

友联大桥设计及偏心转体的施工

周海智

(上海同济规划建筑设计研究总院)

摘 要:友联大桥主桥跨径为 40 m+88 m+40 m,桥型为三跨上承式梁拱组合体系预应力钢筋混凝土连续梁。为不影响通航,采用转体施工的施工方法成桥,为缩短主跨跨径,转盘采用不对称偏心布置。本文主要介绍该桥的设计施工及不对称偏心布置转盘转体施工的特点,及中承,下承式梁拱组合体系桥梁不对称偏心转体施工的设计构思。

关键词:梁拱组合体系 设计 偏心转体 施工方法

1 桥梁概况

友联运河大桥是苏州市南大外环路跨越京杭大运河一座桥梁,该桥于 1999 年 10 月 22 日完成转体,年底竣工。

主要技术标准:

桥宽 22.5 m,其中 15 m 车行道,2×0.5 m 分隔带,2×3.0 m 人行道,2×0.25 m 栏杆。

设计荷载:汽车—20 级;挂车—100;人群 3.5 kN/m²。

通航净空标准:净高 H=7 m,h=6 m,净空 B≥50 m,b≥37 m,设计最高通航水位(吴淞)4.09 m,低水位 2.50 m,常水位(施工水位)3.0 m。

主桥桥面平均纵坡 i=1.25,竖曲线半径 R=6500 m,T=162.5 m,E=2.031 m。桥梁与航道中心线斜交 4 度。

2 桥型方案选择

由于我们在苏南地区已进行过多座梁拱组合体系桥梁的设计施工,上承式梁拱组合式桥梁有优美的外观和良好的经济指标得以首选。为不影响通航,采用转体施工的施工方法成桥。现有河道宽 75 m,为缩短主跨跨径,转盘首次采用不对称偏心布置。磨心离岸 6.5 m。另一侧增设两条滑道,供偏心转体时使用。如采用中心转体,主跨 L=75 m+22.5 m=97.5 m。主跨跨径比中心对称转体至少缩短 9.5 m。为降低引道填土高度,引桥采用多跨 25 mT 梁。

3 设计概况

主桥为三跨上承式预应力钢筋混凝土梁拱组

合体系连续梁。跨径组成为 40 m+88 m+40 m,主桥长 168 m,边跨与中跨比为 0.45:1。为避免边墩支座出现负反力,主桥边跨设平衡重,并将引桥 T 梁的边支点压在平衡重上。横断面布置为四槁,间距 5.52 m,两边各悬挑 2.71 m。各槁间以横隔梁相连接,横隔梁纵向间距为 5.25 m 及 6.5 m。主桥中跨中间 41 m 为实腹段,主墩两侧各长 23.5 m 为空腹段。空腹段上弦为加劲梁,梁高 1.3 m,梁宽 52 cm。下弦为拱肋,肋高为 1.2 m,肋宽 52 cm。拱脚处肋高变为 1.3 m。中跨跨中梁高 1.72 m,肋宽 52 cm。中跨拱轴线采用悬链线,主桥中跨中间 4 m 为合拢段,梁底曲线为直线。边跨拱轴线采用抛物线,边跨梁端梁高 1.72 m,肋宽 52 cm。空腹段上弦加劲梁间设上横梁,拱肋间设下横梁,上弦下弦端梁高 1.72 m,肋宽 52 cm。空腹段上弦加劲梁间设上横梁,拱肋间设下横梁,上弦下弦间设置立柱,形成空间框架。在靠近主墩的左右两节间内设置交叉斜杆,加强各槁间横向联系。主桥墩上的立柱间同样设置交叉斜杆以满足转体需要及增加整体抗扭刚度。构造上将短立柱下端做成铰接。避免过大杆端弯矩引起开裂。

