

第八节 桥跨结构施工

1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412032 现浇连续梁施工

1K412033-34 钢梁施工

1K412035-36 拱桥、斜拉桥、悬索桥

三、钢梁施工





一、钢梁制造 (P81)

(1) 钢梁应由具有相应资质的企业制造, 并应符合国家现行标准《铁路钢桥制造规范》Q/CR 9211—2015。

(2) 钢梁制作基本要求

1) 钢梁制作的工艺流程: 包括钢材矫正, 放样画线, 加工切割, 再矫正、制孔, 边缘加工、组装、焊接, 构件变形矫正, 摩擦面加工, 试拼装、工厂涂装、发送出厂等。



- 2) 钢梁制造焊接环境相对湿度不宜高于 80%。
- 3) 焊接环境温度：低合金高强度结构钢不得低于 5℃，普通碳素结构钢不得低于 0℃。
- 4) 主要杆件应在组装后 24h 内焊接。
- 5) 钢梁出厂前必须进行试拼装，并按设计和有关规范的要求验收。
- 6) 钢梁出厂前，安装企业应对钢梁质量和应交付的文件进行验收，确认合格。



(3) 钢梁制造企业应向安装企业提供下列文件：

- 1) 产品合格证；
- 2) 钢材和其他材料质量证明书和检验报告；
- 3) 施工图，拼装简图；
- 4) 工厂高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告，
- 5) 焊缝无损检验报告和焊缝重大修补记录；
- 6) 产品试板的试验报告；
- 7) 工厂试拼装记录；
- 8) 杆件发运和包装清单。



(一) 安装方法选择

(1) 城区内常用安装方法：自行式吊机整孔架设法（架桥机）、门架吊机整孔架设法（龙门吊）、支架架设法、缆索吊机拼装架设法、悬臂拼装架设法、拖拉架设法等。

(2) 钢梁工地安装，应根据跨径大小、河流情况、交通情况和起吊能力等条件选择安装方法。（口诀：流通大吊）

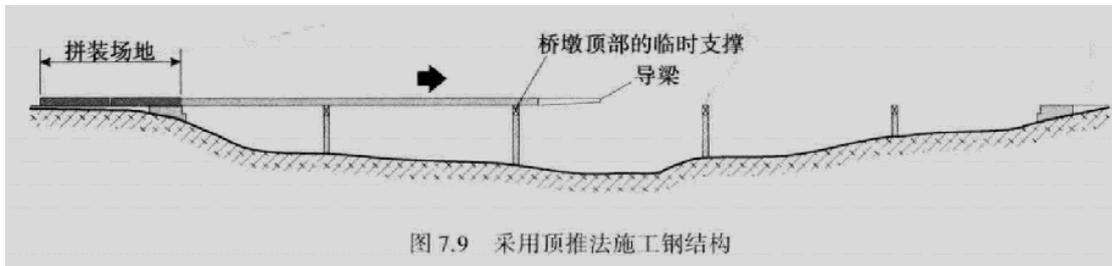


缆索吊机拼装架设

悬臂拼装架设



拖拉架设



顶推法

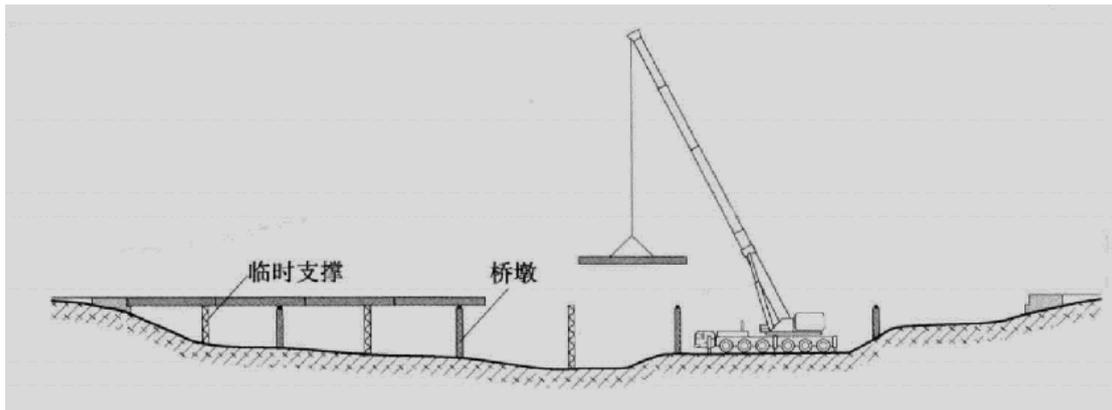
(二) 安装前检查

(1) 钢梁安装前应对临时支架、支承、吊机等临时结构和钢梁结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算。

(2) 应对桥台、墩顶顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差范围内方可安装。

(3) 应按照构件明细表，核对进场的构件、零件，查验产品出厂合格证及钢材的质量证明书。

(4) 对杆件进行全面质量检查，对装运过程中产生缺陷和变形的杆件，应进行矫正。



采用吊车在临时支撑上架设钢结构

(三) 安装要点

(1) 钢梁安装前应清除杆件上的附着物。摩擦面应保持干燥、清洁。安装中应采取措施防止杆件产生变形。

(2) 在满布支架上安装钢梁时，冲钉和粗制螺栓总数不得少于孔眼总数的 $1/3$ ，其中冲钉不得多于 $2/3$ 。孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓不得少于 6 个或将全部孔眼插入冲钉和粗制螺栓。

(3) 用悬臂和半悬臂法安装钢梁时，连接处所需冲钉数量应按所承受荷载计算确定，且不得少于孔眼总数的 $1/2$ ，其余孔眼布置精制螺栓。冲钉和精制螺栓应均匀安放。

(三) 安装要点

(4) 高强度螺栓栓合梁安装时，冲钉数量应符合上述规定，其余孔眼布置高强度螺栓。

(5) 安装用的冲钉直径宜小于设计孔径 0.3mm ，冲钉圆柱部分的长度应大于板束厚度；安装用的精制螺栓直径宜小于设计孔径 0.4mm ；安装用的粗制螺栓直径宜小于设计孔径 1.0mm 。冲钉和螺栓宜选用 Q345 碳素结构钢制造。

