

水文地質

蘇聯 格·維·保果莫洛夫著

方 城譯

燃料工業出版社

水 文 地 質

蘇聯 格·維·保果莫洛夫 著

方 城 譯

蘇聯地質部批准作為地質勘探中等技術學校教材

燃 料 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書對地下水的起源、性質、勘察方法等作了簡要的敘述，並介紹了許多在水文測量過程中使用的儀器。本書原為蘇聯地質勘探技術學校的教材，在我國除可用作教材外，還可供從事勘探工作的工程技術人員參考。

* *

•

水 文 地 質

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

根據蘇聯國立地質書籍出版社(ГОСГЕОЛИЗДАТ)

1951年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 Г. В. БОГОМОЛОВ 著

方 城 譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：梁祖佑 校對：李三錫 劉露溪

書號147 * 油12 * 787 × 1092 1/32 開本 * 48 印張 * 108 千字 * 印9,201—11,250 冊

一九五四年一月北京第一版第一次印刷

一九五四年十一月北京第一版第二次印刷

定價7,600元

出版者的話

水文地質學是研究地下水的科學。對水文地質情況的瞭解是解決供水問題的關鍵，是基本建設施工的先決條件；在大規模經濟建設中，其意義十分重大。

水文地質學是蘇聯學者所創立起來的，在其他各國幾乎沒有得到發展，所以吸取蘇聯在這方面的成就是作好水文地質工作的唯一途徑。現在，我國正有計劃地開展經濟建設，參與水文地質工作的人日益增多，為了適應他們急切的需要，特出版了這本書。

本書主要是說明地下水的生成、性質和分類，並介紹測定地下水的主要方法及測定過程中使用的儀器；雖然篇幅不多，內容却很扼要，適於作中等技術人員的參考讀物。

許多水文地質上的用語，至今還未統一，本書則盡量採用比較通用的譯名。對一些罕見的專有名稱，編者加了註釋。

本書在編輯過程中，曾經北京地質學院水文地質及工程地質教研室方鴻慈、李永昇、徐紹利、沈照理等同志審校，並把原書誤排之處代為更正，使本書減少若干錯誤，謹此致謝。

目 錄

原作者序.....	4
導言	5
俄羅斯學者在水文地質學發展中的作用.....	7
自然界中的水	10
降水、逕流和蒸發	18
地殼內溫度的分佈和水的狀態	26
與水有關的岩石性質	32
岩石中水的狀態	38
地下水的起因與分類	45
潛水	47
冲積層裏的潛水	49
冰磧層裏的潛水	51
草原和沙漠區的潛水	53
潛水的分帶.....	54
測定地下水水位用的儀器.....	58
地形、森林和沼澤對地下水補給的作用	63
承壓水	65
裂隙水及喀斯特水	72
淡水泉與礦水泉	73
水分析的表示方法及對地下水質量的要求	76
地下水的物理性質及化學成份	83
地下水的物理性質	84
地下水的化學成份	85
水的細菌成份	87
地下水運動的基本規律	87

試驗室測定滲透係數的方法	90
達爾西儀器	90
卡敏斯基儀器	91
卡敏斯基管	94
斯佩茨葛歐管	98
滲透箱	99
機械分析	100
地下水運動速度的測定法	100
向聚水設備的水流	102
向水渠的水流	103
向潛水井的水流	104
向承壓水井的水流	105
測定滲透係數的抽水試驗	107
地下水流的產量	108
地下水的動態	109
水文地質觀察	110
綜合地質調查	110
在鑽探工作中的水文地質觀察	115
水文地質的區域劃分	117
附錄	120

