

大跨钢筋混凝土箱形拱桥悬臂浇筑技术

常星

(贵州交通建设集团有限公司, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 斜拉扣挂悬臂浇筑技术是钢筋混凝土箱形拱桥一种十分重要的施工方法, 具有结构整体性好、工期短、施工控制性强、造价低、后期养护费用低、对环境破坏小等优点。该文以贵州沙坨特大桥为背景, 从主拱圈现浇段施工、悬浇段施工、斜拉扣挂系统等方面, 介绍了大跨钢筋混凝土箱形拱桥主拱圈悬臂现浇施工技术的结构组成、工艺流程、施工步骤。该桥主拱圈悬臂浇筑技术的成功实施对类似拱桥的施工具有一定的借鉴意义和工程实用价值。

关键词: 钢筋混凝土; 大跨箱形拱桥; 悬臂现浇; 斜拉扣挂; 斜爬挂篮

钢筋混凝土箱形拱桥是公路桥梁中应用最广的桥梁型之一, 适用跨径为 50~300 m, 该类桥型特别适用于中国广大中西部高峡谷、急河流、喀斯特地形比较明显的山区, 具有技术优势明显、经济性好、外形美观等显著的优点。悬臂浇筑法是大跨钢筋混凝土拱桥一种重要的常见的施工方法, 具有结构整体性好、工期短、施工控制性强、造价低、后期养护费用低、对环境破坏小等诸多优点。因此, 钢筋混凝土箱形拱桥的悬臂浇筑技术得到了广大研究者和工程技术人员的广泛关注。开展悬臂浇筑混凝土拱桥施工新工艺研究具有较大的现实意义和发展前景, 对丰富中国拱桥的施工工艺、推动拱桥进一步发展具有十分积极的意义。该文以贵州沙坨特大桥为工程背景, 介绍大跨钢筋混凝土箱形拱桥斜拉扣挂与挂篮悬臂浇筑的结构组成、工艺流程、施工步骤, 总结该类施工方法的主要技术特点。

1 工程概况

沙坨特大桥位于贵州省沿河县淇滩镇境内, 桥梁全长 626.8 m, 主跨为 240 m 钢筋混凝土箱形拱桥, 主拱圈为等高度悬链线钢筋混凝土箱形截面, 净矢高为 40 m, 净矢跨比为 1/6, 拱轴系数为 1.85, 箱形截面宽为 10 m、高为 4.5 m, 目前在同类型桥梁中跨度居中国第一、亚洲第二。主拱圈采用斜拉扣挂结合挂篮悬臂浇筑法进行施工(图 1), 将主拱圈分成 37 个节段。除两个拱脚位置 1 号节段采用现浇支架浇筑、拱顶合龙段采用吊架浇筑之外, 其余 34 个节段的施工采用挂篮逐节段悬臂浇筑。完成一个节段施工后对该悬臂节段进行临时扣挂, 进入下一循环施工。悬浇节段最长 7.324 m, 最重节段 267 t, 最大角度 32°。

