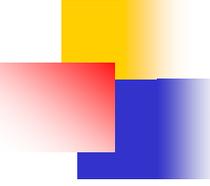


现代施工技术

梁桥悬浇法施工





大跨径连续箱梁桥悬臂浇筑法施工

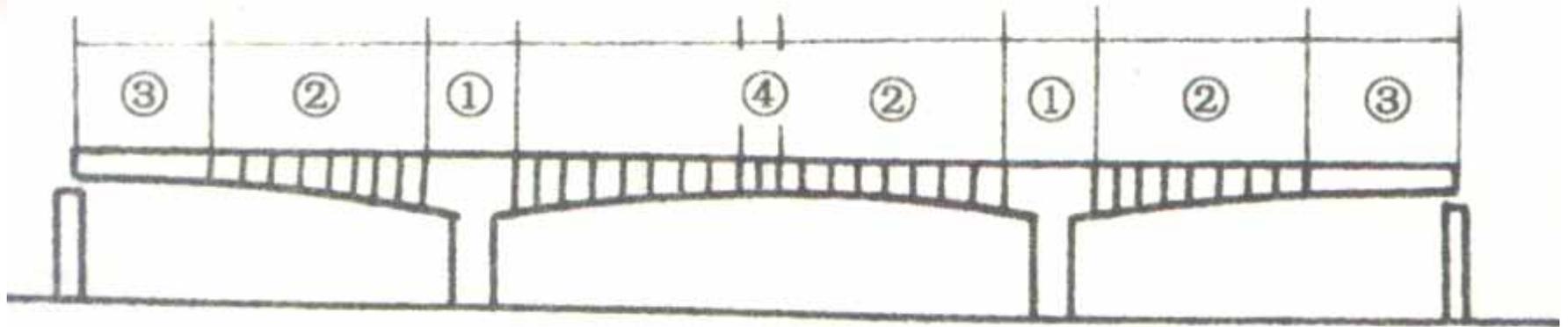
1.大跨径连续梁桥悬臂施工

悬臂施工分为：悬臂浇筑（悬浇）和悬臂拼装（悬拼）。

悬浇法是在桥墩浇筑到顶后，在墩顶安装脚手钢桁架并向两侧伸出悬臂以供垂吊挂篮，对称浇筑砼。

悬拼法是将逐段分成预制块件进行拼装，穿束张拉，自成悬臂。

悬臂施工适用大跨径预应力箱形截面的连续梁、悬臂梁、T形刚构等桥型施工，对桥下的通航干扰小，充分利用预应力砼的抗拉和承受负弯矩的特性。

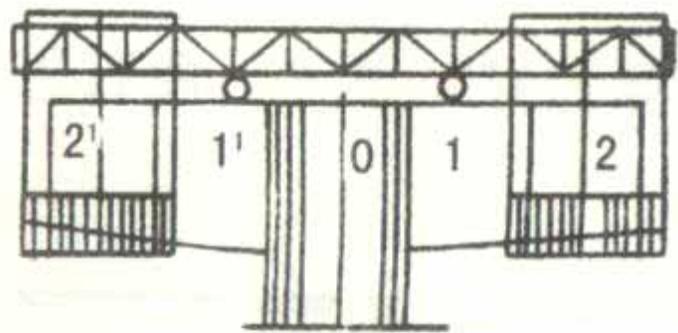


• 桥墩顶段（0#块）开始，分段两侧对称浇筑。

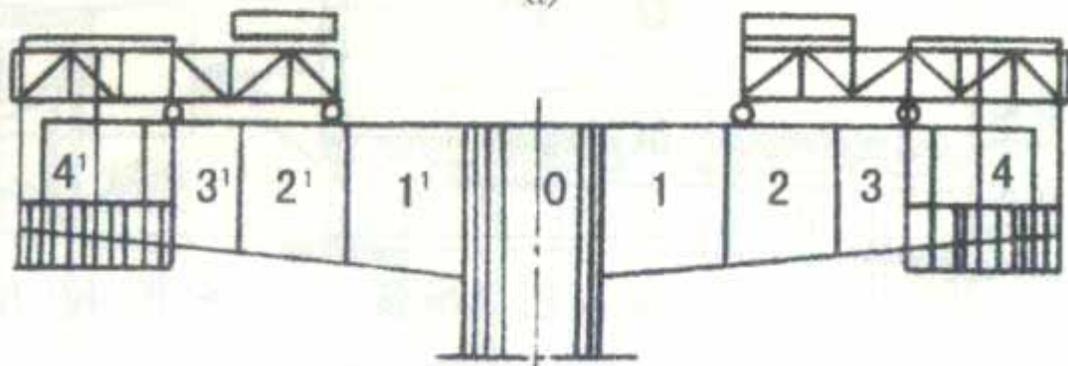
2.悬臂浇筑法施工

悬浇时，由墩顶段（0#块）开始，分段两侧对称浇筑。

采用悬浇时必须考虑施工期间的结构稳定性，如0号墩施工时，在桥墩两侧增设临时支承或支墩，将0号块临时支承于托架两侧，临时支承采用硫磺水泥砂浆块、砂筒或砗块，以便结构体系转换时，释放临时固定设施。



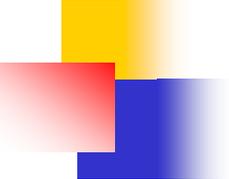
a)



b)

挂篮是悬臂浇筑法施工的主要设备。挂篮由主桁架、悬吊系与平衡重、行走系统、工作平台和底模组成。

用挂篮浇筑墩侧几对梁段时，先将两侧挂篮的承重结构连在一起（图a），浇筑一定长度后，将两侧挂篮的承重结构分开（图b）。



3.南京长江二桥北汊连续箱梁桥悬臂浇筑施工

南京长江二桥的北汊为辅航道，经设计比较，主桥采用大跨径预应力砼连续箱梁桥：

$$90\text{m} + 3 \times 165\text{m} + 90\text{m} = 675\text{m}$$

大跨径预应力砼连续箱梁桥具有结构整体性好，刚度大，变形小，行车舒适，断面抗扭刚度大，抗震性能好，主墩刚度相对较大，抵抗船舶撞击能力较强，施工难度不大，养护维修方便，造价适度等优点。

PC箱梁采用挂篮悬臂浇筑施工，梁段划分为8m（0号块）+5×2.5m+5×3.0m+5×3.5m+8×4.0m，中跨、次边跨合拢段长3.0m，边跨合拢段长2.0m。箱梁按三向预应力设计。



