

# 保护环境的工程技术——环境系统工程

钱学森

我从系统的概念出发,在几年前建议称保护环境的工程技术为环境系统工程(注一),但一直没有专门讲讲这个问题。不久前接到中国人与生物圈国家委员会的通知,说在北京自然博物馆展出与联合国教科文组织联合举办的人与生物圈(MAB)展览,于是抓了一个星期日早晨去看。展出的有教科文组织的大约二十来块图版,上半块图(英)文并茂,下半块汉文翻译。那天有不少中学生在看,并且很用功,在记笔记。但我看联合国教科文组织有点老气横秋,象旧中国时外国传教士的口气,画面大都是讲第三世界在生态环境保护方面的失误,在教训人。而可笑的是:图版讲解中倒有些非马克思主义的错误。不知中学生们记没记进笔记中去!幸而同一展室中有我们自己准备的四块图块,内容十分全面正确,看了令人高兴。因此看了展览回来就想写点关于环境系统工程的东西。

正在这时候,北京市环境保护局科技处的孙吉民同志来信约稿,说《环境保护》编辑部要宣传环境系统工程,所以我就写了下面这些话。当然这些看法不一定对,说出来是为了请同志们批评指正。

## (一)

首先我认为所谓人与生物圈的概念是不够确切的,它不能把今天人活动的范围全部包括进去,倒是如同中国科学院地理研究所浦汉昕同志指出的(注二),苏联科学家用的地球表层或地理壳更准确。地球表层包括上至大气对流层顶层(在极地上空约8公里,赤道上空约17公里,平均约10公里),下至岩石圈的上部(陆地上约深5~6公里,海洋下平均深4公里),这才是今天我们人在开发利用,并有很大影响的

范围。因此环境的涵义,现在应该是地球表层,而不是什么MAB。

浦汉昕(注二)指出:地球表层所包括的非生物、生物和人可以看作是一个巨系统,而且是开放的、有序的巨系统,因而也是诺贝尔奖金获得者I. Prigogine所说的远离平衡态的耗散结构,是活的,不是死的,是在发展、演化的,不是静止不变的。为什么说它是开放的而不是封闭的呢?因为地球表层同它以外的地方有物质和能量的交换:从输入到地球表层的方面来说,有太阳辐射,大到 $1.73 \times 10^{17}$ 瓦的功率;还有潮汐能 $3.5 \times 10^{13}$ 瓦;地壳深处也向地球表层送热岩浆;地球表层也接受来自天上的各种粒子流,如宇宙线,以及电磁波;还有流星、陨石;等等。另一面,地球表层也有输出,最大的一项就是同太阳辐射能大致相等的红外辐射,散发到宇宙空间;还有少量的质轻的气体分子散溢到上层大气,以至空间;在地壳板块边缘处,也会有岩层离开地球表层斜插入深处;现在人还把人造卫星、飞船送入太空;等等。对地球表层来说,进来的东西不等于出去的东西,在地球表层内部变化了,所以地球表层是开放的。

为什么说地球表层又是有序的呢?第一因为它是在有规律地发展着,或说地球表层是在进化着,从形成地球时的无生命的地球表层到有生物的地球表层,再从有生物的地球表层到今天居住着有高度物质文明和文化的人类的地球表层,已有几亿年的历史了。这一点浦汉昕已经作了说明(注二),我不再在此重复了。我想指出的是地球表层巨系统的有序性还表现在它的多层结构,而多层结构是有序巨系统的特征(注三)。有什么层次?从保护环境的角度来

说,最基层的一级结构是一个工厂、企业,一个生活区,一片林地,一块农业种植田,一片渔业水面等。对后面这几种结构,一个非常重要的概念就是生态群落的思想,对此我国生物学和农业工作者已经有很多研究并在实际运用中取得很成功的经验;最近西北林学院的张亮成同志作了总结(注四)。对于养鱼池塘的生态群落,广东顺德县杏坛公社逢简大队第七生产队队员梁二妹的淡水养鱼丰产经验(注五)是惊人的,她在一九八二年,亩水面年产鱼二千二百七十八斤!这都是学问。

