

纸张生态足迹

谢鸿宇^{1,2}, 谭韵静², 胡安焱¹, 林凯荣³

(1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072; 2. 广州大学地理科学学院, 广州 510006;
3. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要:自 1960 年代以来, 由于废纸浆在全球造纸浆中比例不断提高, 原有的纸张生态足迹计算方法——以原木浆纸的木材消耗量为计算基础——需要改进。通过分析纸浆结构的变化、纸浆与纸的关系、纸浆耗木量、废纸成浆率等, 定量地表征了废纸回收对纸张木材消耗的影响, 得出 1t 纸消耗的木材应为 3.879 m^3 而略小于原来的 4 m^3 的结论。在此基础上, 重新计算纸张的生态足迹, 得出 1t 纸的生态足迹为 2.569 hm^2 森林。

关键词:纸浆结构; 废纸成浆率; 纸张耗木; 纸张生态足迹

文章编号: 1000-0933(2008)05-2232-05 中图分类号: Q143 文献标识码: A

The analysis of paper ecological footprint

XIE Hong-Yu^{1,2}, TAN Yun-Jing², HU An-Yan¹, LIN Kai-Rong³

1 State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China

2 Geography School, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

3 School of Geographical Science and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2232 ~ 2236.

Abstract: Since 1960's, the percentage of recover paper pulp in the global papermaking pulp was increased continuously. Therefore, the original computation method of paper ecological footprint, based on the wood consumption of pure wood pulp, need to improve. The author researched the impact of paper recycle utilization to papermaking wood consumption according to analyze pulp construction change, relationship of pulp and paper, pulp wood consumption and recover paper pulp conversion rate etc. It is concluded that 1 ton paper consume 3.879 m^3 wood less than original 4 m^3 . Based on this, the author re-counted 1 ton paper ecological footprint is 2.569 hm^2 forest. Compared with the previously research, the result is more reasonable.

Key Words: pulp construction; recover paper pulp conversion rate; papermaking wood consumption; paper ecological footprint

生态足迹分析中, 将纸张的足迹归结为林地, 即基于原木浆纸的木材消耗量来计算纸张足迹。但是, 随着废纸利用率的提高, 单位纸张木材消耗量明显下降, 原有的计算方法会导致纸张的足迹被高估。因此, 本文将

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50679063); 广州市属高校科技计划资助项目(62037); 广州市科技计划资助项目(2007J1-C0491)

收稿日期:2007-01-07; **修订日期:**2007-08-01

作者简介:谢鸿宇(1973~), 男, 广东开平人, 博士, 主要从事生态学和 GIS 研究。

致谢:董晓华博士对本文写作给予帮助, 特此感谢。

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50679063), College Science Plan of Guangzhou (No. 62037), Science Plan of Guangzhou (No. 2007J1-C0491)

Received date:2007-01-07; **Accepted date:**2007-08-01

Biography: XIE Hong-Yu, Ph. D., mainly engaged in ecology and GIS.

从分析造纸业纸浆结构的变化入手,定量的表征废纸循环利用对单位纸张木材消耗的影响。在此基础上,重新计算纸张的生态足迹。

1 造纸业纸浆结构对纸张生态足迹的影响

目前,(纯木浆+废纸浆)是造纸的主要原料,尤其是在发达国家(如美国、芬兰、加拿大等)。但在发展中国家(以中国、印度为代表),非木纤维纸浆仍是纸张生产的重要原料^[1]。1961~2004 年世界造纸业纸浆结构的变化趋势见图 1^[1]。

