

核技术:张扬人性的工具“鸦片”

郭元林,辛玮琰

(天津大学科技与社会研究中心,天津 300072)

摘要:应用核技术中对人类社会影响最大的是核武器技术和核电站技术。核电站利用可控核裂变过程发电,核武器则利用不可控核裂变过程产生爆炸。从这种意义上说,核电站是可控的“核武器”。作为调节人与人之间关系的核武器是毁灭人类的工具“鸦片”;而作为征服自然、改造自然的工具,调节人与自然关系的核电站,是人类慢性自杀的工具“鸦片”。时至今日,核武器和核电站成为悬在人类头顶上的“利剑”,核技术是最典型的张扬人性的工具“鸦片”。

关键词:核技术;核电站;核武器

中图分类号:TM623.8

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2011)04-0016-06

2011年3月11日,日本东部发生9级强烈地震,引发福岛核电站放射性泄漏事故,令世人瞩目。在德国,激起多次大规模反核电站游行,迫使8座核电站停止运转,而且有可能在2021年关闭所有核电站。日本核电站泄漏事故令国人“恐慌”,激发全国性的食用盐抢购风潮。由此,核技术何去何从一时又成为热点话题,有的主张迅速废弃,有的主张大力发展,争论不休。

目前,核技术所涵盖的范围十分广泛,包括反应堆技术、加速器技术、同位素制备技术、核辐射探测技术、核结构与元素分析技术、核成像技术、核军事技术、电离辐射计量技术和应用核技术等。其中,应用核技术又包括同位素示踪技术、辐射加工技术、辐射改性技术、同位素仪器仪表、核医学和核农业等,^[1]但对人类社会影响最大的是核武器技术和核电站技术。

一、核武器——毁灭人类的工具“鸦片”

1938年,科学家发现重核裂变现象,并提出解释原理。1939年9月,德国成立“铀俱乐部”,开始研制核武器。但由于纳粹的法西斯统治,大批一流科学家流亡海外,并受国力所限,直到第二次世界大战结束,德国并没有制造出核武器,甚至连核反应堆都未研制成功。然而,因对德国研制核武器的恐惧,美国于1942年9月正式启动曼哈顿工程,开始研制原子弹。该工程可谓进展迅速,用了不到3年的时间,就制成3颗原子弹:1945年7月16日,美国进行了人类历史上的第一次核试验,爆炸了第一颗原子弹;1945年8月6日,美国用代号为“小男孩”的原子弹轰炸了日本的广岛;1945年8月9日,美国又把代号为“胖子”的原子弹投向了日本的长崎。

遭原子弹袭击后,广岛和长崎两市几乎夷为平地,人员伤亡惨重。据1945年12月31日的统计,广岛约有14万人死亡(遭轰炸时,该市的总人口约35万,死亡率超过1/3),长崎约有7万人死亡(遭轰炸时,该市的总人口约27万,死亡率超过1/4)。^{[2]99}原子弹的杀伤破坏性威力迫使日本无条件投降,也令世界震恐。二战后兴起了反核武器的运动,爱因斯坦、奥本海默和海森堡等科学家积极投身其中,但收效甚微。在有能

研制核武器的国家中,只有联邦德国因遭到科学家的强烈反对而放弃核武器计划;其他国家则不遗余力地发展核武器,不但制造原子弹,还研制了氢弹。1949年8月29日,前苏联紧随美国成功试验第一颗原子弹,打破美国的核垄断。不久,英国、法国、中国分别于1952年、1960年、1964年制成原子弹。1952年11月,美国在世界上首次研制出氢弹;1953年8月,前苏联成功试验第一颗氢弹;英国、中国和法国分别于1957年、1966年、1968年进行了第一次氢弹试验。除上述五个核大国外,印度也于1974进行了第一次原子弹试验。

