

"十二五" 国家重点图书出版规划项目

SERIAL HANDBOOKS OF HIGHWAY-BRIDGE  
CONSTRUCTION

公路桥梁施工系列手册

# 桥梁钢结构

BRIDGE STEEL STRUCTURE

中铁九桥工程有限公司 主编



人民交通出版社  
China Communications Press

“十二五”国家重点图书出版规划项目

**Serial Handbooks of Highway-bridge Construction**

**公路桥梁施工系列手册**

**Bridge Steel Structure**

**桥梁钢结构**

中铁九桥工程有限公司 主 编



人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

《公路桥梁施工系列手册》共八册,分别为《基本作业与临时设施》、《施工组织设计》、《墩台与基础》、《桥梁钢结构》、《梁桥》、《拱桥》、《斜拉桥》、《悬索桥》。本书为《桥梁钢结构》分册,共9章:第1~3章为钢桥梁制造发展与现状、材料、零部件制造,属于通用部分;第4~8章为钢桁梁、钢桁拱梁制造,钢拱桥制造,钢箱梁制造,钢混凝土组合梁制造,钢塔制造,属于制造专题部分;第9章为钢桁梁的架设。

本书适合从事公路、铁路桥梁钢结构设计、施工的人员参考使用,也可供有关院校相关专业师生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁施工系列手册. 桥梁钢结构/中铁九桥工程有限公司主编. — 北京:人民交通出版社,2014.4

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-114-11322-2

I. ①公… II. ①中… III. ①公路桥—桥梁结构—钢结构—技术手册 IV. ①U448.143-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第057804号

“十二五”国家重点图书出版规划项目

书 名:公路桥梁施工系列手册 桥梁钢结构

著 者:中铁九桥工程有限公司

责任编辑:曲乐周宇尤伟

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京天宇万达印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:37.5

字 数:890千

版 次:2014年5月 第1版

印 次:2014年5月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11322-2

定 价:115.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 《公路桥梁施工系列手册 桥梁钢结构》

## 编委会

### 编写领导小组

组 长:李书学

副组长:王员根 江爱国

成 员:郑自元 李慧明 李方敏 姜昭奖 徐玉强

### 编审委员会

主 编:王员根

副主编:张西林 李书学 郑自元 李慧明 李方敏

主 审:张西林

编 委:万纯兰 殷 红 殷秀凯 涂宏未 高 波

黄 勇 魏振鑫 朱东明 巫书郁 张延辉

梁 辉 曾宪攀 夏朝鹃 王昭华 陈 菲

付小莲 徐玉强 汪西昌 张齐明 徐孝有

刘广美 李忠祥 徐慰玉 付建辉 黄行裕

廖文杰 江恒心 宋军学

统 稿:万纯兰 高 波

# 前 言

## preface

自改革开放以来,我国公路、铁路建设取得了举世瞩目的成就。桥梁工程是公路、铁路建设中的一个重要组成部分,而钢桥梁在桥梁工程建设中占有十分重要的地位。国内许多世界知名的大跨桥梁均采用钢桥梁,特别是在跨大江、湖、海的桥梁中,钢桥梁优势更为明显,如:九江长江大桥、厦门海沧大桥、汕头礮石大桥、芜湖长江大桥、江阴长江大桥、卢浦大桥、润扬长江大桥、南通长江大桥、泰州长江大桥、港深后海湾大桥、南京大胜关长江大桥、武汉天兴洲长江大桥、杭州湾跨海大桥及青岛海湾大桥等,主桥均为钢桥梁。

进入 21 世纪后,我国的钢桥梁制造技术进入新的全面发展时期,钢梁新桥型、新结构不断涌现,钢桥梁制造技术日新月异;新工艺、新技术、新材料不断进步和发展。但截至目前,我国尚未有一本系统、全面地介绍钢箱梁、钢桁梁、钢管拱等制造与安装技术的书籍。为系统总结我国钢桥建设的最新成果,受人民交通出版社邀请,并在国内专家、同行的指导、帮助下,我们组织一线技术人员编写了《公路桥梁施工系列手册 桥梁钢结构》一书。本书立足于钢桥梁制造的基本要点和方法,总结提炼出近十多年来我国各种钢桥梁制造的宝贵经验、先进技术和工艺,结合设计、施工技术规范、质量验收标准,归纳出各种类型钢桥梁的制造工艺流程、步骤、制作要点和常用方法。本书突出整体节点、整体钢桥面、三桁结构、钢混结构梁、全焊桁架梁、钢箱梁、钢塔等制造新工艺、新技术,为钢桥梁施工集大成之作,是内容全面又使用方便的技术文献。工程技术人员通过本书可全面了解钢桥梁制造的基本内容、要点、方法和先进技术,达到钢桥梁技术人员一册在手,从材料到钢桥梁制造、质量技术标准、运输、工地施工,全面掌握的目的。

