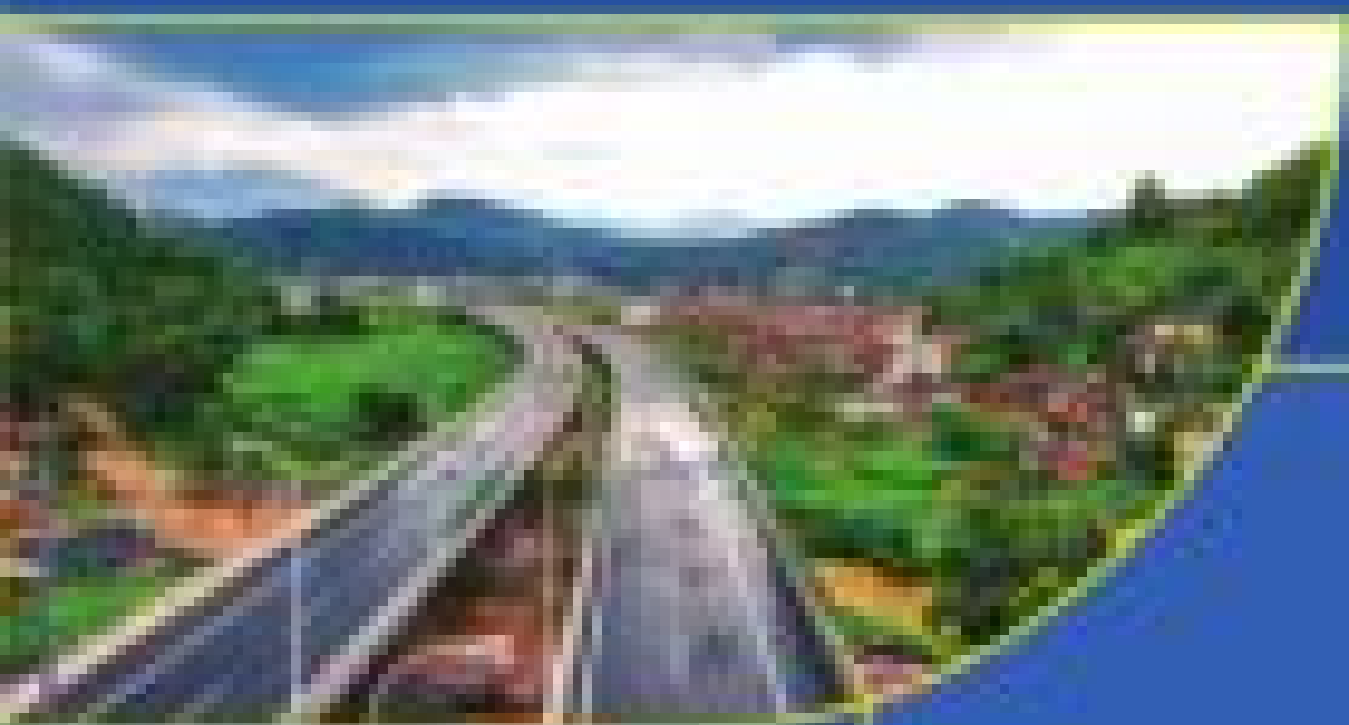


住房和城乡建设部职业技能鉴定教材
住房和城乡建设部职业技能鉴定题库

施工员质量员

通用与基础知识

住房和城乡建设部职业技能鉴定教材
住房和城乡建设部职业技能鉴定题库



中国建筑工业出版社

公路与水运工程施工现场管理人员 职业标准培训教材

编审委员会

主任：陈冠雄 刘刚亮

副主任：林才奎

委员：方 申 郭 波 杨东来 李志生 钟建锋

王文进 申建伟 陈光庆 张文文 刘旭阳

李海青 任淑芳 曹颢熠 郑 双 龚兵传

肖玉荣 庄金雄 赵 波 蔡 丽 谢文敏

施 敏 庄 晓 冯炳生 林剑明 黄 祥

编写组：李海青 孟亚锋 王 前 梁国焱 冯炳生

李志堂 郭翔宇 王孟霞

主 编：李海青

副主编：任淑芳 王孟霞 孟亚锋

主 审：郭 波 杨东来

副主审：李志生 钟建锋

序

P r e f a c e

为了加强公路与水运工程施工现场管理人员队伍的建设,规范施工企业职业能力评价方法,提高管理人员的职业素养、专业知识和技能水平,广东省住房和城乡建设厅、广东省交通运输厅、广东省水利厅联合发出《关于认定第二批颁证机构及其颁发的建筑业企业现场管理人员相关岗位证书和技术工人职业资格证书等为申请建筑业企业资质有效证书的通知》(粤建许〔2016〕88号)。作为认证机构,广东省公路学会联合广东省长大公路工程职业培训学院,依据《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》(JGJ/T 250—2011)以及配套的考核评价大纲,组织公路与水运工程施工企业的专家、高等院校一线教师等,共同编写出公路与水运工程施工现场管理人员职业标准培训教材(以下简称培训教材),为公路与水运工程施工现场管理人员的岗位培训、考核奠定了坚实的基础。

