

[摘要]结合京津城际轨道交通后张法预应力箱梁施工,根据实际工程工期紧、任务重、标准高的特点,采用全自动整体内模进行施工。实践证明,全自动整体内模立拆模快捷方便、安全可靠,经济实用,可大大降低劳动强度并保证工期。

[关键词]桥梁工程;模板;箱梁;设计;施工

京津城际轨道交通工程是环渤海京津冀地区城际轨道交通网的重要组成部分,是沟通北京、天津两大直辖市的便捷通道,该铁路由北京南站东端引出,沿京津塘高速公路通道至杨村,后沿京山线至天津站,全长115.4km。依据设计文件,桥梁工程上部结构双线筒支箱梁在预制厂集中预制、架桥机架设施工。该线天津境内4号梁厂719孔双线筒支箱梁的预制生产任务,总工期11个月,每天需完成3孔箱梁生产,工期紧、任务重、标准高。

为了优质、快速、安全、高效地完成既定的施工生产任务,为使预制施工作业规范化、流水化,并达到工厂化的作业标准,在进行施工准备时,箱梁内模设计采用全自动液压整体内模。通过预制实践,自行设计的全自动整体内模具有结构简单、立拆模快捷方便、安全可靠、经济适用等特点。

下面以单箱单室后张法预应力混凝土双线32m箱梁为例介绍内模的设计与施工。

## 1 概述

1)结构尺寸 采用图号为通桥(2005)2322-II,截面类型为单箱单室等高度筒支箱梁,梁端顶板、底板及腹板局部向内侧加厚。桥面宽度:防撞墙内侧净宽9.4m,桥上人行道栏杆内侧净宽13.2m,桥梁宽13.4m,桥梁总宽13.8m。梁长32.6m,设计跨度31.5m,梁高3.05m,横桥向支座中心距4.5m。箱梁跨中23.6m范围内为等截面,内腔高度为2.47m,腹板厚度为0.45m;在距端部4.5m内腔尺寸逐渐缩小形成锁扣,经过3m渐变,内腔高度为1.74m,腹板厚度为1.05m。

2)箱梁的设计最高运行速度为350km/h。正常使用条件下梁体结构设计使用寿命为100年。

## 2 内模系统设计

为了提高工效,缩短箱梁预制循环周期,本着立拆模方便、自动化程度高、安全可靠、经济适用的要求,设计采用全自动液压整体内模。该内模系统在工厂分节加工,施工现场拼装成整体内模系统,施工时内模不解体,达到整体推进和整体退出的功能。该内模分为内模支撑-走行部分、模板部分、液压部分、丝杆支撑部分等4部分组成。内模系统的工作状态及收缩状态具体构造如图1所示。

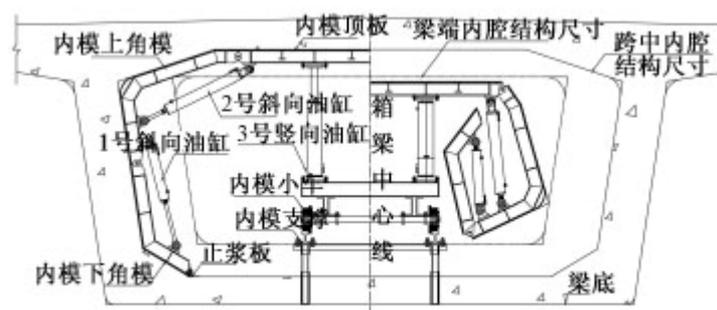


图1 跨中内模系统示意

### 2.1 内模支撑-走行部分

支撑部分在立模时和混凝土灌注过程中承担通过内模小车轮对传递的所有荷载;支撑部分采用 $\Phi 70\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的无缝钢管作支撑腿,无缝钢管上端插入平面钢架短钢管内,下端与底模固定,固定无缝钢管的装置为厚度10mm、大小比钢管内径小2mm的圆形钢板,该圆形钢板塞焊在底模上,作为支撑腿的限位装

置;支撑支架上固定轨距为 1.4m 的 P43 钢轨作为内模系统的行走轨道。内模支撑架的间距为 4m。内模支撑架具体结构如图 2 所示。

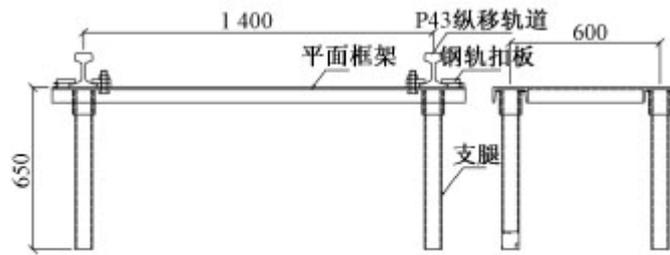


图 2 内模支撑架示意

走行部分通过内模小车实现内模系统的走行功能;内模行走轮为直径 250mm 铸钢轮,共 9 组轮对;行走轮对通过“U”形螺栓固定在由[20 和[10 加工的支架上,组成内模支架小车;内模小车沿纵移轨道用卷扬机拖拉内模系统,实现整体内模的就位。内模小车通过法兰盘与 3 号竖向油缸栓接,3 号油缸上端通过法兰盘与顶板模板栓接,使内模形成整体。

