

2017

注册测绘师资格考试用书

测绘案例分析 考点分析及试题详解

胡伍生 / 主 编
范国雄 喻国荣 / 副主编 (第五版)



注册测绘师微课
视频·题库·电子书·QQ·答疑



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Cehui Anli Fenxi Kaodian Fenxi ji Shiti Xiangjie

测绘案例分析 考点分析及试题详解

(第五版)

胡伍生 / 主 编

范国雄 喻国荣 / 副主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为注册测绘师资格考试三个科目应试辅导教材之一,依托现行考试大纲和历年考试真题,基于编写人员多年专业积累和本科目出题特点编写而成。

全书共13章,主要内容包括:大地测量、海洋测绘、工程测量、房产测绘、地籍测绘、行政区域界线测绘、测绘航空摄影、摄影测量与遥感、地图制图、地理信息工程、导航电子地图制作、互联网地理信息服务;书后还对近年案例分析试卷的特点进行了分析,以期对大家的复习和考试有所帮助。

本书可供参加注册测绘师资格考试的考生复习备考使用。

图书在版编目(CIP)数据

2017 测绘案例分析考点分析及试题详解 / 胡伍生主编. — 5版. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017.3

ISBN 978-7-114-13607-8

I. ①2… II. ①胡… III. ①测绘—资格考试—自学参考资料 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 049293 号

书 名:测绘案例分析考点分析及试题详解(第五版)

著 作 者:胡伍生

责任编辑:刘彩云

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

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:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15.75

字 数:360千

版 次:2013年4月 第1版

2014年1月 第2版

2015年1月 第3版

2016年1月 第4版

2017年3月 第5版

印 次:2017年3月 第1次印刷 累计第8次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13607-8

定 价:48.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

2007年,我国建立了“注册测绘师”制度。注册测绘师,是指经考试取得“中华人民共和国注册测绘师资格证书”,并依法注册后,从事测绘活动的专业技术人员。根据《中华人民共和国测绘法》,原人事部和国家测绘局共同颁布了注册测绘师制度的有关规定及配套实施办法,并于2011年4月进行了首次注册测绘师考试,这标志着我国“注册测绘师”制度进入实施阶段。这对于加强测绘行业的管理,提高测绘专业人员素质,规范测绘行为,保证测绘成果质量,推动我国测绘工程技术人员走向国际测绘市场具有重要意义。

注册测绘师考试共设三个科目:《测绘管理与法律法规》、《测绘综合能力》和《测绘案例分析》。科目一《测绘管理与法律法规》,主要考查测绘地理信息专业技术人员在测绘地理信息项目实施和管理中,运用现行相关法律法规和标准规范解决实际问题的能力;考试题型为单选题(80题,每题1分),多选题(20题,每题2分),总分为120分。科目二《测绘综合能力》,主要考查测绘地理信息专业技术人员运用测绘地理信息专业理论和现行标准规范,分析、判断和解决测绘地理信息项目实施过程中专业技术问题的能力;考试题型为单选题(80题,每题1分),多选题(20题,每题2分),总分为120分。科目三《测绘案例分析》,主要考查测绘地理信息专业技术人员对《测绘管理与法律法规》和《测绘综合能力》科目在实务应用时体现的综合分析能力及实际执业能力;考试题型为综合分析题(7题,每题12~18分),总分为120分。

为了帮助广大测绘专业人员以及有志于测绘执业的考生快速、高效地掌握考试大纲要求的知识,顺利通过考试,人民交通出版社股份有限公司组织东南大学交通学院测绘领域的专家、学者,编写了本套辅导教材(共三册)及历年真题详解(共三册)。本套辅导资料具有如下特点:

(1)考点突出。针对考试,我们细致分析了考试大纲的深度和广度,将主要知识点汇总呈现在每一章的章首,并对其进行必要的阐释,便于考生抓住考点进行合理复习。

(2)题量丰富。做题的复习效果要远远好于看大段的文字,更有利于复习时间紧张的考生,在极为有限的复习时间内掌握大量考点。本套教材根据考点,优选数道经典例题,通过提供参考答案及具体解析,帮助考生掌握必备基础知识,提高复习效率。

