

286940

苏联水文气象高等学校用书

測量学教程

Н.Н. 斯捷帕諾夫 著

測繪出版社

286940

苏联水文气象高等学校用书

测量学教程

H. H. 斯捷帕諾夫 著
馬 洪 权 譯

苏联高等教育部审定
作为水文气象高等学校教科書

測繪出版社

1960·北京

071385

Н. Н. СТЕПАНОВ
ГЕОДЕЗИЯ
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
ЛЕНИНГРАД · 1954

本書系根据苏联水文气象出版社1954年于列宁格勒出版的“測量学”譯出。

原書經苏联高等教育部审定作为水文气象高等学校的教科書，也可作为水运工程高等学校水文工程系的教學参考書。此外，還可供从事測量工作的工程師和技术員参考。

本書由馬洪以同志翻譯，費素六和駱光汗同志初校，李錫泉同志复校。

測量学教程

著者	H. H. 斯 捷 帕 諾 夫
譯者	馬 洪 叔
出版者	測 繪 出 版 社

北京西便門大街地質部內

北京市書刊出版業營業許可證出字第0871号

发行者	新 華 書 店 科 技 发 行 所
經售者	各 地 新 華 書 店
印刷者	地 質 出 版 社 印 刷 厂

北京安寧門外六鋪炕 4 号

印数(京)1—3200 册	1960年7月北京第1版
开本850×1168 ¹ / ₃₂	1960年7月第1次印刷
字数310,000	印张12 ¹ / ₂
定价(10)1.95元	

原 序

本教科書供水文气象高等学校用。

作者在編写此書时考虑到，水文系学生在将来的生产工作中需要測量学方面的知識比气象系学生为多。因此，在教科書內所討論的問題将尽量滿足水文系学生的需要。書內注有星号“*”的各节不是气象系学生在学习測量課中所必需的。

闡述理論的例題，解决实际問題的公式以及初学測量学的人首次閱讀时可以放过的材料，均用小号字排印。这使初学測量学的学生能先把注意力集中在最主要的上面，当他們以后进一步研究本書时，再尽可能地閱讀小号字排印的材料，以便逐步增加自己的知識。

鑑于在水文气象高等学校里运用測量学解决專門任务的問題已在其他專門課程中詳細說明，因此，本書仅着重叙述水文气象高等学校所培养的专业人員在工作中所必需知道的一般測量原理。

在編写此書时还考虑到，本書的讀者将是一年級的学生，他們对数学工具的掌握还不够。因此，本書在叙述上主要是应用初等数学，其中只有两次为了使理論推导严密起見，才脫离了初等的原則。

譬如，在推求由于不顧及地球曲率而产生之測量公式时，应用了三角函数的級数展开；在推导平面上的一般公式时，应用了函数的微分。为了使学有余力的讀者，备有附录1，在此附录中有适当的結論，是用小号字列出的，預定学生在学年末学习这个問題是可以掌握的。

第八章叙述主要的大地控制

述測圖和水准測量。在學習測量學的第一階段，對這一章應該有大體的了解，而在學過測圖的基本內容之後，還應返回來對它進行詳細的研究。

第四章敘述有關測量儀器主要部件的知識，這是為了使以後各章在敘述儀器本身、儀器的校正和使用方法時，可以避免很多不必要的說明。

在講述教材時應當注意嚴格遵守全蘇標準科學術語和符號。在書末附有測量學中所應用的標準符號。

本書初稿經功助技術科學家、技術科學博士Е.В. 布利茲尼亞克 (Е. В. Близняк) 教授和技術軍事科學博士М.Д. 邦奇·勃魯耶維奇 (М. Д. Бонч-Бруевич) 的審閱，他們對改進本書質量方面提供了許多寶貴的意見。