地球表面层结构的再上一个层次就是一个地区的环境。地区的划分不能是按行政区域,不能是什么市、市管县,而应该根据实际情况,相互影响的关系,也就是相对独立性来定。例如长江三角洲是一个地区单位。我们国家大约有几十个这一级的结构。

更上一级层次就是国家层次,最后当然是世界层次。所以从基层单位算起,一共有四个地球表层的结构层次。在分层次中,我们以人的活动为主,自然条件为辅来划分,其原因就是因为人在今天是主宰地球表层的,是地球表层最活跃的因素。这也就说明我们认识地球表层的内在关系,它的运动变化规律是多么重要了;不认识会导致策略错误,办蠢事,以至使地球表层的演化不是向进化发展而是向退化发展。为了引起重视,我建议称这一门学问为地球表层学,是门跨地理学、地质学、气象学、工农业生产技术、技术经济学和国土经济学的新学科。因为我们在研究一种巨系统,是有层次的有序结构,所以需要系统科学的基础科学、系统学的帮助(注三)。我们要创立地球表层学,从而深刻认识巨系统的运动规律,并且找出使环境改善和进化的理论根据。

## (二)

现在也就清楚了:我们讲地球表层巨系统,提出要创立地球表层学的目的是因为地球表层的一切变化将影响我们的环境,为了搞好环境保护的工作,有必要深入研究它,以建立必要的理论基础。而且既然已经肯定地球表层是个

巨系统,那么管理这个巨系统的技术也就肯定是一门系统工程,环境系统工程。所以地球表层学是环境系统工程的理论学科,而环境系统工程又是应用地球表层学来保护和改造我们的环境的工程技术。

既然保护和改造环境是一门系统工程,那么环境系统工程也还要依靠系统工程一般方法理论学科,如运筹学,以及电子计算机技术和控制论等。环境系统工程也要运用国土经济学的成果。

下面我来讲讲有关环境系统工程的轮廓性的意见。

根据地球表层巨系统的概念,在环境系统工程中也要明确分级解决:第一级是有关地球表层巨系统的第一个层次的,即工、农业生产和人民生活的基层单元的;第二级是有关第二个层次的,即区域性的;第三级是有关第三个层次,即全国性的;第四级是有关第四个层次的,即全世界的。每一级的环境系统工程的工作任务都不尽相同,管理的方针也因此要有区别。

从国家行政角度来讲,第一级的环境系统工程主要是制订法令、规定,要求各基层单元严格遵守,不得污染环境。另外就是监视的取样测量工作。当然标准要适度,要逐步随技术的改进而加高要求。这就要求引用效益分析的科学方法,比较各种监测标准的经济效益,权衡利弊。另一方面,我们也要作宣传工作以提高人们对保护环境的重要性的认识。以前我们对此做得很不够,对利用废水、废气、废渣的意义总是从防治祸害来看,而不从积极意义来看,比如废物实际上是人造的资源,而且是送上门来的资源,不用去开矿,不用去远道运输,就在手头!我们还要指出所谓废弃物的利用,不但在工业是象上面讲的,在农业也是如此,也要努力发展。这一级的环境系统工程工作是基础,基础打好了,再上面几级的工作才能进行,比如酸雨问题(注六)就是如此。充分利用废物,变废为利,应该是社会主义制度优越性表现之一。经济学家许涤新同志对此已讲得很清楚(注七)。

