

比利时勒穆尚洞穴沉积的孢粉研究

黄赐璇 陈志清

(中国科学院 国家计划委员会 地质研究所)

卡米尔·埃克

(比利时列日大学地貌与第四纪地质实验室)

摘要 勒穆尚洞是位于列日市东南的一个巨大的喀斯特洞穴,作者对位于上层与下层通道连接处的沉积物进行了孢粉研究。根据沉积物性质不同,剖面划分两部分,下部由河流相的砂砾组成,上层为数层石笋质盖板。最上层的石笋质盖板经放射性钍-230测定,年代为距今10.5万a。

根据孢粉分析,石笋质盖板层可能形成于距今10.5万a的里斯-玉木间冰期中期,当时气候温暖潮湿,生长有以榛、栎、赤杨、千金榆为主,伴有一些槭、榆、常春藤等的阔叶林,洞穴处于低洼积水的环境。剖面下部的砂砾是在此温暖期之前由地下河在不同气候条件下多次堆积而成。

此外,本文还讨论了古植被及古气候的变化以及该洞穴的演化历史。

比利时第四纪地质学的研究发展较快,近十多年来取得相当好的成绩,对喀斯特洞穴沉积的研究也做了大量的工作,目前洞穴沉积已作为第四纪地质学研究对象的一个重要方面。勒穆尚洞是列日大学地貌与第四纪地质实验室的一个重点研究对象,在实验室主任A·Pissart和沉积学家E·Juvigme教授的支持协助下,我们对勒穆尚洞的沉积物进行了孢粉研究,本文是该研究工作的一部分。

一、工作地区及剖面介绍

勒穆尚(Remois-Champs)洞是比利时一个巨大的可供旅游的石灰岩溶洞,它位于列日市东南20km,昂布兰弗(Ambleve)河边,地理坐标约在北纬50°36',东经5°38'。溶洞大致分上、

下两层,下层有一条地下河通过,它出洞后汇入昂布莱弗河,上层发育于下层之上约10m左右,

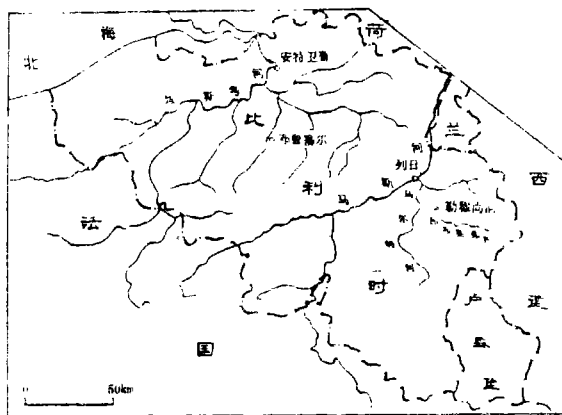


图1 勒穆尚洞位置图

Fig.1 Location map of the Remouchamps cave

以一个缓缓的斜坡朝昂布莱弗河倾斜,组成一条老的地下河道,有河流相的砂子和砾石。我们所研究的洞穴沉积物正好是位于上、下两层通道连接处,该处称为口袋底剖面(图1,图2)。

剖面可见厚度2m左右,分两部分:下部砾石层厚1~1.5m,由大小砾石夹砂土组成,砾石磨圆度很差,无分选性;上部是多层叠置的石笋质盖板,总厚度0.7m,可分数层,除个别层含砂质壤土较疏松外,其余各层均较纯、较坚硬(图3)。样品E1所在的底层石笋质盖板

曾采样经放射性铀钍法测定,年龄为距今10万a左右(M·Gewelt, 1985),我们采集了顶层E4号石笋质盖板样品,测得年龄为10.5万a*。这两次年代测定结果的误差均在其允许范围内,使我们有可能确定这儿层石笋质盖板生成的大致年代为距今10.5万a左右。其下部的砾石层则在10.5万a之前形成。

为了通过孢粉分析恢复10.5万a前后该地区植被及自然条件概况,我们采集砾石层不同部位的样品共7块、石笋质盖板样品4块进行孢粉分析,另外对洞内的现代地下河冲积物取样3块作对比分析。