冲钉：在钢结构安装中用来对孔及临时固定构件相对位置的工具，亦称稳钉。是几个钢结构之间对位时使用，通过冲钉将螺栓孔对齐，方便随后穿螺钉。



螺栓：螺栓按照性能等级分为 3.6、4.8、5.6、5.8、8.8、9.8、10.9、12.9 八个等级，其中 8.8 级以上(含 8.8 级)螺栓材质为低碳合金钢或中碳钢并经热处理(淬火+回火)，通称高强度螺栓，8.8 级以下(不含 8.8 级)通称普通螺栓。



【普通螺栓】按照制作精度可分为 A、B、C 三个等级，A、B 级为精制螺栓，C 级为粗制螺栓。

【高强度螺栓】按受力特征的不同分为两类：

①摩擦型高强度螺栓—通过板件间摩擦力传递内力，破坏准则为克服摩擦力；

②承压型高强度螺栓—受力特征与普通螺栓类似。

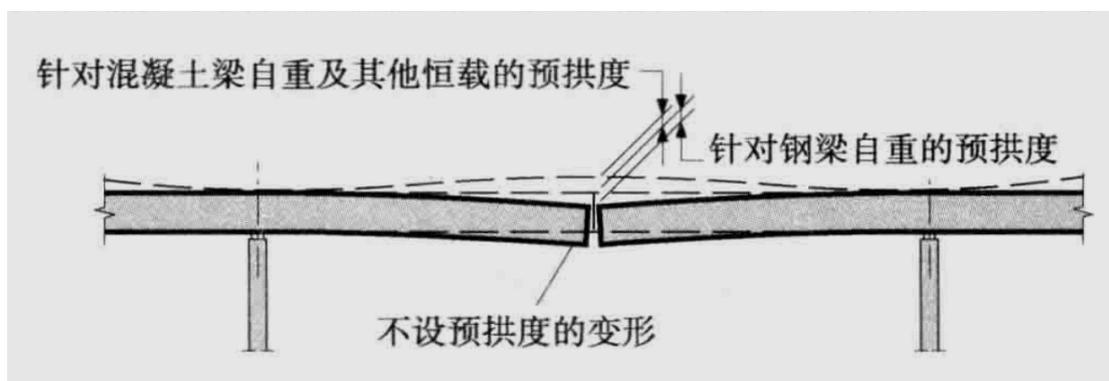
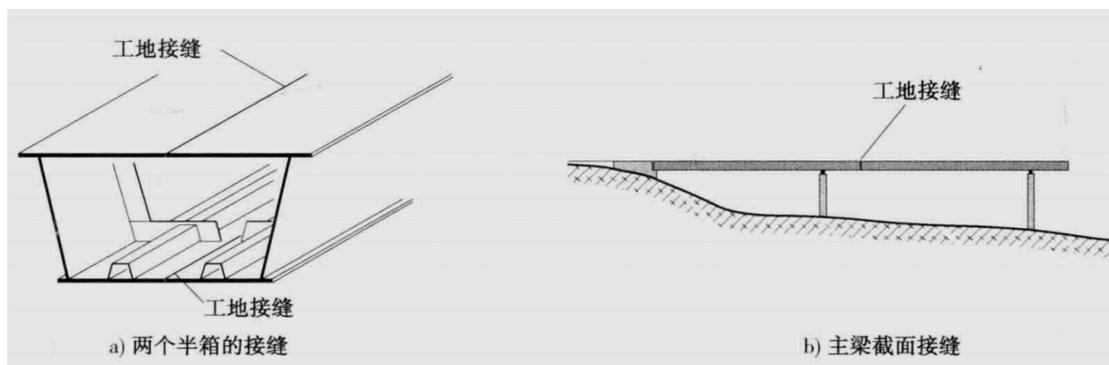
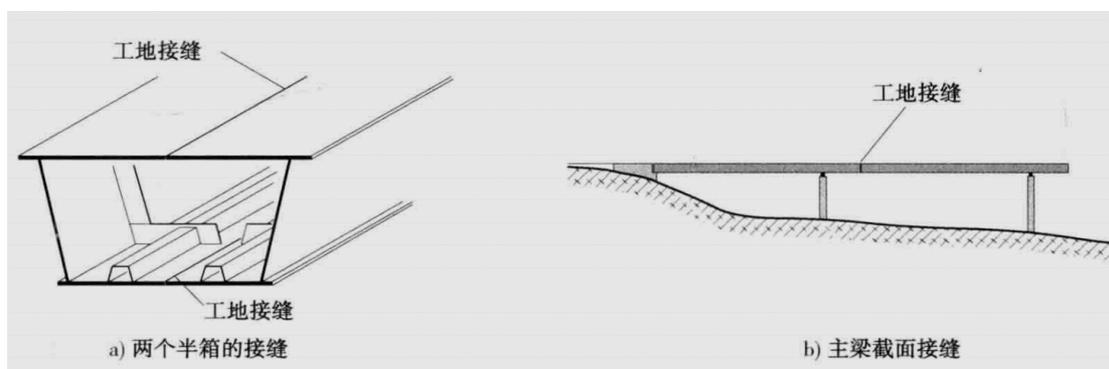


(三) 安装要点

(6) 吊装杆件时，必须等杆件完全固定后方可摘除吊钩。

(7) 钢梁安装过程中，每完成一节段应测量其位置、标高和预拱度，不符合要求应及时校正。

(8) 钢梁杆件工地焊缝连接，应按设计的顺序进行。无设计顺序时，焊接顺序宜为纵向从跨中向两端、横向从中线向两侧对称进行；且符合现行行标《城市桥梁工程施工与质量规范》CJJ 2-2008 第 14.2.5 条规定。



(9) 钢梁采用高强螺栓连接前，应复验摩擦面的抗滑移系数。高强螺栓连接前，应按出厂

批号，每批抽验不小于 8 套扭矩系数。高强螺栓穿入孔内应顺畅，不得强行敲入。穿入方向应全桥一致。施拧顺序为从板束刚度大、缝隙大处开始，由中央向外拧紧，并应在当天终拧完毕。施拧时，不得采用冲击拧紧和间断拧紧。

(10) 高强度螺栓终拧完毕必须当班检查。每栓群应抽查总数的 5%，且不得少于 2 套。抽查合格率不得小于 80%，否则应继续抽查，直至合格率达到 80%以上。对螺栓拧紧度不足者应补拧，对超拧者应更换、重新施拧并检查。

(四) 落梁就位要点：

- (1) 钢梁就位前应清理支座垫石，其标高及平面位置应符合设计要求。
- (2) 固定支座与活动支座的精确位置应按设计图并考虑安装温度、施工误差等确定。
- (3) 落梁前后应检查其建筑拱度和平面尺寸、校正支座位置。
- (4) 连续梁落梁步骤应符合设计要求。