本書的編輯工作大部分是由技術科學副博士Ф.А. 考爾沙克 (Ф. А. Коршак) 副教授完成的。

作者謹向上述同志表示衷心的謝意。

教授 Н.Н. 斯捷帕諾夫

目 录

原序.....	3
第一章 緒論	9
§ 1. 测量学的对象及其对国民經济和国防的意义.....	9
§ 2. 測量发展史概述.....	11
§ 3. 地球的形狀和大小。地理坐标.....	16
§ 4. 部分水准面可以当做平面的条件。度量单位.....	19
第二章 平面图和地图.....	23
§ 5. 平面图与地图的区别、数字、直綫和复式比例尺.....	23
§ 6. 苏联地图和平面图的图幅排列和注記的規則.....	28
§ 7. 高斯正形橫圓柱投影.....	33
§ 8. 地图和平面图上的地物符号.....	37
§ 9. 地貌的基本形狀及其在平面图和地图上的描繪.....	39
§ 10. 根据等高綫平面图解决的諸問題.....	45
第三章 观测誤差和精度估計的一般概念	53
§ 11. 观测誤差及其分类.....	53
§ 12. 偶然誤差的基本性質。算术平均值.....	54
§ 13. 一次观测的中誤差。最大誤差和相对誤差.....	56
§ 14. 观测量的函数之中誤差.....	60
* § 15. 非等精度观测.....	66
第四章 測角仪器.....	70
§ 16. 測角仪器的主要部件。仪器的保养.....	70
§ 17. 度盘与游标.....	73
§ 18. 水准器.....	78
§ 19. 附有活动目鏡筒的望远镜.....	80
§ 20. 內对光望远镜.....	86
第五章 經緯仪。地面上的角度观测	88
§ 21. 經緯仪概述.....	88
§ 22. 經緯仪的检查.....	96
§ 23. 最新构造的經緯仪.....	93

§ 24. 水平角观测	100
§ 25. 水平角观测的误差	102
§ 26. 垂直角观测	106
第六章 直线定向	112
§ 27. 定向角	112
§ 28. 罗盘. 罗盘仪及其检查. 手持罗盘仪	113
§ 29. 按磁子午线做直线定向用的简单测角仪器	117
§ 30. 磁偏角及其简单测定法	119
* § 31. 按太阳和恒星测定直线的真方位角	121
§ 32. 子午线收敛角及其计算	124
第七章 地面上的直线丈量	128
§ 33. 地面上测点的标定和直线定线	128
§ 34. 用刻线尺丈量直线	130
§ 35. 归化斜距为水平距	134
§ 36. 刻线尺丈量直线的精度	138
§ 37. 视距仪的一般概念. 附有视距丝的视距仪	139
§ 38. 用附有视距丝的视距仪作倾斜直线的测量	143
§ 39. 附有视距丝的视距仪测定距离的精度	145
* § 40. 其他式样的视距仪	146
第八章 测图的大地控制	152
§ 41. 主要大地控制的概念	152
* § 42. 大地控制点在地面上的标定	155
* § 43. 小三角测图控制	157
* § 44. 小三角网的基线丈量	161
* § 45. 小三角网的角观测	164
* § 46. 两条基线之间的三角锁平差	166
* § 47. 大地四边形平差	171
§ 48. 测量的正算和反算问题	175
* § 49. 用交会法测定图根点	179
第九章 经纬仪测量	184
§ 50. 作为测图控制的经纬仪导线之布设	184
§ 51. 地区的碎部测量	187
§ 52. 野外测量结果的处理. 闭合导线方向角之计算	194

§ 53. 对角导线和附合导线的方向角计算	198
§ 54. 经纬仪导线点的直角坐标计算	201
§ 55. 按经纬仪测量的结果绘制平面图	208
§ 56. 按方向角展绘经纬仪导线	212
第十章 图形的转绘。面积的测定	215
§ 57. 改变比例尺的转绘	215
* § 58. 按图形顶点坐标确定图形面积	218
§ 59. 求积仪的原理和叙述	220
§ 60. 用求积仪测定图上的地物轮廓面积	224
第十一章 几何水准测量原理。水准仪和水准尺	229
§ 61. 几何水准测量概述	229
§ 62. 几何水准测量的方法。水准仪的种类	232
§ 63. 定镜水准仪	235
* § 64. “HTC-46”型工程水准仪	239
§ 65. 水准器连接在望远镜支架上的活镜水准仪	242
§ 66. 水准器连接在望远镜上的活镜水准仪	245
§ 67. 水准仪的检验	248
§ 68. 水准标尺	252
第十二章 工程水准测量的实施	255
§ 69. 水准测量地区的准备	255
* § 70. 圆曲线在地上的测设	259
§ 71. 干线水准测量。水准标石和标志的连接	262
§ 72. 纵断面水准测量的野外检核。中间点标高的计算	268
§ 73. 纵断面图的刺点及绘制	271
§ 74. 横断面水准测量	273
§ 75. 地面水准测量	276
第十三章 三等水准测量的概念。河流水准测量和测深工作	279
* § 76. 三等水准测量的实施。路线的平差	279
* § 77. 河流水准测量地区的准备	284
* § 78. 河流水准测量的实施。纵断面图的绘制	286
* § 79. 河流浅水断面测量	288
* § 80. 海岸地区的测深工作	291

