JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

XX/T XXXX—20XX

跨海钢箱梁大节段施工技术规范

Technical specification for the construction of
cross-sea steel box girder bridge with large
segment

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

中华人民共和国行业推荐性标准

跨海钢箱梁大节段施工技术规范

Technical specification for the construction of cross-sea steel box girder bridge with large segment

(征求意见稿)

JTG/T XXX-XXXX

主编单位：港珠澳大桥管理局

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：XXXX年XX月XX日

人民交通出版社

2022.北京

前 言

根据《交通运输部关于下达2020年公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函[2020]471号）相关要求，由港珠澳大桥管理局作为主编单位承担《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规程》的制订工作。

编写组在广泛调研的基础上，归纳总结了跨海钢箱梁桥大节段施工方面成熟的经验，以与现行公路工程技术标准规范相协调为原则，针对跨海钢箱梁大节段施工中遇到的主要技术问题和需求，编制了本规程。

本规程包括10章，分别是：1总则、2术语和符号、3基本规定、4施工方法、5工厂制造、6大节段钢箱梁运输、7大节段钢箱梁桥位吊装、8大节段钢箱梁桥位连接、9支撑体系转换、10安装质量控制。

本规程由×××负责起草第×××章，×××负责起草第×××章……

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人：×××（地址：×××，邮编：×××；电话：×××，传真：×××；电子邮箱：×××），以便修订时参考。

主 编 单 位：港珠澳大桥管理局
参 编 单 位：×××××
主 编：×××××
主要参编人员：×××××××× ……
主 审：×××××
参与审查人员：×××××××× ……
参 加 单 位：×××××
参 加 人 员：×××××××× ……

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	3
4 施工方法	4
4.1 一般规定	4
4.2 工厂制造工艺	4
4.3 海上运输流程	4
4.4 桥位安装流程	4
5 工厂制造	6
5.1 一般规定	6
5.2 制造场地要求	6
5.3 大节段钢箱梁组拼	7
5.4 大节段钢箱梁转运	7
5.5 大节段钢箱梁临时存放	8
5.6 检验	8
6 大节段钢箱梁运输	9
6.1 一般规定	9
6.2 装船	9
6.3 运输加强	9
6.4 海上运输	10
7 大节段钢箱梁桥位吊装	11
7.1 一般规定	11
7.2 吊装辅助结构设置	11
7.3 局部加劲设置	12
7.4 整体吊装	12
8 大节段钢箱梁桥位连接	14
8.1 一般规定	14
8.2 调梁	14
8.3 桥位连接	15
8.4 现场涂装	16
8.5 检验	16
9 支承体系转换	18
9.1 一般规定	18
9.2 落梁方式	18
9.3 支座预偏量设置	18

9.4 检验.....	19
10 安装质量控制.....	20
10.1 一般规定.....	20
10.2 线形控制.....	20
10.3 内力与变形控制.....	20
10.4 温度效应控制.....	20
本规范用词用语说明.....	21

