

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2017.01.010

广东阳江 - 茂名地区土壤碳储量及其时空变化规律

李婷婷, 贾黎黎, 黎旭荣, 罗思亮

LI Ting-Ting, JIA Li-Li, LI Xu-Rong, LUO Si-Liang

(广东省地质调查院, 广州 510080)

(Guangdong Geological Survey, Guangzhou 510080, Guangdong)

摘要: 本文参照 DZ/T0258-2014 多目标区域地球化学调查规范(1:250000), 对调查区碳储量进行计算研究。精确计算阳江 - 茂名地区土壤碳储量, 并利用多目标区域地球化学调查实测土壤有机碳密度与 1985 年广东省第二次土壤普查取得的土壤有机碳密度进行对比, 分析 30 年来, 调查区内土壤碳密度及碳储量的时间变化规律, 为该区土壤碳循环研究提供数据支撑。研究发现, 土壤总有机碳储量为 1.19×10^8 t, 各层位有机碳占碳总储量的比例与全球土壤水平相当, 无机碳储量远小于有机碳储量。从空间分布来看, 各层位总碳和有机碳区域分布较为相似, 土壤碳密度表现出了明显的垂直地带性和水平地带性特征。水田土壤较旱地土壤有机碳含量高, 花岗岩母质对表层土壤有机质的贡献较大, 而林地对中层和底层土壤有机碳贡献较大。30 年来, 阳江 - 茂名地区在高强度人类活动改造下土壤有机碳的变化情况发现, 阳江 - 茂名地区土壤有机质含量略有增加, 其增加趋势及强度在空间上具有较大差异。而林地和农用地这两种利用类型土壤有机碳的改变是影响区域土壤有机碳储量的主要因素。

关键词: 土壤碳储量; 空间分布特征; 时间变化规律

中图分类号: P69; S153.6

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2017)01-094-06

Li T T, Jia L L, Ling X R and Luo S L. Soil carbon storage and its time variation in Yangjiang-Maoming area, Guangdong province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2017, 33 (1):94-99.

Abstract: The calculation of the carbon storage has been made in the Maoming-Yangjiang area based on the DZ/T0258-2014 multi-objective geochemical survey specification (1:250000). This result, together with the comparison of the soil organic carbon density obtained from the multi-objective geochemical survey and the second soil survey in Guangdong Province in 1985, we further analysis the time variation of the soil carbon density and the carbon storage in recent 30 years. This temporal variation can provide us data support for the research of the soil carbon cycle in the study areas. It shows that the total soil organic carbon storage in the study areas is about 1.19×10^8 t, much more than that of the inorganic carbon. In addition, the proportion of the organic carbon storage in each layer is commensurate with that of the global level. Judging from the spatial distribution, we can find that the distribution of the total carbon and the organic carbon in each layer is similar to each other, and the soil carbon density shows characteristics of vertical and horizontal zonality. Moreover, we also find that the organic carbon content in paddy soil is greater than upland soil, and granite has a large soil organic matter contribution to the surface soil,

收稿日期: 2017-1-22; 修回日期: 2017-3-31.

基金项目: 中国地质调查局“广东阳江 - 茂名地区多目标地球化学调查”(编码: 12120113000500)项目资助。

第一作者: 李婷婷(1987—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事地球化学勘查、农业地质调查与研究工作, E-mail: 314825424@qq.com.

while the forest contributes more to the middle and lower layers. In recent 30 years, although there is a great space difference in increase trend and intensity, the soil organic matter content in the Yangjiang-Maoming area has increased slightly, which may be associated with the high intensity of human activities. Forest and agricultural land, as two main kinds of use type soil, their changes in organic carbon content should be the major factor in influencing the regional soil organic carbon storage.

