

专论与综述

树木年轮年代学及其在环境研究中的应用概况

夏 冰 杨开红 兰 涛

(江苏省植物研究所)

摘要 本文简述了树木年轮年代学中的一些基本概念及近年来树木年轮分析在检测大气 CO_2 浓度变化, 植物对大气 CO_2 增多反应和空气污染变化等领域的研究情况。

关键词 树木年轮年代学, 树木年轮元素分析, 空气污染

树木年轮年代学 (Dendrochronology), 是一门研究树木年轮及如何精确确定年轮形成年代的学科。近年来, 随着年轮量测和分析技术的提高, 把已经定年的树轮资料用于气候、水文、冰川过程及森林火灾、昆虫大发生、环境评价及空气污染等领域的研究工作有了迅速发展。在我国, 应用树轮研究过去气候变化趋势, 定量重建局部地区气候变化的研究也取得明显进展。但该学科在环境问题中则应用不多。1990 年 10 月在合肥召开的第七届全国植物与环境保护学术讨论会, 再次肯定了其在环境科学研究中的意义。本文将根据已有的文献, 概略介绍一些基本知识及其在 CO_2 问题, 空气污染研究中的情况。

一、交叉定年、标准化和自相关

1. 交叉定年

树轮分析中, 首先需获得准确的年轮形成年代。交叉定年 (Crossdating)^[1,2] 就是准确确定年轮系列中各年轮形成年代的分析过程。其理论依据是: 在一定地区, 当影响树木生长的限制因子相同或相似时, 该因子将影响这一地区大多数树木的年轮宽度。随着它的波动, 大多数树木的年轮宽度系列也会出现与之同步的变化。当同一样地附近不

同树木之间年轮宽度变化的相关性和样本均足够大时, 各年轮形成的年代就可被确定下来。如不经过交叉定年, 只凭少数样本是不可能获得精确的年轮年表的。因为即使是针叶林, 随着环境条件的不同, 尤其是微环境, 1 年之内也可能生长 2 轮、2 轮以上(伪轮)或不生长(遗失轮)。只有通过交叉定年, 才能识别^[3]。

2. 标准化

树木年轮的形成, 还受树龄本身的系统影响。通常, 随着树龄由小到大, 直径生长由慢到快, 直至达最大生长速率后又开始逐渐下降, 最后自然死亡。显然, 要从不同样本之间的树轮中获得可靠的环境变化信息, 就必须消除这种影响。所谓标准化 (Standardization) 就是消除树龄对年轮宽度变化影响的过程。标准化处理后得到的年轮特征值(如年轮宽度)称为年轮指数^[4,5]。常用的确定方法有指数函数法、多项式法等。

3. 自相关

另一个重要的概念是自相关 (Autocorrelation)。它有两层含义, 一是指两组不同时间系列间相互联系的大小; 二是指同一时间系列中不同时刻间相关的大小。某一年(如 t 年)树木年轮宽度(即 t 年直径生长)不仅与当年内外因素有关, 而且与 t 年前, 如

$t-1$ 年或 $t-2$ 年等,的年轮宽度有关.这种某一年的年轮宽度与以前年轮变化的相关性称为自相关,与前 1 年的相关称为 1 阶自相关,与前 2 年的相关称为 2 阶自相关等^[6].在分析环境变化对年轮的影响时,必须时刻注意树木年轮中的这种自相关特性.

二、树木年轮分析在 CO₂ 问题研究中的应用

1. 对大气 CO₂ 浓度变化的指示作用

近代,大量化石燃料的燃烧,一方面使大气中 CO₂ 浓度升高,如从 1958 年的 315ppm 上升到 1982 年的 342ppm^[8,9];另一方面,也使大气中的碳同位素含量 C¹³ 减少.众所周知,植物直接吸收大气圈内的 CO₂,因此, C¹³/C¹² 比值的下降趋势在树木年轮中也应存在. Long 等测定了美国西部刺果松 (*Bristlecone pine*) 年轮中的 C¹³/C¹²^[10] 后发现,过去 600 年来,生长于森林分布上线附近的树木年轮中 C¹³/C¹² 的长期变化趋势与大气 CO₂ 含量变化趋势为负相关.这种反向对应关系在 Tans 等的工作中也发现^[11]. Farmer 等曾利用树木年轮中 C¹³/C¹² 的比值与大气 CO₂ 浓度的关系,估测 1900 年的大气 CO₂ 浓度^[7],他们根据测得的年轮中(一株欧洲白栎, *Quercus robur*, L.), 一株欧洲落叶松 (*Larix decidua*) C¹³/C¹² 与硫酸盐标准 (PDB) 的 C¹³/C¹² 相偏离的千分数 ($\delta^{13}C$),即:

