



位于古尔班通古特沙漠西缘的新疆生产建设兵团第七师，每年都组织上万人种植树木、培育绿地达数千亩，在城市和农田营造出了一道道绿色的风景线。
张西安摄（人民视觉）

久旱逢甘霖

我国干旱缺水地区大部分集中在西北、华北、东北等北方地区，占中国陆地面积的42.4%。由于降水偏少导致的水资源短缺问题，使得该地区生态环境先天脆弱，存在土壤侵蚀、沙尘暴、土地盐碱化、局部洪涝灾害等生态环境问题。为解决区域生态环境问题，需要大面积恢复植被。

进入21世纪以后，中国先后实施“三北”和长江中下游地区等重点防护林建设工程、退耕还林还草工程、京津风沙源治理工程、天然林保护工程等重大林业生态工程，全国森林覆盖率也由建国时的8.6%提升至目前的22.96%。

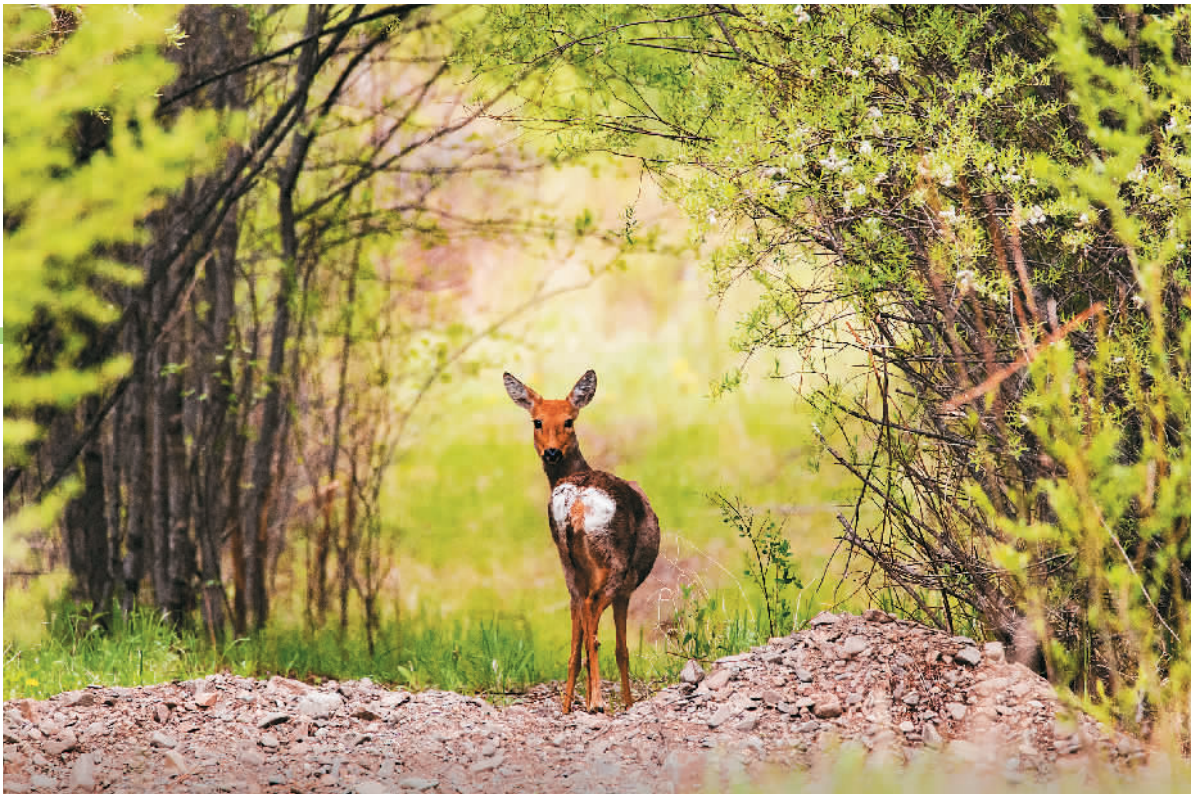
通过实施退耕还林还草工程等，黄河中上游生态环境明显改善，植被水土保持效益显著，入黄泥沙持续减少，一度出现黄河水变清的现象，黄河的水不“黄”而“绿”；河北坝上地区是“三北”防护林工程、京津风沙源治理工程的重要阵地，工程实施以来，坝上地区乃至首都北京的沙尘天气发生次数由以前的“一年多次”到近年的“多年一次”甚至“多年零次”，“吃土”情况基本销声匿迹；内蒙古鄂尔多斯市是典型的受风沙危害的干旱区，其境内的库布其沙漠是中国第七大、也是距北京最近的沙漠，被称为“死亡之海”。据2018年的报道数据，治理面积已达6460平方公里，绿化面积3200多平方公里，发生了从“沙进人退”到“绿进沙退”的巨变。

