

绿色微型 无机化学实验

LÜSEWEIXING
WUJIHUAXUESHIYAN

李晋国 著



山西出版集团
山西人民出版社

绿色微型 无机化学实验

LÜSEWEIXING
WUJIHUAXUESHIYAN

李晋国 著



山西出版集团
山西人民出版社

目 录

绪 论	(1)
第一章 绿色化学理念	(1)
第一节 什么是绿色化学	(1)
第二节 绿色化学的 12 条原则和 5R 理论	(6)
第三节 绿色化学与微型化学实验	(13)
第二章 微型化学实验引论	(17)
第一节 微型化学实验的内涵	(17)
第二节 微型化学实验的特点及教育价值	(18)
第三节 国内外微型化学实验的研究进展	(22)
第四节 对微型化学实验的评价	(27)
第三章 微型化学实验的基本操作与常识	(32)
第一节 微型无机化学实验基本操作	(32)
第二节 怎样做好微型无机化学实验	(55)
第三节 如何写好实验报告	(61)

第四章 基础技能训练微型实验	(68)
实验一 酒精喷灯的使用和玻璃管、棒的加工	(68)
实验二 分析天平的使用	(72)
实验三 溶液的配制	(75)
实验四 微型滴定	(78)
实验五 硫酸亚铁铵的制备	(81)
第五章 基本理论及常数测定实验	(84)
实验六 醋酸电离常数的测定	(84)
实验七 电导率法测定硫酸钡溶度积	(88)
实验八 银氨配离子配位数的测定	(92)
实验九 化学反应速率和活化能测定	(95)
实验十 化学反应热效应的测定	(101)
实验十一 摩尔气体常数的测定	(105)
实验十二 氧化还原反应	(109)
第六章 元素及其化合物性质微型实验	(116)
实验十三 S 区重要化合物的性质	(116)
实验十四 P 区重要非金属化合物的性质	(121)
实验十五 P 区重要金属化合物的性质	(128)
实验十六 过渡金属元素及其化合物的性质	(133)
实验十七 配位化合物的性质	(144)
第七章 元素及其化合物制备和提纯实验	(149)
实验十八 氯化钠的提纯	(149)
实验十九 硫酸铜的提纯	(152)
实验二十 硝酸钾的制备、提纯及其溶解度的测定	(154)

实验二十一 四氯化锡的制备	(158)
实验二十二 硫酸铝的制备	(160)
实验二十三 利用废干电池的锌皮制锌钡白	(162)
实验二十四 离子交换法制取碳酸氢钠	(164)
实验二十五 高锰酸钾的制备	(169)
第八章 应用技能综合设计性实验	(172)
实验二十六 用废干电池中的 MnO_2 制取 KMnO_4	(172)
实验二十七 用废铁屑制备三氯化铁	(174)
实验二十八 三草酸合铁(III)酸钾的制备	(175)
实验二十九 无机化学实验废液的初步处理	(178)
附 录	
1. 常见元素的原子量表	(181)
2. 不同温度下水的饱和蒸汽压	(182)
3. 常用酸、碱的浓度	(182)
4. 难溶电解质的溶度积常数	(183)
5. 弱电解质的电离常数	(184)
6. 标准电极电势	(185)
7. 金属 - 无机配位体配合物的稳定常数	(188)
参考文献	(193)

前 言

无机化学实验课是化学、化工、制药、环境、轻工、生物等专业的一门专业基础实践课,是新生入校后的第一门实践性课程,其目的不仅仅是验证理论知识,更重要的是通过本门课程的学习,向学生展示科学的实验方法,训练学生的基本实验技能,培养他们严肃认真的学习态度,使学生逐步学会对实验现象的观察、分析、理解、判断、推理及归纳总结,提高分析问题、解决问题和独立工作的能力。