$$\delta^{13}C_{\text{样本}} = \frac{C^{13}/C^{12} - C^{13}/C^{12}(\text{PDB})}{C^{13}/C^{12}(\text{PDB})} \times 1000\text{‰}$$

根据计算得到 1900 年的 $\delta^{13}C$ 和 1964 年的 $\delta^{13}C$ 及实测得到的 1964 年 CO₂ 浓度和化石 CO₂ 的 $\delta^{13}C_f$,根据下式估测 1900 年的大气 CO₂ 浓度为:

$$\begin{aligned} [\text{CO}_2]_{1900} &= \frac{[\text{CO}_2]_{1964} (\delta^{13}C_{1964} - \delta^{13}C_f)}{(\delta^{13}C_{1900} - \delta^{13}C_f)} \\ &= 290.5\text{ppm} \end{aligned}$$

这一估测结果与目前公认的 1900 年大气

CO₂ 浓度 290ppm 几乎相同.

树木年轮中 C¹³/C¹² 的变化还受其他因素的影响. Francey 和 Farquhar 曾提出一个植物体内碳稳定性同位素的分馏模型 (Fractionation model)^[12],认为植物中 $\delta^{13}C$ 不仅是大气 CO₂ $\delta^{13}C$ 的函数,而且也是植物体内外 CO₂ 浓度的函数,即

$$\delta^{13}C_{\text{植内}} = \delta^{13}C_{\text{植外}} - a - (b - a) \cdot \frac{C_{\text{植内}}}{C_{\text{植外}}}$$

式中, a 是与在 CO₂ 扩散中同位素分馏有关的常数; b 是描述碳同化分馏的常数. 植物体内外 CO₂ 浓度比与 CO₂ 同化速率和气孔传导性有关. 即:

$$C_{\text{植内}} = C_{\text{植外}} - A/g$$

式中, A 是 CO₂ 同化速率, g 是气孔传导系数.

2. 检测植物对大气 CO₂ 增多的反应

随着大气 CO₂ 浓度的不断上升,一方面须考虑其温室效应对地球生态系统的影响,另一方面在评价全球碳平衡模型时也必须考虑到它对植物的施肥效应. CO₂ 气体是植物光合作用的原料,其浓度的上升,对自然状况下植物的直接影响,目前尚不清楚且无一满意的检测方法. 这方面的研究工作,过去多是在实验室或有控制条件的田间做出的. 已经证明,在控制条件下, CO₂ 浓度增高可提高农作物的产量和树木的生长^[13],但这一结果不能直接套用于自然条件下的植物. 树木年轮可反应长时间内树木生长的情况,含有各种环境因素的变化信息,所以,有可能成为检测近代大气 CO₂ 增多对植物直接影响的工具. LaMarche 等曾提出大气 CO₂ 增多能促进高海拔地区树木的生长的假说^[14]. 1974 年他们发现取自美国西部高海拔地区的一种高山松 (*Pinus longaeva*) 和刺果松 (*Pinus aristata*) 从 1840 至 1970 年生长加速(即年轮宽度变大),当时认为这一正生长趋势是由于 1960 年以前的季节性温度上升所致. 后来对另一种高山松 (*Pinus flexilis*) 取样分析,发现这种正生长趋势在 70 年代持续甚至加