林水要平衡

然而，由于初植密度普遍偏高、植物种选择不适宜、“重乔轻灌木”、后期抚育管理薄弱等历史原因，造成一些干旱地区径流减少、造林成活率低、土壤干化、“小老头树”、植被退化等问题，植被的生态服务功能难以得到持续有效发挥。

坝上地区以杨树为主体的防护林曾发生大面积“枯梢”、死亡等退化现象，成片杨树变成了“秃顶”“光头”；北方风沙危害区由于存在“整个沙丘都铺满植物才是最好的固沙、又宽又密又长的林带才宏伟”的认识误区，导致人工植被大面积退化甚至死亡，地下水资源消耗严重，破坏了局地生态系统的水平衡，致使风蚀没有得到有效持续遏制、土壤难以恢复。

发生这些问题的根源，在于忽视了干



干旱大地变绿洲

余新晓 贾国栋

我国干旱地区面积大，水资源短缺问题突出。“三北”和长江中下游等重点防护林建设工程、退耕还林还草工程、京津风沙源治理工程等重大林业生态工程的实施，极大地改善了干旱地区的生态环境。随着全国植被恢复与重建工作的全面开展，如今，提高干旱地区植被管理被提上新的议程。专家建议，未来植被恢复与重建应充分发挥自然修复的力量，从“幼”管到“老”，实现植被质量精准提升；应分区施策，自然恢复为主、人工促进为辅，把山水林田湖草作为一个生命共同体统一保护；创新林地管理机制，利用荒山荒地集中连片植树造林，允许利用一定比例的土地发展林下经济、生态观光旅游、森林康养等环境友好型产业。

旱缺水地区植被恢复重建的需求与与有限水资源量间的矛盾，且植物种筛选缺乏科学依据。植被生长需要水分，但有限的水资源只能“供养”有限和适宜的植被。

对此，有专家指出，应根据区域的水资源量计算出其能承载的植被覆盖率，即林水平衡，明确水资源承载力是植被恢复与建设规模隐形的红线和限制，做到适地适树，并依此设计出结构合理的、符合功能需求的植被恢复与重建方案和植被分布格局。

量水才能行

干旱缺水地区植被与水资源承载力关系也是学术界一直以来研究的重点。植被恢复与重建的水资源承载力属水分制约型植被承载力，它是指在较长时期和特定条件下，当植物根系吸收利用水分（主要来自土壤）消耗量等于水分补给量时，所能维持指示植物群落健康生长的最大数量。从一个较长的时期来看，土壤水分植被承载力即为雨水资源中补给土壤的部分水量维持植物健康生长的最大数量。

为科学开展干旱缺水地区植被恢复与重建工作，应当以当地的水资源承载力为约束条件，做到“以水定绿、以水定林、量水而行”，同时要摒弃以往“重视乔木而轻视灌木”、“任何条件都应长满植被”的陈旧和不科学观念，坚持“宜林则林，宜灌则灌，宜草则草，宜湿则湿，宜荒则荒，宜沙则沙”为原则准绳，才能真正实现干旱缺水地区植被恢复与重建的可持续发展。

河北省张北县是“三北”防护林工程、京津风沙源治理工程的重要阵地，是首都水源涵养功能区 and 生态环境支撑区的重点区域，是沙尘入京的重要路径。这里，挺拔的杨树行列整齐、绿树成荫，风景无限。然而，2000年后，大片大片的杨树曾出现退化、死亡现象，只剩下光秃秃的树干。2014年，国家启动了张北县退化林改造试点项目，将死树伐掉重栽，采用樟子松、沙棘乔灌木结合的方式造新林；仍能再生的，贴地栽树，将树根覆土埋桩，并铲断原树部分根茎，促使根蘖萌发新的植株，等到来年从萌蘖枝条中选择

2-3根优良植株进行培养。如今已经焕发了新的生机，樟子松和沙棘长势良好，而新萌出的杨树有的已经长得齐人高。

宁夏彭阳县地处宁夏东南旱塬，干燥少雨，蒸发剧烈，种树很难成活。在这里，人们发明了“88542”水平沟集雨植树造林技术，所谓“88542”，就是在黄土高坡上，沿等高线开挖深80厘米、宽80厘米的沟槽，用翻出的生土，在沟外侧筑高50厘米、宽40厘米的拦水埂，再将沟内侧120厘米范围内的表土回填，形成沟面外高内低、沟里宽2米左右的植树小梯田。然后，在回填到沟内的疏松表土上栽植山桃、山杏、沙棘等本地耐旱树苗，在沟外侧埂坡上种植以柠条为主的抗旱树种护坡保土。他们利用水窖将雨水留住，不仅实现了自动浇灌树木，而且能防止水土流失，是山水林田湖草共同体系统统筹治理的一个典型体现。

