



可持续发展理论内涵的 三元素*

文 / 牛文元

中国科学院科技政策与管理科学研究所 北京 100190

【摘要】 自1987年联合国世界环境与发展委员会向全世界公布划时代的报告《我们共同的未来》后,可持续发展的定义、理念和行动已遍及世界各国和地区,成为指导发展的战略首选。在作者长期的研究中,可持续发展的理论内涵被提取出三个本质元素,即发展的“动力”、发展的“质量”、发展的“公平”,只有上述三大本质元素的宏观表达,包容在可持续发展进程的不同水平和不同阶段并获得最佳映射时,存在的“发展内涵”就具有了统一可比的基础,对于发展的追求才具备了可观测的和可测度的共同标准。所谓可持续发展的战略目标和能力建设在本质上的逻辑自洽,其目标函数最终就是为了追逐上述三大元素的交集最大化。可持续发展的动力(DS)、质量(QS)、公平(ES)的交集最大化,应当是实现可持续战略目标与推进可持续能力建设的最高要求,即可持续发展 SD 最终必须服从

$$Max SD = \{(DS, QS, ES) | \varphi_1(DS)_{\max}, \varphi_2(QS)_{\max}, \varphi_3(ES)_{\max}\}$$

式中, φ_1 、 φ_2 、 φ_3 是三元素 DS 、 QS 、 ES 的函数表达式。

【关键词】 可持续发展,可持续发展的动力,可持续发展的质量,可持续发展的公平

DOI 10.3969/j.issn.1000-3045.2014.04.002

整个20世纪的100年,全球的发展观经历了重大变革。从“增长理论”到“发展理论”再到“可持续发展理论”,人类的认识在逐渐地深化。

第二次世界大战以来,人类不断遭遇到全球性的人口膨胀、能源危机、资源过度消耗、环境严重污染、气候变化、荒漠化、生物多样性锐减以及失业、贫困、疾病、南北差异、全球安全等,引发了

众多科学家、政治家、社会人士的极大忧虑。在此背景下,可持续发展的理论和行动应运而生,成为全世界耳熟能详的显学。

回顾可持续发展的历史足迹,清晰地表明全球对于可持续发展的关注与期待:

1983年,联合国38届大会通过第38/161号决议,批准成立世界环境与发展委员(WCED),亦称布伦特莱委员会;

1987年,在日本东京正式公布世称布伦特莱

* 修改稿收到日期:2014年6月18日

报告《我们共同的未来》，成为全球可持续发展的奠基性文本；

1989年，联合国大会通过第44/228号决议，决定召开环境与发展全球首脑会议；

1990年，联合国起草世界环发大会主要文件《21世纪议程》；

1992年，6月3—14日，联合国环境与发展大会（地球高峰会议）在巴西里约热内卢召开并通过“里约宣言”，102个国家首脑共同签署《21世纪议程》；

2002年，联合国在南非约翰内斯堡召开《RIO+10》高峰论坛；

2012年，联合国纪念里约地球高峰会议20周年（《RIO+20》）。

最近30年来，通过不断的探索和实践，可持续发展的理论已经总结出以下三项共识：（1）必须坚持以科技创新克服增长停滞（提供发展动力）；（2）必须保持财富的增加不以牺牲生态环境为代价（维系发展质量）；（3）必须实现共建共享，促进社会和谐，克服社会的动乱与无序（寻求发展公平）^[1]。

1 提取可持续发展内涵的三元素

在理论构建上，可持续发展的理论内涵可以被凝练出由三个有机统一的本质元素去度量，它们分别是发展的“动力元素”、发展的“质量元素”、发展的“公平元素”。这已成为30年来可持续发展在科学萃取中的一大成就，也成为世界各国可持续发展战略选择中的衡量标准与宏观方向识别的基本判定^[2]。

1.1 发展的“动力元素(DS)”

