

文章编号: 1008-2786-(2008)6-672-06

# 古水耕人为土诊断层的特征与形成过程 ——以广汉三星堆遗址水耕人为土为例

何毓蓉<sup>1</sup>, 徐祥明<sup>1</sup>, 吴晓军<sup>2</sup>, 王艳强<sup>1</sup>, 贺秀斌<sup>1</sup>

(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. 四川省农业厅土肥生态处, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 选定广汉三星堆遗址的典型古水耕人为土, 研究剖面的诊断层特性与形成过程, 取得了以下主要研究成果: 形成时期长、发育程度高的古水耕人为土, 在土壤剖面形态和特性上, 表现出明显的层次分化。同时水耕表层结构发育, 犁底层适度紧实和有一定结构发育; 水耕氧化还原层表现出物质的水耕淋淀及其转化特征等。深化了水耕人为土诊断层及其形成过程的认识。对高肥力水耕人为土的培育, 以及在水耕人为土系统分类研究上取得进展, 都有一定意义。

**关键词:** 古水耕人为土; 剖面特征; 诊断层特性; 形成过程; 三星堆遗址

**中图分类号:** S155.4<sup>+</sup>2

**文献标识码:** A

我国是世界上栽培水稻历史最悠久的国家之一, 据在长江中下游考古发现证明我国是水稻栽培的发源地<sup>[1, 2]</sup>。我国也是最早开展水稻土研究的国家<sup>[3, 4]</sup>。随着我国上千年历史的古文化遗址和古稻田的不断被发现, 近年在古水稻土发生、特性、微生物和肥力等研究上也取得了多方面的新进展<sup>[5, 6]</sup>。在土壤系统分类研究中, 水耕人为土的诊断层和系统分类也是我国具有特色的研究领域<sup>[7, 8]</sup>。我国作为有悠久农耕历史的国家, 多处古稻田遗址的发现, 为我们从千年时间尺度上, 深入开展水耕人为土形成及系统分类研究领域, 提供了得天独厚的研究对象和材料。

四川省广汉市三星堆遗址有 4 000 多年历史, 在其周边应有古稻田分布, 目前对该地古水耕人为土还未开展研究。本文选取三星堆遗址附近的典型古水耕人为土剖面, 从土壤形成、剖面形态, 特别是诊断层特性等方面进行研究, 以期对我国水耕人为土系统分类研究取得新进展有所贡献。

## 1 研究样区概况和研究方法

### 1.1 研究样区自然环境概况

三星堆遗址位于四川省广汉市中西部, 104°10' ~ 104°12'E, 31°03' ~ 31°05'N, 海拔 455 ~ 515 m。该地有沱江水系的 2 条支流, 北为鸭子河, 南为马牧河, 水源丰富。同时土层深厚肥沃。其发育的土壤母质, 在拔河高度 5 ~ 8 m 的 II 级阶地, 据<sup>14</sup>C 测定<sup>[9]</sup>, 为距今 2.5 ~ 50 ka 前形成的第四系晚更新统黄色广汉粘土<sup>[9]</sup>; 在拔河高度 3 ~ 6 m 的 I 级阶地, 为距今 2.5 ~ 6.7 ka 形成的第四系全新统灰黄色沉积物; 在近河地区的河漫滩地为近代河流灰色或灰棕色冲积物<sup>[10]</sup>。该区为亚热带湿润气候, 年均温 17.8 °C, 年降水量 890.8 mm (集中于 7 ~ 9 月), 年平均相对湿度 82%, 年均无霜期 281 d。可见当地的自然地理条件非常适宜于水耕农业。所以该地区的水耕人为土面积占区内总耕地面积的比例高达

收稿日期 (Received date): 2008-07-04.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-409). [This work was supported by Knowledge Innovation Program of CAS (KZCX2-YW-409).]

