

用蓝藻建设“细胞工厂”，倪俊真才俊

本报记者周琳、董雪

你见过“细胞工厂”吗？在这里，生产线上忙碌工作的不是“打工人”，而是一颗颗通过显微镜才能看清楚

的细胞，它们不吃饭也不睡觉，只要有阳光和空气，就能生产出一系列人们需要的高价值天然产物。

上海交通大学生命科学技术学院副教授倪俊将这样神奇的“细胞工厂”变为现实，他使用基因编辑等合成生物技术对蓝藻进行改造，通过引入其他植物的天然产物“生产线”，让繁殖速度快、光合效率高的蓝藻也能生产出相应的高附加值物质。

以天然活性抗氧化成分白藜芦醇为例，葡萄、花生等植物中的白藜芦醇含量通常不足万分之一。使用“蓝藻工厂”后，每生产一吨白藜芦醇，可以相应缩短生产周期240倍，节约土地72750亩，同时吸收二氧化碳超过两千吨。

拓荒：改造“植物祖先”蓝藻

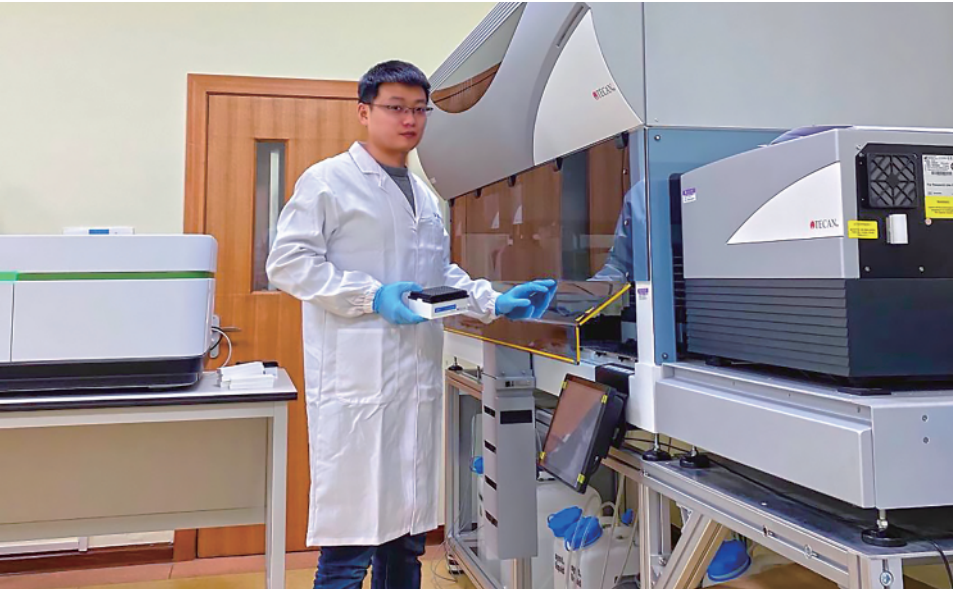
“你可以随心所欲改造蓝藻，引入不同植物的代谢途径，就相当于把蓝藻变成‘人参’‘葡萄’等植物。”倪俊说，“理论上来说，只要是自然界植物能产生的物质，都能用‘蓝藻工厂’来生产。”

凭借在合成生物学领域取得的成果以及对环境保护做出的贡献，倪俊成为2019年《麻省理工科技评论》“35岁以下科技创新35人”中国区得主。

2013年前后，将大肠杆菌、酵母菌改造为“细胞工厂”的生物合成技术正在蓬勃发展。在科学家们的努力下，“细胞工厂”可以利用葡萄糖为原料，大量生产特定的有机物。

但是，葡萄糖依旧是一笔不小的成本，称不上真正的“绿色合成”，能不能直接利用植物的光合作用，用二氧化碳做原料？当时正在上海交通大学攻读博士学位的倪俊有了一个大胆的想法：有着“植物祖先”之称的单细胞生物蓝藻能表达几乎所有植物源的基因，而且内部结构非常简单便于改造，还可以直接利用太阳能驱动二氧化碳来合成产物，非常适合用作植物天然化合物的生产平台。

