

文章编号: 1002-0268 (2003) 02-0034-05

我国的预应力混凝土 V 形支撑桥梁

宋桂峰, 楼庄鸿, 钟文香
(北京建达道桥咨询公司, 北京 100101)

摘要: 介绍 V 形支撑桥梁的优点, 即结构受力比较合理, 结构刚度大大提高, 以及结构构件尺寸减小, 降低桥高, 造价经济; 也介绍了其不利的一面。列出国内外 V 形支撑桥梁的一些参数, 并对国内 V 形支撑结构类型中有代表性的桥梁作了叙述。文章最后对结构体系、梁长、梁的截面、斜撑交角、梁高和材料指标等作了分析和探讨

关键词: V 形支撑; 结构体系; 连续刚架; 连续梁; 劲性骨架

中图分类号: U448 215 **文献标识码:** A

Pre-stressed Concrete V-shape Strut-framed Bridge in China

SONG Gui-feng, LOU Zhuang-hong, ZHONG Wen-xiang
(Beijing Jianda Bridge Consultant Co., Beijing 100101, China)

Abstract: This paper introduces to the advantages of V-shape strut-framed bridge, in terms of structure force distribution, rigidity, sizes and construction cost, as well as disadvantages. A number of parameters of the V-shape strut-framed bridges both at home and abroad are given, together with some descriptions of typical V-shape strut-framed bridges in China. Analysis and discussions are made of the structural system, length and section of the beam, angle of sway brace, height of the beam, material index and etc.

Key words: V-shape strut; Structural system; Continuous rigid frame; Continuous beam; Stiff frame

1 V 形支撑桥梁的优缺点

近 10 多年来, 国内外出现了一些预应力混凝土 V 形支撑桥梁, 包括 V 形支撑连续梁和连续刚构。国外一些较大跨径的该类桥梁见表 1。国内见表 2。

国外 V 形支撑桥梁 表 1

桥 名	跨径 (m)	结构体系	斜撑与竖线交角 (°)
英国卡埃莱斯库桥	71.9+132+71.9	连续刚架	约 50
日本十王川桥	67.5+115+67.5	连续刚架	40
泰国 Sathom 桥	66+92+66	连续刚架	40
德国格明登美茵河桥 ¹	82+135+82	连续梁	30
荷兰布里斯勒马斯桥 ¹	80.5+112.5+80.5	连续梁	40
前苏联西德维纳河桥 ²	32.3+51+63+51+32.3	连续梁	

注: 1 为铁路桥梁; 2 为 V 形带拉梁, 上设支座, 顶推施工。

1.1 V 形支撑桥梁的优点

(1) 结构受力比较合理

V 形支撑桥梁与没有斜撑的同跨径连续梁相比,

跨径减小, 负弯矩值大幅度减小, 大体只相当于斜撑间梁长的连续梁弯矩。同时, 正弯矩值也会有所减小。

斜撑受力以受压为主, 可以充分发挥混凝土的抗压能力, 在活载、温度等荷载下, 也可能出现偏心以至大偏心受压的受力情况, 可配置预应力筋来解决。

(2) 结构刚度大大提高

由于 V 形支撑的存在, 极大地加大了支点附近梁的刚度, 相应减小了跨径, 使结构的挠度减小。

与此同时, 由于 V 形支撑的存在, 减小了墩身的高度, 也使桥梁的水平刚度增大。

(3) 结构构件尺寸减小, 造价经济, 降低桥高

由于 V 形支撑结构减小了弯矩, 增大了刚度, 因此构件截面尺寸可以减小, 可降低桥高, 节约材料用量, 造价经济。一般认为, V 形支撑结构比连续梁经济 10%~15% 左右。