全桥由桥面板与梁肋形成组合截面。主跨纵、横断面布置见图 1、图 2。

活载横向分布按偏心受压法确定。

(1) 计算图式为:转体完成后,在活载及温度应力下,主墩为弹性支承墩,承担产生的水平推力。

计算比较以下三种情况。

a. 恒载按连续梁计算图式一次落架的上部结构内力情况。

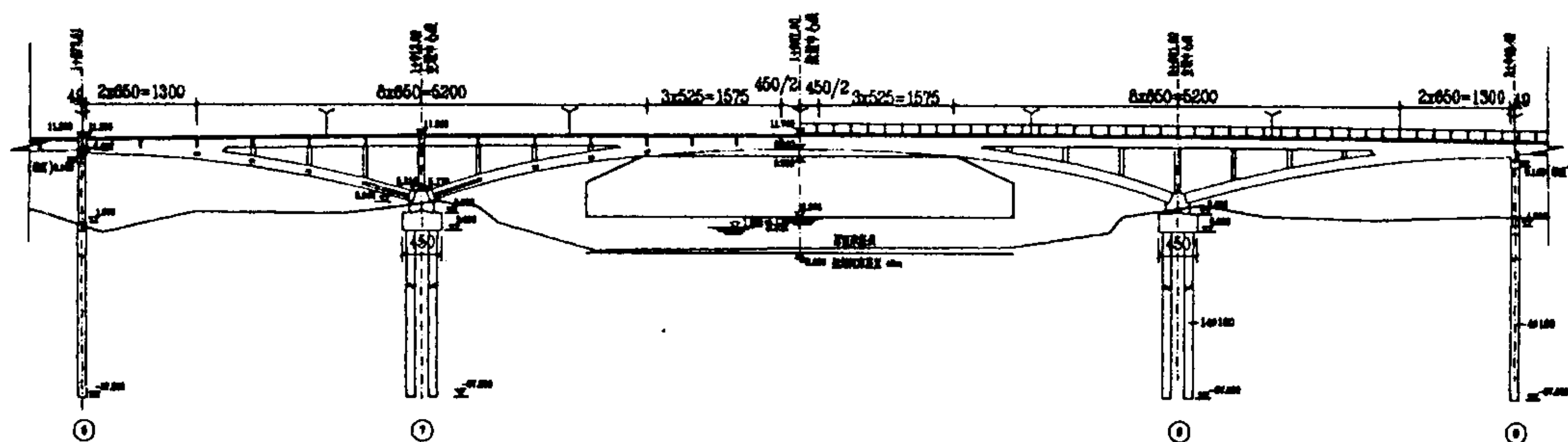


图 1 主跨立面图

b. 恒载按双铰拱计算图式一次落架的上部结构内力情况。主墩将承担较大的水平力。

c. 恒载按施工实际情况,组合构件分阶段进行计算,转体后无水平力。合拢后经 1000 d 徐变,对主墩产生水平力的上部结构内力情况。

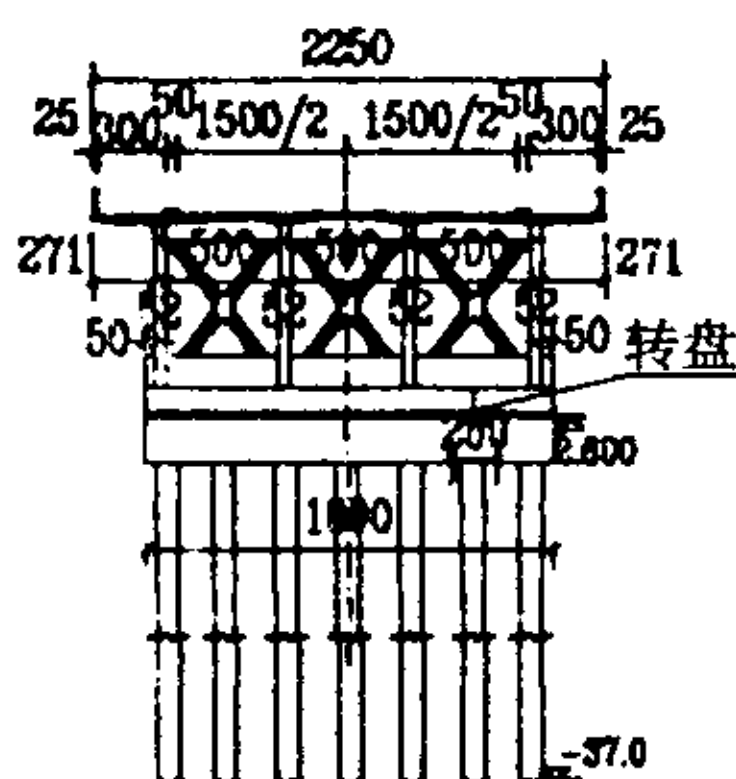


图 2 主墩横截面

(2) 按连续梁一次落架计算图式进行恒活载内力组合, 给出截面弯矩包络图, 及按双铰拱一次落架计算图式进行恒活载内力组合, 给出截面弯矩包络图, 确定控制断面。按上述两种情况, 取中值进行配筋及强度验算。再按实际施工步骤, 按 1000 d 考虑混凝土收缩徐变影响, 分阶段计算复核控制断面。

4 施工方法与程序

主桥上下部结构沿岸线在陆上施工。下部结构施工概况从略。

(1) 搭支架分段现浇施工。或用少支架法将预制好的拱肋、加劲梁、横梁、斜撑及立柱安装连接形成空腹段。

(2) 张拉上弦杆加轻梁裸肋的预应力束。

(3) 立模现浇空腹段桥面、混凝土桥面板,形成组合截面。

(4) 待空腹段桥面混凝土达到设计强度后,张拉第一批桥面负弯矩预应力束,拆除空腹范围内中间支承。

