

挂篮施工技术综述

石家庄铁道学院 王慧东 中铁十九局一处 邵玉锋

摘 要 系统介绍目前国内外悬灌施工所用的挂篮类型和特点,分析其优缺点,提出改进的建议。

关键词 悬臂浇筑法 挂篮

悬臂浇筑法施工从60年代由前西德首先使用以来,发展至今,已成为修建大中跨径桥梁的一种有效施工手段。

挂篮作为悬臂灌筑施工的主要设备已有多种类型,有些国家如日本、法国等已有定型的系列化产品。我国从80年代开始使用这种技术以来,也已取得了巨大的成就。因此,总结并比较各种类型挂篮的优劣,对今后的应用及其发展有着重要的意义。

义。

1 几种主要类型挂篮的构造和特点

理想的挂篮应具有结构简便、重量轻、安装、拆卸及使用方便、可靠、施工快速、浇筑施工中变形量小的特点。目前,挂篮的型式很多,构造上亦有差异,其分类见表1。

表1 挂篮分类及特点

项 目	类 型	特 点
按挂篮使用材料分	由万能杆件、军用梁、贝雷梁等制式杆件组拼	一次性投资少,自重大,体积大
	由型钢加工	一次性投资大,结构布置合理,自重小
按受力原理分	垂直吊杆	吊杆吊住模板,将荷载传到主桁架上,操作简单
	斜拉式	混凝土荷载通过底模传力到斜拉带,然后传到主梁上,主桁受的弯矩小,操作较垂直吊杆式复杂
	刚性模板	模板具有足够的强度和刚度,除了承受混凝土的压力外,还能在顺桥向承力,因此可用预应力束直接拉住模板,对模板要求很高,操作复杂
按抗倾覆方式分	全压重式	挂篮的稳定全靠主桁尾部的压重
	全锚固式	挂篮的稳定全靠主桁尾部的锚固
	半压半锚式	压重是为了补充锚固对挂篮稳定性的不足

国内对上述几种挂篮除刚性模板挂篮外均有使用的报道,对挂篮所用材料数量常用一个系数即挂篮利用系数来表示:

$$\text{挂篮利用系数} = \frac{\text{浇筑最大梁段混凝土重量}}{\text{挂篮自重}}$$

1.1 制式杆件拼装的桁架式挂篮

国内早期挂篮一般使用的是由制式杆件(万能杆件、军用梁等)组拼的桁架式挂篮,见图1。由于其自重大,包括压重可达3 000 kN(如武汉江汉大桥挂篮重2 870 kN),所以其走行系统常用火车轮对台车。又因为桁高的约束,各杆件的应力水平较高,随之而来的就是前吊点下挠大,复杂的空间结构引起的非弹性变形大,使用时需要进行预压以便消除非弹性变形,增加了施工的难度,延误了宝贵的工期。并且,此时的挂篮大多使用平衡重,所以这些挂篮利用系数一般较小,表2为几座桥梁所用的这种挂篮的利用系数。

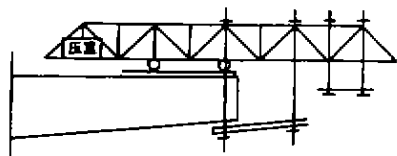


图1 制式桁架拼组的挂篮

表2 几座桥梁挂篮的利用系数

桥 名	最大梁段长/重	挂篮利用系数
广西柳州大桥	3 m/920 kN	0.87
武汉江汉大桥	4 m/1 320 kN	0.46
湖南常德沅水大桥	3.5 m/1 980 kN	0.96

1.2 用型钢制造的桁架式挂篮

随着挂篮使用经验的丰富、对其功能认识的深入及对国外经验的学习和借鉴,发展到使用型钢及钢板加工制造挂篮。主要有两种挂篮,即三角形挂篮和菱形挂篮。它们均属于垂直吊杆式,主要区别在于主桁架的形状,其构造见图2、3,主要由以下部分组成。