原 作 者 序

地下水在很多地質作用中、在國民經濟以及人的日常生活和活動中都起着極重要的作用。

在社會主義建設的年代裏關於地下水的科學——水文地質學——已完全被公認為是地質知識領域中的一個獨立的和實用的科學部門了，它在各種建築工程中起着很大的作用。有充分理由說，在設計那些巨大的建築（沃爾霍夫斯基和斯維爾斯基水力發電站，德涅泊爾工程，大伏爾加、庫茲涅茲克、查坡洛什、哥傑里-頓河的工程）時，在興建位於水文地質條件很複雜的地方的莫斯科地下鐵道、蘇維埃宮和莫斯科大學時，蘇聯的專家們都在高度的科學技術水平上進行了水文地質和工程地質調查。

在偉大的共產主義建設工程（古比雪夫和斯大林格勒地區的強大的水力發電站，德涅泊爾河上的卡霍夫貯水庫，南烏克蘭，北克里木和大土庫曼運河）中都需要由蘇聯的水文地質學家把與研究地下水和岩石有關的問題全面地提出並迅速地解決；地質勘探技術學校的學生們也要有這方面的知識，他們將在自己的實際工作中運用這些知識。

爲了介紹給地質勘探技術學校的學生們有關水文地質學的一般知識，乃編著了〔水文地質〕這本教科書。

因教科書的篇幅很少，在地質勘探技術學校中講授這門課程的時間也不多，所以敘述得很簡要，插圖和實際材料的數量也很有限。

歡迎一切有關本教科書的批評和建議，以便將來改進。

導 言

水文地質學是關於地下水的埋藏、起源、運動、性質及其與岩石相互作用的科學。這門科學是蘇聯的學者和專家以自己的勞動創立起來的，在國外幾乎沒有得到發展。

水文地質學和其它與之有關的學科——地質學，氣象學，水文學，土壤學，地球化學，物理學和採礦學——有着密切的關係。因此學習本課程時，首先要有自然學和工程學的基本知識。

莫斯科礦山學院最早開始培養這方面的專家，其第一批水文地質工程師畢業於1924年。

培養水文地質技術員是1929年度在最高國民經濟會議科學技術管理局開始的，後來是在蘇聯重工業人民委員會地質勘探所進行的。現在從蘇聯很多學校裏培養出了在地質學、水文地質學和工程學方面具有相當造詣的水文地質專家，他們在全國各個地區都順利地進行着水文地質勘探工作。

水文地質學與國民經濟各個部門緊密地聯系着，很難找到一種完全用不到水文地質的工業。凡涉及城市、住宅區、工業企業和鐵路車站的供水問題時，涉及在醫療上和工業上利用礦水和礦化水的問題時，都要靠水文地質學來解決。水文地質勘探對礦山開採尤具有重大意義。在礦山開採中，礦井的建設工作受地下水限制，地下水使得其成本提高，使得有益礦物的開採困難。

社會主義的農業及其巨大的拖拉機站、集體農莊和國營農場同樣需要質量好的水作為飲料和工業用水，也有一些地區要用以灌溉。

由於在伏爾加河和德涅泊爾河上建築水堤，由於開鑿了巨大的灌溉用的運河，由於實現黨和政府在下關於保證蘇聯歐洲部分草原和森林地帶的高度和可靠的豐收、培植防護林、實行草類輪種制、建築水池和水庫的計劃的歷史性的決議中所確定的改造自然的偉大計劃，

水文地質勘探工作更有了特殊的重要意義。水文地質學在修建道路和住宅方面以及在工業建築方面都起着很大的作用。

地下水是一種極重要的有益礦物，其對人類的意義是衆所週知的。現在大多數城市和住宅區的飲料和工業用水的來源都是具有每晝夜水流量達數萬立方公尺的地下水層。對於那些發現飲用和醫療用的地下水和增加其貯量者，定有獎勵辦法。

