



中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

工程测量

(上册)

《工程测量》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

工 程 测 量

(上册)

《工程测量》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书分为上、下两册,以工程测量流程为基础,系统阐述工程测量理论、摄影测量技术、遥感技术和3S技术。本书对现行国家标准及行业标准进行细化延伸,总结近年来长输管道工程与油气田工程中的工程测量经验,并以案例形式进行专门分析。

本书主要适用于从事工程测量的中、高级技术人员的学习培训。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量:全两册/《工程测量》编委会编.

北京:石油工业出版社,2016.3

中国石油天然气集团公司统编培训教材

ISBN 978-7-5183-1058-6

I. 工…

II. 工…

III. 工程测量-技术培训-教材

IV. TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第312761号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523548 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷

710×1000毫米 开本:1/16 印张:86

字数:1500千字

定价:300.00元(全两册)

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》 编 审 委 员 会

主任委员：刘志华

副主任委员：张卫国 金 华

委 员：刘 晖 胡永庆 翁兴波 王 跃
马晓峰 闫宝东 杨大新 吴苏江
赵金法 方朝亮 古学进 刘东徐
张书文 雷 平 郑新权 邢颖春
张 宏 侯创业 李国顺 杨时榜
张永泽 张 镇

《工程测量》 编委会

主 编：白玉光

副主编：杨庆前 李崇杰 杨时榜

委 员：陈 广 辛荣国 于国锋 孙 申
陈中民 赵彦龙 徐 鹰 刘春贵
朱广杰 李松柏 孟 博 李明华
刘晓明 周 平 陶 涛 魏斯钊

《工程测量》 编审人员

主 编：魏国荣

副 主 编：孟志河 张世涛

编写人员：张 彪 张林杰 刘 鹏 郭若成

宋 杰 徐 华 马永忠 张医钦

黄宝伟 李秀栋 张向伟 毕克文

刘加收 吴全立 孙 超 徐文凯

辜利江 熊玉成 田耀文

审定人员：高发光 张洪波

序



企业发展靠人才,人才发展靠培训。当前,集团公司正处在加快转变增长方式,调整产业结构,全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事,更深更广参与全球竞争,实现全面协调可持续,特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标,人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素,肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命,面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系,是加强培训基础建设,推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措,是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作,明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来,由人事部牵头,各部门和专业分公司参与,在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上,经反复研究论证,形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划,全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》(以下简称“统编培训教材”)的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体,充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用,瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展,突出现场应用和实际操作,精心组织编写,由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定,集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局,“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训,具有石油石化管理特色的教材,以自编方式为主,行业适用或社会通用教材,可从社会选购,作为指定培训教材;专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训,是教材编审的主体,按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审,循序推进,

计划编审 300 余门;操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础,侧重主体专业(主要工种)骨干岗位的培训;国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点:

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准,以及集团公司技术发展的最新进展,并将其转化为员工培训的知识和技能要求,具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划,统一确定专业目录,统一组织编写与审定,避免内容交叉重叠,具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作,既有应用理论,又有实际案例和操作规程要求,具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威,集中编写教材,体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域,根据专业目录进行开发,且教材的内容更加注重专业特色,强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法,也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理,符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力,集团公司首批 39 门“统编培训教材”已按计划编审出版,与各企事业单位和广大员工见面了,将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行,对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材,推进集团公司培训的标准化、国际化建设,具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材,为持续推进人才培训工程,激发员工创新活力和创造智慧,加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011 年 4 月 18 日

前言

本书是根据中国石油天然气集团公司工程建设分公司员工培训教材编写工作会议的决定而编写的,是工程建设专业系列培训教材中的一本。

全书分为上、下两册。第一篇介绍工程测量的各个阶段、使用仪器、测量方法及平差计算。主要包含工程测量中的地形图测绘、工程控制网布设及优化设计、施工放样技术和方法、工程的变形监测分析和预报、工程测量的通用和专用仪器、工程测量的常用软件以及 GPS 技术在工程测量中的应用,并结合工作实例对工程测量各工序进行了详尽阐述。第二篇介绍摄影测量的基础知识、摄影测量的解析基础、数字地面模型和应用以及数字摄影测量,结合工程实例着重介绍了摄影测量的外业工作以及摄影测量在工程测量中的应用。第三篇主要介绍遥感技术的基础知识、遥感影像校正、遥感图像数字处理基础知识、遥感数据预处理、遥感图像的增强处理和遥感图像的判读,结合工程实例介绍遥感技术在工程测量中的应用。第四篇对 3S (RS, GPS 和 GIS) 技术进行了介绍,重点介绍和展望 3S 技术在工程测量中的应用前景。第五篇介绍测绘成果质量检查与验收的相关内容以及质量评定方法和要求,主要介绍检查验收过程、质量元素、错漏分类以及抽样和检验方法,并对检查验收报告的编写给予了指导性规定,还阐述了现行检查验收规范的适用范围。

