

下部结构主要采用圆柱式桥墩/门式墩/整幅双柱式桥墩配桩基础、肋板台/柱式台配桩基础。桩基础采用钻孔灌注桩，按照桩端持力层按摩擦桩、端承桩设计。

## 1、桥墩

(1)柱式桥墩适用于墩高 < 35米的情况，墩高 $\geq 35\text{m}$ 采用空心薄壁墩。

(2)对于一座桥，桥墩桩柱径可灵活选用，尽量减少采用的桥墩桩柱径种类。

(3)桥墩两柱高差异较大时，桥墩一般构造图中应分别给出左右墩柱的高度，并示意出横断面地面线。

(4)桥墩桩顶埋入地面线下50cm左右(黄土地质需考虑雨水冲刷，具体埋深根据冲刷而定)。

(5)系梁设置原则：墩高 $H$ (含盖梁高度) $\leq 7\text{m}$ 时，不设置系梁，墩高 $H$ (含盖梁高度) $\leq 20\text{m}$ 时，仅在桩顶设置一道横系梁； $20\text{m} < \text{墩高}H$ (含盖梁高度) $\leq 30\text{m}$ 时，除桩顶设置一道横系梁外，柱间设置一道横系梁； $30\text{m}$ 墩高 $< H$ (含盖梁高度) $\leq 35\text{m}$ 时，柱间设置两道横系梁，桩顶设置一道横系梁。同时左右幅桥梁、同一联内桥梁、横向间距较近的左右线桥梁系梁设置尽量一致。

(6)由于受路线交叉处地物或地貌控制以及河道中为较小桥墩阻水，设置了大跨径盖梁或门式盖梁，在预应力盖梁施工时应特别注意以下几点：

1. 混凝土强度达到设计强度的90%、弹性模量达到28d弹性模量的90%后，方可张拉预应力钢束。

2. 钢束张拉采用对称双拉双控，即应力和伸长量同时控制，同时在张拉工程中注意观察盖梁是否有较大变形或局部开裂的迹象，若有应停止施工，及时核查原因，确保盖梁施工和施工后的安全。

3. 对于盖梁施工后预制箱梁的架设顺序，按照一般先架设离桥墩较近、后架设离桥墩较远的原则，顺盖梁方向和盖梁两侧对称协同架设，且不应单侧架设。

(7)不等跨L型盖梁设置了支撑线的偏心。

## 2、桥台

(1)一般情况下，桥台填土高度 $H \leq 5\text{m}$ 时，采用桩柱式桥台；桥台填土高度 $5\text{m} < H < 10\text{m}$ 时，采用肋板式桥台。

(2)肋板式桥台承台埋置不宜太深，一般承台底埋入地面以下1m左右。位于填方段的桩柱式桥台必须采用先填后钻施工工艺，即先与路基一同填土至台帽底标高，压实后再钻孔，且台帽前至少留2m宽平台，桥台采用先填后钻的施工工艺，要求先填筑至台帽底标高再钻孔。

(3)埋置式桥台耳墙设置在路基内侧，与路基同宽，耳墙厚度55cm；对于桥隧直接相连的桥台，不设置耳墙，背墙加厚至1m；桥梁尾端直接道路路肩墙的桥台，不设置耳墙，背墙加厚至1m。

(46)桥台锥坡：有冲刷的桥梁锥护坡采用全断面C20现浇混凝土防护；无冲刷的桥梁、分离式立交桥、互通区内的跨线桥的锥护坡均采用六边形混凝土预制块、植草形式的防护。锥坡基础依地形灵活设置，保证基础埋深不小于1.5m。

### 3、支座设置情况

地震动峰值加速度为0.2g，根据上部结构形式、桥梁纵坡等因素采用了水平力分散型橡胶支座、摩擦摆球型支座、滑板式橡胶支座、盆式橡胶支座。

装配式箱梁支座设置一览表

跨径	部位	类型	支座型号	支座安装高(m)	支座垫石高(m)	支座组合高(m)	备注
20m箱梁	桥台或分隔墩	水平力分散型橡胶支座	LNR(H)-d270×109	129	171	300	单端设置2个
	中间墩，≤10m	高阻尼支座	HDR(I)-d370×177-G1.0	207	143	350	单端设置2个
	中间墩，>10m	水平力分散型橡胶支座	LNR-d370×119	129	171	300	单端设置2个
	中间墩-纵坡>3%	摩擦摆球型支座	JZQZ-2.5-GD-g150-T2.	205	145	350	单端设置1个

30m箱梁	桥台或分 隔墩	水平力分 散型橡胶 支座	5 LNR(H)- d320×1 18	138	162	300	单端设置 2个
	中间墩， ≤15m	高阻尼支 座	HDR(I) -d420× 187-G1. 0	217	133	350	单端设置 2个
	简支桥面 连续中间 墩，≤15 m	高阻尼支 座	HDR(I) -d320× 167-G1. 0	197	153	350	单端设置 2个
	单孔简支 ，≤15m	水平力分 散型橡胶 支座	LNR-d3 20×110	120	180	300	单端设置 2个
	中间墩， > 15m	水平力分 散型橡胶 支座	LNR-d4 20×128	138	162	300	单端设置 2个
	中间墩- 纵坡 > 3 %	摩擦摆球 型支座	JZQZ-3. 0- GD-g 150-T2. 8	230	120	350	单端设置 1个
40m箱梁	中间墩- 墩高 > 2 5/50	固定型盆 式橡胶支 座	JPZ(II)1. 5GD	118	182	300	单端设置 2个
	桥台或分 隔墩	水平力分 散型橡胶 支座	LNR(H)- d370×1 27	147	153	300	单端设置 2个
	中间墩， ≤15m	高阻尼支 座	HDR(I) -d470× 197-G1. 0	227	123	350	单端设置 2个
	简支桥面 连续中间 墩，≤15 m	高阻尼支 座	HDR(I) -d370× 177-G1. 0	207	143	350	单端设置 2个
	单孔简支 ，≤15m	水平力分 散型橡胶 支座	LNR-d3 70×119	129	171	300	单端设置 2个

中间墩， > 15m	水平力分散型橡胶 支座	LNR-d4 70×137	147	153	300	单端设置 2个
中间墩- 纵坡 > 3 %	摩擦摆球 型支座	JZQZ-4. 0- GD-g 150-T2. 8	235	115	350	单端设置 1个
中间墩- 墩高 > 2 5/50	固定型盆 式橡胶支 座	JPZ(II)4. 0GD	148	152	300	单端设置 1个

支座组合高  
20+30+  
20钢天  
桥  
小半径的  
现浇桥梁

水平力分散型橡胶支座、固定型盆式橡胶支座组合高度为300mm，高阻尼支座、摩擦摆球型支座组合高度为350mm  
筒支端采用LSPZ-1500SX；纵坡≥3%，采用JPZ(II)3.0GD固定型盆式橡胶支座；H≤15m，采用HDR(I)-d570×217-G1.0型高阻尼橡胶支座；一般情况采用LNR-d570×163水平力分散型橡胶支座。  
筒支端采用拉索盆式支座，连续端采用(II)型抗震盆式橡胶支座；根据反力选择支座具体型号。