(4) 桥梁轻盈美观

我国 V 形支撑桥梁

表 2

桥 名	跨径(m)	结构体系	备 注
怀化 澧水河大桥	75+110+75	连续刚架	城市桥梁
北京北运河大桥	42+78+42	连续刚架	
福建丘墩大桥	60.3+76+60.3	连续刚架	V 形支撑上有 24m 拉梁, 顶推施工, 就位后固结成刚架
浙江平湖青阳汇桥	28.5+37+28.5	连续刚架	T 梁, 先挂梁, 后固结
南昆铁路八渡南盘江大桥	54+2×90+54	连续梁, V 撑下设支座	铁路桥梁
长沙湘江南大桥	66+3×88+66	连续梁, V 撑下设支座	城市桥梁
宝鸡金陵河桥	21.5+2×30+21.5	连续梁, V 撑下设支座	城市桥梁, 先挂梁, 后固结
桂林雒山漓江大桥	67.5+95+67.5	带挂梁刚架	挂梁长 40m
江西丰城赣江大桥	55+4×70+55	连续刚架与连续梁组合	中间 3 个 V 形支撑围结, 另每侧 1 个设支座
东莞万江大桥	40+54+40	连续梁, 带拉梁 V 撑, 上设支座	拉梁长 24m, 顶推施工
江苏相门大桥	28.3+40+28.3	连续梁, 带拉梁 V 撑, 上设支座	T 梁
湖南板栗坪大桥 *			
江苏海道桥 *			

注: * 为情况不详。

由于带有斜撑, 结构除水平线条以外, 还存在倾斜线条, 加上构件尺寸较小, 使桥梁显得非常轻盈美观。尤其适合于在城市和景观要求较高的地区采用。

综上所述, V 形支撑桥梁受力合理, 刚度大, 造价经济, 轻盈美观, 在主跨跨径 120m 及以下的桥梁, 特别在城市桥梁, 会得到一定的发展。

1.2 V 形支撑结构相对不利的方面

(1) 对洪水淹没 V 形支撑一定高度的桥梁, 水流流向趋于紊乱。当洪水带有漂浮物时不宜采用 V 形支撑结构。

(2) 设计比较复杂。V 形支撑连续梁和连续刚架, 斜撑与梁和墩身如刚接, 其交叉处受力比较复杂。V 形支撑上的梁在外载作用下, 会出现拉力, 必须细致地研究处理, 避免出现裂缝。V 形支撑本身的刚度也应选择得当, 不宜过大, 避免温度内力过大。

(3) 施工较麻烦。V 形支撑的施工, 是该类结构

技术难点之一。有的桥梁采用劲性骨架, 支模浇筑, 用粗钢筋对拉; 有的桥梁搭临时支架浇筑等等。不过, 这些不利方面基本属于常规施工, 还是不难解决的。

2 几座有代表性的 V 形支撑桥梁

2.1 桂林雒山漓江大桥^[1,2]

这是我国修建的第二座, 至今仍保持已建成最大跨径的 V 型支撑桥梁。

该桥跨径为 (67.5+95+67.5) m, 为主跨带挂梁的 V 型刚架, 挂梁长 40m。主跨悬臂长 27.5m, 由斜撑悬出 16m。边跨无挂梁。

斜撑与墩座刚接, 墩座顺桥向长 6m, 横桥向宽 18.2m。斜撑与竖直线交角为 45°。由于桥面有 1.85% 的纵坡, 故两斜撑尺寸不一, 上缘分别厚 102.4cm 及 97.4cm, 下缘厚均为 2m。斜撑长约 12m, 宽 5m。

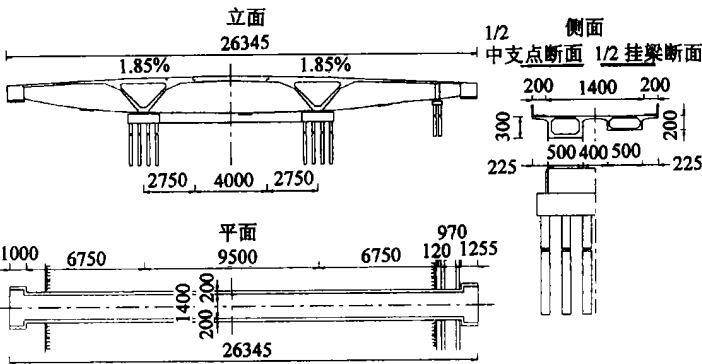


图 1 桂林雒山漓江大桥 (单位: cm)

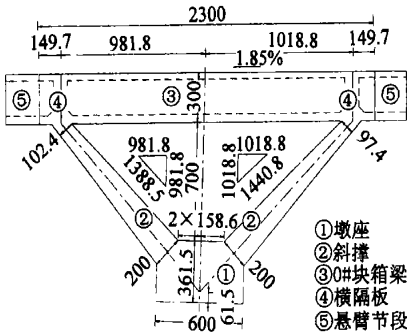


图 2 V 形支撑 (单位: cm)

