

# 大型混凝土箱梁全自动液压式内模的设计

赵近谊, 刘舜尧

(中南大学 机电工程学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 简要介绍了32 m箱梁全自动液压式内模的结构及工作原理, 指出了模板板块连接及刚度存在的问题, 结合液压传动的特点, 分析内模运动的同步性及液压能力并提出改进意见, 使内模经久耐用且立模与脱模迅速、可靠。

**关键词:** 箱梁; 内模; 刚度; 同步性

**中图分类号:** U448.21\*3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)05-0036-03

## Inside Mould Design of Full-Automatic Liquid Pressing for Large Concrete Box Beam

Zhao Jinyi, Liu Shunyao

(School of Mechanical Electronic Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** After brief introduction of the structure and work principle of full-automatic liquid pressing inside mould of a 32 m box beam, the problem of template plate conjunction and its rigid are pointed out. An improvement idea is put forward after analyzing the synchronization of inside mould movement and liquid pressing ability with the characteristics of liquid dynamic, which leads to durable mould as well as quick and reliable signing and taking off mould.

**Key words:** box beam; inside mould; rigid; synchronization

在高速铁路桥梁建设中, 箱梁是重要的梁型, 具有抗扭刚度好、抗冲击能力强、良好的稳定性和安全性、静活载挠度小、噪音低等特点。箱梁的箱室结构是四面封闭的, 其预制的难点在于其内模设计, 国内多家工厂已经设计和制造了成套的全自动液压式内模设备, 并应用到了工程实践中。但在工作中仍会碰到一些问题, 如模板由于刚度不够而变形、内模运动的同步性差等问题, 因此, 本文就这些问题做些探讨。

## 1 箱梁内模的发展

根据目前工程使用情况, 箱梁内模大致可分为如下3类:

1) 机械拼装模板。该模板是完全由人工进行拆、立模的框架拼装式。其优点是设计与制造较为方便, 成本较低。但同时存在许多缺点, 如费工费时, 质量要求难于保证, 拆模板时, 由于箱形梁内空间的限制,

人工拆除模板比较困难, 而且由于端隔墙内腔较小, 内模搬运也较困难。

2) 半自动液压模板<sup>[1]</sup>。这种模板设计中有一液压小车帮助拆模与立模。其优点是设计、制造较容易, 模板的搬运可借助小车进行。其缺点为拆模时依靠小车在梁内逐节拆运, 内模有多少节, 小车就需要往返多少次。且通过小车运出梁体的模板, 还需由人工将其重新用螺栓拼接起来。存在着安装、拆除较费工, 而且预制梁的质量要求难以得到保证。

3) 全自动液压式内模。此模板的自动化程度高, 装拆工作量小, 可减小劳动强度, 提高制梁速度, 模板利用率高, 预制梁的质量容易得到保证, 是现在的大型混凝土箱梁预制中的首选模板。

## 2 全自动液压式内模的结构<sup>[2,3]</sup>

由于箱梁设计的内腔形状特定, 限制了内模板外

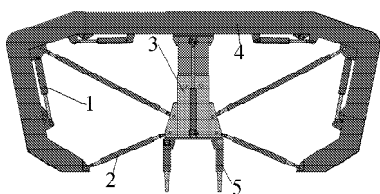
收稿日期: 2007-07-31

作者简介: 赵近谊(1964-), 女, 湖南邵东人, 湖南工业大学副教授, 中南大学硕士生, 主要从事机械设计方面的教学与研究。

形的机构动作发挥。因此, 全自动液压式内模其模板的收放方法等均大同小异, 现以某工厂 32 m 箱梁全自动液压式内模为例, 简要介绍其结构与工作原理。

整体内模系统: 由内模板、机械支撑系统、龙骨梁、滑移支撑及移位装置、液压控制系统等组成, 如图 1 所示。

内模板: 其钢板厚 8 mm, 由内模直线段、变截面段和端段各 2 节段组成。



1—液压控制系统; 2—机械支撑; 3—龙骨梁; 4—内模板; 5—滑移支撑

图 1 整体内模系统

Fig. 1 Whole inside mould system

直线段模板和变截面段模板在横截面上都对称分为顶模 1 块、上侧模 2 块、下侧模 2 块。端段模板在横截面上对称地分成 1 块顶模、2 块侧模。模板均采用大块拼装式, 且节段模板间采用螺栓联接。顶模与上侧模间、上侧模与下侧模间均采用铰销联接, 由油缸伸缩带动模板绕销轴转动。操纵液压系统驱动内模板按下侧模、上侧模、顶模的顺序, 依次到达工作位置, 或按其逆顺序依次缩回到脱模、出模状态, 以便于通过混凝土梁的端隔墙。

