

# 以生态文明的工程管理实现新型城镇化

吴季松

(北京航空航天大学中国循环经济研究中心,北京 100191)

**[摘要]** 本文阐明了生态文明产生的科学基础与工程内涵,像土木工程依靠地基一样,认识生态承载力是生态文明工程建设的核心。提出了地域生态承载力的指标体系,指出新型生态工程是适应生态承载力的工程,以桂林地区的水利工程为例提出了生态工程的“四生”原则。指出新型城镇是叠加在地域自然生态系统上的人工生态系统,新型城镇的大规模工程建设应遵照生态工程原则进行。

**[关键词]** 生态文明;生态承载力;新型城镇化;生态工程;工程管理

**[中图分类号]** C931.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)11-0019-05

## 1 前言

人类正从工业文明向生态文明过渡,生态文明已成为我国现代化强国梦的重要目标之一。城镇化是历史发展的必然阶段,新型城镇化就是要建设人与自然和谐的生态城市。对于生态文明和新型城镇化来说工程都是其实现的物质基础,工程技术人员有责任建设与地域生态承载力相适应的生态工程,为生态文明建设和新型城镇化做出贡献。

## 2 生态文明的工程内涵

所谓工程是指以较多的人力和物力投入、较大型的设施来直接创造物质财富的复杂系统工作。

人类文明的进程从很重要的意义上来说是城镇化的进程,而无论是文明还是城镇化从来都与工程相联系,并以工程为其实现的最重要手段之一<sup>[1]</sup>。在目前已评出的世界文化遗产中,宫殿、教堂、陵墓和水利工程占了绝大部分,而宫殿和教堂都在城市,陵墓与水利工程多在城市近郊。

### 2.1 生态文明理念的产生

迄今为止人类历经了3个文明阶段:渔猎文明、农业文明和工业文明。

#### 2.1.1 四种文明的比较

目前国际共识人类正走向生态文明阶段,表1简要说明四种文明的异同与发展。

表1 四种文明、城镇化与工程

Table 1 Four kinds of civilization, urbanization and engineering

文明形态	渔猎文明	农业文明	工业文明	生态文明
文化主体	自然文化	人文文化	科学文化	生态文化
人与自然关系	崇拜自然 人对生态系统无影响	天人合一论 人对生态系统破坏力有限	征服自然 人的欲望超过生态系统承载力	尊重自然 人与自然和谐
城镇化	无	乡镇为主	大中城市	超大城市
工程	无	依附自然的水利工程	各类土木、矿山、交通、能源和制造业等工程	总量控制的生态工程系统
社会主要资源	动植物	土地	资本	知识
能源	人的体力	柴草和畜力	化石燃料和电力	太阳能、热核聚变能

**[收稿日期]** 2013-08-30

**[作者简介]** 吴季松(1944—),男,辽宁沈阳市人,博士,教授,博士生导师,瑞典皇家工程科学院外籍院士,主要研究方向为工程管理与循环经济;E-mail:js\_wub@buaa.edu.cn

文明以文化为基础,而文化又以科学(包括人文科学)为支撑,各种文明莫不如此,生态文明当然也不例外。其实生态文明的思想古已有之,老子的“天人合一”可谓是最早的生态文明思想,恩格斯在《自然辩证法》中对生态文明也有科学的论述。

### 2.1.2 20世纪新学科是生态文明的科学基础

今天的生态文明思想是以20世纪成型的生态学、系统论和信息科学技术为科学基础的,从而使人类不仅向往,而且得以实现生态文明。

1)生态学——知识经济。1895年丹麦植物学家萌尔明(Warming J E B, 1841—1924)发表了第一本生态学研究专著《植物生态学》,1935年德国人坦斯莱(Tansley A G, 1871—1955)第一次提出“生态系统”的概念,从“生态平衡”入手,把人类与自然关系的研究引上了科学轨道<sup>[2]</sup>。

