

大跨度高空重载横梁施工技术

赵金鹏

中铁一局集团桥梁工程有限公司

摘要：斜拉桥桥塔上横梁跨度37m，截面7.1m×4.5m，距离下横梁高度99m，距离地面116m。为了解决塔梁同步施工、克服落地钢管支撑体系缺点。本项目采用组拼式组合悬空牛腿支架系统进行施工，该支架体系与主动撑相结合结构的整体性能好。结构的各构件加工简便，能够实现快速实现工地现场组拼成型；单个构件重量较轻，便于吊装及高空安装，同时为整个支架系统拆除方便快捷；组合牛腿系统构件的周转性高，可重复周转使用，可实现较高的经济效益。

关键词：大跨度；高空；上横梁

一、上横梁通常施工方法

（一）支架法

桥塔上横梁具有重载、高空、大跨的特点。通常采用落地支撑（即垂直支撑系统）。为保证上横梁结构物施工安全，同时满足受力要求，支撑基础一般采用下横梁，在其上搭设支撑构件，每搭设一定高度以索塔为附着的支撑的支架系统。支架系统根据现场施工情况可采用钢管支架或万能杆件进行搭设^[1]。

（二）桁架法

采用搭设支撑的桁架法施工工艺，当上横梁体量较小时，横梁自重及施工荷载通过梁底桁架传递给预埋于已浇筑混凝土塔柱中的预埋构件中。当横梁体量较大时，若仅由预埋构件承重，则模底桁架变形很大，且埋件附近塔柱混凝土应力过大，对塔柱变形影响也较大。且支撑桁架由于其自身的特殊性，现场周转使用效率低下，无法进行标准化设计及现场标准件加工制造，造成物资浪费。

二、工程特点及施工方法

本项目为双塔双索面斜拉桥，索塔分为上塔柱、中塔柱和下塔柱，索塔总高133.5m。上横梁跨度37m，宽7.1m，高4.5m；顶底腹板壁厚均为0.8m；距地面高度为116m。本项目桥塔横梁有如下特点：

（一）上横梁高度大

桥塔高度为135.5m，其中上、下横梁净空为99m，下横梁距离地面16.5m，采用传统施工方法即在下横梁上搭设支架施工，支撑体系太高，自身稳定性差，安全风险高，且需每搭设一定高度后以索塔为支撑加设附着设置横向水平支撑系统，所需钢材量大、施工周期长。

（二）上横梁跨大

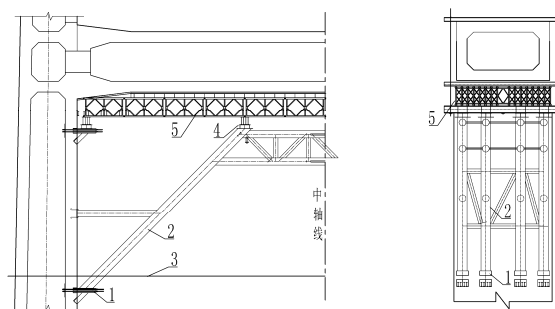
本项目为双塔双索面斜拉桥，设计为双向六车道公路，桥面宽度为35.5m。桥塔为H型塔柱，上横梁净跨度为37m，横梁大跨施工增大了施工难度。

（三）工期要求紧

根据本桥施工工艺要求，索塔施工与主梁架设同步施工。采用传统的在下横梁上搭设支架的施工方法不能进行塔梁同步施工，将制约主梁施工进度，导致总工期的延误。因此在施工工艺的选择上避免单一工作面，尽量形成多工作面流水作业。

（四）施工方法选择

基于以上原因，本项目最终采用组拼式组合悬空牛腿支架法进行上横梁施工。该支架系统主要承重梁采用贝雷梁，承重梁范围内设置4个支点，两端支点由上牛腿承担，跨中支点受力由大牛腿承担。上横梁梁体重量以及施工荷载作用于承重梁上通过卸落装置传递到4个支点上。跨中荷载通过大牛腿传递到下牛腿上。由于大牛腿会产生竖向力与水平力，同时传递给下牛腿，因此下牛腿同时设置加强砼斜面与精扎螺纹钢分别承担钢牛腿传递的斜向力与水平力。为保证在上横梁施工过程通过支架对塔柱形成较大的水平力，出现位移。在左右幅设置临时预应力限制塔柱位移，同时与主动撑结合整体受力。