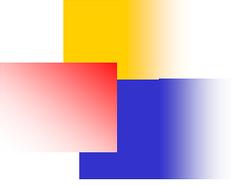
0#块长8m，二桥采用两侧加临时支墩，其优点为支架变形小，无须预压；缺点为支撑材料用量较大。



南京马汊河85m跨PC连续刚构梁桥建成后的情景。



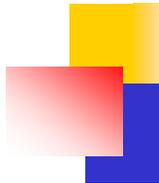
为节省支架费用，有的工程采用三角支架临时锚固，支架直接与墩身预埋件焊接。一般0#块可分两次浇筑，第一次浇筑底板及部分侧壁（倒角处），第二次浇筑的砣及施工荷载由第一次浇筑的砣结构承受。



挂篮悬浇施工时，要考虑箱梁节段的最大重量。对挂篮的要求为结构受力合理，施工简便可靠。正式悬浇前，须对挂篮进行荷载试验。其作用有二：一是保证使用安全，二是消除挂篮加荷后的非弹性变形，测定弹性变形值，立模时给出预留。



挂篮的预压加载可用吊水桶方法，主要检查挂篮主桁架的受力及变形量以及后锚系统的安全性。



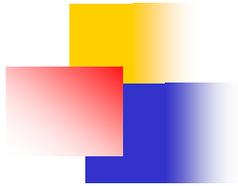
为保证施工挂篮的安全，应验算挂篮在空载行走状态和砼浇筑状态时的倾覆稳定（稳定系数不小于1.5）。

图为挂篮的后锚构造，后锚通常用精轧螺纹钢筋做锚杆。

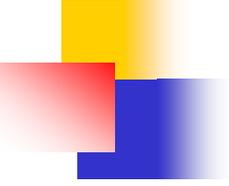


挂篮操作注意事项：

(1) 砼强度达80 %后方可张拉预应力筋；纵横向预应力筋张拉完成前，不可脱离底模。



- （2）行走轨道时，后锚筋不允许松动、拆除；**
- （3）挂篮行走对称、缓慢进行，专人统一指挥，做好行走记录，应连续行走到位；**
- （4）保证每一根行走轨道有不少于三根反压梁，至少两根处于锚固状态；**
- （5）所有用于后锚及反压梁的精轧螺纹钢筋必须逐根用千斤顶张拉检验，保证其设计的锚固力。**



悬浇线形控制：

悬浇过程中，影响桥梁线形的因素有：不断增加的箱梁自重荷载、砼徐变、预应力作用以及日照引起的温差等。措施为会同设计、监理及监控单位做好各节段的动态控制。

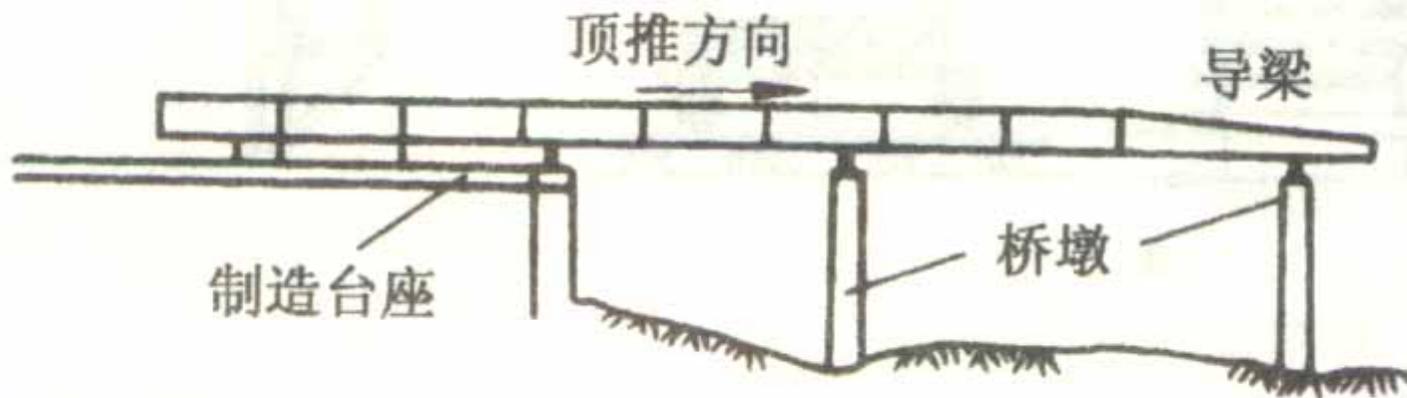
- （1）精确按监控单位给出的立模高程立模，砼浇筑过程中及时调整模板，消除挂篮发生的弹性变形；
- （2）测量应注意日照、水气影响，定时观测；
- （3）认真做好已浇段高程观测，及时报送监理、设计及监控单位；
- （4）均衡施工。



