

桥梁预应力混凝土工程施工技术

411.01 范围

本节工程为预应力混凝土结构物的预应力钢材(包括钢丝、钢绞线、热轧钢筋、精轧螺纹粗钢筋)的供应、加工、冷拉、安装、张拉及封锚等作业；对先张法预应力混凝土，尚包括张拉台座的建造；对后张法应力混凝土，尚包括预应力系统(锚具、连接器及相应的预应力钢材)的选择、试验及供应，管道形成及灌浆；预应力混凝土的浇筑。

411.02 一般要求

1. 预应力系统

(1) 承包人选用的预应力系统，应满足图纸的要求。

(2) 承包人应至少在 **56d** 以前，向监理工程师提交拟采用的预应力系统的全部细节，经监理工程师批准后始可用于工程中。

(3) 若承包人拟采用的预应力系统与图纸所示不一致，应提出拟采用的预应力钢材、锚固设备的细节和完整的规范，包括构件中预应力张拉顺序的安排和压浆材料方法及设备等。

2. 预制场地

(1) 预应力混凝土结构构件的预制，应在由承包人选择、经监理工程师批准的场地进行。

(2) 在属于业主的场地被批准作为浇筑的场地之前，承包人应向监理工程师提交一份使用的平面图。在工程完成以后，应将工地的设备及废物清除，且恢复到可接收的条件。

3. 质检证书

(1) 对每次到货的预应力钢筋、钢丝、钢绞线和锚具，承包人应向监理工程师报送三份经批准的试验室签发的质检证书副本。证书内应标出对所有要求的试验结果。没有证书的钢材不能使用，也不得运入现场。

(2) 每次预应力钢材到货应附以易于辨认的金属标签，标明生产工厂、性能、尺寸、熔炼炉次和日期。

411.03 材料

1. 钢材

(1) 预应力混凝土的钢筋应符合下列标准：

《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499—1998)；

《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223—2002)；

《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224—1995)；

《预应力混凝土用热处理钢筋》(GB 4463—1984)。

(2) 工地冷拉的热轧钢筋力学性能应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G-4 的规定。冷拔低碳钢丝的力学性能应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G-5 的规定。

(3) 钢丝及钢绞线的松弛级别(I 级松弛、II 级松弛)，应根据图纸所示要求，其性能应符合《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223—2002)和《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224—1995)。

(4) 用于预应力混凝土结构中的高强精扎螺纹钢，其力学性能和表面质量应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G-6 的规定。

(5) 进口的预应力钢丝或钢绞线应符合图纸对于标准强度及松弛的要求，或经监理工程师认可的其他国际标准。

(6) 用于预应力混凝土的钢材的制造商的质量证书应随同每批钢材交付。

(7) 用于锚具装置的钢材应符合图纸要求的钢材或《优质碳素结构钢》(GB/T 699—1999)的 45 号钢，且应经过热处理，使之符合图纸要求的硬度。锚垫板的钢材应符合《碳素结构钢》(GB/T 700—88)的 Q235 号钢。锚具装置应符合图纸及《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370—2000)的有关规定。

(8) 非预应力用的钢筋应符合第 403 节要求。

(9) 预应力混凝土用钢丝和钢绞线应按《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223—2002)及《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224—1995)的规定作抽样检查；锚具除逐一检查其尺寸外，还应逐一进行探伤检验。

2. 混凝土及水泥浆

混凝土及水泥浆用的材料，应符合本规范第 410 节规定，水泥用量不宜超过 500 kg/m³，特殊情况下最大不应超过 550 kg/m³。管道压注用的水泥浆 28d 抗压强度不小于 30MPa

3. 预应力钢筋管道

(1) 预埋预应力管道宜采用冷轧薄钢带卷制的波纹管构成，对一般工程，也可采取钢管抽芯、胶管抽芯、PE 管及金属伸缩管抽芯等方法进行预留。

(2)用于制造金属波纹管的低碳带钢，其厚度不宜小于 0.3mm

(3)所有管道均应设压浆孔，还应在最高点设排也孔及需要在最低点投排水孔。压浆管、排气管和排水管应是最小内径为 20mm的标准管或适宜的塑性管，与管道之间的连接应采用金属或塑料结构扣件，长度应足以从管道引出结构物以外。

(4)管道在模板内安装完毕后，应将其端部盖好，防止水或其他杂物进入。

4. 预应力设备

(1)所有用于预应力的千斤顶应专为所采用的预应力系统所设计，并经国家认定的技术监督部门认证的产品。

(2)承包人应备有为监理工程师所同意的校准设备，用于千斤顶校准，校准设备应配备有精确可靠的测力环或测力计，测力环或测力计应具有独立试验室颁发的校准证明。当监理工程师要求时，承包人应安排测力环或测力计在国家认定的实验机构或监理工程师的中心实验室进行检验校准。