速,为检验这一结果,再次在加利福尼亚东部高海拔(3400—3500m)的树木分布上线对刺果松取样,发现刺果松的正生长趋势一直持续到1983年。从1850年至1889年的0.34mm/年提高到1974年至1983年的0.70mm/年,提高了106%。用气候因子,如历年各季度降水,温度变化或树木生理过程均不能解释。因此,他们提出是由于近代大气CO₂增高促进了高海拔地区刺果松的生长。随着海拔高度的上升,大气压下降,单位体积中CO₂的浓度也下降,使大气与植物叶面间的CO₂扩散梯度减小,植物对CO₂的吸收也降低,导致高海拔地区的植物光合速率低于低海拔地区的植物。随着大气CO₂浓度的升高,植物对CO₂吸收增加,光合作用增强,最终促进了植物的生长^[15-17]。Parker分析了取自美国和加拿大相邻地区的17个样地的树木年轮年表^[18],发现其中7个样地的年轮宽度自1920年以来有增大趋势(占22%),用气候因子也不能圆满解释;在海岸地区的4个样地中,有2个样地的树木年轮自1920年以来也呈增大趋势,占海岸类型样地的50%。他认为这也可能是大气CO₂增多促进树木生长所致。因海岸地区光照充足,降雨丰富,CO₂浓度可能成为生长限制因子,所以,随着大气CO₂浓度升高,植物生长也加速。

Kienast对取自3种不同气候类型的34个树木年轮年表,应用X-射线密度测定仪配合年轮宽度,早、晚材宽度的测定发现^[19],其中27%的年表自1951年以来其年轮宽度有增大趋势,且增大的年表与一定的气候类型有关。在年轮增大的年表中,60%属于适宜植物生长的气候类型,但年轮密度增加不明显,全年轮和早材宽度增加显著。这一特征与已有的试验结果相符^[18,21]。在不同CO₂水平处理下,生长3个生长季的火炬松幼苗,随着CO₂浓度的提高,直径生长明显增大,而密度变化不明显。

我们分析了一些我国气候工作者发表的对气候变化敏感的树木年表,发现一些年表近代以来也有增大趋势。李兆元等取自陕西华山西峰的华山松年轮年表^[20],自1950年以来也呈增大趋势。我们比较了华山西峰顶约30年的各季度降水和温度情况,发现春夏秋冬四个季节,30年来均无明显变化,难以用气候或树龄来解释。如用CO₂浓度增大促进植物生长的假说来解释,相对较圆满。

3. 大气圈与生物圈之间CO₂的交换

大气CO₂浓度在一年内具有季节性波动。根据1968—1982年遍布南北半球23个观测站的检测,一年内大气CO₂浓度季节性波动随纬度不同而异^[22],变化最大的是北半球高纬度地区,达15个ppm。北美和欧洲的森林分布边际地区,即北纬50—70度,属于高纬度地区,据认为是研究CO₂在陆地生物与大气之间相互作用的重要地区^[23]。Tucker等利用卫星监测资料设计了反应陆地植物光合作用在时间、空间上变化的标准化差异植被指数(Normalized-difference vegetation index,记为NDVI),发现在生长季(NDVI)与大气CO₂浓度之间具有负对应关系^[24]。将NDVI代入3D大气示踪转换模型^[25]可成功地重建所观测到的CO₂波动。长期的NDVI记录值就可以提供一年内或长期的植物光合作用变化及其与大气CO₂波动的关系。D'Arrigo等利用3D示踪模型和树木年轮资料研究了阿拉斯加Barrow的大气CO₂波动^[23],发现4个白云杉(*Picea glauca*)的年轮年表中,1971至1982年间的树木年轮指数与Barrow的CO₂年吸收指标具有较强的正相关,经典范回归分析,用这4个年表估计的Barrow地区1971—1982年CO₂吸收值与从美国海洋与大气管理局气候变化地球物理监测资料计算出的吻合相当好。虽然这一结果由于记录年代短而没有进行统计显著性检验,仍可说明北半球高纬度地区的树木年轮中含有的信息,可指

示陆地生物对大气 CO₂ 季节性波动的影响。

三、树木年轮分析在空气污染对植物的影响研究中的应用

树轮可反映树木生长情况,因此,可用以分析空气污染在时、空上对树木生长的影响。其假设是:空气污染引起植物伤害,使生长衰退或死亡,并在树木年轮指数中反映出来。这方面的研究已有不少报道^[26-31],本文不再详述,主要介绍一下利用年轮元素含量研究空气污染的情况。

