

ICS 93.080

P 28

DB**

陕西省地方标准

DB **/ ****—****

大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁 悬浇施工质量控制与验收规程

code for quality control and acceptance of cantilever construction of PC

composite bridges with corrugated steel webs

(征求意见稿)

****_**_**发布

****_**_**实施

陕西省质量技术监督局 发布

目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本规定.....	2
5 材料.....	2
6 施工准备.....	3
7 波形钢腹板加工与运输.....	3
8 传统悬浇法施工.....	7
9 异步平行法施工.....	12
10 施工监控.....	14
11 质量评定.....	15
附 录 A.....	21
附 录 B.....	22
附 录 C.....	23

前 言

本标准按照GB/T 1.1-20090《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

本标准由陕西交通控股集团有限公司提出并归口。

本标准起草单位：陕西交通控股集团有限公司 西安公路研究院有限公司

本标准主要起草人：

本标准由陕西交通控股集团有限公司负责解释。

本标准为首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西交通控股集团有限公司

电话：029-87832052

地址：陕西省西安市雁塔区太白南路9号

邮编：710065

大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁悬浇施工质量控制与验收规程

1 范围

本标准规定了大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁悬浇施工基本规定、材料、施工准备、波形钢腹板加工与运输、传统悬臂浇筑施工、异步平行施工、施工监控及质量评定。

本标准适用于跨径大于 80m 公路波形钢腹板预应力混凝土组合结构桥梁的悬浇施工质量控制与验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 714 桥梁用结构钢
- GB 50661 钢结构焊接规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1229 钢结构用高强度大六角头螺母
- GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 10433 电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T 3651 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范
- JTG/T D64-01 公路钢混组合结构桥梁设计与施工规范
- JTG/T 3650-01 公路桥梁施工监控技术规程
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- CJJ/T 272 波形钢腹板组合梁桥技术标准
- JT/T 784 组合结构桥梁用波形钢腹板
- JTG 5120 公路桥涵养护规范
- DB 61/T 1315 公路波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥设计与施工技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

波形钢腹板组合梁桥 composite girder bridges with corrugated steel webs

腹板为波形钢板并通过抗剪连接件使腹板与混凝土顶板、底板共同受力的钢混凝土组合梁桥。

[来源：CJJ/T 272-2017，2.1.1]

3.2

传统悬臂浇筑法 cantilever casting method

以桥墩为中心的顺桥向两侧，采用专用设备对称平衡地整块段向跨中浇筑混凝土梁体，并逐段施加预应力的施工方法。

3.3

异步平行法 different parallel method

在悬臂施工中，利用已安装的波形钢腹板作为承重结构，节段混凝土顶底板错位异步浇筑的施工方法。

3.4

节段长度 length of segment

根据节段重量及悬臂施工要求划分的施工长度，一般为波形钢腹板波长的整数倍。

3.5

内衬混凝土 inner lining concrete

波形钢腹板预应力混凝土组合桥梁在墩顶附近一定范围内，波形钢腹板内侧设置的混凝土。

[来源：CJJ/T 272-2017，2.1.14]

3.6

抗剪连接件 shear connector

用于连接波形钢腹板与混凝土，保证两者共同工作的部件。

4 基本规定

4.1 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁悬浇施工质量控制与验收应符合 JTG/T 3650、JTG/T 3651、JTG F80/1 及设计文件的规定。

4.2 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁施工前应编制施工组织方案，并编制波形钢腹板制造、安装以及 0 号块大体积混凝土专项施工技术方案。

4.3 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁建设应按照 JTG/T 3650-01 的规定进行施工监控；应参照 JTG 5120 设置永久性观测系统。

4.4 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁施工宜推行标准化、工厂化、自动化、装配化和信息化施工，并推广使用可靠的新技术、新工艺、新材料和新设备。

4.5 波形钢腹板预应力混凝土组合结构桥梁悬臂浇筑施工可采用传统悬臂浇筑法或异步平行法。传统悬臂浇筑法和异步平行法施工流程见附录 A 和附录 B。

5 材料

5.1 钢材和焊材

5.1.1 波形钢腹板用的钢材宜采用质量等级 G 级及以上级别的碳素结构钢、低合金高强度结构钢或桥梁用结构钢，其质量要求应符合 GB/T 700、GB/T 1591 和 GB/T 714 的规定。采用耐候钢时，其力学性能、工艺性能及冲击性能应符合 GB/T 714、GB/T 4171 和 GB/T 4172 的规定。

5.1.2 钢材表面质量应符合 GB/T 14977 的规定。

5.1.3 翼缘板、剪力连接件及焊接材料的材质应与主体钢材相匹配。

5.1.4 栓钉连接件的材料应符合 GB/T 10433 的规定。

- 5.1.5 焊接材料应符合 GB 50661 的相关规定，焊接材料质量管理应按 JB/T 3223 的规定执行。
- 5.1.6 高强度螺栓、螺母、垫圈的技术条件应符合 GB/T 1231、GB/T 3632 的规定。

5.2 混凝土

混凝土的材料参数应按 JTG 3362 中的规定采用。

5.3 钢筋和预应力钢束

- 5.3.1 钢筋与预应力筋应符合设计文件和 JTG 3362 的相关规定。
- 5.3.2 体内预应力筋应符合 GB/T 5224 的规定，体外预应力筋应符合 JG/T 161 的规定。
- 5.3.3 体外预应力筋宜采用工厂制造的环氧涂层钢绞线和热挤 HDPE 钢绞线成品索，应符合 JT/T 876 和 GB/T 18365 的规定。

5.4 其他材料

- 5.4.1 防腐涂装材料应符合 JT/T 722 的规定。
- 5.4.2 锚具、夹具和连接器性能和质量应符合 GB/T 14370 的规定。
- 5.4.3 波纹管性能和质量应符合 JTG/T 3650 的规定。

6 施工准备

- 6.1 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁施工前应熟悉设计文件、领会设计意图，且应由设计单位进行设计交底。
- 6.2 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁施工前可根据施工方式、设备、节段重量、结构受力等方面条件与设计单位确定节段划分合理长度。
- 6.3 施工前应按照 JTG/T 3650 的规定建立健全质量保证体系及质量管理体系、安全生产管理体系、环保管理体系。
- 6.4 波形钢腹板加工制造前，制造厂应对设计文件进行工艺性审查，编制制造工艺方案、焊接工艺评定报告、涂装工艺方案等和制造验收规则，并经批准后执行。
- 6.5 波形钢腹板组合结构桥梁在进行施工之前，可根据施工需要进行必要的试验和研究，并确定相关施工工艺。
- 6.6 施工前应根据结构跨径及精度要求编制施工量测方案，选定控制量测等级，确定量测方法。
- 6.7 大跨径波形钢腹板 PC 结构桥梁施工监控实施前应依据设计文件和经批复的施工组织设计编制监控方案。

7 波形钢腹板加工与运输

7.1 工艺流程和要求

- 7.1.1 波形钢腹板制作前，应按 GB 50205、JT/T 784、JT/T 722、设计文件和本规程的要求，编制制作工艺指导书。
- 7.1.2 波形钢腹板工厂制作流程为：切割和制孔→边缘加工和矫正→成型→剪力连接件制作和安装→预处理、组拼和连接→表面清理和涂装→包装、存放和运输，见图 1 所示。

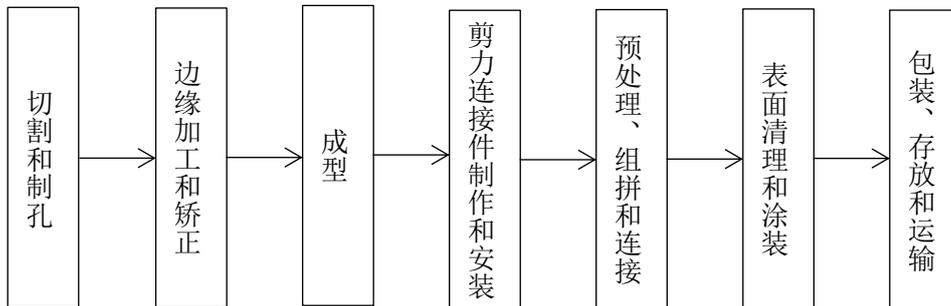


图 1 波形钢腹板工厂制作流程

7.1.3 波形钢腹板应由具有相应资质的厂家加工制造。

7.1.4 波形钢腹板制作时，宜结合桥梁结构构造、成桥线形的要求以及安装施工的特点，考虑预拱度、纵坡、平曲线等对下料尺寸影响，同时结合现场实施情况及时调整，宜分多批次制作。