在激烈的核军备竞赛中,不少国家争先恐后地研制核武器。截至1996年9月签署《全面禁止核试验条约》,全世界共进行了2049次核试验(我国47次),^{[2]133}制造的核武器足以毁灭人类许多次。二战后,虽然在战争中还没有使用过核武器,但核试验、核武器生产及核事故中产生了大量的放射性污染。大气层核试验就进行过503次,^{[2]32}给生态环境带来严重放射性污染。迫于压力,核试验转入地下,但地下核试验污染地下水、产生地震、影响岩层结构,严重时还会发生“冒顶”。1974年5月18日印度、1998年5月11日印度和巴基斯坦的地下核试验都发生“冒顶”,并污染了我国云南、广西等地。^{[3]33}前苏联在北极地区进行了大量核试验,造成的核污染令世界瞩目。美国的比基尼岛因核试验对生态环境的破坏而变成一片荒漠。有资料表明:

自1945年世界上开始进行核爆炸试验到1980年,所有大气层核试验放射性落下灰尘中, I^{131} 产生的总量为615 Ebq…… I^{131} 的累积沉降密度估计北半球为13 000 Bq/m²。……美国国立癌症研究所估计,美国核试验爆炸尘埃中所含的 I^{131} ,仅在美国就造成49 000例甲状腺癌。一项IPPNW(国际防止核战争医生协会)的研究估计,到2000年为止,全世界所有的核试验爆炸放出的 Sr^{90} 、 Cs^{137} 、 C^{14} 和 Pu^{239} ,是造成430 000例癌症患者死亡的直接原因。^{[3]32}

制造核武器要排放废气、废水和固体废物,造成放射性污染。1950年代,美国就已经在太平洋海域投放核废料,到21世纪初为止,仅美国就向太平洋投下了87 000箱核废料。^{[3]32}俄罗斯海军的核动力潜艇和核动力水面舰艇平均每年约产生20 000立方米液态核废料和6 000吨固态核废料。^{[4]12}此外,核潜艇退役也会变成核废料,俄罗斯共计有210艘核潜艇退役,^{[4]13}如何处置成为难题。1990年代,俄罗斯将退役潜艇核反应堆、核燃料以及其他放射性核废料倾倒入北冰洋,引起全世界关注。^{[5]77}另外,核武器事故频发,仅核潜艇沉没的恶性事故就达18起,并造成800多名艇员丧生。^{[4]14}其中,前苏联就有13艘核潜艇沉没。^{[5]78}以前苏联K-431核潜艇事故为例:1985年8月10日,该潜艇在补充燃料过程中发生爆炸,放射性气云进入空中。10名水兵在这起核事故中丧命,另有49人遭受放射性损伤。再如美国帕利马雷斯氢弹事故(1966年),以及美国图勒核事故(1968年)。^{[6]5}这些事故都造成大面积的核污染。

在人类武器发展史上,核武器制造是最大的奇迹:从核裂变的科学发现到原子弹仅用了7年时间,从原子弹到毁灭人类的核武器也没有超过30年。为什么人类会创造如此的奇迹呢?有人将此归结为科技迅速进步,当然这是一个原因,但不是根本原因,根本原因应到人类的生存环境中寻找。在生态环境中,各动物物种为了争夺生存资源,既有种群间的竞争,也有种群内的竞争,方使生态平衡得以实现。然而,人类凭借其智力优势,于1万年前进入农业社会后,在自然界中就几乎没有了天敌,人口迅速增长,生态失衡;特别是英国工业革命后,生产力极大提高,病毒和细菌得以控制或消灭,人口爆炸,生态危机。世界人口1万年前仅400万,在公元初达到2.3亿,1830年时为10亿,到2011年中期,世界人口总数量将突破70亿大关。

由于失去天敌,没有了种群间的竞争,人口激增,但生存资源有限,人类种群内部斗争就更为残酷:发展军队和武器,专门屠杀“敌人”,进行种群内部斗争,这在其他动物中是见不到的。人类可根据国籍、种族、民族、阶级和宗教信仰等不同标准来划分“敌人”,消灭“敌人”的目的是为了占有更多资源。因此,很长时期以来,人类一直都在竭尽全力制造和发展武器,进行战争,消灭“敌人”,因为人类唯一的敌人就是自己。在敌我双方的战争中,精良的武器可用来战胜和消灭敌人,使我方得到胜利、生存、财富和享乐,而将失败、死亡、贫穷和痛苦留给敌人。