1972年以研究人口、资源和生态为宗旨的“罗马俱乐部”提出了著名的研究报告《增长的极限》,开始提出发展一种人、自然和技术协调发展的新经济形态的问题。1984年,经过了10余年“可持续发展”的讨论,人们终于得出了人类社会将进入一种新经济形态——“知识经济”的结论,即人类在生态学的知识基础上认知人与自然和谐,以全面的知识为基础发展生态经济。笔者经过国际选拔主持了联合国教科文组织《多学科综合研究应用于经济发展》专题研究,是国际上对知识经济的第一次系统研究,也提出了工程总量控制。

2)系统论——生态系统平衡。广义系统论是20世纪40年代以系统论、控制论和信息论为基础诞生的一门新兴科学,是美籍奥地利人、理论生物学家贝塔朗菲(Bertalanffy L Von)创立的。他在1952年发表“抗体系统论”,提出了系统论的思想。系统论在航天工程上应用发展并与控制论和信息论相结合,实现了人类飞离地球的千年梦想。今天的航天工程涉及的学科数以百计,但国内外航天科学家一致认为领军学科是系统论;而生态学的基本认识即自然生态是一个非平衡态超复杂巨系统。

从系统论的观点来看,世界上任何事物群体都可以看作是一定的系统,而任何事物都以这样或那样的方式包含在某个系统之内,系统是普遍存在的。工程的布局要以系统论为依据,不但要从国家布局考虑,还要从地区布局考虑,应在所处生态系统的承载力允许范围内进行。

3)信息科学技术。20世纪40年代后期,由于第

二次世界大战,通信技术与雷达技术得到了飞跃的发展,通信与自动控制的研究受到特别重视,从而使香农(Shannon C E)和维纳(Wiener N)得以分别从不同角度创立了信息论和控制论,50年代以后发展的计算机技术则成为其实现手段。

1993年美国提出“信息高速公路”建设,即今天的互联网。以信息科学技术为支撑的互联网的建成将使人类能最大限度地采集信息、利用知识,从而能在自然生态这个非平衡态复杂巨系统中以新思想通过控制建设生态工程、发展生态经济、实现生态文明。

## 2.2 生态承载力理念是工程承载力概念的延伸

从工程承载力到生态承载力,人类经历了漫长的认识过程。

### 2.2.1 生态承载力是生态文明的度量

2013年国际经济学界已经提出,今后经济发展的第一要素不再是自然资源的占有和利用,而是生态承载力的状况。这不仅在理论上成立,更符合目前的实际情况,笔者对此做了28年研究,也得出同样的结论。在目前世界资源短缺、环境污染、生态恶化的状况下,第一位的“不是有多少,而是剩多少”,这才是“可持续发展”的真谛<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 生态承载力的工程内涵

生态文明是人与自然和谐的新文明,它不仅需要生态经济与生态文化的发展,更需要新型生态工程的支撑。

自然生态系统的承载力是传统工业工程的“地基”,也是生态文明的度量。新的生态工程是以人与自然和谐为目的,以工程、生态、经济、政策和管理的综合手段来适应和提高生态承载力,维系和修复生态系统,是在传统工业工程基础上发展起来的一种新型工程,是生态文明发展的主要支柱之一。

生态工程的规划、设计、施工和运行,不仅要在土木、机械和电力工程等传统工程理论指导下进行,还要在生态学、系统论、信息科学技术和新学科知识经济与循环经济等多学科综合研究的理论指导下进行。

## 3 生态文明工程管理的核心是生态承载力

要对传统工业工程在生态承载力之内实行总量控制。

### 3.1 生态承载力的工程度量公式

当前生态承载力的概念已经被人接受:“资源

节约、环境保护”，“人与自然和谐”，“清洁生产、循环经济”，“绿色消费”，“青山、净水、蓝天”和“美丽中国”都是生态承载力概念的理论 and 形象 的描述。但是如何科学地实现这些描述，应有更科学、定量的概念才能实施，尤其是实现这些目标的工程师迫切需要具体操作准则的指导。鉴此，提出工程生态承载力公式如下：

$$\text{工程总量生态承载力系数} = \frac{Wc \cdot Sd \cdot Fs \cdot Ws}{Ud \cdot Ru \cdot Ap}$$

上式中， $Wc$ 为地域人均水资源量； $Sd$ 为地域地表径流深； $Ud$ 为地下水埋深； $Ru$ 为河流水利用率； $Ap$ 为大气污染指数； $Fs$ 为森林覆盖率； $Ws$ 为湿地占地域面积比例。

