

天气预报基础



緒 論

一、天气与天气学

地球外围包围着一圈厚达1000千米以上的空气，这圈空气称为大气。气象学就是研究大气圈内所发生的一切大气现象及过程（主要是物理现象及过程）的规律，并使其直接和间接为生产、国防、人民生活服务的大气科学的总称。

这些大气现象及过程，可用气象要素及其空间分佈和时间变化来表示。气象要素包括气压、温度、湿度、降水、云状、雷暴、光、电、辐射等。

一般人们所称的天气，是指天气现象与天气过程的总和。天气现象是某一时刻，某些或全体气象要素的空间分佈的总和，如晴、雨、降水、大风等。空间的范围可以小至几个平方公里，也可以大至几百万平方公里以上；可以贴近地表，也可以远达高层大气。天气过程是天气现象及其空间分佈的时间变化，如降水区的移动，降水强度的增减等。天气过程的时间长短不一，短的如几小时的云、温度……的变化，长的如10天或15天以上的长期天气过程。

天气过程又可按周期性与非周期性来划分。周期性天气过程，如年变化与日变化，是由地球公转与自转的天文因素的影响所形成的。非周期性变化，如寒潮、台风、阵雨来临时温度与降水量的变化，则主要是由于大气本身情况所决定的。非周期性变化叠加于周期变化上复杂、多变，对人类生产、生活活动影响重

大，所以它是天气学研究的重点。

天气学是将大气中所有天气现象及天气过程，结合不同的地理和季节条件，综合起来分析探讨其规律（天气分析），推测其未来发展的趋向（天气预报），并使其服务于人类活动（天气服务）的科学。所以天气学又称为综合气象学（Синоптическая Метеорология, Synoptic Meteorology）它是气象学中发展比较快，比较成熟的一个独立部门。

气象学中尚有許多其他部门；气候学、大气物理学、动力气象学、以及带有专业性的农业气象学、海洋气象学、航空气象学等等。

气候学是研究多年平均天气现象的形成与其地理分布，以及这些平均天气现象在更长时间内的变化的科学。它着重服务于远景规划和基本建设。天气学和它的区别是在于天气学着重研究短期天气过程，主要服务于日常的生产活动。由于长期天气预报随生产的需要而日益重要，在研究长期天气过程方面，天气学与气候学之间的联系更密切起来，因而逐渐形成了一门天气气候学的边界科学。

动力气象学是以流体力学，热力学为基础研究大气状态和运动的理论气象学，动力气象学的成果已日益增加地应用到天气学中去。由于近代高速电子计算技术的发展，目前已能进行数值天气分析和数值天气预报，因此天气学与动力气象学密切结合是今后发展的必然趋势。

大气物理学是利用物理规律和近代物理研究方法研究大气中物理现象和物理过程，并且讨论对于大气过程的积极影响的科学，大气物理学的成就不仅有助于天气中许多天气现象和天气过程获得物理的解释，而且由于大气物理研究的对象是比较广泛的，今后将不断地提出新的成果充实和丰富天气学的内容，更快地向前发展。

天气学是一門实用性較强的綜合气象学，分析研究大气中各种天气现象和天气过程的规律的目的是为的能利用这些发现的规律来予报未来的天气，以便为生产更好的服务，但是一般的天气现象和天气过程予报，并不能滿足各种生产的需要，所以天气予报还要密切結合各个生产部門的特点，提供各种专业的天气予报，因此逐渐形成了各种专业性的气象学，如农业气象学，海洋气象学，航空气象学等。

现在天气学的内容远比本世紀40年代的内容丰富得多，所以天气学内容要逐漸轉移到以天气予报为中心，本門課程名为天气予报基础的目的在此。

二、天气予报服务的对象与組織

天气予报是一門服务性的科学，世界大多数国家都有天气服务組織，所不同的是在于为谁服务。在資本主义国家里服务对象是大資本家，大莊园主，以及鎮压本国劳动人民和侵略其他国家的軍事部門；在社会主义国家里服务的对象是劳动人民是为提高人民物質文化生活的生产建設服务，由于服务的对象不同，服务的組織形式也有差別，服务組織是指天气情报的收集与集中，天气予报的补充与訂正，天气情报的收集主要依靠专設的气象台站網，一般陆地上地面台站的距离不超过100公里，高空测站不超过300公里。地面观测的时间每天至少四次，即在世界时00⁰⁰，06⁰⁰，12⁰⁰，18⁰⁰；高空的时间每天至少二次，即在世界时00⁰⁰，12⁰⁰，这些台站分佈在世界各地，每天經常进行观测，每次观测的结果立即編成电碼传送到情报的广播中心，广播中心在集中指产地区的情报后，按时轉播，供各地气象台抄收。上級气象台在抄收广大地区的天气情报后，将电碼轉換为数字或规定