可是，地下水雖然是極寶貴的有益礦物，却與它種礦物有很大的區別：

(1) 如由含水層中取出的地下水量不大於進入其中的水量時，則仍回復到原儲水量；

(2) 地下水總是在不停地運動着，在地殼的上部隨處都有；

(3) 在很多情況下地下水是有害的，需要採取專門的措施與其鬥爭（開採有益礦物、疏乾沼澤地區、在潮濕的和不安定的地基上建築時等等）。

水文地質勘探的目的各不相同，所以進行的方法也不同。

現在，在水文地質學方面，關於理論問題和實際問題的研究工作正在很多專門的科學研究所進行着。這些研究所將自己的研究與極其重要的國民經濟問題緊密地聯繫起來（大土庫曼、南烏克蘭和北克里木運河的開鑿，伏爾加河上和德涅泊爾河上高壓水堤的建築，波列西耶土地的疏乾，庫拉-阿拉克新窪地和中部黑土地帶的灌溉等）。

在目前的五年計劃和以後的五年計劃中，水文地質工作者所要完成的工作，無論在理論方面和實際方面，按其範圍來說，都應超過以往所做的。很明顯，要使這些工作順利進行，就必須繼續擴大水文地質學的理論基礎，必須在廣泛調查的基礎上，在不斷總結先進生產者和科學工作者經驗的基礎上來使野外工作和試驗室工作的方法完善起來。同時必須在實際工作中盡量使用新儀器和儀表，用一切方法使水文地質勘探工作機械化。

俄羅斯學者在水文地質學發展中的作用

在遠古的文件中，可以找到遠古時代關於地下水及其使用的片斷的資料。例如，在 11、12 世紀的記載中就提到了木製輸水管，當時用此管向很多城市供給地下水，並用以汲取地下鹽水，以便使鹽水蒸發而獲得食鹽。

16 世紀在俄國很多地區不僅用地下水作飲料，並且用以灌溉和醫療。彼得大帝的命令中第一次規定了要保持飲用水的清潔，並規定了對探尋礦水的各種獎勵制度。

對地下水進行廣泛的科學研究是由麥·維·羅蒙諾索夫開始的，遠在 1740—1750 年羅蒙諾索夫在自己的著作〔論地層〕中就正確地確定了很多關於地下水的科學原理，他認為地下水是與岩石相互作用着的複雜的天然溶液。他的理論在水文地質學的發展中起了極重要的作用。

羅蒙諾索夫在自己後期的著作裏闡述了由於自大氣內降下的水滲透到地裏而形成地下水的理論，並敘述了在自然界中水的循環過程。羅蒙諾索夫指出降水的滲透不是到處和全年四季中都發生，這種過程僅在土壤本身能透水的地方才會激烈地發生。

在後些年內，俄國科學院根據羅蒙諾索夫的倡議所組織的考察隊系統地、全面地研究了俄國的寶藏，其中也包括地下水。這些考察隊在國內不同的地區——烏拉爾，西伯利亞，波沃爾葉，柯爾斯半島，高加索，德涅泊爾河附近——都進行了工作。這些考察隊是由卓越的俄國學者們——維·弗·朱也夫，伊·伊·列賓享，恩·普·萊斯柯夫，恩·雅·奧捷列茨柯夫等人——所領導的。

上述考察隊的工作對發展關於地下水的學說有很大的意義，它表明了此類調查對全面認識自然和國內生產力的重要性。然而，在沙皇俄國的條件下，考察隊並未能得到廣泛的發展，而很快地就結束了。

此後地下水的勘探工作主要是由地方團體和各種私人組織進行的。這些工作的目的是改善農業的供水，並解決排水和灌溉的問題。

1882年成立的地質委員會所進行的調查，基本上是與供水、為醫療而利用礦水、建築鐵路和進行某些建築工程有關的。地質委員會的組織內在當時有阿·普·卡爾賓斯基，恩·阿·索柯洛夫，斯·恩·尼基金，恩·阿·格洛夫金斯基和其他學者工作着，這些學者在我們祖國的水文地質學的發展中起了極大的作用。