### 3.2 生态承载力指标体系

为科学定量地度量地域的生态承载力，特提出如下指标体系。

#### 3.2.1 地域人均水资源量( $Wc$ )

水是生命之源，城镇化对水有生产、生活和生态三方面的需求， $Wc$ 主要反映地域水源对城镇化的人口、经济及其工程的承载能力，应该以水定城，以水定产业。

1992年笔者在联合国教科文组织任职时主持以46国852案例的统计平均值建立生产与生活的新丰水、缺水标准：水资源量 $>3\ 000\ \text{m}^3/\text{人}$ 为丰水， $3\ 000\sim 2\ 000\ \text{m}^3/\text{人}$ 为轻度缺水， $2\ 000\sim 1\ 000\ \text{m}^3/\text{人}$ 为中度缺水， $1\ 000\sim 500\ \text{m}^3/\text{人}$ 为重度缺水， $500\ \text{m}^3/\text{人}$ 以下为极度缺水， $300\ \text{m}^3/\text{人}$ 为维系可持续发展的最低标准<sup>[4]</sup>。代替了原来国际上流行的粗线条的“弗肯马克指标”。在水量许可的条件下城建工程可以适度发展，可以建适量的高耗水产业工程，反之则不能。

#### 3.2.2 地域地表径流深( $Sd$ )

地表径流深是维系植被的重要指标，是建设绿色城市、美丽城市的首要条件。城市生态建设应按此标准建设，“宜林则林、宜草则草、宜荒则荒”，而且要选择适于当地水条件的树种、草种。

在上述1992年的研究中，笔者创建了生态需水标准：地表径流深 $>250\ \text{mm}$ 能维系较好的森林植被，大于 $150\ \text{mm}$ 能维系乔灌木植被， $50\sim 100\ \text{mm}$ 能维系草原植被， $50\ \text{mm}$ 以下则为半荒漠、荒漠生态系统。

#### 3.2.3 地下水埋深( $Ud$ )

地下水实际上是水生态系统中的天然水库，是水生态系统对枯、丰水年调节能力的主要指标，也是反映生态系统承载力的最主要指标之一，地下水

埋深越浅，工程承载力越大。

从工程意义上来说就是保证地下水埋深不降低，并以地下水回补工程予以修复。

#### 3.2.4 河流水利用率( $Ru$ )

城镇化将带来大量的水库、自来水厂和工厂的取水工程，这些工程必须按下述指标予以控制，保证河流不断流和下游地下水埋深不降低。

在上述1992年的研究中，笔者创建了河流用水应低于年径流量40%，跨流域调水应低于20%以维系水环境的取水和调水工程标准。

以上标准已被法国、意大利和越南等多个国家引用。引入国内后温家宝同志于1999年4月批示“各地各部门参阅”，已在水工程界广泛应用。

#### 3.2.5 大气污染指数( $Ap$ )

城镇建设规模必须保证地域大气污染指数在一年内的平均值在轻度污染以下。否则就应控制城市人口、车辆和用电，对大气污染严重的产业实行准入制度。

#### 3.2.6 森林覆盖率( $Fs$ )

城镇化工程建设应包括生态建设，森林是陆地生态系统的主体，必须保证一定比例。我国实行市管县的行政体制，在市的地域内应保证森林覆盖率大于25%（联合国对温带地区统计平均值），其中包括城中的林木覆盖。

#### 3.2.7 湿地占地域面积比例( $Ws$ )

湿地是重要的陆地生态系统，有“地球之肾”之称，不仅能净水，也能净化大气，对生态承载力起重要作用，湿地也包括浅水库与人工湖。湿地修复与建设工程是重要的生态工程，应使市地域的湿地达到总面积的5%左右（地球温带湿地的平均值）。

## 4 新型城镇化生态工程的任务是使城市人工生态系统与自然和谐

目前我国城镇化中有两种不顾生态承载力和经济发展规律盲目扩张的非生态文明旧模式，应当尽快改变。工程管理应在规划和施工中尽可能发挥主动性，促进旧模式的转变，建设生态工程<sup>[5]</sup>。