已知酸雨可使土壤溶液中铅、铁浓度增加,如果树木中各元素的化学组成能反映土壤溶液中铅、铁等元素含量的变化,那么树木年轮中铅、铁及其他元素含量的变化就可用来推断过去酸雨和自然界的金属沉降情况。已有一些研究报告支持这一假说。Base 和 Mclaughlin 提出利用树木年轮中多元素含量分析法推断过去和现在的空气污染情况^[32]。他们采集了美国田纳西橡树岭和大雾山国家公园中几个样地上的 8 株硬木树种、6 株针叶树种的树芯样品,分析其年轮中各元素含量,发现大雾山的短针松 1863—1912 年期间发生过生长衰退,且伴随有铁元素含量升高。近 25 年来,大雾山和橡树岭的短针松同时出现生长衰退现象,同时也伴随有铁和其他元素(铝、钛、铜、锰、镉等)的含量上升。他们认为,1863—1912 年间的生长衰退是由于附近冶炼含有铁铜硫化物的矿石并无控制地大量排放 SO₂ 和其他燃烧物造成的。近几十年生长的衰退则是由于化石燃料的使用增多所致。同时发现,短针松的生长衰退与木质部中某些元素的累积速率有关,1950 年以前与铝、锌的累积速率相关,1950 年以后则只与铝累积速率相关。

Frelich 等利用威斯康星州东南至西北降雨中 pH 和 SO₄²⁻ 离子强度的梯度(pH 4.5—5.0 和 21—11kg/ha),分析测定了这一酸雨梯度上的 3 个样地中的北美乔松(Pi-

nus strobus)和槭树(Acer saccharum)的胸高生长断面积及木质部的化学元素组成^[33],发现降雨中 SO₄²⁻ 量多的样地上,槭树木质部中 S 的含量高于其他 2 个样地。白松也有类似现象。他们认为这与 SO_x 的释放有关。Guyette 等在研究北美圆柏(*Juniperus virginiana*)年轮中硫和钼关系时也发现,年轮中 S 含量近代以来明显增大;且钼含量随着硫的增大而减少。他们认为,前者与大气中 SO_x 的沉降有关,后者则是由于土壤酸化后(即 pH 减小),土壤中植物可利用的钼减少所致^[34]。

Bondietti 等在研究用年轮中阳离子比率来指示大气酸沉降对植物的影响时发现,年轮中铝/钙比及镁等 2 价阳离子近代以来以不曾有过的方式增大,同时伴随着直径生长的下降。这种上升趋势与当地过去 SO_x 和 NO_x 排放量的上升趋势一致。

从已有的研究情况看,用年轮中多元素分析法研究过去和现在的空气污染和空气质量变化是很有潜力的,但有待进一步深化和改进。诸如①年轮中元素含量的定义,除用单位干重中元素含量表示外,是否可考虑用单位时间、断面积、体积中元素含量表示。②土壤环境条件及其元素含量、各种离子状态与年轮中对应元素含量的关系。③空气污染(主要指酸沉降)对土壤特性及由此产生的对树木生长和年轮中有关元素含量的影响。④有关元素在木质部中横向流动情况的研究,尤其是阔叶树种边材和心材之间的横向流动情况。

参 考 文 献

- [1] Fritts, H. C., *Tree Rings and Climate*, pp. 20—23, Academic Press, London, 1976.
- [2] Fritts, H. C., Principles and Practices of Dendroecology/in *Proceedings of the International Symposium on Ecology Aspects of Tree-Ring Analysis*, pp. 6—17, G. C. Jacoby and J. W. Hornbeck, ed., Tarrytown, New York, 1986.
- [3] 吴祥定等,树木年轮与气候变化,第 96—107 页,科学出版社,北京,1990.
- [4] Fritts, H. C., *Tree Rings and Climate*, p. 25,

