

## 桥梁墩柱结构施工质量技术分析

杨 伐

安徽省路桥工程集团有限责任公司，安徽 合肥 230031

**[摘要]**随着我国高速公路建设里程推进，国家、行业以及交通参与值对公路桥梁施工质量提出更高要求。桥梁工程施工是确保高速公路整体施工质量重要组成部分之一，亦是最为关键，质量隐患、安全风险最高的单位工程。桥梁的整体施工质量保障不仅仅是桩基础、上部及其附属，裸露或者置身水中的墩柱及其下部结构也是尤为重要，甚至最为关键。文中结合工程案例详细从事前准备、工序管控、事后成品保护以及人、材、机、法、环等方面进行总结分析，力求为后续桥梁下部结构施工质量管控、现场质量管理提供一定的技术资料 and 参考。

**[关键词]**墩柱；钢筋骨架；抱箍

DOI: 10.33142/ec.v5i10.6974

中图分类号: U445.559

文献标识码: A

## Technical Analysis of Construction Quality of Bridge Pier Column Structure

YANG Fa

Anhui Road & Bridge Engineering Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230031, China

**Abstract:** With the advancement of highway construction mileage in China, the country, industry and traffic participation value put forward higher requirements for the construction quality of highway bridges. Bridge engineering construction is one of the important components to ensure the overall construction quality of expressway, and it is also the most critical unit project with the highest quality hidden dangers and safety risks. The overall construction quality assurance of the bridge is not only the pile foundation, the upper part and its accessories, but also the pier column and its substructure exposed or exposed in the water is particularly important, even the most critical. Combined with engineering cases, this paper summarizes and analyzes in detail the aspects of pre preparation, process control, post finished product protection, as well as human, material, machine, method, environment, etc., and strives to provide certain technical data and reference for the follow-up bridge substructure construction quality control and on-site quality management.

**Keywords:** pier column; reinforcement framework; hoop

### 引言

桥梁工程墩柱、系梁、盖梁是一座桥梁有机组成部分。在施工过程中，出现墩柱位置不准，钢筋下料、绑扎、焊接等工序控制不严或质量管控落实不到位而出现严重的质量问题，以致于威胁到整座桥梁质量甚至使用寿命；质量是工程建设的生命线，但是外观质量亦是不可忽视的重要方面，混凝土工程在配合比设计、原材控制、外加剂、塌落度控制将是直接影响墩柱等桥梁下部结构外观质量重要因素。为了建造一座质量合格、外观达标的桥梁工程，桥梁下部结构将是其不可忽视的重要一环；施工应充分做好施工准备、事前控制、事中控制、事后跟踪等环节的把控。

### 1 施工准备

#### 1.1 设备选型

根据现场地形条件，在不影响临近施工点位的范围处整修吊车作业区，所处位置工况、便道通行情况、吊车工作幅度、起吊高度、施工要求起吊高度以及桥墩墩柱、系梁和盖梁整体最大其中重量、吊索、附属等重量合计选择吊装设备及吊装型号。

#### 1.2 主要临时结构

##### 1.2.1 钢筋笼吊架

墩身钢筋笼安装时，在钢筋笼顶口设置专用十字形吊架，

吊架采用双拼[20a 槽钢与吊耳板组成，吊架结构见下图。

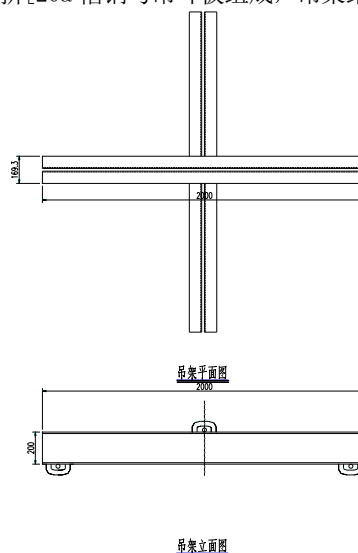


图1 钢筋笼吊架结构图

在起吊过程中，采用2点吊，钢丝绳水平夹角为 $60^\circ$ ，吊耳板厚度18mm，宽度130mm，吊耳孔直径50mm，在吊耳孔两侧贴焊 $\Phi 100\text{mm} \times 10\text{mm}$ 钢板，吊耳孔孔顶至板顶距

