

# 爬炉子的科学家

## ——记中国工程院院士、浙江大学能源工程学院教授岑可法

■ 本报记者 林晓晖 通讯员 周亦颖

位于浙江大学玉泉校区的浙大热能工程研究所，是一幢古朴的砖红色小楼，掩映在梧桐树荫里。

常有一位身形瘦小、衣着普通、拄着拐杖的老者，缓步从小楼里走出。许多路过的人都不曾想到，这位看似平凡的老人竟是我国著名的能源专家、中国工程院院士岑可法，和楼前露天“车间”里堆着的那一包包煤炭一样——不起眼，却蕴藏巨大能量。

岑可法今年91岁了。从煤炭清洁燃烧到污染物超低排放，再到太阳能、生物质能等新能源的探索，他倾注一生于能源的高效利用与深度开发事业。其开创的煤油浆到水煤浆技术的新路，破解了一个时代能源供应的困境。

他就像一块煤，把自己投入炉膛，燃烧了大半生，让中国这个产煤大国，把煤用好、用透、用干净。

### 打破“水火不容”定式

岑可法成长于国家百废待兴的年代。新中国成立初期，发展经济成为最迫切的任务，而工业是经济的支柱。

“那时候我只知道工厂要开起来，马达先要转起来，而能源动力就是负责让马达转起来的。”这份朴素的认知，成为他一生的科研初心。

20世纪50年代末，岑可法赴苏联攻读研究生。临行前，指导教师问大家志愿，很多同学选了“航空发动机”“火箭”等尖端技术，而岑可法选择的却是“用煤的燃烧发电技术”。

有人不解：煤炭，又脏又普通，有什么好研究的？

岑可法想起大学老师的课：“刚解放的时候，中国最大的一台发电机组也只有6000千瓦的功率，而苏联已是几十万千瓦的水平。差距显而易见。一定要想办法把电厂做大。”

“总不能我们每个人都去造火箭、飞机吧。”他说，煤关系着国计民生，这件事总得有人做。

留苏四年后，岑可法回到浙江大学任教。从此，他与新中国最基础、也最艰难的能源命题绑在一起。

煤是复杂的。不同的温度、压力下，它呈现各种各样的结构；煤的品种不一样，燃烧的方式就天差地别。岑可法常常拿着手电筒，趴在炉口观察，从煤粉颗粒大小看出含碳量高低，从火焰颜色和跳动判断燃烧是否充分。

20世纪70年代，国内很多电厂从烧煤改成烧油。可没过多久，全球石油供应紧张，成本暴涨。但如果改回烧煤设备，时间又等不起。就在这个节骨眼上，岑可法提出一个大胆想法：用水煤浆代替油——把煤磨成细粉，和水混合，像油一样烧。

消息传开，质疑四起：水火不容，煤加了水还怎么燃烧得起来？

水煤浆就是用煤跟水变成浆状，再加入添加剂使其不沉淀。水是灭火的，煤里掺水去燃烧，听起来确实异想天开。但有时，创新最大的阻碍，就是思维中的条条框框。

那时，浙大热能教研室有一个直径2米、长6米的油煤浆燃烧试验台，岑可法经常成日成夜围着炉子做试验，还领着团队前往鞍钢工厂实地测试。

为获得一手数据，科研人员必须在实验结束后亲自钻进高温炉里。岑可法还清晰地记得在炉膛里的感觉：“里面漆黑一片，弥漫着煤烟和灰尘，温度依旧很高，呛得人喘不过气，还能闻到一股灼热的焦糊味。”