1882—1900年，水文地質調查工作僅在我國個別地區進行過。在此時期進行的巨大工作中有伊·伊·葉利斯基隊為波列西地區的排水所進行的勘察工作，有灌溉俄國南部地區的工作，有在西伯利亞、外高加索和卡查赫斯坦所進行的水利工作。

應當提出的是1900年初進行的主要河流水源的全面調查工作。這些調查中的水文地質部分是由著名的俄國地質學家斯·恩·尼基金和恩·弗·波格列波夫所領導的。根據這些勘察調查資料和很多水源鑽探的結果，斯·恩·尼基金和伊·伊·新佐夫遠在十月革命以前便編製了水上鑽井的總目，並做出了俄國各個地區地下水的簡要描述。即使在革命前的俄國水文地質勘察，按其範圍和科學內容來說都比西方歐洲國家廣泛得多。

在1900年伊·維·姆斯格特夫在其「自然地質學」教科書中，第一次根據祖國的材料描述了地下水。他的著作同斯·恩·尼基金、恩·阿·索柯洛夫、伊·伊·新佐夫以及其他人的著作同樣是對地下水科學的巨大貢獻。

談到奠定水文地質學基礎的學者時，必須提出偉大的俄國學者——土壤學家維·維·多庫加耶夫。他關於土壤分帶的著作對解決地下水分帶問題有很大的影響。關於這個問題後來普·維·奧多茨基和維·斯·伊林又成效卓著地進行了研究。格·恩·維索茨基與阿·弗·列別捷夫對發展地下水的知識也有很大的貢獻。

1914—1916年由於調查高加索的礦水和在西方前線、高加索前線等地探尋俄國軍隊的供水水源，水文地質工作得到了較廣泛的發展。

在偉大的十月社會主義革命後的最初年代裏，地下水的研究基本

上是由人民農業委員會的機構進行，其範圍是關於水利建設和地區供水的問題。自1924年，地質委員會開始在克里木和頓巴斯進行有計劃的水文地質測繪和進行研究高加索的礦水時，水文地質工作的範圍就大大地擴展了。

由於蘇聯國民經濟蓬勃的發展，地質委員會將其組織系統中的水文地質組改成地下水部，而後更編到全蘇水文地質和工程地質研究所裏去了。

從1926年起地質委員會開始在蘇聯一些地區——烏克蘭蘇維埃社會主義共和國和白俄羅斯蘇維埃社會主義共和國等地——進行水文地質考察和測量工作。1926年維·斯·伊林第一次編製了蘇聯歐洲部分的潛水圖，麥·麥·普利果洛夫斯基製訂了俄羅斯陸台承壓水概述。在1927年阿·恩·謝米哈托夫編製了蘇聯歐洲部分的承壓水流域圖。

伊林的附有說明的潛水圖是關於潛水的綜合著作，在其中水文地質的分區是按地貌的特徵進行的，同時也考慮到了地下水埋藏深度和其礦化程度。維·斯·伊林不僅是一個卓越的學者，同時也是全盤研究地下水的組織者，他曾任1927年成立的國民經濟最高會議地下水研究委員會的第一任主席。

第一個五年計劃開始時，在蘇聯已經累積了很多經驗，並確定了適應國民經濟各種需要的水文地質工作的基本方向和方法。這時在莫斯科、列寧格勒、托木斯克、塔什干和諾沃西伯利斯克礦山技術高等學校中開始培養水文地質和工程地質幹部。在第一個五年計劃過程中水文地質和工程地質試驗室大大地擴展了，在一些人民委員部、專門學院和其它機關中並組成了新的試驗室。

在斯大林五年計劃時期內，由於要在各種不同的自然條件下進行建設，所以水文地質勘察工作得到了更大的發展。這種建設要求根本地改變以往的組織形式和勘察方法，並要求探究其理論基礎。

由於進一步地進行了水文地質研究工作，所以水文地質和工程地質的工作方法在蘇聯得以確定，並益臻完善，其理論基礎也發展了。在今天，前述之關於地下水的科學研究工作的成果大部分都歸納到蘇聯學者們聞名的著作中去了。