* § 81. 六分仪的构造及用其在水面上测定点位	298
第十四章 视距测量	297
§ 82. 视距测量的实质	297
§ 83. 视距测量公式及其推导和研究	297
§ 84. 视距仪工作的测图控制	298
§ 85. 测站上的野外测量工作	301
§ 86. 高差计算。平面图的绘制	303
第十五章 平板仪测量	306
§ 87. 平板仪测量的实质	309
§ 88. 平板、照准仪及平板的附件	309
§ 89. 平板仪测量的准备工作。平板在测站上的安置	310
§ 90. 平板仪测量的方法	316
§ 91. 平板仪测量的测图控制	320
§ 92. 地物和地貌测量。测图板的描绘	322
第十六章 目测和气压计高程测量	326
§ 93. 目测的实质	332
§ 94. 目测的实施	332
§ 95. 气压计高程测量的实质及其所应用的仪器	335
§ 96. 气压计高程测量的实施。外业资料的处理	340
第十七章 地形摄影测量原理	344
§ 97. 航空摄影测量及其意义。航空摄影工作	349
§ 98. 航空象片的一般特性	353
§ 99. 航空象片的判读	356
§ 100. 关于航空象片的纠正和象片三角测量的概念	359
§ 101. 以航摄资料描绘地貌	364
* § 102. 摄影经纬仪测量	369
第十八章 地图投影的概念	376
§ 103. 地图比例尺	375
§ 104. 地图投影的分类	378
§ 105. 透视投影	381
§ 106. 圆柱投影	385
§ 107. 圆锥投影和多面投影	390
附录1. 用弧度表示角值	396
附录2. 测量学术语和符号	397

第一章 緒 論

§ 1. 測量学的对象及其对国民經济和国防的意义

測量学，以其广义而言，乃是用測量的方法研究整个地球的形狀和大小以及地球表面个别部分的形狀和太小的科学。

測量学一詞起源于希腊，若譯成俄文則是土地划分的意思。这門科学的名称表明，測量学可能是由于人們为了各种实践目的，需要确定地区界限而出現的。

随着文化和技术的普遍发展，有必要將測量学分为：

- (1) 高等測量学，其主要任务是研究地球的形狀和大小。
- (2) 地形測量学或普通測量学，研究地球小块地区的測量和在紙上将它繪成平面图。
- (3) 制图学，闡明繪制地图的方法和技术过程。这种技术过程，就是在考虑到地球曲率的情况下將大区域描繪在紙上的过程。
- (4) 地形摄影測量学，研究如何利用由安置在地上或飞机上的摄影机所获得的象片来繪制地图和平面图。

測量学与許多科学有联带的关系。例如，在測量学中应用到下列的科学：数学——計算測量的成果和分析測量的精度；天文学——确定点在地面上的位置，定出直綫对东西南北的方向；物理学——設計測量的光学仪器；地理学、地質学和地球形态学——在地图和平面图上，正确地描繪出地面的碎部。

本書中所叙述的乃是研究地面上較小地区的普通測量学。对其他科学（制图学、地形摄影測量学、高等測量学等）則只是提供一些为了更好地理解本書內容所需要的基本概念。

整个測量工作，按作业的特点可分为观测、計算和繪图三个

过程。

第一过程是地面测量，这是繪制地图、平面图或解决某些专门問題（例如，确定河流坡度及其洩水断面等等）所必需的。这项工作称为野外作业，它应用各种测量工具和仪器来进行。

計算过程是将野外测量的数字成果加以系統化，計算和換算为最适合于以后繪制地图、平面图和解决其他問題时所应用的形式。同时所需要的数值，可以用解析法（应用数学演算方法和各种不同用表）、图解法（用图表）、以及机械法（用計算设备）来确定。

