

科學譯叢

火成岩的起源與花崗岩問題

Г. Д. 阿法納謝夫等著

朱 夏 張炳燾 等譯

科學出版社出版

內 容 提 要

1953 年度蘇聯科學界熱烈地討論了火成岩的起源問題，大會曾討論了岩石學問題、岩漿活動及礦床成因等問題，這對當前祖國富源的踏勘工作具有密切的關係。

本書選擇了有關討論這個問題的四篇論文和一篇討論會的總結，介紹了以地球物理學和大地構造學來論證火成岩漿起源問題；花崗岩問題以及花崗岩類侵入雜岩系形成作用的規律。

本書可作為地質學工作者、礦床學家、岩石學家及地質勘探工作者在研究祖國地下礦藏時的參考資料。

火成岩的起源與花崗岩問題

原著者 Г. Д. Афанасьев и др.

翻譯者 朱 夏 張炳燊 等

出版者 科 學 出 版 社

北京東四區帽兒胡同 2 號

印刷者 華 成 印 刷 所

上海泰興路 523 弄 14 號

發行者 新 華 書 店

(譯) 54050

1954 年 12 月第一版

自然：094

1954 年 12 月第一次印刷

(通) 0001-2,430

開本：787×1092 $\frac{1}{16}$

字數：88,000

印張：5 $\frac{3}{8}$

定價：9,500 元

目 錄

關於地球結構及玄武岩質與花崗岩質岩漿生成問題的

近代地球物理學論據…………… П. Н. 克魯泡特金 (1)

火成岩的起源問題…………… Ю. А. 庫茲涅佐夫 (41)

花崗岩問題…………… Г. Д. 阿法納謝夫 (70)

花崗岩類侵入雜岩系形成作用的一些規律……………

…………… В. С. 柯普切夫—德沃爾尼柯夫 (98)

蘇聯科學院關於岩漿岩石學第一次討論會總結……………

…………… Д. С. 別梁金、Г. Д. 阿法納謝夫 (130)

關於地球結構及玄武岩質與花崗岩質岩漿生成問題的近代地球物理學論據

II. H. 克魯泡特金

此論文中批判了美國岩石學家鮑溫 (N. L. Bowen) 和戴萊 (R. A. Daly) 關於論述火成岩成因就是結晶的玄武岩漿重力分異的結果的著名的理論，並做出了有利於各種不同共融質岩類由固體殼下層熔融的新假說。這一假說是以地球物理學的論證和以地球由冷卻的宇宙塵埃構成的理論 (O. Ю. 施密特院士等人) 為根據的。

一. 固體地圈及整個地球的超基性成分

地球物理學的現況，顯示着這一門年輕科學已獲得了初步的成果，能以在分析岩石學與火山學的最重要問題上有着重大的意義，這樣就闡明了活動火山的位置與表示深斷裂的深源地震帶之間的密切關係^[9, 11]。現代火山的分佈符合於重力的地殼平衡正異常帶並銜接顯明的地殼平衡負異常帶而延展^[18, 33, 58]。這種火山帶與地震、地殼變形及重力異常之間的聯繫，考慮到力學的與能量的因素，使得對最近火山活動的研究有了更完美的進展。

但是對岩石學者最有意義的是：有關深逾 800 公里的“殼下層”的固體狀態及超基性成分、與有關矽鋁質（沉積的、花

崗岩質的與玄武岩質的)及矽鎂質(超基性的)物質在固體地圈外緣部分的不規則分佈方面的新論據。這些論據，連同從宇宙論與隕石學領域內所得的若干結論，可藉以判斷不同類型岩漿的原生的與次生的特性，以及矽酸鹽熔液從固體“殼下層”中熔融的可能性，以新的方式密切地聯繫着岩漿運動來討論大地構造作用——褶皺及其他地殼變形^[20, 42]。

