

大窑文化遗址四道沟地层剖面的加固保护实验

张恒金 张晓岚

摘要：通过对大窑文化遗址四道沟地层剖面物理、化学性质的分析，根据 PS 树脂材料渗透加固地层剖面土层的室内试验数据和现场模拟试验的结果，对利用 PS 树脂材料加固保护大窑文化遗址四道沟地层剖面进行可行性研究。

关键词：PS 树脂材料 加固保护 地层剖面

大窑旧石器时代文化遗址位于内蒙古自治区呼和浩特市东郊大窑村南山，包括旧石器时代早期、晚期石器制作场各一处，即大窑南山四道沟旧石器时代早期文化遗址和大窑南山二道沟旧石器时代晚期文化遗址。1988 年，经国务院批准列为全国重点文物保护单位。大窑文化遗址分布范围之广、延续时间之长，特别是四道沟旧石器时代早期早一阶段、晚一阶段、旧石器时代晚期的“三叠层”地层关系剖面的发现，不仅填补了内蒙古自治区旧石器时代考古的空白，而且证明内蒙古地区也是中华民族最早的文化发祥地之一，是不可多得的人类文化财富，具有极高的保护研究价值。

四道沟地层剖面位于大窑南山四道沟东区，全长 24 米，高 15 米，共分为四层：

第 1 层：表土；

第 2 层：马兰黄土，距今 2~11 万年；

第 3 层：离石黄土上部，距今 41 万年；

第 4 层：离石黄土下部，距今 59~70.3 万年。

该地层剖面具有极高的考古研究价值，是目前国内外发现的遗址中仅有的地层关系遗址。自 1979 年大窑文化遗址进行试发掘开始，到 1983 年正式发掘并清理发现此地层剖面以来，剖面遗址就一直暴露在光天化日之下，承受着风吹雨打、严寒酷暑等恶劣气候变化的侵蚀，以及环境污染、畜牧业发展等人为因素造成的破坏，致使遗址地层剖面发生严重风化，出现剖面土层变质剥落、表面地层关系逐渐模糊等劣化现象。主要表现为：

(1) 马兰黄土层表面局部因雨水冲击，出现裂隙和冲沟，表层土质有疏松、剥落现象。

(2) 离石黄土层上部表层疏松深度达 10 厘米左右，稍加碰触即有酥土剥落。土层外表受上层马兰黄土泥水侵蚀及大气灰尘降落沉积的影响，外表地层关系色泽已显模糊。

(3) 离石黄土层下部表层已显疏松，且有蒜瓣土质形成，外观已呈现严重风化状态。

可以看出，四道沟地层剖面遗址的保存现状令人堪忧，亟待采取科学的加固保护措施。

一、地层剖面土质的理化分析

(一) 四道沟地层剖面土质的化学成分

根据敦煌研究院张鲁工程师的要求,我们委托内蒙古农业科学院测试研究中心对四道沟地层剖面土质进行了全钾、全钠的测定(表1)。

表1 四道沟地层剖面土质的化学成分

	马兰黄土	离石黄土上部	离石黄土下部
钾	1.90%	1.96%	2.00%
钠	1.51%	1.14%	1.34%

从表中可以看出,大量可溶盐的存在是诱发地层剖面出现盐溶解—结晶—再溶解—再结晶现象,进而导致地层剖面土质发生严重风化的重要原因。

(二) 四道沟地层剖面土质的物理性质

按照敦煌研究院专家的要求,我们对四道沟地层剖面土质的pH值;密度(干)、渗透性、毛管孔隙度(表2);土质颗粒度(表3)进行了分析测定。

表2 四道沟地层剖面土质的物理性质

	密度/(g/cm ³)	渗透性/(mm/min)	毛管孔隙度/%
马兰黄土	1.32	0.68	35.9
离石黄土上部	1.46	0.86	27.4
离石黄土下部	1.45	0.74	30.8