(3)真题演练。书中收录2011~2015年真题,可以较好地检验考生的综合复习效果,增加考生实战经验,便于考生在短时间内提高应试能力。

(4)视频讲解。考生可通过扫描书中二维码,观看视频讲解;也可刮开封面上的增值卡,登录“注考网”(www.zhukaowang.com.cn)在线学习;或关注微信公众号“注册测绘师微课程”移动端学习。

2017年,我们在上一版的基础上,对以下内容进行了重点修订:

(1)通过对 2011~2015 年这五年的考题分析,对重要考点、新增考点进行针对性的补充和完善。

(2)新增两套模拟试题,附答案及完整解析。

本书编写人员及分工如下:东南大学胡伍生(第 3 章),范国雄(第 2、4、5、6 章),喻国荣(第 1 章),沙月进(第 7、8 章),郑天栋(第 9、11 章),章其祥(第 10、12 章)。

书中难免有疏漏和不当之处,欢迎大家多提宝贵建议,主编的联系方式为 QQ:109145221,Email:wusheng.hu@163.com。注册测绘师考试 QQ 群 192881063。希望考生们多沟通、多进步,顺利通过考试!

胡伍生

2017 年 2 月 南京

致读者

时光飞逝,岁月如梭。注册测绘师(Registered Surveyor)考试从2011年开考至今已经六年了。为了帮助大家系统、有效地复习应考,我们编写了这套考试复习丛书(包括三本考点分析和三本历年真题详解),同时录制了相应的视频课程。2017年丛书再版时,我们结合前五年注册测绘师《测绘案例分析》科目(以下简称《案例分析》科目)试卷的组卷方案和内容做个总结与剖析,以便明确任务与目标,理清考试重点与难点,为您顺利通过注册测绘师资格考试再助一臂之力。

1.《案例分析》科目组卷方案综合分析

为了便于分析,我们对历年《案例分析》科目试卷的考题分布进行了统计,统计结果参见表A(编者注:统计结果仅供参考)。

2011~2015年《案例分析》科目试卷考题分布统计表

表A

分类	2011年			2012年			2013年			2014年			2015年		
	分值	题数	百分比	分值	题数	百分比	分值	题数	百分比	分值	题数	百分比	分值	题数	百分比
大地测量(GPS)	18	4	15	18	3	15	18	3	15	20	3	16.6	20	4	16.6
工程测量 (地形、土方)	12	3	10	18	3	15	18	3	15	20	4	16.6	20	4	16.6
摄影测量与遥感	18	4	15	18	3	15	18	4	15	20	3	16.6	20	3	16.6
地图制图	18	4	15	18	4	15	18	4	15	20	4	16.6	20	4	16.6
GIS	18	4	15	15	2	12.5	15	3	12.5	20	4	16.6	20	4	16.6
地籍房产	18	3	15							20	3	16.6	20	3	16.6
工程测量 (规划、监测)	18	3	15	15	3	12.5	18	3	15	20	3	16.6	20	3	16.6
电子地图							15	3	12.5						

从表A中可以看出:

(1)大题目数量保持不变,每年均为7个;大题分值在10~20分之间,占比约为10%~15%。每个大题包含2~4个小题;每年考试的小题总数在21~26个之间。

(2)工程测量、大地测量、摄影测量与遥感、地图制图、地理信息系统(GIS),这5大类年年出题。其中,“工程测量”每年至少有2题(2012年有3题,占比最大,约占42.5%);“电子地图”只有2013年出题1次;“海洋测绘”融入“大地测量”;“测绘航空摄影”融入“摄影测量与遥感”;“行政区域界线测绘”至今未出题。

(3)2011~2013年试卷中的7个大题全为必答题,没有任选;2014~2015年试卷的考题改为7选6(这种做法更合理)。估计今后会延续近两年的做法,采用7选6的方式。

