

第一章

绪 论

第一节 暴雨的定义和暴雨研究发展史

一、暴雨的定义

暴雨一般指降雨强度很大的降雨。

气象部门规定，1d（或 24h）降雨量 H_{24} 在 50mm 以上时称为“暴雨”；有时还将其中 100~200mm 者称“大暴雨”，大于 200mm 者称“特大暴雨”。而对 25~50mm 的雨称“大雨”，10~25mm 称“中雨”，10mm 以下称“小雨”。这种划分基于某一个测站固定历时（1d 或 24h）的雨量值，对于各地区之间，各年份（或季节）之间的比较无疑是必要的，因而得到广泛的应用。

由于中国各地区之间的暴雨量差别较大，例如年最大 24h 点（测站）雨量的多年平均值 H_{24} 在广大西部干旱地区，除个别山峰外都在 50mm 以下，戈壁沙漠地区更是在 10mm 以下，长期没有一次超过 50mm/d 的雨量出现。而在华南沿海山丘区， $\overline{H}_{24}$ 有不少地区超过 200mm，台湾省有的山地竟达 400mm 以上，将 50mm 作为暴雨标准又显得偏低。所以有些暴雨较小地区将暴雨标准降低到 25mm/d，而有些湿润地区提高到 80mm/d。此外，也有人提出采用年降水量气候平均值的 1/15 作为当地的暴雨标准。

暴雨的标准还与历时和面积（降雨区范围）有关。有些地点短历时降雨可能导致严重的后果，适宜采用几个小时或更短历时的雨量作为暴雨标准，有些地区则要考虑几天或更长历时的暴雨。由于单一测站的代表性不足，有些单位还选用相邻若干个测站都达到某一标准雨量值的那次降雨作为需要加以分析的暴雨。

从事水利水电工程及河道、湖泊防汛工作的部门，往往将导致某一河段或某一地区内多条河流产生明显洪水过程的降雨称为一次暴雨过程。水文部门选用的暴雨分析对象往往是由其所形成的洪水来决定的，引起全国关注的特大洪水有长江 1954 年汛期、海河 1963 年 8 月、河南 1975 年 8 月以及长江、闽江、珠江、松花江流域 1998 年汛期等暴雨洪水；地方上则关心当地的中小河流暴雨洪水。因此，对于不同的河流和不同的河段，各地区对暴雨的时间长短、面积大小具有不同的暴雨量级标准。这个标准有时大致可与洪水的稀遇程度（重现期）相联系。但由于河段的地形条件、防洪能力等方面的差异，稀遇程度也不是绝对的。

标准。

由于暴雨量的概率分布是连续变化的，因此水利水电部门习惯上规定若干个标准历时（如 1h, 24h, 7d 等）和标准面积（如 100km^2 、 1000km^2 、 10000km^2 等），逐年统计其相应的年最大值作统计参数分析（例如多年平均值、极值、变差系数以及某个频率的值），便于进行地区之间的比较和概率分析。因此，“年最大雨量”也相当于一种暴雨的标准。

本书中一般将年最大雨量作为暴雨进行多年统计分析研究，有时也讨论单站雨量 $H_{24} \geq 50\text{mm}$ 的地区分布；在研究单次大暴雨时，则以一次洪水所形成的降水过程称为暴雨。

二、暴雨研究发展史

（一）降水的描述与观测

中国是个文明古国，对降水的描述和观测都有悠久的历史。据一些史志^[1~3]记载，降水等天气现象的描述可追溯到古代，例如：

（1）《水经注》中记载：上古时期，黄帝游洛水，“天乃甚雨，七日七夜”。

（2）商代（公元前 11 世纪）甲骨文中有雨、云等天气现象的记载，并能区分大雨、骤雨等进行描述。

（3）秦代（公元前 221 年～前 206 年）已有立春、雨水等 8 个节气，并开始要求全国各地地上报雨情。

（4）宋淳祐七年（1247 年），秦九韶所著《数书九章》中记有测雨的器具和具体计算方法。

（5）明洪武十八年（1385 年），在南京鸡鸣山建立观象台。

（6）明洪熙元年（1425 年），制成雨量器，全国各地观测雨量。正统七年（1442 年）已有铜制雨量器。

（7）清雍正二年（1724 年），在北京开始逐日记录天气状况和降雨起止时间，称为《晴明风雨录》（简称《晴雨录》）到 1903 年停记，连续 180 年。雨雪以大、小、细、微等字义标量。

（8）清乾隆八年（1743 年），北京开始设立测候所。现在保存的最早定量雨量观测记录也在北京，始于清道光二十一年（1841 年），但之后有中断。连续观测雨量年数最长的则为清同治十二年（1873 年）在上海徐家汇设立的观象台。

（9）清光绪三十三年（1907 年），徐家汇观象台开始绘制天气图，并开始发布天气预报。

（10）1919 年，上海徐家汇开始使用自记雨量计观测雨量。

（11）1927 年，首次使用测风气球进行高空风观测，1931 年，引进国外高空观测技术。

（12）1931 年，在泰山、峨眉山设立高山测候所。

（13）1932 年，内政部出版《全国雨量及水文报告》。

（14）1953 年，治淮委员会在安徽青沟等地开始设立试验站，1957 年以后，全国各地建立了一批实验站。

（15）1983 年，在江西省德兴县乐安河泊水流域建成了面积 2400km^2 的大型雨量实验站。

（二 暴雨的分析研究

1950 年以前，中国的暴雨分析研究比较薄弱。清乾隆元年（1736 年），绘制了当年二月初二至初五的降雨量等值线图。1916 年，竺可桢利用近代雨量观测资料和科学理论，发表了论文《中国之雨量及风暴说》。1928 年，《中国雨量研究》和 1933 年“全国雨量报告”中绘制了多张雨量等值线图。1936 年，中央研究院气象研究所出版《中国之雨量》。

20 世纪 50 年代，中国的雨量观测站网迅速增加，江河防汛和水利工程建设对暴雨洪水分析提出了越来越多的要求，中国的暴雨分析研究开始飞速发展。

气象部门侧重研究暴雨形成机制，为暴雨预报精度的提高做出了很大的努力，研究成果已反映在众多的著作之中，如陶诗言等《中国之暴雨》（1980 年），章淹等《暴雨预报》（1990 年），以及一批反映地区暴雨的著作。水利水电、铁道、公路、城市建设等部门则以设计洪水计算为主要任务，研究了暴雨的分析与设计计算。

交通建设由于线路长，与之交叉的绝大多数河流为小河，洪水计算基本上由短历时设计暴雨推算，因而在 1955 年开始对点暴雨的雨量历时关系进行了专门的研究。例如铁道科学研究院 1955 年提出了《降雨强度公式及气候系数的制定》，1955～1956 年发表了《小流域暴雨地面径流之研究》；公路科学研究所 1959 年编制了《中国暴雨分区图的研究》。城建部门也在 1973 年编印的《给水排水设计手册》中列有暴雨强度公式的研究内容。