《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规范》（征求意见稿）

1 总则

1.0.1 为适应跨海钢箱梁桥建设的需要，保证跨海钢箱梁桥大节段制造、运输、吊装和连接的施工质量和施工安全，做到技术先进、经济合理，制定本规范。

1.0.2 本标准适用于跨海钢箱梁桥大节段吊装施工，也可供其它跨江、跨河桥梁吊装施工提供参考。

1.0.3 跨海钢箱梁桥大节段施工宜推行标准化、工厂化、装配化和信息化，并积极推广使用可靠的新技术、新工艺、新材料和新设备。

1.0.4 跨海钢箱梁桥大节段施工应积极践行绿色、节能、环保的发展理念，减少污染、保护桥址环境。

1.0.5 跨海钢箱梁桥大节段施工除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

本章对标准中所涉及的专业术语，尤其跨海钢箱梁桥大节段施工的相关专业名词进行汇总说明，同时还分别给出相应的推荐性英文术语，方便理解。

2.2 符号

对标准中相关计算内容涉及到的符号进行汇总说明，同时从本标准角度赋予其含义，方便查阅。

《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规范》（征求意见稿）

3 基本规定

3.0.1 跨海钢箱梁桥大节段施工应编制专项施工方案，这些方案包括但不限于：钢箱梁大节段工厂制造方案、运输方案、桥位安装方案以及安全施工方案等。

3.0.2 钢箱梁大节段施工应实行首件工程认证制度，对施工的工艺标准、资源配置、生产计划及验收进行规定，形成标准化作业程序。

3.0.3 钢箱梁大节段施工过程中采用的临时支撑结构、吊具结构等大型临时设施应进行专门的设计和验算，并进行预加载检验。

3.0.4 钢箱梁大节段制造中宜推广采用数字化、自动化和信息化等先进技术和设备，以提高效率、保证制造精度和工程质量。

《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规范》
(征求意见稿)

4 施工方法

4.1 一般规定

4.1.1 钢箱梁大节段施工宜采用大型化、工厂化、标准化、装配化的建造方法。

4.1.2 钢箱梁大节段施工主要经历工厂制造、海上运输和桥位安装环节，对上述环节应编制专项施工方案，并在施工方案中明确施工工艺流程。

4.1.3 钢箱梁大节段制造和安装宜采用先进装备，如焊接机器人、大型浮吊等。

4.2 工厂制造工艺

4.2.1 钢箱梁大节段工厂制造主要包括三个阶段：板单元加工、小节段组拼、大节段拼装，总体工艺流程为：钢板预处理→下料→U肋制作→板单元制作→小节段组装及预拼装→小节段除锈、涂装→大节段拼装→补涂装→大节段储存。