通常由“发展能力”、“发展潜力”、“发展效率”、“发展速率”及其可持续性构成，形成了推进国家或地区不断发展的“动力”表征。其中包括国家或地区的自然资本、生产资本、人力资本和社会资本的总和禀赋与总体效能，以及对上述4种资本的合理协调、优化配置、结构升级，尤其是对于国家创新

能力和竞争能力的积极培育。

1.2 发展的“质量元素(QS)”

一个国家或地区的“自然平衡”、“资源支撑”、“生态服务”和“环境容量”及其对于理性需求（包括物质的和精神的需求）的匹配程度和优化程度，它们的集合形成了衡量国家或地区发展的“质量”表征。其中包括国家或地区能量、物质和信息的效能水平；生态服务与环境容量的支持水平；物质文明和精神文明的协同水平以及上述三者的综合度量水平。

1.3 发展的“公平元素(ES)”

一个国家或地区的“共同富裕”程度及其对于贫富差异、区域差异、代际差异和人际差异的克服程度，这些形成了国家或地区判断发展的“公平”表征。其中包括社会财富占有的人际公平、资源共享的代际公平和平等参与的区际公平的总和。

理论和实践证明，只有上述三大本质元素在其宏观表达中，包容在可持续发展进程的不同水平和不同阶段所获得的最佳映射，存在的“发展内涵”就具有了统一可比的基础，对于发展的追求才具备了可观测的和可测度的共同标准。所谓可持续发展的战略目标和能力建设在本质上的逻辑自洽，其目标函数就是追逐上述三大元素的交集最大化。

2 可持续发展的“动力”元素解

所谓可持续发展的动力，是指在推动可持续发展系统走向理性目标的整体“力能集”，它们在可持续发展的参数中是具有矢量特征的自变量^[3]。

可持续发展的动力元素，随着人类进步和攫取资源能力的提升，总是站在引导生产力发展的最前沿，以达到通过利用和提高资源的总效能去抵消或克服边际效益的递减。

$$DS(t+1) = DS(t) + DS(t) * \Delta[DS(t)] \\ = F(1) * [1 + \Delta[F(1)]] + F(2) * [1 + \Delta[F(2)]]$$



中国科学院

$$[F(2)] + F(3) * [1 + \text{DELTA}[F(3)]] \quad (1)$$

式中： $DS(t)$ 和 $DS(t+1)$ 分别表示在 t 时段和 $(t+1)$ 时段的可持续发展总能力， $F(1)$ 表示对资源利用水平和效率的提升， $F(2)$ 表示对资本利用水平和效率的提升， $F(3)$ 表示对人力利用水平和效率的提升。其中：

$$F(1) = P(t) * [G(t)/P(t)] * TP(t) \quad (2)$$

$$F(2) = F(1) * \{P(t) * [R(t)/P(t)] * [ES(t)/R(t) * M]\} \quad (3)$$

$$F(3) = F(2) * \left\{ \frac{\exp[1 - SS(t)/SS(r)] \exp[1 - TT(t)/TT(r)]}{\exp[1 - DM(t)/DM(r)]} \right\} * N \quad (4)$$

式中： $P(t)$ 为 t 时刻的人口数量， $G(t)$ 为 t 时刻的资源利用总量， $TP(t)$ 为 t 时刻的资源效率提升程度的标识，表达为当时全球最先进的单位资源效率水平与占有生态服务总值的比例， $R(t)$ 为 t 时刻的资本利用总量， $ES(t)$ 为 t 时刻的资本增值，反映了 t 时刻资本效率水平， M 为规定的资本风险控制度， $SS(t)$ 为 t 时刻的人力资源结构合理度与创新水平，反映了生产的组织能力和科技创新对于发展的贡献力， $SS(r)$ 为 t 时刻世界科技创新水平的最优度量， $TT(t)$ 为 t 时刻的国民教育的总水平(年)， $TT(r)$ 为 t 时刻世界最先进国家的国民教育总水平(年)， $DM(t)$ 为 t 时刻的决策能力与管理能力指数， $DM(r)$ 为 t 时刻的最优决策能力与管理能力指数， N 规定了国家竞争力、影响力、文化力在全世界中的总权重。