变截面箱梁斜撑处梁高 3m，高跨比为 1/31.7；直线变化至悬臂处为 2m，高跨比为 1/47.5，可见梁高很小。箱梁顶板厚 25cm，腹板 0 号块厚 60cm，边支座桥台处厚 50cm，悬臂端厚 84cm。底板 0 号块厚 70cm，至悬臂端为 25cm。

挂梁跨径 40m，截面尺寸与主梁悬臂处尺寸相同。

施工方案：斜撑用劲性骨架，分段浇筑，用预应力拉杆对拉。然后搭架分段浇筑斜撑间的梁，合拢三角架。在此基础上用挂篮悬臂浇筑主梁段。边跨靠岸 20.5m 搭架分 4 段浇筑，合拢边跨。最后搭架浇筑挂梁。

2 2 长沙湘江南大桥^[5]

是长沙市区第三座湘江大桥，桥位在著名的桔子洲头南约 1km。考虑湘江上桥型的多样性，并结合景观及经济要求，选择 V 形支撑连续梁方案。

本桥跨径为 (66+3×88+66) m，有 4 个 V 形支撑，支撑上端与梁固结，下设支座。桥面宽 26m，双向 6 车道，分上、下行两幅桥。

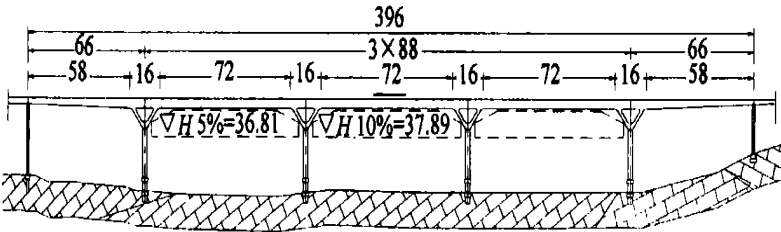


图 3 长沙湘江南大桥 (单位 m)

2 3 怀化舞水河二桥

在怀化市内，对开发河西新区将起重要的作用。跨径 (75+110+75) m，建成后将为我国最大的 V 形支撑桥梁。桥全宽 24m，分左右两幅修建。

V 形支撑高 14.82m，斜撑与竖直线的交角为 34.5°。V 形支撑厚 2m，其上梁长 23m，梁高 4.5m。

采用变截面单室箱梁，梁高按二次抛物线变化，斜撑处 4.5m，跨中 2.5m。分别为主跨跨径的 1/24.4 和 1/44。箱顶板宽 11.8m，底宽 6m。顶板厚 25cm，底板厚 25~70cm，腹板厚 40~60cm。

施工方案，V 形支撑及其上的梁，用支架施工；其他主梁用悬臂浇筑施工，先合拢中跨，然后搭支架合拢边跨。

3 我国 V 形支撑结构桥梁中几个问题的分析探讨

3 1 结构体系

采用变截面箱梁，梁高按二次抛物线变化，跨中梁高 2.6m，V 形支撑端部梁高 4.2m，分别为主跨的 1/33.8 和 1/20.9。支撑上梁高 4m。底板厚由跨中的 25cm 直线变化至支撑端部的 60cm。

V 形全高 11.9m，斜撑厚 1.8m。支撑与竖直线的夹角为 36.05°，支撑上梁长 16m。

设计中将 V 形支撑连续梁与一般连续梁的内力及材料用量作一比较。发现 V 形支撑连续梁仅对支座上方两斜腿间的负弯矩卸载作用，恒载卸载率在 53% 左右，活载卸载率在 44% 左右，而对斜撑以外的其他截面弯矩影响甚小。表 3 示出材料用量的比较。

主要材料用量比较			表 3
	预应力筋(t)	7Φ5-12 锚具(套)	C50 混凝土(m³)
V 形支撑连续梁	315	976	8 300
普通连续梁	350	1 200	7 100

于表可见，预应力筋减少 10% 以上，而混凝土用量增加 10% 左右。桥型较美观。但 0 号三角块的浇筑较复杂一些。

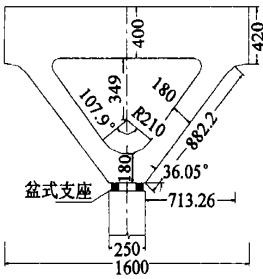


图 4 斜撑 (单位 cm)