4.2.2 板单元加工宜积极推行新工艺，重点须考虑焊缝质量问题。

4.2.3 钢箱梁小节段组拼宜采用长线匹配制造，重点须考虑胎架线形、控制网设置、涂装厂房配置、节段下胎与存放等问题。

4.2.4 大节段拼装是小节段制造时线形的复位，重点须考虑竖向线形、水平长度控制，以及大节段转运和存放过程钢箱梁局部稳定。

4.3 海上运输流程

4.3.1 钢箱梁大节段海上运输总体工艺流程为：梁场转运→钢箱梁装船→钢箱梁临时固定→海上运输。

4.3.2 钢箱梁大节段装船前转运应提前规划好行走路线、做好交通标识，转运过程设置专门的交通指挥人员。

4.3.3 钢箱梁大节段根据不同的上船方法，如滚装上船、吊装上船，制定装船操作细则。

4.3.4 钢箱梁大节段海上运输重点是提前规划好运输路线、明确运输的气象条件，编制大件运输方案并报海事部门审批。

4.4 桥位安装流程

4.4.1 钢箱梁大节段桥位安装总体工艺流程为：船舶就位→钢箱梁吊装→钢箱梁粗就位→钢箱梁精调位→钢箱梁大节段环口连接→整孔落梁。

4.4.2 钢箱梁大节段吊装前应规划好吊梁船与运梁船的位置关系，尤其是起吊后运梁船的退出路线。

4.4.3 钢箱梁大节段应设计专门的吊具系统，并就吊具性能检验制定试吊装方案。

4.4.4 钢箱梁大节段应在墩顶和大节段环口附近设计专门的粗就位和精调位系统。

4.4.5 钢箱梁大节段的连接应重点考虑温度效应的影响。

4.4.6 钢箱梁大节段吊装就位后应明确落梁顺序，并将落梁顺序通报设计、监理和监控单位。

《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规程》

（征求意见稿）

5 工厂制造

5.1 一般规定

5.1.1 钢箱梁大节段工厂制造宜优先采用技术成熟的自动化、智能化装备、积极稳妥的推行新材料、新工艺、新装备。

5.1.2 钢箱梁大节段工厂制造宜采用 BIM 技术进行三维建模，对钢箱梁制造线形、重量、焊接、涂装及检测的操作空间进行复核。

5.1.3 板单元制造宜采用高精度等离子切割机或火焰数控切割机进行下料，采用多头门式焊机+双向反变形胎架或船位焊接工艺，以保障板单元制作精度和质量。

5.1.4 钢箱梁小节段组拼应在厂房内实施，厂房内应设置可通视的测量控制网，并定期对控制网进行复核。

5.1.5 钢箱梁小节段组拼应设置专门的组拼胎架，宜采用连续匹配制造工艺以保证节段制造精度。

5.1.6 钢箱梁小节段组拼应采用无码拼装工艺，并采用有效措施控制焊接变形，如通过焊接工艺实验优化焊接顺序、采取合理的焊接参数等。

5.1.7 钢箱梁小节段应在专门的涂装厂房内进行涂装，并控制厂房内温度和湿度。

5.1.8 钢箱梁大节段制造过程中采用的测量仪器应经过专业机构检验标定，并满足测量精度和误差控制要求。

5.1.9 钢箱梁大节段工厂制造时预留至桥位安装后的连接部位应进行包装保护，避免连接件出现生锈等损坏情况。

5.1.10 钢箱梁大节段工厂制造完成后应采取有效的成品保护措施，避免出现涂装破损或局部变形等问题。

5.2 制造场地要求

5.2.1 钢箱梁大节段制造场地宜明确划分：板单元生产与存放区、钢箱梁小节段组拼与存放区、钢箱梁小节段涂装区、钢箱梁大节段拼装与存放区以及废料堆放区，各区应设置明确的标识，减少施工间的干扰。

5.2.2 钢箱梁小节段组拼和大节段拼装场地应进行硬化处理，避免不均匀沉降；涂装

区和废料堆放区应设置环保措施，避免污染环境。

5.2.3 工厂制造应提前规划钢箱梁小节段和大节段合理运输路线，以缩短转运距离、提高转运效率；运输路线上应设置交通导向标识。

5.3 大节段钢箱梁组拼

5.3.1 钢箱梁小节段组拼和大节段拼装应在有遮阳棚的厂房内进行，避免拼装过程结构直接暴露于阳光下。

条文说明

由于钢材对温度作用较敏感，若采用外场拼装，在日照作用下，钢箱梁截面出现梯度温度，引起不同程度变形，这种情况下推行无码作业是不现实的；而采用马板临时固定，在梯度温度作用下结构内将存在残余应力，改变钢箱梁大节段工厂无应力制造状态，进而影响结构成桥线形和应力状态。

5.3.2 钢箱梁小节段组拼过程采用的胎架和大节段拼装中设置的临时墩，应具有足够的强度和刚度，临时支撑结构承载后变形不超过 1mm；临时支撑布置的数量和位置应充分考虑钢箱梁局部受力状况，避免出现钢箱梁局部变形。

5.3.3 钢箱梁大节段组拼应在顶板和底板的温差不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下进行，钢箱梁梁体温度与设计基准温度不一致时，在进行钢箱梁定位或余量切割时应考虑该温差对钢箱梁长度的影响。

条文说明

钢箱梁大节段制造时由于来自四周不同方向的热辐射不一致，导致梁体内不同位置温度不均匀，尤其是梁体直接暴露于太阳下时顶底板温差显著。由于钢箱梁周围热辐射的不均匀，控制梁体处于统一温度条件既不现实也无必要，港珠澳大桥钢箱梁大节段施工的工程实践表明，当钢箱梁顶底板温差在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内时，不均匀温度梯度对钢箱梁线形和受力状态的影响程度很小，可满足工程精度要求。

5.3.4 钢箱梁大节段工厂制造时除了按照《公路桥涵施工技术规范》(JGT/T 3650-2020)的要求控制桥梁中线和截面尺寸外，还应根据设计图纸和监控指令要求控制钢箱梁的纵向长度、桥面横坡和竖向线形。