“我一开始简单地想把植物的代谢途径放进蓝藻细胞内，但是没有得到想要的结果，



上海交大生命科学技术学院副教授倪俊在实验室。（受访者供图）

之后又做了很多探索优化，用一年多时间才完成对蓝藻的定向改造。”倪俊说。

2015年，倪俊首次将光合微生物直接用于转化太阳能和温室气体二氧化碳生产一系列高值天然产物，成为光驱动合成生物学领域名副其实的拓荒者。他通过完善光合微生物的改造方式，使得光合效率提高近70%，还揭示出光合部分关键机制，为植物光合效率进一步提高和人工光合自养体系设计奠定了基础。

革新：将科研搬进工厂造福于民

发论文更重要？还是应用更重要？在技术不断突破的同时，倪俊对科研的意义也有了新的认识。

“当学生的时候，希望通过发论文来得到认可，但是我现在更希望自己的研究成果能有用。有很多技术的价值不在于发论文来体现学科上的创新性，而是应用效果更好、产量更高，能通过大规模生产造福于民。”倪俊说。

倪俊1987年出生于江苏扬州，学习生物学是他从小理想。当时，国内学界曾掀起一场生物学浪潮，“21世纪是生物学

的世纪”在许多年轻人心中埋下理想的种子。倪俊也深受感染，读高中时就开始参加生物竞赛，高考报志愿时毫不犹豫地选择了生物学，立志成为一名生物学领域的科学家。

倪俊回忆，他本科期间的导师从事环境生物修复研究，用微生物降解农药残留，修复土壤环境。尽管年过花甲的导师付出了很多心血，但由于市场动力不足等原因，技术未能成功应用，这件事一直鞭策着他。

倪俊在取得技术突破后，专注于将蓝藻“细胞工厂”真正地搬进工厂，而不是局限于实验室。目前，他开发出磷源替代方法，使蓝藻养殖实现不灭菌的敞开式培养，摆脱发酵罐的设备成本和灭菌的能耗成本。而且让产物存在于细胞里，避免了从蓝藻中提取纯化的成本，不用把细胞弄破就可以直接使用。

“生产很多化合物不再需要大型的工厂和农场，用罐子或池子就行，就像传统的养藻一样简单方便。”倪俊说。

“香料之王”香兰素、天然活性抗氧化成分白藜芦醇、生物基可降解塑料聚乳酸、具有保湿等功效的1，3-丙二醇……倪俊用技术手段直接颠覆了一些

领域化工生产或大规模种植作物后提取特定产物的生产方式，受到市场欢迎，在促进经济可持续发展的同时，对缓解气候变化也起到积极的作用，为我国实现碳达峰、碳中和目标提供新解。

挑战：加速中国合成生物学产业的发展

倪俊有一个担忧：一个生物体中起功能的基因有数千个，起到调控作用的元件也有很多，整个代谢网络非常复杂。怎么做到引入一个代谢途径，能够与微生物自身的代谢网络完美合并？删去哪些基因，又怎样添加新的基因，才能让微生物最大化地产生想要的产物？答案是：借助自动化设备大量做实验，不需要科研人员自己动手，高通量的、准确的数据会修正科研人员使用的代谢模型。

“如果有一天自动化设备能用这样的方式将代谢模型改进到非常准确的程度，现在医药、化工领域的很多产业将不复存在。现在还没有大规模取代，是因为在大多数领域生物法的效率还没有超越化学法或植物提取的效率。”倪俊说。

倪俊表示，合成生物学发轫于2000年左右，快速发展的时间还不到10年。从科研端来看，国内外合成生物学的科研水平相差不大，甚至中国在一些技术上领先于国外。比如，第一个将酿酒酵母的16条染色体重新设计并人工合成1条的技术就是出自中国团队。但是，在自动化设备方面，在人工智能与合成生物学交叉的领域，我们还有一些欠缺。