公式(1)—(4)集中表达了推动可持续发展的动力元素与发展水平、发展阶段、发展规模密切相关，它隐含了对于资源效率、资本运作、科技创新的整体驱动以及在这种驱动下的合力表达^[4]。

3 可持续发展的“质量”元素解

所谓可持续发展的质量，是指在推动可持续发展系统走向理想目标进程中对于“自然应力”的度量。可持续发展质量的理想函数是在世界整体发展进程中，自然支撑能力、生态平衡能力、环境

容量能力随时间的变化保持“常数”^[5]。

设定可持续发展质量函数为 $QS(y(x), \dot{y}(x), x)$

$$\text{其中 } x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5)$$

$$y(x) = (y_1(x), y_2(x), \dots, y_n(x)) \quad (6)$$

$$\dot{y}(x) = (\dot{y}_1(x), \dot{y}_2(x), \dots, \dot{y}_n(x)) \quad (7)$$

式中： x 表示与制约可持续发展质量有关的属性，诸如环境污染、生态退化、生物多样性减少等， $n, (1, 2, \dots)$ 为自变量的数目， $y(x)$ 为各自变量引起的可持续发展质量效应， $\dot{y}(x)$ 为引起可持续发展质量随时间的变化， $f(y, \dot{y}, x)$ 为统

一思考可持续发展质量的总函数。

规定 $y(x)$ 在区间 a, b 中有泛函成立，即

$$J(y) = \int_a^b f(y, \dot{y}, x) dx \quad (8)$$

并能取得规定平衡值，则在区间 a, b 内，应视下列方程成立

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{y}_n} f(y, \dot{y}, x) \right) - \frac{\partial}{\partial y_n} f(y, \dot{y}, x) = 0 \quad n = 1, 2, \dots \quad (9)$$

该方程满足以下转换：(1)设定独立变量 x 为时间 t ，(2)设定函数 y_n 为广义坐标 q_n ，(3)设定 $f(y, \dot{y}, x)$ 为拉格朗日量 $QS(q, \dot{q}, t)$

则有

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{dQS}{d\dot{q}} - \frac{dQS}{dq} = 0 \quad (10)$$

实际上，它表达了可持续发展质量(QS)随着时间的推移和变化，有关函数 y_n (转换为 q)满足了一种保持可持续发展质量不随时间劣质化的数量解。

4 可持续发展的“公平”元素解

所谓可持续发展公平，是指在推动可持续发展系统走向理想目标中，始终维系发展成果必须被全体社会成员分享，同时本区域的发展不能以牺牲其他地区发展为前提、当代人的发展也不能以牺牲后代人的发展为前提，从而充分体现人际

关系、代际关系、区际关系的合理支配性^[6]。可持续发展内涵中的公平元素,当然不应理解成绝对平均,其最优解应当是寻求效率与公平的黄金分割点。

在国民收入与人口之间的分配表述,通常是理解社会公平的切入点。洛伦兹提出了著名的洛伦兹方程,其后意大利经济学家基尼给出了基尼系数,成为当前衡量社会公平程度的定量指标。

在总人口 $P(t)$ 中,按收入的差异可以分成若干层级,以该层级中的人口分布函数及其相应的收入分布函数为依据,建立各阶层的收入分布曲线,被称为洛伦兹曲线,并由此获得洛伦兹方程。有关洛伦兹曲线和洛伦兹方程,在有关教科书中均有表述。

本文特别指出:从可持续发展的公平元素出发,洛伦兹曲线和基尼系数智能反映社会的不公平状态,并不能真正刻画社会的公平要求,更没有提出有效制定社会公平中的可行规则。而且,由于洛伦兹方程和基尼系数的出发点和结论无法回答一个良治社会的塑造,而且常常会引发出对社会公平的不同误解,其中最显著的就是认为人人分配完全一致那样的绝对平均才是公平的最终体现。这实质上并非可持续发展理论内涵中的公平,只是一种偏激的社会思想对于可持续发展公平元素的曲解,它既损害了真理的严肃性,也在现实生活中引发了对于和谐社会构建的冲击和干扰。

