

丰富的中国水资源

CHINA'S ABUNDANT WATER RESOURCES

黄万里

中国水资源丰富

地球上的水作为人类的资源，用于生活、工业和农业三方面。生活用水最重要，但需要量最少，农业用水最多，但每方水的使用价值则远较生活用水为低。工业用水的需要量和重要性则介乎两者之中。例如，北京市用水，农业占 66%，工业占 27%，生活水量只有 7%。在缺水的地区，农业、工业用水应依次让给生活用水，这应明文载于用法中。所以，所谓缺水是指农业用水。在对给水工程作经济核算时，工程效益也是针对农业用水的。讨论一个地区水资源的数量，主要也是针对农业用水量。

以农业用水为主的水资源首先是当地的降水，其次是当地的地下潜流，再其次是上游汇集到本地的径流。三种水的来源可大致以当地年降水量为主要指标。本文即主要以此指标反映地区的水资源，用来和其他地区作比较。相对于地区实际的有效水资源，年降水量这一指标偏大之处在于它大于灌溉有效降水量很多；偏小之处在于当上游汇流面积很大时，可使通过本地区的外来引用径流很多。

我国各地的降水量按农业用水需要比较是很丰富的。这可从下列几方面来分析。

1. 我国东部平原是广阔的可耕地在北纬 20° 至 45° 之间，近海年降水量自 2 000 毫米向北递减至 500 毫米。北京地处北纬 40° 多，年平均年降水量在 600 毫米左右，与北纬 50° 上下的西欧各国首都

(巴黎 600 毫米，伦敦、柏林、华沙、莫斯科 550~575 毫米) 比较，大致相近，而北纬 40° 的马德里只有 420 毫米。再往南上海增至 1 100 毫米，香港、广州约 2 000 毫米，雨量之多更非欧洲各国可比了。东京有 1 750 毫米，因它原属岛国。美洲西岸濒海的温哥华有 1 050 毫米，旧金山只有 525 毫米；大陆中部丹佛只有 300 毫米；东岸纽约则有 1 075 毫米，因其濒临大洋，地近半岛之故。印度德里地处北纬 28° ，也只有 650 毫米。美国南部新奥尔良濒海，北纬 30° ，稍北于我国广州，也只有 1 450 毫米。

所以，对比世界各地，我国年水量是丰富的，主因是地理位置濒海，纬度较低。至于比纬度相近的其他各地雨量也较多，则另有缘由。

2. 我国雨量充沛的第二个原因是我国季风气候的特征。夏季太平洋高压输送大量水汽进入大陆东部的低气压区，另外有北方高压气流南下，当此干冷气团和东南来的湿热气团交绥成低压槽或气旋，在西风带内东移入海的过程中就沿途降雨。其面积大，强度大，历时又久，是我国夏雨的主要成因。这种东南湿热气候十分强烈，要比西欧西风带内从西边海洋来的温暖气流强得多，故成雨也多。相反，冬季大陆西北干冷气流强烈，横扫全国东部南下，能成的雨雪很少。

另外，夏季从太平洋移动的热带气旋十分强烈，在东部平原登陆形成飓风（或称台风）暴雨，其量亦大，影响延及华北平原以北，而且出现频繁，不减西来气流。这是我国夏雨霪霏的另一主

因。

我国东部离海不远山脉绵延，使上述两种湿热气团容易形成地形雨，也是多雨的一种原因。

3.我国雨量充沛的第三个原因是欧亚大陆实为一洲，西起西经 15° ，东至东经 180° 余，宽度超过半个地球，远远宽于北美洲大陆，而中间西藏高原虽高于北美的洛矶山脉，但南部是平原，且有丝绸之路相通。这样的陆地分布情况使我国大陆气候的强烈性盛于北美，亦即陆海分布造成的夏季东南湿热气流强于美国，从而雨量丰富，盛于美洲大陆。

我国的夏季东南气团可西入四川、陕西，台风影响可西达东经 112° 的荆州，于是离海千余公里的重庆年雨量竟达1075毫米，而美国的丹佛、科罗拉多只有300毫米。芝加哥近五大湖，故还有800毫米。这些地区虽位于西风带，但在我国，强大的东南气团夏季仍能西入内地，使川、贵、陕诸省雨量相当充沛，虽夏冬雨量差异很大，但其总量则较大。西欧和东北美国年内降水虽较均匀，但年总量则较小。