“欧美的学科交叉发展得更好，有很多合成生物学的平台型应用型企业，但目前，中国还缺少这种平台企业将合成生物学的各个环节整合起来，提高可实际应用合成生物技术的开发速度。”倪俊说，这是中国在合成生物学产业上跟国外差距很大的原因。

“将科研与企业相融合，促进人工智能、自动化技术与合成生物学交叉发展，着力发展新型的合成生物平台公司，才能加速中国合成生物学产业的落地与发展。”倪俊说。

用双手描摹地球“脊梁”，丁林傲峰林

用双手描摹地球“脊梁”，丁林傲峰林

本报记者董瑞丰、彭韵佳

中国西南，川滇藏交汇处，重岩叠嶂，雄岭巍峨，是研究欧亚板块和印度板块碰撞过程的绝佳位置。

30年前，一名博士生用7年时间走遍南迦巴瓦峰地区，用双脚丈量着鲜有外人涉足的土地，用双手一寸一寸画出这片区域的地质图，让喜马拉雅东部大峡谷的真相第一次呈现在世人面前。

30年间，翻越一座座雪山，经历一次次科考，对高原地质的热爱，沉淀为更深挚的情感。岁月化成山风，吹白少年头，今年56岁的他已满鬓风霜，依然奔走在科研一线，勇攀青藏高原构造地质学的“科学高峰”。

他就是中国科学院院士、中国科学院青藏高原研究所研究员丁林。

从云南走到西藏，用双脚丈量地球巨型断裂

青藏高原，研究地球板块构造最理想的“天然实验室”。1988年，刚出北大校门的丁林到中科院地质地球所读研究生，跟随他的导师、构造地质学家钟大赉院士第一次到青藏高原考察。23岁的他独自被安排在中缅边界地区的高黎贡山做硕士论文。

“当时很兴奋，年轻也不害怕。”丁林回忆说，那个时候高黎贡山还没有像样的公路，白天他骑自行车或者走路去寻找新的勘探剖面，绘制地质图，晚上就住在当地人翻山时借宿的山顶茶馆或猎人的窝棚，和猎人“侃大山”，了解当地风俗。这样的日子一过就是一个多月。

跋涉在山林荒野，风吹日晒是常事。“我们都是铁人，手里拿着地质锤、罗盘到处跑。”丁林笑着说。

即使在恶劣自然条件下，也要找到研究的“铁证”。铁人、铁杆、铁证！这是青藏所名誉所长姚檀栋院士对丁林的评价。

“工作做完了，就要打上一个‘金钉子’。”丁林说，在他看来，获取“铁证”最可信的是双手和双脚，无人机等现代科技只是辅助工具，“必须把手指放在要研究的断层面上，获得最踏实最可靠的第一手资料。”

群山浩荡，高原辽阔。研究完滇西高黎贡山，丁林顺着大山一路向北，挺进藏东南迦巴



丁林在藏东南野外考察。（受访者供图）

瓦峰——位于喜马拉雅山最东边的一座高山。那时墨脱还没有通公路，丁林便在每年5月至10月的“窗口期”翻雪山进南迦巴瓦做研究，一干便是7年。

丁林在这里完成了自己的博士论文，他的研究成果填补了国内外对于东喜马拉雅构造认识的空白，该区域至今仍是青藏高原以及世界地学研究的热点。

岩石背后是什么？“基础研究总要有有人做”

已经记不清去过多少次青藏高原了。起初，路还没修通，从北京到昆明再到大理，从大理再到墨脱，仅路上就要花费20多天的时间。弯弯绕绕、磕磕绊绊的土路，从来没有让丁林停下脚步。

完成东喜马拉雅构造结研究之后，丁林顺着雅鲁藏布江继续向西，首次发现了雅鲁藏布江缝合带碰撞前陆盆地系统，随后来到了喜马拉雅山的西构造结——巴基斯坦南迦帕尔巴特峰地区。

总结雅鲁藏布江缝合带的研究成果，他提出了印度与欧亚大陆于6500万年前首先在中部发生初始碰撞，随后两

大陆之间的新特提斯洋向东西两侧逐渐封闭。两大陆于5000万年前全面碰撞的新模式，引领了国际印度—欧亚大陆碰撞研究，同时还开创了青藏高原大陆岩石圈俯冲研究的新领域。

