

# 毛乌素沙地南缘生态过渡带土壤生物学特性

许冬梅, 王堃<sup>2\*</sup>, 谢应忠, 龙涛<sup>3</sup>

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川750021; 2. 中国农业大学草地研究所, 北京100094; 3. 盐池县科技局, 宁夏盐池751500)

**摘要** [目的] 探讨过氧化氢酶、脲酶、转化酶、碱性磷酸酶、脱氢酶活性的变化以及这些酶活性与土壤微生物总量及土壤养分的相关性。[方法] 测定毛乌素沙地南缘生态过渡带流动半流动沙丘、固定半固定沙地、盐化丘间低地和缓坡丘陵梁地4种不同生境0~5 cm和5~20 cm土层各种酶的活性, 并与土壤养分和微生物总量进行相关分析。[结果] 结果表明, 毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境各种土壤酶活性总体变化趋势为缓坡丘陵梁地>盐化丘间低地>固定半固定沙地>流动半流动沙丘。[结论] 土壤生物学指标能较好地反映土壤肥力状况。

**关键词** 毛乌素沙地; 生态过渡带; 土壤酶活性

中图分类号 S154 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)34-15078-03

## Characteristics of Soil Biology in Southern Ecotone of Mu Us Sandy Land

XU Dong mei et al (College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstracts** [Objective] The research aimed to study the changes of activities of catalase, dehydrogenase, invertase, urease, alkaline phosphatase and their relativity to total microbe numbers in soil and soil nutrient. [Method] The activities of five species of enzymes were determined of 0-5 cm and 5-20 cm depth soil under 4 different habitats (including shifting and semi-shifting dune, fixed and semi-fixed dune, saline bottomland, gentle slope hilly ridge) in the ecotone in south edge of Mu Us sandy land. And the relativity to total microbe numbers in soil and soil nutrient was analyzed too. [Result] The results showed that the enzyme activities were all gentle slope hilly ridge > saline bottomland > fixed and semi-fixed dune > shifting and semi-shifting dune in the ecotone in south edge of Mu Us sandy land. [Conclusion] The indices of soil biology could reflect the situation of soil nutrient very well.

**Key words** Mu Us sandy land; Ecotone; Activity of soil enzyme

土壤酶来自微生物和植物根系的分泌作用, 能综合反映出土壤的肥力水平<sup>[1]</sup>, 几乎参与土壤中的一切生物化学过程, 包括凋落物及其残体、动物和微生物残体的水解和转化、土壤腐殖质的合成和分解, 以及土壤无机、有机化合物的各种氧化还原反应等<sup>[2]</sup>。土壤酶活性是土壤生物活性较为稳定和灵敏的指标<sup>[3]</sup>。在一定程度上, 可以用酶活性表征有机质和养分状况及其数量的变异。因此, 酶活性可以作为沙漠化演变中土壤质量特征变化的重要辅助指标<sup>[4]</sup>。该研究针对毛乌素沙地南缘生态过渡带的4种不同生境, 探讨了其过氧化氢酶、脲酶、转化酶、碱性磷酸酶、脱氢酶活性的变化以及这些酶活性与土壤微生物总量及土壤养分的相关性。

## 1 研究区自然概况

取样地点设在宁夏盐池县沙边子治沙基地, 该基地位于毛乌素沙地南缘, 37°52'30"~37°57'30" N, 107°26'15"~107°33'45" E, 海拔1300~1360 m, 是半干旱与干旱气候的过渡地带。年均温7.5℃; 年均降雨量280 mm, 其中70%以上集中在6~9月份, 降水年际变化率大; 年蒸发量2710 mm。依地貌单元, 该地划分为沙丘地、盐化丘间低地和缓坡丘陵梁地3个类型。地带性植被属荒漠草原带, 其中, 除明沙丘外流动半流动沙丘以沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、沙竹(*Bambusa villosa*)、沙地旋覆花(*Inula salsoloides*)为主; 固定半固定沙地以油蒿(*Atrypis ordosica*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、牛心朴子(*Cynarchum komarovii*)、中亚白草(*Pennisetum centrasaticum*)为主; 盐化丘间低地主要是白刺(*Nitraria sibirica*)、细枝盐爪爪(*Kalidium gracile*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、苦豆子等; 缓坡丘陵梁地植物有赖草