由表 2 可见，我国 V 形支撑结构有以下几种结构体系。

1. 带挂梁的 V 形支撑刚架体系

此类桥仅有桂林雉山漓江大桥一座。其优点是，结构外部是静定的，因而适应桥墩有沉降，其温度及混凝土收缩徐变内力较小。但这种体系缺点较多：(1) 挂梁处要设两道伸缩缝，不符合高速交通舒适行车的要求。结构刚度减弱；(2) 除挂篮施工悬臂段外，还需一套挂梁施工设施；(3) 牛腿也往往是结构薄弱、易于损坏的部位。因而一般不再采用。

2. V 形支撑下设支座，上与梁固结的连续梁体系

与带挂梁的 V 形支撑刚架相比，这类桥无伸缩缝，桥面平整。与 V 形支撑连续刚架相比，其温度、收缩和徐变内力较小，但需要设支座，其维修与更换麻烦；而且在悬臂施工时，有时还需要采取 V 形支撑和墩身间的临时固结装置，梁合拢后作体系转换。

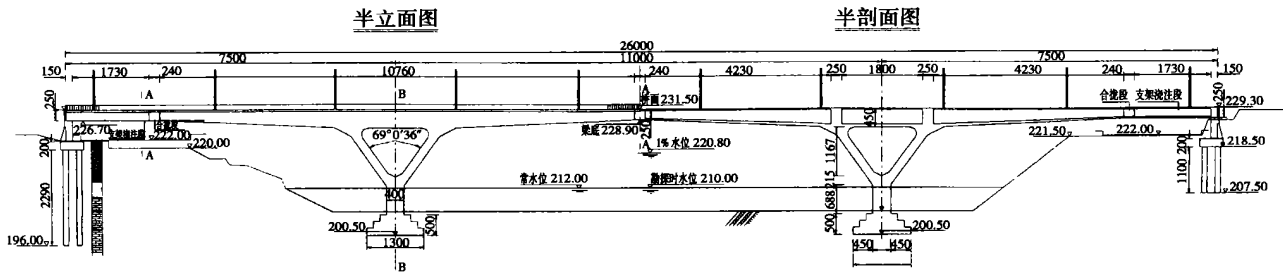


图 5 怀化舞水河二桥 (单位: cm)

3. V 形支撑连续刚架体系

这类桥既保持了桥面平整, 不设伸缩缝; 又可不设支座, 不需作体系转换; 并允许淹没, 可降低桥高。因而较多地得到采用, 应该是 V 形支撑结构的发展方向。

4. V 形支撑连续刚架和连续梁组合体系

在主跨孔数较多时, 为防止温度内力过大, 可以采用这种组合体系, 中间为连续刚架, 边上主墩在 V 形支撑下设支座。

5. V 形支撑下与墩身固结, 上有拉梁, 并设支座的连续梁体系

我国目前有东莞万江大桥和江苏相门大桥两座。前者是用顶推法施工, 为减小顶推跨径而专设托架的。这种体系, 温度内力较小。但其缺点是斜撑又作拉梁, 不能充分利用主梁, 材料用量会有所增加, 而且支座较多, 其养护工作量也要大些。

3 2 各部分梁长

表 4 列出我国一些 V 形支撑桥的各部分梁长。
梁长和斜撑交角

桥 名	主跨 (m)	V 撑 占主跨 V 撑间 占主跨 斜撑与 上梁长 主梁长 竖线交角				
		(m)	(%)	(m)	(%)	(°)
怀化舞水河二桥	110	23	20.9	87	79.1	34.5
北京北运河大桥	78	约 23	29.5	约 55	70.5	45
福建丘墩大桥	76	24				63.4
浙江平湖青阳汇桥	37	9.5	25.7	27.5	74.3	42
八渡南盘江大桥	90	18	20	72	70	22.5
长沙湘江南大桥	88	16	18.2	72	81.8	36.05
宝鸡金陵河桥	30	14	46.7	16	53.3	约 60
桂林雒山漓江大桥	95	23	24.2	72	75.8	45
江西丰城赣江大桥	70	23	32.9	47	67.1	约 50
东莞万江大桥	54	24				54.22
江苏相门大桥	40	12.6				45