Key words: soil carbon storage; spatial distribution characteristics; time variation law

土壤碳库是陆地生态系统中最大的碳库,土壤碳库动态是陆地生态系统碳循环及全球变化研究的重点和热点之一^[1],自然因素和人为因素都会影响土壤有机碳储量。而土壤碳库以土壤有机质的形态储存于土壤中,其稳定、增长或释放都与大气碳库的变化有重要的关系。近年来,由于人类对自然资源,尤其是化石燃料的燃烧、开荒毁林和改变土地利用方式等活动,对碳在地球各圈层之间的平衡有相当大的影响,尤其是大气圈和土壤圈^[2]。造成大气 CO₂ 浓度增高,而 CO₂ 作为温室气体的主要成分之一,对全球温度的上升有直接的影响。土壤是陆地生态系统最大且周转时间最慢的碳库,由有机碳库和无机碳库组成,土壤无机碳库所占比例较小,土壤有机碳的积累和分解的速率决定着土壤碳库的储量;土壤有机碳也是土壤肥力的重要体现^[3]。因此,无论是研究地球各圈层的物质循环,还是维护农业经济的可持续发展,都需对土壤有机碳的储量和分布特征进行研究。目前对于土壤有机碳储量研究有很多种方法和模型,但由于资料来源不同,所得结果存在一定的差异。本文参照 DZ/T0258-2014 多目标区域地球化学调查规范(1:250000),对调查区碳储量进行计算研究。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

阳江-茂名调查区地处广东省西南部,东毗珠江三角洲,西临湛江,北连广西壮族自治区,南临中国南海。境内海岸线曲折,港湾多,海岸线总长达 589.9 km。区内海陆空交通便利,三茂、阳阳、河茂、茂湛铁路和阳湛、广东西部沿海高速公路以及 207、325 国道连成网络,还有茂名港、阳江港,以及阳江民航机场。交通基本已形成立体网络,靠近东部的阳江更是已融入珠江三角洲两小时经济圈。

阳江-茂名地区在大地构造上属华南褶皱系,

涉及范围横跨云开大山隆起及粤中凹陷两个构造单元,区内地貌结构:山地、丘陵、台地、平原兼有,以山地、丘陵面积较广,属粤西沿海流域区,河川发达,溪流密布。地处北回归线以南,属亚热带季风气候,温和湿润,雨量充沛。全年平均气温 22℃ 以上,年平均降雨量在 1530~2346 mm 之间。夏秋台风较多,有利于环境自净,但自然灾害也比较多;阳江市江城区及阳东县亦是广东暴雨中心之一。据载,每年 7-9 月有 2-3 次台风袭击,风力 7-8 级,最大可达 12 级;每年 11 月到次年 3 月迷雾较多,阴天 500 m 以上的山区,云雾环绕,终日不散。

1.2 土壤碳储量的计算方法

土壤碳密度是指单位面积内(km²)中一定深度土体中碳元素(包括有机碳和无机碳)的储量(质量),单位一般为 kg/m²、t/km²。土壤碳储量是指一定面积内一定深度土壤的碳储量(质量),一般用质量单位表示,常用单位有 t、Gt、Pg 等。分别计算表层(0-20 cm)、中层(0-100 cm)、底层(150-180 cm)、深层(0-180 cm)等不同层位土壤全碳、有机碳、无机碳储量及密度。本文参照 DZ/T0258-2014 多目标区域地球化学调查规范(1:250000),对调查区碳储量进行计算研究,具体计算方法如下^[4]:

1.2.1 土壤碳密度

土壤碳密度计算公式:

$$SCD=D \times \rho \times C \div 10$$

式中:SCD---土壤碳密度,单位为千克每平方米(kg/m²);

D----土壤深度,单位为厘米(cm);

ρ ----土壤容量,单位为克每立方厘米(g/cm³);

C----土壤碳含量,%;

10----单位换算系数;

土壤碳密度计算深度不同,土壤有机碳和无机碳含量取值不同:

D=20 cm 时,C 为表层土壤碳含量 (无机碳和有机碳);

D=100 cm 时,计算公式如下:

有机碳含量:

$$TOC = \frac{(TOC_{表} - TOC_{深}) \cdot [(d_1 \cdot 100) \cdot 100 \cdot (\ln 100 \cdot \ln d_2)]}{100(\ln d_1 \cdot \ln d_2)} \cdot TOC_{深}$$

无机碳含量:

$$TIC = \frac{(TIC_{表} - TIC_{深}) \cdot (d_2 \cdot 100)}{100(d_2 \cdot d_1)} \cdot TIC_{深}$$

D=180 cm 时,计算公式:

有机碳含量:

$$TOC = \frac{(TOC_{表} - TOC_{深}) \cdot (d_2 \cdot 100)}{100(d_2 \cdot d_1)} \cdot TOC_{深}$$

