

连续刚构桥合拢段施工和技术要点

摘要: 连续刚构桥是目前使用广泛的连续体系梁式桥,该桥型常采用悬臂浇筑法施工。合拢段的施工是悬臂浇筑技术中非常重要的工序。文中结合夹江大桥工程实例,对悬臂施工中合拢段的施工和技术注意事项进行了阐述。

关键词:夹江大桥 连续刚构桥 合拢段施工

0 引言

连续刚构桥是一种介于连续梁桥和 T 型刚构桥之间的桥型,这种桥型的桥梁又称为墩梁固结的连续梁桥。目前连续刚构桥大多用于大跨度的薄壁高墩上,即把高墩看作一种摆动支承体系,从而降低墩的内力。由于其具备超越连续梁桥跨径的能力,是近年来使用较多的梁式桥。

悬臂施工法是一种常用的桥梁施工方法,目前大跨径预应力混凝土连续刚构桥的施工大多采用悬臂施工法。概括地讲,其操作方法是:首先由墩顶开始向两边采用平衡悬臂施工法逐节段施工结构的上部梁体,形成一个 T 字形的双悬臂结构,接着合拢边跨,最后合拢中跨,形成最终体系。悬臂施工法可以分为悬臂浇筑和悬臂拼装两种工法,其中尤以悬臂浇筑具有更广泛的适用性。

合拢段的施工是悬臂浇筑技术非常重要的工序之一。它不仅是梁体体系转换的必由之路,而且因为其混凝土从浇筑到张拉预应力筋,实现真正“合拢”期间,昼夜温差的影响、

新浇混凝土的早期收缩、徐变等因素,都要在结构中产生变形、引起内力,所以必须采取合理的措施,确保合拢段混凝土不致因自身的长度的变化造成开裂和压碎,使桥梁顺利合拢。鉴于目前文献合拢段的施工,都是针对连续梁

而言的,连续刚构有其自身的特点。本文结合录安洲夹江大桥施工实例,论述悬臂施工中合拢段的施工方案和技术注意事项。

1 工程概况

录安洲夹江大桥主桥为(45+95+100+95+45)m 五跨预应力连续刚构,单箱双室变高度预应力混凝土箱梁,桥面宽 18m,箱宽 11m,跨中及边跨端部梁高 2.5m,13、14 号墩(主墩)根部梁高 6 米,12、15 号(次主墩)墩顶根部梁高 5 米。桥梁桥跨体系采用悬臂浇筑法施工,悬浇段每节长度为 3.0m~4.0m,中跨合拢段长 2.0m,主桥箱梁采用 C50 混凝土,预应力采用三向预应力体系。0 号块和 1 号块采用贝雷支架现浇施工,全桥共设 8 个三角形轻型挂篮对称悬臂浇筑施工。中跨合拢段利用挂蓝主梁作为导梁,其下悬吊底模浇筑。边跨现浇段采用在 11 号悬浇块端与边墩之间搭设型钢支架进行现浇施工(见图 1)。主桥合拢顺序为先合拢边跨现浇段,再合拢中跨,从而形成一个连续刚构体系。

图 1 连续刚构桥悬臂浇筑和合拢段施工示意图

2 施工方案

2.1 边跨现浇段施工

边跨现浇合拢段施工采用钢管脚手架搭设支架进行现浇。施工前支架基础应做严格的压实处理,首先对 11 号(16 号)墩与 11 号悬浇块之间的河堤进行严

格压实或换填处理，然后上铺垫木，搭设 90×90×120cm 钢管脚手架支架至设计高度。现浇段模板采用 $\delta=20\text{mm}$ 高强度竹质胶合板。浇筑前对支架进行 100%重量预压，消除塑性变形，预留弹性变形，确保合拢后线形符合设计要求。

2.2 中跨合拢段施工

边跨合拢后，即可进行中跨合拢段的施工。因中跨两梁段上的挂篮已非常接近，此时可利用挂篮进行中跨合拢段的施工。

具体施工方法是：合拢前先调整中线位置和高程，合拢口临时锁定，张拉合拢临时钢束，并按设计要求在两端悬臂用水箱法预加压重，在混凝土浇筑过程中逐步撤除。临时锁定设置由四根钢接杆组成的临时劲性支撑，分别位于箱梁顶底板靠近腹板处，钢接杆按图纸预先拼焊好后，在箱梁两端对应预埋件上就位焊接，此后张拉上顶板临时束和下底板对应钢束，形成顶部抗拉的近似刚性接头。利用挂篮底模做中跨合拢段底模，侧模用挂篮钢侧模。取出挂篮内模，改用方木骨架外贴胶合板做合拢段内模，绑扎合拢段钢筋及对接预应力管道，同时在合拢块混凝土浇筑前将预应力钢筋预先穿入。

