

高等农业学校教学参考书

农业测量学

北京农业大学测量学教研组编

高等教育出版社

高等农业学校教学参考书



农业测量学

北京农业大学测量学教研组编

高等教育出版社

本書为农业部委托北京农业大学测量学教研組負責編写而成的高等农业学校测量学教材。編写的系統和内容主要是参照了1955年前高等教育部批准的高等农业学校农学、土壤农化、果蔬、蚕桑等专业适用的测量学教学大綱,并根据目前的教学需要作了部分的增减。

本書是北京农业大学测量学教研組全体教学人員在1958年下放农村归来后編写的。主要内容包括:测量学的基本概念,距离测量,直綫定向,罗盘仪测量,經緯仪测量,水准测量,視距测量,平板仪地形测量,面积計算,大面积控制测量概念及航空像片的应用,草测,应用专题。在論述测量仪器和测量方法方面,均力求与农业生产上的测量应用相結合。

本書除可供高等农业学校农学、土壤农化、果蔬等专业作为测量学教材外,亦可供从事这方面工作的农业技術人員作为参考讀物。

农 业 測 量 学

北京农业大学测量学教研組編

高等教育出版社出版北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版业營業許可証出字第054号)

京华印書局印装 新华書店發行

統一書号15010·843 开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印張 $10^{18/16}$ 插頁2

字数267,000 印数0001—4,000 定价(7) 1.50

1959年11月第1版 1959年11月北京第1次印刷

序

本書是北京农业大学測量学教研組依据教学中的摸索，及 1958—1959 年下放农村鍛炼中的实际观察，并参照 1955 年前高等教育部批准的高等农业学校农学、土壤农化、果蔬、蚕桑等专业适用的測量学教学大綱，期望竭力使測量与农业生产相结合，以农学、农經、土壤农化、果蔬等专业的測量学講授为目标而編写的。

在內容上，为了完整性，比較前高等教育部批准的測量学教学大綱略有增加。为了照顧特殊需要，增加应用专题一章，这也是为了照顧各专业需要的內容不同。

自 1958 年农业生产大跃进以来，測量学在农业生产上的应用日益增多，在測量方法上和使用仪器上，深刻地表現着測量应用在农业上的特点，这也是教研組同志們編写本書的动机和取名为：“农业測量学”的原因。由于党指出了需要具备敢想、敢说、敢干的風格，更是鼓舞了同志們的勇气，又由于党领导农业生产飞跃发展的形势，愈益加强了編写的决心。

参加本書編写的有：聶洪鑫、郁向阳、王家圣、周錫波、丁匡衡、刘雪云六人，由聶洪鑫担任主編。但限于編写人的业务水平，并且是初次創稿，同时由于編写時間的紧迫，內容上难免有不适当和不完善、甚至錯誤的地方，希望讀者提出指正意見，以便修正。

編 者

1959 年 6 月

目 录

序	vii
第一章 緒論	1
§ 1-1. 測量学的研究对象·科学意义·实用意义	1
§ 1-2. 測量学的发展簡史	2
§ 1-3. 測量学在农业上的意义	4
§ 1-4. 測量学課程特点和学习方法	5
§ 1-5. 地球形状和大小的概念·高等測量学·普通測量学·地理坐标	5
§ 1-6. 測量工作概念及水平投影概念	9
§ 1-7. 平面图和地图·地形图的区别	12
§ 1-8. 比例尺	13
§ 1-9. 慣用符号(图例)	17
第二章 距离測量	19
§ 2-1. 量距工具	19
§ 2-2. 定綫	21
§ 2-3. 測距方法及測距精度	24
§ 2-4. 只量距离測繪平面图的方法	29
第三章 直綫定向	34
§ 3-1. 定向的意义和方法	34
§ 3-2. 真方位角、磁方位角和坐标方位角的关系	37
§ 3-3. 前視方位角(或象限角)和后視方位角(或象限角)	38
第四章 罗盘仪測量	40
§ 4-1. 罗盘仪測量在农业測量中的应用	40
§ 4-2. 罗盘仪的构造及种类	40
§ 4-3. 磁針的性质	44
§ 4-4. 罗盘仪的用法及測量方法	46
§ 4-5. 依据方位角(或象限角)繪制平面图	50
§ 4-6. 罗盘仪測量的注意事項	52
§ 4-7. 罗盘仪的檢查和校正	53
第五章 經緯仪測量	56
§ 5-1. 經緯仪的用途及其在农业測量中的应用	56