众所周知,吸食毒品“鸦片”可使人获得身体一时的快感和享乐,但吸食者必须遭受身体最终的痛苦和伤

害,必须承担享乐的后果。纵然如此,人类也没有禁绝过“鸦片”,由此可见其对人类诱惑力之大。相比之下,强大的武器可使一部分人“享乐”,而让其他人吞食“苦果”。故精良的武器比毒品“鸦片”对人类有更大的诱惑魔力,是一种毒性更大的工具“鸦片”,人类发展武器的动力是非常充足的。由此不难理解人类创造核武器的奇迹,核武器是一种威力极大的武器——谁拥有,谁就会在人类种群内部斗争中占据有利地位,就可战胜“敌人”,争夺更多的生存资源,就可富有和“享乐”,而将苦难和死亡留给他人。正因为如此,1996年,印度和巴基斯坦并没有在《全面禁止核试验条约》上签字;1998年5月,两国共进行了11次核试验。^{[2]150}到21世纪,北朝鲜也进行过核试验。

然而,核武器的破坏能量极大,用于战争不但会消灭“敌人”,而且将杀死自己,以至毁灭整个人类。到1990年代,几个核大国制造的核武器早已超过毁灭人类的需要,没必要再生产了。因此为了防止核武器进一步扩散,以确保其核武器优势,在全世界禁止核试验。这在表面上看起来有利于人类和平,其实不然。对于核大国来说,现在关键是要发展核武器的发射和拦截技术,使本国核武器能够发射出去精准消灭敌国,同时拦截敌方的进攻核武器,这仍是人类种群内部斗争的升级形式。核大国销毁核武器并没有取得任何实质性进展,核武器的管理和使用一旦出现差错,就有可能失控,从而毁灭全人类。如果这样,那么人类的武器发展达到极限,残酷的种群内部斗争结束,人类自食苦果毁灭自己,核武器就成为毁灭人类的工具“鸦片”。

二、核电站——人类慢性自杀的工具“鸦片”

核电站和核武器都利用核裂变原理建造,前者利用可控核裂变过程发电,后者利用不可控核裂变过程爆炸,因此,从这种意义上来说,核电站是可控的“核武器”。在各国大力发展核武器的过程中,前苏联于1954年建成第一座实用核电站,功率为5000千瓦。随后,核电站在世界上的发展异常迅速,截至1989年底,运行的核反应堆达到434座,总发电功率3.18亿千瓦,占全世界总发电量的17%。^[7]在这30多年中,核电之所以得到迅速发展,一方面是因为核电满足了人类的能源需求,煤炭、石油和天然气等不可再生能源日益短缺;另一方面是因为公众对核电的负面影响所知甚少。

然而,在最近的20多年中,核电站的发展却非常缓慢。到2011年1月,全世界运行的核反应堆441座,总装机容量3.7亿千瓦,占全世界总发电量的16%。^[8]究其原因,是因为美国三里岛核电站和前苏联切尔诺贝利核电站等事故发生,引起公众对核电站的关注,促使人们对其负面影响的认识日益加深,引发了对核电的忧虑甚至恐惧。在自然灾害、机械故障或人为操作失误等引起的事故中,以及在战争或恐怖袭击中受到人为破坏的情况下,可控的核电站就会失去控制,成为真正的核武器。因此,切尔诺贝利核电站事故^①后,德国、意大利、奥地利、瑞典和瑞士等国家先后暂停发展核电。

到目前为止,虽然还没有核电站因受到攻击而引发核灾难,但与核电站有关的事故不少于30次,最严重的就是切尔诺贝利事故。2008年7月,法国就连续发生6次核泄漏事故;^[9]1998年至2002年,印度发生6次核泄漏事故。2011年3月,日本福岛核事故并不是第一次由地震引发的核电站事故。2007年7月16日10时13分,日本新潟县发生6.8级地震,震源深度为17 km,造成新潟县柏崎市海岸向西北平移16 cm。世