1)“摊大饼”模式。一种是俗称的“摊大饼”式，即在老城区的四周以行政命令—征地拆迁—房地产开发—农民上楼的模式发展，这种城镇发展属于盲目的物理扩张，不断把城市外延，事先没有考虑生态承载力，也不考虑有什么样的产业和什么样的市民进来，目前后果已经显现。

2)办“园区”模式。另一种是办“园区”,在城区周边建一个个各类开发区、园区:政府划地—基建投资—七通—一平—招商引资,这种城镇化发展虽然目的性较强,但多不符合实际情况,既不考虑生态承载力,也不知有没有企业与人才进来,是一厢情愿,本末倒置,仍是一种物理扩张、外延发展。目前大量的园区一片荒草,或者有房无业,浪费严重。

#### 4.1 新型城镇是依附于地域自然生态系统之上的人工生态系统

新型城镇化生态理念的理论基础是可持续发展理论,即城市基本上是一个由工程建设组成的人工生态系统,它叠加在所在地域的自然生态系统之上,城市的建设与发展必须在所在地域自然生态系统承载力之内,这样的城市才能可持续发展。

##### 4.1.1 水资源与水环境承载能力

水是生命之源,也是人类生存的基本条件,水又是难以大范围调配的资源,因此,城市的人口和面积都受水资源与水环境条件约束,不能无限增加与扩大。因为城市地域狭小,自产水资源量少,人口众多,所以人均水资源量都较小,在我国670个城市中有2/3城市都缺水;但是城市经济发达,生活水平较高,因此用水量大,而且排污量大,人均排污量高<sup>[6]</sup>,因此,水是约束城市发展的木桶的短板,要据此控制城市工程。

##### 4.1.2 大气环境的承载能力

城市地域狭小,对于集中的大气污染排放的扩散能力很小,尤其是依山或在盆地的城市。2013年1月在我国华北地区产生的极重度雾霾天气十分清楚地说明了这个问题。因此,城市人口的增加、车辆的增加、工业的发展和城市的扩展及相应的工程建设必须考虑到这一问题,不仅要考虑本地域,还要考虑周边地域的排放问题。

##### 4.1.3 生态系统承载力

城市森林、城市水系、人均绿地和人均水面等都是城市生态系统承载力的重要因素,这些都与工程布局密切相关。

#### 4.2 生态建设是城市基础设施建设的基础

传统的城市建设是住宅、道路和水电供应设施,被称为基础设施建设。在生态文明中最重要基础设施建设是生态工程,即提高城市生态承载力的工程,主要如下。

##### 4.2.1 以水定城

无论是城镇扩建还是新建,必须于所在流域内具

备至少可持续利用20年而不跨流域调水的水源,否则就应控制或改符合条件的地域。城镇也不能紧邻河流而建,必须保护自然河流,不能无限加高堤防,而是要以蓄滞洪区工程尽可能保护和还原自然河道。

##### 4.2.2 建成城镇水系

应建设河流、湖泊、水库和湿地构成的城镇水系,不仅保证城镇用水,而且保证城镇的宜居环境。使人均水面达到标准(流动水面应乘以生态系数)。人工湿地建设工程必须符合科学标准,要建成湿地生态系统、提高其生态效益,而不只是积一片水。

##### 4.2.3 建设城镇绿网

无论是大城或小镇都应建设防护林带和绿地工程阻挡风沙,含蓄水源,吸收CO<sub>2</sub>,阻止微尘扩散,减低城市热岛效应。维护、建设距城镇较远的森林工程,根据距离确定其对城镇生态影响系数,以此作为城市防护林和绿地的补充。

#### 4.3 生态工程

生态工程有两种类型,一种是生产型生态工程,另一种是修复型生态工程。生产型生态工程主要是处理工业生产和日常生活产生的大量废弃物,解决环境问题,即循环经济工程和污染治理工程。而修复型生态工程则是修复生态系统,包括以维系地下水埋深、恢复断流的河流、干涸的湿地和被砍伐的森林等手段来保证生态承载力<sup>[7]</sup>。

