

# 浅谈钢混组合梁桥钢梁构造优化

张靖焯

中铁长安重工有限公司 陕西西安 710032

**摘要:** 本文介绍了公路常规跨径钢混组合梁桥的特点、发展情况、钢梁的结构和构造特点;重点阐述了钢板组合梁桥和箱形组合梁桥钢梁构造细节的优化建议,达到相互交流、提升钢梁制造质量,推动钢混组合梁持续发展的目的。

**关键词:** 钢混组合梁桥;钢梁;构造优化

在常规跨径(20~90m)桥梁中,钢混组合梁桥已在世界各地广泛应用。其主要优点是:可以充分利用钢材和混凝土两种材料的优势,根据钢材抗拉性能、抗剪性能能和混凝土材料抗压性能好的特点,对结构进行合理的设计以减轻结构自重,具有在一定条件下提高跨越能力,缩减施工周期、综合效益好等显著优点。目前我国公路常规跨径桥梁中,混凝土及预应力混凝土桥梁占据绝对数量的优势,而钢混组合梁桥或钢结构桥梁应用较少,主要原因是:钢材较贵,而我国劳动力费用较低,钢结构或钢混组合结构造价高、养护费用高。近几年,在国家和交通运输部门的政策引导下,钢结构或钢混组合结构在公路常规跨径桥梁中,得到了提倡和推广,钢混组合梁桥迎来了良好的发展机遇。

在工程造价方面,钢混组合梁具备一定的竞争力。相关研究表明:对于30~50m的中小跨径桥梁,钢混组合梁与预应力混凝土箱梁桥造价相比,增加约1~2倍;对于100m左右的中大跨径桥梁,仅增加约30%。因此,较大跨径的钢混组合梁,更能体现出钢材轻质、高强的优越性和经济性。在同等设计理论、方法和当前国内施工水平的条件下,跨径40~100m、甚至更大跨径范围内,钢混组合梁可以在造价上与预应力混凝土梁相竞争,具有较大的发展空间。

## 1 公路常规跨径钢混组合梁主要结构形式

公路常规跨径钢混组合梁的结构形式主要包括:钢板组合梁、箱形组合梁、波形钢腹板组合梁、钢桁组合梁、钢桁腹杆组合梁等。在以上钢梁类型中,钢板组合

梁和箱形组合梁结构简洁,便于工厂化、标准化生产,桥位安装难度较小,具有较为明显的优势,是公路常规跨径钢混组合梁常用的结构形式。

### 1.1 钢板组合梁

钢板组合梁的多片钢主梁通过横梁或横撑相互连接,并通过剪力连接件(剪力钉)与预制混凝土桥面板连接,形成整体、共同受力。

钢板组合梁由工字形钢主梁、横梁或横撑、小纵梁和挑梁等组成。主梁的纵向连接采用栓接或焊接;横梁或横撑分为实腹式构件或“K”形框架结构;小纵梁采用工形构件或热轧H型钢,纵梁与横梁采用高强螺栓连接。主梁、小纵梁的上翼缘板设置剪力钉,与预制桥面板连接形成桥面结构;“K”形框架结构、横梁与主梁采用高强螺栓或焊接连接。主梁和横梁的上翼缘板均设置剪力钉,与预制桥面板连接形成桥面结构。

### 1.2 箱形组合梁

箱形组合梁的箱形钢主梁与混凝土桥面板通过抗剪连接件连接形成整体、共同受力。

箱形主梁分为开口箱形或闭口箱形结构。开口箱结构简洁、受力明确,是箱形组合梁最常用的形式;闭口箱一般在平面曲线半径较小、抗扭要求高的情况下使用。根据桥面宽度的不同,开口箱梁可采取一个或多个钢箱梁与混凝土桥面板组合成整体。典型截面形式有单箱单室、单箱多室、多箱单室。箱形梁当桥面宽度较小时,可采用单箱室;当桥面宽度较大时,则可考虑采用单箱多室、多箱单室截面。

槽形梁之间的纵向连接一般采用栓接或焊接,箱形梁之间的纵向连接多采用焊接或栓焊结合;槽形梁的顶板上设置剪力钉,与预制混凝土桥面板之间采用现浇混凝土连接;箱形梁的顶板上设置剪力钉或PBL剪力键,安装桥面板钢筋网、现浇桥面混凝土<sup>[1]</sup>。

