

測量學

H. 莫德林斯基著

測繪出版社

測 量 學

Н. И. 莫德林斯基 著

程 昌 國 等 譯

測 繪 出 版 社

1958 • 北 京

本書經蘇聯部長會議直屬水文氣象總局審定作為水文氣象中等技術學校教科書之用。

全書共分十八章，除第一章介紹測量學的一般知識、發展簡史及其在水文氣象事業中的用途外，第二章至第五章著重於地圖和平面圖的討論與應用方面。第六章以後，分章敘述各種測量方法及儀器構造，對於蘇聯的新儀器亦多有介紹。由於攝影測量目前日趨重要，本書亦在第十七章專門闡述其基本原理以及航空像片的處理、判讀和應用。

本書內容甚廣，說理周詳，貫徹從實際出發，處處結合水文氣象事業。書中著重敘述了有關問題的原理，並引用了一些實例，便於讀者了解。

本書亦可供水文氣象技術員、測量技術員學習和參考。

本書由中南土木建築學院程昌國、范杏祺、李建超、張作容、蔡俊、翟柏林、謝國璋、林世熙、李仁、蕭修孜、蘇思光等同志集體翻譯。全書由程昌國同志總校，並請王浩、趙方民二位同志協同審查校訂。

測 量 學

著 者 Н. И. 莫 德 林 斯 基

譯 者 程 昌 國等

出版者 測 繪 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第081號

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 出 版 社 印 刷 廠

印數(京) 1—6,500冊 1958年3月北京第1版

開本31''×43'' $\frac{1}{2}$ 1959年3月第1次印刷

字數250,000

印張16 $\frac{1}{4}$ 插頁4

定價(10)2.15元

目 录

原序

第一章 测量学的一般知識

§ 1. 测量学的研究对象.....	11
§ 2. 地球的形态和大小.....	12
§ 3. 地面点位置的测定。地理坐标。地面点的高程.....	13
§ 4. 假设为平面的地球表面部份的大小。地圖、平面圖和断面圖.....	17
§ 5. 直角坐标的概念.....	19
§ 6. 测量学中所用的度量單位.....	20
§ 7. 测量的概念。测量的种类.....	21
§ 8. 测量学發展史簡述.....	22
§ 9. 苏联测量学的发展。苏联测量机关的組織.....	26
§ 10. 测量学的应用領域。地形测量工作在苏联水文气象工作中的用途.....	28

第二章 地圖和平面圖的研究

§ 11. 数字比例尺.....	29
§ 12. 直綫比例尺.....	31
§ 13. 地圖的种类.....	34
§ 14. 地圖投影的原理。地圖上的变形。最主要的地圖投影的概念.....	36
§ 15. 苏联的多幅地圖及其分幅与圖幅編号.....	44
§ 16. 确定地圖上已知点的地理坐标.....	52
§ 17. 帶的直角坐标系統。地圖上的公里方格網。确定地圖上已知点的直角坐标.....	53
§ 18. 兩帶接合处的补充坐标方格網.....	56
§ 19. 地圖和平面圖的慣用符号.....	57
§ 20. 地圖和平面圖上表示地形的办法。等高綫及其特性.....	60
§ 21. 等高綫間隔的选择.....	67

§ 22. 按已知高程繪制等高綫.....	68
-----------------------	----

第三章 定 向

§ 23. 方位角、方向角及象限角.....	70
§ 24. 子午綫收斂角.....	72
§ 25. 罗盤儀和罗盤及其檢查和使用.....	74
§ 26. 磁方位角与眞方位角之間的关系。磁偏角的确定.....	80
§ 27. 水平角与其边的方向角之間的关系.....	84
§ 28. 地形圖圖幅的定向.....	87
§ 29. 地形圖上某直綫的方向角和方位角的量測.....	89
§ 30. 直綫按其方向角在地形圖上的展繪.....	90
§ 31. 蔭蔽地区中按地圖的行进.....	91
§ 32. 不用地圖在地面上的定向.....	93