由此可知,《案例分析》科目考试的重点内容为:工程测量、大地测量、摄影测量与遥感、地图制图、地理信息系统。

2. 试卷特点解析

(1) 题型分布

《案例分析》试卷题型不定,有计算题、问答题、绘流程图等题型。计算题,每年为3~5个小题,但计算量、难度不大。涉及测绘项目作业实施流程、过程、步骤的问答题为5个左右,2014年较多,有9个。涉及成果资料提交、资料补全、成果质量检验的问答题逐年减少。

(2) 计算题分析

每年的《案例分析》试卷都有3~5个小计算题,相对22个题的总题量,占比约为20%~25%。计算题难度不大,较难的题试卷中都已给出了计算公式,只要概念清楚,一般都是可以完成的。计算中容易忽视的问题是数据取位问题,计算过程和结果都有取位要求,要特别注意。

(3) 项目实施流程与步骤

涉及测绘工程项目实施流程、过程、步骤的问答题较多。《案例分析》考试大纲要求考查测绘专业技术人员运用《测绘管理与法律法规》、《测绘综合能力》科目知识解决实际问题时体现的综合分析及实际执业能力。五年的试卷中,这部分题量基本稳定,约为6~7个小题(只有2014年较多,有9个小题)。

(4) 执业能力考核

《案例分析》试卷中涉及成果资料提交、资料补全等要求死记硬背的问答题少了,如2013年和2014年,试卷中关于成果提交的就未涉及。增加了测绘过程检查、质量判断、规范运用等实际操作能力的考核。

(5) 新技术知识考点

新技术知识考点不断增加。2012年考试大纲中增加了导航电子地图制作、互联网地图服务等内容,2013年试卷中就出现了“天地图”、“电子地图瓦片”、“WMS (Web Map Service,即网络地图服务)”等新名词,所以应关注新技术知识考点。

世上无难事,只怕有心人。只要不继续努力、认真复习,加上您的聪明和智慧,一定能顺利过关,成为一名注册测绘师。

编者

2017年2月 南京

目 录

1 大地测量	1
1.1 大地测量案例分析要点	1
1.2 大地测量案例分析例题	25
1.3 例题参考答案	31
2 海洋测绘	46
2.1 海洋测绘案例分析要点	46
2.2 海洋测绘案例分析例题	49
2.3 例题参考答案	52
3 工程测量	55
3.1 工程测量案例分析要点	55
3.2 工程测量案例分析例题	77
3.3 例题参考答案	92
4 房产测绘	101
4.1 房产测绘案例分析要点	101
4.2 房产测绘案例分析例题	106
4.3 例题参考答案	107
5 地籍测绘	109
5.1 地籍测绘案例分析要点	109
5.2 地籍测绘案例分析例题	113
5.3 例题参考答案	117
6 行政区域界线测绘	119
6.1 行政区域界线测绘案例分析要点	119
6.2 行政区域界线测绘案例分析例题	122
6.3 例题参考答案	123
7 测绘航空摄影	125
7.1 测绘航空摄影案例分析要点	125
7.2 测绘航空摄影案例分析例题	126
7.3 案例参考答案	127
8 摄影测量与遥感	129
8.1 摄影测量与遥感案例分析要点	129
8.2 摄影测量与遥感案例分析例题	135
8.3 例题参考答案	139

9 地图制图	142
9.1 地图制图案例分析要点	142
9.2 地图制图案例分析例题	155
9.3 例题参考答案	162
10 地理信息工程	169
10.1 地理信息工程案例分析要点	169
10.2 地理信息工程案例分析例题	172
10.3 例题参考答案	177
11 导航电子地图制作	182
11.1 导航电子地图案例分析要点	182
11.2 导航电子地图案例分析例题	185
11.3 例题参考答案	186
12 互联网地理信息服务	188
12.1 互联网地理信息服务案例分析要点	188
12.2 互联网地理信息服务案例分析例题	189
12.3 例题参考答案	189
13 近年测绘案例分析试卷特点分析	191
13.1 组卷方案	191
13.2 考试内容	191
13.3 考卷解析	192
13.4 如何准备《测绘案例分析》考试	196
模拟题及详解	199
注册测绘师资格考试测绘案例分析模拟试卷(1)	201
注册测绘师资格考试测绘案例分析参考答案(1)	211
注册测绘师资格考试测绘案例分析模拟试卷(2)	221
注册测绘师资格考试测绘案例分析参考答案(2)	230
参考文献	241

