

大型斜拉桥主梁索管精密定位的方法

王国云

(湖南有色地质勘察局 214 队, 湖南 攸县 412300)

[摘 要] 结合洞庭湖大桥的施工测量, 探讨斜拉桥主梁施工过程中索导管精确定位的数学模型及方法, 分析主梁索导管在动态施工过程中定位参数的变化规律。

[关键词] 索导管; 空间数学模型; 定位参数

[中图分类号] U 448. 27

[文献标识码] B

[文章编号] 1002-1205(2004)01-0112-03

Practice in Precision Positioning of Cable Guide-pipe in Main Beam of Large Scale Cable Stayed Bridges

WANG Guo-yun

(Team 214, Hunan Bureau of Nonferrous Geological Survey, Youxian, Hunan 412300, China)

[Key words] cable guide pipe; space mathematical model; positioning parameter

洞庭湖大桥位于湖南省岳阳市北门渡口下游 1.35 km 处, 大桥全长 5 784.5 m, 主槽常水位宽约 1 400 m, 以 10 m × 50 m 顶推连续箱梁及 880 m (130 + 2 × 310 + 130) 三塔双斜面索漂浮体系斜拉桥跨越。三塔大跨度斜拉桥为国内首次采用的结构形式, 是洞庭湖大桥最具特色的构造特点 (见图 1)。

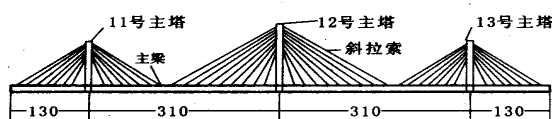


图 1 洞庭湖大桥桥型布置示意图 (单位: m)

主梁施工采用 8 m 牵索挂篮对称悬浇灌混凝土循环施工工艺, 由于索导管是锚固缆索连接主塔和主梁的重要构件, 因此, 主塔和主梁上的索导管定位, 是一项直接影响工程质量的关键性工作。而用于主梁施工中的挂篮标高, 在各施工工序中会发生显著变化。因此, 给主梁索导管的精确定位带来变化。为此, 本文主要讨论了索导管在主梁施工过程中其空间轴线的变化规律、测量方法、步骤及具体的算例分析。

1 索导管定位的数学模型及方法

传统测量方法不仅精度上难以满足, 而且可靠性差、效率低, 因此, 引入空间结构的三维数学模型成为必然。在计算机中编制对应的程序, 依据设计提供的索导管上、下口的三维坐标, 输入计算机中, 即可形成对应的空间直线方程。输入测点的标高, 计算机及时给出此点的设计平面坐标 X 、 Y 值。根据坐标差 X 、 Y 值, 即可调节索导管的位置。

洞庭湖大桥采用施工坐标系: 以主桥的轴线方向为 X 轴, 其垂直方向为 Y 轴, 索导管的定位精度要求: 平面位置 ± 5 mm, 高程 ± 10 mm。设计虽提供了索导管上口、下口中心的三维坐标, 但在动态施工过程中, 索导管的设计坐标不能直接用于施工放样, 而应经过改化, 因此必须找出其变化的规律。主梁索管定位的实际操作过程: 拉杆定位; 索导管位置的检测及微调。

1.1 拉杆的定位

在第四次张拉前, 斜拉索锚固在拉杆上, 承载着挂篮及施工荷载 (见图 2)。拉杆的空间位置必须精确。否则, 主梁索管穿索后, 经第一次张拉, 索管位置基本确定, 能调整的只有: 使下口中心标高高于

[收稿日期] 2003-12-10

[作者简介] 王国云 (1965-), 男, 湖南攸县人, 工程师, 主要从事高速公路施工监理工作。

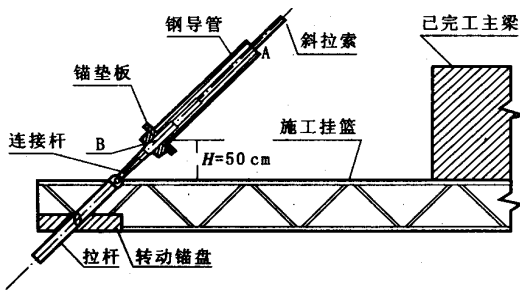


图2 主梁内钢导管与挂篮构造图

底模标高 50 cm。平面位置只能微调。

要确定拉杆的空间位置,其依据是索导管上、下口中心的设计坐标。理论上:无论挂篮标高如何变化,拉杆的轴线必须与索导管的中心轴线重合。因此,只需研究索导管轴线的变化规律。