制图过程是根据野外测量的資料和計算的結果，在紙上繪出測量图（平面图、地图、断面图）。依据慣用符号进行图面的整飾。

計算和制图过程总称为室内作业。

測量工作应用于工程勘测、选定交通路綫和設計各种工程建筑物等。

測量学在苏联社会主义經濟中起着特別巨大的作用，因为社会主义經濟的特点是有計劃的发展，是把經濟置于科学基础之上，是要大量实行工业經濟措施。措施越复杂，測量学在实现措施方面的作用就越大。

測量学在气象学家、水文学家和海洋学家的工作中均具有很大的意义。气象学家应当很好的懂得地图、会讀地图，并能在图上填写摘要的資料，此外还应当会进行地面的測图工作以及进行有关气象台的組織和有关高空气象观测的基綫定綫之測量工作等等。水文学家在考察河流、湖泊和分水岭时，必須应用測量的方法。海洋学家在測量和研究海岸时，以及在沿海地带进行測深工作时，必須应用測量学。

測量学在国防上有其特別重要的意义。精确描繪出地面碎部的地图，可供指揮部拟定总的战略計劃并有助于采取軍事行动。

无怪乎把地图称为“军队的眼睛”。

在进行大规模工程建设的几个五年计划中，测量学在国民经济方面的意义大大增长，当时象图尔克斯塔—西伯利亚铁路，莫斯科地下铁道，斯大林白海—波罗的海运河，莫斯科运河，列宁伏尔加—顿河运河等等，这些大规模的工程建筑都是以测量资料保证的。

测量工作方法的进一步发展，是和保证完成苏联共产党第十九次代表大会所决定的、在第五个五年计划中必须完成的大规模工程建设任务分不开的。

§ 2. 测量发展史概述

地球测量是一门很古老的科学。它起源于埃及和巴比伦，在埃及和巴比伦的尼罗河、齐格尔河、幼发拉底河流域的土地上曾进行过大量的人工灌溉工作。

地球测量这门科学，后来从埃及和巴比伦流传到希腊，希腊称之为几何学，若译成俄文则是土地丈量的意思。

但是久而久之，几何学就失去了它原来的用途，并且成为一门抽象的、研究物体形状和空间关系的科学，而地球测量的实践科学从这时起便称为测量学了。

俄国对测量学的需要，在很久以前就产生了。在发掘塔马尼（Тамань）城附近的堡垒废墟时，拾到一块石头，上面尚保留有雕刻的词句，在1068年，奉格列伯·斯维托斯拉沃维奇公爵的命令，测量了塔马尼与克尔奇两城之间的克尔奇海峡的距离，长为14000俄丈。在十二世纪俄国最早的立法文献“俄罗斯法”中载有惩治田界（地区边界）破坏者的法律。

在俄国出现测量工作的第一批证据是在十五世纪，后来将它整理成为制图的资料。当时出现的这个资料叫做画册，并附有土地丈量图样。在蒐集测量资料的基础上，绘制了莫斯科大公国第

一张地图，并取名为“大地图”。到十六世紀中叶，俄国出版了第一本测量学，名为“测量最不易到达地区的几何学或规矩土地丈量学”。

较为精确的測繪工作，始于彼得一世时期，彼得一世感到在描述海港，在沿海地区进行測深工作，以及建立維什涅沃洛茨克水系和开凿普里拉多日斯克运河工程方面，均迫切需要测量学。当时俄国科学院建立了俄国第一所測量学校和特別地理局，該局負責建立了俄国第一个大地控制网(三角网)并繪制了全俄地图。

著名的数学家，俄国科学院院士埃列尔(1707—1783年)曾有一有成效的致力于这张地图的編制。結果出版了“俄国地图集”，此图集是由十九张比例尺大約为1吋相当于34'，俄里的专用地图和一张比例尺为1吋相当于206'。俄里的总图編成的。从地图集的說明可以看出，当时測量是以天文点为基础，而大部分地面碎部根据当地居民的叙述繪就的。