培训教材针对公路与水运工程施工企业现场管理岗位的“八大员”(施工员、质量员、造价员、机械员、材料员、劳务员、实验员、标准员),紧扣施工现场管理人员职业标准和考核评价大纲,内容覆盖了考核评价大纲中的各个知识点,力求与施工现场管理人员的定位相结合、与现行的国家标准和工程行业标准相结合、与公路建设类职业院校的专业设置相结合、与当前公路与水运工程建设行业关键岗位管理人员的培训工作现状相结合,体现公路与水运工程建设行业技术发展新水平;同时,注重实用性和创新性,针对每个岗位精选教学内容、优化知识结构,将通用与基础知识和岗位知识与管理技能相结合,并编写相应配套的考核评价大纲与习题集。



广东省公路学会

2020年3月

前 言

P r e f a c e

为贯彻实施广东省建筑业企业现场管理人员相关岗位证书和技术工人职业资格证书培训考核，加强公路与水运工程建设领域的人才队伍建设，广东省公路学会联合广东省长大公路工程职业培训学院，拟用三年左右的时间，制定公路与水运工程建设领域现场管理人员培训和考核评价大纲，组织编撰培训教材并陆续出版实施。目前第一批编写完成22册，接下来将根据实际情况进行补充完善。

本书以公路施工员、质量员职业能力标准和职业能力评价为依据，紧密结合考试大纲编写而成。全书共5章，包括公路工程概论、公路工程常用施工材料、公路工程施工图基本知识、公路工程常用施工技术、工程项目管理基本知识等方面的内容。

本书编写分工如下：第1章由李海青编写，第2章由孟亚锋编写，第3章由王前编写，第4章第1~4节由孟亚锋编写、第5节由梁国焮编写、第6~7节由冯炳生编写、第8节由李志堂编写、第9节由郭翔宇编写，第5章由王孟霞编写。

培训教材的编撰者大多为公路与水运工程施工企业、行业学会专家和高等院校教师，在编写过程中参阅了大量文献，在此对这些文献的作者表示诚挚的谢意，并对为本书付出辛勤劳动的编辑表示衷心的感谢。由于编者水平有限，虽经反复推敲，仍难免有不妥或者疏漏之处，恳请使用本书的师生和读者不吝指正，以便再版时补充和修改，为提升公路与水运工程施工现场管理人员能力发挥更大的作用。

编审委员会
2020年3月

第1章 公路工程概论 / 001

- 1.1 公路建设基本程序 / 001
- 1.2 公路工程分类 / 003
- 1.3 公路工程项目划分 / 004

第2章 公路工程常用施工材料 / 009

- 2.1 原材料 / 009
- 2.2 工程常用混合材料 / 023
- 2.3 各类工程所用材料 / 032

第3章 公路工程施工图基本知识 / 037

- 3.1 公路工程设计施工图基本构成 / 037
- 3.2 各类图纸识图要点 / 038

第4章 公路工程常用施工技术 / 059

- 4.1 概述 / 059
- 4.2 工程测量 / 059
- 4.3 工程试验 / 064

- 4.4 路基工程 / 071
- 4.5 路面工程 / 088
- 4.6 桥梁工程 / 116
- 4.7 涵洞工程 / 185
- 4.8 隧道工程 / 200
- 4.9 交通安全设施工程 / 243

第5章 工程项目管理基本知识 / 263

- 5.1 工程项目管理的基本知识 / 263
- 5.2 工程造价的基本知识 / 305

附录1 公路工程施工常用规范文件 / 317

参考文献 / 322

1.1 公路建设基本程序

公路建设基本程序是：根据国民经济长远规划及公路网建设规划，提出项目建议书；通过调查，进行可行性研究，编制可行性研究报告；可行性研究报告经批准后，进行初步设计；初步设计经批准后，列入国家年度基本建设计划，并进行技术设计和施工图设计；设计文件经审批后，组织施工；施工完成后，进行竣（交）工验收，最后交付使用。这些程序必须依次进行，逐步实施。未完成上一环节，就不能进行下一阶段的工作。