關於地球起源及地腹物質的溫度與集聚狀態的舊觀念，在最近十年來已受到了根本的修正。古雷維奇(Л. Э. Гуревич)與列別金斯基(А. И. Лебединский)的工作，特別是施密特(О. Ю. Шмидт)關於星體及其衛星由冷的宇宙塵體與氣體凝聚而生成的研究，使得現在能以更高的準確性談及地球原始的冷的固體集聚狀態^[43]。主要地與放射性元素的分裂放熱相關連的後來溫度的增高，根據施密特的意見，尚不足以使地腹的物質經常熔融。

巴利斯基(Н. Н. Парийский)、斯比蔡爾(Spitzer)等曾從不同方面證實：星體不可能由從太陽中逸出的熱的物質塊體生成，而這正是熔融熾熱星體從太陽分出這一假說的過去和現在的支持者所承認的。費森科夫(В. Г. Фесенков)院士在其最近的工作中奠定了星體由擴散物質(宇宙塵體、冷的氣體)生成的假說^[40]。他的觀察，顯示星由在冷的氣塵星雲中濃集了的散體物質生成，加強了尤金孫(М. С. Ейгенсон)等人關於太陽與星體在同一氣塵雲中產生的觀念。

關於地球內部物質的固體集聚狀態的更肯定的論據是從地震研究的結果中獲得的。從地表直至地核可不僅為縱的、且可

為很快在液體媒質中消失的橫的地震波所通過，從這一事實，很早便已得出地圈直至 2,900 公里深處均為固體集積狀態的結論。正在更快地發展着的深震源研究曾指出：在地圈個別地帶的 150—800 公里深處可能在小範圍內集中了斷裂式彈性應變的巨大能量；並指出：這一能量由斷裂而獲得解放，其性質一如在地球上部層次的地震中所觀察到的固體岩石的斷裂。已經知道有深震源在隣近的地點以若干年的間隔而重複發生的事例 [35]。

因為要在液體的、即使是十分粘性的物質中發生如此巨大的斷裂應變是有困難的，所以這些有關深震源的論據，與有關橫波傳播的論據一樣，可被當作地圈從最外面直到 800 公里深處均為固體狀態物質的證明。地震的研究顯示在地表可追索達數百公里且可作為上升岩漿通道的構造斷裂，可能延及於 150 至 800 公里深處。在以這種方式來處理大地構造問題新的研究工作中，可舉出裴偉 (A. B. Пейве) 的關於深處破裂的研究 [32] 與朋堯夫 (H. Benioff) 的論文 [41]。

同時，建立於塔孟 (Tamman) 理論基礎上的舊假設，即隨着過渡到地球較深層中時壓力的增高、熔融溫度在某一最高點以後便適當降低，尚未獲有任何證明。勃里奇曼 (Bridgman) 在總結高壓下的新著作時指出：“在實驗的基礎上祇能假設熔融曲線的無限制地上升”。

如是，代替舊的關於地球的觀念，如連續的原始活動岩漿池等，現代岩石學的任務具有着很大厚度（超過 800 公里）的地球的固體地圈，並應合理地探討那些可能在地圈內產生矽酸

鹽質熔液的條件。

有着同樣重大意義的是關於這一地圈的成分的問題，亦即關於可以最後形成所有不同類型岩漿熔體的那種原始物質的成分。

據大陸地區震波圖的研究結果，到處位於最上層的沉積岩之下的是所謂“花崗岩質層”，縱波在其中以 5.5—6.0 公里/秒的速度行進。在下面的中間層中，震波以更大的速度傳播着（6.2—6.9 公里/秒）。從前一層到這一層的轉變並不都是突然的。地震學者習慣地稱這一中間層為“玄武岩質層”。整個這兩層——“花崗岩質層”與“玄武岩質層”——所成的地圈，地震學上不十分正確地稱之為“地殼”。它的下部界限，與分割上述兩層的界限相反，經常是顯著的、位於大陸地區的 25—80 公里深處，並被稱為莫霍洛維區氏斷面（поверхность разрыва Мохоровичича——以下簡稱莫氏斷面——譯者）。在這一個面之下，存在着看來是超基性的物質（“殼下層” подкорovýй субстрат 或“橄欖岩質圈” перидотитовая оболочка），縱波在其中的傳播速率為 7.8—8.2 公里/秒。迄今為止，據最精確的測定，在上面兩層中的波速，在不同地區與平均值的差異可達 5—10%，而在殼下層的上部則縱波速度到處差不多都是一致的，其差異通常不超過 2%。這說明殼下層物質有着更大的均勻性。在莫氏斷面以下，波速隨着深度而逐漸改變，直至 2,900 公里深處亦即地核的邊限（壓力 1.4 百萬公斤/平方厘米），不再有波速與物質密度突然增大的現象（圖 1）。小的波速改變可在 413—650、約 900 及約 1,800 公里深處