无机化学实验由于受传统发展观的影响,对实验现象和实验结果考虑得较多,而对环境污染的因素考虑得较少,实验试剂用量大,有毒气体随意排空,废物不加以处理而随便弃置等,严重污染环境,并对师生的身心健康造成了严重的威胁。在全社会都在积极行动保护环境、倡导可持续发展的今天,它已经不能够满足社会发展的需要。寻求一种既安全环保又实验效果理想的方法成了我们的追求,于是在绿色化学理念的渗透下,随着教学改革的深入,我们把微型化学实验引入了无机化学实验教学中,吸取了兄弟院校的教学经验,引进了部分微型实验,改造了部分常规实验,形成了微型无机化学实验教学体系。教学实践表明,开展微型无机化学实验不仅加强和培养了学生严谨科学的实验态度,强化了他们基本实验技能的训练,提高了他们单位学时的信息量,取得了预期的教学效果,同时还大幅度地降低了药品和材料的用量,为学校节约了开支,并有效地减轻了实验室污染和安全问题。

本书在选材上既注意内容的系统性(包括绿色化学理念、微型化学实验引论、微型无机化学实验),又注意了实验的多样性和学生基本技能训练的连贯性(基础技能训练微型实验、基本理论及常数测定实验、元素及其化合物性质实验、制备和提纯实验、应用技能综合设计性实验),同时在附录中提供了实验中需要的相关数据。

本书的主要特点在于,在绿色化学理念的指引下,在保留常规无机化学实验的主

要操作和确保实验现象明显、实验结果可靠的情况下,使实验试剂用量比常规实验平均减少 90%,因此明显降低了实验费用,减少了实验污染。与此同时,由于实验精度要求提高,十分有利于强化学生的实践操作技能和培养他们认真细致的科学作风。书中的实验主要使用微型规格的通用仪器,基本保留了常规实验的操作规范,既便于应用实施,又不影响学生在今后的实际工作中对常规化学实验或化工生产体系的适应。

在本书的编写过程中,牛学丽博士和学院的领导和同行给予了大力支持和热情帮助,同时参阅了国内外的有关书刊和兄弟院校的教材,并从中吸取了某些内容,在此一并表示衷心感谢。

由于水平有限,本书中还有很多的不足和有待商榷的地方,恳请各位读者和学界同仁批评指正。

李晋国

2010年3月

绪 论

当前,环境问题已成为威胁人类生存和发展的首要问题,而这些问题大都与化学化工生产有关,如大气污染、海洋污染、全球变暖、臭氧层被破坏、淡水缺乏、生物种类减少、有毒化学品等,因此化学与环境之间的关系问题不容忽视。于是在1991年,美国化学学会(ACS)提出了“绿色化学”理念。

化学实验作为化学学习和研究的基础,也是造成环境污染的一种主要途径,尤其是传统的化学实验方法,对环境污染的因素考虑得较少,试剂用量大,有毒有害气体随意排放,废物不加以处理而随便弃置等,对环境造成较严重污染,因此,改进传统的实验方法,实施绿色化学实验,刻不容缓。无机化学实验中用到的易燃、易爆、易挥发、有毒的试剂种类多,量又大,同时无机化学实验是化学专业学生学习的第一门大学化学实验课,在让学生刚开始接触实验时就培养他们科学的环境观、资源观,提高学生的环保紧迫感和责任感,对他们树立绿色化学意识、实施绿色无机化学实验具有相当大的意义。

微型化学实验是实施绿色化学的一种方法,它是在微型化的仪器装置中进行的化学实验,有试剂用量少、节约实验时间和安全的特点。教学实践表明,采用微型化学实验的试剂用量比对应的常规实验试剂用量平均节约90%以上,时间缩短1/3左右。大部分无机化学实验,包括基本操作、化学原理、常数测定、元素和化合物的性质等都可以采用微型实验。与传统实验相比,微型实验具有节省时间、节约开支、减少污染、操作简便安全、现象明显、成功率高的优点,它能激发学生对化学的兴趣,培养他们的创新思维和训练动手能力,对树立绿色化学理念功效明显,具有环保、美感、实用的教育价值。