穿着厚重石棉隔热服爬进炉子，出来都灰头土脸。“只有眼睛和牙齿是白的。”岑可法笑着回忆，当时发给大家的工作服有白大褂、蓝大褂，可做水煤浆试验时，没人舍得穿白大褂。

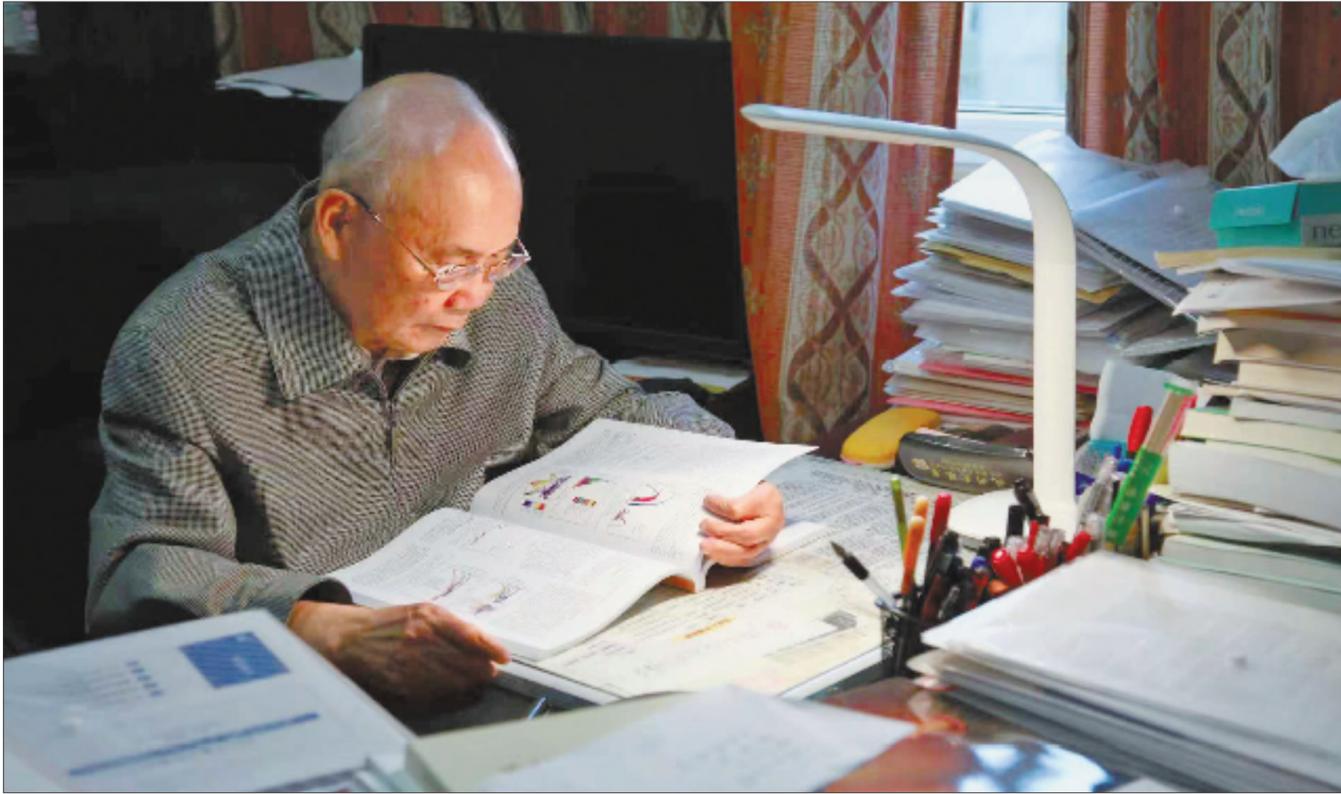
“炉子出了问题，你要比工人先爬进去，不然工人不知道爬进去干什么。做工程都会遇到这个问题，炼钢铁的、建铁路挖隧道的，不是很艰苦吗？”

脏，他认为理所应当的。因此，团队里流传着一句话：“别说话不怕脏的事，爬炉子的科学家必须脏！”

岑可法用最通俗的话解释水煤浆的难点：“平时我们喝的自来水，是容易流动的稀流体，加了煤粉之后就变成黏稠流体，煤越多、浓度越高就越黏稠。浓度低的时候还好，一旦超过20%，就能牢牢裹住煤粉。”充分认识这些物理特性后，他想出了破解之道：用添加剂让煤粉越多越好，浓度越大越好，这样更利于燃烧。而水只做一个流体，带煤粉走。

1982年，无数次实验过后，团队成功用煤、水和少量添加剂，混合成可以发电的水煤浆。

与用油发电相比，水煤浆发电费用要省一半以上，并且对环境的污染更小。如今，这项技术已广泛应用于发电厂、工业锅炉，并在广东建成了国际上最



岑可法在阅读专业书籍。

做能源研究，就要跟着国家最需要的方向走，把煤用好，把蓝天守住。

——岑可法

#### 人物名片

广东佛山人，工程热物理学家，能源环境工程专家。1995年当选中国工程院院士。岑可法主要从事煤炭分级利用多联产、洁净煤燃烧与气化、废弃物资源化能源化利用、生物质能与制氢技术、污染物协同脱除等领域研究，并取得开创性成果。曾获国家自然科学奖二等奖1项、国家技术发明一等奖1项、国家科技进步奖创新团队奖1项等国家级奖项；获“全国优秀科技工作者”“全国高等学校先进科技工作者”“全国优秀教师”称号以及“全国五一劳动奖章”“何梁何利基金科学与技术进步奖”“中国工程热物理学会终身成就奖”等荣誉。