(五) 现场涂装施工规定

现场涂装应符合下列规定：

- (1) 防腐涂料应有良好的附着性、耐蚀性，其底漆应具有良好的封孔性能。钢梁表面处理的最低等级应为 Sa2.5。

(2) 上翼缘板顶面和剪力连接器均不得涂装，在安装前应进行除锈、防腐蚀处理。

(3) 涂装前应先进行除锈处理。首层底漆于除锈后 4h 内开始，8h 内完成。涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料说明书的规定。当产品说明书无规定时，环境温度宜在 5~38℃，相对湿度不得大于 85%；当相对湿度大于 75%时应在 4h 内涂完。

(4) 涂料、涂装层数和涂层厚度应符合设计要求；涂层干漆膜总厚度应符合设计要求。当规定层数达不到最小干漆膜总厚度时，应增加涂层层数。

(5) 涂装应在天气晴朗、4 级（不含）以下风力时进行，夏季应避免阳光直射。涂装时构件表面不应有结露，涂装后 4h 内应采取防护措施。

金属防腐表面清理等级：

也叫清洁度，其中的一种国际性的标准是 1975 年瑞典指定的“Sa-”，它分为四个等级：

Sa1、Sa2、Sa2.5、Sa3。

Sa2.5 级——是工业上普遍使用的并可以作为验收技术要求及标准的级别。也叫近白清理级。



三、制作安装质量验收主控项目

(1) 钢材、焊接材料、涂装材料应符合国家现行标准规定和设计要求。

(2) 高强度螺栓连接副等紧固件及其连接应符合国家现行标准规定和设计要求。

(3) 高强螺栓的栓接板面（摩擦面）除锈处理后的抗滑移系数应符合设计要求。

(4) 焊缝探伤检验应符合设计要求和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008 有关规定。

(5) 涂装检验应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ2 第 14.3.1—2008 条规定。

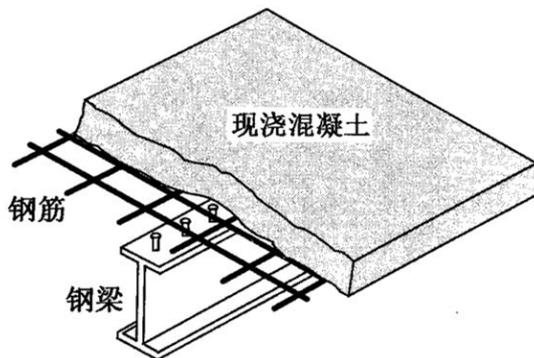
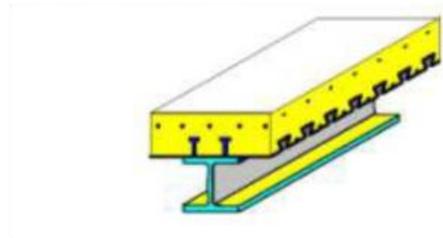
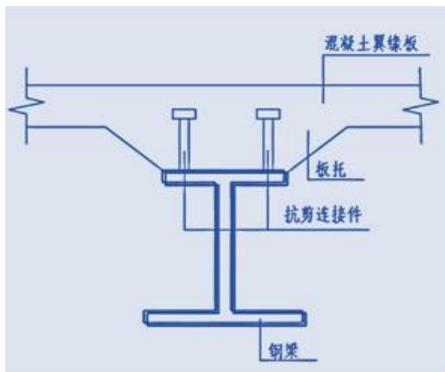
一、钢—混凝土结合梁的构成与适用条件

(1) 钢—混凝土结合梁一般由钢梁和钢筋混凝土桥面板两部分组成：

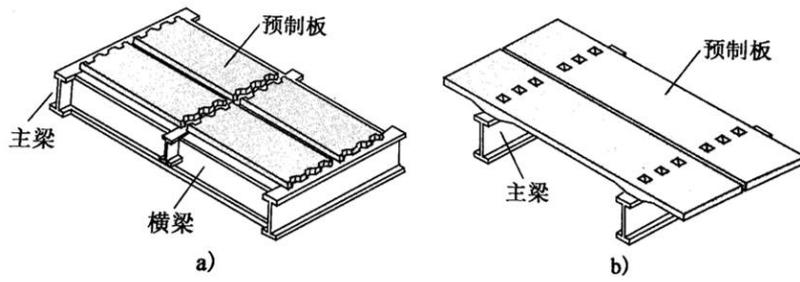
1) 钢梁由工字形截面或槽形截面构成，钢梁之间设横梁（横隔梁），有时在横梁之间还设小纵梁。

2) 钢梁上浇筑预应力钢筋混凝土，形成钢筋混凝土桥面板。

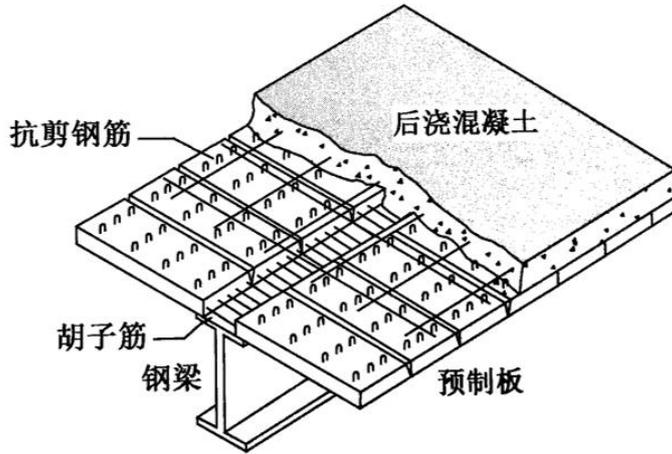
3) 在钢梁与钢筋混凝土面层之间设传剪器，二者共同工作。对于连续梁，可在负弯矩区施加预应力或通过“强迫位移法”调整负弯矩区内力。



