

# 公路桥涵工程施工现场质量控制手册

|     |   |     |     |     |    |
|-----|---|-----|-----|-----|----|
| 方   | 兴 | 戴小松 | 段军朝 | 主编  |    |
|     |   |     | 郭关鸣 | 主审  |    |
| 郭正敏 | 陈 | 兵   | 范磊  | 钟启凯 | 参编 |

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

公路桥涵工程施工现场质量控制手册/方兴,戴小松,段军朝  
主编. —北京:中国建筑工业出版社,2012.10

ISBN 978-7-112-14694-9

I. ①公… II. ①方…②戴…③段… III. ①公路桥-桥涵  
工程-施工现场-质量控制-技术手册 IV. ①U448.14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 223059 号

责任编辑:李 阳

责任设计:董建平

责任校对:张 颖 陈晶晶

## 公路桥涵工程施工现场质量控制手册

方 兴 戴小松 段军朝 主编

郭关鸣 主审

郭正敏 陈 兵 范 磊 钟启凯 参编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本:850×1168毫米 1/32 印张:6¼ 字数:166千字

2013年1月第一版 2013年1月第一次印刷

定价:20.00元

ISBN 978-7-112-14694-9

(22718)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

当前我国建筑行业推行标准化管理, 为了加强公路桥涵施工企业现场标准化管理力度, 规范施工工序操作, 明确工序控制要点, 提高现场管理人员管理水平、增强管理人员对工程质量的把控能力, 保障施工关键工序的质量与安全, 我们组织编写了《公路桥涵工程施工现场质量控制手册》。本书主要编写依据是《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50—2011 及现行其他行业标准规范、相关技术手册, 针对公路桥涵施工, 从施工测量、钢筋加工与制作、模板支架设计与施工、混凝土配合比设计与施工、桩基工程、承台墩柱施工、围堰设施、梁体结构施工及其桥涵附属工程等方面, 以工序施工控制要点为对象, 较为详细地介绍了桥涵施工过程中需要把控的关键要素与环节。

本书共分 9 章, 主要按照桥梁施工顺序进行介绍, 第 1 章主要介绍了桥梁测量控制要点及注意事项; 第 2 章主要介绍了钢筋加工制作、连接及绑扎安装施工质量控制要点; 第 3 章重点介绍了桥梁施工模板支架体系设计、制作及施工应进行控制的主要事项; 第 4 章主要从混凝土配合比设计、混凝土搅拌、混凝土浇筑、混凝土振捣、混凝土养护、混凝土运输以及混凝土季节性施工等方面介绍了混凝土施工质量控制的关键环节; 第 5 章介绍了桥梁基础与下部结构施工质量控制要点, 同时还介绍了深水拉森钢板桩施工及双壁钢围堰施工等主要施工措施质量控制要点; 第 6 章比较全面地介绍了预制预应力箱梁、支架现浇预应力箱梁、悬臂现浇预应力箱梁、悬臂拼装、顶推箱梁及索塔、支座等桥梁上部结构施工质量控制要点; 第 7 章主要讲解了桥面系及桥梁附属结构施工质量控制要点, 如: 伸缩缝安装、护栏施工、桥面系、砌体工程、桥面沥青铺装及桥面钢纤维混凝土施工等; 第 8

