

· 研究报告 ·

兰州市大气污染对绿化树种叶绿素含量的影响

杜忠¹, 陶玲², 任珺²

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为了筛选出兰州市大气污染的抗性树种和敏感监测树种,对树种的叶绿素 a、叶绿素 b 含量进行了测定,运用 spss1.5 软件分析。研究发现:同一绿化树种在不同功能区的叶绿素含量不同,存在极显著性的差异。随着功能区污染程度的加深,绿化树种的叶绿素含量 (a、b、a + b) 呈现减小的趋势,但叶绿素 a / b 值却呈现增大的趋势。绿化树种抗污染能力为:杨树 > 小叶黄杨 > 椿树 > 国槐 > 圆柏,兰州市主要功能区的污染程度为:兰炼厂区 > 兰化厂区 > 橡胶厂 > 西关 > 西站 > 交大 > 兴隆山。

关键词:绿化树种;叶绿素含量;空气污染;兰州市

中图分类号: X503.23 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)05 - 0017 - 05

Effects of Air Pollution on Chlorophyll Contents in Urban Greening Tree Species in Lanzhou

DU Zhong¹, TAO Ling², REN Jun²

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. School of Environmental and Municipal Engineering of Lanzhou Jiaotong University, Institute of Environmental Ecology, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: In order to screen out resistant plant species and sensitive monitoring plant species, five major urban greening tree species in different polluted areas were chosen, and the chlorophyll a, b contents were tested and data was analyzed by spss1.5 software. The research indicated that the chlorophyll contents of greening trees in different pollution areas varied from each other and had remarkable significance. The chlorophyll contents (a, b, a + b) of each greening tree species decreased significantly with the increasing pollution degree of investigated regions, but the numerical value of chlorophyll a, b showed the opposite tendency. The potential pollution tolerance ability of different greening tree species appeared in the order of: Polar, Buxus microphylla, Ailanthus altissima, Sophora japonica, Sabina chinensis. Totally, the pollution of investigated regions could be ranked as: The Oil Refining Plant, The Chemical Plant, The Rubber Plant, Xiguan station, Xizhan station, Lanzhou Jiaotong University, Xinglongshan Mountain.

Key words: Greening tree species; Chlorophyll content; Air pollution; Lanzhou

大气污染影响市民的身心健康^[1-5],绿化树种在城市大气环境的生态平衡中发挥“吸污吐新”的作用。德国、荷兰等欧洲国家研究绿化植物与大气污染较早,已建立了大气污染生物监测网络。我国从 20 世纪 70 年代展开研究,也获得了长足的进步。研究的前期工作主要侧重植物的可见受害症状的描述和程度等级划分^[6-8],后期工作涉及植物

的生理生态指标(如:植物的超微结构、脯氨酸含量、可溶性糖含量、细胞质膜透性等)的测定分析,

收稿日期:2009-07-28;修订日期:2009-09-13

基金项目:甘肃省教育厅基金资助项目(0504-03);兰州交通大学高校“青蓝工程”人才基金资助项目

作者简介:杜忠(1980—),男,山东泰安人,博士生,从事森林生态学和植物生理生态学研究。

从微观解释植物对大气污染的反应^[9-14]。许多研究者也借助人工模拟实验探讨大气污染物对植物的伤害机理和进行抗污染绿化植物的选择^[15-17], 及绿化植物对大气污染的指示监测作用等^[18-21]。

兰州市是西北地区重要大城市之一, 由于河谷盆地的限制, 使污染物很难扩散稀释, 造成大气污染比较严重, 使之成为全国污染最严重的城市之一^[22-23]。根据植物对大气污染的反应方式选择城市绿化树种是减轻大气污染的一种重要方法。现选择兰州市的不同功能区有代表性的绿化树种为研究对象, 对树种的叶绿素含量测定分析, 为探讨大气污染对植物的伤害及植物的抗性机理奠定基础, 进而筛选出适合兰州当地的能耐受大气污染的绿化植物。

