



巴西东北部半干旱地区旱灾及洪水治理

——水保实例

Viator Miguel Ponce 著

张自华 译

(四川省水利电力研究所·成都市·610072)

巴西东北部幅员辽阔,属于半干旱地区。包括塞基普州、安拉哥斯、波南姆布克、皮尔、帕瑞波、里奥格兰特等州(参见图1),面积达900 000km²。这个地区经常遭受连续干旱和水灾的袭击。单个的干旱或水灾事件也许对整个半干旱地区作用甚微,但大规模持续灾害可具有非常强烈的影响。部分地区近年来经历了一场严酷的三年旱灾(1990~1993),受影响的接近1 100万人口。

在科学、技术、政治领域内多次讨论了如何有效地治理巴西东北部干旱及水灾的恶性循环这一问题。在1877~1879年的重大干旱之后几个月间,巴西政府颁布了一系列政策与策略,目的在于备水防旱。经历一个多世纪后,随着时间的推移,这些对策和措施也得到了进一步的完善和发展,其目标是对 *Sertão* 地区(表1)旱灾和水灾的恶性循环寻找一个更为持久性的解决方法。“持久性”是指长期的解决方法,它带来的效益有几十年,甚至几个世纪,而不是几个月或几年。结果认为关键在于对土壤、水分、养分以及天然植被的保护,目的是于防止环境干旱气候重复性的螺旋上升,最终使干旱的程度尽量减小,使区域气候变得湿润一些。

1 巴西东北部的旱灾——历史的回顾

资料表明:17世纪,在巴西东北部至少发生了六次旱灾,分别为1603,1606,1614,1645,1652以及1692年(Guerra, 1981; Reboucas and Marinho, 1972)。Cunha (1991)在他关于 *O's Sertões* 的经典论著中,列出了18世纪及19世纪的主要旱灾,分别为:1710~1711,1723~1727,1736~1737,1744~1745,1777~1778以及1808~1809,1824~1825,1835~1837,1844~1845,1877~1879。然而其它研究似乎表明:在 *Sertão* 平均每11年重复发生一次旱灾。在20世纪里,记录的旱灾时期为:1903~1904,1915,1919,1930~1932,1942,1953,1958,1970,1979~1983以及1990~1993年。只是在旱灾发生的范围内有某些空间上的变动。

1877~1879年的旱灾,导致500 000人死亡,促使巴西政府第一次制定政策和措施与干旱作斗争。1881年,法国工程师 J. J. Revy 带领的委员会研究了塞罗的几个潜在坝址,并在1884年授权开始建造昆西达的塞德尔坝。

1909年,巴西政府建立了抗旱工作检查团,在干旱地区协调和统一政府的职责,并形成一个大规模的方案,展开了防御变化多端的气候影响的工作。抗旱工作检查团的第一任负责人梅格尔,阿伦詹德·雷斯堡(Miguel Arrojado Lisboa)提供了一个关于地区土壤、水分及植物资源的基本情况,它对于鲁夫格林与鲁特塞尔堡地区的植物,克伦代尔、瓦林以及毛瑞尔地区的地

理及水文情况的研究仍具有重要的参考价值(Guerra, 1981)。

1919年是一个严重的干旱年,巴西政府制定的3965号法规宣布了一项新的措施:由彼索·爱波坦兹(Epítacio Pessoa)作为主席,在巴西东北部修建了一些必要的灌溉工程展开了抗旱灾工作。1921年10个主要大坝开始修建。不幸的是,随着旱情的缓和,支援抗旱这方面的工作也在削弱。

1932年又是一个干旱年,巴西政府命令在一些受影响的地区修建公共工程。现行的联邦抗旱工作检查团重新受委托集中精力修建坝或水库以及灌溉工程。在这一时期有17座大坝建成。1937年在这方面的的工作又有所缓和,主要原因是认为此间的旱灾不再是一个急需处理的问题。

1958年的干旱后,政府抗旱工作检查团开始在奥诺斯、巴内彼尔以及阿诺瑞斯地区修建一些大型水库。随着骨干水库的修建,政府抗旱工作检查团开始提出修建小型水库的方案,称之为组合式的坝库建筑物。这些坝库多建在私人土地上,联合私人投资,其中联邦投资为方案造价的50%~70%。

