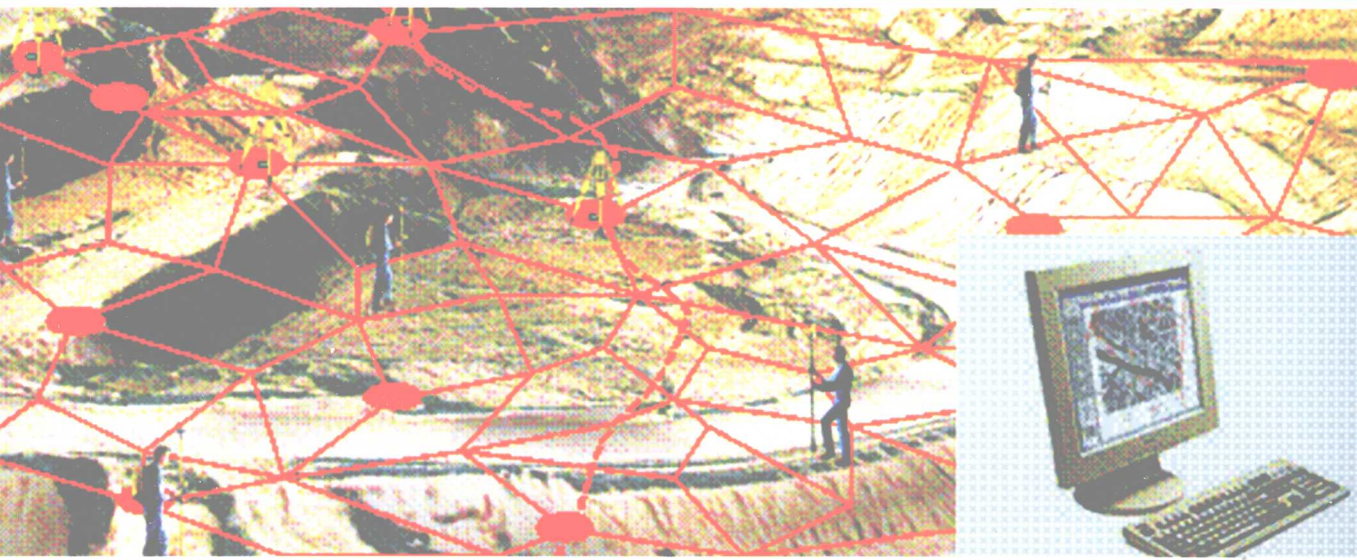


GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE

● 高等学校测绘工程系列教材

大地测量学基础实践教程

郭际明 丁士俊 苏新洲 刘宗泉 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

P22
K778+2

高等学校测绘工程系列教材

-32

大地测量学基础实践教程

郭际明 丁士俊 苏新洲 刘宗泉 编著



P22

K778+2



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大地测量学基础实践教程/郭际明,丁士俊,苏新洲,刘宗泉编著. —武汉:
武汉大学出版社,2009. 12
高等学校测绘工程系列教材
ISBN 978-7-307-07177-3

I. 大… II. ①郭… ②丁… ③苏… ④刘… III. 大地测量学—高
等学校—教材 IV. P22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 104073

责任编辑:罗 挺 责任校对:黄添生 版式设计:詹锦玲

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:通山金地印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:265千字

版次:2009年12月第1版 2009年12月第1次印刷

ISBN 978-7-307-07177-3/P·157 定价:18.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 摘 要

本书是测绘工程专业必修课“大地测量学基础”的配套用书,全书分为五章,内容包括习题与思考题、基本计算与编程、课间实习、集中实习、大地控制网技术与平差计算等,对于重要的大地测量计算和大地控制网平差的习题还给出了解算要点和参考答案。