章主要介绍了涵洞及通道施工质量控制要点；第9章根据工程实例从桥梁施工的不同方面介绍了如何进行施工质量控制及相关结构施工设计计算。

本书涉及桥涵施工工序内容较为广泛，对桥涵施工企业推行现场标准化管理具有很好的借鉴与指导作用；可作为桥梁工程施工现场工程技术人员及操作技术工人培训、学习、现场指导施工时使用，同时也可作为大专院校土木工程专业辅导书。鉴于编者水平有限，在编写过程中难免会有缺陷和错误，不足之处敬请读者批评指正。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 测量工程 .....        | 1  |
| 1.1 概述 .....            | 1  |
| 1.2 施工测量 .....          | 2  |
| 第 2 章 钢筋工程 .....        | 5  |
| 2.1 概述 .....            | 5  |
| 2.2 钢筋加工 .....          | 5  |
| 2.3 钢筋绑扎接头 .....        | 7  |
| 2.4 钢筋闪光对焊 .....        | 9  |
| 2.5 钢筋电弧焊接 .....        | 10 |
| 2.6 钢筋机械连接 .....        | 11 |
| 2.7 钢筋绑扎与安装 .....       | 13 |
| 第 3 章 模板、支架工程 .....     | 15 |
| 3.1 概述 .....            | 15 |
| 3.2 模板设计、制作、安装与拆除 ..... | 16 |
| 3.3 支架设计、安装与拆除 .....    | 17 |
| 第 4 章 混凝土工程 .....       | 19 |
| 4.1 混凝土原材料与配合比 .....    | 19 |
| 4.2 混凝土搅拌 .....         | 20 |
| 4.3 混凝土运输 .....         | 22 |
| 4.4 混凝土浇筑、振捣 .....      | 22 |
| 4.5 混凝土养护 .....         | 25 |
| 4.6 混凝土冬期施工 .....       | 26 |
| 4.7 混凝土雨期施工 .....       | 27 |
| 4.8 混凝土夏期施工 .....       | 28 |
| 4.9 大体积混凝土施工 .....      | 29 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第 5 章 基础与下部结构工程</b>    | 31 |
| 5.1 陆上钻孔灌注桩成孔             | 31 |
| 5.2 深水钻孔灌注桩成孔             | 33 |
| 5.3 挖孔桩成孔及灌注              | 35 |
| 5.4 钢筋笼制作                 | 36 |
| 5.5 钢筋笼安装                 | 37 |
| 5.6 灌注桩水下混凝土浇筑            | 38 |
| 5.7 沉入桩施工                 | 40 |
| 5.8 双壁钢围堰施工               | 42 |
| 5.9 水中拉森钢板桩围堰施工           | 43 |
| 5.10 地下连续墙施工              | 43 |
| 5.11 承台施工                 | 45 |
| 5.12 墩柱施工                 | 46 |
| <b>第 6 章 上部结构工程</b>       | 47 |
| 6.1 后张法预应力施工              | 47 |
| 6.2 预应力管道压浆施工             | 50 |
| 6.3 先张法预应力施工              | 51 |
| 6.4 支架现浇箱梁施工              | 52 |
| 6.5 移动模架逐孔现浇箱梁施工          | 55 |
| 6.6 预制箱梁(空心板)架设施工         | 56 |
| 6.7 悬臂浇筑 0 号梁段施工          | 57 |
| 6.8 悬臂(三角形或菱形挂篮)现浇连续梁施工   | 58 |
| 6.9 斜拉桥主梁(前支点挂篮)悬臂现浇连续梁施工 | 59 |
| 6.10 悬臂浇筑合龙段施工            | 61 |
| 6.11 悬臂拼装施工               | 61 |
| 6.12 顶推施工                 | 63 |
| 6.13 索塔施工                 | 64 |
| 6.14 支座安装施工               | 65 |
| <b>第 7 章 桥面系及附属工程</b>     | 67 |
| 7.1 伸缩缝安装施工               | 67 |

|              |                           |            |
|--------------|---------------------------|------------|
| 7.2          | 护栏施工 .....                | 68         |
| 7.3          | 桥面系施工 .....               | 68         |
| 7.4          | 桥梁附属结构施工 .....            | 70         |
| 7.5          | 砌体工程施工 .....              | 71         |
| 7.6          | 沥青面层施工 .....              | 72         |
| 7.7          | 钢纤维混凝土施工 .....            | 80         |
| <b>第 8 章</b> | <b>桥涵工程 .....</b>         | <b>81</b>  |
| 8.1          | 涵洞施工 .....                | 81         |
| 8.2          | 桥涵顶推施工 .....              | 82         |
| <b>第 9 章</b> | <b>工程实例 .....</b>         | <b>84</b>  |
| 9.1          | 拉森钢板水中围堰施工技术 .....        | 84         |
| 9.2          | 双曲面桥墩结构施工质量控制技术 .....     | 102        |
| 9.3          | 碗口式支架与门架联合体系结构设计与施工 ..... | 124        |
| 9.4          | 大截面鱼腹式箱梁混凝土施工技术 .....     | 161        |
| <b>参考文献</b>  | <b>.....</b>              | <b>190</b> |

# 第 1 章 测 量 工 程

## 1.1 概 述

测量在工程建设中犹如人的眼睛，它是最基本的工作，也是很关键的工作。在桥涵施工中，必须保证测量工作的严密性、准确性。

### 1.1.1 测量控制点

在中小桥梁施工前，可根据勘测设计院移交的测量成果增设施工控制点，组成施工控制网，并构成简单的符合导线或闭和导线，测设精度达到施工测量的精度要求即可。

重要、大型、特大型桥梁从设计到施工一般时间比较长，要对全桥控制网进行全面复测、检查，为满足施工的需要进行控制点的加密。平面控制网复测应包括基线复测、角度边长复测、成果复算对比。复测精度和等级均依据规范要求进行。如“新建武汉火车站工程”针对桥梁密集、点多面广的特点采用三角控制网(边角网)，并与相临标段联测，依据规范要求进行严密平差，测量精度完全满足施工测量的精度要求。