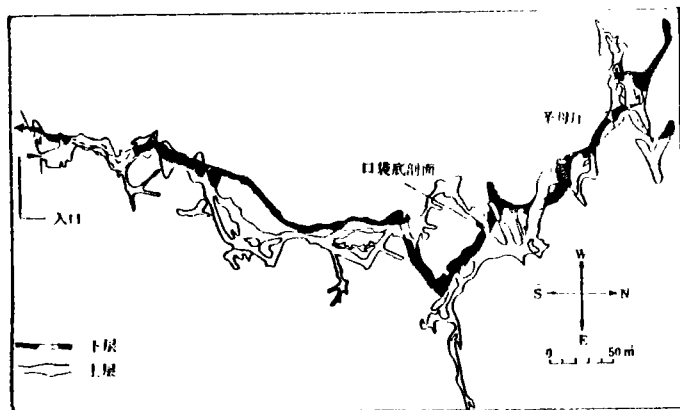


图2 勒穆尚洞投影图

Fig.2 Projective map of the Remouchamps cave

* E4样品于1987年4月由比利时莫耳核能研究中心G·Koch教授做放射性铀钍法(Th_{230}/U_{234})测定,绝对年龄

11284
105.072 ± 9385 a

实验室对化石孢粉的提取是根据样品岩性的差异,采用不同的处理方法,有别于常规的孢粉提取法*。对砾石砂土层粗物质样品,采用E·Juvigne的“在矿物沉积中所应用的花粉分离方法”^{[1][2]},处理石笋质盖板层的样品则采用Bruno Bastin“从石笋中提取孢粉的方法”^{[3][2]}。

二、现代河流沉积物的孢粉组合

孢粉学研究中一个重要环节是弄清现代沉积物孢粉组合同现代植被组成之间的联系,它将有助于较为正确地解释化石孢粉谱,使古植被的再造尽可能符合实际。比利时学者Freddy Damblon曾经对勒穆尚洞内外表层沉积物做过孢粉研究^[4],在他的工作基础上,我们补充了洞内现代地下河沉积物的孢粉研究工作,共采3块样品。F1样品于1986年10月采自河床表层淤泥, F2和F3样品是1987年1月分别采自较平直河滩的表层粉砂和凹滩的表层粉砂。

三块样品的孢粉组成均以乔木植物花粉占优势,占组合55~71%,主要有松科的松属、云杉属;桦木科的赤杨属、桦属、榛属和鹅耳枥属;壳斗科的栎属、栗属、山毛榉属。其次有榆属、椴属等。非乔木植物花粉占20~45%,有禾本科、菊科(多个属)、莎草科及其他一些草本植物花粉;孢子植物以陆生真蕨目单槽孢Filiales最多,占0.7~18%,还有少数水龙骨科和泥炭藓孢子。三块样品中, F2与F3的组合又较为接近(表1)。

工作地区现代植被以乔木植物占有重要地位,主要是温带树种的现代人工林,如栎树、山毛榉和云杉林,大片耕地种植牧草和农作物,多数为中生草本植物,如禾本科、莎草科、菊科、石竹科、藜科……。这些植物的孢粉均出现在三块现代河流沉积样品之中,虽然在反映比例的分分数值上有差别,但可以看出,来自河流沉积物的孢粉组合大致能反映该河所流经的地域内植被的组成。现代河流沉积物孢粉组合代表一个温带植被类型,反映了海洋性温和湿润的气

