

浅谈铁路连续梁拱桥钢管拱施工技术

黄强, 郑川, 范兵

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局, 四川 彭山 620860)

摘要:连续梁拱桥以其强度高、跨越能力强、施工便捷、经济效果好、外形美观等特点在我国桥梁中得到广泛使用。总结了连续梁拱桥钢管拱焊接、制作、安装、混凝土灌注、吊装采用的关键施工技术,可供类似工程借鉴。

关键词:钢管拱;焊接;吊装;监测;施工技术

中图分类号:U215;[U24]

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)04-0147-02

1 概述

深茂铁路某跨越高速公路收费站 A、B、C 匝道连续梁拱跨径布置为(64.95 + 136 + 64.95) m, 设计为先梁后拱的施工方, 即在梁体施工完成合拢后, 在中跨梁体上 136 m 范围采用支架法施工钢管拱。拱肋采用钢管混凝土结构, 计算跨度 $L = 136$ m, 设计矢高 $f = 27.2$ m, 矢跨比 $f/L = 1:5$, 拱轴线采用二次抛物线线型, 设计拱轴线方程: $Y = -1/170X^2 + 0.8X$ 。拱肋采用等高度哑铃型截面, 截面高度 2.8 m, 拱肋弦管直径为 800 mm, 由 16 mm 厚的钢板卷制而成, 弦管之间用 $\delta = 16$ mm 厚钢缀板连接, 两榀拱肋间横向中心距为 11.1 m。

2 钢管拱焊接技术

钢管拱焊接采用二氧化碳气体保护焊 (FCAW)、埋弧焊 (SAW) 两种焊接方式; 接头形式有对接和 T 接 2 种, 试件主要采用 16 mm 厚 Q345qD 钢板。

为了避免焊缝组织粗大而造成冲击韧性下降, 必须采用有效的焊接方法, 其具体措施为: 选用小直径焊条、窄焊道、薄焊层、多层多道的焊接工艺。气体保护焊单道焊根部焊道的宽度平焊时不大于 10 mm, 横焊和仰焊时不大于 8 mm, 立焊时不大于 12 mm; 气体保护焊和埋弧焊的填充焊道最大厚度不大于 6 mm。

为保证焊接质量, 除应正确选择焊接方法和焊接材料外, 执行焊接工艺的一个共同特点就是控制焊接线能量。为防止冷裂纹倾向, 应限定焊接线能量的最低值; 为保证接头冲击性能, 应规定

焊接线能量的上限值。为了焊接工艺评定的数量, 宜在焊接工艺评定时选择实际焊接中可能出现的最大线能量。最大线能量评定合格后, 在实际焊接中选用较小的线能量就无需重新进行评定。

为了减小焊接产生的变形, 要合理选择焊接顺序, 焊接顺序应遵循先约束大部位, 后约束小部位, 焊接方向一致、多层同顺序、两侧交替焊接、对称施焊等原则。

3 钢管拱制作技术

结合该桥的结构特点, 充分考虑制作、运输等因素, 总体制造分管拱肋和横撑两部分。管拱肋及横撑制作流程如下: 放样 → 下料 → 零件加工 → 卷管 → 钢管纵缝焊接 → 校圆 → 节段组装 → 节段焊接 → 外观及 UT 检测 → 整体预拼 → 涂喷防锈油漆。

拱肋的制作采用以直代曲工艺, 按图搭设胎架, 将多个短管放置在搭设好的胎架中对接成大节段, 折点应在计入预拱度的拱轴线上, 放样时应使由于制作误差引起的钢管弯曲方向与拱轴的弯曲方向一致, 以减少拱轴误差。

在两岸拱脚处的钢管各开设一个压浆孔, 牢固焊接一段端口朝外的泵管, 该泵管的型号与连接泵机的型号相同, 以便于泵管的连接布置且必须加固焊接。将该段泵管另一端切一斜口, 斜口朝上, 插入钢管半径 2/3 处, 且与钢管轴线的夹角呈 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

在每根钢管拱顶处应设置一个隔仓板, 并在距离拱顶隔仓板 50 ~ 100 cm 之间设置排浆管, 排浆管尺寸为 $\varphi 150 \times 1\,000$ mm 且与隔仓板设计的

连接钢筋错开。排浆管与钢管垂直方向呈一定夹角,避免排出的砂浆和混凝土污染钢管。

4 钢管拱支架安装施工技术

钢管拱支架的搭设:A、B轴分别设置钢管拱安装临时支架,采用4根 $\phi 180 \times 8$ mm钢管柱,横腹杆采用 $\phi 76 \times 5$ mm钢管,斜腹杆采用 $\phi 89 \times 5$ mm钢管,4根主钢管和腹杆组成格构柱。各格构柱之间纵、横支撑也采用上述材料制作。

