

南盘江特大桥 V 撑施工方案

王廷元* 徐文祥 韩利民 周会军

铁道部十八工程局

提 要 南盘江特大桥主跨采用 V 型支撑部分预应力混凝土连续梁,这在我国铁路桥上为首例。本文介绍该桥 V 形支撑的施工方法,侧重指出在高墩顶如何保证悬空结构的稳定,解决高空作业中的支撑、施工作业平台和脚手架等方法。

主题词 大跨度连续梁 V 型支撑 施工方法

1 工程概况

八渡南盘江特大桥位于南昆铁路广西贵州交界处 324 国道八渡村渡口下游约 2km 处。

桥跨布置自南宁向昆明方向为 $4 \times 32\text{m} + 1$ 联($54\text{m} + 2 \times 90\text{m} + 54\text{m}$)部分预应力 V 形支撑箱形连续梁 + $3 \times 32\text{m}$ 预应力后张梁,全长 530.18m(参见图 1)。

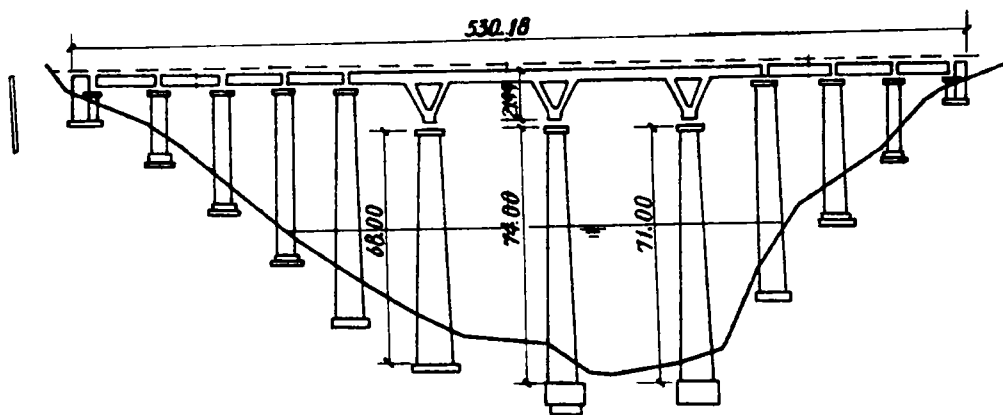


图 1

主跨一联 V 形支撑箱形连续梁全长 288m,主梁梁体为单箱单室变高度变截面箱形结构,采用 $7\phi 5$ 钢绞线张拉体系和 $\Phi 25$ 粗钢筋张拉体系。

V 形支撑位于 5#、6#、7# 圆端形钢筋混凝土厚壁空心墩墩顶,最大墩高 74m。V 撑上端与梁体固结,下端与墩顶铰接,竖向高度 21.99m,内夹角 45° ,采用 SRC 体系。

* 本文收稿日期:1995—8—10 王廷元 高级工程师 铁道部十八工程局副总工程师 天津 邮编:300222

V 形支撑部分预应力混凝土连续梁用于我国铁路桥尚属首次,在 74m 高墩上施作 V 形支撑在世界建桥史上也不多见。这是一座结构新颖、技术复杂、施工难度大的关键工程,也是南昆铁路的重点工程、部重点科研项目。

2 V 形支撑施工中的主要技术难点

八渡南盘江大桥 V 形支撑部分预应力连续梁在我国铁路桥中尚属首例,正因为是第一次,没有可以借鉴的成熟成套技术,施工中有待解决的关键技术难点很多。

难点之一:V 形支撑是一个倒三角形结构,下部与墩的连接又是铰接,如何保障施工过程中的整体稳定?

难点之二:V 形支撑两个斜肢混凝土施工过程中,在没有形成倒三角形之前,如何确保两肢交接处内侧在下一阶段施工荷载作用下不被拉裂?

难点之三:如何更准确、更细致、更全面地测定 V 形支撑施工过程中的各种弹性、非弹性变形,以控制高空中盖梁段的施工线型?

难点之四:选用什么样的施工平台和 V 撑盖梁施工的支撑体系,来满足施工过程中的各项工艺技术要求最为安全、经济、合理?

难点之五:在 74m 高墩上进行 V 形支撑施工如何保证施工的安全和质量?