作者简介 (Biography): 何毓蓉, 男, 研究员, 主要从事土壤地理和土壤微形态研究。[He Yurong male born in Chengdu, Sichuan province Prof of Institute of Mountain Hazards and Environment Main research fields cover soil geography and micromorphology.] E-mail: yrh@imde.ac.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

87%。由于灌溉排水条件好,一般稻田都为水旱轮作,5~9月灌水种稻,其余时间多种植小麦或油菜等。

## 1.2 研究样点

据考古资料,结合已有对三星堆遗址的古环境的文献研究表明,该地古蜀文明可分为 4 个文化期:第 1 期为新石器晚期(5~4.2 ka BP),第 2 期为夏商代早期(4.2~3.6 ka BP),第 3 期为商代中晚期(3.6~3.0 ka BP),第 4 期为商代晚期和西周早期(3.0~2.8 ka BP)。根据中国气候研究在三星堆文化的第 2~4 期,正好为温暖湿润气候时期<sup>[11]</sup>。同时近年在我国长江中下游考古发现了多处被认为是世界上最早的稻作文化遗址,如浙江余姚河姆渡,长江三角洲崧墩遗址等地,就发现了距今 6~7 ka 前的水耕稻作文物证据<sup>[1,2]</sup>。处在长江上游的三星堆遗址,正时逢夏、商和西周年代日益繁盛起来的青铜器和农耕时代,又具备水热丰沛、土质膏腴的自然环境,显然该地完全具备了水耕农业发展的条件。这就为采集发育历史久远的古水耕人为土剖面提供了考古学依据<sup>[12]</sup>。

三星堆遗址临河靠近水源,但同时又建在地势较高处,这是古蜀人生产生活的需要。稻田既要近水源,又须防洪水灾害,因此在近河,地势又较高的 II 级阶地,较早被开拓为水田。在离河较近,地势又低的 I 级阶地以下,容易受洪灾威胁,被开发为水田的时间相对较短。据此分别选择不同发育状况的水耕人为土剖面作为研究对象。

## 1.3 研究方法

在样区内采用 GPS 仪,测定样点的经纬度和海拔,根据不同海拔高度和离河距离,选掘代表性土壤剖面,进行土壤调查和采样进行实验研究。主要方法:①划分土壤诊断层,描述土壤形态,鉴定土壤质地、结构、新生体等;②在各层采集原状土样和混合土样;③野外以环刀法采土壤容重样品和测定容重;④用 Munsell 比色卡鉴定风干土的土色;⑤按常规分析测定:土壤颗粒组成(常用比重计法),土壤 pH(电极法),土壤有机质(丘林法),土壤游离铁(连二亚硫酸钠提取,比色法测定)。

# 2 结果与讨论

## 2.1 土壤形成特征

### 2.1.1 土壤形成环境

据 GPS 定位,剖面 GS05 104°11'42"E, 30°59'38"N, 紧邻祭祀坑(古人聚落),相距约 200 m, 距鸭子河约 800 m。剖面 GS01: 104°11'46"E, 30°59'40"N, 离祭祀坑较近,相距约 300 m, 距鸭子河与上述剖面近似。剖面 GS02 104°11'53"E, 30°59'45"N, 距祭祀坑较远,相距约 600 m, 距鸭子河约 300 m。GS05 和 GS01 剖面处在如前所述的 II 级阶地上,母质为黄色沉积粘土(广汉粘土)。GS02 剖面位于 I 级阶地上,母质为灰黄色沉积物。根据自然环境概况可知,上述剖面均具备水耕人为土形成环境。从古稻田的形成条件分析,以及探测坑发现有古文化遗迹等特点判定,GS05 和 GS01 剖面为开发历史久远的古水耕人为土;GS02 剖面发育时间相对较短,作为对照进行比较研究。

### 2.1.2 土壤剖面诊断层特征

在水耕人为成土过程影响下,研究剖面土壤都形成了相应的发生层(层次划分依据陈志诚等<sup>[3]</sup>)。其中具有诊断层意义的土层主要为水耕表层和水耕氧化还原层(表 1)。

1. 水耕表层(包括耕作亚层 A 和犁底亚层 P) GS05 和 GS01 剖面,土层总厚度 26~32 cm(中国系统分类方案规定指标 > 18 cm)<sup>[13]</sup>,其中犁底层厚度在 12~14 cm。耕作层团粒、团块状结构发育较好,富含腐殖质。质地为粘壤或沙壤。土色明度较高,彩度偏低。同时结构体中有多量黑色碳化碎屑和无定形的暗色腐殖质浸染土体。犁底层明显比上层土体紧实,有少量块状结构或无结构;但有少量孔隙。有一定量的暗褐色腐殖质、暗棕色铁锰胶膜和斑纹。GS02 剖面与上述剖面有较大差异,如质地偏沙性。有机质腐殖质化不明显。耕作层紧实,犁底层比之松软等。