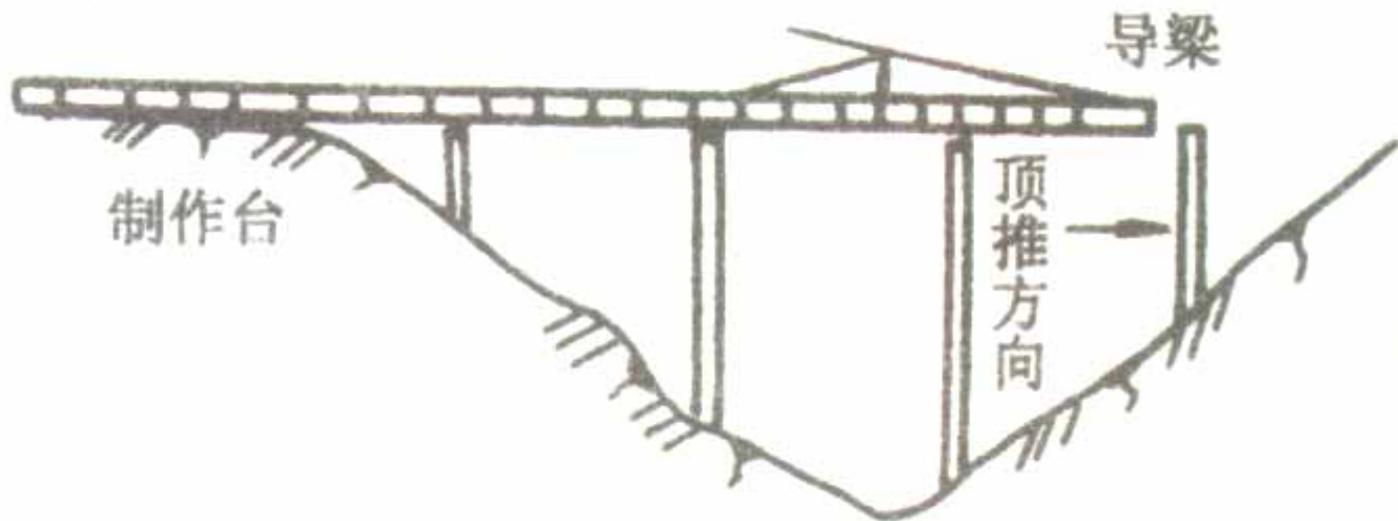
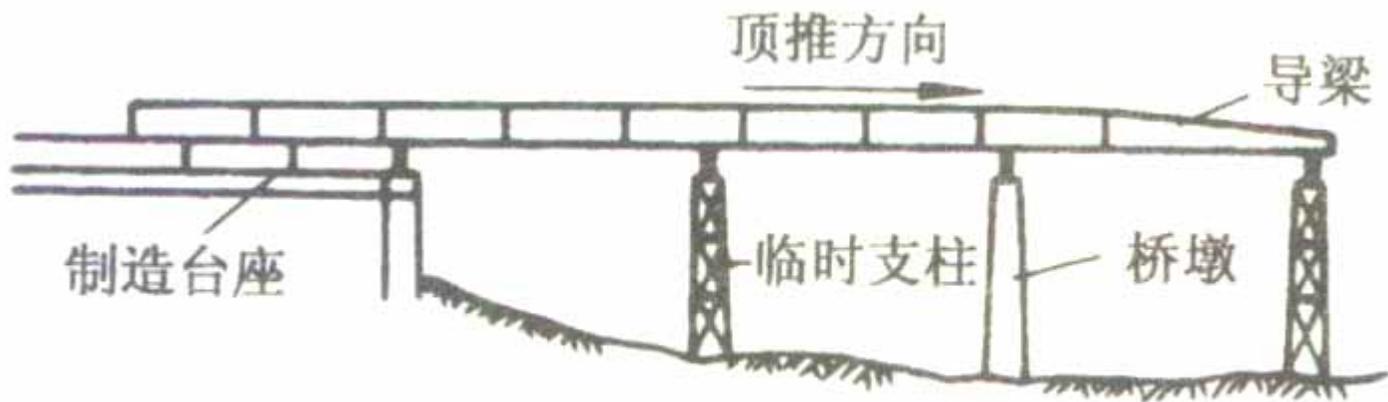
合拢段的施工。

连续梁桥顶推法施工

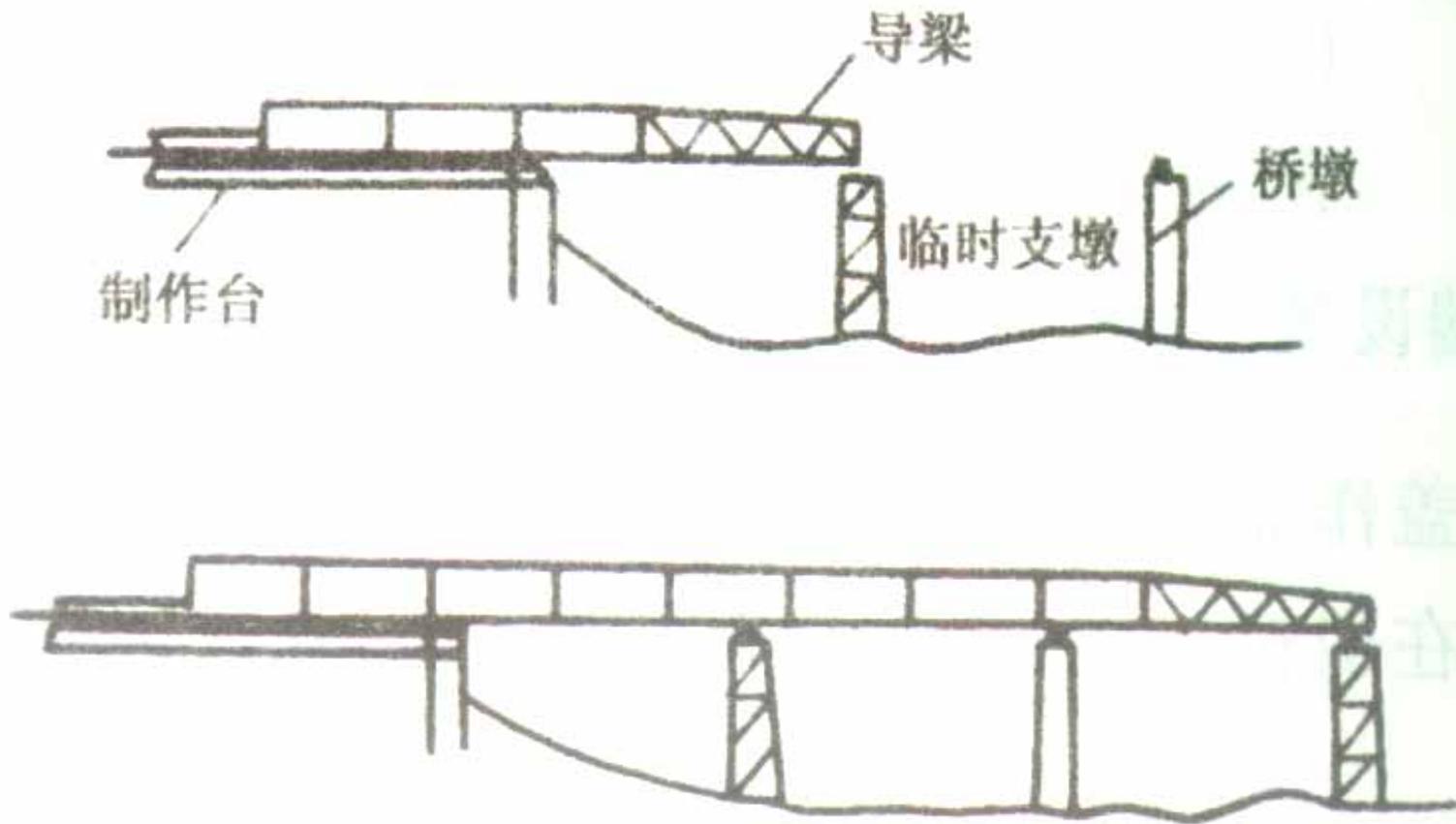
预应力砼连续梁桥顶推法施工是沿桥纵轴方向，在桥台（或引桥）后设置预制场浇筑梁段，达到设计强度后，施加力，向前顶推，空出底座继续浇筑梁段，随后施加预应力与先一段梁联结，直至将整个梁段浇筑并顶推完毕，最后进行体系转换形成连续梁桥。