钢管拱节段的吊装:钢管拱节段按吊装顺序先后运至桥面,然后用2台70 t汽车吊在桥面上抬吊安装。先从两端拱底开始向拱顶按顺序对称吊装每节段拱肋,最后进行合拢段的架设施工,每一节段按照起吊→对位→临时固结→调整线型→定位焊接→全面焊接的施工顺序实施。

钢管拱的施工拱轴线是二次抛物线。由于无法在拱肋的轴线上架设仪器,但拱肋上边缘线与拱轴线的相对位置固定,所以采用通过测设拱肋上边缘线的方法确定拱轴线,测量点的数据可以根据拱肋加工分段进行计算。

在进行拱肋拼装时,拱肋加工和拼装的误差均比较小,钢管拱肋的实测里程与设计里程之间虽然存在误差,但其误差较小,一般可以控制在3~5 cm以内,在这样的尺度内,曲线的切线和曲线本身差别很小,在计算实测坐标点至曲线的垂直距离时可以用过理论里程点的切线代替曲线进行计算。用这种方法计算简便、精度高,点位到曲线的高差 dH 和到切线的高差 dH' 差别很小,计算误差可控制在0.1 mm以内。

钢管拱的受力较为复杂,通过在施工过程中对钢管拱结构进行适时监控,再根据监测结果对施工过程中的控制参数进行相应调整是完全必要的。监测截面钢管的应力是随拱肋分节段拼装施工中自重荷载的增加而逐渐增加的,因此,应力监测是一个相对长期的跟踪检测过程,一般来讲,只能采用长期、稳定性好的钢弦式应变计进行检测。钢弦式应变计在拱肋节段吊装之前先将其安装到检测部位,并由仪器读取初始值,施工过程中,每一个阶段因自重荷载增加而产生的检测截面应力增量再由仪器在各施工阶段读取,由此产生的应力时间历程曲线反映了与各施工阶段荷载相关的应力变化曲线。

5 钢管拱混凝土灌注

钢管拱混凝土灌注采用顶升泵送的施工工艺,灌注时拱桥前后两端及左右两侧对称同步进行。弦管内混凝土采用一级泵送,腹腔内混凝土采用二次泵送。首先浇筑上弦管混凝土,待上弦管混凝土达到设计强度90%后再浇筑下弦管混凝土,待下弦管混凝土达到设计强度90%后再浇筑腹腔混凝土。

顶升混凝土应遵循匀速对称,慢送低压的原则,两台固定泵的压注速度应尽量保持一致,确保两端混凝土同时压注,其顶面高差不大于1 m。必须加强混凝土运输车辆的调度,尽量避免停顿时间,以保持压送的畅通及连续性。

混凝土采用微膨胀混凝土,灌注时在拱肋两端左右侧同时采用四台混凝土输送泵将混凝土连续不断地自下而上压入钢管拱内,直至管顶排气管冒出混凝土使管内混凝土密实为止。

6 钢管拱吊杆的施工

吊杆索采用PES(FD)7-109型低压力拉索(平行钢丝束),其间距为9 m。吊杆采用规OVM1ZM7-109(I)型系统。吊杆张拉前,吊杆锚固端需安装并测试光纤光栅压力环及配套数据监控软件。每套吊杆锚具组件含球形螺母、球形垫板、上下振荡器、挡板、防水罩及保护罩。为改善弯曲应力对吊杆疲劳性能的影响,吊杆钢丝束在进入锚具区域时,在锚具的构造中应添加导向填充箱,从而保证钢绞线在锚具部分处于严格的平行状态。

在系梁及拱肋施工时注意预埋吊杆预留孔、锚头钢筋及螺旋钢筋预埋件等。在钢管混凝土浇筑完成后,精确测量上锚垫板顶面标高,由设计单位确定实际下料长度。同时,上锚头预留长度调整差,交由专业厂家下料并及时安装吊杆与锚具。

在拱肋混凝土强度达到设计值要求后,采用千斤顶在拱肋顶单端张拉吊杆,按设计顺序张拉。

7 结 语

连续梁拱桥近年来在我国桥梁施工中得到了广泛应用,而钢管拱是连续梁拱桥的主要受力结构。因此,在钢管拱施工过程中,需要制定合理的施工工艺来确保钢管拱的施工质量。目前我国对钢管拱的技术研究还处于一种较落后的状态,因此需要我们在施工过程中不断地学习借鉴,同时