1967年,政府抗旱工作检查团设立了乡村工作组,它承担上游山区的小型坝库及水库的修建,地下水、水井、小型灌溉工程以及乡村建设、电气化等任务。然而这项方案并没成功,原因是由于负责执行这项工程的地方负责人对此缺乏热情。

除了修建坝和水库外,地下水的利用在这些区域也成为抗旱的有效措施。在皮安尔的邻近州,沉积层的存在,能使水井每小时产生40 000~50 000ml的水。在许多地方仅一口井水就有可能满足一个小镇的生活用水。而在克里斯泰林努的那些钻井,其情形并非如此,在Sertão地区,岩层多由片麻岩、片岩等变质岩层组成,水质很差,含有过量的盐类,不适宜于人类饮用。而且产水量也很小,大约每小时仅有2 000~3 000ml。

2 目前的概况

100多年来,通过地表水的贮存,巴西东北部抗旱斗争基本取得成功,地表水库已被作为抗旱策略的有力措施。但是这些政策似乎只重视了干旱的防治效果,而对气候的多变性还缺乏深刻的认识。

对巴西东北部地区旱灾及水灾形成的全面研究至今仍在进行。第一层次的分析是在大气层中尺度范围内,人类对此似乎能够利用和改造但无法控制。海洋的潮流、风力环流以及其它因素的影响,对发生在巴西东北部的多变气候有着普遍的影响。

第二层次的分析是在区域尺度,即大型的地形区域,在巴西的东北部,沿海周围的山脉对海洋潮湿的气流起着屏障作用,严重阻碍了大量潮湿气流进入内陆。就象在中尺度范围内一样,人类似乎没有能力来控制这些区域性的因素。



图1 巴西东北部半干旱区旱灾分布图

第三层次的分析是在微域和小区域内进行,微域是一些典型的二级到三级的集水区。相对于微域、微小区域则是一些零星的集水区,例如森林、牧场或农耕地的一块小面积。历史上,就是在这样一些区域内,人类对小气候的改变起着重要的作用。(参见 Denevan 1966年的著名报导:波利维亚的印第安人怎样设法对付旱灾和洪水的情况)。通过几十年和几个世纪的努力,人类能够或好或坏地改变地球微域和微小区域的气候。不幸的是,他们也许不是有意地将环境变得干燥,但环境条件的恶化过程已变得非常清楚。

德国科学家亚历山大温休姆保德(Alexander von Homboldt)在他个人的陈述中,恳切地评论道:“当森林被毁坏时,泉水将全部枯竭或变得枯萎。一年当中有部分时间是干枯的河床,一旦相邻的山峰降大雨时,就会变成汹涌的河流。由于山地两侧低矮灌木丛以及草被和苔藓的消失,雨水在流动过程中不再有阻力,大雨时河水位不再通过逐渐下渗而缓慢上升,而是在山地两侧形成沟槽,带走松动的土壤,形成突发性的洪水而毁灭这个区域。因此森林的破坏,永久性泉水的缺乏以及洪水的发生,这三个现象是紧密联系在一起”。

休姆保德的文章以及它在全球范围的影响无须详细说明,从巴西东北部干旱与洪灾问题很易获知他们的联系。由于 *Sertão* 地区天然植被的变化仍无法控制,地区小范围内的气候仍将经历一个逐渐变干燥的过程,最终导致更为严重的旱灾和洪灾。

3 气候、植被以及人类活动的影响

由于独特的湿度变化以及微小区域气候的差异,巴西东北部成了非常适合于研究气候、植被以及人类活动关系的一个区域。Duque(1973)提出了一个关于干旱区不同生态区的分类,按照湿度上升的顺序分成10个区。这个分类体现了环境湿度的一个系列。的确,一个具有说服力的“现场实验”能够揭露气候、植被以及人类影响范围之间的相互作用。表1表明了巴西东北部几个生态区每年的降雨量以及蒸发与降雨量的比值。这张表说明:作为一个重要的气候指标,蒸发与降雨量的比值受植物类型的影响很大。当植被由旱生植物演变到旱水生植物时,该比值很易于随着大气湿度的增加而降低。