单以当地年降水量作为当地水资源的指标是不够的。假如当地雨量很小，例如非洲埃及开罗年雨量只有3毫米，而尼罗河长约5000公里，其流域面积极其广大，相对于埃及地区和尼罗河三角洲要大几十倍。阿斯旺坝以下灌溉面积达20余万平方公里，在这种情形下，显然从阿斯旺坝导出的年流量可以代表开罗下三角洲的水资源。这些水都是从外地来的。

所以，当地的年降水量是主水资源的指标，它乘以地区面积就是主水资源量；而从外地引来的径流乃是客水资源，其量决定于外地的水文条件。两者皆不可偏废。必须指出，决定客水大小的仍是外地的年降水量，它总是水文条件的主宰。

我国的水资源情况是，不仅主水——年降水量充沛，而且客水也丰富，主要是由于客水的承雨面积大于主水面积几倍。因此，本地降水不够，尽可利用河水。例如长江下游江南一带，年雨量有1100毫米，种两茬农作物水量仍不够。江苏的农民可以随时从河滨里用水车踏起水来灌溉。长江流域总面积达1808500平方公里，合27.13亿亩，其中可耕地约7.33亿亩。这就是除本地雨水外，另有两三倍面积的土地上集流可及时地供应灌溉或其他用水。这样的自然资源条件是很优越的。

黄河郑州以下地形是隆突的三角洲，黄淮海平原面积达25万平方公里，因为黄河两大堤把水流夹

送入海，只有当地的降水供给灌溉，其他虽有太行山各河东北向流出海外，但可提供三角洲平原的水不多。实际上黄河流域有75万平方公里。如果人们一旦认识到黄河必须分流，既可防治洪水，又可淤灌两岸农田，那样黄淮海平原也有三倍的土地面积承受雨水，可以集流分灌来供给各种用水。

所以客水资源丰富，可以补充主水资源之不足，也是我国水资源充足的原由。

中国水资源合适的年内分布

水的用途主要在农业，农作物的生长与结实是按照季节时序的，而降水量在年内的分布也是随着季节变化的。所以水资源的年内分布，主要看年内降水量的分布。及时的降水是指雨降落在农作需水的当儿。这些雨量被植物根须吸收，随后再蒸腾掉的称为“有效雨量”，它只占总降水量的一部分。另外部分则降落在农作不需要的时期，随后便蒸发掉；或下得过大，土壤不及吸收而成为地面径流；或入渗很多使土壤饱和后转为潜流，随后排出为河槽径流，对当地都是无效的雨量。

降雨的年内分布可以反映水资源的年内分布。作物的农时是人们根据降雨在年内平均分布的情形和作物在无霜期内适合生长的条件所设计出来的。一茬、两茬、两茬半的农时，经安排可使作物在气温合适，雨量及时的情形下生长起来。这种安排是人为的，是顺乎多年平均的自然条件的，是尽量迁就当地作物所需气温和自然雨量的。在雨量欠缺的时期，就吸取地下水或从上游引水灌溉。

如果降水大部发生在夏季气温高、作物盛长的时期，而很少发生在冬季有霜、作物不生长的时期，这就是水资源年内分布得合适。我国的水资源年内分布就是这样。这是最好的天然降水分布情况了。显然，这比水资源年内平均分布反而好。所以说，我国水资源不但总量丰富，而且年内的不均匀分布也很合适。

我国降水量年内不均匀分布是由于强烈的大陆性气候所造成的。夏季海洋中强烈的湿热气团深入大陆内地，产生频繁的暴雨，冬季西北强烈的干冷气团驱入海洋，产生全国晴朗的天气。唯有这样的大量雨水（1500~2000毫米）才能种植水稻，其亩产量几倍于西方普通种植的小麦，这才可能支持全国十亿人口赖以生活的农业。如果雨量年内均匀分布，就不可能支持偌大人口。

美国北部气候为温带气旋所控制，每七八天有

一个低压中心由西东去,沿途降雨或雪,冬季也不辍。东北新英格兰六州年内雨量比较均匀,显然冬天的雨雪于农作无用。他们每年只种一季作物,闲着一季种牧草。在西部广大平原农业开发后,美国东部农田甚至全部荒废,自然地变为森林。这是美国地广人稀使然。