在蘇聯，對研究地下水和組織水文地質勘察工作起了巨大作用的是卓越的學者和實踐家院士弗·波·沙瓦林斯基。他關於水文地質學的著作今天仍是從事地下水和土質調查工作的年青工程師的典範。沙瓦林斯基編著了第一本水文地質學教科書，在高等學校的青年們以往和現在都在學習這部著作。此外，他還是蘇聯教科書〔工程地質學〕的原作者。

在蘇聯另一位卓越的水文地質學家阿·恩·謝米哈托夫的著作中，正確地說明了深層地下水的分佈與地質構造的關係，並根據這些資料劃分了水文地質區域。

蘇聯領土內地下水簡要報告是恩·恩·斯拉維揚諾夫編著的。斯拉維揚諾夫、阿·麥·奧夫勤民柯夫和恩·伊·托爾斯其金編著了很多關於礦物水的書籍。

格·恩·卡敏斯基在水文地質學方面進行了巨大的科學研究工作，他編著了很多有關水文地質學的手冊（〔地下水動力學〕等）。恩·科·伊哥拉托維乞研究了地下水垂直分帶的原理，這對於為各種不同目的而探尋和評定地下水來說是十分重要的。恩·伊·托爾斯其金著有〔岩石圈凍結帶的地下水〕一書。

還可以舉出很多在研究地下水方面、在發展科學的、實用的水文地質學方面起了很大作用的蘇聯學者和工程師。

自然界中的水

水在自然界中有三種物理狀態：液態，固態和氣態。在溫度、氣壓和其他因素變化的影響下水就會由一種狀態變成另一種狀態。

在大氣中水呈水滴狀態（雲，霧，雨）、固體狀態（冰，雪和冰雹等晶體）和氣體狀態。空氣裏的水蒸汽開始凝結為水滴狀態的溫度稱為露點。

空氣中水蒸汽的含量不是固定不變的，它決定於溫度、壓力、季節和晝夜、地形、土壤特性以及植物的多寡。就其中水蒸汽的含量來說，

標誌空氣的特徵的就是〔濕度〕，濕度又分爲〔絕對濕度〕和〔相對濕度〕。

絕對濕度即在一立方公尺的空氣中水蒸汽的數量（以克表示）或空氣中水蒸汽的張力（以水銀柱公厘表示）。蒸汽數量 Q 和其張力 E 之間的關係可以下列公式表示：

$$Q = \frac{1.06}{1 + \alpha t} E \text{ 克,}$$

式中 $\alpha = 0.004$ ——空氣體積膨脹係數；

t = 空氣溫度。

在 0° 時 $Q = 1.06E$, $\frac{Q}{E} = 1.06$ 。

在一立方公尺空氣中實際觀察到的水蒸汽量 Q_1 與在同溫度同空間飽和狀態下應有的水蒸汽量 Q 之比稱爲相對濕度。很明顯，相對濕度的數值經常都是小於 1。爲計算方便起見它一般都用百分比表示：

$$P = \frac{Q_1}{Q} \times 100\%.$$

現在計算空氣濕度都使用專用的儀器：毛髮濕度計，自計濕度計，乾濕球濕度計。

毛髮濕度計用於測定氣溫在 5° 以下時的相對濕度。此儀器（圖 1）爲一長方形的架，在其上部分固定着已脫脂的人髮。毛髮的末端繞過固定於架下部的滑輪並以專用的小重錘拉緊，在滑輪的軸上固定着一根針，針末端沿着 0 至 100 的刻度盤移動。

