|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 93.040 |
| CCS | |  | | --- | |  |   P 28 |

团体标准

T/CASMES XXXX—XXXX

预应力混凝土箱梁施工与验收规范

Specification for construction and acceptance of prestressed concrete box beams

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国中小企业协会  发布

目次

[前言 II](#_Toc181783560)

[1 范围 1](#_Toc181783561)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc181783562)

[3 术语和定义 1](#_Toc181783563)

[4 基本要求 2](#_Toc181783564)

[5 材料 2](#_Toc181783565)

[6 施工 3](#_Toc181783566)

[7 施工环境保护 7](#_Toc181783567)

[8 验收 7](#_Toc181783568)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由阿克苏城乡建筑工程有限公司提出。

本文件由中国中小企业协会归口。

本文件起草单位：阿克苏城乡建筑工程有限公司、××××、××××

本文件主要起草人：××××、××××、××××

预应力混凝土箱梁施工与验收规范

* 1. 范围

本文件规定了预应力混凝土箱梁施工的基本要求、材料、施工、施工环境保护和验收。

本文件适用于预应力混凝土箱梁的施工、监理和验收。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 700 碳素结构钢

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连接副

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 5118 热强钢焊条

GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝－焊剂组合分类要求

GB/T 10433 紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环

GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝－焊剂组合分类要求

GB/T 18593 熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装

GB 50017 钢结构设计标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GB 50661 钢结构焊接规范

CJ 2 城市公共交通通信系统

CJJ 2-2008 城市桥梁工程施工与质量验收规范

CJJ/T 272 波形钢腹板组合梁桥技术标准

JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

JT/T 784 组合结构桥梁用波形钢腹板

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG/T J21-01-2015 公路桥梁承载能力检测评定规程

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

预应力混凝土箱梁 prestressed concrete box-girder

采用波形钢板作腹板并通过连接件使预应力混凝土顶、底板与波形钢腹板共同受力的钢一混组合箱梁。

* 1. 基本要求

预应力混凝土箱梁施工中，材料和工程质量应符合 JTG F80/1、JTG/T 3650 和 CJJ 2-2008 的要求，机械设备、试验及监测仪器等应符合 JTG/T J21-01-2015 的规定。

预应力混凝土箱梁的施工应编制施工组织方案，经审批后实施。

大跨径预应力混凝土箱梁的施工宜采用最新技术，积极推广信息化，宜采用 BIM 建模技术，并请第三方进行全过程智能监控，监测施工过程中应力及变形。

预应力混凝土箱梁的施工质量应按施工方法不同分阶段实行严格管理和控制，采用悬臂浇筑施工工艺时应按悬臂浇筑阶段、合龙段分别控制，合龙段需进行预压。

预应力混凝土箱梁使用应符合设计规定的使用条件，禁止超限车辆通行，运营过程中应按相关规定进行定期检查和维护。

* 1. 材料
     1. 钢材

钢材要满足强度、塑性、韧性和可焊性的要求，优先采用安徽地区生产的钢材，选用时应综合考虑结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、连接方法、钢材厚度及工作环境等因素。

波形钢腹板主要采用低合金高强度结构钢、碳素结构钢和桥梁用结构钢等。其中，低合金高强度结构钢应采用 C、D 两种；碳素结构钢及桥梁用结构钢应结合地区地形地貌及气候特色采用 C、D 级，其质量要求应符合 JT/T 784 的规定。

钢材的强度设计值和物理性能指标均应符合 CJJ/T 272 相关规定。对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材，应符合 GB 50017 及 JTG D64 相应要求。