离 50mm。贴板与吊耳板、吊耳板与双拼 [20a 槽钢均采用连续角焊缝，焊脚尺寸 10mm，槽钢长度可根据不同立柱直径进行调整。

### 1.2.2 爬梯搭设

墩身“之”字形爬梯采用工场定型产品，装配式，标准节间高约 3.0m。地基整平压实后，浇筑混凝土底板硬化处理，依据现场原地面地基承载力及梯笼搭设最大高度和整体重量，同时考虑攀登人员、辅具等综合重量，通过理论计算，确定最终梯笼基础硬化厚度，一般 20-30cm。混凝土上预埋小钢板，小钢板通过地脚螺栓与基础连接，小钢板与梯笼进行焊接处理。

爬梯系统安装好后需逐个构件进行检查，尤其是附墙杆件的连接、附墙杆件采用钢丝绳或定型抱箍钢筋与墩柱连接，抱箍或钢丝绳与墩柱连接部分采用橡胶垫或土工布进行保护、防滑、上下层之间螺栓的安装等，如抱箍以上部位需进行电焊或产生火花、高温施工作业，施工前需将抱箍防滑土工布或橡胶垫进行洒水湿润，确保不因电焊等作业引燃可燃物，如土工布，同时，各构件调校到紧固位置方可投入使用。

遇有恶劣气候影响施工安全时，停止脚手架搭设或拆除工作。雨、雪天上架作业有防滑措施，并扫除积雪。

### 1.3 现场准备

#### 1.3.1 测量准备

根据最终桥位总平面图、测图控制网中的基线桩、水准标点、重要桩志的保护桩等资料，复测三角控制网，补充加密标桩，建立工程施工要求的平面和立面施工测量控制网；根据桩基高程、系梁高程、墩顶高程、垫石高程、支座高度、调平层高度、调平钢板厚度、上部梁体底部高程及路面结构高程进行高程复核，严格按照相关规范进行施工，控制施工误差，尤其垫石高程严格控制在±2mm之间。

#### 1.3.2 试验准备

所有原材料均经过试验检测，并将检测结果报送监理工程师审批完成。混凝土配合比设计完成，并报监理审批，施工前根据实际进场材料进行施工配合比设计，并进行报备审核，审核通过后将配合比设计以通知单形式下发拌和站进行混凝土拌和。

#### 1.3.3 物资准备

施工材料按计划进行集中采购，采购的材料满足规范和设计文件的要求，进场时检查型号和质量保证书，经物资部、质检部复验合格后入库，分类堆放并做好标识。

#### 1.3.4 设备准备

汽车吊、平板车、电焊机、挖机、压路机等机械设备进场前按公司设备管理办法组织验收，设备性能良好并制定相关操作规程。机械设备的检查、维修、保养等记录齐全，正常合规。

## 2 技术参数

(1) 通过理论计算，确定钢筋笼起吊钢丝绳型号。

### (2) 钢筋笼起吊卸扣选型

卸扣根据《一般起重用 D 形和弓形锻造卸扣》(GB/T 25854-2010) 的规定选用，钢筋笼接长下放时，钢丝绳连接卸扣选用卸扣 GB/T 25854-6-DW6.3；具体卸扣选择应主要依据计算书理论计算结果确定。