① 1986年4月26日,前苏联切尔诺贝利核电站发生爆炸,释放的放射性物质是广岛原子弹的100倍,造成的放射性污染遍及前苏联150 000平方公里地区,那里居住着6 945 000人。核电厂周围30公里范围被划为隔离区,附近的居民被疏散,庄稼被全部掩埋,周围7公里内的树木逐渐死亡。在日后长达半个世纪的时间里,10公里范围以内将不能耕作、放牧;10年内,100公里范围内被禁止生产牛奶。……核堆爆炸当场死亡31人,直接辐射死亡50人。10年后,27万人罹患癌症,9.3万人因此死亡。参见《仪器仪表标准化与计量》2010年第5期刊发的沈经所撰《德国安全文明与中国核电跃进》一文第3-4页。核污染扩散到欧洲和亚洲,受影响人口达到20亿,有专家称,完全消除其影响需要800年。参见搜狐健康论坛《历史上的核事故》一文(<http://health.sohu.com/20110315/n304364763.shtml>)。由此可见,切尔诺贝利核电站事故给人类造成的灾难更胜于攻击日本的那两颗原子弹带来的灾难。

界最大核电厂——日本国新潟县柏崎市刈羽郡核电厂变压器起火,并有放射性泄漏。^{[6]44}虽然世界各国都在努力提高核电站的安全性能,但很难完全避免核事故发生。

除了核事故带来的放射性污染外,核电站正常运行也产生大量核废料,目前人类还没有找到消除核废料的办法。一些废气和废水直接排放到自然环境中,造成放射性污染,有资料表明:欧洲地区的核工厂是北极地区放射性污染物的一个重要来源。放射性污染物从欧洲中心地带经爱尔兰海和苏格兰周围的海岸扩散到北海,然后经挪威沿岸暖流进入北极海域。挪威洋流的一支向东流入巴伦支海,另一支与西斯匹次卑尔根暖流交汇,通过弗拉姆海峡进入南森海盆。根据各种研究,英国塞拉菲尔德工厂约22%的 Cs^{137} 排入巴伦支海,并进入北极盆地。^{[5]77}至于其他液体废料、固体废物、乏燃料,现在的处置方法主要有四种:在延迟做出最终贮藏决定期间的就地贮藏;可恢复的处置;将核废料不可恢复地埋藏在地质构造中;向海洋中倾倒特定类型的核废料。^[10]因为核废料中一些放射性元素的半衰期长达几百或几千年,有的甚至达到几万年,所以这些处置办法只能控制、转移或延缓放射性污染,无法真正消除可能的核灾难,相当于在自然界中埋下了不定时的“核炸弹”。前苏联在1964-1986年向巴伦支海和卡拉察湖投放了大量的液体和固体的核废料。根据挪威和俄罗斯进行的联合调查,前苏联“车里雅宾斯克-65号”境内用于储存核废料的卡拉察湖、北海以及北冰洋局部海域的 Cs^{137} 的含量都比较高。在上述海域的某些生物种群都受到了不同程度的影响。1967年夏天,卡拉察湖干枯,风将许多放射性微粒吹往各地,苏联当局不得不撤走了9000人。^{[3]32}

制造核武器和建造核反应堆都需要铀矿石,而在开采铀矿石的过程中,矿工受到放射性污染,对其健康损害极大。有资料表明:“在20世纪,所有铀开采者的一半已死于肺癌——其肺癌发病率是整个世界人口发病率的5倍。其后续阶段,铀矿石的粉碎,仅在美国每年就造成大约4000人患肺癌死亡。”^[11]在天然铀中,核电站通常只能利用仅占0.7% U^{235} 作为核燃料,而占99.3% U^{238} 几乎不能利用,成为核废料,通常被称为贫铀。贫铀被制成贫铀弹,在1991年的海湾战争和1999年科索沃战争中使用,造成严重的核污染:“海湾战争以来,伊拉克南部地区癌症发病率增加6倍,部分战场的核辐射水平甚至比正常场地高出约35倍。……在南联盟,2000年人口的死亡率比遭受轰炸的1999年还上升了40%,新生儿畸形的比例明显增加,一些被北约轰炸过的地区核放射性活度超出了正常值500倍以上。贫铀尘埃也有可能飘散到希腊、保加利亚、罗马尼亚、捷克、斯洛伐克等邻近的国家。”^{[3]34}