7.2 切割和制孔

7.2.1 切割符合下列要求：

- 切割前应对钢板进行平直度检验，且应对检验未达标的钢板进行冷矫正，控制钢板平直度在 GB/T 709 规定的范围内。
- 切割前应将钢板表面的浮锈、污物清除干净。钢板应放平、垫稳，割缝下面应留有空隙。
- 碳素结构钢在环境温度低于 -20°C 、低合金结构钢在环境温度低于 -15°C 时，不得进行切割加工。
- 厚度小于或等于 20mm 的钢板宜采用数控等离子水下切割；厚度大于 20mm 的钢板宜采用数控火焰切割。
- 机械剪切仅适用于厚度小于 10mm 且剪切后边缘需再加工的钢板，其允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；手工气割仅适用于次要零件且切割后边缘需再加工的钢板，其允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

7.2.2 制孔符合下列要求：

- 制孔前需对螺栓孔位置进行准确的测量放样，考虑理论与实际成型的差异。
- 制孔工艺应采用数控钻床或标准钻孔样板，宜选用数控钻床钻孔。
- 钻孔过程需考虑钻头的磨损，应经常检查钻头直径和孔径精度。
- 螺栓孔的孔径容许偏差为 $+0.7\text{mm}$ ；孔壁垂直度容许偏差不大于 $\pm 0.3\text{mm}$ ，孔壁表面粗糙度不大于 $25\mu\text{m}$ ，且孔缘无损伤不平、无刺屑。
- 螺栓孔距容许偏差应符合 JT/T 784 的规定，有特殊要求的孔距偏差应符合设计文件的规定。

7.3 边缘加工和矫正

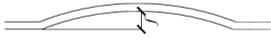
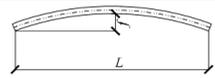
7.3.1 边缘加工符合下列要求：

- 切割后需焊接的边缘应进行机械焊接坡口加工。无需焊接的边缘，采用气割的部件应进行边缘机械加工，而采用数控等离子和火焰切割的部件可不进行边缘加工。
- 坡口加工可采用冷加工磨削方法，坡口尺寸应符合标准坡口图样要求。
- 机械加工的部件边缘加工深度不得小于 3mm(边缘硬度不超过 HV350 时，加工深度不受此限)，加工面表面粗糙度 Ra 不低于 $25\mu\text{m}$ 。

7.3.2 矫正符合下列要求:

- a) 钢板应采用冷矫正。矫正后的钢板表面不应有明显凹痕或损伤，划痕深度不应大于其厚度负容许偏差的 1/2。
- b) 钢板矫正技术方法按 JT/T 784 的规定执行。
- c) 钢板矫正容许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 钢板矫正容许偏差

零件	检查项目	简图	容许偏差 (mm)	备注
波形钢腹板	平面度		$f \leq 1.0$	每米范围
	直线度		$L \leq 8000, f \leq 2.0$ $L > 8000, f \leq 3.0$	全长范围

7.4 成型

7.4.1 波形钢腹板成型应采用冷成型，成型工艺可采用模压法或冲压法。

7.4.2 成型角度控制符合下列要求:

- a) 波形钢腹板成型的转角半径一般应不小于 15 倍板厚。
- b) 若波形钢腹板成型的转角半径达不到 15 倍板厚，当满足表 2 规定的夏比摆锤冲击试验要求，且化学成分中氮含量不超过 0.006% 时，其转角半径亦可为板厚的 7 倍或 5 倍以上。

表 2 钢板要求

弯曲半径	冲击韧性试验吸收能量 (J)	试验方法
板厚 7 倍以上	150 以上	GB/T 229
板厚 5 倍以上	200 以上	

7.4.3 压制成型的波形钢腹板不应有冷弯裂纹、趋势性断裂、浪边、角部裂纹、角部褶皱、纵向弯曲、扭曲等缺陷。

7.5 剪力连接件制作和安装

7.5.1 栓钉连接件符合下列要求:

- a) 栓钉布置间距及其外侧边缘与翼缘钢板边缘的距离应严格按照设计要求进行控制。
- b) 栓钉连接件表面可不进行表面处理，但应无锈蚀、氧化皮、油脂和毛刺等缺陷，且杆部表面不得有影响使用的裂缝。
- c) 栓钉焊接过程中，翼缘钢板应采取有效措施控制其焊接变形。翼缘钢板横向最大焊接变形不得超过 1mm，纵向最大焊接变形 1m 范围内不得超过 1mm。
- d) 当波形钢腹板与混凝土底板采用栓钉连接件时，翼缘板上应设置出气孔以确保翼缘板下混凝土浇筑密实。角钢连接件和开孔钢板连接件的翼缘板也应符合此规定。

7.5.2 角钢连接件要求如下:

- a) 角钢连接件应由工厂制造，孔径偏差不得大于 1mm，孔位偏差不得大于 2mm。
- b) 角钢安装应严格控制翼缘板高程，不得采用填塞焊形式调整连接件高程。
- c) 角钢连接件的 U 形钢筋与角钢的焊接连接宜在工厂完成。

7.5.3 开孔钢板连接件符合下列要求:

- a) 开孔钢板成型及翼缘板、钢板开孔、焊接应在专业钢结构加工厂进行，应严格按照设计要求加工，孔径偏差不得大于 0.7mm，孔位偏位不得大于 0.5mm。
- b) 波形钢腹板与翼缘板的焊接、开孔钢板与翼缘板的焊接应采用熔透焊或坡口焊，焊缝等级应达到 II 级及以上。

7.5.4 嵌入型连接件要求如下：

- a) 嵌入连接件的接合钢筋与波形钢腹板的焊接连接应在工厂内完成，焊缝等级应达到 II 级及以上。
- b) 在波形钢腹板与混凝土底板交接界面上应采取密封措施防水、防结露，并设置排水横坡。
- c) 嵌入式连接件埋入混凝土部分无需涂装或只涂一层底漆即可。

7.5.5 外包式连接件要求如下：

- a) 托底钢板、腹板、加劲板的焊接应在工厂内完成，焊缝等级应达到 II 级及以上。
- b) 托底钢板应符合桥梁线形要求。

7.5.6 连接件焊接施工、检验应符合 GB 50661 和 JTG/T 3650 的相关规定。

7.6 预处理、组拼和连接

7.6.1 预处理符合下列要求：

- a) 组拼前，波形钢腹板应进行抛丸预处理，且应在 24h 内进行组拼。
- b) 预处理后，在待焊区域或焊缝边缘 30mm~50 mm 内的部位，应清除尘土、油污、熔渣、水分、铁锈等有害物，使其表面显露出金属光泽。

7.6.2 组拼符合下列要求：

- a) 组拼前，需标记和按顺序放好已成型的波形钢腹板节段，以确保组拼组流畅度。
- b) 组拼应在作业车或标准胎膜上进行，平台或胎膜要求牢固平整，以保证波形钢腹板组拼精度。
- c) 波形钢腹板在作业车或标准胎膜上放好后，需在连接前调整间隙缝宽，且在施焊前校核其长、宽、高等几何尺寸，确保施焊后满足设计要求。

7.6.3 连接符合下列要求：

- a) 每个施工节段的波形钢腹板应在工厂内整体制作，工厂焊接宜采用全自动或半自动装备焊接。
- b) 波形钢腹板波段间纵向连接应采用对接埋弧焊接。
- c) 波形钢腹板为接高而进行的工厂水平连接应采用对接焊接，不宜采用螺栓连接。
- d) 波形钢腹板焊接完毕且冷却到常温后，应对所有焊缝在全长范围内进行外观检查，并符合 JTG/T 3650 8.6 的规定。
- e) 外观检验合格的焊缝应在 24 小时后进行超声波无损检测。超声波探伤无法判断焊缝缺陷时，应采用射线、磁粉等其他方法进行检验。焊缝的质量等级、检验等级、探伤方法、探伤比例及探伤部位应符合 JTG/T 3650 8.6 的规定。

7.7 表面清理和涂装

7.7.1 表面清理符合下列要求：

- a) 表面清理应采用喷砂或抛丸的方法进行二次除锈、将表面氧化皮、铁锈以及其他杂物清除干净，除锈等级应符合设计要求。设计未规定时，除锈等级应达到 GB/T 8923.1 的规定的 Sa3 级，表面粗糙度 R_z 应达到 $60\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。
- b) 除锈达标后，连排面应进行喷铝防锈处理。

7.7.2 波形钢腹板防腐涂装应符合 JT/T 722 的规定，且出厂前应完成基础涂装，如采用耐候钢，埋入混凝土部分应进行基础涂装。

7.8 包装、存放和运输

7.8.1 包装符合下列要求：

波形钢腹板应采用贴膜等成品保护措施。在每块波形钢腹板上有合格标牌，标牌应牢固可靠地粘贴在钢板内侧，并确保在运输和安装过程中不得脱落或损坏，标牌上注明波形钢腹板编号、规格型号、安装位置、重量、制造厂家、工程名称、生产日期等。