1 大地测量

1.1 大地测量案例分析要点

大地测量案例主要考查进行大地测量项目管理的能力,需要熟悉从项目设计到验收各环节,尤其注重以下内容:①技术设计书与技术总结;②工作流程;③各个环节的技术要求(包括限差要求);④测量成果检查内容;⑤提交成果清单;⑥具体工程案例计算能力(如水准测量成果整理、三角测量成果整理、导线坐标计算、控制测量精度评定)等。这些内容也是《全球导航卫星系统连续运行参考站网建设规范》(GH/T 2008—2005)、《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)、《国家大地测量基本技术规定》(GB 22021—2008)、《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897—2006)、《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898—2009)、《区域似大地水准面精化基本技术规定》(GB/T 23709—2009)等技术规范的重要条文,建议读者仔细阅读,并重点关注。

1.1.1 GNSS 连续运行基准站案例分析要点

1) 基准站选址

(1) 观测环境

- ①距易产生多路径效应的地物(如高大建筑、树木、水体、海滩和易积水地带等)的距离不小于 200m;
- ②应有 10° 以上地平高度角的卫星通视条件;
- ③距电磁干扰区(如微波站、无线电发射台、高压线穿越地带等)的距离不小于 200m;
- ④避开易产生振动的地带(如采矿区、铁路、公路等);
- ⑤应顾及未来的规划和建设,选择周围环境变化较小的区域进行建设;
- ⑥应进行 24h 以上的实地环境测试,对于国家基准站和区域基准站,数据可用率应大于 85%,多路径影响小于 0.5m;对于专业应用网基准站,可按实际情况执行。

(2) 地质环境

基准站应建立在稳定块体上,避开地质构造不稳定地区(如断裂带、易发生滑坡与沉陷等局部变形地区)和易受水淹没或地下水位变化较大的地区。

(3) 维持条件

- ①便于接入公共或专用通信网络;
- ②具有稳定、安全可靠的电源;
- ③交通便利,便于人员往来和车辆运输;
- ④具有良好的土建施工条件;
- ⑤具有建设用地及基本基础设施保障;

⑥具有良好的安全保障环境,便于人员维护和站点的长期保存。

(4)实施步骤

①根据技术设计书进行踏勘,确认基岩、土壤类型及其承载能力等,在实地按要求选定点位;

②实地绘制点之记;

③实地绘制概略地图,供基准站设计使用;

④实地运行卫星定位观测,以 15s 采样间隔记录不少于连续 4h 的观测数据,当载波相位数据利用率低于 80% 时,应变更站址。

(5)基准站选址提交成果

①踏勘选址报告(包括所属行政区划,自然地理,地震地质概况,交通、通信、物资、水电、治安等情况);

②点位照片(远景、近景);

③选址点之记;

④土地使用意向书或其他用地文件;

⑤地质勘察资料;

⑥实地测试数据和结果分析。

2)基准站的建设工程

(1)观测墩

观测墩一般为钢筋混凝土结构,类型分为基岩观测墩、土层观测墩、屋顶观测墩。

①基岩观测墩和土层观测墩应高出地面 3m,一般不超过 5m;对于屋顶观测墩,高度应大于 1.5m。

②基岩观测墩和土层观测墩宜建设在观测室内,应高出观测室屋顶面 1.5m 以上,室外部分应加装防护层,避免风雨与日照辐射对观测墩的影响。

③基岩观测墩的内部钢筋与基岩紧密浇筑,浇筑深度不少于 0.5m;土层观测墩的钢筋混凝土墩体应埋于解冻线 2m 以下;屋顶观测墩的内部钢筋应与房屋主承重结构钢筋焊接,接合部分应不少于 0.1m。