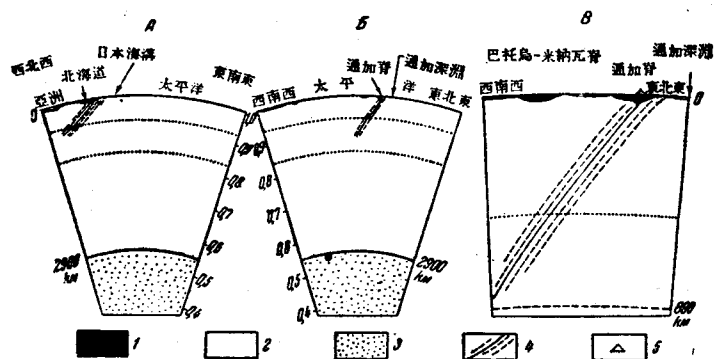


圖 1. 太平洋西部剖面圖

A. 北海道附近剖面。 B. 通加附近剖面。

B. B 剖面一部分的放大。

1. 花崗岩質——沉積岩質及所謂玄武岩質層（砂鎂層）；
2. 橄欖岩質壳下層（砂鎂層），上部密度 3.2 克/立方厘米，下部 5.7 克/立方厘米；
3. 地球核心，平均密度 10.7 克/立方厘米；
4. 活動地震帶（現代深斷裂）；
5. 現代火山帶。

察覺。據貝爾納實驗資料的推演判斷，413—650 公里深處的改變可能與橄欖石的同質異像變換相聯繫。因此，地震學的論據指明：從地核表面直至構成橄欖岩質層上界的莫氏斷面間，地圈物質有着高度的一致性，而在上部層——玄武岩質與花崗—沉積岩質——中則有着突然的變異，在 40 公里的垂直間距中縱波的速度很快地改變達 28% [10, 35, 45, 50, 51, 55]。

以由波速定出的“花崗岩質”，“玄武岩質”及“橄欖岩質”層的彈性性質與由實驗測定的最常見的火成岩的彈性相比較，大部分地球物理學者所採用的假設——即以上部“花崗岩質”

層為花崗岩成分、下部“橄欖岩質”層為超基性成分——是很確當的（表1）。花崗岩質層的存在，除此以外，亦可由鑽探的直接資料以及在侵蝕最甚的地區亦即前寒武紀結晶質地盾中測定岩石的平均成分而加以證實。意義較少的是表1所示的花崗岩質層的 $\frac{k}{\rho}$ 數值，如與以花崗岩實驗所得的 $\frac{k}{\rho}$ 值相比較，可說明強度隨深度而增高（壓縮係數 k 隨溫度增高而減低）。考慮到溫度的增高可產生 $\frac{k}{\rho}$ 值的減低，可以預期在常溫下殼下層物質必然具有較表中所指出的更高的數值（在 40×10^{10} CGS之譜），因此必然由超基性岩的最緻密的代表物所組成。據皮爾察（Бёрча）及陶氏（Дэй）的論據，殼下層的彈性常數很近似地符合於純橄欖岩的常數。馬格尼茨基（В. А. Матвизкий）根據實驗與地震學的論據相信：“可以作為肯定，地殼的下部及