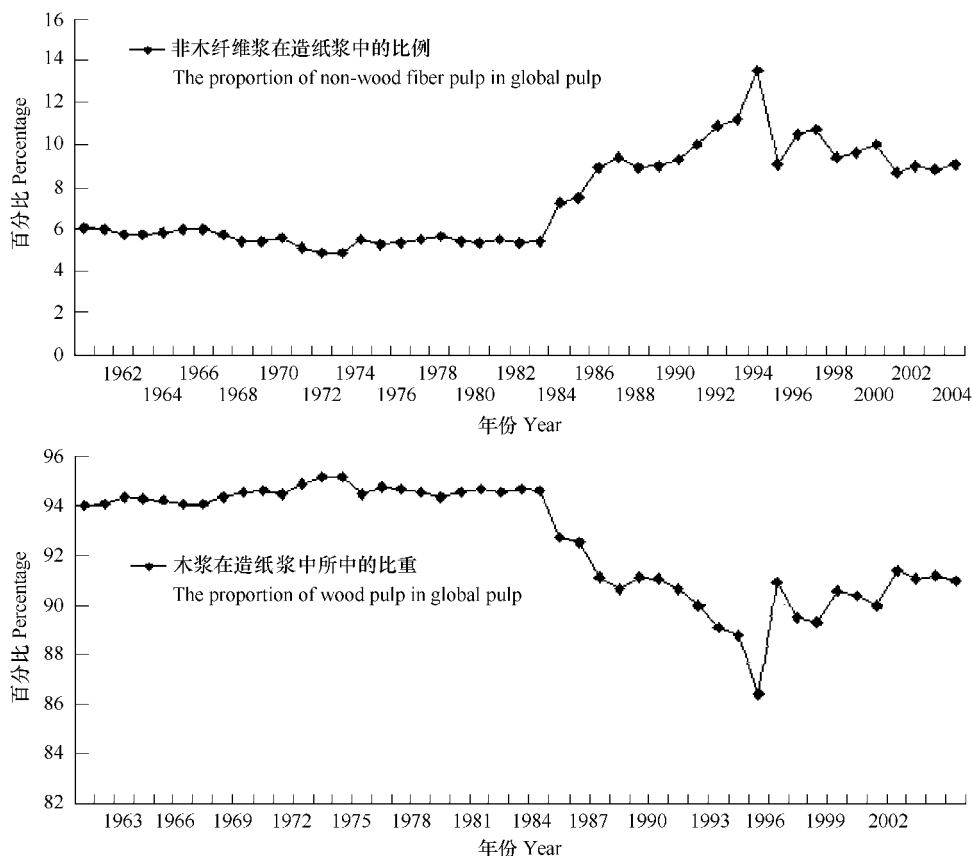


图 1 全球纸浆结构^[1]

Fig. 1 Global pulp for paper structure^[1]

由图 1 可知,纯木浆在纸浆(不包括废纸浆)的比例中持续稳定在 90% 左右,比 20 世纪 80 年代以前有所下降,而非木纤维浆的比重虽有波动,基本稳定在 10% 左右,所以在生态足迹分析中,将纸张的生态足迹归于造纸所消耗的木材,即林地。20 世纪 80 年代以后,全球废纸回收率不断增长,废纸在造纸业中的地位也不断上升^[1]。20 世纪 90 年代后废纸利用率接近 50% (图 2)。相应地,木浆在造纸浆中的比例日益减少(图 3)^[1]。

综上所述,废纸在造纸业中扮演着越来越重要的角色,即造纸业的木材利用率提高了。但在现行纸张生态足迹计算中,并没有考虑这一因素,由此造成了纸张足迹被高估。

2 纸浆与纸的关系

由上述分析可知,目前废纸的利用率接近 50%,造纸中添加废纸浆的比重越来越大,相应的纯木浆与(全球纸和纸板)产量之比已下降到 50% 左右,而非木纤维浆比重变化不大,约为 10% 左右,综合这三者的比例关系,可以得出(全球纸浆产量+废纸浆)与(全球纸和纸板产量)的关系,即纸浆与纸的关系,1961~2005 年(全球纸浆产量+废纸浆总量)与(全球纸与纸板总产量)关系如图 4^[1],其中,废纸成浆率为 0.8^[2~4]。本文取 2000~2005 年的数据求平均比重为 0.90606714,由此估算干浆与成品纸之比约为 0.9:1,即生产 1t 的成