符的号，填在专制的地面或高空的天气图上，预报员根据天气学的原理对这些天气图加以综合分析，制订出当前生产需要的天气预报，通过广播中心广播出去，供各地气象台站参考。各地气象台站再结合本地区的补充情报和天气经验，更具体制订本地区所需要的天气预报，供生产部门参考。国际上一般的惯例，气象台与气象站有明确的分工，前者负责预报服务，后者负责经常观测，累积资料。

我国在社会主义革命取得决定性胜利以后，气象业务在总路线，大跃进，人民公社三面红旗的光辉照耀下，制订出以生产服务为纲，以农业服务为重点的气象业务方针。考虑到我国幅员辽阔，地形复杂，天气变化和作物生长的地区性强，各级党委和生产部门，为了便于领导生产，特别是农业生产，迫切需要一个得心应手的气象参谋，因此根据行政体制，确定组织专专有台，县县有站，社社有哨，队队有组，能适应农业生产大跃进新形势的广大气象服务网。因为我们服务的主要对象是人口占80%以上的农村，农业又是我国国民经济的基础，如果按照国际惯例，只是通过设在城市和港口的气象台为广大的农村服务显然是办不到的。建立了国家台站与民办哨组相结合的服务网，使广大群众参加到气象事业中来，使天气预报与生产更加紧密的结合，天气预报服务的質量就大大地提高了。事实证明，在同1959年和1960年连续两年持大自然灾害的斗争中，天气预报服务在农业生产第一线上了积极的作用，例如1960年山西翼城县遇到二百多天的大旱，同时还受到大风，霜冻等自然灾害的侵袭。三月间，县委根据县气象站旱情预报和各公社哨组的查墒结果，掀起了群众性的长期抗旱的高潮。全县扩大浇地面积65000亩，保证了玉米，棉花等春播作物的适时播种。四月间，又根据将有一次严重的霜冻预报，动员群众进行防霜护苗工作。仅根据一个公社的调查，就有30000多亩麦田安全渡过终霜冻，县委还根据四月上旬将有一次小雨的

予报，发动群众在雨前为 89000 多亩麦田追了肥，充份发挥了肥料的效益。这样，全县终于战胜了特大自然灾害，夺得了丰收。

三、天气学发展简史

天气学研究的是天气现象与天气过程的规律，所以天气图是研究天气学的一个重要工具。最早的天气图出现约在 1816 年，是德国 H. W. Brauer 所绘制的。他用的 1783 年欧洲，俄国格林兰，北美洲共 39 个观测点的气压和风的资料。这只是事后研究用的天气图。在欧洲利用当天资料绘制的天气图约在 1857 年，最早发布每日天气公报和海上风暴电报约在 1860 年。

天气图的绘制与予报服务显然与电报的发明有很大的关系。在电报技术未实用以前，天气予报的工具是局地气象要素的时间剖面图。利用这种工具，第一个对天气作系统的研究的是德国 H. W. Dove，他在 1840 年以前就提出了中纬度的天气变化是由来自赤道的赤道气流与来自极地的极地气流交互作用的结果。他相信所有风暴也是在这种情况下才会发生的。由于单站分析方法的限制性很大，也使他得出了一些错误结论。这个方法主要缺点是不能全面的认识天气过程的发生和发展，因而也无法用流体力学和热力学的基础应用到所讨论的问题中去。所以 Dove 的工作，包括他的正确的一面，不久就被人们所遗忘了。

从 1865—1915 五十年内，天气学中注意力主要集中在移动性低气压问题上。苏格兰的气象学家 Abercromby 在 1887 年总结了过去 20 多年来对移动性低气压的经验（包括天气谚语在内）提出了一个平均的气旋模式。1906 年 Lempfert 和 W. N. Shaw 用空气质点轨迹法找出气旋中槽线两侧的气流来自不同的源地，并且提出一个简单的气旋理想模式。在第一次大战以前，天气图上所用