第一章 绿色化学理念

第一节 什么是绿色化学

一、绿色化学的概念与内涵

绿色化学是 20 世纪 90 年代出现的一个多学科交叉的研究领域,是当今国际化学科学研究的前沿。它吸收了当代物理、生物、材料、信息和计算机等学科的最新理论和技术,具有明确的科学目标和社会需求,是利用化学原理和方法减少或消灭那些对人类健康和生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂、产物、副产物等生产和应用的一门新兴交叉学科。

绿色化学又称环境无害化学(Environmentally Benign Chemistry)、环境友好化学(Environmentally Friendly Chemistry)、清洁化学(Clean Chemistry)。绿色化学的目标指向有两方面,一是设计、生产和使用环境友好产品,减少或消灭那些对人类健康和生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂的使用或有害产物的生成;二是采用“原子经济”反应,在获取新物质的化学反应过程中,充分利用参与反应的每个原料原子,实现过程和终端的零排放,即反应物百分之百地转化成目标产物。绿色化学的理想目标在于不再使用有毒有害的物质,不再产生废物,不再处理废物,绿色化学从防止污染和节约资源两方面来重新审视和改革现有的整个化学和化工体系。

绿色化学与传统环境保护共同的出发点都是要为人类生存提供一个无污染的环境,但传统的环境保护着眼于后期的治理,也就是通常所说的环境治理,或曰污染的

末端治理,它注重对已经产生的污染进行有效的治理。诸如如何控制污染物暴露、如何处理已排放的化学废物、如何减轻化学废物堆放场所的危险性以及如何弥补化学废物造成的危害等等。同时还不断研究和发展的对污染的测试技术,如分析检测空气污染、水污染和土壤污染的方法等等,这是一种治标不治本的方法,是消极的、被动的。绿色化学的目标是:化学过程不产生污染,即将污染消除于其产生之前。实现这一目标后就不需要治理污染,因其根本不产生污染,因而是一种从源头治理污染的方法,是一种治本的方法。绿色化学改变了传统的“先污染后治理”的环保观念,建立起“源头治理,不产生污染”的新理念。故绿色化学致力于研究经济技术上可行的、对环境不产生污染的、对人类无害的化学品的设计、制造和使用。简言之,绿色化学就是把化学知识、化学技术和化学方法应用于所有的化学品和化学过程,以减少直到消除对人类健康和对环境有害的反应原料的使用和反应过程的利用、反应产物的生产和使用、反应溶剂的使用,尽可能不生成副产物,更加充分地利用资源,以适应可持续发展的需要。绿色化学的基本思想可应用于化学化工的所有领域,既可对一个总过程进行全面的绿色化学设计,也可以对一系列过程中的某些单元操作进行绿色化学设计,对化学品进行绿色化学设计。比如对化学合成、催化剂、反应条件、分离分析的监测等也可分别进行绿色化学设计。

毫无疑问,最近几十年来,化学界、化工界、环境保护界在如何减少许多化学品在生产和使用过程中的危险性方面做了很多十分有益的工作,发展了很多有创造性的处理化学废物的方法;发展了许多减轻化学废物堆放场所危险性的方法以及弥补化学废物造成危害的方法;发展了许多分析检测空气污染、水污染和土壤污染的方法和治理污染的技术;发展了许多控制污染物暴露的方法和技术……这些对改善人类生存环境、提高人类社会生活质量,无疑是十分有益和必需的,但这些并不能称为是绿色化学。绿色化学是利用化学来预防污染,不让污染产生。

绿色化学的目标就是追求完美,是人类追求自然完美的一种高级表现。它不把人看成大自然的主宰者,而是看作大自然中的普通一员,追求的是人对大自然的尊重以及人与自然的和谐关系。但我们必须明白,向完美每跨进一步都得克服不小的困难,在克服掉一系列困难之后,我们方可达到这一目标。

