

大跨度悬索桥的施工程序及技术要点分析

杨德灿¹ 孙 杰¹ 胡荣根²

(1. 武汉理工大学交通学院 武汉 430063; 2. 浙江省浦江县公路段 浦江 322200)

摘 要 为了提高悬索桥的施工质量, 针对悬索桥施工的特点, 分析大跨径悬索桥施工的总程序及技术要点。

关键词 大跨度 悬索桥 施工程序 技术要点

现代悬索桥在我国起步较晚, 因此我国悬索桥的建设与国外相比, 还存在一定的差距。近年来随着改革开放、科学技术、经济和交通事业的需要, 我国也进入修建悬索桥的大好时代。基于中国悬索桥发展的现实情况, 系统地分析大跨度悬索桥的施工工序及技术要点对于提升悬索桥的总体质量是十分必要的^[1]。

笔者针对悬索桥施工的特点, 对悬索桥施工的总程序和技术要点进行讨论, 为大跨度悬索桥的施工提供参考。

1 悬索桥施工的特点^[2]

(1) 悬索桥是由刚度相差较大的构件(主缆、吊索、梁)组成的结构, 与其他形式的桥梁相比, 具有显著可挠的特点。在整个施工过程中, 悬索桥结构的几何形状变化很大。

(2) 悬索桥结构几何形状对温度的变化非常敏感。

(3) 施工阶段中消除误差比较困难。在悬索桥的施工过程中, 主缆一旦施工完毕, 是无法调整其长度的, 而且吊索的长度也无法像斜拉桥施工中那样通过对斜拉索的重复张拉进行调整。悬索桥的吊索长度即使可以调整, 也只能通过垫片微调。

(4) 加劲梁段之间的联接是先上翼缘临时铰接, 下翼缘张开, 等到加劲梁全部吊装完毕, 才将临时铰接变为刚性联接。在吊梁的某些阶段, 颤振

失稳的临界风速有可能大大低于成桥状态的临界风速。

(5) 悬索桥的吊梁与鞍座顶推不是同时进行。在吊梁时, 塔顶与鞍座一起发生位移, 塔根承受一定的弯矩。为了不让塔根应力超限, 吊梁到一定程度, 就要释放塔根的弯矩一次。具体的做法是用千斤顶调整鞍座与塔顶之间的相对位置, 使塔顶回到原来没有水平位移时的状态。

(6) 实际施工中, 为了减少恶劣气候条件下现场焊接的工作量, 总希望能一次安装较长的节段。如果一次安装的节段长度太长, 则有节段最外侧的吊索超载、加劲梁的弯曲应力超限的危险。

2 悬索桥施工的总程序

大跨度悬索桥施工的项目很多, 施工图纸内容复杂, 几乎每一道工序都有其技术难点和复杂的技术细节。因此, 需要对悬索桥的构造、施工程序及各个技术细节有一个比较系统的了解。

悬索桥是由主缆、主塔、加劲梁、吊索等组成的一种柔性悬挂体系, 主缆是这个体系的主要承重结构, 其形状直接影响到整个体系的受力分配和变形。主塔是悬索桥抵抗竖向荷载的主要承重构件, 在外荷载的作用下, 以轴向受压为主。加劲梁是悬索桥保证车辆行驶、提供结构刚度的二次结构, 主要承受弯曲内力。吊索是将外荷载传到主缆的传力构件, 是联系加劲梁和主缆的纽带, 承受轴向拉力。在施工方法上, 悬索桥一般正常的顺序为: 基础 主塔 锚碇 主悬索 加劲梁。具体构造及施工总程序见图 1 所示。

