

临洮哥舒翰纪功碑岩层矿物分析

陈庚龄 康明大

(甘肃省博物馆,甘肃 兰州 730050)

[摘要]临洮哥舒翰纪功碑保存至今已有1200年左右的历史,现为省级文物保护单位。由于一直采取户外半露天保存,长期日晒雨淋,碑体表面风蚀、风化严重,急需采取加固保护措施。在前期现状调查基础上,本研究运用偏光显微镜、X-射线荧光、X-射线衍射、扫描电子显微镜能谱分析,通过对石碑材质及临洮砂岩矿物组成、构成及化学成分,岩石物理、水理与力学性质相关参数的测定,岩层构造结构、形态综合分析。分析结果表明:石碑材质为砂岩,与临洮地表砂岩矿物组成基本相同,显然制作原料为就地取材;临洮砂岩属于细粒长石石英砂岩,矿物成分主要包括石英、长石(斜长石、少量的K-长石)、绿泥石、黑云母和含钙质为主的胶结物,其中,含石英54%,斜长石16%,钙质胶结物20%;石碑岩层孔隙度较大、吸水性高,石碑岩层钙质胶结物含量高,易受外部环境因素影响和侵蚀,表面岩层易发生风蚀、风化;保存环境因素温湿度频繁变化,即温湿度日较差值波动较大,致使石碑岩层结构易发生冻融、风化病害。总之,研究工作中运用多种测试、分析手段,所得出的实验数据、分析结果与相关现状调查结果相互印证,可以为后期方案的制定和实施提供信息和技术支撑。

[关键词]哥舒翰纪功碑;砂岩;矿物;文物保护

[中图分类号]G262 [文献标识码]A [文章编号]1005-3115(2012)02-0114-03

哥舒翰纪功碑位于甘肃省临洮县城南大街,据《旧唐书·玄宗本纪》载,陇右节度使哥舒翰于天宝八年(749)攻克被吐蕃占据的石堡城,天宝十二年(753)又大破吐蕃于洮河流域,遂置洮阳郡,“置洮阳郡,筑神策、宛秀二军”,故哥舒翰纪功碑应立于天宝十二年至十三年(753~754)。此外,临洮地理位置特殊,自古为陇上名邑,丝路重镇。历代中原王朝和西北少数民族地方政权为争临洮这块战略要地,冲突不断,甚至不惜兵戎相见,虽历经多次战火,但各民族始终能长期和睦、共建家园。哥舒翰纪功碑作为这段历史见证的重要实物,能够保存至今,实属难得,为地方考古学、历史学的综合研究提供了十分珍贵的历史信息和难得的实物资料,具有极高的文物价值。

从目前哥舒翰纪功碑保存现状看,石碑距今已有1200多年历史,方位坐北朝南,有三面砖壁维护(清代所建),顶部为硬山顶仿木结构屋檐。碑体由碑额、碑身两部分组成,通体由整块巨石雕琢,高约7.57米。原碑文据传为唐明皇李隆基御笔,隶书,12行,现大部分已剥落,清《陇右金石录》注录时尚有99字,今仅存67字。由于是户外半露天保存,碑体碑身部分与碑座岩层表面风蚀、风化程度严重,多呈片状脱落且分层、层状剥落,腐蚀病害有向岩体内部延伸、发展趋势,急需实施抢救性加固保护。

2011年7月,受临洮县文化广播影视局委托,甘肃省博物馆就省级文物保护单位——临洮哥舒翰纪功碑编制修复保护方案。在编写方案期间,甘肃省博物馆文物保护中心委派专业保护人员赴临洮对哥舒翰纪功碑的保

