

广西交通运输行业指南
《公路波形钢腹板组合梁桥
施工技术规范》
编制说明

广西路建工程集团有限公司
广西北投公路建设投资集团有限公司
同济大学
广西交科集团有限公司

2025 年 1 月 20 日

广西交通运输行业指南

《公路波形钢腹板组合梁桥施工技术规范》（报批稿）

编制说明

一、任务来源、起草单位和主要起草人

（一）任务来源

根据《广西壮族自治区交通运输厅关于下达 2022 年度广西交通运输标准化项目计划的通知》（桂交科教发〔2022〕27 号）文，《波形钢腹板组合梁桥施工技术规范》列入 2021 年广西交通运输标准化项目计划，被批准立项为广西交通运输行业指南，项目编号为 2021-30。

（二）起草单位和主要起草人

广西交通运输行业指南《波形钢腹板组合梁桥施工技术规范》项目任务下达后，广西路建工程集团有限公司成立了指南编制工作组，制定了指南编写方案，明确任务职责，确定工作技术路线，开展指南研制工作，具体指南编制工作由广西北投公路建设投资集团有限公司、同济大学、广西交科集团有限公司相关人员配合。

主编单位：广西路建工程集团有限公司。

参编单位：广西北投公路建设投资集团有限公司、同济大学、广西交科集团。

本指南编制人员组成：张坤球、李臣光、张云、李志刚、耿嘉庆、谭海涛、罗光、刘玉擎、宋建平、归翀、施智、李育林、黄利友、陶亮、唐亚森、熊剑平、姚青云、唐建军、李保军、王思豪、农左、韦黛笠、蔡昊初、鲜秋适、田畅。

本指南编制分工：

1) 广西路建工程集团有限公司：编制总负责，制定工作大纲和编制大纲，调研国内外波形钢腹板组合桥梁相关的案例和数据资料，调研国内波形钢腹板组合梁桥施工的国家标准、行业标准、地方标准，负责编制波形钢腹板组合桥梁施工工艺。

2) 广西北投公路建设投资集团有限公司：协助制定工作大纲和编制大纲，调研波形钢腹板组合桥梁相关的案例和数据资料，编制波形钢腹板制造工艺。

3) 同济大学：协助制定工作大纲和编制大纲，调研波形钢腹板组合桥梁施工工艺和已有的相关标准，协助编制悬臂法施工。

4) 广西交科集团：调研汇总广西公路网的波形钢腹板组合桥梁现状，协助制定工作大纲和编制大纲，编制施工监测监控技术。

二、指南制定的必要性和意义

(一) 编制背景

预应力混凝土梁桥是公路桥梁建设中广为应用的桥梁结构形式，50~150m 跨径的大中桥梁多数是采用预应力混凝土梁。但是混凝土桥梁存在较多的质量问题，如：预应力后张拉工艺存在堵孔、张拉预应力控制不准、预应力管道压浆不密实等。预应力混凝土连续梁桥箱梁腹板承受较大的主拉应力，容易开裂，致使结构刚度降低，影响结构的耐久性。而且混凝土箱梁自重较大，在自重、徐变等因素作用下，跨中挠度会持续增大，严重影响结构的承载力，降低结构的安全度，给桥梁的运营带来很大的安全隐患。

波形钢腹板组合梁桥通过主动控制的设计方法解除了腹板与顶

底板之间的相互约束，利用波形钢腹板较高的抗剪承载性能承担截面剪力，混凝土顶、底板单独承担截面弯矩。与传统的混凝土箱梁桥相比，波形钢腹板组合梁桥具有以下几个特点：①减轻了桥梁上部结构自重，波形钢腹板箱梁自重大约可以减轻 20%~30%；②由于波形钢腹板纵向刚度很小，从而解除了顶底板之间的约束，提高了预应力施加效率，减小温度、收缩徐变等在箱梁内产生的次内力，彻底解决了腹板开裂问题；③波形钢腹板制作可以实行工厂化，运输到施工现场拼装，加快了施工进度，缩短了工期；④采用体外预应力筋布置方式，可免除在混凝土腹板内预埋管道的工序等；⑤波形钢腹板使桥梁具有较强的美感，景观效应好；⑥合理地将钢、混凝土两种不同材料结合起来，提高了结构的稳定性、强度及材料的使用效率。

总体而言，与传统的混凝土箱梁桥相比，波形钢腹板桥梁具有自重轻，预应力施加效率高，避免腹板开裂，抗震性能好等优点，将钢、混凝土两种不同材料相互结合起来，提高了结构的稳定性、强度及材料的使用效率，是未来桥梁的主要结构形式之一。

1986 年，法国工程师首先提出了一种采用混凝土顶底板、波形钢腹板、横隔板、体外预应力筋等构件的组成的一种钢-混组合梁桥形式，并建成了世界上第一座波形钢腹板组合箱梁桥—Cognac 桥。随后，波形钢腹板组合梁桥在日本得到了跨越式的发展。1996 年，日本建设了世界上第一座波形钢腹板连续组合梁桥—银山御幸桥，两年之后，日本又建成了世界上第一座波形钢腹板连续刚构桥—本谷桥，此后又陆续建造了矢作川桥、日见梦大桥以及鬼怒川大桥等一系