理论指出,所谓可持续发展内涵所表达的“公平”,必须是对应于“效率”共轭函数下的最优选择,只有求解出效率与公平二者共有合理区间的最大化并且充分被满足,此时的公平才是可持续发展公平元素中的真实体现。

对此最佳的解释,是通过将属性解析转换成空间解析去完成的。可以设想,在空间上构建一个欧氏平面,要求其出现一个同时满足效率与公平平均达到最大化的几何图

式。首先将此几何图式化解为一个数学问题:即什么样的等面积的正多边形可以“完全充填”于该欧氏平面之中。规定:充填的正多边形数目越多,表示效率越高;而该平面中未被充填的面积越大(即空白区),表示朝向人人绝对平均的趋向越强。于是在数学的构建中,要求上述命题必须同时充分满足两个条件:

(1)不能在几何平面中留下任意空白的空间(表示出满足公平定义的最低临界);

(2)几何平面中所充填正多边形之间不能有任何重叠(表示出满足效率定义的最低临界)。

在两个条件同时都被满足的约束下,这种完全的空间充填完整地体现了:平面中充填的正多边形数目越多,代表效率越高,此时如果只追求效率而忽略公平,那就希望正多边形的数目越多越好,其结果必然是这些正多边形发生重叠,重叠的部分就意味着牺牲了公平。

反之,如果过分强调公平,必然在所设平面中留下过多的空白,此时由于充填的多边形数目不断减少,留空的部分就意味着牺牲了效率。

因此,只有同时满足以上两大前提条件,效率与公平各自达到规定的最低临界,才能真正实现效率与公平被同时满足下的整体最大化,也是可持续发展内涵中所要求的真实公平的科学体现。

这样一个纯粹的数学问题,数学家尤拉早已进行过深入的研究并且导出了满足假设条件下的优化配置解。对于什么样的等面积正多边形可以完全充满一个二维空间,使该平面上既不产生重叠,也不存在多余空间的解服从

$$1 + \frac{P}{P^*} = \frac{P}{2} \quad (11)$$

即正多边形上每一顶点所连接的边数(P)与该多边形被围成时的边数(P^*)服从上式关系时,该关系即能充分满足约束条件



中国科学院

下的完全空间充填^[7]。

解算结果表明,只有正三角形、正四边形和正六边形满足解题要求。于是得出了三点结论:

(1)等面积的正多边形与非正多边形相比,等面积的多边形更为经济有效;

(2)在各种等面积的多边形中,圆是最经济的和效率最高的,但是圆无法满足上述定义的空间完全充填的两条约束性假设;

(3)在等面积的各种正多边形中,服从边数越多的经济性越好即效率越高(边数趋近无限大即为圆),因此在满足条件中只有正六边形最优。

如果假定圆的效率为1,计算指出与圆等面积的正六边形具有80%的圆的效率,而等面积的正方形只有圆的效率的50%。二维平面中正六边形的完全充填,表面上看比等面积的圆牺牲了20%的效率,但它具有满足假设条件的“公平”的最低临界。正三角形和正方形虽然也满足“公平”的要求,但由于对“效率”的牺牲过多,达不到可持续发展要求下“效率”的最低临界。将上述进行整体性的综合评判,正六边形是所希望的“效率与公平”集合最大化的唯一选择。由此,在地理学理论中的空间六边形规则(中心地理论),以及在自然界常见的蜂巢结构、雪花结构等均以六边形为其选择。以上论证既抛弃了只讲效率不计公平的后果,也不同意人人绝对平均的伪公平对效率的巨大损伤。由此建立起可持续发展内涵元素中的“公平”概念。