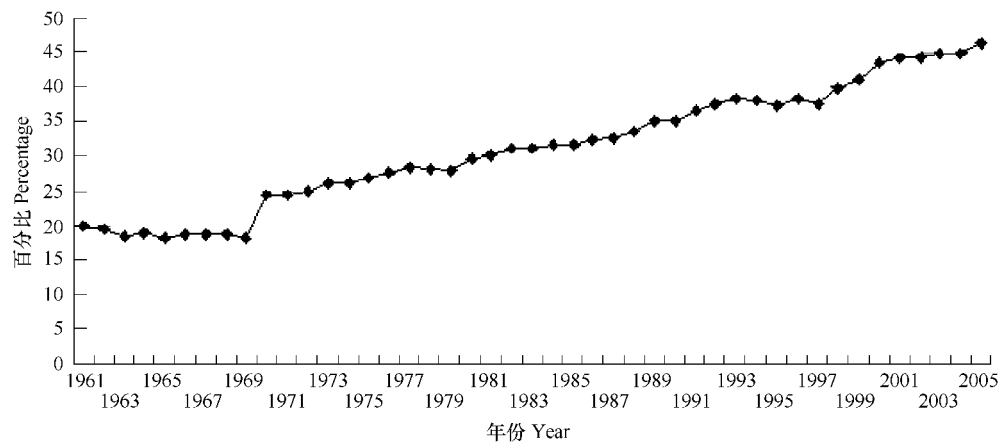


图2 废纸回收量/纸和纸板产量

Fig. 2 Recovered paper amount/(Paper + Paperboard) production

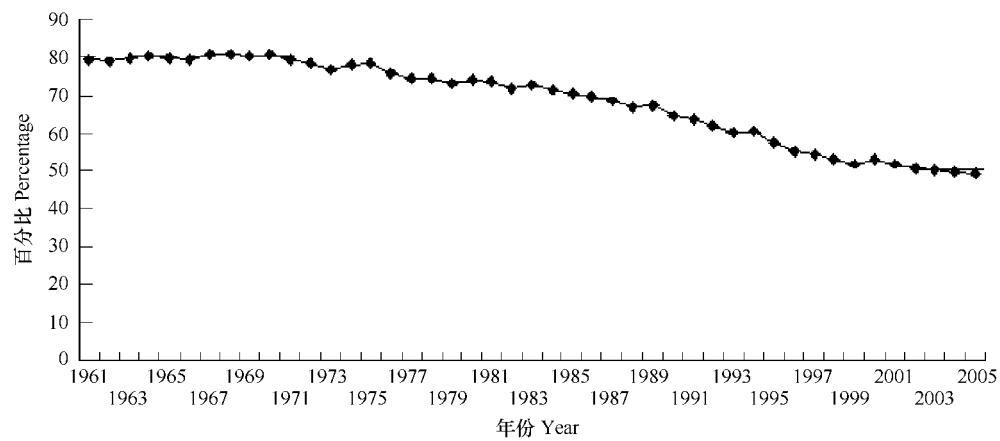


图3 木浆/[纸和纸板]的关系

Fig. 3 The relationship of wood pulp and (Paper + Paperboard)