因此,从科学观点看,绿色化学是化学基础内容的更新,从环境友好、经济可行的绿色化学产品的设计出发,发展对环境友好、符合原子经济性的起始原料化学,提高化学反应的产率和选择性,或从新的起始原料出发,发展原子经济性的、高选择性的新反应来完成绿色目标产物的合成;从经济观点看,绿色化学为我们提供合理利用资源和能源、降低生产成本、符合经济可持续发展的原理和方法;从环境观点看,绿色化学提供从源头上消除污染的原理和方法,把现有化学和化工生产的技术路线从“先污染,后治理”改变为“不产生污染,从源头上根除污染”。

二、为什么要大力发展绿色化学

一个世纪以来,为适应人类社会和工业生产的需要,化学取得了十分辉煌的进步,创造了巨大的成就。但由于受传统发展观的影响,化学工业向环境排放了大量的污染物,一些化学品被不加节制地滥用,给整个生态环境造成了非常严重的影响。当代全球十大环境问题中至少有七项与化学工业和化工产品的化学物污染有关。据美国国家环保署的统计,在所有释放有毒有害物质的工业中,与化学工业相关的产业处于第一位,该行业排放的有毒有害物质是处于第二位的冶金工业的4倍,而且该调查仅涉及70 000多种商用化学品中的365种。许多排放物能在环境中残留和积累,对环境造成破坏。另外,化工生产中的偶然事故也会对人类和环境造成突发性的影响,比如,1983年印度Seveso农药厂异氰酸甲酯的泄漏造成2000人死亡,30万人中毒等。但是,人类社会发展到今天已无法离开造成我们当前物质文明的化学产品和化学工业而退回到上一个世纪,去过那种田园生活。尽管我们处在可怕的白色污染的包围之中,但我们完全无法想象没有今天的高分子聚合物产品,我们的日常生活还能否正常进行,尤其是在都市中,这种情况更为突出。发达国家已经或正在将一些有毒有害的化学品生产转移到发展中国家和地区,我们有的地方也把这种生产由城市转移到农村或由沿海转移到内地。这样做的结果无异于搬起石头砸自己的脚,毁了整个地球。显然,我们离不开化学,更离不开化学品。因此,我们既要为开创更加美好的生活而发展化学和化学工业,又不能让化学品生产过程和化学品破坏我们的环境。这就要求我们大力发展既能支撑经济发展又能满足环境的要求、保证可持续发展的

新的化学——绿色化学。因此,大力发展绿色化学是人类社会可持续发展的必然要求。

发展绿色化学是科学技术和经济发展的需要。在整个工业体系中,化学工业占有很大的比例。在历史上,德国依靠化学工业技术革命,使世界科学技术中心由英国转移到了德国。而美国则重复了德国的历史。二战后,依靠以石油化工技术为代表的技术创新取得化学工业的领先地位,使世界科学技术中心由德国转移到了美国。化学工业是美国最大的工业部门之一,1990年美国化学工业部门的销售额就达2920亿美元,雇员达110万人,是美国少数几个产生贸易顺差的工业部门之一,在所有工业贸易中居第二位。很明显,世界各大化学工业公司现在一方面受到生产化学品成本的压力,另一方面也受到国家法律法规的、公众的关于减少环境污染或处理污染物的强大社会压力。它们一方面要想方设法降低生产成本,提高效益,另一方面又因为治理污染而增大成本。因此,要发展化学工业从而发展经济,就必须寻求新的原理和方法,发展新的技术,以降低化学品生产的显性成本和隐性成本,而绿色化学正好具有这个潜力。另外,对于一些行业,要治理其产生污染所需要的费用可能比它本身产生的效益还大很多,如果没有新的原理、新的技术,这些行业就只有破产关门。因此,必须大力发展绿色化学。