列波形钢腹板组合梁桥。日本工程界和学术界对波形钢腹板结构进行了大量的试验研究和理论研究，研究了桥梁结构的扭转性能，分析PBL连接键和剪力钉的传力机理以及体外预应力对结构动力特性的影响，发展了许多突破性的新技术。其他国家也对这种新型的组合梁结构进行了大量的研究，德国、韩国、匈牙利和伊朗等国家也相继建成了Altzipfergrund桥、Iisun桥、Tisza桥以及BR-06桥等。根据不完全统计，目前国外在建和已建的波形钢腹板组合梁桥数量达到了200余座。国外具有代表性的波形钢腹板组合梁桥如下表2.1所示。

表 2.1 国外具有代表性的波形钢腹板组合箱梁桥

桥名	结构形式	施工方法	最大跨径 (m)	竣工年份
法国 Cognac 桥	3 跨连续梁	满堂支架法	43	1986
法国 Maupre 桥	7 跨连续梁	顶推法	53.6	1987
法国 Dole 桥	7 跨连续梁	悬臂浇筑	80	1995
日本新开桥	简支梁	满堂支架法	30	1993
日本银山御幸桥	5 跨连续梁	顶推法	45.5	1995
日本本谷桥	2 跨连续刚构	悬臂施工	97.2	1998
日本前谷桥	2 跨连续刚构	悬臂施工	84.3	2001
日本栗谷川桥	4 跨连续刚构	悬臂施工	95	2002
日本栗东桥	部分斜拉桥	悬臂浇筑	170	2005
日本千代川桥	2 跨连续梁	支架施工	115	2005
韩国 Iisun 桥	12 跨连续梁	顶推法	60	2007
日本菱田川桥	8 跨连续梁	悬臂施工	124	2008

日本朝比奈川桥	7 跨连续梁	悬臂施工	150	2008
日本谷津川桥	5 跨连续梁	悬臂施工	135	2008
匈牙利 Tisza 桥	3 跨矮塔斜拉桥	悬臂施工	180	2010
伊朗 BR-06 桥	3 跨连续梁	悬臂施工	153	2016
日本安威川大桥	8 跨连续刚构	悬臂施工	179	2017

上世纪 90 年代，我国开始了对波形钢腹板组合箱梁的理论研究与工程应用。虽然我国在波形钢腹板组合梁桥方面的研究起步较晚，技术也比较落后，但从 2001 年起国家自然科学基金开始大力资助该类型桥梁的研究，先后有许多专家学者、高校和设计院对此类桥梁的力学性能开展过研究，并且取得了一定成果。

1997 年，西南交通大学刘磊等对法国和日本已建成的波形钢腹板箱梁桥的设计和构造进行研究后，对一座跨径 45m 的波形钢腹板双箱单室简支箱梁桥进行设计。

2002 年，东南大学吴文清等针对波形钢腹板组合箱梁的抗弯受力机理，研究了翼板的剪力滞效应、钢腹板的纵向应力分布形式对箱梁整体抗弯性能的影响。

2003 年，长安大学朱万勇等根据波形钢腹板组合箱梁桥受剪特性方面的研究成果，推导出波形钢腹板组合箱梁桥的极限抗弯强度计算公式；结合波形钢腹板组合箱梁桥的应力分布规律，推导波形钢腹板组合箱梁桥的弯曲正应力计算公式。

2004 年，哈尔滨工业大学宋建永等对波形钢腹板剪切屈曲极限

荷载以及屈曲模态进行非线性有限元分析,研究表明当波形尺寸较小时对波形钢腹板的剪切屈曲荷载影响较小。

2004 年,同济大学刘玉擎等进行了波形钢腹板组合箱梁桥结构体系分析,依据大量的实桥数据,详细地论述了波折腹板组合箱梁桥的结构布置特点、截面各组成部分的连接形式、腹板尺寸的取值等设计方法。

2006 年,同济大学刘玉擎等进行了波形钢腹板组合箱梁桥设计方法研究,对该类桥型折形钢腹板形状尺寸的设计取值进行了公式推导,对已建的大量实桥数据进行了比较分析,最后给出了对应不同钢种的设计用图。

2009 年,同济大学刘玉擎等进行了波形钢腹板组合箱梁桥考虑剪切变形的挠度计算研究,提出考虑剪切变形的弹性弯曲理论分析波形钢腹板组合箱梁桥。

2011 年,清华大学聂建国等通过研究波形钢腹板剪切变形对组合梁的力学性能影响,推导出集中荷载作用下波形的钢腹板简支组合箱梁的解析解,并通过有限元法对其理论模型的准确性和适应性进行验证。

2013 年,东南大学刘朵等推导了波形钢腹板曲线箱梁的畸变控制微分方程以及扭转约束微分方程,对比分析了腹板形式与曲率半径对畸变和扭转的影响。

目前,我国已在波形钢腹板抗剪性能、弯曲性能、扭转性能、剪力滞效应、屈曲性能、动力与抗震性能、疲劳性能以及波形钢腹板连

接件研究等方面积累了一定的理论成果。在我国工程界以及学术界，经过了近 20 年的理论研究和工程实践，已经进行了大量的数值分析和实验研究。波形钢腹板组合箱梁桥的理论和设计方法已逐步成熟，并已颁布国家行业标准《波形钢腹板组合梁桥技术标准》(CJJ/T 272-2017)和部分地方标准。多方面数据表明，桥梁建设过程中推广波形钢腹板组合梁桥在工程建设中的大规模应用势在必行。