第四章 地圖和平面圖上測量長度、面积和高程

§ 33. 測量曲折綫的長度.....	94
§ 34. 小比例尺圖上測量綫長时改正数的施加.....	98
§ 35. 地圖和平面圖上測量面积的几何方法.....	101
§ 36. 測量面积的机械方法。定極求积仪.....	102
§ 37. 定極求积仪的使用法.....	103
§ 38. 按 A.H. 薩維奇方法測量面积.....	110
§ 39. 在繪有等高綫的地圖上解决一些問題.....	111

第五章 地圖和平面圖的复繪

§ 40. 地圖和平面圖的复繪方法.....	117
§ 41. 用方格網复繪法.....	118
§ 42. 縮放圖法.....	121
§ 43. 攝影复制法.....	122

第六章 測量仪器的一般零件

§ 44. 水准器.....	124
----------------	-----

§ 45. 游标.....	126
§ 46. 光学的基本知識.....	128
§ 47. 放大鏡.....	130
§ 48. 望遠鏡.....	131
§ 49. 測量儀器望遠鏡的十字絲.....	134
§ 50. 觀測時望遠鏡的整置.....	135
§ 51. 望遠鏡光學性能的研究.....	135
§ 52. 三腳架.....	138

第七章 地面点的标定与直綫丈量

§ 53. 地面点标定的目的。測量标志.....	140
§ 54. 定綫.....	144
§ 55. 地面上进行直綫丈量的目的。直綫丈量的工具.....	146
§ 56. 鋼卷尺長度的檢查.....	148
§ 57. 用鋼卷尺丈量直綫.....	149
§ 58. 卷尺量得的傾斜綫長度化算为水平長度.....	151
§ 59. 測斜器.....	154
§ 60. 利用卷尺間接測定不能到达的距离.....	157
§ 61. 用視距器測量距离的原理.....	157
§ 62. 外对光望遠鏡的裝絲視距器.....	158
§ 63. 外对光望遠鏡裝絲視距器常数的确定.....	160
§ 64. 視距尺.....	162
§ 65. 內对光望遠鏡的裝絲視距器.....	164
§ 66. 用裝絲視距器和直立視距尺所測的直綫水平距离的确定.....	165
§ 67. 与直立視距尺联合使用的裝絲視距器的精度。光學視距器 的改进途徑.....	168
§ 68. B.A. 別利岑式視距器.....	169

第八章 最簡單的平面測量方法

§ 69. 平面測量的要点.....	171
§ 70. 地面上測設定角。設角器及其檢查与使用.....	173

§ 71. 用卷尺与設角器进行地区測量。草測。測区平面圖的繪制	177
§ 72. 罗盤仪測量	179
§ 73. 根据罗盤仪測量数据繪制平面圖	183

第九章 經緯仪測量工作

§ 74. 經緯仪測量工作的种类及其用途	185
§ 75. 水平角測量的原理及对測角仪器構造的要求	185
§ 76. 測角器及万測仪	187
§ 77. 測角仪器上度盤讀数的裝置	188
§ 78. 經緯仪	189
§ 79. 經緯仪的檢驗及檢查	193
§ 80. 豎直度盤及其檢驗与檢查	199
§ 81. 視距經緯仪上罗盤的檢查	204
§ 82. 視距經緯仪的維護	205
§ 83. 水平角的观测	206
§ 84. 經緯仪导綫的敷設	211
§ 85. 观测等高的天体以确定地面直綫的真方位角	213
§ 86. 地区的經緯仪碎部測量	215
§ 87. 測量成果計算作業的一般規定	216
§ 88. 經緯仪导綫中角度观测的整理	217
§ 89. 經緯仪导綫点坐标的計算	219
§ 90. 坐标反算問題	226
§ 91. 旁点(前方交会)的坐标計算	229
§ 92. 平面圖上展繪經緯仪导綫、輪廓綫及地物	230
§ 93. 位于分幅平面圖上的两点間直綫痕迹的計算	232