该书的目的是为学生提供大量思考题和习题,帮助学生深入理解课堂讲授的大地测量学的基本概念、基本技术和方法,并为大地测量计算和实习提供教学指导。

本教材以测绘工程专业本科生为主要对象,也可作为相关专业学生和考研者的学习参考书。

前 言

《大地测量学基础》(孔祥元,郭际明,刘宗泉编著,武汉大学出版社,2005)是教育部批准的普通高等教育“十五”国家级规划教材,并列入了“十一五”国家级规划教材出版计划。该课程涉及大量的基本概念,公式较多,有复杂的大地测量计算,同时还讲解大地测量观测技术和大地控制网布设与平差计算等。需要学生在课堂理论学习之外,还要通过课后进行实习、查阅参考资料、编程计算、完成大地控制网项目设计等环节来加深对理论知识的理解,本书作为《大地测量学基础》的配套用书,是为了给学生提供实习和课后学习等方面的指导,提高学生的实践动手能力,加强学生的编程解决大地测量计算的能力,培养学生思考问题和撰写项目报告等方面的能力。

本书是在总结课程组积累的多年教学经验基础上完成的。在内容上重点围绕大地测量学基本理论体系给出问题,并根据数字测图原理与方法、误差理论与测量平差基础、GPS测量与数据处理、工程测量学等课程的先后连接关系,设置实习、计算和课程设计等方面的内容。

全书分为五章,其中第1章和第2章由丁士俊编写,第3章由苏新洲编写,第4章由刘宗泉编写,第5章由郭际明编写。孔祥元教授审阅全书并提出了修改意见,由郭际明统一修改定稿。

本书是武汉大学“十一五”规划教材,在出版过程中得到了武汉大学教务部、出版社和测绘学院的大力支持,在此深表感谢。

书中部分内容尚不够完善,或许还有错误之处,恳请广大读者批评指正,欢迎提出宝贵意见。

目 录

第 1 章 习题与思考题	1
1.1 绪论	1
1.2 坐标系统与时间系统	1
1.3 地球重力场及地球形状的基本理论	2
1.4 地球椭球及其数学投影变换的基本理论	3
1.5 大地测量基本技术与方法	7
1.6 深空大地测量简介	8
第 2 章 基本计算与编程	9
2.1 编程语言简介及特点	9
2.1.1 Visual Basic 概述	9
2.1.2 VB 的基本概念	10
2.1.3 数据类型	10
2.1.4 标准控件简介	11
2.1.5 过程、函数与方法	11
2.1.6 应用程序的设计	12
2.1.7 简单的编程实例	14
2.2 测量中几种常用的计算	15
2.2.1 角度化为弧度	15
2.2.2 弧度化为角度计算	15
2.2.3 坐标方位角的计算	16
2.2.4 法方程的求逆	16
2.3 空间大地坐标与直角坐标之间的换算	17
2.3.1 由空间大地坐标计算空间直角坐标	17
2.3.2 空间直角坐标计算空间大地坐标	17
2.3.3 计算范例与程序	18
2.4 大地主题问题计算	19
2.4.1 高斯平均引数大地问题解算	20
2.4.2 贝塞尔大地主题解算	24
2.5 子午线弧长计算	31
2.5.1 子午线弧长正算的数学模型	31
2.5.2 子午线弧长反算	32
2.6 高斯投影与邻带换算	33

2.6.1	高斯投影正算	33
2.6.2	高斯投影反算	33
2.6.3	高斯投影邻带换算	33
2.7	平面直角坐标系转换	36
2.7.1	直接参数法	36
2.7.2	相似变换(赫尔墨特法)	37
2.7.3	多项式逼近法	37
2.7.4	算例与程序功能介绍	39
2.8	测量仪器与计算机数据通信	50
2.8.1	MSComm 通信控件及其属性简介	50
2.8.2	使用 MSComm 控件设计通信程序的步骤	52
2.8.3	计算机接收数据的通信程序	52
第3章	课间实习	54
3.1	课间实习的一般规定与注意事项	54
3.1.1	测量实习的一般规定	54
3.1.2	仪器的使用规则和注意事项	54
3.2	精密测角与测距	56
3.2.1	全站仪的认识与操作实习	56
3.2.2	全站仪外业数据观测实习	61
3.3	精密水准测量	65
3.3.1	精密水准仪与水准尺的认识与使用	65
3.3.2	精密电子水准仪的认识与使用	69
3.3.3	视准轴与水准轴相互关系正确性的检验与校正	75
3.3.4	水准尺零点差与尺常数的检验	77
3.3.5	二等精密水准测量	80
第4章	集中实习	81
4.1	概述	81
4.1.1	集中实习的目的	81
4.1.2	集中实习的组织及职责	81
4.1.3	集中实习的基本要求	82
4.1.4	实习中仪器的正确使用与维护	83
4.1.5	集中实习地点	83
4.1.6	集中实习主要内容与时间分配	83
4.2	精密水准测量	84
4.2.1	目的要求	84
4.2.2	仪器借用与物品领取	84
4.2.3	执行规范	85
4.2.4	任务量	85

