

文章编号:1006-2106(2008)05-0037-05

曲线平行布置法在多线桥布置上的应用*

宋云灿**

(中铁菏泽德商高速公路建设发展有限公司, 山东 菏泽 274000)

摘要:研究目的:曲线平行布置法是铁路桥梁设计,特别是在曲线桥梁跨越公路、河流的设计中经常采用的一种布置方法。但通常采用的计算方法仅限于跨度较小的桥梁,为了解决这一局限性,本文将通过实例,研究曲线平行布置法在长达曲线桥梁上的应用。

研究结论:曲线平行布置法在曲线桥,特别是小半径曲线桥设置中,体现了有立交条件和河流通航条件要求的桥梁布置优越性;铁路曲线桥梁设计中通常采用的曲线桥平行布置法计算模式,对于多跨小半径曲线上的多线桥,将会出现梁缝超过30 cm或梁缝过小等不符合设计规范的问题,此时应根据实际情况进行调整;永定河特大桥曲线调整的经验及总结出的计算过程也可以应用于其它采用曲线平行布置法的曲线桥梁设计中。

关键词:曲线桥梁;平行布置法;研究

中图分类号:U442 **文献标识码:**A

Application of Curve Parallel Arrangement Method in Multiple Tracks Bridge

SONG Yun-can

(China Railway Heze Deshang Highway Construction and Development Co. Ltd, Heze, Shandong 274000, China)

Abstract: **Research purposes:** Curve parallel arrangement method is a commonly used method for design of railway bridge, especially for the curve bridge crossing highway and river, but is generally used for small span bridge, so the research is done in this paper on application of this method in large span curve bridge for the purpose of enlarging the application scope of this method based on the example.

Research conclusions: The application of curve parallel arrangement method in curve bridge, especially in small curve bridge reflects the bridge arrangement advantages of having overpass condition and ship passing requirement, but when application of the calculation mode of curve bridge parallel arrangement for the multiple - span small curve railway bridge, the bridge seam may exceed 30cm or be less than that of design, so it is necessary to adjust the seam according to the real situation. The experience and calculation process of Yongding River Bridge can be learnt for design of other curve bridge with curve parallel arrangement method.

Key words: curve bridge; parallel arrangement method; research

曲线平行布置法是指同跨各线梁的纵向中心线不要求平行,但各墩的横向中心线及桥台的胸墙线皆平行于一条基线。一般它可以满足小半径曲线上多线桥的梁缝不大于30 cm的设计规范要求,但由于按平行

布置法设置的曲线桥梁,同跨各线梁的计算跨长并不相等,对于跨长较小的桥,其同跨各线梁的计算跨长之差值较小;对于半径较小的长大曲线桥,距离基准线较远的梁跨,其同跨各线梁的计算跨长之差值较大,当跨

* 收稿日期:2008-04-02

**作者简介:宋云灿,1963年出生,男,工程师。

长不能满足设计规范要求时,就必须对曲线布置进行调整,以使梁跨满足设计要求。下面根据我处施工的北京西客站西长线永定河特大桥采用平行布置法设计中发现的问题,探讨调整方法。

1 问题的提出

北京西客站西长线永定河特大桥为三线(西长上、下行及京原下行线)25孔,跨度为32m,先张简支梁式桥,该桥0至7号墩位于半径R=500m的圆曲线上,8至11号墩位于L=120m的缓和曲线上,其它墩台均位于直线上。该桥设计曲线布置采用平行布置法,以西长下行线为计算线,曲线外侧为西长上行线,内侧为京原下行线,直线墩的横向中心线为基准线。如图1所示。

通过对设计资料的审核并经现场实测,发现曲线

部分同跨各线梁的计算跨长不相等,距基准线越远,其差值越大,其中西长上行线及京原下行线的0,1,2,3号墩的梁缝已超过规范要求(见表1)。为了解决这一问题,经过认真分析并研究计算,我们发现只要对各墩的横向中心线进行必要的调整,这一问题就能得到合理解决。

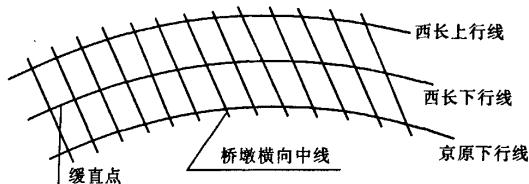


图1 曲线布置示意图

表1 永定河特大桥曲线桥跨计算对照表

(单位:cm)

