

序 言

江英彦科技成就

江英彦(1926~2013),台湾桃园人,高分子化学家,中国有机硅化学的奠基人之一,中国高分子负载催化剂的开拓者之一,中国科学院化学研究所研究员,研究室主任,博士生导师。20 世纪 50~70 年代,主要致力于有机硅化学的研究,研制成功数十项有机硅材料的制备新技术,并使之实现了工业化,对中国有机硅材料产业的发展创造了多项核心技术。20 世纪 80 年代,开拓了中国高分子负载催化剂及功能性高分子的研究新领域,在高分子负载催化剂对不饱和烯烃和芳烃的加氢反应、硅氢加成反应、芳烃烷基化反应和生物酶的固定等的催化作用方面做出一系列开创性研究成果,并培养了一大批高分子科学人才。根据国家经济发展需求,开展了高吸水性树脂、石油树脂及锂离子电池用关键材料的研究,并完成了产业化。1978 年获全国科学大会重大成果奖,1984 年获国家发明奖三等奖,1999 年获日本化学会国际奖。2011 年国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)为表彰他在推动中国化学化工领域的国际合作中做出的重要贡献,特设立以他名字命名的“江英彦新材料青年奖”。



一、中国有机硅材料工业制造技术的开拓者之一

20 世纪 50 年代,中国的有机硅化学研究刚起步不久,有机硅材料的工业化技术处于十分落后的状态,而国家经济建设对这类材料的需求则日益迫切。当时,我国的有机硅材料不但生产技术十分落后,即使有机硅材料的主要原料也大多处于空白,依赖进口。而这些关键技术大部分都掌握在美国、日本、欧洲等西方工业国家的手中,即使是苏联对我国的技术援助也有很多限制。只有自力更生,发展自己的核心技术,才能从根本上解决中国有机硅材料面临的困境。

江英彦调入中国科学院化学研究所后,利用在日本学到的有机硅化学知识和技术,在刚成立研究所的落后实验条件下,经常利用窗台当实验台做试验,在短短几个月的时间里,就在玻璃瓶中将日本已经工业化的聚硅酸乙酯的制造方法进行了改进,简化了生产流程,将该技术无偿转让给某化工厂进行生产实验,成功地实现了工业化。同时,又采用醇解法解决了有机硅甲基单体难于分离的难题,这些成果于 1956 年获得了国家科委颁发的科学集体奖三等奖。在深入开展有机硅化学基础研究的同时,他十分注重工业化生产技术的开发,先后试制成功多种有机硅材料产品,尤其是采用较简单的方法试制成功了硅橡胶。从 1958 年开始,他经常和同事一起到生产一线开展技术研究工作。1959 年江英彦被评为中国科学院先进工作者。60 年代,他研制成功有机硅扩散泵油、硅腈橡胶等多种重要的有机硅材料,将这些材料的制造技术无偿转让给相关的有机硅化工厂,并亲自到工厂生产一线进行技术指导,顺利地实现了工业化生产。

1966 年开始的“文化大革命”对他的科研和生活带来了灾难性的冲击。他由于出身问题,被扣上种种罪名,隔离审查,强迫劳动。数年时间内,科研工作完全停滞了。他以坚强的毅力渡过了这一生死难关。70 年代初,他被派到北京化工二厂接受“工人阶级再教育”。工厂的技术人员和工人知道他是研究有机硅化学的专家,对他很热情,希望利用此机会合作研制成功一些有机硅新产品。经过一年半时间的研究,数种有机硅材料产品研制成功。

从 1955 年到 1977 年,江英彦完成了数十项有机硅材料的研究课题,包括聚硅酸乙酯的化学合成技术、直接法合成有机硅单体(甲基氯硅烷和苯基氯硅烷)的合成技术、甲基氯硅烷的分流提纯技术、甲基氯硅烷的醇解反应技术、硅橡胶的制备及熟化技术研究、有机硅油的制备技术、有机硅树脂的制备技术研究、有机硅橡胶的填料-气相法二氧化硅的制备技术等。特别是,硅橡胶的制备及熟化技术研究,具有很高的难度,彻底解决了我国有机硅橡胶材料的国产化问题,《人民日报》为此做了专门的报道。其中“室温硫化硅橡胶的新的合成方法”获国家发明奖三等奖。上述研究成果推广到数十家工厂,包括上海树脂厂、天津油漆总厂、吉林化工研究院、武汉化工研究院、北京电器科学院、山东化工厂、沈阳化工研究院、沈阳化工厂、北京化工二厂等,实现了工业化生产。同时,江英彦在有机硅化学领域发表了数十篇研究论文,研究内容涉及有机硅单体的制备技术、有机硅的反应机理、有机硅橡胶的制备、腈基硅油的化学合成、甲基苯基硅氧烷的化学制备等方面。