本书编写人员均亲自参与或组织过许多大型钢桥梁的制造,有着丰富的实践经验,对钢桥梁制造的难点、关键点有着深刻的认识和体会。全书图文并茂,内容简明扼要、重点突出、特色鲜明,具有指导性、可操作性、可借鉴性。由于钢桥梁种类繁多,本书只列举典型的钢桥梁,并为方便读者查阅,按其基本的共性内容编写而成。第 1~3 章为钢桥梁制造发展与现状、材料、零部件制造,属于通用部分;第 4~8 章为钢桁梁、钢桁拱梁制造,钢拱桥制造,钢箱梁制造,钢混凝土组合梁制造,钢塔制造,属于制造部分;第 9 章为钢桁梁的架设。

本书编写人员经过两年多的努力,几易其稿,但由于新规范、新

技术的不断出现,有些要求范围和标准内容会有所变化,读者应做相应调整。编写人员虽竭尽全力,倾注心血,但由于水平有限,错漏之处在所难免,恳请指正。

本书编写中参考了大量的技术资料 and 文献,得到许多同志、专家的帮助,在此深表感谢。

编 者  
2013 年 12 月

# 目 录

contents

第一章 钢桥梁制造发展与现状 .....	1
第一节 钢材 .....	1
第二节 加工技术发展现状 .....	1
第三节 测量技术 .....	3
第四节 检验 .....	4
第五节 制造技术展望 .....	4
第二章 材料 .....	5
第一节 钢桥材料 .....	5
第二节 钢材 .....	5
第三节 钢桥用焊接材料 .....	18
第四节 钢材与焊材匹配原则 .....	32
第五节 涂装材料 .....	33
第六节 连接用紧固标准件 .....	40
第七节 圆柱头焊钉 .....	43
第八节 其他材料 .....	45
附录 A .....	51
第三章 零部件制造 .....	52
第一节 放样与号料 .....	52
第二节 下料 .....	67
第三节 边缘加工 .....	92
第四节 零件压制 .....	100
第五节 组装 .....	119
第六节 焊接 .....	133
第七节 变形及其矫正 .....	160
第八节 制孔 .....	185
第九节 工厂试装 .....	198
第十节 防腐涂装及密封 .....	222
第十一节 成品检验、存放与运输 .....	257
第十二节 发运出厂资料 .....	263
第四章 钢桁梁、钢桁拱梁制造 .....	264
第一节 概述 .....	264
第二节 钢桁梁制造 .....	264
第三节 钢拱梁制造 .....	303
第四节 全焊钢桁梁制造 .....	329
第五章 钢拱桥制造 .....	336
第一节 概述 .....	336

第二节	钢管混凝土拱桥肋制造 .....	344
第三节	钢箱拱桥制造 .....	374
第四节	放样 .....	397
第五节	质量验收要求 .....	405
<b>第六章</b>	<b>钢箱梁制造 .....</b>	<b>409</b>
第一节	概述 .....	409
第二节	斜拉桥钢箱梁 .....	410
第三节	悬索桥钢箱梁 .....	434
第四节	高架桥、匝道桥钢箱梁 .....	438
第五节	钢箱梁制造及施工验收标准 .....	471
第六节	工地钢箱梁施工 .....	480
<b>第七章</b>	<b>钢混凝土组合梁制造 .....</b>	<b>485</b>
第一节	概述 .....	485
第二节	组合梁的构造及类型 .....	486
第三节	组合钢桥梁的制造 .....	487
<b>第八章</b>	<b>钢塔制造 .....</b>	<b>516</b>
第一节	概述 .....	516
第二节	钢塔结构 .....	517
第三节	钢索塔节段制造 .....	518
第四节	钢索塔节段试拼 .....	554
第五节	钢塔架设 .....	557
第六节	质量验收标准 .....	558
<b>第九章</b>	<b>钢桁梁的架设 .....</b>	<b>565</b>
第一节	架梁方法及架梁起重设备 .....	565
第二节	钢桁梁架设程序 .....	577
第三节	钢桁梁验收标准 .....	589
<b>参考文献</b>	.....	<b>592</b>