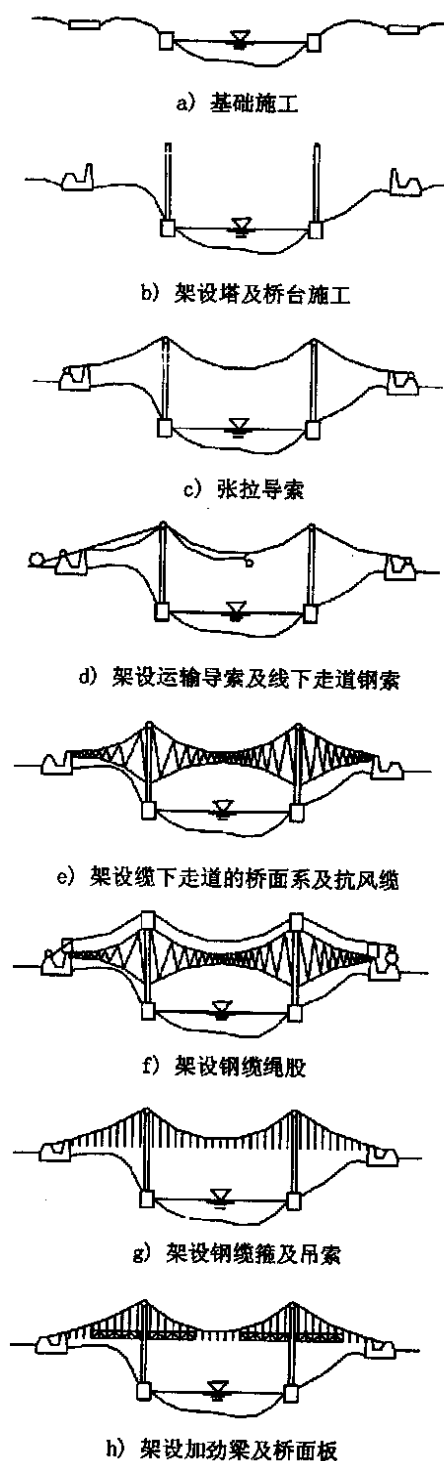


图 1 悬索桥构造及施工总体程序示意图

3 悬索桥施工的技术要点^[3]

3.1 主塔施工

大跨度悬索桥桥塔的高度通常都在 100 m 以上,所以在施工过程中要确保其抗风稳定性。主塔的施工方法是:钢筋混凝土塔一般采用爬模或高塔吊装;钢结构则多用爬式吊机或高塔吊吊装。

在施工过程中,首先是做好对塔柱垂直度的测量与控制;其次是塔顶鞍座的吊装及初始和终了位置的调整,方法是吊装使用塔顶吊机,调整鞍座用水平千斤顶。

3.2 锚碇施工

施工程序是:开挖基坑,灌筑基础,在基础上安装锚固钢缆用的锚碇支架、锚杆和后背梁埋于其内。锚杆的作用是将钢缆的力传给后背梁,故其后端与后背梁连接一起埋入锚块内,前端露出锚块前端面一定距离,以便与经过扩散鞍座之后散开的钢缆连接。因此,施工时必须注意:锚杆应包油毡作隔离层,以防锚杆与锚块固结而将混凝土拉裂;仔细掌握钢缆散股与前端梁的连接细节;正确掌握安装在锚体遮棚内的钢缆扩散鞍座的安装方法及其细节;灌注锚块大体积混凝土时,必须采用降低水化热的措施,以确保混凝土质量。

3.3 猫道施工

架设猫道之前,首先要架 1 根直径较小的空中导索,利用导索架设运输索及其支承索,再用运输索架设猫道索、钢丝绳股、吊杆等。但是应注意:猫道必须设置可靠的抗风索体系,左右猫道之间设横向通道(天桥),以增强猫道的稳定性和作为施工人员的通道;猫道的线型应始终与悬索桥钢缆的自由悬挂线型保持一致,为此,猫道索要设置能收紧、放松的装置,以便在施工过程中调整主钢缆受载后的线型。猫道索两端的锚固设施要事先预埋在塔顶和锚碇中。

3.4 架设钢缆

现在大多采用预制平行束法(PPWS 法)架设钢缆,而不用空中架线法(AS 法)^[4,5],这是因为 PPWS 法的功效、质量、精度都高。PPWS 法,即平行钢丝束由指定的专业工厂按设计要求制作,运到工地后接上述工序施工。平行丝股由设在锚碇区的丝股放松机输送,利用已架好的牵引索道把一根根丝股牵引上塔,放入鞍座并与锚杆连接。在架设钢缆的过程中,线型控制是非常重要的和细致的工作,由于其精度要求高,故需设置基准股。一般是将第一股作为基准股,对其架设精度要求很高,故需利用温差较小的夜间架设,并反复量测、调整其挠度、跨距和拉力,确保达到设计要求。做法是将丝股固定在一塔鞍上,在另一塔鞍上施力,借以调整主跨的挠度,然后对边跨丝股进行调整。