1-附着牛腿、2-承重牛腿、3-临时预应力、4-卸落装置、5-承重系统

图1 组拼式组合悬空牛腿支架系统总体结构图

三、桁架法施工工艺

组拼式组合牛腿支架系统主要由附着牛腿（上下牛腿）、承重牛腿（大牛腿）、临时预应力、卸落装置、承重装置等组成。

（一）附着牛腿与塔柱的连接构造

牛腿与塔柱的连接采用牛腿直接预埋进混凝土中或预埋钢板盒，如采用全断面预埋盒或型钢预埋可能截断主筋，且拆除后塔柱表面不易修复，影响外观质量。因此在设计的时候我们选择一种可以在不影响受力的情况下，既不损坏主筋又不影响塔柱外观质量的方法。

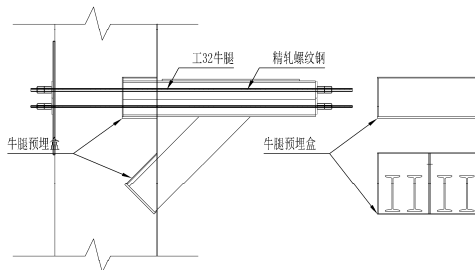


图2 附着结构示意图

本项目支架与塔柱附着主要由预埋锚盒、I32牛腿、精扎螺纹钢组成的受力系统。预埋锚盒采用薄钢板加工制作，浇筑桥塔混凝土时进行预埋，埋入塔柱混凝土30cm。为保证塔柱主筋间

距,在预埋锚盒上下面开长圆孔,保证主筋顺利穿过,预埋盒预埋完成后,在锚盒与钢筋间填充泡沫胶,防止砼浇筑过程中水泥浆跑浆,造成局部砼松散不密实。牛腿采用I32加工制作,下牛腿支撑斜腿与大牛腿角度保持一致。下牛腿在受力上主要有水平力及竖向力,因此在下牛腿上横向设置精轧螺纹钢,并对精轧螺纹钢进行预拉使其完全抵消牛腿受到的水平力作用。因此在结构上下牛腿受到的水平力全部由精轧螺纹钢预拉力承担,产生的竖向力全部由下牛腿斜腿承担,下牛腿斜腿将受力直接传递于桥塔混凝土上,结构受力明确。^[2]

(二) 承重牛腿 (大牛腿)

主承重牛腿除了考虑结构受力满足要求外,由于支架的搭设高度大,形状特殊,安装困难。因此在材料的选择上还要考虑吊装的要求。在上横梁支架安装方法上可以选择整体提升和散件拼装两种方法。整体提升在地面加工成型,可以有效减少高空作业时间,但是对吊装机械要求较高,由于提升高度大提升过程中安全风险大。因此最终选择散件拼装,利用上下游塔吊进行单片牛腿吊装,单片承重牛腿在地面进行加工成型,吊装完成后进行横向连接。

承重牛腿主要由Φ720*10螺旋钢管作为主管、Φ529*8螺旋钢管作为副管、I32型钢组成。钢牛腿下端与下牛腿连接,上端与卸落装置连接,连接方式均为焊接。承重牛腿斜腿采用Φ720*10

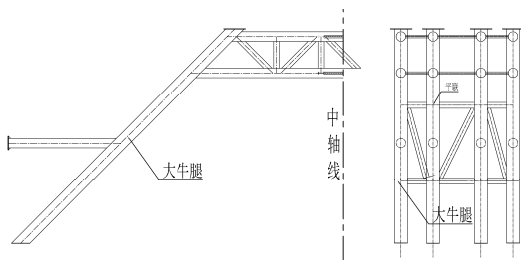


图3 承重牛腿结构示意图

螺旋钢管为主要受力杆件,两斜腿顶部采用两道Φ529*8螺旋钢管焊接而成,同时与I32型钢组成桁架结构。承重牛腿斜腿分别采用Φ529*8螺旋钢管与塔壁内侧进行横向连接增加其承载能力。钢牛腿安装完成后,为保证其稳定性用I32在斜腿及跨中横梁处进行连接,形成剪力撑。钢牛腿现场加工,塔吊起吊位安装。承重牛腿在吊装前,按照其重心位置设置吊点保证起吊过程中承重牛腿安装角度。