4.2.5	水准路线确定与选点、埋石	85
4.2.6	水准点点之记的绘制	86
4.2.7	水准仪的检视与检验	88
4.2.8	水准标尺的检视与检验	88
4.2.9	二等水准测量应遵守的事项	88
4.2.10	测站观测顺序与方法	90
4.2.11	测站观测限差与设置	91
4.2.12	成果精度评定、重测和取舍	92
4.2.13	外业成果的记录、整理与计算	93
4.2.14	水准测量外业高差改正数计算	96
4.2.15	水准测量上交成果资料	99
4.3	精密导线测量	99
4.3.1	目的要求	99
4.3.2	仪器借用与物品领取	99
4.3.3	执行规范	99
4.3.4	任务量	100
4.3.5	导线测量选点、埋石	100
4.3.6	三角(导线)点点之记的绘制	100
4.3.7	水平角度测量	102
4.3.8	距离测量	103
4.3.9	导线测量需上交的成果资料	106
4.4	GPS 测量	106
4.4.1	目的要求	106
4.4.2	仪器借用与物品领取	107
4.4.3	执行规范	107
4.4.4	任务量	107
4.4.5	GPS 选点、埋石	107
4.4.6	GPS 点点之记绘制	108
4.4.7	GPS 静态测量	108
4.4.8	GPS 测量上交成果资料	111
4.5	实习总结与成绩评定	112
4.5.1	上交成果	112
4.5.2	实习总结报告编写	112
4.5.3	集中实习成绩评定	115
第 5 章 大地控制网技术与平差计算		116
5.1	技术设计	116
5.1.1	任务概述	116
5.1.2	测区自然地理概况和已有资料情况	116
5.1.3	引用文件	116

5.1.4	主要技术指标	116
5.1.5	设计方案	116
5.2	平差计算	119
5.2.1	平面控制网平差计算	119
5.2.2	高程控制网平差计算	121
5.2.3	三维控制网平差计算	121
5.2.4	控制网算例	123
附 录		154
参考文献		163

第 1 章 习题与思考题

1.1 绪 论

- ①试述你对大地测量学的理解。
- ②大地测量的定义、作用与基本内容是什么？
- ③简述大地测量学的发展概况。大地测量学各发展阶段的主要特点有哪些？
- ④简述全球定位系统(GPS)、激光测卫(SLR)、甚长基线干涉测量(VIBL)、惯性测量系统(INS)的基本概念。

1.2 坐标系统与时间系统

- ①何谓开普勒三大行星运动定律？
- ②什么是岁差、章动与极移？
- ③什么是国际协议原点 CIO？
- ④时间的计量包含哪两大元素？作为计量时间的方法应该具备什么条件？
- ⑤恒星时、世界时、历书时与协调时是如何定义的？它们之间的关系如何？
- ⑥什么是大地测量基准？
- ⑦什么是天球？天轴、天极、天球赤道、天球赤道面与天球子午面是如何定义的？
- ⑧什么是时圈、黄道与春分点？什么是天球坐标系的基准点与基准面？
- ⑨何谓大地测量坐标系统与坐标参考框架？
- ⑩什么是椭球的定位与定向？椭球的定向一般应该满足哪些条件？
- ⑪简述一点定位与多点定位的基本原理,说明两者的异同。
- ⑫什么是参考椭球？什么是总地球椭球？新北京 54 坐标系、西安 80 国家大地坐标系、WGS84 坐标系、国家 2000 坐标系各采用何种椭球？其相应椭球的大地基准常数有哪些？
- ⑬就地球的自转而言地轴的变化有哪些基本特征？请简要说明。
- ⑭什么是惯性坐标系？协议天球坐标系,瞬时平天球坐标系与瞬时真天球坐标系如何定义？
- ⑮试写出协议天球坐标系与瞬时平天球坐标系,瞬时平天球坐标系与瞬时真天球坐标系的转换数学关系式。
- ⑯什么是地固坐标系？地心地固坐标系、参心地固坐标系如何定义？
- ⑰什么是协议地球坐标系与瞬时地球坐标系？如何表达两者之间的关系？
- ⑱如何建立协议地球坐标系与协议天球坐标系之间的转换关系？写出详细的数学关系式。