(*Leymus secalinus*)、苦豆子、牛心朴子等。

## 2 研究方法

**2.1 样品采集** 于2007年9月, 在宁夏盐池县沙边子, 分别选取流动半流动沙丘(SS)、固定半固定沙地(FS)、盐化丘间低地(SB)和缓坡丘陵梁地(SR), 分0~5、5~20 cm采用多点混合法采集土壤样品, 过筛后保鲜带回实验室, 供土壤酶活性、微生物数量及养分的测定。

## 2.2 测定方法

**2.2.1 土壤酶活性的测定。**过氧化氢酶活性采用高锰酸钾(浓度0.1 mol/L KMnO<sub>4</sub>) 滴定法, 以单位土重消耗高锰酸钾毫升数(对照与试验测定的差)表示。脱氢酶采用TTC(2,3,5-三苯基四氮唑氯化物)法, 以TTC的还原产物形成量表示。脲酶活性采用靛酚比色法测定, 以尿素为基质, 测定释放的NH<sub>3</sub>-N含量。碱性磷酸酶活性用苯磷酸二钠法, 以苯磷酸二钠为基质, 比色测定其水解释放的酚量。转化酶活性采用3,5-二硝基水杨酸比色法, 以蔗糖为基质, 比色测定释放的葡萄糖含量<sup>[5]</sup>。

**2.2.2 土壤养分的测定。**土壤机械组成采用比重计法; 土壤水分采用烘干法; 土壤有机质采用重铬酸钾容量法; 土壤全氮采用凯氏定氮法; 水解氮采用碱解扩散法; 速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法; 速效钾采用醋酸氨浸提, 火焰光度法。可溶性盐采用1:5混悬液测定<sup>[6]</sup>。

**2.2.3 土壤微生物数量的测定。**采用平板涂布培养计数法。好气性细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基; 真菌采用马丁氏(Martin)培养基; 放线菌采用改良高氏1号培养基。每个样品选用3个稀释度, 每个稀释度重复3次<sup>[7]</sup>。

**2.3 数据统计** 采用SPSS12.0进行方差分析和相关分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同生境条件下土壤酶活性的变化

**3.1.1 不同生境条件下土壤过氧化氢酶和脱氢酶的变化。**在土壤物质和能量的转化中, 氧化还原酶类占有重要的地位,

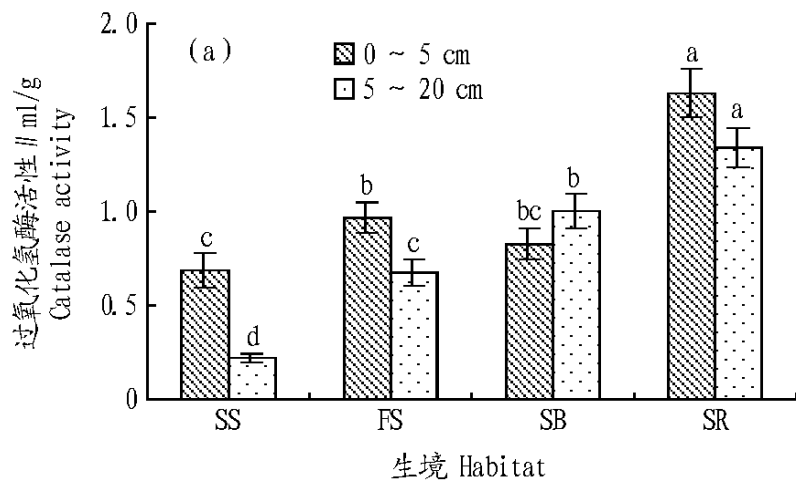
基金项目 国家自然科学基金(30860200); 教育部春晖计划项目(Z2006-1-75004); 宁夏自然科学基金项目(NZ0837)资助。

作者简介 许冬梅(1970-), 女, 宁夏中卫人, 博士, 副教授, 从事草地生态与管理研究。\* 通讯作者, 教授, 博士生导师, E-mail: wangkun6060@sina.com。