的观测站是不多的。分析时只用气压和風。天气预报是根据气压场的外推。一般简单地識为低压或者气压下降总是与坏天气相伴而来的。1918年 V. Bjerknes 等为了漁业生产的需要，在挪威南部組織了比較稠密气象站网，这时已經有条件詳細分析大气不連續現象的問題，不久他們提出了极鋒学說，給天气带来了一套新的分析预报方法从1918至1928十年內，挪威学派关于气旋与鋒的关系，气旋的結構和气旋生活史的模式，以及气旋中的能量轉換等問題做出了极重要的貢獻。尤其重要的是利用这个新的方法，比較順利地解决云和降水等预报問題。但是气旋和鋒的发生和发展是对流层中大气环流变化的产物，所以要充分了解大气三度空間的結構后才能比較全面地解决气旋和鋒的发生和发展的問題。所以挪威学派的鋒面气旋的模式不能概括对流层中气旋和鋒发展过程，也沒有解决气旋和鋒的发生和发展的問題。

远在十八世紀中叶有些国家已經开始試用風箏，汽球和載人風箏，气球探测高空的气压、溫度、湿度，但观测的資料只能供事后研究之用。只有到无綫电探空仪发明以后，每天高空天气图的分析才变为可能。最早高空图的出現是在1933年，英国，美国，德国几乎是同时采用的。距无綫电探空仪的施放成功不过五年多。高空分析方法的发展促使天气学进入一个新的时期。探空資料开始从观测获得时，立即用来制訂有关云的結構，陣雨、雷雨、雾及地面溫度的预报。有了高空天气图后，大气中的长波、急流的现象也发现了。我們对气旋和鋒的結構以及发生、发展的过程也有了比較全面的知識。同时我們可以利用高空图比較容易地来分析大气中的中期或者长期的过程，因而有可能来制訂中长期天气预报。又因为高空流场比較地面流场簡單的多，稳定得多，使我們有可能用簡化的流体力学和热力学方程来研究大气的状态和运动，进一步實現天气图的数值分析和数值预报。

现在无綫电探空的技术，所能达到的高度一般在30公里以下

或者更低些。由于太阳辐射是大气能量收支的直接或間接的来源，因此高层大气的探測对于研究低层大气的状态和运动具有重大的意义。目前用火箭和宇宙飞船探測高层大气已成为事实，苏联在这方面的成就的偉大，使我們相信不久将来天气学將随着新技术的发展而进入一个更新的时代。

我国自古是以农立国，农业与天气的关系本来是十分密切的。所以远在殷商时代，黄河流域的人民已經具有比較丰富的农业气象知識。根据近人考証，易经乾坤二卦爻辞实际上是殷墟所在地劳动人民留下的黍的播种期到收割期間的月令。月令的时间是以选定的星座的天空位置为标志。关于殷墟时代劳动人民的天气知識，在殷墟卜辞中有很多的記載，虽然他們对于未来的風雨阴晴是問天，但是也沒有忘記从生产实践中总结天气經驗，我国几千年来遺留下的农諺是极其丰富的。由于长期在封建統治階級的压迫下，劳动人民的积极性不能發揮，有些时代虽然也有少数的科学家有所創造发明，或者將群众的經驗总结提高如张衡，沈括李时珍等人，他們兩成就有的只能变为封建帝王御用的装饰品，不能用来为劳动人民生产服务，得不到更进一步的发展。

我国最早的气象台是法国天主教会传教师在1873年建立的上海徐家匯天文台，1906年开始繪制中国天气图。主要是为帝国主义商船、軍舰服务。国民党反动派統治时期，虽然建立少数气象台站，也只是为航空和軍事服务。天气预报和预报服务是在中国大陆解放以后才发展起来。解放后我国新的气象事业在党的重視和领导下，在幅員广闊的中国大陆上从事台站网的艰巨的建設工作中，特别是在我国西北高原地区，那里是西来天气系統进入我国的門戶。1954年 月国务院頒佈了“关于加强災害性天气预报，警报及防禦工作的指示”后，我国的有关災害性天气如台风，寒潮，大风，霜冻，暴雨的预报，警报服务工作，以及这些災害性天气过程的分析研究和预报方法的經驗总结，有了比較显著的发