三、绿色化学兴起的背景及历史沿革

当今,可持续发展观是世人普遍认同的发展观。它强调人口、经济、社会、环境和资源的协调发展,既要发展经济,又要保护自然资源和环境,使子孙后代能永续发展。绿色化学正是基于人与自然和谐发展的可持续发展理论。

1984年,美国环保局发出“废物最小化”倡导,这是绿色化学的最初思想。

1989年,美国环保局又提出了“污染预防”的概念。

1990年,美国联邦政府通过了《污染防治条例》,将污染的防治确立为国策。

1991年后,“绿色化学”由美国化学会(ACS)提出并成为美国国家环保局(EPA)的中心口号。

1992年,美国环保局又发布了“污染预防战略”。

1995年,美国前总统克林顿设立了“总统绿色化学挑战奖”,从1996年开始每年颁发一次,这是化学领域唯一的总统级科学奖;我国也紧跟世界化学发展的步伐,在1995年,中国科学院化学部确定了“绿色化学与技术”的院士咨询课题。

1997年,由美国国家实验室、美国大学和企业联合,成立了绿色化学学院,美国化学会成立了绿色化学研究所;德国1997年制订“为环境而研究”的计划。

1999年,英国皇家化学会创办了第一份国际性《绿色化学》杂志,这标志着绿色化学的正式产生。2000年英国皇家协会完成首届英国绿色化学奖颁奖仪式。同年,美国化学会出版了第一本绿色化学教科书。

如果说20世纪90年代初绿色化学还处于初步发展时期的话,那么到了90年代末,绿色化学已达到了世界性发展阶段,尤其是在欧洲,各类专题研讨会的召开、绿色化学组织与研究机构的建立、绿色化学杂志的诞生以及绿色化学网站的创建等等,可以说是掀起了一场绿色化学的浪潮。这股浪潮不仅仅局限于学术界,也不仅仅停留在学术研讨的层面上,由于各国政府的高度重视与支持,绿色化学与技术已经成为各国关注的重要课题和任务之一,并由此引发了一场绿色产业革命。

四、绿色化学是实施可持续发展战略的需要

20世纪80年代初,由联合国授权成立的世界环境与发展委员会提出了可持续发展理论,1992年联合国召开的环境与发展大会以此作为指导方针,制定了关于可持续发展的《21世纪议程》,受到了人们的广泛重视,也得到了世界各国的普遍认同。不论是发达国家还是发展中国家,都不约而同地把可持续发展战略作为国家宏观经济发展战略的一种选择,并深刻地认识到:“我们需要一个新的发展途径,一个能持续人类进步的途径,我们寻求的不仅仅是在几个地方、在几年内的发展,而是在整个地球遥远将来的发展。”这标志着人类的发展观出现了重大的转变。

可持续发展强调经济与环境的协调发展,追求人与自然的和谐。其核心思想是:健康的经济发展应建立在生态协调持续、社会公正和人们积极参与自身发展决策的基础之上。它所追求的目标是:既要使人类的各种需求得到满足,个人得到充分的发展,又要保护生态环境,不对后代的生存和发展构成危害。它特别关注各种经济活动

的生态合理性,强调对环境有利的经济活动应予以鼓励,对环境不利的经济活动应予以摒弃。在发展指标上,考虑了资源消耗和环境污染所花费的投入,提出用绿色 GDP(在国内生产总值中扣除对资源、环境的耗损所得到的余额)来替代单纯的 GDP。

可持续发展观在客观上对传统的化学工业提出了挑战。一个世纪以来,为适应人类社会和工业生产的需要,化学取得了十分辉煌的成就,创造了巨大的物质财富,但也给整个生态环境造成了非常严重的影响。当代全球突出的环境问题大部分与化学工业和化工产品有关,而这些环境问题会直接影响全人类的可持续发展。环境问题的全球性、持久性、毁灭性使得世界各国都不同程度地受到环境问题的困扰,因而大家都积极行动起来保护环境,我国也不例外。在 2007 年 2 月正式出版的《中国可持续发展总纲(国家卷)》中,指出了中国可持续发展面临的六项工作任务和挑战,其中资源和生态环境就占了其中两项,分别是:中国能源和资源的超常规利用及中国生态环境问题的严重性。

我们将如何应对这些影响可持续发展的环境问题?

