

人工降水

DESIGN RAIN

编者按：开发空中水资源是解决用水危机的一个重要方面。国内外实践证明，人工降雨已是一项发展比较成熟、效益比较明显，而又仍有巨大潜力的技术。这里编发的一组文章是专家们根据在本刊编辑部组织的一次座谈会上的发言整理成文的。我们希望能引起有关领导部门的重视。

开发天空水资源势在必行

The Urgency of the Development of Air Water Resources

王昂生

近年来，全球水资源问题已成为各国关心的重要问题。虽然全球 $3/4$ 是汪洋大海，但为人们需用的淡水，随着工农业生产和现代化的发展，在不少大中城市或工农业集中区，已迫切感到水资源缺乏的严重性。

一些时候以来，人们仅把水资源作为水利部门和地理界的事情。所以，不少人只在地表水方面下功夫，几十年来全国耗资数百亿元以对地表水兴利除弊，取得了巨大成绩。继之，耗资巨大的南水北调及其他引水工程，相继提到议事日程上来。另一方面，节水和废水再利用也成为开辟水资源的重要部分。这些无疑都是必要的。但是，忽视天空水资源及其开发利用是极不应该的。本文将就天空水资源作一论述，以引起人们注意。

一、全球水资源

全球水资源应当说是相当丰富的。纵观整个地球，汪洋大海占有全球 $3/4$ 的表面，大片冰原、冰川和雪盖，密如蛛网的大小河川，星罗棋布的湖泊

水库，加之丰富的地下水和飘浮于空中的天空水，全球水资源不可谓之不丰富，人们估算它为 14×10^9 亿吨，全球人均可达 2.8 亿吨。

人们活动所需用的主要是淡水，但全球咸水竟占到 97%，而积于南北极和高山难以利用的、以冰雪形式存在的淡水还有 2%。这样，可供人们使用的淡水源仅占全球水资源的 1%，即 1.4×10^8 亿吨，人均可达 280 万吨。

其他淡水主要包括地下水（约占 98.8%）、地表水（占 1%）及天空水（0.2%）。本来人均可达 280 万吨的水量亦是可观的，但它们却遍布于全球，绝大多数深藏于地下，或盛于江河湖泊，或飘浮在天上，就一局部地区来说，水资源就有限了。加之，人类活动虽然广布全球每一角落，但都集中生活与生产在大城市地区，这进一步加剧了淡水的均匀分配。就地下水（总量约 138.32×10^6 亿吨）和地表水（1 400 000 亿吨）总量来说，它们占可用淡水的绝大部分。所以，一提到水资源，人们通常偏重于开发地下水和地表水。

二、天空水资源

天空水虽只有 280 000 亿吨（仅占全球总水量的 0.002%），但它们在天气变化中起着重要作用，云雨雹雪，彩虹临空，电闪雷鸣，都和天空水有关。天空水中，有 95% 是无处不存的水汽，云和降水云层只占 5%。

天空水虽然总量少，但其循环快，循环周期仅 8.7 天，而地下及地表水循环周期为 400 年，海洋则高达 4000 年。也就是说，一年里天空水可以循环 42 次，一年中天空水量就是 11 760 000 亿吨，远远超过地表水的总量，为它的 8.4 倍。如果按地表水或地下水使用后循环周期 400 年计算，天空水可用总量就可达 47×10^8 亿吨，为全球淡水总量的 112 倍，这是很可观的。

正因为全球天空水有循环周期短的特性，所以具有可与地表水及地下水相比的总量，这就是我们决不应忽视天空水的依据。

三、开发和利用天空水资源

人们忽视天空水资源的一个重要原因是其开发和利用的困难性。我们目前对中国上空的水资源了解甚少，人工降水虽取得一定成功，但调动空中水资源的重大课题尚有待研究。人们常埋怨的“只打雷，不下雨”的现象，说明开发、利用及控制天空水资源尚有许多工作要作。但在这方面投资的经费又远低于其他开发、利用水资源的办法。

开发和利用天空水资源的第一步，是调查研究本国、本地区的天空水资源，把天空水资源作为国家经济建设和人民生活的必需，应当放在一定的位置上。天空水资源的研究，应包括天空水汽、云和雨雪的时空分布，气候特征及变率，天空水资源的可用率等等。

四十余年来，世界各地广泛展开的人工降雨、人工降雪、人工防雹及人工消雾等，都为增加地面水量做出过贡献。开发和利用天空水资源的第二步是研究如何在那些用水紧缺地区开展人工降水。根据国内外几十年的经验，只要抓好时机和条件，在这些地区增加 5~30% 的降水是可能的。实际上，世界不少地方及我国一些水库地区，石油开采区及农业区已经开展了人工降水，进一步的任务是，提高其效率。

从长远看，管理天空水资源，调动和拦阻天空水的前景是诱人的。就全国而言，南涝北旱是一普遍现象。象南水北调地表水一样，南云北调也可能帮助人们更好地管理天空水。另外，即使那些少雨干旱地区，也常见大片大片云层，只是它们过而不雨，如果拦阻并迫使这些云层下雨，将有助于减缓对水需求之矛盾。当然，这些工作的难度更大，必须加强科学研究，寻找有效的方法。

综上所述，开发和利用天空水资源势在必行。我们应当为之呼吁，以引起决策部门和领导的重视。

本文作者王昂生 (Wang Angsheng) 系中国科学院大气物理研究所云雨物理研究室主任、教授。

向天空要水，向山云要水

Wresting Water from the Air and the Clouds.

易仕明

淡水资源短缺是一个世界性的问题，更是我国的一个重要问题。我国西部和北方长年缺水，南方也常有旱情，有些沿海城市象天津、大连等地也缺水。有的地方是经常缺，有的地方有时缺。水一缺就什么都紧张起来了。

谈到资源，不外开源节流，那么水的源在那里呢？除地表水、地下水外就是天空水。但是由天空水下的雨雪有时多，有时少，有些年多，有些年少。似乎只能听天由命了。难道人类就不能向天空多要一点水吗？在沙漠等干旱地区，人类似乎还无

能为力。但是在有些地区，有些时候，人们已可以用人工降水的办法使天空多下一些雨雪。所谓人工降水就是用人工方法使天空不下雨雪的云下雨雪，或者使已经下雨雪的云多下一些雨雪。

自然大气中总是有水汽的，但大都成不了云雨，即使在有山阻挡的情况下，空气中的水汽也只有百分之几到十几能成为雨雪降到地面，80~90% 的水汽均成不了云雨。在平原成雨的更少。如果我们能使空中水汽多下降 1~2%，就能增加降水量 10~