## 2.2 模板部分

模板分为顶板、上阴角模、下阴角模和止浆板。面板为 6mm 厚钢板,纵肋采用 I14,横肋为 I10,框板采用[14,止浆板采用 L100×8,通过计算,模板的设计满足施工时所需的强度、刚度和稳定性。模板分节段加工,然后在施工现场拼装成整体模板。模板在跨中部分的分节加工长度为 4m,变截面为 3m,端部为 1.5m,模板的分节长度考虑了利于汽车运输。所有顶板模板、上角模模板、下角模模板的纵向连接采用 M20 螺栓,顶板模板、上角模模板、下角模模板之间采用 Φ30mm 的销子销接。为了便于立拆模,内模系统的端部 4.5m 范围内下角模采用人工拼装式,上角模通过 Φ30mm 的销子与顶板耳座销接。止浆板用 M20 螺栓与下角模销接。

## 2.3 液压系统部分

1)液压系统按 CY265-2001、CY266-2005 标准执行。内模液压系统由 18 支 3 号竖向油缸、14 支 1 号斜向油缸、14 支 2 号斜向油缸共 46 支油缸和一个液压泵站等构成,油缸沿内模长方向布置间距均为 4m。液压系统的两侧下角模油缸系统、两侧上角模油缸系统分别控制,竖向升降油缸单独控制。

2)油缸的工作压力设计为 20MPa,额定流量为 22L/min,工作介质为 L-HM46 抗磨液压油;油缸主密封采用进口派克密封。电器系统采取 PLC 控制。

3)通过计算,3 号竖向油缸的顶升力为 300kN,1 号斜向油缸的顶升力为 125kN,2 号斜向油缸的顶升力为 100kN;每个油缸根据顶升和回缩的尺寸采用固定行程,当达到设计行程后,油泵不再顶升。

4)系统每支油缸均配备了一套组合集成双向调速阀组,使 18 支 3 号竖向油缸和每侧 7 支 1 号、2 号斜向油缸工作时分别达到同步,并且不受负载变化的影响,满足整体式内模的同步顶升与回缩。

5)每个组合集成调速阀组配备有液压锁,保证油缸锁定,具有自动保压功能,自动保压系统可以根据需要,自动补压,保持模板不发生任何下降与变形,确保模板工作时安全。在设计油缸结构时油缸不采取机械二次锁定。

6)液压系统的工作原理(见图 3)。



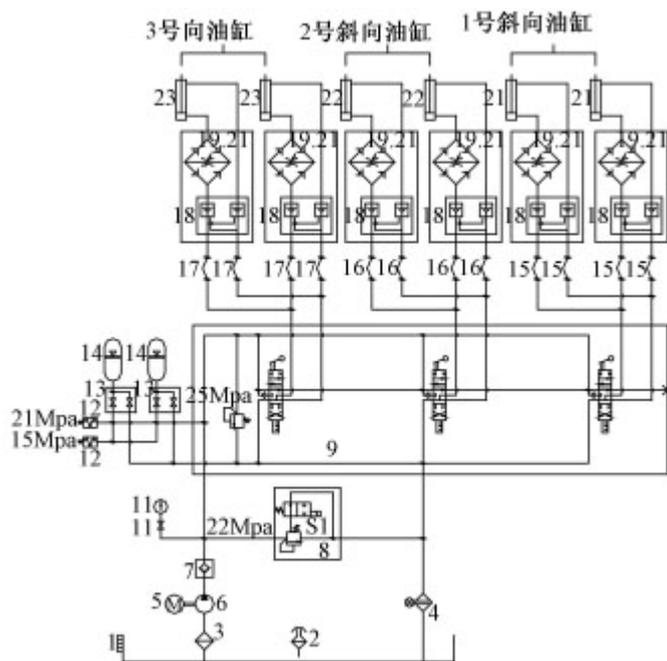


图 3 液压系统的工作原理示意

#### 2.4 丝杆部分

主要功能将通过模板传来的一部分荷载通过丝杆分配给内模小车及内模支撑系统,避免模板局部变形。丝杆采用  $\Phi 108\text{mm} \times 6\text{mm}$  钢管和  $\Phi 40\text{mm}$  圆钢加工,正反丝扣,丝杆与模板和内模小车支架均采用销接。