高程控制网的复测也要依据规范要求进行，并对水准点进行加密。加密的水准点，平面控制点的布置尽量选在既不容易破坏，又有利于测量工作的地方，以便提高工作效率。若平面控制网和高程控制网复测成果与原测量成果相差较大，应分析原因，及时与监理单位沟通，达成共识后及时报告业主和设计单位，要求确认，以便后续施工。

### 1.1.2 测量内业计算

桥梁施工过程中，内业计算是一项必不可少的环节，计算中的错误将会给施工带来重大损失。桥梁测量分平曲线和竖曲线，在施工前，首先要对图纸上的曲线要素进行复算，如有问题，及时与设计人员沟通。桩位坐标计算的的对与错将直接关系到上部结构，所以应十分慎重，在设计院未给出桩位坐标时，可以采用两人同时进行计算，然后比对，也可采用多种方法进行计算然后比对，确保桩位的正确性。如可以用 EXCEL 表格计算，也可用 CASIO 计算器进行计算或使用 CAD 进行处理。对于 CASIO 计算器中的程序也要核对，并核查是否都适应所在工程，不应随便使用网上的测量计算程序以免出现错误。现在用在工程中的平曲线的种类越来越多，比如缓和曲线又分为完整缓和曲线、不完整缓和曲线，如果判断错误或程序不在适用范围内，计算出的结果就有可能出错。

在高程计算中，对于承台、墩柱、支座垫石的标高要反复核算，桩底标高严格按照设计图纸进行控制，对于前面三项要根据桩底标高、桩长、承台高、墩柱高从下往上反算，还要依据桥面标高，从上往下反算，然后结合图纸进行前后比对，不可迷信图纸，做到心中有数。

## 1.2 施 工 测 量

| 序号 | 工序    | 控 制 要 点                                                                           |
|----|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 施工准备  | 根据桥涵结构形式、跨径及精度要求等编写施工测量方案，选定控制测量等级，确定测量方法；对测量设备进行校核、标定，在测量过程中，应按标定周期要求重新进行标定      |
| 2  | 交桩    | 施工前由业主单位组织勘测、设计单位对控制性桩及水准点进行现场交桩；应由设计院提供相应桩点成果表，并填写交桩记录                           |
| 3  | 控制网建立 | 复测控制性桩点，根据施工需要进行加密、优化，建立施工测量控制网。对控制网(点)采用有效保护措施，防止破坏，并进行不定期的检测和定期复测，复测周期不应超过 6 个月 |