展。此外，与中国有关的大气环流問題，数值予报問題，都取得較好的成就。1958年我国农业生产大跃进的高潮到来，全国天气予报服务的組織形式发生了巨大的变化，与此同时，天气予报技术方法也出现了新的面貌。首先是1958年云南鎮雄气象站創造了单站补充予报方法。这个方法与Dove时代的局地分析方法不同，这是一个与天气圈分析方法，群众經驗相結合的新方法。1959年山西晋北专区气象台又創造了专区分片分县的予报方法。1960年四川省繼續創造了中雨降水的大中小相結合的予报方法。这个方法是从前面两种予报方法发展出來的，具有更完整的形式，是包括省台、专台和县站在內的一个成套的予报方法。为我国今后天气予报和予报服务开辟了新的广闊的園地。

四、当前我国天气予报方法的技术原則

天气予报必須大中小相結合，以小为主。所謂大、中、小天气予报是指大台中央、省（区市）台的大范围予报，专区台的专区分片予报和县站与气象哨組的补充予报。大、中、小予报必須层层补充，紧密結合，才能做出較为切合实际，特别是县气象站和人民公社气象哨比較了解当地的农业生产和地理特点不但予报准确率較高，同时还能密切結合生产的需要。所以在使用天气予报时应以小为主。

因为大气运动规律是极其复杂的，受內在与外在很多因素的影响。即使在同一天气系統（即形成某种天气的一个单位組織）下，由于地理、地形、地面状况等因素的差別，各地的天气变化也会有所差異。因此，天气予报必須把大范围的天气形势和局地特点，有机的結合起来。大、中、小結合的予报方法就是基于这样的原則，这一原則既是予报的技术原則，又是予报服务的原

則，事實證明，這種方法能夠提高予報準確率，做好服務。

天氣予報在時間上分為短、中、長期予報三種：一般一兩天的予報稱短期予報，三到十天的予報稱中期予報十天以上到一年的予報稱長期予報。這三種予報在為生產服務中，都是不可缺少的。並且要相互結合，而以中期予報為重點，即不斷以中期補充訂正長期，以短期補充訂正中長期。長期供戰略參考，中期供戰役部署，短期供戰鬥使用。

為了克服主觀片面和經驗主義的缺陷，天氣予報必須逐步客觀化，即是要將這予報客觀化的關鍵是摸清天氣演變的規律找出天氣予報指標。找指標的原則，是歷史資料、群眾經驗與實況觀測三結合。省台以上主要是找出影響本省地區的大環流型及其影響下的各種天氣過程模式，得出大範圍天氣過程指標；專台則在省台劃分的基礎上，結合本地特徵，確定專區天氣模式，得出分片天氣指標；縣站則在省專台天氣模式的基礎上，利用歷史資料，結合群眾經驗，得出補充予報指標。找出指標不僅在數量，更主要的是在質量。在具體運用的過程中，要反復驗證，去粗取精、分清主次、互相補充、配套成龍、綜合運用。予報指標越精確，予報的客觀依據越充分。

國民經濟各部門對氣象工作的要求各有不同，僅憑一般的天氣予報，情報和資料是不能滿足生產需要的，必須在以農業服務為重點的前提下，針對不同行業對氣象條件的具體要求，逐步開展專業氣象予報服務，使氣象服務緊密結合生產，走向深、細、實。所謂專業氣象予報就是把天氣予報和各種專業生產對氣象要求的指標結合起來。

第一章 溫度及其单站予报

§ 1. 溫度的意义和測量

物体冷热的程度称为溫度，空气溫度的高低对于一定容积内一定質量的空气來說，可以代表它内部分子平均动能的多少，气温愈高，分子动能愈多，分子运动愈快。

衡量溫度的标准，简称温标，在气象学中由于习惯关系，有的国家采用摄氏温标，有些国家采用华氏温标，在我国规定用摄氏(°C)，以大气压强为760毫米时純水的冰点为零度，沸点为100度，其間等分为一百度。此外，还有绝对温标(°K)多用于理論計算。

$$T^{\circ}k = 273.15 + t^{\circ}C \leq 273 + t^{\circ}C$$

測量溫度的仪器称为溫度表，我国常用的是玻璃液体溫度表(液体用水銀或酒精)及双金屬片溫度計。

玻璃液体溫度表是利用水銀或酒精的視膨脹原理进行測溫，双金屬片溫度計是利用焊在一起的綫膨脹系数不同的两种金屬，溫度变化引起形变的原理进行測溫。

§ 2. 輻射 簡 要

溫度高于绝对零度的物体以电磁波形式向四周发射能量，此种发射称为溫度輻射，輻射以光速传播，而不需任何媒介質。輻射按波长分类，輻射体溫度愈高发射的主要波长愈短。地表和大气