(5) 继续用少支架法浇筑实腹段混凝土及相

应横梁、桥面板、平衡重。

(6) 待实腹段混凝土达到设计强度后,张拉第二批加劲梁预应力束,张拉第二批桥面预应力束,拆除中间支承准备转体。

(7) 转体就位,设置跨中联接支撑。

(8) 现浇合拢段,张拉跨中预应力束,然后浇桥面。

(9) 全桥浇筑铺装层、栏杆。

5 关于不对称偏心转体设计与施工

中心对称的转体桥在苏南已多次施工。多次转体监测结果均证明:磨心混凝土竖向应力随时间而变化,加载初期分布是不均匀的,出现峰值,随着混凝土徐变及塑性重分布,在一周内趋于平均应力。与按弹性理论导出的磨心顶面最大应力考虑塑性变形后的应力值相比,计算值是偏安全的。混凝土表面涂抹黄油或用四氟板作为接触面的理论摩阻系数,静摩阻系数大于实测值,动摩阻系数接近于规范所推荐的值,但与磨心制作精确程度有关。偏心不对称转体桥转盘设计施工与中心对称的转体桥相同。偏心转体的顶力预计比中心对称的转体大。该桥施工时设置两条滑道,即三点支承主墩拱座横梁进行转体。主墩拱座下,承台上,位于主墩拱座中心及转盘磨心对称位置设置钢筋混凝土滑动墩,高度与转盘磨心侧相同,长度与主墩拱座横梁宽相同,宽度满足接触面混凝土应力要求。便于主墩横梁在滑道上面滑动。转体示意图及滑道布置见图 3、图 4。滑道的承载力及抗变形能力要满足转体施工要求。滑动起点的承载力及抗变形能力要满足沿河岸施工时的恒活载要求。滑道下设钻孔灌注桩,以支承转体在不同部位时的垂直反力。因千斤顶是直接抵承于滑道预留孔内的,灌注桩还要满足顶推时拉弯构件的要求。滑道上铺设钢板,转体时涂抹黄油。两条滑