总的来看，我国对波形钢腹板组合梁桥应用起步较晚，但整体发展较快，技术吸收能力较强。在 2006 年之前，仅建造了几座这种类型的桥梁，具有代表性的桥梁为：青海三道河大桥、江苏淮安长征桥、河南泼河大桥。在 2011 年，国内最大规模波形钢腹板组合箱梁桥—鄆城黄河大桥的建造完成，标志着中国的波形钢腹板 PC 组合梁桥已经进入大跨度桥梁的工程实践阶段。国内具有代表性的波形钢腹板组合梁桥如下表 2.2 所示。

表 2.2 国内具有代表性的波形钢腹板组合箱梁桥

桥名	结构形式	施工方法	最大跨径 (m)	竣工年份
淮安长征人行桥	3 跨连续梁	满堂支架法	30	2005
青海三道河桥	简支梁	满堂支架法	50	2006
鄆城黄河大桥	13 跨连续梁	悬臂浇筑	120	2011
邢台南水北调干渠桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	120	2013
郑州朝阳沟大桥	矮塔斜拉	悬臂浇筑	188	2014
重庆花天河大桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	148	2015
珠海前山河大桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	160	2016
河北曲港南水北调桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	158	2016

邢台七里河紫金大桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	156	2016
深圳东宝河新安桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	156	2016
合肥郎溪路南淝河桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	153	2017
山西运宝黄河大桥副	11 跨连续梁	悬臂浇筑	90	2018
河北曲港南水北调桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	158	2018
邢台市七里河紫金大	3 跨连续梁	悬臂浇筑	156	2018
运宝黄河大桥主桥	矮塔斜拉	悬臂浇筑	200	2019
平赞高速南水北调桥	3 跨连续梁	悬臂浇筑	153	2020
广西都阳连接线特大	3 跨连续梁	悬臂浇筑	172	2021
浙江曹娥江特大桥	5 跨连续梁	悬臂浇筑	188	2023
广西飞龙大桥	4 跨连续梁	悬臂浇筑	185	在建

到了 2011 年之后，我国波形钢腹板组合梁桥建造数量大幅增加，据不完全统计，目前已建和在建的该种桥梁达 160 余座，成为了继日本后，世界上第二个广泛应用波形钢腹板组合梁桥的国家。

（二）现行技术标准存在的问题

项目组对目前现行的 9 个与波形钢腹板组合梁桥施工有关的技术标准进行了调研，包括 2 个行业标准，1 个协会标准和 6 个地方标准，发现当前现行的相关标准都或多或少的存在一些局限性，具体调研情况如下表 2.3 所示。

表 2.3 国内现行波形钢腹板组合箱梁桥施工技术标准统计表

发布部门	标准名称	标准编号	实施日期
交通运输部	《组合结构桥梁用波形钢腹板》	JT/T 784-2010	2010-11-01
住房和城乡建设部	《波形钢腹板组合梁桥技术标准》	CJJ/T 272-2017	2018-06-01
中国工程建设	《公路波形钢腹板组合桥梁技术	T/CECS	2020-09-01

标准化协会	规程》	G: D60-30-2020	
河南省质监局	《公路波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥支架法施工技术规范》	DB41/T 696-2011	2012-02-20
广东省质监局	《波形钢腹板预应力混凝土组合箱梁桥设计与施工规程》	DB44/T 1393-2014	2014-11-18
江苏省质监局	《波形钢腹板组合结构桥梁设计与施工规范》	DB32/T 2881-2016	2016-04-10
河北省质监局	《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥设计与施工规范》	DB13/T 2466-2017	2017-06-01
山东省质监局	《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥施工规范》	DB37/T 3889-2020	2020-05-01
安徽省质监局	《桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁施工技术规范》	DB34/T 3588-2020	2020-07-22

(1) 2010 年交通运输部发布了《组合结构桥梁用波形钢腹板》(JT/T 784-2010), 该标准的主要技术内容是: 1 范围; 2 规范性引用文件; 3 术语、定义和符号; 4 产品分类、型号和规格系列; 5 技术要求; 6 成型制造和涂装; 7 试验方法; 8 检验规则; 9 标志、包装、运输与储存。该规范仅对波形钢腹板的加工、制作、涂装、运输等内容进行了概括性的规定, 对波形钢腹板组合梁桥的现场施工无实质性指导意义。2022 年, 该规范进行了修订, 于 2022 年 9 月 9 日进行发布实施, 与 JT/T 784-2010 相比主要技术变化为: 修改了波形钢腹板的术语和定义; 增加了两种波形参数; 增加了组合结构桥梁用波形钢腹板主要采用的钢材类别; 修改了产品整形后精度允许偏差; 修改了波形钢腹板制作质量控制关于余高的要求; 修改了关于钢板切割方法的限制; 修改了钢板边缘加工面表面粗糙度及预紧传力面的粗糙度的要求; 修改了焊接工艺评定规则及要求的参照标准; 修改了波形钢腹板附属结构连接件要求, 并增加了一些实用性连接件; 修改了波形钢腹板验收要求; 修改了涂装湿膜厚度及干膜厚度的检测方法。由此可