核电站事故、核废料无法安全处置和核设施可能遭恐怖袭击,使得近20年来核电发展减速,而且如何对待核电也成为激烈争论的话题。在德国,1990年代兴起了反核电站运动。由于运动的不断深入和发展,2002年,通过法案宣布在20年内废除核电,随后拉开了关闭拆除核电站的序幕。但是,因能源短缺和二氧化碳减排的压力,国际原子能机构和德国政府总理默克尔都不支持德国废除核电的政策,认为放弃核能是不明智的,所以德国政府在2010年修改核电政策,但遭到民众坚决反对。2011年3月日本的核事故给德国政府当头一击,随后又爆发了大规模的反核电站示威游行,使德国极有可能按照2002年通过的法案来废除核电。

这次日本福岛核事故发生后,主张停止发展甚至废除核电的呼声又高涨起来,能如愿以偿吗?恐怕不能!消耗煤炭、石油和天然气等不可再生能源,一方面使其日益短缺,另一方面大量排放温室气体,造成全球气温升高和气候异常,这些是人类迫切需要解决的问题。然而,从目前科学技术和生产发展的状况来看,发展核电可能是解决这些问题的最佳途径。风能、太阳能和水电等可再生能源虽然环保,但受自然因素制约,稳定和可靠性能差。如果不能找到更好的替代能源,核能还有可能大力发展。以中国为例,近20多年来,虽然国际核电发展减速,中国核电发展却从无到有,特别是近年来,迫于节能减排的压力,核电发展异常迅速:2010年,中国完成2个核工程(全球5个),新开工9个核工程项目(全球14个);目前,已运营、建设和筹建中的核电项目多达43个;我国政府规划,核电发电能力在2020年要达到800亿瓦,而2010年仅为108亿瓦。^[8]有人称之为“核电大跃进”。之所以如此,因为核电站是一种工具“鸦片”,可提供能源(甚至是高效的能源),减少温室气体排放,能够满足人类的需求,让人类“享乐”。至于核事故和核设施遭恐怖袭击,毕竟是偶

发事件,可通过加强安全措施来尽量避免。即使出现核灾难,也不至于一时毁灭全人类,受害者只是部分人,甚至不包括核电使用者,另一部分人却可受益。在这种情况下,核电站这种工具“鸦片”对人类的损害是局部的、有限的,其“毒性”是通过长期“服用”和不断“发作”而显示威力的。对人类而言,只是一种慢性自杀。核废料虽然威胁人类的健康甚至生存,但也是一个逐渐积累显现的过程,一部分人总可以通过储存、控制、转移和延缓等方式,将核废料污染转嫁给他人,特别是后代,使核电站工具“鸦片”的毒性“发作”尽量延迟,使人类自杀的脚步尽量放慢。

不像核武器是用来调节人与人的关系,其瞬间即可毁灭全人类,核电站是人类征服自然、改造自然的工具,调节人与自然的关系,是人类慢性自杀的工具“鸦片”:一方面为人类提供能源,提高生活水平,满足人类的欲望,让人类“享乐”,目前不可能“戒掉”;另一面,放射性污染日益严重,其“毒性”越来越强,慢慢地破坏人类的生存环境、损害人类的健康,让人类慢性自杀。任何毒品都如此,核电站这种工具“鸦片”也不例外。

三、核技术——张扬人性的工具“鸦片”