无机碳含量:

$$TIC = \frac{(TIC_{表} - TIC_{深}) \cdot (d_2 \cdot 100)}{100(d_2 \cdot d_1)} \cdot TIC_{深}$$

式中:TOC_表和 TIC_表----- 为表层土壤有机碳和无机碳含量,%;

TOC_深和 TIC_深----- 为深层土壤有机碳和无机碳含量,%;

d1-----10;

d2----- 深层土壤实际采样深度, 单位为厘米 (cm)

1.2.2 单位土壤碳量

单位土壤碳量是指以 4km² 为单位的范围内,一定深度土体中的碳量。

单位土壤碳量计算公式如下:

$$USCA = 4 \times 10^3 \times SCD$$

式中:USCA----- 单位土壤碳量,单位为吨(t);

4 × 10³----- 换算系数;

SCD----- 土壤碳密度, 单位为千克每平方米 (kg/m²)

1.2.3 土壤碳储量

土壤碳储量计算公式:

$$SCR = \sum_{i=1}^n USCA_i$$

式中:SCR----- 土壤碳储量,单位为吨(t);

USCA----- 单位碳储量,单位为吨(t);

n----- 土壤碳储量统计范围内,单位土壤碳量的加和个数。

2 结果与分析

2.1 不同深度碳储量及区域分布特征

按照上述不同层位土壤碳储量计算方法,分别计算了调查区表层(0-20 cm)、中层(0-100 cm)、底层(150-180 cm)、深层(0-180 cm)等不同深度土壤总有机碳(TOC)、总碳(TC)和总无机碳(TIC)量,计算结果见表1。

由表1可知,调查区内表层土壤(0-20 cm)碳密度平均值为 2.82 kg/m²,低于全国水平,这可能是由于阳江-茂名地区地处热带亚热带地区,水热条件较好,土壤有机质分解快,加上土壤过度开垦,易造成土壤有机质的损失;底层土壤碳密度平均值为 1.79 kg/m²,土壤表层碳密度大于底层土壤碳密度,是底层土壤碳密度的 1.59 倍。表层土壤碳储量是底层土壤碳储量的 1.57 倍,远大于底层土壤碳储量。调查区内表层、中层、深层土壤碳储量分别为 2.56 × 10⁷ t、9.74 × 10⁷ t、1.44 × 10⁸ t,其中有机碳分别为 2.18 × 10⁷ t、7.81 × 10⁷ t、1.19 × 10⁸ t,占相应层位总碳储量的比例分别为 85.16%、80.18%和 82.64%,各层位有机碳占碳总储量的比例与全球土壤水平相当。无机碳储量远小于有机碳,分别为 3.85 × 10⁶ t、1.93 × 10⁷ t、2.52 × 10⁷ t,占相应层位总碳储量的比例分别为 14.84%、19.82%和 17.36%。

表1 研究区不同层土壤各种形式的元素量

Table 1 Elements composition in different depth of soil in Yangjiang-Maoming area, Guangdong province

深度 (cm)	总量 t			本区碳密度 kg/m ²			其他地区有机碳密度 kg/m ²		
	TC	TOC	TIC	TC 密度	本区 TOC	TIC 密度	珠三角	洞庭湖区	内蒙古
表层	2.56E+07	2.18E+07	3.85E+06	2.82	2.39	0.42	2.27	3.87	
中层	9.74E+07	7.81E+07	1.93E+07	10.71	8.59	2.12	8.67	15.77	
深层	1.44E+08	1.19E+08	2.52E+07	15.88	13.10	2.77	13.72	21.96	9.59
底层	1.63E+07	1.36E+07	2.63E+06	1.79	1.50	0.29	1.16	1.01	

注:表层深度为 0-20 cm,中层为 0-100cm,底层为 150-180cm,深层为 0-180cm.