表1 火成岩與固體地
（據薩瓦林斯

火成岩的彈性性質（根據實驗）				
岩 石	密 度 ρ		壓 縮 係 數 k	
	在 2000 公斤/平方厘米 壓力下	在 10000 公斤/平方厘米 壓力下	在 2000 公斤/平方厘米 壓力下	在 10000 公斤/平方厘米 壓力下
花 崗 岩	2.61	2.66	0.48×10^{12}	0.54×10^{12}
閃 長 岩	2.74	2.78	0.62×10^{12}	0.68×10^{12}
輝 長 岩	3.05	3.08	0.85×10^{12}	0.87×10^{12}
橄 欖 岩	3.40	3.44	1.05×10^{12}	—
純橄欖岩	3.29	3.32	1.19×10^{12}	1.27×10^{12}

殼下層的上部係由橄欖岩類岩石組成，其主要成分為橄欖石”^[30]。波倫 (Буллен) 以 60 公里深處地圈的密度為 3.32 克/立方厘米。哥登堡 (B. Gutenberg) 所取則為約 3.2 克/立方厘米，認為在這一深度，不僅在海洋下，且亦在大陸之下，地球為超基性物質所組成（橄欖岩的平均密度為 3.18 克/立方厘米）。傑弗萊斯 (H. Jeffreys) 同樣認為橄欖岩質圈係從 36 公里深處亦即從莫氏斷面開始^[55]。

對於中間層即所謂“玄武岩質”層的看法則還有分歧。根據在有些地區的觀察，震波的傳播在某些層中有着不同的速度，以致不能予以斷定；事實上有人以這一層當作輝長岩或玄武岩成分的基性岩，也有人把密度的增高主要地歸之於物質在壓力下的緻密化，最後、也有人以為這裏仍是花崗岩質的物質，但圈外緣層的彈性性質
基等，1949)

數 據)		固體地圈外緣層的彈性性質			
比 值 $\frac{k}{\rho}$ (CGS 單位)		層	波速 公里/秒		比值 $\frac{k}{\rho}$ ，按 波速算出 (CGS 單位)
在 2000 公斤/平方厘米 壓力下	在 10000 公斤/平方厘米 壓力下		縱 波	橫 波	
18.3×10^{10}	19.5×10^{10}	上 層	5.4	3.3	14.7×10^{10}
22.8×10^{10}	24.3×10^{10}	上 層	5.6	3.3	16.9×10^{10}
27.8×10^{10}	28.2×10^{10}	中間層	6.3	3.7	21.4×10^{10}
30.7×10^{10}	—	下 層	7.8	4.35	35.6×10^{10}
35.2×10^{10}	38.3×10^{10}				

爲基性及超基性成分的侵入體所密集穿插。

如是，在相當於三類岩漿——花崗岩的、玄武岩的及超基性的——的三類分佈最廣的火成岩中，前兩種與集中在沉積帶中的破壞作用產物共同組成莫氏斷面以上的整個地殼。休斯 (E. Suess) 所創用的名詞“矽鋁層”在主要意義上相當於這一沉積岩、花崗岩和基性岩（輝長岩、玄武岩）層的整體，因爲基性岩的平均鋁氧成分（16—18%）不少於花崗岩及花崗閃長岩（13—15%）。第三類岩石，亦即貧於鋁氧（橄欖岩的 Al_2O_3 約爲 5%）及富於 MgO （約 30%）的超基性物質，相當於休斯的“矽鎂層”，並構成殼下層；且與不同數量的金屬鐵在一起，構成直至地核的整個地圈¹⁾。

爲了決定地球的平均成分，除地球物理的論據外，並可利用天文學上關於月球與星球的密度及關於隕石密度與化學成分的論據。所有的研究者或是認爲月球的成分相當於地球外表部分的成分（畢克林 Pickering 等），或是認爲——更符合於現代觀念——相當於整個地球的成分。如所周知，月球的密度爲 3.34 克/立方厘米。由於月球中心的壓力不十分巨大，這一數值不會與構成月球的物質在 1 大氣壓力下的密度有很大的差異。傑弗萊斯曾作了相當的修正，以爲構成月球的物質在這一情況下的密度應爲 3.29 克/立方厘米，亦即相當於最重的超基性岩的密度^[55]。這一數值很符合於水星及土星的最緻密的大的衛星的密度，亦同樣符合於小行星的密度與隕石的平均密度（表 2）。