1 研究方法

1.1 样点的选择

根据各类功能区兼顾绿化树种种类的设点原则, 将兰州市分为 4 类取样区。典型污染区: 包括西固区的兰炼厂区, 兰化厂区和橡胶厂。西固区是我国重要的石油化工基地之一, 工厂集中, 烟囱林立, 每天排放大量的碳氢化合物、NO_x、CO 和 SO₂ 等污染物, 加上该地区的河谷盆地地形, 海拔较高, 紫外线辐射强, 是光化学烟雾严重的地区; 交通枢纽区: 包括西站、西关。二者是兰州市的主要交通枢纽区, 车流量较大, 汽车尾气排放比较严重, 空气污染比较严重; 文教区: 兰州交通大学 (简称交大)。交大位于西北部的安宁区, 主要为教学和科研单位所在地, 重型工业企业相对较少, 各种废气排放量较少, 环境质量较好; 清洁对照区: 兴隆山。位于兰州市的榆中县, 是国家 AAAA 级旅游景区, 空气清新。

1.2 实验材料

供实验的材料为兰州市的主要绿化树种, 包括: 国槐 (*Sophora japonica*)、圆柏 (*Sabina chinensis*)、小叶黄杨 (*Buxus microphylla*)、杨树 (*poplar*)、椿树 (*Ailanthus altissima*)。乔木树龄 20 年 ~ 40 年, 胸径 30 cm ~ 50 cm。在每个采样点, 选择同种绿化植物的 3 株 ~ 5 株健康树种作为研究对象, 采集当年生的新鲜叶片作为样品 (乔木取其树冠中上部的新鲜叶片, 灌木取其植株上部新鲜叶片, 所取的叶片形状大小基本相同), 每个采样点重复采集 3 组。在绿化树种的生长季末 (2006 年 10 月),

在同一天约 10:00 采集。后将植物样品放入冰壶中保存, 带回实验室存放于 4 °C 冰箱中备用。

1.3 叶绿素测量方法

采用 95% 丙酮 - 乙醇混合液法^[24-25]测定植物样品中的叶绿素含量。称取新鲜样品约 0.5 g, 将树种体剪碎, 无损地放入具塞的三角瓶中, 加入 $V(\text{丙酮}) : V(\text{乙醇}) = 1 : 1$ 的混合提取液 50 mL, 在 26 ~ 27 °C 过夜, 至样品完全变白。用 721 型分光光度计在波长为 645 nm、663 nm 各测定植物叶片的叶绿素提取液的吸光度值, 并根据 A_{663} 公式计算叶绿素 a、叶绿素 b 的质量浓度 a 、 b (mg/L); $a = 12.7 A_{663} - 2.69 A_{645}$, $b = 22.9 A_{645} - 4.68 A_{663}$, 最后换算为每克鲜叶的叶绿素 a、叶绿素 b 的质量比 a 、 b (mg/g)。

1.4 分析方法

将实验所得的数据用 SPSS11.5 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和多重比较, 然后用 STATISTICA 6.0 软件绘图。对绿化树种叶片中的叶绿素含量在树种间和区域间的差异性进行显著性分析, 最后利用邓氏多重比较方法 (Duncan's multiple comparison), 在 95% 的可靠性下对同一功能区的树种间和同一树种在不同区域间两两的差异性进行比较分析。

2 结果与分析

2.1 同一绿化树种在不同功能区域间叶绿素含量的差异

通过对同一绿化树种在不同功能区域间叶绿素含量 (a 、 b 、 $a + b$) 的分析发现: 同一绿化树种叶片叶绿素含量 (a 、 b 、 $a + b$) 在不同功能区存在显著性的差异 ($p < 0.001$)。例如: 小叶黄杨叶片叶绿素 a 的含量在 7 个功能区间存在显著性的差异 ($F = 1208, p < 0.001$)。因为当绿化植物处于污染的环境中, 叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 会受到不同程度的破坏, 导致绿化树种的叶绿素总含量 ($a + b$) 的下降。所以在污染程度最严重的兰炼厂区, 绿化树种叶片中的叶绿素总含量 ($a + b$) 最小; 在清洁对照区 (兴隆山), 绿化树种叶片中的叶绿素总含量 ($a + b$) 最大。植物具有很强的可塑性 (plasticity), 经过长期的适应形成了与周围环境相适应的一些形态特征 (morphological feature) 和生理特征 (physiological feature)。例如形态特征差异 (叶面积等)、体内生理指标的差异 (叶氮