13m预应力空心板桥台处支座采用GYZ250x52型板式橡胶支座；

备注：

- ①单位为mm。支座安装高度：连续端分散型支座为支座高度+1cm钢板，筒支端分散型支座为支座高度+1cm钢板+1cm钢板。
- ②墩高指盖梁顶至桩顶。
- ③若桥梁纵坡大于3%，每联设一个固定墩，采用摩擦摆球型支座，固定墩应选择最靠近不动点的桥墩，每片梁设单支座，20m跨径的大中桥每片箱梁下设置一个JZQZ-2.5- GD-g150-T2.5型支座，30m跨径的大中桥每片箱梁下设置一个JZQZ-3.0- GD-g150-T2.8型支座，40m跨径的大中桥每片箱梁下设置一个JZQZ-4.0- GD-g150-T2.8型支座。采用摩擦摆球型支座总组合高度统一35cm，支座安装高度JZQZ-2.5- GD-g150-T2.5 20.5cm；JZQZ-3.0- GD-g150-T2.8 23.0cm；JZQZ-4.0- GD-g150-T2.8 23.5m。
- ⑤一般情况下对于采用柱式墩且墩高大于25m时或采用空心薄壁墩且墩高大于50m时采用固定形盆式橡胶支座；30m箱梁每片梁下设2个固定盆式橡胶支座，支座型号为JPZ(II) 1.5GD，支座安装高度为**133mm**

**180mm**；此系列支座组合高度为30cm。  
连续刚构、现浇箱梁等桥梁结构根据计算支反力具体选择所需支座。

现浇箱梁及钢桥按照图纸要求采用选定支座。

## 五、附属结构

### 1、桥面及桥下排水设计

桥梁均采用集中排水措施，桥面纵向排水系统可根据实际地形及墩高情况进行适当调整，以顺畅、方便、安全排水为原则。桥梁泄水管均设置于桥面较低侧，位于超高过度段桥梁，当超高值由正变负或由负变正时，超高值小于0.3%时，需在桥梁两侧设置泄水孔。泄水管原则上按照5m间距设置，其中靠近伸缩缝处的泄水管可适当调整间距。同时结合桥头路基排水在桥下形成综合的防排水系统，将汇水引入沟道中；一般桥头均设置了油水分离池，施工时注意施做。

### 2、桥下开挖防护设计

一些桥梁设置了墩台纵、横向施工平台的坡面开挖及防护，施工时做好平台排水沟、坡顶截水沟、吊沟、边坡急流槽、桥下排水沟等防排水措施，保证开挖支护施工过程中及施工完毕后的岸坡稳定性及安全性，保证边坡稳定后再进行钻孔。

### 3、桥头构造物衔接设计

一般情况下，桥头锥护坡防护应与桥头路基防护一致，并做好施工时的顺接。

### 4、河道(沟道)堤防

在桥头水流顶冲桥台、桥前河堤安全距离较小，后期行洪会对桥梁形成安全隐患的河道段落设置了护岸挡墙或是深基础护坡，基底标高在局部冲刷线以下0.5m。

## 六、专业交叉注意事项

预埋件相关注意事项：交安工程需要在桥梁上预埋的标志牌以及机电工程需要在桥梁上预埋的通讯托架及隧道进出口监控设施等，需要设置盖梁加长段的桥墩，在桥型布置图及桥墩构造图中均有说明，预埋件计入桥梁工程中，施工前请结合交安工程及机电工程相关图纸做好相关预埋件的埋置，同时注意防撞墙、伸缩缝、抗震榫、泄水孔等预埋件的埋置。

通道涵长度较大，机电工程设置了照明措施，施工时注意查看相关图表做好预留、

预埋施工。

## 七、主要施工方法

桥梁的施工方法主要有：装配式箱梁简支转连续施工、梁板预制安装施工、现浇预应力箱梁施工、钢桥加工制造及拼装、预应力施工、钢筋施工等，施工时除严格遵守中华人民共和国交通部部颁标准《公路桥涵施工技术规范》JTG T F50-2011、《公路工程质量检验评定标准》有关要求外，尚应注意：

### 1、装配式箱梁简支转连续施工

简支转连续施工首先预制主梁、空心板，待混凝土达到设计强度的90%后，弹性模量达到混凝土28d弹性模量的90%后，张拉正弯矩区预应力钢束，钢束均两端张拉，且应在横桥向对称均匀张拉，预应力钢绞线锚下张拉控制应力为1395Mpa，张拉采用引伸量和张拉量双控，压注水泥浆并及时清理箱梁底板通气孔。

吊梁前首先在桥墩、台上设置临时支座并安装好永久支座(联端无需设临时支座)，逐孔安装主梁，置于临时支座上成为简支状态，及时连接桥面板钢筋及端横梁钢筋。连接连续接头段钢筋，绑扎横梁钢筋，设置接头板束波纹管并穿束。在日温最低时，浇筑连续接头、中横梁及其两侧与顶板负弯矩束同长度范围内的桥面板，达到设计强度的100%后，张拉顶板负弯矩预应力钢束，并压注水泥浆。顶板负弯矩钢束也两端张拉，并逐根对称均匀张拉。连接顶板钢束张拉预留箱口处钢筋，浇注箱口混凝土。各现浇连续接头的浇筑气温应基本相同，温差应控制在5°C以内，并宜在一天气温最低时施工。形成连续的步骤详见施工顺序图如下所示：

### 2、装配式箱梁预制、安装施工

跨径20、30、40米连续箱梁、跨径13米空心板等均为预制安装结构，施工中相关要求请参照执行下列标准。

预制模板制作及安装：预制箱形梁内模可采用组合模板(但顶板内模板不得采用不拆除的混凝土盖板代替，以避免增加梁体自重)，外模板应采用大块钢模板。模板应具有足够的刚度及表面平整度，接缝严密不漏浆。验算模板变形值应不得大于：外模板挠度为模板构件跨度的1/400；内模板挠度为模板构件跨度的1/250；钢模板的面板变形为1.5毫米；钢棱、柱箍变形值为3毫米。应严格按下列要求控制各梁段断面尺寸：

板宽误差 $\leq \pm 10$ 毫米；板高误差 $\leq \pm 5$ 毫米；梁端断面对角线及梁顶、底平面对角线

误差 $\leq\pm 15$ 毫米；腹板厚度不容许偏小，偏大尺寸不得大于1厘米；梁表面平整度(用2米直尺检测) $\leq 5$ 毫米；梁底支座位置表面平整度 $\leq 1$ 毫米。箱形梁边梁挑缘部分应与箱形梁同时浇注。预制前应对钢模板进行预拼，与混凝土接触的钢模表面应打磨除锈。为保证箱形梁内模位置准确，在两侧腹板内对应每段内模应设置两根内模定位钢筋，该定位钢筋应与腹板内钢筋点焊。