索导管空间轴线的变化:在 Z 轴方向的平移;绕 Y 轴的旋转。

a. 在 Z 轴方向的平移。

$$\text{上口: } X_{Ai} = X_{Ai0}$$

$$Y_{Ai} = Y_{Ai0}$$

$$Z_{Ai} = Z_{Ai0} + H_{i-1}$$

$$\text{下口: } X_{Bi} = X_{Bi0}$$

$$Y_{Bi} = Y_{Bi0}$$

$$Z_{Bi} = Z_{Bi0} + H_{i-1}$$

式中: X_{Ai0} , Y_{Ai0} , Z_{Ai0} 为第 i 号索管上口中心的设计坐标; X_{Bi0} , Y_{Bi0} , Z_{Bi0} 为第 i 号索管下口中心的设计坐标; H_{i-1} 为已浇梁前端实测梁底标高与设计值之差 ($H_{i-1} = H_{i-1}^{\text{测}} - H_{i-1}^{\text{设}}$)。

b. 绕 Y 轴的旋转。

旋转轴的位置: X_{i-1} 为上一节梁段最前端 X 值(取设计值); $Z_{i-1} = H_{i-1}^{\text{测}}$ 为上一节段前端梁底实测标高。

$$\text{旋转量: } H_i = H_i^{\text{测}} - (H_i^{\text{设}} + H_{i-1})$$

式中: $H_i^{\text{测}}$ 为施工梁段模板前端实测标高; $H_i^{\text{设}}$ 为施工梁段梁底前端设计标高; L 为施工梁段长度(只有最后两节是 6 m,其余均为 8 m)。

见图 3 可知: AB 为平移后索导管的轴线, $A'B'$ 为旋转后索导管的轴线。

$$L_1^2 = (Z_{Ai} - Z_{i-1})^2 + (X_{Ai} - X_{i-1})^2,$$

$$G_1 = \arctan[(X_{Ai} - X_{i-1}) / (Z_{Ai} - Z_{i-1})];$$

$$L_2^2 = (Z_{Bi} - Z_{i-1})^2 + (X_{Bi} - X_{i-1})^2,$$

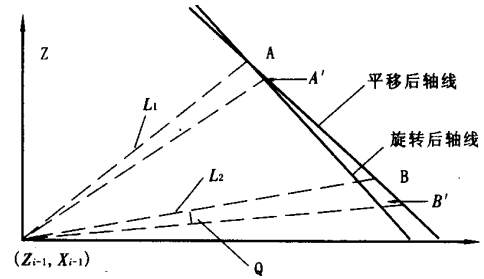


图3 钢导管轴线在竖直面内旋转示意图

$$G_2 = \arctan[(X_{Bi} - X_{i-1}) / (Z_{Bi} - Z_{i-1})].$$

故经平移与旋转之后,索导管上、下口中心的三维坐标为:

$$\text{上口: } X_{Ai} = X_{i-1} + L_1 \sin(G_1 - Q),$$

$$Y_{Ai} = Y_{Ai},$$

$$Z_{Ai} = Z_{i-1} + L_1 \cos(G_1 - Q);$$

$$\text{下口: } X_{Bi} = X_{i-1} + L_2 \sin(G_2 - Q),$$

$$Y_{Bi} = Y_{Bi},$$

$$Z_{Bi} = Z_{i-1} + L_2 \cos(G_2 - Q).$$

主梁索导管设计坐标的改化,采取相对时间法,测量各项改正参数。拉杆位置的调整,均选择在阴天或 20:00 之后,气温相对稳定时,分别测量上下游已浇主梁的梁底标高、挂篮前端标高。采用高精度的全站仪(测角 ± 1.5 、测距 $2 + 2$ ppm)测量标高,为加强检核,观测前均检测后视点标高。将相关设计值及所测标高输入计算机,即时形成索导管新的三维空间直线方程。测量拉杆两端中心的三维坐标,将其高程输入计算机,即时给出对应高程面的平面坐标 X 、 Y 值。以其与实测坐标比较,即可调节拉杆位置。一般均要反复调校几次,直至其差值 (X 、 Y) 均小于 ± 5 mm,在固定拉杆前再重测上下游已浇主梁的梁底标高及挂篮前端标高,将相关设计值及所测标高再次输入计算机,即时形成索导管新的三维空间直线方程,再比较,若合乎要求,则固定拉杆。否则,要重新调整拉杆位置,如此反复,直至合格。

1.2 索导管位置的检测及微调

在第一次张拉前,先主梁底模上,以索导管下口的设计坐标 X 、 Y 值放出十字线,用以安置用于支撑索导管的特制木盒(其作用一是支撑;二是确保锚垫板中心距底模的高度为 50 cm;三是为锚垫板下面预留空间,以便后继的张拉、锚固及封锚),并将其固定好,穿索后经第一次张拉,再调校索导管的位置,