3 V 形支撑施工方法

3.1 V 形支撑是由内夹角为 45°的两个肢(斜腿)与长 18m 的盖梁组成的倒三角形,在施工设计过程中,我们参考了国内外几座与本桥结构体系相近的桥的施工方法(见表 1)。经过对比,结合本桥的具体情况,决定采用斜拉型钢鹰架平台、碗扣脚手、中心临时支墩、预应力拉杆方案进行 V 撑施工。

表 1 国内外 V 形支撑连续梁桥施工方法比较

桥 名	跨 度(m)	V 撑联接方式 上端 下端	V 撑 结构	V 撑施工方法
英国卡埃来斯桥(1984 年)	71.9+132.0+71.9	固结 铰	PC	鹰架+临时墩+悬灌+预制
日本十玉川桥(1986 年)	67.5+111.5+87.5	固结 固结	PC	承重支架+脚手+悬灌
桂林漓江堆山桥(1987 年)	(67.5+95+67.5)+10	固结 固结	PC	劲性骨架+平衡塔满布支架
泰国 SATHORN 桥	66+92+66	固结 固结	RC	固定伸臂鹰架+纵移脚手
宝鸡金陵河桥	21.5+2×30+21.5	固结 橡胶铰	RC	预制+无支架拼接

3.2 V 撑采用 SRC 体系和钢筋构成劲性混凝土骨架。根据这一结构特点,我们将两肢做为一部分,盖梁做为另一部分进行具体施工。具体说,V 肢自上而上分成 3.621m、2.869m、3m、3m、3m 五个阶段对称进行施工。盖梁分成 01、02、02'、03、03' 五段依次对称施工。

3.3 V 撑施工准备

(1) 斜拉型钢鹰架平台

V 形支撑施工在 74m 高墩上,在墩顶竖直预埋 [b28 槽钢,用 1b36 工字钢做梁和 45 号工具钢做成销轴联接,用 2 Φ 32 粗钢筋做成斜拉带,在工字钢端和 1/2 长度处斜拉,构成型钢平台,上铺 [a18 槽钢做分配梁,分配梁上铺 5cm 木板,在木板上架立碗扣式脚手,构成脚手平台,以供 V 撑施工。

(2) 中心支墩

V 形支撑内侧采用八三式军用墩(4 \times 4 断面),在军用墩塔架顶铺三层纵横向军用墩上垫梁,上垫梁上铺 20a 槽钢做纵梁。纵垫梁间距 50cm,在箱梁腹板位置处,纵垫梁加密,间距为 25cm,用 20mm 厚钢板及木块固定,构成盖梁底部长 8.05m \times 7.5m 宽的施工平台。内外弧部用模架进行施工。

(3) 斜向爬模

V 型支撑施工除第一段 6 \times 8.5mV 座采用组合钢模施工。从第二阶段至第五阶段采用斜向爬模(简易),取消模架,直接采用模板在轨道上爬行的办法,动力采用 2t 倒链提升的办法。简易爬模的基本原理是将爬升轨道与劲性骨架联接,互相支撑、互相限位,斜向爬升时模板与轨道互相爬升,在支点处要装提升动力装置,达到了逐层浇注混凝土的目的。

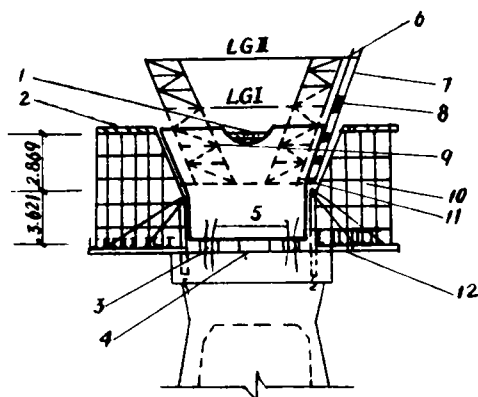
(4) 临时支座

V 形支撑的底部简称 V 座,为 6 \times 8.5m,V 座下设计为 TPZ—1 系列常温型盆式橡胶支座,30 000KN,6#墩为固定支座,其余为活动支座。为使 V 形支撑纵横向稳定,保证在最不利情况下施工时,V 撑及悬灌梁施工处于稳定状态,施工时,在永久支座两侧各设四个临时支座。

临时支座由三层 400#混凝土和二层 400#硫磺砂浆内埋电阻丝构成,同时将临时支座与 V 座、墩顶间用 Φ 32 粗钢筋连接,形成钢性结构,待 V 撑施工完毕及箱梁悬灌合拢后,体系转换时,再割断粗钢筋,释放预应力,拆除临时支座。

3.4 V 撑施工步骤

(1) V 撑第一节(3.621m)施工(见图 2)