“举目远望一片沙，大风一起不见家。”这首民谣所描述的地方，是昔日的甘肃省民勤县。民勤县地处巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠之间，年均降水只有100多



近年来，甘肃省武威市民勤石羊河国家湿地公园及周边区域生态环境不断改善，吸引了大量候鸟栖息。
姜爱平摄（人民视觉）

左图：内蒙古自治区根河的森林一角。 吴志强摄

毫米，而潜在蒸发量高达2000多毫米。民勤县在植被恢复过程中，充分考虑沙区水资源承载力，采用低覆盖度治沙理论，植被覆盖度维持在15%—25%，采取单行一带、两行一带、多行一带、网格等治沙模式，营造了适宜当地自然植被覆盖度的固沙植被，既保证了固沙植被健康生长，增强了沙地、林地的生态功能，又降低了固沙工程的建设成本约30%—60%，实现了固沙植被的可持续性和稳定性。

以自然为师

随着全国植被覆盖率稳步提升，以往多注重营建而轻视建成后经营与管理的做法急需转变。专家建议，未来植被恢复与重建应重点放在对已有植被的提质增效上，以植被的整个生命周期为计划对象，从造林建群、幼林管护、抚育调整、主伐利用到再次更新的整个培育过程，规划设计各阶段经营技术和处理安排的整体经营技术，并在林分层次或小班水平上以同时实现森林的生产供给功能、生态调节功能、文化服务功能和基础支持功能中任意2个及以上功能为经营目标开展多功能全生命周期的经营与管理；

其次，要以自然为师，不追求改造自然，充分发挥自然修复的力量，依据国土空间规划划定的生态保护红线以及生态区位重要性、自然恢复能力、生态脆弱性、物种珍稀性等指标，确定植被恢复与重建区域，分区施策，采取封禁/封育管理，逐步使植被恢复到一定的功能水平，最终达到自我持续状态；

第三，构建格局合理，结构适宜、功能协调的山水林田湖草生命共同体系统。确定不同空间尺度基于水资源约束的林草植被分布格局，提出不同空间尺度乔灌木水平衡的林草资源配置方案，合理配置林草植被比重和空间分布，建设林水平衡、林水相宜的植被防护体系；

最后，完善政策支撑体系，合理安排公共财政投入，逐步完善营造林种草补助和森林抚育补助政策，探索实行先造后补、以奖代补、购买服务、以地换绿等多种方式。完善金融支持政策，加大金融创新力度，开发林业金融产品。创新林地管理机制，在保障生态效益的前提下，允许利用一定比例的土地发展林下经济、生态观光旅游、森林康养等环境友好型产业。

沙区生态治理 不只是『挖坑栽树』

李新荣



黑河流域生态防护林是打造甘肃张掖市天蓝地绿水清的示范性绿化工程。图为黑河生态防护林。
成 林摄（人民视觉）

利用人工植被建设进行沙害防治，是国际上公认的沙区生态重建和恢复最为有效的方法和途径之一。但沙区生态重建和恢复是一项十分艰巨和复杂的任务，绝不是简单的“挖坑栽树”就能完成的，许多关键科学问题的回答必须建立在长期生态学研究的的基础之上。

我们知道，降水和地下水只有转化成为土壤水时才能被植被所利用(不排除部分植物叶面水分吸收)。由于沙区土壤含水量有限，一般小于4%（重量含水量），如果植被建设不考虑这一现状，很容易导致新的沙化发生。

比如中国科学院在腾格里沙漠东南缘沙坡头地区60余年固沙植被—土壤水分关系的监测显示：早期固沙植被往往采用高密度植物配置，在初期沙区土壤水分和地下水下降并不明显，且植被成活率高。受此表面现象的影响，许多沙区植被建设带有很大的盲目性，规模浩大的群众运动式“治沙造林”随处可见；植被建立20—30年后，固沙林区土壤水分和地下水开始明显下降(无论降水多大，深层土壤含水量始终处于下降趋势)，原来郁郁葱葱的植被开始大面积衰退或死亡，这时人们才意识到固沙植被物种合理选择、密度和盖度控制等科学问题的重要性，提醒人们因地制宜地进行低覆盖的植被建设；人工植被建立40年后，灌木经自疏盖度降低后，深层土壤水分回升，开始处于稳定状态，人们开始意识到水量平衡是固沙植被稳定性维持的根本所在。目前，在许多沙区已总结出了固沙植被建设的优化模式，并进行推广；人工固沙植被发展到50年后，植被—土壤系统达到稳定的水量平衡，深层和浅层土壤水分含量与植被建立之初的一样，都随降水大小而波动，植被区土壤成土过程使植被由原来单一的灌木或乔木层片结构演变为植物种类组成多样，包括草本层和生物土壤结皮参与的复杂结构，且草本多以同一生物气候带分布的乡土种为主。地表形成了类似相邻气候带的荒漠草原植被。沙子被彻底固定了，沙害被彻底治理了。