续表

| 序号                                                                                                                                                                                                   | 工序         | 控 制 要 点                                                                                                                                                                                                                               |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----|----------|----|---------|----|---------|----|---------|
| 4                                                                                                                                                                                                    | 平面控制<br>测量 | 各等级平面控制测量，其最弱点点位中误差±50mm，最弱相邻点间相对点位中误差±30mm，最弱相邻点边长相对中误差不得大于下表要求：                                                                                                                                                                     |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
|                                                                                                                                                                                                      |            | 平面控制测量精度要求                                                                                                                                                                                                                            |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
|                                                                                                                                                                                                      |            | <table><tr><td>测量等级</td><td>最弱相邻点边长<br/>相对中误差</td><td>测量等级</td><td>最弱相邻点边长<br/>相对中误差</td></tr><tr><td>二等</td><td>1/100000</td><td>四等</td><td>1/35000</td></tr><tr><td>三等</td><td>1/70000</td><td>一级</td><td>1/20000</td></tr></table> | 测量等级             | 最弱相邻点边长<br>相对中误差 | 测量等级             | 最弱相邻点边长<br>相对中误差 | 二等 | 1/100000 | 四等 | 1/35000 | 三等 | 1/70000 | 一级 | 1/20000 |
|                                                                                                                                                                                                      |            | 测量等级                                                                                                                                                                                                                                  | 最弱相邻点边长<br>相对中误差 | 测量等级             | 最弱相邻点边长<br>相对中误差 |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 二等                                                                                                                                                                                                   | 1/100000   | 四等                                                                                                                                                                                                                                    | 1/35000          |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 三等                                                                                                                                                                                                   | 1/70000    | 一级                                                                                                                                                                                                                                    | 1/20000          |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 大桥、特大桥及特殊结构桥梁平面控制测量坐标系，其投影长度变化值不应大于 10mm/km，投影分带位置不得选在桥址处。<br>在布设平面控制点时，四等及以上平面控制网中相邻点之间的距离不得小于 500m；一级平面控制网中相邻点之间的距离在平原、微丘区不得小于 200m，重丘、丘陵区不得小于 100m；最大距离不应大于平均边长的 2 倍。特大桥及特殊结构桥梁的每一端应至少埋设 2 个平面控制点 |            |                                                                                                                                                                                                                                       |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 5                                                                                                                                                                                                    | 高程控制<br>测量 | 同一工程项目应采用同一高程系统，并与相邻工程项目高程系统相衔接。桥位水准点高程测量应与路线控制高程联测。<br>跨越水域或深谷的大桥、特大桥的高程控制网最弱点高程中误差不得大于±10mm。<br>对于大桥和特大桥施工的各水准点应构成连续水准环。大桥和特大桥的每端应至少设置 2 个水准点，作为水准网的控制点                                                                             |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 6                                                                                                                                                                                                    | 联测         | 对与相邻工程接合处的平面位置和高程，应在施工前进行联测，发现问题及时查明原因并处理                                                                                                                                                                                             |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 7                                                                                                                                                                                                    | 桩基施工       | 在桩基施工中，必须采取换手测量，多次测量。在桩位固定好后，及时做好护桩，确保设计中心，桩位中心，钢筋笼的中心在规范范围内。如果发现护桩有移位的情况，及时进行复测                                                                                                                                                      |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 8                                                                                                                                                                                                    | 承台施工       | 承台施工中，顶标高，墩柱预埋钢筋的位置是控制重点。在承台钢筋绑扎完后，连接墩柱的插筋要重新定位，保证墩柱位置准确，对于插筋既要使插筋在墩柱范围内，又不可使插筋过小，以免使墩柱保护层过大或过小，影响工程质量                                                                                                                                |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |
| 9                                                                                                                                                                                                    | 墩柱施工       | 在墩柱施工前，首先要对墩柱底边框放样，一可以检查墩柱的位置，看保护层厚度是否符合要求，如需调整，及时处理；二可以有利于墩柱模板的安装，按照边线来控制，提高质量和效率。然后检查承台顶标高，如与设计有出入，及时调整墩柱高度；还应保证墩顶标高，在浇筑墩顶前，墩柱顶标高要复查，可用钢尺复核，简单方便，确保万无一失                                                                             |                  |                  |                  |                  |    |          |    |         |    |         |    |         |

续表

| 序号 | 工序   | 控 制 要 点                                                                                                                                                                                                         |
|----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | 支座垫石 | <p>支座垫石的位置、标高对于钢箱梁安装尤为重要。</p> <p>钢箱梁是工厂预制，长度、宽度均已固定，支座垫石的位置影响支座的位置，如果平面位置不准确，就需要对钢箱梁进行处理，否则必将严重影响质量和桥梁美观</p>                                                                                                    |
| 11 | 箱梁   | <p>箱梁的平面位置对于曲线桥梁而言要尽可能做成圆弧，半径越小，放样时点位就要越密集，要使成型后曲线优美顺滑，轴线边线满足设计要求。不然在桥梁成型后会影响视觉效果。</p> <p>底模拼装时要及时检查底板标高，按设计要求再加上施工中预拱度的设置数据，使底模标高控制在可调空范围内。</p> <p>在梁体顶板浇筑前要对梁面标高进行布控，按纵向、横向均为 5m 的间距布设标高点，确保桥面纵坡、横坡达到设计要求</p> |

## 第2章 钢 筋 工 程

### 2.1 概 述

钢筋混凝土结构是由配置受力钢筋(预应力筋)及钢筋骨架与混凝土共同制成的结构体。钢筋混凝土结构之所以能够广泛地应用于建筑结构之中,是因为钢筋与混凝土这两种截然不同的材料之间能够结合在一起充分发挥各自的功能,其主要原因还在于:①钢筋和混凝土之间有着良好的粘结力,使两者能够可靠地结合成一个整体,在荷载作用下共同变形;②钢筋和混凝土之间有较接近的温度线膨胀系数,不会因较大的温度应力而破坏两者之间的粘结;③钢筋被外围混凝土包裹,能够防止钢筋受到外界环境的锈蚀,对钢筋起到保护作用。

在桥梁工程中,由于桥梁结构受力十分复杂,钢筋在桥梁结构受力中起到至关重要的作用,因此,钢筋的加工制作、搭接、焊接、机械连接、安装的质量都将直接影响钢筋在混凝土结构或预应力混凝土结构的受力性能。如何在钢筋加工制作、连接以及安装过程中控制其施工质量,是保证工程质量的关键环节。本章主要从钢筋的加工制作、绑扎连接、闪光对焊连接、电弧焊连接、机械连接以及钢筋的绑扎与安装等方面结合规范及实际操作介绍了其施工工序的控制要点。