见，修改后的《组合结构桥梁用波形钢腹板》(JT/T 784-2022)对波形钢腹板组合梁桥现场施工无实质性指导意义。

(2) 2017年住房和城乡建设部发布了《波形钢腹板组合梁桥技术标准》(CJJ/T 272-2017)，该标准的主要内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 材料；5 承载能力极限状态计算；6 正常使用极限状态计算；7 构造要求；8 施工。1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 材料；5 承载能力极限状态计算；6 正常使用极限状态计算；7 构造要求；8 施工。该规范第8章节施工仅对波形钢腹板的安装、焊接、连接件施工等内容进行了概括性的规定，对波形钢腹板组合梁桥的现场施工指导意义不强。

(3) 2020年中国工程建设标准化协会发布了《公路波形钢腹板组合桥梁技术规程》(T/CECS G: D60-30-2020)，该标准的主要内容是：1 总则；2 术语和符号；3 主要材料；4 基本规定；5 总体构造设计；6 结构计算与分析；7 构件计算；8 波形钢腹板制作与检验；9 施工方法。该规范对波形钢腹板组合梁桥的几种施工方法均进行了介绍，但对大跨径波形钢腹板组合梁桥的体外预应力施工内容没有提及，对采用波形钢腹板自承重的异步法施工内容介绍的不够全面，如缺少采用异步施工时对波形钢腹板结构的要求等。

(4) 2012年河南省发布了《公路波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥支架法施工技术规范》(DB41/T 696-2011)，该地方标准只对公路波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥支架法施工进行了规定，具有一定的局限性。

(5) 2014 年广东省发布了《波形钢腹板预应力混凝土组合箱梁桥设计与施工规程》(DB44/T 1393-2014), 该地方标准只对波形钢腹板的吊装、焊接、连接件的施工做了规定, 没有分别对适用波形钢腹板组合梁桥的几种施工方法, 如: 支架法施工、整箱段挂篮浇筑施工、异步法施工、顶推法施工等内容进行介绍, 具有一定的局限性。

(6) 2016 年江苏省发布了《波形钢腹板组合结构桥梁设计与施工规范》(DB32/T 2881-2016), 该地方标准对波形钢腹板组合梁桥的几种常见施工方法进行了介绍, 但是缺少对适合大跨径波形钢腹板组合梁桥施工采用的自承重异步法的介绍, 波形钢腹板自承重异步法具有加快施工工期、节省施工成本的优势, 在大跨度波形钢腹板组合梁桥的施工方法中, 是比较受业主方和施工方青睐的一种施工方法, 因此本地方标准也具有一定的局限性。

(7) 2017 年河北省发布了《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥设计与施工规范》(DB13/T 2466-2017), 该地方标准与江苏省 DB32/T 2881-2016 一样, 对波形钢腹板组合梁桥的几种常见施工方法进行了介绍, 但是缺少对适合大跨径波形钢腹板组合梁桥施工采用的自承重异步法的介绍, 具有一定的局限性。

(8) 2020 年山东省发布了《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥施工规范》(DB37/T 3889-2020), 该地方标准对波形钢腹板组合梁桥的几种常见施工方法进行了介绍, 但是每种施工方法的篇幅不多, 比较笼统, 具有一定的局限性。

(9) 2020 年安徽省发布了《桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁

施工技术规程》(DB34/T 3588-2020),该地方标准对波形钢腹板组合梁桥的几种常见施工方法进行了介绍,但是缺少对适合大跨径波形钢腹板组合梁桥施工采用的自承重异步法的介绍,因此本地方标准具有一定的局限性。

(三) 本指南编制意义

项目组通过调研发现,上述省份通过制订波形钢腹板组合梁施工的相关规范,促进了该类桥型在上述省份的发展,并取得了良好的经济效益和社会效益。交通运输部的《组合结构桥梁用波形钢腹板》规范只是对波形钢腹板的加工和生产进行了相关规定,对施工方面的内容没有进行涉及;住房和城乡建设部的《波形钢腹板组合梁桥技术标准》规范虽然对波形钢腹板施工方面的内容有所提及,但是相关内容篇幅不多,对现场施工的指导意义不大。

2018年,广西发布《广西高速公路网规划(2018-2030)》,全区将新增建设规模8000公里的高速公路。根据《广西普通公路省道网规划(2011-2030)》,全区有约9200公里的国省干线公路需要建设。

“十四五”广西科技计划项目申报指南(第二版)——方向23——子方向4中提及:要重点支持“钢-混凝土结合桥梁建造关键技术”的研究与应用。为推进公路建设转型升级,提高桥梁建设品质,交通运输部也发布了《关于推进公路钢结构桥梁建设的指导意见》,大力推进钢结构桥梁建设。由于广西地区是山地丘陵性盆地地貌,且河流众多,地形条件复杂,上述交通基础建设将涉及一大批桥梁工程,尤其是大中跨径桥梁。广西地区的波形钢腹板组合梁桥应用相对其他省

份虽然起步较晚，但是发展比较迅速，尤其是在大跨度波形钢腹板组合梁桥的建设方面。广西地区的第一座波形钢腹板组合梁桥—贺巴高速（都安至巴马段）都阳连接线红水河特大桥是目前国内已建成的主跨跨径最大的波形钢腹板连续刚构桥，在建的平沙公路飞龙大桥世界最大跨径的 1800 型波形钢腹板组合梁桥。