江英彦在有机硅化学与材料方面的研究对我国有机硅材料产业领域的早期发展奠定了扎实的技术基础,做出了重要的贡献。

二、积极开拓中国高分子催化剂研究的新领域

1978 年,我国迎来了科学的春天。江英彦回到实验室后,除了有机硅化学的研究外,瞄准高分子科学的国际发展前沿,开拓了我国高分子催化剂及功能性高分子的科学研究新领域,并为我国培养了一大批高水平的高分子科学人才。

众所周知,金属催化剂是化学工业的生命线,它能够帮助两个或多个化学物质本来不能够发生的反应发生,而且可实现低能耗、低成本的大规模工业生产。可以说,没有催化剂就不会有当今人们舒适、安逸的生活质量与环境,目前人民衣食住行的方方面面都包含着催化剂的贡献。但是,工业催化剂也存在着催化效率低、功能单一、不易回收重复利用等缺点。因此,如果能够将金属催化剂高分散地附载在分子的主链结构上,就可能大幅度提高金属催化剂的催化效率,并开拓出其它的功能。从 20 世纪 70 年代开始,高分子催化剂成为国际上的一个十分活跃的研究领域。江英彦及时调整研究方向,在我国率先开展了高分子催化剂的研究。同时,在离子导电高分子、分离功能高分子、高分子固定生物酶、荧光高分子、高吸水高分子等领域也做出了创新性的研究成果。

1. 加氢反应催化剂

通过不饱和烯烃和芳烃的加氢反应制取饱和烷烃和环烷烃是提高石油资源利用效率的有效方法,同时也是如何实现将固体煤转化成液体燃料的重要途径。石油精炼和煤液化过程中产生很多不饱和烯烃和稠环芳烃等中间产物,通过进一步加氢反应可以明显提高燃料的使用效率。但是,不饱和烯烃和芳烃都是很稳定的化学物质,难于通过正常的途径将其转化成饱和烷烃和环烷烃。因此,研究高分子催化剂对不饱和烯烃和芳烃的催化加氢反应具有重大科学意义。20 世纪 80~90 年代,江英彦领导的科研团队探索了多种高分子金属催化剂对不饱和烯烃和芳烃的催化加氢反应,取得一批十分有价值的研究成果。研究发现,高分子载体附载的高分散铂催化剂对单环芳烃(如二甲基苯、苯酚等)和稠环芳烃(如萘酚等)的加氢反应具有较高的催化活性。在分子金属铂催化剂的作用下,上述反应可以在温和的条件下进行,无需高温高压等苛刻的反应条件,对于从分子水平上认识这类反应的过程机理具有重要的理论价值。

研究发现,高分子附载金属络合物可以有效催化有机酮化合物的不对称加氢反应。例如,羊毛纤维附载的铂催化剂可以有效催化有机酮化合物的不对称加氢反应;有机硅附载的甲壳素-钯络合物可以催化甲基丙烯酸的不对称加氢反应;高分子附载的甲基纤维素-草酸-铂络合物可以实现 2-丁酮和衣康酸的

不对称加氢反应。另外,在 高分子载体附载金属钯催化剂的作用下,不饱和烯烃(如 1-己烯、环己烯、苯乙烯、丙烯腈等)和硝基芳烃(如对硝基甲苯、对硝基苯甲酸、对硝基苯酚等)都可在温和条件下通加氢反应高效地形成相应的加氢产物,而且具有很高的反应选择性。

2. 硅氢加成反应催化剂

硅氢加成反应对于生产有机硅材料的原料单体和广泛使用的硅烷偶联剂非常重要。研究发现,有机硅树脂附载的金属铂催化剂可在温和条件下高效地催化多种烯烃与二氯甲基硅烷的硅氢加成反应。例如,1-己烯和二氯甲基硅烷的硅氢加成反应可在 60℃ 下 10min 内完成,反应产率高达 91%;乙酸烯丙基酯和二氯甲基硅烷的硅氢加成反应在 70℃ 下 10min 可完成,反应产率高达 95%。甲基丙烯酸甲酯和二氯甲基硅烷的硅氢加成反应在 70℃ 下反应 60min 后,反应产率达到 79%。这些研究成果对我国发展新型功能性有机硅材料具有重要的实用价值和科学意义。

3. 芳烃苯基化反应催化剂

在芳烃环上引入脂肪链取代基(Friedel-Crafts Alkylation)通常采用路易斯强酸(如无水三氯化铝)作为催化剂,这类催化剂在工业生产过程中必须水解除去,无法回收再利用;另外,催化剂的使用量大,其水解产物对环境污染严重。江英彦领导的科研团队发现,有机硅高分子附载三氟甲基磺酸酯可有效催化取代苯的苯甲基反应。例如,苯与氯甲基苯生成苯甲基苯的反应产率高达 93%;甲苯与氯甲基苯生成苯甲基甲苯的反应产率高达 97%;乙苯与氯甲基苯生成苯甲基乙苯的反应产率高达 94%。这类催化剂不但催化效率高,而且可以多次重复使用,经过 4 次重复使用后,反应产率仍达 83%,表现出良好的重复使用稳定性。