一般认为,土壤碳库主要是由土壤有机碳库贡献的,而土壤无机碳库对整个土壤碳库的贡献是极少的,可以忽略的。

与广东省珠三角地区土壤相比(表 1),调查区土壤有机碳密度较珠三角地区有机碳密度略低,底层有机碳密度稍大于珠三角地区底层土壤有机碳密度。与我国其它地区土壤相比,调查区全层土壤有机碳密度相对较低,远低于吉林(27.42 kg/m^2)、洞庭湖、江苏(17.12 kg/m^2)等地区,但高于内蒙古(9.59 kg/m^2)。王邵强等研究发现,在东北地区和四川盆地由于植物茂密,气候湿润,土壤有机质积累过程明显;内蒙古等地及中西部地区由于水分、温度的限制,地表植被覆盖少,土壤有机质输入量少,因而 TOC 密度最低^[4]。

从表层、中层、深层土壤的碳密度空间分布可见,各层位总碳和有机碳区域分布较为相似。表层土壤有机碳与全碳密度高值区主要分布在茂名市茂南区公馆圩至阳江市阳江县新圩镇一带,包括茂名市区以东、电白区坡心镇、大衙镇、观珠镇、马踏镇北西部,以及阳江市新圩镇、塘口镇、白沙镇、双捷镇等,呈带状分布。其他高值区零星分布于阳西县溪头镇,阳西县城、电白区笪桥镇、化州市新安镇,并在化州市以西、高州市石板镇以西、高州市潭头-大井东部出现极值点。从地貌上看主要分布与盆地、平原、丘陵、岗地等地势较低处,水田较多的区域。其次,花岗岩出露地区表层有机碳含量较高。深层土壤有机碳与全碳密度高值区主要分布在调查区的北西(大片分布)及东部少数地区,并在高州市荷花镇南西,化州市那务镇以东,高州市大井镇南部,茂名市茂南区金塘镇北东,阳江市白沙镇以南出现极值点。而在调查区西南及中部地区碳密度低值区成片分布,在东南沿海地带碳密度出现最低值。

中层土壤有机碳和全碳密度高值区分布与深层土壤有机碳和全碳密度高值区分布相似。主要分布于地势较高的丘陵、台地及山区,主要为旱地和林地。有机碳的这种分布特征说明,调查区内,水田土壤较早地土壤有机碳含量多,花岗岩母质对表层土壤有机质的贡献较大,而林地对中层和深层土壤有机碳贡献较大。

2.2 区内土壤有机碳不同时空变化规律

利用多目标区域地球化学调查实测土壤有机

碳密度与 1985 年广东省第二次土壤普查取得的土壤有机碳密度^[6]进行对比,分析 30 年来,阳江-茂名地区在高强度人类活动改造下土壤有机碳的变化情况。其中第二次土壤普查数据依据《广东土壤》第二次土壤普查数据制作的耕层土壤有机质含量分布图,对应多目标区域地球化学调查采样网格提取土壤有机质平均含量值,除以转换系数 1.724 换算为有机碳含量值。

对比结果表明,30 年来,阳江-茂名地区土壤有机质含量略有增加。1985 年调查区表层土壤有机质平均含量为 1.66(%),2015 年表层土壤有机质平均含量为 1.93(%),略有增加。从空间变化上来看,其增加趋势及强度在空间上具有较大差异(图 1),增加高值点主要出现在茂名市茂南区白沙镇、阳江市及北东部分区域、阳西县塘口镇、电白区黄岭镇、电白区马踏镇-望夫镇、电白区观珠镇、电白区小良镇以西、茂南区公馆镇、化州市官桥镇、化州市平定镇以南、化州市文楼镇、化州市那务镇、高州市荷花镇南西。其中,在阳江市西南和东北区域、阳西县塘口镇、电白区黄岭镇以及化州平定以南,增加幅度最大。调查区西部存在大片有机质含量降低的区域,高州市大井镇以西、高州市沙田镇-化州市江湖镇、电白区坡心镇及其西部地区降低趋势尤为显著;东南沿海地带存在较大面积弱降低区域。

不同利用类型土壤有机碳密度统计结果见表 2。与 1985 年土壤有机碳密度相比,30 年间阳江-茂名地区土壤有机碳密度和有机碳储量有所增加,增加幅度为 15.96%。农用地、城镇用地、林地有机碳密度均有所增加,有机碳密度分别增加 0.08 kg/m^2 、 0.94 kg/m^2 、 0.25 kg/m^2 ,增加幅度分别达 18.35%、30.33%、13.41%。其中,城镇用地有机碳密度增加幅度最大,达 30.33%,这可能跟投影地图老旧,图中没有及时更新城区的扩大,导致统计城镇用地面积较小,样品数量较少有关,还需进一步研究。而滩涂土壤有机碳密度降低 0.27 kg/m^2 ,降低幅度达 16.44%,降幅较大,考虑与部分样品含砂较多有关。由于调查区内林地和农用地分布面积较大,且林地和农用地有机碳储量分别增加 $1.01 \times 10^6 \text{ t}$ 和 $0.20 \times 10^7 \text{ t}$,占全区有机碳储量变化量的比例分别为 13.41%和 18.35%,所以认为这两种利用类型土壤有机碳的改变是影响区域土壤有机碳储量的主要因素。