- ⑱什么是大地原点? 大地原点有何作用? 大地原点的起算数据是什么?
- ⑲简述 1954 年北京坐标系、1980 年国家大地坐标系与新北京 54 坐标系各自的特点。
- ⑳什么是儒略日? 儒略日如何计算?
- ㉑什么是国际地球自传服务(IERS)、国际地球参考系统(ITRS)、国际地球参考框架(ITRF)? ITRS 的建立包含了哪些大地测量技术? 请简要说明。
- ㉒站心坐标系如何定义? 试导出站心坐标系与地心坐标系之间的关系。
- ㉓试写出不同平面直角坐标换算、不同空间直角坐标换算的关系式, 写出上述两种坐标转换的误差方程式。
- ㉔什么是广义大地坐标微分方程(或广义椭球变换微分方程)? 该式有何作用?

1.3 地球重力场及地球形状的基本理论

- ①简述地球大气中平流层、对流层与电离层的概念。
- ②什么是开普勒三大行星定律? 试推求公式 $n^2 a^3 = GM$ 。
- ③重力是如何定义的, 它与物理学中重力有何区别? 重力的单位是什么?
- ④在引力公式 $\vec{F} = -f \frac{m}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$ 中, 负号代表什么意义?
- ⑤位是如何定义的? 它与引力的关系是什么?
- ⑥写出质点引力位、离心力位的表达式。
- ⑦写出引力位对任意方向偏导数的表达式。
- ⑧重力位有何性质? 这些性质是如何得出的? 大地水准面是如何定义的? 水准面的不平行性给测量带来什么困难?
- ⑨为什么要引入“正常地球”讨论正常位与正常重力? 目前一般使用的“正常地球”是什么形状?
- ⑩地球的几何扁率与重力扁率分别是如何定义的? 如何将它们联系起来?
- ⑪正常位水准面与重力位水准面可以平行、相交、相切吗? 正常位水准面、重力位水准面如何定义?
- ⑫参考椭球和总地球的扁率____, 大地水准面在海洋面上与平均海水面____, 水准面有无穷多个, 任意一个异于大地水准面的水准面与大地水准面____(重合, 相等, 平行, 不一定, 一定不)。
- ⑬正常重力公式 $\gamma_0 = \gamma_e (1 + \beta \sin^2 \varphi - \beta_1 \sin^2 2\varphi)$ 用来计算什么地方的正常重力?
- ⑭重力位、离心力位、引力位之间有何关系?
- ⑮重力位与正常重力位之间有何关系?
- ⑯何谓扰动位? 引入扰动位的概念有何意义? 产生扰动位及重力异常的原因你是如何理解的?
- ⑰确定大地水准面的形状实际上是确定什么?
- ⑱如何进行重力归算? 重力归算的目的是什么?
- ⑲椭球表面正常重力公式可表示为____, 高出椭球面 H 高度处点的正常重力与椭球表面的正常重力之间的关系为____。
- ⑳重力扁率如何定义? 它与椭球扁率有何关系?