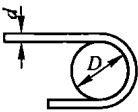
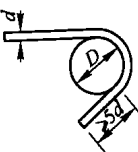
### 2.2 钢 筋 加 工

| 序号 | 工序   | 控 制 要 点                                                                          |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 钢筋备料 | 钢筋表面应洁净、无损伤,使用前将表面油渍、漆皮、鳞锈、水泥浆等杂物清理干净,带有颗粒状或片状老锈钢筋不得使用。钢筋应平直、无局部弯折,成盘钢筋和弯曲钢筋均应调直 |

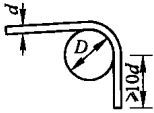
续表

| 序号 | 工序   | 控 制 要 点                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | 施工准备 | 钢筋加工设备的使用应遵守钢筋加工机械安全作业操作规程，做到事前验收检查，事中规范操作，事后断电恢复保养设备。<br>钢筋加工场需进行硬化处理                                                                                                                                                                                                           |
| 3  | 钢筋下料 | 钢筋下料前，先根据原材料的定尺长度及设计图纸编制钢筋下料单，然后根据钢筋下料单绘制钢筋翻样图，现场根据翻样图进行加工。加工后的钢筋，其表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。<br>在下料时，特别注意钢筋弯折部分下料长度的确定，并注意其是否满足现场实际安装要求；必要时可根据现场实际测量尺寸进行加工                                                                                                                                 |
| 4  | 弯制   | 钢筋的弯制和端部的弯钩应符合设计要求，设计未作要求时应符合《受力钢筋弯制和末端弯钩形状图》的要求。<br>钢筋末端应做成弯钩，弯钩的形状符合设计规定。弯钩的弯曲直径应大于被箍受力主钢筋的直径，且 HPB235 级钢筋应不小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB335 级钢筋应不小于箍筋直径的 4 倍。弯钩平直部分的长度，一般结构应不小于箍筋直径的 5 倍。有抗震要求的结构，应不小于箍筋直径的 10 倍。设计对弯钩的形状未作规定时，可按照《箍筋弯钩形式图》加工。<br>钢筋在常温下加工，不宜加热。弯制钢筋宜从中部开始，逐步弯向两端，弯钩应一次弯成 |
| 5  | 储存   | 加工好的钢筋应编号、分类存放，并做好标牌。钢筋存放场地需进行硬化，并对存放钢筋原材或半成品进行架空存放，架空至少距离地面 100mm                                                                                                                                                                                                               |

受力钢筋弯制和末端弯钩形状图

| 弯曲部分 | 弯曲角度 | 形状图                                                                                 | 钢筋种类             | 公称直径 $d$ (mm) | 弯曲直径 $D$    | 平直段长度     |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-------------|-----------|
| 末端弯钩 | 180° |  | HPB235<br>HPB300 | 6~22          | $\geq 2.5d$ | $\geq 3d$ |
|      | 135° |  | HRB335           | 6~25          | $\geq 3d$   | $\geq 5d$ |
|      |      |                                                                                     |                  | 28~40         | $\geq 4d$   |           |
|      |      |                                                                                     |                  | 50            | $\geq 5d$   |           |
|      |      |                                                                                     | HRB400           | 6~25          | $\geq 4d$   |           |
|      |      |                                                                                     |                  | 28~40         | $\geq 5d$   |           |
|      |      |                                                                                     |                  | 50            | $\geq 6d$   |           |
|      |      |                                                                                     | RRB400           | 8~25          | $\geq 3d$   |           |
|      |      |                                                                                     |                  | 28~40         | $\geq 4d$   |           |

续表

| 弯曲部分 | 弯曲角度            | 形状图                                                                               | 钢筋种类   | 公称直径 $d$ (mm) | 弯曲直径 $D$   | 平直段长度      |
|------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|------------|------------|
| 末端弯钩 | 90°             |  | HRB335 | 6~25          | $\geq 3d$  | $\geq 10d$ |
|      |                 |                                                                                   |        | 28~40         | $\geq 4d$  |            |
|      |                 |                                                                                   |        | 50            | $\geq 5d$  |            |
|      |                 |                                                                                   | HRB400 | 6~25          | $\geq 4d$  |            |
|      |                 |                                                                                   |        | 28~40         | $\geq 5d$  |            |
|      |                 |                                                                                   |        | 50            | $\geq 6d$  |            |
|      |                 |                                                                                   | RRB400 | 8~25          | $\geq 3d$  |            |
|      |                 |                                                                                   |        | 28~40         | $\geq 4d$  |            |
| 中间弯折 | $\leq 90^\circ$ |  | 各种钢筋   | —             | $\geq 20d$ |            |