3 合拢段施工注意事项

3.1 环境温度

合拢段在灌注混凝土前一周，对桥梁高程、轴线、桥长进行联测并观测这一周时间的气温数据，找出气温变化规律，确定一天中最低温度时间，恒温时间，升温时间，以便在低温及温度变化幅度小的时间内灌注混凝土。合拢段混凝土浇筑应在监理人员、设计院规定的气温较低且温差变化较小的时间

内完成，混凝土浇筑完成后气温开始上升。

3.2 配重

为使合拢段混凝土浇筑过程中结构体系处于稳定状态，待刚性支撑支承锁定后预先在悬臂端施加配重，使合拢两端高差控制在规范允许范围内，每端配重相当于合拢段混凝土的重量的一半。浇筑混凝土时，每级卸下相应配重的重量移至 0 号段后再卸至桥下。

3.3 混凝土

合拢段混凝土的配合比试验应该专项设计。混凝土灌注完毕,终凝后覆盖养生，达张拉强度后进行底板钢束张拉，拆除临时刚性接头，完成全桥合拢。本桥合拢段使用水灰比小的混凝土，为减少混凝土的收缩变形掺加了混凝土膨胀剂，在保证混凝土设计强度的前提下，要求早强。施工时加强施工管理，加强振捣，混凝土浇筑完应及时加强养护，防止发生裂纹。

4 线型控制调整

桥梁悬浇施工中线形控制非常重要，只有预拱度设置合理才能保证一个跨径内将要合拢的悬臂两端在同一水平线上，也才能使桥梁上部结构在经历施工、运营状态反复发生向上或向下形式挠度后,保证结构运营一段时间后达到设计所期望的标高线形。

线型控制即在悬浇施工阶段，根据箱梁结构 计算 和挂篮试压结果提供梁体各截面的最终挠度变化值（即竖向变形），设置施工预拱度，据此调整每块模板安装时的前端标高，以抵消梁段施工所产生的一系列挠度，施工完毕到达设计的位置。

4.1 布设控制点

为了保证主桥悬浇节段施工中线、高程的准确，确保全桥线形的平顺，0号块施工时在0号块顶面中心预埋钢板作为水平、中线控制点，并与两岸既有中线、高程点进行联测闭合。控制点要求稳定可靠并全桥皆由此控制点控制以保证控制的一贯性，减少测量误差。

4.2 墩身变形监测

主墩施工期间在墩身上预埋观测点，在主桥箱梁悬浇施工期间要加强墩柱的观测工作，委派专人利用高精度观测仪器定期对主墩最不利断面进行应力监测，同时观测主墩墩顶的位移变化，严密注意墩身的变形，防止桥面两悬浇节段施工荷载不均匀而造成事故。

4.3 承台沉降观测

承台浇筑时在四角埋设4个钢筋作观测点，悬浇施工中定期对四个点进行观测，比较前后差值即为承台沉降值。

4.4 箱梁轴线控制

利用0号块中心控制点和边墩上控制点对各悬浇节段的中线进行控制，每个悬浇节段完成后复核前面几个节段中心点的位移，复核无误后再放出待浇节段的中线，严密监测各节段中线变化情况。

4.5 箱梁高程控制

利用0号块中心处水准点控制悬浇节段混凝土、模板高程，混凝土浇筑前在每节段端部中线和翼板边缘设置高程控制钢筋桩，钢筋下部支撑于底模上，顶部露出混凝土面10cm，作为混凝土浇筑时对箱梁顶面高程的控制，并在混凝土浇筑后、张拉后对高程进行复核以验证设计预拱度的设置。

4.6 箱梁预拱度的设置

悬浇施工时梁体线形 影响 到合拢的精度，**应对每个节段设置预拱度**。 计算预拱度应考虑以下因素：挂篮的变形、箱梁的自重、预应力的大小、施工荷载、结构体系转换、混凝土收缩与徐变、日照与温度变化。

箱梁悬浇各节段立模标高公式：

$$H_i = H_0 + f_i - f_y + f_g + f_z$$

H_i ——待浇箱梁节段底板前 endpoint 处挂篮底板模板标高（张拉后）。

H_0 ——该点设计标高。

f_i ——本施工段及以后浇筑的各段对该点挠度影响值。

f_y ——本施工段顶板纵向预应力束张拉后对该点影响值。

f_g ——挂篮变形对该施工段的影响值，挂篮设计和加载试压后得到。

f_z ——由徐变、收缩、温度、结构体系转换、二期荷载、活载等影响产生的挠度计算值。

按计算出的模板标高立模后，分别测出混凝土灌注前后及张拉后的实际标高（挠度），若有不符，可适当调整下一梁段立模标高，直至满意为止。

5 结束语

夹江大桥在该施工方案的指导下全桥顺利合拢并完成体系转变，最终桥梁线形平顺，结构合理，受力良好。夹江大桥悬臂浇筑法的施工工艺为今后特大型预应力混凝土梁式桥的悬臂浇筑法施工提供了借鉴和 参考 。