§ 5-2. 經緯儀的組成部分	56
§ 5-3. 望遠鏡	59
§ 5-4. 游標	60
§ 5-5. 經緯儀的檢查校正	63
§ 5-6. 水平角的測量原理	70
§ 5-7. 經緯儀的安置方法和水平角測定法	70
§ 5-8. 經緯儀導線測量	75
§ 5-9. 經緯儀測量中的碎部測定及繪圖	99
§ 5-10. 儀器的管理和維護	101

第六章 水准測量

§ 6-1. 水准測量在地形測量和農業測量中的應用	103
§ 6-2. 幾種高程測量的比較	104
§ 6-3. 水准面和水平面的區別	104
§ 6-4. 絕對高程和相對高程的區別	105
§ 6-5. 水准控制網的概念	105
§ 6-6. 水准點及其用途	107
§ 6-7. 水准儀的構造和種類	110
§ 6-8. 水准尺和尺墊	114
§ 6-9. 水准尺的讀法及距儀器的距離	116
§ 6-10. 水准測量的基本原理·簡單水准測量·复合水准測量	117
§ 6-11. 地球曲率和折光的影响	121
§ 6-12. 水准儀的檢查和校正	123
§ 6-13. 縱断面測量及其准备工作	126
§ 6-14. 縱断面測量的方法和手簿格式	129
§ 6-15. 在陡坡上的轉點	134
§ 6-16. 工作的間斷	134
§ 6-17. 縱断面測量的檢核及應注意的事項	135
§ 6-18. 水准測量成果的修正(平差)和計算高程	138
§ 6-19. 縱断面圖的繪制和應用	143
§ 6-20. 橫断面測量的用途和測法	147
§ 6-21. 橫断面圖的繪制和簡易土方計算法	150
§ 6-22. 方格水准測量的用途和測法	153
§ 6-23. 定邊桩位置法	156
§ 6-24. 土地整平的土方計算	160

第七章 視距測量

§ 7-1. 視距測量的优缺点及其應用範圍	162
§ 7-2. 視距測量的原理和傾斜視距公式	163
§ 7-3. 視距尺	170

§ 7-4. 垂直角(傾斜角)的測法	173
§ 7-5. 視距測量的手簿格式	178
§ 7-6. 視距測量的外業工作	178
§ 7-7. 視距測量的計算	182
第八章 平板仪地形測量	187
§ 8-1. 平板仪測量的优缺点及其在农业上的应用	187
§ 8-2. 平板仪的分类·組成部分·檢驗校正	188
§ 8-3. 裱糊圖紙的方法	202
§ 8-4. 平板仪的安置和測繪原理	203
§ 8-5. 平板仪測量的控制問題	206
§ 8-6. 平板仪圖解三角网(几何网)	207
§ 8-7. 圖解三角网的高程記錄及計算	210
§ 8-8. 平板仪导綫測量	214
§ 8-9. 安置仪器于任意的地方·利用图上控制点标定平板方向和 确定仪器点在图上位置的方法	216
§ 8-10. 地物測繪	218
§ 8-11. 平板仪的測繪操作	219
§ 8-12. 地貌大意	220
§ 8-13. 等高綫的性質·示坡綫·地面主要形势的表示	221
§ 8-14. 等高綫的間隔	225
§ 8-15. 等高綫的測定法	226
§ 8-16. 小平板仪測繪地形	231
§ 8-17. 等高綫的画法	236
§ 8-18. 地形图的应用	240
第九章 面积計算	257
§ 9-1. 面积計算概述	257
§ 9-2. 圖解法計算面积	257
§ 9-3. 解析法計算面积	268
§ 9-4. 机械法計算面积(求积仪)	268
第十章 大面积控制測量概念及航空象片的应用	274
§ 10-1. 大面积控制測量概念	274
§ 10-2. 航空象片的应用	277
§ 10-3. 鑲嵌象片图	280
§ 10-4. 复照象片图	282
§ 10-5. 航空象片的判讀与描繪	282
第十一章 草測	285
§ 11-1. 草測的意义和用途	285

§ 11-2. 草测用具.....	285
§ 11-3. 测定距离的方法.....	290
§ 11-4. 草测的实施.....	291
第十二章 应用专题.....	293
§ 12-1. 圆曲线的测设.....	298
§ 12-2. 图的复制与缩放.....	299
§ 12-3. 土地规划中等面积的调整法.....	303
§ 12-4. 方格网调查测量法.....	306
§ 12-5. 测量上应用的信号.....	310
§ 12-6. 关于山区栽培果树的测量.....	314
§ 12-7. 真南北的简易测法.....	316
§ 12-8. 气压高程测量.....	318
§ 12-9. 简易测量仪器.....	328