④观测墩应浇筑安装强制对中标志,并严格整平,墩外壁应加装(或预埋)适合线缆进出的硬质(钢或塑料)管道,起保护线路作用。

⑤基岩和土层观测墩应与观测室或周围房屋的主体结构分离,以免影响观测墩的稳定性;基岩和土层观测墩与地面接合四周应做不少于 5cm 的隔振槽,内填粗砂,避免振动带来的影响;屋顶观测墩与屋顶面接合处应做防水处理。

(2)观测室

①观测室面积不少于 20m²。

②观测室应建在地基牢固的地点,设计时应考虑防水、排水、防风、防雷等因素;电力和信号管线应分别布置,预埋两种管线通道,并进行动物防护处理。

③观测室内的温度和相对湿度应满足仪器设备正常运行的要求。

④国家基准站网的基准站应在观测室内的观测墩基础上埋设水准与重力共用标石,该标石与地面接合四周应做不少于 5cm 的隔振槽,内填粗砂。

(3)实施步骤

①在选址工作的基础上完成基准站建筑的整体设计及专项防护设计(如防风、防雷等);

- ②建造观测墩和观测室;
- ③铺设电力线、通信线等管线;
- ④进行设备安装调试及试运行,待验收完毕后正式使用。
- (4)提交成果

①基准站设计方案,包括整体式样、观测墩结构、观测室结构、管线、排水、安防等专项设计,施工方案、经费预算等;

②基准站基建工程报告,包括施工概况、经费使用、建筑结构图、竣工地形图(站周围 20m 范围)等;

③测量标志保管书。

3)基准站设备技术指标

(1)接收机

- ①具有同时跟踪不少于 24 颗全球卫星导航定位卫星的能力;
- ②至少具有 1s 采样数据的能力;
- ③观测数据至少应包括双频测距码、双频载波相位值、卫星广播星历;
- ④具有在 $-30\sim+55^{\circ}\text{C}$ 、湿度 95% 的环境下 ze 常工作的能力;
- ⑤具备外接频标输入口,可配 5MHz 或 10MHz 的外接频标;
- ⑥具备 3 个以上的数据通信接口,接口可包括 RS232、USB、LAN 等。

(2)天线

- ①相位中心稳定性应优于 3mm;
- ②具备抗多路径效应的扼流圈或抑径板;
- ③具有抗电磁干扰能力;
- ④具有定向指北标志;
- ⑤在 $-40\sim+65^{\circ}\text{C}$ 的环境下能正常工作,气候条件恶劣地区应配有防护罩。

(3)气象设备

- ①可精确测定气压、温度、湿度气象元素;
- ②气压测定精度 $\pm 0.1\text{hPa}$,温度测定精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,湿度测定精度 $\pm 1\%$;
- ③可连续测定气象元素,具有多采样间隔设置的能力;
- ④具备数据通信接口,可进行实时或定时数据传输。

(4)电源设备

- ①单相市电供电,并加装在线式 UPS;
- ②后备电源可选择使用太阳能、大容量电池组等;
- ③后备电源单独供电时,至少能维持基准站设备连续工作 12h;
- ④电源线路应做接地保护并加装电涌防护设备。

(5)通信设备

- ①可长期、可靠、连续地工作;
- ②数据传输率应大于 16kB/s ;
- ③实时通信时,通信误码率应小于 10^{-8} ,延时小于 500ms;
- ④有条件时,应采用两种相互独立的数字通信链路,提高数据传输的可靠性。

(6)计算机与软件

- ①应选择符合工业标准的计算机;

②计算机应具备 4 个以上的数据通信接口,接口可包括 RS232、USB、LAN 等;

③计算机至少应具备连续存储 1 年采样率为 30s 的观测数据的能力;

④应用软件应具有数据下载、格式转换、自动存储、自动传输、设备监控等功能;

⑤应用软件选用商用软件或自行研制。

4) 数据中心

(1) 建设原则

①安全性:数据中心内部局域网与外部网络进行物理隔离,并应设置不同级别的访问权限;