**钢筋绑扎：**箱形梁内普通钢筋大部分为构造配筋，钢筋直径小，刚度小，必须采取一定措施才能保证钢筋定位准确。为保证横向钢筋定位准确，绑扎钢筋时可采用如下方法：先确定梁两端各三根横向钢筋位置，用短钢筋点焊固定，并用两根直径20毫米钢筋支撑；其次绑扎两侧腹板纵向钢筋各两根；在纵向钢筋上划线确定横向钢筋位置并绑扎在腹板纵向钢筋上，纵横向钢筋间距误差不得大于20毫米，再绑扎底板、腹板纵向钢筋，钢筋保护层厚度误差不得大于3毫米；最后布设预应力钢绞线。箱梁施工中钢筋的连接方式：如设计图纸中未说明，钢筋直径 $\geq 12\text{mm}$ 时，钢筋连接应采用焊接，钢筋直径 $< 12\text{mm}$ 时，钢筋连接可采用绑扎。边梁预制时应注意预埋防撞护栏钢筋，边跨梁预制时应注意预埋伸缩缝钢筋。

**混凝土浇筑：**预制箱形梁混凝土可水平分层一次浇筑完成(此方案内模一次安装)，亦可水平分层两次浇筑(此方案内模两次安装)。分层一次浇筑时，第一次浇筑底板、腹板混凝土，在腹板混凝土初凝前浇筑顶板混凝土，并对腹板混凝土进行二次振捣，此方案要求混凝土具有足够的初凝时间。否则应采用两次浇注。采用两次浇筑时接缝面设置在内上倒角上端，在第一次浇注的混凝土强度达到2.5MPa后，对表面凿毛并冲洗干净，然后再浇筑顶板混凝土。

底板混凝土振捣只能使用振捣棒在底板上顺板跨方向顺拖，振捣密实后再浇筑其上腹板。为使现浇桥面铺装与箱形梁紧密地结合为整体，应清除梁顶浮浆，在顶面混凝土初凝前沿梁顶横桥方向拉毛。箱形梁预制时应在梁两端底板中心附近设置一直径3厘米排水孔，排水孔进水口应低于箱形梁底板顶面，拆模后检查排水孔是否畅通，以防梁内积水。空心板混凝土采用一次浇筑完成。

**模板拆除及其它：**严禁采用肥皂水、废机油等对混凝土有腐蚀、污染性的材料代替脱模剂。为防止混凝土裂缝和边棱破损，混凝土强度达到2.5Mpa时方可拆模。同一联内湿接缝浇筑温差不大于10度。钢束张拉完毕严禁撞击锚头和钢束。箱型梁预应力钢束管道应在预应力钢束张拉后24小时内压浆，要求管道压浆密实，水胶比0.26~0.28，不允许掺氯盐，可掺减水剂，其掺量由试验决定，为减少收缩可掺入0.0001倍水泥用量的铝粉或0.02倍水泥用量的外掺剂作为膨胀剂。压浆标号不得低于结构自身混凝土标号，压浆前应用压缩空气或高压水清除管道内杂质。

**梁板堆放：**构件场地应平整、夯实，避免地面下沉造成梁体断裂及损坏。箱形梁、空心板堆放均必须采用四点支承堆放，支承垫块顶面位于同一平面内，误差不大于

2毫米。支承中心顺桥向距梁端30厘米左右，横桥向距腹板外缘20厘米，支承垫块平面尺寸为30×30厘米，不允许叠放。

为了防止预制梁上拱过大及预制梁与桥面现浇层由于龄期差别而产生过大收缩差，存梁期不超过90d，若累计上拱值超过计算值10mm，应采取控制措施。

梁板架设：梁板架设前应先检查支座垫石顶面标高及平整度，垫石顶面中心标高误差不大于1毫米，否则应进行处理并用砂浆抹平。空心板采用钢丝捆绑吊装，不得利用锚栓孔捆绑吊装，吊点位置在支座中心线附近，预制空心板时注意预埋护栏联接钢筋。对于箱形梁、槽形梁，施工单位可根据实际条件设计采用兜底吊，但吊点位置距梁端应控制在30~50厘米范围内。应对架梁过程中梁上可能出现的荷载进行验算，并采取可靠措施。架桥机在提梁的情况下，应保证支点支承在箱形梁腹板附近位置。任何情况下架桥机支点不得行走走到边板箱体中心线以外位置。横梁钢板在焊接前，不得在其上运梁或通过架桥机。

在运梁、落梁过程中应保证箱形梁纵、横倾角均不得大于5度。落梁时应先调整箱形梁的纵横坡度，使其与设计的纵横坡度基本一致，然后慢慢落梁，使支承部位尽可能同时落在支座上。不得采用使梁的一点或两点先落在支座上，然后调整纵横坡的落梁方法，以免支座受到预加的水平推力，出现倾斜失稳或破坏。架梁时宜从柱顶位置向两侧架设。架梁时可微调箱形梁顺桥向的位置，保证靠伸缩缝侧所有梁端均在一条直线上，且缝宽满足设计要求，以方便伸缩缝安装。若桥墩挡块在箱形梁安装前已浇筑，边梁腹板外侧与挡块之间应留有5厘米左右的空隙；桥墩挡块采用在箱形梁架设后浇筑时，挡块与箱形梁边梁之间采用油浸沥青木板作侧模板，并紧贴箱形梁腹板，施工后不拆除。桥面铺装混凝土浇筑前不容许汽车、压路机等重型机具通过。

### 3、波纹钢腹板-混凝土组合箱梁桥的加工制造及拼装

#### 7.3.1主要施工流程如下：

(1)预制混凝土桥面板。钢梁在工厂制造，预拼检验合格后，分节段运抵桥位或工地钢梁存放场；

(2)在制作段分段位置架设临时支墩。放置联端、临时支墩临时支座及中支点墩顶永久支座，架设各钢梁制作段；

(3)在临时支墩上拼接各段钢梁，连接端横梁、箱间横梁及悬臂钢板，灌注墩顶钢箱内、墩顶两侧梁底及端横梁微膨胀混凝土；



(4)对钢束范围内的所有钢梁上翼缘板(包括纵梁、横梁、横隔板、悬臂板等)喷涂脱模剂。

(5)在纵梁上翼缘两侧边缘沿顺桥向粘贴防腐橡胶条，两侧橡胶条之间浇筑聚合物砂浆。靠橡胶条的位置砂浆高度与橡胶条高度相同，中部隆起5mm，形成上拱的弧面。

(6)吊装预制混凝土桥面板。预制混凝土板必须存放6个月以后才可吊装到桥面。设计中给出了临时支墩支反力，施工时若发现实际反力与设计不符，需使用千斤顶进行调整，具体详见《主桥施工顺序流程图》。

(7)浇注A4~A7、A4'~A7'、B4~B7、B4'~B7'号预制混凝土桥面板之间的湿接缝混凝土。湿接缝混凝土达到设计强度后，张拉T1~T4预应力钢束，张拉顺序为T4~T1号钢束，逐根对称单根张拉。