岑可法在做燃烧实验。

大的水煤浆发电厂。

那座高高的燃烧试验台，今天仍伫立在浙大热能所。91岁的岑可法已经吃不消爬炉子了。但他仍然常常一路经过熟悉的实验室，看过那些依旧在运转的实验设备，慢慢回到自己的办公室。办公室里，除了满满当当的书籍，还放着十几副眼镜和一把大大的放大镜。

他的眼睛只有微弱的视力。1983年，由他牵头的洗选煤泥流化床燃烧技术项目迎来验收。当时，在转道前往四川验收现场的公交车上，突然一个急刹车，吊环重重地撞在他的左眼。

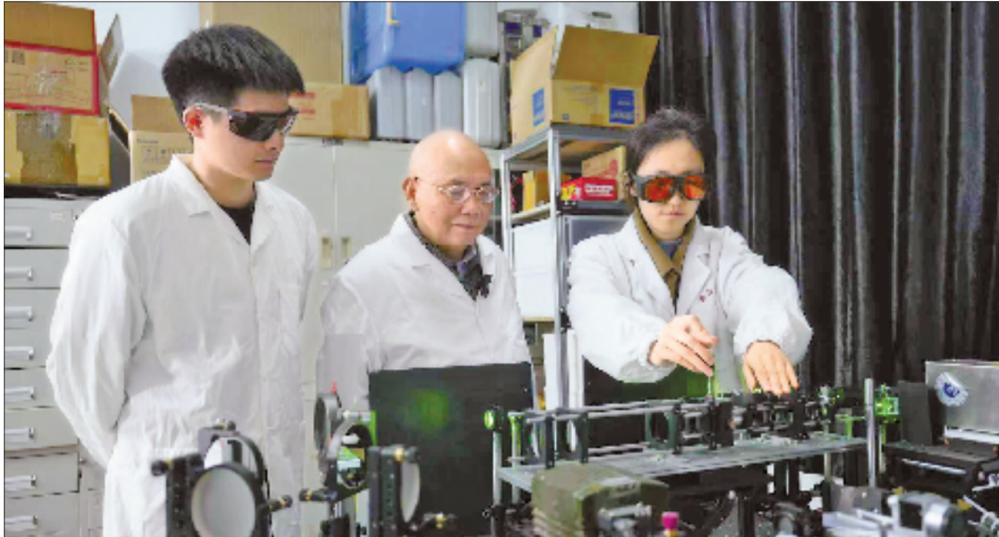
“当时就觉得眼睛看不清了。”岑可法回忆，为了不耽误验收，不耽误团队多

年的心血，他没顾上治疗。后来再去医院，医生告诉他：眼珠黄斑出血，受伤后没及时处理，视力已经无法复原，左眼视力只有常人的五分之一，只能看到平面。

热能所没有电梯，每次上下楼梯，岑可法都要紧紧扶着扶手，一节一节慢慢蹭下。他边走边，边笑着和记者聊起这段经历，“虽然我眼睛出问题了，但我们拿到了大项目，还顺利推进了研究。”

### 选择做一个助手

走进浙大热能工程研究所，迎面看到“求是、团结、创新”六个大字。“求是是创



岑可法指导学生做实验。

本版图片均由受访者供图

新”是浙江大学的校训，中间的“团结”两字，是岑可法自己加上的。

他常告诉学生，“只有团结，才能做好好学科。既要能当主角，也要有当配角的胸怀。”这句话，他躬行了一辈子。

岑可法到浙大报到后不久，时任校长陈伟达找到他，问他是想开始独立做研究，还是先给热能教研组的陈运铎老先生当助手，共同推动学科发展。

“给陈运铎先生做助手！”岑可法的回答没有一丝犹豫。

这一做，就是21年。其间，他没有担任任何行政职务，过了16年才被评为副教授，又过5年才成为教授。这样的成长速度，放在今天看是很慢的。

岑可法从来都没有着急。他用一贯平和的语气解释：“能源是个很广泛的学科，要学得扎实、慢一点没关系。”