含量等)^[26-28]。同样,生长在污染条件下的绿化树种,在长期的进化过程中,形成与环境相一致的生理生化特性和遗传特性^[29]。不同功能区的绿化树种叶片中的叶绿素含量存在差异,为绿化树种在污染胁迫下的一种适应性机制,在一定程度上也反映出绿化树种所处的环境的污染程度。

叶绿素 (a / b) 被常用来表示植物对逆境条件反应的一个重要指标。因为当植物处于不同的污染胁迫下,叶绿素 a、叶绿素 b 的分解速率是不同的。刘荣坤等^[30]发现,在叶片没有出现可见伤

害症状时,叶绿素 b 的分解速度大于叶绿素 a,所以叶绿素 a 与叶绿素 b 比率增加,但出现可见伤害状态后,叶绿素 a 的分解速率大于叶绿素 b,叶绿素 a 与叶绿素 b 的比率减少。在对照区(兴隆山),椿树的叶绿素 (a / b) 值为 1.24;而在兰炼厂区,所测得的叶绿素 (a / b) 值为 1.81,实验结果与刘荣坤等^[30]、高厚强等^[31]的结论相吻合。由此可以推断兰炼厂区的大气污染最严重,7 个功能区的污染程度为:兰炼厂区 > 兰化厂区 > 橡胶厂 > 西关 > 西站 > 交大 > 兴隆山。

表 1 兰州市不同功能区的绿化树种叶片叶绿素含量

树种	叶绿素 指标	(叶绿素) / (mg · g ⁻¹)						F	
		兰炼	兰化	橡胶厂	西关	西站	交大		兴隆山
椿树	a	0.724A	0.785B	0.826B	0.855C	0.869C	0.968D	1.03E	30.6
	b	0.400A	0.456B	0.503B	0.601C	0.627C	0.739D	0.828E	89.7
	a + b	1.12A	1.24B	1.33B	1.46C	1.50C	1.71D	1.86E	59.9
	a / b	1.81	1.72	1.64	1.42	1.39	1.31	1.24	
杨树	a	0.684A	0.784B	0.832C	0.881D	0.955E	1.03F	1.25G	1.292
	b	0.273A	0.324B	0.350C	0.375D	0.412E	0.461F	0.608G	5.371
	a + b	0.957A	1.11B	1.18C	1.25D	1.37E	1.49F	1.86G	1.988
	a / b	2.50	2.42	2.38	2.35	2.32	2.24	2.06	
小叶黄杨	a	0.347A	0.526B	0.652C	0.668D	0.684E	0.735F	0.860G	1.209
	b	0.188A	0.289B	0.365C	0.377D	0.391E	0.426F	0.563G	3.053
	a + b	0.535A	0.815B	1.02C	1.04D	1.08E	1.16F	1.42G	1.680
	a / b	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.52	
国槐	a	0.456A	0.525B	0.624C	0.645C	0.684D	0.775E	0.886F	379
	b	0.188A	0.237B	0.307C	0.320D	0.342E	0.416F	0.646G	3.554
	a + b	0.644A	0.762B	0.931C	0.965D	1.03E	1.19F	1.53G	866
	a / b	2.43	2.22	2.03	2.02	2.00	1.86	1.37	
圆柏	a	0.306A	0.386B	0.417C	0.444D	0.485E	0.525F	0.645G	241
	b	0.0720A	0.0940B	0.101C	0.113D	0.125E	0.142F	0.290G	2.027
	a + b	0.378A	0.480B	0.518C	0.557D	0.610E	0.667 F	0.935G	430
	a / b	4.25	4.13	4.12	3.92	3.87	3.70	2.23	