公路建设基本程序如图1-1所示。在符合审批条件的前提下，对于新建及改建的大中型项目，可根据具体情况，进行合理的交叉；而对于小型项目，可根据具体情况，适当合并或减免一些程序。

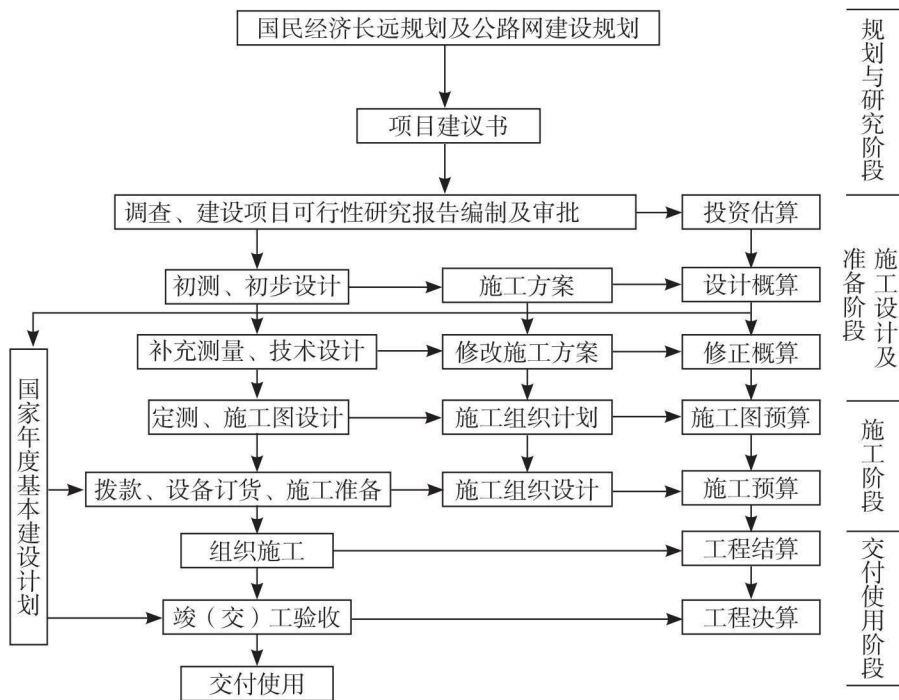


图1-1 公路建设基本程序

现将公路建设基本程序中部分环节的具体内容分述如下。

1.1.1 施工设计及准备

为了保证工程的顺利进行，在施工设计及准备阶段，建设单位、勘测设计单位、施工单位、工程监理单位和金融机构应分别做好下列准备工作。

(1) 建设单位：组建专门的管理机构；准备必要的施工图纸；组织招标投标（包括监理、施工、设备采购、设备安装等方面的招标投标）并择优选择施工单位，签订施工合同；办理登记及征地拆迁；做好施工沿线有关单位和各部门的协调工作。

(2) 勘测设计单位：应按照技术资料提供协议，按时提供各种图纸资料，做好施工图纸的会审、移交及交底工作。

(3) 施工单位：首先要组织人员核对设计文件，进行补充调查和施工测量；编制实施性施工组织 and 施工预算；安排好施工所需的劳动力、材料、机械、工具、工棚和生活供应等工作；组织材料及物资采购、加工、运输、供应、储备等工作；提交开工报告，按投资隶属关系报请交通运输部或省（自治区、直辖市）基建主管部门核准；施工中涉及与其他部门有关的问题，应事先与其联系，签订协议。

(4) 工程监理单位：组织符合协议规定和工作需要的监理人员进驻工地，配备足够数量的试验设备，并建立监理试验室；熟悉合同文件，进行现场复查和施工环境调查；制定监理办法、计划、程序、实施细则以及监理用表；审批承包人的施工组织计划、质量保证体系以及人员和设备的投入，检查进场材料和工程现场占地情况，验收施工放线等施工准备工作。

(5) 金融机构：严格按计划要求进行财政拨款或贷款；做好建设资金的供应工作。

1.1.2 工程施工

施工准备工作完成后，施工单位应严格按照上级下达的开工日期或承包合同规定的开工日期进行施工。在施工过程中，施工单位应严格按照设计要求和施工规范、遵循施工程序合理组织施工，确保工程质量和施工安全，并大力推广应用新工艺、新技术，努力缩短工期，降低工程造价，同时应注意做好施工记录，建立技术档案。