5.4 大节段钢箱梁转运

5.4.1 钢箱梁大节段转运前应提前做好人员部署，根据转运方式提前准备转运设备，

布置场地以及协调好与运输船舶的衔接。

5.4.2 钢箱梁大节段宜采用平板车或轨道进行转运，采用平板车进行转运时应确保平板车的运输吨位满足要求；采用轨道转运时应设置可靠的支撑，避免钢箱梁出现局部屈曲。

5.4.3 采用多台平板车进行转运时应先对平板车的控制系统进行调试，由专人控制，确保所有平板车统一联动。

5.4.4 钢箱梁大节段工厂转运时应提前规划好运输路线，并检查路况清理干净路线上的障碍物，确保路面平整。

5.4.5 钢箱梁大节段转运过程中应控制转运速度，整个过程应确保行走速度缓慢而匀速。

5.5 大节段钢箱梁临时存放

5.5.1 钢箱梁大节段工厂制造应根据现场吊装进度要求，规划好存梁场地，确保钢箱梁生产进度与现场吊装进度相匹配。

5.5.2 钢箱梁大节段存放场地应进行硬化处理，避免存梁过程出现不均匀沉降，引起梁体局部受力变形。

5.5.3 钢箱梁大节段存放应根据出运顺序进行有序排列，最先出运的梁段宜靠近装船码头，相邻梁段间的间距应满足梁段出运要求。

5.5.4 钢箱梁大节段存放时应对临时支撑的数量和支撑位置进行设计计算，确保存梁过程中钢箱梁局部受力满足要求；对于露天存放的情况，还应进一步考虑温度梯度引起的支点反力变化。

5.5.5 钢箱梁大节段存放过程中应设置成品保护措施，如钢箱梁端部应采用有效措施，将U形加劲肋口封住，以防雨水侵入。对于存梁过程出现的梁体局部损坏，应及时进行修补。

5.6 检验

对大节段钢箱梁组拼尺寸允许偏差进行规定、对其检验方法进行阐述。

6 大节段钢箱梁运输

6.1 一般规定

6.1.1 应根据运输距离、气象水文、钢箱梁结构等约束条件，选择合理可行的运输设备。

6.1.2 钢箱梁大节段装船方式应综合考虑结构特点、码头条件、场内转运方法及装船设备等因素确定。

6.1.3 钢箱梁大节段海上运输应遵守避碰规则及航运规定，采取有效措施预防通航安全事故。

6.2 装船

6.2.1 钢箱梁大节段装船方法可采用吊装上船和滚装上船等适用于钢箱梁上船的方法。

6.2.2 钢箱梁大节段采用吊装上船时应先对吊装系统进行试吊，对吊具、连接装置等进行检验，合格后方可用于钢箱梁大节段吊装。

6.2.3 钢箱梁大节段采用滚装上船时应重点控制上船过程中驳船的稳态，通过调整压舱水实现滚装过程驳船重心稳定。

6.2.4 钢箱梁大节段上船过程应设置指挥岗和检查岗，整个过程应保证各岗位通信良好。

6.3 运输加强

6.3.1 钢箱梁大节段运输过程设置的临时支撑应综合考虑结构自重、风浪作用等可能出现的极端工况进行验算，确保结构受力安全。

6.3.2 钢箱梁大节段设置临时支撑的位置应采取防护措施，确保运输过程钢箱梁表面不出现破损。

6.3.3 应针对钢箱梁大节段运输过程的搁置位置对驳船局部受力进行验算，根据验算结果进一步确定驳船是否需要局部加强。

条文说明

钢箱梁大节段自重大，搁置于运输驳船甲板上时，可能部分作用位置并不对应驳船的隔板，驳船存在局部受力安全问题，应由具备船舶设计或检算资质的单位对驳船承载进行

受力验算，对检算不通过的，给出驳船局部加强方案。

6.4 海上运输

6.4.1 运输钢箱梁大节段的驳船应具备足够的甲板空间，严禁钢箱梁浸泡于水中运输。

6.4.2 钢箱梁大节段出运前应准备好装船清单、钢梁制造商和监理工程师签字的产品检验报告。

条文说明

钢箱梁大节段制造与安装往往分属于不同单位，运输环节是不同单位间的交接界面，为保证有序交接，随梁发运应附有钢箱梁产品检验报告，报告内容包括但不限于：钢箱梁大节段名称、发运日期、钢箱梁大节段重量、几何尺寸、实测制造线形等参数。