道上均设千斤顶同时顶推。单个滑道上的千斤顶最大顶推能力估算,可根据磨心上的总静摩擦力矩与两个滑动墩静摩擦力及静摩擦力矩之和乘以1.5~2的系数来决定。该桥此次使用150 t千斤顶,一般常用200 t以下千斤顶就可以将桥梁上部结构转体就位。有关参考资料表明,钢筋混凝土涂抹黄油作为接触面的实测最大静摩擦系数为0.12左右,实测滑动摩擦系数为0.06左右。且随磨心平均应力的增大而有减小的趋势。转体时两条滑道上两组千斤顶同时顶推。转体完成后,上下磨盘间填筑混凝土,主墩拱座横梁下滑动墩与承台间填筑混凝土,形成铰。本桥转体时笔者在现场,关注着滑道上千斤顶油压表数据的变化。数据表明,转动时大多数情况下,仅两点受力,中间滑道脱空。因此笔者认为:在设计偏心转体时,以取静定图式为宜。即两点转动,一点为磨心,另一点支承于滑道上滑动。

6 中承、下承式梁拱组合体系桥梁不对称偏心转体施工的设计构思

上承式梁拱组合式桥梁不对称偏心转体施工方法的成功实施,使笔者想到,不对称偏心转体施工方法可以推广到中承、下承式梁拱组合体系桥梁。在中承、下承式梁拱组合体系桥梁不对称偏心转体施工中,转盘、滑道设计施工与上承式梁拱组