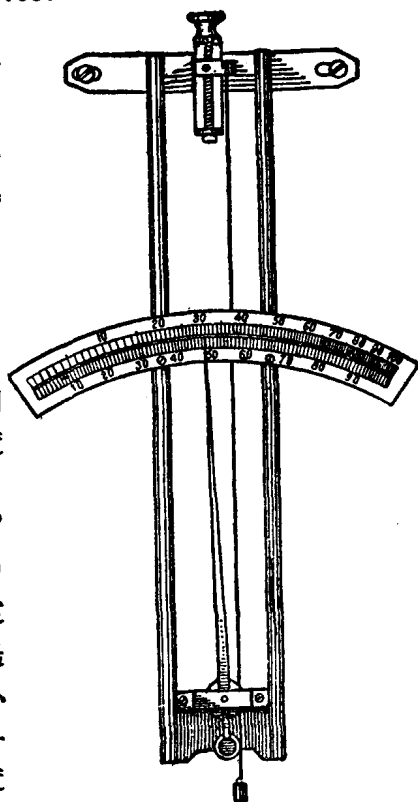


圖 1 毛髮濕度計

儀器作用的原理是根據濕度變化時毛髮伸長和縮短的特性。濕度增加時毛髮伸長，此時在小重錘的影響下滑輪向右轉動，同時針的末端沿刻度向同一方向移動。濕度降低時毛髮縮短，針開始向左偏。

自計濕度計（圖2）用以連續記錄空氣相對濕度的變化，在此儀器中的感應部分亦是脫脂的人髮。一束毛髮水平地固定在兩個金屬支柱之間，在中間部分以小鉤拉緊。小鉤藉小手柄系統與末端安有筆尖的針相連結。

在濕度變化時這束毛髮伸長或縮短，因而針的末端上升或下降。此時，針上的筆尖沿轉筒的紙帶移動，此轉筒被發條帶動着旋轉，針在紙帶上畫出曲線，曲線表示在觀察時期每一瞬間空氣的相對濕度。

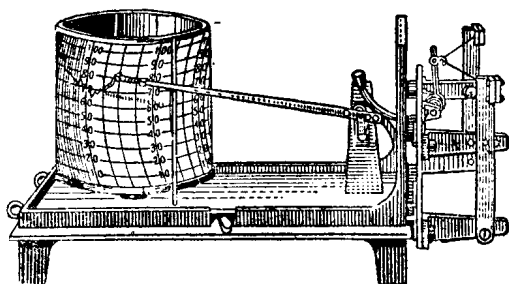


圖2 自計濕度計

關於這種儀器的作用情況在氣象學教科書內敘述較詳。

用乾濕球溫度計測量空氣濕度的方法如下：

兩個刻度等於 0.2° 的溫度表垂直地、並排地固定在鐵架上（圖3）。一個溫度計叫做「乾球」，用於測定空氣的溫度；第二個溫度計的水銀球上用細紗布包裹，細紗布的下端擰成帶狀，通過蓋上的小口放入盛有蒸溜水的小杯內。水沿細紗布的毛細管上昇，並浸濕溫度計的水銀球，所以此溫度表稱為「濕球」。除蒸溜水外，不得使用別種水，因為在其他水內含有各種鹽分，它可

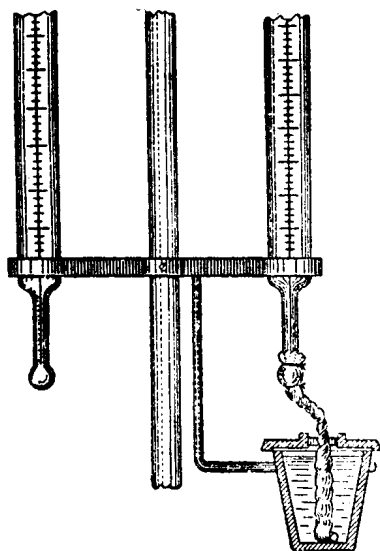


圖3 乾濕球溫度計

能沉澱在布上，而破壞了毛細管現象。

由於水從「濕球」的水銀球表面蒸發，所以此計上的溫度經常比乾球溫度表低。這樣，空氣愈乾，蒸發得愈多，從而兩個溫度計上溫度差也愈大。因而，根據從「乾球」上和「濕球」上看到的空氣的度，就可用專門的公式求出空氣的絕對濕度和相對濕度。