线别	墩台号	0 [#] 台	1 [#] 墩	2 [#] 墩	3 [#] 墩	4 [#] 墩	5 [#] 墩	6 [#] 墩	7 [#] 墩
	梁跨号	1	2	3	4	5	6	7	
西长下行线	设计跨长	3 291	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282
	实测跨长	3 291	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282
	差 值	0	0	0	0	0	0	0	0
西长上行线	设计跨长	3 291	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282
	实测跨长	3 281	3 274	3 276	3 279	3 279	3 281	3 281	3 281
	差 值	-11	-8	-6	-3	-3	-1	-1	-1
京原下行线	设计跨长	3 291	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282	3 282
	实测跨长	3 306	3 294	3 291	3 288	3 286	3 285	3 283	
	差 值	+15	+12	+9	+6	+4	+3	+1	

2 问题的分析

根据平行布置法的定义及特点,现以圆曲线桥跨布置为例,如图 2 所示。

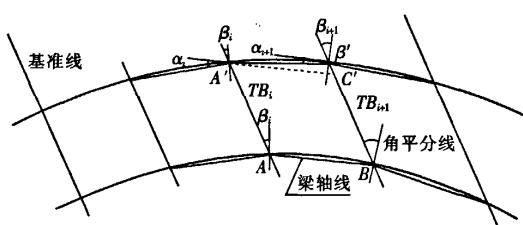


图2 圆曲线桥跨布置示意图

各墩的横向中心线互相平行, $AA' \parallel BB'$, 作 $A'C'$ 线平行于 AB , 则四边形 $A'ABC'$ 为平行四边形, $A'C' = AB$ 。而 $\angle A'B'C' = \frac{1}{2}(180^\circ - \alpha'_{i+1}) + \beta'_{i+1} = 90^\circ -$

$$\frac{\alpha'_{i+1}}{2} + \beta'_{i+1}$$

式中 α'_{i+1} —第 $i+1$ 号墩处相邻两跨梁之夹角;

β'_{i+1} ——第 $i+1$ 号墩的横向中心线与相邻两跨梁夹角平分线的夹角。

根据平行布置法中 β 角的计算公式: $\beta'_{i+1} = \beta'_i + \frac{\alpha'_i}{2} + \frac{\alpha'_{i+1}}{2}$

将其代入上式

$$\text{则 } \angle A'B'C' = 90^\circ - \frac{\alpha'_{i+1}}{2} + \beta'_{i+1} + \frac{\alpha'_i}{2} + \frac{\alpha'_{i+1}}{2} = 90^\circ$$

$$\alpha'_i + \frac{\alpha'_i}{2} > 90^\circ$$

故在 $\triangle A'B'C'$ 中,其边长 $A'C' > A'B'$,

则 $AB > A'B'$ 。

由以上分析可以看出,同跨各线梁的计算跨长并不相等。因此,必须对不能满足规范要求的跨长值进行必要的调整,笔者是通过如下计算过程来进行桥跨曲线布置设计的。

3 曲线布置设计

3.1 基本数据计算

首先选择一条线作为计算线(一般为设计正线的)

左线),按照单线桥梁在曲线上的布置方法进行计算,得出计算线各孔梁的偏角 α ,交点距 L 和偏距 E ,并从线路设计资料中查得各墩台中心处的线间距 S 。

3.2 选定基准线

基准线的选定在没有特殊要求的情况下,应尽量使其前后两侧梁的偏角之和接近相等。以使各墩横向

中心线的调整计算减少,如有通航、立交等特殊要求,则应根据要求,指定某一方向为桥墩的横向中心线。

3.3 计算线的 β 角计算

β 角为墩台横向中心线与相邻两跨梁轴线交角平分线的夹角,如图 3 所示。

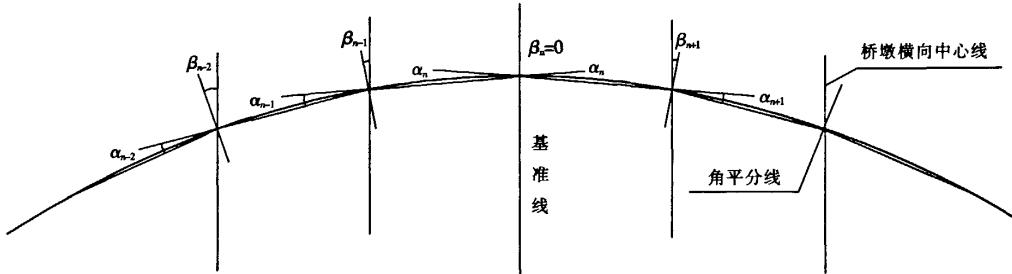


图 3 计算线 β 角的计算示意图

基准线处 $\beta_n = 0$ (在有特定方向时 β_n 为指定角)