收稿日期 2008-10-06

能参与土壤腐殖质组分的合成及土壤发生和形成过程,对氧化还原酶类研究有助于对土壤发生和土壤肥力进行了解。

由图1可知,不同生境0~5 cm 土层过氧化氢酶活性为缓坡丘陵梁地> 固定半固定沙地> 盐化丘间低地> 流动半流动沙丘;其中,盐化丘间低地和固定半固定沙地之间,盐化丘间低地和流动半流动沙丘之间在0.05 水平无差异,5~20 cm 土层为缓坡丘陵梁地> 盐化丘间低地> 固定半固定沙地



注:同一系列小写字母相同表示在0.05 水平无差异。下同。

Note: The same small letters in the same series mean no difference at 0.05 level. The same as below.

图1 毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境条件下土壤过氧化氢酶(a)和脱氢酶(b)的活性

Fig.1 The activities of catalase (a) and dehydrogenase (b) under different habitats in the southern ectone of Mu Us sandy land

3.1.2 不同生境条件下土壤转化酶活性的变化。不同生境条件下土壤转化酶的变化见图2。缓坡丘陵梁地转化酶活性显著高于其他3种生境( $P < 0.05$ ),在0~5 cm 土层,转化酶活性为缓坡丘陵梁地> 盐化丘间低地> 固定半固定沙地> 流动半流动沙丘,固定半固定沙地与流动半流动沙丘之间在0.05 水平无差异。在5~20 cm 土层,转化酶活性为缓坡丘陵梁地> 固定半固定沙地> 盐化丘间低地> 流动半流动沙丘,但盐化丘间低地、固定半固定沙地和流动半流动沙丘之间差异不显著( $P > 0.05$ )。从垂直分布看,流动半流动沙丘和固定半固定沙地0~5 和5~20 cm 土层转化酶活性接近( $P > 0.05$ );而在盐化丘间低地和缓坡丘陵梁地,0~5 cm 土层转化酶活性显著高于5~20 cm( $P < 0.05$ )。