Y'•è ^| R g,,——•P~í~ÄT _/ h•he e¼å]å lÕ

长联大跨度的刚构——连续组合梁桥采用“弯梁”形式布置(曲线梁)，使其不但具有刚构——连续组合梁桥的优点，而且充分体现曲线梁在桥梁的设计和选线上具有的更大的选择空间和灵活性，能更好地适应道路线型，这无疑是大跨度连续梁设计与施工需要研究解决的新课题。宣化至大同高速公路党家沟大桥的成功建造，为这一新课题研究开创了先例，并获得成果。

党家沟大桥 1998 年 4 月由铁道部第十一工程局四处中标承建，1999 年 7 月 30 日全部合拢，1999 年 10 月 30 日竣工交验。经交通部公路检测中心对大桥的动、静载试验表明，各项技术指标达到《大跨度混凝土桥梁试验方法》要求，满足设计标准要求，其结论为“大桥结构设计合理、施工工艺可靠、工程质量好”。经铁科院 2000 年 3 月 6 日查询(查询号 TA00059)，该桥的长联大跨度刚构 - 连续组合弯梁施工技术，在国内为领先水平，该施工技术在京张高速公路祁家庄大桥上推广运用使之更加成熟。该技术获得 1999 年中铁第十一工程局科技进步特等奖、中国铁道建筑总公司科技进步一等奖、2001 年中国铁道建筑总公司优秀工法一等奖、2001 年湖北省科技进步三等奖。被铁道部列为科研项目，认定号为 990027(铁道部科教综<1999>26 号文)，成果已通过部级鉴定(技鉴字[2000]第 029 号)。经过对两个大桥的施工实践，将科技成果总结整理形成本工法。

N 0]å lÕry p¹

1 解决了长联大跨度的刚构——连续组合“弯梁”悬臂灌注施工线型控制与体系转换的技术难点。

2 高墩墩顶 0#段采用预埋构件安装悬臂三角形托架施工新技术，与其他形式 0#段托架比较具有操作简易、重量轻、受力简单可靠、节约钢材等优点。

3 1#—1’ #段采用无托架施工新技术，节约了大量的器材和安装费用，加快了工程进展。

4 研制运用了适应于大跨度预应力混凝土弯梁悬灌施工的新型挂篮。

5 研究解决了 0#段大体积高标号混凝土的防裂措施。

Nœ • u(f Vô

本工法适用于铁路、公路长联大跨预应力混凝土刚构——连续组合箱型变截面弯梁桥的悬臂灌筑法施工，适用于一级公路半径~>200m 以上弯梁。

N 0 e¼å]å ,z

(N)]å ,z mÅ (<æ%oXp1)

3 挂篮试验。三角形挂篮由工厂制造，为方便悬灌施工，挂篮加工完成后，选择场地，进行试拼，并作**超载试验**，检验挂篮受力状况，测取挂篮自身的弹性变形和非弹性变形值，供悬灌梁段立模时参考。

$$N)e^{1/2}\dot{a}\sim\dot{\epsilon}Wc\delta R6$$

大跨度弯梁悬臂浇筑施工中，线型控制极为重要。而影响线型的因素较多，主要有挂篮的变形、箱梁段自重、预施应力大小、施工荷载、结构体系转换、混凝土收缩与徐变、日照和温度变化等。线型控制将影响到合拢精度及成功与否，故必须对线型进行精确的计算和严格控制，在实际操作中，采用**计算机程序化控制**。

1 施工高程控制要点。

(1)为了保证箱梁理论轴线高程施工精度，及时准确地控制和调整施工中发生的偏差值，高程控制以Ⅱ等水准高程控制测量标准为控制网，箱梁悬浇以Ⅲ等水准高程精度控制联测，选用高精度水准仪，其偶然误差不大于 1mm / km。

(2)线型监测的方法是在梁顶面的同一方向截面上预埋 3 个测点，为便于分析计算，其中 1 个测点应较为准确地埋设于梁的中线上，另外 2 个测点应对称于中测点设于两边，按照一定的时间间隔和每种工况交界时刻对每一截面上 3 个测点进行监测。通过对监测数据的整理分析后便得知在每一种工况下梁体随着时间推移的变形规律和变形量大小，据此推算下一步施工梁段应该预留的变形量，同时与设计值进行对照，若发现异常现象应及时分析处理，否则便定出一个合理的预留变形值进行**施工放样**。