(3)千斤顶的精度应在使用前校准。千斤顶一般使用超过 6 个月或 200 次，以及在使用过程中出现不正常现象时，应重新校准。测力环或测力计应至少每 2 个月进行重新校准，并使监理工程师认可。任何时候在工地测出的预应力钢筋延伸量有差异时，千斤顶应进行再校准。

(4)用于测力的千斤顶的压力表，其精度应不低于 1.5 级。校正千斤顶用的测力环或测力计应有±2%的读数精度。压力表读盘直径应小于 150mm 每个压力表应能直接读出 kN 或伴有一换算表可以换算为 kN。压力表应具有大致两倍于工作压力的总压力容量。被量测的压力荷载，应在压力表总容量的 1/4~3/4 范围内，除非在量程范围建立了精确的标定关系。压力表应设于操作者肉眼可见的 2m 距离以内，使能无视觉差获得稳定和不扰动的读数。每台千斤顶及压力表应视为一个单元且同时校准，以确定张拉力与压力表读数之间的关系曲线。

411.04 预应力钢材的搬运、存放和保护

1. 运输

(1)为防止预应力钢材在装运与储存中受到物理损害和腐蚀，应将预应力钢材包装于集装箱或装运箱内。任何受到损害和腐蚀的预应力钢材均不得使用。

(2)集装箱或装运箱应清晰地标明搬运注意事项及所用防腐剂的型号、种类和数量等。

2. 存放

(1) 预应力钢材使用前应存放在集装箱内或木箱内，或在离开地面的清洁、干燥环境中放置，并应覆盖防水帆布。

(2) 钢丝的存放应以大直径卷盘，卷盘直径应不小于钢丝直径的 400 倍。

(3) 锚具运输和存放时，应防止机械损伤和锈蚀。

3. 保护

(1) 对在混凝土浇筑及养生之前安装在管道中但在下列规定时限内没有压浆的预应力筋，应采取防止锈蚀或其他防腐蚀的措施，直至压浆或将其浇入混凝土中。

(2) 不同暴露条件下，未采取防锈措施的力筋在安装后到压浆时的容许间隔时间如下：

a. 空气湿度大于 70%或盐分过大时为 7d；

b. 空气湿度 40%~70%时为 15d；

c. 空气湿度小于 40%时为 20d。

411.05 预应力钢材的加工和装置

1. 钢丝束制作

(1) 碳素钢丝下料后，应用机械方法进行调直，但不应损坏钢丝。当将调直后的钢丝绕盘运输时，钢丝卷盘的直径不应小于钢丝直径的 400 倍。

(2) 钢丝束应顺直，没有交叉和扭曲，其中一端要平齐。钢丝每隔 1~1.5m 用铅丝绑扎一道，铅丝头应弯进钢丝束里，以便于穿孔通过。绑扎完成后，钢丝束应按图纸束号顺序存放，并清楚标明记号。

(3) 钢丝束运输时，手携、肩抬或吊升点的间距不要超过 3m，端部悬出长度不大于 1.5m。

(4) 钢丝的切割应使用切断机、砂轮锯或其他经监理工程师同意的机械进行切割。

2. 钢绞线的制作

(1) 钢绞线切割时，应在每端离切口 30~50mm 处用铁丝绑扎。切割应用切断机或砂轮锯，不得使用电弧。

(2) 钢绞线编束时，应每隔 1~1.5m 绑扎一道铁丝，铁丝扣应向里，绑好的钢绞线束应编号挂牌堆放。

3. 预应力筋的冷拉

(1) 预应力的冷拉，可采用控制应力或控制冷拉率（只对能分清炉批号的热轧钢筋）的方法。

(2) 当采用控制应力方法冷拉钢筋（IV级）时，其冷拉控制应力 700MPa 下的最大冷拉率，不应超过 4%。冷拉时应检查钢筋的冷拉率，当超过 4%时，应进行力学性能检验。

(3) 当采用控制冷拉率方法冷拉钢筋时，冷拉率必须由试验确定。测定同炉批钢筋冷拉率，其试样不小于 4 个，并取其平均值作为该批钢筋实际采用的冷拉率。

测定冷拉率时钢筋(IV级)的冷拉应力应不小于 730MPa

(4) 冷拉多根连接的钢筋，冷拉率可按总长度，但冷拉后每根钢筋的冷拉率，应符合 411.05-3(2) 款的规定。

(5) 钢筋的冷拉速度不宜过快，宜控制在 5MPa/s 左右。冷拉至规定的控制应力(或冷拉度)后，应停置 1~2min 再放松。冷拉后，有条件时宜进行时效处理；冷拉钢筋应按冷拉率大小分组堆放，以备编束时选料。