第十章 大地平面控制的一般概念

§ 94. 大地平面控制的种类及其建立方法	234
§ 95. 三角網	235
§ 96. 导綫網	237

§ 97. 經緯仪导綫与全国性大地平面控制網点联接的方法	239
------------------------------	-----

第十一章 几何水准測量

§ 98. 水准測量的种类	241
§ 99. 几何水准測量的方法	242
§ 100. 苏联水准測量工作的等級	246
§ 101. 地面上水准点的标定	247
§ 102. 水准标尺及其檢查	249
§ 103. 水准測量时标尺的安置	253
§ 104. 具有望远鏡的水准仪的类型	254
§ 105. 水准仪的檢驗	255
§ 106. 具有符合水准器的定鏡水准仪	259
§ 107. Г. Ю. 斯托多尔克維契式定鏡水准仪("HC-2"式)	263
§ 108. 水准器附在支架上的活鏡水准仪	267
§ 109. 水准器附在望远鏡下的活鏡水准仪	271
§ 110. 各种类型水准仪的比較	274
§ 111. 水准标尺及水准仪的維護	275
§ 112. 水准仪至水准标尺的标准距离。測量时水准仪的安置	275
§ 113. 水准測量的檢核	276
§ 114. 三等水准測量的施測	277
§ 115. 四等水准測量的施測	282
§ 116. 水准路綫与水准点的連接	284
§ 117. 水准路綫越过河道	286
§ 118. 施測河段时的干綫水准測量。橫断面水准測量	288
§ 119. 陡坡上的水准測量。水平尺法	292
§ 120. 山谷的水准測量	295
§ 121. 測流断面的水准測量。水位站的水准測量。断面圖的繪制	296
§ 122. 河流水准測量。河流縱断面圖	300
§ 123. 湖泊水准測量	302
§ 124. 气象站上的气压計零点与水准点的連測	303

§ 125. 面积水准測量.....	304
--------------------	-----

第十二章 平板仪地形測量

§ 126. 平板仪地形測量的要点及其所用的仪器.....	306
§ 127. 測圖板上圖紙的裱糊.....	309
§ 128. 三角高程測量.....	310
§ 129. 平板仪及其檢查.....	315
§ 130. 照准仪及其檢查.....	317
§ 131. 改良的平板仪及照准仪.....	319
§ 132. 平板仪附件的檢查.....	321
§ 133. 整套平板仪的維護.....	321
§ 134. 对平板仪安置精度的要求.....	322
§ 135. 前方交会与側方交会.....	324
§ 136. 根据三个已知点确定第四点在測圖板上的位置.....	326
§ 137. 大比例尺平板仪測量的平面控制与高程控制.....	329
§ 138. 平板仪碎部測量及地貌測量。轉点与圖根導綫.....	331
§ 139. 平板仪測量的精度及其优缺点.....	336

第十三章 視距測量

§ 140. 視距測量的要点。視距測量工作的种类.....	337
§ 141. 視距仪.....	337
§ 142. 視距測量的实施.....	338
§ 143. 視距測量地区平面圖的繪制.....	341
§ 144. 地面上不可到达地物的高程測定.....	342

第十四章 水文測驗工作中經緯仪、平板仪和六分仪的使用

§ 145. 断面綫方向的設立及固定.....	344
§ 146. 不用測設断面以确定流向.....	345
§ 147. 用交会法确定測深点的位置.....	347
§ 148. 六分仪.....	350

第十五章 草測及半仪器測量

§ 149. 草测的要点及其种类	352
§ 150. 角度圖解草测	353
§ 151. 罗盤仪草测	360
§ 152. 船上的草测	361
§ 153. 半仪器测量	362