2 平曲线控制要点。与梁段的标高值一样，“**弯梁**”梁段的中心线位置也同样受到各种因素的影响而发生变化。在实际操作中采取如下几种措施：

(1)布设大桥Ⅱ等精度三角网，要求测角中误差为± 1.0 秒，桥轴线相对中误差≤1 / 13000，基线相对中误差≤1 / 250000，三角形闭合差为±3.5 秒。

(2)建立正确的计算模型，计算出每个梁段中心线的起点、终点平面坐标值，输入微机待用。根据模拟线形计算结果，进行设计参数的调整，使各参数尽量接近实际，并严格监控，以保证全桥 T 构弯梁的线形理想。

(3)弯梁平面线形控制，关键在于控制挂篮及模板的平面位置，由于温度和施工荷载的不确定性而导致绝对平面位置的不稳定，T 构弯梁分段灌注的平面线形用绝对平面位置和相对平面位置进行控制，在实际运用中采取**施工测量**(相对平面位置)与控制测量(绝对平面位置)相结合的方法，控制平面曲线位置。

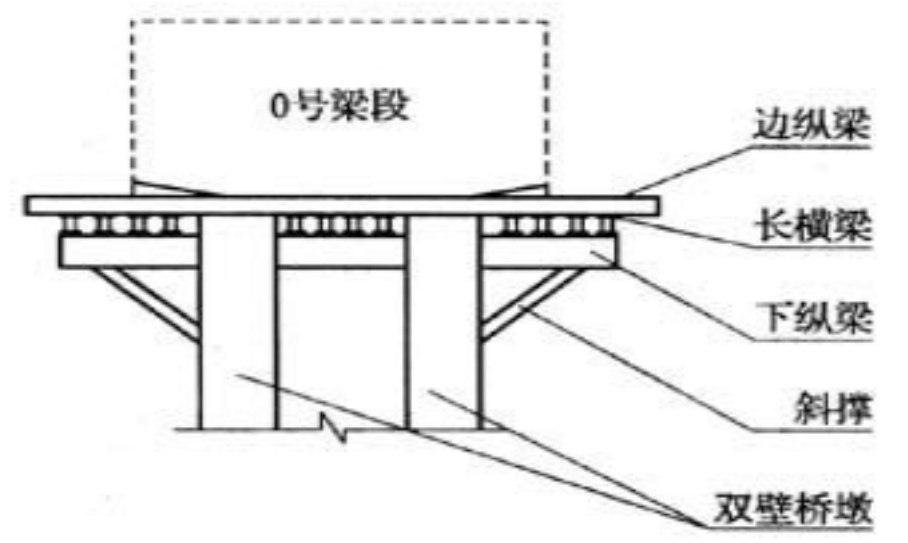
施工测量就是预先在施工完的梁段埋设中心基点，运用偏角法测量定出下一梁段的中心位置。由于中心基点和所要测设的下个中心点受各种因素的影响均处于不稳定的状态中，所以要用大桥三角测量控制网进行梁段中心线的**控制测量复核**(绝对平面位置)，当复核误差大于 5mm 时应及时分析原因，及时调整。

(4)对已施工完成的各梁段的中心线也要按规定每天测量一次，以掌握其线型的总体变化，输入微机指导下步梁段的曲线定测量工作。在挂篮的行进、安装过程中的平面线形控制实际上是控制每节段前后的平面偏移量，每节段灌注完毕，张拉完预应力后，平面线形控制以控制该段绝对平面位置为主。

$$N\hat{U}0^{\#}k\mu e^{1/2}\dot{a}\%o\hat{p}^1S\hat{E}-2^{\wedge}\hat{A}c^a\ e^{1/2}$$

1 0[#]梁段施工要点。

(1)以混凝土的强度和弹性模量作为控制指标，试验选出合适的梁体混凝土配合比。
(2)在墩身上**预埋钢构件**、安装三角形托架，并进行预压，然后铺设 0[#]梁段底模。详见三角形托架示意图(图 3)。



Vp3 ũ•kμN %oQbbXg¶

(3)将预制而成的 0[#]梁段钢筋骨架整体吊装就位后，交错安装 0[#]梁段的外模、内模、纵向预应力束制孔管道、横向及竖向预应力筋与制孔管、顶板钢筋及有关预埋件。