7.8.2 运输与堆放符合下列要求：

a) 运输、贮存时波形钢腹板可多层叠放，层数不宜超过 6 层，每层钢腹板应支承在与其外形相同的木块或混凝土存放垫上，避免波形钢腹板的整体变形；

b) 运输计划：应包括运输方法，超宽超高警示装置、运输路线、运输工程名称、运输单位、质量管理、安全管理以及紧急时刻的联络机制。

7.8.3 波形钢腹板运输前需根据相关政策要求办理大件运输手续。

8 传统悬臂浇筑法施工

8.1 墩顶 0 号块施工

8.1.1 墩顶梁段 0 号块施工流程：搭设支（托）架→波形钢腹板安装→钢筋工程→混凝土工程→预应力工程→临时固结→挂篮安装。

8.1.2 墩顶梁段 0 号块支（托）架及模板需符合下列要求：

a) 墩顶梁段 0 号块可采用落地支架或托架施工，支（托）架形式应结合桥墩高度和断面大小，基础情况及梁体悬臂长度，墩底地形、地质、水文和交通情况，上部结构荷载情况等经综合比选后确定。

b) 横隔板模板制作和架立应牢固可靠，尺寸准确，适应箱梁顶板横坡。

8.1.3 波形钢腹板安装要求见 8.3 节。

8.1.4 墩顶梁段 0 号块混凝土施工需符合下列要求：

a) 墩顶梁段 0 号块大体积混凝土应采取温度控制措施，可分层浇筑，分层宜根据温控设计的要求及浇筑能力合理确定。

b) 浇筑混凝土时注意保护体外预应力转向和锚固装置。

c) 内衬混凝土应与顶、底板混凝土同时对称浇筑。

8.1.5 墩顶梁段 0 号块临时固结采用精轧螺纹钢时，应在墩顶梁段达到设计强度后及时张拉，张拉力应符合设计要求。

8.1.6 悬臂浇筑前，应对 0 号块的高程、轴线进行复核，符合设计要求后，方可进行下一步施工。

8.1.7 墩顶 0 号块钢筋、混凝土工程及预应力工程施工其他要求应符合 JTG/T 3650 的规定，挂篮安装要求见 8.2 节。

8.2 挂篮要求及安装

8.2.1 应根据上部结构波形钢腹板的特殊性 & 施工条件进行挂篮设计，挂篮应根据实际可能发生的作用及其最不利组合进行设计计算，适当提高挂篮后锚点安全系数。

8.2.2 0 号节段施工时，须设置挂篮的预留孔和预埋件。

8.2.3 挂篮安装宜按以下流程：挂篮进场验收→主桁架走行系统安装及定位→前、后上横梁安装→吊带（杆）安装→底篮前后横梁安装→底篮纵梁及平联安装→底模板拼装及固定→底篮提升固定→翼缘板及内顶模板系统安装。

8.2.4 吊装前，应调试、准备好吊装机具，清理好 0 号节段顶面，并应精确标明桥梁的轴线、高程

控制点和支撑位置。

8.2.5 挂篮安装应符合下列要求：

- a) 挂篮安装前，应根据施工现场环境、起重机械性能、位置和吊装物件情况等，编制安装方案和操作安全技术细则，并对施工作业人员进行技术交底。
- b) 支点与连接纵梁、前后上横梁焊接牢固之前，应采取临时稳固措施。
- c) 挂篮所使用的预留孔应准确设置，并保持孔道垂直。
- d) 构件吊装前，应确定构件的吊装重心，合理确定吊点位置。
- e) 起重吊装作业时必须严格执行有关安全操作规程。
- f) 主桁吊装到位后，必须先安装后锚固。各吊带（杆）连接销轴和插销必须按规定安装齐全到位，并在检查确认合格后方可进行下一道工序施工。
- g) 挂篮应在墩顶现浇段施工完成后安装，并应在挂篮尾部采取措施保证施工安全，挂篮的支脚必须调平。

8.2.6 挂篮使用前，应对其制作及安装质量进行全面检查，并按悬臂浇筑最大节段重量的 1.2 倍进行预压试验，合格后方可使用。

8.2.7 挂篮的主要参数及其它安装要求应按照 JTG/T 3650 执行。

8.3 波形钢腹板安装

8.3.1 波形钢腹板安装应设置临时支撑架，且在安装前应对临时支架、支撑、吊机等结构进行强度、刚度、稳定性验算。

8.3.2 未经批准不得对波形钢腹板进行临时性的焊接和切割作业。

8.3.3 波形钢腹板安装流程：施工放样→吊装及临时固定→定位及固定→节段连接。

8.3.4 波形钢腹板施工放样应按照 JTG/T 3650 执行。

8.3.5 波形钢腹板施工前需根据现场条件选择塔吊、吊车、挂篮起吊等合理的吊装方式。吊装设备的选型依据施工场地情况、当地资源情况、选择安全适用、经济性合理的设备。若采用挂篮系统起吊安装，应进行专项设计，经批准后实施。吊装方式的选择宜遵循以要求：

- a) 主墩较高时，塔吊工作区域可选择塔吊吊装；后续块段可采用临时运输车结合挂篮吊装。
- b) 主墩较低时，可采用吊车吊装方式。
- c) 具有通航条件时，可采用驳船运输到相应位置后挂篮吊装或浮吊吊装。

8.3.6 波形钢腹板安装前，应在底模板上标记出底板钢筋及波形钢腹板位置，避免底板钢筋与波形钢腹板的下翼缘连接件互相干扰。

8.3.7 多箱室波形钢腹板安装，宜按照先边腹板，后中腹板的顺序进行。

8.3.8 波形钢腹板吊装应注意如下事项：

- a) 吊装前，必须检查钢丝绳、吊钩是否符合要求，不符合要求时更换。
- b) 吊装前必须检查确认波形钢腹板编号是否正确，有无变形，如变形，应矫正后吊装。
- c) 吊装前应做好波形钢腹板定型加固，以防止因吊装使波形钢腹板产生变形。
- d) 吊装应缓慢进行，吊件起吊离地后，应暂停顿，观察吊件挂钩是否稳妥，确认无误后，再继续吊装。
- e) 六级及以上大风、雷雨、大雾天气时禁止起吊作业。

8.3.9 波形钢腹板安装宜按以下步骤执行：

- a) 在模板面准确定位钢腹板的投影位置。
- b) 安放钢腹板衬垫，衬垫可采用大于 $\Phi 20$ 的钢筋或型钢制作。
- c) 将钢腹板放在衬垫上，采用临时支撑（图 2）固定内外侧波形钢腹板成为整体，并应留有可调整余地。波形钢腹板加工时在钢腹板内侧焊接临时固定耳板；在钢腹板前、后各设一组水平拉

杆（上、下设置）和可调剪刀撑，临时固定并形成整体（型钢和可调螺杆的规格应根据工程具体情况经设计计算确定）。定位内支撑应保证抗倾覆、稳定、钢腹板竖直度及面内平整度。

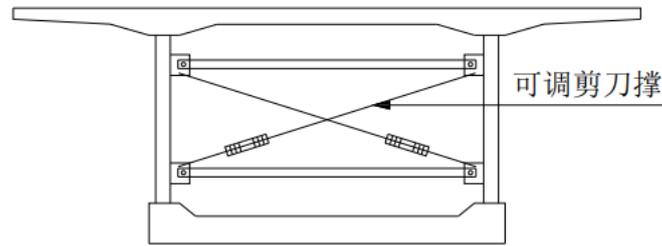


图 2 临时固定支撑示意图

- d) 根据纵坡要求，通过底部衬垫调整钢腹板纵向的倾斜角度。
 - e) 应严格控制首块波形钢腹板的定位精度，其定位质量标准要符合 11.2 节规定。局部微调采用撬棍时应外包麻布，防止损伤钢腹板。
 - f) 拆除临时斜撑，调整可调剪刀撑，使钢腹板的位置和垂度符合设计和施工控制要求。
 - g) 上紧支撑体系的所有螺帽将钢腹板定位，安装完成。
- 8.3.10 波形钢腹板定位应采用桥梁测量控制网，按照横、纵、竖向坐标进行空间定位，空间定位时需考虑主梁在平纵曲线上的影响，精度应符合本标准 11.2 节规定。
- 8.3.11 波形钢腹板节段间的连接接头应采用表 3 所示的高强度螺栓连接、对接焊缝连接和角焊缝搭接连接。