(下转第150页)

硬粘土,也包括带坚硬夹层的粘土;微裂隙、但仅有很少粘土的岩体;在很高的初应力场条件下,坚硬的和可变坚硬的岩石。

5 新奥法在铁路隧道施工中的应用

5.1 工程概况

深茂铁路某隧道为单洞双线隧道,全长 960 m,隧道埋深 0~60 m。其中Ⅲ类围岩 50 m,占总长度的 5.1%;Ⅳ类围岩 85 m,占总长度的 8.8%;Ⅴ类围岩 835 m,占总长度的 86.1%。软弱围岩段较长,浅埋、强风化段落长,围岩自稳能力差,施工工法复杂。

5.2 施工方法

(1) 超前支护。

该隧道的超前支护主要采用洞口大管棚超前支护、洞身小导管超前支护。

(2) 洞口、洞身的开挖及支护。

严格执行新奥法施工原则:“管超前、严注浆、短进尺、强支护、勤量测、早成环”。及早封闭成环是新奥法的基本原则,也是减少变形的最有效的办法,开挖后迅速完成初喷混凝土,并在 12 h 内完成初期支护。采用光面爆破,减少超挖量,控制施工过程中对围岩的扰动,尽量发挥围岩的自承能力和初期支护的承载能力。

洞口及明洞分层进行开挖及支护施工。洞口及明洞每开挖一层,立即初喷混凝土、安设锚杆、挂网,然后复喷混凝土至设计厚度,同时施工排水系统,使支护结构与围岩连接成一个整体,通过整体变形以确保围岩的稳定性及洞口的安全性。

在洞口超前支护完成后开始洞身的开挖。洞身段Ⅲ类围岩的施工方法以台阶法为主,Ⅳ类围岩洞段采用三台阶法及三台阶临时仰拱法。Ⅴ类围岩采用三台阶临时仰拱及四步 CD 法。各级围岩均采用锚喷初期支护,拱墙一次衬砌,仰拱超前二次衬砌施作。

(3) 二次衬砌。

二次衬砌的施做时间应安排在围岩和初期支

(上接第 148 页)

要勇于创新,研究出更新、更合理的施工工艺,为连续梁拱桥的发展做出贡献。

作者简介:

黄强(1992-),男,河南信阳人,助理工程师,学士,从事铁路工程施工技术与管理工作;

护变形基本稳定、量测监控数据表明位移率明显减缓时,但是,对于破碎围岩或浅埋段等情况下二次衬砌应尽早施做。一般情况下隧道的二次衬砌施作应在围岩和初期支护变形基本稳定后进行。

变形基本稳定应符合的条件:隧道周边变形速率明显下降并趋于缓和;水平收敛(拱脚附近 7 d 平均值)小于 0.2 mm/d,拱顶下沉速度小于 0.15 mm/d;施作二次衬砌前的累积位移值已达到极限相对位移值的 80% 以上;初期支护表面裂隙(观察)不再继续发展。

(4) 仰拱施工。

仰拱衬砌、仰拱填充超前施工。待喷锚支护全断面施作完成后,及时开挖并灌注仰拱混凝土及填充部分,使支护尽早闭合成环,确保围岩的稳定。

5.3 监控量测

及时进行围岩的监控量测,第一次监控量测在掌子面开挖 4 h 内完成,根据每次量测数据处理的结果,对围岩的变形趋势作出准确的分析判断,据此指导施工、调整施工方法、修正支护参数。对变形异常地段加强初期支护和监控量测,根据量测数据分析判断围岩的变形趋势,以便更好地确定二次衬砌施作的时间及加强措施,使施工更加经济合理。

6 结语

如今,新奥法施工已广泛应用于隧道工程施工中。毋庸置疑地说,已经成为这个时代隧道施工的重要技术保障。但是,新奥法至今仍处于经验设计阶段,需要科学地进行围岩分类,同时根据使用者已有的工程经验,总结并得出一套合理的支护设计参数或标准设计模式。

作者简介:

税宁波(1995-),男,四川乐山人,助理工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作;

王往望(1994-),男,贵州从江人,技术员,从事铁路工程施工技术与管理工作;

张宏(1992-),男,青海海东人,助理工程师,学士,从事铁路工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

郑川(1995-),男,四川资阳人,技术员,学士,从事铁路工程施工技术与管理工作;

范兵(1994-),男,重庆铜梁人,技术员,从事铁路工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)