水利水电部门所涉及的河流，流域面积变化范围很大，从几平方公里到百万平方公里，对暴雨研究的内容比较广泛。

大江大河的防洪和水利水电工程规划设计需要分析流域的暴雨特性，并进行设计计算。在流域暴雨特性方面，为配合黄河流域规划的需要，1953～1956 年进行了大规模研究，出版了《黄河流域的降水》。以后进行的其他大江大河的规划工作中都进行了流域暴雨分析。流域内发生特大洪水后，还需进行全面调查，例如 1963 年 8 月海河暴雨；对历史特大暴雨也需进行调查，如 1935 年 7 月湘鄂西部山地特大暴雨。可能最大暴雨的估算是大型水利水电工程必须研究的问题。1958 年，长江流域规划办公室等单位开始了研究。1983 年和 1992 年，水利电力部规划设计院和水利水电规划设计总院分别在成都和长春召开了可能最大暴雨工作总结会和水文气象经验交流会，对大型水利水电工程的可能最大暴雨估算作了深入的总结和讨论。1983 年，詹道江、邹进上所著的《可能最大暴雨与洪水》出版；1999 年，王国安又编写了《可能最大暴雨和洪水计算原理与方法》。

从 20 世纪 50 年代开始，水利部门对中小流域水利水电工程设计暴雨的研究极为重视，北京水利科学研究院水文研究所从 1955 年开始进行了重点研究，1956 年提出了《设计点暴雨量的计算方法》。1958 年，全国开展了大规模中小型水利工程建设，各地在编制《水文图集》、《水文手册》中，设计暴雨是推求设计洪水的主要方法。水文研究所于 1958 年、1959 年相继出版了《中国暴雨参数图集》及其续编，在增补有关内容后，于 1963 年纳入了《中国水文图集》之中。1963 年，中国水利学会在武昌召开了水库设计洪水学术讨论会，全国各地有多篇讨论设计暴雨的论文发表，内容涉及频率计算、时面深关系、设计雨型等多个方面，对多年来全国设计暴雨分析研究工作进行了总结。

1975 年 8 月，河南中部出现了特大暴雨，两座大型水库失事，对国民经济影响极大，引起了各方重视。1976 年 2 月，水利电力部和中央气象局联合组织各省（市、区）编制全国可能最大暴雨等值线图，3 月组成“编制全国可能最大暴雨等值线图组织协调小组办公

室(简称“雨办”)。经全国各地水利、气象部门 800 多人合作,于 1977 年 11 月完成了全国和各地的可能最大 24h 点雨量等值线图、年最大 24h 点雨量均值及变差系数等值线图以及实测和调查最大 24h 点雨量分布图。1978 年 8 月,水利电力部又组织全国进行暴雨洪水分析工作,组成了“全国暴雨洪水分析计算工作协调领导小组办公室”(简称“雨洪办”)。1981~1987 年间,先后完成了中国年最大 1h、6h、10min 和 3d 点暴雨量统计特征等值线图和分布图。这样,在 10 年时间内完成了历时从 10min 到 3d 共 5 种历时点雨量的统计参数等值线图,基本上满足了各种中小流域水利水电工程所需历时的设计暴雨计算的要求■。

年 月,水利电力部成立了南京水文研究所(年改名为南京水文水资源研究所),建所开始就将暴雨研究列为重要课题之一。一方面配合“雨洪办”组织协调全国的设计暴雨研究,完成各历时暴雨量统计参数等值线图,编制了包括 504 次暴雨在内的《中国暴雨历时面积雨深资料》(1984 年);另一方面对雨量历时关系、设计暴雨时面雨型、暴雨季节变化、江西雨量站网密度实验等进行专门研究,对暴雨时深关系,点面关系等计算方法作了改进,特别是在 1979~1988 年期间,重点开展了“中国暴雨特性的研究”(1978 年国家科研重点项目,1979 年水利部、电力工业部 8 年科技规划项目),对与水利水电工程有关的暴雨内容作了全面系统的分析。20 世纪 90 年代以来,为配合大江大河防洪决策的需要,又开展“暴雨演变”等课题,对大范围长历时暴雨的演变过程作了深入分析研究^[5]。

第二节 暴雨研究的意义、内容和方法

一、研究意义

“在人口持续增长和经济迅速发展的情况下,洪水灾害仍然是经济损失最严重、人口伤亡最多和社会影响最大的自然灾害之一”^[6]。随着水利水电工程的大量兴建,水工建筑物本身的安全也受到洪水的威胁。此外,山洪、泥石流等灾害对广大山丘地区的影响也很大,有时还能形成局部地区的毁灭性灾害,因而防止洪水灾害历来都是水利工作的重大任务。

暴雨是形成中国洪水的主要来源,中国绝大多数河流的洪水由暴雨形成^[7],特别是长城以南、西宁以东的广大地区,全年的洪水都由暴雨形成。东北地区北部、新疆阿尔泰山等地冬季积雪在春季大量融化,有时也能形成明显的融雪洪水;西北山地和青藏高原河流,夏季高温时还可能形成融冰洪水。但全国各地代表性河流水文站历年最大的几次洪水成因分析显示,暴雨形成的洪水占绝对多数,即使在西部地区也是如此。例如天山地区 1996 年 7 月下半月,自西向东出现了一次暴雨过程,一些测站最大 1d 降雨超过了 50mm,形成了当地重现期在 50 年以上的稀遇洪水。

暴雨研究对河流防汛和水利水电工程规划设计与调度工作有着重要作用。随着江河治理和国民经济的发展,暴雨研究在水利水电工程建设中的作用日益重要,因为:

(1) 雨量观测站网密、资料系列长。全国基本水文站数最多为 3450 个(1988 年),而观测雨量项目最多为 20566 站(1984 年),雨量站数约为水文站数的 6 倍。各地区在 20 世纪 30 年代一般都已设立了一批雨量站,20 世纪 50 年代初期雨量站网发展迅速,而中小河流的水文站一般设立较晚。因此,雨量资料的系列普遍较长。

(2) 降水受人类活动影响较小。几十年来,大量水利水电工程以及水土保持等小型农田

水利工程的兴建已在很大程度上改变了原有河道的产汇流条件。作为水文计算中历年统计资料一致性的要求已在不同程度上遭到了破坏。不少地区洪水加大；洪峰流量增加更多；洪水最高水位日趋增高，20 世纪 90 年代有些地区竟连年突破最高记录。相比之下，降水的变化还不明显，基本上可认为历年雨量资料的一致性仍然保持，并可作为洪水资料还原的基础。

(3) 降雨资料适宜于地区综合。地形地貌的地域分布有时会有突变，对洪水影响很大，使中小河流设计洪水参数的地区综合受到限制。降雨受下垫面因素影响的程度比较小，每一次降水在地区上都是连续变化的，所以降雨的统计参数在地区上也应当是渐变的。当雨量站网较密时，采用分区或绘制等值线的方法可以较精确地描述雨量特征值的地域变化。中国水利工程数量众多，水库即有 8 万多座，大多工程的设计洪水无法在工程附近的上下游找到可供利用的水文站，利用设计暴雨地区综合资料就成为中小流域设计洪水计算最可行的途径。

(4) 降雨研究可适应大流域洪水预报、工程设计和运行的需求。洪水来源于暴雨，大江大河的洪水预报密切关注暴雨的发生发展趋势，需要分析历史暴雨演变的规律。大河规划需对流域暴雨特性有全面的认识。大型水利水电工程的设计有时需要估算可能最大暴雨，还要考虑流域内干支流及多个水利工程的联合调度，应当了解暴雨随时间和地区的演变规律。