- ②地球正常重力位水准面是什么形状？其形状方程 $r = a \left[1 - \left(\mu + \frac{q}{2} \right) \cos^2 \theta \right]$ 是如何导出的？
- ③根据重力等位面的性质，简述水准测量产生多值性的原因。
- ④试绘图表示地面一点的正高、正常高、大地高以及它们之间的关系，给出关系式并说明各项的意义。
- ⑤垂线偏差 (ξ, η) 、大地坐标 (L, B) 、天文坐标 (λ, φ) 三者之间应满足什么关系？
- ⑥正常高与正高有何不同？正常高能准确确定吗？为什么？
- ⑦有哪些高程系统？简述各自的缺点。
- ⑧为什么要引入力高？力高有起算面吗？
- ⑨什么是水准测量的理论闭合差？水准测量的观测高差一般要加入哪些改正？
- ⑩什么是高程的基准面和水准原点？水准原点的起算高程如何确定？
- ⑪我国采用过哪几种国家高程基准？这些高程基准是如何建立起来的？你对地方高程基准有了解吗？
- ⑫正常高与正高有何关系？为什么说在海洋上两者相等？
- ⑬何谓垂线偏差？据你了解测定垂线偏差有哪些方法？写出大地经纬度与天文经纬度的关系式。
- ⑭简述测定大地水准面差距的主要方法。
- ⑮确定地球形状的基本方法有哪些？
- ⑯ n 阶地球引力位公式为 $V_n = \frac{1}{r^{n+1}} \left[A_n P_n(\cos\theta) + \sum_{K=1}^n (A_n^K \cos K\lambda + B_n^K \sin K\lambda) P_n^K(\cos\theta) \right]$ ，说明公式中各项的含义。

1.4 地球椭球及其数学投影变换的基本理论

- ①为什么要选择某一参考椭球面作为测量的基准面？
- ②旋转椭球是怎样形成的？什么是子午椭球、子午圈、平行圈、赤道？
- ③决定椭球的大小与形状有哪些元素？ α, e, e' 是如何定义的？试导出下列关系式：

$$b = a \sqrt{1 - e^2}, a = b \sqrt{1 + e'^2}, e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2}, e^2 = \frac{e'^2}{1 - e'^2}, e^2 = 2\alpha - \alpha^2.$$

- ④大地高、正常高、大地水准面差距、高程异常之间有何关系？
- ⑤子午平面直角坐标系如何定义？地面上的点在该坐标系中如何表示？如何推导子午平面直角坐标系与大地纬度的关系式？
- ⑥掌握空间直角坐标与大地坐标关系的建立过程，编写两坐标相互转换的计算程序。
- ⑦试推求空间直角坐标与大地坐标间的微分关系式(选做题)：

$$\begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(M+H) \sin B \sin L & -(N+H) \cos B \cos L & \cos B \sin L \\ -(M+H) \sin B \cos L & (N+H) \cos B \sin L & \cos B \cos L \\ (M+H) \cos B & 0 & \sin B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dB \\ dL \\ dH \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} dB \\ dL \\ dH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sin B \cos L}{M+H} & \frac{\sin B \sin L}{M+H} & \frac{\cos B}{M+H} \\ -\frac{\sin L}{(N+H) \cos B} & \frac{\cos L}{(N+H) \cos B} & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}$$

⑧什么是法截面和法截线？什么是卯酉面与卯酉线？什么是斜截面和斜截弧？

⑨子午线、平行圈、赤道、卯酉线中哪些是法截线弧？为什么？

⑩如何根据公式分析子午线曲率半径和卯酉曲率半径随纬度的变化规律？

⑪椭球面上某一点子午线的曲率半径为 M ，卯酉线的曲率半径为 N ，平均曲率半径为 R 。试比较 M 、 N 、 R 三者数值大小关系，在何处三者大小相等？

⑫证明 R_A 在球面上是个定值，分析在椭球面上的哪点与 R_A 及方向无关。

⑬在椭球面上一点必有一方向的法截弧曲率半径正好等于该点两主曲率半径的算术平均值，试推导该法截弧方位角的表达式。若该点大地纬度 $B = 45^\circ$ ，试求出这个方位角值（已知公式： $R_A = \frac{N}{1 + e'^2 \cos^2 B \cos^2 A}$ ， $e'^2 = 0.006693421$ ，精确至 $0.01''$ ）。

⑭已知 A、B、C、D 四点，其大地坐标分别为 A($30^\circ, 112^\circ$)、B($30^\circ, 113^\circ$)、C($0^\circ, 113^\circ$)、D($0^\circ, 112^\circ$)。试画出 A、B、C、D 四点任意两点之间的正反法截弧及大地线，并画出这些大地线在相应高斯投影六度带的投影形状。