德国植物学家鲁泽尔堡(Luetzelburg)能记录下 *Sertão* 地区的气候、植被及人类活动之间的关系。他观测到:“森林的毁灭,倾盆大雨的冲刷,易导致土壤中有机盐类的流失。外界侵入的物种占据了农耕地,逐渐导致更为干旱的状况。即土壤的干燥仍在上升。以同种方式,又逐渐形成了今天 *Caatinga* 或 *Cerrasco* 地区的植被,而以前这里曾是完全被植被覆盖的原始土壤层。”

气候与植被之间存在着密切的关系。问题在于人类在不同时间和空间范围内的活动对这种关系所能影响的程度。自然环境由于包括大量物理的、化学的以及生物的相互作用而具有复杂性,且收集充分而长期性的基础资料也存在一定的困难,因此对这个问题也不可能提供一个确切的答案。

4 蒸发与植物蒸腾蒸发损失总量

为了解气候与植被之间的关系,我们检验一下中尺度范围内蒸发与植物蒸腾蒸发损失总量以及水量平衡。为了便于理解,现将有关术语定义如下:

(1)蒸发是一个物理—化学过程:指水体、水面及近地面的水分子蒸发到大气中的过程。

(2)植物蒸腾是一个生理过程:指植物从土壤中吸收水分,且通过根、茎输送到上层叶面,然后蒸发到大气中。

(3)土壤蒸发蒸腾损失总量:指蒸发与植物蒸腾的总和。

(4)潜在蒸发蒸腾损失量:指土壤水分在任何时候都处于饱和状态下的蒸发、蒸腾损失量。

(5)实际蒸发蒸腾损失量:指土壤水分处于不饱和状态下的蒸发蒸腾损失量。

在一个陆地生态系统内,蒸发来源于以下三个方面:(1)来自于有植被地表面,通过植物蒸腾;(2)来自没有植被的地表,如裸露的土壤及有一定特征的地方(人行道、房屋顶等);(3)来自水体,如自然湖泊、江河、地表水库及池塘等。然而在水量平衡计算中,术语“蒸发”的用法仅限于水生生态系统的蒸发,如湖泊、江河、水库或海洋的水体。另一方面,术语蒸发蒸腾总量系指陆生生态系统中总的蒸发量,它包括:(1)植物的蒸腾,如来自有植被的地表蒸发;(2)蒸发,例如非植被地表的蒸发及水体蒸发。

5 全球及区域的水量平衡

地球上的陆地流域可分成:(1)闭合流域——与外界流域无水量交换;(2)非闭合流域——与外界流域有一定水量交换。一般来说,地球陆地上一年内的降雨量平均有64%通过蒸发和植物蒸腾又返回到大气中,有34%以径流形式回到海洋中,(例如江河的排泄量),余下2%直接形成地下水流入海洋(L'vovich, 1979)。因此同其他三者(蒸发、植物蒸腾以及径流)相比,后者相对很少,在实际应用中,往往可以忽略不计。

在一个区域范围内,水量平衡主要是由当地的气候决定的。在半干旱地区,蒸发及植物蒸腾总量与降雨量有着密切的联系,蒸发系数可达90%。相反,在湿润地区,蒸发与植物蒸腾总量可能只占降雨量的50%(USDA, 1940; L'vovich, 1979)。在一个半干旱地区,径流量为10%相当于每年仅有50 mm的降雨量;而在湿润地区,径流量为50%相当于每年有1000mm的降雨量,由上比较,我们可以发现两者的差距是多么悬殊。

半湿润及湿润地区的一些沼泽地,与前述例子有些例外。其蒸发与植物蒸腾总量一般都超过降雨量的90%,而径流量却小于降雨量的10%。这是由于地面坡度很小,有利于蒸发与蒸腾,而不利于形成径流。