暴雨研究是水文学、气象学、地理学研究的一个重要组成部分。对于各暴雨因子的深入研究丰富了气候学的内容，研究成果的积累逐渐形成了中国的暴雨气候学。

二、研究内容

暴雨研究可分为以预报为目的的暴雨形成、发生、发展的分析以及以水利水电等土木工程建筑设计为目的的暴雨多年统计与设计计算两个研究方向。

大气科学方向的暴雨研究历史比较久远，偏重于研究大气中水汽的输送、辐合和降水的形成等天气分析和暴雨预报方法。即集中研究地面以上大气层中的现象，探讨暴雨发生的物理条件，暴雨发展的过程和机制，形成暴雨的大尺度环流和天气系统条件，还强调对中尺度系统的分析。利用物理量的诊断分析计算，剖析暴雨的形成过程和进行理论计算。除了广泛应用地面和高空探测资料外，还将雷达回波特征和卫星云图作为暴雨分析的工具。暴雨气候特征也是一个重要分析内容。

水文学方向的研究以实用性的设计暴雨研究为主，并探讨暴雨有关因子的分布规律和地形、气象对暴雨的影响。研究重点为降落到地表面上雨量的各种分布规律，适当涉及形成雨量的天气条件以及降雨所产生的洪水过程。研究以流域规划和水利水电工程设计和运行为主要服务对象，同时还需利用暴雨监视和预报为江河及水利水电工程的防汛服务。交通、城建等部门集中研究小面积中短历时设计暴雨，而水利水电部门则需考虑各种大小面积流域所需的各种长短历时、各种面积的暴雨。

水利水电工程所关心的暴雨研究主要涉及流域暴雨特性和设计暴雨。流域规划、设计、施工、运行等阶段都需考虑流域暴雨特性的分析。主要内容有流域气候及降水特性、暴雨主要天气系统、暴雨地区分布、暴雨日数、暴雨雨量历时关系和时程分布、暴雨面积雨深关系与空间分布、季节分布等。流域规划阶段暴雨分析的内容比较全面，相当于暴雨气候分析，但某些方面的研究深度不及设计暴雨阶段。设计暴雨分析的重点则是暴雨量的频率分布和时面深关系。雨量频率分布需满足水利水电工程设计所需的各种设计标准。1994 年制定的

GB50201—94《防洪标准》提出了水利水电枢纽工程的防洪标准，最高重现期为 10000 年或可能最大洪水，山丘区库容在 10 万~1 亿 m^3 的广大中小型水库水工建筑物的防洪设计和校核标准采用重现期为 20~5000 年；而有些城市排水工程还需研究重现期不足 1 年的暴雨。雨量历时研究范围一般为 10min 到 3d，英、美等国研究的最短历时为 1~2min；而长江、松花江等特大江河的特大洪水有时要考虑 2~3 个月的特长历时降雨。

中国大江大河流域数量有限，超过 100 万 km^2 的只有长江；30 万~100 万 km^2 的有松花江、黄河、金沙江、西江；10 万~30 万 km^2 的则有嫩江、辽河、海河、淮河、雅砻江、岷江、嘉陵江、汉江、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江和塔里木河。大多中小型水利水电工程所在河流的流域面积在 1000 km^2 以下，直接分析流域面设计暴雨比较困难，因而暴雨面积—雨深关系研究十分必要。为适应推算洪水过程线的要求，一般需要研究降雨量的时程分布；对于面积较大的流域，还要探讨降雨量的空间分布和时空演变。考虑到水利水电工程施工和运行的要求，暴雨季节变化也是一个重要的研究内容。

三、研究途径和方法

暴雨研究以水文学方法为主，特别重视资料的搜集、分析与综合。由于暴雨的年际变化比较大，短期资料难以取得稳定的成果，因而在分析时强调资料的地理综合方法以及合理性检查，强调暴雨分析成果的地区分布应和地理环境相协调，对暴雨因子的地理影响必须加以认真分析。暴雨和气象学关系密切，单次暴雨的天气分析与综合、地区暴雨特性的气候学解释都是十分重要的，例如西风带天气系统与热带天气系统产生的暴雨特性有着多方面的差异。可能最大暴雨的研究更是与天气分析密切相关。水利水电工程建设所提出的各种对暴雨分析的需求都应予以认真考虑。已经出现的大洪水不但提示了应当分析的暴雨场次，也对暴雨的时空演变研究提供了明确的线索。

研究课题的选择，主要从应用和理论两个方面加以考虑。应用性的研究选择紧密结合生产实际而又偏于综合性的任务，例如配合水利水电工程项目的规划设计、设计洪水计算规范的编制和修订、可能最大暴雨等值线图的编制等。理论性项目则从学科研究规划出发选择暴雨洪水理论的综合研究课题，如中国暴雨特性研究；也可对某一个暴雨因子作单独研究，如暴雨时面雨型、暴雨季节变化等研究。

基础暴雨资料分析工作是暴雨特性研究的重要内容，因此在工作中应注意不断积累暴雨基础分析成果。特别重要的有“暴雨普查”和“暴雨档案”。各地区（省、直辖市、自治区）都对发生于本地区的几十次至几百次大暴雨作了暴雨普查，列举其起讫日期、暴雨中心位置、雨量、雨区范围、环流形势、天气系统、水汽条件等。由此可统计各类暴雨的出现频次。各地区还应对本地区若干次特大暴雨作详细分析，建立暴雨档案（个例分析），除普查项目外，还有时面深关系、降雨过程、等雨深线、暴雨时空演变情况、多层次天气图分析、水汽输送、中小尺度分析、地形影响分析等研究。有了上述基础工作，就具备了进一步进行地区暴雨特性研究和暴雨区划等分析工作的条件。

第三节 暴 雨 资 料

暴雨资料一般指雨量观测和调查资料，广义上则包括暴雨分析所需的暴雨统计资料、综

合分析成果以及气象资料、天气图等。

一、观测站网

水文部门设立的水文站网中包括“基本雨量站”^[1]，在中国各部门所设立的雨量观测站网中站点最多。该站网需满足各地区设计暴雨分析的需要，还要满足水文预报的要求。面上站点布设较为均匀，在山区按不同高程布设。在基本流量站控制范围内均布设有适当数量的雨量站。暴雨高值区设站较密，暴雨低值区和地势平坦地区较稀。在 1979 年的站网规划中，小河水文站是规划重点，小河水文站配置的雨量站网一般较密，例如 100km^2 的小河流域至少需配套设立 5 个雨量站。

中国目前保存有逐日雨量资料的最早雨量观测始于 1841 年的北京，但有多次中断。资料连续观测最长的测站于 1873 年建于上海徐家汇。松花江、海河、长江、珠江以及沿海地区于 19 世纪末有零星雨量测站开始观测。除台湾省以外，1937 年全国有雨量站 1592 处。40 年代受战争影响，雨量站大量撤消，到 1950 年只有 234 站。