1.11-4. V
0.735 0.000075:3 m 10m=104
的能量主要来源为太阳辐射，太阳表面温度高达6000°K，其辐射能量99%集中在波长为0.15—4μ之闞（μ微米=10⁻⁴厘米；）而地表和大气的温度大致在200—300°K之间，其辐射能量99%集中波长为在4—120μ之间，二者相较之下故称太阳辐射为短波辐射，而地表和大气辐射为长波辐射，它们是气象学所注意研究的辐射。

对任何波长的辐射都能完全吸收的物体称黑体（实际是不存在的）。对某种波长吸收能力强的其放射此波长的能力也强，所以黑体也是放射能力最强的物体，黑体辐射的总能量等于 σT^4 ， $\sigma = 0.817 \times 10^{-10}$ 卡/厘米²、分钟、度⁴。自然界中的物体吸收或放射辐射与同一温度下黑体吸收或放射辐射之比K称为该物体的吸收率，K恒小于1，K愈接近于1此物体的吸收或放射的能力愈强。

太阳向地球输送辐射能的功率约为 2.4×10^{18} 卡/分，经过大气时被主要集中在距地25—30千米的臭氧吸收了约5%被水汽吸收了约9%，被空气及水汽尘埃反射散射而返回太空以及由云顶和地面反射回太空的共约为43%（其中云顶反射射入辐射的78%，此百分比又称反射率，无云天空反射及散射率9%，新积雪反射率高达80—85%，陈雪反射率40%，其他土石反射率约为8—15%水面反射率在太阳离天顶不到40°时不足2%，以上所述总平均为43%）。因此传到地表面而被其吸收的只有43%（其中23%是以平行光线形式到达地面的太阳直接辐射，20%是漫射天光，二者之和称总辐射）。地表面向外发射长波辐射其放射能力近于黑体（雪面最高K=0.995，浅草地较少，K=0.84其余多在二者之间）。地面辐射总功率为 2.8×10^{18} 卡/分，其中90%被大气所吸收，10%射入太空。由此可见地表面的长波辐射是大气的主要热源，大气主要依靠水汽来吸收它，云也强烈地吸收长波辐射。

大气也向外发射长波辐射，总功率是 3.2×10^{18} 卡/分，其中65%为地面吸收，这部份称为大气的逆辐射，35%射入太空，地

表面向外的长波辐射，减去大气的逆辐射称有效辐射。夜間的有效辐射表达了地面在夜間的辐射热收支的差额从而大致决定了夜間地表面的降温情况，大气的放射能力在很大程度上决定于水汽的多寡，云的放射能力几近于黑体。

地表和大气除以辐射形式交换热量外，还以分子传导、乱流、水的物态变化收放潜热等方式进行热量交换。

§ 3. 温度变化和影响温度变化的因子

气象学中注意研究大气和地面及土壤中的温度。

一、地面温度：

在大陆表面的空气直接吸收太阳辐射而得的热量，比起它从地面得到的热量来是微不足道的。所以为了研究气温对地面热力情况应先有所了解。

(一)地面温度的日变化：

日出以后地面开始吸收太阳辐射 S ，包括直接辐射和散射辐射，除反射掉一部份日射 R 并抵消有效辐射 E 外，这热量起先主要用来增高地表层温度。及至地温（地面温度）增加至一定程度，高于空气温度及土壤深处温度后，这时就开始了由地面向空气的分子和乱流扩散、对流等热量输送 L ，及向土壤深处的热量输送 B ，及消耗在蒸发上的热量支出（这些传导方式在后面详述），在13时以前它得到的热量大于放出的热量，即 $S > R + V + E + L + B$ 所以地温就一直上升。12时以后太阳辐射开始逐渐减弱，13时后地面热量开始入不敷出，即 $S < R + V + E + L + B$ ，地温就转为下降。及至日落以后，太阳辐射 S 没有了（ R 也没有了），地温就逐渐变得低于气温和土壤深处的温度，因此反倒从它们那里得到热量的供给 $L' + B'$ ，及水汽凝结成霜露所放出的潜热 V' ，然而这种供