液压控制系统: 液压控制系统为一个独立的系统, 安装在车架上, 由电动机、油泵、油缸、控制阀、油箱等元件组成。每节有 12 只油缸, 分为 3 组, 每组 4 只, 其中侧模提升油缸完成侧模的提升与折叠, 水平油缸完成模板的水平收缩与张开, 垂直油缸完成模板的升降动作, 液压油缸的动作由手动操纵阀集中控制。设计时考虑用分流集流阀控制油缸的同步, 后因结构和订货等原因, 改为节流控制。液压内模在工地试验中 4 个水平油缸由于伸缩臂的调整很困难, 因此变更设计将 4 只水平油缸采用分别控制。

这种模板的特点是浇注混凝土时主架支撑在梁体内模板下。通过液压系统自动完成脱模、立模功能; 通过移位系统使液压整体内模完成爬出(或分段爬出)已浇注好的混凝土箱梁内腔功能或爬进箱梁的钢筋笼内腔功能, 工作完成后整体内模系统用牵引卷扬机沿轨道纵移至另一制梁台位, 以备后用。这样也简化了预制施工程序, 减轻了劳动作业强度, 有效减少了制梁台座的占用时间, 提高了制梁台座的利用率。

### 3 存在的问题与防范措施

#### 3.1 模板板块连接及刚度

在实际使用中, 此内模的模板板块连接及刚度方面遇到了一些问题: 如因考虑到漏浆的问题, 此内模系统把模板拼接得不留一点缝隙, 结果给脱模造成很大的困难, 费时费力而且模板也易损坏。这是因为立

模以后, 内模在梁体内部形成拱形, 浇注混凝土时三维受压, 浇注后内模会相互挤紧。

同类设计中以下 2 点值得考虑: 1) 模板的拼装缝可采用企口结构, 以防止漏浆, 顶模与上侧模的拼装缝采用斜坡导向, 以便于模板从不大的偏移位置上能自动回交到正确位置上。但应使模板按正确的顺序张开与收缩。2) 国外的比较成熟的经验可作为参考, 国外的这种全自动液压式整套模板一般也分为 6 节, 但节与节间的钢板没有紧接在一起, 而是留有 5~10 mm 的缝隙。每一节又分为几个活动部分, 在每个部分之间也留有缝隙, 浇注混凝土前用胶条将缝隙封住, 这样内模在浇注混凝土时就不会因些许变形(有时是难免的)而相互挤紧, 拆模时也比较容易<sup>[1]</sup>。

全自动液压式内模是一种比较复杂的空间结构, 主要受力状态为: 在混凝土浇注过程中, 在振动力作用下, 混凝土接近液体状态, 从而对整体式内模产生压力。在计算时可采用有限单元法对内模各个阶段的受力情况、变形情况进行计算机模拟分析<sup>[4]</sup>。笔者用流行的分析软件 ANSYS 进行了分析, 结果显示: 当钢板厚度为 10 mm 时, 模板的变形最大, 达 0.75 mm, 很好地满足了工程对模板刚度的要求, 如图 2 所示。

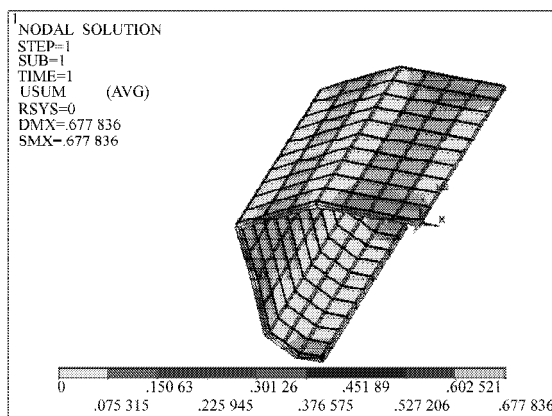


图 2 内模变形图

Fig. 2 Inside mould transform diagram

因此, 内模板的厚度应该在现有基础上加厚, 至少应为 10 mm。桁架型钢可布置得更密一些, 加大刚度。这样, 内模板在浇注混凝土时才不致产生过大变形, 内模板才能经久耐用, 也能保证箱梁内部的尺寸。

由于内模采用大块模板, 而内箱空间小, 故拆模困难, 导致内模变形, 故不宜追求整体性, 应做部分分解, 以方便脱模, 部分加强以确保内模刚度。

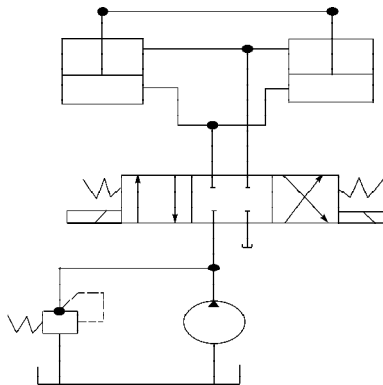
#### 3.2 油缸的同步及液压能力

在液压内模整体扩收过程中, 油缸不同步会造成模板扭曲变形、无法修复而报废, 故油缸同步是保证整体液压内模正常使用的关键。

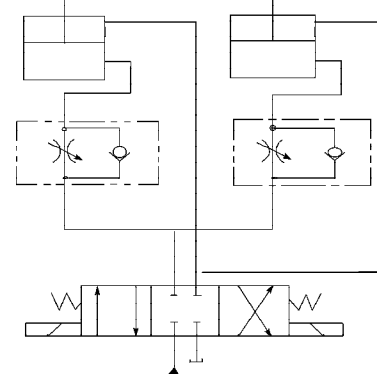
内模液压传动控制系统中, 若立、脱模动作终点同步可满足预制梁的尺寸精度; 过程同步可使钢模变