## 3 施工流程

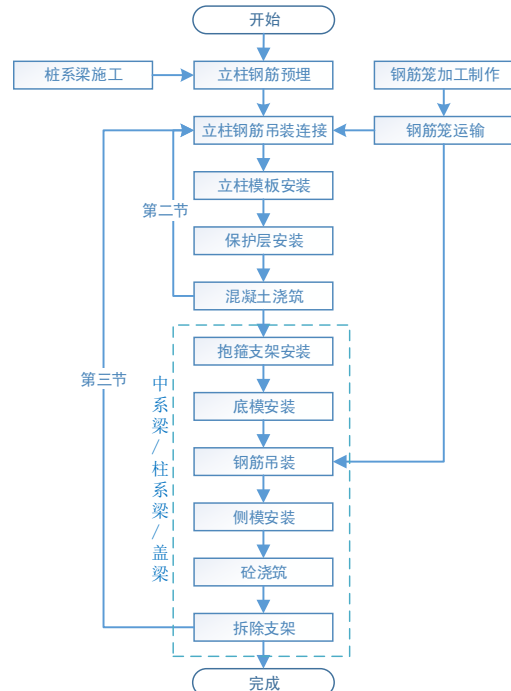


图 2 墩柱、盖梁（墩系梁）施工流程图

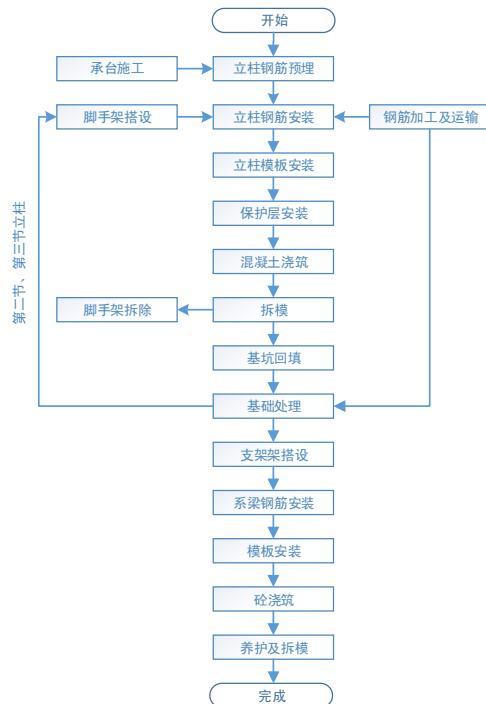


图 3 主墩立柱及系梁施工流程图

## 4 主要施工方法

### 4.1 测量放样

墩柱钢筋笼焊接前,根据导线控制点,放出墩柱的中心点,墩柱前后、左右边缘距设计中心线用以控制墩柱的纵轴和横轴。测量人员复核墩柱的中心线,在与墩柱底面相接的混凝土面上(桩顶面、桩墩系梁顶面或承台顶面)用墨线弹出墩柱边线和支模检查线,施工人员根据墩柱中心线支立模板;施工过程中根据复核图纸高程,进行水准仪、铅坠、经纬仪、全站仪等多种手段和措施进行高程。

### 4.2 立柱施工

#### 4.2.1 钢筋施工

##### 4.2.1.2 钢筋施工概述

根据钢筋大小及重量等参数,所有现浇立柱钢筋采用钢筋笼滚焊机加工制作的工艺在场内进行“单元块化”加工,运至现场进行整体吊装。

加工弯制时应先调直,钢筋表面的油渍、漆污等应清除干净,应平直、无局部弯曲,加工后的钢筋不应有削弱钢筋截面的伤痕。为确保保护层合格,在制作立柱钢筋笼加强箍时,必须严格检查胎膜直径、加强箍直径及“十字”内撑。

依据出场质量证明书、试验报告及收货单显示的钢材重量,按批号、规格、分批验收。进场后按批、规格分类堆放,标识全面、清晰,安排专人保管,避免污染和锈蚀。

采用混凝土轮型垫块进行钢筋保护层控制,依据设计及相关规范、标准及地方要求,轮行垫块有效厚度不小于上述要求保护层厚度;轮行垫块由独立钢筋穿插后端部满焊至结构钢筋骨架主筋上,针对圆柱形墩柱,沿墩柱轴线方向间隔一定间距,一般为2米一道环向对称2组设置,呈梅花形布置;同时在立柱模板顶与钢筋笼处可采用临时辅具进行钢筋保护层控制,力求钢筋保护层合格率控制在设计文件及2020版桥规及公路高程质量检验评定标准要求。