- 图中:1——半腿
2——工作平台
3——临时支座
4——永久支座
5——粗钢筋
6——上锚板
7——型钢轨道
8——接口模
9——劲性骨架
10——手脚架
11——下锚板
12——型钢斜拉平台

图 2 V 肢第一、二阶段施工图

——拼装斜拉鹰架、搭设脚手架、施工工作平台；

——安装永久支座及临时支座；

——绑扎钢筋，立模，浇注混凝土。

(2) V 撑第二节(2.869m)施工(见图 2)

——待 V 形支撑第一节混凝土达到强度后，拆模，张拉临时支座预应力筋；

——升高工作平台，V 肢内侧埋设军用墩牛腿；

——组拼斜向爬模，绑扎钢筋，灌注 V 形支撑第二节混凝土(见图 5)。

(3) V 撑第三节(3m)施工(见图 3)

——待 V 形支撑第二节钢筋混凝土达到强度后，拆模；

——升高工作平台，接长劲性骨架；

——用倒链提升片模，固定浇注 V 撑第 3 节混凝土；

——在混凝土面下 50cm 处，预留预应力拉杆($\Phi 25$ 精扎粗钢筋)孔道；

——在混凝土达到强度后，张拉第三段混凝土预应力拉杆，张拉力为 812~866KN，对应的最大位移值为 0.066mm，对应的根部拉应力为 -0.05MPa 和 -0.02MPa，以防止继续施工时，V 肢内侧开裂；

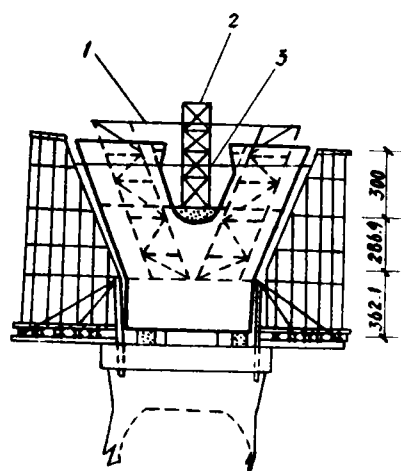
——施工 4×4V 肢中心墩牛腿(钢筋混凝土)(见图 3)。

(4) V 撑第四节(3m)施工(见图 4)

——升高工作平台，接长劲性骨架；

——提升固定爬升模片，灌注 V 形支撑第 4 节混凝土。预留 V 形支撑第四段 $\Phi 25$ 预应力拉杆位置；

——待混凝土达到强度后，张拉 4 号段预应力拉杆，张拉力 650~704KN，最大位移值 0.18mm，对应根部最大拉应力分别为 -0.06MPa~0.08MPa，3 号段预应力筋拉杆张拉力不变。



- 1——LGI 劲性骨架拉杆
- 2——“八三”式军用墩塔架
- 3—— $\Phi 25$ 预应力拉杆

图 3 V 肢 3m 段施工(第三阶段)

(5) V 撑第五节(3m)施工(见图 5)

- 升高工作台, 接长劲性骨架;
- 提升固定爬行模片, 绑扎钢筋, 灌注混凝土;
- 在混凝土面下 50cm 处预留预应力拉杆位置;
- 待 V 撑第 5 节钢筋混凝土达到强度后, 调正预应力拉杆张力;
- 张拉 V 撑第 5 号段预应力筋拉杆, 张拉力为 378~434KN, V 形支撑第三、第四段预应力筋拉杆张拉力不变;
- 降低 V 撑第 3 号段预应力筋拉杆张拉力, 张拉力为 0。V 撑第四、第五段预应力筋拉杆张拉力不变;
- 调整 V 撑第 5 号段预应力筋拉杆张拉力为 486~540KN, V 撑第 3、4 号段预应力筋拉杆张拉力不变。

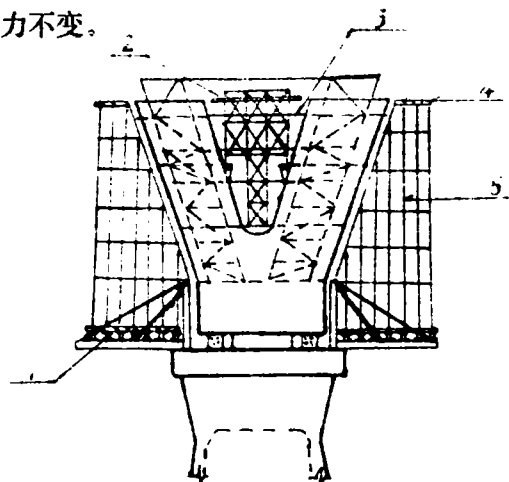


图4 V 肢 3m 段施工(第四阶段)