20 世纪 50 年代开始大量建站，1960 年全国发展到 5684 站（暂不包括台湾省，下同），1970 年 10154 站，1980 年 15732 站，1990 年 15602 站（以上站数纯为不观测水位、流量的“雨量站”）。1984 年雨量站数为 16734 站，以观测雨量的项目计（即加上水文站、水位站等有雨量观测的站）则为 20566 站，为水文系统观测雨量站点的最多年份。1983 年设有观测雨量项目的测站有 20407 站，平均每万平方公里 21.3 站。密度超过 50 站/万 km^2 的地区有北京、江西、浙江、福建、上海、河南、山东、山西、安徽、广东、江苏、河北，站网密度最小的地区（密度小于 10 站/万 km^2 ）为西藏、新疆、青海和内蒙古。

台湾省 1990 年有流量站 133 站，雨量站 938 站，20 世纪 90 年代香港有自动气象站 160 个，观测雨量的站网密度都比较高。

除了基本站以外，水利部门还有雨量资料不列入水文年鉴刊布的专用水文站、实验站以及中小水库管理用的雨量站。

除水利系统之外，气象、城建等部门也设立了不少观测雨量的站点。气象台站 1949 年为 101 站，1960 年最多达 3240 站，1982 年为 2352 站^[3]。除了地面观测站外，气象部门在 1957 年已建有探空站 73 站，测风站 165 站。1982 年天气雷达已有 200 多部。

中国雨量站网密度仍不算高，平均只有 21.3 站/万 km^2 ，即使东部较密的地区，也只有 50~100 站/万 km^2 ，而日本约为 160 站/万 km^2 ，英国则为 290 站/万 km^2 。

二、观测资料及整编成果

从 1841 年有近代雨量观测以来，观测仪器及观测方法有多次变化。1955 年水文系统开始统一使用 20cm 口径的雨量器，器口高出地面 2m，1958 年改为 0.7m。

观测初期只记录日雨量，在每日的日分界时间观测一次。水利部门以往曾使用过多种日分界时间，1956 年开始以 08 时（时制采用 120°E 的北京标准时）为日界时间，日雨量为当日 08 时至次日 08 时之间的雨量。气象系统采用的雨量日分界时间与水文系统不同。

20 世纪 50 年代，有些雨量站开始观测记录降水的起讫时间及每次雨量，1956 年起，有不少测站改为定时段观测，如每天观测 2 次、4 次、8 次、12 次、24 次不等。

上海徐家汇 1916 年起有每半小时的观测资料，1919 年开始使用自记雨量计。1958 年以

后全国自记雨量计发展较快, 1977 年占雨量站总数的 39%, 1990 年提高到 62%。初期自记仪器绝大部分是虹吸式日雨量计, 每 10mm 虹吸一次。20 世纪 70 年代, 为适应暴雨观测的需求, 四川、浙江省水文总站自制 50mm 虹吸一次的雨量计。80 年代开始使用翻斗雨量计, 每 0.1~1mm 翻转一次, 遥测站、长期自记站也已开始大量采用。

1958 年, 水利部水文局制定了《降水量观测暂行规范》, 1990 年又制定了 SL21—90《降水量观测规范》。

1949 年开始对历史资料进行整编。1958 年水利部水文局按流域水系编制了《中华人民共和国水文年鉴》, 将水文资料统一划分为 10 卷 94 册, 双号册包括降水资料; 1964 年起调整为 10 卷 74 册, 流量、降水并于同一册之中, 一直沿用到 20 世纪 80 年代。

整编刊布的雨量资料主要有各年各站的逐日雨量表和汛期雨量摘录表。50 年代初期, 刊登各次降雨的起讫时间(时:分)及雨量, 1956 年起逐步改为刊布整点分段雨量(最短时段为 1h)。

自 1957 年起, 海河流域水文年鉴开始刊布各站长短历时暴雨量统计表, 历时为 1d、3d、7d、15d、30d 和 1h、3h、6h、12h、24h。1964 年开始全国统一刊布各站各时段最大降水量表一~表四。表一为各站最大 1~30d 雨量, 表二为最大 1~24h 和 48h、72h 雨量, 表三为各站雨量最大的几次降雨的 0.5h、1.0h、1.5h、2h、3h、4h、6h、9h、12h、24h 雨量和最大 48h、72h 雨量, 表四列出了少量测站最大几次降雨的 5min、10min、15min、20min、30min、45min、60min、90min、120min 雨量。1981~1983 年开始改为两张表, 表 1 列出了各站最大 10min、20min、30min、45min 以及(1、1.5、2、3、4、6、9、12、24)×60min 的雨量, 表 2 则列出了最大 1h、2h、3h、6h、12h、24h 雨量, 并将最大 1~30d 雨量列入了逐日降水表下方。

从 1980 年开始, 水利部水文局开始筹建国家水文数据库, 1986 年开始进行测站编码, 1990 年完成了数据库试点, 1997 年开始逐省验收, 投入使用。

三、实验资料

1953 年, 治淮委员会开始在安徽青沟等地设立径流实验站。1956~1957 年, 全国在山西、湖北、安徽、浙江、黑龙江、新疆、山东等地建立了最早一批径流实验站。之后, 辽宁、黄河水利委员会、云南、河北、江苏、长江水利委员会、青海、四川、广东、湖南等也相继建站。20 世纪 60 年代大部分被撤消, 到 80 年代末大约还有 20 多处继续观测。这些径流实验站的流域面积都在 200km² 以下, 每个实验站设立的雨量观测点一般为 10~20 处, 每个观测点平均代表面积为 0.1~10km²[8], 远远小于国家水文站网基本雨量站的代表面积(全国平均约 500km²/站), 对研究暴雨的微结构具有很大意义。但由于试验区总面积较小, 无法研究范围较大的暴雨活动。

中国于 1981~1983 年间在江西省德兴县基本建成了大型雨量实验站^[9]。该站位于江南典型梅雨区(28°43′~29°10′N, 117°31′~118°02′E), 属鄱阳湖水系乐安河支流泊水流域。实验地区总面积 2400km², 平均高程 314m, 最高山峰 1538m, 泊水下游不到 100m。原有雨量站 20 处, 建成的实验站共有雨量站点 209 处, 平均每站代表面积 11.5 km²。其中“中心区”168 km² 内有站点 50 处, 每处代表面积 3.4 km²; “扩大区”1280km² 内有站点 198 处。1981~1988 年间有较密的雨量站网。该站是中国惟一的大型雨量实验站, 为暴雨研究提供

了很好的条件，在世界上也只有美国等少数国家拥有大面积雨量实验站。

四、调查暴雨资料

水利水电工程设计特别需要了解该地区已经出现的最大暴雨。但到日前为止，雨量观测年数比较少，特别是站网很稀，很难观测到真正的暴雨中心雨量，尤其是在干旱半干旱地区。因而中国特别注意将野外调查暴雨作为雨量资料的重要补充。华北、东北 7 个省（区）的短历时（0.5~6h）地区最大调查暴雨记录为 240~840mm，而这些地区的实测最大 6h 雨量为 111.9~487.6mm。同一地区内，实测最大记录只有调查记录的 23%~81%，大多在 50%左右。此外，特大暴雨期间，由于雨强特别大，观测设施出现故障较多，记录不止规，雨后也需核实。中国的调查暴雨主要有三类：