波形钢腹板桥梁具有轻型化、高质量、快速施工和环保等多方面的优势，必然是广西地区今后交通建设的主要桥梁结构形式之一。为适应广西地区波形钢腹板组合梁桥建设的需要，并结合波形钢腹板组合梁桥向超大跨度发展的需求，因此急需编制具有广西地方特点的波形钢腹板组合梁桥施工技术指南，指导广西地区该类桥梁的施工工作，促进该类桥梁在广西地区又好又快的发展。

三、指南主要起草过程

（一）成立指南编制工作组

广西交通运输行业指南《波形钢腹板组合梁桥施工技术指南》项目任务下达后，广西路建工程集团有限公司成立了指南编制工作组，制定了指南编写方案，明确任务职责，确定工作技术路线，开展指南研制工作，具体指南编制工作由广西北投公路建设投资集团有限公司、同济大学、广西交科集团有限公司相关人员配合。

本指南负责起草单位：广西路建工程集团有限公司

本指南参与起草单位：广西北投公路建设投资集团有限公司、同济大学、广西交科集团。

本指南主要起草人：张坤球（项目负责人）、李臣光、张云、李

志刚、耿嘉庆、谭海涛、罗光、刘玉擎、宋建平、归翀、施智、李育林、黄利友、陶亮、唐亚森、熊剑平、姚青云、唐建军、李保军、王思豪、农左、韦黛笠、蔡昊初、鲜秋适、田畅。张坤球负责整个项目的技术及组织协调工作；张云、刘玉擎负责整个项目的技术指导；李志刚负责大纲编制，李育林负责整个项目进度管理。

本指南的具体内容由张坤球负责总协调，李志刚、王思豪、李育林负责主要编写，其余参与人员根据安排参与指南的编写。

（二）收集整理文献资料

本指南起草人员的前期研究工作分为资料调查与研究、工程案例及数据收集检验、总结完善 3 个步骤进行：1、调研了国内外大量的波形钢腹板组合桥梁相关的案例和数据资料、归纳总结了波形钢腹板组合梁桥的技术特点、施工工艺等，进一步掌握波形钢腹板组合梁桥的原材料技术要求、设备技术参数、施工工艺等问题；2、搜集了国内波形钢腹板组合梁桥施工的国家标准、行业标准、地方标准及其它研究成果资料，研究各项规程的框架和条文，编制小组进行讨论分析，找出其中论述不充分或值得商榷的地方，并针对广西本地的情况进行优化；3、对搜集到的资料进行分类整理和研究，为下一步的智能研究提供必要的指导和技术支撑。

实际案例的资料主要包括浙江宁波奉化江大桥、山西运宝黄河大桥、云南地约科 1 号大桥、广西都阳连接线红水河特大桥、广西飞龙大桥等相关的施工资料、图纸等。相关规范的资料主要包括《组合结构桥梁用波形钢腹板》（JT/T 784-2022）、《波形钢腹板组合梁桥技术

标准》(CJJ/T 272-2017)、《公路波形钢腹板组合桥梁技术规程》(T/CECS G: D60-30-2020)、《公路波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥支架法施工技术规范》(DB41/T 696-2011)、《波形钢腹板预应力混凝土组合箱梁桥设计与施工规程》(DB44/T 1393-2014)、《波形钢腹板组合结构桥梁设计与施工规范》(DB32/T 2881-2016)、《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥设计与施工规范》(DB13/T 2466-2017)、《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥施工规范》(DB37/T 3889-2020)、《桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁施工技术规范》(DB34/T 3588-2020)等相关行业和地方标准。

(三) 研讨确定指南主体内容, 组织召开工作大纲和编制大纲评审会

指南编制工作组在对收集的资料进行整理研究之后, 指南编制工作组召开了指南编制会议, 对指南的整体框架结构进行了研究, 并对指南的关键性内容进行了初步探讨。经过研究, 指南的主体内容确定为: 范围、规范性引用文件、术语和定义、符号、材料、总体要求、波形钢腹板制造、波形钢腹板安装、预制吊装法施工、支架法施工、悬臂法施工、顶推法施工、连接件施工、内衬混凝土、水平隔板施工、体外预应力筋施工、施工监测监控。

(四) 调研修改形成征求意见初稿

为确保本指南的编写工作有序开展, 编写工作组在前期大量的研究工作的基础上, 于 2022 年 9 月初完成了《波形钢腹板组合梁桥施工技术指南》的编制大纲和工作大纲, 并经内部评审讨论后, 于 2022

年 9 月 23 日召开了大纲外部评审会，评审会针对大纲共提出了 30 条建议和意见。根据大纲评审专家的意见，以修改完善后的大纲作为项目的工作指导，编写工作组开展了指南正式的编写工作，并于 2023 年 2 月初完成了征求意见初稿。

（五）完成征求意见稿

编写工作组经内部审查后，于 2023 年 4 月 25 日召开征求意见初稿讨论会，对征求意见稿进行会审，根据会审意见修改后形成征求意见稿，并向标委会秘书处提出申请公开征求意见。

（六）开展征求意见，完善形成送审稿

为确保本指南的可行性和适用性，于 2023 年 10 月 1 日向社会公开征求意见，于 2023 年 11 月 1 日，完成征求意见工作，并对征集到的意见进行汇总处理。2023 年 11 月 30 日，根据征求反馈的意见进行修改完善后形成送审初稿，并聘请专家进行审稿。2023 年 12 月 11 日，按照审稿专家意见进行修改完善后形成送审稿。