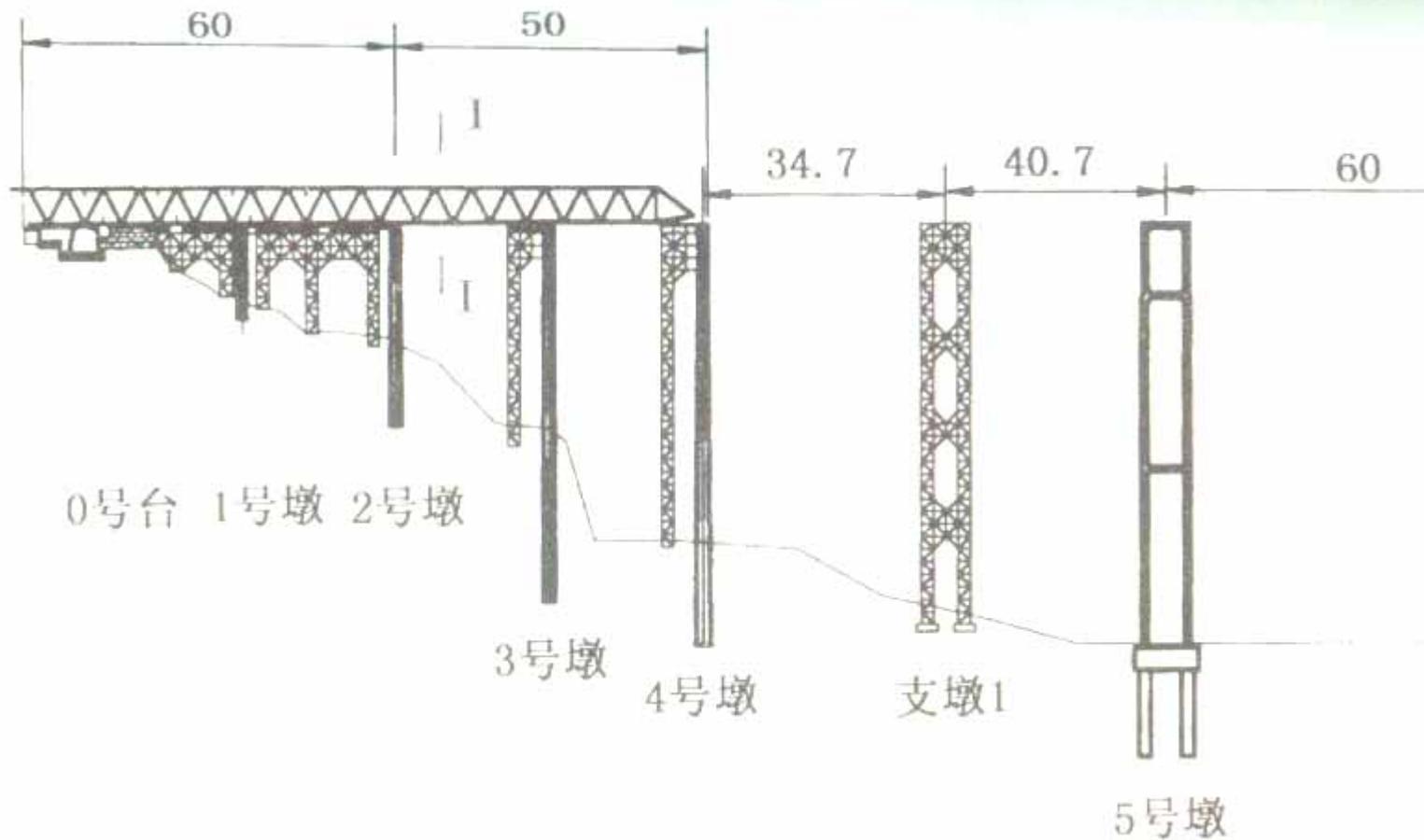
短跨径情况下，不设临时墩直接顶推



长跨径情况下，设临时墩支顶推，或设拉撑架顶推



由于施工过程中的弯矩包络图与成桥后运营状态的弯矩包络图相差大，顶推施工过程中常采用设置导梁、临时支墩，缩小顶推跨径。



重庆万州大桥为钢管桁架桥，主孔3孔120m，两边跨各75.4m，总长510.8m。采用组拼和连续顶推法施工，在主墩和临时支墩上每墩设两条滑道，滑道顶面铺不锈钢板，桁架下弦节点垫滑块。

钢管砼系杆拱桥施工



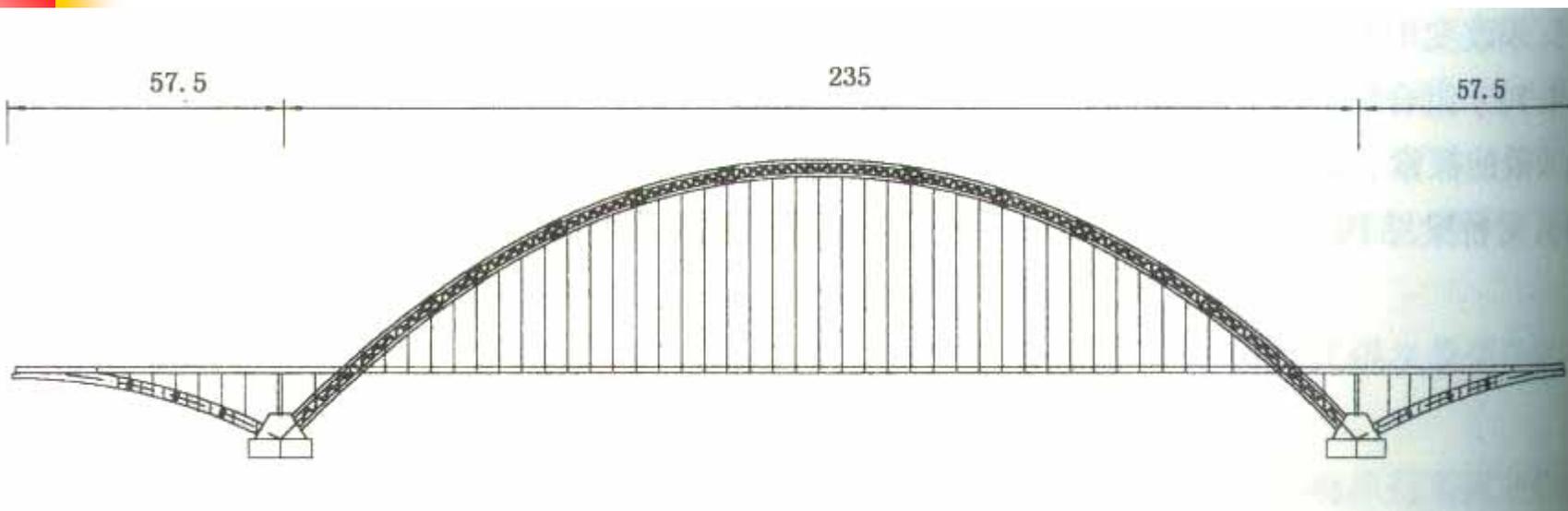
下承式系杆拱桥在江苏得到大量应用，解决了江苏软土地基上拱桥拱脚的推力问题。缺点为河流通航高度不够。