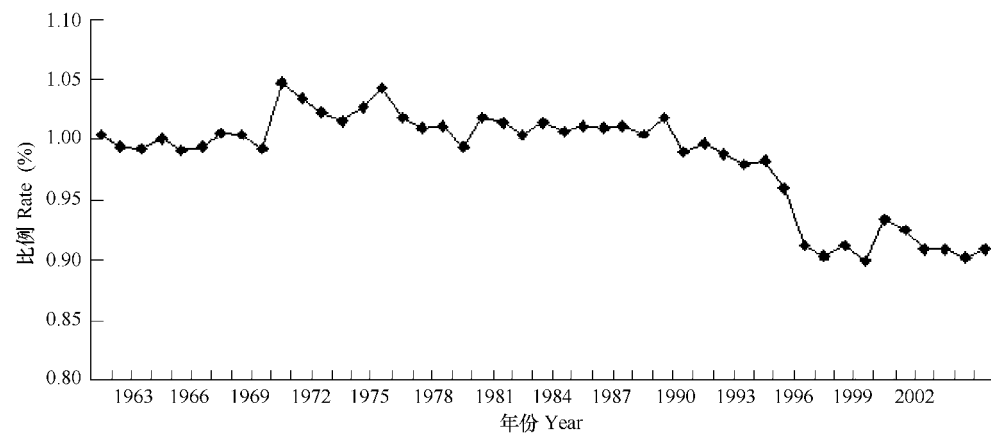


图4 纸浆与纸的关系

Fig. 4 The relationship of Pulp and Paper

品纸需要消耗的木材大约等于 0.9t 的木浆所消耗的木材。

3 纸浆耗木估算

由于资料所限,本文将以加拿大和中国的数据作为基础来估算纸浆的耗木量。加拿大与中国都是造纸大国。其中,加拿大造纸几乎 100% 使用木浆,纸浆产量 2005 年居世界第二^[2~4],它还是世界最大的纸浆净出口国。中国的木浆产量不高,需要进口大量废纸来弥补。纸浆产量 2005 年居世界第三^[2~4],中国还是世界最大的废纸进口国。因此,加拿大和中国分别具有其特殊性,在计算单位纸浆耗木量时比较有代表性,结果见表 1。

表 1 加拿大、中国及世界的 1t 纸浆耗木量^[2,5]

Table 1 The wood consumption of 1 ton pulp of Canada, China and World^[2,5]

年份 Year	纸浆木材消费量(10 ⁴ m ³) Wood consumption of Pulp		木浆产量(10 ⁴ t) Pulp production		单位耗木量(m ³ /t) Average wood consumption	
	加拿大 Canada	中国 China	加拿大 Canada	中国 China	加拿大 Canada	中国 China
2000	10619.2	900	2681.5	555	3.96	4.50
2001	10828.8	880	2491.8	690	4.35	4.40
2002	10748.8	950	2500	740	4.30	4.44
2003		955		920		4.43
世界 1t 纸浆耗木量(m ³ /t) Wood consumption of 1 ton pulp of world			4.3			

由上表可知,世界平均 1t 纸浆耗木量为 4.3 m³/t。

4 纸张耗木量计算

首先,根据纸浆与纸之比约为 0.9:1,以非木纤维纸浆量推算全球非木纤维纸和纸板的产量。由此得出全球木浆纸和纸板的产量。然后,根据废纸成浆率和废纸回收量,得到全球废纸浆的产量。最后,结合纸浆耗木量和纸与纸板产量求出纸张耗木量,如式 1,结果见图 5。

$$\overline{EP}_{pw} = \frac{\overline{EP}_{pwo} \times (P_{pwo} + P_{pwe})}{P_{pwo}} \quad (1)$$

式中, $\overline{EP}_{pw}$ 为造纸单位耗木量(含废纸浆)(m³/t); $\overline{EP}_{pwo}$ 为单位纸浆耗木(m³/t),此处取 4.3m³/t; P_{pwo} 为木浆产量(t); P_{pwe} 为废纸浆产量(t); P_{pwo} 为全球纸和纸板产量(木浆,t)。