钢筋焊接采用二氧化碳气体保护焊,焊接坡口应平整,不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷,尺寸符合图样规定。

施焊时根据焊机性能,焊接接头形状、焊接位置,选用正确焊接工艺参数,主要包括焊接电流、极性、电弧电压、焊接速度、焊丝伸出长度、焊枪角度、焊接位置及焊丝尺寸。

焊接地线与钢筋应接触良好,焊接过程中应及时清渣,焊缝表面应光滑,焊缝余高应平缓过渡,弧坑应填满。每条焊缝单侧应尽可能一次焊完。

搭接焊时,宜采用双面焊(焊接长度 $\geq 5d$ )。当不能进行双面焊时,可采用单面焊(焊接长度 $\geq 10d$ )。

帮条焊接头或搭接焊接头的焊缝有效厚度  $S$  不应小于主筋直径的30%(焊缝余高应为2-4mm),焊缝宽度  $b$  不应小于主筋直径的80%。

钢筋焊接应按《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18-2012)、

《公路高程质量检验评定标准》第一册土建工程的规定进行质量检验与验收,质量检验与验收应包括外观质量检查和力学性能检验。

#### 4.2.1.3 钢筋骨架运输

运输和吊装过程中注意对垫块的保护,防止运输过程中垫块挤压、碰撞破损,导致钢筋保护层控制偏差,甚至不满足设计及规范标准要求。

钢筋笼装车时,车板与钢筋笼之间安放枕木。放置的位置前中后相同,保证钢筋笼的受力均匀及平稳,防止变形。装车时,钢筋笼与车架结处的中间放土工布夹在中间;防止货物在运输过程中,急刹车时因惯性向前冲,而造成的碰撞。两边用两根尼龙绑带捆绑,以防钢筋笼移位。

在钢筋笼运输过程中,由专人指挥,按照事前设定的路线行驶;利用方木或枕木对称支垫钢筋笼车厢箱体两侧,防止运输过程中因惯性等原因发生滑移及滚动,方木应固定于车厢底板;运输过程中控制车速,匀速前进。

#### 4.2.1.4 整体钢筋骨架安装

全线桥梁立柱钢筋在场内进行“模块化”加工成型,车辆运输至施工现场,运输立柱钢筋骨架车辆最大长度为14m,同时根据钢筋原材的最大标准长度为12m。因此,考虑钢筋配料,同时结合首次立柱浇筑砼的高度,将12m以下(不含墩顶扩大段)的立柱钢筋骨架分为1节进行吊装,12m以上的钢筋笼为2~3次吊装。

以工程最高墩身为例,永安河特大桥跨堤桥墩19#墩最高高度为13.741m。计划分为2节进行施工。

##### 步骤一:测量放样

模板安装完成后,测量放样出立柱纵横轴线、立柱边缘线位置,并在模板上用红油漆做标记,再拉直线确定立柱安装位置。

##### 步骤二:吊点设置

首节立柱钢筋笼长12m,钢筋骨架高12m,采用25/50t汽车吊大小钩抬吊的方式整体安装,骨架吊装时采用6点吊,主吊机4吊点,副吊机2吊点。

在钢筋骨架主吊吊点与副吊吊点位置设一圈加强箍,用于吊装时卸扣的连接。加强箍采用 $\Phi 28$ 钢筋,并与主筋焊接牢固,为防止吊装时加强箍受力而脱离主筋,可在主筋上焊接短钢筋,用于支顶加强箍。