表中 A、B、C、D、E、F、G 表示同种绿化树种叶片叶绿素含量在 7 个功能区多重比较的结果,相同的字母表明该绿化树种叶片叶绿素含量不存在差异性,不同的字母表明存在差异性 (Duncan's multiple comparison, $p < 0.05$); 方差分析结果为极显著性差异 ($p < 0.001$)。

2.2 树种的敏感度分析

试验选用兰州市 5 种绿化树种分为 3 类:乔木(椿树、杨树、国槐)、灌木(小叶黄杨)、针叶类(圆柏)。绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 值大小为:针叶 > 乔木 > 灌木,这由树种本身的性质所决定。

对不同功能区的绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 值用 t 检验法进行显著性检验,结果表明杨树、小叶黄杨差异不显著,但是圆柏呈现显著性差异。可以推测杨树和小叶黄杨具有显著的抗大气污染的能力,而圆柏则不具有显著的抗污染的能力。由

表 1 中的绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 的值绘出图 1。

由图 1 可见,各条曲线均呈上升趋势,而且各条曲线都是在对照区(兴隆山)最小,逐渐上升到兰炼厂区最大。由于大气污染造成了绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 值的上升,可以推断兰炼厂区的污染程度最严重。

由于不同的绿化树种的叶绿素 (a / b) 的值在对照区(兴隆山)存在显著性的差异 ($p < 0.001$),为了进一步研究 5 种绿化树种抗污染的能

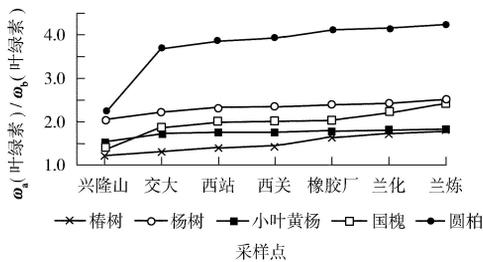


图 1 5种绿化树种的叶绿素 (a / b) 曲线

力, 必须消除绿化树种本身存在的差异性 (归一化) 。即: 把对照区的不同的绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 值视为 1, 将其他 6 个功能区的不同种绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 的值与对照区相比较, 可得出不同功能区的绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 值相对于对照区该绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 值的相对值, 见图 2。

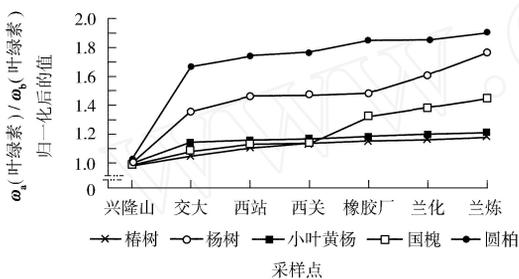


图 2 5种绿化树种叶片叶绿素 (a / b) 归一化曲线

其归一化的值越大, 则表明绿化树种越敏感, 抵抗大气污染的能力越小。由图 2 可见, 5 种绿化树种抗污染能力的大小为: 杨树 > 小叶黄杨 > 椿树 > 国槐 > 圆柏。

3 结论

(1) 兰州市 5 种常见绿化植物抗污染能力的大小为: 杨树 > 小叶黄杨 > 椿树 > 国槐 > 圆柏。抗性强的树种为: 杨树、小叶黄杨, 适合于污染较重的区域做绿化树种。圆柏不适合生活在污染严重的地区, 但是可以作为城市大气污染的指示性植物。

(2) 当植物处于污染胁迫条件下, 导致叶绿素 (a / b) 值的增大。由此可以推断兰州市功能区污染程度为: 兰炼厂区 > 兰化厂区 > 橡胶厂 > 西关 > 西站 > 交大 > 兴隆山。

4 研究展望

植物叶片中叶绿素含量的测定属于生物物理

的方法, 测定比较简单, 而且对植物样品没有损坏, 反应灵敏, 测定快速, 此种方法已经在植物生理生态学得到了广泛应用。植物叶片中叶绿素含量的变化出现在植物的形态症状和生长指标改变之前, 具有明显的优点和可预测性。