苏州的齐门桥为钢管砼拱桥与预应力箱梁桥的结合，跨度为50m，箱梁的高度减至最低，以取得最大通航高度。

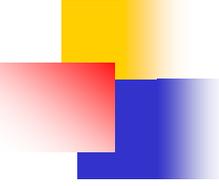


大跨径钢管砼拱桥目前主要采用缆索吊装-斜拉扣定施工法，在国外较早应用，属无支架施工，其思路为借助钢骨架阶段吊装的扣索来调整砼浇筑阶段内力。通过扣索的张放，给拱肋施加一定量的拉力，减小应力，控制变形。



1.京杭运河大桥主桥简介

京杭运河大桥的主桥主孔跨径235m，边孔跨径57.5m，主桥全长350m。主桥采用上承式和中承式系杆拱组合，主孔为自锚式钢管砼中承式系杆拱桥，边孔为钢筋砼主拱肋构成的上承式拱桥。主拱肋按1:5.71的斜率在横断面上向桥轴心线倾斜，呈提篮型。



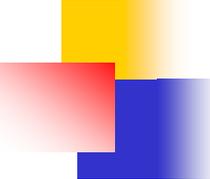
2. 主跨钢管拱的施工方案选择：

(1) 满堂支架法

需要大量支架材料，现场焊接钢管桁架条件差，影响质量，且运河封航，无法实施；

(2) 缆索吊装法

缆索吊装法是原设计单位拟定的方案，将钢管桁架分为14节，单节重量55t，工厂预制水运到位，利用缆索系统进行垂直吊装。该法工艺成熟，并有专用施工机械。缺点为临时索塔高达94m，组拼难度大，空中拱肋对接操作复杂，临时地锚处于软土地面，锚体耗用材料多。

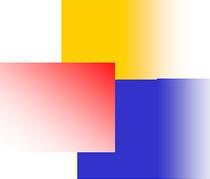


(3) 三大段吊装法

主跨结构经过内力计算，在考虑运河航运要求的条件下，划分为边段成桥水平跨径60m，中段成桥水平跨径115m。边段利用鹰架悬臂拼装，中间段细分小节在工厂预制，河边预拼，整体浮运到桥位，利用鹰架和液压提升系统将中间段提升就位。该法在美国俄勒冈州的Fremont Breidge采用过。缺点为中间须采用临时系杆，存在结构体系转换。

(4) 转体施工法

转体施工法根据平面划分：平转施工法、竖转施工法，平转加竖转施工法。

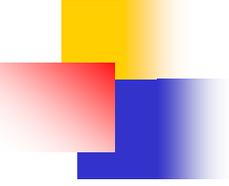


(3) 三大段吊装法

主跨结构经过内力计算，在考虑运河航运要求的条件下，划分为边段成桥水平跨径60m，中段成桥水平跨径115m。边段利用鹰架悬臂拼装，中间段细分小节在工厂预制，河边预拼，整体浮运到桥位，利用鹰架和液压提升系统将中间段提升就位。该法在美国俄勒冈州的Fremont Breidge采用过。缺点为中间须采用临时系杆，存在结构体系转换。