从1757年到1763年，在地理局由伟大的俄国科学家М. В. 罗蒙諾索夫院士领导下，此图根据天文測量队所获得的新測資料作了修正和补充。由于这些測量队工作的結果，在俄国出现了67个天文点，并由魯莫夫斯基(1732—1812年)将其記載在自己編制的“一覽表”中。当时任何一个国家都沒有这样多的天文点。

在1765年，开始了全国的地籍整理。为了丈量直綫当时采用十俄丈鏈(десяти丈женная цепь)进行长度測量 采用地平經緯仪进行角度測量。

为了滿足地形大地測量人員的需要，1779年在莫斯科創办了地籍学院，該学院就是現在的莫斯科測繪工程学院的前身。

在十九世紀以前的測量工作中都沒有預先建立控制网。因此用大比例尺測繪整个俄国西部的全部地籍，在制图学上的价值是很小的。

在1812年的卫国战争时期，产生了測繪工作必須有較完善的

大地控制的問題，当时軍事部門开始需要精确的地形图。根据三角控制点正确的进行地形測量是开始于1819年，当时在著名的俄国大地測量家 К.И. 田尼尔（1783—1860年）的领导下，着手以1吋相当于250俄丈（1:21 000）的大比例尺測繪了維連斯克省和科文斯克省。不过工作进展特別緩慢，不久就改为以1吋相当于1俄里（1:42 000）的較小比例尺了。

由于需要質量良好的精密地图，在1822年成立了軍事地形測量团，而为了給該团补充人員起見，同年在彼得堡开办了軍事測量学校。

俄国的測量工作所以获得很大的发展，是由于普尔科伐天文台第一任台长 В.Я. 斯特魯沃（1793—1864年）积极参加工作的結果。

除了軍事測量团以外，許多其他部門，象矿山測量局——在頓巴斯、地籍測量局——在高加索、移民管理局——在西伯利亚、水文測量局——在沿海地区都进行过地方性的測量工作。

在十九世紀，对測量理論的发展和測量方法的改进起最大推进作用的科学家，首先应当是 В.Я. 斯特魯沃院士、А.Н. 薩威奇院士、Н.Я. 金格尔教授、В.В. 維特考夫斯基教授、В.И. 包曼教授等人。

为了进行測量工作，在俄国开始制造各种必需的仪器。在彼得一世朝廷史册中記載，从1715年起，有两位艺术大师別利耶夫和科洛索夫从事制造带有望远镜筒的水准器，也就是水准仪。在測量仪器制造方面，后来有罗蒙諾索夫参加，繼罗蒙諾索夫之后是庫利宾。

在十九世紀，普尔科伐天文台已經有了自己的技師，他們制造了質量良好的天文測量和大地測量的仪器。軍事測繪局建立了设备完善的測量仪器厂。水文測量局制造了質量良好的航海仪器。

伟大的十月社会主义革命为测量学开辟了新的发展道路。

1919年3月15日，В.И. 列宁签署了一项具有历史意义的关于成立最高测量局的命令，该局曾经负责进行全国广大地区的地形大地测量工作，制定进行这些测量工作的方法，制定全国通用的技术细则，协调其他各部门所进行的一切测量工作，编制和出版全国地图或专用地图，进行测量学、天文学、光学、仪器制造学方面的科学研究工作，另外还为国家培养大地测量和地形测量人员。

最高测量局在成立后的最初六年內是由著名的‘大地测量家 М.Д. 邦奇-勃魯耶維奇领导的。本書的作者曾經是最高測量局的成員之一。

后来最高測量局改为測繪总局。

从1919年起，苏联在測量学方面完成了巨大的理論工作和实际工作，这些工作在規模方面、周密的計劃方面以及最后的成果方面都是占全世界第一位。

由于在辽闊的領土上开展了建立一等天文大地网的工作，因此获得了許多最宝贵的資料来研究整个地球形状和确定新的地球橢圓体的大小。苏联的科学家們以斯大林獎金获得者 Ф.Н. 克拉索夫斯基教授为首，計算了所蒐集的天文大地測量 and 重力測量資料以后，确定了新的地球橢圓体的大小，毫无疑义，它是具有国际意义的。除了 Ф.Н. 克拉索夫斯基以外，积极参加此項工作的还有 М.С. 莫洛金斯基、А.А. 米哈依洛夫、А.А. 伊卓托夫等人。