西欧平原和美国洛矶山以西海岸为海洋气流所控制,冬季雨量颇多,甚至每发生洪水。这些水天寒无用,有的蓄起来为翌年春夏用。他们也大多只种一季。间着一季可以恢复地力。

我国水资源年内分布存在着一个严重的缺陷:东南部各省和西部四川贵州等省在早春黄梅雨未降以前,小麦等小春作物(阴历十月荆楚天气和暖如春,凡秋季下种者通称小春作物)收割后,田间缺少水来泡湿土壤。在江南,溪沟纵横,可以随时踏车吸水。在四川,须待上游山区融雪发出春水后才能灌地泡田。全部田地须在一至一个半节气(每节气15天)内泡好,以备插秧。这项很大的泡田需水量在限制时段内灌足,是决定引水工程大小的控制流率的根据。在华北平原,人们依据每年无霜期内逐月气温的分布,争取两季农作,把前一茬小麦分为两段时间在两个年份内生长。秋天玉米或棉花收割后即先下种,经过一段绵长的冬眠时间,翌春复苏,从五月到六月初收获。这期间需水殷切,俗谚“春雨贵如油”,却正是全年中最缺水的时段。春灌缺水,全国五月份皆如此。原因是,我国大陆性气候当春季西风 and 东风交换之际降雨较少,而我勤劳的人民一定要利用有限的耕地种成两茬或更多,只在东北、西北地区无霜期过短。才不得不只种一茬。华北越冬小麦隔年分两段时间生长,使六月初收获后接种的第二茬玉米、棉花享有良好的气温、日照和雨量,正是我祖农民创造的奇迹。假使把两茬在同一年内的连续无霜期间耕作,则上述诸气候条件反而不合适,农产将减少。所以,春雨的短缺,是农作在最优的安排下出现的不得已缺陷。假设我国也象美国那样地广人稀,一季粮食,一季牧草,就毋庸这样精打细算地安排农作了。

当然,为了增加单位面积粮食产量,虽在夏秋也需要客水增灌农田,主水资源总量还不够,也总有不及时的情形,而春耕缺水,则是客水资源最起作用,最迫切需要的时候。

至于水资源的年际差异,在我国是很突出的,比其他国家的差异剧烈。这是由于主客水资源都决定于上下游的年降水量,亦即都决定于夏秋雨量。这些雨来自南北两气团的交绥和太平洋的台风,逐

年变化十分剧烈,因此影响到主客年水量也变异剧烈。补救之道在于地下水和水库储水年际调节的联合运行。

增进我国水资源利用量的途径

增进水资源利用量的途径不外开源和节流。水,不论主水或客水,都来自空间降水。人工降雨只能促使本地已有的水汽降落,原子爆炸对于大面积气压的影响不大,都不能增加多少降水量。所以开源无望,只能节流。节流之道就是要对当地和上游汇水区的降水充分利用,以减少排入江河的剩余水量。这水量的多年平均值——年流量,就是那被人们误认为流域水资源的数值。

水资源用途主要是农业,增加水资源用量主要是为了增加农业用水量,其次是首先已满足了的生活用水和工业用水,因此,研究增进水资源利用的途径,应循着降水后入渗、径流、潜流等现象和作物生长中用水情况之间的关系进行。

增加水资源利用的节流之道不外乎涵养水源,调蓄水流和减少蒸发三条途径。总的结果是增进消耗在植物生长中的蒸腾和生活、工业用水中的蒸发,减少径流和地面蒸发,改变自然界水文循环中的平衡方式。

据此,增加水资源用量有下列几种方法:

1.在山区利用地形筑坝修库,调蓄水流,以便及时灌溉农田或供其他综合用水。这是通常采用的方法。

2.在开旷的平原上和山麓下沿等高线广开截水沟,拦蓄地面径流,辅以渗水井,使水蓄入地下,备灌溉时吸取。沟井联合运用,渗水较快。近代辐射井,在井底沿圆周用六道管向四周凿进。水流在高压下速度较大。这种平原沟井渗蓄法国内尚少开展,是重要的地下蓄水法。