绿色化学从原理和方法上对影响可持续发展的环境问题带来了革命性的变化,一方面,绿色化学更注重资源的成本,不仅考虑到资源的充分利用,还要考虑到开发可再生资源,关注了资源的可持续性;另一方面,绿色化学还最大限度地减少污染或不产生污染,是环境友好化学,有利于保护生态环境。因此绿色化学是建立在可持续发展观基础上的新化学,是可持续发展观建立的必然产物,也是实现可持续发展的必由之路。我们有理由相信,21 世纪的绿色化学必将造福于人类,再创化学史上新的辉煌!

第二节 绿色化学的 12 条原则和 5R 理论

一、绿色化学的 12 条原则

1998 年 P. T. Anastas 和 J. C. Warner 提出了绿色化学的 12 条原则,这些原则可

以作为评价和开发一条化学合成线、一个生产流程及判断一种化合物是否符合绿色化学的指导方针和标准。这 12 条原则目前已为国际化学界所公认,它反映了近年来在绿色化学领域中所开展的多方面研究的工作内容,同时也指明了未来绿色化学的发展方向。

1. 预防优于治理原则

该原则的具体内容是:防止废物的生成比其生成后再处理更好。它体现了“源头治理”的理念。废物的生成,不仅是对资源的一种浪费,同时也给环境造成污染。绿色化学着眼于从源头防止废物的生成,其优越性是显而易见的。曾几何时,当人类还没有真正意识到因化学引起的环境污染的危害时,对于化工生产的成本核算仅限于原材料、能耗和劳动力,而如今这一成本还必须加上因污染导致的各项费用,如废物处理、环保监测、人身保险、事故赔偿等,高额治理污染费用的支出和资源的浪费无疑大大增加了化学工业的生产成本,在客观上抑制了化学工业的革新与发展。更需要引起重视的是,有些污染带来的潜在危害是全球性的,也是长远而持久的,其危害程度是无法从经济上来衡量的。解决这一问题的唯一办法就是利用绿色化学技术,通过设计安全化学品,避免使用和产生有害物质,从源头上防止污染的产生,只有这样,才有可能最大限度地降低生产成本。

2. 原子经济原则

该原则的具体内容是:合成方法应能使反应过程所用的所有物料最大限度地进入到最终产品中。它体现了原子经济的基本思想,要求设计合成方法时,应考虑最大限度地提高其原子经济性。传统化学在设计合成方法时,关注更多的是生产成本,它更注重化学品生产的产率,追求的是经济效益,对于是否存在资源浪费及所带来的污染问题,通常考虑较少或根本不予考虑。提高合成过程的原子经济性,就可以最大限度地利用资源,减少污染,不仅考虑了经济效益,同时也考虑了环境效应。从宏观战略层面来看,经济效益和环境效应是统一的,当然,具体到某个生产过程可能存在矛盾,由于环境因素目前尚未从根本上触及企业的利益,有的企业污染非常严重却有很

高的经济效益,这是粗放型发展模式的产物,不符合现代化学产业发展的要求。因此,我们在设计化学合成方法时要注重原子经济性,以提高原子经济性来降低生产成本,减少化学污染。例如我们在进行化学原料选择时,不仅要考虑其经济成本(如是否易得或是否便宜等),还应考虑用该原料生产产品时可能产生的环境效应,尽量使两者得到和谐统一。为了提高化学合成线的原子经济性,我们在设计合成线时应尽量采用原子经济性高的反应,如重排反应和加成反应,尽可能不采用取代反应和消去反应。我们也可以通过运用先进的技术和设备来提高化学合成过程的原子经济性。