5 寻求可持续发展“动力、质量、公平”三要素的交集最大化

如前所述,可持续发展的动力(DS)、质量(QS)、公平(ES)在不同的发展水平和发展阶段上,寻求其交集最大化,应当是实现可持续战略目标与推进可持续能力建设的最高要求,即可持续发展 SD 服从

$$Max SD = \{(DS, QS, ES) | \varphi_1(DS)_{\max}, \varphi_2(QS)_{\max}, \varphi_3(ES)_{\max}\} \quad (12)$$

式中, φ_1 、 φ_2 、 φ_3 是三元素 DS 、 QS 、 ES 的函数表达式。

充分认识可持续发展理论内涵的三大元素提取与表达,是实现文明社会与人类进化的关键^[8]。在可持续发展观念下寻求其动力、质量、公平三者的整体优化,必然带来全新的世界发展图景:

(1)将能以可持续发展的“发展红利”抵消掠夺式增长的边际效益递减;

(2)将能以可持续发展的“发展质量”抵消粗放式生产引发的外部成本、资源的过度消耗和生态环境的退化;

(3)将能以可持续发展的“发展公平”抵消贫富差异引起的心理落差;

(4)将能以可持续发展的“治理结构”,建立社会文明整体推进下的公序良俗。

参考文献

- 1 牛文元,中国可持续发展理论与实践. 中国科学院院刊,2012,27(3):280-289.
- 2 牛文元. 中国可持续发展总论(路甬祥、牛文元总主编:中国可持续发展总论,国家卷,第一卷). 北京:科学出版社,2007.
- 3 牛文元. 智慧城市是新型城镇化的动力标志. 中国科学院院刊,2014,29(1):34-41.
- 4 Niu W Y (牛文元) and Harris M. China: The Forecast of Its Environmental Situation. Env. Management, 1996, (47): 101-111.
- 5 牛文元. 持续发展导论. 北京:科学出版社,1994.
- 6 Lubchenco J. Entering the Century of the Environment: a New Social Contract for Science. Science, 1998, (279): 491-497.
- 7 牛文元. 理论地理学. 北京:商务印书馆,1992.
- 8 牛文元. 生态文明的理论内涵与计量模型. 中国科学院院刊,2013,28(2):163-172.

Three Basic Elements of Sustainable Development

Niu Wenyuan

(Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract “*Our Common Future*” published in 1987 by the WCED of UN was the first report in the world to put forward the concept and connotation of sustainable development. Sustainability science fully reflects the human practice in various social activities, epitomizing a perfect integration in the relationship between “humanity and nature” and the inter-dependence between “man and man”. For the theoretical probe deeply into the essence, the paper extracts the three basic elements from sustainability science, i.e., (1)sustainable motive power (*DS*), (2)sustainable quality (*QS*), and (3)sustainable equality (*ES*). And, the author concluded a formula to pursuit the capacity maximum of sustainable development

$$Max SD = \{(DS, QS, ES) | \varphi_1(DS)_{max}, \varphi_2(QS)_{max}, \varphi_3(ES)_{max}\}$$

in which, *DS*, *QS*, and *ES* were given on special meaning and rigid mathematical solution. φ_1 , φ_2 , φ_3 and were the function forms of the prescribed substances.

Keywords sustainable development, sustainable motive power(*DS*), sustainable quality(*QS*), sustainable equality (*ES*)

牛文元 中科院科技政策与管理科学所顾问、研究员。1939年出生。中科院可持续发展战略研究组组长、首席科学家；中科院自然与社会交叉科学中心学术委员会主任；发展中国家科学院院士；《中国发展》杂志编委会主任；国家规划专家委员会委员；国家环境咨询委员会委员；国务院应急管理中心专家组成员；美国耶鲁大学SDLP讲席教授；美国弗吉尼亚大学Fulbright教授；国务院参事；第九、第十、第十一届全国政协委员。2005年被授予中国环保大使；2006年获中国绿色文明特别奖；2007年与意大利前总统钱皮，分获“国际圣弗朗西斯环境大奖”；2007年被评为全国“十大科技英才”。E-mail: niuwenyuan@casipm.ac.cn



中国科学院