于表可见, V 形支撑桥梁, 其斜撑上梁长为 16~24m, 这可能是由于斜撑上梁在受荷载时会产生拉力, 因而避免过长。V 撑间的主梁梁长, 占主跨的

53.3%~81.8%, 其最小值 53.3%, 是在宝鸡金陵河桥上, 因为跨径较小。一般在 70%及以上。

3 3 斜撑交角

斜撑与竖线交角, 受斜撑上梁长及 V 支撑高度的制约, 于表 4 可见, 在 22.5~63.4°间变化。其中最小的 22.5°为八渡南盘江大桥, 因墩身高, V 撑可采用较大的高度(16m), 故交角偏小, 文献[6]认为, 可加大至 30°比较合理; 最大的 63.4°为福建丘墩大桥, 是为了减小顶推施工的跨径而设。一般在 45°以内。

3 4 梁的截面

于表 5 可见, 大部分 V 形支撑桥梁的主梁都采用单箱截面, 其中单箱单室又占极大部分。少数采用多片 T 梁或分离式小箱, 极大部分用于主跨跨径不大以及等截面梁中, 用预制吊装, 然后固结成为连续梁。

在跨径大一些的 V 形支撑桥梁中, 如采用挂篮悬臂施工, 一般都采用变截面单室箱梁。

3 5 梁高

表 5 列出了主梁的高度, 其高跨比列出两组数字, 一组按主跨跨径即主墩中距计算, 另一组按斜撑间主梁梁长计算。

由于八渡南盘江大桥是铁路桥梁, 其梁高及高跨比肯定要大些, 未将其列入统计数字内。

按主跨跨径计算的梁高跨比, 斜撑处为 1/21~1/45, 多数在 1/24~1/32 之间; 跨中为 1/24~1/47.5, 多数在 1/33~1/45 之间。按斜撑间梁长计算的高跨比, 斜撑处为 1/12.8~1/24.7, 多数在 1/17~1/21; 跨径为 1/12.8~1/36 之间, 多数在 1/20~1/34 之间。除了几座跨径小的 V 形支撑桥梁外, 以长沙湘江南大桥的高跨比为大, 而以桂林雒山漓江大桥为小。

因此, V 形支撑桥的梁高, 一般均小于普通的连续梁, 大致可按 V 形支撑间的梁长作为连续跨径来选用。表 4 也表明, 梁高具有一定的幅度范围, 设计人员可以结合施工方案, 通过选择各部分不同的梁高, 有目的地控制或调整截面内力。

主梁截面和尺寸

表 5

桥 名	截 面	梁高 (m)		按主跨高跨比		按 V 墩间主梁梁长高跨比		梁宽 (m)		备 注
		斜撑处	跨中	斜撑处	跨中	斜撑处	跨中	顶	底	
怀化 澧水河二桥	单箱单室	4.5	2.5	1/24.4	1/44	1/19.3	1/34.8	11.8	6	双幅
北京北运河大桥	单箱双室	2.6	1.6	1/30	1/48.8	1/21.2	1/34.4	14.2	8.8	双幅
福建丘墩大桥	单箱单室	3.5	3.5	1/21.7	1/21.7	1/14.9	1/14.9	8.4	4	斜撑间主梁长 52m
浙江平湖青阳汇桥	T 梁	1.36	1.36	1/27.2	1/27.2	1/20.2	1/20.2			横向梁片距离 2.6m
八渡南盘江大桥	单箱单室	5.5	3.5	1/6.4	1/25.7	1/13.1	1/20.6	6.02	4.2	铁路桥
长沙湘江南大桥	单箱单室	4.2	2.6	1/21.0	1/33.8	1/17.1	1/27.7			双幅
宝鸡金陵河桥	4 分离单室箱	1.25	1.25	1/24	1/24	1/12.8	1/12.8			主梁间距 2.8m
桂林雒山漓江大桥	单箱单室	3	2	1/21.7	1/47.5	1/24	1/36	9.5	5	
江西丰城赣江大桥	4 单箱室	1.9	1.9	1/36.8	1/36.8	1/24.7	1/24.7			主梁中距 3m
东莞万江大桥	单箱双室	1.5	1.5	1/45	1/45	1/20	1/20	5.4	3.1	双幅, 斜撑间主梁长 30m
江苏相门大桥	T 梁	1.9	1.2	1/21.1	1/33.3	1/14.7	1/22.8	1.6	0.36	T 梁, 斜撑间主梁长 27.4m, 梁间距 1.6m