2. 水耕氧化还原层(B) ①GS05 和 GS01 剖面发育有明显亚层分化和发育。厚度 48~54 cm(中国系统分类方案规定指标 > 20 cm)。②GS05 剖面分为氧化还原型亚层(B<sub>ig</sub>)和还原型水耕淀积层(B<sub>ir</sub>)。前者土色和结构与上层有一定变化,棕色、暗棕色铁质胶膜或斑纹等增多,具潜育过程发生特征。后者土色突变为灰白色,明度较高,彩度偏低。铁锰斑纹分散。有季节性渍水还原过程形成的特征。③GS01 剖面其上为还原型水耕淀积亚层(B<sub>ir</sub>);其下为氧化型水耕淀积亚层(B<sub>in</sub>)。前者土色呈灰黄色,也有不均匀分布的黄棕色-暗棕色铁锰斑纹。受季节性渍水,还原过程较明显。后者除

有铁锰斑纹外,在结构表面还有多量的灰白色粉沙-粘粒准胶膜,有明显的淋溶淀积过程。④GS02剖面的水耕氧化还原层,尚无亚层分化,上下层土色变化小,有少量黄棕色铁锰新生体,质地偏沙性等。从形态特征上分析,土壤发育较弱。故仅发育为水耕锥形层(Bc)。⑤GS05和GS01剖面都有土色突变的偏灰白色的还原型水耕淀积层(Bir),土色显著变化,本意味所含铁锰成分有所淋移。但对剖面各土层的游离铁分析结果看出(图1),该层游离铁含量并没有减少,有的剖面游离铁还有所增加。表明在还原型水耕淀积层中,铁锰等物质形态特征发生了变化,但含量却没有明显变化或有所增加。

的偏灰白色的还原型水耕淀积层(Bir),土色显著变化,本意味所含铁锰成分有所淋移。但对剖面各土层的游离铁分析结果看出(图1),该层游离铁含量并没有减少,有的剖面游离铁还有所增加。表明在还原型水耕淀积层中,铁锰等物质形态特征发生了变化,但含量却没有明显变化或有所增加。

表 1 土壤剖面特征  
Table 1 Description of soil profiles

剖面	土层	深度 (cm)	基本土色 (干态)	质地	结构	HCl 反应	新生体/侵入体
GS 05	A	0~20	暗灰黄 2.5Y 5/2	沙粘壤	粒、团块状	无	植物残碎体,腐殖质颗粒,碳碎屑
	P	20~32	灰黄 2.5Y 6/2	粘壤	无结构、块状	无	有铁质斑纹
	B <sub>ig</sub>	32~64	黄灰 2.5Y 5/1	粘壤	块状	无	多铁质斑和胶膜、少量陶器碎片
	B <sub>ir</sub>	64~80	淡灰 2.5Y 7/1	粘土	棱块状	无	多铁质锈斑和胶膜、有灰白色粉沙-粘粒准胶膜,多量陶器碎片
	C	80~100	浊黄 2.5Y 6/3	粘土	无结构	无	少量铁锈斑、纹
GS 01	A	0~12	灰黄棕 10YR 5/2	沙壤	粒、团块状	无	植物残碎体,腐殖质颗粒,碳碎屑
	P	12~26	浊黄棕 10YR 5/3	沙壤	无结构、块状	无	有铁质斑纹
	B <sub>ir</sub>	26~43	灰黄 2.5YR 7/2	壤沙土	棱块状	无	多铁锰胶膜和锈斑;少量碎瓦片,多灰白色粉沙-粘粒准胶膜
	B <sub>im</sub>	43~70	橙 7.5YR 6/6	沙粘土	棱块状	无	多量灰色粉沙-粘粒准胶膜,铁锈斑和胶膜也较多;少量陶器碎片
	C	70~98	亮棕 7.5YR 5/6	粘壤	无结构	微弱	-
GS 02	A	0~15	灰黄 2.5Y 6/2	壤沙土	块状	无	植物残碎体
	P	15~23	浊黄 2.5Y 6/3	壤沙土	块、粒状	无	有少量铁锈斑
	B <sub>c</sub>	23~40	浊黄 2.5Y 6/4	壤沙土	棱块状	无	少量灰色粉沙准胶膜
	BC	40~60	亮黄棕 2.5Y 6/6	沙壤土	无结构	微弱	-
	C	60~80	亮黄棕 2.5Y 7/6	壤沙土	无结构	微弱	-