现浇混凝土桥面板



预制钢筋混凝土桥面板



混凝土叠合桥面板



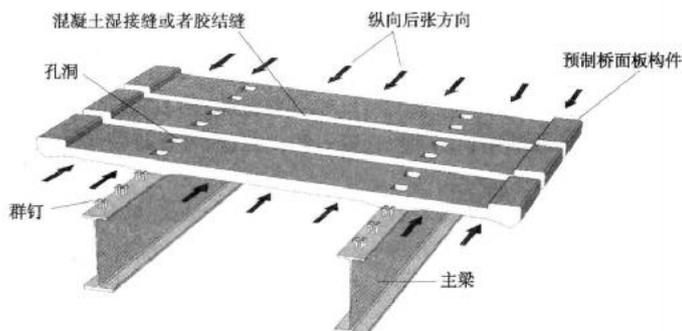
一、钢—混凝土结合梁的构成与适用条件

(2) 钢—混凝土结（组）合梁结构适用于城市大跨径或较大跨径的桥梁工程，目的是减轻桥梁结构自重，尽量减少施工对现况交通与周边环境的影响。



(一) 基本工艺流程

钢梁预制并焊接传剪器→架设钢梁→安装横梁（横隔梁）及小纵梁（有时不设小纵梁）→安装预制混凝土面层并浇筑接缝混凝土或支搭现浇混凝土桥面板的模板并铺设钢筋→现浇混凝土→养护→张拉预应力束→拆除临时支架或设施。



预制桥面板拼装施工

(二) 施工技术要点

- (1) 钢梁制作、安装应符合 1K412033 的有关规定。
- (2) 钢主梁架设和混凝土浇筑前，应按设计要求或施工方案设置施工支架。施工支架设计验算除应考虑钢梁拼接荷载外，应同时计入混凝土结构和施工荷载。
- (3) 混凝土浇筑前，应对钢主梁的安装位置、高程、纵横向连接及施工支架进行检查验收，各项均应达到设计要求或施工方案要求。钢梁顶面传剪器焊接经检验合格后，方可浇筑混凝土。

土。

(二) 施工技术要点

(4) 现浇混凝土结构宜采用缓凝、早强、补偿收缩性混凝土。

【口诀：换尿布】

(5) 混凝土桥面结构应全断面连续浇筑，浇筑顺序：顺桥向应自跨中开始向支点处交汇，或由一端开始浇筑；横桥向应先由中间开始向两侧扩展。

(6) 桥面混凝土表面应符合纵横坡度要求，表面光滑、平整，应采用原浆抹面成活，并在其上直接做防水层。不宜在桥面板上另做砂浆找平层。

(二) 施工技术要点

(7) 施工中，应随时监测主梁和施工支架的变形及稳定，确认符合设计要求；当发现异常应立即停止施工并启动应急预案。

(8) 设有施工支架时，必须待混凝土强度达到设计要求，且预应力张拉完成后，方可卸落施工支架。

四、拱桥、斜拉桥、悬索桥

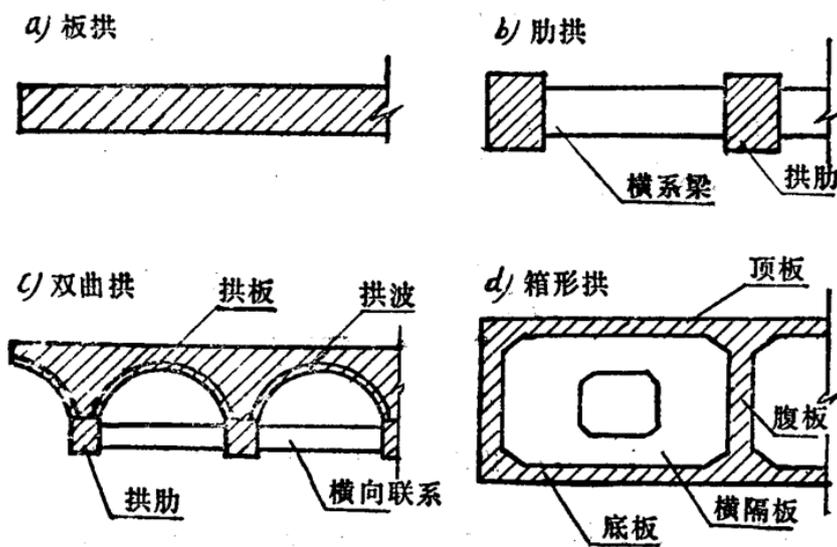


拱桥的优点:

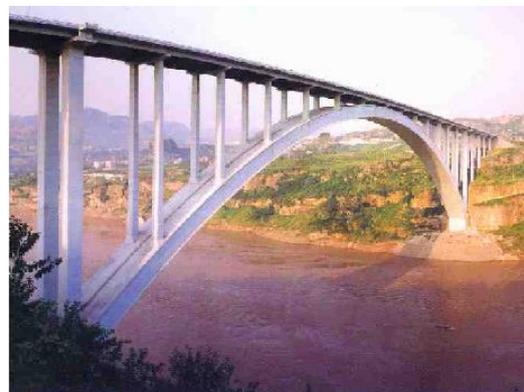
1. 具有较大的跨越能力, 充分发挥圬工及其它抗压材料的性能;
2. 构造较简单, 受力明确简洁;
3. 形式多样、外型美观。

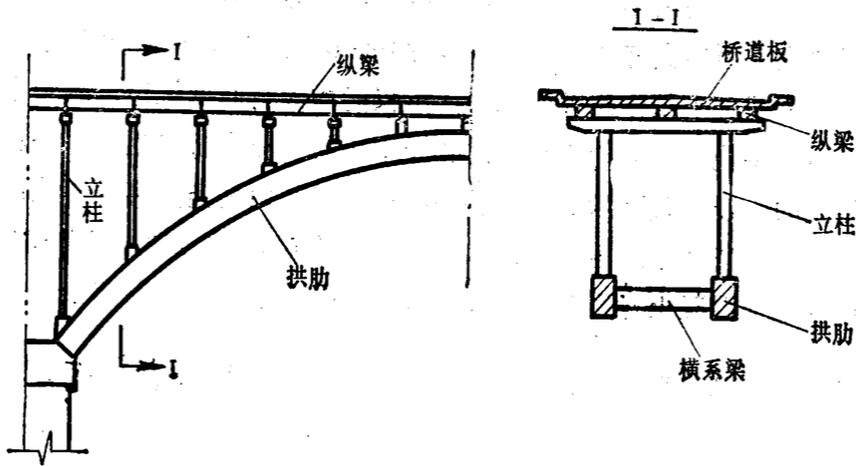
拱桥的缺点:

1. 有水平推力的拱桥, 对地基基础要求较高, 多孔连续拱桥互相影响;
2. 跨径较大时, 自重较大, 对施工工艺等要求较高;
3. 建筑高度较高, 对稳定不利。