3.6 结构类型

V 形支撑桥梁一般都采用预应力混凝土结构。有的桥梁为了施工方便, 在斜撑中采用了劲性骨架。

一些跨径很小的 V 形支撑桥梁, 有的斜撑不设预应力; 有的在先作挂梁、后固结成连续梁的挂梁中不设预应力。建议在今后设计中, 都采用预应力结构, 以避免节点或梁段的开裂, 影响耐久性和使用寿命。

3.7 材料指标

将收集到的几座 V 形支撑桥梁每 m² 桥面的上部结构, 包括梁和 V 形支撑在内的材料指标列于表 6。

上部结构材料指标 (每 m ² 桥面)				表 6
桥 名	混凝土 (m ³ /m ²)	预应力 (kg/m ²)	一般钢 (kg/m ²)	
怀化 澧水河二桥	0.992	51.7	134.0	
福建丘墩大桥	1.06	47.1	90.2	
浙江平湖青阳汇桥	0.426	9.99	33.7	
长沙湘江南大桥 ¹	0.806	30.6	缺	
桂林雒山漓江大桥 ²	0.93	56.2	122.9	
江西丰城赣江大桥	0.73	19.7	116.2	
东莞万江大桥	0.73	21.1	61.8	
江苏相门大桥	0.9	18.9	105.7	

注: 1 为混凝土指标未计桥面, 偏低; 2 为混凝土指标中已扣除墩座。

将混凝土材料指标与跨径关系绘出, 见图 6。于图可见, 大致可得出一条直线关系, 远离这条直线的有 3 座桥, 即丘墩大桥、相门大桥和东莞万江大桥。这 3 座桥都是 V 形支撑带拉梁的连续梁。丘墩大桥顶推施工, 梁高较大, 材料用量大; 东莞万江大桥虽然箱高仅 1.5m, 而且板件很薄, 仅 15cm, 但由于采用双幅窄箱, 箱顶仅宽 5.4m, 而且是双室, 再加上斜撑为桁架式, 因而混凝土指标仍稍高于这条直线; 相

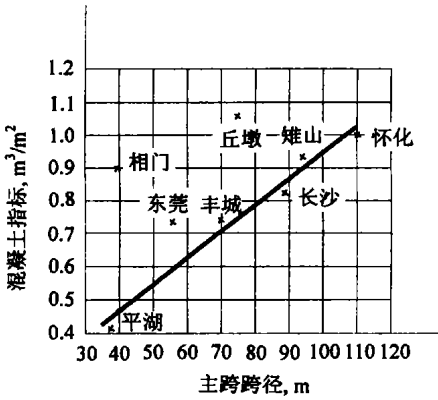


图 6 混凝土指标与跨径关系

门大桥由于梁高较大所致。因此除了特殊顶推施工需要以外, 一般不宜采用 V 形支撑带拉梁的连续梁。

参考文献:

[1] 朱华民. 桂林雒山漓江大桥预应力 V 型刚构设计 [J]. 桥梁建设, 1987 (4).

[2] 孟庆浩. 桂林雒山漓江大桥 V 型刚构施工 [J]. 桥梁建设, 1988 (2).

[3] 徐君, 等. 京沈高速公路北运河大桥主桥设计 [C]. 公路、桥梁设计与研究论文集, 人民交通出版社, 2000

[4] 王志亮. 北运河大桥主桥 V 型连续刚构设计 [C]. 公路、桥梁设计与研究论文集, 人民交通出版社.

[5] 邵旭东. 长沙湘江南大桥技术经济分析 [C]. 中国公路学会桥梁和结构工程学会 1997 年桥梁学术讨论会论文集, 人民交通出版社, 1997.

[6] 胡明. 八渡南盘江特大桥设计特色 [J]. 桥梁建设, 1997 (2).

[7] 兰远均, 等. 在高墩上修建 V 形支撑的施工方法 [J]. 桥梁建设, 1996 (3).

[8] 过伯陶, 等. 无支架架设 V 型刚架连续梁桥 [J]. 公路, 1986 (11).