(4)搭设混凝土作业平台，在腹板和顶板上预留天窗，布置混凝土用的漏斗和串筒，从底板开始前后左右对称整体分层一次性灌注 0[#]梁段混凝土。

(5)混凝土灌注结束后，加强对梁段尤其是箱体内侧与外侧的洒水养护。当混凝土强度达到设计强度的 90%时，穿束、张拉纵向预应力束。张拉顺序为先腹板、后顶板，先上后下，**左右对称**。纵向预应力束张拉结束后，分别张拉横向和竖向预应力筋。预应力张拉全部结束后，按纵向、竖向、横向的顺序压浆。

2 0[#]梁段大体积高标号混凝土施工的防裂技术措施。由于 0[#]梁段结构复杂，体积大，如何控制混凝土变形作用产生的裂缝，是 0[#]段混凝土需要解决的一个关键问题。根据实践经验，控制 0[#]段高标号混凝土裂缝应着重抓好以下几点：

(1)**消除托架的非弹性变形**。托架安装完成后，要进行**加载试验**。按照 0[#]段施工时产生的竖向等效荷载的 1.1~1.3 倍进行预压，消除地基和托架结构的非弹性变形，检验托架的安全度。这样可以避免因地基和托架变形而使箱梁混凝土开裂。加载时可以用水箱注水或用砂袋堆码。

(2)**过人洞防裂**。多数 0 段施工的端隔墙出现过明显裂纹，在设计允许的前提下，在过人洞横隔墙上设预应力束，在过人洞的两侧各 1m 范围内加设钢筋网，可以基本消除端隔墙上的裂纹。

(3)**构造钢筋的控制**。在全预应力箱梁纵向构造钢筋设计中，没有考虑拉力的作用，常用直径 10~12mm 光面钢筋作为构造钢筋。由于箱梁的体积大、结构复杂，在预应力施加前，小直径光面钢筋难以克服混凝土的温度应力而使混凝土出现裂纹。在实际操作中，在设计允许的前提下，将光面钢筋改为**螺纹钢筋**，可以有效克服内应力产生的裂纹。

(4)在高温天气灌注 0[#]段混凝土时，为克服混凝土的温度应力，避免产生裂纹，可以采取以下措施：①在不改变混凝土强度的前提下，降低水灰比，采用高效减水剂减少水的用

量，降低水化热。②用冷水喷洒碎石降温。③在波纹管内灌注循环水散热。④加强草袋覆盖、凉水养护。

(5)低温天气施工防裂。在低温天气进行 0#段混凝土施工时，为减少混凝土的温度应力，避免产生裂纹，要严格按照混凝土冬季施工规范办理，加强温度监控，确保混凝土内外温差不大于 20° C，并推迟拆模时间。

(6)有利于整体变形的一次性混凝土灌筑工艺。0#块分成二次或三次灌筑成型，其优点是施工方便、托架一次受力小，但对混凝土的裂纹控制不利。例如先灌筑底板、再灌筑腹板的二次成型工艺(如图 4)易产生腹板竖向裂纹。

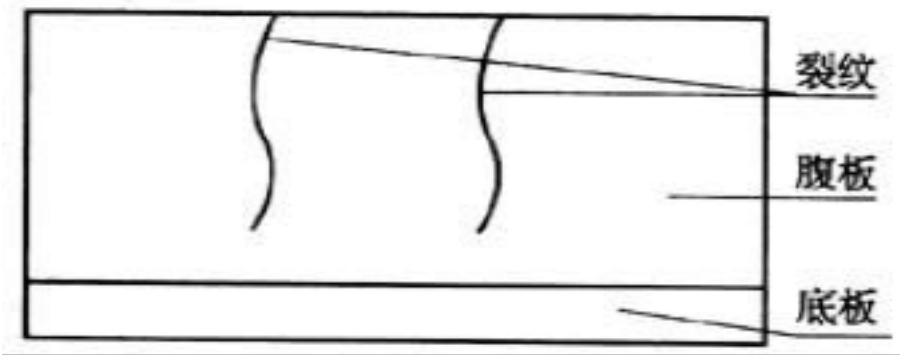


图4 二次成型混凝土灌筑工艺示意图

其原因是：底板混凝土灌筑达到一定强度后，变形量相对很小。腹板混凝土在底板上灌筑时形成上端自由、下端受约束的变形状态，从而产生腹板竖向裂纹。解决问题的办法是：0#段混凝土一次灌筑成型，而且从拌和、运输、入模、灌筑全过程快速完成，使 0#段混凝土形成整体，从而使 0#段混凝土在变形上整体化，避免产生竖向裂纹。

图5 箱梁 0#段长度不足挂篮安装所需作业空间时的施工示意图

当箱梁 0#段的长度不能满足挂篮安装所需要的作业空间时，则先进行 1#—1' #梁段的施工。为节约托架的制作安装费用，加快进度，本工法采用三角形挂篮的主构件联体和模板安装成 1#—1' #梁段联体挂篮的吊架施工结构，如图 5 所示。在吊架上完成 1#—1' #梁段的施工作业程序。