4. 高分子固载生物酶催化剂

酶是一类高效、高选择性的生物催化剂,可在温和的条件下催化生物体内的各种生物化学反应。但是,生物酶对环境变化非常敏感,也难于从反应体系中分离后再使用,因此十分昂贵。江英彦等发明了一种将生物酶固定在由两种高分子形成的聚合物-聚合物络合物网络上的方法,提高了固定化酶的使用稳定性。他们成功地将纤维素酶和葡萄糖氧化酶固定在壳聚糖-聚丙烯酰胺络合物上;利用该方法制备的高分子固载生物酶的最高活性下的反应温度提高了 30~35℃;同时,高分子固载酶的储存稳定性也大幅度提高,在室温下储存 80 天后催化活性没有明显降低;另外,高分子固载生物酶可多次重复使用,重复使用 12 次后酶的活性都没有明显降低。江英彦等拓展的生物酶固定新方法具备很好的实际应用价值。

三、面向国家发展需求,积极推动中国高性能高分子材料的产业化

面向国家经济发展需求,急国家之所急,是科学家义不容辞的责任。江英彦一直以此理念激励自己的研究团队。20 世纪 80 年代初,美国等西方工业国家成功实现了高吸水高分子树脂的产业化,并在农林业、日常生活等方面得到推广应用。1981 年,江英彦及时部署了该领域的研发,以高分子稀土金属络合物为引发剂成功地开发了吸水率超过 400 倍的高吸水性树脂,并成功地在扬州染料化工厂实现了工业化生产,并与邯郸农业大学等单位合作,积极推广在农作物、蔬菜瓜果及植树造林等方面的应用,取得了保水增产、提高树苗成活率的良好效果。

80 年代,中国石化企业大量积压石油裂解中 C_5 、 C_9 馏分,资源得不到有效利用。1983 年,江英彦带领科研人员到北京燕山等单位调研,针对我国 C_5 、 C_9 馏分组成多变的特点,开发了 C_5 石油树脂、 C_9 石油树脂、 C_5 与 C_9 复合石油树脂的实用化生产技术,产品质量达到国外同类产品的水平,已在北京、山东、上海、大庆、江苏等地推广生产,部分解决了我国 C_5 、 C_9 馏分的综合利用问题。

90 年代,随着电子产品的快速发展,对高性能电池的需求越来越迫切。江英彦领导的研究团队及时调整研究方向,在国家“863”计划的支持下,开展了锂离子电池关键材料的技术攻关。他们成功地开发了以廉价天然石墨为原料,经包覆处理制备负极材料的技术以及以有机硅聚合物为骨架的高性能聚合物电解质的制备技术,并实现了实际应用。

四、积极推动学术交流和人才培养

改革开放以后,中国的科学事业进入一个蓬勃发展的新阶段;但是,“文化大革命”期间造成的科技人才短缺、断层问题凸现出来。为了推动全国高分子科学的快速发展,江英彦在积极开展科学研究的同时,还十分注重人才队伍的建设,同时加强国际间的学术交流,以快速提升中国高分子科学的研究水平。为了协助全国各地的大学和研究所搞科研,他担任了数十所大学的兼职教授,为了协助全国各地的化工企业开发产品,还担任了 5 个城市的化学工业顾问。为了培养年轻的科技人才,他先后接受了一百八十多名来自全国各地的大学生做毕业论文。1980 年以来,他总共培养了 23 位硕士研究生、22 位博士研究生和 2 位博士后,并亲自与国外大学联系,先后向国外推荐了 48 位年轻科技人员出国留学,以提升他们的科研能力。为了推动中国与国外的学术交流,他先后创办了 7 个系列共 50 多次国际学术会议,其中国际精细化学和功能高分子讨论会(FCFP)自 1987 年开始已成功举办了 21 次,国际高技术高分子材料会议(HTPM)自 1996 年开始,每两年一次,已成功举办了 6 次;国际生物技术,金属络合物和催化会议(BMC)自 1994 年开始,每两年一次,已成功举办了 10 次。从 1979 年到 2004 年,他应邀到日本、美国、欧洲等国家的近六十所大学和公司作演讲报告,宣传中国高分子科学领域取得的最新成果。

鉴于他在高分子科学领域所取得的丰硕成果和对国际学术交流,特别是中日高分子学术交流做出的贡献,1999 年日本高分子学会授予他日本高分子学会国际奖。为了表彰江英彦在推动中国化学化工领域的国际合作做出的贡献,2011 年国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)设立了“江英彦新材料青年奖”,以表彰在材料领域做出贡献的青年科研人员。