苏联科学家們的著作，主要地是 А.С. 契巴塔廖夫和 В.В. 达尼洛夫教授所著的精密導綫測量，除了三角測量以外，它乃是地形測图和复杂工程建築物定綫的可靠基础。

除了一般地面的地形測量以外，苏联从1924年起在制图技术方面获得了新的有效方法——航空摄影測量，目前航空摄影測量被認為是研究地形的根本方法。

航空摄影測量能够有助于迅速蒐集原始的測图資料，并使可能从1940年起着手編制合乎国际标准的1:1 000 000比例尺全国地图。这张282幅的地图是于1945年編制出来的，測繪总局为此而荣获了全苏地理学会授予的金質奖章。应当指出，現在任何一个国家还没有这样一张全国的地图。

航空摄影測量工作，最初主要是由国家航空測量局負責。該局在科学生产关系上是属于苏联最高国民經济會議。为了制图的目的，現在航空摄影測量工作由苏联內务部測繪总局所属的測繪分局来进行。

此外，为了制图和科学目的的小規模航空摄影測量工作是由其他一些部門执行。

介紹測繪工作的成就时，必須指出“航海图集”，該图集的第一册（航海地理图）出版于1951年，第二册出版于1953年。在第二册里包括海洋考察研究历史图、海洋图、气候图、磁偏图以及許多天文图。在第三册里将反映从伟大的十月社会主义革命起到1941—1945年伟大的卫国战争时期止的祖国海洋战术的光荣历史。参加編制“航海图集”第一册的全体工作人員，在1951年荣获了斯大林獎金。

我国（指苏联，以下均同——譯者）除了研究測繪理論問題和大規模进行大地測量和航空摄影測量工作以外，还紧张地开展了发展祖国測量仪器制造的工作。

苏联新式大地測量和摄影測量仪器的卓越发明家有：斯大林獎金获得者Ф.В.德洛貝雪夫、М.М.魯辛諾夫、Г.В.罗曼諾夫斯基和М.Д.康新，他們都是新式摄影測量仪器和工作方法的首創者；縫隙摄影机和縫隙摄影法的发明家、斯大林獎金获得者В.С.塞明諾夫；新式自动測量仪器的設計師Г.Ю.斯托多尔克維奇和М.А.阿尔丹諾夫；第一台国产糾正仪的創造者П.П.沙可洛夫和Н.М.阿列克沙波斯基；新式視距仪的創造者В.А.別利索，

还有许多其他科学家。

由于苏联科学院通讯院士Н. Г. 克尔、А. С. 契巴塔廖夫、В. В. 卡夫拉依斯基、П. И. 希洛夫、В. В. 波波夫、Н. А. 烏尔馬也夫等教授的努力，推进了苏联测量学的发展。

全国测量工作的发展，制图工作的成就，国产的优质测量仪器，航空摄影测量的运用，所有这一切都有助于广泛地应用测量学来满足苏联国民经济的要求。

§ 3. 地球的形状和大小。地理坐标

在测量学中，地球的一般形状可以理解为由与静止海洋水面相一致的水准面所包围的形体。此水准面称为基本水准面。其所以选择这个面来表示地球的一般形状，是因为地球71%的面积是海洋。沿重力作用方向延长的直线称为铅垂线。任何一点的水准面都垂直于铅垂线。由基本水准面所包围的形体称为大地球体（大地水准面）。

大地球体的几何形状研究的还不够，它的形状很复杂且无法用数学的公式来表示。

地球椭球体，即椭圆围绕其短轴旋转所成的一定大小形体的面表（图1）最近似于大地水准面的几何形状。

地球椭圆体的短轴（地球旋转轴）的两端点 P 和 P_1 ，称为极——南极和北极。垂直于旋转轴的平面与椭圆体相截，如 AMB ，在其表面上所成的圆周，称为纬圈。通过椭圆体中心的平面所成的最大纬圈 EKQ ，称为赤道。通过旋转轴的平面与椭圆体表面相截的线，称为真子午线或地理子午线，它在椭圆体上成椭圆形。通过椭圆体的每一点，例如，通过 M 点，都可作该点的子午线和纬圈。

赤道的半径和地球椭圆体旋转轴的一半各称为椭圆体的长半