②可靠性:关键设备采用冗余备份系统,关键数据采用双机异地备份;

③保密性:数据和产品应根据不同密级进行加密处理;

④可恢复性:发生故障时,数据管理系统 24h 恢复,产品服务系统 12h 恢复。

(2) 数据处理原则

①国家基准站网和区域基准站网应采用 ITRF 作为参考框架,以适当数量和分布均匀的 IGS 站的坐标和原始观测数据、精密星历为起算数据;专业应用站网根据专业需要确定参考框架和起算数据。

②应采用业务主管部门认定的高精度数据处理软件。

③数据处理模型宜采用 IERS 相关标准。

(3) 数据准备

①基准站的观测数据及其质量评价;

②原始数据格式转换;

③测站信息文件准备;

④卫星星历准备;

⑤地球极移、章动、岁差、太阳和月亮星历等相关文件准备。

(4) 数据解算

①国家基准站网数据解算方案应包括单天解、周解、月解、年解,区域基准站网可只包括单天解和年解,专业应用站网根据专业应用需求自行规定。

②国家基准站网采用的卫星精密星历根据其相应的精度定权;区域基准站网采用精密星历时,一般采用强制性约束;专业应用站网根据专业应用需求,可选用预报精密星历或广播星历。

③实时应用时,基准站坐标应采用最新的年解结果。

④地球自转参数的选用应与所采用的卫星星历一致。

⑤区域基准站网和专业应用站网处理可在地固坐标系下进行。

(5) 数据分析

①基准站坐标分量随时间变化分析;

②基准站网速度场分析;

③各基准站工作状况分析;

④数据综合处理分析。

(6) 成果与精度

①国家基准站网应提供基准站坐标的周解、年解及相应的协方差阵和年速率、大气参数、精密卫星钟差和接收机钟差、区域事后精密星历和预报精密星历;

②区域基准站网应提供基准站坐标的周解、年解及相应的协方差阵、大气参数等,有条件的情况下还应提供精密相对卫星钟差和接收机钟差;

③专业应用站网至少应提供基准站坐标年解;

④国家基准站网和区域基准站网的基准站地心坐标分量精度应满足表 1-1 的要求;

⑤区域事后精密星历精度 $\pm 0.5\text{m}$,预报精密星历精度 $\pm 2\text{m}$;

⑥精密相对卫星钟差精度 $\pm 5\text{ns}$ 。

《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)中有关 A 级相关规定 表 1-1

级 别	坐标年变化率中误差		相 对 精 度	地心坐标各分量年平均中误差 (mm)
	水平分量(mm/a)	垂直分量(mm/a)		
A 级	2	3	1×10^{-8}	0.5

(7)产品服务内容

①位置服务在时效上分为实时、快速、事后位置服务,精度方面分为厘米级、分米级和米级位置服务;

②卫星轨道服务提供精度为 2m 的 24h 区域预报精密星历和精度为 0.5m 的区域事后精密星历;

③时间服务提供区域和事后精密星历相应的精密卫星钟差,预报精密卫星钟差精度优于 10ns,事后精密卫星钟差精度为 1ns;

④气象服务提供快速大气垂直湿分量等参数;

⑤源数据服务提供基准站原始观测数据、气象观测数据、站信息等。

5)基准站网测试与维护

(1)测试

①测试基准站数据采集、数据完好性;

②测试数据传输(基准站到数据中心、数据中心到用户)的稳定性,测试网络通信链路的通信速率、误码率、可用性及数据延迟;

③测试基准站网实时定位的有效覆盖范围和作业时效;

④测试数据产品服务内容和精度指标;

⑤测试数据中心对基准站的监控能力;

⑥其他特殊要求测试。

(2)维护

①应保障全年每天连续 24h 正常运行,宜安装必要的报警系统;

②应定期进行设备检测,适时进行设备更新;

③应定期与国际 IGS 站进行联测解算,适时进行坐标框架更新;