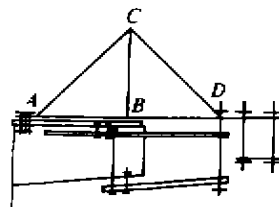


图2 三角形挂篮

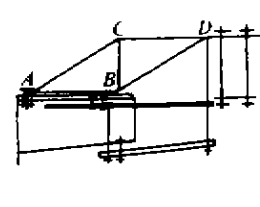


图3 菱形挂篮

(1)主桁架:主要杆件通常由两片槽钢组焊而成,槽钢的截面由结构分析确定,各杆件间的联结为高强螺栓或销接。

(2)走行系统:由钢枕、滑道及上滑板构成,其中钢枕为槽钢加一块钢板焊接而成,滑道为两根槽钢组焊而成,上滑板为厚钢板。滑道由竖向预应力钢筋锚固在桥面上,用以平衡挂篮空载走行时的倾覆力矩。

(3)内外模板系统:内模分顶模和内侧模,由型钢组焊成模板;内模工作时由滑梁支承在内吊梁上,脱模时松开内吊梁,滑梁落在内吊梁上,即可滑行前移,顶模板为组合钢模板,侧模板还有部分木模组成,以适应梁高的变化;外模由侧模板和底模构成,侧模由外吊梁悬挂,模板为型钢和钢板组焊的整体钢模板,底模由底纵梁、底横梁及模板组成,通过底横梁的前后吊带悬挂在挂篮主桁的前吊点、已浇梁段和外吊梁上,随主桁一起

前移,底纵梁由型钢组焊成桁架,底纵梁由工字钢组焊成格构式梁。

(4)悬吊系统:由螺旋千斤顶、小横梁、吊带及 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢组成,用于悬挂模板系统,调整模板的标高。

(5)张拉操作平台:悬挂于主桁上,提供立模、扎筋、浇筑混凝土、张拉预应力束及移动挂篮的工作面。

这两种挂篮形式近 10 年来得到了广泛的应用,同时也带动了挂篮施工相适应的桥型设计的发展,如双向预应力、三向预应力技术的应用。这一时期的挂篮主要是无平衡重型的。由于取消了平衡重,挂篮重量大大减轻,其利用系数成倍上升,达到 2.5~2.9,如京九线泰和大桥为 3.46,义乌经发大桥为 3.5。

不断的工程实践,使工程师们不断地对其进行改进,以寻求最短的作业周期和最佳的经济效益,主要表现为。

(1)主桁节点的连接方式:早期的连接主要是以高强螺栓通过节点板将相交在节点的杆件连接在一起,每个节点通常需要几十甚至上百个螺栓。这除了增加节点板、高强螺栓等的材料费用外,同时也增加了安装费用,更主要的是这种连接方式使工地加工主桁杆件不可行。而销接在每个节点仅需一个钢销且不需节点板,节约了大量的材料,使工地加工变得很容易,同时大大缩短安装时间,在经发大桥上拼装 1 片主桁仅需 1 h。

(2)锚固方式:主要是借助梁腹板的竖向预应力钢筋将滑道锚固在梁的顶板上,对双向及三向预应力梁来说,这种锚固方式经济方便,而对无竖向预应力筋的梁,只好通过施工中的预埋钢筋或预留孔洞来解决,相应地增加了施工成本。所以,对于设计用挂篮施工的桥梁,设计时就应该考虑挂篮的锚固问题,尽量使施工所用的配筋与运营的配筋一致,以便节省工程费用,挂篮空载时的稳定靠反扣轮扣在滑道上的反力提供,工作时的稳定有两种方法可以实现,一是用短横梁通过千斤顶将挂篮尾部锚固在滑道上,二是用短横梁通过千斤顶将挂篮尾部直接锚固在梁体上,后一种方法更安全方便,而将挂篮尾部与滑道连接的反扣轮改为后钩板使加工制造简便,施工操作上并未感到不便。