1) 由於近十年來“矽鎂”一詞的另一意義——即包括玄武岩質層在內——頗爲流行，故“矽鋁”與“矽鎂”兩個名詞的含義有更加予以明確的必要——原註。

表 2 隕石、內行星及其大的衛星的平均密度，
以與地圈密度相比較

物 體	在 1 大氣壓力下的密度 (克/立方厘米)	未按壓縮程度修正的密度 (克/立方厘米)
隕石的平均密度(石質與鐵質隕石按 1:17 的比例)	3.5—3.8	如考慮到似輝岩類(тектиты), 則平均密度稍低
地圈密度(50 公里以下)	3.2—3.4	3.2—5.6
月球密度	3.29	3.34
水星密度	3.2—3.4	3.8
火星密度	3.2—3.4	3.96
木星與土星的最緻密的衛星的密度	2.7—3.5	2.7—3.7
	(平均 3.2)	(平均 3.27)

隕石，不論在舊的關於熔融液態星體的生成的假說中，或在新從宇宙塵體產生星體的理論(施密特、費森科夫等)中，都被當作以其平均成分相當於地球的總成分的物體。考慮到石質隕石的數量多於鐵質隕石約 17 倍，我們取隕石的平均密度為 3.5—3.8 克/立方厘米，其成分則接近於超基性岩，但有較多量的金屬鐵和鎳^[15]。在石質隕石中，極大多數在化學成分上與地球上的超基性火成岩相同。所以隕石的研究同樣地加強了這一推論，即地球整體地係由超基性成分所組成。知道了石圈即花崗岩質與玄武岩質層的厚度的總和(以整個地球表面計約為 25—30 公里)，可以定出其體積的總和為整個地球體積的 1.2—1.4% 或整個矽鎂圈——從地核的表面算起——的體積的 1.5—1.7%。這兩層的質量則為整個地球質量的 0.7% 或地圈的 1%。其餘 99% 的地圈質量係由金屬的及超基性的物質所構

成，故應認為它們是原始物質，而在一定的條件下產生了較酸性成分的少量分離物。

這一建立於現代地球物理學與天文學論據基礎上的推論，與鮑溫 (N. L. Bowen)、戴萊 (R. A. Daly)、第奈爾 (Tyrrell) 及其他岩石學者以玄武岩漿為原始物質而從其中產生酸性的（花崗岩等）及超基性的分異體的觀念是有着抵觸的。

不過應該指出，鮑溫亦曾認識到：“基於整個地圈的可能成分，我們不可避免地必須走向這一推論，即所有的岩漿原始地發生於遠較玄武岩漿更為基性的物質，甚至可能具有存在於石質隕石中的那種橄欖岩的成分。”并曾考慮到玄武岩漿在 75—100 公里深處由橄欖岩的選擇熔融而發生的最近似的解釋。可是同時在討論超基性岩的第 9 章中，他仍把這類岩石當作玄武岩漿結晶分異的產物^[5]。

因此，在岩石學者的面前有着一項複雜的任務——探究從固體的或部分熔融的超基性物質中，分裂出玄武岩及花崗岩成分的酸性分異體的可能性。顯然，簡單的結晶或重力分異作用，在靜力條件下不可能發展到從超基性熔體中分離出如此酸性的分異產物。較為可能的是設想它當超基性物質的個別部分及其分異產物多次反復熔融與凝結時，在有着連續的熔融并在動力條件下最易熔的共融熔體受到擠壓的地方進行着。費爾斯曼 (A. E. Ферсман) 與霍爾姆斯 (A. Holmes) 曾以總的形式講述這一觀念^[55]。