④对水准标志、重力标石进行定期联测。

1.1.2 GNSS 大地控制网案例分析要点

1)建立大地控制网的方法

(1)地面常规测量技术

①采用测角(方向)、测边的方法建立大地控制网,通常称为常规大地测量;

②使用的仪器为经纬仪(测角)、测距仪(测边)、全站仪(测角、测边)；

③根据测量内容分为三角测量、导线测量、三边测量及边角同测。

(2)导航卫星定位技术

①采用全球导航卫星系统(GNSS)建立大地控制网,通常称为 GNSS 网；

②采用静态相对定位模式观测；

③以观测简便、精度高、速度快、费用省、全天候等优点成为建立大地网的主要方式。

2)建立大地控制网的基本原则

(1)一般规定

①大地控制网按照精度和用途分为一、二、三、四等大地控制网；

②大地控制网在保证精度、密度等技术要求时可跨级布设；

③天文大地控制网成果被正式废止前,在保证精度的前提下,可根据需要继续使用；

④陆地困难地区和远离大陆岛(礁)的大地控制网布测,经省级以上测绘行业行政主管部门批准,其技术指标可根据实际情况适当放宽。

(2)控制网的作用

①一等大地控制网由卫星定位连续运行基准站构成,它是国家大地基准的骨干和主要支撑,以实现和维持我国三维、动态地心坐标系统,保证大地控制网点位三维地心坐标的精度和现势性。

②二等大地控制网布测目的是实现对国家一、二等水准网的大尺度稳定性监测；结合精密水准测量、重力测量等技术,精化我国似大地水准面；为三、四等大地控制网和地方大地控制网提供起始数据。

③三等大地控制网布测目的是建立和维持省级(或区域)大地控制网,满足国家基本比例尺测图的基本需求,结合水准测量、重力测量技术,精化省级(或区域)似大地水准面。

④四等大地控制网是三等大地控制网的加密。

(3)控制网精度

①国家一等大地控制网的卫星定位连续运行基准站地心坐标精度指标见表 1-1。

②国家二、三、四等大地控制网精度指标不应超过表 1-2 的规定。

国家二、三、四等大地控制网精度指标

表 1-2

级 别	相邻点基线分量的中误差(mm)		相 对 精 度	点间平均距离(km)
	水平分量	垂直分量		
二等	±5	±10	1×10^{-7}	50
三等	±10	±20	1×10^{-6}	20
四等	±20	±40	1×10^{-5}	5

(4)控制网点的布设原则

①一等大地控制网点应均匀分布,覆盖我国国土,在满足条件的情况下,宜布设在国家一等水准路线附近和国家一等水准网的节点处。地方或部门建立的卫星定位连续运行基准站,符合国家统一建站技术标准所规定的技术指标的,经认证后,可纳入国家一等大地控制网。

②二等大地控制网点应在均匀布设的基础上,综合考虑应用服务和对国家一、二等水准网

的大尺度稳定性监测等因素。

③三等大地控制网点的布设应与省级基础测绘服务、现有技术状况、应用水平及似大地水准面精化等目标相一致,并应尽可能布设在三、四等水准路线上。

(5)复测与更新

①二等大地控制网复测周期为 5 年,每次复测执行时间应不超过 2 年。

②三、四等大地控制网应根据需要进行复测或更新。

3)大地控制网的布设

大地控制网的布设包括技术设计、实地选点、建造觐标、标石埋设、外业观测和数据处理等工作。

(1)技术设计

技术设计的目的是制订切实可行的技术方案,保证测绘产品符合相应的技术标准和要求,并获得最佳的社会和经济效益,主要步骤如下。

①资料收集:收集测区有关资料,包括测区的自然地理和人文地理,气象资料,各种比例尺地形图、交通图及测区总体建设规划和近期发展方面的资料,已有的大地测量成果资料,如点之记、成果表及技术总结等。对收集资料加以分析和研究,选取有价值 and 可靠的部分作为设计时参考。