- Academic Press, London, 1976.
- [5] Schweingruber, F. H., *Tree Rings*, p. 85, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston, 1989.
- [6] Fritts, H. C., *Tree Rings and Climate*, pp. 254—360, Academic Press, London, 1976.
- [7] Farmer, J. G., *Nature*, **247**, 273(1974).
- [8] Bacastow, R. B. et al., *J. of Geophysical Research*, **90**(D6), 10529(1985).
- [9] Machta, L., *Bulletin American Meteorological Society*, **53**(5), 402(1972).
- [10] Long, A. et al., 13C/12C Variations in bristlecon pine over the past 600 years and their relation to climates and global atmospheric CO₂ in *Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis*, pp. 485—493, G. C. Jacoby and J. W. Hornbeck, ed. Tarrytown, New York, 1986.
- [11] Tans, P. P. and Mook, W. G., *Tellus*, **32**, 268(1980).
- [12] Francey, R. J. and Farquhar, G. D., *Nature*, **297**, 28(1982).
- [13] Kimball, B. A., *Agronomy Journal*, **75**, 779(1983).
- [14] LaMarche, V. C. et al., *Science*, **225**, 1019(1984).
- [15] LaMarche, V. C. et al., *Science*, **231**, 860(1986).
- [16] Cooper, C. F., *Science*, **231**, 859(1986).
- [17] Gall J., *Science*, **231**, 859(1986).
- [18] Parker, M. L., Recent abnormal increase in Tree-ring width: a possible effect of elevated atmospheric carbon dioxide in *Proceedings of International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis*, pp. 511—521, G. C. Jacoby et al. ed. Tarrytown, New York, 1986.
- [19] Kienast, F., Radiodensitometric Tree-ring analysis along altitudinal gradient: some alternative procedure for detecting site, climatic, and potential CO₂ effects on tree growth in *Proceedings of International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis*, pp. 452—462, G. C. Jacoby and J. W. Hornbeck, ed., Tarrytown, New York, 1986.
- [20] 李兆元等, 陕西气象, (5)26(1985)
- [21] Siovit, B. R. et al., *Canadian Journal of Forest Research*, **15**, 468(1984).
- [22] Komhyr, W. D. et al., *J. of Geophysical Research*, **90**(D3), 5567(1984).
- [23] D'Arrigo, R. et al., The role of boreal forest in atmosphere-biosphere exchange of carbon dioxide in *Proceedings of International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis*, pp. 475—484, G. C. Jacoby and J. W. Hornbeck, ed., Tarrytown, New York, 1986.
- [24] Tucker, O. T. et al., *Nature*, **319**, 195(1986).
- [25] Fung, I. et al., *J. Geophysical Research*, **88**, 1281(1983).
- [26] Fox, C. A. et al., *Can. J. For. Res.*, **16**, 283(1986).
- [27] McClenahan, J. R. and L. S. Dochinger, *J. Environ Qual.*, **14**, 274(1985).
- [28] Thompson, M. A., *Environ. Pollut.*, **26**, 251(1981).
- [29] Treshow, M. and F. K. Anderson, et al., *Forest Science*, **13**, 114(1967).
- [30] Benoit, L. F. and L. D. Moore, *Can J. For. Res.*, **12**, 673(1982).
- [31] Nash, T. H. and H. C. Fritts, et al., *Tree-Ring Bull.*, **35**, 15(1975).
- [32] Base III, C. F. and McLaughlin S. B., *Science*, **224**, 494(1984).
- [33] Frelich, L. E., et al., *Can J. For. Res.*, **19**, 113(1988).
- [34] Guyette, R. P. et al., *J. Environ. Qual.*, **18**, 385(1989).
- [35] Bondietti, E. A. et al., *Can J. For. Res.*, **19**, 586(1989).

(收稿日期: 1990年11月23日)

炉内喷钙脱硫技术及其主要影响因素简述

庞 亚 军 施学贵 徐旭常

(太原工业大学电力分校) (清华大学热能工程系)

摘要 本文介绍国外炉内喷钙脱硫技术的最新发展, 综述影响脱硫效率的各种因素。简介芬兰 Tampella 有限公司开发的 LIFAC 技术和国外有关利用吸收剂再循环等方式提高脱硫率和钙利用率的研究结果, 展望了炉内喷钙脱硫技术的发展前景。

关键词 炉内喷钙; 脱硫; 影响因素。

SO₂ 是大气中主要污染物之一。而大气中的 SO₂ 气体大约有 80% 来自于各类燃煤设备。所以降低燃煤设备的 SO₂ 排放量, 对于保护改善生态环境具有重要意义。近二十多年来, 一些发达国家就降低燃煤设备的

SO₂ 排放量, 进行了大量试验研究和中间规模实验, 有些技术已在实际中得到推广和应用。炉内喷钙脱硫技术就是其中一种。该项技术投资少, 运行费用低, 不产生废水。若: 烟气增湿, 加添加剂等, 可使脱硫率达 80%。