給毕竟不能抵消地面的有效辐射, 即 $E' > L' + B' + V'$ 所以地温一直下降直到次日日出再回复上升, 类似这种周而复始的变化称为周期变化, 一天循环一周的称为日变化。

(二)影响地温的因子:

可分为内在因素和外在因素两种:

1. 内在因素:

(1) 土壤比热: 比热又称重量热容量, 是一克重的物质升高 1°C 时所需的热量 (卡)。而每立方厘米的土壤增温 1°C 所需的热量称容积热容量。所以, 容积热容量 (卡/厘米³度) = 重量热容量 (卡/克度) \times 比重 (克/厘米³)

容积热容量除与土壤性质有关外, 还与土壤的含水量及含空气量有关, 含水量愈大, 含空气量愈小, 则容积热容量愈大, 这是因为水的容积热容量远比土壤为大而空气的远比土壤为小之故。所以湿而紧的土壤, 其温度变化比乾而松的土壤为小。

(2) 土壤的导热能力: 土壤的导热能力用导热率来衡量, 导热率: 是在厚度为 1 厘米, 断面为 1 平方厘米, 温差为 1° 的土壤内每秒通过断面的热量, 其单位是卡/厘米²秒。导热能力强的土壤, 将其得到的热量较多地传到土壤的深处, 因此, 用于提高自己的温度的热量较少, 所以其升温较导热能力弱的土壤为小, 同理其降温也较少。导热能力也随土壤的湿度和疏松性 (即孔性, 示空气含量的多寡) 而定, 因空气的导热能力小于土壤, 而水则大于土壤, 所以在其它条件相同的情况下, 干而

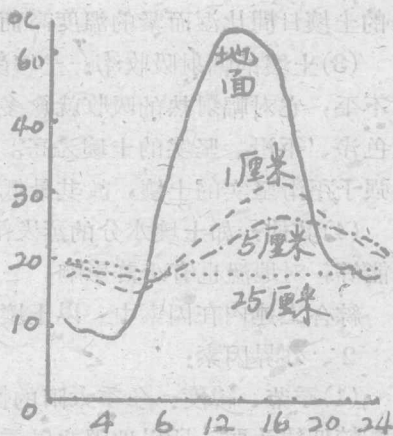


图 1. 北京晴天各深度地温的日变化

松的土壤日間比濕而緊的溫度高而夜間低。

(3)土壤的輻射吸收率：土壤顏色愈深，其表面愈松軟粗糙而不平，它對輻射熱的吸收就愈多而反射愈少，因此其最高溫度比色淺、平滑、堅實的土壤為高。松軟粗糙的土壤夜間對外輻射也強於平滑堅實的土壤，故其最低溫度也低。

(4)其他：如土壤水分的蒸發消耗熱能，有機物的分解放出熱能等，對地溫也有少許影響。

綜合上述內在因素中，以土壤水分的影響最大，空氣次之。

2、外界因素：

(1)季節、緯度：冬季太陽的輻射能較夏季為弱，高緯的輻射能較低緯為弱。所以地溫也隨季節、緯度而變。

(2)地形的影響：北半球早春，南坡比北坡的地溫可高出 $5-8^{\circ}$ 以上，這是因為北坡日射少於南坡之故，而小山的西南坡的最高溫度又比東南坡為高，這是因為東南斜坡受太陽的增暖是發生在早晨氣溫較低之時，並要消耗大量熱能於露水的蒸發，而西南斜坡的增暖發生於午後氣溫高，並且土壤乾燥的時候。

(3)下墊面的影響：植被復蓋對地溫起調節的作用，因為它阻礙地面直接受太陽輻射的增熱。葉面的蒸發，又可減低增溫的速率和數量，所以夏日裸露的土壤，常常比有植被的地方熱 10° ，同時植被又保護土壤不致發生強烈的向外輻射，因此最低溫度是發生在植物的表面而不是在植被以下的土壤表面。

由於雪本身的導熱能力很小，積雪就保護著其下的土壤免受冷卻，但因雪面的有效輻射很大，所以積雪表面的溫度却要比裸露地面的溫度低很多。

(三)地溫的年變化：小緯度地區與高緯地區，地溫一年中溫帶地面的最高溫度通常在七月而最低溫度出現在一月。最高和最低月平均溫度之間的差值，稱為年振幅。年振幅隨

緯度增高而增大例如表 1:

表 1.