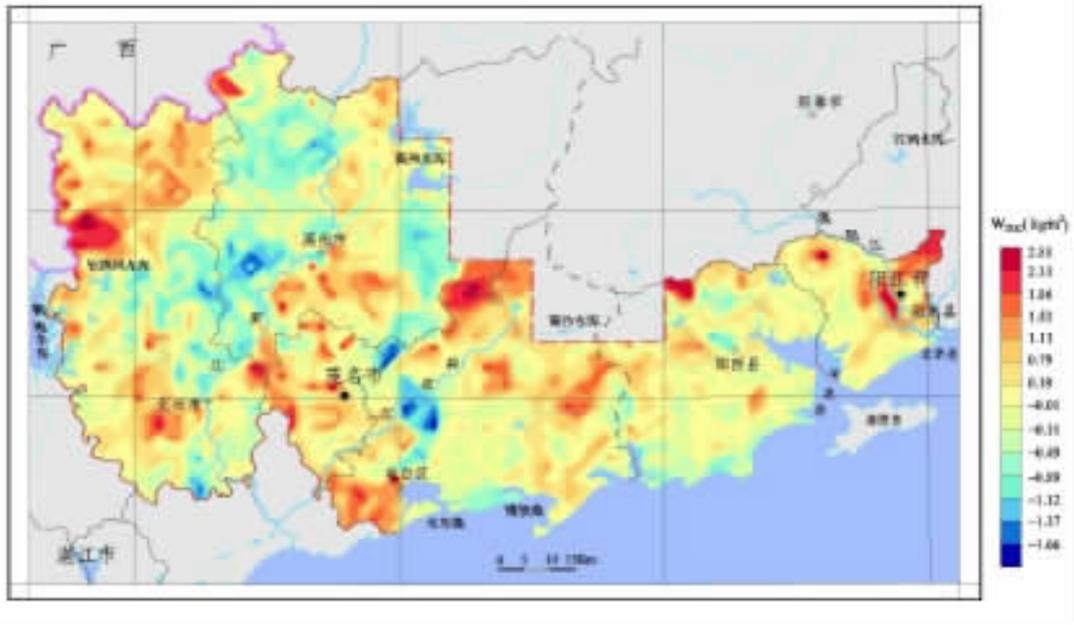


图1 表层土壤有机碳含量变化空间分布图

Fig. 1 Spatial variation of organic carbon content of soil in Yangjiang–Maoming area, Guangdong province

表2 广东阳江–茂名地区不同时期土地利用类型表层土壤有机碳储量分布对比

Table 2 Organic carbon storage in surface soil comparison among different use-type lands in 1985 and 2015 in Yangjiang–Maoming area, Guangdong province

土地利用类型	面积 (km ²)	多目标调查 (2015年)		第二次普查 (1985年)		变化趋势		
		有机碳储量/t	有机碳密度/kg/m ²	有机碳储量/t	有机碳密度/kg/m ²	有机碳储量/t	有机碳密度/kg/m ²	比例 (%)
农用地	5340	1.29E+07	2.11	1.09E+07	2.03	0.20E+07	0.08	18.35
城镇用地	40	1.13E+05	2.82	8.67E+04	1.88	2.63E+04	0.94	30.33
林地	3532	8.54E+06	2.42	7.53E+06	2.17	1.01E+06	0.25	13.41
水域	188	2.49E+05	1.32	2.98E+05	1.59	-0.49E+05	-0.27	-16.44
汇总	9100	2.18E+07	2.17	1.88E+07	1.92	0.30E+07	0.25	15.96

3 讨论

阳江–茂名地区土壤有机碳储量计算结果显示,调查区内表层土壤碳密度平均值为 2.82 kg/m²。土壤总有机碳储量为 1.19 × 10⁸ t, 底层土壤碳密度平均值为 1.79 kg/m², 土壤表层碳密度大于底层土壤碳密度, 是底层土壤碳密度的 1.59 倍。表层土壤碳储量是底层土壤碳储量的 1.57 倍, 大于底层土壤碳储量。各层位有机碳占碳总储量的比例与全球土壤水平相当, 无机碳储量远小于有机碳储量。从空间分布来看, 各层位总碳和有机碳区域分布较为