（七）召开技术审查会，形成报批稿

2024 年 1 月 18 日召开技术审查会，对指南送审稿进行技术审查。根据技术审查会专家组意见，将本指南名称修改为《铁路项目建设管理规范》，编写小组会后根据专家意见进行修改完善，形成报批初稿。2025 年 3 月聘请统稿专家对报批初稿进行统稿和格式审查，并聘请法务专家进行法务审查，按审查意见修改完善后形成报批稿，之后申请开展指南报批工作。

四、指南制定原则和依据

（一）指南制定原则

本指南的编制遵循国家、行业和广西壮族自治区现行有关标准的规定。编写工作组充分调研了国内外及广西地区波形钢腹板组合桥梁相关的案例和数据资料、归纳总结了波形钢腹板组合梁桥的技术特点、施工工艺等，搜集了国内波形钢腹板组合梁桥施工的国家标准、行业标准、地方标准及其它研究成果资料，研究各项规程的框架和条文。经过编写工作组成员讨论，确定指南编制遵循以下基本原则：

（1）科学性原则

本指南分析了国内外关于波形钢腹板组合梁桥的建设现状和特点，结合广西地区波形钢腹板组合梁桥实施现状，在此基础上对已发布的相关标准、规范、规程进行整理、归纳和分类，建立了科学、实用、合理的广西地区波形钢腹板组合梁桥施工技术指南。

（2）承接性原则

本指南术语、符号、条文尽量与相应国家、国际、行业和地方标准的规定内容相一致，条文未出现自相矛盾的地方。指南技术内容与国家、国际、行业和地方标准兼容，未出现冲突，保证了一致性。指南技术内容中引用其他标准时，已明确指出所引用标准的内容或名称，增强了指南的可读性和可操作性。

（3）可操作性原则

本指南的起草充分调研了国内其他省份、广西壮族自治区波形钢腹板组合梁桥的建设现状，征求了高校、设计院、建设单位、施工单位等领域的专家意见。编写组在此基础上经过反复讨论和修改，编制

此指南。指南内容针对性强，可操作性高，易于推广。

（二）指南与现行法律、法规的关系，与有关国家、行业标准的协调情况

经查阅，与波形钢腹板组合桥梁施工相关的标准主要有：《组合结构桥梁用波形钢腹板》（JT/T 784-2022）、《波形钢腹板组合梁桥技术标准》（CJJ/T 272-2017）、《公路波形钢腹板组合桥梁技术规程》（T/CECS G: D60-30-2020）、《公路波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥支架法施工技术规范》（DB41/T 696-2011）、《波形钢腹板预应力混凝土组合箱梁桥设计与施工规程》（DB44/T 1393-2014）、《波形钢腹板组合结构桥梁设计与施工规范》（DB32/T 2881-2016）、《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥设计与施工规范》（DB13/T 2466-2017）、《公路波形钢腹板预应力混凝土组合梁桥施工规范》（DB37/T 3889-2020）、《桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁施工技术规范》（DB34/T 3588-2020）。

指南编制组承诺：指南的内容符合国家相关法律法规，技术要求不低于强制性国家标准的相关技术要求，与相关的国家、行业推荐性标准协调一致，指南的编写符合 GB/T 1.1—2020 的要求。

五、指南主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述

广西交通运输行业指南《波形钢腹板组合梁桥施工技术指南》主要章节内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、符号、总体要求、材料、波形钢腹板制造、波形钢腹板安装、预制吊装法施工、

支架法施工、悬臂法施工、顶推法施工、连接件施工、内衬混凝土、水平隔板施工、体外预应力筋施工、施工监测监控。

本指南的编制遵循国家、行业和广西壮族自治区现行有关标准的规定。编写工作组充分调研了国内外及广西地区波形钢腹板组合桥梁相关的案例和数据资料、归纳总结了波形钢腹板组合梁桥的技术特点、施工工艺等，搜集了国内波形钢腹板组合梁桥施工的国家标准、行业标准、地方标准及其它研究成果资料，研究各项规程的框架和条文。在此基础上结合广西地区波形钢腹板组合梁桥的应用情况，形成了广西地区波形钢腹板组合梁桥施工技术指南。

0、指南名称

为保证指南的全面性和针对性，原计划申请的指南名称为《波形钢腹板组合梁桥施工技术指南》，根据大纲评审会上各位专家的意见，拟将本指南名称更改为《公路波形钢腹板预应力混凝土梁桥施工指南》，变更后的名称更加契合指南文本内容。

1、范围

本指南规定了适用对象为广西壮族自治区行政区域内公路波形钢腹板预应力混凝土组合箱型梁桥施工，市政相同桥型桥梁可参照使用。

2、规范性引用文件

列出本标准引用的相关规范和标准共 17 个。

3、术语和定义

本指南增加外包式连接、水平隔板、异部平行施工相关术语 3 个。

5、总体要求

第 4.4 条: 波形钢腹板组合梁桥施工中涉及的临时结构宜进行永临结合设计, 在工厂内同波形钢腹板一同生产加工。2022 年 01 月 21 日, 交通运输部发布了关于印发《绿色交通“十四五”发展规划》的通知, 其中要求推动交通基础设施标准化、智能化、工业化建造, 强化永临结合施工, 推进建养一体化, 降低全生命周期资源消耗。为了响应相关文件精神, 因此, 本条倡导波形钢腹板组合梁桥施工中涉及的临时结构宜进行永临结合设计。