表 3 波形钢腹板节段连接

对接焊接	贴角焊接	高强度螺栓连接

8.3.12 高强度螺栓连接要求：

- a) 高强度螺栓的施工预拉力应符合设计要求。高强度螺栓连接副应按出厂批号复验扭矩系数，每批号抽验不少于 8 套，其平均值和标准偏差应符合设计要求。设计无要求时平均值应为 0.11~0.15，其标准偏差应小于或等于 0.01，复验数据应作为施拧的主要参数。
- b) 高强度螺栓长度应与拼装图的规定一致。高强度螺栓应顺畅穿入孔内，不得强行敲入，穿入方向应全桥一致。被栓合的板束表面应垂直于螺栓轴线，否则应在螺栓垫圈下面加垫斜坡垫板。高强度螺栓不得作为临时安装螺栓。
- c) 施拧高强度螺栓应按一定顺序，宜从板束刚度大、缝隙大处开始，大面积节点板应由中央向四周边缘辐射进行，最后拧紧端部螺栓，并应在当天施拧完毕。施拧时，不得采用冲击拧紧、间断拧紧，不得在雨中作业。
- d) 构件采用焊接与高强度螺栓混合连接时，宜先初拧高强度螺栓再焊接，待焊缝经检验合格后再进行高强度螺栓的终拧。

8.3.13 波形钢腹板焊接连接要求：

- a) 波形钢腹板节段之间的焊接连接，应在节段就位、固定并检查合格后进行。
- b) 焊接前应做焊接工艺评定试验，施焊应严格按已评定的焊接工艺进行，并应采用钢丝砂轮对焊缝进行除锈，且焊接应在除锈后 24h 内进行。
- c) 焊接时应设立防风、防雨设施；焊接的环境要求为：风力小于 5 级，温度应高于 5℃，相对湿度应小于 80%，在箱梁内焊接时应有通风防护安全措施。
- d) 波形钢腹板现场焊接完成后，应对焊缝质量进行检测，合格后方可进行下道工序。

8.3.14 波形钢腹板现场焊接的无损检测应满足下列要求:

- a) 应对接口线的全长进行肉眼观测,外观质量满足 11.2.3 要求。
 - b) 在顶板和底板附近部分,焊缝检查应采用超声探伤方法,探伤部位为焊缝两端各 250mm~300mm。
 - c) 对于对接接头,应通过超声探伤试验进行内部缺陷检查,且焊缝等级应满足 JT/T 784 要求。
- 8.3.15 工地焊接连接及栓连接的其他要求应符合 JTG/T 3651 的规定。

8.4 标准段施工

8.4.1 大跨径波形钢腹板标准段施工流程:波形钢腹板安装→钢筋工程→混凝土工程→预应力工程→挂篮移动(拆除)。

8.4.2 波形钢腹板安装要求见 8.3 节;钢筋工程、混凝土工程施工应符合 JTG/T 3650 的规定。

8.4.3 钢混结合部的混凝土浇筑前,应清除波形钢腹板及连接件上的污垢,保持表面清洁。

8.4.4 钢混结合部混凝土施工应符合下列规定:

- a) 混凝土浇筑过程中,应保证连接件周围混凝土的密实性。在翼缘型连接件与底板连接区域,应充分振捣,确保翼缘板下的混凝土浇筑密实;对钢筋较为密集的结合部,宜采用较小直径的振捣棒或采用自密实混凝土,必要时可采用附着式振捣器。
- b) 对直立栓钉,宜采用平板式振捣器;对侧立栓钉,宜选用较小直径的插入式振捣棒,避免触碰栓钉造成损坏。
- c) 浇筑内衬混凝土时,可采用自密实混凝土及附着式振捣器振捣,保证混凝土的密实性。

8.4.5 预应力筋张拉顺序应符合设计要求;当无具体设计要求时,应按先纵向、后横向的顺序进行预应力筋张拉。

8.4.6 体内预应力施工需符合下列要求:

- a) 预应力筋张拉应符合设计规定。张拉前应进行孔道摩阻力试验。
- b) 预应力筋张拉前,应清理锚具,疏通压浆孔;检查锚垫板与预应力管道是否垂直;检查锚垫板处混凝土质量,并进行油泵及千斤顶调试,保证张拉时压力平稳。
- c) 压浆时,浆体温度应在 5℃~30℃之间。冬季压浆过程中及压浆后 3d 内,梁体混凝土温度不应低于 5℃,否则应采取预热和保温措施。夏季压浆当气温高于 35℃时,应在夜间气温较低时进行。

8.4.7 挂篮前移前应做好下列准备工作:

- a) 测量标出已施工节段的轴线及高程,并宜按间距不大于 0.5m 测量标出移位位置横向标线,应观测和保证 T 构两侧挂篮同步对称前移。
- b) 铺设滑道或安放滚轮箱等走行设施。
- c) 应详细检查挂篮的结构状态和各部位连接情况并做好记录,对发现的缺陷应及时整改、纠正。
- d) 解除挂篮主桁架后锚点和前支点处的锚固,或增设后锚行走保险纵梁。
- e) 安装并调试前移动力装置。

8.4.8 挂篮前移应符合下列要求:

- a) 挂篮前移应根据不同移动方式(滑动式、滚轴式、支架滚轮等)、驱动动力(千斤顶和液压驱动走行)的操作要求进行,应保持主桁处于水平状态。挂篮前移不得使用卷扬机钢丝绳作为牵引动力。
- b) 挂篮移动就位时轴线偏差不应大于 5mm。
- c) 挂篮移动时前后端应有牢固可靠的防倾覆、防溜走的保护措施。

8.4.9 挂篮拆除应按设计要求进行，两侧荷载偏差不得大于设计允许值。

8.4.10 挂篮施工完成后，预留孔应逐一填筑密实。

8.5 边跨现浇段施工

8.5.1 边跨现浇宜采用支架法施工，遇到高墩、深水、深谷及地质不良的环境，无法架设支架，可采用托架等方式。

8.5.2 边跨段施工过程中，应采取完善的临时排水设施，确保支架基础的稳定。

8.5.3 边跨现浇支架、模板、钢筋及混凝土工程施工应符合 JTG/T 3650 的规定。

8.6 合龙段施工

8.6.1 合龙段施工流程：合龙锁定→波形钢腹板安装→钢筋工程→混凝土工程→预应力工程→体系转换。

8.6.2 应测量箱梁顶面标高及轴线，连续测试温度影响偏移值，观测合龙段在温度影响下梁体长度的变化。

8.6.3 合龙顺序应按设计要求进行，设计无要求时，一般先边跨，后次中跨，再中跨。多跨一次合龙时，必须同时均衡对称合龙。

8.6.4 连续梁合龙段长度及体系转换应符合设计规定，应按照设计要求临时联结两悬臂端内合龙口，两悬臂端合龙施工荷载不相等时，应适当压重调整。

8.6.5 合龙段波形钢腹板的吊装、连接等应符合本标准 8.3 的规定，并按照以下步骤执行：

- a) 测量合龙段实际尺寸，确定波形钢腹板长度。
- b) 调整合龙段两端的标高至符合设计要求。
- c) 锁定合龙段。
- d) 将波形钢腹板吊装就位。
- e) 波形钢腹板连接。

8.6.6 合龙段吊架、模板、钢筋及混凝土工程施工应符合 JTG/T 3650 的规定。

8.7 体外预应力施工

8.7.1 体外预应力束进场时应分批验收，对质量证明书、包装、标志和规格等进行检查。

8.7.2 体外预应力束的外表面不应有划痕，锚具的外表面镀锌层不应有损伤。

8.7.3 体外预应力束安装过程中应采取保护措施，防止预应力束 PE 护套等损伤。

8.7.4 体外预应力张拉用机具设备除应满足 JTG/T 3650 的规定外，宜采用防振油表，标定精度不宜小于 0.4 级，油表的精度不宜小于 0.4MPa。

8.7.5 体外预应力束张拉需符合下列要求：

- a) 采用千斤顶进行整体张拉时，应在两端对称同步张拉，并测量每一级的伸长值。
- b) 在进行单根张拉时，体外索钢绞线应采用先单根安装和初应力张拉，再进行分级、对称和同步整体张拉的方法。
- c) 采用两台及以上千斤顶同步张拉预应力时，各千斤顶之间同步张拉力的允许误差不应大于 2%。
- d) 相邻两跨体外索钢绞线张拉力的差值应符合设计文件的要求。

8.7.6 体外预应力束采用应力控制方法张拉时，以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求。在设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在±6%以内，否则暂

停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉到位。

8.7.7 体外预应力束的张拉应对称、均衡、分级进行，并检查张拉过程中各转向器处索体保护套的完整性，变形较大时应停止张拉，待原因排除后再进行施工。

8.7.8 体外预应力张拉控制力应符合下列规定：

- a) 体外预应力束张拉控制力应满足设计要求。
- b) 应根据锚具厂家要求，确定限位槽深度，并明确锚具夹片回缩量，通过控制锚下张拉力，补偿锚具回缩引起的预应力损失。
- c) 体外预应力束应分级张拉，分级等级宜按照 20%、80%和 100%进行控制。
- d) 张拉过程中应控制钢束的总应力及单根钢绞线的应力偏差。