吊装时主吊机吊点布置在骨架顶部以下1.5m位置(设4个吊点),布置在钢筋骨架两侧中部的两主筋之间。吊点连接时采用高度=16cmH型扁钢担梁作过渡,扁担梁上的钢丝绳连接点间距约2.1m(大于骨架断面尺寸1.9m),避免后续骨架起吊翻转时钢丝绳与骨架主筋相互冲突。

副吊机吊点布在距柱底3.5m位置(设2吊点),布置在骨架一侧面上。

##### 步骤三:骨架起吊

吊装时依据理论计算确定型号的汽车吊主钩钢丝绳连接至顶端加强箍的4个吊点处,副钩连接至下端加强箍

的2个吊点处,采用卸扣连接。主、副吊同步起升,将立柱钢筋整体平稳起吊,钢筋笼吊至离地面0.3m~0.5m后,静止5~10分钟进行试吊,应检查钢筋笼是否平稳,然后依据理论计算确定型号的汽车吊缓慢起吊,根据钢筋笼下端起吊高度,信号司索工随时与起吊司索工起落钩。钢筋笼笼头位置向上抬升,钢筋笼由水平状态顺转至竖直状态,注意控制副吊吊钩确保钢筋笼尾始终离地面1米。钢筋笼回直后,此时副吊慢慢下放吊钩,指挥起重工卸除钢筋笼副吊机吊钩,然后远离起吊作业范围。主吊完全承受钢筋笼的重量,慢慢移动至立柱设计安装位置处,再采用人工配合,缓慢准确的插入墩系梁钢筋内。

#### 步骤四:骨架定位

钢筋骨架插入承台、桩顶钢筋内后,利用四根揽风绳调节其垂直度,揽风绳采用直径满足墩柱高度及现场环境的钢丝绳,揽风绳由地锚型钢锚固,揽风绳水平夹角控制在45°角范围内。钢筋笼铅锤度分粗调和精调两部。利用铅锤进行多方位粗调、粗控,然后再粗调基础上采用至少四个方向全站仪精调

#### 步骤六:骨架固定

墩柱钢筋骨架精确定位后,测量技术人员再次复测、核实骨架平面、高程以及铅锤度等技术指标要求,满足设计及规范要求后,报验,经再次确认无误后设置稳固支撑,随后进行焊接,焊接完毕后紧固揽风绳。

### 5 墩柱施工

#### 5.1 墩柱施工概述

##### 5.1.1 施工准备

在垫层混凝土浇注完成,混凝土强度达到2.5Mpa时,由测量人员放出墩身底的平面位置、几何尺寸,并将点位引出,作为以后检查校核模板时使用。并进行桩基和墩身交界面进行混凝土凿毛。凿毛要求清除混凝土表面的浮浆,交界面露出新鲜混凝土及粗骨料石子。凿毛完成后人工使用清水将凿毛部位冲洗干净,并用钢丝刷清除墩身预埋钢筋的表面浮锈。

##### 5.1.2 钢筋施工

地系梁钢筋采取在钢筋加工场区加工成半成品后,用汽车运至施工现场进行绑扎和安装。墩身主筋连接采用直螺纹套筒连接。

直螺纹接头的加工工艺为:先用切割机切除主筋端部的弯曲或者有马蹄形切口并做打磨处理,再利用套丝机对钢筋端头进行套丝,最后将套筒拧在加工好的丝头上,并用塑料保护帽保护没有拧套筒的一端,防止丝牙在运输及安装过程中损坏。