第一章 結論

§ 1-1. 測量学的研究对象·科学意义·实用意义

測量学的任务,概括地說,可以分为以下几个方面: (一)測定地球的大小和形状; (二)測繪大区域的地形; (三)測繪小区域的地形及为某些业务所特需的測量。

所謂大区域,是指大于可以将地球表面視作为平面的范围——精密測量时大于半徑 10 公里所包括的范围。在大区域内进行測量,必須符合地球的球形,最后将它展为平面。

所謂小区域,是指地表面小到可以把球面視作平面而不显示誤差的范围——在測量的精度上或繪图的精度上不能察覺其誤差的范围,也不需要由球面再展成平面。

所謂某些业务所需要的測量,即如:工程設計及施工上所需要的測量;划分界限的界限測量;研究水文的水文測量;各項計劃和工程的实地放样測量;地下測量等等。

农业院校中,由于生产上的需要,也需講授測量学。学习測量的任务,一般地說,是要学会以平面代表球面在一定范围内的地形測繪及农业上特需的測量。因此,对測量学的学习和研究的对象将是:測量的系統,測量仪器的构造和用法,各种測量方法,測量上的計算,繪图与使用土地有关的計算等。

总括地說,測量学是研究地球的大小和形状,也研究地球各个部分的大小和形状,并将这些形状和大小表現在图面上或算出所需要的数字,供生产建設应用的一門科学。

研究地球的形状和大小、地壳的升降、海平面的变化等問題,都是以測量的結果来进行的。研究地表各个部分,以及如何利用和改变它

們，以使对生产有利，也是根据测量的結果来进行的。所以测量学有着深远的科学意义，且与生产有密切的联系。

、無論在国防上，在矿产开发上，在交通、水利建設上，在房屋建筑上，在农、林、牧、水产生上，均須根据地形图进行計劃，所以测量学又具有非常踏实的实用意义。人們称测量学为“应用科学”，与专业課相对称，称它为专业課的“工具基础課”是很恰当的。

§1-2. 測量学的發展簡史

測量学是一門有着悠久历史的科学。它的产生是由于人类生活及生产的需要，以后又由于其他科学发展的帮助，逐漸得到更高的发展。

早在公元前四千多年，居住在埃及的人們，因尼罗河每年洪水泛滥，須要重新划分淹沒地的界限，就在应用着几何学和測量学的理論及技术。此后，由于人类的进化，在生产上、軍事上需要更多的測量，并由于数学、物理、天文等科学和机械工业的发展，及由于測量实践推动測量理論的提高，使測量学在測量方法和仪器上，逐漸发展成为一門复杂的科学。

我們的祖国早在欧洲各国之前，就有許多測量上的創作和貢獻。根据周礼夏官篇“取方氏掌天下之图以掌天下之地”，和地官篇“大司徒之职掌建邦之土地之图与其人民之数”等記載，証明我国在公元前四、五世紀已有地图的具体应用。韓非子有度篇（約在公元前三世紀）中有“司南”的記載，司南是測量学中判定方位、联系地图和实际最常用的仪器，这种仪器由阿拉伯人傳到欧洲（十二世紀前后）后，对欧洲产生的方向錯誤，起了重要的糾正作用。晋代（公元224—271年）我国偉大的制图学家裴秀創立了“制图六体”，即：“分率”——比例尺，“准望”——方位，“道里”——实际距离里数，“高下”——因地形高下而道里有远近，“方邪”和“迂直”——因道路邪正曲直而道里有参差。这是地图史上划

时代的发明，在欧洲同时期以后数世纪，还没有人提出类似“六体”的制图原则。子午线弧长测量，也是我国首先进行的。早在唐开元十二年（公元724年）太史监南宫说就在河南平原上丈量了长达300公里的一段子午弧。北宋时（1032—1036年）我国科学家沈括在他的“梦溪笔谈”中曾记载磁偏角的现象，这是地磁学上的重大发现，对校正地图方位也有重大意义，比哥伦布对磁偏角的发现早四百余年。用弧长规定长度单位也是我国首创的，清康熙年间（十八世纪）规定以二百里合经线一度，每里为一千八百尺，所以每尺合经线上百分之一的弧长。清康熙四十一年（1702年）我国就开始了大地测量，并发现纬度愈高弧长愈长的事实，这些都比欧洲许多国家早的多。从1931年起，我国开始举办军用航空测量和地籍、铁道、水利等航空测量，但在国民党反动统治时期得不到发展。