与一些经历几十年杨树固沙植被相比，我们认识到植被在沙区的暂时恢复是表象(尤其是盖度的增加)，并不代表生态系统的恢复，而沙区生态的真正恢复主要取决于土壤生境的重建和恢复。“皮之不存、毛将焉附”，适宜的土壤生境才能支撑持续稳定的植被，才能维持沙区植被—土壤系统的水量平衡。

今后沙区植被建设和防沙治沙离不开“以水定绿”和以“沙地生态系统整体恢复为目标”的指导思想。针对沙区人工植被生态功能的稳定性、可持续性和生态系统的整体恢复，应加强沙区土壤水分的来源及在植被—土壤系统中的循环和再分配等传输机理的研究，量化各水文要素及变化和相对应的植被的数量特征，在不同尺度上明确固沙植物的耗水量和水分利用特点以及对水文胁迫的响应与反馈；基于植被水分关系和水量平衡规律，提出维持植被稳定性的策略和不同沙区土壤水分的植被承载力及其界定，探明人工植被稳定可持续性的生态水文阈值，为不同沙区生态重建提供科学指导。（作者系中国科学院西北生态环境资源研究院研究员）

黄土高原：

节水减沙 以水定绿

王彦辉 于澎湃

为控制黄土高原水土流失，我国1999年以来实施了大规模退耕还林草工程，植被覆盖率从1999年的31.6%升到2017年的约65%，黄河泥沙量降到接近无人干扰时期本底的2亿吨/年以下。未来继续大规模造林种草时，还必须面对和解决一些突出问题：偏重乔木林恢复，忽视灌木和草地恢复；不当造林使林地形成干层，丧失了林木的干旱缓冲能力，并形成大量质量低、功能差的“小老头树”；森林植被大规模恢复和多年禁伐导致的过密林使生态耗水过多，显著减少了许多流域的径流量。

黄土高原水土保持和植被建设必须从不计耗水成本的“减水减沙”转为考虑耗水成本和水资源管理限制的“节水减沙”以及“以水定绿”，必须量化水资源的植被承载力，即合理选择植被类型和森林覆盖率与植被结构，以保障区域供水安全和控制侵蚀生态安全，这是落实黄河流域生态保护与高质量发展国家重大战略的关键，是对森林植被管理的新要求。

中国林业科学研究院的森林生态水文与流域管理研究团队从2000年以来，一直在泾河流域及宁夏六盘山区等地潜心生态水文研究，提出要注重森林植被建设的降水量和水资源限制对水文影

响，把水资源管理融入森林植被管理；定量揭示了森林植被结构（植被类型、物种与年龄组成、叶面积指数、郁闭度等）和空间格局的水文影响机理，指出调整植被结构及空间格局是重要的管理途径，从而奠定了林水协调管理的理论基础；提出了兼顾水分限制和供水安全的植被承载力多层指标及调控技术，制定了相关技术标准，从而提供了林水协调管理的技术支撑。

需专门指出的是，在相同立地条件下，一般蒸散耗水量是从乔木林、灌木林到草地依次减少，但绝非永远如此，例如在宁夏六盘山区的研究表明，生物生产量大和根系深的紫花苜蓿人工草地的蒸散量，就与华北落叶松

林非常相近。植被蒸散耗水量不是直接取决于植被类型，而是取决于植被结构。未来黄土高原在按水资源的植被承载力恢复与管理森林植被时，不能仅简单地地区分乔、灌、草这三种植被类型，还必须考虑其他植被结构指标，按期望恢复或维持的包括产水功能在内的多种主要服务功能的需求来设计或维持合理的森林覆盖率、植被结构和空间格局，追求森林植被质量与功能的精细化管理。

总而言之，未来黄土高原的森林植被恢复与管理不仅要继续坚持“因害设防、适地适树”的原则，还要提升到“以水定产、功能最佳”的林水协调的多功能管理新高度。目前，相关科技成果已产生了较大学术影响并带动了行业进步，有关技术也已在一些省区推广应用。

黄河壶口瀑布景区在晨光中形成奇特的景色。
兰 华摄（新华社发）