本书旨在通过介绍工程测量在石油行业中的应用,结合分析工程测量典型案例,达到总结测量经验,统一专业认识,规范测量外业,完善测量内业的目的,从而为行业内从事工程测量的中、高级专业人员提供指导和参考。

本书由魏国荣主编,编写组分工编写。

初稿完成后,编写组邀请了相关专家对书稿进行审阅和讨论,随后根据专家意见做了修改,并于2010年10月在青岛召开了工程测量教材审查会,再次邀请相关专家审稿、修改,然后定稿。

在整个编写过程中,得到了各方面的支持与帮助,在此谨向他们致以谢忱。

编者

2015年9月

说明



本书可作为中国石油天然气集团公司所属从事工程测量项目工作的公司和员工的专用教材。本书的培训对象不仅仅是工程测量人员,还应包括从事测量工程项目的专业技术人员及相关管理人员。

从培训的重点和要求来说,相关培训可从以下两个方面进行:

(1)工程测量人员,包括:

- ① 从事工程测量的现场专业技术人员。
- ② 负责工程测量报告编写的编制人、校对及审核人。

上述人员应熟悉和掌握本书的全部内容。

(2)从事测量工程项目的专业技术人员及相关管理人员,包括:

- ① 测量工程设计、施工、检测及监测专业人员。
- ② 从事工程测量项目、设计、施工、检测及监测的项目经理及相关管理人员。

上述人员应了解和熟悉本书的全部内容。

目录

绪 论	(1)
第一节 测量学概述	(1)
第二节 工程测量学介绍	(5)
第三节 摄影测量学介绍	(16)
第四节 遥感介绍	(21)

第一篇 工程测量

第一章 工程建设中的测量工作与信息管理	(33)
第一节 工程规划设计阶段的测量工作	(34)
第二节 工程施工建设阶段的测量工作	(36)
第三节 工程运营管理阶段的测量工作	(39)
第四节 工程建设各阶段测量工作的衔接及精度控制	(42)
第五节 工程建设中的测量信息管理	(44)
第二章 工程测量仪器	(53)
第一节 水准仪	(53)
第二节 经纬仪	(65)
第三节 光电测距仪	(80)
第四节 全站仪	(88)
第五节 全球定位系统(GPS)	(100)
第六节 超站仪	(116)
第七节 测量机器人	(123)
第八节 三维激光扫描仪	(129)

第九节	航空摄影测量仪器	(133)
第十节	测量仪器的发展方向	(140)
第三章	工程测量应用软件	(143)
第一节	测量平差原理及方法	(143)
第二节	外业测量应用软件	(152)
第三节	常规平差处理软件	(163)
第四节	GPS 平差处理软件	(202)
第五节	内业绘图应用软件	(230)
第四章	工程控制网布设的理论与方法	(244)
第一节	工程控制网的分类和作用	(244)
第二节	工程控制网的基准和建立方法	(250)
第三节	工程控制网的质量要求	(256)
第四节	工程控制网的优化设计	(268)
第五节	控制点的标石与标志	(276)
第六节	工程控制网的测量	(282)
第七节	油气田及输油输气管线控制测量	(307)
第五章	工程建设中的地形图测绘与应用	(337)
第一节	工程建设各阶段对地形图的要求	(337)
第二节	地形图的测绘方案设计	(342)
第三节	一般地区地形图测绘	(352)
第四节	城镇建筑区地形图测绘	(371)
第五节	油气田地形测量	(381)
第六节	油气田厂、库、站址测量	(394)
第七节	工程竣工现状图测绘	(406)
第八节	水域地形图测绘	(416)
第九节	数字地面模型和勘测设计一体化	(428)
第十节	地形图测绘应用实例——以某油田测量为例	(438)
第十一节	控制网测量应用实例——以某厂区为例	(452)

第六章 线路工程测量	(464)
第一节 线路工程控制网的布设	(464)
第二节 铁路工程测量	(482)
第三节 公路工程测量	(500)
第四节 自流和压力管线测量	(508)
第五节 长距离输油输气管道测量	(510)
第六节 架空线路测量	(534)
第七节 隧道工程测量	(540)
第八节 地下管线测量及信息处理	(550)
第九节 线路勘测设计一体化	(571)
第十节 ××原油输送管道测量案例	(585)
第七章 工程建、构筑物的施工测量	(605)
第一节 建筑限差和精度分析	(605)
第二节 施工控制网的建立与维护	(607)
第三节 常用的施工放样方法及测设	(624)
第四节 地下隐蔽障碍物探测	(647)
第五节 施工放样一体化	(659)
第八章 变形监测测量和数据处理	(667)
第一节 变形测量的基础知识	(667)
第二节 变形测量的方案设计与控制网建立	(676)
第三节 变形测量监测方法和自动化	(686)
第四节 变形观测数据处理	(700)
第五节 监测资料整理、成果表达和解释	(725)
第九章 工业设备的安装和检校测量	(743)
第一节 工业设备安装测量控制网的建立	(743)
第二节 设备安装和检校测量仪器与方法	(748)
第三节 极坐标测量系统	(756)
第四节 经纬仪交会测量系统	(763)
第五节 近景摄影测量系统	(767)

