

“老科学家学术成长资料采集工程”系列报道 ③⑤



张懿(1939—)

1939年6月10日出生。中国工程院院士,中国科学院过程工程研究所研究员,绿色过程工程与环境工程专家,我国清洁生产技术研究领域的开拓者之一。曾就读于辽宁省实验中学,1958年考入东北工学院(现东北大学)冶金物理化学专业,1963年毕业后到中国科学院化工冶金研究所(现过程工程研究所)工作。1989—1991年间,在瑞士伯尔尼大学和日本九州大学做高级访问学者。1999年当选中国工程院院士。

张懿于上世纪70年代后期,在社会急切需求工业污染治理的推动下,开拓了资源—材料工程与环境工程学交叉综合研究的新方向,

提出资源再生循环与无害化技术相结合的积极治理路线。90年代开拓了清洁工艺—绿色化学化工过程研究新方向,主持我国第一个清洁生产工艺国家项目,率先由工业污染的末端治理转向源头控制和全过程污染控制研究。在国内外首次提出亚熔盐高效清洁反应/分离新系统和新过程,已拓展为处理多种矿物资源的普适性新理论和共性技术。她对中国传统产业的绿色化提升和循环经济建设作出了重要贡献。获得国家奖5项,其中国家技术发明奖二等奖2项、三等奖1项,国家科技进步奖二等奖、三等奖各1项。发表SCI收录论文500多篇,获授权国家发明专利100多项,培养博士、硕士研究生90余名。



张懿(右四)与科研团队在实验室。

# 张懿:踔厉奋发“懿”心报国

■刘伟 郑诗礼 高毅颖 阎文艺



- ①2006年,张懿(右三)在西铝厂指导工作。
- ②2007年,张懿(左一)与陈家镛院士(中)、李佐虎研究员在示范工程现场。
- ③2003年,张懿在重庆示范工程现场。

罗世民回忆,他们每周5天在通县的实验基地工作,周末回到中关村向陈家镛汇报工作,大家一起讨论工作计划。那时候交通条件差,从通县往返中关村有近百公里。基地工作环境很艰苦,科研人员对重铀酸铵(俗称“黄饼子”)进行加工提纯,以至于实验地砖接缝处都呈微黄色。尽管多次洗手还有放射线,因此他们在食堂就餐不允许用手拿馒头。但工作组成员发扬了为国争光的拼搏精神,经过大家夜以继日的奋战,在实验室成功提炼出了棕黑色的二氧化铀粉末。遗憾的是,1966年下半年,因为种种原因项目被迫停止。

## 统一资源和环境两个领域

在湿法冶金研究室,张懿潜心学习、磨炼技能,为以后的研究工作积累了经验、打下了基础。她慢慢找到了适合自己的科研之路,通过清洁生产的方法,让资源和环境两个独立领域逐渐整合成一个统一整体,然后进一步发展到全过程污染控制。

上世纪70年代末,张懿在国内率先将资源材料化学化工的最新成果和研究方法融合渗透到环境工程学科领域,提出资源再生循环与无害化技术结合的积极治理路线,建立了废弃物资源化的优秀示范工程。

她的老同事王治宽回忆,张懿将工作积累的经验和成果整理后,积极向国家环境保护主管部门争取国家科技攻坚任务。

功夫不负有心人,张懿团队经过不懈努

力,取得累累硕果,“还原氨浸法处理镍基合金电解泥”获1980年国家技术发明三等奖,“高温合金电解泥的综合回收及环保治理”获1988年国家科技进步奖二等奖。

上世纪90年代,她又率先由工业污染的末端治理转向源头控制研究,提出了“清洁工艺”研究方向,并从重污染的铬化工入手,将铬盐清洁工艺研究作为传统重化工业绿色化的切入点,与化学工程学家李佐虎合作率领课题组承担了“铬盐清洁生产技术与开发”项目,这成为在国家攻关立项的第一个清洁生产项目。

## 让实验室成果实现产业化应用

“在科学上没有平坦的大道,只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人,才有希望达到光辉的顶点。”张懿和李佐虎既是生活中的伴侣,也是事业上的伙伴,他们带领团队不惧风险、迎难而上。