⑮根据公式 $R_A = \frac{MN}{N \cos^2 A + M \sin^2 A}$ ，分析 R_A 随 A 的变化规律。

⑯子午线弧长正算公式为 $X = a_0 B - \frac{a_2}{2} \sin 2B + \frac{a_4}{4} \sin 4B - \frac{a_6}{6} \sin 6B + \frac{a_8}{8} \sin 8B$ ，式中 a_0 、 a_2 、 a_4 、 a_6 为已知系数。试说明采用迭代法，已知 X 求 B 的具体过程，并写出计算步骤。

⑰由子午线弧长计算大地纬度有迭代法（参照教材）与直接解法（参照陈健等编：《椭球大地测量学》），它们计算结果的精度如何考虑？

⑱什么是相对法截线？产生相对法截线的原因是什么？

⑲在椭球面上哪两点的相对法截线合而为一？此法截线是不是大地线？为什么？

⑳椭球面上的所有法截线是否都是大地线？试用大地线的定义来加以说明。

㉑掌握球面直角三角形解算的基本公式。

㉒什么是大地线？试推求大地线微分方程：

$$dB = \frac{\cos A}{M} dS, \quad dL = \frac{\sin A}{N \cos B} dS, \quad dA = \frac{\sin A}{N} \tan B dS.$$

大地线微分方法在大地问题解算中有何作用？

㉓若椭球面上有一条大地线，其大地线常数 $C = a$ （ a 为椭球长半轴），则该大地线是什么？若 $C = 1996.5 \text{ km}$ ，则该大地线在纬最高纬度处的平行圈半径是多少？

㉔地面方向观测值与距离观测值如何归算到椭球面上？

㉕概述将椭球面上的一个三角网投影到高斯平面上的计算过程。

㉖何谓大地主题解算？什么是大地主题正算与反算？大地主题解算有何用途？

㉗简要叙述采用勒让德级数进行大地主题解算的基本思想。

㉘说明用贝塞尔方法解算大地主题解算的基本思想，掌握贝塞尔大地主题解算的计算过程。

⑳在经典大地测量数据处理中,大地主题解算有何作用?

㉑什么是勒让德定理?应用勒让德定理解算球面三角形的基本思想是什么?

㉒什么是球面角超?如何计算?

㉓已知参考椭球为克拉索夫斯基椭球,并且有:

(1) $L_1 = 130^\circ 10' 12''. 2676$, $B_1 = 40^\circ 02' 35''. 6784$, $L_2 = 130^\circ 12' 01''. 1040$, $B_2 = 40^\circ 45' 47''. 9027$;

(2) $L_1 = 115^\circ 10' 00''. 0000$, $B_1 = 40^\circ 02' 35''. 6784$, $L_2 = 118^\circ 10' 03''. 0000$, $B_2 = 43^\circ 00' 55''. 8784$;

(3) $L_1 = 115^\circ 10' 00''. 0000$, $B_1 = 40^\circ 02' 35''. 6784$, $L_2 = 123^\circ 10' 00''. 0000$, $B_2 = 32^\circ 02' 00''. 0000$;

试计算 S_{12} 、 A_{12} 、 A_{21} 。

参考答案:

(1) $S_{12} = 80\ 000.000$, $A_{12} = 1^\circ 49' 43.004''$, $A_{21} = 181^\circ 50' 53.548''$;

(2) $S_{12} = 414\ 306.538$, $A_{12} = 36^\circ 12' 01.027''$, $A_{21} = 218^\circ 11' 26.798''$;

(3) $S_{12} = 1143\ 360.835$, $A_{12} = 138^\circ 31' 19.971''$, $A_{21} = 323^\circ 14' 43.445''$ 。