- 1——分配梁
- 2——5cm 厚木板平台
- 3—— $\Phi 25$ 预应力拉杆
- 4——5m 厚木板平台
- 5——碗扣式脚手架

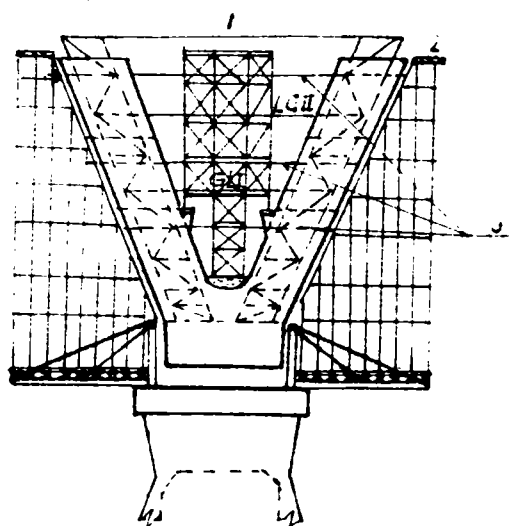


图5 V 肢 3m 段施工(第五阶段)

- 1——LG I 劲性骨架拉杆
- 2——脚手平台
- 3——劲应力拉杆

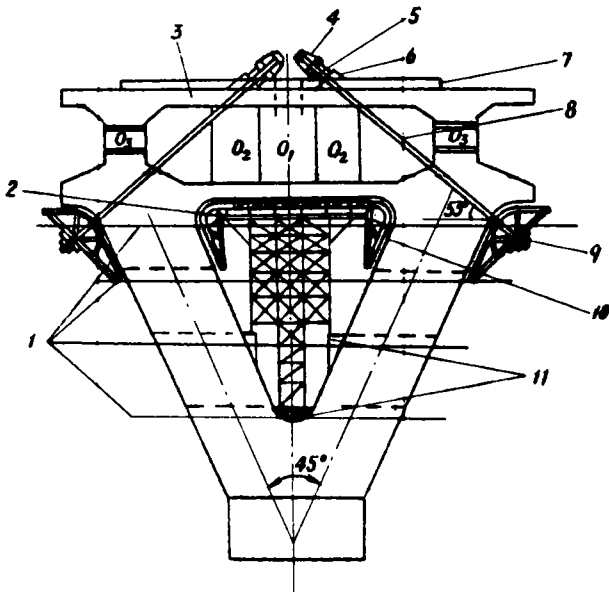
3.5 盖梁施工

V 肢施工完毕后,共完成圬工 651.9m³,混凝土重量约达 1700t,再加上施工荷载,已构成一个十分庞大的肢体,高高地立在 74m 的高墩上,要构成稳定的倒三角形,需要施工盖梁。

V 肢第五节施工完毕后,均不拆模,在此基础上进行盖梁施工(见图 6)。

(1) 盖梁 01 段(4m)、02 段(2m)施工。

- 升高工作平台;
- 利用中心墩支撑,铺设盖梁底模;



- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| 1. 预应力拉杆 | 5. I45a 工字钢模梁 | 9. 锚具 |
| 2. 垫梁+[20a 槽钢纵垫梁 | 6. 楔型垫块 | 10. 内外弧形模架 |
| 3. 盖梁 | 7. I45a 工字钢 | 11. 钢筋合牛腿 |
| 4. 千斤顶 | 8. Φ25 斜拉钢筋 | |

图 6 盖梁施工图

- 绑扎钢筋,埋设预留孔道,立侧模、内模浇注混凝土;
- 设置斜拉杆;

盖梁 01 段达到一定强度后,上铺枕木和垫 20mm 厚的钢板(或用挂篮钢枕)上铺 12m 长 I45 工字钢,工字钢和盖梁用竖向预应力筋锚固。

斜拉杆是用 8 根 Φ25 精轧粗钢筋两侧对称斜拉,借助盖梁 01 段上工 a45 工字钢和 V 肢第五段外弧模架进行斜拉。

斜拉杆设置的目的是考虑到 V 肢施工合拢前,斜向向两侧支出,水平分力很大,V 肢第五节施工及盖梁 03 段施工时,荷载加在 V 肢上,更加大水平分力,极易造成 V 撑混凝土开

裂,设置自应力斜拉杆,主要是克服水平分力。

——两侧同时对称施工 02 段;