表3 四道沟地层剖面土质的颗粒度

	马兰黄土	离石黄土上部	离石黄土下部
>10mm	29.3%	9.1%	27.1%
10~7mm	13.3%	8.6%	12.0%
7~5mm	9.4%	15.3%	12.7%
5~3mm	11.1%	17.9%	13.1%
3~2mm	0.75%	0.45%	1.0%
2~1mm	10.9%	16.4%	9.8%
1~0.5mm	9.2%	14.8%	9.3%
0.5~0.25mm	5.8%	7.6%	5.2%
<0.25mm	10.1%	9.8%	9.8%

pH值的测定结果分别为:马兰黄土pH值8.58、离石黄土上部pH值8.66、离石黄土下部pH值8.94,这表明地层剖面土质呈碱性,并表现为随沉积层年代的久远而碱性递增。

由上表可以看出,地层剖面土质的渗透性与其密度成正比,其毛管孔隙度与密度成反比。

表中的数据说明, 马兰黄土中颗粒度大于 3mm 的约占 63.1%, 小于 3mm 的约占 36.75%; 离石黄土上部颗粒度大于 3mm 的约占 50.9%, 小于 3mm 的占 49.05%; 离石黄土下部颗粒度大于 3mm 的占 64.9%, 小于 3mm 的约占 35.1%。由此可以看出, 地层剖面中离石黄土上部的颗粒较马兰黄土和离石黄土下部的颗粒细小。

二、地层剖面土质的加固保护试验

由于四道沟地层剖面是由古土壤自然沉积形成的, 与其他古遗址或夯土建筑有本质上的差异, 同时作为大窑文化遗址的重要组成部分, 具有很高的历史价值和观赏价值, 因此在对其采取加固保护措施时, 应依据《中华人民共和国文物保护法》、《中国文物古迹保护准则》等政策法规和保护准则的要求, 在不改变地层剖面外观的前提下, 对所使用的加固材料和加固效果进行充分的试验论证。

(一) 试样的室内加固试验

采集与四道沟地层剖面不同的土层的土样, 然后切割成规则的小块式样。选用模数为 4、浓度分别为 5%、7% 和 10% 的 PS 溶液, 对土块试样进行渗透加固试验。

加固溶液的用量, 根据李最雄先生在《古代土建筑遗址的加固研究》一文中提供的计算公式准确算出。其计算公式如下:

加固液用量为 U

$$U = V_u \cdot S_r$$

其中, V_u 为试样的孔隙体积, S_r 为土壤毛细饱和的最大饱和度, 并取 $S_r = 85\%$ 。

试样的孔隙体积为

$$V_u = (1 - \gamma_d / G_s \cdot \gamma_w) \cdot V$$

其中, γ_d 为试样的干密度 (g/cm^3)

V 为试样的总体积 (cm^3)

G_s 试样土的相对密度, 取 $G_s = 2.70$

γ_w 为水的密度, 取 $\gamma_w = 1.00\text{g}/\text{cm}^3$

通过上面的计算公式计算出准确的加固液用量, 用滴管抽吸相应的加固液, 并在试样表面均匀点滴完要求的加固液体积。具体加固情况见表 4。

表 4 四道沟地层剖面试样的室内加固

	马兰黄土			离石黄土上部			离石黄土下部		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
干密度/ (g/cm^3)	1.32	1.32	1.32	1.46	1.46	1.46	1.45	1.45	1.45
试样体积 V/cm^3	126.81	130.62	128.57	124.38	132.16	127.24	129.46	122.23	125.79
加固液用量/ml	5%	64.67		57.30			59.94		
	7%		66.62		60.79			56.59	
	10%			65.57		58.53			58.24

(二) 试样加固的效果观察

采集试样经 PS 材料滴渗加固后, 土质强度有明显提高, 且强度的提高与加固液的浓度成正比。但离石黄土上、下部试样经 5%、7% 两种 PS 溶液加固后, 表面均出现“翻白”现象, 而使用 10% PS 溶液加固的试块却未出现这种情况。试样加固前后的水见表 5。