其方法与调校拉杆的步骤一致。

2 算例

现以 B14 号上游索导管为例(见表 1):立模后调拉杆时,首先实测 13 号块梁底及挂篮前端(8 m 处)的标高,本文为演算方便,取表 2 中的标高,见表 2(实测标高与表 2 对应值相差不大),则前一节段的梁底标高 $Z_{13} = 48.723$,挂篮前端标高 $H_{14}^{\text{测}} = 48.710$,前一节段最前端的 $X_{13} = 2\,553.628$,则平移值 $H_{13} = 48.723 - 48.608 = +0.115\text{ m}$,旋转值 $H_{14} = 48.710 - (48.653 + 0.115) = -0.058\text{ m}$,将以上参数输入计算机即可求出索导管上、下口中心已变化的三维坐标(见表 3),并以此形成空间直线方程,调节拉杆位置。

表 1 13 号墩(河侧)主梁索导管施工坐标数据表 m					
点位	索号				
	.....	B13	B14	B15	B16
上口	X_{A0}	..... 2 557. 823	2 550. 105	2 544. 254	2 538. 312
	Y_{A0}	..... - 10. 588	- 10. 588	- 10. 596	- 10. 595
	Z_{A0}	..... 51. 506	51. 551	51. 583	51. 615
下口	X_{B0}	..... 2 554. 128	2 546. 128	2 540. 128	2 534. 128
	Y_{B0}	..... - 10. 927	- 10. 927	- 10. 927	- 10. 927
	Z_{B0}	..... 49. 106	49. 151	49. 183	49. 215

表 2 13 号墩(河侧)主梁梁底及挂篮标高观测值 m						
		索号				
		.....	B13	B14	B15	B16
梁底标高设计值		.....	48.608	48.653	48.685	48.717
立模标高	上游	.....	48.697	48.710	48.685	48.780
	下游	.....	48.695	48.707	48.685	48.782
第一次张拉后模板标高	上游	.....	48.802	48.811	48.746	48.813
	下游	.....	48.800	48.805	48.748	48.814
第四次张拉后梁底标高	上游	.....	48.723	48.744	48.766	48.862
	下游	.....	48.718	48.738	48.763	48.857

表 3 B14 号索导管中心轴线在不同施工状态下的变化 m

点位	原设计坐标	平移后坐标	立模后坐标	张拉后坐标
上口	X	2 550. 105	2 550. 105	2 550. 084
	Y	- 10. 588	- 10. 588	- 10. 588
	Z	51. 551	51. 666	51. 640
下口	X	2 546. 128	2 546. 128	2 546. 124
	Y	- 10. 927	- 10. 927	- 10. 927
	Z	49. 151	49. 266	49. 212

同理,在第一次张拉后,重测梁底及模板标高,形成新的空间直线方程,以其调节索导管位置。在此,同样取表 2 的数据演算,则 $Z_{13} = 48.723$, $X_{13} = 2\,553.628$, $H_{13} = +0.115\text{ m}$,旋转值 $H_{14} = 48.811 - (48.653 + 0.115) = +0.043\text{ m}$,将以上参数输入计算机即可求出索导管上、下口中心已变化的三维坐标(见表 3),并以此形成空间直线方程,调节索管位置。

3 结语

大桥竣工后,分别检测了 16 个索塔的索管下口和主梁的索管上口。索塔的检测结果很好,只有两个索管的 X 或 Y 达到 $\pm 7\text{ mm}$ 。主梁的检测结果不理想,16 个索管中合格的有 5 个,误差在 $\pm 10\text{ mm}$ 以内的有 10 个,个别达到 $\pm 38\text{ mm}$,且集中反应在 X 方向。

为保证斜拉索准确居于索管中心,除测量人员必须研究和制定合理的精密定位方案之外,还要对设计数据进行合理改化,并了解相关环节的施工工艺,与施工技术人员共同配合,减少施工干预,才能确保索管位置的准确性和定位质量。

[参考文献]

[1] 吴栋材. 大型斜拉桥施工测量[M]. 北京:测绘出版社,1996.

《中南公路工程》征订

本刊为季刊,2004 年全年定价 30 元。另 1993~2002 年各期尚有少量余刊,可同时征订。1993~1996 年各年均每年每份 10 元;1997~2003 年每年每份 20 元。

银行汇款帐号

开户银行:中信实业银行长沙分行先锋支行
银行帐号:6927401610182600098858
单位名称:湖南省交通科学研究院

邮局汇款地址

地址:湖南省长沙市芙蓉中路三段 472 号
单位:《中南公路工程》编辑部
邮编:410015
电话:(0731) 5221546