#### 3 内模系统组拼

组拼前,平整组拼场地,组拼场地利用箱梁内模的生产台座外内模停放场地,在内模停放场地安装内模支撑架和铺设纵移轨道,并确保纵移轨道的中心线与生产台座中心线吻合。

内模系统的组拼顺序为:在轨道上摆放 9 组行走轮对,在轮对上将纵向连接好的内模小车按设计位置用龙门吊安放,然后用“U”形螺栓固定轮对轴和内模小车,检查轮对与轨道的间隙,确保间隙大小在设计允许偏差 3mm 内;安装 18 支 3 号竖向油缸,并使油缸与内模小车上的法兰盘固定,铺设纵向油管 and 安装液压泵站,进行液压调试,达到 18 支竖向同步;安装顶板模板,将顶板连成整体,并与 3 号竖向油缸通过法兰盘连接,开动液压泵站,进行调试,确保 18 支竖向油缸同步;安装上角模模板,并将上角模模板连成整体;安装 2 号斜向油缸并进行调试,使每侧的 7 支油缸分别达到同步;安装下角模模板,并将下角模模板连成整体安装 1 号斜向油缸并进行调试,使每侧的 7 支油缸分别达到同步;最后对整个内模进行调试,完成内模的组拼。

#### 4 内模系统特点

1)本内模系统采用液压系统进行立拆模作业,改变了传统的人工拼装拆卸方式。液压系统多油缸同步、保压和补压技术,技术难度大,但操作简单。内模模板连成一个整体,用一台液压泵站控制内模模板的同步打开和收回;采用保压和补压技术来保证孔箱梁在浇注时内模模板处于打开状态,内模板在混凝土浇注和固化期间,数十小时不变形。本内模系统能大大的缩短模板周转周期,提高孔箱梁的生产效率,适用于大规模箱梁的制造。目前已在铁路客运专线箱梁制梁和移动模架内模领域得到普遍采用。

2)内模采用卷扬机为牵引动力,配置 JMW3 型卷扬机,采用直径 16mm 钢芯钢丝绳通过定滑轮进行移动,使内模实现整体推进和整体拖出。

3)立拆模速度快、整体性好、作业空间大。采用本内模系统,整体刚度大,内模在推进和退出过程不会发生变形。内模系统就位支立后空间大,便于进行箱梁底板的施工。立、拆模的速度快,通过与同类型箱梁内模比较,节约立、拆模约时间 2/3。

4)整体性能好,可保证梁体外形尺寸,方便检查,方便施工。



5)结构简单,经济实用 采用自动液压整体拆装模板,提高了预制箱梁的机械化程度,提高了工作效率,加快了生产进度,大大降低了产品成本,产生了较好的经济效益。由于结构相对简单,方便加工与运输;重量轻,较国内外同类模板费用大大降低。

6)全自动液压整体拆装模板采用流水化作业,方便施工人员操作,改善劳动条件,降低劳动强度,提高劳动效率。程序化流水作业,施工过程中易于质量控制。

#### 5 内模系统立拆模施工

1)立模 当箱梁钢筋笼在生产台座就位并检查合格后,在箱梁底模上按设计间距 4m 安装内模支架并铺设纵移轨道;将处于收缩状态内模拖入生产台座,准确定位内模沿梁长方向的尺寸后,开启 3 号竖向油缸系统的控制系统,使顶板处于设计标高,再开启 2 号油缸系统的控制系统,使上角模处于设计位置,最后开启 1 号油缸系统的控制系统,使下角模处于设计位置;全面检查内模结构尺寸,当结构尺寸在允许偏差范围内后,安装支撑丝杆、端部人工拼装下角模部分和防内模上浮装置,最后全面检查尺寸,完成立模。

2)拆模 当梁体混凝土强度满足拆模要求后,首先人工拆除端部下角模和内模所有丝杆,然后分别按开启 1 号、2 号、3 号竖向油缸控制系统,使内模系统按下角模、上角模和顶板顺序收缩,最后解除内模系统防上浮装置,推出内模,完成拆模。

#### 6 结语

1)京津城际轨道交通箱梁预制工程 4 号制梁场 719 孔箱梁预制及石太客运专线 Z7 标 5 台移动模架现浇施工均采用全自动液压整体内模,结果表明,该内模系统安全可靠,大大缩小了循环时间,正常情况 8 人 2h 能完成内模系统的立模或拆模作业工序,速度快、操作简单方便、生产出的产品质量稳定,实践证明该内模切实可行。

2)该内模技术在郑西、武广、福厦等客运专线上得到推广应用。

3)本内模系统适用于高等级公路、铁路大跨度先张、后张法预应力混凝土箱梁的预制施工,在客运专线 32、24、20m 双线箱梁预制施工中,更能体现其优越性。