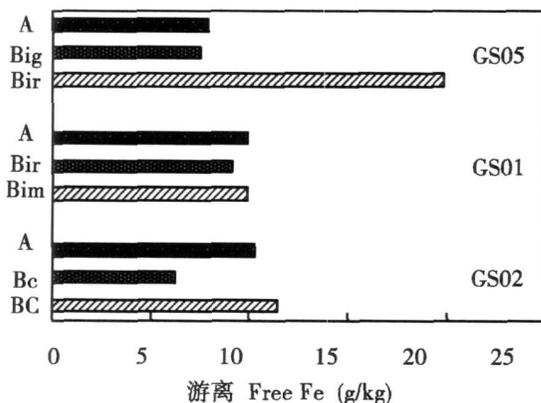


图 1 土壤剖面游离铁含量

Fig 1 Free iron oxides of the three profiles

3. 人为活动侵入体 在GS05和GS01剖面犁底层下土层都发现有古文化遗迹,如陶器碎片等侵入体,表明它们的形成年代较早。在GS02剖面则未有发现。

## 2.2 土壤诊断层特性

土壤剖面主要诊断层的一些基本特性分析结果列于表2。主要可看出,古水耕人为土(GS05和GS01)的水耕表层与水耕氧化还原层相比,土壤颗粒组成中,沙粒(2~0.25mm)和土壤粘粒(<0.002mm)变化明显。粘粒含量在水耕表层较低,在水耕氧化还原层较高;沙粒含量相反。土壤容重耕作层低,其他土层较高。土壤有机质含量,耕作层含量较

高,下层很低。而发育时间较短的 GS02 剖面,没有明显的层次特性分化。各剖面的土壤活性酸度 (pH),在水耕表层 (A) 都呈酸性,其他诊断层都为中性。与作为土壤母质的第四系广汉粘土或黄色沉积物含大量钙质、碱性的特征<sup>[9,14]</sup>,显然有很大的变化。

### 2.3 水耕人为土诊断层的形成过程

1. 水耕熟化过程与水耕耕作层 一般认为土壤在水的分散作用下,结构多被破坏,常常表现板结化

和湖泥化。所以水耕人为土难于形成如森林土、旱耕土等那样的优良土壤结构。但三星堆遗址的古水耕人为土却在水耕表层形成了丰富的团粒状、团块状结构。根据其形成有深厚的耕作层,土壤活性有机质(主要为腐殖质)含量丰富(如活性有机质数量,GS05 和 GS01 剖面较 GS02 剖面高出 1.49~1.57 倍)等特征分析,这主要应是在长期耕耘、施肥等水耕熟化过程影响下形成的。

表 2 土壤基本特性

Table 2 Basic physical and chemical properties of soils

剖面 编号	土层深度 (m)	土壤颗粒组成 (粒径: mm, 含量: g/kg)					O. M (g/kg)	pH (E 1)	容重 (mg/m <sup>3</sup> )
		2~ 0.25	0.25~ 0.05	0.05 ~ 0.02	0.02~ 0.002	< 0.002			
GS05	0-20	283.98	87.48	139.23	274.49	214.82	32.7	6.24	1.08
	20-32	346.26	63.57	121.21	252.36	216.60	15.9	7.02	1.33
	32-64	280.61	55.33	119.82	223.38	320.86	11.9	7.17	1.38
	64-80	156.46	31.37	124.79	263.90	423.47	10.2	7.11	1.47
	80-100	100.28	91.46	43.75	241.64	522.87	-	7.09	1.52
GS01	0-12	285.48	302.97	11.92	240.33	159.30	30.9	5.71	1.01
	12-26	346.03	370.84	43.16	89.10	150.87	15.7	6.76	1.36
	26-43	74.86	448.91	4.08	108.23	363.91	6.8	7.15	1.44
	43-70	45.55	413.45	4.14	93.20	443.65	6.5	7.26	1.40
	70-98	33.39	386.57	24.58	141.33	414.14	-	7.37	1.42
GS02	0-15	290.43	526.05	9.85	35.44	138.23	20.8	5.74	1.50
	15-23	173.07	618.21	23.58	76.65	108.49	14.4	7.17	1.41
	23-40	235.31	561.50	44.30	40.36	118.53	9.5	7.23	1.24
	40-60	233.27	380.89	123.89	139.63	122.32	10.8	7.33	1.06
	60-80	331.80	355.61	71.67	132.54	108.39	-	7.43	1.44