應該注意，花崗岩質與玄武岩質圈不具有連續的性質，並且在質量上祇有位於其下的橄欖岩質圈的 4%。費爾斯曼認為：

在原始均勻圈帶的上部（100—140 公里），進行着“絕對不可避免的物質的重新分配，以適合於為熱力條件所形成的平衡規律。易熔的元素、氧化物及複雜化合物一般取道向上，而難熔的則在下面集積。結果成為若干熔體，其中每一低熔度的組合物均被熔融，向上或向可以進行結晶的深度行進並在那兒凝結。這樣的物質相互換位的作用特別容易發生，如果我們設想這一圈帶是在較低的溫度下集積而後來逐漸變熱的（這從星塵假說的觀點上看是十分可能的，而且基於地殼的放射熱的性質亦是十分近似的）。”^[38]費爾斯曼如此地把這一觀念聯繫於星塵假說，並假想，近似於施密特的現代理論，星體由冷的固體物質（宇宙塵、隕石等）形成。

別梁金（Д. С. Белянкин）、愛斯可拉（Р. Eskola）、豪克斯（L. Hawkes）曾注意到近似於共融體的花崗岩質岩漿在酸性或中性物質中的析離^[3, 22, 49, 52]。熔漿是岩石在足夠地增高溫度之下所形成的。可以設想，由於在構造變形中在深處放出的放射性分裂的熱度與熱能，固體殼下層在壓力下的類似的溫度增高可引起基本上由斜長石與輝石所組成的反共融質熔體（анхнонотектический расплав）的熔融（玄武岩質岩漿）。類似的作用可能產生由鋁矽酸鹽及游離矽酸所構成的共融質熔體（花崗岩質岩漿）。當此之際，矽鋁礦物與鐵鎂礦物在高壓下突然熔融時的突出的轉變特性必然起着一定的作用。如列文生-列星格（Ф. Ю. Левинсон-Лессинг）所指出：以“火成岩中礦物的分子體積與組成它們的矽酸鹽及氧化物的分子體積的總和相比較，結果可區分礦物為二類：一類如橄欖石、輝石、角閃

石，在生成時減小體積，亦即增加壓力必然有助於它們的生成；另一類如長石、似長石，相反地，在生成時增大體積，亦即壓力的增加妨礙它們的生成。所以，增加壓力幫助了長石質礦物的‘溶解’” [24]。

因為成分近於花崗岩及玄武岩的共融體的熔融溫度較超基性矽酸鹽物質的熔融溫度低 200—600 °C，所以它們，特別當有揮發性物質存在時，能夠在殼下層的温度降低時仍保留其熔融液態。因此，比含有它們的殼下層更有可塑性且有較輕的比重。這些共融質熔液必然在有利的構造條件下因負荷壓力與切線應力的影響而向上移動。可以用數學證明，在地球的壓縮(收縮)中可有足夠的能量使得最輕與最可塑的物質得以上升。

二. 花崗岩質層的不連續分佈

關於矽鋁層亦即花崗岩——沉積岩——玄武岩質層的厚度，過去已有了相當多的地球物理證據。它們指出了厚度的突然變化以及這一層——或是在任何情況下的上部花崗岩層——的不連續的分佈。

最可靠的證據是在作人工爆炸時在分佈於離爆炸點 50—600 公里的測站網的地震儀上所獲得的記錄。曾在下列各地進行人工爆炸的觀測：德國北部、吉爾哥蘭 (Гельголанд) 地區 (這裏的莫氏斷面以上矽鋁層厚度為 27—30 公里)、黑林 (30—31 公里)、加拿大地盾 (安大略州, 36 公里)、新英格蘭 (23 公里) 及美國大西洋海岸華盛頓城附近 (42 公里)、美國南加利福尼亞州可倫那城附近 (40 公里)、西脫蘭斯瓦 (厚度 36—