（1）近年实测特大暴雨调查。这类暴雨雨量特别大，对水利水电建设具有重大意义，暴雨中心地区雨量值的精度必须认真考证。1963 年 8 月，海河流域发生了特大洪水，同年 9~11 月间，水利电力部水文局组织 3 个省及勘测设计、科研、管理单位联合进行调查，1964 年刊印了《海河流域南运河、子牙河、大清河水系 1963 年 8 月洪水调查报告》，其中对暴雨中心地区猗 弘等若干站的雨量观测情况作了仔细的调查和分析，提出了处理意见。1975 年 8 月，河南中部出现了特大暴雨，治淮规划领导小组办公室联合水利电力部、气象局、河南、安徽省有关单位共 20 个，在 9 月、10 月间作了野外调查，1979 年刊印《淮河流域洪汝河沙颍河水系 1975 年 8 月暴雨洪水调查报告》。1981 年 7 月，长江上游发生特大洪水，长江流域规划办公室、四川省组织水文、气象机构于 10 月赴野外调查，1984 年刊出《长江流域上游 1981 年 7 月暴雨洪水调查分析报告》。

（2）雨量观测资料稀少地区近年大暴雨调查。1959 年 7 月 19 日，内蒙古自治区商都县张家房子出现了一次局地特大暴雨，给当地造成强烈破坏，事后调查发现降雨历时 3.5h，雨量 620mm，给水文界很大的震惊。之后在干旱半干旱地区多次开展了雨后暴雨调查。在 1976~1977 年开展可能最大暴雨编图工作期间利用的调查暴雨资料达几十次之多。特别是编图工作正进入最后阶段，内蒙古自治区乌审旗木多才当（位于毛乌素沙漠地区）出现了 10h 1400mm 打破原世界记录的暴雨。黄河水利委员会、内蒙古自治区、陕西省等有关单位，组织了 5 次调查，调查地区近 3000km²，能定量估算雨量数据的地点有 44 处，并勾绘出了等雨深线。调查暴雨不但特别适用于基本无资料的干旱地区，即使对南方湿润地区也有用处。特大暴雨发生后，除了国家水文站网的资料要求调查核实外，还需在雨后随即收集当地的非水文系统的观测资料，例如水利工程管理部门、气象、林业等其他部门的资料。

（3）远年历史大暴雨调查。对于远年的历史特大暴雨也进行了调查核实和补充。1935 年 7 月湘鄂西部的特大暴雨创造了中国大面积长历时暴雨多项记录。由于当时测站过稀，精度不够，1968 年，长江流域规划办公室会同水利电力部水利科学研究院、长沙勘测设计院及湖北省气象局作了调查，1969 年和 1975 年又作了补充调查，1978 年提出了《长江流域 1935 年 7 月上旬特大暴雨分析报告》。该调查研究认为真正的暴雨中心在澧水支流溇水上游山区，而不在五峰县城，同时还调查了洪水过程和天气现象作雨量的校核和天气分析，提出了估算调查雨量数值和勾绘等雨深线的方法。辽宁省也对辽西 1930 年 8 月历史特大暴雨作了详细的调查和分析。

第四节 中国暴雨分布简况

一、暴雨多年均值的地区分布

中国年最大 24h 点雨量多年均值等值线图显示, 50mm 线从西藏东南部开始, 沿青藏高原东南部北上, 经秦岭西段, 黄土高原中央, 内蒙古阴山, 延伸到东北大兴安岭。该线的东南方向大多是暴雨区, 均值在 200mm 以上的暴雨高值区有台湾省和华南沿海地区, 其他暴雨较大的地区还有浙江沿海山地、四川盆地西侧和鸭绿江口等地区。该线以西暴雨出现机会很少, 新疆南部、西藏北部、内蒙古和青海的西部广大地区不足 20mm。该线附近平均每年暴雨(指日雨量在 50mm 以上)日数大致为 1d, 而华南沿海地区可达 8~10d 以上, 江南部分地区可达 5d, 淮河、山东、鸭绿江口为 3d 左右。宁夏以西的广大西北地区和青藏高原, 除个别山峰地区外都在 0.1d 以下。

二、暴雨极值的分布

中国暴雨点雨量很大, 短历时部分已接近世界最高记录, 例如河南中部林庄 1975 年 8 月最大 6h 降雨 830.1mm。最大点雨量极值的地区差异较大; 但在东部地区, 南北差异较小。以实测和调查最大 3d 点雨量为例, 台湾的新寮最大, 达 2748.6mm, 广东、海南、福建、湖北、河南、河北的实测最大值以及内蒙古中部、辽宁西部的调查值都超过了 1000mm, 西部青海、新疆的调查值也超过了 200mm。

各历时各面积最大雨量记录显示, 短历时暴雨的极值受地形影响小, 地区分布较为均匀, 北方暴雨一般还大于南方; 长历时暴雨极值都出现在东部地区, 南北方都较大, 主要有台湾的热带气旋暴雨、江淮和海河流域的低涡切变线暴雨, 大多暴雨中心与地形分布有关。与国外同类资料比较, 中国暴雨中心雨量和面积雨量极值超过了美国和印度; 面积较大时, 短历时面雨量小于美国, 长历时面雨量大于美国, 但小于印度。

三、主要特大暴雨

近几十年间, 各地区都发生了特大暴雨。现将代表性大暴雨的降水总量(指某一闭合等雨深线包围面积内的降水量)列举如下:

(1) 东北地区。1958 年 8 月 3~5 日鸭绿江大暴雨, 雨深 100mm 以上的降水量 174 亿 m^3 。

(2) 海河流域。1963 年 8 月 2~8 日大暴雨, 雨深 100mm 以上的降水量 600 亿 m^3 , 暴雨中心獐犸 7d 雨量 2050mm。

(3) 黄河上游。1981 年 8 月 31 日~9 月 6 日间(7d), 雨深 50mm 以上降水量 100 亿 m^3 。

(4) 黄河三花区间及邻近地区。1982 年 7 月 27 日~8 月 3 日间(8d), 黄河、淮河、海河等流域雨深 200mm 以上的降水量 281 亿 m^3 , 河南林县石板岩暴雨中心雨量 1156.3mm。

(5) 长江上游。1981 年 7 月 9~14 日四川盆地大暴雨, 雨深 50mm 以上降水量 414 亿 m^3 。

(6) 长江中游西部。1935 年 7 月 1~10 日湘鄂西部大暴雨, 雨深 200mm 以上降水量 652 亿 m^3 。

(7) 长江中下游。1954 年 6 月 22~28 日特大暴雨, 雨深 100mm 以上降水总量 1270 亿 m^3 , 为全国最大的一次暴雨。

(8) 东南沿海。1963 年 9 月 10~11 日台湾省北部热带气旋大暴雨, 雨深 50mm 以上降水量 191 亿 m^3 ; 该气旋于 12 日再次登陆福建, 又造成浙江特大暴雨。

(9) 珠江流域。1994 年 6 月 12~17 日珠江流域出现特大暴雨, 雨深 100mm 以上降雨量 374 亿 m^3 。

(10) 干旱地区。1977 年 8 月 1 日, 内蒙古毛乌素沙漠大暴雨, 雨深 10mm 以上降水量 45 亿 m^3 , 暴雨中心木多才当 10h 降雨 1400mm (调查值)。

四、暴雨的季节变化

逐月最大 1d 雨量的多年平均值分布显示, 江南、华南、新疆西北部以 6 月暴雨最大; 从东北到华北东部、淮河延伸到云南, 以及新疆东南地区以 7 月暴雨为最大; 东北东部、黄河流域、青藏高原广大地区和台湾省, 以 8 月暴雨为最大; 东南沿海及海南省, 则以 9 月暴雨为最大。