位于基准线后方的墩台:

$$\beta_{n-1} = \frac{\alpha_{n-1}}{2} + \frac{\alpha_n}{2} + \beta_n$$

$$\beta_{n-2} = \frac{\alpha_{n-2}}{2} + \frac{\alpha_{n-1}}{2} + \beta_{n-1}$$

⋮

$$\beta_{n-i} = \frac{\alpha_{n-i}}{2} + \frac{\alpha_{n-i+1}}{2} + \beta_{n-i+1}$$

位于基准线前方的墩台:

$$\beta_{n+1} = \frac{\alpha_{n+1}}{2} + \frac{\alpha_n}{2} + \beta_n$$

$$\beta_{n+2} = \frac{\alpha_{n+2}}{2} + \frac{\alpha_{n+1}}{2} + \beta_{n+1}$$

⋮

$$\beta_{n+i} = \frac{\alpha_{n+i}}{2} + \frac{\alpha_{n+i-1}}{2} + \beta_{n+i-1}$$

3.4 T_B 值的计算

T_B 值是同一墩台上各线梁纵向中心线的交点距。

不论墩台位于基准线的前后, T_B 值均可按如下近似公式计算:

3.4.1 对于相邻孔为等跨梁时,梁轴线的交角平分线即是法线,如图 4 所示。

$$T_{B_i} \approx \frac{S_i}{\cos \beta_i}$$

3.4.2 对于相邻两跨为不相等梁或位于缓和曲线上上的墩台,梁轴线的交角平分线和法线不重合,如图 5 所示。

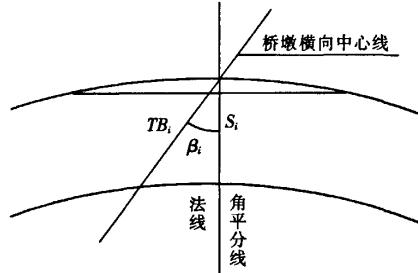


图 4 相邻跨为等跨时 T_B 值的计算图

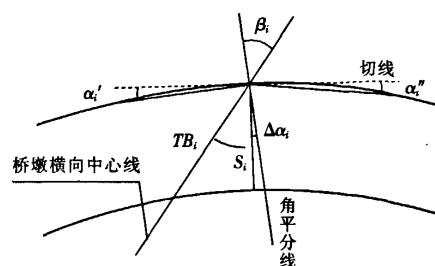


图 5 相邻跨为不等跨时 T_B 值的计算图

$$\text{其夹角: } \Delta \alpha_i = (\alpha_i' - \alpha_i'')/2 \quad T_{B_i} = \frac{S_i}{\cos(\beta_i - \alpha_i)}$$

式中 α_i', α_i'' ——分别为相邻两跨梁对应于曲线的弦切角;

S_i ——墩台处的线间距。

3.5 计算并调整其它各线的梁跨

3.5.1 求算计算线的外侧线或内侧线的梁跨长差值。如图 6 所示。

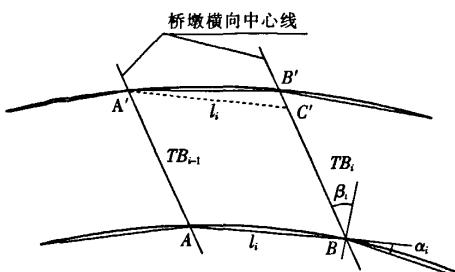


图6 内、外线梁跨长差计算示意图

以计算外侧线梁跨长为例,作 $A'C'$ 线平行于线 AB ,则四边形 $A'C'AB$ 为平行四边形。 $A'C' = AB = L$ 并形成三角形 ABC' , $\angle C' = \angle B = 90^\circ - \beta_i + \frac{\alpha_i}{2}$

$$B'C' = T_{B_i} - T_{B_{i-1}} = \Delta T_{B_i}$$

根据余弦定理得出:

$$\begin{aligned} A'B' &= \sqrt{l_i^2 + \Delta T_{B_i}^2 - 2l_i \cdot \Delta T_{B_i} \cdot \cos(90^\circ - \beta_i + \frac{\alpha_i}{2})} \\ &= \sqrt{l_i^2 + \Delta T_{B_i}^2 - 2l_i \cdot \Delta T_{B_i} \cdot \sin(\beta_i - \frac{\alpha_i}{2})} \end{aligned}$$