(6) 当采用控制应力方法冷拉钢筋时，对使用的测力计，应经常进行校验。

4. 预应力钢筋的冷拔

(1) 预应力筋采用的冷拔低碳钢丝时，应采用 6~8mm 的 I 级钢筋盘条拔制。

(2) 拔丝模孔为盘条原直径的 0.85~0.9，拔制次数一般不超过 3 次，超过 3 次时应将拔丝退火处理。

(3) 拉拔总压缩率应控制在 60%~80%，平均拔丝速度应为 50~70 m/min。冷拔达到要求直径后，应进行拉力及 180° 反复弯曲试验，试验结果应符合《公路涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G.5 的要求。

411.06 预应力钢筋管道的安装和成形

1. 一般要求

(1) 预应力管道的型式，应符合图纸所示。若承包人变更管道型式，必须经监理工程师批准。

(2) 管道应按图纸所示位置牢靠地固定。管道上若出现意外的孔洞应在浇筑混凝土以前修补好。

(3) 当使用金属软管时，拉缝数量应尽可能保持最少。每个接缝处都应严格加以密封，防止任何材料进入。

(4) 在穿钢丝束以前，所有管道端部均应密封并加以保护。

2. 波纹管的安装

(1) 波纹管在安装前应通过 1kN 径向力的作用，且不变形，同时应作灌水试验，以检查有无渗漏现象，确定无变形、渗漏现象时始可使用。

(2) 波纹管的连接，应采用大一号同型波纹管作接头管，接头管长 200mm 波纹管连接后用

密封胶带封口，避免混凝土浇筑时水泥浆渗入管内造成管道堵塞。

(3) 安装波纹管位置应准确，采用钢筋卡子以铁丝绑扎固定，避免管道在浇筑混凝土过程中移位。

(4) 波纹管如有反复弯曲，在操作时应注意防止管壁破裂，同时应防止邻近电焊火花烧灼管壁。如有微小破损应及时修补并得到监理工程师的认可。

3. 其他材料管道的安装

(1) 在桥梁的某些特殊部位，若图纸有规定或监理工程师要求时，可采用符合要求的平滑钢管和高密度聚乙烯管。

(2) 用做管道的平滑钢管和聚乙烯管的管壁厚不得小于 2 mm。管道内横截面不宜小于预应力筋净截面的 2 倍，如果由于某种原因，管道与预应力筋的面积比不小于上述规定时，则应通过试验验证其能进行正常管道压浆作业，对于超长钢束的管道，亦应通过试验来确定其面积比。试验结果均应报监理工程师审查。

(3) 预应力管道制孔采用钢管抽芯法时，钢管表面应光滑，焊接接头应平整。

(5) 制孔抽芯时间应通过试验确定，以混凝土抗压强度达到 0.4~0.8MPa 时为宜，抽拔时不应损伤结构混凝土。

(6) 抽芯法制孔后，应用通孔器或压气、压水等方法对孔道进行检查，如发现孔道堵塞或有残留物或与邻孔有串通，应及时处理，并报监理工程师审查。

411.07 预应力混凝土的浇筑

1. 一般要求

(1) 模板、钢筋、管道、锚具和预应力钢材经监理工程师检查并批准后，方可浇筑混凝土。

(2) 预应力混凝土的浇筑及养生，除按本规范第 410 节有关规定执行外，尚应符合下列要求。

a. 浇筑混凝土时，应保持锚塞、锚圈和垫板位置的正确和稳固。

b. 在混凝土浇筑和预应力钢筋张拉前，锚具的所有支承表面(例如垫板)应加以清洗。

c. 拌和后超过 45min 的混凝土不得使用。

d. 简支梁梁体混凝土应水平分层、一次浇筑完成。梁体混凝土体积较大时，可采用第 410.10-1(3) 款内所述的方法。浇筑箱形梁段混凝土时，应尽可能一次浇筑完成；梁身较小时也可分两次或三次浇筑；梁身较低时可分为两次浇筑。分次浇筑时，宜先底板及腹板根部，其次腹板，最后浇顶板及翼板，注意事项可参照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)