注：采用环氧树脂涂层钢筋时，除应满足表内规定外，当钢筋直径  $d \leq 20\text{mm}$  时，弯钩内直径  $D$  不得小于  $4d$ ；当  $d > 20\text{mm}$  时，弯钩内直径  $D$  不得小于  $6d$ ；直线段长度不得小于  $5d$ 。

箍筋弯钩形式图

| 结构类型 | 弯曲角度      | 图示                                                                                  |
|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 一般结构 | 90°/180°  |    |
|      | 90°/90°   |   |
| 抗震结构 | 135°/135° |  |

注：在钢筋加工制作过程中，应重点考虑钢筋的下料尺寸是否能够与现场实际相符合。

## 2.3 钢筋绑扎接头

| 序号 | 工序   | 控 制 要 点                                                                                        |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 绑扎条件 | 仅当钢筋构造复杂且施工困难时方可采用绑扎接头，绑扎接头钢筋直径不宜大于 28mm，对轴心受压和偏心受压构件中的钢筋，绑扎接头直径不宜大于 32mm；轴心受压和小偏心受拉构件不应采用绑扎接头 |

续表

| 序号                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 工序          | 控 制 要 点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-----|-----|-----|---------|-----|--------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|------------------|---|-------------|-------------|
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 接头布置        | 绑扎接头：两接头间的距离应不小于 1.3 倍搭接长度。配置在接头长度区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面面积的百分率，应符合下表要求：<br>接头长度区段内受力钢筋接头面积的最大百分率                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             | <table><tr><th rowspan="2">接头形式</th><th colspan="2">接头面积最大百分率(%)</th></tr><tr><th>受拉区</th><th>受压区</th></tr><tr><td>主钢筋绑扎接头</td><td>25</td><td>50</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                 | 接头形式        | 接头面积最大百分率(%) |     | 受拉区 | 受压区 | 主钢筋绑扎接头 | 25  | 50     |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             | 接头形式                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | 接头面积最大百分率(%) |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 受拉区         | 受压区          |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| 主钢筋绑扎接头                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 25          | 50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| 注：1 绑扎接头长度区段是指 1.3 倍搭接长度；<br>2 在同一根钢筋上宜少设接头；<br>3 绑扎接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径且不应小于 25mm                                                                                                                                                                                                                      |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 弯钩加工        | 受拉区内 HPB235 钢筋绑扎接头的末端应做弯钩；HRB335、HRB400、RRB400 钢筋的绑扎接头末端可不做弯钩；直径不大于 12mm 的受力 HPB235 钢筋的末端可不做弯钩，但搭接长度不应小于钢筋直径的 30 倍                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 搭接          | 绑扎接头的末端距钢筋弯折处的距离，不应小于钢筋直径的 10 倍，接头不宜位于构件的最大弯矩处。<br>受压钢筋绑扎接头的搭接长度，应取受拉钢筋绑扎接头搭接长度的 70%。受拉钢筋绑扎接头的搭接长度应符合下表要求：<br>受拉钢筋绑扎接头的搭接长度                                                                                                                                                                                                                                                        |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             | <table><tr><th rowspan="2">钢筋类型</th><th colspan="3">混凝土强度等级</th></tr><tr><th>C20</th><th>C25</th><th>&gt;25</th></tr><tr><td>HPB235</td><td>35<i>d</i></td><td>30<i>d</i></td><td>25<i>d</i></td></tr><tr><td>HRB335</td><td>45<i>d</i></td><td>40<i>d</i></td><td>35<i>d</i></td></tr><tr><td>HRB400<br/>RRB400</td><td>—</td><td>50<i>d</i></td><td>45<i>d</i></td></tr></table> | 钢筋类型        | 混凝土强度等级      |     |     | C20 | C25     | >25 | HPB235 | 35 <i>d</i> | 30 <i>d</i> | 25 <i>d</i> | HRB335 | 45 <i>d</i> | 40 <i>d</i> | 35 <i>d</i> | HRB400<br>RRB400 | — | 50 <i>d</i> | 45 <i>d</i> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             | 钢筋类型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | 混凝土强度等级      |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | C20         | C25          | >25 |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| HPB235                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 35 <i>d</i> | 30 <i>d</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 25 <i>d</i> |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| HRB335                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 45 <i>d</i> | 40 <i>d</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 35 <i>d</i> |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| HRB400<br>RRB400                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —           | 50 <i>d</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 45 <i>d</i> |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| 注：1 当带肋钢筋直径 <i>d</i> >25mm 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值增加 5 <i>d</i> 采用；当带肋钢筋直径 <i>d</i> <25mm 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值减少 5 <i>d</i> 采用；<br>2 当混凝土在凝固过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度应增加 5 <i>d</i> ；<br>3 在任何情况下，纵向受拉钢筋的搭接长度不应小于 300mm；受压钢筋的搭接长度均不应小于 200mm；<br>4 环氧树脂涂层钢筋的绑扎接头搭接长度，受拉钢筋按表值的 1.5 倍采用；<br>5 两根不同直径的钢筋的搭接长度，以较细的钢筋直径计算 |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 绑扎          | 钢筋搭接区域，在其中心和两端用铁丝扎牢，钢筋不得滑移。绑扎铁丝头应按向结构内侧，不应进入混凝土保护层内                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |              |     |     |     |         |     |        |             |             |             |        |             |             |             |                  |   |             |             |