39 公里)、烏拉爾^[14]東坡卡爾基諾 (Коркино) 地區的土來^[35] (Тулы) 城附近及其他地方。同樣的地震方法曾用以測定中亞細亞的砂鋁殼厚度 (在甘波爾切夫 Г. А. Гамбурцев 的指導下)。在北美大西洋海岸的陸棚 (шельф) 部分, 依平格指出: 花崗岩——沉積岩質層的厚度超過 10 公里, 但在大西洋西部的深陷處則在一公里半的沉積岩質層以下便是以震波傳播速度約 7.2 公里/秒為特點的緻密物質 (橄欖石玄武岩?)。在厚僅約 5 公里的這一層之下即為橄欖岩質殼下層, 震波速度為 8—8.5 公里/秒。雷脫指出: 在加利福尼亞州太平洋沿岸的大陸斜坡處, 砂鋁質岩石 (震波速度約 6.5 公里) 在 5 公里深處已轉變為具有震波傳播速度 8 公里/秒的殼下層。

更有價值的結果是在具有足夠稠密的測站網的地方研究地震波的傳播與反射所獲得的。在雷-曼謝 (Ла-Манша) 地區, 砂鋁層在莫氏斷面以上的厚度經測定為 40 公里, 在杜奈 (Дуная, сшвабский альб) 以北地區則約為 50 公里, 在北部阿爾卑斯為 50—60 公里, 在南部喀爾巴阡阿爾卑斯為 60—65 公里, 在南斯拉夫約為 40 公里。其中花崗岩—沉積岩質層在歐洲有時少於、有時大於 (達 $\frac{3}{4}$) 整個地殼厚度的一半。

在高加索區域, 根據雷依可 (Райко)、勞佐伏依 (Е. А. Розовой) 及特華爾脫華士 (Г. Твангтвадзе) 的論據, 莫氏斷面深達 50—60 公里, 花崗岩質層的厚度從 24 以至 40 公里則隨地而異^[34, 36]。在中亞細亞, 花崗岩—沉積岩質層厚 30—40 公里, 玄武岩質層 10—20 公里, 在 45—55 公里以下則為震波速度為 7.9 公里/秒的殼下層 (橄欖岩質圈)。在日本砂鋁殼

的厚度經測定為 45—50 公里，而在島的東部厚度較小於西部。新西蘭的矽鋁殼厚度則約為 30 公里。如是，在中亞細亞、阿爾卑斯及西拉尼華達的山區，這一方法定出了矽鋁殼的最大厚度（55—70 公里），而在歐亞洲、美洲（25—40 公里）及新西蘭島（30 公里）則地殼的厚度顯得特別小。矽鋁層的增厚——所謂“抵消突起”（компенсационные выступы）或“山根”（корни гор），看來在阿爾卑斯主要地與花崗岩質層厚度的增大有關，而在西拉尼華達山脈下則主要由於中間層（玄武岩質層）的加大厚度。西拉尼華達山脈下山根的存在曾由哥登堡以地震波折射的研究予以證實；並且由於“抵消突起”的存在而在山脈的後面形成了特殊的地震蔭蔽區^[29,50]。

此外，關於地殼上部層的平均密度的知識，曾由安琴海依斯特爾（Angenheister）及其後的一系列的工作者以比較表面橫波（所謂納夫波 волны Лява，表現為垂直於傳播方向的水平擺動）的傳播速度的方法取得。他們發現：僅僅穿過大陸的這一類震波的傳播速度要比穿過太平洋的震波波速小 10—25 %。

已經證實：在大西洋與印度洋，波速較在太平洋略小，但在中央大西洋脊（Среднеатлантический вель）的東或西部經由深的凹陷而穿過大西洋的震波則與在太平洋底的同樣震波在傳播速度上並無差別^[46,47,48,57,59]。因為地震波在矽酸鹽類岩石中的傳播速度主要決定於岩石的密度，故可作出推論，即：海洋部分的地殼係由遠較大陸更為緻密的物質所組成。考慮到有關以不同方向穿過大西洋及北冰洋的震波速度的新的論據，更可賦予上述推斷以更明確的含義，即：經過所有海洋深部