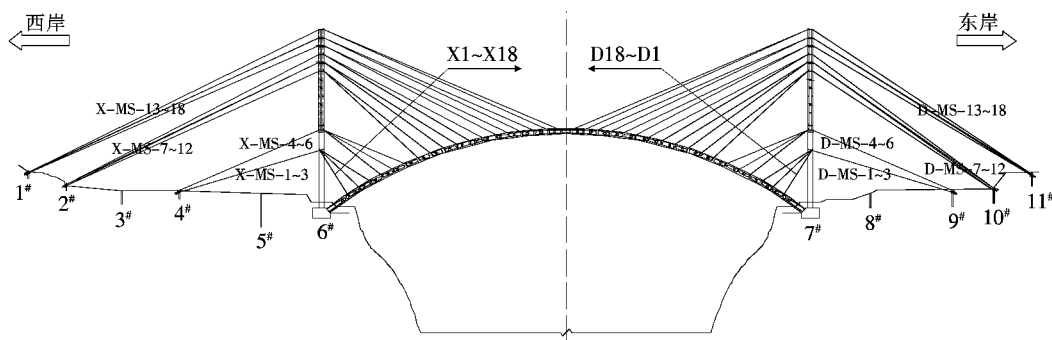


图1 拱圈悬浇施工扣锚索总体布置图

在交界墩盖梁上设置扣塔, 1~3 号节段的扣索通过锚箱扣挂在交界墩墩身上, 4~18 号节段的扣索通

过扣塔进行斜拉扣挂。锚索布置采用扇形布索, 锚碇采用分散的锚固形式。除 0 号桥台、4 号墩、13 号桥台

收稿日期: 2019-06-14

作者简介: 常星, 男, 大学本科, 高级工程师, E-mail: 76260336@qq.com

完全采用重力式外,其他几个锚碇均采用大体积混凝土与岩锚索相结合的锚固形式。

2 悬浇节段施工

箱拱悬臂节段采用斜拉扣挂法进行施工,斜拉扣挂系统主要施工设备为扣塔系统、锚箱系统、扣锚索锚固系统、斜爬挂篮等。

斜拉扣挂系统施工利用悬臂施工原理,依托塔架,斜拉扣索及锚索形成自平衡体系,逐节段悬臂浇筑主拱圈,每施工一节段,便扣挂一组对应扣、锚索,其后利用千斤顶对称张拉相关扣、锚索,使悬浇箱拱的线形符合设计要求,如此循环至合龙。

主要施工工艺流程为:扣挂系统设备准备和安装→两岸拱脚段支架搭设→拱脚段施工→安装和张拉1号节段扣锚索,同时在拱脚段上安装挂篮进行第2段的施工(然后拆除拱脚段支架)→安装和张拉2号节段扣锚索→前移挂篮进行3号节段施工→安装和张拉3号节段扣锚索→前移挂篮循环施工节段至最大悬臂状态→施工合龙段→分级松扣→主拱圈施工完成。

2.1 扣塔系统

拱圈悬挂扣索塔架采用空心钢管扣塔方案。由于该桥施工对扣塔塔顶位移控制要求严(塔顶纵向位移 ≤ 2.0 cm),扣塔位移过大将影响拱圈标高和应力控制;在进行方案比选时,采用万能杆件和钢管立柱作为扣塔的主要受力构件进行比较,由于万能杆件扣塔整体刚度较小,且不利于锚箱的放置,杆件之间是通过螺栓连接的多元件组合结构,螺栓眼孔间隙所导致的非线性变形难以准确计算及模拟,不确定因素过多,因此万能杆件扣塔方案予以摒弃;经分析,钢管混凝土扣塔受力可靠,且位移小,满足受力和变形要求。但由于该桥的扣塔支承于交界墩盖梁上,较重的钢管混凝土结构不可避免地给盖梁带来负担,再加上扣塔为临时结构,桥梁施工完成后需拆除,而钢管混凝土拆除困难且无回收利用价值。经综合比较后,采用空心钢管扣塔方案。

空心钢管扣塔横桥向布置4排,顺桥向布置2排,共8根钢管。主肢钢管经设计采用 $\phi 1\ 000$ mm \times 16 mm螺旋焊管,根据拱圈扣挂的需要,扣塔高度定为41.26 m,此扣塔主肢钢管竖向分为8段,钢管接长采用法兰盘用螺栓进行连接,有锚箱的采用锚箱支撑梁连接。纵桥向主肢钢管中到中间距为2.2 m,横桥向主肢钢管间距为(1.9+5.3+1.9) m,平联采用I32a。

单肋钢管节段在工厂内焊接成型,运输到现场后用塔吊进行整体拼装,以保证钢管的焊接质量。横向连接钢管在工厂进行下料,在塔上进行焊接。塔架系统利用安装在拱座上的塔吊进行逐段向上拼装。两岸扣塔需钢材(除锚箱外均为Q235)总重约600 t。

