

推窗见绿，出门见景，成为越来越多中国人日常生活的写照。

截至2023年底，中国森林覆盖率超过25%，森林蓄积量超过200亿立方米，人工林面积居世界首位，成为全球增绿最多的国家。

那么，中国到底有多少棵树？

在人民日报海外版“侠客岛”开展的微博直播连麦中，记者与北京大学遥感与地理信息系统研究所所长郭庆华进行了交流。

### 十年“数”树

“中国有多少棵树？在完成调查之前，说实话，我对这个数字也没有概念。”郭庆华说，“现在，我可以告诉大家的是，根据我们的调查估计，截至2020年，中国大约有1426亿棵树，平均树密度约为689棵/公顷。”

1426亿棵树，相当于中国人均拥有约100棵树。

在调查研究中，郭庆华团队有很多有意思的想法——

从植被类型看，寒温带针叶林植被区以约720棵/公顷的树密度，贡献了全国超六成的树木（约879亿棵树），而暖温带落叶阔叶林区的树木密度最高，约达到989棵/公顷。

从地理区域看，西南地区树最多，约360亿棵；东北、东南和西南地区的树木数量和密度，显著高于北方和西北地区。从流域看，长江流域以约496亿棵树的绝对优势位居首位，东南诸河流域、西南诸河流域、珠江流域与松辽流域等均超过100亿棵树。

从省域看，四川、黑龙江、云南和广西的树木总数超过100亿棵，占全国总量的32%。其中，四川凭借其复杂的地形和多样的气候条件，树木数量居全国首位。而在人均树木数量方面，西藏位列第一，人均拥有近2000棵树。

中国这么大，这么多的树，是怎么“数”出来的呢？

“我们通过科学抽样，选取了7.6万多个样方，实地调查了这些样方之后，估算出了全国的树木总量。”郭庆华说，“这7万多个样方，我们团队全部走遍了，可以说，全国各地的树林是我们工作的‘主战场’。”

做这项调查，需要时间。

“前前后后，我们花了10年左右的时间，采集了400多TB的数据。”郭庆华说，如果以一张照片5M大小计，400TB相当于8000多万张照片的体量。

### 给树林做CT

“‘数’树的过程，形象地说，就是给一片树林做全面的CT扫描。”郭庆华说。

采集这么多的数据，如果光靠肉眼、手持相机拍摄、纸和笔记录是远远做不到的。

中国科研团队历经十年调查发布研究成果——

# 中国有多少棵树？

本报记者 刘发为



① 郭庆华团队成员在进行野外调查。

给树林做CT，离不开两只“眼睛”——一只是在空中的，一只是在随身携带的。

空中的“眼睛”是无人机的激光雷达传感器。

“这片树林面上的整体情况如何，无人机在空中飞一下，很快我们就能知道。当然，我们用的无人机，跟大家平时拍照用的无人机是不一样的。”郭庆华说，根据研究的需要，团队研发了一些设备和工具，将它们挂在无人机上，也就是所谓的“载荷”。这里面有激光发射器，每秒可以发射出上百万个激

光的脉冲，而且是可以旋转的，能多角度采集数据；这里面还有一个相机，可以同步拍摄照片、视频等数据，与激光数据互为补充。

随身携带的“眼睛”，是手持设备中的激光雷达传感器。

郭庆华介绍，最早，他们随身携带的是类似于背包的设备，这几年迭代到手持大小，更轻便，功能也更丰富了。跟无人机上的“载荷”有些类似，手持设备也是可以同步采集激光和影像数据，便于在林下随走随拍，效率比以前高了很多。

茂密的树林，常常在野外。一旦没信号怎么办？设备岂不是要宕机？

现在，没有信号也不再是问题。“无论是无人机还是手持设备，我们都运用了一些技术，可以实现准确的坐标定位。”郭庆华说。

一只天上的“眼睛”，能俯瞰下面的情况，另一只是随身携带的“眼睛”，可以平视和仰视，这样一来，一片树林的全景图就很容易绘制出来了。

“很自豪地告诉大家，这些设备和技术都是我们自主研发的。”郭庆华说。

当下，人工智能备受关注，在“数”树的过程中，人工智能也得到了不少应用。

在郭庆华看来，如果说激光雷达和相机是眼睛，那么AI就是充满智慧的大脑。

无论是硬件端，还是软件端，AI都成了郭庆华团队的好帮手。

“在实际测量过程中，我们经常遇到一个难题，同一片树林的地表是有起有伏的，如果要知道这里面每棵树的高度，显然不能简单地把所有的树都放在同一个水平面上来计算。因此，我们针对地形的起伏，把包含相应AI算法的模组固化到硬件里面去，这样便可以在飞行过程中针对地形的起伏来调整飞

行高度，这被称为仿地飞行。”郭庆华说。

AI在软件端的应用，就更重要了。

试想，在上千平方公里或者更大面积上采集了这么多数据，如果都要靠人工一个个去提取关键数据点的话，那会非常费时费力，这时候就需要应用AI的一些算法。

“我从多年前就开始研发相关的算法，比如怎么能自动提取森林的结构参数等信息。通俗来讲，我们的研究就是用激光雷达给树林做了一个CT扫描，然后用AI来读这个片子，发现其中的关键信息并整理成我们需要