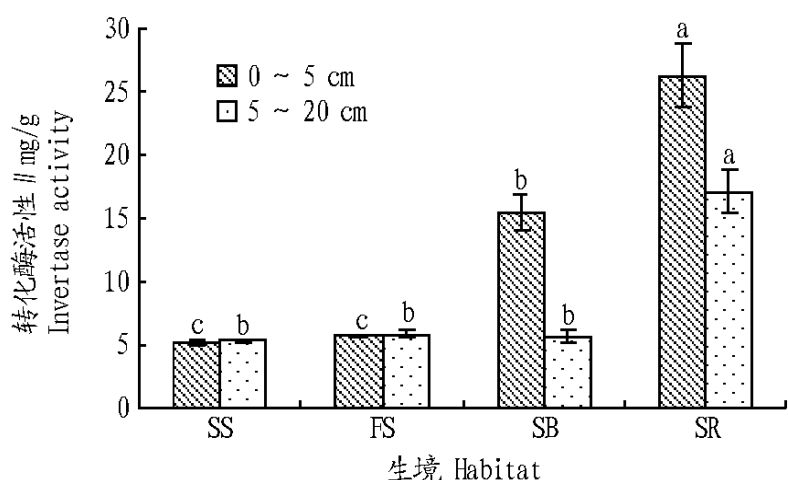


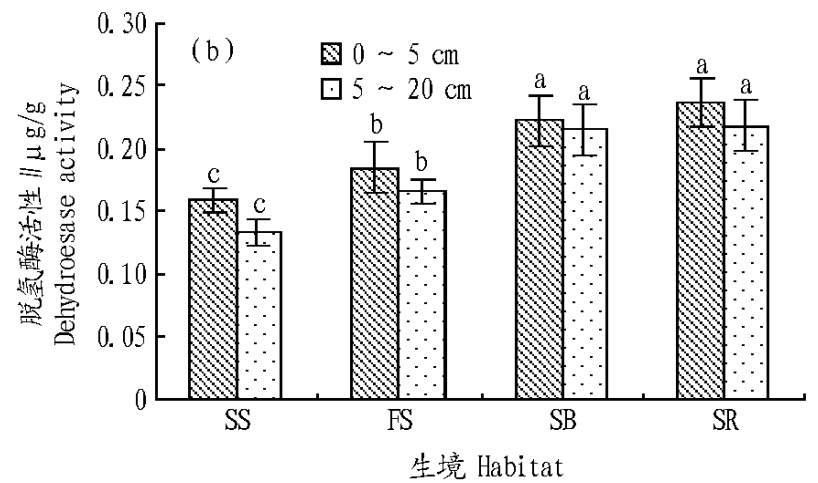
图2 毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境条件下土壤转化酶的活性

Fig.2 Invertase activity under different habitats in the southern ectone of Mu Us sandy land

3.1.3 不同生境条件下土壤脲酶活性的变化。脲酶能促进土壤有机质中蛋白质和氨基酸的水解,为植物生长提供氮源。由图3可知,毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境条件下土壤脲酶活性为缓坡丘陵梁地> 盐化丘间低地> 固定半固定沙地> 流动半流动沙丘。其中,缓坡丘陵梁地和盐化丘

> 流动半流动沙丘。从垂直分布看,除盐化丘间低地外,其他生境过氧化氢酶活性均为0~5 cm 高于5~20 cm。

不同生境0~5 和5~20 cm 土层脱氢酶活性均为缓坡丘陵梁地> 盐化丘间低地> 固定半固定沙地> 流动半流动沙丘,其中缓坡丘陵梁地和盐化丘间低地之间在0.05 水平无差异。从剖面分布看,不同生境脱氢酶活性均为0~5 cm 高于5~20 cm。



间低地之间,固定半固定沙地和流动半流动沙丘之间在0.05 水平无差异。从垂直分布看,除流动半流动沙丘草地脲酶活性为5~20 cm 土层略高于0~5 cm 土层外,其他生境均为0~5 cm 土层高于5~20 cm 土层。

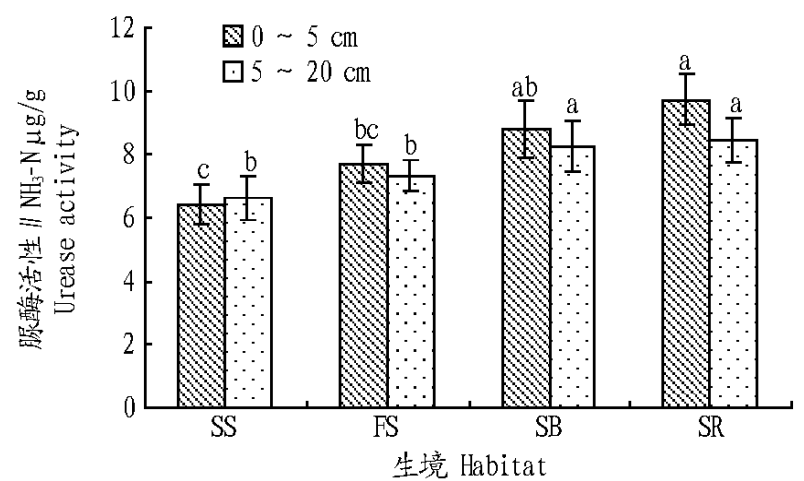


图3 毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境条件下土壤脲酶活性的变化

Fig.3 The changes of urease activity under different habitats in the southern ectone of Mu Us sandy land

3.1.4 不同生境条件下土壤碱性磷酸酶的变化。磷酸酶能促进土壤有机磷化合物的水解,使其析出无机磷。由图4可见,不同生境碱性磷酸酶活性为缓坡丘陵梁地> 盐化丘间低地> 固定半固定沙地> 流动半流动沙丘,其中盐化丘间低地和固定半固定沙地之间在0.05 水平无差异。除流动半流动沙丘碱性磷酸酶活性为5~20 cm 略高于0~5 cm( $P > 0.05$ ) 外,其他生境均为0~5 cm 土层高于5~20 cm 土层。