**作者简介:** 张靖焯,1984年12月25日,男,汉,山西神池,中铁长安重工有限公司,党支部书记,工程师,本科,毕业院校:陕西科技大学材料成型及控制工程,研究方向:钢结构,邮箱:2700577@qq.com。

## 2 钢梁构造优化

### 2.1 钢板组合梁

钢板组合梁主要由钢主梁、横梁或横撑、纵梁等组成。主梁、横梁和纵梁一般为“工字形”结构。框架式横撑一般由H型钢、槽钢和连接板采用焊接或栓接，形成横向连接结构。

#### 2.1.1 钢板组合梁构造优化

钢板组合梁钢主梁由翼缘板、腹板、竖向加劲板、横梁连接板或横梁接头等组成，板件之间采用焊接的连接方式。

##### 1) 工形主梁

工形主梁一般采用上、下翼缘板与腹板垂直的构造形式；也有采用下翼缘板与腹板垂直，而上翼缘板与腹板之间存在夹角，上翼缘板和桥面横坡保持一致的构造形式。

在工形梁构造中，上翼缘板设计*i*%的横向坡度。在横坡随线路变化时，*i*值是变量，上翼缘板与腹板之间的夹角，要随横坡的调整进行变化，上翼缘板要相应的进行扭转。钢梁制造时，只能采用插值法，进行匀顺过渡处理，制造精度不易控制。建议：工形梁上翼缘板不考虑*i*%的横坡，按上翼缘板与腹板垂直设计；横坡对上翼缘板高度的影响，通过不同厚度的橡胶垫条进行调整，从而实现对桥面横坡变化的调整，避免了横坡变化对钢梁制造精度的影响，提高钢梁制造质量<sup>[2]</sup>。

##### 2) 横梁接头

在主梁上，一般设置横梁接头板，与横梁之间进行栓接连接；在主梁上设置工形横梁接头与主梁组焊，形成工形主梁构件，相邻主梁构件的横梁接头之间进行栓接连接。工形梁构造中，横梁接头板与下翼缘板设计为磨光顶紧。由于钢梁制作过程焊接变形不可逆、喷砂除锈过程的应力释放和重分布引起变形的原因，多座桥梁类似部位磨光顶紧的实施效果不好。钢梁在焊接或喷砂除锈后，部分顶紧部位存在局部间隙，造成不同程度的返修和返工，形成的间隙也不利于钢梁的防腐。建议：横梁接头板与下翼缘板之间，优化为顶紧后焊接（可采用开坡口焊接）。既达到了顶紧传力的目的，又可以形成横梁接头板与下翼缘板接触面的密封，保证了钢梁的防腐质量和效果。

##### 3) 横梁

实腹式横梁大多采用焊接工形构件和热轧H型钢，工形是横梁的主要结构形式，应用较广泛。工形横梁一般单件发运至桥位安装；也可将横梁作为接头组焊在主

梁上和主梁一起发运。工形横梁由钢板组焊形成，杆件几何尺寸按规范要求制作，与横梁接头匹配精度容易控制、效果好；当设计采用热轧H型钢时，现行国家标准《热轧H型钢和剖分T型钢》GB/T11263-2010中，H型钢高度允许偏差为±2.0mm~±4.0mm（见表1），与《公路桥涵施工技术规范》JTG/F50-2011中，横梁接头高度允许偏差±1.5mm的要求不匹配，二者之间存在拼接错台超差的可能。建议：横梁构件尽量选择焊接工形构件，可以保证构件与横梁接头几何尺寸精度的匹配；当设计选用热轧H型钢时，需要对H型钢的尺寸、外形允许偏差进行限制，可以避免出现拼接错台超差的问题。

表1 热轧H型钢高度、宽度允许偏差（单位：mm）

项目	允许偏差	图示	
高度H (按型号)	<400	±2.0	
	≥400~<600	±3.0	
	≥600	±4.0	
宽度B (按型号)	<100	±2.0	
	≥100~<200	±2.5	
	≥200	±3.0	
厚度	<5	±0.5	
	≥5~<16	±0.7	
	≥16~<25	±1.0	
	≥25~<40	±1.5	
	≥40	±2.0	
	<5	±0.7	
	≥5~<16	±1.0	
	≥16~<25	±1.5	
	≥25~<40	±1.7	
	≥40	±2.0	