我国桥梁建设随着国民经济增长得到了飞跃发展,江河湖海上建造了一座座大桥,许多桥梁享誉世界,同时钢桥梁制造技术也有了极大的提高,钢桥从铆钉结构发展到焊接结构,从栓连接发展到全焊结构。由于众多新技术、新材料、新设备、新工艺的产生,桥梁中采用钢制结构的越来越多,钢桥的结构形式千变万化,从单一的桁梁、板梁发展到拱桁梁、钢管拱、钢箱拱、钢箱梁、叠合梁、组合梁,从两片桁梁发展到三片桁梁。斜拉桥、悬索桥的建造中大量采用钢锚箱和钢塔柱。

## 第一节 钢材

钢桥大跨径、结构新颖的建造首先得益于钢材的发展。20世纪50年代,武汉长江大桥建造中钢梁全部为进口前苏联钢材。60年代,南京长江大桥钢梁采用了我国自制钢材16Mnq,从此造桥中大量采用16Mnq、16q钢。70年代,九江长江大桥钢梁采用了新钢种15MnVNq。90年代,我国研制出了14MnNi<sub>q</sub>,并在钢桥梁制造中大量采用,代表作为芜湖长江大桥。

2008年,我国《桥梁用结构钢》(GB/T 714—2008)国家标准再次发布,其中级别最高的材质为Q690q,屈服极限 $\delta_s$ 为690MPa。我国桥梁用钢材的材质力学性能与发达国家相比尚有差距,有些国家桥梁制造中已实际使用屈服极限达600~700MPa的钢材。

我国目前轧钢厚可达200mm,一块钢板重15t,最大宽度4.2m,随着板厚的变化,力学性能略有变化,外国标准板厚在100mm以下力学性能不变。钢桥所用钢材供货为正火或调质状态,热轧、控轧、热机械轧制加回火状态。

## 第二节 加工技术发展现状

随着钢桥梁结构形式及钢材材质的发展变化,桥梁制造技术中的新工艺、新技术层出不穷,主要表现在如下几个方面。

### (1) 钢材预处理。

原来钢材进厂验收后直接下料,现在由于钢箱梁用板相对薄、制造周期长、大型构件在露天中制作总拼时间长,采用钢材预处理。对验收合格的钢材先用平板机校平,然后抛丸除锈,清洁表面,喷涂车间底漆,烘干,此过程为钢材预处理。预处理可以消除钢材的内应力和残余变形,钢板得到校平,在钢桥梁制造过程中对钢材表面起到短期保护。正式涂装时仅除去车间底漆,易达到清洁度和粗糙度要求。

### (2) 精密切割技术。

由原普通氧炔切割发展到精密切割,采用精密切割嘴和切割气体与精密切割机械配套使用,达到精密切割下料和开坡口,其切割表面粗糙度  $Ra25\mu\text{m}$ ,切割面垂直度小于等于  $0.05t$  ( $t$  为板厚)。另外,采用等离子切割,数控激光切割,使得钢材切割后变形量小、内应力小、尺寸精度较高。

### (3) 数控技术。

数控技术在放样、排版、下料、切割、钻孔、压弯、焊接中得到广泛应用,使工效、精度得到极大提高,复杂线形零件得以切割加工。

### (4) 无余量制造技术。

原钢梁制造过程中,零件下料和杆件板单元组装、焊接、矫正后会造成收缩及变形,为此放大余量,进行二次切割加工。现根据计算和测验得出数据,下料时,预留收缩补偿量和加放预变形量,在组拼时控制间隙。因此杆件、板单元、箱段经焊接矫正后不再进行切割。