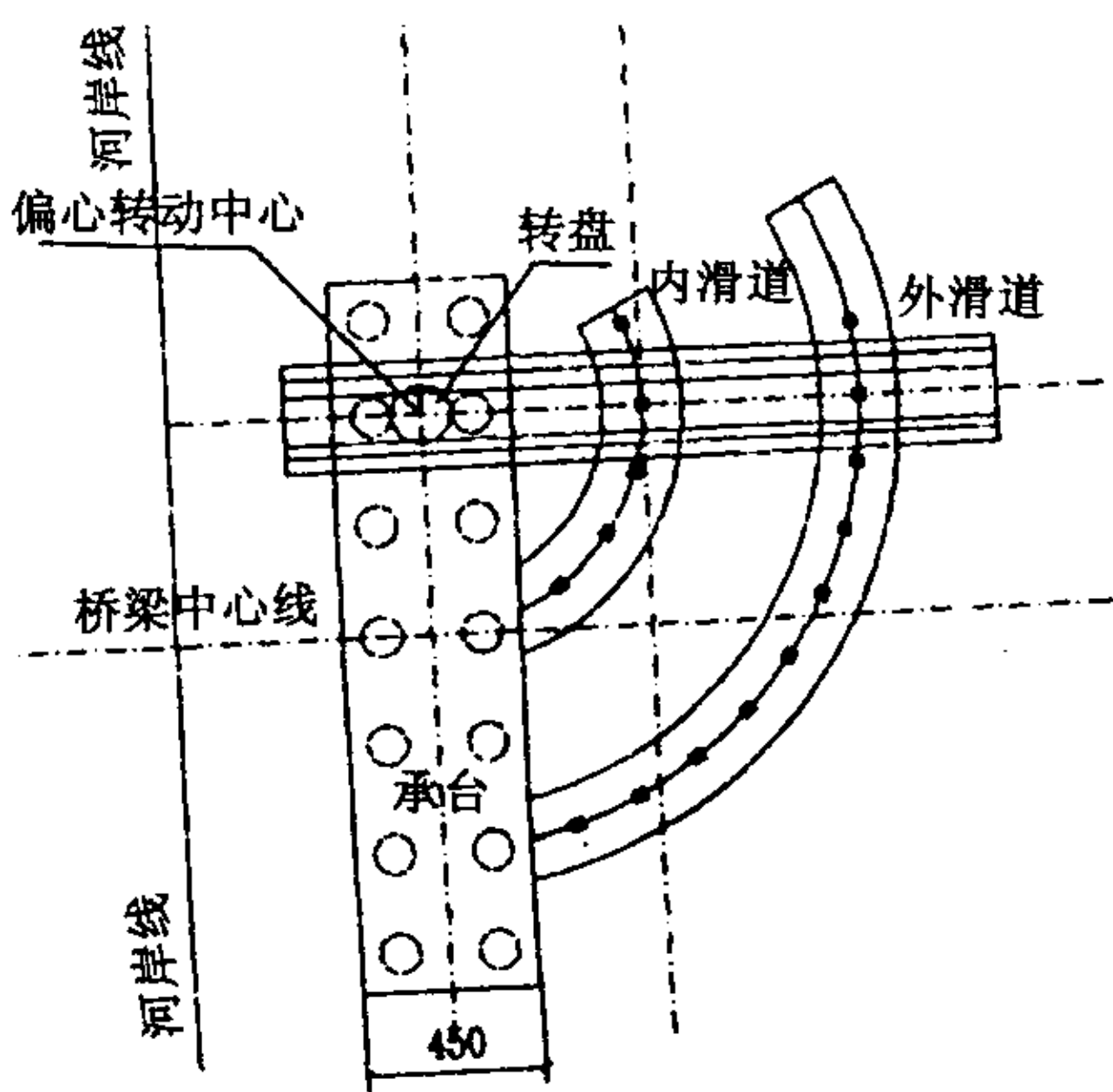


图4 承台转盘滑道平面图

合式桥梁相同。

6.1 下承式梁拱组合式桥梁如系杆拱

(1) 转动中心设在一侧纵梁端横梁下,承台上方。另一侧增设一条滑道,两点转动。为满足转体施工时刚度要求及安置上磨盘,承台上要加设一横梁,与墩柱形成框,内增设斜撑,行成封闭框架。

(2) 因系杆拱是外部静定结构,支点处一般安放盆式支座。位置在端横梁下,但转动中心在承台上,一般都有一定高差。为满足转动时的固结要求,沿河岸施工时,可在盆式支座外增设竖向钢筋,用硫磺砂浆浇死,转体完成后熔开硫磺砂浆,割断竖向钢筋恢复系杆拱外部静定结构图式。