8.7.9 体外预应力束张拉完成后，锚具应设置全密封防护罩、防护罩内灌注油脂或其它可清洗的防腐材料。体外预应力束张拉检验合格后应安装减振器，及时封锚。

9 异步平行法施工

9.1 施工流程与要求

9.1.1 异步平行法浇筑标准节段宜分为 $n-1$ 段顶板、 n 段底板、 $n+1$ 段波形钢腹板三个独立施工面，并按以下施工流程作业：

- a) n 节段挂篮就位。
- b) $n-1$ 节段顶板钢筋施工， n 节段底板钢筋施工。
- c) $n-1$ 节段顶板混凝土浇筑、养护、脱模， n 节段底板混凝土浇筑、养护、脱模、混凝土连接面凿毛处理， $n+1$ 节段波形钢腹板安装、连接。
- d) $n-1$ 节段预应力筋张拉，挂篮前移，进入下一循环。

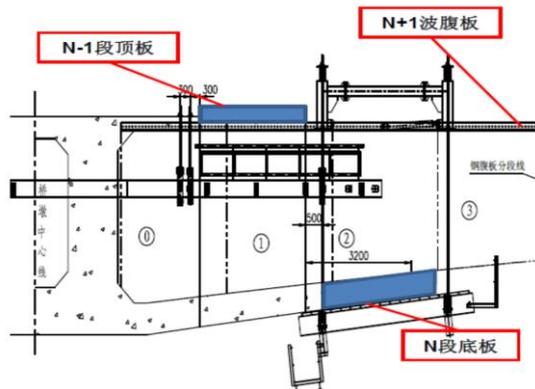


图3 异步平行法施工示意

9.1.2 异步平行法施工应编制专项施工方案。

9.1.3 异步平行法施工梁体节段的划分应与波形钢腹板的承载能力相匹配。

9.1.4 施工关键受力部位应进行局部安全性验算，必要时应对波形钢腹板上翼缘板挂篮作用部位进行加强。

9.1.5 波形钢腹板与顶板宜采用双开孔钢板连接件进行连接。上下翼缘板的焊接应采用全熔透对接焊。

9.2 挂篮安装

9.2.1 应根据上部结构波形钢腹板的特殊性 & 异步平行法施工工艺进行挂篮设计，应具有足够的强度、刚度和稳定性。

9.2.2 挂篮结构尺寸应满足波形钢腹板吊装空间要求，当采用挂篮进行波形钢腹板吊装和安装时，可在挂篮上部平杆上设置曲线滑道和电葫芦装置。

9.2.3 波形钢腹板安装完成后，利用钢腹板自承重能力，采用履带吊和塔吊在钢腹板上进行挂篮上下横梁底模板体系的安装。

9.2.4 每个吊点处根据受力大小宜采用不同规格千斤顶作为提升动力。

9.2.5 挂篮整体构造除满足 JTG/T 3650 规定外，还应满足下列规定：

a) 主承重梁利用波形钢腹板，应在波形钢腹板间设置临时支撑，确保波形钢腹板的纵向及横向刚度。

b) 挂篮悬吊构件宜采用钢板吊带，并设置防止损伤的防护体系。

c) 挂篮前、后支点一般应支承在波形钢腹板上翼缘板及开孔钢板之间，且宜设置减少挂篮前移阻力的装置。

d) 挂篮加工制作完成后应进行试拼装。

9.2.6 挂篮安装宜按以下流程作业：

挂篮进场验收→安装波形钢腹板间临时支架→底篮拼装场地清理→主桁架支腿安装及定位→前后上横梁安装→吊带(杆)→底篮前后横梁安装→底篮纵梁及平联安装→底模板拼装及固定→底篮提升固定→翼缘板及内顶模板系统安装。

9.3 行走系统

9.3.1 采用错位悬臂现浇施工的行走系统应进行专项设计。

9.3.2 挂篮在行走时的抗倾覆安全系数、锚固系统的安全系数及上水平限位的安全系数均不应不小于 2。

9.3.3 波形钢腹板上翼缘带 Twin-PBL 剪力连接件的凹槽可以用于行走挂篮并承担施工荷载，同时宜利用 Twin-PBL 剪力连接件临时固定。。

9.3.4 挂篮前移时，宜在其后方设置控制其滑动的装置或在滑道上设置止动装置；前移就位后，应立即将后锚固点锁定，防止倾覆。

9.3.5 行走系统及模板系统的安装应符合下列要求：

a) 行走系统及模板安装前，应根据施工现场环境、起重机械性能、位置和吊装物件情况等，编制实施性吊装方案和操作安全技术细则，并对施工作业人员进行技术交底。

b) 支点与连接纵梁、前后上横梁焊接牢固之前，应采取措施临时稳固，避免安装过程中倾覆。

c) 行走系统及模板系统拼装完成后，必须按图纸认真检查，特别是各个结点、销子、锚杆的连接情况，保证稳妥可靠。

d) 行走系统及模板系统应在 1#块波形钢腹板安装完成后对称安装，并应在行走系统尾部采取措施保证施工安全，行走系统的支脚必须调平。

e) 行走系统及模板系统组装完毕，应全面检查安装质量并复核挂篮轴线、高程。

f) 行走系统使用前，应进行行走性能和静载试验。

9.4 标准段施工

9.4.1 应在波形钢腹板安装检验合格后进行行走系统的安装、行走和悬臂施工作业。

9.4.2 异步平行法施工波形钢腹板须首先悬出，须准确控制钢腹板底标高，再控制箱梁底标高，同时横向稳定性必须满足要求。

9.4.3 挂篮安装完成后先绑扎 1#块底板钢筋并浇筑混凝土，混凝土养生期间，安装 2#块钢腹板并连接；挂篮前移，进行标准段施工。

9.4.4 挂篮前移，顶、底模的就位后，可同时开展 3 个工作面的施工。进行 n 节段底板钢筋、预应力管道及混凝土的施工与养护；进行 $n-1$ 节段顶板钢筋、预应力管道及混凝土的施工与养护、顶板预应力钢束张拉压浆； $n+1$ 节段钢腹板的安装。

9.4.5 其他施工要求同第 8 章传统悬臂浇筑法，异步平行法施工控制要求需满足第 10 章要求。

10 施工监控

10.1 控制计算

10.1.1 大跨径波形钢腹板预应力混凝土组合桥梁施工监控计算应校核设计参数，提供施工阶段理论状态线形及内力数据、识别与调整结构偏差、预测成桥状态、提供用于指导施的控制数据等。

10.1.2 施工监控计算应包括设计符合性计算、参数敏感性分析、施工过程仿真与跟踪计算、成桥运营状态验算。

10.1.3 施工监控计算模型宜采用杆系计算模型，根据实际施工方案与结构特殊性，必要时应增加局部模型计算分析。

10.1.4 异步平行法施工监控计算应增加施工阶段波形钢腹板受力及局部屈曲分析。

10.1.5 施工前，应根据结构设计参数和各节段计划施工进度、环境温度、混凝土龄期、所用挂篮结构类型及重量等施工技术参数，计算悬臂浇筑节段的施工预拱度，作为每一节段立模高程计算依据和全桥线形的控制依据。

10.1.6 在每个悬臂浇筑节段施工过程中，应监测结构在挂篮行走前后、混凝土浇筑前后和预应力钢筋张拉等工况的高程(挠度)变化情况，并与理论计算值进行比较分析，合理调整下一施工节段的立模标高。

10.1.7 挂篮立模高程调整后，相邻节段接缝应连接严密。当与前端高程偏差较大时，应逐步调整，保证梁体线形平顺。

10.1.8 采用异步平行法时，应考虑挂篮荷载及浇筑混凝土底板时对结构整体线形的影响；波形钢腹板定位应考虑施工过程中各阶段变形的累计值。

10.2 施工监测

10.2.1 监控方宜与施工方共建高程控制网，应独立进行测量工作。

10.2.2 大跨径波形钢腹板组合结构桥梁施工监控应根据桥梁结构的特点和施工方法，采用可靠的理论、方法、仪器设备对结构施工过程中的内力状态和几何状态进行监测及控制。

10.2.3 桥梁施工监控应对构件控制性截面和控制性构件的施工监控的几何状态参数应包括基础沉降及主梁线形；监控的内力状态参数应包括主梁、桥墩等构件控制截面的应力；同时应对温度进行监测。梁桥监测内容包括但不限于下列：

- a) 基础沉降。
- b) 主梁线形、应力、温度，波形钢腹板应力，体外索索力。
- c) 桥墩应力。
- d) 成桥桥面线形。

10.2.4 桥梁线形监测截面及测点布置应符合下列规定：

- a) 基础沉降监测截面应设置在基础顶面，一个截面的测点数不宜少于 4 个。
- b) 桥墩偏位监测截面应设置在桥墩顶面，每个截面的测点数不宜少于 1 个。
- c) 主梁监测截面应设置在各梁段顶面的前端附近，每个截面的测点数不应少于 3 个。
- d) 波形钢腹板加工制造阶段应提供钢梁制造预拱度并核查结果。