1.1.3 竣（交）工验收和交付使用

竣（交）工验收是公路工程建设的最后一个环节，是全面考核工程建设成本、检验设计和施工质量的重要步骤，也是项目由建设转入使用的标志。通过竣（交）工验收，一是可以检验设计和工程质量，保证项目能够按设计要求的经济技术指标使用；二是有关部门和单位可以总结经验教训；三是建设单位对经验收合格的项目可以及时移交固定资产，使其由建设阶段转入使用阶段。竣（交）工验收包括对工程质量、数量、期限、生产能力、建设规模、使用条件进行审查，以及对建设单位和施工企业编报的固定资产

移交清单、隐蔽工程说明和竣工决算等进行细致的检查。

当全部基本建设工程经过验收合格且完全符合设计要求后，应立即移交给生产部门正式使用，迅速办理固定资产交付使用的转账手续，加强固定资产的管理。

1.2 公路分类

1.2.1 按功能划分

根据使用功能进行划分，公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路五类。其中高速公路和一级公路又称为高等级公路，三级公路和四级公路又称为低等级公路。

高速公路是全部控制出入、专供汽车在分隔的车道上高速行驶的公路。它主要用于连接政治、经济、文化上重要的城市和地区，是国家公路干线网中的骨架。四车道高速公路年平均昼夜交通量在25000万辆以上。

一级公路是供汽车分向、分车道行驶，并部分控制出入、部分立体交叉的公路。它主要连接重要政治、经济中心，通往重点工矿区，是国家的干线公路。四车道一级公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计，年平均昼夜交通量为15000~30000辆；六车道一级公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计，年平均昼夜交通量为25000~55000辆。

二级公路是连接政治、经济中心或大工矿区等地的干线公路和运输繁忙的城郊公路。二级公路一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计，年平均昼夜交通量为3000~7500辆。

三级公路是连通县及县以上城镇的一般干线公路，通常能适应各种车辆行驶，三级公路一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计，年平均昼夜交通量为1000~4000辆。

四级公路是连通县、乡、村等的支线公路，通常能适应各种车辆行驶。双车道和单车道四级公路一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计，年平均昼夜交通量分别为1500辆以下和200辆以下。

1.2.2 按行政等级划分

公路按行政等级可分为国家公路、省公路、县公路和乡公路（简称为国道、省道、县道和乡道）以及专用公路五个等级。一般把国道和省道称为干线，县道和乡道称为支线。

国道是指具有全国性政治、经济意义的主要干线公路。国道包括重要的国际公路，国防公路，连接首都与各省、自治区、直辖市首都的公路，以及连接各大经济中心、港站枢纽、商品生产基地和战略要地的公路。国道中跨省的高速公路由交通部批准的专门

机构负责修建、养护和管理。

省道是指具有全省（自治区、直辖市）政治、经济意义，并由省（自治区、直辖市）公路主管部门负责修建、养护和管理的干线公路。

县道是指具有全县（县级市）政治、经济意义，连接县城和县内主要乡（镇）、主要商品生产和集散地的公路，以及不属于国道、省道的县际间公路。县道由县、市公路主管部门负责修建、养护和管理。

乡道是指主要为乡（镇）村经济、文化、行政服务的公路，以及不属于县道以上的乡与乡之间及乡与外部联络的公路。乡道由人民政府负责修建、养护和管理。

专用公路是指专供或主要供厂矿、林区、农场、油田、旅游区、军事要地等与外部联系的公路。专用公路由专用单位负责修建、养护和管理，也可委托当地公路部门修建、养护和管理。

1.3 公路工程项目划分

1.3.1 工程项目划分程序

工程项目的划分是在施工准备阶段，由施工单位结合工程特点对工程按单位、分部和分项工程逐级进行划分，经建设单位负责人和总监理工程师批准，报质量监督部门备案后执行。

多个合同段、多个施工单位的工程建设项目，应由建设单位和工程监理单位统一组织、协调划分工作。

施工单位对项目划分的及时性、准确性及合理性负责，建设单位和工程监理单位负责审核和批准，质量监督部门负责进行监督。

1.3.2 土建部分工程项目划分

按照《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1—2017）的规定，在施工准备阶段应根据建设任务、施工管理和质量检验评定的需要，按表1-1将建设项目划分为单位工程、分部工程和分项工程。特大斜拉桥和悬索桥为主体建设项目的工程按表1-2进行划分，其他斜拉桥和悬索桥可作为一个单位工程参照表1-2进行划分。施工单位、工程监理单位和建设单位应按相应的工程项目划分进行工程质量的监控和管理。