5、材料

本指南涵盖了波形钢腹板组合梁桥的钢材、焊材等相关材料。

6、波形钢腹板制造

第 6.1.3 条: 波形钢腹板制造时, 纵向分块长度宜为半波长整数倍。波形钢腹板形状为“波折”形, 存在直板段和斜板段, 节段与节段之间的连接位置通常都是设置在直板段。因此, 为了便于波形钢腹板节段之间的连接, 本条规定波形钢腹板制造时, 纵向分块长度宜为半波长整数倍。

7、波形钢腹板安装

第 7.1.4 条: 波形钢腹板安装宜设置临时支撑, 安装前对临时支撑等临时结构和波形钢腹板部件在各施工工况下的强度、刚度及稳定性进行验算。设置临时支撑可以避免波形钢腹板在施工过程中发生偏位、变形及失稳等情况。

8、预制吊装法施工

第 8.3.2 条: 预制波形钢腹板组合梁的运输及保存过程中应避免波形钢腹板表面涂装层被损伤。波形钢腹板表面涂层能防止波形钢腹板腐蚀, 当涂装层损伤时, 后续再去修复将花费大量人力物力, 因此在运输及存放时就要做好涂层的保护措施。

9、支架法施工

第 9.1.2.1 条: 支架具备波形钢腹板就位、平面纠偏、标高调整、倾斜度控制的需求。波形钢腹板安装后还需要进行贯穿钢筋、结合钢筋、坡度调整等, 对定位的精准度要求高, 因此支架应满足波形钢腹板平面纠偏等施工要求。

第 9.1.3 a) 条: 波形钢腹板宜分段安装, 分段长度视吊装能力与波形钢腹板的节段刚度而定, 安装宜顺序安装, 拼装过程中, 应减少相邻波形钢腹板接缝偏差, 贴合错口不宜超过 2mm。为防止波形钢腹板吊装过程中发生变形, 因此波形钢腹板分段安装时应视吊装能力与波形钢腹板的节段刚度而定。

10、悬臂法施工

第 10.1.1.1 条: 挂篮 (包括模板)、波形钢腹板吊装设备自重与最重梁段混凝土 (不包括内衬混凝土) 重量比宜 < 0.4 , 且挂篮的总重量控制在桥梁设计规定的限重之内。对采用挂篮悬臂浇筑的混凝土腹板箱梁, 《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的规定为: 挂篮与悬浇梁段混凝土的质量比宜不大于 0.5。本条规定为 < 0.4 , 一是考虑到采用波形钢腹板后, 箱梁节段的重量大幅降低, 二是编制组统计了 5 座采用异部施工的波形钢腹板组合桥梁挂篮重量与最重梁段

混凝土重量的数据得出来的结果。

挂篮重量和梁段重量统计表

桥名	挂篮重量/t	最重梁段混凝土重量/t	挂篮重量占比/%
头道河桥	30	160	18.5
奉化江桥	114	410	27.9
葛溪大桥	23	124	18.5
地约科1号桥	45	162	27.8
飞龙大桥	68	236	28.8

10.2.1.3 条：必要时可对波形钢腹板上翼缘板荷载作用部位进行加强。挂篮荷载、混凝土湿重等施工荷载通过挂篮支点传递至波形钢腹板部件，挂篮前后支点处存在较大的应力集中。若挂篮支点支撑在波形钢腹板直板段合力中心没有直接作用于腹板上，可能导致直板段与翼缘板焊接位置局部应力较大，且下翼缘板会出现下凹变形。因此，当局部应力不满足安全性要求时，可在支点处腹板上缘焊接加劲肋进行局部加强。

第 10.2.2.1 条：波形钢腹板部件设计时，宜按短暂状况构件应力验算要求，采用各种作用（或荷载）标准值组合，计算上翼缘板拉应力、下翼缘板压应力、挂篮支点下腹板局部应力、下翼缘板受压稳定性、波形钢腹板剪切强度和稳定性，确保不超过规定的限值。波形钢腹板异部平行工法挂篮支撑在待浇节段波形钢腹板上，采用腹板承担大部分施工荷载。波形钢腹板部件施工时的受力状态相当于悬臂梁，且波形钢腹板轴向刚度很小，无法承担弯矩。挂篮荷载作用下，上翼缘板受拉，下翼缘板受压，N-2 节段顶板最前端截面相当于悬臂梁根部，为开孔板肋板和上翼缘板拉应力最不利位置，N-1 节段底板前端截面为下翼缘板压应力最不利位置。

第 10.2.2.5 条：波形钢腹板部件上翼缘钢板节段断缝、开孔板节段断缝、下翼缘钢板节段断缝应采取现场焊接措施，并保证焊缝质量不低于母材强度。上翼缘板焊缝打磨平整，保证挂篮行走稳定。波形钢腹板部件施工状态下处于受弯状态，上翼缘板受拉，下翼缘板受压。若上翼缘板节段拼装缝不采取焊接措施，仅依靠腹板来承担弯矩，则拼装缝处腹板存在撕裂风险。同样，波形钢腹板下翼缘板如不采取焊接措施，压应力由波形钢腹板承担，而波形钢腹板轴向刚度很小，无法承担压力，会导致腹板产生较大下挠变形，挂篮存在倾覆风险。此外，上翼缘板存在拼装缝会导致挂篮在上翼缘板行走受阻，焊接后打磨平整，保证挂篮行走平稳。