* + 1. 混凝土

混凝土强度等级不应低于 C40，特殊情况（内衬混凝土、墩顶大体积混凝土、接缝混凝土等）宜采用高强混凝土及高延性混凝土。

混凝土的材料参数应按 JTG 3362 的相关规定执行。

* + 1. 普通钢筋与预应力筋

预应力混凝土箱梁采用的普通钢筋与预应力筋应按 JTG 3362 的规定采用。

预应力混凝土箱梁采用的预应力锚固件预留空间除应考虑张拉时空间的需要，还应为后期更换体外预应力钢束（按整束式、分丝式分别计算）预留足够对应空间位置。

* + 1. 连接材料

波形钢腹板及其连接件焊接材料的选用应与主体钢材相匹配，并应符合下列要求：

1. 手工焊接采用的焊条应符合 GB/T 5117 或 GB/T 5118 的规定，选择的型号应与主体钢材性能相适应；
2. 对需要验算疲劳性能的构件宜采用低氢型碱性焊条；
3. 自动焊和半自动焊采用的焊丝和焊剂应与主体钢材力学性能相适应，并保证其熔敷金属的力学性能不应低于 GB/T 5293 或 GB/T 12470 的规定。
   * + 1. 高强度螺栓、螺母、垫圈的技术条件应符合 GB/T 1231 或 GB/T 3632 的规定。

圆柱头焊钉（栓钉）连接件的材料应符合 GB/T 10433 的规定。

* + 1. 涂装材料

涂装系统设计应综合考虑桥梁所处的腐蚀环境、涂层设计使用年限、涂层维修性能等因素，并符合JT/T 722 的规定。

底层涂装宜配置高附着力的具有屏蔽或阴极保护功能的涂层体系，可采用以下三种类型：

1. 重防腐粉体涂装系列：通用粉体环氧类、熔融结合性重防腐粉体环氧类涂层，应符合 GB/T 18593 的规定；
2. 铝和锌防腐系列：喷铝、喷锌和喷涂锌铝合金涂层；
3. 富锌系列：有机类富锌涂料、无机类富锌涂料。
   * + 1. 中层防护涂装应符合下列要求：
4. 中层防护宜配置具备屏蔽封孔功能的涂层体系，主要有环氧云铁、环氧厚浆漆等；
5. 以重防腐粉体涂装系列作为底层涂装的，不需单独再实施中层涂装。
   * + 1. 面层防护涂装应符合下列要求：
6. 面层防护宜配置具备耐候及防化学腐蚀功能的涂层体系。面层防护采用粉体涂装的，宜配置聚酯面层体系；
7. 面层涂装采用液态涂料涂装的，主要有聚氨酯类（含近类的丙烯酸）、聚硅氧烷类、氟碳类等。
   1. 施工
      1. 一般规定

波形钢腹板安装应制定施工方案，进行施工过程控制，保证其内力、变形、线形及高程符合设计要求。

波形钢腹板的二次涂装应在桥梁主体施工完成后及时进行；对于防腐面层在施工中受到局部破损的，应及时补充防护。

连接件制作前测量人员应对连接件的位置进行准确的测量放样。连接件材料应符合设计及相关标准要求，连接件加工时，翼缘板、开孔板、角钢的外形、尺寸、位置应符合设计尺寸要求，加工尺寸偏差应小于 ±2 mm。

浇筑混凝土之前，应对连接件的位置进行检查；混凝土在施工振捣时应保证连接件的位置不发生偏移，必要时应采取临时措施保证施工过程中连接件的位置，若超出允许偏差应及时进行纠正；应保证连接件周围混凝土的密实性，保证连接件周围的混凝土满足设计要求的强度。

翼缘板与混凝土连接一侧的表面不得有油漆，在浇筑上翼缘板混凝土之前，应清除铁锈、焊渣、泥土和其他杂物。

桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁施工方法主要有支架施工方法、悬臂施工方法、预制吊装施工方法、顶推施工方法。

当波形钢腹板预应力混凝土箱梁采用悬臂施工及顶推施工方法时，应针对锚固件对组合梁顶板的削弱影响采取措施，且应有第三方进行现场施工监控。

* + 1. 波形钢腹板施工

吊装设备应根据施工场地情况、起吊能力、施工周期等情况配备。

安装可采用支架上分段安装、整孔安装、分段顶推或挂篮悬臂拼装等方式。

安装前应验算支架、支撑、挂篮等临时结构构件在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性。

安装前应核对波形钢腹板设计编号，并应检查产品出厂合格证及材料的质量证明书；并对连接件进行外观检查，其外观应平整、无裂缝、毛刺、凹坑、变形等缺陷。

施工前应对桥梁的墩台顶面高程、中线及各孔跨径进行复测。

波形钢腹板预应力混凝土箱梁支架施工时波形钢腹板在支架上的安装步骤应根据具体工程设定，施工方案里未单独给出时应按以下步骤执行：

1. 安装波形钢腹板前，应在底模板上标记出底板钢筋位置及波形钢腹板位置，以保证横隔板位置准确，避免底板钢筋与波形钢腹板的下翼缘连接件互相干扰；
2. 多箱室波形钢腹板安装，可按照先边腹板，后中腹板的顺序进行；