主拱圈梁截面形式





肋拱桥桥型图

(一) 主要类型 (P86)

- (1) 按拱圈和车行道的相对位置以及承载方式分为上承式、中承式和下承式；
- (2) 按拱圈混凝土浇筑的方式分为现浇混凝土拱和预制混凝土拱再拼装。



(二) 主要施工方法

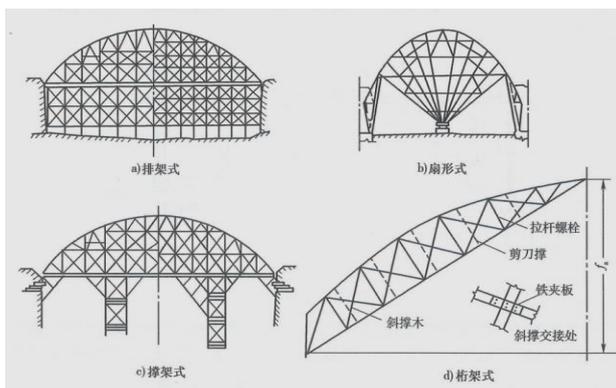
(1) 按拱圈施工的拱架（支撑方式）可分为支架法、少支架法和无支架法；其中无支架施工包括缆索吊装、转体安装、劲性骨架、悬臂浇筑和悬臂安装以及由以上一种或几种施工组合的方法。



(三) 拱架种类与形式

(1) 拱架种类按材料分为木拱架、钢拱架、竹拱架、竹木混合拱架、钢木组合拱架以及土牛拱胎架。

(2) 按结构形式分为排架式、撑架式、扇架式、桁架式、组合式、叠桁式、斜拉式。



(3) 在选择拱架时，应结合桥位处地形、地基、通航要求、过水能力等实际条件进行多方面的技术经济比较。主要原则是拱架应有足够的强度、刚度和稳定性，同时要求取材容易、构造简单、受力明确、制作及装拆方便，并能重复使用。



二、现浇拱桥施工

(一) 一般规定

(1) 钢管混凝土拱桥、劲性骨架拱桥及钢拱桥的钢构件制造应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008 第 14 章钢梁制造的有关规定。

(2) 装配式拱桥构件在吊装时，混凝土的强度不得低于设计要求；设计无要求时，不得低于设计强度值的 75%。



(3) 拱圈（拱肋）放样时应按设计要求预加拱度，当设计无要求时，可根据跨度大小、恒载挠度、拱架刚度等因素计算预拱度，拱顶宜取计算跨度的 $1/1000 \sim 2/1000$ （模板支架预拱度： $1/1000 \sim 3/1000$ ）。放样时，水平长度偏差及拱轴线偏差，当跨度 $> 20\text{m}$ 时，不得大于计算跨度的 $1/5000$ ；当跨度 $\leq 20\text{m}$ 时，不得大于 4mm 。

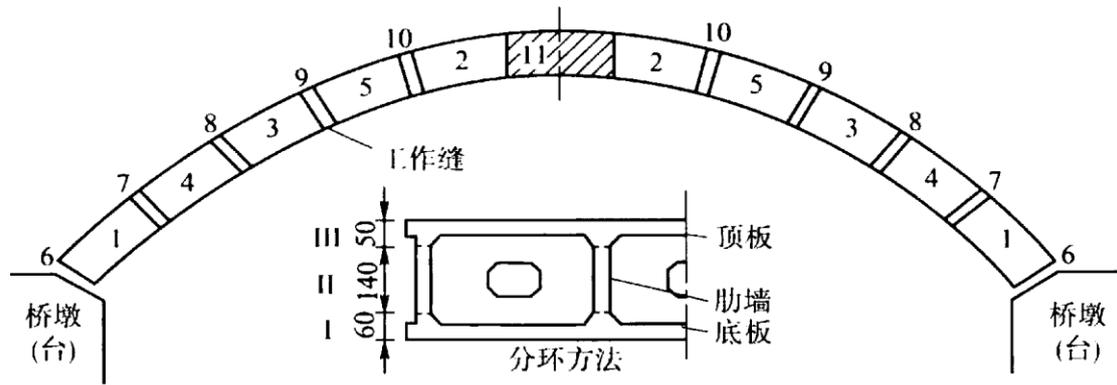


(4) 拱圈（拱肋）封拱合龙温度应符合设计要求，当设计无要求时，宜在当地年平均温度或 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 时进行。

(二) 在拱架上浇筑混凝土拱圈

(1) 跨径 $< 16\text{m}$ 的拱圈或拱肋混凝土，应按拱圈全宽从两端拱脚向拱顶对称、连续浇筑，并在拱脚混凝土初凝前全部完成。不能完成时，则应在拱脚预留一个隔缝，最后浇筑隔缝混凝土。

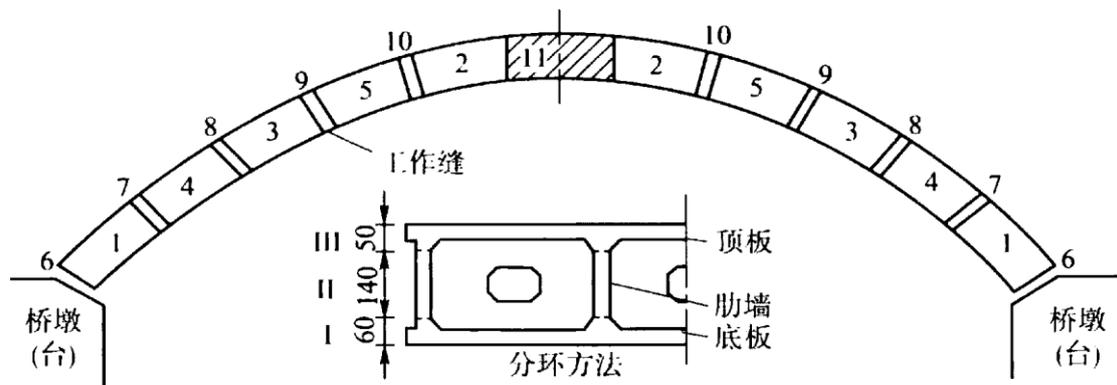
(2) 跨径 $\geq 16\text{m}$ 的拱圈或拱肋，宜分段浇筑。分段位置，拱式拱架宜设置在拱架受力反弯点、拱架节点、拱顶及拱脚处；满布式拱架宜设置在 $1/4$ 跨径、拱架节点、拱顶及拱脚等处。各段的接缝面应与拱轴线垂直，各分段点应预留间隔槽（相当于后浇带），其宽度宜为 $0.5 \sim 1\text{m}$ 。当预计拱架变形较小时，可减少或不设间隔槽，应采取分段间隔浇筑。



