
薄壁墩	197.4	4 831.4	1 734.7	1 668.5	26.0

从表可见,采用厚壁墩可省 26 万元,从施工技术条件讲厚壁施工简易,进度快,尤其后期水库蓄水后使用性能更好,故设计推荐厚壁墩。

## 4 上部结构

4.1 主跨为 54+2×90+54mV 形支撑连续梁,按部分预应力混凝土理论, $\lambda \geq 0.9$ ,A 类构件设计。梁为 500 号混凝土,V 撑为 300 号混凝土。

4.2 结构尺寸及构造:梁部断面为单箱单室,变高度,变截面。斜撑与主梁固结处梁高 5m,中跨中及边跨端部梁高 2.8m,梁下翼缘按二次抛物线规律变化。边跨 11.2m 现浇段及中跨 3m 长的合拢段梁底为直线。梁顶宽 6m,底宽 3.2m,顶板厚 32cm,底、腹板厚 34 和 48cm。V 撑支

承范围 20m,倾角 60°,竖直高度 17m,矩形断面。

4.3 预应力体系、设纵、竖向双向预应力、纵向预应力筋为  $R_s=1570\text{MPa}$  I 级松驰钢绞线。内径 $\varnothing 84\text{mm}$  波纹管成孔,XM15—12 锚具锚固,YCW250 型千斤顶张拉。

竖向预应力筋采用 $\varnothing 25\text{mm}$  IV 级冷拉钢筋,内径 $\varnothing 35\text{mm}$  铁皮成孔,轧丝锚锚固,YC-60 千斤顶张拉。

箱梁的纵向内力分析,采用我院编制的《钢筋混凝土与预应力钢筋混凝土梁辅助设计程序·DDQF90》计算,并用其它程序验证。截面的验算按主力组合的弯矩包络图进行。横截面按框架分析配置普通钢筋。横向刚度分析考虑了主跨墩、梁的整体作用,利用 SAP80 程序进行计算,其结果如表 4。

表 4 梁的计算

项 目 类 别	横向自振 周 期	主 墩		主跨跨中挠度
		纵向位移	横向位移	
单 位	(S)	(cm)	(cm)	(cm)
设计值	1.7	3.43	0.92	1.68
允许值	1.7	4.74	3.79	2.20

5 本桥设计特点

5.1 以往采用全预应力理论设计,构件出现了难以克服的缺点:过大的上拱度,减薄了桥上道碴,给行车造成不利影响;大吨位预应力使锚下混凝土开裂等,迫使设计人员不得不探索新的设计理论——部分预应力理论。国内公路方面已经普遍推广,但铁路桥梁设计方面还是刚刚起步,也仅限于中小跨度。目前最大跨度的铁路桥梁为广深铁路上  $40+3\times 72+40\text{m}$  的石龙大桥。本桥主跨 90m,按部分预应力 A 类构件设计,预应力度  $\lambda\geq a_g$ ,在全国铁路桥上处于领先。

5.2 目前采用 V 形桥墩,V 形刚构的桥梁国内外并不少见,但采用 V 形支撑连续梁的为数不多,也多限于公路桥梁。1973 年建成的广西桂林雒山漓江公路大桥,孔跨为  $67.5+95+67.5\text{m}$  V 形刚构,V 撑下部基座高度 3.62m,直接放在承台上。1984 年建成的西德格明登美国河双线铁路桥,孔跨  $82+135+82\text{m}$ ,系 V 形刚构,V 撑基座直接放在承台上,无桥墩结构,是世界上目前最大跨度的 V 形刚构。本桥高 105m,桥墩 78m,采用 V 形支撑连续梁,结构轻盈,受力合理,造型美观,在国内外桥梁史上还算是独树一帜。

5.3 V 形支撑的施工方法,为了保证工程质量和安全,V 撑设计单型钢和钢筋组成的劲性混凝土结构。在 V 撑中部设万能桥件塔架,从塔架节点用钢构件将劲性骨架牵拉固定,以便承受混凝土未终凝前的竖向和侧向力(混凝土自重、人员、机具荷载)。灌注混凝土用爬模法,模板固定在劲性骨架上,待 V 撑混凝土达到设计强度后,在其中、上部和预留孔道中用高强钢筋对称张拉,施以预应力,防止 V 撑在自重及箱梁 O\* 段重力作用下根部开裂。O\* 段灌注采用由墩顶及墩侧预埋托架支承的万能杆件塔架施工。采用的劲性混凝土,在铁路桥梁修建史上也还是第一次。

5.4 78m 高墩,按部对该桥的技术要求,墩顶位移是控制因素之一,为此,必需提高墩身截面的抗弯刚度  $EJ$ ,但又不能增加工程数量和投资,本桥拟采用新材料——硅粉混凝土,增加  $EJ$  值。

5.5 设计采用预应力筋与普通筋混合配筋方式,纵向普通筋悬灌中接长问题,由于工作量大,费工费时,而且接头质量难以保证,本桥试验研究了钢筋套筒挤压接头新工艺,拟在设计、施工中采用。

## 6 参 考 资 料

- 1 铁路桥梁设计规范. (TBJ2—85)
- 2 日本新干线网结构物设计准则
- 3 苏联. CH—200—62 苏联铁路、公路、城市道路设计规范

## A GREAT BRIDGE ON NANPANJIANG RIVER AT PADU DISTRICT

Wang Jiying Hu Ming

Deputy Engineer-in-Chief, First Survey and Design Institute of MOR, Lanzhou 730000

**Abstract** A general contract to build a bridge on Nanpanjiang River at Padu District on Nanning-Kunming Railway Line is an engineering project in which the design is the principal part of the project. The paper introduces the characteristics of the design and its excellent new ideas. The length of the main span of the bridge is nearly 90m, designed as partial pre-stressed A-class components. Among the same type of railway bridges in our country, it is in the leading status.

**Keywords** Padu; Nanpanjiang River; great bridge

## 隧道施工不良地质预报课题研究完成

隧道施工掌子面前不良地质预报课题,是铁道部“八五”重大科研项目,是加强隧道科学施工,预防灾害事故的攻关项目。该项目由工程总公司组织各设计院与科研单位合作攻关,由总公司地质物探试验研究中心总体牵头,铁一院地震反射法等 5 个子项目共同完成项目的研究实验工作。经过四年多的辛勤努力刻苦攻关,已取得可喜的成果。

项目已形成一套利用弹性波和电磁波两类四种预报方法和相应设备的综合预报技术,预报的误差一般在 10% 以内,达到或超过了着重于定性和准定量解释的目标。预报距离实现了 20m 以远,有的可达 100m。测试时间可控制在一小时内,能现场处理数据并快速提交解释结果,便于施工单位应用。各子项目均充分利用了既有设备,并研制了一些性能较好的设备。开展了模型试验、已知条件试验和大量结合生产的现场试验,超额完成了规定的试验任务。

(崔 杰)