常规的水量平衡计算并不区分蒸发与植物蒸腾的确切值,而是常常选用其中一个以表示两者的结合过程。一般认为这个结合量偏小,至少应该考虑陆地生态系统。但是,值得注意的是,气候与植被的关系取决于蒸发与植物蒸腾之间的基本区别。在半干旱地区,蒸发占主导地位,而蒸腾量总是小于潜在蒸腾量。相反在湿润地区,植物蒸腾占主导地位,总能持续达到其潜在值,而蒸发仅限于水体。

在一个年降雨量为500mm的半干旱地区,水量平衡可能如下:70%的降雨量用于蒸发,20%的降雨量形成径流。相反,在一个年降雨量为2000mm的湿润地区的水量平衡可能如下:40%的降雨量用于旱生植物、水生植物的潜在蒸腾,10%用于蒸发(主要指水体蒸发),而50%的降雨量形成径流。鉴于沼泽区的特殊情况,其水量平衡可能如下:40%的降雨量用于蒸发(主要指水体蒸发),50%用于植物的潜在蒸腾(主要指水生植物),而10%的降雨量形成径流。

象表1反映的那样: *Seridó* 是一个干旱的生态系统,有很高的潜在蒸发(蒸发与降雨量之比在2.5~5.8之间)因此形成径流量很小。在这种情况下,蒸发高,而稀疏的旱生植被的实际蒸腾却很低。而 *Mata* 地区,是一个湿润的生态系统,有低的潜在蒸发(蒸发与降雨量之比一般小于1.0),因而有较大的径流量。在这种情况下,蒸发主要来自水体,较低;而来自茂密的旱生植被的蒸腾较高,且能达到其潜在值。

图2表明:在 *Sertão*, 由于气候发生变化,水量平衡各因素的曲线变化显示了蒸发与植物蒸腾的潜在量。这个潜在量对于干旱及半干旱地区的生态系统是相当大的,而对湿润地区则接

近于零。因此植物蒸腾与蒸发是截然不同的两个过程。蒸腾是植物生长所固有的属性，而蒸发并不是。蒸腾是地球上生命的结果。而蒸发是在无生命的条件下进行。蒸腾可以促进土壤的形成和保护；能导致粮食及其他对动物有利的植物的产生，能直接维持生命，而蒸发却不能。

有植被的地表及水体的反射率低于无植被的地表。这样有植被的地表及水体能够吸收更多的短波能量，而以长波热量的形式释放，尤其在夜晚，长波热量控制着辐射平衡。气温较低的大气层气流上升，有利于水蒸汽的凝聚和降雨的形成(Balek, 1983)。由于植物蒸腾和水面蒸发，使大气湿度很易凝聚形成降雨，又返回到地面上。而没有植被的地表却不能形成这种情况。植被越茂密，这种循环作用就越明显。

据上述分析，我们得知在干旱及半干旱地区应该应用维持和增加植物蒸腾比率的管理方法。在某种可能的程度上，必须保护自然植被，获得自然(森林)与人类组成的生态系统(农业或城市规划)的平衡。这种比例的增长，通过保护与管理又增加了生态系统生物的生产力，各种类型的生物最终将由此而受益。通过砍伐森林，过度放牧，以及其他形式的土壤恶化，引起了这个比率降低，从而降低了生态系统中的生物潜势，最终危及所有生物。

我们可以看出：蒸发与蒸腾是两个完全不同的过程。正确的做法应对他们分别进行研究，尤其在干旱及半干旱地区的水资源管理方面。

下面是由于人类不合理地利用天然植被，最终导致由蒸发代替蒸腾，通过长期的作用，渐渐地由小到大，导致整个区域的气候变成干旱类型。一般来说，这种变化是由半湿润转化成半干旱，而此地的变化是由半干旱转成干旱。

干旱及半干旱地区不规则降雨导致旱灾不断发生，而往往随后又发生破坏性的洪灾。半湿润地区受旱灾的影响较小，而湿润地区几乎不发生旱灾。在巴西的东北部，Seridó地区的降雨特点是每年有8个月份属于干旱期，而Caatinga地区每年有7~9个干旱月份。但Mata地区每