(3) 分段浇筑程序应符合设计要求，应对称于拱顶进行。各分段内的混凝土应一次连续浇筑完毕，因故中断时，应将施工缝凿成垂直于拱轴线的平面或台阶式接合面。

(4) 间隔槽混凝土浇筑应由拱脚向拱顶对称进行。应待拱圈混凝土分段浇筑完成且强度达到 75%设计强度并且接合面按施工缝处理后进行。

(5) 分段浇筑钢筋混凝土拱圈（拱肋）时，纵向不得采用通长钢筋，钢筋接头应安设在后浇的几个间隔槽内，并应在浇筑间隔槽混凝土时焊接。



(6) 浇筑大跨径拱圈（拱肋）混凝土时，宜采用分环（层）分段方法浇筑，也可纵向分幅浇筑，中幅先行浇筑合龙，达到设计要求后，再横向对称浇筑合龙其他幅。

(7) 拱圈（拱肋）封拱合龙时混凝土强度应符合设计要求，设计无要求时，各段混凝土强度应达到设计强度的 75%；当封拱合龙前用千斤顶施加压力的方法调整拱圈应力时，拱圈（包括已浇间隔槽）的混凝土强度应达到设计强度。



三、装配式桁架拱和刚构拱安装

(一) 安装程序：在墩台上安装预制的桁架（刚架）拱片，同时安装横向联系构件，在组合的桁架拱（刚构拱）上铺装预制的桥面板。

(二) 安装技术要点

(1) 装配式桁架拱、刚构拱采用卧式预制拱片时，为防止拱片在起吊过程中产生扭折，起吊时必须将全片水平吊起后，再悬空翻身竖立。在拱片悬空翻身整个过程中，各吊点受力应均匀，并始终保持在同一平面内，不得扭转。

(2) 大跨径桁式组合拱，拱顶湿接头混凝土，宜采用较构件混凝土强度高一级的早强混凝土。



(3) 安装过程中应采用全站仪, 对拱肋、拱圈的挠度和横向位移、混凝土裂缝、墩台变位、安装设施的变形和变位等项目进行观测。

(4) 拱肋吊装定位合龙时, 应进行接头高程和轴线位置的观测, 以控制、调整其拱轴线, 使之符合设计要求。拱肋松索成拱以后, 从拱上施工加载起, 一直到拱上建筑完成, 应随时对 1/4 跨、1/8 跨及拱顶各点进行挠度和横向位移的观测。

(5) 大跨度拱桥施工观测和控制宜在每天气温、日照变化不大的时候进行, 尽量减少温度变化等不利因素的影响。

四、钢管混凝土拱

(1) 钢管拱肋制作应符合下列规定:

- 1) 拱肋钢管的种类、规格应符合设计要求, 应在工厂加工, 具有产品合格证。
- 2) 钢管拱肋加工的分段长度应根据材料、工艺、运输、吊装等因素确定。在制作前, 应根据温度和焊接变形的影响, 确定合龙节段的尺寸, 并绘制施工详图, 精确放样。
- 3) 弯管宜采用加热顶压方式, 加热温度不得超过 800°C 。



4) 拱肋节段焊接强度不应低于母材强度。所有焊缝均应进行外观检查; 对接焊缝应 100% 进行超声波探伤, 其质量应符合设计要求和国家现行标准规定。

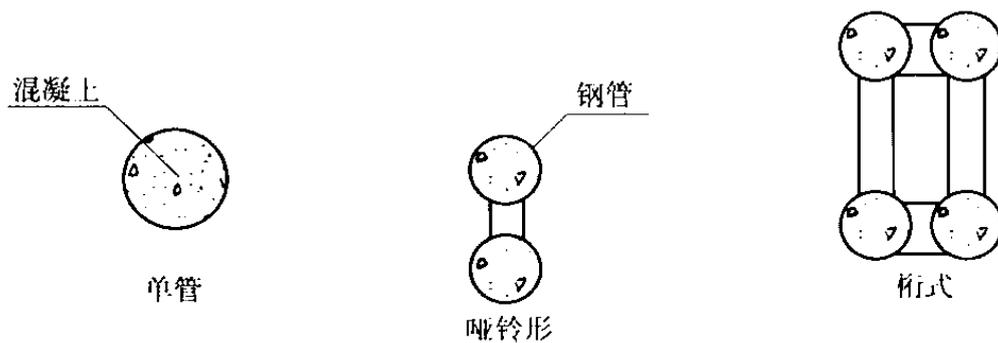
5) 在钢管拱肋上应设置混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔及扣点、吊点节点板。

6) 钢管拱肋外露面应按设计要求做长效防护处理。

【口诀】气质板鸭

钢管混凝土工作的基本原理

钢管混凝土是指在钢管中填充混凝土而形成的构件。钢管混凝土的原理可类比于螺旋配筋的钢筋混凝土柱来比拟：核心混凝土在密集的螺旋筋的作用下处于三向受压状态，因而使得核心混凝土的抗压强度明显提高。由于钢管对混凝土的紧箍力作用，大大提高管内混凝土的承载力，反之，混凝土对钢管的约束作用，提高了钢管抗失稳的能力，二者结合是完美的。



钢管砼的优点

- (1) 构件承载力大大提高
- (2) 具有良好的塑性和韧性
- (3) 结构自重和造价均有降低
- (4) 施工简单、缩短工期
- (5) 防腐、防火性能好
- (6) 结构造型美观

钢管砼的主要缺点

- (1) 钢管的接头连接存在的缺陷
- (2) 钢管内灌注砼的密实度问题

(3) 钢管的养护问题

(4) 钢管砟的动力性能及疲劳性能



(2) 钢管拱肋安装应符合下列规定：

- 1) 钢管拱肋成拱过程中，应同时安装横向连系，未安装连系的不得多于一个节段，否则应采取临时横向稳定措施。
- 2) 节段间环焊缝的施焊应对称进行，并应采用定位板控制焊缝间隙，不得采用堆焊。
- 3) 合龙口的焊接或栓接作业应选择在环境温度相对稳定的时段内快速完成。
- 4) 采用斜拉扣索悬拼法施工时，扣索采用钢绞线或高强钢丝束时，安全系数应大于 2。