3.2 土壤酶活性与土壤养分及微生物总量的相关性 由表1可见,毛乌素沙地南缘土壤过氧化氢酶、脱氢酶、转化酶、脲酶和碱性磷酸酶活性与土壤黏粒、有机质、全氮、水解氮、速效磷、速效钾含量和微生物总量均呈正相关。除脱氢酶与土壤黏粒含量、微生物总量相关不显著( $P > 0.05$ ) 外,其他均达到显著或极显著水平( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ),说明酶活性与

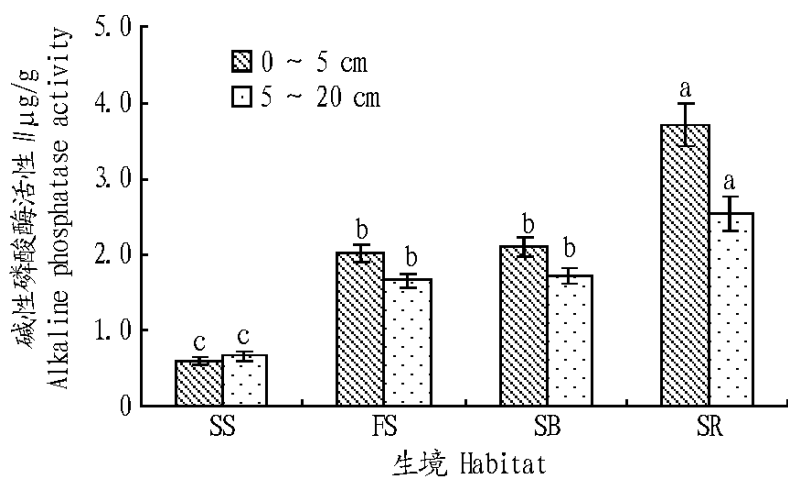


图4 毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境条件下土壤碱性磷酸酶活性的变化

Fig.4 The changes of alkaline phosphatase under different habitats in the southern ectore of Mu Us sandyland

表1 毛乌素沙地南缘生态过渡带土壤酶活性与土壤养分及微生物总量的相关系数

Table 1 The correlation coefficients among the soil enzyme activities and soil nutrient, total microbe in the southern ectore of Mu Us sandyland

土壤酶 Soil enzymes	黏粒 Clay particle	有机碳 Organic carbon	全氮 Total nitrogen	水解氮 Hydrolytic nitrogen	速效磷 Available P	速效钾 Available K	微生物量 Microbe amount
过氧化氢酶 Catalase	0.708 *	0.941 **	0.918 **	0.935 **	0.928 **	0.935 **	0.793 *
脱氢酶 Dehydrogenase	0.677 ns	0.873 **	0.717 *	0.794 *	0.926 **	0.819 *	0.658 ns
转化酶 Invertase	0.776 *	0.820 *	0.859 **	0.858 **	0.907 **	0.878 **	0.813 *
脲酶 Urease	0.762 *	0.915 **	0.750 *	0.815 *	0.957 **	0.834 *	0.806 *
磷酸酶 Phosphatase	0.833 *	0.983 **	0.875 **	0.894 **	0.972 **	0.904 **	0.941 **

注:ns, 相关不显著 ( $P > 0.05$ ); \*, 相关显著 ( $P < 0.05$ ); \*\*, 相关极显著 ( $P < 0.01$ )。

Note: ns stands for no significant correlation ( $P > 0.05$ ); \* stands for significant correlation ( $P < 0.05$ ); \*\* stands for extremely significant correlation ( $P < 0.01$ ).