第 15 章有关规定执行。

e. 为避免孔道变形，不允许振捣器触及套管。

f. 梁或空心板端部锚固区，为了保证混凝土密实，宜使用外部振捣器加强振捣，集料尺寸不要超过两根钢筋或预埋件间净距的一半。

g. 混凝土立方体强度尚未过到 15~20MPa 时，不得拆除模板。

h. 混凝土养生时，对为预应力钢束所留的孔道应加以保护，严禁将水和其他物质灌入孔道，并应防止金属管生锈。养生的注意事项可参照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041 —2000) 第 11 章及第 14 章有关规定执行。

2. 预应力混凝土梁的悬臂浇筑

(1) 在预应力混凝土梁施工前 56d，承包人应将施工组织设计(包括拟采用施工工艺、施工控制、施工挂篮的说明、图纸、静力及变形计算等资料)报请监理工程师审查批准。未获批准前不得施工。

(2) 如梁与桥墩非刚性连接，悬臂浇筑梁体混凝土时，应按图纸要求预埋墩身与梁体临时固结的预应力钢筋。并在墩顶按图纸规定安装支座，支座安装应符合《公路桥墩涵施工技术规范》(JTJ 041 —2000) 第 15.3.5 条的规定。

(3) 采用挂篮悬臂浇筑梁体混凝土时，可先在桥墩两侧设置托架，立模浇筑顶块(0 号块)混凝土和 1 号梁段混凝土，如为连续梁时将墩顶块与桥墩临时固结。待墩顶块和 1 号梁段的混凝土设计等级后，始可在其上组拼挂篮，悬臂浇筑 2 号梁段及其后各梁段的混凝土。

(4) 浇筑 0 号块时，由于受力复杂、管道集中、钢筋密集、混凝土数量较多，应采取控制水化热温度的措施，保证构件有足够的强度和不发生裂缝。

(5) 挂篮所使用的材料必须是可靠的，有疑问时应进行材料力学性试验。挂篮试拼后，必须进行荷载试验，在荷载试验中，应用高精度水准仪测量挂篮的竖向变形，根据实测值推算各段挂篮底的竖向变形，为施工预拱度提供数据。

挂篮质量与梁段混凝土的质量比值宜控制在 0.3~0.5 之间，特殊情况下不宜超过 0.7。挂篮主要设计参数应符合图纸要求及《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041 —2000) 第 15.3.1 条的规定。

(6) 挂篮支承平台除要有足够的强度外，还应有足够的平面尺寸，以满足梁段的现场作业需要。

(7) 悬臂浇筑前，待浇筑段的前端底板标高和桥面板标高，应根据挂篮前端竖向变形、各施工阶段的弹、塑性变形(包括先浇及后浇各梁段的重力、预应力、混凝土收缩与徐变、施工

设备荷载、桥面系恒载、体系转换引起的变形)及 $1/2$ 静活载竖向变形,设置预拱度。施工时由施工控制、监理、设计等单位协调,施工单位配合实施。

(8)悬臂浇筑梁段时,桥墩两侧的浇筑进度应尽量做到对称、均衡。桥墩两侧的梁体和施工设备的质量差以及相应的在桥墩两侧产生弯矩差,应不超过图纸规定。

(9)用桁架式挂篮悬臂浇筑,在已完成的梁段上前移时,后端应有压重稳定或采取其他可靠的稳定措施,后端并应锚固于已完成的梁段上。挂篮前移及在其上浇筑混凝土时,抗倾覆安全系数应不小于 2.0。

(10)浇筑梁段混凝土时,应自前端开始向后浇筑,在浇筑的梁段根部与前一浇筑段接合。前后两梁段的模板接缝应紧密接合。

(11)各跨混凝土悬臂浇筑完成合龙时,要求悬臂端相对竖向变形(包括吊带变形的总和)不大于 20mm 轴线偏差不大于 10mm

(12)梁的合龙顺序按图纸要求办理,如图纸未规定,一般先边跨后次中跨再中跨;多跨一次合龙,必须同时均衡对称合龙。合龙时,一切临时荷载均要与施工监控、监理、设计单位协商决定。

(13)浇筑合龙段长度及体系转换应按图纸规定,将两悬臂端的合龙口予以临时联结,并复查、调整两悬臂端合龙施工荷载使其对称相等,如不相等,合龙前应在两端悬臂预加压重,并于浇筑混凝土过程中逐步撤除,使悬臂挠度保持稳定。