### (5) 预变形技术。

零件在焊接时其变形无法矫正(特别是坡口焊接时),原焊前大都采用强制或加固方法,焊后再解除约束。通过计算和实验,在组装后对零件焊前进行预变形,焊后收缩变形与预变形相互抵消,达到尺寸要求。预变形技术在杆件有坡口焊、对接焊、整体节点、箱型杆件、板单元制造中采用较多。

### (6) 无码装配技术。

板单元制造中为了固定零件和防止变形,过去常用码板法来固定,焊后需割除码板并打磨。现采用高精度的定位组装技术,无码进行装配定位焊。减小拼装应力,避免了划线的人为偏差,同时提高了工效。

### (7) 焊接技术。

原焊接一般采用手工焊和埋弧自动焊。现焊接大量采用半自动焊、自动焊和气体保护焊。焊接设备更新换代很快,焊机实现智能化。门式焊机、双丝焊机、全方位焊机、焊接机器人的使用,使焊接质量、焊接工效得到极大提高。 $\text{CO}_2$  气体保护瓷质衬垫单面焊双面成型技术,减少了仰焊,提高了焊缝质量。气体保护药芯焊丝焊接,混合气体保护焊的采用解决了高强度钢焊接难题。先进的焊接设备和工艺,使全位焊接、管与管焊接实现了自动焊。

### (8) 钢箱梁制造技术。

板单元组装、焊接、节段制造大量采用有预拱度和反变形的组合胎架,保证了生产的连续性和批量生产。箱段连续匹配、组装、预拼、焊接一次完成及其过程控制技术,保证了箱梁节段之间接口的正确性,使箱梁成型尺寸达到设计要求。

### (9) 杆件流水线生产。

为达到大批量生产杆件的要求,形成了从下料、开坡口、组装、定位焊、焊接、矫正一条龙流水线生产,如工形杆件生产线,钢管拱中钢管节段生产线,在生产线上大量采用自

动化,数控技术。

(10) 钢管热煨技术/中频弯管技术。

钢管拱桥中钢管肋弯曲加工,由钢管热煨的火焰加工法发展到自动控制远红外加热弯压成型技术/中频加热弯管成型技术,保证了钢管肋线形及椭圆度符合设计要求。

(11) 焊接预热和焊后加热技术。

厚板焊接及内应力较大的焊接前需预热或焊后热处理,原大都采用火焰加热法,对温度控制不易保证,现用可控的远红外加热装备对其加热或保温,该装置采用自动温控,工艺参数得到实施,效果良好,使得产品质量得到保证。

(12) 焊缝内应力消除技术。

原消除钢梁焊接内应力比较困难,现采用振动法、锤击法和超声波锤击法实现。

(13) 先孔法。

钻孔在杆件焊接、矫正后再进行,称之为后孔法。在零部件未组拼焊接前就先钻孔,再根据孔定位组拼焊接,称之为先孔法。先孔法提高了钻孔工效,简化了钻孔程序。但采用先孔法要求能控制焊接收缩、变形,否则孔距不易保证。特别是熔透焊杆件的孔距更加不易保证,所以先孔法需加强对收缩和变形的控制,适当放大孔距。先孔法是钢梁制造中的先进技术。

(14) 钢梁制造中的吊装与运输。

零部件吊装原采用板夹吊具,现大量采用磁力吊具,避免板夹吊具造成的咬伤和变形。杆件翻身焊接采用专用吊具实现空中翻转。由于杆件和箱段质量越来越大,吊装采用大型龙门起重机,运输除采用轨道运梁小车外,还采用液压控制就地可回转大型运输车。

(15) 整体节点杆件制造技术。

从下料、铣边、坡口加工、组拼、预变形、预热、多道自动焊、矫正、划线、钻孔进行一系列的过程控制。保证杆件尺寸、焊接质量和孔距,使得架设安装、拱度、线形达到要求。

(16) 端面切削。

钢塔制造中端面加工采用 Nc 切削机床。计算机反力控制系统和高精度自动跟踪激光测量技术得到大量采用,使钢塔制造安装质量得到保证。

(17) 除锈、涂装技术。

目前工厂制造钢梁大都采用抛丸机除锈和人工气喷丸除锈。带有除尘设备,使环境得到改善。涂装采用高压无气喷漆,局部使用人工涂刷。

(18) 喷铝、喷锌技术。

原喷铝、喷锌一般采用氧炔加热喷涂,现大量采用电弧热喷涂,工效较高,质量稳定。

(19) 大型加工设备。

大型加工设备包括:钢板预处理设备、重型平板机、卷板机、大吨位数控压力机、数控等离子切割机、激光切割机、双面铣边机、多头门式焊机、数控钻床、轨道钻床、工型矫正机、数控断面切削机、大吨位起重机、大吨位液压运输车及自动除尘抛丸机。