(8)浇注剩余的湿接缝微膨胀混凝土及剪力钉预留槽内的微膨胀混凝土。混凝土达到设计强度后，拆除临时支墩。

(9)张拉T5预应力钢束和Tw1体外预应力钢束。

(10)安装防撞护栏，完成防水层、桥面铺装及其它附属工程。

### 7.3.2 施工要点

有关桥梁的施工工艺、材料要求及质量标准，除按《公路桥涵施工技术规范》(JT G/T F50-2011)、《钢结构工程施工规范》(GB50755-2012)有关条文办理外，还应特别注意以下事项：

#### 1) 钢梁制作

##### (1)

钢—混凝土组合结构桥梁钢梁承担单位应根据设计文件的技术要求、《公路桥涵施工技术规范》、

《铁路钢桥制造规范》、《钢结构工程施工规范》、

《钢结构工程施工及验收规范》、《钢结构焊接规范》及其它相关国家标准，编制详细的钢梁制造工艺方案。

##### (2)

承担单位应根据接头形式编制焊接工艺评定试验，并编制详细的焊接工艺评定报告，确定合适的焊接坡口尺寸、合理的焊接工艺和焊接参数，选择有效的措施控制焊接变形和降低焊接残余应力。

(3)钢梁可在变截面位置分段，在工厂制造，预拼检验合格后，分节段运抵桥位或工地钢梁存放场。钢梁分段时，顶底板与腹板拼接焊缝错开距离必须满足规范要求，且分段接头不应布置在应力最大位置。

(4)  
钢材应按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态，每10个炉(批)号抽检1组试件，且应抽取每种板厚的10%(至少1块)进行超声波探伤，检验不合格的钢材不得使用。

(5)  
文件构件尺寸均为基准温度15℃时名义长度，其制造长度还应考虑制造时温度修正和焊接收缩余量、加工余量等。

(6)  
所有杆件的精切外露边缘必须倒出 $R > 2\text{mm}$ 圆角，确保精切棱边的匀顺及棱角处涂膜的厚度。整体节点板圆弧部位在精切后必须打磨匀顺。

(7)施工时禁止在钢主梁上随意焊接临时构件。

(8)波形钢腹板施工：

波形钢腹板应选择有加工、运输能力，保证质量与工期要求，具有一定规模的工厂制造，波形钢腹板的压制采用多波连续模压法，波形钢腹板波幅方向作加工钢板宽度方向，制造所使用的材料必须有材质证明并应对其进行复验。在工厂制作波形钢板时，必须准确的考虑架设时的主梁长度方向变形，并反映到波形钢腹板尺寸上。

本桥波形钢腹板采用1600型波型钢板，制作时必须按照平曲线线形加工制造。波形钢腹板采用多波连续压制成型，分段长度应与顶底板纵向分段相匹配，并应尽量减少。

运输、贮存时波形钢腹板可以多层叠放，但层数不超过5层，底层钢板应支撑与其外形相同的木或混凝土存放垫上。

(9)主梁顶、底板均按照平曲线线形加工制造，各构件均应现场放样并与大样图、材料表核实后方可下料。

## (10)主梁预拱度

参见钢桥的每桥说明

表注：a、表中预拱度建议值未考虑竖曲线的影响，设计时应根据竖曲线半径调整预拱度的设置值。

b、预拱度采用抛物线。

## 2)剪力钉施工

(1)栓钉出厂前，必须按《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T10433-2002)的各项要求作合格性试验。

### (2)焊接质量控制

剪力钉焊接应满足《栓钉焊接技术规程》(CECS 226:2007)的要求。

每日每台班开始生产焊接前，或更换一种焊接条件时，都必须按规定的焊接工艺试焊2个栓钉，进行外观检查和35°角弯曲试验，合格后方可进行正式焊接。若有一个栓钉破坏，应重新焊接两个栓钉进行检验，若不合要求，应调整焊接工艺参数重新试焊，直到合格为止。

试焊用的试板必须与工件材质相同，厚度允许变动 $\pm 25\%$ ，焊接位置为平焊。

### (3)焊接质量检验

剪力钉焊接质量应按《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205-2001)、《栓钉焊接技术规程》(CECS 226:2007)的要求进行检验。

## 3)高强螺栓施工

高强螺栓采用扭矩法施拧。除极个别位置不得不采用手动扳手外，一般都用电动定扭矩扳手施拧。

高强螺栓施工质量控制关键是保证摩擦面有足够的抗滑系数及设计扭矩系数。螺栓施工前需对螺栓预拉力、螺栓扭矩系数、施拧扳手的标定、抗滑移系数等施工参数进行试验室测定。

高强螺栓应按《钢结构高强螺栓连接技术规程》(JGJ 82-2011)的要求进行施工、检验。

#### 4)桥面板施工

##### (1)降低混凝土收缩徐变所采取的措施

1)混凝土中适量掺加优质的粉煤灰掺合料，其掺和量需根据现场试验确定，且满足根据《公路桥涵施工技术规范》(JTG TF50-2011)6.15.9条的要求。

2)混凝土配合比中应尽量控制水泥用量，水泥用量不宜超过500kg/m<sup>3</sup>

3)预制混凝土板必须存放6个月以后才可吊装到桥面。

(2)桥面板纵横接缝混凝土选用微膨胀低收缩混凝土，具体配合比需根据现场试验确定。

(3)相邻两块桥面板的纵横向环形钢筋预制时应错开一个钢筋直径，便于预制板相互间扣环的搭接。

##### 5)体外预应力施工

(1)穿索前将索端头PE剥除一段距离，该长度要严格控制，控制在穿索完毕后PE必须进入密封筒，张拉完毕后，PE距工作锚板不小于300mm；

(2)穿索时应采取可靠的保护措施，防止索体表面的HDPE护套受到机械损伤；

(3)穿好一根索后两端安装好工作锚具，然后利用千斤顶进行单根预紧，预紧力为10%张拉控制应力。

(4)体外索采用千斤顶进行整体单端张拉，张拉程序为：0→15%→30%→50%→90%→100% (持荷2分钟)→锚固

##### 6)钢桥桥面铺装

#### 钢桥桥面铺装设置一览表

上面层  
粘层

4cm沥青玛蹄脂碎石SMA-13  
改性乳化沥青粘层油

下面层  
封层

3cmTAF-10型环氧沥青混合料  
环氧树脂粘结剂，用量为0.4~0.8kg/m<sup>2</sup>

## 4、预应力施工

预应力管道质量：管道与管道之间的连接及管道与喇叭管的连接应确保其密封性。预应力管道在曲线部分以间隔为50厘米、直线段间隔为100厘米设置一“U”字形定位钢筋，并点焊在主筋上，不容许用铁丝定位，确保管道在浇筑混凝土时不上浮、不变位。管道位置的容许偏差平面不得大于±1厘米，竖向不得大于0.5厘米。管道轴线必须与垫板垂直。应截取2至3米长的波纹管进行漏水检查。浇筑混凝土前应对管道进行仔细检查，尤其应注意检查管道是否被电焊烧伤而出现小孔。排气管至少在管道曲线的最高点处设置。