梁跨差值: $\Delta_i = AB - A'B' = l_i - A'B'$

依此办法计算出其它各跨的跨长差值。

3.5.2 根据以上计算出的 Δ_i 值,进行调整。

从图6看出,在线路及基线一定的情况下,如保证 $AB = A'B'$,则要调整桥墩的横向中心线的方向,即调整 β 值,使 AA' 不与 BB' 平行。

首先依一条线的梁跨调整值进行调整 β 角计算。

需调整的第一个墩的调整值: $n_1 = \Delta_1$

第二个墩的调整值: $n_2 = \Delta_1 + \Delta_2$

第 i 个墩的调整值: $n_i = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_i$

$$\beta \text{角的调整公式: } \Delta\beta \approx \tan^{-1} \frac{n_i \cos(\beta_i - \frac{\alpha_i}{2})}{T_{B_i} - n_i \sin(\beta_i - \frac{\alpha_i}{2})}$$

3.5.3 计算其它线的梁跨长

根据调整后的 $\Delta\beta$ 角,反算其它线在调整后的跨长差值,按下式计算:

$$n_i = \frac{T_{B_i} \tan \Delta\beta}{\cos(\beta_i - \frac{\alpha_i}{2}) + \tan \Delta\beta \cdot \sin(\beta_i - \frac{\alpha_i}{2})}$$

$$\Delta_i = n_i - n_{i-1}$$

用 Δ_i 与该线相应的计算跨长相加,即为调整后该跨的实际跨长,看其是否满足设计规范要求,如不足,再做二次调整。

3.6 计算调整后的 β 角

通过对墩台横向中心线的调整,使各线梁跨长均

满足设计规范要求,调整后的 β 角为:

$$\beta'_i = \beta_i - \Delta\beta$$

3.7 重新计算 T_B 值

根据调整后的 β 角,对初算的 T_B 值重新计算,仍采用原公式:

$$T_B \approx \frac{S_i}{\cos \beta_i} \text{ 或 } T_B \approx \frac{S_i}{\cos(\beta_i - \Delta\alpha)}$$

3.8 根据调整后计算线的 β 角和 α 角,求算其它各线的 β 角和 α 角(图7)

3.8.1 角的计算

在计算外侧线梁的偏角时: $\alpha_i^{\text{II}} = \alpha_i + \Delta\alpha_i$

在计算内侧线梁的偏角时: $\alpha_i^{\text{I}} = \alpha_i - \Delta\alpha_i$

$$\text{其中: } \Delta\alpha_i = \Delta\alpha_i' + \Delta\alpha_i'' = \left[\frac{\Delta T_B}{l_{i-i+1}} + \frac{\Delta T_B}{l_{i-i-1}} \right] .$$

3.437.75(分)

$$\text{式中 } T_{B_i}' = T_{B_i} - T_{B_{i+1}} \quad T_{B_i}'' = T_{B_i} - T_{B_{i-1}}$$

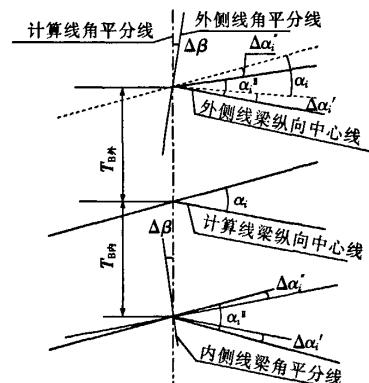
3.8.2 β 角的计算

墩台在基准线前方时: $\beta_i^{\text{II}} = \beta_i + \Delta\beta_i$

墩台在基准线后方时: $\beta_i^{\text{I}} = \beta_i - \Delta\beta_i$

在计算外侧线的 β 角时: $\Delta\beta_i = \frac{1}{2}(\Delta\alpha_i' - \Delta\alpha_i'')$

在计算内侧线的 β 角时: $\Delta\beta_i = -\frac{1}{2}(\Delta\alpha_i' - \Delta\alpha_i'')$

图7 各线 β 角和 α 角示意图

3.9 支撑垫石坐标位置计算

由于桥墩横向中心线与梁轴线不垂直,故支撑垫石应用坐标法控制其位置。

3.9.1 计算各墩的纵向中心线与梁轴线的夹角(如图8所示)