### 第三节 测量技术

由于钢梁的线形越来越复杂,杆件的连接系统线出现多条交叉,并为立体空间汇交,

以及钢梁制造、安装精度高等要求,对进行测量的仪器、设备、方法提出了新的要求。从过去简单的划线放样,用钢带、钢样条号料发展到数控、计算机放样、精密仪器测量,提高了加工零件、杆件、箱节段的制造尺寸精度以及钻孔尺寸精度。

钢塔制造中预拼测量采用了3D坐标测量值直接进行计算机三维预拼技术。

激光配合钢带划线测量技术,改变了过去单纯采用的钢带划线法。

测量中大都采用精密度高的全站仪替代水平仪和经纬仪。

## 第四节 检 验

材料化学成分及机械性能试验,实现了快速、精度高、智能化。有些检测可在现场进行,简单快速。

焊缝无损检测有多种方法,如磁粉探伤、超声波探伤、X光拍片、 $\gamma$ 射线拍片检查。超声波检测仪换代更新较快,超声波检测实现数字化显示并有储存、打印功能。

检测仪器手段先进,如表面粗糙度测量仪、电子涂层测厚仪、磁性测厚仪、露点计算仪、湿膜片、湿度测量仪等仪器设备,度量准确,精度高,数字显示。

## 第五节 制造技术展望

钢桥梁制造技术在设备、工装、工艺不断更新改进中得到发展,以下仅对目前制造状态提出看法,不一定全面。

- (1)更多地采用数控技术及计算机对拱度、变形量、收缩量进行预测、预控。
- (2)提高切割、组装、焊接自动化程度,使质量、产量进一步提高。
- (3)焊接设备及焊材的研发,焊接机器人、焊接工艺的研究改进,进一步减少线能量输入,防止变形,减小焊接内应力,提高抗疲劳的能力。
- (4)工厂及现场施工环境的改善。
- (5)除锈、涂装、喷铝工况更加环保,大量采用机械作业,改善工人的作业条件。
- (6)数控钻孔在加工中占有更大比例,简化程序,减少钻孔模板的使用。
- (7)桁架钢梁采用全焊接及其过程控制。
- (8)高强度钢材、耐候钢材用于桥梁结构中。
- (9)解决箱梁板单元件U形槽内、管道内的喷砂除锈及涂装。
- (10)焊缝内应力消除措施及设备。
- (11)大型加工设备及机床研究开发。
- (12)大吨位起重、运输设备。
- (13)检测手段更加快速、准确。

## 第一节 钢桥材料

### 一、材料组成

钢桥用材料包括构成钢桥本体的主材和为了制造钢桥本体所使用的辅助性材料,其中主材包括:钢材、焊接材料、涂装用材料、高栓、剪力钉等,辅助性材料包括:焊接气体、喷砂材料、密封材料、瓷垫等。

### 二、一般规定

钢桥制造所用材料应符合设计文件的要求和现行标准的规定,除必须有材料质量证明文件外,还应进行抽样检验。

制造厂家应制定材料的管理制度,做到存放、使用规范化,保证材料使用的可靠性。

## 第二节 钢 材

### 一、钢材标准

#### 1. 钢材分类及相关标准

钢桥中使用的钢材主要有碳素结构钢、低合金高强度结构钢、桥梁用结构钢。桥梁主体结构一般选用桥梁用结构钢、低合金高强度结构钢,临时结构及桥梁中的辅助结构选用碳素结构钢和低合金高强度结构钢。与钢材相关的主要标准见表2-2-1。