以铬盐清洁生产技术为代表的研发工作,需要基础研究—工程放大—产业化一体化布局,中间试验是将实验室成果进行工程放大、最终实现产业化应用的关键一环。

日本、美国等国将“铬化工清洁生产技术研究”作为世界性难题,其难点在于该研究一直停留在实验室阶段,进入到中间试验和产业化阶段的难度极大。

为攻克这一难关,项目研发期间,他们每天身体力行在化学毒性环境下连续工作十几个小时,重复着成千上万次看似单调、枯燥的实验,没有节假日、没有休闲时间。

工程实施中,从设计到设备安装再到试车全过程,他们都亲自参加,经常吃睡在车间,和年轻人一起倒班,不分昼夜地工作。即使累得病倒在现场,仍然一边治疗一边坚持工作。对于所里发的现场补贴,他们都没有留给自己,而是用于资助合作企业的困难职工。他们与工人师傅同甘共苦,赢得地方企业赞誉,河南义马市政府专程送来锦旗、奖牌、慰问信和慰问品。

经过不断创新和积累,试验结果得到国家有关部门的肯定与支持,“铬盐清洁生产技术研究与开发”项目被列入中国科学院“九五”重大和特别支持项目,于2001年12月进入国家“十五”计划、“863”计划。

该项目能否成功实现产业化应用,是对中国科学院解决国民经济重大问题能力的考验,也是对科研人员创新能力和全面素质的实战考验。

张懿、李佐虎带领同事和学生敢为人先、攻坚克难,经过多年努力,实现了具有里程碑意义的突破,1999年在重庆完成千吨级示范,2002年在河南义马成功建成万吨级铬盐清洁生产产业化示范工程,形成了铬铁矿资源综合利用与铬渣近零排放的生态工业新模式,该技术也被称为行业的“技术革命”。他们向国家和人民交上了一份优秀的答卷。

最终,“铬盐清洁工艺与集成技术”获2005年国家技术发明奖二等奖;2006年张懿

还获得何梁何利基金科学与技术进步奖——技术科学奖。

面对纷至沓来的荣誉,张懿依然觉得自己亏欠国家很多。她认为有的工作没有达到预期,还可以做得更好,所做的工作还只是“逗号”。

这份“亏欠感”正是她默默前行的动力。早在上世纪80年代末90年代初,她就瞄准前沿带领团队前瞻布局,在环境电化学生物耦合技术、二氧化碳减排与利用和循环经济工业生态网络设计等方向做出开拓性工作,经过长期积累创新,取得丰硕成果,其中“工业钨铬废渣与含重金属氨氮废水资源化关键技术和应用”获2013年国家技术发明奖二等奖。

## “这必是科技报国的坚定信念”

除了在学术上指导年轻学者外,张懿经常鼓励大家将成果产业化,把论文写在祖国大地上。

2019年,她的学术后辈向中国科学院大学捐款200余万元,设立“张懿院士奖励基金”。“我们感恩于张懿院士对大家的教诲与关怀,而更重要的是,希望激励大家发扬和传承张懿院士那种为国为民的科研报国精神,鼓励更多年轻的学者从事过程工业绿色化研究。”

该基金奖励品学兼优的在读学生及在学科领域内成绩突出的青年科研人员。而这个教育基金的设立正是得益于科研成果的转化。对此,张懿颇感欣慰。

张懿80岁生日时,中国科学院过程工程研究所所长张锁江院士撰文写道:“这些年,我对张院士有了更全面的认识与了解,她既可以优雅从容地站在讲台上,也可以不顾疾病缠身坚守在生产一线。到如今,张院士已是一位白发苍苍的老人,却依旧兢兢业业地奋战在科技创新的第一线。我常常会在所里遇到张院士,我常想,是什么样的力量支撑着她,让这位老人能够数十年如一日地耕耘、奉献、付出着,我想这必是科技报国的坚定信念、才能心无旁骛,始终坚守!”(作者单位:中国科学院过程工程研究所)



20世纪60年代,张懿(后排右一)与父母、兄弟姐妹合影。



1989—1990年,张懿在瑞士伯尔尼大学做高级访问学者期间在环境实验室做实验。



张懿(右一)与瑞士著名环境化学家P. Schindler夫妇。

六十载科教芳华,一甲子弦歌不辍。今年恰逢张懿院士从事科教事业60周年,从1963年到中国科学院化工冶金研究所湿法冶金研究室工作开启科研人生起,不论在什么情况下,她都潜心学习、不断创新,数十年如一日地耕耘、奉献、付出。