从叶绿素含量 (a 、 b 、 a / b) 的变化及叶绿素 (a / b) 值的变化趋势与兰州市各个功能区的污染程度的一致性, 以及所研究的 5 种绿化树种对大气污染的响应的规律性差别, 进一步证实了用叶绿素含量及叶绿素 (a / b) 为指标评价大气污染及其绿化植物的抗污染等级的划分是可行的, 这也被国内外的不少学者所证实 [32 - 34]。

利用城市绿化树种对大气污染物的吸附、吸收、转移等净化能力, 治理大气污染尤其是近地表大气的混合污染是近年国际上正在加强研究和迅速发展的前沿性新课题 [35]。其前提是利用科学的方法, 筛选出抗性较强的树种。大气污染的树种修复是一种以太阳能为动力, 利用树种的同化或超同化功能净化污染大气的绿色树种技术。利用树种净化大气成本低、废物量小, 不易造成“二次污染”, 还具有保持水土、美化环境、促使经济增长等综合效益。

[参考文献]

[1] 蒋高明. 木本植物对大气污染指示与监测作用研究 [D]. 北京: 中科院植物研究所, 1993.

[2] KUNZLIN, A KERMANN-LIEBRICH U, BRANDLIO, et al. linally “ small ” effe ts of air pollution on FV have a large publi health impa t [J]. European Respiratory Journal, 2000, 15(1): 131 - 136.

[3] PETERS A, PERZ S, DORNG A, et al. In reases in heart rate during an air pollution episode [J]. Ameri can Journal of Epidemiology, 1999, 150(10): 1094 - 1098.

[4] WONG M, HU ZG, LAM TH, et al. Effe ts of ambient air pollution and environmental toba o smoke on respiratory health of non-smoking women in Hong Kong [J]. International Journal of Epidemiology, 1999, 28(5): 859 - 864.

[5] AMPBELL M J, TOBASA. causality and temporality in the study of short-term effe ts of air pollution on health [J]. International Journal of Epidemiology, 2000, 29(2): 271 - 273.

[6] 吴鹏程, 罗健馨. 苔藓植物与大气污染 [J]. 环境科学, 1979(3): 68 - 72

[7] 中国科学院植物研究所二室. 环境污染与植物 [M]. 北京: 科学出版社, 1978.

[8] 余叔文. 大气污染伤害植物症状图谱 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.