表1 巴西东北部几个生态系统的平均年降雨量及蒸发与降雨之比

地区	地点	年限	降雨量(mm)	蒸发与降雨比
Seridó	Cruzeta. RN	1993~36	497	5.8
Seridó	Quixeramobim, CE	1912~58	750	2.5
Sertão	Souza. PA	1939~58	750	2.5
Sertão	Lguatu. CE	1912~56	838	2.2
Caatinga	Francisco. PE	1939~58	395	4.8
Caatinga	Paratinga. BA	1947~55	659	3.2
Caatinga	Juazeiro. CE	1940~54	800	2.5
Mata	Ltabaianinha. SE	1945~55	997	1.1
Mata	Aracaju. SE	1945~55	1274	0.9
Mata	Ondina. BA	1945~55	1831	0.5

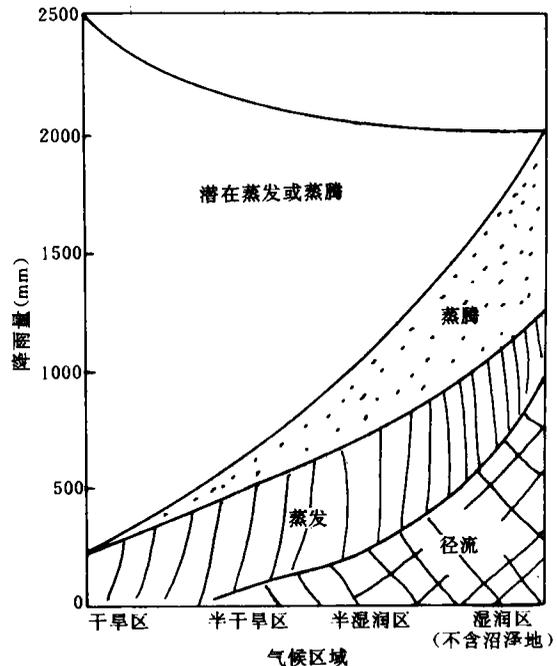


图2 大范围气候状况下的水量平衡图解模型

年仅有4~5个干旱月份(Duque, 1973)。这种季节性变化并不能代表所有的情形,因为日变化性可能更显著一些。Duque(1973)已总结到:在 *Sertão* 地区的一个干旱年是这样的:一个月内的降雨量已达到全年降雨量的一半,且一日内的降雨量又为本月的一半。

6 水保管理实例

在 Silva(1937)的 *Sertão* 地区水量平衡研究中指出:“森林保护着周围空气的清新,森林中的蒸发远小于平原区的蒸发。森林能贮存水分,慢慢释放给周围的大气和土壤。很明显,对于水量平衡,森林发挥着很重要的作用。”

因此,对于一个干旱/半干旱地区生态系统的保护原则应该是保证植物蒸腾的比例,这必须建立保护制度、策略与技术来保护水分、土壤及养分。在一些已由人类活动破坏的区域,保护管理可能起着更为积极的作用,目标是停止和改变这种恶性循环,最终将已恶化的生态系统转变成它最初的稳定状态。

保护土壤、水分及植被是一项复杂的任务,它的缺点是具有区域限制,例如在一些小的或微小区域内它发挥的作用更明显一些。历史上,在这样的区域内,人类作为小气候改变者,起着重要的作用。因此可以说,人类通过治理活动,可以使小气候变得干燥,同样也可以使其变得湿润。这样天然植被不再仅仅是一个要开发的资源,而且也是一种调节气候的天然方式。

在社会领域内,水土及植被的保护是基于联邦、州及地方的政策与法规,目的是在自然生态系统与人类活动之间维持一种稳定的平衡,尽一切力量加强管理。

在技术领域内,水土及植被保护基于以下原则:

(1)避免雨水击溅而引起的土壤侵蚀,这可以在地面覆盖一些植被和落叶来达到目的,从而缩小由大雨而引起的溅蚀。溅蚀不仅使土壤自身减少,而且由于它加大表土的裂隙,产生过大的流失通道,从而带走其它的土壤。