“中国更需要安于清贫的科研工作者,把自己分内的事做好,就是对国家最大的回报。既然选择了这条路,就要不计报酬、不计代价地走下去。”张懿是这样说的,也是这样做的。



## 科技骨干挑重担

1939年6月10日,张懿出生在黑龙江省牡丹江市一个知识分子家庭,父母非常重视子女的教育,排行第二的张懿自幼聪明好学、勤勉用功,1958年从辽宁省实验中学考入东北工学院(现东北大学)冶金物理化学专业。1963年,心怀报国志的张懿以优异成绩毕业,被分配到中国科学院化工冶金研究所(现过程工程研究所)湿法冶金研究室工作,在著名化学工程学家、湿法冶金学家陈家镛的悉心指导下开启了科研人生。

铀是重要的战略物资,由于铀矿石品位低,而作为核燃料使用的铀对纯度要求很高,专家们倾向于采用“湿法冶金提取工艺”。

上世纪50年代末,陈家镛接受第二机械工业部第三局的委托,带领科研人员开展了湿法冶金提铀的研究工作。毕业不久的张懿很快被委以重任,和同事们一起加入了这项光荣而艰巨的工作,与坐落于北京通县(现通州)的核工业北京化工冶金研究院开展合作。

陈家镛鼓励二三十岁的科技骨干要敢挑重担,一旦选准方向,就勇往直前。1965年,为了加快工艺攻关,湿法冶金研究室成立了由陈家镛、杨守志、张懿、罗世民组成的工作组,派张懿、罗世民常驻实验基地开展研究。

## 延伸阅读

# “建立一个生态、环境美好的宜居城市”

■刘玉珊

2009年5月8日,中国工程院院士、中国科学院过程工程研究所研究员张懿来到河南省平顶山市。

张懿是我国绿色过程工程研究领域的主要开拓者之一。她说:“所有资源型城市都应当对资源进行保护性开采,高效、清洁、综合利用。”

第一次来平顶山的张懿,听了有关方面的介绍,特别是深入到企业调研后,知道平顶山近几年产业结构发生了很大的变化,除了煤炭采选外,煤炭的深加工特别是煤化工占到了煤炭主业的2/3。她高兴地说:“平顶山同全国的许多城市一样,正从资源型城市逐渐向资源深加工、环境保护和建立环境友好型城市方向发展。”

“从我参观的焦炉煤气制氢、芳纶、尼龙66生产线来看,平顶山市煤化工已经取得了可喜进展。资源型城市工业经济的发展要建

立多元化经济发展的理念。工业与服务业、三产的比重,应该有合理的配置,要延伸产业链。”张懿进而表示,平顶山除了煤矿资源外,还有丰富的铁矿石、岩盐和水力资源。平顶山把能源化工产业确定为着力打造的战略支撑产业之一,规划了占地11.46平方公里、总投资656亿元的化工产业集聚区,强力推动煤化工、盐化工产业发展,成功地走出了一条资源综合利用的道路。

张懿强调,保护性开发利用资源要提到日程上。随着煤矿采掘时间的延长,开采的难度越来越大,平顶山煤炭储量尽管非常可观,但煤炭终究是不可再生资源。作为全国能源、原材料基地,提升现有技术、研发前瞻性技术很有必要。而大的煤炭、化工联合企业,应在发展高科技产业、发展清洁能源、发展循环经济和环境保护方面增加投入,应考虑如何在发展接续产业、先进制造业等方面进行多元

化投资。

“城市发展要求环境容量与经济发展相匹配。”参加过一些省、市循环经济规划的张懿说,老百姓希望建立一个生态、环境美好的宜居城市,因此城市发展一定要有区域性战略性规划。要划分几个区域,工业布局合理化,如人口稠密的地区要限制发展,一些不适宜发展农业、人居的地方集中布局相关产业,要考虑城市可持续发展。

“在环境容量允许的条件下,实现资源保护性的开发、高效清洁循环利用,要考虑几十年以后的事情,考虑城市的可持续发展。”张懿强调。

最后,张懿说,她相信平顶山作为一个矿产资源、水资源和旅游资源都很有发展潜力的城市,一定能向循环经济可持续方向更好更快地发展。

(选自《平顶山日报》,有删改)

学生眼中的张懿……

张懿时刻坚持对自己高标准严要求,身边的同行同事、学生晚辈等无不钦佩她的高尚品格和科学风范。对张懿的学生们来说,老师做人做事做学问都堪称楷模:在科研上严谨求实、在教育上一丝不苟、在生活上无微不至、在为人上温暖有光。