那些年，岑可法一边跟着陈运铎做研究，一边给学生上课。他想给学生传授更多更深的知识，他的课总是拖堂。每次下课铃响，他都摆摆手：“再多跟你们讲十分钟。吃饭肯定会晚，不能着急。”

浙江大学能源工程学院教授薄拯说，岑老师的课从来不受学科边界的限制。“他说，能源的问题连着环境的问题，连着物理的、化学的基础问题。需要用什么就学什么，不能把自己框在一个领域里。”

薄拯如今主要从事的储能研究，也涉及电化学、材料、化工等多个学科。“岑老师教会我们，能写进教材的知识是经典的，但也往往是陈旧的。真正的创新，恰恰发生在学科的交叉地带。”

1989年，岑可法牵头创建了浙江大学热能工程研究所。从那时起，他开始把更多精力放在培养年轻人上。

自20世纪90年代以来，岑可法就很少成为第一获奖人。其实获奖项目他都参与，不少项目他还是负责人，可他总把自己的名字往后放。

“当年选择做助手，是因为建设团队的需要。现在又选择做助手，是因为假如所有项目都是我牵头的，那年轻人就上不去了。”他说。

浙大热能所研究员施正伦想起自己第一次见到岑可法的场景。那是他去所里报到的第一天，走在通向燃烧教研室的小路上，迎面遇到一个人，瘦瘦小小，身穿

沾满油污的工作服，脚上穿着劳保皮鞋。

“这里怎么会有工人呢？”他有些不解。直到敲开办公室的门，施正伦才知道，那就是大名鼎鼎的岑院士。

浙江大学能源工程学院教授王树荣说，岑老师甘愿为年轻人铺路。曾经，王树荣获教育部自然科学奖一等奖时，岑可法主动要求把自己的名字放在最后一位，让王树荣的名字挂在第一位。

浙江大学能源工程学院教授倪明江是岑可法的第一位博士生。当年出国名额有限，岑可法亲自跑到北京，为还在读研的倪明江争取参加国际学术会议的机会。

在团队的培养下，热能所从一个教研组发展成为国家重点实验室，走出了2位院士、30多位国家级人才，形成了一支实力雄厚的科研团队，被业内称为“浙大热能铁军”。

岑可法人生中大部分时间都是在这里度过的。科研和教学几乎占据了他生活的全部，他对物质生活没有太多追求。75岁生日那天，他把多年省吃俭用积攒的350万元全部捐献设立奖学金，这是当时浙大历史上，在校教职工捐赠数额最大的一笔奖学金。

### 为了蔚蓝的天际线

站在老和山下的浙大校园里，抬眼望去，天空是澄澈的蔚蓝。

燃烧与蓝天，看似一对矛盾。煤炭燃烧，曾经带来滚滚黑烟；而岑可法一生所追求的，就是让这团火，烧得高效、干净，最终守护这片蔚蓝。

改革开放以后，中国经济高速发展，能源需求与日俱增。与此同时，环境压力也越来越大。煤炭燃烧产生的二氧化硫、氮氧化物、烟尘，成为大气污染的主要来源。每到秋冬季节，雾霾笼罩城市，天空变成灰蒙蒙的一片。能源与环境，似乎成了天平的两端。

#### 链接

## 煤的工业“变奏曲”

### ——岑可法团队重大代表性研究成果

#### 一、水煤浆燃烧发电技术，破解能源替代难题

作为国内水煤浆技术的开创者，岑可法打破“水火不容”的固有认知，研发出煤、水与添加剂混合的水煤浆燃烧技术，成功在锅炉和工业窑炉中替代燃油。该技术发电成本较燃油降低一半以上，二氧化硫排放大幅减少，兼具经济性与环保性。团队建成的20万千瓦水煤浆发电厂为当时全球最大，让我国在该领域跻身国际先进水平，每年为国家节约燃油250万吨，为煤炭清洁高效利用开辟了全新路径。

#### 二、固废热处置核心技术，实现“变废为宝”

将煤炭燃烧研究思路延伸至固废领域，带领团队研发出复合循环流化床焚烧发电、二恶英全过程控制等关键技术，攻克了煤泥、污泥、生活垃圾等难处理污染物的资源化利用难题。依托该技术建成44座生活垃圾焚烧发电厂，