注：在钢筋绑扎连接中，应重点把控钢筋的搭接长度与绑扎的牢固性。

## 2.4 钢筋闪光对焊

| 序号          | 工序                   | 控 制 要 点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
|-------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--|--|------------|------|----------|----------|---------------|-------|---------------|-------|-----|---------------|-------|---------------|-------|--------|---------------|-------|---------------|-------|----|---------------|----|----------------------|
| 1           | 工艺试验                 | 钢筋正式焊接之前,应进行现场条件下的焊接工艺试验,并经试验合格后,方可正式生产                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 2           | 施工准备                 | <p>钢筋闪光对焊配套机械设备质量完好,保证焊接一机一闸一漏电保护器。</p> <p>焊工穿绝缘鞋、佩戴绝缘手套等防护用品齐全。</p> <p>焊接现场具有适当的防风、防雨、防雪、防严寒等防护设施</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 3           | 接头处理                 | <p>钢筋焊接前,应清除钢筋以及钢筋与电极接触处表面上的锈斑、油污及杂物等;钢筋端部当有弯折、扭曲时,应予以矫直或切除。</p> <p>带肋钢筋进行闪光对焊时,应将纵肋与纵肋对齐安放焊接</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 4           | 布置接头                 | <p>受力钢筋的连接接头应设置在受力较小处,错开布置。钢筋接头应避开钢筋弯曲处,距弯曲点的距离不得小于钢筋直径的 10 倍;同一纵向受力钢筋不宜设置两个或者两个以上的接头。配置在“同一截面”(钢筋直径的 35 倍范围且不小于 500mm)内主钢筋接头的截面面积,占受力钢筋总截面面积的最大百分率在受拉区不得大于 50%,受压区不限制</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 5           | 正式焊接                 | <p>闪光对焊焊接工艺和方法应按下列规定选择:</p> <p>1) 当钢筋直径较小,钢筋牌号较低,在下表规定范围内,可采用连续闪光焊。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">连续闪光焊钢筋上限直径</th></tr> <tr> <th>焊机容量(kV·A)</th><th>钢筋牌号</th><th>钢筋直径(mm)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">160(150)</td><td>HRB235、HRB335</td><td>20、22</td></tr> <tr> <td>HRB400、RRB400</td><td>20、20</td></tr> <tr> <td rowspan="2">100</td><td>HRB235、HRB335</td><td>20、18</td></tr> <tr> <td>HRB400、RRB400</td><td>16、16</td></tr> <tr> <td rowspan="2">80(75)</td><td>HRB235、HRB335</td><td>16、14</td></tr> <tr> <td>HRB400、RRB400</td><td>12、12</td></tr> <tr> <td rowspan="2">40</td><td>HRB235、HPB235</td><td rowspan="2">10</td></tr> <tr> <td>HRB335、HRB400、RRB400</td></tr> </tbody> </table> <p>2) 当超过表中规定,且钢筋端面较平整,宜采用“预热闪光焊”。</p> <p>3) 当超过表中规定,且钢筋端面不平整,应采用“双光—预热闪光焊”。</p> <p>钢筋焊接必须满足《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定</p> | 连续闪光焊钢筋上限直径 |  |  | 焊机容量(kV·A) | 钢筋牌号 | 钢筋直径(mm) | 160(150) | HRB235、HRB335 | 20、22 | HRB400、RRB400 | 20、20 | 100 | HRB235、HRB335 | 20、18 | HRB400、RRB400 | 16、16 | 80(75) | HRB235、HRB335 | 16、14 | HRB400、RRB400 | 12、12 | 40 | HRB235、HPB235 | 10 | HRB335、HRB400、RRB400 |
| 连续闪光焊钢筋上限直径 |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 焊机容量(kV·A)  | 钢筋牌号                 | 钢筋直径(mm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 160(150)    | HRB235、HRB335        | 20、22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
|             | HRB400、RRB400        | 20、20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 100         | HRB235、HRB335        | 20、18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
|             | HRB400、RRB400        | 16、16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 80(75)      | HRB235、HRB335        | 16、14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
|             | HRB400、RRB400        | 12、12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 40          | HRB235、HPB235        | 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
|             | HRB335、HRB400、RRB400 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |
| 6           | 外观检查                 | <p>接头处不得有横向裂纹;与电极接触处的钢筋表面不得有明显烧伤;接头处的弯折角不得大于 3°;接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的 1/10,且不得大于 2mm</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |  |  |            |      |          |          |               |       |               |       |     |               |       |               |       |        |               |       |               |       |    |               |    |                      |