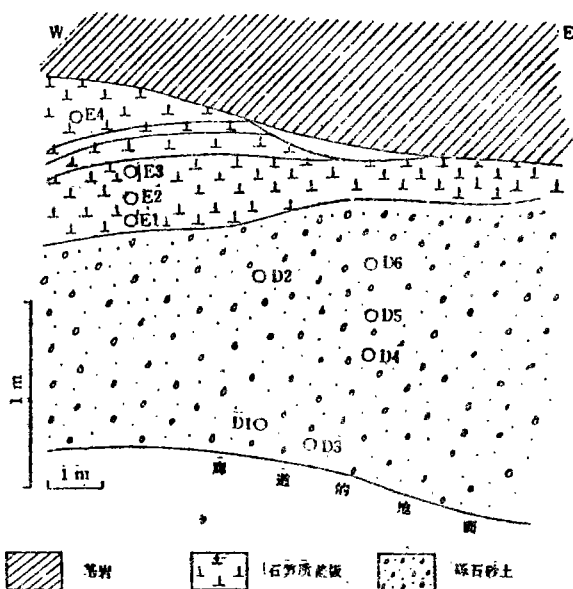


图3 勒穆尚洞剖面采样位置

Fig.3 Sampling sites in the profile

* 实验室分离孢粉的工作由列日大学地貌与第四纪地质实验室Nicole Lousberg完成

表1 勒穆尚洞现代地下河冲积物孢粉谱

Tab.1 Pollen statistics of the sediment samples of the modern underground river in the Remouchamps cave

样品编号	F1	F2	F3	样品编号	F1	F2	F3
孢粉总数	438	400	520	Chenopodiaceae 藜科	1.4	1.0	
乔木植物花粉	270(61.6)	222(55.5)	370(71.2)	Caryophyllaceae 石竹科		1.0	
非乔木植物孢粉	168(38.4)	178(44.5)	150(28.8)	Ranunculaceae 毛茛科		0.5	
<i>Picea</i> 云杉属	6.9	4.5	1.1	<i>Rubia</i> 茜草属	0.9		
<i>Pinus</i> 松属	34.7	25.0	5.8	Compositae 菊科	0.5	0.5	0.4
<i>Salix</i> 柳属		0.5	0.8	<i>Artemisia</i> 蒿属	0.5		
<i>Betula</i> 桦属	2.3	4.0	4.3	<i>Aster</i> 紫菀属	0.9		0.8
<i>Carpinus</i> 千金榆属	1.4	2.5	2.7	<i>Crepis</i> 还阳参属	5.5	0.5	0.8
<i>Corylus</i> 榛属	2.3	3.0	6.2	<i>Prenanthes</i>		0.5	0.8
<i>Alnus</i> 赤杨属	5.0	12.5	42.7	Gramineae 禾本科	15.1	14.5	5.8
<i>Ulmus</i> 榆属	3.5	1.5	0.4	<i>Calluna</i> 帚石楠属	0.5	1.5	1.1
<i>Quercus</i> 栎属	7.8	1.0	3.9	<i>Rosa</i> 蔷薇属	0.5	0.5	
<i>Castanea</i> 栗属	0.5	0.5	0.4	<i>Plantago</i> 车前属	0.9	0.5	
<i>Fagus</i> 壳斗属	0.5			Cyperaceae 莎草科	2.7	3.0	1.9
<i>Rhus</i> 漆属		0.5		Potamogetonaceae			
<i>Fraxinus</i> 枹属			1.1	眼子菜科	0.5		
<i>Tilia</i> 椴属			1.9	<i>Viola</i> 堇菜属			0.4
<i>Ephedra</i> 麻黄属	0.5	0.5		<i>Polypodium</i> 水龙骨科	0.9		
<i>Polygonum</i> 蓼属		1.5		Filicales 陆生真蕨	7.3	17.5	16.5
<i>Rumex</i> 酸模属		1.0		<i>Sphagnum</i> 泥炭藓			0.4

注:括弧中数字为孢(花)粉百分数

候。但是,我们也注意到在特殊条件下某些孢粉含量偏高的现象。总结现代沉积物孢粉组合与现代植被之间的联系,有三点值得重视:

1. 孢粉类型与植被组成的关系

Freddy Damblon对勒穆尚洞外11块表土孢粉组合的研究表明,乔木植物花粉均占总数的40~65%,但他对洞内3块非河流冲积土(受渗透水影响)分析,乔木植物花粉仅占总数12~27%,而草本植物花粉占优势。和我们所分析的3块现代地下河沉积物相比较,前一结果较接近,也说明与洞内其他成因的沉积物相比较,河流相沉积物的孢粉组合更能反映大区域植被的主要成分。

2. 松属花粉含量偏高

现代地下河沉积样品F1与F2中,松属花粉占总数分别为34.7%和25%,但据当地植被调查,松属植物所占比例要低得多(不超过10%),松属花粉产量高、飞翔能力强已为许多孢粉工