相似, 土壤碳密度表现出了明显的垂直地带性和水平地带性特征。表层土壤有机碳与全碳密度高值区从地貌上看主要分布与盆地、平原、丘陵、岗地等地势较低处, 水田较多的区域。其次, 花岗岩出露地区表层有机碳含量较高。而中层土壤有机碳和全碳密度高值区分布与深层土壤有机碳和全碳密度高值区分布相似。主要分布于地势较高的丘陵、台地及山区, 主要为旱地和林地区。

分析 30 年来阳江–茂名地区在高强度人类活动改造下土壤有机碳的变化情况发现, 阳江–茂名地区土壤有机质含量略有增加, 其增加趋势及强度在空间上具有较大差异。调查区西部和东南沿海地

带存在大片有机质含量降低的区域。对不同利用类型土壤有机碳密度统计发现,30 年间阳江 - 茂名地区土壤有机碳密度和有机碳储量均有所增加,仅滩涂土壤有机碳密度有所降低。由于林地和农用地分布面积较大,所以这两种利用类型土壤有机碳的改变是影响区域土壤有机碳储量的主要因素。

参考文献:

[1] 许文强,陈曦,罗格平,王涛,蔺卿.干旱区三工河流域土壤有机碳储量及空间分布特征[J].自然资源学报, 2009, 24(10): 1740-1747.

[2] 王绍强,周成虎,李克让,朱松丽,黄方红.中国土壤有机碳库及空间分布特征分析 [J]. 地理学报, 2000, 55(5): 533-544.
 [3] 甘海华,吴顺辉,范秀丹.广东土壤有机碳储量及空间分布特征[J].应用生态学报, 2003, 14(9):1499-1502.
 [4] 中国地质调查局.DZ/T 0258-2014 《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》[S].2014.
 [5] 唐晓红,吕家恪,魏朝富,谢德体,潘根兴,曾希柏.区域稻田土壤碳储量的空间分布特征 [J]. 中国农业通报, 2009, 15(14):173-177.
 [6] 广东省土壤普查办公室.广东土壤[M].北京:科学出版社, 1993.

《华南地质与矿产》参考文献著录格式

本刊按引用文献在正文中出现的先后顺序连续编码,以阿拉伯数字排序,并用方括号标注。引用格式举例:“花岗岩成矿问题研究近年来取得了不少进展[1, 23-27]。”“高山和金振民[1]最早将“拆沉作用”的概念引入国内。”“原始地幔数据引自文献[26]。”

文后参考文献著录格式如下:

1 普通图书

[序号](顶格,下同)作者(全部列出). 书名[M]. 版次(第1版不写). 出版地:出版者,出版年:起止页码. 例如:

[1] 史明魁,傅必勤,靳西祥,周雪昌.湘中铋矿[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1993: 56-67.

2 普通图书、会议论文集等中析出的文献

[序号] 作者(全部列出). 题名[文献类型标识]//原文献编者(全部列出). 原文献题名. 版次(第1版不写). 出版地:出版者,出版年:起止页码. 例如:

[1] 陈丕基,万晓樵,曹流,等.中国陆相白垩系富饶阶研究进展[M]// 王泽九,黄枝高.中国主要断代地层建阶研究报告(2001-2005).北京:地质出版社,2008:65-73.

3 连续出版物中析出的文献

[序号] 论文作者(全部列出).题名[J].连续出版

物名,出版年,卷号(期号):起止页码.例如:

[1] 李献华.扬子地块南苑四堡群 Sm-Nd 同位素体系及其地壳演化意义[J].地质科学,1996,31(3): 218 - 228.

4 学位论文

[序号]作者. 题名[D].保存地点:保存单位,年份.

例如:

[1] 刘锐.华夏地块前海西期地壳深熔作用[D]. 武汉:中国地质大学(武汉),2009: 65 - 69.

5 参考文献类型及其标识

文献类型	类型标识
普通图书	M
会议论文集	C
报纸文章	N
期刊文章	J
学位论文	D
报 告	R
汇 编	G
档 案	B
标 准	S
专 利	P
参考工具	K
其 他	Z