桥梁用结构钢钢材牌号对照参数表见附录A。

#### 2. 钢材技术要求

##### 1) 牌号和化学成分

(1) 钢桥常用碳素结构钢的牌号和化学成分见表2-2-2。

(2) 钢桥常用低合金高强度结构钢的牌号和化学成分见表2-2-3。

钢材主要标准

表 2-2-1

牌 号	标 准 号	名 称
Q235A, Q235B, Q235C, Q235D	GB/T 700—2006	碳素结构钢
Q345A, Q345B, Q345C, Q345D, Q345E	GB/T 1591—2008	低合金高强度结构钢
Q235qC, Q235qD, 235qE	GB/T 714—2008	桥梁用结构钢
Q345qC, Q345qD, Q345qE		
Q370qC, Q370qD, Q370qE		
Q420qC, Q420qD, Q420qE		
Q460qC, Q460qD, Q460qE		
Q500qD, Q500qE		
Q550qD, Q550qE		
Q620qD, Q620qE		
Q690qD, Q690qE		
45 号	GB/T 699—1999	优质碳素结构钢
40CR	GB/T 3077—1999	合金结构钢

钢桥常用碳素结构钢牌号及化学成分(熔炼分析)(GB/T 700—2006) 表 2-2-2

牌号	质量等级	化 学 成 分 (%)				
		C	Mn	Si	S	P
		不大于				
Q235	B	0.20	1.4	0.35	0.045	0.045
	C	0.17			0.040	0.040
	D				0.035	0.035

钢桥常用低合金高强度结构钢牌号及化学成分(熔炼分析)

(GB/T 1591—2008)

表 2-2-3

牌号	质量等级	化 学 成 分 (%)													
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	N	Mo	Als
		不大于													
Q345	B	0.2	0.50	1.7	0.035	0.035	0.07	0.15	0.20	0.30	0.50	0.30	0.012	0.10	—
	C				0.030	0.030									0.015
	D	0.030			0.025										
	E	0.18			0.025	0.020									

(3) 桥梁用结构钢的常用牌号和化学成分见表 2-2-4。

牌号	质量等级	化学成分(%)														
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	N	Mo	B	Als
					不大于											
Q235q	C				0.030	0.030										
	D	≤ 0.17	≤ 0.35	≤ 1.40	0.025	0.025	—	—	—	0.30	0.30	0.30	0.012	—	—	0.015
	E				0.020	0.010										
Q345q	C	≤ 0.20	≤	0.90	0.030	0.025										
	D	≤	≤ 0.55	~ 1.70	0.025	0.020	0.06	0.08	0.03	0.80	0.50	0.55	0.012	0.20	—	0.015
	E	0.18			0.020	0.010										
Q370q	C			1.00	0.030	0.025										
	D	≤ 0.18	≤ 0.55	~ 1.70	0.025	0.020	0.06	0.08	0.03	0.80	0.50	0.55	0.012	0.20	0.004	0.015
	E				0.020	0.010										
Q420q	C			1.00	0.030	0.025										
	D	≤ 0.18	≤ 0.55	~ 1.70	0.025	0.020	0.06	0.08	0.03	0.80	0.70	0.55	0.012	0.35	0.004	0.015
	E				0.020	0.010										
Q460q	C			1.00	0.030	0.020										
	D	≤ 0.18	≤ 0.55	~ 1.80	0.025	0.015	0.06	0.08	0.03	0.80	0.70	0.55	0.012	0.35	0.004	0.015
	E				0.020	0.010										

(4) 钢桥常用优质碳素结构钢的牌号及化学成分见表 2-2-5。

钢桥常用优质碳素结构钢牌号及化学成分(GB/T 699—1999)

表 2-2-5

牌号	化学成分(%)					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
				不大于		
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25

(5) 钢桥常用合金结构钢的牌号及化学成分见表 2-2-6。

钢桥常用合金结构钢牌号及化学成分(GB/T 3077—1999)

表 2-2-6

牌号	化学成分(%)					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
				不大于		
40Cr	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~0.10	—	—

(6) 所使用钢材微量元素及含量应符合规范要求。

(7) 桥梁钢各牌号碳当量(CEV)应符合表 2-2-7 的规定,碳当量应由熔炼分析成分并采用式(2-2-1)计算:

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (2-2-1)$$

(8) 钢的成品化学成分允许偏差应符合《钢的化学成分允许偏差》(GB/T 222—2006)的规定。

桥梁常用钢碳当量

表 2-2-7

牌 号	交 货 状 态	碳当量 CEV (%)	
		厚度 ≤ 50mm	厚度为 50 ~ 100mm
Q345q	热轧、控轧、正火/正火轧制	≤ 0.42	≤ 0.43
Q370q		≤ 0.43	≤ 0.44
Q420q		≤ 0.44	≤ 0.45
Q460q		≤ 0.46	≤ 0.50
Q345q	热机械轧制 (TMCP)	≤ 0.38	≤ 0.40
Q370q		≤ 0.40	≤ 0.42
Q420q		≤ 0.44	≤ 0.46
Q460q		≤ 0.45	≤ 0.47
Q460q	淬火 + 回火、热机械轧制 (TMCP)、热机械轧制 (TMCP) + 回火	≤ 0.46	≤ 0.48
Q500q		≤ 0.46	≤ 0.56

(9) Z 向钢含硫量分别为 Z15 :  $S \leq 0.010\%$  , Z25 :  $S \leq 0.007\%$  , Z35 :  $S \leq 0.005\%$  。

## 2) 力学性能及工艺性能

(1) 钢桥常用碳素结构钢的力学及工艺性能。

钢桥常用碳素结构钢的力学及工艺性能应符合表 2-2-8 的规定。

常用碳素结构钢的力学及工艺性能

表 2-2-8

序号	等级	屈服强度 $R_{eH}$ (MPa)						抗拉强度 <sup>①</sup> $R_m$ (MPa)	断后伸长率 $A$ (%)					冲击试验 (V 形缺口)		试验方向	冷弯试验 180° $B = 2a$ <sup>②</sup>	
		厚度 (或直径) (mm)							厚度 (或直径) (mm)					温度 (°C)	冲击吸收功 (纵向) (J), 不小于		钢材厚度 $a$ (或直径) <sup>③</sup> (mm)	
		≤ 16	> 16 ~ 40	> 40 ~ 60	> 60 ~ 100	> 100 ~ 150	> 150 ~ 200		≤ 40	> 40 ~ 60	> 60 ~ 100	> 100 ~ 150	> 150 ~ 200				≤ 60	> 60 ~ 100
Q235	A												—	—	纵	$a$	$2a$	
	B												+20	27				
	C												0					
	D	235	225	215	215	195	185	~	26	25	24	22	21	-20	横	$1.5a$	$2.5a$	
	B																	
	C																	
D																		

注:①厚度大于 100mm 的钢材,抗拉强度的下限允许降低 20MPa。宽带钢(包括剪切钢板)抗拉强度上限不作交货条件。

② $B$  为试样宽度, $a$  为试样厚度(或直径)。

③钢材厚度(或)直径大于 100mm 时弯曲试验由双方协调确定。

(2) 钢桥常用低合金高强度结构钢的力学性能及工艺性能。

①钢材的拉伸性能应符合表 2-2-9 的规定。

②钢材的夏比(V 形)冲击试验的试验温度和冲击吸收能量应符合表 2-2-10 的规定。



表 2-2-9

低合金高强度结构钢的拉伸性能

		拉 伸 试 验																								
序号	质量等级	以下公称厚度(直径,边长,mm)下 屈服强度 $R_{eL}$ (MPa)								以下公称厚度(直径,边长,mm)下 抗拉强度 $R_m$ (MPa)								以下公称厚度(直径,边长,mm)下 断后伸长率 $A$ (%)								
		$\leq 16$	$> 16$	$> 40$	$> 63$	$> 80$	$> 100$	$> 150$	$> 200$	$> 250$	$\leq 40$	$> 40$	$> 63$	$> 80$	$> 100$	$> 150$	$> 250$	$\leq 40$	$> 40$	$> 63$	$> 100$	$> 150$	$> 250$			
Q345	A																	$\geq 265$								
	B																									
	C	$\geq 345$	$\geq 335$	$\geq 325$	$\geq 315$	$\geq 305$	$\geq 285$	$\geq 275$	$\geq 365$																	
	D																									
	E																									