(2) 酶活性的剖面分布, 除流动半流动沙丘外, 其他3种生境各种土壤酶活性总体都表现为0~5 cm土层高于5~20 cm。这主要是由于土壤表层积累了较多的枯枝落叶和腐殖质, 有机质含量高, 有充分的营养源供微生物的正常活动, 再加之水热条件和通气状况好, 使微生物生长旺盛, 代谢活跃, 而使表层土壤酶活性增高; 随土壤剖面的加深, 有机质急剧下降, pH值变大, 土壤地下生物量也随之下落, 限制了土壤生物的代谢产酶能力<sup>[9]</sup>, 使得表层土壤酶活性高于下层。

(3) 除脱氢酶活性与黏粒含量和微生物总量相关不显著外, 各土壤酶活性与土壤有机质、氮、磷、钾均呈显著正相关, 表明土壤生物学指标能较好地反映土壤肥力状况。

#### 参考文献

- [1] MAZZARINO MJ, OLIVA L, ABILA A. Factors affecting nitrogen dynamics in a semiarid woodland (Dry Chaco, Argentina) [J]. *Hum and Soil*, 1991, 138: 85-91.
- [2] CACCIATORE DA, MCNEIL MA. Principles of soil bioremediation [J]. *Biocycle*, 1995, 36(10): 61-64.
- [3] BAIANE N NY, CHOTTEJ L, PAIE E, et al. Use of soil enzyme activities to

土壤肥力及微生物活动关系密切, 在沙漠化演变过程中土壤酶活性与微生物及其他肥力因素的变化一致。

#### 4 结论

(1) 毛乌素沙地南缘生态过渡带不同生境各种土壤酶活性总体变化趋势为缓坡丘陵梁地 > 盐化丘间低地 > 固定半固定沙地 > 流动半流动沙丘, 呈现出随沙漠化加重, 酶活性降低的趋势。土壤酶主要来源于植物根系、微生物及动植物残体的分泌释放, 伴随着土地沙化, 退化草地植被的结构和生物量发生变化, 且对土壤微生物的活动和数量产生影响, 导致土壤酶活性发生变化, 特别是到沙化顶级的流动半流动沙丘阶段, 植被生长极少, 不但植物所需的各营养成分含量极低, 而且各肥力因子间很不协调, 同时受风沙活动的影响, 流沙地面极不稳定, 处于频繁的吹蚀和堆积状态下, 造成酶活性极低<sup>[8]</sup>。

monitor soil quality in natural and improved fallows in semi arid tropical regions [J]. *Appl Soil Ecol*, 2001, 18: 229-238.

- [4] 苏永中, 赵哈林, 张铜会, 等. 不同强度放牧后自然恢复的沙质草地土壤性状特征 [J]. *中国沙漠*, 2002, 22(4): 333-338.
- [5] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274-277, 308-313.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [7] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [8] 顾峰雪, 文启凯, 潘伯荣, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地风沙土的土壤酶活性研究 [J]. *中国沙漠*, 2000, 20(3): 293-297.
- [9] II S G, HARAZONO Y, OKAWA T, et al. Grassland desertification by grazing and the resulting microneurological changes in Inner Mongolia [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2000, 120: 125-137.
- [10] 刘梦云, 常庆瑞, 齐雁冰, 等. 宁南山区不同土地利用方式土壤酶活性特征研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(3): 20.
- [11] DOUC H, CHEN Y W. Dynamic study on soil fungi population in artificial vegetation areas of Shapotou in Ningxia [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2008, 9(3): 145-148.
- [12] 张咏梅, 周国逸, 吴宁. 土壤酶学的研究进展 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2004, 12(1): 83-90.
- [13] 房晗. 适应居家养老模式的老年居住区规划 [J]. *吉林建筑工程学院学报*, 2006, 24(2): 68-70.
- [14] 张弘, 李真. 适于老年人的住区室外空间环境设计 [J]. *住宅科技*, 2008, 28(1): 58-59.
- [15] 包宗华. 国内外老年住宅的几种形式 [J]. *中国住宅设施*, 2008(4): 18-20.
- [16] 高丽莎, 张伟. 居家养老的海曙模式 [J]. *浙江人大*, 2008(4): 57-59.

(上接第14987页)

有深远的意义。

#### 参考文献

- [1] 杭州市委. 中共杭州市委、杭州市人民政府关于进一步加强老龄工作的意见 (市委[2006]10号) [EB/OL]. <http://www.hangzhou.gov.cn/nain/vjgg/hzb/200607/11fw1107222.shtml>.
- [2] 周大鹏. 老年居所建筑色彩设计的功能与表现 [J]. *广东轻工职业技术*