中国全年各月均有部分测站发生 1d 降雨 200mm 以上的记录, 其中 4~11 月超过 500mm, 7~10 月超过 1000mm, 冬季各月的大暴雨仅出现于从云南到江苏一线以南地区; 夏季大暴雨则可出现于绝大多数地区。

海河和辽河流域是暴雨发生季节最集中的地区, 绝大多数暴雨出现于 7~8 月。东北北部和淮河的暴雨集中程度次之, 珠江流域、江南和新疆西北部最为均化。

参 考 文 献

- 1 水利部水文司. 中国水文志北京: 中国水利水电出版社, 1997
- 2 洪世年, 陈文言. 中国气象史. 北京: 农业出版社, 1983
- 3 《当代中国》丛书编辑部. 当代中国的气象事业. 北京: 中国社会科学出版社, 1984
- 4 胡明思, 王家祁. 中国设计暴雨的综合研究. 水文, 1990 (3): 1~7
- 5 王家祁. 中国设计暴雨和暴雨特性的研究. 水科学进展, 1999, 10 (3): 328~336
- 6 徐乾清. 中国的防洪. 见: 钱正英主编. 中国水利. 北京: 水利电力出版社, 1991
- 7 叶永毅, 张敏. 我国洪水的成因和季节性. 中国水利, 1995 (4): 18~19
- 8 王家祁. 国内外雨量站网布设和实验研究工作简介. 水文, 1981 (5): 76~78, 67
- 9 江西省水文局, 河海大学. 中国梅雨区雨量站网密度实验研究总报告. 水文, 1997 (增刊): 2~9

第二章

中国地形地貌与气候

自然地理环境是包括暴雨在内的地表所有自然地理要素所组成的复杂系统，并形成了一个自然综合体，这些地理要素之间互相存在着密切的关系。地形地貌和气候是形成和影响暴雨的自然地理环境，研究暴雨必须先了解中国的地形地貌和气候。

中国位于世界上面积最大的大陆——亚欧大陆（5400 万 km^2 ）的东部，世界最大海洋——太平洋（17970 万 km^2 ）的西岸。西北地区西部接近亚欧大陆的中央，新疆北部东距太平洋、南距印度洋、北距北冰洋各约 3000km，西距大西洋约 6000km。全国南北相距 5500km 纬度相差 50° （ $3^\circ 51' \sim 53^\circ 34' \text{N}$ ），东西两端跨越 5200km，经度相差 62° （ $73^\circ \sim 135^\circ 05' \text{E}$ ），地理环境极为复杂。总面积约 960 万 km^2 ，仅次于俄罗斯和加拿大。

中国自然地带种类齐全，异常丰富多采，从赤道带到寒温带，从湿润区到干旱区，从海平面以下的盆地到世界最高峰，为暴雨研究提供了得天独厚的自然地理条件。

第一节 地形地貌

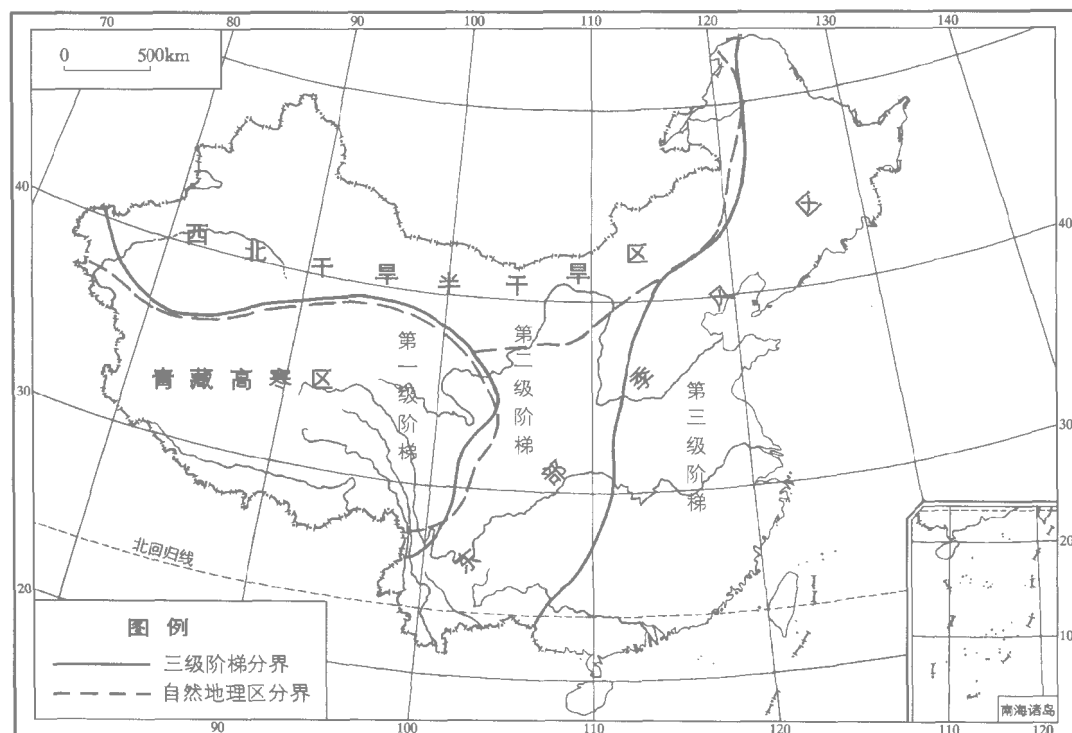
一、三级阶梯

中国地形的总轮廓是以山地为主，平地较少。总体上以西部的青藏高原为最高，东部平原最低，北部则分布有盆地和高原。西高东低的地形呈阶梯状，地理学上一般将之分为三级阶梯^[1]（见图 2-1）。

第一级阶梯为青藏高原，平均海拔 4000m 以上，以昆仑山脉、祁连山脉、横断山脉为界。该区地势高，降水少，基本上很少出现暴雨。

第二级阶梯介于青藏高原和大兴安岭、太行山、巫山、雪峰山之间，其间分布有高程较低的内蒙古高原、黄土高原、云贵高原和塔里木盆地、准噶尔盆地、四川盆地等，海拔一般在 1000~2000m 之间，但吐鲁番盆地艾丁湖湖底低于海平面 155m，该阶梯的东边界构成了中国重要的暴雨带。该暴雨带以西的第二阶梯内，除四川盆地西侧和北侧是中国特大暴雨经常发生的地区外，大多地区暴雨发生次数较少，但偶尔也可能出现短历时局地强暴雨。

第三级阶梯为大兴安岭—雪峰山以东地区，包括东北平原、华北平原和长江中下游平原，辽东半岛、山东半岛、东南沿海和江南的丘陵以及一些山地。中国大多数暴雨区分布在第三级阶梯。



注 本图上中国国界线系按照中国地图出版社 1989 年出版的 1:400 万《中华人民共和国地形图》绘制(以下同)

图 2-1 中国三级地势及三大自然地理区^[1]