第十六章 气压計高程測量

§ 154. 气压計高程測量的要点。气压計公式	363
§ 155. 气压計高程測量的仪器	365
§ 156. 气压計高程測量的实施	370
§ 157. 施测点高程的計算	373
§ 158. 利用气象站观测的气压計高程測量	373
§ 159. 气压計高程測量的精度	377

第十七章 攝影測量的基本知識

§ 160. 攝影測量的种类	377
§ 161. 地面立体攝影測量	378
§ 162. 航空攝影測量	382
§ 163. 航空像片比例尺的确定	388
§ 164. 航空像片上地物的判讀	390
§ 165. 航空像片的定向	392
§ 166. 判讀地形。根据航空像片測定高差	394
§ 167. 像片平面圖的概念	401
§ 168. 攝影測量在水文学及水文地理学中的应用	402

第十八章 測量成果圖解整飾时所应用的繪圖資料和工具

§ 169. 繪圖資料	403
§ 170. 直尺和三角板	404
§ 171. 圓規	406
§ 172. 德罗貝雪夫尺	408
§ 173. 量角器	410
参考文献	413

原 序

水文气象技术員，除应善于进行小地区的測量外，还应有把握地使用地形圖，在地形圖上解决最常遇到的圖上量度的問題。同时，在攝影測量学的問題上还应该理解到这样程度，务使其在进行專門性調查时，能担任簡單的攝影測量工作。航空像片在多方面的应用，目前已成为極其普遍的現象，以致把攝影測量学範圍內的知識作最少的叙述是任何測量課程的必要部份，不論这一叙述是如何簡短。因此在本書中所討論的，有完全是測量学上的問題，也有圖上量度問題，也有攝影測量問題。

考虑到繪制全国地圖必須利用各机关的測量資料，本書將建立全国性大地控制網的原則以及控制点与控制網連接的方法都向讀者作了介紹。

由于本書是作为教科書用，因此書中主要着重在問題的原理方面加以叙述，并引用了有数的例子作为解釋材料。至于水文与气象工作者在作業中所遇到的地形測量工作、圖上量度工作和簡單的攝影測量工作等的实际指示應該在專門的測量實習課的內容中来講。

著者对教授 B. Г. 列昂托維奇和技术科学副博士 M. A. 吉尔什別尔格副教授深表謝意，他們的良好意見已在編著本書時加以注意采納。

著者特別感謝技术科学副博士 Д. М. 庫德里茨基副教授及技术科学副博士 A. K. 普羅斯庫里亞科夫，担任了閱讀原稿的工作并給予一系列的寶貴指示。

第一章·测量学的一般知識

§ 1. 测量学的研究对象

测量学是关于测定整个地球以及地球表面各个部份的形状和大小的科学。

由于不可能一下子量出整个地球以及其面积很大的各部份的大小，所以首先必需进行一些测量工作，以便有可能在平面和高程方面确定出地面上一系列点的相互位置。此后利用这些点作根据，便可确定出整个地球及其表面各部份的形状和大小。

由几何学得知，要确定地面点的相互位置，必須知道这些点間的綫長以及这些綫間的夾角，而这些数值恰好就是在进行测量的外業工作时在地面上测量出来的。测量的結果用数学的方法加以处理，并于必要时就在测量的內業工作中用圖解法繪出。

因此测量学的内容便是研究和改进地面测量的方法和組織，研究和改进测量仪器的構造及测量成果的室內处理的方法。在测量学的某些学科中常广泛地应用数学原理和物理学（特别是光学）、天文学、地貌学、地理学以及其他一些科学的数据。