郑诗礼:

我印象当中张老师做事特别认真,尤其是写材料。项目申报材料提交上去后,因为觉得不满意,张老师往往要求退回,然后再一遍遍修改,字斟句酌、精益求精。在那个年代,计算机的使用还没普及,有些文件是她用剪刀一个字一个字剪下来再粘贴上去的。当时张老师是四室(湿法冶金研究室)主任,四室有一个传统是对实验数据要求很严格,有些需要重复确认三遍以上,张老师率先身体力行。

张老师的学术思想特别具有前瞻性。刚提出来的时候大家不太理解,但经过一段时间后回顾,就会发现张老师站在了学科的最前沿。比如,张老师提出绿色过程工程,通过清洁工艺将资源和环境两个原本独立的领域统一了起来。张老师提出的亚熔盐就是从点发展到面的典范。铬盐清洁工艺用的反应介质是液碱,后来总结提升为亚熔盐介质,并将亚熔盐介质由“含水<50%的多元盐流动介质”的物理定义发展为“可提供高化学活性、高离子活度负氧离子的碱金属盐高浓介质”的化学定义,然后进一步将亚熔盐技术拓展用于处理铬、铝、钛、钒等21种两性金属,形成平台技术。前几年,张老师提出用路易斯酸碱理论指导清洁生产新技术研发,以摆脱金属种类限制。张老师当时提出这个想法的时候,我们都不太理解,经过最近这几年的工作,大家发现用这个理论指导研发的确能产生很多新的分离方法。

宁朋歌:

张院士肩负国家使命和责任,对工作一丝不苟,每次作报告都精益求精。有一次在准备城市转型发展主题报告PPT的过程中,张院士一直修改到晚上10点,依然觉得不满意,又在次日凌晨4点起来继续修改至满意为止。

王少娜:

张老师传递给我们的品质和思想已深深植入我们骨子里面。我们也会这么要求学生,比如要求学生有责任心,就像张老师当年要求我们一样。这其实就是一种榜样的传承。

阎文艺:

张老师对工作人员和学生要求很严格,同时她对学生在课题或生活中遇到的困难非常上心。印象很深的就是,团队发展壮大以后学生很多,但对每个学生的名字以及他们的本科学校、研究生学校以及课题,她都记得非常清楚,在楼道里或者电梯里碰到哪个学生,都能马上聊起课题的一些进展。已经毕业的学生在工作中遇到困难找张老师,她都会主动协助解决。张老师是学生们永远的依靠。

徐红彬:

我1999年跟着张老师读博士。年底有了孩子后,张老师隔三岔五就拿出几百块钱给孩子。有段时间,我因为学位论文遇到一些问题,甚至想过退学,这时张老师对我的课题细致指导,生活上给予帮助,还从思想上对我进行疏导,这种关怀令我至今难忘。

张芳芳:

快毕业的时候,当时同届的几个学生已经答辩完,张老师就把我们一齐叫到办公室,对每个人提出了以后工作生活中的一些建议,而且还给每个人都写了一封信。我的信上写着“张芳芳同学,祝愿你创造一个成功的人生”。张老师还给每个人的信封里面装了300元钱,让我特别感动。

高毅颖、沈海侠:

记得有段时间张院士每天早出晚归,行程排得很满,有时会工作到凌晨3点。有一次汇报课题进展是在她去医院看病的车上,即使那么短的时间,她也能够一针见血地指出我们工作中的不足之处。

她平时勤俭节约,但当得知地震、疫情等消息时,她都是第一时间捐款,当身边人因病陷入困境时,她不仅自己拿出钱帮助他们渡过难关,还想方设法联系救治、到医院探望慰问。

马淑花:

第一次见张老师,她就告诉我我要勇于挑战权威。张老师知道我硕士做过氧化铝方面的工作,虽然这项工艺经过100多年发展已经成熟,但仍存在很大的问题,比如赤泥问题就一直解决不了,还有氧化铝收率问题,就是随着矿石品位下降,氧化铝收率会大幅降低。

后来,张老师让我用亚熔盐法成功解决了这个问题。她当时告诉我,虽然现有工艺已经有100多年历史,但是我们要开拓创新,要用新的工艺把存在的问题解决掉。(中国科学院过程工程研究所吕伟清、施雯采写)

本版组稿负责人:张佳静