(1) 单位工程。在建设项目中，单位工程指根据签订的合同，具有独立施工条件的工程。

(2) 分部工程。在单位工程中，按结构部位、路段长度及施工特点或施工任务划分为若干个分部工程。

(3) 分项工程。在分部工程中，按不同的施工方法、材料、工序及路段长度等划

分为若干个分项工程。同一个分项工程中，根据施工工艺、施工进度和完成情况，可以分成几段或几个阶段进行检查验收，然后进行汇总。

公路工程标段应合理划分，以适应成建制施工单位组织施工生产的需要。

表1-1 公路工程建设项目的工程划分

单位工程	分部工程	分项工程
路基工程 (每10km 或每标段)	路基土石方工程 (1~3km路段)	土方路基, 填石路基, 软土地基处治, 土工合成材料处治层等
	排水工程 (1~3 km路段)	管节预制, 混凝土排水管施工, 检查(雨水)井砌筑, 土沟, 浆砌水沟, 盲沟, 跌水, 急流槽, 水簸箕, 排水泵站沉井, 沉淀池等
	小桥及符合小桥标准的通道, 人行天桥, 渡槽(每座)	钢筋加工及安装, 砌体, 混凝土扩大基础, 钻孔灌注桩, 混凝土墩、台, 墩、台身安装, 台背填土, 就地浇筑梁、板, 预制安装梁、板, 就地浇筑拱圈, 混凝土桥面板桥面防水层, 支座垫石和挡块, 支座安装, 伸缩装置安装, 栏杆安装, 混凝土护栏, 桥头搭板, 砌体坡面护坡, 混凝土构件表面防护, 桥梁总体等
	涵洞、通道 (1~3 km路段)	钢筋加工及安装, 涵台, 管节预制, 管座及涵管安装, 波形钢管涵安装, 盖板预制, 盖板安装, 箱涵浇筑, 拱涵浇筑(砌)筑, 倒虹吸竖井、集水井砌筑, 一字墙和八字墙, 涵洞填土, 顶进施工的涵洞, 砌体坡面防护, 涵洞总体等
	防护支挡工程 (1~3 km路段)	砌体挡土墙, 墙背填土, 边坡锚固防护, 土钉支护, 砌体坡面防护, 石笼防护, 导流工程等
	大型挡土墙、组合式挡土墙(每处)	钢筋加工及安装, 砌体挡土墙, 悬臂式挡土墙, 扶壁式挡土墙, 锚杆、锚定板和加筋土挡土墙, 墙背填土等
路面工程 (每10 km 或每标段)	路面工程 (1~3 km路段)	垫层, 底基层, 基层, 面层, 路缘石, 路肩等
桥梁工程 (每座或每 合同段)	基础及下部构造 (1~3墩台)	钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 混凝土扩大基础, 钻孔灌注桩, 扩挖桩, 沉入桩, 灌注桩桩底压浆, 地下连续墙, 沉井, 沉井、钢围堰的混凝土封底, 承台等大体积混凝土结构, 砌体, 混凝土墩、台, 墩台身安装, 支座垫石和挡块, 拱桥组合桥台, 台背填土等
	上部构造预制和安装(1~3跨)	钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 预制安装梁、板, 悬臂施工梁, 顶推施工梁, 转体施工梁, 拱圈节段预制, 拱的安装, 转体施工拱, 中下承式拱吊杆和柔性系杆, 刚性系杆, 钢梁制作, 钢梁安装, 钢梁防护等
	上部构造现场浇筑(1~3跨)	钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 就地浇筑梁、板, 悬臂施工梁, 就地浇筑拱圈, 劲性骨架混凝土拱, 钢管混凝土拱, 中下承式拱吊杆和柔性系杆, 刚性系杆等

(续表)