(3) 为转体时重量平衡:纵梁,拱肋,横梁,吊

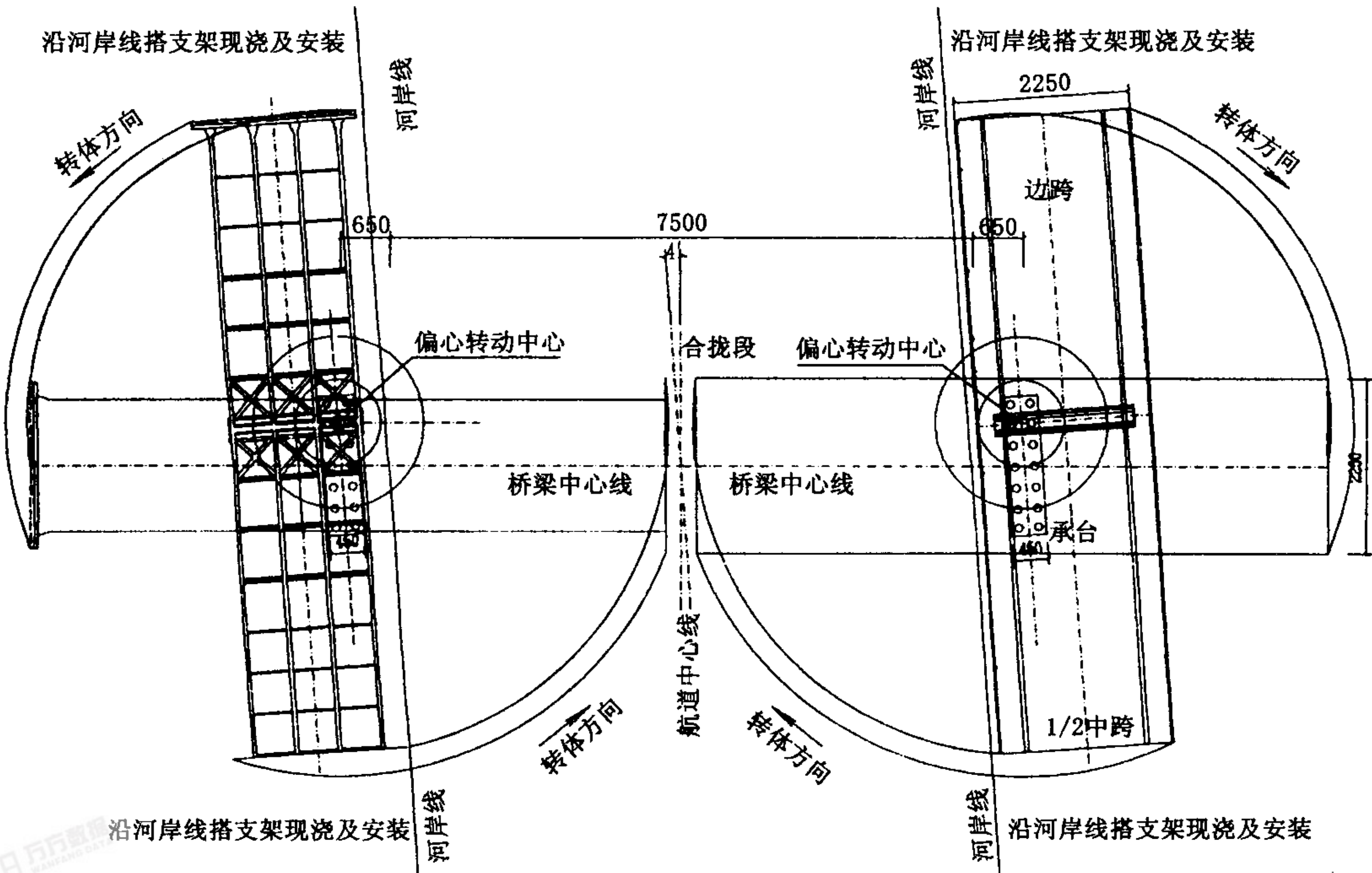


图3 平面转体示意图

杆形成空间框架后先不浇桥面系,另一侧用引桥,配以平衡压重。张拉把杆两侧临时索,待纵梁及平衡重引桥脱离支架后即可进行转体。详见图 5。

(4) 上部结构转体时受力状态和运营时不同,采用施工临时索来解决。

(5) 为解决拱肋,纵梁两岸施工,合拢联接困难,系杆拱可设钢结构联接段。沿河岸施工时先张拉部份纵梁预应力索,锚于钢合拢联接段上,满足转体需要。合拢时钢结构联接段用螺栓快速联接。钢结构联接段在合拢后承担施工荷载,拱形成后承担水平拉力,纵梁通长索在联接段内设置钢铰线联接器,浇筑混凝土后双向张拉。

(6) 转体完成后,利用竖向预埋盘筋,封死转体与承台。

6.2 中承式梁拱组合式桥梁偏心转体

(1) 转动中心设在一侧拱座上,另一侧增设一条滑道,两点转动。上磨盘设在拱座下。

(2) 为转体时重量平衡,采用临时索及平衡配重。张拉把杆两侧临时索,待纵梁及平衡重脱离

支架后即可进行转体。详见图 6。

(3) 上部结构转体时受力状态和运营时不同,采用施工临时索来解决。

(4) 合拢段联接采用钢结构联接段。同系杆拱。

(5) 转体完成后,上下磨盘间填筑混凝土,主墩拱座横梁下滑动墩与承台间填筑混凝土,形成铰。

7 结论

预应力混凝土梁拱组合式桥梁使传统的拱桥施工工艺和先进的预应力技术得以结合,使拱与梁在受力方面的优点充分发挥,转体施工方法避免了水中施工和封航带来的困难,在经济指标和综合效益上具有竞争力。不对称偏心转体施工方法的成功实施,拓宽了转体施工方法的应用范围,在合适的场地情况下,优美的外形和良好的经济指标将使这种桥型更具有竞争力。

(收稿日期:2000-11-10)