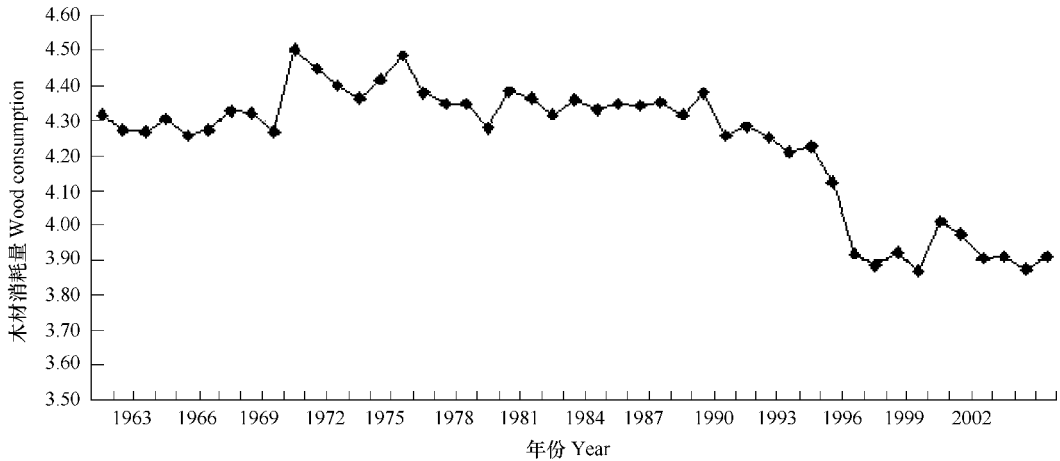


图 5 1t 纸需要的耗木量

Fig. 5 The wood consumption of 1 ton paper

由上图可知,1961~2005 年单位造纸耗木量是在不断的减少,从 1996 年开始单位耗木量低于 4m³/t,因此取 1996~2005 年这 10a 的单位耗木量的平均量作为考虑增加废纸浆为造纸浆原料后的单位耗木量为

3.879m³/t。

5 结果比较

在现有研究中,纸张生态足迹计算方法基本相同,现将本文结果与东北大学的顾晓薇、李广军等^[6]的计算结果,其单位造纸耗木量为 4m³/t,进行比较,见表 2。

表 2 1t 纸张耗木量的结果对比
Table 2 The wood consumption comparion of 1 ton paper

项目 Item	顾晓薇、李广军 等 Gu Xiaowei, Li Guangjun Result	本文 This paper result
顾采用的木材全球平均产量 ^[7] Average wood production in Gu paper 1.99 m ³ /hm ² ^[7]	2.01 hm ²	—
WWF 的木材全球平均产量 ^[8] Average wood production in WWF Reort 1.51m ³ /hm ² ^[8]	2.649 hm ²	2.569 hm ²

由上表可知,由于本文考虑了废纸利用率的提高对造纸业的影响,所以纸张生态足迹较顾晓薇,李广军等的结果为低。由图 1、图 2 和图 3 可知,近 40a 来,纯木浆产量与纸和纸板产量之比不断下降,与单位纸张耗木量下降的趋势相吻合,因此本文的结果较为合理。

6 结论与展望

本文分析了近 40a 来全球造纸工业纸浆结构的变化,以此表征废纸回收对纸张生产造成的影响。在此基础上,得出单位纸张耗木量为 3.879m³/t,由此得出 1t 纸的生态足迹是 2.569 hm²,小于前人的 2.649 hm² 的结论。

由于数据收集困难,本文废纸回收的数据不够完整,造成了单位纸张耗木量的计算存在一定的局限性。

Refeneces:

- [1] Food And Agriculture Organization (FAO). <http://faostat.fao.org/site/381/default.aspx>.
- [2] Kuang S J. The situation of Global papermaking industry in 2003. China paper Newsletter. 2004, 12:18—22.
- [3] Kuang S J. The situation of Global papermaking industry in 2004. China paper Newsletter. 2005, 11:6—9.
- [4] Kuang S J. The situation of Global papermaking industry in 2005. China paper Newsletter. 2006, 11:7—11.
- [5] Lou M D. The papermaking industry of Canada forest industry. China paper Newsletter. 2004, 12:35.
- [6] Guo X W, Li G J. Ecological Efficiency of High Education — Ecological Footprint of University Campus. Journal of Glaciology and Geocryology. 2005, 27(03):419—420.
- [7] Mathis Wackernagel. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics. 1999, 29:375—390.
- [8] Global Footprint Network. The National Footprint and Biocapacity Accounts. <http://www.footprintnetwork.org>.

参考文献:

- [1] 世界粮农组织 (FAO). <http://faostat.fao.org/site/381/default.aspx>.
- [2] 邝仕均. 2003 年世界造纸工业概况. 造纸信息, 2004, 12:18~22.
- [3] 邝仕均. 2004 年世界造纸工业概况. 造纸信息, 2005, 11:6~9.
- [4] 邝仕均. 2004 年世界造纸工业概况. 造纸信息, 2006, 11:7~11.
- [5] 姜茂达. 加拿大林产工业中的造纸业. 造纸信息, 2004, 1:35.
- [6] 顾晓薇, 等. 高等教育的生态效率——大学校园生态足迹. 冰川冻土, 2005, 27(03):419~420.