2.2 锚箱系统

锚箱作为扣索和锚索之间的一个连接装置,采用钢板焊接而成:①4~6号锚箱为独立锚箱,设置在盖梁上;②7~18号锚箱为组合锚箱,分层设置在扣塔上的锚箱支承梁上。

2.3 扣锚索锚固系统

扣、锚索锚固系统包括扣索系统、锚索系统、锚箱和锚碇系统4部分。扣索系统和锚索系统通过交界墩盖梁和塔架上锚箱连接成整体,扣索连接在主拱圈的各个节段上,锚索锚固于锚碇系统上,主拱圈的节段自重及施工荷载通过扣索、锚箱和锚索传给锚碇系统。

扣锚索具体布置为1~3号节段扣锚索锚固于交界墩上,4~6号节段扣锚索锚固于交界墩盖梁锚箱上,对应的锚碇为4号和9号承台;6~18号节段扣锚索依次锚固于扣塔1~6层锚箱上,对应的锚碇为1、2(西岸)、10、11号(东岸)地系梁上。

由于钢绞线扣索在工作期间应力变化属低应力范围,其固定端及张拉端的锚固可靠度是施工成败的关键因素之一。其固定端采用受力可靠的P形锚具锚固。为避免在拱箱内锁头,采用带螺纹锚圈的固定端专用锚具,钢绞线穿过锚头并锁好头后,连同锚头一起穿过主拱圈的预留索套管,然后在拱圈内戴上锚环锚固于预埋的钢垫板上。张拉端因要考虑调索及扣索拆除的需要,其锚具需具备张拉、顶压、锁紧放松、调索及微调等诸多功能,采用YM低应力夹片锚固系统。扣锚索属于低应力状态使用,工作锚具采用双锚具,以防止退锚现象发生。

(1) 扣锚索

由于拱桥是个复杂结构,受环境温度影响比较敏感,而且穿索施工需要时间比较长,温差变化以及风等环境因素会导致结构发生变化,如采用挂扣一根张拉一根,则随着索力的逐步增加,结构应力会发生重分布,所以正在安装的某根钢绞线的即时控制应力与理论计算所得到的控制应力有较大的误差,势必采取相应措施诸如动态离散法进行控制,这样给施工带来较大难度,该桥拟采用整体张拉工艺,即采用整体逐级张拉。具体为:扣锚索张拉分3个步骤进行:预张拉—初张拉(分级10%、50%、80%)—终张拉。预张拉:钢绞

线对称进行预张拉,全线无松弛即可。初张拉:待必要安装完成后进行初张拉,初张拉分 3 级进行,分别为终张拉的 10%、50%、80%。终张拉:拱桥弧线形达到设计要求后,开始终张拉。

扣锚索张拉的施工控制原则为“双控”,以箱拱线形、标高控制和索力控制相结合为原则。

(2) 锚碇

锚碇系统主要采用预应力岩锚,全桥共设计 6 个锚碇,西岸锚碇布置在 1、2、4 号墩位处,东岸锚碇布置在 9、10、11 号墩位处。锚碇锚索锚固位置应与扣塔锚箱的锚固位置相对应,以使锚索平行布置,同时使对应的锚索和扣索在同一水平线上。

锚碇构造:每个锚碇采用 48 束岩锚构成,每 4 束岩锚锚固一根锚索。岩锚分 4 层布置,层间距 1.5 m,每层横向间距亦为 1.5 m。为避免岩锚发生群锚效应,岩锚长短交错布置,长束 34 m,短束 26 m,交错长度 8 m。岩锚施工前先进行岩锚试验,不满足要求需重新设计。

3 合龙施工与松、卸扣

合龙段混凝土采用在拱圈两悬臂端悬挂型钢吊架支撑模板系统进行浇筑。合龙段混凝土浇注前要安装焊接合龙段的劲性骨架,确保合龙段混凝土强度达到设计强度前不变形。合龙前的最大悬臂状态,至少进行 24 h 的温度影响观测,绘制反映升温 and 降温过程的“温度—悬臂端点挠度”关系曲线,为拱圈合龙提供温度修正的依据。