6.4.3 钢箱梁大节段运输路线应根据运梁驳船的吃水深度、海上航线通行情况，选择快捷、安全的运输路线，并报海事部门批准。

6.4.4 钢箱梁大节段海上运输应在风力小于6级、浪高小于0.8m、无大雾天气下进行。

6.4.5 钢箱梁大节段海上运输应控制梁体的空间姿态，宜采用倾角仪测试梁体的空间摇摆角度，并根据运梁驳船参数制定梁体空间摇摆角度的控制阈值。

6.4.6 钢箱梁大节段运至桥址后，应协调好与吊装船的位置关系，进行抛锚定位，驳船驻泊后应在其周围设置警示标识。

7 大节段钢箱梁桥位吊装

7.1 一般规定

7.1.1 钢箱梁大节段海上吊装应在 6 级风以下、浪高小于 0.8m 的平潮期以及无雨雾天气下进行；吊装作业应在能见度较好的白天进行，严禁夜间吊装作业。

7.1.2 钢箱梁大节段吊装前应进行现场勘察，对于有通航要求的施工区域应编制施工通航安全保障方案；附近有机场的应评估施工中是否满足机场净空限制要求，水深不足的应提前进行施工水道疏浚。

7.1.3 钢箱梁大节段吊装前应制定完善的人力资源计划和物资使用计划，岗位职责须落实到人。

7.1.4 应根据吊装钢箱梁大节段的重量和空间姿态等参数选择浮吊，浮吊的额定负载、起升高度、吊臂仰角等主要性能指标满足吊装要求。

7.1.5 应根据浮吊吊钩结构形式和钢箱梁大节段几何尺寸等参数，进行吊具设计，吊具应满足吊装传力和吊装过程的变形协调。

7.1.6 钢箱梁大节段正式吊装前应进行试吊，试吊负载宜不低于 1.1 倍梁段重量。

条文说明

钢箱梁大节段正式吊装前应对整个吊装系统进行试吊，以检验装备的可靠性。由于钢箱梁大节段本身重量和尺寸巨大，难以找到替代的试吊对象，可以在吊装的钢箱梁大节段上设置配重，使试吊总负载超过 1.1 梁体重量，试吊过程钢箱梁须确保不离开运梁驳船。

7.1.7 吊装钢箱梁大节段使用的吊具宜设置专门的吊具存放平台；若吊具搁置于吊装后的钢箱梁上，须对钢箱梁局部受力和线形状态改变进行评估，确保钢箱梁受力安全。

7.2 吊装辅助结构设置

7.2.1 为实现钢箱梁大节段安全吊装和精确安装，须设置辅助结构，这些结构主要有：吊点、搭接牛腿和墩顶临时支撑。

7.2.2 钢箱梁大节段所有吊点应布置在整个梁段的重心附近，单个吊点应设置在腹板与横隔板（横肋板）交接处。

7.2.3 钢箱梁大节段搭接牛腿支撑点应设置在钢箱梁腹板与横隔板（横肋板）交接处，

支撑点处应具备纵、横、竖三向调位功能及多支点同步移位功能。

7.2.4 钢箱梁大节段临时支撑设置在永久支座附近，临时支撑应满足调梁过程受力要求，还应具备纵、横、竖三向调位功能。

7.3 局部加劲设置

7.3.1 钢箱梁大节段吊装过程需根据受力要求对钢箱梁梁体的临时支撑部分、吊点部位和相邻大节段牛腿搭接部位进行局部加劲设置。

7.3.2 钢箱梁内设置的局部加劲为永久结构的一部分时，加劲构造的材料应于梁体相同，并评估设置加劲后对钢箱梁结构动力性能的影响。

7.3.3 钢箱梁内设置的局部加劲为可拆除结构时，应采取拆除过程梁体保护措施，避免拆除时破坏梁体表面涂装。

条文说明

钢箱梁大节段因施工过程中出现的局部受力集中而设置的局部加劲往往并不包含在施工图设计中，而是由钢箱梁安装单位进行设计，由此可能出现改变原设计意图的情况，因此，本条对安装单位进行钢箱梁局部加劲设计做了原则性要求。

7.4 整体吊装

7.4.1 钢箱梁大节段起吊过程应采取分级加载，分级加载不少于 3 个等级，每级加载应缓慢增加，至额定荷载后，持荷不少于 15 分钟，待整个体系稳定后在进入下一级加载工况。