为保证现场施工时波形钢腹板位置准确，宜在腹板两侧及翼缘板底部设置临时支撑，保证钢腹板的位置准确。波形钢腹板安装精确定位应按以下步骤执行：

1. 宜在波形钢腹板底部设临时千斤顶调整标高，上下翼缘板上设置可调支撑脚，微调波形钢腹板位置和线形；
2. 宜在波形钢腹板顶端每隔 3 m～5 m，设置横拉或横撑的定位钢管，把每一块钢腹板准确地调整到图纸设计位置；
3. 自检合格按规定程序进行验收，验收合格方可进行连接工作。
   * + 1. 形钢腹板的悬臂安装宜按以下步骤执行：
4. 测量首段或复测前一节段波形钢腹板的相关线形和坐标；
5. 吊装下一节段的波形钢腹板并临时定位；
6. 设置临时支撑固定内外侧波形钢腹板使之成为整体，并应留有可调整余地；
7. 经检查符合设计要求后，与前一节段波形钢腹板连接，进入下一道工序。
   * + 1. 波形钢腹板在合龙段的安装宜按以下步骤执行：
8. 测量合龙段的实际尺寸，合龙段波形钢腹板根据现场实际长度精确确定；
9. 调整合龙段两端的标高至符合设计要求；
10. 锁定合龙段；
11. 将波形钢腹板吊装就位，按设计连接方式与公龙口两侧钢腹板有效连接；
12. 焊接波形钢腹板的安装焊缝。
    * + 1. 波形钢腹板采用焊接连接的，应符合下列要求：
13. 在梁段就位、固定、并经检查合格后方可进行波形钢腹板节段之间焊接连接；
14. 焊接前应进行工艺评定试验，且应对接头坡口、焊缝间隙和焊接板面高低差等进行检查，并应采用钢丝砂轮对焊缝进行除锈，且工地焊接应在除锈后 24 h 内进行；
15. 焊接时应设立防风、防雨设施，遮盖全部焊接处。焊接时风力小于5级、温度高于5摄氏度、相对湿度小于 85％，在箱梁内焊接时应有通风防护安全措施；
16. 焊接施工时的技术要求应符合 GB 50661 的规定，焊缝应符合 GB 50205 和 JTG/T 3650 的规定；
17. 现场焊接完成后应对钢腹板的偏位进行复合校正，并在焊接完成24 h后进行焊第三方检测，合格后方可进行下道工序；
18. 焊缝处现场涂装修复时，底层涂刷有机富锌底漆，中层和面层采用工厂涂装方式，修复宽度以焊接施工时不破坏相邻涂层为标准，各层修复厚度应以原设计厚度的 120％ 为标准。

波形钢腹板高强度螺栓连接的，应符合下列要求：

1. 波形钢腹板节段之间螺栓连接使用的高强度螺栓宜选用大六角头螺栓。高强度螺栓及螺母、垫圈应由有资质的专业生产企业配套供货。高强度螺栓及螺母、垫圈的外形尺寸公差及技术条件，其运输、保管及储存应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230 和 GB/T 1231 的规定；
2. 高强螺栓连接施工时从跨中的连接缝开始，对称向两端进行。施工前要修整螺栓孔内的毛刺、污物等影响螺栓预拉力的因素。保证高强螺栓能顺利穿入孔内；安装螺栓时应顺畅穿过螺孔，不得强行敲入，穿入方向全桥一致，螺栓轴线垂直于钢板表面；
3. 高强度螺栓连接施工的技术要求应符合 JT/T 784 规定。