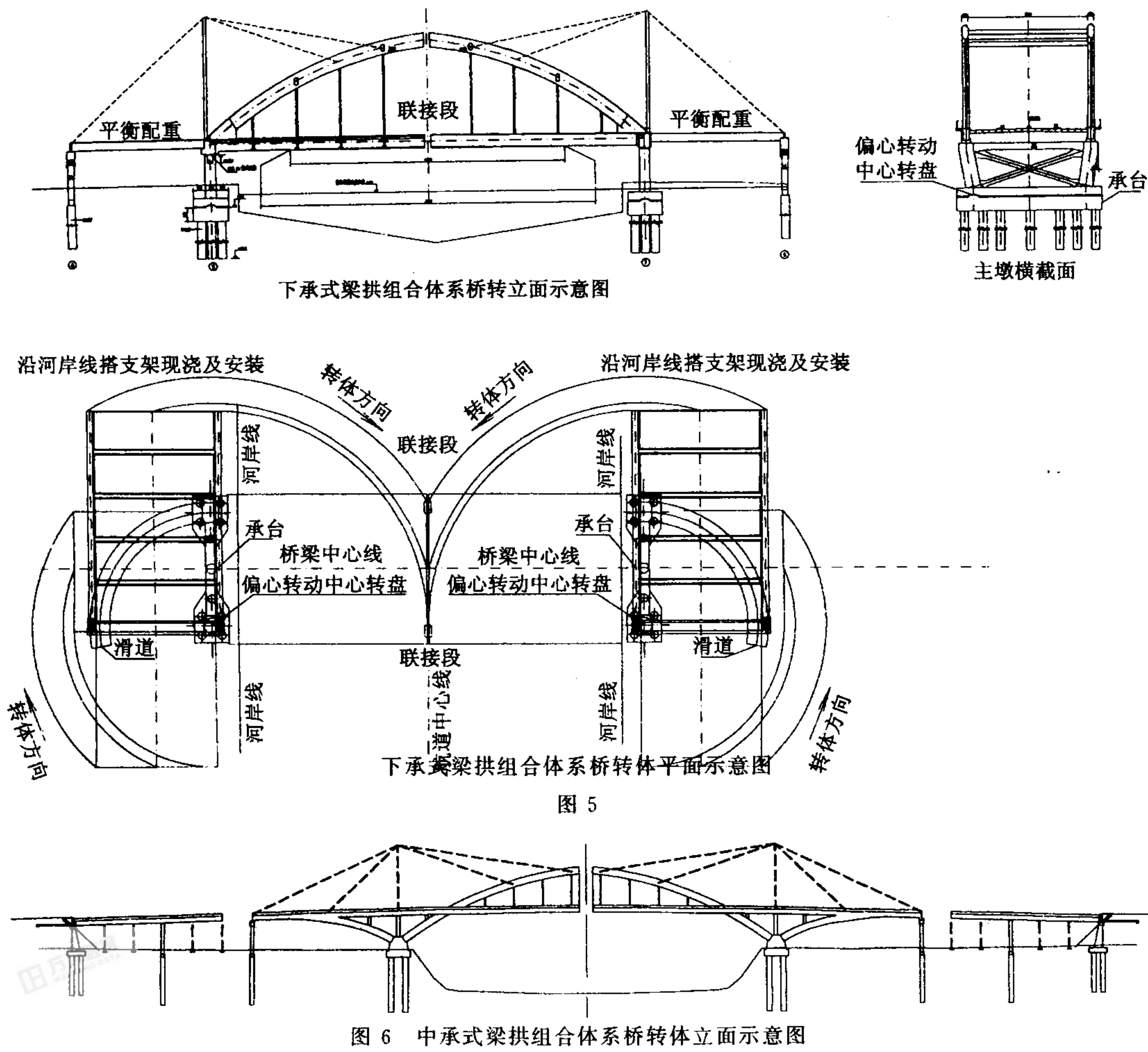


图 6 中承式梁拱组合体系桥转体立面示意图