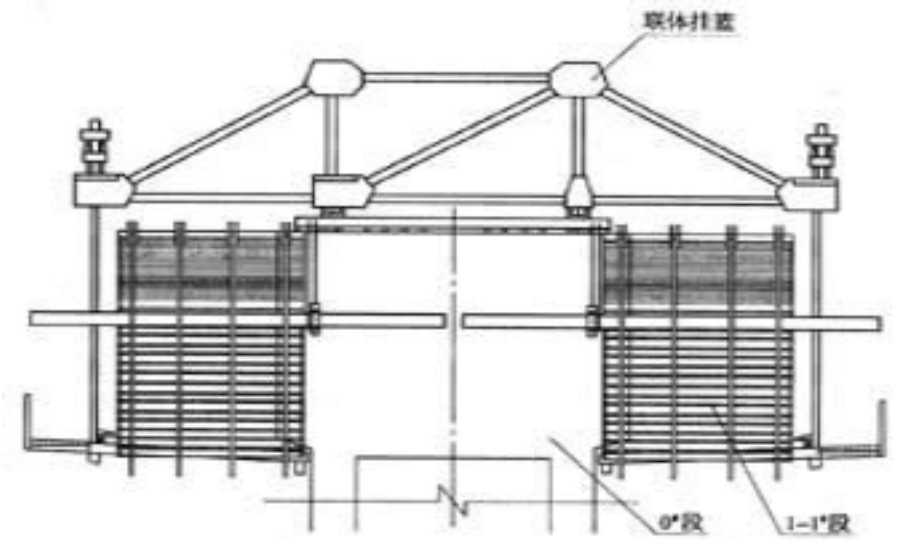


图5 箱梁 0#段长度不足挂篮安装所需作业空间时的施工示意图

1. 安装挂篮。在 1#(1' #)梁段完成后，联体挂篮必须解体，要求挂篮对称地移至灌筑 2#(2' #) —N#(N' #)梁段的位置，然后安装 2 “—2 “模板。

- 1 安装挂篮。在 1#(1' #)梁段完成后，联体挂篮必须解体，要求挂篮对称地移至灌筑 2#(2' #) —N#(N' #)梁段的位置，然后安装 2 “—2 “模板。
2. 2*(2 “) —N*(N*)梁段悬臂灌筑。

(1)挂篮检查合格后，将预制好的 2[#]—2[#] 梁段的底板、腹板钢筋骨架依次吊入挂篮内，一边与 1[#]—1[#] 梁段预留钢筋相连，一边安装底板、腹板中的纵向与竖向预应力制孔管道。顶板钢筋及横向预应力筋管道，待梁段内模架从 1[#]—1[#] 梁段箱体内拖移出并装上模板后，进行现场绑扎安装。

(2)同时对称浇筑 2[#]—2[#] 梁段混凝土。安排专人清孔，混凝土达到一定强度后拆除梁段端部模板，将端部混凝土凿毛，调直预留连接钢筋。

(3)当 2[#]与 2[#] 梁段混凝土强度均达到设计强度的 90%时，穿束两个梁段同时同步双向张拉纵向预应力束。

(4)为避开挂篮轨道的影响，2[#]、2[#] 梁段的竖向和横向预应力筋的张拉与压浆安排在 3[#]、3[#] 段的梁段施工结束、挂篮移到 4[#]、4[#] 梁段位置后进行，以此类推。

3. 现浇边跨直线段。边跨直线段在膺架上立模浇筑，边跨等截面直线段箱梁施工可因地制宜用贝雷支架、万能杆件支架、军用梁、军用墩支架等多种形式的支架，不论哪种支架均需做静载试压，以检查支架的承载能力，测试纵梁的变形值。最大加载按施工荷载的 1.3 倍计。

支架施工时应注意：为适应直线段箱梁体温度纵向变形及混凝土的收缩变形，施工中除支架顶部应有一定的位移装置外，箱梁的底板与支架间也应留有微量的水平位移装置。

(N)T bāN Oŝû •l cb

- 1. 合拢段的施工步骤按照设计给定的顺序进行。
- 2. 合拢段的锁定措施。为了保持结构按设计要求合拢，避免在合拢过程中产生不利

因素，用临时劲性型钢锁定将合拢段两侧连成整体，目的是在合拢段混凝土施工过程中可以传递内力，并保持合拢段两侧梁体的连续性。

3. 合拢段的施工要点。

(1)合拢段的混凝土应选用早强、高强、微膨胀的混凝土，这样可以加速提高混凝土的强度，及早实施预应力，完成合拢段的施工。

(2)合拢段混凝土浇筑的时间应选在一天中最低温度时施工，使混凝土早期结硬过程中处于升温的受压状态，减少温度变化对合拢段混凝土影响。

(3)支承梁体的施工支架(指直线段)，应具有较大的竖向刚度，同时在纵向要有利于梁体的变形，以减少对合拢段的约束力。

(4)加强对合拢段混凝土的养护，使之保持潮湿状态，减少日照引起的温度变化影响。

VŨ g: Qw¾Y (%ŏŦ 1)