——待盖梁 01、02 段混凝土达到设计强度后,张拉 01、02 号段预应力钢束,并临时锚固。

(2) 盖梁 03(各 5m)施工(见图 6)

——接长盖梁 01、02 段预应力钢束,立盖梁 03 段模板(挂篮侧模板);

——用 YP-70 穿心式千斤顶拉紧 $\Phi 25$ 斜拉杆;

——调整 V 形支撑第 4、第 5 段预应力筋拉杆张拉力;

——调整 V 撑第 4 号段预应力筋拉杆张拉力 920~974KN,第 3、5 段预应力筋拉杆张拉力不变;

——调整 V 形支撑第 5 号段预应力筋拉杆,张拉力 758~812KN,第 3、5 号段预应力筋张拉力不变;

——第一次灌注盖梁 03 号段混凝土高 3.2m(即过人洞以下部分);

——待盖梁 03 号段高 3.2m 部分混凝土凝固,并达设计强度后,张拉盖梁 01、02、03 段底板预应力钢束,使盖梁各段形成整体;

——第二次灌注 03 号段剩余部分混凝土;

——待盖梁 03 号段混凝土凝固后拆模;

——盖梁 03 段混凝土达到设计强度后,张拉盖梁段预应力钢束,形成 V 构;

——将 V 撑第 4、5 号段预应力筋拉杆张拉力降为零,并拆除;

——拆除其余施工设备,完成 V 撑施工;

——以 V 形支撑为基础,继续悬灌施工其它梁段。

4 施工监测

在 V 肢和盖梁施工过程中,为防止 V 肢根部开裂,在施工过程中,用静动态应力应变仪进行应力、应变测试,监控指导施工。

(1)在 V 撑、盖梁关键部位埋设应力应变片,专人进行量测。

(2)观测 V 撑结构的纵、横向稳定。

(3)监测各施工阶段施加预应力部分的预应力状态。主要包括:临时支座、3m 段用 $\Phi 25$ 预应力拉杆等处。

(4)监测盖梁施工过程中的弹性和非弹性变形,以达到盖梁施工的线形控制。

5 V 撑及盖梁施工中的主要技术措施

(1)设置 8 个临时支座,同时将支座与 V 肢、墩顶之间施加预应力,以保证 V 撑、盖梁施工全过程稳定。

(2)劲性骨架拼装接长过程中,为保证劲性骨架稳定,上部设计有 LG I、LG II、LG III、LG IV 水平拉杆,为保证尺寸准确,拉杆设正反螺栓,可调节,将劲性骨架形成闭合倒三角形。

(3)V 撑施工过程中,为防止 V 肢内侧混凝土开裂,在 V 肢两侧施工几个阶段设 $\Phi 25$ 水平预应力拉杆,施加预应力,以抵消水平分力。

(4)在盖梁 03 段施工过程中设置 $8\Phi 25$ 斜拉杆,以减轻 V 肢的压力并承受悬臂部混凝土重量。

(5)V 撑、盖梁施工时,均要求对称同步施工。

(6)用压重的方法消除支撑塔架非弹性变形,以保证盖梁施工线型。

(7)采用斜向爬模(无模架)、抽动模块的办法,以解决 V 肢外侧仰面立模的困难,减少人力劳动,以抽动模块解决侧面收坡的问题。

(8)用弧形模架施工内外弧部,以达到简化施工程序的目的。

(9)用静动态应力应变仪进行 V 撑及盖梁施工过程中监控,以指导施工。

6 方案特点

用本方案施工有以下几点优点:

(1)本方案采用八三式军用墩,稳定、轻便;

(2)采用斜拉型钢平台,刚度大、施工安全,用 $2\Phi 32$ 斜拉带,变形很小,拆装方便。

(3)用斜向爬模,灵活、方便,机械化程度高,减轻体力劳动;

(4)各种制式器材供货渠道方便。

BUILDING PLAN OF V—TYPE SUPPORTINGS FOR NANPAN-JIANG UNUSUAL LONG BRIDGE

Wang Tingyun et al

Eighteenth Engineering Corporation of MOR

Abstract The main span of the Nanpanjiang Bridge adopts partial prestressed concrete continuous beam with V—type supportings. This is a first example to railway bridge of our country. This paper discusses the building plan on V—type supportings of this bridge, as well as emphatically points out the methods which ensure stability of structures hanged at the top of the high piers and solves the problems on the support during working in high—altitude and the scaffold for operation during construction.

Keywords longspan continuous beam; V—tape supporting; construction method