更上一级到第二级的环境系统工程是以一个地区为单位的。这里第一位的环境改造工作是植树造林,进行绿化,包括培养花草,现在国家十分重视这项工作,发出了绿化祖国的号召。我想有关的环境工作还有恢复露天开矿所破坏地表,改造矿渣堆置的地面等,使他们重新成为生机勃勃的地方。这个问题在工业发展较早的国家已成为公害之一,美国每年增加这种人造荒原500平方公里,现累积已达15,000平方公里。我们从现在起就要注意,从一开始就避免这种破坏,随时恢复。更积极的环境系统工程工作是控制气象,如在我国东南部沿海地区,改变台风运动的方向,不叫它登陆,作到有台风降雨之利而无台风破坏之害。再进一步搞人工降雨也有可能,这原是五十年代就开始了的气象技术,后来在资本主义国家又衰退下去,无人问津了,原因是降雨区控制不准,一家投资,雨下到别人那里了,不能得利。这个问题我们社会主义国家是可以解决的。

再上一级的环境系统工程是全国性的、跨地区的了。我国现在正在营造北部林带以防止沙漠化,就是这类措施。今年开工的东线南水北调工程也是这类措施。随着社会主义建设的进程,这一级的环境系统工程措施会因国家力量的增长而多起来。但国家一级环境系统工程还要考虑另外一个方面的问题,这些问题解决好,又能反馈到下面几个层次的环境保护和改造。例如,国家的能源政策,要解决烧煤带来的麻烦而改造燃料煤,要大力发展沼气解决农村能源和城市污水处理问题,要充分利用水力和风能等清洁能源等等,这都将为第一级、第二级的环境系统工程创造条件。其实建筑形式也对环境有影响,能够节能的建筑,冬季保温,夏季凉爽,也能有助于保护环境,减少污染。中国建筑学会副理事长、兰州市副市长任震英同志提倡黄土高原的窑洞(注八)是有道理的,国外不是在搞地下建筑吗?窑洞是几乎在地下的建筑,加上现代技术完全可以成为现代化的住房和工作用房。联系到环境保护,国家现在就要研究由核能利用后产生的核废料的处置问

题,这是一个世界各国都没有很好解决的问题,核能要大发展,我们要赶快研究,提出全面的方案。

最后一级环境系统工程是关系到全世界的环境保护和改造;特别是今后长期的演化,是恶性的,还是良性的?大气中的二氧化碳浓度真的在不断增加吗?真有所谓温室效应而气温上升吗?但全球环境系统工程是一项国际协作的工程,联合国教科文组织的人与生物圈委员会是不大能有什么作为的,因为解决国际事务问题远比说教要困难得多。

前面讲的四级环境系统工程又是一个整体,因为环境就是地球表层这一统一的巨系统,是互相关联的。这是环境系统工程的一个特点。当然我在这里讲的也不一定都全了,会有遗漏;例如非常重要的天气预报、地震预报就没有列入环境系统工程,而气象与地震都是影响环境的重要因素。

### (三)

我在以上的文字里,讲了我所认识的整个环境问题,它的理论科学、地球表层学,和它的工程技术、环境系统工程。可见它是多么复杂庞大的问题,现在国务院有了城乡建设环境保护部,是大好事。但现在仅仅是个开始,为了我们的子孙后代,为了社会主义、共产主义的明天,我们要做的工作还多着呢!我们要认真研究这个问题,建立必要的研究机构。此外,既然是个新的事业,是开创性的工作,我们就要认真考虑培养工作人员的问题。听说有的研究单位已经开始在招研究生,造就专业工作者,这是应该的。

看来所有这一切都必须有个通盘规划,目光要放远些,要看到二十一世纪!

### 注 释

1. 钱学森:《哲学研究》1979年1期,20页;收入钱学森等著《论系统工程》,湖南科技出版社,1982年,205页
2. 浦汉昕:《自然杂志》1983年2期,6卷126页
3. 钱学森:《系统工程理论与实践》1983年4期
4. 张亮成:《自然杂志》1983年3期,6卷163页
5. 《经济参考》1983年3月17日,1版
6. 《环境管理通讯》1983年1期,3页
7. 许涤新:《人民日报》1983年2月18日,5版
8. 任震英:《百科知识》1983年2期,20页