ˆh 1 SUN*T g,,e¹¼ă N;%og: Qw¾Y

序 号	名 称	规 格	单 位	数 量
1	挂篮	三角形	套	2
2	墩机	50t	台	1

序 号	名 称	规 格	单 位	数 量
3	弹性模量测定仪		台	1
4	全站仪	GTS700	台	1
5	经纬仪	德国 O10		1
6	水平仪	WILD NA2	台	1
7	千分表		块	10
8	电阻应变仪	YJ-5	台	1
9	千层温度计	202	支	2
10	电焊机	BX3-500-2	台	4
11	插入式震捣器	ZN-50	台	10
12	附着式震捣器	BL-11	台	20
13	卷扬机	JK5	台	2
14	塔式起重机	QTZ315.3t	台	1
15	起重机	YQ35, YQ20	台	各 1 台
16	倒链	2t, 3t, 5t, 10t	个	6
17	搅拌机	HBT60	台	2
18	千斤顶	YCW-100, 100t	台	6
19	千斤顶	YCW-250, 250t	台	3
20	千斤顶	YCW-350, 350t		4
21	千斤顶	YC-60, 60t		4
22	油泵	ZBQ ×2/49	台	9
23	灰浆泵	UB3	台	1
24	灰浆搅拌机	JW180	台	1
25	水泵	HJ35 ×3	台	3
26	穿束机	YCS3.6S	台	2

注：共用机具不列入表内

№0 R³RˆR>~Ä~Ç %oÄ 2ÿ

表 2 R³RˆR>~Ä~Ç

序号	作业组	主要工作内容	人 数		
			技术人员	技工	普工
1	技术组	技术指导及线型监控、施工测量	4	4	2
2	试验组	施工中的各项试验检测、质量控制	5	7	2
3	挂篮组	挂篮试拼、安装、移位、拆除及维修	1	8	14
4	钢筋组	钢筋加工与绑扎、制作与安装预应力筋及管道	1	8	20
5	模板组	拼装梁段、边跨直线段及合拢段模板安装与拆除	2	12	10
6	混凝土组	梁体混凝土拌制、运输、灌注、捣固与养护	1	6	30
7	张拉组	张拉与压浆	1	12	4

注：按单个 T 构施工作业计划

Qrñ •(‘İ h QÆÊc§Rθ%p¹

- 1 质量标准：执行现行的公路、铁路施工技术规范和质量验收评定标准。
- 2 质量控制要点。

(1选定梁体混凝土的配合比时，除混凝土的强度必须达到设计强度外，其弹性模量及容重还应分别满足桥梁设计规范第 5.2.2 条和设计图纸的要求。

(2钢筋、模板、水泥、粗细骨料、预应力筋、张拉千斤顶、油泵、压力表、锚具等原材料和机具设备的验收、试验与检验均按现行规范及有关规定进行。

(3为确保挂篮轨道位置的准确性，竖向预应力筋安装时，横向与纵向偏差不得大于 3mm；挂篮拼装、前移就位后，其中线应与桥梁中线重合偏差不得大于 5mm。

№0 [%Qhᵃ e½

悬灌梁施工系高空作业，除遵守“桥梁施工安全技术规则”的有关规定外，还应注意以下几点：

- 1 位于同——T 构上的 2 只挂篮的移位必须同步对称进行，位移差不得大于 40cm；移动时，挂篮后部应设置保险倒链，移动速度不超过 10cm / min。
- 2各悬灌梁段的底板与腹板钢筋分块吊装、灌注混凝土以及拆除挂篮必须均衡作业，确保 T 构两侧的不平衡重不大于 5000kg。
- 3 每套挂篮应配备消防器材，以防止电焊作业等原因可能引燃防雨遮晒篷布、安全网等易燃物而出现的火灾。

4 悬灌施工过程中，必须安排专人经常检查挂篮锚固螺杆、前后吊带杆等关键受力杆件的使用情况，加强起重用千斤顶、倒链、钢丝绳等机具设备的维修养护，发现问题，及时处理。