(14)合龙段混凝土浇筑时间应选择一天中气温最低时进行。

(15)合龙段混凝土强度等级可提高一级,以尽早张拉。

(16)在箱梁和合龙段混凝土浇筑完成后应加强养生,在达到图纸规定强度后,尽早张拉预应力钢筋。

(17)预应力钢材张拉完成并经监理工程师同意后,即可进行管道压浆。压浆时应有监理工程师在场方可进行。

3. 预应力混凝土连续梁在移动模架上浇筑

(1)移动模架长度必须满足施工要求。

(2)移动模架应利用专用设备组拼,在施工时能确保质量和安全。

(3)浇筑分段工作缝,必须设在弯矩零点附近。

(4)箱梁外,内模板在滑动就位时,模板平面尺寸、高程、预拱度的误差必须在容许范围内。

(5)混凝土内预应力筋管道、钢筋、预埋件设置应符合本规范第 403 节、第 411 节、第 414

节的有关规定。

(6) 除非监理工程师批准，混凝土的强度未达到图纸规定值之前，不得张拉预应力筋及移动模架。

411.08 后张法预应力

1. 一般要求

(1) 承包人在张拉开始前，应向监理工程师提交详细说明、图纸、张拉应力和延伸量的静力计算，请求审核。

(2) 承包人应选派富有经验的技术人员指导预应力张拉作业。所有操作预应力设备的人员，应通过设备使用的正式训练。

(3) 所有设备应每间隔两个月至少进行一次检查和保养。

(4) 预应力张拉中，如果发生下列任何一种情况，张拉设备应重新进行校验。

a. 张拉过程，预应力钢丝经常出现断丝时；

b. 千斤顶漏油严重时；

c. 油压表指针不回零时；

d. 调换千斤顶油压表时。

2. 施工要求

(1) 除非另有书面允许，张拉工作应在监理工程师在场时进行。

(2) 张拉预应力钢材时的温度不宜低于 -15°C 。

(3) 张拉即将开始前，所有的预应力钢材在张拉点之间应能自由滑动，同时构件可以自由地适应施加预应力时产生的水平和垂直移动。

(4) 张拉时混凝土强度不应低于图纸规定，当图纸无规定时，混凝土强度应不低于设计强度标准的75%。张拉力应按图纸规定，边张拉边量测伸长值。

(5) 预应力筋的张拉顺序应符合图纸规定，当图纸未规定时，可采取分批、分阶段对称张拉。

(6) 预应力张拉应从两端同时进行。除非监理工程师同意另外的方式。

(7) 当仅从一端张拉时，应精确量测另一端的回缩量，并从千斤顶量测的伸长值中适当给予扣除。

(8) 图纸所示的控制张拉力为锚固前锚具内的拉力。在确定千斤顶的拉力时，应考虑锚圈口预应力损失。这些增加的损失以采用的预应力系统及通过现场测验而定，但一般对钢绞线为

的千斤顶控制张拉力，对钢丝为 5%的千斤顶控制张拉力。

3. 张拉步骤

(1)除图纸有规定或监理工程师另有指示外，张拉程序可按表 411-1 进行。

后张法预应力筋张拉程序

表 411-1

预 应 力 筋		张 拉 程 序
钢筋、钢筋束		0→初应力→1.05σ _{con} (持荷 2min)→σ _{con} (锚固)
钢绞线束	对于夹片式等具有自锚性能的锚	普通松弛筋 0→初应力→1.03σ _{con} (锚固) 低松弛力筋 0→初应力(持荷 2min)→σ _{con} (锚固)
	其他锚具	0→初应力→1.05σ _{con} (持荷 2min)→σ _{con} (锚固)
钢丝束	对于夹片式等具有自锚性能的锚具	普通松弛筋 0→初应力→1.03σ _{con} (锚固) 低松弛力筋 0→初应力(持荷 2min)→σ _{con} (锚固)
	其他锚具	0→初应力→1.05σ _{con} (持荷 2min)→σ _{con} (锚固)
精轧螺纹钢筋	直线配筋时	0→初应力→σ _{con} (持荷 2min 锚固)
	曲线配筋时	0→(持荷 2min)→0(上述程序可反复几次)→初应力→σ _{con} (持荷 2min 锚固)

注：①表中σ_{con}为张拉时的控制应力，包括预应力损失值；

②两端同时张拉时，两端千斤顶升降压、划线、测伸长、插垫等工作基本一致；

③梁的竖向预应力筋可一次张拉到控制应力，然后于持荷 5min 后测伸长和锚固；

(2)初始拉力(一般为张拉力的 10%~25%)是把松弛的预应力钢材拉紧，此时应将千斤顶充分固定。在把松弛的预应力钢材拉紧以后，应在预应力钢材的两端精确地标记号，预应力钢材的延伸量或回缩量即从该记号起量。张拉力和延伸量的读数应在张拉过程中分阶段读出。当预应力钢材由很多单根组成时，每根应作出记号，以便观测任何滑移。预应力钢材实际伸长值ΔL，除上述测量伸长值外，应加上初应力时的推算伸长值，即：

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/547035153052006043>