单位工程	分部工程	分项工程
桥梁工程 (每座或每合同段)	桥面系、附属工程及桥梁总体	钢筋加工及安装, 混凝土桥面板桥面防水层, 钢桥面板上防水黏结层, 混凝土桥面板桥面铺装, 钢桥面板上沥青混凝土铺装, 支座安装, 伸缩装置安装, 人行道铺设, 栏杆安装, 混凝土护栏, 钢桥上钢护栏安装, 桥头搭板, 混凝土小型构件预制, 砌体坡面护坡, 混凝土构件表面防护, 桥梁总体等
	防护工程	砌体坡面护坡、护岸, 导流工程等
	引道工程	见路基工程、路面工程的分项工程
隧道工程 (每座或每合同段)	总体及装饰装修 (每座或每合同段)	隧道总体, 装饰装修工程
	洞口工程 (每个洞口)	洞口边仰坡防护, 洞门和翼墙的浇(砌)筑, 截水沟, 洞口排水沟, 明洞浇筑, 明洞防水层, 明洞回填
	洞身开挖 (100延米)	洞身开挖
	洞身衬砌 (100延米)	喷射混凝土, 锚杆, 钢筋网, 钢架, 仰拱, 仰拱回填, 衬砌钢筋, 混凝土衬砌, 超前锚杆, 超前小导管, 管棚
	防排水(100延米)	防水层, 止水带, 排水
	路面 (1~3 km路段)	垫层, 面层
	辅助通道 (100延米)	洞身开挖, 喷射混凝土, 锚杆, 钢筋网, 钢架, 仰拱, 仰拱回填, 衬砌钢筋, 混凝土衬砌, 超前锚杆, 超前小导管, 管棚, 防水层, 止水带, 排水
绿化工程 (每合同段)	分隔带绿地, 边坡绿地, 护坡道绿地, 碎落台绿地, 平台绿地(每2km路段), 互通式立体交叉区与环岛绿地, 管理养护设施区绿地, 服务设施区绿地, 取、弃土场绿地(每处)	绿地整理, 树木栽植, 草坪, 草本地被及花卉种植, 喷播绿化
声屏障工程(每合同段)	声屏障工程(每处)	砌块体声屏障, 金属结构声屏障, 复合结构声屏障

(续表)

单位工程	分部工程	分项工程
交通安全设施工程 (每20 km 或每标段)	标志, 标线, 突起路标, 轮廓标 (5~10km路段)	标志, 标线, 突起路标, 轮廓标
	护栏 (5~10 km路段)	波形梁护栏, 缆索护栏, 混凝土护栏, 中央分隔带开口护栏
	防眩设施, 隔离栅, 防落物网 (5~10 km路段)	防眩板, 防眩网, 隔离栅, 防落物网等
	里程碑和百米桩 (5km路段)	里程碑, 百米桩
	避险车道 (每处)	避险车道
交通机电工程	其分部、分项工程划分见《公路工程质量检验评定标准 第二分册 机电工程》(JTG F80/2—2004)	
附属设施工程	管理中心, 服务区, 房屋建筑, 收费站, 养护工区等设施	按其专业工程质量检验评定标准评定

表1-2 特大斜拉桥和悬索桥为主体建设项目的工程划分

单位工程	分部工程	分项工程
塔及辅助、过渡墩(每个)	塔基础	钢筋加工及安装, 混凝土扩大基础, 钻孔灌注桩, 灌注桩桩底压浆, 沉井, 沉井、钢围堰的混凝土封底等
	塔承台	钢筋加工及安装, 双壁钢围堰, 沉井、钢围堰的混凝土封底, 承台等大体积混凝土结构等
	索塔	钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 混凝土索塔, 索塔钢锚箱节段制作, 索塔钢锚箱节段安装、支座垫石和挡块等
	辅助墩	钢筋加工及安装, 预应力筋加工和张拉, 预应力管道压浆, 钻孔灌注桩, 灌注桩桩底压浆, 承台等大体积混凝土结构, 沉井、钢围堰的混凝土封底, 混凝土墩、台, 墩台身安装, 支座垫石和挡块等
	过渡墩	
锚碇(每个)	锚碇基础	钢筋加工及安装, 混凝土扩大基础, 钻孔灌注桩, 灌注桩桩底压浆, 地下连续墙, 沉井, 沉井、钢围堰的混凝土封底等
	锚体	钢筋加工及安装, 锚碇锚固体系制作, 锚碇锚固体系安装, 锚碇混凝土块体, 预应力锚索的张拉与压浆, 隧道锚的洞身开挖, 隧道锚的混凝土锚塞体等

(续表)