二、主要山脉、高原、盆地和平原

中国的山丘区占国土总面积的 43% ,高原占 26% ,平原占 12%。山丘和高原占了主要部分,对暴雨的影响最大。

(一) 山脉

山地对水汽输送和天气系统的移动都有影响,往往是决定暴雨地带分布的主要因素。

山脉的走向主要有 5 种^[2]。东西走向山脉:天山—阴山—燕山、昆仑山—秦岭—大别山、南岭。南北走向山脉:贺兰山、六盘山、横断山脉。东北—西南走向山脉:大兴安岭、太行山、武陵山、雪峰山、千山、武夷山。西北—东南走向山脉:阿尔泰山、祁连山。弧形山脉:喜马拉雅山脉、台湾山地。

(二) 高原

中国有四大高原。青藏高原为世界最高和中国最大的高原,面积 230 万 km^2 ,占据了大气圈对流层厚度的近一半,其动力作用和高原季风作用大大影响了中国的大气环流。内蒙古高原(34 万 km^2)和黄土高原(30 万 km^2)降水量较小,但有时能出现强烈的局地暴雨,黄土高原还是黄河洪水的主要源地之一。云贵高原是西南暖湿气流的通道,气候湿润,年降水量较大,但暴雨比周边地区(四川和广西)为小。

(三) 盆地

中国的西部有几个大面积盆地,西北塔里木盆地(40 多万 km^2)、准噶尔盆地(18 万

km^2) 和柴达木盆地 (25 万 km^2) 气候干燥, 分布有大面积的沙漠, 如塔克拉玛干沙漠, 面积达 34 万 km^2 。西北地区的水汽主要来源于西风气流, 暴雨很少。西南地区的四川盆地 (26 万 km^2) 底部海拔多在 250~700m, 但周围山地高, 西北和西部在 3000~4000m 以上。降水多, 暴雨大, 是长江洪水的主要源地之一。

(四) 平原

中国的平原面积比重较小, 主要有东北平原 (35 万 km^2)、华北平原 (30 万 km^2)、长江中下游平原 (20 万 km^2)。周边地区紧临第二、第三阶梯的分界山脉, 为中国主要暴雨中心所在地, 如太行山、巫山等, 本身又邻近海洋, 热带气旋侵袭机会多, 因而暴雨洪水灾害经常发生。

三、三大自然地理区

考虑自然地理环境的差异, 中国可分为东部季风区、西北干旱半干旱区和青藏高原区三大自然区^[1] (图 2-1)。

东部季风区位于大兴安岭以东、内蒙古高原以南、青藏高原以东地区。夏季受海洋季风影响, 高温多雨; 冬季受北方冷气流影响, 大部地区寒冷干燥。面积约占全国的 45%, 地面高程一般在 2000m 以下。区内秦岭—淮河是中国南北地理分界线。南方降水多, 暴雨频; 北方降水量小, 暴雨次数少, 但特大暴雨的量级却很大。

西北干旱半干旱区包括大兴安岭以西, 昆仑山—阿尔金山—祁连山和长城一线以北的广大地区, 面积约占全国的 30%, 区内分布有大片沙漠戈壁。本区距海洋远, 受季风影响小, 气候干燥, 降水量小, 暴雨比较少见, 但偶尔可出现局地雷阵雨。

青藏高寒区位于昆仑山—阿尔金山—祁连山以南、横断山脉以西。面积占全国的 25%, 平均海拔在 4000m 以上。高原的地势作用超过了纬度的影响。该区由于地势高, 水汽含量小, 一般没有暴雨出现。

第 二 节 气 候

气候指地球上某一个地区多年间大气的一般状态, 反映平均情况和极端情况, 是多年间各种天气过程的综合表现。具体的气候是与一定的时段相联系的, 气候要素的统计量往往随着阶段的转换而发生气候变化。世界气象组织规定 30 年为整编气候资料的时段长度, 最近 30 年的气候可以认为是现代气候^[3]。

一、中国气候特点

中国气候的特点主要有季风气候明显、大陆性气候强烈和气候类型多样化^[2]。

(一) 季风气候

行星风系的季节性位移和海陆冷热源作用所引起的季节性风系变化, 使中国成为世界上著名的季风气候区。

9 月左右, 亚洲大陆上形成冷气压, 到 1 月最强, 中心位于蒙古。寒冷干燥的西北或东北季风可达江淮及以南地区, 最强盛时可到澳大利亚北部 (冬季风南界)。夏季印度低压强大, 北太平洋副高也很发展, 暖湿气流在太平洋副热带高压南侧从东南沿海以东或以南深入

到大陆北部及河套一带，湿热多雨。夏季风有三个源地，一支为源于印度洋阿拉伯海的西南季风，经印度半岛影响西南及华南地区；另一支源于澳大利亚北部的东南信风，北上与北半球的东北信风汇合成赤道辐合带；第三支源于北太平洋副热带高压，为影响中国东部地区的东南季风和南季风，可影响中国东北的西部和内蒙古的北部（夏季风北界），8月中下旬达到鼎盛时期。夏季风北上需时4个月，南撤只需1个月。

海陆季风是主要的季风，青藏高原地形的热力和动力作用，加强了季风的发展。四川及云南东部是两个季风区的分界线，线东属东亚季风区，冬季风强于夏季风，季风雨属极锋雨性质；线西属印度季风区，夏季风强于冬季风。季风进退决定了中国降水和暴雨的季节分布与地区分布。大多地区降水集中于4~10月。年际变化大也是季风气候的重要特点。夏季风来到的月份有迟有早，强度也有强有弱，所以容易形成洪涝或干旱灾害。

（二）大陆性气候

与同纬度其他国家相比，中国气温的年较差很大，如东北北部在40℃以上，而西欧则在20℃以下。中国降水量集中于暖季，且变率很大。气候大陆性程度不但西北很高，即使在有些沿海地区也较明显。根据 W. 戈尔琴斯基的经验公式

$$D = \frac{1.7\Delta\theta}{\sin\varphi} - 20.4 \quad (2-1)$$

利用气温年较差 $\Delta\theta$ 和纬度 φ 可计算大陆度 D 。华南沿海 D 小于50，而北方沿海在60以上，干旱地区更在70~80以上。

（三）气候类型多样化

中国国土南北跨度大，拥有赤道带、热带、亚热带、暖温带和寒温带等多个温度带；东西距离长，有湿润、半湿润、半干旱、干旱、极端干旱等不同水分条件的地带；加上从沿海平原到青藏高原的垂直差异，构成了异常复杂的气候类型。

二、大气环流

大范围的大气运动状态称为大气环流，东亚季风环流是影响中国气候最直接的因素。中国四季流场有明显差异^[1]。

（一）冬季

从10月中旬到4月中旬，强大的冷高压位于蒙古、西伯利亚，叠加上青藏高原低温高压中心，使高压势力特别强大。北太平洋阿留申群岛附近为低气压，南部太平洋和印度洋亦为低压区。蒙古高压冷空气向东向南流动，天气寒冷干燥。大陆高空盛行西风，3000m以上高度的西风急流被青藏高原分成南北两支，在140°E附近形成西风带平均大槽，90°E附近高原北侧形成平均脊。

（二）春季

中国上空基本气流在春季由西北风转为西风，地面蒙古高压和阿留申低压逐渐减弱，并分别向西和向东移动，低纬开始建立印度热低压和太平洋热带高压，并不断北扩；同时形成东北低压及鄂霍次克海高压，从黄海到日本形成变性高压区，气旋活动频繁，天气多变。