作者所证实。Freddy Damblon分析洞外表土, 松属花粉也偏高, 占总数18.4%。因此, 松属花粉含量常有偏高的现象, 在化石孢粉研究中要考虑这一情况。

3. 赤杨(*Alnus*)花粉量变幅大

在现代沉积物的孢粉统计中, 赤杨属花粉百分比变幅很大, 如F1样品中占5%, F2样品中占12.5%, 而在F3中高达42.7%。Freddy Damblon分析洞内14块表土, 有8块是赤杨花粉不到2%, 3块在3~9%, 而洞外一块表土中又高达45.6%。因此, 赤杨花粉量的变幅是相当大的, 这与赤杨花粉的产量、迁移、富集有密切关系, 这使我们注意到在本文石笋质盖板的分析中, 样品中赤杨花粉高达30.6%。剖面下部砾石层D3—D6样品的赤杨花粉含量也很高, 鉴于上述原因, 在这种情况下讨论古植被时要特别慎重。

三. 口袋底剖面的化石孢粉组合

1. 砾石层的化石孢粉

共采样7块, 除1块含孢粉太少不作分析外, 其余6块含大量孢粉, 并可分为两个组合。

(1) 菊科(*Compositae*)优势组合(样品D1, D2)

非乔木植物花粉占67~95%, 以菊科占优势, 其中菊苣族(*Cichorieae*)占组合60~80%, 禾本科约占7%, 十字花科占5%。乔木植物花粉在23%以下, 有松属、桦属、云杉属(1.6%)。

(2) 赤杨(*Alnus*)—榛(*Corylus*)优势组合(样品D3, D4, D5, D6)

乔木植物花粉占优势, 约62~86%, 以赤杨属花粉最多(约占组合60~70%), 榛属占3~6%, 其余有椴、榆、千金榆、栎和桦, 个别出现松、桧、紫杉。非乔木植物花粉约占组合20~30%, 多为陆生真蕨(*Filicales*)、浮萍科(*Lemnaceae*), 其次是泥炭藓(*Sphagnum*)、禾本科的花粉。

2. 石笋质盖板层的化石孢粉

共采石笋质盖板样品4块, 自下而上依次为E1、E2、E3、E4, 离廊道地面分别为1.60m、1.65m、1.85m、2.10m。其中E1、E3、E4三块样品的孢粉组成很接近, 乔木植物花粉占13.7~22%, 以栎属较多, 还有榛、赤杨、千金榆、桦、椴、常春藤的花粉。非乔木植物花粉占52.2~86.8%, 以水生植物狐尾藻(*Myriophyllum*)花粉占优势, 高达66.2~81.8%, 次为陆生真蕨、禾本科。样品E2的组合有所不同, 乔木植物花粉较多, 占47.7%, 又以赤杨最多(30.6%), 其余是榛、桦、千金榆、栎、常春藤和紫杉。非乔木植物花粉占52.2%, 其中陆生真蕨占15.3%, 狐尾藻占12.6%, 其他还有一些草本植物(表2、图4)。