单位工程	分部工程	分项工程
上部构造制作与防护	主缆	索股和锚头的制作与防护, 主缆防护
	索鞍	索鞍制作, 索鞍防护
	索夹	索夹制作, 索夹防护
	吊索	吊索和锚头制作与防护
	加劲梁	钢梁制作, 钢梁防护, 自锚式悬索桥主缆索股的锚固系统制作等
上部构造浇筑与安装	加劲梁浇筑	混凝土斜拉桥主墩上梁段的浇筑, 混凝土斜拉桥梁的悬臂施工, 组合梁斜拉桥的混凝土板等
	安装	索鞍安装, 主缆架设, 索夹和吊索安装, 悬索桥钢加劲梁安装, 自锚式悬索桥吊索张拉和体系转换, 钢斜拉桥钢箱梁段的拼装, 组合梁斜拉桥工字梁段的悬臂拼装, 混凝土斜拉桥梁的悬臂施工等
桥面系、附属工程及桥梁总体	桥面系	钢筋加工及安装, 混凝土桥面板桥面防水层或钢桥面板上防水黏结层, 混凝土桥面板桥面铺装或钢桥面板上沥青混凝土铺装
	附属工程及桥梁总体	支座安装, 伸缩装置安装, 人行道铺设, 栏杆安装, 混凝土护栏, 钢桥上钢护栏安装, 混凝土构件表面防护, 桥头搭板, 桥梁总体等

2.1 原材料

2.1.1 钢材

钢材是应用最广泛的一种金属材料。建筑工程中使用的各种钢材，包括钢结构用各种型材（如圆钢、角钢、工字钢、管钢）、板材和混凝土结构用钢筋、钢丝、钢绞线等钢材。它们的优点是材质均匀、性能可靠、强度高，具有一定的塑性和韧性，能承受较大的冲击和振动荷载，可以焊接、铆接、螺栓连接，便于装配。由各种型材组成的钢结构安全性大，自重较轻，适用于重型工业厂房、大跨结构、可移动的结构及高层建筑。钢材的缺点是易锈蚀，维护费用大，耐火性差。

1. 钢材的种类及主要技术性能

在理论上，凡含碳量在2.06%以下的含有害杂质较少的铁碳合金称为钢（即碳钢）。

1) 钢的化学成分对钢性能的影响。

钢中除基本元素铁和碳外，还含有少量的硅、锰、硫、磷、氧、氮及一些合金元素等，这些元素来自炼钢原料、炉气及脱氧剂，在熔炼中无法除净。它们的含量决定了钢的性能和质量。

(1) 碳：碳素钢的重要元素。当含碳量小于0.8%时，随着含碳量的增加，钢的抗拉强度和硬度提高，而塑性和韧性降低，同时钢的冷弯、焊接及抗腐蚀等性能降低，冷脆性和时效敏感性提高。

(2) 硅：炼钢时用脱氧剂硅铁脱氧而残留在钢中的元素，是钢的主要合金元素。当硅的含量在1.0%以内时，可提高钢的强度，且对钢的塑性和冲击韧性无明显影响。

(3) 锰：炼钢时为了脱氧而加入的元素，也是钢的主要合金元素。在炼钢过程中，锰和钢中的硫、氧化合成MnS和MnO，入渣排除，起到脱氧去硫的作用。当锰的含量在0.8%~1%时，可显著提高强度和硬度，消除热脆性，并略微降低塑性和韧性。

(4) 磷：钢中的有害元素，由炼钢原料带入，以夹杂物的形式存在于钢中。磷在低温下可引起钢的冷脆性。磷还会使钢的冷弯性能和焊接性能降低，但也能使钢的强

度、硬度、耐磨性、耐腐蚀性提高。

(5) 硫：是钢中极为有害的元素，以夹杂物的形式存在于钢中，易引起钢的热脆性。硫的存在还会导致钢的冲击韧性、疲劳强度、焊接性能及耐腐蚀性降低，即使微量存在也对钢有害，故钢材中应严格控制硫的含量。

(6) 氧、氮：是钢中有害元素。它们显著降低了钢的塑性、韧性、冷弯性能和焊接性能。

(7) 铝、钛、钒、铌：是炼钢时的强脱氧剂，也是最常用的合金元素。将其适量加入钢内能改善钢的组织，细化晶粒，显著提高强度和改善韧性。

2) 钢材的主要技术性能。

钢材的性能主要包括力学性能、工艺性能和化学性能等。只有了解、掌握钢材的各种性能，才能正确、经济、合理地选择和使用钢材。

(1) 力学性能。

钢材的主要力学性能有拉伸性能、冲击韧性等。

① 拉伸性能。

拉伸是建筑钢材的主要受力形式，拉伸性能是最重要的性能。反映钢材拉伸性能的指标包括屈服强度、抗拉强度和伸长率。由于下屈服点较稳定易测，故一般结构设计中以下屈服强度作为钢材强度取值的依据。