## 5 生态工程建设的“四生”原则——桂林漓江水库组工程

笔者在2004年1月指导为枯季补水、防止断流的漓江水系工程规划中提出生态修复、防洪和发展旅游业多目标体系,其中生态修复是第一位的。在修建漓江上游斧子口、川江和小榕江3个水库时第一次提出了“生态规划、生态设计、生态施工、生态运行”的“四生”原则,并主持了其在规划和施工中落实<sup>[8]</sup>。

### 5.1 生态水库的规划

所谓生态规划就是以修复被人类活动改变的生态系统为目的,尽可能提高生态承载力。

### 5.2 水库的生态设计

在水库容量、功能和保护区设计上都本着人与自然和谐的生态原则。

#### 5.2.1 水库容量原则

修坝蓄水的最大直接生态负效应在于大量取

水后引起径流量变化,造成下游地下水埋深降低,以致植被减少或消亡。而依前述标准,使取水小于年径流量40%则不致对生态系统有大的影响。

### 5.2.2 水库生态补水原则

三个生态水库与一般水库不同之处在于除泄洪外,还要常年向下游正常输水。设计了多条输水通道,尽可能降低下游河道水量减少的生态影响。

### 5.2.3 水库生态保护原则

尽量减少修库施工的辅助工程。道路不采取盘山路,以涵洞相连,可最大限度地减少植被破坏,保持库区生态系统原貌。

## 5.3 水库的生态施工

对三库的建设,提出文明施工的具体要求。

1)施工尽可能利用原有道路,少修临时施工道路,注意保护植被。

2)尽可能减少作业面,妥善处理碎石,严禁堵塞河道。

3)在施工中彻底清理库区,清除废弃的村庄和砍伐的林木等一切库底内污染源。

以上都写入招标条款,违者罚款。

## 5.4 水库的生态运行

所谓生态运行就是在水库完工后发电运行时,按生态原则进行:确保鱼道等生态维系设施的正常

运行;确保枯水期时河道中下泄的水流量;在运行中调水排沙减少淤积。

以“四生”原则为指导实施修建的三个新型水库,加上原有青狮潭水库,四库联调总量控制,在枯季对漓江补水,保证径流量在50 m<sup>3</sup>/s以上,促进了当地经济发展,大大减少了对生态的负面影响。目前对桂林上游阳朔的旅游已从完工前枯季无法上溯,仅8个月延长到全年,实现了生态、经济的双丰收。

### 参考文献

- [1] 吴季松. 百国考察甘省实践生态修复——兼论生态工业园建设[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
- [2] 吴季松. 知识经济学[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,2007.
- [3] 吴季松. 循环经济概论[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [4] 吴季松. 新型城镇化的顶层设计、路线图和时间表——百国城镇化实地考察[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2013.
- [5] 颜京松,王如松. 近十年生态工程在中国的进展[J]. 农村生态环境,2001,17(1):1-8.
- [6] 吴季松. 创建资源系统工程管理新学科——兼谈“首都水资源规划”新型工程管理[J]. 中国工程科学,2004,6(8):5-11
- [7] 吴季松. 从传统工程走向生态工程:案例与建议[J]. 工程研究,2009,1(4):319-326
- [8] 吴季松. 工程管理的总量控制是经济发展方式转变的重要手段——以水环境、水资源工程为案例[J]. 中国工程科学,2012,14(12):69-74.

# New urbanization based on the engineering management of the ecological civilization

Wu Jisong

(China Center of Recycle Economy Research of Beihang University, Beijing 100191, China)

**[Abstract]** This paper illustrates the scientific base of the ecological civilization and the connotation of its engineering, which understanding the ecological carrying capacity is the core of the ecological civilization construction, like civil engineering relying on the base. This paper proposes the index system of the regional ecological carrying capacity pointing that the new ecological engineering is to adapt to the ecological carrying capacity and the four-ecology principle of the ecological engineering using the Guilin region's water conservancy project as an example. This paper also points out that the new town is an artificial ecosystem that superimposes on the regional natural ecosystem, so the large-scale constructions of new towns should follow the principles of the ecological engineering.

**[Key words]** ecological civilization; ecological carrying capacity; new urbanization; ecological engineering; engineering management