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

Environ. Sci., 12(5), 1991, pp. 42—46

An experimental study on the production of activated carbon from straw pulp and paper black liquor by acid hydrolysis carbonization and $ZnCl_2$ activation was carried out. Results show that about twenty grams of activated carbon can be obtained from a litre of 7-8 Be straw pulp and paper black liquor. The iodine number and methylene blue of the activated carbon thus produced are higher than 1000 mg/g and 180 ml/g, respectively. The main quality indices of the product are better than those of LY216-79 produced in China and JIS 1426 Grade 1 produced in Japan. After removal of the activated carbon, the CODer in the liquor reduced by 72%, and the colority reduced by 93%. The residual liquor can be used for preparing Na_2SO_4 and furfural.

Key Words: activated carbon, straw pulp and paper black liquor.

Study of Anaerobic Rotating Biological Contactor in the Treatment of Organic Wastewater of High Concentration. Huang Changdun (Beijing Polytechnic University), Zhang Zhiren (Beijing Special Engineering Design Institute), Hang Shijun (Beijing Municipal Engineering Design Institute): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 46—50

Anaerobic rotating biological contactor is a new device for the treatment of organic wastewater of high concentration and sludge. This study demonstrated that under mesophilic conditions, COD volume load could be 5.44—11.6 $Kg/m^3 \cdot d$ and removal rates for COD and T-P could reach 70.0—74.7% and 35.0—48.5%, respectively. During the process, organic nitrogen in wastewater broke down to NH_3-N . For the removal of every 1 Kg COD, 0.5—0.8 $Kw \cdot h$ of energy would be consumed and 0.41—0.65 M^3 of marsh gas produced. The process is simple in construction, easy to start and convenient in operation.

Key Words: Wastewater treatment, anaerobic rotating biological contactor

Concentration and Distribution of Rare Earth Elements (REE) in the Soils of China, Wang Yuqi, Sun Jingxin (Institut of High Energy Physics, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 51—54

Eight rare earth elements (REE) including La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb and Lu in 364 top soil samples were detected by instrumental neutron activation analysis (INAA). The samples were collected from typical areas in China. The samples represent main soil types of these areas. The concentration and distribution characteristics of REE in soil of different areas and in the whole soil studied in China were reported in the present paper.

Key Words: rare earth elements (REE), soil neutron activation analysis.

Influence of Ionization Radiation from Intensive Beam Generator on the Surrounding Environment. Yang Huazhong (Dept. of Modern Physics, Lanzhou University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 54—57

The background of natural radiation of the environment around ZF-300 intensive beam generator was monitored for a long period of time and the influence of the ionization radiation from a intensive beam generator on the environment was measured. The influence of the ionization radiation from the generator on the environment reduced with increasing of the distance from the generator. The residents living over 150 m away from the generator suffered the radiation of scattering neutron at a safe level lower than 2 μ rem/hr.

Key Words: neutron, gama-ray, potential neutron source.

An Introduction to the Dendrochronology and Its Application in the Environmental Sciences. Xia Bing, Yang Kaihong and Lan Tao (Jiangsu Institute of Botany, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 58—62

Some basic concepts of dendrochronology and applications of tree ring analysis in the research on the change of atmospheric CO_2 , response of plants to the increase of CO_2 and the change of air pollution are introduced in the paper.

Key Words: dendrochronology, element analysis of tree ring, CO_2 problem, air pollution.

Overview of Desulphurization Technologies by In-furnace Calcium-based Sorbent Injection and Main Influence Factors on SO_2 Capture. Pang Yajun (Electric Power Branch of Taiyuan Industrial College), Shi Xuegui, Xu Xuchang (Dept. of Thermal Engineering, Tsinghua University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 62—67

In this paper, the latest development of desulphurization technologies by in-furnace calcium-based sorbent injection at home and abroad are introduced, and various factors influencing the capture of SO_2 are reviewed. A brief introduction to Tampella LIFAC process and research results of raising SO_2 capture and calcium utilization by recirculating the sorbents are illustrated. The future development of desulphurization technology by in-furnace sorbent injection is forecasted.

Key Words: in-furnace calcium-based sorbent injection, desulphurization.

An Approach to the Treatment of Sulfate-Containing Organic Wastewater. Yu Hanqing (Dept. of Civil Engineering, Hefei University of Technology): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991.