(3) 钢管混凝土浇筑施工质量控制，参见 1K420104 节中的相关内容

一、钢管混凝土施工质量控制 (P365)

(一) 质量标准

- (1) 钢管（钢管柱和钢管拱）内浇筑混凝土施工质量是验收主控项目。
- (2) 钢管内混凝土应饱满，管壁与混凝土紧密结合，混凝土强度应符合设计要求。
- (3) 检验方法：观察出浆孔混凝土溢出情况，检查超声波检测报告，检查混凝土试件试验报告。



(二) 基本规定

- (1) 钢管上应设置混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔等。
- (2) 钢管混凝土应具有低泡、大流动性、收缩补偿、延缓初凝和早强的性能。
- (3) 混凝土浇筑泵送顺序应按设计要求进行，宜先钢管后腹箱。
- (4) 钢管混凝土的质量检测应以超声波检测为主，人工敲击为辅。



二、钢管柱混凝土浇筑

(1) 钢管柱加工简单、重量轻、便于吊装、安装方便等特点，在城市桥梁工程和轻轨交通工程中被广泛用作钢管墩柱。

(2) 钢管柱内混凝土浇筑和水平结构混凝土基本相同，一层一浇筑，施工时钢管上端口既作为混凝土入口又作为振捣口。

(3) 混凝土宜连续浇筑，一次完成。

(4) 终凝后应清除钢管柱内上部混凝土浮浆，然后焊接临时端口。



三、钢管拱混凝土浇筑

(一) 准备工作

(1) 应检查混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔等，保证通常。

(2) 应清洗管拱内污物，并润湿管壁。

(3) 应按设计要求，确定浇注顺序。



(二) 浇筑作业

(1) 应采用泵送顶升压注施工，由两拱脚至拱顶对称均衡地连续压注一次完成。

(2) 应先泵入适量水泥浆再压注混凝土，直至钢管顶端排气孔排出合格的混凝土停止。压注混凝土完成后应关闭倒流截止阀。

(3) 大跨径拱肋钢管混凝土应根据设计加载程序，宜分环、分段并隔仓由拱脚向拱顶对称均衡压注。压注过程中拱肋变位不得超过设计要求。

(4) 钢管混凝土的泵送顺序宜先钢管后腹箱。

(5) 应按照施工方案进行钢管混凝土养护。

组合体系桥



上海长江大桥



江苏苏通大桥

一、斜拉桥类型与组成 (P88)

(1) 斜拉桥类型：

通常分为预应力混凝土斜拉桥、钢斜拉桥、钢—混凝土叠合梁斜拉桥、混合梁斜拉桥、吊拉组合斜拉桥等。



一、斜拉桥类型与组成

(2) 斜拉桥组成:

斜拉桥有索塔、钢索和主梁组成。



二、施工技术要点

(1) 索塔施工的技术要求和注意事项:

1) 索塔的施工可视其结构、体形、材料、施工设备和设计要求综合考虑, 选用适合的方法。

裸塔施工宜用爬模法, 横梁较多的高塔, 宜采用劲性骨架挂模提升法。

2) 斜拉桥施工时, 应避免塔梁交叉施工干扰。必须交叉施工时应根据设计和施工方法, 采取保证塔梁质量和施工安全的措施。



3) 倾斜式索塔施工时，必须对各施工阶段索塔的强度和变形进行计算，应分高度设置横撑，使其线形、应力、倾斜度满足设计要求并保证施工安全。

长沙洪山庙大桥



(4) 索塔横梁施工时应根据其结构、重量及支撑高度，设置可靠的模板和支撑系统。要考虑弹性和非弹性变形、支承下沉、温差及日照的影响，必要时，应设支承千斤顶调控。体积过大的横梁可分两次浇筑。

(5) 索塔混凝土现浇，应选用输送泵施工，超过一台泵的工作高度时，允许接力泵送，但必须做好接力储料斗的设置，并尽量降低接力站台高度。



(6) 必须避免上部塔体施工时对下部塔体表面的污染。

(7) 索塔施工必须制定整体和局部的安全措施，如设置塔吊起吊重量限制器、断索防护器、钢索防扭器、风压脱离开关等；防范雷击、强风、暴雨、寒暑、飞行器对施工影响；防范掉落和作业事故，并有应急的措施；应对塔吊、支架安装、使用和拆除阶段的强度稳定等进行计算和检查。

(2) 主梁施工技术要求和注意事项

1) 斜拉桥主梁施工方法：

①施工方法与梁式桥基本相同，大体上可分为顶推法、平转法、支架法和悬臂法；悬臂法分悬臂浇筑法和悬臂拼装法。由于悬臂法适用范围较广而成为斜拉桥主梁施工最常用的方法。

②悬臂浇筑法，在塔柱两侧用挂篮对称逐段浇筑主梁混凝土。

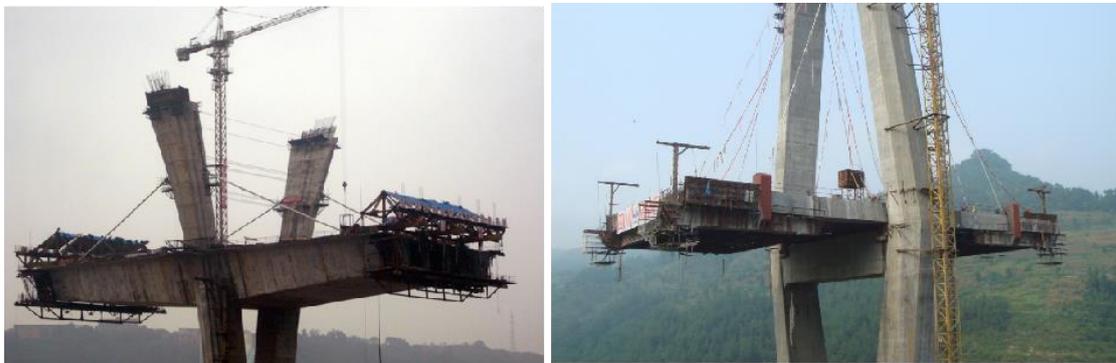
③悬臂拼装法，是先在塔柱区浇筑（对采用钢梁的斜拉桥为安装）一段放置起吊设备的起始梁段，然后用适宜的起吊设备从塔柱两侧依次对称拼装梁体节段。