㉔大地主题正算练习(选自赵文光著《椭球大地测量学研究》),见表 1-1。

表 1-1

大地主题正算练习

算例		例 1(80km)	例 2(410km)	例 3(1140km)
参考椭球		克拉索夫斯基椭球	克拉索夫斯基椭球	克拉索夫斯基椭球
起算数据	a	6378245.000m	6378245.000m	6378245.000m
	e'^2	0.00673852540	0.00673852540	0.00673852540
	B_1	40°02'35".6784	40°02'35".6784	40°02'35".6784
	L_1	130°10'12".2676	115°10'00".0000	115°10'00".0000
	A_{12}	1°49'43".000	36°12'01".027	138°31'19".971
	S_{12}	80000.000m	414306.538m	1143360.835m
计算值	B_2	40°45'47".9027	43°00'55".8784	32°02'00".0000
	L_2	130°12'01".1040	118°10'03".0000	123°10'00".0000
	A_{21}	181°50'53".545	218°11'26".797	323°14'43".445

㉕地图投影按投影参照体的轴线方向如何分类?

㉖什么是高斯平面直角坐标?

㉗为什么要分带?如何分带?国家统一坐标系是如何规定的?

㉘三度带与六度带的分带方法有什么关系?三度带这样分有什么好处?

㉙椭球面元素归算到高斯平面包含哪些内容?

㉚正形投影的特点是什么?如何根据长度比推求正形投影的一般公式(即柯西—黎曼条件)?

㉛高斯投影应满足的三个条件是什么?为什么说高斯投影是正形投影的一种?

④①在椭球面上,高斯投影的长度比与什么有关?中央子午线投影后长度比有何特性?沿什么方向长度比变化最快、什么方向变化最慢?为什么?

④②什么是高斯投影的正反算?高斯投影的三个基本条件在正反公式推导中起什么作用?

④③试证明在高斯投影正算公式中 $m_3 = N \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) / 6$ 。

④④高斯投影反算计算中 B_f 与 B 有何不同? B_f 如何求得?

④⑤编写高斯投影正反算程序,进行计算练习(参见《大地测量学基础教材》示例)。

④⑥试推求高斯平面坐标与大地坐标间的微分公式(选做题):

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} dx \\ dy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_B & x_L \\ y_B & y_L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dB \\ dL \end{bmatrix}, \\ x_B = N \left[(1 - e^2) / W^2 + \frac{1}{2} (1 - 2 \sin^2 B + e^2 \sin^2 B \cos^2 B) l^2 \right], \\ x_L = N \left[l + \frac{1}{6} (5 - 6 \sin^2 B) l^3 \right] \sin B \cos B \\ y_B = -N \left[(1 - e^2) l / W^2 + \frac{1}{6} (5 - 6 \sin^2 B) l^3 \right] \sin B \\ y_L = N \left[1 + \frac{1}{2} (1 - 2 \sin^2 B + e^2 \cos^2 B) l^2 \right] \cos B \end{cases}$$

④⑦在进行高斯投影正反算计算时,计算结果的精度如何确定?已知数据与计算结果的有效数位如何加以考虑?

④⑧什么是平面子午线收敛角?它有何用途?

④⑨什么是方向改化?它有何作用?

④⑩什么叫距离改化?在什么情况下需要进行距离改化计算?

④⑪为什么要邻带换算?如何进行邻带换算?

④⑫已知点 A(六度带第 21 带)和点 B(三度带第 42 带)两点的高斯平面坐标值,回答以下问题:(1)求 A、B 两点间的平面直线距离;(2)求 A、B 两点的大地坐标;(3)求 A、B 两点间的大地线长度及其正反大地方位角。

④⑬已知某控制点在六度带内坐标为 $x_1 = 1923011.354, y_1 = 20701641.064$,编程计算该点 21 带的坐标(参考答案: $x_2 = 1926685.567, y_2 = 21063665.915$)。

④⑭已知 B 点的大地坐标 $L = 125^\circ 51' 57''.8300, B = 41^\circ 23' 57''.0800$,试用高斯投影坐标正算公式求出它的高斯平面直角坐标,并进行反算校核。

④⑮某点 P 在高斯投影六度带的坐标 $X_A = 3026255\text{m}, Y_A = 20478561\text{m}$,试计算该点在三度第 39 带的高斯平面坐标。

④⑯如何由大地坐标方位角计算坐标方位角? γ 与 δ 的符号如何确定?