预应力钢绞线：应按有关规定对每批钢绞线抽检强度、弹性模量、截面积、延伸量和硬度，严禁使用不合格产品，同时应就实测的弹性模量和截面积对计算引伸量作修正。引伸量修正公式为：

$$\Delta' = \frac{E}{E'} \Delta$$

式中：E'、A'为实测弹性模量及截面积；

E、A为计算弹性模量及截面积；

$$E = 1.95 \times 10^5 \text{ Mpa} ;$$

$$A = 1.40 \text{ CM}^2$$

$\Delta$ 为计算引伸量值。

$\Delta'$ 为修正后的引伸量值

钢绞线运抵工地后应放置在室内并防止锈蚀。钢绞线的下料不得使用电或氧弧切割，只允许采用圆盘锯切割，且应使钢绞线的切割面为一平面，以便张拉时检查断丝。

锚具和垫板：应抽样检查锚具夹片硬度，逐个检查垫板喇叭管内有无毛刺，不准使

用有毛刺者。锚具均应采用整体式锚头，不允许采用分离式锚头。

预应力质量的控制：混凝土强度大于或等于90%的设计强度时才允许进行张拉正弯矩钢束。预应力张拉者须有一定的施工经验，每次张拉应有监理监督检查并有完整的原始记录。预应力张拉以引伸量与张拉力作为控制参数，引伸量误差应在 $\pm 6\%$ 范围内，每一截面的断丝率不得大于该截面总钢丝数的1%，且不允许整根钢绞线拉断。断丝是指锚具之间钢丝在张拉时或锚固时破断。图中后张法引伸量不含工作长度部分引伸量，施工时应根据实际考虑此部分引伸量。

在引伸量达不到设计要求时，允许灌中性肥皂水以减少其摩阻损失，但在压浆前应用高压水将中性肥皂水冲洗干净，也可将张拉吨位提高3%，两种措施可同时采用。应根据每批钢绞线的实际直径随时调整千斤顶限位板的限位尺寸，最标准的限位板尺寸应使钢绞线只有夹片的牙痕而无刮伤，如钢绞线出现严重刮伤则限位板限位尺寸过小，如出现滑丝或无明显夹片牙痕则有可能是限位板限位尺寸稍大。

千斤顶在下列情况下应重新标定：a.已使用三个月；b.严重漏油；c.主要部件损伤；d.延伸量出现系统性的偏大或偏小；e.张拉次数超过施工规范规定的次数。千斤顶和油泵必须配套标定和配套使用。张拉前应检查千斤顶内摩阻是否符合有关规定要求，否则应停止使用。严禁钢绞线作电焊机导线用，且钢绞线的放置应远离电焊地区。压浆水胶比0.26~0.28，允许掺膨胀剂，压浆要求饱满密实，压浆质量应作抽检。预应力钢束引伸量的量测方法：

a.量测引伸量的要求：开始张拉前应将所有钢绞线尾端切割成一个平面或采用与钢绞线颜色反差较大的颜料标出一个平面，在任何步骤下量测引伸量均应量测该平面距锚垫板之间的距离，而不可量测千斤顶油缸的变位量，以免滑丝现象被忽略。

b.预应力张拉的操作

c.检查千斤顶有无滑丝

查看 $\delta_3 - \delta_2$ 是否大于8毫米，如大于8毫米，则表明出现滑丝，并查钢绞线尾端标记是否仍为一个平面，如平面出现了变化，说明有个别钢绞线出现了滑丝现象，出现上述情况应查明原因并采取措施解决后方可继续张拉。

d.实测引伸量的计算方法

实测引伸量

e.进行实测引伸量与计算引伸量的比较

应使

，方可满足设计要求，否则应查明原因，并予以解决。

式中： $\Delta'$ 为修正后的引伸量值

## 5、现浇预应力混凝土连续箱梁

现浇箱梁施工时应注意下列事项：

① 现浇箱梁采用满堂支架现场浇筑施工，支架架设前应对支架基础进行认真处理，消除桥下表层浮土，以保证支架基础变形控制在允许的范围内。在支架施工时，支架应采用刚度较大的材料，并对不同材料的接触面进行处理，并根据桥跨结构的特点，对支架进行必要的设计和验算，以确保箱梁的浇注质量。支架架设完成后，必须对支架进行预压，预压重量不得低于现浇箱梁重量的90%，并在浇注过程中根据浇注的重量减少相应的预压重量。

普通钢筋混凝土连续箱梁除为抵消支架弹性、非弹性变形而设置的预拱外，跨中支架设2厘米向上预拱至桥墩处为0，其间按二次抛物线变化。浇混凝土前对支架进行等载预压以消除支架的非弹性变形，预压期不小于7天，连续两天沉降观测不大于1mm，支架基础必须进行加固以减小施工过程中的沉降量。箱梁外模板采用大块钢模板或大块塑料模板。箱梁模板应具有足够的刚度，模板平面应与箱梁设计曲率一致。钢模板初次使用时应将与混凝土接触面上的锈迹清除干净。不得采用对混凝土表面有污染、对混凝土有腐蚀的废机油、肥皂水、洗衣粉等材料代替脱模剂。应严格控制各梁段断面尺寸。

② 箱梁竖向采用一次浇筑，纵向一联可采用逐孔分次浇筑，亦可采用一次浇筑；纵向分次浇筑时，每次浇筑的施工缝应设置在1/5-1/4跨径范围内，施工缝应严格凿毛并冲洗干净。同一次浇筑时应从跨中向墩顶方向浇筑，最后浇筑墩顶两侧各3米左右或纵向施工缝3米左右范围内梁段及横隔梁，以防止在浇筑过程中墩顶位置及施工缝位置出现竖向裂缝。

③ 施工时箱梁顶板、底板的上、下层钢筋及腹板的内、外层钢筋之间应采用 $\text{O}12$ 短钢筋支撑(两端用 $90^\circ$ 弯钩)固定绑扎成整体。

④ 施工时，应注意为下道工序预埋钢筋、构件或预留孔、槽，应注意护栏、伸缩缝、支座、泄水管、通讯电缆等预埋件的预埋，并确保位置准确。

⑤ 为了使桥梁外观颜色一致，要求主梁采用同厂家、同品种水泥。

⑥ 混凝土浇筑完毕，应及时予以养护，以确保其质量。

⑦ 施工时如在箱梁顶板设置人孔时，其位置宜选在 $1/8$ - $1/4$ 跨径范围内，其尺寸顺桥向不应大于 $1\text{m}$ ，横桥向不应大于 $0.7\text{m}$ ，四角应设 $0.2\times 0.2\text{m}$ 倒角，并布置直径 $12$ 毫米倒角钢筋。箱梁施工完成后应及时复原结构钢筋并立模浇筑封孔混凝土。

⑧ 混凝土初凝前应对箱梁顶板顶面进行横向拉毛。

⑨ 为防止混凝土裂缝和边棱破损，并满足局部强度要求，混凝土强度达到 $2.5\text{Mpa}$ 时方可拆除侧模，混凝土强度达到 $30\text{Mpa}$ 时方可拆除顶模板。卸架时应先卸悬臂部分，再从跨中向两边卸架。同一联内第三孔以后应保证浇筑梁段前不少于两孔支架未拆除。