②实地踏勘:在拟订布网方案和计划时,需要到测区进行必要的踏勘和调查,作为设计参考。

③图上设计:根据实际大地测量任务,按照有关规范和技术规定,在地形图上拟订出控制点的位置和控制网的图形结构。具体而言,图上设计主要依据测量任务中规定的 GNSS 网布设的目的、等级、边长、观测精度等要求,综合考虑测区已有的资料、测区地形等情况,按照优化设计原则,在设计图上标出新设计的 GNSS 点的点位、点名、级别,制定 GNSS 联测方案,以及与已有 GNSS 连续运行基准站、国家三角点联测方案。

④技术设计书编写:按照编写技术设计书的要求编制技术设计书。

⑤技术设计后应上交资料:技术设计书与专业设计书(附点位设计图)、野外踏勘技术总结等。

(2)实地选点

当前建立大地控制网的方法主要采用导航卫星定位技术。各级 GNSS 点位基本要求如下:

①应便于安置接收设备和操作,视野开阔,视场内障碍物的高度角不宜超过 15° ;

②远离大功率无线电发射源(如电视台、电台、微波站等),其距离不小于 200m;远离高压输电线和微波无线电传送通道,其距离不应小于 50m;

③附近不应有强烈反射卫星信号的物件(如高大建筑、湖泊等);

④交通方便,并有利于其他测量手段扩展和联测;

⑤地面基础稳定,易于标石的长期保存;

⑥充分利用符合要求的已有控制点;

⑦选点时尽可能使测站附近的局部环境(地形、地貌、植被等)与周围的大环境保持一致,以减少气象元素的代表性误差。

选点工作结束后,应提交 GNSS 网选点图,GNSS 网点点之记、点位环视图,选点工作总结。

(3) 标石埋设

点位选好后,要把它固定在地面上,需要埋设带有中心标志的标石,以便长期保存。埋石结束应上交的资料包括:①GNSS点之记;②测量标志委托保管书;③标石建造拍摄的照片;④埋石工作总结。

(4) 外业观测

外业观测包括仪器的选取和检验,制订观测计划,观测作业,外业观测数据检验等工作。外业观测结束应提交专业技术设计、野外原始观测手簿、观测数据、控制网图、数据检核结果和观测工作技术总结。

(5) GNSS网外业观测成果质量检核

GNSS网外业观测成果质量检核主要有以下内容。

①数据剔除率:同一时段内观测值的剔除率不应超过10%。

②复测基线的长度差:B级基线预处理及进行C、D、E级基线处理后,若某基线向量被多次重复测量,则任意两个基线长度之差 d_s 应满足式(1-1)。

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (1-1)$$

式中: σ ——基线测量中误差(mm)。

③同步环闭合差:三边同步环闭合差应满足式(1-2)。

$$\begin{cases} W_x = \sum_{i=1}^3 \Delta x_i \leq \frac{1}{5}\sqrt{3}\sigma \\ W_y = \sum_{i=1}^3 \Delta y_i \leq \frac{1}{5}\sqrt{3}\sigma \\ W_z = \sum_{i=1}^3 \Delta z_i \leq \frac{1}{5}\sqrt{3}\sigma \end{cases} \quad (1-2)$$

式中: σ ——基线测量中误差(mm)。

对于四站或更多站同步观测而言,应用上述方法检查一切可能的三边同步环闭合差。

④异步环闭合差或附合路线坐标闭合差:C、D、E级GNSS网及B级网外业基线预估计的结果应满足式(1-3)。

$$\begin{cases} W_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \leq \sqrt{n}\sigma \\ W_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_i \leq \sqrt{n}\sigma \\ W_z = \sum_{i=1}^n \Delta z_i \leq \sqrt{n}\sigma \\ W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq 3\sqrt{3n}\sigma \end{cases} \quad (1-3)$$

式中: n ——闭合环边数;

σ ——基线测量中误差(mm)。

(6) 外业技术总结内容

①测区范围与位置,自然地理条件,气候特点,交通及电信、供电情况;

②任务来源,测区已有测量成果,项目名称,施测目的和基本精度要求;

③施测单位,施测起讫时间,作业人员数据,技术状况;