(4) 转体施工法

转体施工法根据平面划分：平转施工法、竖转施工法，平转加竖转施工法。

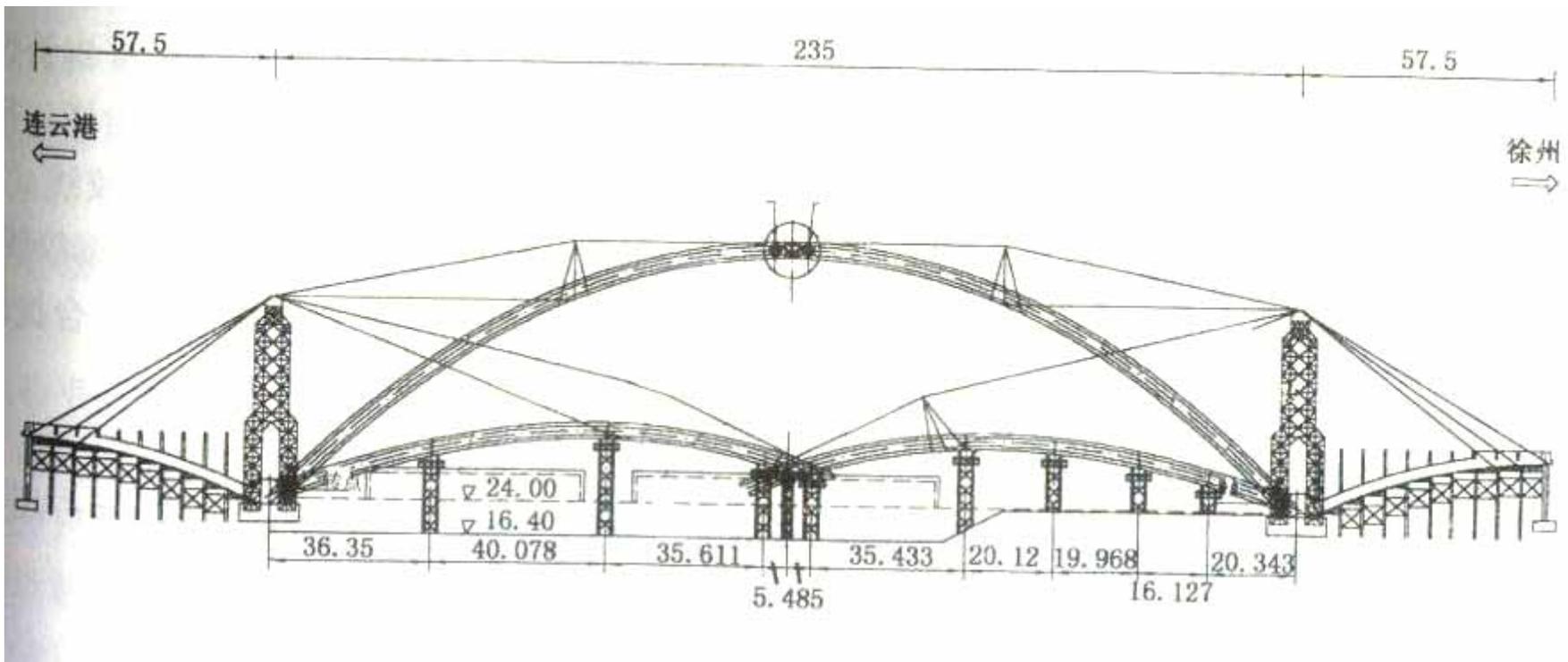


京杭运河主桥最终采用竖转施工法施工。

方案的主导思想为：

三个阶段：支架上拼装、钢管拱竖转、合拢段吊装。

优点：解决了提篮式拱桥的安装线形，提高了安全感，桁架焊接质量有保证；施工过程中体系内力能控制，施工设备自动化程度高；施工中可合理布置支架，不影响运河航运。

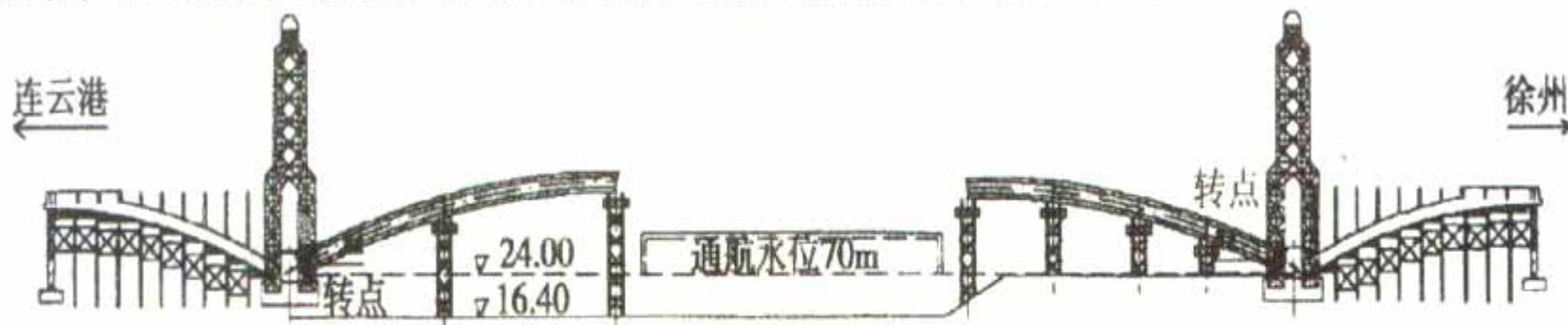


京杭特大桥竖转施工技术方案主要技术参数：

- (1) 主跨度：235m 主拱高度：58.75m
- (2) 竖转角度： 26° （徐州侧）、 25° （连云港侧）
- (3) 1号索组最大索力4758KN，2号索组最大索力3172kN。
- (4) 竖转设计提升速度2m/h，预计半跨竖转8h完成。

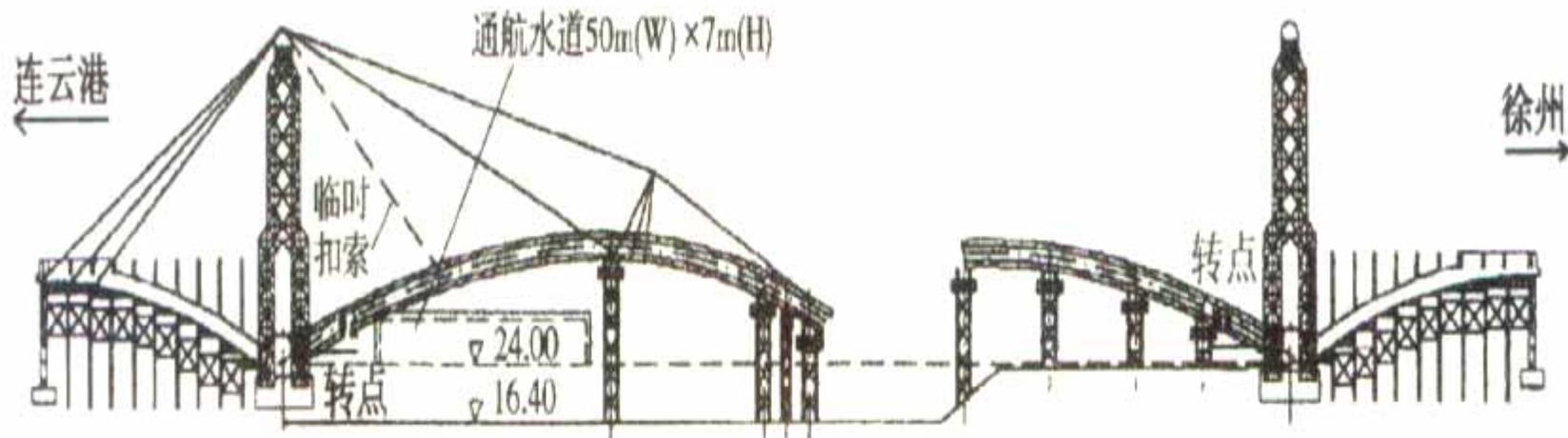


施工流程1: 按设计要求浇筑主拱基础、承台、拱座, 预埋主拱钢管、竖转活动铰底座、索塔基础段, 完成边拱过渡墩施工。



施工流程2: 按设计要求搭设边拱支架, 完成边拱拱肋和拱肋立柱浇筑施工任务, 完成两岸竖转索塔的拼装, 搭建主拱肋水中拼装工作平台, 预留通航水道, 完成部分拱肋拼装。