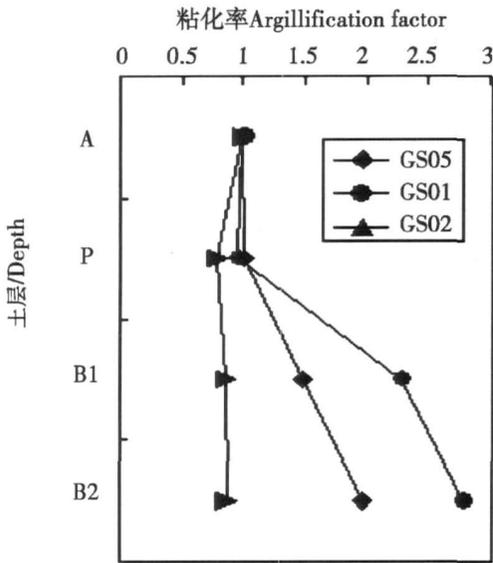
2. 犁耕和水旱轮作过程与犁底亚层 水耕人为土的人工水层是为满足水稻生理习性所必须的条件。为减少水分流失,在耕作层下形成一紧实的犁底层十分重要。但为了保持耕作层与下层土壤的水、气和养份的交换,该土层又不可过厚和过紧。以土壤容重来衡量,犁底层容重应高于耕作层,同时又较为适中(一般容重值应在 1.25~1.35 mg/m<sup>3</sup>)。由表 2 可见,古水耕人为土(GS05 和 GS01 剖面)的犁底亚层,满足了这一特征要求。长期犁耕有压实作用,同时由于水旱轮作,土壤干湿交替作用,有利于犁底层恢复和保持一定的孔隙和结构。因此古水耕人为土(GS05 和 GS01 剖面)能够形成优良的犁

底亚层。而 GS02 剖面还没有形成具此特征的犁底层。

3. 水耕氧化还原过程与水耕氧化还原层 古水耕人为土(GS05 和 GS01 剖面),有明显亚层分化发育。剖面 GS05 的亚层分为氧化还原型亚层(B<sub>ig</sub>)和还原型水耕淀积层(B<sub>ir</sub>)。剖面 GS01 分为还原型水耕淀积亚层(B<sub>ir</sub>)和氧化型水耕淀积亚层(B<sub>in</sub>)。各类亚层都有大量的铁锰斑纹、胶膜,以及粉沙-粘粒准胶膜形成,具有潜育化过程特征。B<sub>ir</sub> 层具有趋灰白色土色,具弱潜育化特征。都是在干湿交替的水分条件下,土壤发生氧化还原过程形成的特征。剖面 GS02 没有亚层,并且仅发育形成为

水耕雏形层 ( Bc)土壤氧化还原过程较弱。

4. 水耕淋溶淀积过程与诊断层特性 计算剖面粘化率(图 2)可看出: 古水耕人为土 (GS05和 GS01剖面)耕作层下的土壤都有粘化现象。这是粘粒水耕淋溶淀积过程形成的特征。同时剖面中的铁锰新生体在耕作亚层以下的诊断层中都显著增加,也说明古水耕人为土的盐基和其他移动性物质也有强烈的淋溶淀积过程,从而对土壤诊断层特性的层次分异产生影响。剖面 GS02则无粘粒的淋溶淀积特征,所以诊断层特性分化也不明显。



(注: B1和 B2分别代表相应层次)

图 2 水耕人为土剖面的粘化特征

Fig. 2 Argic characteristics of the three profiles

### 3 结论

对不同形成时期和发育状态的水耕人为土剖面的形态和诊断层进行比较研究,主要结论如下:

1. 形成时期长、发育程度高的古水耕人为土,在土壤剖面形态和特性上,表现出明显的层次分化。水耕表层(耕作亚层 A 和犁底亚层 P)、水耕氧化还原层(还原型水耕淀积亚层 B<sub>ir</sub> 或氧化还原型亚层 B<sub>ig</sub> 或氧化型水耕淀积亚层 B<sub>im</sub>)等的形态特征及其诊断特性都有明显特点。

2. 古水耕人为土的一些诊断层特征如:水耕表层土层发育深厚,团粒、团块结构发育;犁底层有适度紧实和结构孔隙发育。水耕氧化还原层表现出粘粒和其他物质的水耕淋溶及其转化特征等,可以加深对水耕人为土诊断层的认识。

3. 水耕人为土剖面形态与诊断层特征,是在水耕熟化过程、犁耕和水旱轮作过程、水耕氧化还原过程和水耕淋溶淀积过程等的综合影响下形成的。对这些过程的深入研究,将对高肥力的水耕人为土的培育有参考意义。同时也将有助于对水耕人为土诊断层及特性形成机制的分析,以及完善水耕人为土的系统分类。

致谢: 参加野外调查研究工作的还有本所周红艺博士、唐家良博士、王小丹博士和广汉农业局的同志,在此一并表示衷心感谢!

### 参考文献 (References)

[1] Ding jinlong Origin of Neolithic Paddy fields and rice farming in lower reaches of Yangtze River [ J ]. *Southeast Culture*, 2004 ( 2 ): 19 ~ 31 [ 丁金龙 . 长江下游新石器时代水稻田与稻作起源 [ J ]. 东南文化, 2004 ( 2 ): 19 ~ 31 ]

[2] G. W. Crawford Shen Chen Chen Hongbo et al. The new advancement on the origin of rice cultivation in east Asian [ J ]. *Relics from South*, 2006, ( 2 ): 92 ~ 97 [ G. W. Crawford 沈辰, 陈洪波, 等 . 东亚稻作起源研究的新进展 [ J ] 南方文物, 2006 ( 2 ) 92 ~ 97 ]

[3] Li Qingkui ed. Paddy Soils of China [ M ]. Beijing Science Press 1991: 56 ~ 76, 52 ~ 55 [ 李庆远主编 . 中国水稻土 ( M ). 北京: 科学出版社, 1991: 56 ~ 76, 52 ~ 55 ]

[4] Gong Zitong Zhang Ganlin, Huang Biao. Some implications of the 18th World Congress of Soil Science [ J ]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39 ( 1 ): 159 ~ 162 [ 龚子同, 张甘霖, 黄标 . 国际 18 届土壤学大会的启示意义 [ J ]. 土壤通报, 2008, 39 ( 1 ): 159 ~ 162 ]

[5] Cao Zhong Yang Linzhang Lin Xiangui et al. Morphological characteristics of Paddy Fields Paddy Soil profile, Phytolith and Fossil Rice Grain of the Neolithic AGE in Yangtze River Delta [ J ]. *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44 ( 5 ) 838 ~ 847 [ 曹志洪, 杨林章, 林先贵, 等 . 埤墩遗址新石器时期水稻田、古水稻土剖面、植硅体和炭化稻形态特征的研究 [ J ]. 土壤学报, 2007, 44 ( 5 ): 838 ~ 847 ]

[6] Lu Jia Hu Zhengyi Cao Zhong et al. Characteristics of soil fertility of buried ancient Paddy at Chuodun Site in Yangtze River Delta [ J ]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006 39 ( 1 ): 109 ~ 117 [ 卢佳, 胡正义, 曹志洪, 等 . 长江三角洲埤墩遗址埋藏古水稻土肥力特征研究 [ J ]. 中国农业科学, 2006, 39 ( 1 ): 109 ~ 117 ]

[7] Gong Zitong et al. Chinese Soil Taxonomy. Theory-Method-Practice [ M ]. Beijing Science Press 1999 116 ~ 131 [ 龚子同, 等 . 中国土壤系统分类: 理论·方法·实践 [ M ]. 北京: 科学出版社 . 1999 116 ~ 131 ]