的报告，如树密度地图等。”郭庆华说。

### “一件很酷的事”

“十年‘数’树，我们是认真的，我觉得我们干了一件很酷的事。”郭庆华说。

这么多年，不少人问过郭庆华同样的问题：为什么要“数”树？

在郭庆华看来，有两个原因——

“第一个原因，树的数量或者叫树的密度是生态系统质量的晴雨表，一个地方生态比较好的话，它的树密度会比较高一点。反之亦然。第二个原因，现在全球都面临着应对气候变化的时代课题。中国作为一个负责任的大国，这些年人工林的种植面积居世界首位，未来我们还将继续为地球增添绿色。”

基于这样的考虑，郭庆华认为，要摸清树木家底十分重要，这样可以为我们更高质量地种树提供数据支撑，比如，在哪里种树，种什么类型的树，种多少棵树等等。“因此，我们团队许多年如一日，坚持做森林研究。”郭庆华说。

令郭庆华印象最深的，是2023年在西藏自治区测量目前中国最高树的经历。

“以前开展森林调查，一个样方可能要好几个小时，现在有了激光雷达设备，能缩短到几分钟。经过电脑自动处理，可以很快获得相关数据。”郭庆华说，在激光雷达的帮助下，“寻找最高树”变成了一个可重复的科学工作。不仅如此，植物生态学家也可以在相关数据基础上进行更多深入研究，研究为什么树能长这么高，它的限制因子是什么，为我们理解整个生态的机理也有一定的帮助。

树木不仅是森林的基本组成单元，更是地球生态系统的“稳定器”。当前，各国纷纷响应“全球种植万亿棵树”倡议，共同应对气候变化、助力生态系统修复。中国也在为“未来十年种植、保护和恢复700亿棵树”的目标而不断努力。

“我们团队的研究成果为上述目标提供了有益的科学支撑。通过精准掌握全国范围内的树木密度分布，相关部门与科研单位能够更科学地规划造林区域，提升种植成效，避免盲目和浪费。让高精度数据与智能模型深度融合，就是为了让每一棵树都能在最合适的地方扎根成长，切实发挥生态与经济价值，为全球生态可持续管理与治理贡献‘中国方案’。”郭庆华说。

迄今，郭庆华和激光雷达技术已经打了20多年交道。“作为科研工作者，我们希望能够通过自己的研究，为地球的可持续发展贡献一份力量。”郭庆华说。

图①：郭庆华团队成员在进行野外调查。

图②：郭庆华（中）与团队在进行测量。

图③：郭庆华团队采集生成的数据图。

本文图片由受访者提供

## 中国出台方案 应对臭氧层损耗和气候变化

本报记者 刘发为

近日，生态环境部联合国家发展改革委、工业和信息化部、商务部、海关总署印发了《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030年）》（以下简称《国家方案》），全面加强消耗臭氧层物质和氢氟碳化物管理，协同应对臭氧层损耗和气候变化，推动相关行业绿色低碳高质量发展。

中国自1991年加入《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称议定书）以来，认真履行各项国际义务，累计淘汰消耗臭氧层物质总量约62.8万吨，占发展中国家淘汰量一半以上，受到国际社会普遍赞誉。

此次《国家方案》确定的管控物质包括全氯氟烃、哈龙、四氯化碳、甲基氯仿、含氯溴氟烃、溴氯甲烷、甲基溴、含氯氟烃和氢氟碳化物共9类。其中，前8类物质对臭氧层有破坏作用，第9类物质氢氟碳化物对臭氧层

无破坏作用，但却是一种人工合成的强温室气体，其全球升温潜能值是二氧化碳的几十甚至上万倍。目前，中国已实现前7类消耗臭氧层物质受控用途生产使用的全面淘汰，正在逐步削减淘汰含氢氯氟烃和氢氟碳化物。

按照议定书有关要求，《国家方案》明确了以下履约目标：一是持续禁止已淘汰消耗臭氧层物质受控用途生产和使用，进一步巩固成效，确保可持续履约。二是含氢氯氟烃受控用途生产量和使用量在2025年分别削减基线值的67.5%和73.2%，2030年均削减基线值的97.5%。三是氢氟碳化物受控用途生产量和使用量在2029年均削减基线值的10%。

生态环境部大气环境司有关负责人表示，《国家方案》紧紧围绕履约目标和国内行业发展现状，坚持稳中求进的工作总基调，坚持保护臭氧层和应对气候变化协同，分行业、分

本报电（泽成）今年一季度，中国环境空气质量指数和地表水环境质量总体持续改善。

在环境空气质量方面，全国339个地级及以上城市平均空气质量优良天数比例为84.8%，同比上升1.2个百分点；平均重度及以上污染天数比例为1.8%，同比下降0.6个百分点。全国PM2.5平均浓度为41.3微克/立方米，同比下降4.8%；PM10平均浓度为65微克/立方米，同比下降3.0%。

从重点区域来看，京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原PM2.5平均浓度分别为51.4微克/立方米、48.2微克/立方米、50.2微克/立方米，同比均有所下降。

在地表水环境质量方面，3641个国家地表水考核断面中，水质优良（I—III类）断面比例为91.0%，同比上升1.1个百分点；劣V类断面比例为0.7%，同比持平。其中，长江、黄河等七大流域及西北诸河、西南诸河和浙闽片河流水质优良（I—III类）断面比例为92.1%，同比上升0.6个百分点。监测的196个重点湖（库）中，水质优良（I—III类）湖（库）个数占比82.1%，同比持平；劣V类水占比3.6%，同比下降0.9个百分点。

今年一季度——

## 中国天更蓝，水更清



上图：云南省昭通市绥江县金沙江畔，水清、岸绿、景美。  
曾三东摄（人民图片）