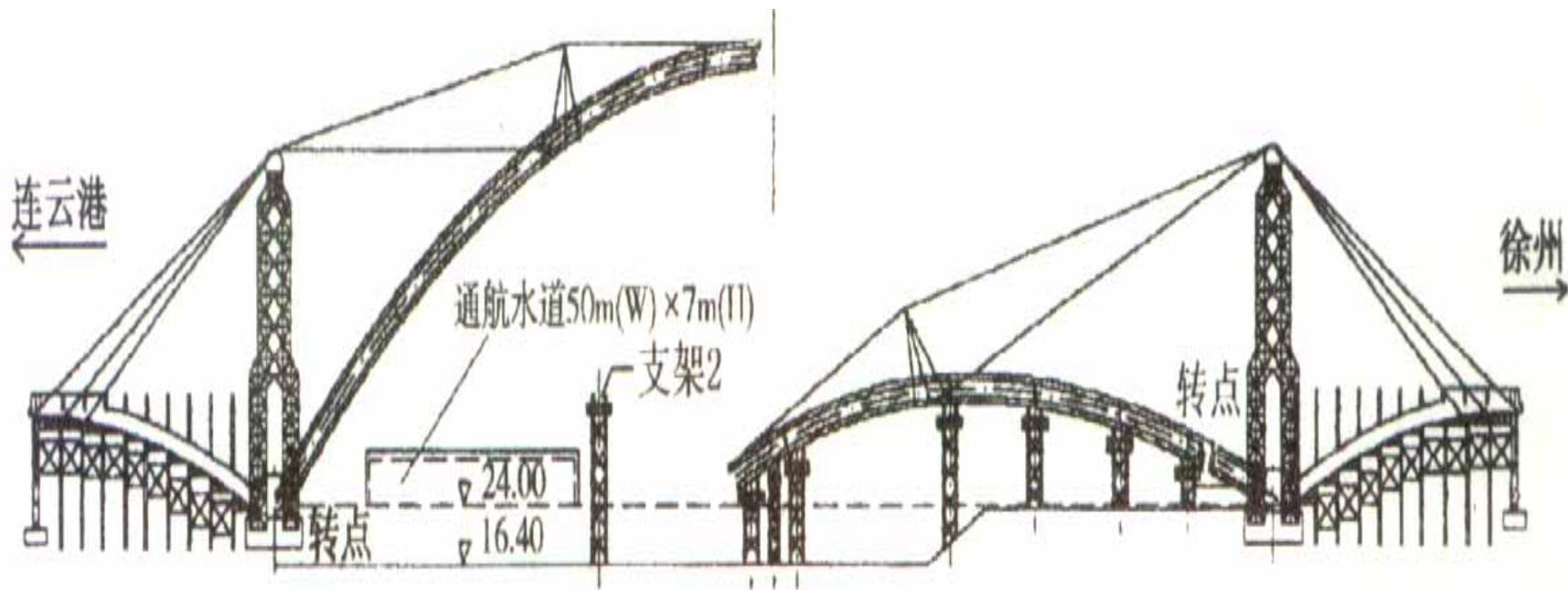
- 施工流程2细述:
1. 搭设边拱钢管支架, 测量放样, 立拱肋模板, 分段浇筑边拱拱肋及拱肋上立柱, 预埋边拱锚固点预埋件。
 2. 测量定位安装竖转活动铰, 调整活动铰支座位置, 使转点精确定位在设计位置上。
 3. 测量定位搭设水中钢管支架及工作平台, 拼装部分主拱钢管拱肋, 定位安装竖转活动铰 (安装在桁架上的部分)、拱肋横撑、临时扣索锚固点。
 4. 定位安装两岸索塔顶端主鞍座、边拱肋液压提升系统及锚固设施, 制作连云港侧临时扣索。



施工流程3：测量定位搭设河道中央水中钢管支架及工作平台，连云港侧完成余下部分主拱钢管拱肋的拼装，安装反力扣塔，按竖转施工设计要求，安装主拱锚固点、主拱竖转扣索、边拱平衡索。

- 施工流程3细述：
1. 安装边拱平衡索，张拉临时扣索，拆除连云港侧1号支架，形成50m宽、7m高的通航水道。
 2. 测量定位搭设河道中央水中钢管支架及工作平台，连云港侧完成余下部分主拱钢管拱肋和横撑的拼装，并按竖转施工设计要求，安装反力扣塔、主拱锚固点、主拱竖转扣索。
 3. 制作徐州侧竖转扣索及平衡索。
 4. 对运河通航船只进行航道监管，确保施工安全及连云港侧主拱钢管桁架拼装质量。