其它钢筋按照设计图纸长度进行切割下料,然后在弯折机上对需要弯折的钢筋进行弯折处理。

由于地系梁、墩身钢筋的尺寸较多,为了防止施工中出现钢筋混淆,钢筋在加工好之后,按照不同规格及尺寸

分类堆放,并挂设钢筋标示牌。

#### 5.1.3 模板拉杆的处理

拉杆采用直径25mm的精轧螺纹钢作为拉杆,外套直径32mm、壁厚不大于2mm的PVC管。PVC管穿出模板长度不小于2cm。基本装配图如图4所示。

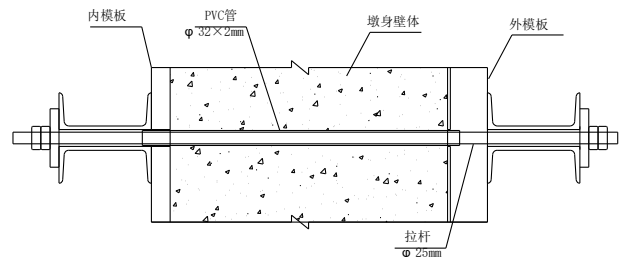


图4 地系梁模板拉杆装配图

### 5.2 模板施工

(1) 模板经监理和业主验收合格后方可进场使用。

(2) 模板底部与桩基、垫层表面接触处,应用砂浆或其他软质物填平嵌实以后(砂浆要达到一定强度)方可浇筑地系梁和连续墩砣。

(3) 制作模板时以规范允许偏差作为验收依据,并要求上下可以互换,采用抽样组装验收合格后方可使用。

(4) 模板组装时拼缝处贴双面胶条,确保拼缝严密,防止漏浆。立柱模板采用25t汽车吊整体吊装、安放;顶节模板采用单块拼装方案执行。操作平台配合安装节段模板和节段间螺栓及拉杆。模板安装时在底部拉设临时揽风绳,方便模板安装,同时防止模板吊装时碰撞立柱钢筋骨架。模板安装时在内侧用线锤初步检查其垂直度,控制定位,组装完后再用全站仪校核,垂直度满足要求后,收紧揽风绳。揽风绳设在模板顶部三等分处,采用直径10mm钢丝绳,通过打设在地面上的型钢锚固桩固定,揽风绳与地面夹角为45°~60°。

(5) 钢模板在使用前表面应清理干净,并涂脱模剂。

(6) 模板安装过程中,要调整吊索长度一致,确保模板起吊时垂直,方便安装,同时确保施工安全。

(7) 模板吊点采用专用吊耳焊接固定在模板龙骨背部。

(8) 模板吊装过程中采用揽风绳限位,防止安装过程中模板摆动,损坏模板及护栏;同时加强钢筋笼吊装的安全控制,防止其碰撞模板及护栏,确保施工安全。

(9) 钢筋笼顶部模板安装时,由于受钢筋笼顶部揽风绳的影响,模板不能一次安装到位。首先采用两台吊车安装揽风绳以下部位模板,一台吊车吊装,另一台移动模板安装到指定部位,及时紧固螺栓及拉杆螺栓并在模板上安装揽风绳,然后拆除钢筋笼上的揽风绳,继续安装顶部模板,确保施工安全,防止其倾覆。

(10) 模板、梯笼等安装完成后,经施工管理人员组织验收,验收合格后报监理检查通过后方可使用。

### 5.3 立柱砼浇筑及养护

立柱模板安装完成自检合格后,报监理工程师检验合格后后向方浇筑混凝土。立柱砼采用自拌砼,由拌和站供应,砼搅拌好后通过运输车经施工便道运至墩侧,并由汽车泵或料斗浇筑。每次浇筑高度不超过 10m。混凝土的浇筑采用常规工艺进行,要注意混凝土浇筑及振捣时的侧压力和工人、机具的总荷载不得超出模板设计承载。

(1) 浇筑砼采用插入式振捣器进行振捣,振捣器的插入要紧跟砼的入模,防止漏振与过振。

(2) 砼浇筑时水平分层进行,控制 30cm 左右层间浇筑厚度。 $\phi 50$  插入式振动棒移动间距小于作用半径的 1.5 倍;同时,振捣棒应离侧模 10cm~15cm 距离。

(3) 振捣砼时间,应以被振捣砼表面停止沉落,并且不再冒出气泡为止,振捣时振动棒应避免碰撞模板,并与模板保持一定距离,同时不能摇动立柱预埋钢筋,否则会影响下层砼与钢筋的握裹力。