核技术是现代高技术,是高级的工具“鸦片”,使现代人性得以张扬。利用技术征服自然和支配他人,张扬人性,这是人类社会发展的根本动力。在人类 200 多万年的历史中,农业社会前的绝大部分时期(超过总时间的 99.5%),技术并不发达,人类凭借采集和狩猎生存,消耗自然界赐予的可再生资源,几乎未造成生态环境破坏和环境污染,期间人类还不是生产者,这种生存方式是可持续的。1 万年前,进入农业社会,技术有所发展,人类开始刀耕火种,砍伐森林,利用自然过程进行生产,主要消耗可再生资源;期间,人类变成了生产者,消耗的主要能源是木柴,森林本来是可再生的,但由于人类的贪欲,过度砍伐,使其失去再生能力,森林面积不断下降,造成生态环境破坏,一些古代文明随之消亡,这种生存方式的可持续性就值得探讨。200 多年前,人类进入工业社会,技术发展突飞猛进,大部分生产通过人工的非自然过程来进行,主要消耗煤炭、石油、天然气和金属矿藏等不可再生资源,人类生产力和生活水平极大提高,同时造成严重的自然资源短缺和环境问题;期间,捕猎工具迅速发展,人口激增,其他动植物的栖息地遭到破坏,使得大量物种灭绝或濒临灭绝。从目前的状况来看,工业社会的生产和生活方式是不可持续的,如核裂变能也是一种不可再生能源,铀矿石是有限的,我国现在就从非洲和哈萨克斯坦进口铀材料。

技术确实张扬了人性,使人类社会不断进步。特别是近代工业革命后,科学技术成为人类社会革命的力量,使欧美等国家一跃成为发达国家。这使得世界其他各国争相效仿,大力发展科技,力争成为发达国家,但成功者只有韩、日等少数国家和地区。究其原因,科学技术只是一种工具,只有在自然资源的基础上才能发挥作用。近代欧洲人凭借科技力量,侵占了美洲和大洋洲等地区,使亚洲和非洲等地区成为殖民地或半殖民地,给这些地区的人民带来深重灾难甚至灭顶之灾:哥伦布发现美洲时,印第安人口有 1 800 万,65 年后,就减少到 23 万;400 年黑奴贸易,非洲损失了 1 亿精壮劳动力,在这 1 亿人当中,到达美洲的却只有 2 千万,其余 8 千万都葬身大西洋了;1788 年英国殖民者到达澳大利亚,10 年之内,土著人数量减少了 90%。^[12]后来,殖民地和半殖民地国家虽然获得政治独立,但从未实现经济独立,通过经济贸易,发达国家继续掠夺发展中国家的自然资源和劳动成果。当前全球经济一体化,占全球 1/6 的 10 多亿发达国家人口消耗了全世界 3/4 以上的能源和其他资源;而在发展中国家,直到 1990 年代,仍有 8.5 亿人处于饥饿状态,每天有 2.5 万人死于饥饿及其相关疾病,每 3 个孩子中就有一个营养不良。^[13]由此可见,近代技术首先用于人类种群内部斗争,使欧洲人获得更多的生存资源,张扬了他们的人性,征服他国和他人,使他们的国家成为发达国家。既然地球的自然资源瓜分完毕,经济秩序已经建立,其他国家要想成为发达国家就难上加难了。

技术虽然张扬了人性,但毕竟是一种工具“鸦片”。技术应用于生产既不能创造物质与能量,也不能创造自然资源,物质不灭定律、热力学第一定律(能量转化和守恒定律)和热力学第二定律(熵增定律,从有序到无

序,从有用能到无用能)都说明了这个道理。技术仅是“工具”,把人类不能直接利用的自然资源转化为人类社会的生产生活用品(人类可直接利用),“技术”是向自然“榨油”的工具。