表 5 地层剖面试样加固前后的水稳定性

		加固液浓度	浸入静水中的崩解特性
马兰黄土	A		3 秒后开始掉粒崩解, 完全崩解后呈软泥状
	A1	5%	8 分钟后表面出现酥解、掉粒, 完全崩解后呈软泥状
	A2	7%	18 分钟后表面始出现酥解、掉粒, 完全崩解后呈软泥夹带块状颗粒
	A3	10%	40 分钟后表面有酥解, 50 小时无掉粒现象, 完全崩解后呈块状
离石黄土上部	B		3 秒后开始掉粒崩解, 完全崩解后呈软泥状
	B1	5%	8 分钟后表面出现酥解、掉粒, 完全崩解后呈软泥状
	B2	7%	16 分钟后表面出现酥解、掉粒, 完全崩解后呈软泥状
	B3	10%	38 分钟后表面有酥解, 48 小时无掉粒现象, 完全崩解后呈软泥夹带块状
离石黄土下部	C		3 秒后开始掉粒崩解, 完全崩解后呈软泥状
	C1	5%	7 分钟后表面出现酥解、掉粒, 完全崩解后呈软泥状
	C2	7%	13 分钟后表面出现酥解、掉粒, 完全崩解后呈软泥状
	C3	10%	32 分钟后表面有酥解, 30 小时无掉粒现象, 完全崩解后呈软泥夹带块状

从表 5 中可以看出, 经 PS 材料加固后, 试样具有良好的抗水崩解性, 其性能的增强与加固液的浓度成正比。试样的抗水崩解性增强后, 在通常条件下, 会出现很好的耐水性, 雨水不可能使其崩解。因此, 用 PS 材料喷渗加固的地层剖面土样除强度提高以外, 还具有良好的耐雨水冲刷性。

(三) 模拟地层剖面的加固试验

在大窑文化遗址里选取与四道沟地层剖面土质相似的区域开取试验剖面, 加固液分别为 3%、5% 和 7% 三种浓度的 PS 溶液, PS 模数为 4。具体操作过程如下:

(1) 先将试验剖面用蒸馏水喷洒渗透至 3cm 左右, 待剖面表层呈半干状态时, 喷渗 PS 溶液。这样做的目的是使剖面表层湿度不会因环境温度过高而影响 PS 材料的凝固速度及渗透深度, 从而达到较为理想的加固效果。

(2) 利用手动喷雾器, 浓度分别为 3%、5% 和 7% 的 PS 溶液对三组试验剖面进行喷渗加固, 均采用一次性喷渗加固方式, 施药量以渗透深度 2cm 计算。

(3) 根据前面进行的加固试验, 选定浓度为 7% 的 PS 溶液对试验剖面进行喷渗加固, 加固液用量以渗透深度 4cm 计算, 同样采用一次性喷渗加固方式。

三、结果与讨论

利用 PS 材料对大窑文化遗址的四道沟地层剖面进行喷渗加固, 经过土层试样室内加固试验及室外模拟剖面加固试验证明, 土质强度有明显提高, 且具有良好的耐雨水冲刷性, 确认为可行的加

固保护材料和方法。

加固试验表明,利用较低浓度的 PS 溶液对剖面进行多次喷渗加固,且 PS 溶液浓度逐渐提高,这样可提高 PS 溶液的渗透性和剖面土层的加固效果。同时,预先将待加固的剖面用水进行喷润,而后再做 PS 溶液的喷渗加固,是一种非常理想的加固方法。

马兰黄土经 PS 溶液加固后,除外观颜色略有变化外,基本达到加固保护的目。离石黄土层上部有局部“翻白”现象,而离石黄土层下部“翻白”现象较为严重。从目前情况看,除可溶盐含量较高的因素外,与采取的喷渗工艺及工作环境也有一定关系,加之离石黄土层下部蒜瓣状土质结构的影响。

作者单位:张恒金、张晓岚,内蒙古博物馆

联系方式:内蒙古呼和浩特市新华大街2号,邮编010020