波形钢腹板现场涂装前应先对焊缝表面及焊缝两边进行处理，清除表面的锈迹、焊渣、氧化皮、油脂等污物，直至表面呈现出均匀金属光泽。进行表面处理的质量检查，合格后方可进行涂装。

* + - 1. 涂装层数和漆膜厚度应符合设计要求。防腐涂料应有良好的附着性、耐蚀性，底漆应具有良好的封孔性能。

涂装完成后，波形钢腹板表面有光泽，颜色均匀，不应有露底、漏涂与涂层剥落、破裂、起泡、划伤等缺陷。

波形钢腹板纵向节段间采用高强螺栓连接时，波形钢腹板搭接面宜仅进行底漆涂装。

* + 1. 连接件施工

连接件安装前，外观应平整、无裂缝、无毛刺、无凹坑无变形。栓钉表面应无锈蚀、氧化皮、油脂和毛刺等，其杆部表面不允许有影响使用的裂缝。

连接件固定前，应对连接件安装精度进行检查验收，固定后尚应检查连接件焊接质量及临时固定措施，当混凝土浇筑振捣时，不得发生偏移。

连接件施工前，应进行焊接工艺试验与评定，评定规则应符合 JTG/T 3650 的规定。

浇筑混凝土时，应通过工艺试验确定施工参数，验证混凝土性能及浇筑振捣施工工艺，浇筑前应清除钢翼缘板上的铁锈、焊渣、泥土和其他杂物，振捣时应避免振捣棒直接接触各类连接件。

贯穿钢筋安装及定位应符合设计要求并可通过下述措施来保证：

1. 贯穿钢筋至孔周边的距离不宜小于混凝土骨料最大粒径；
2. 对于不设承托的混凝土板贯穿钢筋可在模板安装完成后穿入贯穿钢筋，并利用普通钢筋对贯穿钢筋进行居中精确定位；
3. 对于不设承托的混凝土板贯穿钢筋可在模板安装完成后穿入贯穿钢筋，并利用普通钢筋对贯穿钢筋进行居中精确定位；
4. 贯穿钢筋应居中于预留孔，安装偏差不应超过 5 mm 且垂直于开孔板，并定位牢固；偏差量可通过钢筋周边至孔周边的距离以及相邻钢筋间距进行控制。

使用开孔板连接的顶、底板混凝土应有良好的工作性、和易性、流动性，必要时可采用自密实混凝土；配置顶底板混凝土的粗骨料宜采用（5～20）mm 连续级配碎石，最大粒径不得超过 25 mm，混凝土强度应满足设计要求。浇筑混凝土应保证孔内及连接件周边混凝土浇筑密实。