- e) 采用异步平行法安装波形钢腹板，单个节段的波形钢腹板上缘前后端各应设置 1 个测点。
- 10.2.5 结构应力或内力监测截面及测点布置应符合下列规定：
- a) 桥墩应力监测截面宜选择桥墩底面附近的应力控制截面，每个截面的测点数不应少于 4 个。
- b) 主梁应力监测点宜布置在主梁墩顶附近、中跨跨中、中跨四分点、腹板结合段以及其他应力控制截面的上、下缘，每个截面测点数不应少于 4 个；多跨桥梁应力监测的跨数不应少于 2 跨。
- c) 主梁应力监测点截面为波形钢腹板区域时应在波形钢腹板中心位置设置剪应力或主应力监测点，每个截面的测点数不应少于 1 个。
- 10.2.6 箱梁温度监测截面宜设置在典型断面，测点应布置在箱梁的周边，每个截面的测点数不宜少于 6 个。
- 10.2.7 主墩基础沉降测量应在气温相对稳定的时段进行，监测频率至少符合以下规定：
- a) 承台浇筑完成后测取测点初读数作为监测基准值。
- b) 在主墩及主梁施工过程中根据施工进度进行测量，不低于每月 1 次，且不少于每 3 个节段 1 次。
- 10.2.8 悬臂浇筑施工阶段主梁线形监测频率应符合下列规定：
- a) 主梁各节段混凝土浇筑施工前对立模高程、波形钢腹板位置进行 1 次复测。
- b) 主梁各节段混凝土浇筑施工前、后对前 3 个节段高程与轴线偏位各进行 1 次。
- c) 主梁各节段预应力张拉后对前 3 个节段高程与轴线偏位各进行 1 次。
- d) 挂篮移动就位后对前 3 个节段高程与轴线偏位进行 1 次。
- e) 异步平行法施工应对波形钢腹板上缘在波形钢腹板安装、底板浇筑各进行 1 次。
- 10.2.9 悬臂浇筑施工阶段应力、温度、预应力索力监测频率应符合下列规定：
- a) 传感器安装完成后测取初读数作为测试基准值。
- b) 主梁各节段混凝土浇筑前、后各进行 1 次。
- c) 主梁各节段纵桥向预应力张拉后进行 1 次。
- 10.2.10 0 号块、边跨现浇段及合龙段监测频率参照悬臂浇筑施工执行，桥梁合龙后进行测量并提供桥面铺装标高，桥面铺装施工完成后需对全桥按照 10.2.3 规定的监测参数进行测量。
- 10.2.11 悬臂节段轴线、高程测量监控工作，应重视气温变化的影响。轴线、高程测量工作宜在早晨日出前的固定时段进行，避免由于梁体变形与气温变化不同步（变形滞后约 2~3h）影响测量结果评估。当悬臂端较长时，宜进行 48h 高程随气温变化情况观测。

10.3 数据分析与反馈控制

- 10.3.1 大跨径波形钢腹板预应力混凝土组合结构梁桥数据分析与反馈控制应包括下列内容：
- a) 识别组合梁几何状态和内力状态，判别是否处于预测状态。
- b) 预测组合梁施工误差对后续施工过程及成桥状态结构几何状态和内力状态的影响。
- c) 确定是否对施工过程预测数据、施工方案实施调整。
- 10.3.2 大跨径波形钢腹板预应力混凝土组合梁施工过程中，施工监测值与施工跟踪计算值之间的误差限值宜符合 JTG/T 3650-01 及 JTG F80/1 的规定。
- 10.3.3 桥梁施工过程的几何状态和内力状态可采取下列措施进行调控：
- a) 几何状态偏差可在后续施工节段调整施工过程立模或安装标高。
- b) 对于主梁悬臂施工过程中的结构应力，可调整临时荷载大小、位置。
- c) 当因施工方案导致结构几何状态与设计偏差较大或受力不利时，可采取调整方案、局部加固或增设辅助设施等措施。

11 质量评定

11.1 波形钢腹板节段制作质量评定

11.1.1 对波形钢腹板节段制作的基本要求：

a) 波形钢腹板采用钢材和焊接材料的品种、规格、化学成分、力学性能应符合设计和现行国家与行业技术规范的要求，具有完整的出厂质量合格证明，进场后进行复检，合格后方可使用。

b) 波形钢腹板工厂制作前应进行焊接工艺评定试验，评定结果应符合技术规范要求并经监理工程师签字确认，并制定焊接施工工艺。施焊人员应具有相应的焊接资格证和上岗证。

c) 对同一部位的焊缝返修不能超过两次，返修后的焊缝应按原质量标准进行复检，检验合格后方可使用。

d) 剪力连接件、预埋件等应按设计图纸安装。

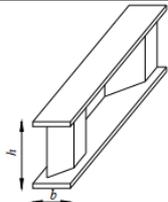
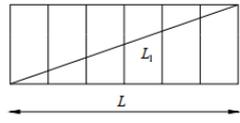
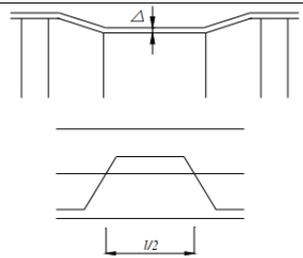
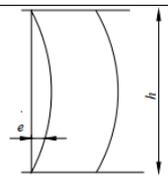
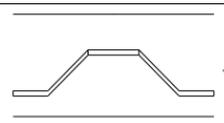
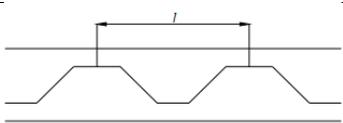
e) 波形钢腹板节段应在工厂制作完成后进行组装，并按设计和有关规范要求进行验收。工地安装施工人员应参加试组装及验收。验收合格后填发节段产品合格证和质量证明资料，方可出厂。

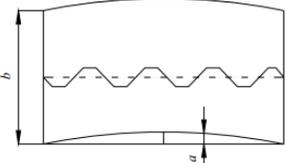
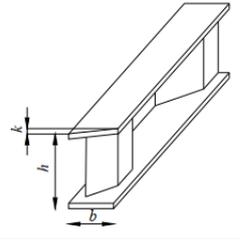
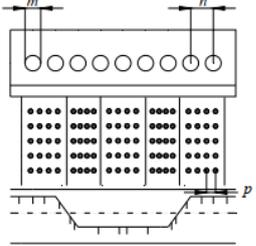
f) 波形钢腹板运输设备应满足波形钢腹板外形尺寸、平整度及涂装保护要求。

g) 波形钢腹板在运输过程中应采取措施防止剪力连接件碰撞、变形或损坏漆面。

11.1.2 对波形钢腹板节段制作实测项目细化检查项目、规定值或允许偏差要求、检查方法和频率要求。波形钢腹板工厂制作实测项目应符合表4的规定。

表4 波形钢腹板工厂制作实测项目

项次	检查项目	精度(mm)	测定位置	检查方法和频率
1△	翼缘板宽及开孔锚固板高 b	± 2		尺量：2点
2△	波形钢腹板高度 h	± 2		尺量：2点
3	节段长 L 和节段对角线长 L_1	± 3		尺量：4点
4	翼缘板平整度 Δ	$\pm l/1000$		尺量：上下各2点
5	腹板高方向平整度 e	$\pm h/750$		尺量：3点
6	波高 d	± 3		尺量：3点
7	波长 l	± 5		尺量：2点

8	平面挠曲量 (带翼缘板的波形钢腹板单个节段)a	± 3		尺量：2 点
9	翼缘板垂直度 k	$\pm b/200$		尺量：上下各 2 点
10	开孔板孔径 m	± 0.7		尺量：每段检查 4 点
11	开孔板孔位间距 n	± 0.5		尺量：每段检查 2 点
12	栓钉间距 p	± 1		尺量：每段检查 4 点
注：△为涉及结构安全和使用功能的实测关键项目。				

11.1.3 波形钢腹板工厂制作外观质量应符合下列规定：

- a) 转角处圆弧平滑，不产生裂纹，无纤维状暗筋出现。
- b) 切口平直，无明显锯齿。
- c) 波形钢腹板内外表面不得有凹陷、划痕、焊疤、电弧擦伤等缺陷，边缘应无毛刺，表面色泽均匀。
- d) 锈蚀、麻点和划痕深度不得大于钢材厚度容许偏差值的 1/2。
- e) 焊缝均应平滑，无裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑、焊瘤等外观缺陷，预焊件的装焊应符合设计要求。