我国测量的高速度发展，还是解放以后的事。在社会主义建设中，我国的交通、水利及一切有关的国民经济事业，无一不是蓬蓬勃勃、史无前例地、飞跃地向前发展。党为了满足发展的需要，十分重视测量事业，因此各次测绘工作的进展极为迅速。1956年成立了国家测绘总局后，很快地相继建立了武汉测绘学院，并扩大了科学研究机构。航空测量和雷达测量等现代化的测量方法，也正在飞跃地发展着。由于1957—1958年农、林、水利事业的大跃进，测量工作更进入了一个大的革新和飞跃的时期。1957年仅河南一省由于大兴水利的需要，农民所创造的土仪器就不下数十种，虽然精度不很高，但满足了当时工程的要求，并且很明白地显示出全民办测量在农业测量中的必要性和正确性。这是农业测量的一个发展方向，很值得我们注意。

测量学在我们伟大的友邦苏联，同样地有着悠久的历史。十一世纪中期就有人越过克尔钦海峡沿冰面丈量塔曼尼和克尔齐两城间的距离。1696年就开始了对顿河上的地形测量。到十八世纪已测定了天文点67个，而同一时期内没有一个西欧国家有这样多的天文点。伟大的十

月社会主义革命,开辟了苏联测量制图学新的道路,进行了全面性的地形测量和精密水准测量,帮助国家生产力的考察和发展已成为苏联测量学的主要任务。現在不仅不需要外国制的仪器和工具,而且自己生产着外国所沒有的仪器和工具。在苏联共产党领导下的苏联专家們,無論在探求理論方面或者在实际工作方面,不仅已赶上最先进的資本主义国家,并且大大地超过了他們。我們必須更积极地学习苏联,使我国测量事业飞跃地前进。

§ 1-3. 測量学在农业上的意义

在我們祖国版图內, 占用土地最广的首推农业。一切农业生产措施, 都需要占用土地, 甚至象病虫害問題, 在受害面积上也有地面上的大小問題存在。縱然是小面积的試驗田、卫星田, 但它也有土地的大小形状和相邻地区的关系, 其原因就在于农业生产必須在土地上进行。农业生产和使用土地显然地可以見到有下列种种关系:

(一)因为生产上的需要, 有向生产区內的运输工作; 因为供应食粮、工业原料, 有向生产区外的运输工作。为了解决运输問題, 便需要研究利用土地形势和改变地形修筑道路, 挖掘运河。

(二)为了防止旱澇, 需要研究地形来兴办水利, 如掘凿电井, 修建水庫, 挖掘引水渠, 布置灌溉系統, 布置排水系統等。

(三)为了合理种植地规划生产, 需要根据地形、土壤情况、气候条件进行规划。对土壤情况和气候条件的了解, 都需要根据地形图进行調查研究, 或于調查的同时繪出地形图, 以供规划应用。

(四)为了生产区气象台、站的建立, 必須测定台、站所在地的海拔高度、周圍地形、經緯度及为观测能見度所需的目标物位置。

(五)为了提高地力, 需要进行土壤改良, 而土壤改良和地形有着密切的关系。

(六)为了防除風害, 需要設置防風林, 而防風林的位置需要根据地

形圖進行規劃。

(七)荒地的調查開發，須要具備調查圖之後，才能計劃開發。

(八)農業的機械化、電氣化，許多地方都是可以利用水力的，因為水力是主要動力之一，而且費用低。研究水力的利用，首先也需要研究地形。

(九)為了解決農民的居住問題和便利勞動，需要合理地布置居民點。規劃居民點和其他問題一樣，須要根據地形圖進行。

由此可見：農業生產是占用土地的生計，為了進行生產上的各項規劃、設計，需要測繪生產區及與生產有關地帶的平面圖、地形圖、斷面圖，並掌握以上各種測圖的應用。所以測量學在農業生產上是極需要的一門科學，是農業技術者必須具備的專門技術。

§ 1-4. 測量學課程特點和學習方法

一般課程，無一不是理論同實際操作並重。但是，測量學對農業技術者來說：必須通過自己的操作，才可能把需要的測繪作出，並且目的着重在利用測量結果進行各種的計劃。所以，測量學在農業院校中具有要求着重學會實際操作的特點。因此，學習測量學的人員，就應特別重視實習，通過實習才會真正的掌握測量技術，對理論才會發生深刻的體會。