7.4.2 钢箱梁大节段吊装至与运梁驳船脱离后，浮吊保持不动，运梁驳船退出吊装作业区；之后浮吊再缓慢匀速提升钢箱梁至制定高度后平移至桥墩上方。

7.4.3 钢箱梁大节段起吊后横向应保持与设计横坡接近，纵向应保持与设计纵坡接近，必要时设置配重以调整钢箱梁空间姿态。

7.4.4 钢箱梁大节段起吊至桥墩上方后通过墩顶和梁底设置的手拉葫芦将钢箱梁缓慢引导至临时支撑区域，之后慢慢松钩，使钢箱梁就位于临时支墩上。

7.4.5 钢箱梁大节段吊装作业时间宜控制在白天完成，对于可能出现的起吊后就位困难导致吊梁作业进入夜间的情况应提前做好夜间照明设施。

7.4.6 钢箱梁大节段吊装过程应对吊具和钢箱梁关键部位的受力以及空间姿态进行监

测，传感器的采集频率应不小于 1Hz。

《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规范》（征求意见稿）

8 大节段钢箱梁桥位连接

8.1 一般规定

8.1.1 钢箱梁大节段调梁定位和大节段环缝连接应考虑气象条件和施工临时荷载对钢箱梁线形和应力状态的影响，选择合适的气象条件进行调梁定位和环缝连接。

8.1.2 钢箱梁大节段调梁定位和环缝连接应设置可靠的环保措施，避免施工造成的环境污染。

条文说明

钢箱梁大节段调梁定位需要使用大型液压千斤顶，该施工过程可能存在漏油情况，需做好防漏油措施，如桥面铺设吸油布等。大节段环缝连接涉及到桥位焊接和涂装，也需设置好防污染环境措施。

8.1.3 钢箱梁大节段海上环缝补涂应设置专门的工棚，减小海上不利气象条件对环缝涂装施工的影响。

8.1.4 钢箱梁大节段未形成整联结构之前，应避免梁上堆放施工临时荷载；对于必须上梁的施工临时荷载，应提前对施工临时荷载的大小和堆放位置进行规划，并将这些信息提前告知监控单位。

条文说明

钢箱梁大节段一般为连续结构，安装过程中施工临时荷载会对最终成桥线形和应力状态造成影响，尤其是大节段环口附近的施工临时荷载，如施工作业平台、集装箱等，需要提前将上梁的临时荷载大小、作用位置及拆除时机等信息通报施工监控单位，监控单位在计算钢箱梁下料参数时须计入施工临时荷载影响。施工临时荷载一经确定，后期不能随便变动，对于后期可能上梁的其它临时荷载，应在环缝连接过程中堆放于墩顶区域，以减小对成桥线形和应力状态的影响。

8.2 调梁

8.2.1 钢箱梁大节段调梁系统包括墩顶临时支撑调位装置和大节段环口处牛腿调位装置。

8.2.2 钢箱梁大节段墩顶临时支撑调梁装置和环口处牛腿调位装置除了需具备足够的额定负载外，还需具有三向调位功能和多点同步工作的性能。

8.2.3 钢箱梁大节段调梁定位应在气温稳定且箱梁顶底板温差小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下进行。

条文说明

钢箱梁大节段对温度很敏感，整体升降温主要引起纵桥向梁长度改变，而梯度温差还会进一步影响钢箱梁竖向和横向线形。港珠澳大桥的工程实践表明，在气温稳定且箱梁顶底板温差小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下进行调梁定位，可满足施工精度要求。

8.2.4 钢箱梁大节段海上调梁主要控制墩顶处钢箱梁平面位置和高程以及环口处相邻梁段中线和高程的相对偏差，具体定位精度见 8.5 节。

8.2.5 钢箱梁大节段调梁作业期间可采用高精度全站仪和水准仪对 8.2.4 节的控制内容进行监测。

8.3 桥位连接

8.3.1 钢箱梁大节段调梁到位后方可开始环缝焊接，环缝焊接应在气温稳定且箱梁顶底板温差小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下进行；作业环境温度不应低于 -10°C ，作业区相对湿度不应大于 90%。