④⑰高斯投影既然是正形投影,为什么要引入方向改正?

④⑱长度比和距离改正有何区别?有何联系?

④⑲城市独立坐标系与工程独立坐标系一般是如何定义的?

④⑳工程测量与城市测量中,为什么要提出投影带和投影面的选择问题?有哪些可选择的途径?

④㉑城市测量与工程测量投影带和投影面选择的原则是什么?

④㉒何谓横轴墨卡托投影?横轴墨卡托投影有何特点?

⑬什么是兰勃脱投影？兰勃脱投影的变形有何特征？

1.5 大地测量基本技术与方法

①建立国家平面大地控制网的方法有哪些？目前主要采用哪些方法？

②试阐述建立国家平面大地控制网的布设原则。

③控制网设计书一般包含哪些主要内容？

④什么是控制网的优化设计？控制网的优化设计大体上分为哪几类？

⑤优化设计的方法有哪些？怎样进行控制网优化设计？

⑥何谓控制网的可靠性？什么是内部可靠性与外部可靠性？

⑦国家高程控制网的布设原则有哪些？各等级高程控制网有何作用？

⑧如何理解水准测量精度评定公式 $M_{\Delta} = \pm \sqrt{[\Delta\Delta/R]/(4 \cdot n)}$ 、 $M_w = \pm \sqrt{[WW/F]/N}$ ？它有什么作用？它与水准测量平差得到单位权中的误差有何区别？

⑨在什么情况下水准测量需要加重力改正？为什么要加重力改正？

⑩精密水准测量的主要误差来源有哪些？在实际作业过程与数据处理中如何削弱与消除？

⑪精密水准测量作业的一般规定有哪些？这些规定有何作用？

⑫何谓水准测量的间歇点？规范中对间歇点有何要求？

⑬精密水准测量的概算包含哪些内容？为什么要加上相应的改正？

⑭跨河水准测量的方法有哪些？它们的主要特点是什么？

⑮掌握徕卡全站仪编码读盘与光栅读盘测角的基本原理，了解徕卡 TC 系列与 TPS 系列仪器的特点与功能。

⑯徕卡系统 TPS1200 超站仪有何特点？

⑰目前常用的气泡式精密水准仪、自动安平精密水准仪、数字水准仪的型号有哪些？主要特点是什么？

⑱精密水准仪与水准尺和普通水准仪与水准尺有何不同？

⑲什么是大气折射率？电磁波测距仪大气改正公式是如何导出的？

⑳简述相位式测距仪与脉冲式测距仪测距的基本原理。

㉑采用可变频率法与固定频率法如何确定整周相位数 N？试简述各自的基本原理。

㉒电磁波测距的主要误差来源有哪些？观测距离一般要加入哪些改正计算？

㉓测距的标称精度公式一般表示为 $m_s = \pm (a + b \times S)$ ，式中各符号代表什么含义？

㉔测距的标称精度公式一般采用什么方法来加以检验？简述其基本方法。

㉕什么是绝对重力测量与相对重力测量？

㉖测定绝对重力与相对重力的方法有哪些？

㉗在进行相对重力测量时，为何需要联测一些绝对重力点？

㉘什么是重力基准？请简述目前我国的重力基准的现状。

㉙试简要叙述 GPS 测量定位的基本原理。

㉚什么是绝对定位？何谓相对定位？

㉛GPS 网的布网形式有哪些？说明各自特点以及适用范围。

㉜如何建立 GPS 基线向量在地心空间直角坐标系中的平差数学模型？

③掌握 GPS 基线向量与地面观测值三维网与二维网平差的数学模型。三维网平差、三维网联合平差、三维网约束平差等平差方法有何不同？

④掌握 GPS 观测值与地面观测值的二维平差的数学模型。

1.6 深空大地测量简介

①目前深空探测的方式有哪些？其主要特点是什么？

②月球测绘的目标与任务是什么？简述目前国内外月球及深空大地测量的现状。

③月球地形与地貌测绘的手段与方法有哪些？

④深空探测有哪些主要的技术方法？

⑤深空探测网布设的基本原则是什么？简述目前深空探测网的基本概况。