凡以测定整个地球的形状和大小为目的的测量工作，是高等测量学（大地测量学）的研究对象。

凡有关测定地球上较小地区的大小的测量工作，則在本科学的另一分科，即通称普通测量学，有时亦称地形测量学①中来研究。

本教科書中就是叙述有关这方面的一些問題的。

① Геодезия 譯自希臘文，有土地划分之意，而 Топография 則有地面描繪之意。

§ 2. 地球的形狀和大小

所謂地球的自然表面，就是高地和凹地的互相交替。这样，最高处和最低处的高程差和整个地球的大小相比是非常微小的，因而当确定地球的形狀时，通常都把它当作是由水准面所包圍的，而且該水准面与串通大陆的海洋平均海面相一致。由該表面所構成的形体称为大地球体（大地水准面）。

大地球体的外表面具有一个重要的性質。即在該面的每一点上都和通过該点的鉛垂綫方向垂直。切于水准面的平面在空間中佔有水平位置，因而称为水平面。

由于地球内部的物質分佈得不均匀，所以大地水准面是不規則

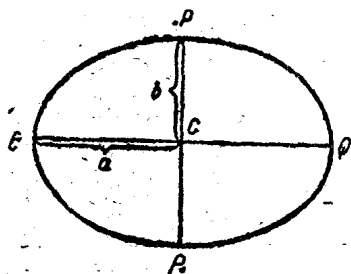


圖 1. 地球橢圓体

的，因而便不可能应用于大地測量計算和制圖計算中。橢圓繞其短軸 PP （圖 1）旋轉而得的旋轉橢圓体面，最近似于地球的形狀。

地球橢圓体的大小可由它的兩個半軸的長度来表示：長半軸（赤道軸） a 和短半軸（極軸） b 以及扁率

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

地球橢圓体的大小，曾多次計算过。苏联在 1946 年以前是应用德国天文学家 $\Phi.B.$ 白塞尔 (1784—1846) 于 1841 年求得的数值：

$a=6377397$ 公尺， $b=6356079$ 公尺， $\alpha=1:299.2$ 。

近百年来所进行的大地測量工作結果証实，白塞尔算出的地球橢圓体的大小并不精确。因此苏联学者在 $\Phi.H.$ 克拉索夫斯基 (1878—1948) 的领导下重新求出地球橢圓体的大小，其值等于 $a=6378245$ 公尺， $b=6356863$ 公尺， $\alpha=1:298.3$ 。

苏联部長會議 1946 年 4 月 7 日第 760 号決議規定，凡是从事大地測量工作的組織，都要采用克拉索夫斯基地球橢圓体的这些数值。

、地球椭圆体的扁率值表明：椭圆体和球体的差别并不太大。因此
 在一些情形下可将地球当作圆球，按照 Ф. Н. 克拉索夫斯基的数据，
 半径 R 等于 6371.11 公里。

§ 3. 地面点位置的测定。地理座标。

地面点的高程

为了有可能将地球自然表面上的不同点的位置作出比较，必须将
 这些点投影在椭圆体的表面上。投影是借助于作为椭圆体表面之法线
 (圖 2) ①的铅垂线来进行。投影的结果可获得点的正射的(正形的)
 水平投影。

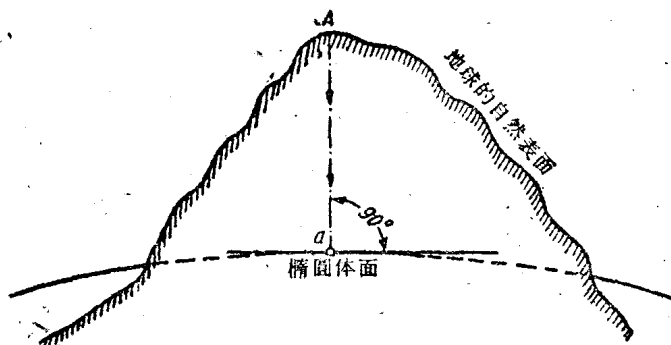


圖 2. 椭圆体表面上的投影

在讨论关于如何测定投影在椭圆体表面上各点的相互位置以前，
 我们首先谈一谈像子午线、赤道和纬线等这些概念的定义。

子午线——这是大地水准面与通过地球自转轴之平面的交线。若
 把地球当作旋转椭圆体，子午线则为椭圆(圖 3)，若把地球当作圆球，
 则子午线即为大圆②。通过地面上的每一点都可作出该点的子午线。