第六节	距离交会测量系统	(771)
第七节	关节式坐标测量机	(774)
第八节	工业测量系统软件	(777)
第十章	全球定位系统(GPS)在工程测量中的应用	(786)
第一节	GPS 卫星定位技术的发展及系统组成	(786)
第二节	GPS 卫星定位基本原理	(795)
第三节	GPS 测量的误差来源及其影响	(797)
第四节	GPS 测量的设计与实施	(813)
第五节	GPS 测量数据处理	(836)
第六节	GPS 在工程测量中的应用	(860)

绪 论

第一节 测量学概述

测绘学是地球科学的一个分支学科。在《中国大百科全书》中,关于测绘学的定义为:“研究、测定和推算地面点的几何位置、地球形状及地球重力场,据此测量地球表面自然形态和人工设施的几何分布,并结合某些社会信息和自然信息的地理分布,编制全球和局部地区各种比例尺的地图和专题地图的理论和技术的学科。它包括测量和制图两项主要内容。有的国家称它为测量学,有的称为测量与制图学,在中国称为测绘学。”随着科学技术的发展,测绘学的研究对象不仅包括地球表面,还包括地球外层空间的各种自然实体和人造实体。因而,目前测绘学的比较完整的基本概念应是:研究对实体(包括地球整体、表面以及外层空间各种自然和人造的物体)中与地理空间分布有关的各种几何、物理、人文及其随时间变化的信息的采集、处理、管理、更新和应用的科学与技术。

现今,一般认为测量学是测绘学的一个狭义的概念,因而测量学可以定义为:测量学是研究地球形状、大小和重力场以及确定地面(包括空中、地下和海底)点位的科学。

从测绘学的定义可知,测绘学的研究内容相当广泛,而且由于学科的交叉发展,测绘学研究内容又增添了很多相关的学科内容,如空间科学与信息科学等。下面仅就其核心研究内容作概略阐述。

第一,研究地球的形状和大小及其重力场的分布情况。测绘学主要是研究地理空间分布问题,而这一研究又是以地球为核心展开的,因而首先必须研究地球的形状和大小问题。由于人类的生产生活与地球的重力场有着重要的关系,因此,必须研究地球重力场的分布情况。因此,可以看出,对地球形状和大小以及重力场的研究是其他地理空间研究的基础。

第二,建立测绘的基准和测量的坐标系统和参考框架。主要是研究如何确立测量的起算基准、尺度基础,如何建立测量的坐标系统以及该坐标系



统的具体应用形式,即参考框架。

第三,研究如何将地表形态测绘成地形图。在测量的坐标系统和参考框架已经建立的前提下,研究如何测定地面点的位置,如何将地面的点位绘到地形图上。传统的模拟法使用常规的测量仪器进行地形图测绘,平板仪测绘与经纬仪测绘等都是用这种方式测绘地形图;也可以采用数字化测图方法,利用全站仪、GPS RTK 与计算机等进行数字化地形图的数据采集和数字化地形图成图;还可以利用航空摄影的方法测绘地形图。

第四,研究测绘在国民经济生产生活和国防建设中的应用问题。主要研究在图上设计的建筑物、构筑物的点位如何以一定的精度在实地标定出来,即放样。

第五,研究测量的误差处理。在测量工作中由于种种原因,观测值是无法达到其真值的,即观测值中含有误差。为了更好地反映真实情况,消除由于观测误差带来的理论上的矛盾,评定测量的精度,必须研究测量误差的性质和数学规律,即建立测量误差理论与测量平差方法。使用的理论与方法有概率论与数理统计、最小二乘原理、灰色理论、神经网络理论等。

除上述主要的研究内容外,测绘学还研究空间信息的传输、存储和表达。随着信息化时代的到来,地理空间信息的共享也成为人们研究的重点,由此带来了空间海量信息的传输和存储问题。由于地理空间信息具有空间和属性双重内容,这使得传统关系型数据库不便于管理地理空间数据,必须研究新型的数据库系统以适应地理空间数据的特点。由于数字摄影测量和遥感普及应用,地理空间信息的数据量是巨大的(故称为海量数据):全国 1m 分辨率的影像数据量达到 60TB (1TB = 1024GB)。海量数据的传输和存取是目前研究的一个重要方面。可视化是目前数据表达的重要方式,地理空间信息的可视化呈现出二维到三维的发展趋势,虚拟现实技术是目前研究的一个热点。

随着测绘学的发展,已经形成一个完善的一级学科,根据其研究的不同侧重点可以分成以下几个分支学科。

一、大地测量学

大地测量学是研究地球的形状、大小和重力场,测定地面点的几何位置和地球整体与局部运动的理论和技术的学科。测定地球的大小是指测定地