(3)吊带材料:早期的吊带是由 16 Mn 钢板加工的,由于钢板较厚,又不允许用气割加工,再加上钻连接用的孔洞,所以常在工厂进行加工,费用也高。考虑到吊带在整个施工过程中均受拉,而 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢可安全承载 500 kN 以上,其锚固、接长均有专用的锚头、连接器,所以现在有用 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢作吊杆的,并取得了良好的效果。

(4)主桁杆件材料:常用型钢组焊,但针对三角形挂篮的两根斜杆一直受拉的特点,现在有用 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢做斜杆的,只是使竖杆的顶端构造稍显复杂,但总体上使得主桁的加工更加方便。

(5)走行系统:早期由于挂篮自重较大,走行多采用轮对,随着挂篮自重的减轻,开始采用聚四氟乙烯滑板,但又为此增加了操作的难度和工作量。笔者使用的钢上滑板对钢滑道的方式,其加工操作简便,是一种可行的方案。

1.3 斜拉式挂篮

这是目前利用系数最大的一种挂篮。它改变了垂直吊杆挂

篮工作时的前端荷载要通过主桁架的悬臂部分传给已浇梁段而对主桁架的强度、刚度要求高的传力机制,而是将挂篮工作时的前端荷载通过斜拉杆直接传给已浇梁段,从而降低了对主梁的强度、刚度要求,使主梁悬臂部分的功能变成主要是悬吊空载时的模板系统,减少了材料用量,也就减轻了模板的重量。但是,这种挂篮由于斜拉杆的斜拉力使底模纵梁和主梁中分别存在压力和拉力,因此需要在底纵梁和主梁的尾部设置限位器和限位板,增加了操作上的难度。但这种挂篮具有用料省、加工简单及对 0 号块的长度要求短等优点,所以近年应用较多。见图 4。

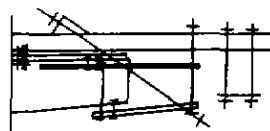


图 4 斜拉式挂篮

使用这种挂篮的施工程序比使用垂直吊杆式挂篮稍显复杂,需要在每一个循环中增加安装拆卸斜拉杆、安装拆卸限位器、安装拆卸限位板的工序。

2 挂篮型式的思考和展望

对挂篮优劣的评价除了从经济性、安全性考虑外,挂篮的结构简便、安装拆卸和使用的方便等适用性也是重要的指标。为此,笔者思考与建议如下。

(1)全锚式挂篮应当是今后挂篮使用的主流,而垂直吊杆式的菱形、三角形挂篮及斜拉式挂篮由于其各自的特点均会有各自的应用份额。

(2)我国地域广阔,设计单位众多,设计习惯不同,再加上施工企业的原因,生产定型系列化挂篮尚不具备条件,这就为工程师们对挂篮进行改进提供了空间。今后相当长的时间带有各施工企业及工程师特色的挂篮会争奇斗艳,施工企业自行设计加工的挂篮仍是主流。

(3)菱形挂篮为施工提供了宽阔的作业空间,此优点会被很多工程师看中,因而会受到青睐;三角形挂篮、斜拉式挂篮由于它们的杆件(底边或大梁)位于腹板的上方,影响了腹板的钢筋绑扎及混凝土浇筑作业,因而应用会受到抑制,而斜拉式挂篮更由于其需要在梁上预留的孔洞较多,移位操作较复杂,会受到更多的影响。

(4)菱形挂篮、三角形挂篮及斜拉式挂篮的利用系数已经达到 3.5 以上,从力学上讲材料强度已得到合理的利用,刚度成为控制材料截面的主要因素,因此挂篮材料节省的空间并不大,而对它们的适用性如连接方式、锚固方式、杆件材料、走行系统的革新会不断取得成果,斜拉式挂篮革新的空间会更大。

参考文献

- 1 平复强. 株洲湘江大桥施工挂篮介绍. 铁道部基本建设总局, 1987
- 2 徐永祥. QSL—150X 型挂篮的设计与试验. 桥梁建设, 2000(2)
- 3 陈敏杰主编. 桥梁施工. 中国铁道出版社, 1999

(来稿日期 2000—09—11)