* + - 1. 嵌入型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，焊缝等级为二级。

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（如埋设止水带或嵌缝封胶），并设置排水横坡。

* + 1. 混凝土施工

混凝土浇筑及养护应符合 JTG/T 3650 的相关规定。

混凝土的拆模时间，应根据混凝土强度及施工安排确定；混凝土达到要求的强度后，方可按 JTG/T 3650 有关规定进行预应力筋的张拉和孔道压浆。

支架施工混凝土浇筑应符合下列要求：

1. 浇注顶板混凝土前，应清除波形钢腹板上翼缘钢板和剪力连接件的锈蚀和污垢，保持表面清洁。连续结合梁顶板应按照设计要求的顺序浇注混凝土，混凝土顶面应磨平。连续结合梁中间支点负弯矩区，应按设计要求施加预应力；
2. 浇筑底板混凝土时，沿纵向两端等截面处一次性浇筑；中部变截面分两层浇筑，横向中间 15 cm 厚做一层，两侧钢腹板处马蹄形再浇一次并以适当距离循环往返浇筑而保证两层混凝土连接的紧密性，各层要振捣密实；
3. 浇筑完底板混凝土时，及时检查转向器位置的混凝土高度和 1/2 跨径横隔板处安装穿钢铰索的管道位置的混凝土高度，及时清除过高部分混凝土，确保后续安装预埋件的准确。浇筑底板混凝土时安放好底板透气孔圆模。底板混凝土强度达到设计值的 60％ 时，方可进行下道工序；
4. 横隔板模板制作和架立要牢固可靠，尺寸准确，箱梁翼板下横隔板底边要按图纸尺寸计算好横向斜坡，以免浇筑湿接缝混凝土时形成横隔板底边锯齿状。浇筑混凝土时，分层浇灌，分层振捣，如有漏浆随时加固。浇筑混凝土时注意保护转向器和锚具。
   * + 1. 悬臂施工混凝土浇筑应符合下列要求：
5. 墩顶梁段及附近梁段可采用托架或桁架为支架就地浇筑混凝土。托架或膺架应经过设计计算弹性及非弹性变形。模板、钢筋、预应力、预埋件安装、混凝土浇筑应符合设计要求及 JTG/T 3650 相关规定；
6. 在梁段混凝土浇筑前，应对挂篮（托架或桁架）、模板、预应力管道、钢筋、预埋件、混凝土材料、配合比、机械设备、混凝土接缝处理情况进行全面检查，经确认后方可浇筑混凝土；
7. 现浇段的浇筑顺序宜靠近边墩（台）的先浇，逐段向合龙段靠拢，并逐渐调整现浇梁段的标高，使合龙高差在允许误差范围之内。浇筑混凝土前应确保支架与梁底之间能相对滑动，使边跨合龙时现浇段能随原浇筑工构自由伸缩，避免混凝土拉应力过大；
8. 连续梁悬臂浇筑施工时，应有保证梁体施工稳定的措施；
9. 桥墩两侧梁段悬臂施工进度应对称、平衡，实际不平衡偏差不得超过设计要求值；
10. 悬臂浇筑段前端底板和桥面的标高，应根据挂篮前端的垂直变形及预拱度设置，施工过程中要对实际高程进行监测；
11. 箱形截面混凝土浇筑顺序应按设计要求进行，当采用两次浇筑时，各梁段的施工应错开。箱体分层浇筑时，底板可一次浇筑完成，腹板可分层浇筑，分层间隔时间宜控制在混凝土初凝前且使新浇混凝土能及时覆盖住已浇混凝土。
    * 1. 施工过程检测

基于波形钢腹板预应力混凝土桥梁的结构和施工特点，为保证结构施工安全，成桥内力和线形符合设计要求，以及桥梁的施工质量能达到要求，应对其施工全过程进行有效的监测与控制，主要包括以下内容：

1. 监测主梁各节段控制点高程，控制桥梁成桥线形；
2. 监测主梁关键截面应力（应变）；
3. 监测主梁主要截面温度场；
4. 桥梁施工期特殊施工荷载调查，监控结构安全性；
5. 桥梁施工期外观状态跟踪调查（如裂缝等）。
   1. 施工环境保护

施工中的环境保护应符合下列要求：

1. 对施工过程中的环境因素进行分析，制定环境保护措施；
2. 现场采取降尘措施；
3. 现场采取降噪措施；
4. 采用环保建筑材料；
5. 采取防光污染措施；
6. 现场污水排放应符合相关规定，进出现场车辆应进行清洗；
7. 施工现场垃圾应按规定进行分类和排放；
8. 油漆、机油等应妥善保存，不得遗洒。

为预防喷漆作业过程中产生的喷漆漆雾对作业员工及周围环境产生不良影响，应符合下列要求：

1. 保持施工场所良好的施工通风条件；
2. 操作完后要及时清理工具和残余材料，盖上桶。
   1. 验收

桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁施工质量验收应按 GB 50204、GB 50205、JTG F80/1和 CJ 2 中的有关规定执行。

桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁所采用的其他钢材质量指标应符合 GB/T 700 或 GB/T 1591 的要求，并提供产品质量证明书。

波形钢腹板进场验收资料应包括产品质量检验合格证、产品出厂检验报告。

桥梁波形钢腹板预应力混凝土箱梁应进行分部分项验收：

1. 波形钢腹板安装质量验收；
2. 波形钢腹板涂装验收；
3. 支架法施工模板安装验收；
4. 预制吊装法施工安装误差验收；
5. 悬臂法施工验收。