§ 1-5. 地球形狀和大小的概念·高等測量學·

普通測量學·地理坐標

地球表面有：山嶺、平原、深谷、海洋（海洋的底，也不是平坦的）。但是從地球整體上看，這些起伏的變化是很微小的，如象柑橙之類，雖然表面不平，然不失其為圓形。用這樣的觀點觀察地球時，它的形狀是兩極略扁的球體。

由於近百年來科學的發展，得知地球為：兩極微扁的旋轉橢圓體，

簡称: 橢圓体或扁球体。

橢圓体的大小(图 1-1), 由长半徑(赤道的) a , 短半徑(极的) b 和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 等橢圓体元素来确定。

a , b 和 α 諸橢圓体元素, 科学家們有不同精度的推算, 如表 1-1 所列。

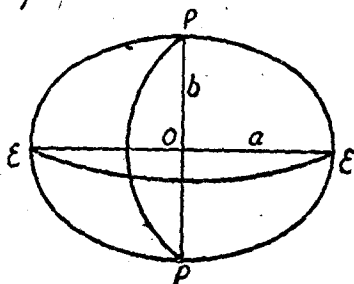


图 1-1.

我国自 1932 年起曾采用白塞耳氏所推算的地球橢圓体元素, 自 1951 年起采用苏联克拉索夫斯基教授領導测定的最精确的地球橢圓体元素。

地球橢圓体面上点与点之間所連成的綫如果很长, 則不为直綫, 而是橢圓体面上的弧綫。但綫的长度不超过 100 公里时; 在此范圍內因橢圓体面和球面相差甚微, 可作为球面看待。

表 1-1

推 算 者	測定日期	长半徑 a (米)	短半徑 b (米)	扁 率 α
白塞耳.....	1841	6,377,397	6,356,079	1:299.2
克拉克.....	1880	6,378,249	6,356,515	1:293.5
海福特.....	1909	6,378,338	6,356,912	1:297.0
克拉索夫斯基.....	1940	6,378,245	6,356,863	1:298.3

測量学因任务广泛, 需要将測量学划作两部分, 即: “高等測量学” 和 “普通測量学”, 分別进行研究。研究整个地球的形狀和大小, 及大区域地球表面的形狀和大小这一部分, 称为: “高等測量学”; 研究小区域地球表面的形狀和大小这一部分, 称为: “普通測量学”。

在高等測量学中, 必須考虑地球的曲率。

在普通测量学中,因为小部分的地球表面和平面近于重合,差异很小,以至我們在测量上发觉不到。所以可以用平面代表球面进行测量,不需要曲率的折算,而直接用测量的結果繪图。本書中討論的問題仅属于普通测量学范畴。

高等测量学和普通测量学在区域大小上的界限,可以用数学作如下的推定:

球面上的距离 AB (图 1-2)和平面上的距离 AC ,系同一个地心角 θ 。因此,以 AB 当作 AC 时,在距离方面将产生誤差。今以 ΔL 代表此誤差,則得:

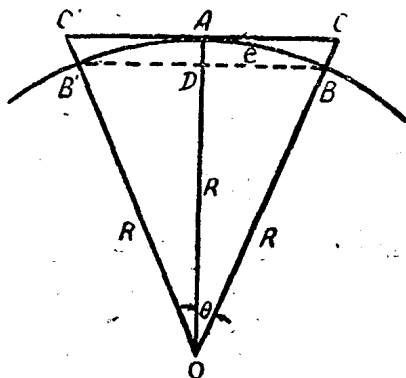


图 1-2.

$$\Delta L = AC - AB = R \operatorname{tg} \left(\frac{\widehat{AB}}{R} \rho'' \right) - \widehat{AB}, \quad (1-1)$$

式中 R ——地球半徑;

$$\rho'' = 206265''.$$

又以 Δh 代表 B, C 两点間的高程誤差,則得:

$$\Delta h = R \left(\sec \frac{\widehat{AB}}{R} \rho'' - 1 \right). \quad (1-2)$$

如令 $R = 6371$ 公里,給 $\widehat{AB}$ 以各种不同的值,則可算出各种不同距离的距离誤差和高程誤差,表 1-2 中即为算出的部分結果。

表 1-2

距 离 (公里)	距离誤差 ΔL (厘米)	高程誤差 Δh (米)	距离的相对誤差
1	0.008	0.08	
10	0.82	7.8	1:1,200,000
25	12.80	49.1	1:200,000
100	820.00	785.0	1:12,000