⑩ 严禁摊铺机、装料车桥上密集超载施工，震动压路机桥上作业等应有所控制(低振幅)。

## 6、钢筋施工

钢筋加工、安装和质量验收等均应按照《公路桥涵施工技术规范》(JTG T F50-2011)的有关规定进行。凡因施工需要而断开的钢筋当再次连接时，必须进行焊接或机械连接，并应符合施工技术规范的有关规定。当钢筋和预应力管道发生干扰时，可适当移动普通钢筋以保证钢束管道位置准确。钢束锚固处的普通钢筋如影响预应力施工时，可适当弯折，但待预应力施工完毕后应及时恢复原位。施工中若钢筋发生矛盾，允许进行适当调整布置，但混凝土保护层厚度应予以保证。箱梁内的“U”形钢筋全部是受力钢筋，应严格按照图纸要求将上下弯钩钩在外层钢筋上，绝对禁止因任何原因将此类钢筋取消或裁断。

桥墩、桥台盖梁钢筋骨架采用双面焊焊接或机械连接，焊接焊缝长度不小于 $5d$ 。

在任一焊接接头中心至长度为钢筋直径的 $35$ 倍，且不小于 $500\text{mm}$ 的区段内，同一根钢筋不得有两个接头;在该区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分数，普通钢筋在受拉区不宜超过 $50\%$ ，在受压区和装配式构件间的连接钢筋不受限制。

另焊接与机械连接在受力性能、施工便利性、造价经济性方面没有明显的差别，施工单位可根据实际情况灵活选择，但应满足如下标准：

(1)钢筋焊接技术的要求



1普通钢筋的最小保护层厚度(钢筋外缘至混凝土表面的距离)不应小于钢筋的公称直径,且应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范JTG D62 - 2004》中表9.1.1的规定。

2受力钢筋的连接接头应设置在内力较小处,并应错开布置,同一根钢筋不得有两个接头。受拉区接头截面面积不得超过接头总面积50%。

3电弧焊应采用双面焊接,双面焊接无法施焊时,方可采用单面焊接。双面焊缝不应小于5d,单面焊缝不应小于10d(d为钢筋直径)。

4其它未尽事宜请按照桥涵说明施工技术要求和《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F 50-2011和《钢筋焊接及验收规程》JGJ18-2012执行。

(2)机械连接技术(直螺纹套筒、冷挤压套筒)要求:

1根据《公路桥涵施工技术规范 JTG/T F50--2011》的第4.3.4条,墩粗直螺纹和滚轧直螺纹连接接头适用于直径大于或等于25mm的HRB335、HRB400级热轧带肋钢筋;冷挤压套筒连接接头适用于直径16-40mm的HRB335、HRB400级热轧带肋钢筋。

2普通钢筋的最小保护层厚度(钢筋外缘至混凝土表面的距离)不应小于钢筋的公称直径,且应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范JTG D62 - 2004》中表9.1.1的规定。

3受力钢筋的连接接头应设置在内力较小处,并应错开布置,同一根钢筋不得有两个接头。受拉区接头截面面积不得超过接头总面积50%。

4接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端,柱端箍筋加密区,如无法避开时,同一截面接头百分率不应超过50%。

5连接套筒、锁母套筒的长度及丝扣根据连接钢筋制成接头的抗拉强度大于钢筋母材抗拉强度确定,须由满足各项资质要求的正规厂家提供,套筒、锁母的各项指标均须满足《钢筋机械连接用套筒》JGT 163-2013等相关规程要求,并有出厂合格证书;

钢筋接头丝扣长度 $L_1 = \text{套管长度}L/2 + (0.5 \sim 1.5)\text{螺距}P$ ,加工工艺应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2016和《普通螺纹基本尺寸》GB196-81的要求,丝头应满足《普通螺纹基本尺寸》GB00196-2003和《普通螺纹公差》GB-T197-2003要求,套筒、锁母、丝头在运输和存储过程中应采取防护措施,防止雨淋、玷污

和损伤。

6套管接头应按照《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2016进行抗拉、弯、扭、疲劳及动力力学实验，钢筋套管连接处各项力学性能指标值应不小于钢筋非连接段，且须出具正式实验报告进行报批。

接头应满足强度及变形性能的要求，接头极限抗拉强度满足下表规定。钢筋接头变形应满足下表规定：

⑦对墩粗直螺纹连接接头，套筒末端不宜有一扣以上的完整螺纹外漏；对套筒挤压接头，挤压后套筒长度应为原套筒长度的1.1~1.15倍，压痕道数应符合型式检验确定的道数。(接头型式检验见《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2016第5章内容)

⑧钢筋接头的加工、安装及检验均应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2016第6章、第7章各条款要求。

9其它未尽事宜请按照桥涵说明施工技术要求和《公路桥涵施工技术规范》JTGF 50-2011、《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2016及《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》JGJ 108-96执行。

(3)使用机械连接时，可以适当调整钢筋位置，确保钢筋连接部位的保护层厚度满足原设计的要求。

## 7、桥面铺装及护栏施工

浇筑桥面铺装混凝土前，必须清除结合面上的浮皮、油污，并用水冲净。结合面清理完应测量板顶面各点标高，测点纵、横间距不大于5米。将实际值与理论值进行比较。桥面防水应在护栏以内、沥青混凝土铺装以下铺装混凝土顶面设置。防撞护栏混凝土每10米以及在墩顶、跨中位置必须设置1厘米左右宽断缝。

## 8、承台及墩身施工

承台：承台混凝土要求一次浇注，承台钢筋全部为受力钢筋。施工承台时注意台身钢筋的预埋，预埋时应保证钢筋定位准确，钢筋接头位置应相互错开，在一个水平平面内的钢筋接头数量不得超过总钢筋数量的60%。承台内部不得抛填片石或块石。

柱式桥墩：柱式桥墩墩柱施工采用钢模板，一节长度应不小于2米，钢模板初次使

用时应将混凝土接触面上的锈迹清理干净。不得采用对混凝土表面有污染、对混凝土有腐蚀的材料代替脱模剂。

## 9、钻孔灌注桩基础施工

基础施工放样前，必须对桥梁的桩号、设计高程、基桩坐标、一般构造尺寸等控制性数据进行详细复核，若与图示数据不符，应及时通知有关单位进行处理。

露出地面2m以上的桩柱式桥台采用先填后钻法的施工工艺。先将桥头路基及锥坡部分与路基一起分

层填筑，台帽前预留宽度不小于2米的

平台，压实标准与路基部分一致

，待达到台帽底标高以后，再钻孔浇筑桥台桩基混凝土。柱式桥台先填后钻法施工工序如下图：

高填的肋板式桥台也采用先填后钻的施工工艺，要求先将填土填至承载底标高，压实后再钻孔，压实度同路基压实度。

桩柱式桥台、肋板式桥台待台后填土完成后，方可架设上部构造。桩基顶面标高应在天然或规划地面以下不小于0.5米。摩擦桩当采用全护筒钻机工艺施工时，桩长增加10%，增加桩长部分不用配筋。桩基应严格清孔，桩底沉淀土厚度不得大于5厘米。桩基施工中均不得搅动桩底、桩侧的土层，相邻两孔不得同时钻孔或浇注混凝土，以免搅动孔壁造成串孔或断桩。