① 严格地说，铅垂线应该是大地水准面的法线，而不是椭圆体表面的法线。但铅垂线
 对椭圆体表面法线的偏差是很微的，因之这种偏差只有当进行以研究整个地球形状
 和大小为目的的工作时才加以考虑。

② 所谓大圆就是其中心与圆球中心相重合的圆。

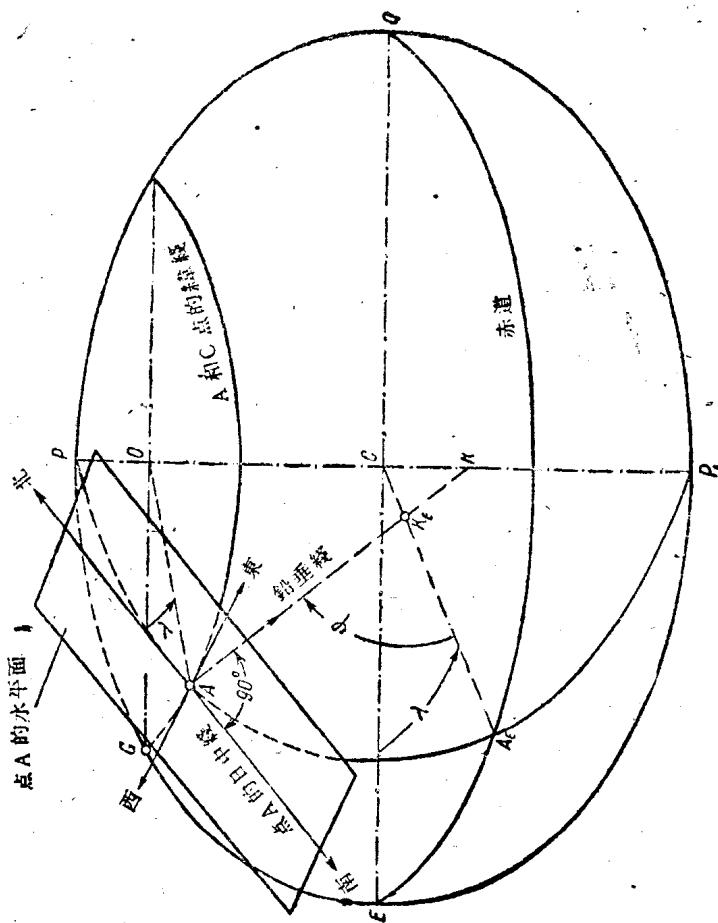


圖 3. 地球上主要的綫和面

通过地球兩極的子午綫称为地理子午綫或真子午綫，該子午綫和磁子午綫不同，磁子午綫的方向是用自由悬着的磁針来測定的（參閱 §25）

已知点的地理子午綫的平面与該点水平面的交綫称为日中綫（圖 3）。正午时太陽便位于該綫的方向上。

赤道为一个圓，圓上的每一点离地球的兩極都等远。

大地水准面和平行于赤道面的平面交成的綫，称为緯綫。緯綫是

一个圆，其中心位于地球旋轉軸上（圖3）。

投影在地球橢圓体表面上的各点位置，用地理座标（緯度和經度）来表示。

点的地理緯度，就是在已知点引向橢圓体面的法綫与赤道平面的夾角。

在圖3上 AK 綫是在 A 点引向橢圓体面的法綫，点 K_E 是法綫 AK 与赤道平面 EQ 的交点，点 A_E 是通过点 A 的子午綫 PAP_1 与赤道的交点，角 $AK_EA_E = \varphi$ ——就是点 A 的地理緯度。