由表 1-2 中可以看出,在 1 公里半徑範圍內,把球

面当作平面时,距离誤差很小,但如半徑范围增大,則誤差也伴随增大,假設在半徑为 25 公里范围内把球面看作平面时,距离誤差为 12.80 厘米,如用千分之一比例尺縮小繪图时,誤差在图上仅显示为 0.13 毫米。所以,这时我們可以說:在 25 公里半徑所包圍的面积內,以平面直綫长度代表球面弧綫长度是无問題的。

平面长度代表球面长度的范围,沒有額定不变的規定,常是按实际需要的精度規定它的范围:以現代长度测量的精度,当用最精密的仪器测量时,可在半徑为 10 公里范围内用平面长度代表球面长度;一般精度的测量,可在半徑 25 公里范围内用平面长度代表球面长度;在比例尺小到二万五千分之一时,可在长寬各 100 公里范围内用平面长度代表球面长度。

但高程誤差随距离的增加有显著地增长,即使距离很短,也須要加以改正。

地球表面上每一点的位置,都可用各該点的經度和緯度来表示。某点的經度和緯度,称为:某点的“地理坐标”。

所謂某点的緯度,是指該点的鉛垂綫与赤道平面所成的交角,交角

的度数即为該点的緯度度数,亦即表示該点对赤道的位置。

緯度 慣例用符号“ φ ”来表示。緯度在赤道以南者,称为南緯;在赤道以北者,称为北緯。因为地球南极和北极均与赤道平面相交成 90° 角,故南緯和北緯均为 $0^\circ-90^\circ$ 范围内的角。例如图 1-3 中 M 点的緯度应为北緯 φ° 。

所謂某点的經度,是以通

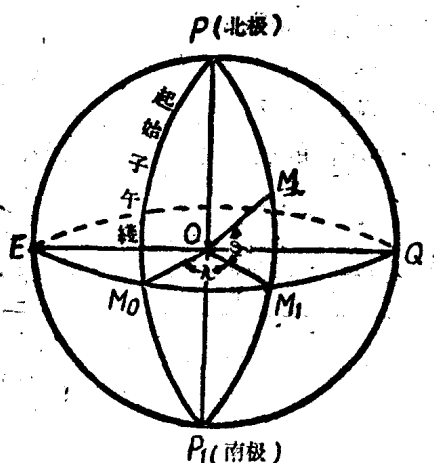


图 1-3.

过英国倫敦格林威治天文台的子午綫为起始子午綫，通过某点的子午綫和起始子午綫所夾的角，称为該点的經度。

經度 慣例用符号“ λ ”来表示。通过格林威治的起始子午綫（图 1-3），将地球向东、向西分成两个 180° ，在东部 180° 以內的某点子午綫与起始子午綫所夾的角，称为东經若干度；在西部 180° 以內某点子午綫与起始子午綫所夾的角，称为西經若干度。故經度均为 $0^\circ—180^\circ$ 範圍內的角，夹角在起始子午綫以东者为东經，夹角在起始子午綫以西者为西經。例如图 1-3 的 M 点，因通过 M 点的子午綫 $PM M_1 P_1$ ，并在起始子午綫以东，所以它的經度应为东經 λ° 。

§ 1-6. 測量工作概念及水平投影概念

一、測量工作概念

測量的主要目的，是为了决定地面各点的位置。为了进行这样一个工作，假如从一点开始測量，而一点、一点地推进到远方，在理想上固无不可，但是由于測量不能沒有誤差存在，誤差会由上一点傳遞到下一点，一点、一点地累积起来，最后将构成严重不可收拾的誤差。所以实际上不能采用这种方法，而須遵守“由点到面，由整体到局部”的原則。

所謂“由点到面，由整体到局部”：就是規定一些点作为全部測量的“控制点”，用精密的仪器和方法，先将这些点的位置测出，然后根据这些点的位置，再用精密度較低的仪器和方法，測量它附近物体的位置、形状。这样做可以使測量进度快，而且誤差不过分的累积，同一图幅內有同一精度。

測量上除須要遵守上述“由点到面，由整体到局部”的原則外，还須要遵守逐步檢查的原則。由于一切測量工作，都存有系統性，前一部分的錯誤，将影响后一部分的正确。所以必須檢查前一部分无錯誤时，才能开始后一部分的工作。不然，就要造成全部工作的返工。

許多控制点連結成为网状时，称为“控制网”。它是測量的根据，也