11.2 波形钢腹板定位安装质量评定

11.2.1 对波形钢腹板节段安装的基本要求：

- a) 焊接连接所使用的焊接材料和焊接工艺须符合设计和 GB 50661、JTG/T 3650 的要求。
- b) 按设计规定的程序安装，安装前对连接件进行外观检查。
- c) 工地焊接应事先进行焊接工艺评定，评定结果应符合相关技术规范的规定。
- e) 同一部位的焊缝返修不应超过两次，返修后的焊缝应按原质量标准进行复验且应合格。
- f) 高强螺栓连接摩擦面的抗滑移系数，应对随波形钢腹板发送的试板进行检验，检验结果应符合设计要求。
- g) 安装时，摩擦面应干燥、整洁，间隙处理应符合相关技术规范的规定。
- h) 波形钢腹板运输、吊装过程中表面不应有变形、碰撞损伤或漆面损坏，严禁在工地安装已变形的构件。
- i) 波形钢腹板安装时，不得在现场对其进行未被批准的临时性的焊接和切割作业。

11.2.2 波形钢腹板安装、定位实测项目应符合表 5、6 的规定。

表 5 波形钢腹板安装实测项目

项次	检查项目	规定值或容许偏差	检查方法和频率
----	------	----------	---------

1	长度 l (mm)	±15	全站仪：每节段检查	
2	相邻节段对接错边 (mm)	≤2	尺量：每段接缝最大值	
3△	波形钢腹板中心距 (mm)	±3	尺量：检查每节段两端断面	
4	横截面对角线长度差 (mm)	≤4	尺量：检查每节段两端断面	
5	拱度 (mm)	+10, -5	全站仪量测：每节段检查	
6	扭曲 (mm)	≤1/m	安装前置于平台，四角中有三角接触平台，用尺量另一角与平台间隙	
7△	连接	焊缝尺寸	符合设计要求	量规：检查全部，每条焊缝检查 3 处
		焊缝探伤		无损探伤：检查全部
		高强度螺栓扭矩	±10%	测力扳手：检查 5%，且不少于 2 个
8	钢腹板埋入混凝土深度 (mm)	±10	尺量：检查腹板顶部及底部埋入混凝土深度	
注： 长度 l 为波形钢腹板逐段安装后累计总长度，竖直度或斜度项次中 h 为波形腹板设计高度。△为涉及结构安全和使用功能的实测关键项目。				

表 6 波形钢腹板定位精度

项次	检查项目	规定值或容许值偏差	检查方法和频率
1	波形钢腹板轴线偏位 (mm)	±10	内外侧波形钢腹板分别测量，且间距 2m 量 3 处
2	内外侧波形钢腹板间距 (mm)	±5	间距 2m 量 3 处
3	内外侧波形钢腹板高差 (mm)	±10	间距 2m 量 3 处
4	波形钢腹板横桥向垂直度	1/500	间距 2m 量 3 处
5	波形钢腹板纵桥向坡度	1/500	间距 2m 量 3 处

11.2.3 波形钢腹板安装后外观质量规定：

- a) 线形平顺，无明显弯折变形。
- b) 表面无混凝土残渣及保护膜残留物，内外表面不得有凹陷、划痕、焊疤、电弧擦伤等缺陷，边缘应无毛刺。
- c) 焊缝均应平滑，无裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑、焊瘤等外观缺陷。发现不合格应及时处理。
- d) 波形钢腹板定位应采用桥梁测量控制网，按横、纵、竖向坐标进行空间定位，定位精度应符合本规范要求。

11.3 节段混凝土悬臂浇筑

11.3.1 基本要求：

- a) 施工前应根据波形钢腹板组合桥梁的结构特点和受力特性确定施工工序与工艺，确保施工期结构受力安全。
- b) 悬臂浇筑块件前，应对桥墩根部(0 号块)的高程、桥轴线进行详细复核，符合设计要求后方可进行悬臂施工。
- c) 悬臂施工应对称进行，应对轴线和高程进行施工控制。
- d) 在施工过程中，梁体不得出现宽度超过设计和相关规范规定的受力裂缝。一旦出现，应查明原因，经处理后方可继续施工。
- e) 应按设计要求对悬浇的接头交界面进行处理，梁段间胶接材料的种类、规格、质量应符合设计要求，接缝填充密实。
- f) 悬臂合龙时，两侧梁体的高差应在设计容许范围内。

11.3.2 节段混凝土悬臂浇筑实测项目应符合表 7 的规定。

表7 节段混凝土悬臂浇筑实测项目

项次	检查项目		规定值或容许偏差	检查方法和频率
1△	混凝土强度 (Mpa)		在合格标准内	按 JTG F80/1 的规定检测
2	轴线偏位 (mm)	l ≤ 100m	≤ 10	全站仪或经纬仪: 每个节段检查 2 处
		l > 100m	1/10000	
3	顶面高程 (mm)	l ≤ 100m	± 20	水准仪: 每个节段检查 2 处
		l > 100m	± 1/5000	
		相邻节段高差	10	尺量: 底面检查 3~5 处
4	截面尺寸 (mm)	高度	+5, -10	尺量: 每个节段检查 1 个截面
		顶宽	± 30	
		底宽	± 20	
		顶底板厚	+10, 0	
5	合龙后同跨对称点高程差 (mm)	l ≤ 100m	≤ 20	水准仪: 每跨检查 5~7 处
		l > 100m	≤ 1/5000	
6	横坡 (%)		± 0.15	水准仪: 每节检查 1~2 处
7	平整度 (mm)		≤ 8	2m 直尺: 检查竖直、水平方向, 每侧面每 10m 梁长测 1 处
注: 1 为波形钢腹板预应力混凝土组合箱梁悬臂浇筑梁跨径。△为涉及结构安全和使用功能的实测关键项目。				

11.3.3 节段混凝土悬臂浇筑外观质量应符合下列规定:

- 混凝土表面不应存在 JTG F80/1 标准中附录 P 所列的限制缺陷。
- 应无建筑垃圾、杂物和临时预埋件。
- 梁体线形应无异常折变。
- 波形钢腹板与混凝土底板的结合部密封满足设计要求。

11.4 体外束质量评定

11.4.1 体外预应力安装与防护应符合下列基本要求:

- 所用预应力筋(束)、锚具、连接器、防护层及防腐油脂等的品种、规格、性能应符合相关技术规范的规定并满足设计要求, 预应力筋(束)展开后应平顺无弯折。
- 锚固装置和转向装置所采用的材料和制作应满足设计要求, 与原结构构件连接牢固; 转向装置不得损伤预应力筋(束)及其防护层, 弯曲应圆顺。
- 预应力张拉时, 混凝土齿板的强度和龄期应符合设计要求, 并应严格按设计规定的张拉顺序操作, 不得出现滑丝现象。
- 锚垫板平面应与预应力筋(束)轴线垂直, 预应力筋(束)锚固后应采用机械切割, 外露长度应符合设计要求。
- 减振装置应夹紧预应力筋(束), 并不得改变其线形。
- 应按设计要求进行锚头和锚固段防护, 锚具防护罩应安装牢固, 内填防腐油脂充盈。

11.4.2 预应力束加工和张拉实测项目应符合表 8 的规定。

表8 预应力束实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	预应力束坐标 (mm)	梁长方向	± 30	尺量: 抽查 50% 的钢束, 各转折点
		梁宽方向	± 10	
		梁高方向	± 10	
2△	张拉应力值 (MPa)		符合设计要求	查油压表读数, 每根(束)检查

3△	张拉伸长率 (%)		满足设计要求,设计未要求时±6%	检查施工记录,每根(束)检查
4	断丝滑丝数		每束1根,且每断面总数不超过钢丝总数的1%	目测:每根(束)检查
5	锚固及转向 构件位置	纵向	±30	尺量:抽查50%的钢束,不少于1个
		横向	±10	
6	防护要求		符合设计要求	目测
7	减震器		数量、位置符合设计要求	目测,尺量
△为涉及结构安全和使用功能的实测关键项目。				

11.4.3 预应力束外观质量应符合下列规定:

- 预应力筋(束)的防护层应无裂纹、损伤,外表清洁,无易燃附着物。
- 预应力筋(束)与减振装置间的橡胶垫块(圈)不应出现缺失、破损、松动。
- 锚固块、转向块等不得偏向、掉角、开裂。

11.5 成桥结构线形质量评定

11.5.1 主梁悬臂浇筑施工完成后在调平层实施前应对桥面线形进行通测,根据测量结果及合理成桥线形对调平层、铺装层及护栏高程进行调整,确保二期恒载相对均衡、桥面及护栏线形平顺。