形减少,因此,同步动作是关键。它能可靠地保证油缸伸缩终点及同步过程中的同步精度,是此液压系统同步回路设计中的主要问题。同步回路包括机械连接同步回路、节流阀同步回路、分流集流阀同步回路等,如图3所示<sup>[5]</sup>。

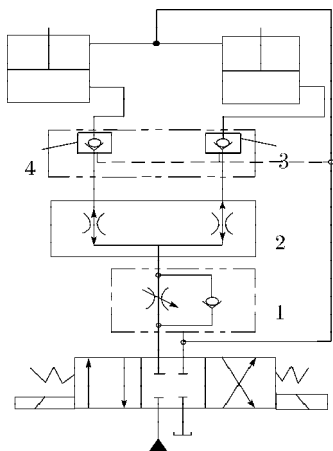
a) 回路是利用刚性梁将两个液压缸的活塞杆固接在一起实现同步的,当换向阀处于左位时,液压油分别进入两缸的下腔,使得联结在一起的两缸活塞连同



a) 机械连接同步回路



b) 节流阀同步回路



c) 分流集流阀同步回路

1-单向节流阀; 2-分流集流阀;  
3, 4-液控单向阀

图3 同步回路

Fig. 3 Synchronous back track

活塞杆同时上升,上腔的油再通过换向阀流回油箱。这种同步精度依赖于机械装置的制造、安装误差,不易得到很高的精度。

b) 回路是节流阀单向同步回路,两个液压缸油路并联,分别调节两个节流阀流量使之近似相同,则两个工作面积相同的液压缸做同步运动。当换向阀处于右位时,液压油分别进入两缸的上腔,而下腔的回油则必须通过节流阀才能流回油箱,通过调节节流阀的流量,使之近似相同,从而使两液压缸在回程时近似同步。这种回路同步精度较低,只能保证速度同步。

c) 回路是分流集流阀同步回路,分流集流阀可自动补偿两液压缸因负载变化对同步速度的影响。当换向阀处于左位时,压力油经单向节流阀1、分流集流阀2和液控单向阀3、4进入两液压缸下腔,

使两缸活塞同时上升。当换向阀处于右位时,压力油进入两液压缸的上腔,同时液控单向阀3、4开启,两液压缸下腔回油经液控单向阀3、4和分流集流阀2、单向节流阀1流回油箱,两缸下行同步。此回路在行程末端,分流集流阀两节流孔窜通可消除累积误差,在偏载下仍能保持同步,同步精度高。所以设计时宜采用固定和可调式分流集流阀,保证内模立、脱模同步动作。

浇注混凝土时,油缸对模板起着主要的支撑作用,若油缸的顶力不足,模板容易变形,所以油缸的顶力应足够大,数量应足够多。据了解,<sup>[1]</sup>国外的这种内模板分为6节,每节至少有18个油缸,每个油缸的顶力至少应有30~50 kN。而我们现在用的液压内模也是6节,每节上只有12个油缸,分布在两个断面上,每个油缸的顶力不到20 kN。由于支撑间的距离较大,经多次使用后,模板就容易产生凹向变形,且拆模困难。

内模在浇注混凝土过程中,油缸承受较大载荷。而液压系统管可能会出现微量渗漏油,油缸活塞内腔(高低腔之间)也可能有内泄漏。为保证模板在上述工作过程中不移位,必须使油缸不回缩。为此,设计液压系统时,两种油缸均可设置双向液控单向阀(液压锁),保证油缸工作时无外泄也无内泄,锁死油缸活塞杆,防止油缸的回缩,保证预制梁的外形尺寸,从而使液压系统具有较高的工作可靠性。

## 4 结论

大型混凝土箱梁全自动液压式内模的研究包含诸多技术难题,内模体系的成功与否直接影响成梁的质量和速度。本文就模板连接及刚度,内模运动的同步性及液压能力等,进行了一些探讨及设计思路应考虑的措施,希望对同类型的内模生产有所帮助。

## 参考文献:

- [1] 付国敏.关于双线单箱梁内模板设计改进的探讨[J].铁道建筑,2001(6):30-31.
- [2] 杨吉祥,钱纪民,韦天化.秦沈客运专线双线整孔箱梁预制液压内模设计[J].工程科技,2002(2):127-130.
- [3] 王树伟,邹杰.秦沈客运专线双线整孔箱梁预制工艺[J].工程科技,2002(2):107-110.
- [4] 陈永华,王贵东,王雄.客运专线全液压箱梁模板介绍[J].铁道标准设计,2007(7):85-87.
- [5] 李壮云,葛宜远.液压元件与系统[M].北京:机械工业出版社,2000.