[8] Gong Zitong Zhang Ganlin, Chen Zhicheng. Pedogenesis and Soil Taxonomy [ M ]. China Beijing Science Press 2007 240 ~ 250 [ 龚子同, 张甘霖, 陈志成, 等 . 土壤发生与系统分类 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2007: 240 ~ 250 ]

[9] Chen Zhirong He Yinyu. A preliminary discussion on date detem i

- nation of Guanghan Clay and Chengdu Clay with  $^{14}\text{C}$  Dates [ J ]. *Mountain Research*, 1990, 8(3): 167~ 173 [ 陈治荣, 何银武 . 据  $^{14}\text{C}$  年龄数据浅议广汉黏土与成都黏土的时代归属 [ J ]. 山地研究 ( 现山地学报 ), 1990, 8(3): 167~ 173 ]
- [ 10 ] Qian Hong Tang Rongchang. On the formation and evolution of the Chengdu Plain [ J ]. *Earthquake Research in Sichuan*, 1997, (3): 1~ 7 [ 钱洪, 唐荣昌 . 成都平原的形成与演化 [ J ]. 四川地震, 1997 (3): 1~ 7 ]
- [ 11 ] Luo Liping Zhu Lidong Yang Wenguang *et al.* Magnetic susceptibility characteristics and paleoclimate explanation of Chengdu Plain since 4 000 a [ J ]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science and Technology Edition)*, 2007, 34(3): 327~ 33 [ 罗莉萍, 朱利东, 杨文光, 等 . 成都平原 4ka 以来地层磁化率特征及气候变化意义 [ J ]. 成都理工大学学报, 2007, 34(3): 327~ 330 ]
- [ 12 ] Fu Shuen Ye Qingpei Wang Chengsan *et al.* On environmental of disappearance of Sanxing Civilization [ J ]. *Geological Science and Technology Information*, 2005, 24(3): 43~ 47 [ 付顺, 叶青培, 王成善, 等 . 三星堆文明消失原因的古环境因素探讨 [ J ]. 地质科技情报, 2005, 24(3): 43~ 47 ]
- [ 13 ] Nanjing Institute of Soil Sciences Chinese Academy of Sciences *et al.* On Chinese Soil Taxonomy ( 3rd Version ) [ M ]. Hefei China University of Science and Technology Press, 2003: 32~ 33, 43~ 44 [ 中国科学院南京土壤研究所等 . 中国土壤系统分类检索 ( 第三版 ) [ M ]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003: 32~ 33, 43~ 44 ]
- [ 14 ] He Yurong Huang Chengmin, Che Xuehua *et al.* Taxonomy classification of soils derived from loesses in hilly region of western Sichuan [ J ]. *Journal of Mountain Science*, 2001, 19(5): 334~ 338 [ 何毓蓉, 黄成敏, 陈学华, 等 . 川西丘陵地区黄色母质发育土壤的系统分类 [ J ]. 山地学报, 2001, 19(5): 334~ 338 ]

## Diagnostic Horizons Characteristics and Forming Processes of Ancient Stagnic Anthrosols

——Case study on Sanxingdui site, Guanghan, Sichuan province

HE Yurong<sup>1</sup>, XU Xiangning<sup>1</sup>, WU Xiaojun<sup>2</sup>, WANG Yanqiang<sup>1</sup>, HE Xubin<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Water Resources Ministry, Chengdu 610041, Sichuan, China;

2. Soil Ecology Office of Agriculture Bureau, Chengdu 610041, Sichuan, China)

**Abstract** The typical ancient stagnic anthrosols of Sanxingdui site had been selected to probe the diagnostic horizons characteristics and forming processes. Results showed that the ancient stagnic anthrosols which were formed in long time and high developmental degree had the characteristics of obviously horizons differentiation. In addition, soil structure was observed in the anthrostagnic epipedon and moderate tightness and soil structure in the bottom of ploughed stratum. The characteristics of eluviation and illuviation were observed in the hydragrig horizon. These results deepen the understanding of the diagnostic horizons and forming processes of stagnic anthrosols. Such knowledge can provide a great advantage to cultivate high fertility paddy soils and to obtain new progress in soil taxonomy.

**Key words** ancient stagnic anthrosols, profile characteristics, diagnostic horizons characteristics, forming processes, Sanxingdui site