(2)降低地表径流的速度,限制地面径流的潜能,也就是说,防止其经历短的时间而汇集成高势能的径流,缩小洪水,降低地面径流可以施行以下措施:

a. 最好在其表面种植一些短寿命的植被,在有径流形成时产生很大的屏障,且能提高精度和水流深度,从而降低径流速度。

b. 平整地表面,使地面径流坡度降低到一个合理的水平,如采用梯形阶地,小型贮水池塘,或等高耕作,扩大林地以及其他类似的措施。

(3)减少地面总径流量。具体措施可以用植被覆盖地面。植被不仅保护地面不受雨水的冲刷,降低地表径流速度,而且由于活的和死的根系可以截留水分,土壤中拥有大量的微生物改善土壤结构,从而能增加土壤的贮水速度与数量。一般来说,植被的范围和密度越大,地下土壤中生物的作用就越大,植被生态系统的“松软程度”就越好。

总之,对一个干旱/半干旱的生态系统的保护应该保证蒸腾与蒸发的比率,必须施行一些政策及技术措施保护土壤、水分及养分。

一个陆地生态系统的保护管理,是否同时也能增加人类可利用的水资源呢?这个问题的答案仍然是含糊不清的(Balek, 1983)。长期以来,用于植物蒸腾的水越多,结果用于径流的水也就越多。这种累加的影响类似于一种神经机械工具。它能导致土壤生物种类的增加,加大集水区的湿润及地下水的补充。也就是说,用于植物蒸腾的水越多,长期运行的径流也越多。反之亦成立。

为了详细说明这一点,我们对比一下全球干旱/半干旱地区及湿润/半湿润地区的典型径流系数。在干旱/半干旱区其径流系数为0.05~0.2,而在湿润/半湿润区为0.3~0.5,而且在某些情况下可能更高(L'vovich, 1979)。例如里特·弗提斯诺是詹格瑞波河流的一个分支,位于西罗的中心,它的径流系数为0.09。另外,湿润的亚马逊河的径流系数为0.45(Salati等, 1979)。然而湿润地区的植物蒸腾量大大超过了干燥地区的实际蒸腾量。在干旱/半干旱地区起破坏作用的不是植物蒸腾,而是来自没有植被的地表蒸发。因此作为干旱/半干旱的陆地生态系统的保护措施,也是长期气候管理的一个有效的工具。

6.1 研究实例一:亚马逊河流域的降雨及植物蒸腾规律

亚马逊流域面积大约有7 000 000km²,位于南美州的中部和南部,包括委内瑞拉部分区域,哥伦比亚,厄瓜多尔、秘鲁、玻利维亚及巴西。这个地区是一个湿润的生态系统,包括一个含有丰富雨水的热带雨淋。然而这个地区的降雨量分布并不均匀。接近亚马逊河入口的玻利维亚及秘鲁,平均年降雨量为2 600mm。在西北部接近巴西与哥伦比亚边界,其降雨量最大,为3 600mm。然而向南过渡到巴西地区,平均年降雨量大约为2 000mm。

这样一个大的湿润陆地生态系统的特点是:从降雨到植物蒸腾,再到降雨的水分循环十分迅速。Salati等(1978, 1979)以及Salati和Vose(1984)已经揭示出:在较低的亚马逊河流域,大约有50%的降雨直接返回到大气中直接凝聚又形成降雨。在这种情况下,雨季和干燥时节降雨的不均匀性大大减少。干旱和洪水的影响也减少。

因此,很明显,亚马逊流域的雨淋生态系统影响着它自身的气候及降雨特点,至少在这种情况下,更多的植被意味着更多的植物蒸腾,更多的蒸腾意味着更多的降雨和径流。值得注意的是,亚马逊河流域入口处平均年径流量估计为220 000m³/s,相当于由陆地流入海洋的总径流量的1/6。