##### 4) 纵梁

纵梁大多采用工形构件或H型钢，纵梁下翼缘设螺栓孔群与横梁上翼缘连接为整体。由于纵梁安装时，需要与两根或两根以上横梁连接，横梁的安装精度、纵向线形和制造误差等因素，都将影响纵梁与横梁螺栓孔的连接精度，给现场安装带来不便。建议：纵梁与横梁的连接螺栓孔，优化为纵向长圆孔，圆心的间距宜为螺栓孔直径*d*+5mm，优化连接构造见下图1。

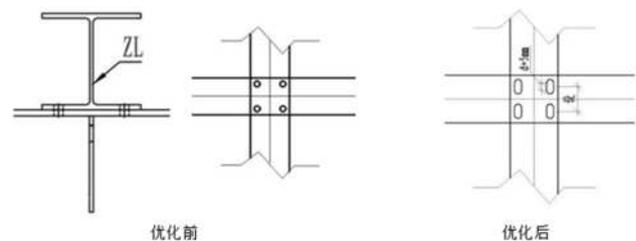


图1 纵梁与横梁连接构造优化前后

### 2.2 箱形组合梁

箱形组合梁主梁分为开口箱形或闭口箱形两种结构形式。多箱槽形梁主要由钢主梁和横向连接件组成，主梁腹板上设置横梁接头，横向连接件一般为“工字形”结构，二者采用栓接形成连接结构；单箱槽形梁和箱形梁都由顶板、底板、隔板和腹板组成，槽形梁为局部顶板，腹板多为斜腹板。箱形梁为整体顶板，腹板多为直腹板<sup>[3]</sup>。

### 2.2.1 槽形组合梁主梁构造优化

设计和施工制造分段时,槽形组合梁主梁接口设置在两个隔板(横肋)之间,而隔板(横肋)间距一般为1500mm~2500mm,会出现拼接口距离端隔板(横肋)较远的情况。由于腹板厚度较薄(16mm),主梁节段拼接口处腹板横向刚度较弱,主梁制造过程中腹板平面度不易控制,甚至出现拼接口腹板局部平面度超差的现象,返修难度很大。

为了避免槽形梁拼接口出现腹板平面度超差的情况,在槽形主梁设计或施工分段时,结合隔板间距、腹板厚度等因素,隔板(横肋)距主梁节段拼接口不宜大于1000mm;当隔板(横肋)距节段拼接口过大时,宜在拼接口和隔板(横肋)之间,增设一道隔板或横肋(距离拼接口宜小于1000mm),作为主梁拼接口的加强构造,以提高腹板局部刚度,从而减小腹板局部变形。

### 2.2.2 箱形组合梁主梁构造优化

箱形组合梁主梁与一般匝道桥钢箱梁结构相似,大多为单箱多室结构。根据运输限界和钢板轧制能力,横向需进行分块、纵向需要分段。多数情况下,设计文件要求纵向分段时,梁段对接口的顶板、底板、腹板横向焊缝要错缝处理,一般错缝要求不小于200mm。

箱形组合梁纵向分段时,梁段对接口的焊缝进行错缝设计,增加了腹板T形焊缝与对接口顶板、底板横向对接焊缝的焊缝交叉。在焊缝交叉处需进行焊接工艺的特殊处理,也是容易出质量缺陷的地方,宜尽量减少焊缝交叉的出现。目前,大型钢箱梁的纵向分段,设计没有错缝的要求,顶板、底板、腹板的横向对接焊缝在同一个断面内,可以减少焊缝交叉的出现。根据大型钢箱梁的设计和应用经验,建议:箱形组合梁主梁纵向分段时,顶板、底板、腹板的横向对接焊缝在同一个断面内,减少焊缝的交叉,有利于焊接质量的控制,保证焊缝质量。

### 3 结束语

钢混组合梁桥在公路常规跨径桥梁中的应用日益广泛,其钢梁构造细节的设计优化和改进,对提升钢梁制造质量,推动钢混组合梁的持续发展,降低钢梁制造成本,有着积极的意义,值得探讨和进一步优化。

#### 参考文献:

- [1]公路桥涵施工技术规范, JTG/T F50-2011
- [2]热轧H型钢和剖分T型钢, GB/T 11263-2010
- [3]贺立新, 宋雷. 钢-混结合梁桥的应用. 北方交通, 2014年第7期