本合同段所有桩基按旋转钻进成孔,桩基施工终孔要求：①、桩底标高高于附近地质钻孔孔底标高，桩基施工出碴反映的地质情况与附近钻孔资料有较大差别时，应及时通知有关单位，确定终孔标高。如两者资料基本一致，则按设计标高终孔。②、桩底标高低于附近地质钻孔孔底标高时，桩基施工出碴反映的地质情况与附近钻孔资料基本一致，且以下部分相近或明显好于地质钻孔孔底附近地质条件时，按设计标高终孔，否则应及时通知有关单位，确定终孔标高。

采用机械成孔的桩基应逐桩进行质量检测和承载力检测，桩基满足无破损检测要求。为保证桩基成孔质量，对钻孔灌注桩应逐桩进行超声波检测，桩基施工时应在每根桩钢筋笼内侧平面呈等边三角形布置超声波检测预埋钢管，钢管下端伸至桩底，上端伸出桩顶50厘米。超声波检测完毕，对钢管压浆，要保证压浆密实，压浆标号不得低于原结构标号。

混凝土灌注桩灌注至桩顶部位时，灌注的桩顶高程应比设计高程高出不少于0.5m，当存在地质较差、孔内泥浆密度过大、桩径较大等情况时，应适当提高其超灌的

高度；灌注的多余部分在承台施工前或接桩前应凿除，凿除后的桩头应密实、无散层。

湿陷性黄土场地，宜采用干作业成孔灌注桩，施工过程中，应严防雨水和地表水流入桩孔内。当采用泥浆护壁钻孔施工时，应防止泥浆水对周围环境的不利影响。

本项目端承桩要求桩底嵌入中风化岩层不少于2Dm，施工时若发现实际地质与设计不符，应及时向设计单位反馈。

## 10、空心板铰缝施工

空心板吊装前先将腹板严格凿毛，以利于新、旧混凝土的结合，空心板吊装完成后，将空心板顶板及铰缝部位的杂物清除，用吹风机吹干净，并用高压水枪清洗。采用吊模安装工艺，在梁底用穿有铅丝的竹胶板将两片空心板之间的缝隙封住，铅丝的另一端固定在顶板上的桥铺连接筋上，之后用C50的砂浆浇筑5~10cm厚，作为铰缝的底模。浇筑时注意不要污染钢筋及混凝土面。待砂浆达到设计强度的70%后拆除模板及铅丝，严格按照图纸加工和安装铰缝钢筋，钢筋的搭接尺寸符合规范要求。

钢筋经监理验收合格后，将铰缝清理干净，并检查底模是否完整，再把铰缝部分混凝土表面润湿，浇筑铰缝砂浆。各铰缝的浇筑气温应基本相同，温差应控制在5℃以内，并宜在一天气温最低时施工。砂浆浇筑应对称纵向中心线，先中心，后两侧对称浇筑。砂浆水平分层厚度不大于30cm，捣固机具为 $\phi 50$ 、 $\phi 30$ 插入式振捣棒，每次布料高度约30cm。振捣时插入中部，并插入下层砂浆深度5-10cm，整个过程的振捣时间一般为20s左右，即按本层砂浆厚度做振捣动作。铰缝砂浆浇筑完成后，顶面应低于空心板顶面2cm。施工完成后要及时刷毛、覆盖养生。

装配式预应力混凝土空心板铰缝采用聚合物水泥砂浆浇筑，聚合物水泥砂浆具有优良的粘结性能，提高与混凝土界面的粘结强度；并且具有优异的耐久性能，从而防止盐类对铰缝内材料的损坏。聚合物水泥砂浆性能指标见下表：

铰缝聚合物水泥砂浆性能指标表

性能	龄期	指标
流动度/mm	/	310
凝结时间/min	初凝	90
	终凝	105
抗压强度/MPa	2小时	25
	24小时	55

	28天	61
抗折强度/MPa	2小时	7
	24小时	11
	28天	12
粘结强度/MPa	2小时	1.6
	24小时	2.5
	28天	2.8
收缩率/‰	28天	0.4
抗冻性(冻融循环次数)/重量损失	28天	300/2
弹性模量/GPa	28天	27

## 八、施工注意事项

### 1、施工前注意事项

施工单位施工前应对每座构造物的图纸进行全面阅读，弄清楚整体和细部尺寸的关系，以及一般构造图与通用图的关系和一致性，弄清楚预埋件的位置及要求，以免造成返工和浪费。施工前要对地下埋设物进行普查，特别是石油管道、水管道等弄清楚地下埋设物的位置，施工期间应加以保护。

施工前应对图纸中的构造尺寸、里程桩号、坐标、标高等进行全面的理解和复核，如有矛盾之处应及时提交设计单位；施工前对墩台位置处的地面高程、横向地形变化情况进行复测，如与设计采用的资料不符，应及时提交设计单位。

### 2、雨期施工注意事项

(1)项目正式开工前要先作好临时排水工作，包括临时排水边沟、截水沟、及横向排水沟、排水管等，以利雨期排水、排洪；对可提前做永久性排水设施的排水工程应提前进行施工。

(2)涵洞雨期施工，要突击将下部基础工程及时施工完成，施工时要注意防洪措施，备足防洪物资，注意钢筋锈蚀和模板、支架变形、下沉，做好水泥等材料保管工作，以免造成不必要的损失。施工要保持连续性，并经常检查砂石料的含水量，严格控制水灰比。混凝土和砂浆在终凝前要注意覆盖，防止雨淋而影响质量。

(3)桥梁下部基础、平台开挖后须采取临时支护、防排水措施。

(4)雨期施工要加强与气象部门联系，根据气象资料合理安排工作。施工中要坚持“两个及时”，即遇雨及时检查，发现积水或险情及时排除。

(5)做好临时防排水，上级平台开挖的土方不准堆积在下级未开挖平台的边坡上，防止因增荷和滞水引起边坡失稳。桥下采用自然边坡时，更需注意保护自然状态，不准弃土、尽可能保护植被和边坡原貌。

### 3、冬季施工注意事项

#### 1.低温对砼、钢筋性能及施工操作的影响

1) 在负温条件下，新拌砼强度尚未形成，体内含有许多水分经冻结由液态转化为固态，体积增大约10%，使砼的内部组织由于受到冻胀而遭到不同程度的破坏，降低了其应有的承载能力，造成结构上的危害。

2) 负温条件下钢筋变硬、变脆，受弯及冷拉其内部组织受到不同程度的损伤，焊接时会产生内应力，降低焊件的受力强度。

3) 波形钢腹板的焊接环境条件必须满足设计要求。

#### 2、低温对生产人员及机械设备的影响

1) 低温寒冷对生产人员操作带来许多不便，尤其对高空作业者更为明显，人的视觉、听觉也受到阻碍，一旦遇到风雪天，操作更加困难。

2) 机械设备在低温情况下难以保证最佳工作状态，油压设备由于低温油路凝结，灵敏度下降，使机械不能正常运行。

#### 3.混凝土拌和、运输、浇筑及养护

冬季施工期间结构部分全部采用自拌混凝土，在保证质量、加快进度、节约能源、降低成本的前提下，混凝土养护在冬施过程中采用综合蓄热法，对混凝土搅拌、运输、浇筑及养护作如下要求：