条文说明

钢箱梁大节段环缝连接过程本质是结构体系转变过程（环口处由简支变为连续），该过程若处于环境温度急剧变化中，除了可能因钢箱梁变形导致环口焊缝撕裂外，还会使钢箱梁产生不可恢复的变形，影响最终成桥线形。

焊接作业环境的温度和湿度会对焊缝质量造成影响，由于钢箱梁大节段环缝在桥址施焊，受环境影响大，因此，本条参考《钢结构工程施工规范》（GB 50755）对环缝焊接的温湿度做了规定。

8.3.2 桥位连接作业时间要求：钢箱梁大节段环口连接应在一个气温稳定的时间段内完成环口主要焊缝焊接。

条文说明

钢箱梁大节段环缝连接一般在夜间进行，为避免白天日照引起钢箱梁温度变形，环口处主要焊缝应在一个晚上完成施焊。

8.3.3 钢箱梁大节段环缝焊接按由中间向两端同步对称施焊，对于环口处还有螺栓连接的应先完成焊缝焊接后再进行螺栓连接。

8.3.4 钢箱梁大节段环缝焊缝宽度宜控制在 $6\sim 8\text{mm}$ ，对于出现的大于标准焊缝宽度的情况应按超大间隙焊缝焊接工艺。

8.3.5 钢箱梁大节段环缝连接宜少使用焊接马板，尽量使用磁力马板，马板宜采用对称布置。

8.3.6 钢箱梁大节段环缝连接应提前设计制作可依附于钢箱梁上的施工作业平台和防风防雨棚，作业平台和作业工棚应满足强度、刚度和稳定性要求。

8.4 现场涂装

8.4.1 钢箱梁大节段环缝涂装总体工艺与工厂涂装一致，但需根据桥址环境重点考虑环境对涂装的影响以及涂装可能引起的环境污染。

8.4.2 钢箱梁大节段环缝外表面涂装应设置专门的防风防雨棚，以隔离外界环境对环缝涂装的不利影响，同时阻挡喷漆时油漆泄露污染环境；环口处钢箱梁内应设置排风装置以加强内部通风。

8.4.3 环缝涂装时应对周边涂层进行保护，可采用白铁皮粘贴保护；此外环缝周边涂层应打磨出坡度，显示不同漆层的层面。

8.5 检验

8.5.1 钢箱梁大节段桥位连接过程应对调梁定位后的钢箱梁几何状态和环缝连接后的焊缝质量和高强栓施工质量进行检测。

8.5.2 钢箱梁大节段几何状态实测项目及控制指标如表 8.5.2 所示。

表 8.5.2 钢箱梁大节段安装几何状态实测项目

序号	实测项目		允许偏差 (mm)
1	轴线偏位	钢箱梁中线	10
		两孔相邻横梁中线相对偏差	5
2	梁底标高	墩台处梁底	±10
		两孔相邻横梁相对高差	5
3	支座偏位	支座纵、横向扭转	1
		固定支座顺桥向偏差	20

8.5.3 钢箱梁大节段环缝焊缝和高强栓实测项目及控制指标如表 8.5.3 所示。

表 8.5.3 钢箱梁大节段环缝焊缝和高强栓实测项目

序号	实测项目		规定值或允许偏差 (mm)	检查方法和频率	权值	
1	线型高程		+10, -5	水准仪检查, 每孔 3 个断面	2	
2△	现场连接	对接焊缝	外观质量	满足招标文件技术规范及 3.9.9 节的相关规定	查焊接记录	
			内部质量			
		高强度螺栓扭矩		±10%	测力扳手检查 5%	3
		栓接面抗滑系数(喷砂)		出厂 ≥0.55 安装 ≥0.45	每 5 个梁段做一批 (3 组) 检查	
		防腐涂层		满足 3.10 节图 层验收要求	查涂装记录	

《跨海钢箱梁桥大节段施工技术规范》

(征求意见稿)