6.2 研究实例二:上巴拉圭河流域蒸发与降雨的比率

上巴拉圭河流域面积为496 000km²,位于中南美州的南部,80%的土地面积在巴西的中南部,而剩余的20%在玻利维亚的东部。这个流域接近迈特·格诺斯的沼泽地,这是世界上最大的沼泽地,面积有136 700km²。单词“*Pantanal*”指很大的沼泽地,暗示着这个地区易发生强度高而频繁的洪水。然而,每年的洪水高峰发生期仅上巴拉圭河及其支流的大部分沼泽地遭受洪害,而其它地区洪灾零星。较多的不发生洪水的地点零星地散布在整个区域。永久性沼泽地、季节性沼泽地、陆地以及与沼泽地相邻的南美州的四个生态系统的混合,有利于动植物种类的增长与发展。南美州四个主要的生态系统为:北部和西北部的亚马逊河流域的热带雨淋;东部、东北部及东南部的巴西中部的半湿润的热带草原;南部的大西洋森林地带;西部和西南部的玻利维亚东部及巴拉圭东部的半干燥的灌木林区。

上巴拉圭河流域的特点标志着气候变化的梯度,由大沼泽地周围高地的湿润和半湿润气候向北、南、东到流域中部洼地的半干旱气候;平均年降雨量由北部查伯达的1 300mm到流域中部的泰克尔河入口处的850mm。每年最大的蒸腾量为1 300mm~1 400mm。因此蒸发量与降雨量之比在查伯达为0.72,而在泰克尔河入口处为1.65。

由此可知,沼泽周围的湿润高地有着较低的蒸发与降雨比率(0.72),而位于流域中部的半干旱洼地有着较高的蒸发与降雨比率(1.65)。中生植被越多,潜在的蒸腾就越少,蒸发仅减少至水体蒸发。相反,旱生植物越多,潜在的蒸发就越大,而蒸腾降至旱生植物的实际蒸腾值。

6.3 研究实例三:巴西国内小流域水土保持规划

1975年,巴西的巴拉那河州政府把农业产值与执行土壤保护工程联系在一起。然而此方案并没有成功。这是因为作为治理方案,水保工程是在农民的土地上建立的,而不是在一个封闭流域内。通过这种方式,农民个人的保护措施可能有害于他的邻居或其他人,因此,其不可行性逐渐显露了出来。

从教训中得知,保护管理的重点应从单个的农田转移到大约为2 500hm²完整小流域内,1987年建立了国内小流域规划。其原则如下:

- (1)加强可更新的自然资源管理,主要是土壤水分。
- (2)降低洪水和旱灾的发生机会。
- (3)减少土质的恶化,主要是土壤侵蚀。

在巴西里奥格兰河流域的克鲁斯·安特,从1985年就开始施行保护管理技术。最首要的保护措施之一就是将其农田改成梯田,周围用栅栏围着。用这种方式,水的贮量得到提高,土壤能吸收100mm的降雨而看不到有径流产生。其他可应用的水土保持措施也被采用,这个方案的成功性是不言而喻的。到目前为止,里奥格兰河的155个自治州都进行了小规模规划,包括315个小流域,12 000农户,294 000hm²的土地。除了土壤保护外,水也明显地得以贮存,这使得黄豆的产量增加54%,谷物增加85%,小麦增加40%,扁豆增加74%(Globo Rural,1993)。

在巴拉马河州,接近阿根廷与巴拉圭边界的瑞尔莱兹自治州的小流域内,近几年来一直在施行保护措施。这个流域位于陡峭的岩石地带,在缺乏管理的情况下不适合农耕。重视水土保持措施,使这个区域内所有乡村的农田都变得能长庄稼。建立梯田,保持水土,科学技术的运用,仅在2~3年内,就使农地产值增加了一倍。

6.4 其它的例子

如巴拉马河东部的杜伯兹流域也表明用于水保管理的工程,同样也可以减少土壤的流失。农业产值与梯田的修建有关,因而很快得到农民的支持。现在土壤在几个小时内就能贮存150mm的降雨而没有地表径流。

巴西南部的国内小流域规划的成功性明确表明:保护措施能使植物蒸腾代替蒸发。在人类的农耕生态系统中也能成立。

7 Sertão 地区的发展蓝图

从已制订的水保措施中,我们可以总结出一个合理政策来治理巴西东北部干旱区的洪水与旱灾的循环。其政策包括以下五个方面,按其重要性排列如下:

(1)保护管理;(2)旱生植物造林及农业植被;(3)地表水的贮存;(4)潜水的利用;(5)流域间水的调用。

政策的关键是保护治理,没有它,其它将注定失败。巴西东北部干燥区的保护管理必须保持水土及养分资源,并增加蒸腾。这意味着政策与法规的制定及策略与技术的施行,其目的是保持自然植被,保持水土和养分。农业生产应注重其技术。没有这一点,土壤、陆地及自然环境很快将恶化。

Duque(1949,1964,1973,1982)开发了拉法诺斯干旱植物,例如造林和农业耕作的实践刚好适合 Sertão 地区的恶劣天气条件。其中,有些旱生植物能在他们机体内积累能量以备在干旱条件下得以生存,有些仅消耗少量的水,而另一些则能在夜间吸收大气中的水分。拉法诺斯

干旱植物区出口的确是“优质农作物”，系有价值的原料，具有多种用途。他(1982)观察得出：“在沉积平原的 *Oiticica*，多沙板页岩区的 *Mamona* 及 *Caatingas* 和 *Caroá* 等地，其棉花都是高质量的，这可以允许勤劳的东北部人民建立一个纺织、植物油、染纺等工业中心，为工人阶层提供一个好职业，增加他们的收入。”他指出了旱生植物有许多优点：(1)抗御干旱；(2)具持久性；(3)生产出口产品；(4)促进当地工业的发展；(5)形成覆盖，控制土壤侵蚀；(6)当地农民能很好地了解它。

水保治理的效益取决于治理的范围和深度。一般来说，对小范围的治理，其效益立竿见影，而大规模的治理，则可能持续几年，甚至几十年。同时，贮存的地表水来缓解干旱和洪灾的情况也是可行的。这个措施能直接减少干旱和洪灾的威胁，然而作为控制干旱与洪水的方法，他又具有其反作用，因为它有利于水体的蒸发，而不利于植物蒸腾。值得注意的是：一滴蒸发的水并不等于一滴蒸腾的水。因此，又不利于植物生长。另外，人口往往集中在水库的周围，对半干旱地区的生态系统造成一种威胁。

巴西东北部的 *Sertão* 地区，不同程度上贮有 $3 \times 10^6 \text{m}^3$ 的水。据估计：每年大约有 $2 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水用来灌溉。而某些科学家指出：克里斯特努的地下水是碱性的，不适合人类及农业利用。随着可利用资源的枯竭以及盐碱淡化技术的提高，这个地区的地下水最终有利于 *Sertão* 地区持久发展。

流域间水的调用是处理 *Sertão* 地区干旱问题的另一个策略。Silva(1937)认为，从三藩河流域调水之后，也提出了其他同样目的的方案，包括调用西北的皮尔和迈诺豪州内的巴拉马河及托肯丁斯江的水。然而到目前为止，*Sertão* 地区仍要从其他地方输水。

输水到 *Sertão* 地区的方法值得进一步分析。基本的生态规律对此问题有一定的启示。*Sertão* 地区是半干旱地区，缺水是经常性的。巴拉马河及托肯丁斯江流域是湿润区，如果管理恰当，将更有利于它们的湿润。亚马逊河雨淋就是一个很好的例子，在水量过剩的条件下，有许多物种生存，包括昆虫及其他对人类有害的害虫。然而，更重要的是，热带湿润生态系统，例如亚马逊河流域，在输出养分时，很易变贫脊。这样人类有一种向中等气候地带自然发展的趋势。即人口集中在半干旱，半湿润地带，在这里谋生和生存的条件要好些。

8 结 论

在可预计的将来，巴西东北部地区及增长的人口将继续担负抗御干旱及洪灾重任。一个普通的解决方法是：继续修建地表贮水工程，贮存更多的水，虽然水本身也在减少，但应力争。

整体的解决方法包括五个方面。以保护管理为基础，增加旱生农作物，恰当地利用地表水和地下水，最后是通过从相邻湿润流域中调来完成此整体性策略。

译自 *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol. 50 No. 5, Sep. —Oct., 1995.

校译：张平仓 中国科学院·水利部水土保持研究所 副研究员 博士