(1)对骨料仓的进口处进行围护。

(2)拌和混凝土时，首先预热搅拌机械，投料前先用热水冲洗搅拌机，投

料顺序为骨料、水，搅拌，再加水泥搅拌，时间较常温时延长50%，混凝土出机温度不低于10℃，入模温度不低于5℃。

(3)运输要求：砼在运输过程中热损失较大，混凝土浇筑时入模温度与拌合物的出机温度有关外，还取决于运输过程中的蓄热程度，因此，在运输过程中尽量减少运输时间降低热损失，并对混凝土搅拌运输车进行保温覆盖，以确保冬施混凝土的质量。

#### (4)混凝土的浇筑

##### A、一般要求

混凝土浇筑时要保证砼的均匀性和密实性，要保证结构的整体性，尺寸准确，钢筋、预埋件位置，拆模后砼表面平整、光洁。在浇筑前，应清除模板和钢筋上的冰雪和污垢。浇筑时，拌合物由拌板、料斗、漏斗或各类使用工具在浇筑砼时容易与容器冻结，故在浇筑前应采取防风、冻结保护措施，一旦发现砼遭冻必须作出退场处理。

施工缝的位置宜留在结构剪力较小，且便于施工的部位，在施工缝处接着浇筑砼时，应先除掉水泥薄膜和松动石子，湿润冲洗干净，并使接缝处原混凝土的温度高于5℃，然后铺抹水泥浆或与砼砂浆成分相同的砂浆一层，待已浇筑的砼强度高于1.2 Mpa时，允许继续浇筑。

##### B、砼浇筑

模板支搭完毕后及时进行混凝土浇筑，浇筑前再次检查模板的尺寸，防止模板由于冻胀而产生结构尺寸变化。

砼拌和物入模浇筑，必须经过振捣，使其内部密实，并能充分填满模板各个角落，制成符合设计要求的构件。冬期振捣砼采用机械振捣，振捣要快速，浇筑前应做好必要的准备工作，如模板、钢筋和预埋件检查、清除冰雪冻块、浇筑时所用脚手架、马道的搭设和防滑措施检查、振捣机械和工具的准备等。在进行砼浇筑时必须四周对称浇筑，防止由一端向另一端推移浇筑时造成模板受力不均匀产生倾斜给施工带来难度，浇筑必须连续及高效地进行，争取在较短的时间内完成。

混凝土入场温度不低于10℃，入模温度不低于5℃，项目部中心试验室严格审核混凝土的冬季混凝土的配比及试验情况，并对其混凝土原材料进行抽检，保证混凝土质量。混凝土浇筑时，在已硬化的混凝土上浇筑混凝土时，硬化接合面有5℃以上的温度。持续浇完成后，采取苫布覆盖措施使结合面保持正温，直至新浇筑砼达到

规定的抗冻强度。

#### (5)混凝土的养护

混凝土外露结构的冬季养护对于保证工程质量至关重要，根据不同部位的砼采取不同的养护措施，桥梁基础及下部构造采取蓄热法养护；箱梁预制及张拉压浆采用暖棚保温法进行养护。

## 4、其它施工注意事项

(1)部分桥墩临坡面布设，为保证桥墩墩柱安全，设计图纸对部分岸坡进行了施工平台开挖，开挖时要求由高侧向低侧开挖，并做好临时支护工作，保证施工过程中及施工完毕后的岸坡稳定性及安全性，做好坡面防护和截、排水沟。

(2)桥梁墩台处开挖边坡时应对山体做监控量测，施工时不得乱挖、乱刷，以免形成新的次生地质灾害。

(3)未完成桥面水泥混凝土调平层、沥青混凝土铺装、防撞护栏施工前，与本桥桥面系施工无关车辆不得从桥上通过；箱梁横隔板现浇混凝土、桥面水泥混凝土调平层强度未达到设计强度时，不得进行桥梁承载力检测工作。

(4)桥梁施工时须做好桥下农道及公路的安全通行工作。施工完成后应清除施工垃圾及弃方。

(5)施工期间桥涵构造物应采取安全措施，施工方应进行施工安全组织设计，对重点工程应进行安全预防措施专项研究，确保施工期间人员、机械设备等安全；

(6)施工用厂房、预制梁场等临时用房应合理选址，应远离滑坡等有地质灾害的路段；

(7)边坡开挖土方不得随意堆放在桥下，以免湿陷性黄土沉降影响桥墩安全。

(8)施工时应避免在沟道内乱挖、乱弃，若在沟道内作业施工完成后应疏浚沟道，恢复沟道原貌。

#### (9)支座及支座垫石施工

①支座在安装前，应检查支座上是否有制造商的商标或永久性标记，产品合格证书中有关技术性能指标是否满足规范要求。桥梁支座采用板式橡胶支座LNR、LNR(H)



水平力分散型及HDR高阻尼等系列产品，其性能应符合交通部行业标准《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T 4-2019)、《公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座》(JT/T 842-2012)的规定和GB 20688.2-2006的规定，摩擦摆球形支座及盆式橡胶支座参照有关标准执行。支座安装应按生产厂家要求进行。

②支座下设置的支承垫石，混凝土强度应符合设计要求，顶面要求标高准确，表面平整。同一片梁两端支承垫石水平面应尽量处于同一水平面内，其相对误差不得超过3mm，避免支座发生偏歪、不均匀受力和脱空现象。

③安装前应将墩、台支承垫石处清理干净，用干硬性水泥砂浆抹平，并使其顶面标高符合设计要求。

④将设计图上标明的支座中心位置标在支承垫石及橡胶支座上，橡胶支座准确安放在支承垫石上，要求支座中心线与支承垫石中心线相重合，以保证支座准确就位。

⑤安放支座前，抹平的水泥砂浆必须达到设计强度，并保持清洁和粗糙。

⑥梁、板吊装时，梁板就位应准确且应与支座密贴，就位不准确或与梁板不密贴时，必须吊起梁、板，采取措施垫钢板并使支座位置限制在允许偏差内，不得用撬棍移动梁板。

⑦支座安装时，应防止支座出现偏压或产生过大的初始剪切变形，安装完成后，必须保证支座与上下部结构紧密接触，不得出现脱空现象。对未形成整体的梁板结构，应避免重型车辆通过。

⑧支座安装后应全面检查是否有支座漏放、支座安装方向和支座型式是否有错、支座是否有脱空等现象，一经发现应及时进行调整和处理，以确保支座安装后的正常工作，并记录支座安装后出现的各项偏差及异常情况。

⑨锚固钢筋与梁底预埋钢板采用双面焊接。

⑩支座使用期间，应每年定期进行一次检查及养护，一旦发现问题，应及时进行处治或更换。