山区地面水库要和平原地下水库联合运行。水库蓄满以前可先导水移入地下,以免溢洪弃水。

以上两种方法都属于调蓄水流一类。

3.在春灌时尽量抽取地下水,使水位埋深至少低于地面下3至4米,甚至7至8米,等待接着来的雨季承受入渗的雨水,使最多回升到3或4米埋深。这样做,是因为根据实测凡地下埋深3至4米以下的土壤水不会从地面蒸发掉,可以成为储藏着的水资源,而埋深浅于3至4米的就会白白地蒸发掉,雨季前预先抽低地下水,就是要挽回这份浪费掉的地面蒸发量。

这种运用地下水的方法在河北石家庄地区等久已广泛应用。

预降地下水位，不仅增辟了一宗新的水资源还起了治理洪、涝、旱、盐四害的作用。这项新辟的水资源为量也不小。通常每年总有两三场大雨，其雨水能渗透土壤，占年雨量的 10% 至 15%。对比原来较高地下水位的情况，在华北年雨量 600 毫米的地区，这措施可增辟 60 至 80 毫米的有效年雨量。

4. 在山区造林植草，以涵养水源，增进水文小循环的运动量，从而增进降水、径流和潜流，也增加水资源的储量和动量。

前面讨论的水资源都是指循环运动中降水，径流和潜流各阶段可以转化为蒸腾、蒸发等活的水量。这些活水资源中不包括大气中的水汽，地面上的冰山、湖泊、水库的死容量，以及地下的岩溶水、基岩裂隙水和古河道地下水库的死容量等长期储存的平均水量。但这两类水——活动的和呆定的，可因生态的变化而相互作用，例如植林种草能涵养水源，促进水份循环运动，增加枯水期流量。

讨论我国水资源的供需问题，最好按地区来分别考查。在东南、西南和华南各省，水资源的供应是充足的。长江流域居住着约 3.5 亿人口，每人每年按约 1 500 立方米用水计。每年共用水量约 5 250 亿立方米。在耗掉了这么多水量后，长江出口平均每年还剩余约 10 000 亿立方米。也就是说，长江流域的 15 000 亿立方米水资源只耗掉了其中三分之一，剩余三分之二出海，水资源是极其丰富的。其他华南、西南各流域水资源也很丰富，没有匮乏之虞。当然这都是指多年平均值来考虑的，在极度干旱的年份，历史上记载有饥饿死亡的事实。

在华北，水资源远不如华南充沛，耕地面积虽

大，但气温较低，雨量较少，农作每年仍有两茬，水量当然不够。但黄河每年尚有 300 亿立方米水量入海，说是为了负担输送泥沙的任务。假使运用正确的治黄策略，把水沙输向黄淮海平原，则缺水情况就可大大改善。在东北，平原广大，但气温低，无霜期短，只可能每年种一茬，所以降水量虽少，也足够了。在有客水资源可供灌溉的地方甚至可种水稻，并无水资源短缺的严重问题。在西北，天寒而降水更少，即使种一季作物也难维持，水资源短缺最为严重。

从上述情况可见，我国农作在各地区都是依据当地的农业气候，即无霜期内气温分布和降水量分布的具体条件安排的。这种安排总是使农业用水比平均气候提供的条件要高一些，遇丰水年可收获多些，足够抵销枯水年的欠收，以尽量发挥自然界提供的气温、日照和降水的条件。唯其如此，我国才可能支持偌大的人口。尽管还有许多客水资源未充分利用，在华北、东北、西北充其量加以利用后，它们有限的水资源总量是可能估计清楚的。这些年水量分别除以当地的人口，所得每人每年享有的水量可以反映各地水资源匮乏的程度；但是必须同时指出各地相应的无霜期、气温、日照等条件，才能作有意义的比较。至于华南、东南、西南、水资源在充分满足需要后还有余。把自然年水量除以当地人口，所得即人均年水量，并不能因它少于其他国家而认为我国水资源贫乏；因为我们已经充分利用了水资源还有余。他们地广人稀，故尔河中剩余的水很多，人均年水量很大；相反地，这恰恰说明了我国人民的勤劳和智慧。

本文作者黄万里 (Huang Wanli) 系清华大学水利工程系教授。