拱圈合龙段混凝土强度达到 100% 设计强度并且该部分混凝土龄期大于 96 h 后,开始逐渐松扣。采用对称松扣,松扣过程中须保持扣塔扣索、锚索两侧水平力的平衡,按扣索、锚索张拉的逆程序松扣。松扣后进行全面测试,特别是轴线偏移,根据测量结果研究决定拱上结构的加载程序及修改。

4 结论

(1) 悬臂浇筑钢筋混凝土拱桥作为拱桥施工的一种新方法,具有结构整体性好、造价低、后期养护少、施工稳定性高、跨越能力强等优点。

(2) 沙垵特大桥采用斜拉扣挂的悬臂浇筑施工技术,主拱圈施工的斜爬式挂篮、自动调索系统、整体吊

装、预应力系统等技术及设备得到了成功的运用。箱形拱圈悬臂浇筑技术在该桥上的成功,为此类桥梁的推广应用以及迈向更大跨径奠定了坚实的基础。

参考文献:

- [1] 李定伦.上承式钢筋混凝土箱型拱桥上部结构施工关键技术[J].公路,2014(7).
- [2] 陈俊城.悬臂现浇拱桥施工索力优化研究[D].西南交通大学硕士学位论文,2014.
- [3] 鞠玉财.贵州木莲特大桥施工仿真计算及关键技术研究[D].长沙理工大学硕士学位论文,2013.
- [4] 曾勇华.拱桥悬臂现浇施工控制模型试验研究[D].西南交通大学硕士学位论文,2007.
- [5] 孙玲,朱尔玉,苏国明,陈晓忠.钢筋混凝土拱桥悬臂现浇施工控制分析[J].铁道建筑,2004(11).
- [6] 刘小飞,黎圆圆,郭吉平.混凝土悬臂浇筑拱桥施工期箱型拱圈剪力滞效应分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019(3).
- [7] 欧军,郭吉平.高温合拢对混凝土拱桥悬臂浇筑法施工的影响及应对措施研究[J].公路交通科技(应用技术版),2019(3).
- [8] 曾斌,郭吉平.混凝土悬臂浇筑拱桥横隔板浇筑顺序对拱圈力学特性的影响研究[J].公路交通科技(应用技术版),2019(3).
- [9] 蒋建军,蒋劲松,庄卫林.大跨径悬臂浇筑拱桥施工期多重风险防御研究[J].城市道桥与防洪,2019(2).
- [10] 陈强,张凯杰,周水兴,龚兴生.单箱单室混凝土拱桥拱圈悬臂浇筑施工控制[J].公路,2019(1).
- [11] 周倩,周水兴,李晓庆,等.混凝土拱桥悬臂浇筑施工力学性能研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2018(7).
- [12] 刘志明.钢筋混凝土箱形拱桥悬臂浇筑挂篮施工技术[J].黑龙江交通科技,2017(12).
- [13] 刘贵蜀.箱型拱桥挂篮悬臂浇筑施工技术[J].交通世界,2017(13).
- [14] 马峰,张利斌.混凝土箱形拱桥施工用钢拱架的设计和應用[J].中外公路,2016(3).
- [15] 王丰华.悬臂浇筑钢筋混凝土拱桥施工扣索索力控制[J].公路交通技术,2016(3).
- [16] 刘宗炜,刘政.大跨度拱桥施工期扣索可靠度分析方法[J].中外公路,2016(4).
- [17] 周仁忠,程多云,刘丹.大跨钢桁拱桥悬臂施工法抗倾覆压重控制技术[J].中外公路,2016(6).
- [18] 陈卫华.大跨度钢管混凝土拱桥施工优化分析[J].中外公路,2017(5).