后来，丁林把自己在青藏高原的科考路线导入地图，猛然发现自己已经走遍了整个青藏高原，有的地方还被密密麻麻的路线反复覆盖着。

有人问他，为什么要做这些研究？“当时没有想这么多。”丁林坦言，基础研究总要有有人做，如果不做，永远不知道岩石背后的故事是什么，不了解我们生活的星球。

近些年，丁林承担和参加了雅鲁藏布江水电开发、川藏铁路建设等重大工程的前期安全评估工作。“这时候再做基础研究，就来不及了。”丁林有了新答案，“基础研究能够为国家重大工程应用做贡献。”

“拎包”变“引领”，中国青藏高原研究在快速“隆升”

曾经，青藏高原地学研究的前沿领域

由国外主导。

丁林亲历了这一阶段。国内仪器设备有限，往往借助国际合作开展青藏高原科考，采集的样品也需送到国外开展少量分析，再加上对地质学的认识和积累有限，中国在国际青藏高原的原创研究很少，话语权很微弱。

筌路蓝缕已成过去时。“现在，我们的研究手段不弱，研究理念也先进。”在丁林看来，中国在青藏高原研究领域从“拎包的”变成了“引领者”，地位在不断提升。

2003年，丁林加入刚成立的中国科学院青藏高原研究所，领导成立了中国科学院大陆碰撞与高原隆升重点实验室。实验室挂牌之前，同行们帮着出主意，想出许多“高大上”的名字。丁林却敲定了这个最朴实的名字——“大陆碰撞与高原隆升”。

“这个名字最土，却很实。”丁林笑言，碰撞和隆升正是青藏高原研究的两个关键词。后来，这个“土名字”在国际上也叫响了。

印度和欧亚大陆持续至今的碰撞导致了青藏高原大规模隆升。近20年来，随着定量古高度计的发展，高原隆升由定性描述转向定量约束，科学家突然发现，对青藏高原的隆升历史还还不清楚。

丁林发现，青藏高原并不是整体抬升，不同山脉各有千秋。冈底斯山是青藏高原最古老的山脉，在高原产生之前已是一座影响全球气候的巨大山脉；喜马拉雅山却非常年轻，6500万年印度与欧亚大陆碰撞之前它还处于海底，2400万—1500万年前才快速隆升到现今的高度。

随着喜马拉雅山的隆升，季风大规模北上，来自印度洋的暖湿气团受阻于喜马拉雅山前，转而向东传输，给我国东部带去大量降雨，使得原来被沙漠覆盖的江南变成鱼米之乡。

“青藏高原21世纪还有地理大发现！”丁林笑着说。他们提出的高原山脉差异隆升模型得到了国内外广泛认可，产生了很好的影响。

山涛风浪，岁月失语，唯石能言。正如高原磐石无声地讲述着沧海桑田，丁林坚守青藏高原研究30余年，用双手一点点描摹地球的“脊梁”。

本报记者齐琪、张肇祺

“救人时要游到对方身后，不然他挣扎起来，两个人都很危险的。游到身边要跟他讲‘我是来救你的’，安抚他的情绪。”

眼前如数家珍地说起救援心得的不是救生专家，而是一位身着醒目橘色工作服的环卫工人。

他叫钟耿平，在浙江省舟山市定海区滨海公园工作了16年。大部分时间，他都低着头和落叶纸屑较劲。但危急时刻，他冒着生命危险，从无情的浪涛里救起一个个生命。

十年救八人，劝回十余人

钟耿平总记不清自己的生日。但却清楚记得，2011年6月25日，是他救回第一个人的日子。

当时正逢“米雷”台风过境，下午4点左右，下了一天的大雨终于停歇。老钟正准备清扫落叶，一个游客突然跑过来求救，“有人落水了！”

护栏外此起彼伏的海面上，一个人正在不停地挣扎。钟耿平马上脱下工作服跳入海中，游到落水者身边，将她拉了回来。

“后来这个姑娘专门来感谢我。”钟耿平回忆，“‘叔叔你给了我第二次生命’，她这样哭着讲，我当时也流泪了。”