如把地球当作圓球，則对圓球面的法綫將是此圓球的半徑。在这种情形下，点的地理緯度就是該点上的地球半徑与赤道平面的夾角。

緯度由赤道向北和向南自 0° 計算到 90° 。为了标明緯度，常將北半球或南半球的名称与其角值联写。例如，北緯 $56^\circ 45'$ 。

点 A 的地理經度就是作为起始子午綫（零子午綫）的平面 $PGE P_1$ 与通过点 A 的子午綫平面 $PA A_E P_1$ 之間的夾角 λ （圖3）。

在十九世紀中叶以前，大多利用通过加拿列羣島中的費罗島的子午綫作为起始子午綫。与此同时，个别国家都用自己的起始子午綫：在俄国曾采用通过普尔科沃天文台的起始子午綫，在德国用柏林子午綫，在法国用巴黎子午綫以及其它等等。由于利用不同的起始子午綫而产生許多不方便，故在 1884 年的国际代表會議上，便决定把通过欧洲最古老的格林威治（倫敦近郊）天文台子午厅的子午綫作为起始子午綫。

經度从起始子午綫起向东及向西自 0° 計算到 180° ，并註記成为：格林威治东經 60° ，或格林威治西經 124° 。

地理座标仅能在橢圓体表面上，或者換句話說，在平面上确定点的位置。例如，利用两个点或几个点的地理座标便可計算出点間的距离，但不可能确定哪一点較高或較低。为了全面确定点在地球自然表面上的位置，不仅要知道点的地理座标，而且也要知道点的高程。

地面点的高程，就是从該点至水准面的垂直距离。点的高度值叫做点的标高。

高程可分为绝对高程、假定高程及相对高程，这要看从哪一水准面起算。

点的绝对高程，便是从該点至大地水准面的垂直距离。通常绝对高程的计算起点是某一大洋或大海贯穿全国海岸的或者靠近本国领土的平均海水面。在苏联，绝对高程的计算是从克琅施塔得的验潮标零点起算的，这个零点便是刻划在奥布沃得运河桥墩上的短标綫。根据从 1841 年至 1929 年的观测，波罗的海的平均海水面在克琅施塔得处较验潮标零点低 12 公厘。在至今尚未用水准测量（参看第十一章）和克琅施塔得的验潮标零点连接起来的地区，地面点的绝对高程都是根据其他海平面来计算的，例如在楚克奇半島上及在英迪吉卡河以东的地区上，高程都是从鄂霍次克海的海水面算起的。

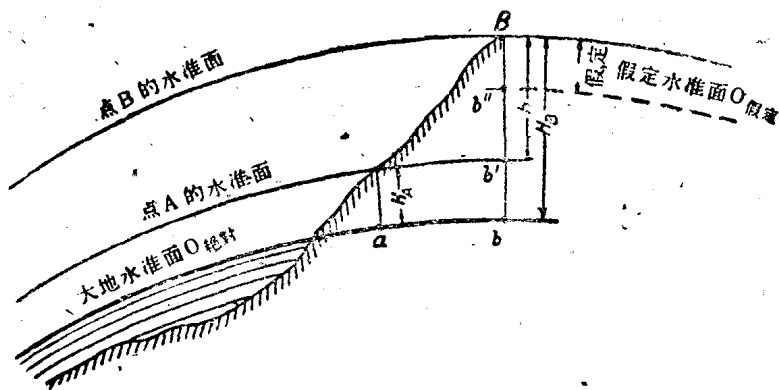


圖 4. 地面点的高程

地面点的假定高程，就是从該点至假定作为起始（零点）水准面的垂直距离。当因某种原因不能计算绝对高程时，就须计算假定高程。

点的相对高程或高差，就是一个地面点对另一地面点的高程。

在圖 4 上綫段 $Aa = H_A$ 表示地面点 A 的绝对高程，綫段 $Bb = H_B$ 及 $Bb' = H_B$ 假定表示点 B 的绝对高程和假定高程，綫段 $Bb' = h$ 表