屈服强度与抗拉强度之比称为屈强比，其可反映钢材的利用率和结构安全可靠程度。屈服强度比越小，表明结构的可靠性越高，不易因局部超载而造成破坏；屈服强度比过小，表明钢材强度利用率偏低，造成浪费，不经济。建筑结构用钢合理的屈服强度比一般为0.60~0.75。

伸长率是表明钢材塑性变形能力的重要指标。伸长率越大，说明钢材的塑性越好。伸长率是指断后标距的残余伸长与原始标距之比的百分率。

中碳钢与高碳钢（硬钢）通常以发生残余变形为原标距长度的0.2%时的应力作为屈服强度，用 $R_{p0.2}$ 表示。

② 冲击韧性。

冲击韧性是指钢材抵抗冲击荷载而不被破坏的能力，是通过冲击试验来确定的，以试件冲断缺口处单位面积上所消耗的功来表示，其符号为 α_k 。 α_k 值越大，钢材的冲击韧性越好。

影响钢材冲击韧性的因素很多，如化学成分、组织状态、冶炼和轧制质量、环境温度、时效等。发生冷脆性时的温度称为脆性临界温度。脆性临界温度越低，钢材的低温冲击性能越好。所以，在负温下使用的结构，应当选用脆性临界温度低于环境最低温度的钢材。

(2) 工艺性能。

建筑钢材在使用前，大多需要进行一定形式的加工。冷弯、冷拉、冷拔及焊接性能

均是建筑钢材的重要工艺性能。钢材的冷弯性能和焊接性能介绍如下。

①冷弯性能。

冷弯性能指钢材在常温下承受弯曲变形的能力，一般用弯曲角度 α 或弯心直径 d 与试件厚度 a （或直径）的比值 d/a 来表示。试验时采用的弯曲角度越大，弯心直径与试件厚度（或直径）的比值越小，表示对冷弯性能的要求越高。

冷弯试验是将钢材按规定的弯曲角度和弯心直径进行弯曲，若弯曲后试件弯曲处无裂纹、起层及断裂现象，即认为冷弯性能合格；否则为不合格。冷弯试验对焊接质量也是一种严格的检验，能反映焊件在受弯表面是否存在未融合、微裂纹及夹杂物等缺陷。

②钢材的焊接性能。

钢材的焊接性能是指钢材在通常的焊接方法和工艺条件下获得良好焊接接头的性能。

建筑工程中的钢结构有90%以上是焊接结构。焊接性能好的钢材焊接后不易形成裂纹、气孔、夹渣等缺陷，焊头牢固可靠，焊缝及附近过热区的性能，尤其是强度，不会低于母材的力学性能，且其硬脆倾向小。

钢的焊接性能主要受化学成分及其含量影响。碳、硅、锰、钒、钛的含量越多，将加大焊接硬脆性，降低可焊性；硫的含量较多时，会使焊缝产生热裂纹，严重降低焊接质量。

2. 钢结构用钢材

钢结构构件一般应直接选用各种型钢。构件之间可直接或通过连接钢板进行连接，连接方式有铆接、螺栓连接或焊接。所用母材主要是碳素结构钢及低合金高强度结构钢。型钢按加工方法有热轧和冷轧两种。

(1) 热轧型钢。

热轧型钢有角钢、工字钢、槽钢、T型钢、H型钢、Z型钢等。

我国建筑用热轧型钢主要采用碳素结构钢Q235-A，其强度适中，塑性和焊接性能较好，而且冶炼容易，成本低廉，适合建筑工程使用。在钢结构设计规范中推荐使用的低合金钢，主要有两种，即Q345及Q390，可用于大跨度、承受动荷载的钢结构。

(2) 冷弯薄壁型钢。

冷弯薄壁型钢通常是用2~6 mm薄钢板冷弯或模压而成的，包括角钢、槽钢等开口薄壁型钢及方形、矩形等空心薄壁型钢，主要用于轻型钢结构。其标记方式与热轧型钢相同。

(3) 钢板、压型钢板。

钢板是用轧制方法生产的，是宽厚比很大的矩形板状钢材。用光面轧制而成的扁平钢材，以平板状态供货的称为钢板，以卷状供货的称为钢带。所使用的钢种有碳素结构钢、低合金结构钢和优质碳素结构钢三类。

钢板按轧制温度不同，分为热轧和冷轧两大类，热轧钢板按厚度分为厚板（厚度大于4 mm）和薄板（厚度为0.35~4 mm）两种，冷轧只有薄板（厚度为0.2~4 mm）一