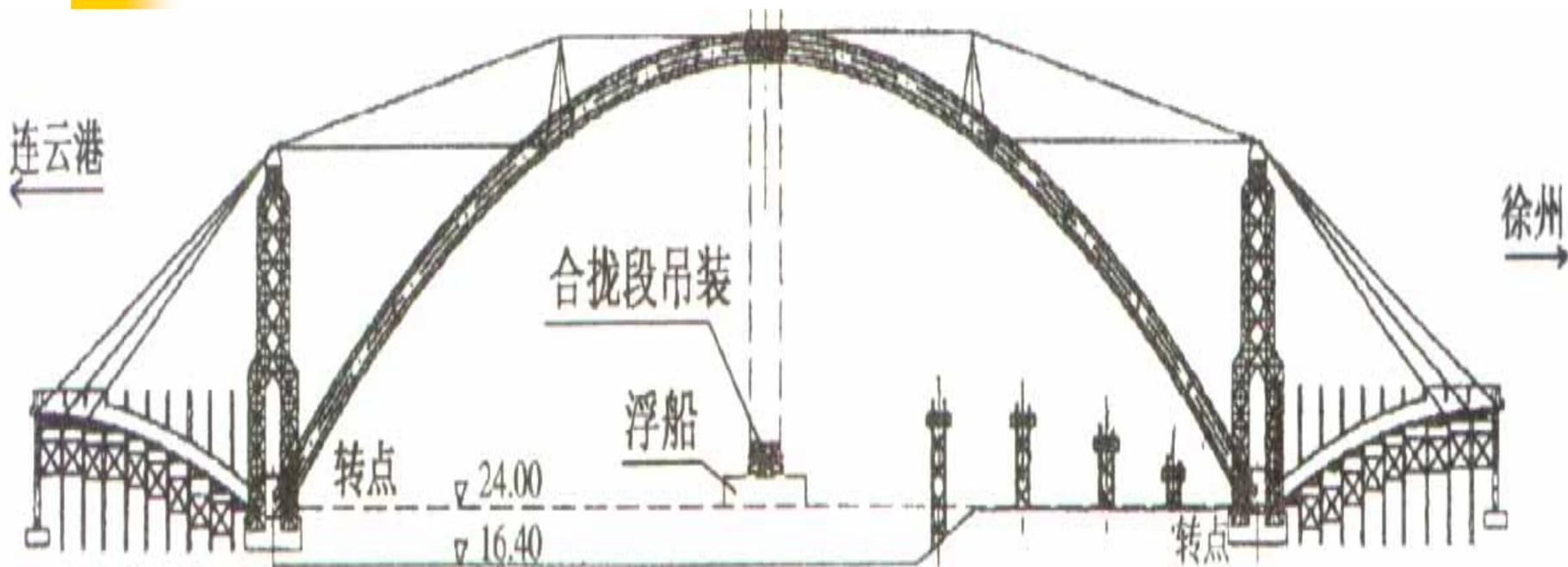




施工流程4: 按设计要求竖转连云港侧主拱肋到设计标高,改造河道中心支架,完成徐州侧主拱钢管桁架及横撑拼装任务,定位安装徐州侧主拱桁架上反力扣塔,主拱锚固点,主拱竖转扣索,边拱平衡索。

施工流程4细述: 1. 完成连云港侧主拱钢管桁架竖转施工。

2. 改造河道中央钢管支架及工作平台,完成徐州侧钢管桁架和横撑的拼装,并按竖转施工设计要求,安装反力扣塔、主拱锚固点、主拱竖转扣索、平衡索。



施工流程6: 拆除河道中央钢管支架及工作平台, 船运主跨合拢段到吊点位置, 按设计要求吊装合拢段并完成安装, 实现主跨合拢。

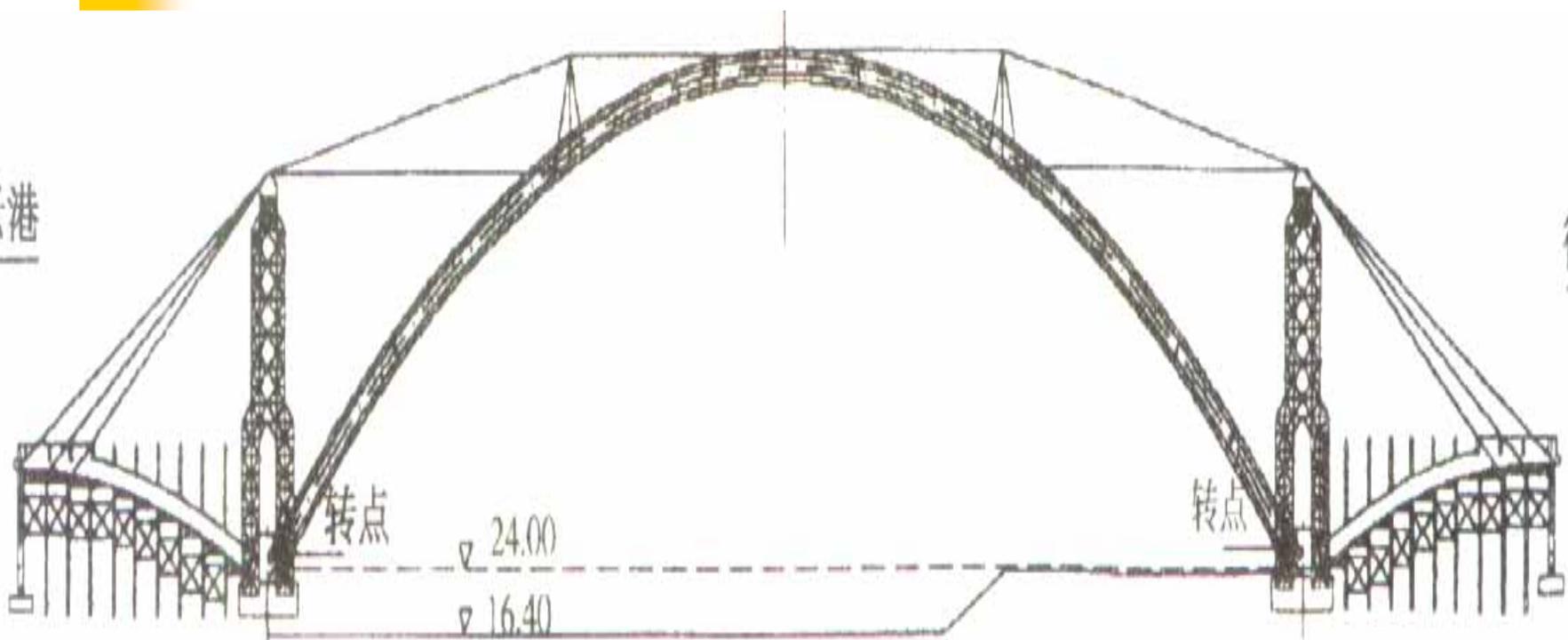
施工流程6细述: 1. 拆除河道中央钢管支架及工作平台。

2. 合拢段吊装设备放下吊钩到河面位置, 与运输船上的主跨合拢段实现连接。

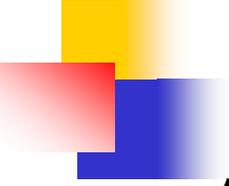


云港

徐州



施工流程7：拆除合拢段吊装设备，按设计要求封固拱脚，灌注钢管拱内混凝土，拆除余下施工钢管支架，洪水期到来之前拆除部分边拱钢管支架。



3. 钢管砼拱桥的施工监测

钢管砼拱桥施工监测的主要内容为：

温度监测、应力监测、位移（挠度、轴线监测）等。

（1）对各主拱肋拱脚进行变位监测，以确定拱座基础是否有位移；

（2）对各主拱肋各控制截面（ $L/8$ 、 $L/4$ 、 $L/2$ ）及劲性骨架接头进行线形和位移监测，以便掌握拱肋的真实位移；

（3）对主拱肋脚、 $L/8$ 、 $L/4$ 、 $3L/8$ 、拱顶截面的钢管及砼的应力进行监测；

（4）对主拱肋钢管、管内砼、拱箱砼进行温度监控，以获得与线形及位移相对应的大气温度，以及主拱肋箱体温度，为控制的理论分析提供可靠的温度值。