(三) 临时预应力

临时预应力钢绞线采用ΦS15.2-7,两端锚固在塔柱外侧。上横梁在混凝土浇筑过程中会对塔柱产生水平力,为防止塔柱移位,预先对临时预应力施加荷载,保证塔柱稳定性。临时预应力在支架预压前进行张拉,与主动撑整体受力^[3]。

(四) 卸落装置

卸落装置采用Φ720*10螺旋钢管制作,两端用钢板封盖。卸落装置主要作用是传递承重梁的荷载到牛腿上以及混凝土浇筑后落梁使用。

(五) 承重装置

承重装置主要由贝雷梁、I32分配梁、底模组成。承重梁主要承担上横梁梁体重量及施工产生的荷载,为保证梁体的线性承

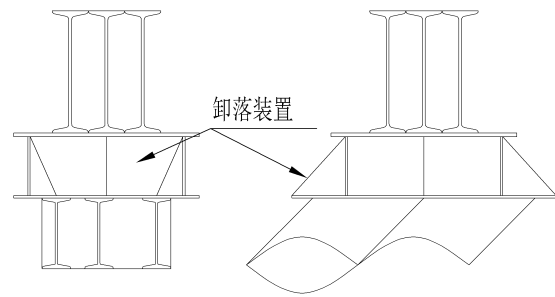


图4 卸落装置示意图

重梁需具备足够的强度以及刚度。I32分配梁置于贝雷梁上,间距75cm布置保证所有分配梁都在贝雷梁节点上。上横梁底模采用方木、竹胶板,放置在分配梁上形成底模系统,与承重梁一起为上横梁施工提供平台。

(六) 主要施工工艺流程

针对该上横梁高度高、重量大、跨度大的施工特点和难点,采用在上横梁底部设置钢桁架作为模板体系支撑系统的施工方案,并结合钢桁架设计模板平台,主承重梁、承重牛腿、附着牛腿分离式设计组拼成型。所设计的牛腿采用标准杆件工厂化加工,支架的安装与塔柱施工同步进行,同时为上横梁和主梁施工能够形成立体作业,加快施工进度创造了条件。

主承重牛腿分片加工制作,利用塔柱两侧的外附塔式起重机进行安装。无需增加支架提升机械,同时可以利用塔柱内侧液压爬模作为安装平台,保证作业的安全性。主承重梁采用组合式贝雷梁,安装塔吊的吊装能力进行拼装起吊。

桥塔上横梁支架安装完成后,开始对上横梁支架进行预压。预压采用吨包土袋,预压重量按第一次混凝土浇筑重量进行预压。预压前在承重梁上按横桥方向分5个断面布设观测点,每个断面顺桥向布置2个观测点。在预压前对临时预应力进行张拉,张拉力按塔柱所受水平推力的50%进行施加。预压完成后根据各阶段观测点变化计算出支架的在的非弹性变形及在受载过程中的弹性变形,以确定最后的梁底高程。

四、结束语

组拼式组合悬空牛腿支架技术为桥塔上横梁专项施工技术的重要组成部分,此项技术以传统的桁架法施工技术为依托,解决了传统施工方法中无法支撑超高、超长、大体量混凝土梁、塔柱与牛腿连接处局部应力过大、施工工序复杂、经济性差等问题,对于桥梁桥塔施工具有很好的指导作用。

此技术在桥塔上横梁底部设置钢桁架作为模板体系的支撑系统,并以此作为上横梁施工模板平台。钢桁架采用大小牛腿的形式,以标准件组拼成型。牛腿与塔壁采用预埋锚盒(锚盒在主筋处开孔)进行连接防止安装牛腿时破坏主筋,同时在牛腿上施加预应力以减少局部应力过大带来的影响。该牛腿支架的设计有单个牛腿组拼成型,可以根据梁体的重量调整牛腿的数量,在类似支架施工时只需增减牛腿的数量即可满足受力要求,具有很好的通用性。

参考文献

[1]王智宇.中朝鸭绿江界河公路大桥主墩上塔柱及上横梁施工技术[J].北方交通,2015,(09):18-20.