(2) 混凝土主梁施工方法

(1)斜拉桥的零号段是梁的起始段，一般都在支架和托架上浇筑。支架和托架的变形将直接影响主梁的施工质量。在零号段浇筑前，应消除支架的温度变形、弹性变形、非弹性变形和支承变形。

(2)当设计采用非塔、梁固结形式时，施工时必须采用塔、梁临时固结措施，必须加强施工期内对临时固结的观察，并按设计确认的程序解除临时固结。



(3)采用挂篮悬浇主梁时，挂篮设计和主梁浇筑应考虑抗风振的刚度要求；挂篮制成后应进行检验、试拼、整体组装检验、预压，同时测定悬臂梁及挂篮的弹性挠度、调整高程性能及其他技术性能。

(4)主梁采用悬拼法施工时，预制梁段宜选用长线台座或多段联线台座，每联宜多于5段，各端面要啮合密贴，不得随意修补。



(5)大跨径主梁施工时，应缩短双向长悬臂持续时间，尽快使一侧固定，以减少风振时不利影响，必要时应采取临时抗风措施。

(6)为防止合龙梁段施工出现的裂缝，在梁上下底板或两肋的端部预埋临时连接钢构件，或设置临时纵向预应力索，或用千斤顶调节合龙口的应力和合龙口长度，并应不间断地观测合龙前数日的昼夜环境温度场变化与合龙高程及合龙口长度变化的关系，确定适宜的合龙时间和合龙程序。合龙两端的高程在设计允许范围之内，可视情况进行适当压重。合龙浇筑后至预应力索张拉前应禁止施工荷载的超平衡变化。

3) 钢主梁施工方法

①钢主梁应由资质合格的专业单位加工制作、试拼，经检验合格后，安全运至工地备用。堆放应无损伤、无变形和无腐蚀。

②钢梁制作的材料应符合设计要求。焊接材料的选用、焊接要求、加工成品、涂装等项的标准和检验按有关规定执行。

③应进行钢梁的连日温度变形观测对照，确定适宜的合龙温度及实施程序，并应满足钢梁安装就位时高强螺栓定位所需的时间。



三、斜拉桥施工监测

(1) 施工监测目的与监测对象

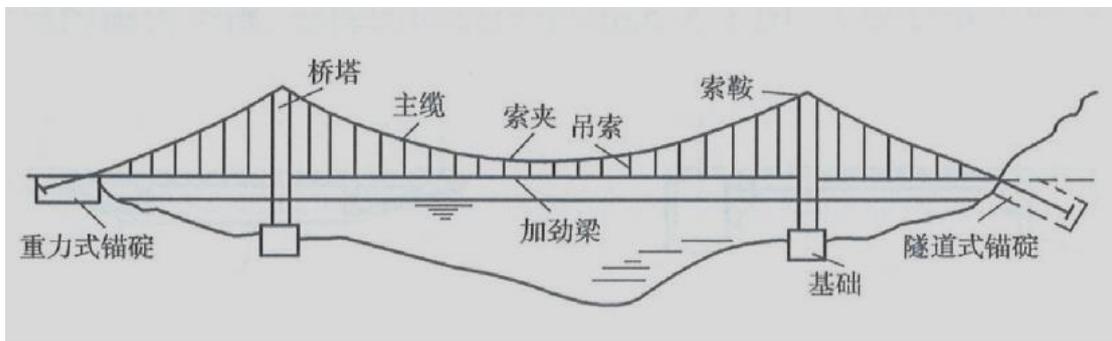
- 1) 施工过程中，必须对主梁各个施工阶段的拉索索力、主梁标高、塔梁内力以及索塔位移量等进行监测。
- 2) 监测数据应及时将有关数据反馈给设计等单位，以便分析确定下一施工阶段的拉索张拉量值和主梁线形、高程及索塔位移控制量值等，直至合龙。

(2) 施工监测主要内容

- 1) 变形：主梁线形、高程、轴线偏差、索塔的水平位移；
- 2) 应力：拉索索力、支座反力以及梁、塔应力在施工过程中的变化；
- 3) 温度：温度场及指定测量时间塔、梁、索的变化。

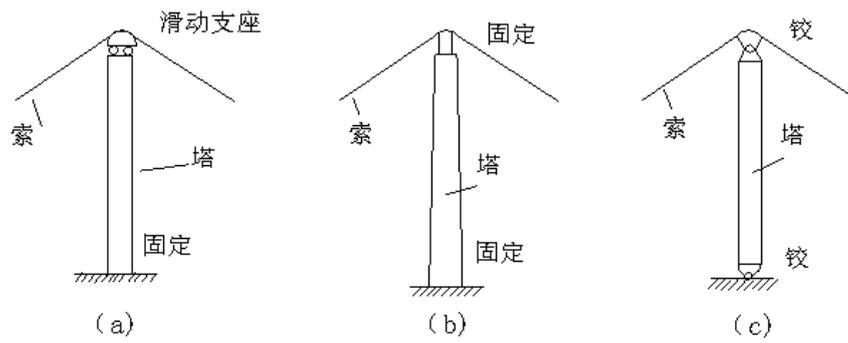
1K432022 悬索桥的索鞍、索夹与吊索施工技术要点 (P465) 悬索桥的索鞍、索夹与吊索施工技术要点如下：

- (1) 索鞍安装应选择在晴朗的白天连续完成。安装时应根据设计提供的预偏量就位，在加劲梁架设、桥面铺装过程中应按设计提供的数据逐渐顶推到永久位置。顶推前应确认滑动面的摩阻系数，控制顶推量，确保施工安全。



悬索桥的主要构造

塔与索鞍的联结形式





(2) 索夹安装应遵守下列规定：

1) 索夹安装前，必须测定主缆的空缆线形，经设计单位确认索夹位置后，方可对索夹进行放样、定位、编号。放样、定位应在环境温度稳定时进行。索夹位置处主缆表面的油污及灰尘应清除并涂防锈漆。

2) 索夹在运输和安装过程中应采取保护措施，防止碰伤及损坏。

3) 索夹安装位置纵向误差不得大于 10mm。当索夹在主缆上精确定位后，应立即紧固索夹螺栓。

4) 紧固同一索夹螺栓时，各螺栓受力应均匀，并按三个荷载阶段（即索夹安装时、钢箱梁吊装后、桥面铺装后）对索夹螺栓进行紧固。

(3) 吊索运输、安装过程中不得受损坏。吊索安装应与加劲梁安装配合进行，并对号入座，安装时必须采取防止扭转措施。