岑可法很早就意识到，利用能源不能走老路。他从人云亦云，也不做跟风的事。早在20世纪80年代，他就在关注燃烧产生的污染物；90年代，他开始带领团队攻关燃煤污染控制技术。他告诉学生：“能源的利用，不能以牺牲环境为代价。未来的能源发展，必然是高效、清洁、环保的。”

在他的推动下，2003年浙江大学创建了全国第一个能源与环境系统工程专业。薄拯就是第一批学生之一。“岑老师很早就预感到，国家能源发展需要大量懂环保的人才。”他说。能源生产和利用过程中的环境问题——二氧化硫、二氧化氮、挥发性的有机污染物，都是岑可法关注的重点。“我做的是容易产生光化学烟雾的污染物控制，当时国内很少有人做。但岑老师说，这正是国家未来需要的方向。”

岑可法的想法总是跳跃的。由煤的燃烧，他想到了煤泥的燃烧，而后是污水、污泥的燃烧，生活垃圾的燃烧，生物质的燃烧……

“中国是产煤大国，对煤的利用，不能再是简单地一把火烧了。”岑可法说，“煤是一种宝贵的资源，除了碳氢元素外，还有许多有用元素，比如硅、铝、钙、镁等，有些煤中还含有价值更高的钒、镓、铀等稀有元素。如果采用合适的工艺技术将这些元素提取出来，就能实现‘变废为宝’。”

在他的带领下，团队不断试验、探索，将燃烧的思路从煤泥延伸到了更广阔的领域，研发出了复合循环流化床焚烧发电、二恶英全过程控制等技术。截至目前，基于生活垃圾循环床焚烧发电技术建成的发电厂就有44座，日处理垃圾量4.4万吨，被国际废弃物能源化理事會主席列为全球固废热处置四大主流技术之一。

这些成果既节约了能源，又保护了环境。对我们每个人来说，意味着日益洁净的空气，和越来越多的蓝天。

近年来，随着能源结构调整和“双碳”目标的提出，多元能源结构战略需求日益凸显。在他的鼓励和引导下，浙大热能所的多个科研团队投身到太阳能、生物质能等新型能源及能源储存方式的研究之中。

浙江大学能源工程学院研究员吴迎春从事的能源动力装备测量是个尤其小众的领域。“当时岑老师找到我，问我懂不懂全息三维测量技术，我说不太了解，他反而很高兴：‘那就对了，就是要去攻克这个难题。’”

吴迎春带领团队成为国内率先探索能源动力装备测量的队伍，岑可法常给他们提供思路，看到C919大飞机结冰风洞实验数据，岑可法提醒他们：“还不够，要考虑非稳态、不平衡、不均匀的问题。天上飞机撞雨，和风洞里风吹雨，是不一样的。”团队重新开展实验，完善参数，该技术不仅应用于C919，还适配于我国多款航空发动机，为航空装备安全提供了重要保障。

最近，吴迎春正在研究航空发动机在极端环境下的使用情况——在高原、在高空，还要去南极和北极。就在前两天，他又跑到岑可法的办公室，师徒二人就这个问题一聊就是一个下午，老先生没有一丝倦意。

岑可法对能源动力的好奇，是从一个模型开始的。初中时，堂兄送给他一个巴掌大小的蒸汽机模型。他趴在地上盯着那细细的管道，那枚精致的小活塞，怎么也看不够。为什么能让活套动起来？里面藏着怎样的力量？

将近一个世纪过去，这份好奇与炽热，丝毫未减。

日处理垃圾量达4.4万吨，被列为全球固废热处置四大主流技术之一。技术实现了固废的能源化转化与污染物精准控制，既盘活了低价值固废、补充了能源供给，又从源头减少了固废对环境的污染，让“脏煤渣”“废弃物”成为清洁能源。

#### 三、煤炭资源综合利用技术，挖掘煤的多元价值

摒弃煤炭“一把火烧掉”的粗放利用模式，率先提出煤炭多元素提取的综合利用理念，发现煤炭中除碳氢外，还富含硅、铝、钒、镓等稀有有用元素。通过研发专属工艺技术，实现煤炭热解、气化、燃烧后灰渣中稀有元素的有效提取，让煤炭从单一燃料转变为“燃料+原料”双重资源，极大提升了煤炭产业的附加值与资源利用率。该研究为我国煤炭产业转型升级提供了技术支撑，推动煤炭利用从“高耗低效”向“高效多元”转变。

(本报记者 林晓晖 整理)