（三）夏季

印度低压强烈发展，青藏高原近地面变为热低压。北太平洋副热带高压非常强大。中国大陆盛行由海洋吹向大陆的夏季风，东亚以东南风为主，南亚以西南风为主。东南季风可达

内蒙古，西南季风盛行于青藏高原南部、云贵高原西部和珠江流域。

高空环流形势为行星风带北跳，西风带北缩。东亚形成鄂霍次克海脊，乌拉尔地区出现高脊，两脊间为大槽。中国北部上空仍为西风带系统，西部受大陆副热带高压控制，南部则受副热带高压带和热带东风系统影响。夏季东南季风和西南季风来自热带与赤道洋面，高温高湿，有利于降水。地面太平洋高压脊于 6 月中旬由 15°N 北跃到 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ ，形成梅雨；7 月中下旬高压脊再次跳到 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 附近，夏季风盛行于华北。盛夏期间中国大部分地区低空盛行西南风。在西南季风与东南季风汇合的热带辐合带上多热带气旋。副热带高压南缘东风带上常产生东风波，有的也能发展为热带气旋。

(四) 秋季

秋季也是环流的过渡季节，但变化速度快于春季。9 月上旬蒙古冷高压和阿留申低压相继出现，对流层上部副高脊线慢慢南移，西南地区极锋南撤缓慢，产生连绵秋雨。10 月中旬高空西风带迅速南扩，副高脊线撤到中南半岛，东亚大槽重新建立。

在半球或一定地区内大气环流的类型伴有一定的天气特征^[4]。分型主要依据为高空行星锋区急流、长波槽脊位置以及纬向经向环流的不同。北半球中纬西风带可分为纬向型、经向型和阻塞切断型。副热带地区分纬向型和经向型。

三、气候要素

气候要素有气压、气温、大气湿度、风、云、降水、蒸发、辐射等。除降水将在下面单独讨论外，先简述与暴雨有密切关系的其他要素。

(一) 气压

大气的压强称为气压。亚洲地区 1 月份海平面气压的明显高压中心 (1040hPa 以上) 位于蒙古西部。华南沿海为 1020hPa 。阿留申低压则在 1000hPa 以下。7 月份夏季地面气压场的分布主要有印度和中国西南的热低压，中心在 1000hPa 以下，且十分深厚。中国以东太平洋洋面上有强大的副热带高压，中心强度在 1025hPa 以上。这是冬夏两季气压分布的总趋势。

与中国雨带季节变化密切相关的高空气压变化见图 2-2。 500hPa 西太平洋副热带高压脊线位移图明显表示了脊线北进和南退的过程。6 月脊线的北跳表示华南雨季转为江淮雨季，而 7 月的北跳又反映转入华北雨季。9 月脊线南退过程中出现了秋雨。雨带大约位于副高脊线以北 8~10 个纬度^[5]。

(二) 气温

多年平均气温的南北之间差异和平地、高原之间差异都很大，从南海诸岛的 25°C 以上到黑龙江北部的 -5°C ，南北相差 30°C 以上。西部地区青藏高原在 0°C 以下，而北方新疆的盆地达 10°C 以上，则又反映地势对气温的明显影响。

冬冷夏热，气温年内变幅大是中国大陆性气候的一个重要标志。华南和云贵高原气温年较差在 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间，长江中下游达 25°C ，黄河流域为 30°C ，黑龙江和新疆的盆地在 40°C 以上，最大达 48°C 以上，青藏高原则在 20°C 左右。夏季气温地区差别较小，7 月黑龙江和阿尔泰山气温为 20°C ，华南为 28°C ；冬天差别明显，黑龙江北部达 -30°C ，而海南南部为 20°C 。

(三) 湿度

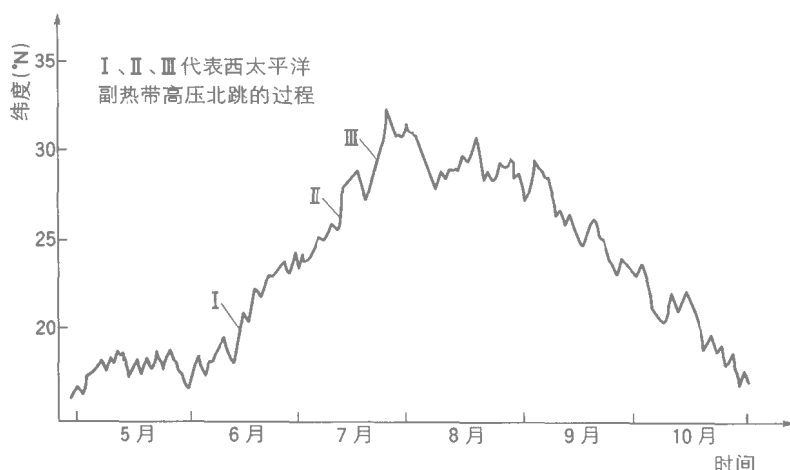


图 2-2 500hPa 西太平洋副热带高压 (125°~140°E) 逐日平均位置
(引自《中国自然地理 第二版》, 1984)

大气湿度表示空气中水汽含量或潮湿的程度。暴雨分析中常见的表达方式有比湿、绝对湿度、水汽压、露点、相对湿度、饱和差等。

比湿 q 为湿空气中水汽质量 m_v 和湿空气质量 $m_v + m_d$ 之比, 以 g/kg 表示:

$$q = m_v / (m_v + m_d) \quad (2-2)$$

式中: m_d 为干空气质量。

绝对湿度 ρ_v 又名水汽密度, 为水汽质量 m_v 和湿空气体积 V 之比, 以 g/cm^3 表示。

$$\rho_v = m_v / V \quad (2-3)$$

水汽压 e 为湿空气中水汽的分压,

$$e = \frac{\gamma}{0.622 + \gamma} p \quad (2-4)$$

式中: p 为气压 (总压强), γ 为混合比, 可由 $\gamma = m_v / m_d$ (水汽质量 m_v 与干空气质量 m_d 之比) 计算。

露点温度 (即露点) T_d 在可能最大降水计算中极为重要, 它是在一定的气压条件下, 使空气冷却到饱和时的温度。

相对湿度为空气中的实际水汽压与同温度下饱和水汽压的百分比。

饱和差为空气在某温度下的饱和水汽压与当时实际水汽压的差值。

年平均水汽压以海南岛的 24hPa 为最高, 长江沿岸降到 16hPa, 华北为 10hPa, 最干旱的地区在 4hPa 以下。年内变化较大, 以长江流域为例, 1 月为 6~8hPa, 7 月可达 30hPa 以上。

极端最大水汽压变化于 10~50hPa, 青藏高原北部仅为 10hPa, 华北平原到长江中下游地区最高, 在 40hPa 以上, 株洲最高达 51.9hPa (1961 年 7 月 11 日) 华南反而较小。

年平均相对湿度在长江以南有不少地区在 80% 以上, 黄河、海河为 60%~70%, 柴达木盆地在 30% 以下。季节变化较为复杂, 长江以南以春季为最高, 华西秋雨区 9~10 月最大, 西北干旱地区冬季最大, 其他地区大多以 8 月为最大。