3. 环境友好原则

该原则的具体内容是:设计合成方法时,尽可能不使用和不产生对人类健康和环境有毒有害的物质。它体现了环境友好的宗旨。在整个生产过程中不使用、不产生对人类健康和环境有毒有害的物质,是从源头上防止污染的一个重要环节,也是绿色化学的理想目标。尽管人们已经认识到很多化学品对人类和环境有危害,但过去只能通过制定使用规则、加强防护措施、限制使用或减少化学品使用等方法来减少这种危害,如我国制定的《危险化学品安全管理条例》、《工作场所安全使用化学品的规定》等。但仍然存在问题,首先,有毒有害化学品的管理成本显然要比一般化学品要高,如对与有毒有害化学品接触人员进行必要的防护——穿防护衣、戴防毒面罩等等都会使成本提高;其次,也是最重要的,这种防护措施不能达到百分之百的安全,一旦失败,危险是可想而知的。全球因此而发生的毒气泄漏事件、危险品爆炸事件已是屡见不鲜了。震惊世界的印度博帕尔事件就是因为毒气泄漏所致。这场悲剧使得成千上万人死亡或留下终生残疾,肇事的美国公司也因此付出了巨额赔偿。如果我们的化工生产尽量不使用这类有毒有害的化学品,这种危险就可以避免。

4. 设计更安全化学品原则

该原则的具体内容是:我们设计的化学品应在保留功效的同时尽可能使其毒性最小化。这条原则要求人类在设计化学品时既要注重其功能,也要注重其安全性,尽量减少化学品对环境、对人类产生的危害。人类得益于化学品,化学品大大提升了人

类的生活质量,现代人类社会离不开化学品,但很多环境危害也源于化学品。这是由于过去化学家在设计化学品时只重视化学品的功能,把更多精力放在研究化学品的物理、化学性质,以及如何运用化学手段来改善其物化性质使其达到期望的功能上,而对化学品安全问题的考虑远远不够。

设计更加安全的化学品的目的,就是要在获得最大功效的前提下,把毒性和危险性降到尽可能低的程度。任何化学品的设计都应该把对人类健康和环境不构成危害作为基本原则。

5. 尽量不用辅助剂原则

该原则的具体内容是:尽量不使用辅助剂(如有机溶剂),如果一定要用,也应使用无毒辅助剂。辅助剂也是一种化学品,是在化学品的制造、加工和使用过程中起辅助作用的,目的是克服生产或使用过程中某些障碍,其本身的化学性质并没有改变,也不进入目标产物中,只是起辅助作用。辅助剂的应用除了对人类健康产生影响外,对环境的危害也日渐突出,20世纪氟利昂作为清洁溶剂、推进剂、发泡剂被广泛应用,它不易燃烧,不易爆炸,意外危害程度低,对人、野生生物的直接毒性也不大,但是它破坏臭氧层。因此我们应尽量不使用辅助剂,如果要用,也尽量使用安全无害的辅助剂。

6. 能耗最低原则

该原则的具体内容是:合成方法必须考虑化学合成过程中的能耗对成本与环境的影响,应设法降低能耗,最好采用在常温常压下的合成方法。化学工业是把自然资源转化为能量或把能量转化为其他形式以满足化学工业本身和社会其他方面的需求,化学工业的能源主要来自于对自然资源的消耗,而这些资源大部分属不可再生资源。就目前的状况,工业化国家的工业能耗十分巨大,这种资源的消耗在加剧污染的同时,也使资源危机加剧,不仅对环境产生不利影响,也对人类的可持续发展构成威胁。因此化学工业的节能就显得十分重要,这就需要在化工过程的一些关键环节中对能量的需求进行分析、优化、调整,尽可能把能耗降到最小。