续表

| 序号 | 工序   | 控 制 要 点                                                                                                                                                          |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | 取样检验 | 在同条件下(指钢筋生产厂、批号、级别、直径、焊工、焊接工艺和焊机等均相同)完成并经外观检查合格的焊接接头,以 300 个作为一批(不足 300 个,也按一批计),从中切取 6 个试件,3 个做拉伸拉力试验,3 个做弯曲试验,进行质量检验;封闭环式箍筋闪光对焊接头,以 600 个同牌号、同规格的接头作为一批,只做拉伸试验 |

注:在钢筋闪光对焊过程中,应重点把控焊接时的电流、挤压力,以确保钢筋闪光对焊能够熔透。

## 2.5 钢筋电弧焊接

| 序号                         | 工序   | 控 制 要 点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
|----------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------|--------|-----|-----------|-----|-----------|----------------------------|-----|------------|-----|-----------|
| 1                          | 施工准备 | 电焊机配套设备保持完好无损。有防雨、防潮、防晒等防护措施,并做到一机一闸一漏电保护器。<br>加工场需进行硬化处理                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
| 2                          | 接头处理 | 焊接前清除钢筋或钢板焊接部位与电极接触的钢筋表面上的锈斑、油污、杂物,确保焊条干燥                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
| 3                          | 布置接头 | 受力钢筋的连接接头应设置在受力较小处,并应错开布置。钢筋接头应避开钢筋弯曲处,距弯曲点的距离不得小于钢筋直径的 10 倍;同一纵向受力钢筋不宜设置两个或者两个以上的接头。配置在“同一截面”(钢筋直径的 35 倍范围且不小于 500mm)内主钢筋接头的截面面积,占受力钢筋总截面面积的最大百分率在受拉区不得大于 50%,受压区不限制                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
| 4                          | 工艺试验 | 每批钢筋及每工作班正式焊接前,应先根据现场条件确定焊接工艺和焊接参数并进行焊接性能试验,焊接试验合格后方可正式焊接                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
| 5                          | 正式焊接 | <p>焊接时,引弧应在垫板、帮条或形成焊缝的部位进行,不得烧伤主筋。焊接地线与钢筋接触紧密。焊接过程中应及时清理焊渣。</p> <p>帮条焊或搭接焊时,宜采用双面焊缝,仅在双面焊无法施焊时,方可采用单面焊缝。帮条长度应符合下表要求:</p> <p style="text-align: center;">钢筋帮条长度(<math>d</math> 为主筋直径 mm)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>钢筋牌号</th><th>焊缝形式</th><th>帮条长度 <math>l</math></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">HPB235</td><td>单面焊</td><td><math>\geq 8d</math></td></tr> <tr> <td>双面焊</td><td><math>\geq 4d</math></td></tr> <tr> <td rowspan="2">HRB335<br/>HRB400<br/>RRB400</td><td>单面焊</td><td><math>\geq 10d</math></td></tr> <tr> <td>双面焊</td><td><math>\geq 5d</math></td></tr> </tbody> </table> | 钢筋牌号 | 焊缝形式 | 帮条长度 $l$ | HPB235 | 单面焊 | $\geq 8d$ | 双面焊 | $\geq 4d$ | HRB335<br>HRB400<br>RRB400 | 单面焊 | $\geq 10d$ | 双面焊 | $\geq 5d$ |
| 钢筋牌号                       | 焊缝形式 | 帮条长度 $l$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
| HPB235                     | 单面焊  | $\geq 8d$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
|                            | 双面焊  | $\geq 4d$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
| HRB335<br>HRB400<br>RRB400 | 单面焊  | $\geq 10d$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |
|                            | 双面焊  | $\geq 5d$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |      |          |        |     |           |     |           |                            |     |            |     |           |