此種濕度計當氣溫在 -5° 以上時可用之。關於濕度計詳細的材料可在氣象學教科書中找到。

相對濕度不是常數，它隨地區的溫度和地理情況而變化，沙漠中其數值最小(10—30%)。

絕對濕度也不是常數，它在一天的過程中和一年的各季節中都在變化着：它隨高度而迅速降低，由赤道向兩極亦漸減。

在空氣的一定溫度下（露點），空氣中的水蒸氣飽和並開始凝結，變成液體或直接變為固體（溫度激烈地改變時）。

使水蒸汽變為液體或固體不僅要冷卻，而且在空氣中要有微細的固體質點（被風捲起的灰塵，火山噴出的極細的顆粒，沒完全燃燒的物質等）做為凝結的核心。所組成的水滴的大小決定於此凝結水蒸汽的質點的大小，其範圍介於 2.5×10^{-4} 至0.5公厘之間。

空氣中的水滴經常運動着，水滴與水滴相碰則合成大水滴。這些水滴克服了空氣的阻力，便形成雨，或在溫度低時形成雹、霰或雪，而降落到大地上。

觀察證明，水蒸汽的凝結不經常都引起液體的或固體的降水。凝結的結果決定於發生凝結現象的空氣層的電力情況。如在隣層的空氣中有帶同性電的水滴時，彼此則必相互排斥，體積並不增加，此種情況只能形成雲彩；當其帶異性電時，則相互吸引，體積增大，最後成為雨而下降。也有這種情況，即從雲中下降的水滴尚未到地面時，就在中途遇到的乾燥空氣層中蒸發了。

在地面上，水呈液體或固體狀態位於洋、海、湖、河中，並呈冰雪狀態位於大陸上。根據許多研究者的資料估計，呈液體狀態存留於地表面上的水達14億立方公里，呈固體狀態的佔400萬立方公里，水的總面積佔地球表面的72%。

觀察證明，由於太陽的照射，地表面和大氣之間經常有熱交換的現象。使大氣變熱的熱能大部分是來自地面的，同時地面的給熱量每天每季都在變化着，這決定於很多因素（地形，岩石特性，植物，地區的緯度等等）。

大氣晒熱的過程如下：在白天被日光晒熱的大地所發出的熱能傳至距其較近的空氣層，此時，很顯然，大地晒得愈熱，則它傳導的熱能也愈多。因為暖空氣比冷空氣輕，下部晒熱的空氣層開始向上昇，而上部的冷空氣則下降至該空間，此冷空氣再根據晒熱的程度昇向較高的層去，這樣便產生了對流。這種對流約制着地表的熱能向大氣移動。

空氣亦在水平方向運動。引起此運動的原因是土壤晒熱的程度不同及地表的不平。

空氣和土壤的晒熱程度是以溫度計算的。地表上空氣溫度的變化相當劇烈，位於南部海岸的一些地區，地表溫度的變化幅度夏季為 40° ，冬季為 12° 。

溫度變化幅度是以地形為轉移的，在河谷比在丘陵地帶要大；在江河地區或沼澤地帶溫度變化幅度不大，這是因為水比陸地晒熱得慢，而且導熱也較慢。離地表愈遠，受地表導熱的影響也愈小，空氣溫度的變化幅度亦隨之降低。

空氣溫度用各種不同的溫度計測定。

根據溫度計內裝的物質，溫度計分為帶液體的（酒精）、帶金屬的（水銀）和帶氣體的（氫氣的）。



圖 4

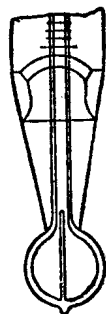


圖 5



圖 6