11.5.2 成桥线形实测项目应满足表9的要求。

表9 成桥线形实测项目

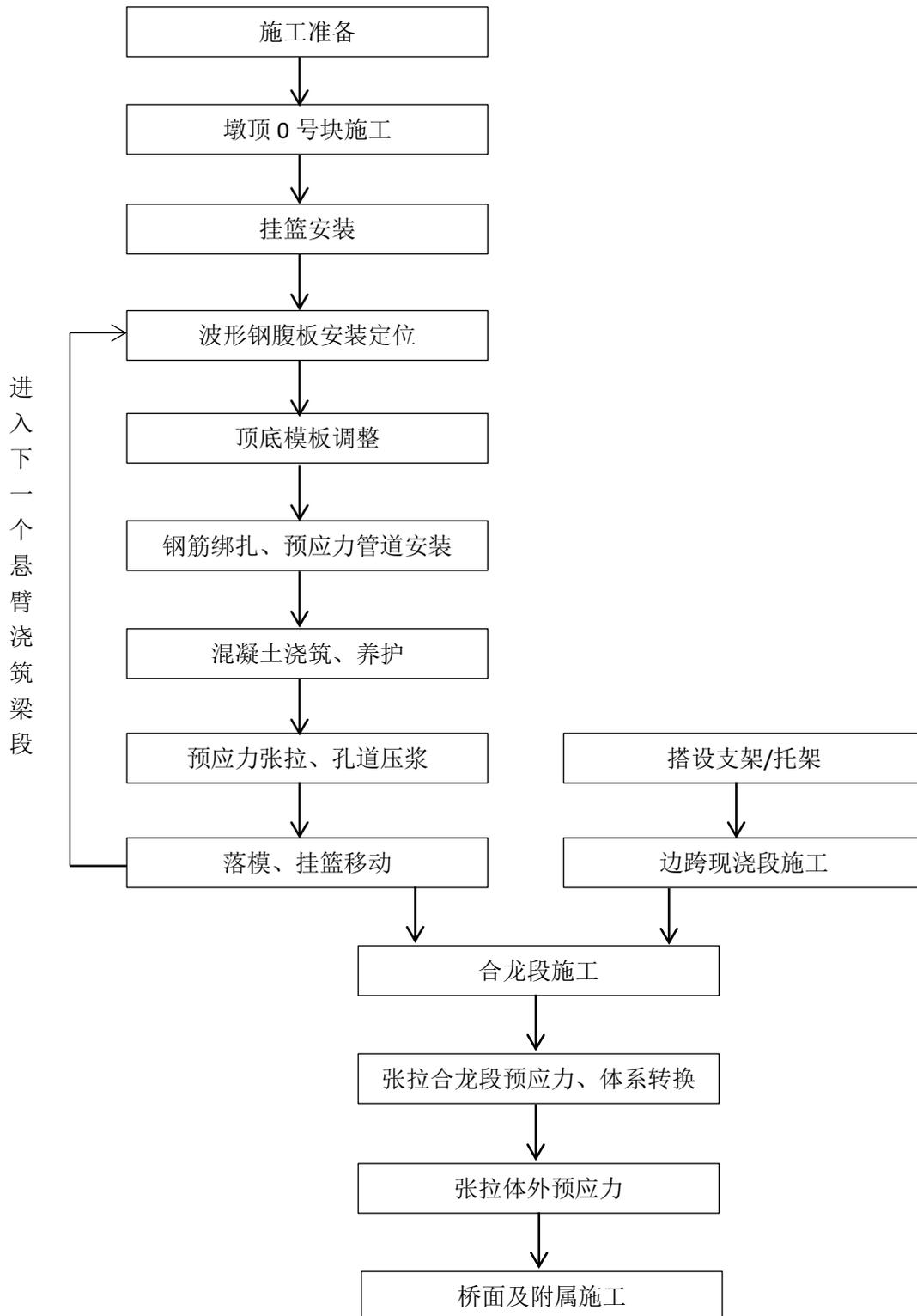
项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桥面中线偏位 (mm)		≤20	全站仪:每50m测1点,且不少于5点
2	桥面宽 (mm)	车行道	±10	尺量:每50m测1个断面,且不少于5个断面
		人行道	±10	
3	桥长 (mm)		+300, -100	全站仪或钢尺:检查中心线处
4	桥面高程 (mm)	l < 50m	±30	水准仪:桥面每侧每50m测1点,且不少于3点;跨中、桥墩、桥台处应布置测点
		l ≥ 50m	±(1/5000+20)	
注: l 为桥梁跨径,计算规定值或允许偏差时以 mm 计。				

11.5.3 桥梁总体外观质量应符合下列规定:

- 桥梁的内外轮廓线形应无异常突变。
- 构内外部、支座、伸缩缝处应无残渣、杂物。
- 桥头不得出现跳车。

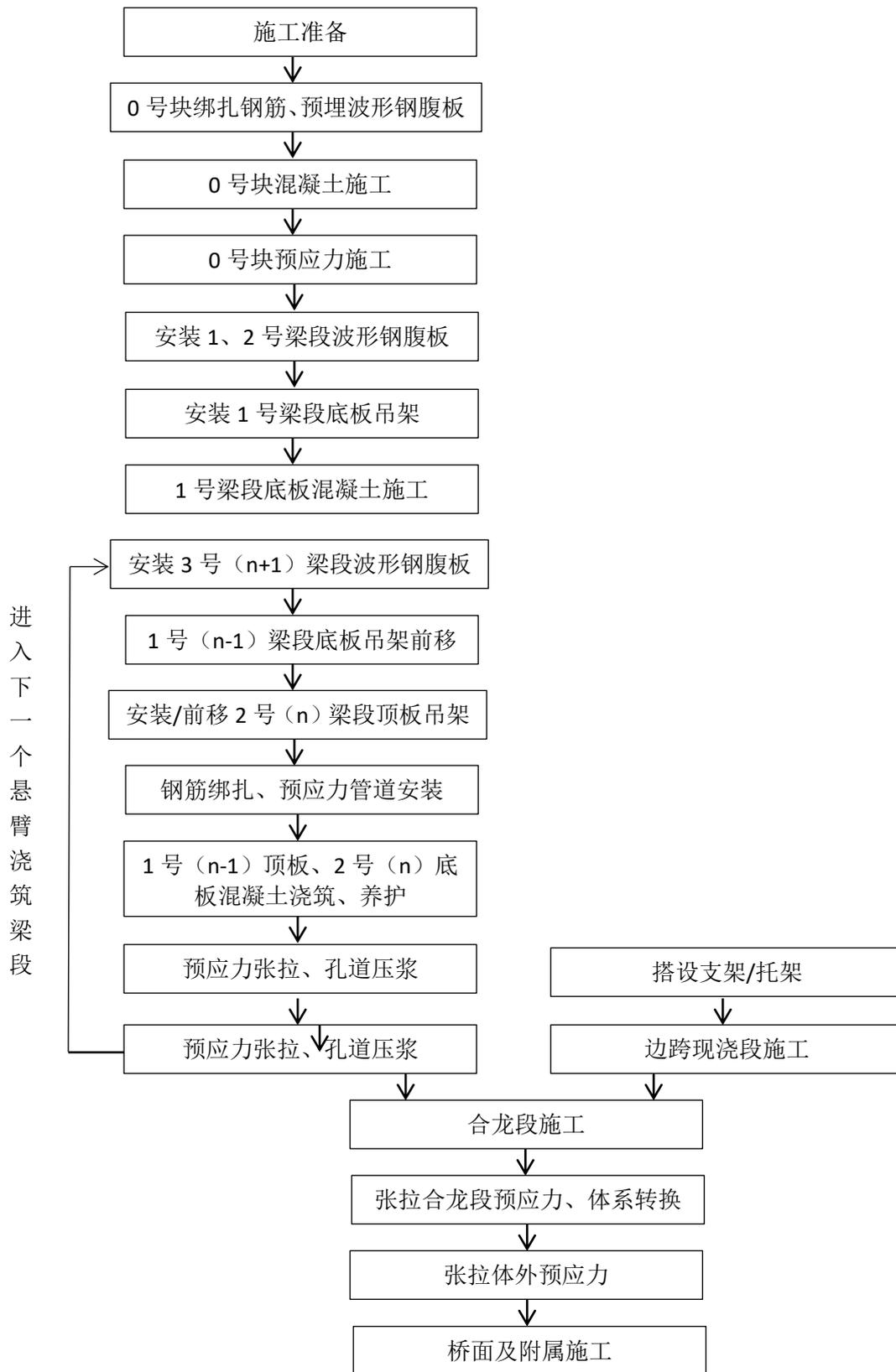
11.5.4 波形钢腹板预应力混凝土组合结构桥梁悬臂施工质量评定记录表见附录 C。

附录 A
(规范)
传统悬臂施工流程图



图A.1 传统悬臂施工流程图

附录 B
(规范性)
异步悬臂施工流程图



图B.1 异步悬臂施工流程图

附录 C
(规范性)

质量评定纪录表

表C.1 质量评定纪录表

工程名称:				施工单位:			
工程部位:				检验设备:			
天气状况:				环境温湿度:			
质量评定	序号	项目	允许偏差	检验方法和频率	检验结果	是否需整改及整改结果	备注
工程质量评定结论							

检验负责人: 检测: 记录: 复核: 年 月 日