技术和生产只能使物质和能量转化形式,技术只是用来转化物质和能量的“工具”。

在转化过程中产生“废物”,人类使用过的生

产生活用品的一部分最终也要变成废弃物,造成环境污染。而且,由于转化过程是不可逆的,因此使得自然资源日益减少和短缺,并造成越来越严重的生态环境问题。目前,人类并未找到解决自然资源短缺和环境污染问题的根本办法。以能源为例,木柴枯竭后,用石化能源替代,石化能源枯竭的时间也不会很长,核裂变能是可能的替代能源,之后可能是核聚变能。人类很难在一种不可再生能源枯竭前,主动停止消耗,一旦找不到替代能源,人类的灾难或末日就来临了。现在,人类解决环境污染的办法不外是控制、转移和延缓等,用高烟囱把大气污染转移给别人,把液体污染物排入河流或大海,把固体废弃物储存或填埋,但地球容纳污染物的容量是有限的,超过极限,就会带来生态灾难。而技术特别是近现代技术高唱凯歌,满足了人性的贪欲,又加速了地球生态灾难的到来,是一种张扬人性的工具“鸦片”。

笔者认为,人类很难走出目前的困境,只能越来越恶化。这是由人类的本性决定的,人的欲望是无限的,每个人、每个国家都不愿为了全人类的利益而牺牲“自己”的利益。个人少消耗资源,就会成为穷人;国家少消耗资源,就会贫穷落后,就会“挨打”。每个国家和个人都要大力发展科技和经济,“拼命”消耗自然资源和污染环境,直到地球“干涸”,人类全体无法生存,这就是地球的“公地悲剧”。圣雄甘地曾说过:“自然界能够满足人类的生存,但满足不了人类的贪欲。”

核技术发展和应用是划时代的人类历史事件。时至今日,核武器和核电站成为悬在人类头顶上的“利剑”,人们能够利用这把“利剑”征服自然和屠杀他人,张扬人性,但最后有可能消灭自己,整个人类同归于尽。因此,核技术是最典型的张扬人性的工具“鸦片”。

参考文献:

- [1]李士,查连芳,赵文彦.核能与核技术[M].上海:上海科学技术出版社,1994:1-2.
- [2]乔登江,朱焕金.人类的灾难——核武器与核爆炸[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [3]潘本兴,叶锦韶.核弹和贫铀弹的环境污染(综述)[J].暨南大学学报:自然科学版,2003(1).
- [4]郭培清,蒋帅.俄罗斯核污染对北极生态环境的影响[J].中国海洋大学学报:社会科学版,2010(3).
- [5]蒋帅,郭培清.北极核污染治理:任重道远(上)[J].海洋世界,2009(9).
- [6]沈经.德国安全文明与中国核电跃进[J].仪器仪表标准化与计量,2010(5).
- [7]应春豹.核电:安全清洁的能源[M].上海:学林出版社,1991:4.
- [8]中国核电发展现状[EB/OL].[2011-05-22].<http://wenku.baidu.com/view/f286e583e53a580216fcfe98.html>.
- [9]辛文.法国在1个月内接连发生6起放射性泄漏事故[J].国外核新闻,2008(8):30.
- [10]方孝强.国际社会维护核安全的努力[J].环境保护,2010(2):24.
- [11]庞廷.绿色世界史——环境与伟大文明的衰落[M].王毅,张学广,译.上海:上海人民出版社,2002:401.
- [12]袁腾飞.历史是个什么玩意儿:3[M].银川:宁夏人民出版社,2010:27-28.
- [13][美]德内拉·梅多斯,乔根·兰德斯,等.增长的极限[M].李涛,王智勇,译.北京:机械工业出版社,2006:54.

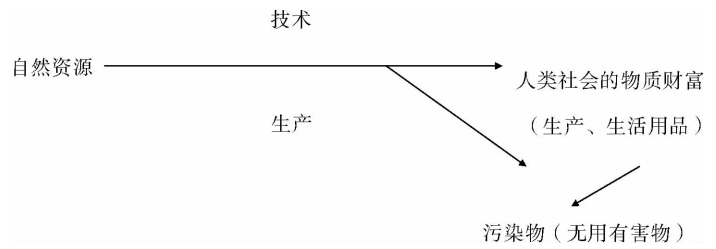


图1 技术生产流程图