3.5 紧缆及安装吊杆

当钢缆各丝股架完并就位之后,应立即用紧缆机将钢缆截面挤压成圆形。一座大跨度的悬索桥一般需要配 4 台紧缆机,以便对 1 条钢缆主跨及边跨对称位置进行紧缆。紧缆一般由跨中向主塔进行,每米紧 1 圈,边紧边用木桩敲打结实,并随即用打包机按 1 m 间距捆扎薄钢带 2~3 道,以免钢丝松开。在钢缆全长捆扎压实之后,即可将索夹位置标记在钢缆上。安装索夹前可将猫道面板悬吊在钢缆上,索夹用高强螺栓将其紧箍在钢缆上,靠索夹与钢缆间的摩擦力传力,故高强螺栓要分阶段反复施拧,一般要拧 3~4 遍。索夹安好,吊索安装就不难了,但要注意对吊索进行防护。

3.6 加劲梁的施工

加劲梁施工包括制作和安装。大跨度悬索桥的加劲梁一般都是钢制的,这样才能发挥其大跨优势。若用预应力混凝土作加劲梁,则其跨度难以扩大。加劲梁在制作方面并无多大困难,难的是其分段吊装及空中梁拼接技术。分段吊装要注意对称均衡加载和保持梁段对接,而对于混凝土箱梁,其对接工艺则要复杂得多,除湿接头施工外,还有穿束、张拉、压浆及封端等工序,这几道工序都可能影响钢缆的线型及加劲梁精度。另外,还要注意加劲梁与吊杆的连接构造、竖向支座与风支座的构造及伸缩装置的安装等。在加劲梁的施工中,加劲梁与吊杆的连接构造段吊装的顺序与方法都要作出专门设计,要特别注意吊装过程中的抗风措施。由于吊装过程中钢缆承受的荷载是逐步增加的,所以必须在每次加载后量测钢缆线型的变化

并与设计线型相对照,若出入较大,则应考虑调整吊装顺序。

3.7 缠缆

钢缆受拉后截面收缩,因此,应待恒载大部分加上之后再进行缠缆,也就是说,缠缆应在加劲梁全部吊完之后进行,缠丝之前,需按设计要求在钢缆表面涂覆防护材料,缠丝完毕,在其表面再涂漆防护。缠丝作业尽量使用缠丝机进行,只在机械无法作业处用人工缠丝,确保丝股不裸露。

4 结语

悬索桥在恒载作用下的几何形状和内力与施工方法密切相关,同一座桥会因施工方法及顺序的不同而导致成桥时几何形状和内力的不同,因而科学细致的工程误差控制就显得特别重要。对于悬索桥的施工我们已经有了成熟的经验,但是如何使之更简单、更合理,却是我们不断思考与努力的方向,尤其是在主悬索的架设和加筋梁的安装上。

参考文献

- 1 黄建华 悬索桥施工控制的基本框架 北京:铁道建筑技术,2000(2):20~23
- 2 钱冬生,陈仁福 大跨度悬索桥的设计与施工 成都:西南交通大学出版社,1992:54~58
- 3 赵伟封,梁智涛 跨径 1 400 m 悬索桥方案设计及关键技术问题研究 中国公路学报,1999(5):62~65
- 4 苏善根 大跨径悬索桥技术考察报告 公路,1996(12):42~49
- 5 林长川 现代悬索桥技术的若干进步 公路,1992(2):17~24

Analysis of Construction Program and Technical Points of Large-Span Suspension Bridges

Yang Decan¹, Sun Jie¹, Hu Ronggen²

(1. Wuhan University of Technology, Transportation Institute, Wuhan 430063, China;

2. Highway Section of Zhejiang Provincial Pujiang County, Pujiang 322200, China)

Abstract: In order to improve the construction quality of the large-span suspension bridge, aiming at the construction characters of large-span suspension bridge, total program and technical points of the construction of large-span suspension bridge are analyzed in this paper.

Key words: large-span; suspension bridge; construction program; technical points