四. 讨 论

据一些学者对比利时地区研究结果, 晚更新世里斯—玉木间冰期距今约12.8~7万a, 被

表2 勒穆尚洞沉积物孢粉谱

Tab.2 Pollen statistics of the sediment samples in the Remouchamps cave

样品编号	D1	D2	D3	D4	D5	D6	E1	E2	E3	E4
孢粉总数	91	128	212	114	144	367	159	111	168	133
乔木植物花粉	粒数(n)	5	42	181	93	89	24	53	37	18
	百分比(%)	5.5	37.9	85.5	81.6	61.9	76.0	15.3	47.7	22.0
非乔木植物花粉	粒数(n)	86	86	31	21	55	89	135	58	115
	百分比(%)	94.8	67.3	14.7	18.5	38.3	24.3	84.9	52.2	78.0
<i>Picea</i> 云杉属		1.6								
<i>Pinus</i> 松属	2.2	18.0		0.9		0.6				
<i>Juniperus</i> 桧属		3.1	2.4							
<i>Taxus</i> 紫杉属						1.1		1.8		
<i>Salix</i> 柳属	1.1		0.5							
<i>Betula</i> 桦属	1.1	4.7	7.6	6.1	2.1	2.5	1.9	3.3	1.2	0.8
<i>Carpinus</i> 千金榆属	1.1		1.4		1.4	1.6	3.2	1.8	3.0	1.5
<i>Corylus</i> 榛属		1.6	2.4	5.3	4.2	6.0	1.3	5.4	6.0	3.8
<i>Alnus</i> 赤杨属			69.3	68.4	51.4	60.0		20.6	0.6	3.0
<i>Ulmus</i> 榆属						0.3	1.3			0.8
<i>Quercus</i> 栎属		3.9				1.4	7.6	3.6	1.8	3.8
<i>Tilia</i> 椴属			1.9	0.9	2.8	2.5		0.9	2.4	
<i>Hedera</i> 常春藤属									7.2	
<i>Humulus</i> 草属								8.1		
<i>Polygonum</i> 蓼属	1.1									
<i>Rumex</i> 酸模属	2.2							0.9		
<i>Chenopodiaceae</i> 藜科		0.8			0.7					
<i>Ranunculaceae</i> 毛茛科										3.0
<i>Cruciferae</i> 十字花科	2.2	1.6			2.3	0.3				0.8
<i>Brassica</i> 芸苔属	1.1	3.1					1.9			
<i>Rubia</i> 茜草属								0.9		
<i>Gratum</i>	1.1									
<i>Compositae</i> 菊科		1.6	0.5							
<i>Artemisia</i> 蒿属	2.2	1.6						0.9		
<i>Aster</i> 紫菀属	2.2	0.8					0.6			
<i>Crepis</i> 还阳参属	67.3	42.2	0.5					4.5		
<i>Prenanthes</i>	7.7	3.1								

勒穆尚洞沉积物孢粉谱

续表2 Tab.2 Pollen statistics of the sediment samples in the Remouchamps cave

样品编号	D1	D2	D3	D4	D5	D6	E1	E2	E3	E4
Gramineae 禾本科	5.5	7.0		0.9	2.1	0.3			0.6	3.8
<i>Myriophyllum</i> 狐尾藻属					0.7		81.8	12.6	72.6	66.2
<i>Callum</i> 帚石楠属				0.9						
<i>Filipendula</i>								0.9		0.8
<i>Liliaceae</i> 百合科		0.8								
<i>Plantago</i> 车前属		0.8								0.8
Potamogetonaceae 眼子菜科						0.8	0.6	0.9	1.2	3.8
Lemnaceae 浮萍科			2.9	0.9	2.1	0.8		0.9	0.6	5.3
<i>Typha</i> 香蒲属						0.3			0.6	0.8
<i>Filicales</i> 陆生真蕨		3.1	9.4	13.2	29.2	21.0		15.3	2.4	1.5
<i>Sphagnum</i> 泥炭藓	2.2	0.8	1.4	2.6	0.7	0.8		6.3		



图4 石笋质盖板层孢粉图式

Fig.4 Pollen diagram of the stalagmite plates

命名为亚眠(Eemian)期(广义的),当时气候温暖,有骤冷期的气候波动。经孢粉学家Bruno Bastin对比利时的喀斯特堆积物长期的孢粉研究^{[5][6]}, G. Woillard对孚日山大桥墩的泥炭沉积详细的孢粉研究^{[7][8]}, 他们把广义的亚眠期间冰期又划分为三个暖期和两个冷期。三个暖期是:亚眠期(距今12.7~11万a)、圣·日尔曼I期(距今10.5~9万a),圣·日尔曼II期(距今8.5~7万a),三个暖期之间为两个冷期。认为第一个暖期——亚眠期(距今12.7~11万a)的植被是以泰加林(桦和松为主)中榆的扩展为特征,当时榆的花粉达到39%,后来又以榛的优势(37%)出现。这个暖期之后是一个冷期,木本植物仅占总数7~8%,主要是松,而草本植物(菊科、禾本科)则占绝对优势。第二个暖期:圣·日尔曼I期到来后,植被是以椴或榛占优势(均为24~29%),并伴随有多种阔叶树如桦、赤杨、千金榆、针叶树松约占10~13%。圣·日尔曼I期之后,气候重新变冷,树木明显后退,木本植物降至8~14%,在孢粉图式中只有松属保持连续曲线,草本植物仍以菊科、禾本科占优势。间冰期的第三次重新变暖是在圣·日尔曼II期,当时木本植物达到61%,以榛占优势(19%),伴随有千金榆、松、桦、榆、赤杨、椴和栎,并有规律地出现喜暖的常春藤、冬青和槲寄生(Viscum),有时榆达到高峰,次为千金榆(19%),榛占第三位。