(4) 混凝土浇筑时为了减小混凝土自由落体高度,需要悬挂串筒进行混凝土浇筑;串筒间用锁链等进行钩挂串联形成整体,串筒出口口距混凝土浇筑面的高度不超过 1m。

(5) 混凝土振捣分区块由专人负责,分层布料、分层振捣。振捣人员在模板上口振捣,混凝土振捣时“快插慢拔”,每一振点的振捣延续时间以混凝土不再沉落、表面呈现浮浆为度;注意不得漏振、过振。

(6) 混凝土捣实后 24h 之内,不得受到振动。

(7) 施工过程中控制好浇筑速度,防止胀模;并安排专人检查模板稳定情况,发现有松动、移位时及时处理,避免出现质量和安全问题。

(8) 做好高空作业的临边防护,确保浇筑过程中人员的安全。

砼浇筑完毕,待其表面收水后,如最高气温高于 25℃ 时,应在 6 小时以内开始养护,用土工布将立柱表面进行覆盖,经常洒水以保持湿润,在土工布上洒水要适量,以不使水流淌为标准。立柱拆模后采用滴水养护,先用塑料薄膜将立柱表面包裹,在立柱顶部放置两个装满自来水的塑料桶,塑料桶的底部开两个小孔,水从小孔里流出后延立柱表面慢慢的流下来,直至浸湿整个立柱表面,达到养护的目的。养护时间不得少于 7 天。

为确保养护塑料桶掉落,采用铁丝将塑料桶固定在立柱或垫石钢筋上,确保施工安全。

### 5.4 拆模

(1) 在模板拆除前报验,经监理方同意后对模板进行拆除。拆模时间根据自然环境灵活掌握,防止过早拆模,一般强度达到 2.5MPa 后,且能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时方可拆除。拆模时,要注意拆模顺序,不得强拆硬撬,以免在脱模时碰坏混凝土棱角。

(2) 模板拆除同样采用汽车吊配合进行,拆模前必须先将吊机钢丝绳挂好待拆模板,再拆除连接螺栓,按先上后下的顺序进行。模板拆除顺序是先将两模板拆成一组,再分别吊除。

(3) 拆模时,确保工人在操作过程中挂安全带的模板没有掉落的安全。解除全部联结、支撑后轻敲模板,分离后吊除,切勿损伤混凝土表面及边棱。拆除模板时,严禁抛扔或猛力地敲打和强扭,模板拆除过程现场必须有专人指挥,吊机作业半径内严禁站人。

(4) 拆除模板后,模板应及时清除灰浆,维修整理,妥善存放。发现影响外观质量轻微问题,应及时整修,一般整修时段应控制在拆模后 48 小时内完成,消除接缝痕迹或砼表面气泡,特别要注意对成品立柱的保护。

(5) 模板拆装作业必须有专人指挥,在墩底必须设置安全警戒区,并设专人监护,拆装全过程保证吊车钢丝绳处于正常受力状态。

## 6 结束语

基于桥梁墩柱施工质量在整座桥梁乃至一条高速公路整体施工质量重要性,本文从施工准备、技术参数、施工流程、主要施工方法以及墩柱施工过程控制等方面,详细分析了测量放样、施工技术准备、钢筋加工、模板制作、拉杆处理以及过程混凝土浇筑、养生和拆模等工序环节质量控制要点。力求可在一定程度上给一线施工人员、技术管理人员及科研人员提供一定参考。

### [参考文献]

- [1]熊涛.关于公路桥梁下部结构施工技术的分析[J].经营管理者,2015(9):1.
  - [2]朱志良.市政桥梁下部结构的施工质量与技术分析[J].江西建材,2014(11):1.
  - [3]田科俊.桥梁下部结构施工技术的要点分析[J].城市建设理论研究:电子版,2016(25):2.
- 作者简介:杨伐(1987.6-)男,安徽省涡阳县人,汉族,硕士研究生,从事路桥隧工作。