9 支承体系转换

9.1 一般规定

9.1.1 钢箱梁大节段应在气象条件良好且气温稳定的条件下进行支撑体系转换，体系转换时的大气温度宜接近设计基准温度。

9.1.2 钢箱梁大节段支撑体转换过程应预设环保措施，避免污染环境。

条文说明

钢箱梁大节段支撑体系转换过程涉及大型油压千斤顶的反复使用，存在漏油风险，应制定防漏油方案；对出现的漏油应及时清理，避免对环境造成污染。

9.1.3 钢箱梁大节段支座应带支座预偏工装，以实现桥位现场支座预偏量设置。

9.1.4 钢箱梁大节段体系转换过程应进行模拟计算，确保支撑体系转换过程钢箱梁的受力安全。

9.2 落梁方式

9.2.1 对于首联钢箱梁大节段，由于在钢箱梁安装之前还未取得钢箱梁与桥墩支座垫石的匹配误差，宜采用整联落梁的方式。

9.2.2 对于钢箱梁大节段调梁工装有限，且在本联钢箱梁安装前已有部分大节段制造完成，综合评估钢箱梁安装精度后可考虑采用隔跨落梁方式。

9.2.3 对于整联钢箱梁都已在工厂制造完成的情况，可根据获得的钢箱梁长度制造误差，在支座垫石施工时考虑与钢箱梁长度误差的匹配后，可采用逐跨落梁的方式。

条文说明

对于整联相同跨径数的钢箱梁大节段，采用整联落梁方式需要的施工工装数量较多，但对于支座垫石施工前并不知道钢箱梁制造长度误差的情况，可根据整联吊装后钢箱梁与支座垫石的匹配情况进行整联钢箱梁的移位，确保每个支座在垫石上的就位满足施工误差要求。

隔跨落梁与逐跨落梁可提高施工工装的周转效率，但是需要在支座垫石施工前提前获得钢箱梁长度制造误差，根据钢箱梁的长度误差，适当调整垫石位置，使二者相匹配。

9.3 支座预偏量设置

9.3.1 钢箱梁大节段永久支座可采用工厂安装，随钢箱梁吊装完成后进一步实现与支座垫石的连接；也可以先安放在支座垫石上，待钢箱梁完成就位后再实现与钢箱梁的连接。

9.3.2 钢箱梁大节段设计永久支座上的支座预偏工装应为可拆卸重复使用，支座预偏工装应满足预偏量设置的行程要求，并可实现毫米级别精度的预偏量设置。

9.3.3 钢箱梁大节段支座预偏量应根据支撑体系转换时的环境温度和截面温度场与设计基准温度状态的差别，并考虑该体系与设计成桥状态下支座变形的差别，叠加计算得到支座预偏量。

9.3.4 支座预偏量值宜由施工监控单位根据施工单位提供的落梁工序和落梁时间及现场测试的环境温度计算给出。

9.4 检验

对落梁线形、支座预偏量、相邻支座伸缩缝的位置、落梁温度进行规定、对检验方法进行阐述。

10 安装质量控制

10.1 一般规定

10.1.1 钢箱梁大节段安装质量应采用全过程施工控制，对施工中各道工序，尤其是出运前、吊装前、调梁定位后、环缝连接后等交接界面应会同各参建单位共同完成质量控制。

10.1.2 钢箱梁大节段施工质量检验应采用经计量检定、校准合格的计量器具，质检人员应持有相应上岗证。

10.1.3 钢箱梁大节段质量检查记录、界面验收等资料应完整齐全，具有可溯源性。

10.2 线形控制

10.2.1 大节段钢箱梁的制造线形要求；

10.2.2 大节段钢箱梁的安装线形要求。

10.2.3 钢箱梁大节段线形控制应由具备相应资质且具有类似工程经验的第三方施工监控单位会同各参建单位共同实施。

10.3 内力与变形控制

10.3.1 大节段钢箱梁在工厂制造阶段的内力与变形控制要求；

10.3.2 大节段钢箱梁在运输阶段的内力与变形控制要求；

10.3.3 大节段钢箱梁在现场安装阶段的内力与变形控制要求。

10.4 温度效应控制

对工厂制造温度效应控制、现场安装温度效应控制进行规定。

10.4.1 工厂制造温度效应控制要求；

10.4.2 现场安装温度效应控制要求。

本规范用词用语说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

(1)表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”或“须”；反面词采用“严禁”。

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

(4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。