- [9] 彭长连, 温达志, 孙梓健, 等. 城市绿化树种对大气污染的响应. 热带亚热带树种学报, 2002, 10(4): 321 - 327.
- [10] 胡羨聪, 张德强, 孔国辉, 等. 大气 SO₂、氟化物对植物生理生态指标的影响 [J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 372 - 378.
- [11] 孔国辉, 陆耀东, 刘世忠. 大气污染对 38 种木本树种的伤害特征 [J]. 热带亚热带树种学报, 2003, 11(4): 319 - 328.
- [12] 杜忠, 陶玲, 任珺, 等. 不同污染区对绿化树种可溶性糖含量的影响 [J]. 环境科学与技术, 2007, 30(9): 21 - 23.
- [13] 杜忠, 任珺, 陶玲. 不同污染区对绿化树种游离脯氨酸含量的影响 [J]. 上海环境科学, 2008, 27(1): 25 - 28.
- [14] 杜忠. 兰州市主要绿化树种对大气污染的生理生态反应 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2007.
- [15] 孔国辉, 余清发, 易敬度, 等. 98 种园林植物对氯气的反应和抗性的研究 [J]. 生态学报, 1984, 4(1): 21 - 33.
- [16] 鲁敏, 李英杰, 鲁金鹏. 绿化树种对大气污染物吸收净化能力的研究 [J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(2): 7 - 9.
- [17] 陶玲, 任珺, 杜忠. 二氧化硫对绿化树种生理指标的影响 [J]. 环境化学, 2007, 26(5): 710 - 711.
- [18] 张志杰, 张维平. 环境污染生物监测与评价 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.
- [19] 程晶. 植物监测法评价大气中 SO₂ 污染状况 [J]. 辽宁城乡环境科技, 1999, 19(4): 44 - 48.
- [20] 郑丕珍. 运用植物学方法推定大气污染 [J]. 环境监测管理和技术, 2001, 13(5): 41 - 42.
- [21] 陈小勇, 宋勇昌. 蚕豆监测大气 SO₂ 污染的指标筛选研究 [J]. 应用生态学报, 1994, 5(3): 303 - 308.
- [22] 韦春. 兰州市西固区域环境空气质量的污染特征 [J]. 环境监测管理和技术, 2008, 20(3): 28 - 30.
- [23] 张云, 张成君. 兰州市大气降尘中 PAHs 分布与生态风险评估 [J]. 环境监测管理和技术, 2008, 20(5): 20 - 24, 32.
- [24] 涂大正. 植物生理学 [M]. 长春: 东北师范大学出版社, 1992.
- [25] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高教出版社, 2000.
- [26] WR IGH T I J, RE I H P B, WESTOBY M. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high-and low-rainfall and high-and low-nutrient habitats [J]. Functional Ecology, 2001, 15(4): 423 - 434.
- [27] WR IGH T I J, WESTOBY M, RE I H P B. Convergence towards higher leaf mass per area in dry and nutrient-poor habitats has different consequences for leaf life span [J]. Journal of Ecology, 2002, 90(3): 534 - 543.
- [28] WR IGH T I J, RE I H P B, WESTOBY M, et al. The worldwide leaf economic spectrum [J]. Nature, 2004, 428(6985): 821 - 827.
- [29] 段昌群. 植物对环境污染的适应与植物的微进化 [J]. 生态学杂志, 1995, 14(5): 43 - 50.
- [30] 刘荣坤, 李世承. 植物对二氧化硫生理反应的研究 1. 二氧化硫对蓖麻叶质膜透性、叶绿素含量和花粉生长的影响 [J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 1980, 7(2): 60 - 68.
- [31] 高厚强, 张晓玲. 合肥市大气污染对植物叶绿素 (a, b) 含量比例的影响 [J]. 安徽农业科学, 2003, 31(3): 367 - 368.
- [32] XDNG Z T. Bioaccumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species on *hus oleraceus* L. [J]. Environmental Pollution, 1997, 97(3): 275 - 279.
- [33] 周兴文. 沈阳市区大气 SO₂ 污染程度的叶绿素含量监测分析 [J]. 植物资源与环境, 1997, 6(3): 63 - 64.
- [34] 连玉武, 黄道营. 植物叶绿素含量与大气环境相关性研究 [J]. 环境保护科学, 1989, 15(3): 28 - 31.
- [35] 骆永明, 查宏光, 宋静, 等. 大气污染的植物修复 [J]. 土壤, 2002, 45(3): 113 - 119.

· 征订启事 ·

欢迎订阅 2010 年《四川环境》 中国科技论文统计源期刊 (中国科技核心期刊)

《四川环境》杂志 (国内统一刊号: CN51 - 1154/X, 国际标准刊号: ISSN1001 - 3644) 是由四川省环境保护局主管, 四川省环境保护科学研究院、四川省环境科学学会联合主办的一种综合性、科技性学术类期刊。本刊设有: 试验研究、生态环境、环境监测、治理技术、环境科研、环境工程、环境医学、环境经济、综述、环境法规、环境评价、环境规划、环境教育、环境管理、环境对策、环境咨询、环境论坛、人口资源与环境、综合利用、污染与防治、调查报告、考察报告、问题探讨、知识介绍、动态简讯等栏目。本刊为双月刊, 128 页, 双月 26 日出版。国内订价 (含邮费) 15 元/期, 全年 6 期订价 90 元。邮发代号 62 - 75, 全国各地邮局均可订阅。如漏订, 通过邮局汇款订购, 随时办理。本刊还承接彩色或单色广告业务。

地址: 四川省成都市人民南路四段 18 号四川省环境保护科学研究院 邮编: 610041 电话: (028) 85511646

传真: (028) 85511646 E-mail: schj@scemc.cn 开户行: 成都市工商银行跳伞塔支行 账号: 4402248009008901014