Qk0 eHvÊR g•

1 本工法的开发运用，填补了国内大跨度钢筋混凝土**预应力刚构** - 连续组合变截面箱型弯梁施工技术的空白，值得推广应用，社会效益良好。

2墩顶 0#梁段采用悬臂式三角形托架比常用的万能杆件托架或贝雷桁架托架等节约材料，而且安装简便受力可靠，降低了工程成本。

3 1#—1’ #梁段采用联体挂篮无托架施工，节约了大量的材料费用，加快了工程进展，降低了成本。

4 采用“悬灌弯梁线型控制程序”，节省了大量的手工繁锁计算时间，确保了现场控制测量的精度，提高了工作效益。

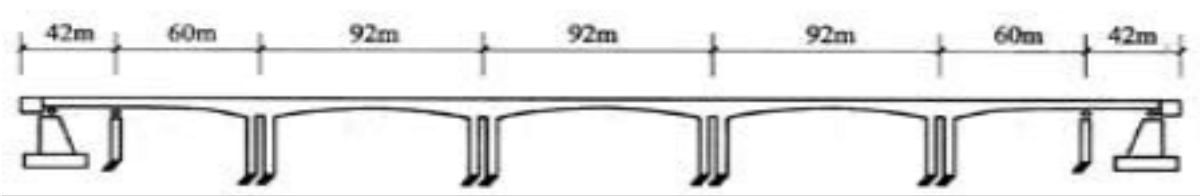
5 由于本工法在党家沟大桥的成功应用取得了如下效益：

- (1**刚构** - 连续组合弯梁桥建造技术被评为 1999 年中铁第十一局科技进步特等奖，2000 年中国铁道建筑总公司科技进步一等奖，成果通过铁道部鉴定。
- (2在河北省质检站和省高速公路管理局组织的三次质量大检查中，党家沟大桥名列三次第一名，并在大桥工地召开现场会，被树为河北省样板工程，被誉为“河北第一桥”。
- (3)1999年党家沟大桥评为局优工程，2000 年评为中国铁道建筑总公司优质工程。
- (4由于党家沟大桥的施工业绩和良好形象，使得铁十一局四处又在京张公路中标承

建同类型的桥梁工程——祁家庄大桥。

N]0]ã z [ž O<

实例一：宣化至大同高速公路党家沟大桥，全长 480m。大桥桥跨设计为 (42+60+3×92+60+42)米**一联七孔预应力混凝土刚构——连续组合弯梁**(见图 6)，曲线半径为 2500m。桥墩最高为 50m，桥梁单幅宽 11.75m，双幅宽 24.5m。桥梁采用变截面箱梁，单箱单室，三向预应力，梁部混凝土为 C45。1 和 6 墩采用 QZ15000kN 多向 (DX) 球型支座，两桥台采用滑板橡胶支座，中间 2#、3#、4#、5#主桥墩与箱梁刚性连结(刚构)。下部为 41.8 钻孔桩基础。肋板式桥台，矩形墩柱。



Vp6 he•è^ •ny: a Vp

该桥于 1998 年 4 月 28 日正式开工，1999 年 7 月 1 日中跨合拢，1999 年 10 月 30 日交工验收。中标造价为 4750 万元，竣工决算为 5000 万元。

该桥施工工期紧迫，当地 11 月至次年 3 月均为寒冷季节(最低气温 - 32℃)不能进行冬季高中混凝土施工作业，实际施工工期仅为 11 个月。由于工期紧，8 个主墩投入了 8 对(16 只)挂篮同步作业。

挂篮设计为三角形，主要技术性能为：适用最大梁段重 100t；适用最大节段长为 3.8m；适用梁高为 2.0~6.5m；适用梁宽为(底 / 顶)6 / 11.75m；挂篮自重 41t；走行方式为

无平衡重走行；工作、走行状态倾覆稳定系数大于 3；最大整体变形：弹性变形为 13mm、非弹性变形为 3mm。该桥施工合拢精度为±15mm，工程质量验收合格率 100%，优良率 98%。

实例二：京张高速公路祁家庄大桥，全长 572m，桥跨设计为(42+60+4×92+60+42)m。桥梁单幅宽度为 15.75m，全宽为 32.5m。1[#]、7[#]墩为 QZ15000kN 多向(DX)球型支座，2[#]、3[#]、4[#]、5[#]、6[#]主墩与箱梁刚性固结(刚构)，桥台采用滑块橡胶支座。其他结构设计情况与党家沟大桥相同。

该桥于 1999 年 4 月份开工，2000 年 7 月份中跨合拢。工程中标造价为 9900 万元。

该桥采用党家沟大桥使用过的三角形挂篮，由于桥宽与原来有所增大，挂篮进行了必要的技术改造，使用情况良好。大桥的质量、进度、安全均得到甲方的好评，工程验交评定为优质工程。