第 10.2.3.1 条：波形钢腹板异部平行施工方法，适用于腹板与顶板采用双开孔板连接件构造的组合桥梁。波形钢腹板异部平行施工工法采用上翼缘板作为挂篮行走轨道，双开孔板和翼缘板能够形成凹槽，为挂篮支腿提供侧向限位，保证挂篮行走时不滑出轨道。

第 10.2.3.2 条：上翼缘板双开孔板之间若布置焊钉连接件，宜在挂篮移动出该节段后、绑扎顶板钢筋之前，在上翼缘板上现场焊接焊钉。挂篮以上翼缘板和两开孔板之间的凹槽为行走轨道，为避免挂篮移动受到阻挡，两开孔板之间不宜设置其他连接件，并宜保证开孔板之间无其他障碍物阻挡。

10.2.3.3 波形钢腹板异部平行施工方法，适用于腹板与底板采用带有钢翼缘板连接件构造（如翼缘型结合部、外包型结合部）的组合桥梁。波形钢腹板异部平行施工工法采用波形钢腹板部件承担大部分施

工荷载，波形钢腹板部件处于受弯状态，构件上缘受拉，下缘受压，波形钢腹板轴向刚度很小，腹板无法承担轴向压力，应在下缘设置下翼缘板抗压。

10.2.4.1 波形钢腹板安装完成后，同一节段相邻两波形钢腹板之间应设置横向支撑。横向支撑应进行设计计算，能够将相邻两腹板连成整体，并确保横撑自身杆件和腹板在施工中不发生失稳。异部平行法采用悬臂波形钢腹板部件承担大部分施工荷载，波形钢腹板的最不利失稳模式为侧向倾覆，因此应必须保证腹板在施工中的侧向稳定性。不设置横向支撑的情况下很容易发生侧倾失稳。

11、顶推法施工

第 11.3.2 条：导梁的两侧波形钢腹板间应安装支撑系统，以确保顶推过程中导梁不发生横向扭曲。顶推过程中，导梁处的波形钢腹板受力较大，应设置支撑装置，防止波形钢腹板变形。

12、连接件施工

第 12.3.1 条：连接件的成型及开孔宜在专业钢结构加工厂进行，按设计位置及孔径实施，孔径偏差不大于 1 mm，孔位偏差不大于 2mm。为便于连接件开孔板中钢筋的安装，宜将开孔板构造设置成长孔型。将开孔板构造设置成长孔型，可以提高开孔板中贯穿钢筋的安装，经过试验发现，长孔型相比圆孔型的开孔板竖向抗剪承载力提高了 36%。

第 12.4.2 条：波形钢腹板与混凝土底板交接界面混凝土收面时，宜设置外倾的横坡，便于积水排除，保持交接界面的干燥。必要时，可以在接缝处设置密封胶将缝隙封闭。在波形钢腹板组合梁桥中，波

形钢腹板与混凝土的连接部位十分重要。当波形钢腹板与混凝土底板连接部位采用嵌入式连接件连接时，由于波形钢板被直接埋入混凝土底板，雨水、露水或油污等有可能从钢混交界面处流入，造成钢板的锈蚀，影响结合部受力及降低桥梁使用寿命。所以，对于嵌入式连接件施工，波形钢腹板与混凝土底板交接界面混凝土收面时，宜设置外倾的横坡，便于积水排除，保持交接界面的干燥。必要时，可以在接缝处设置密封胶将缝隙封闭，避免水汽进入结合部内。

第 12.5.2 条：保证外包型连接件的下翼缘托底钢板水平，不发生翘曲，保证与底板混凝土的结合质量。当外包型连接件的下翼缘托底钢板发生变形时会影响托底钢板之间的焊接连接及结合部混凝土的浇筑，因此要保证外包型连接件的下翼缘托底钢板不发生翘曲。

13、内衬混凝土、水平隔板施工

第 13.3.1 条：首段水平隔板可以在箱室内搭设支架进行浇筑。当波形钢腹板组合箱梁箱室内设置水平隔板时，首段水平隔板施工时因为箱梁悬臂节段太短及 0 号块附近的竖向隔板等影响，采用搭设支架进行浇筑施工较为方便，后续节段的施工可以在挂篮上增设滑梁和模板，与箱梁顶、底板一同浇筑。

14、体外预应力筋施工

第 14.3.1 条：体外预应力束锚固区和转向块的施工应与主体结构同时考虑，预埋的锚固件及管道的位置和方向严格符合设计要求。无设计要求时，其安装位置允许误差控制在 $\pm 5\text{ mm}$ ，角度允许误差控制在 $\pm 0.5^\circ$ 。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本指南研制过程中无重大分歧意见。

七、标准实施的措施

本指南实施前，应开展足够的宣传贯彻活动，使涉及到广西波形钢腹板组合桥梁建设的各方及早理解、掌握标准内容，做好技术准备、革新新施工管控流程，积极推广应用指南，及时反映指南适用情况和效果，为指南的后续修订工作积累经验和支撑数据。同时，指南出版时本单位将出版的指南文件免费寄送至指南的主要使用单位，指南使用单位也可从广西交通运输标准化技术委员会以及广西壮族自治区交通运输厅门户网站免费下载指南文本。

八、其他应当说明的事项

无。

广西交通运输行业指南《公路波形钢腹板组合梁桥施工技术规范》

编制组

2025 年 3 月 9 日