姑娘的父亲因病住院，高昂的医药费几乎掏空了这个家，她一时想不开才会轻生。

“很多人都是一时冲动，跳入水中的瞬间可能他就后悔了，对于生命，绝对不能‘一跳了之’。”老钟说。后来经过当地电视台报道和社会好心人的帮助，姑娘也渡过了难关。

救过人以后，老钟在日常工作时就留了个心眼。“下雨天，要关注没穿雨衣没打伞的人。遇见在海边哭的人，我肯定要过去跟他聊两句。”

观察到游客的异样，老钟又遇到了新难题。“我连普通话都不会说，想劝也劝不了，真是着急。”自此以后，收看新闻联播学习普通话，成了他雷打不动的习惯。

此外，他还从电视上学会了心肺复苏。2019年，他用心肺复苏挽救了一个珍贵的生命。

亲人意外离世，是他一辈子的遗憾

在海中救人，各种擦伤划伤不计其数，这些都是他光荣的印记。但2016年的一次救人经历，却给他的身体留下了不可逆的损伤。

那是大年三十一早，正在清扫的老钟见到有人落水，立马跳入冰冷刺骨的海水中，救上来一个中年男子。将人送上救护车时，冬日凛冽的海风将浑身湿透的他吹了个透底。等他骑车到家时，早已冻得说不出话。妻子见状也只是默默流着泪帮他梳理整理，却也没有多说什么。

救人会后怕吗？有犹豫过吗？

“没有时间多想的，如果有顾虑，我就不会跳下去了。”老钟又陷入回忆，“能救上来就好，就好……”

钟耿平18岁时，年长自己4岁的二哥正是谈婚的年纪，家中清贫拿不出钱。父亲便带着两个儿子挖地基，准备盖个新房。

意外来得猝不及防。

下过雨的土地松软，山体上大量的砂石泥流滚落下来，瞬间将二哥吞没。自己和父亲毫无办法，那种绝望令他刻骨铭心。

“他还那么年轻，还没有成家，也没有过好日子……”钟耿平红了眼眶，声音哽咽。近40年过去，他每每想起二哥，还是辗转难眠，“从此以后我就想，只要我能救，我就一定要救！”

从此，帮人、救人便成了他的本能。2011年至今，钟耿平在滨海公园陆陆续续救了8人（其中2人因抢救无效不幸离世），劝回轻生者10余人。

钟耿平水性一般，救人都是用“巧劲”。每次救人后，他都要在当晚临睡前“复盘”救人过程，“查缺补漏”。久而久之，他总结出一套救人经验。

“人数上来了就好了，不要再去打扰人家。”说起自己救过的人，钟耿平憨厚的脸上笑出了深深的皱纹。很多时候，老钟是通过旁人或者电视，才知道被救者的年龄、籍贯，然后在日记里简单记下一笔。

我不伟大，生命才伟大

浙江省道德模范、见义勇为一等功……这些年，老钟拿过不少奖，奖金他都会捐出去，但获得的证书、奖牌、奖章都被他珍重地收纳好，整整齐齐地摆放在卧室最醒目的位置。

见义勇为、爱岗敬业、慷慨捐助、平凡伟大……钟耿平的名字常和这些词一起出现在新闻报道里，但是他自己却总爱摇摇头说，“我不伟大，生命才是最伟大的。”他说：“既然来到了这个世界上，就要好好走自己的人生。冲动地结束生命虽然只需一跳了事，但是要想一想，即使再苦再难，人生也没有过不去的坎。”

谈到退休后的计划，老钟挠了挠头说，“还是希望能帮助更多人吧！”

“新中国成立70周年时，我把自己的‘后事’安排好了。”2019年，一则器官捐赠的新闻报道引起了他的注意。虽然对医学一窍不通，“挽救”二字足以让他下定决心。

“生命真的能够延续，多好。”带着这种想法，他签下了器官捐献志愿书。

『我不伟大，生命才伟大』

十年救八人，劝回十余人的环卫工人