根据前人孢粉分析所恢复的古植被清楚地说明:里斯—玉木间冰期包括三个暖期和两个冷期,暖期的共同特征是以喜暖阔叶树占优势,包括椴、榆、榛、千金榆、赤杨、栎、桦、常春藤,而且榛属总是以优势或第二位、第三位出现,间有椴或榆的扩展而达到高峰。冷期的共同特征是草本植物占绝对优势,均为菊科、禾本科等。我们所研究的由两组沉积类型组成的口袋底剖面,孢粉组合可以与上述里斯—玉木间冰期的孢粉组合对比,并且可以恢复当时勒穆尚洞的沉积环境,下面分别加以讨论。

1. 口袋底剖面的石笋质盖板层形成的时代、植被和气候

石笋质盖板层E1—E4沉积时期,古植被中木本植物是以温暖气候下的榛、栎为主,含有千金榆、赤杨、桦、并伴随有更为喜暖的椴、常春藤和榆的成分,这些都是广义亚眠期(里斯—玉木间冰期)常见植物,是温暖气候的代表性植物,与B·Bastin和G·Woillard的研究结论可以进行对比。此外,石笋质盖板E1—E4的孢粉组合中,不但未见松、云杉花粉,而且大量的水生植物狐尾藻,可见古气候十分温暖潮湿,洞穴处于积水的洼地环境之中。E4的盖板层经放射性铀钍法测定,绝对年龄 105072^{+11284}_{-9385} ,即误差范围允许其年龄在11.6~9.5万a之间,我们采样所做的绝对年龄测定及M·Gewelt采样所做的绝对年龄测定都说明,这几层叠置的石笋质盖板大约生成于距今10.5万a,相当于圣·日尔曼I期,即里斯—玉木间冰期中期的温暖期。这个温暖期中又有温度和湿度的波动,如E2盖板沉积时期,气候较为干暖,喀斯特洼地积水面积缩小,水生植物减少,木本植物增加,植被的覆盖率由于阔叶树的增多而增大。

根据地貌学的研究,勒穆尚洞附近存在明显的古河道遗迹,虽然现今已经干涸,但推测过去河流曾到达溶洞附近。孢粉分析推测里斯—玉木间冰期中期,这里曾有大片的喀斯特积水洼地,如果这两个结论是一致的话,显然是河水补给了洼地,洼地积水又补给了洞穴。

2 口袋底剖面砾石层形成的时代和环境

砾石层存在两个植被类型的孢粉组合:菊科优势组合以菊科植物(菊苣族类)为主、局部生

合则表明古植被是以赤杨、榛为主, 椴占有一定地位的阔叶林, 是一暖期气候。由于该砾石层之上的石笋质盖板(E1—E4)已被确认为里斯—玉木间冰期中期的沉积, 那么砾石层的年代应该在这个时期之前。砾石既含有暖期气候下的孢粉沉积, 也有冷期气候下的孢粉沉积, 而这两种不同孢粉组合的样品并无上、下层位的关系, 只是在水平方向上位于剖面的不同部位。因此, 厚达1m多的砾石泥砂并非某个时期一次冲积而成, 也不是不同时期沉积的层层叠置。可以设想, 这是在不同的气候条件下经河流的多次冲积而成。由于砾石层沉积物混杂, 又无绝对年龄测定数据, 我们只能认为该沉积在里斯—玉木间冰期中期之前形成, 在沉积过程中曾经历过不同的古气候条件。