$$\gamma_1 = \beta - \alpha_1 + \Delta\alpha$$

$$\gamma_2 = \beta - \alpha_2 + \Delta\alpha$$

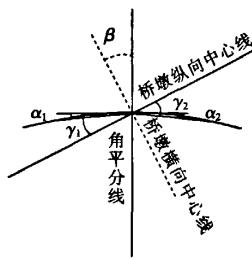


图8 各墩纵向中心线与梁轴线的夹角

式中 $\Delta\alpha$ —角平分线与线路法线的夹角, $\Delta\alpha =$

$$\frac{1}{2}(\alpha_1 - \alpha_2);$$

当桥跨位于圆曲线上的等跨梁时, $\Delta\alpha = 0$ 。

3.9.2 计算各线梁支承垫石坐标位置(如图9所示)

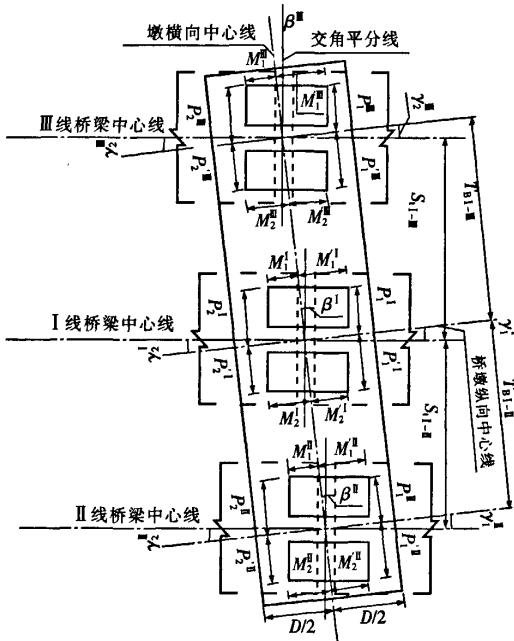


图9 各线梁支承垫石坐标位置计算示意图

$$M_1^I = (\alpha_0 + F^i) \cos\gamma_2^i - b_0 \sin\gamma_2^i$$

$$M_1^I = (\alpha_0 + F^i) \cos\gamma_1^i + b_0 \sin\gamma_1^i$$

$$M_2^I = (\alpha_0 + F^i) \cos\gamma_2^i + b_0 \sin\gamma_2^i$$

$$M_2^I = (\alpha_0 + F^i) \cos\gamma_1^i - b_0 \sin\gamma_1^i$$

$$P_1^I = b_0 \cos\gamma_1^i - (\alpha_0 + F^i) \sin\gamma_1^i$$

$$P_1'^I = b_0 \cos\gamma_1^i + (\alpha_0 + F^i) \sin\gamma_1^i$$

$$P_2^I = b_0 \cos\gamma_2^i + (\alpha_0 + F^i) \sin\gamma_2^i$$

$$P_2'^I = b_0 \cos\gamma_2^i - (\alpha_0 + F^i) \sin\gamma_2^i$$

其它各线支承垫石的坐标计算,仍按此公式,仅将式中的 F^i 、 γ_1^i 、 γ_2^i 等有关数据用该线相应数据替换即可。

4 结论

(1) 通过曲线平行布置法在北京西客站西长线永定河特大桥上的应用,成功解决了桥墩横向中心线与河道水流方向一致,使桥墩阻水面降为最小。体现了曲线平行布置法在曲线桥,特别是小半径曲线桥设置中,解决立交条件和河流通航条件的优越性。

(2) 铁路曲线桥梁设计中通常采用的曲线桥平行布置法计算模式,对于多跨度小半径曲线上的多线桥,将会出现梁缝超过 30 cm 或梁缝过小等不符合设计规范的问题,此时应根据实际情况进行调整。通过永定河特大桥曲线调整的经验及总结出的计算过程,也可以应用于其它采用曲线平行布置法的曲线桥梁设计中。

参考文献:

- [1] 铁道部第三勘探设计院. 桥梁设计通用资料[Z]. 北京: 人民铁道出版社, 1979.
- [2] TB 10002—1—2005, 铁路桥涵设计基本规范[S].
- [3] TB 10017—99, 铁路工程水文勘测设计规范[S].