	一、月	七 月	年較差 (振幅)
北 京	-4.6	28.8	33.4
上 海	4.6	28.9	24.3
广 州	17.1	31.5	14.4

熱帶的最高溫度出現在夏至以後，最低溫度在冬至以後，年振幅很小，極地的最高溫度出現在 8 月而最低出現在 3 月，這是它冬季的末期。赤道地區有兩個最高分別出現在春分和秋分附近，有兩個最低，出現在冬至和夏至。年振幅一般最小，在海洋上約為 1° ，大陸上約為 $5-10^{\circ}$ 。

二、地中溫度：

(一) 土壤中熱量的傳播：土壤表面得到的熱量要向土壤深層傳播，傳播熱量的多少，常以導熱率來決定。當熱量向深處傳播時，每一層土壤都吸收一些熱量以升高自己的溫度，這樣，愈是處於深層的土壤，其所獲得的熱量就愈少。同理，當土壤表面喪失大量熱量而需要土壤深處向上传送熱量時，愈是深處的土壤其所支出的熱量也愈少。因此，地中某層的最高溫度和最低溫度之差，隨地層的深度而減小。當到達一定深度後，溫度的變動就終止了。在這一深度以下的層次，稱為溫度不變層。溫度沒有日變化的土壤層稱日溫不變層，沒有年變化的稱年溫不變層。

層與層之間的热传导过程需要一定的时间，因此，层次愈深，最高、最低的出现时间也落后愈多。

層與層之間热量传递的速率和数量，决定于土壤的热属性，其中主要的是容积热容量和导热率。土层的容积热容量愈大和导热率愈小，传来的热量用于提高自己温度也愈多，而向上传递得也愈少愈慢，因此温度变化只会发生在不深的层次中。而且較深

20/天

层的最高最低温度出现时间也落后得更多些。相反，热容量愈小和导热率愈大的层次，就愈有很大一部分热量传递给较深的层次，而且传递也较快，因此，温度振幅随着深度减低得较慢，极端温度出现时间落后得较少，而温度的变动也能传到较深处。

解热传导的微分方程，可得以下地温三定律：

1. 当深度按算术级数增加时，土壤中温度变化的振幅按几何级数缩小，例如地表面的日振幅是 16°C ，12厘米深处，其振幅减小为 8°C ，则根据上述定律可得在24厘米深处的振幅应减小到 4°C ，依此类推，在1米深处的振幅只有百分之几度了。由此可见，温度的日变化仅影响到地表一层，在一米深处间，可以说，已经没有温度的日变化了。

2. 当深度按算术级数增加时，最高、最低温度出现时间的落后也按算术级数增加。例如地表最高温度出现在下午1点，20厘米深处最高温度出现在下午6点，根据上述定律可知，40厘米深处的最高温度则出现在夜晚11点，余类推。

3. 不同周期的两种温度振动，当其振幅在不同深度处，有同倍数的减小时，此二深度之比，等于其周期平方根之比：

$$Z_1:Z_2 = \sqrt{T_1}:\sqrt{T_2}$$

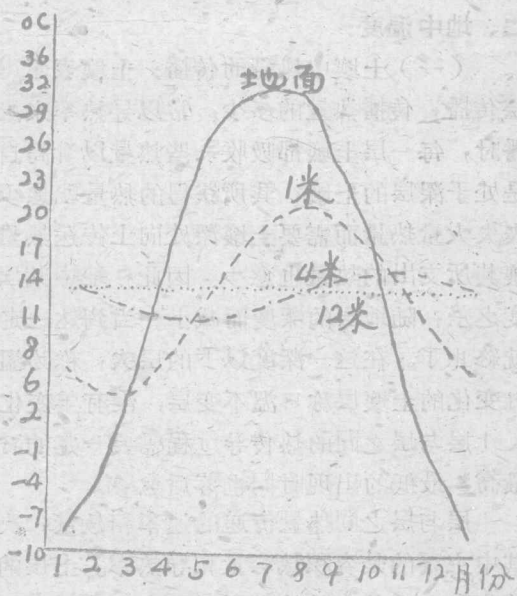


图 2. 北京不同深度土壤温度的月平均年变化曲线