五、结 论

根据孢粉学、喀斯特地貌学和年代学的研究与分析, 比利时勒穆尚洞上层廊道口袋底填充物(包括砾石层和石笋质盖板层)的发育, 始于里斯—玉木间冰期早期, 当时地下河水从现在的上层廊道流过(洞穴的下层尚未发育), 气候时暖时冷, 强大的水流把砾石、泥砂带入洞内, 形成1~1.5m厚的杂乱的砾石层。随后, 在距今10.5万a的里斯—玉木间冰期中期(圣·日尔曼I期), 气候变得十分温暖潮湿, 植物茂盛, 生长着榛、栎、赤杨、千金榆、椴、常春藤、榆等温带阔叶林。勒穆尚洞由于昂布莱弗河河水的补给而处于积水的喀斯特洼地之中, 温暖多水的条件促进石灰岩的溶解与再沉积, 逐渐地在砾石层之上发育了多层叠置的石笋质盖板。当气候相对干暖时, 则形成疏松的、含泥砂和腐殖质较多的盖板。天长日久, 口袋底一带便为砾石层及其上石笋质盖板所充填。在以后的岁月里又发育了下层廊道, 构成现今勒穆尚洞形态。

主要参考文献

- [1] Etienne Juvigne 1973, Une m'ethode de s'eparation des pollens applicable aux s'ediments min'eraux. Extrait des Annales de la Societe Geologique de Belgique, Tome 96, 1973, Fascicule II
- [2] 黄赐璇 1986, 喀斯特洞穴沉积孢粉提取方法初探, 《中国岩溶》, 1986年第八卷, 第二期, 第102—106页
- [3] Bruno Bastin 1987, L'analyse pollinique des stalagmites: Une nouvelle possibilite d'approche des fluctuations climatiques du Quaternaire Ann. S. G. B., T101, P13—19
- [4] Freddy Damblon 1982, Observations palynologiques dans la Grotte de Remouchamps
- [5] Bruno Bastin and Anne-Marie Schneider 1984, Palynologie Kolner Geographische Arbeiten, Heft 45. Le Karst Belge karstphanomene in Nordrhein-westfalen. Geographisches Institut der Universitat zu koln
- [6] Bruno Bastin, Jean-Marie Corvoisier, Michel Gervais et Marcel Oble 1986, Fluctuations

- ions climatiques enregistrées depuis 125000 Ans dans les couches de remplissage de la grotte Scladina (province de Namur, Belgique). Bulletin de L' Association française pour l'etude du Quaternaire, 1986, 1/2, p168-177
- [7] G. Woillard, 1978, Grande pile peat bog: a continuous pollen record for the last 140000 years, Quaternary Research 9, 1-21
- [8] G. Woillard 1975, Recherches palynologiques sur le Pleistocene dans l' est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines, Acta Geogr. Lovaniensia, 14, 118pp

A STUDY ON SPOROPOLLEN FROM DEPOSITS OF REMOUCHAMPS CAVE IN BELGIUM

Huang Cixuan Chen Zhiqing

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State Planning Commission)

Camille Ek

(Laboratory of Geomorphology and Quaternary Geology, Liege University, Belgium)

Abstract

The Remouchamps Cave is a huge karst cave located southeast of Liege city, Belgium. The authors have studied the deposits at the joining part between the upper and lower levels by means of sporopollen analysis. The profile can be recognized to consist of two parts according to different properties of the sediments. The lower part is composed of fluvial gravels and sand, whereas the upper part is composed of several layers of stalagmite plates, with the top stalagmite plate dated 105000 years B.P. by radioactive $\text{Th}_{230}/\text{U}_{234}$ method.

The sporopollen analyses indicate that the stalagmite plates were probably formed in the middle period of the Riss-Wurm interglacial epoch about 105000 yrs. B.P., when the climate was warm and humid. There were broad-leaf forests consisting of *Corylus*, *Quercus*, *Alnus*, *Carpinus* with some *Tilia*, *Ulmus*, and *Hedera*. The cave was in a low-lying and waterlogged area. The gravels and sand in the lower part of the profile were transported and deposited repeatedly by an underground river under different climatic conditions before that warm period.

Additionally, the paper discusses the changes in paleovegetation and paleoclimate, as well as the evolution history of the cave.