存情况进行了实地考察,开始收集有关文物的基本信息,并采集了石碑碑身、碑座、碑亭墙砖及建筑用材相关样品6个;另外,采集了临洮中铺地区地表与石碑碑身、碑座相类似砂岩原生矿物2个。研究工作对这8个样品的矿物组成、成分进行了偏光显微镜薄片鉴定分析、X-射线荧光分析(SRF)、X-射线衍射分析(SRD)、扫描电镜(SEM)图谱分析,对砂岩原生矿进行了矿物偏光显微镜观察、薄片鉴定和显微照相,对矿物物理、水理性能参数进行了测定;另外,综合矿物分析结果,对分析数据、结果进行了对比、讨论。本文着重介绍此次采集样品的实验测试情况及分析结果。

一、文物保存现状及病害状况

从目前哥舒翰纪功碑当前的保存现状看,由于石碑坐北朝南,易受日晒雨淋。石碑基本结构组成为碑体、碑座和碑亭三部分,其中,碑体包括碑额和碑身;碑座依下而上为四层砂岩岩石垒砌而成;碑亭为清代狄道州知州田自福修建,在外围对碑体起到维护作用。由于一直采取户外露天半露天保存,长期遭受环境影响、侵蚀,碑身、碑座岩层表面风化、风蚀特征明显,碑文大部分已脱落,脱落边缘漫漶不清,而且文字脱落随着表面风化有蔓延的趋势。从石碑病害状况看,岩层表面多为片状脱落,局部变现为分层、层状剥落,风化层厚度为1~2厘米,石碑保护形势严峻,刻不容缓。此外,1996年在对石碑进行维护时,曾采用水泥材料对碑身、碑座局部残缺、缝隙部位实施加固、修补等措施,不同程度地改变了石碑原貌,石碑保存现状及病害状况(见表1)。

表 1 石碑保存现状及病害状况

石碑组成及构成		保存现状	病害状况及程度
构件编号	组件名称		
1	碑额	碑额高 0.92 米, 宽 1.84 米; 整体保存情况很好。	位于碑体顶部, 受碑亭维护作用, 岩层表面风蚀、风化程度较轻, 病害程度较轻。
	碑体	碑身高 4.25 米, 宽 1.84 米。因岩体长期遭受日晒雨淋, 致使材质表面风化、剥蚀严重, 且碑身表面有三道裂纹, 局部残缺。	表面病害表现为片状剥落、残缺、裂缝和水泥修复, 80%以上表面面积均因发生风化、剥蚀, 表面风化层呈分层、层状脱落, 风化层厚度约 1~2 厘米, 都需要进行加固、封护保护。
2	碑座	碑座依下而上共分四层, 高 2.40 米, 材质与碑体相同, 且同属红砂岩; 相比碑身而言, 表面岩层风化程度相对严重。	表面病害包括片状脱落、人为污染、水泥修补和植物病害; 由于石碑方位是坐北向南, 基座碑石依下而上, 尽管病害程度相对较轻, 但病害发作面积达 90%以上。
3	碑亭	碑亭包括三面维护碑墙, 为灰条砖叠砌而成。条砖长 31 厘米, 宽 15.5 厘米, 厚 5.8 厘米; 碑墙依碑基座自下而上修建, 每层外表均呈梯形, 墙体建筑面积约 90 平方米。由于碑亭修建于清代, 目前整体保存情况较好。	碑墙表面有部分砖体因风化而边缘发生脱落; 在东墙碑座部位处发现有裂缝, 裂缝长约 80 厘米, 宽 2~3 厘米。

岩岩石矿物组成对比分析结果(见表 2)。

(二) 砂岩矿物组成

研究工作

对矿物构成进行了实验测试, 测定结果表明: 临洮地表砂岩为细粒长石石英砂岩, 其矿物组成包括石英、斜长石、钾长石、黑云母、绿

表 2 石碑碑身及砂岩岩石矿物组成分析结果

样品序号	取样来源	矿物组成及成分
1	哥舒翰纪功碑	石英(α -SiO ₂); 钾长石[KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂]; 方解石(CaCO ₃); 斜长石[(Na, Ca)Al ₂ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂]
2	临洮地表砂岩	石英(α -SiO ₂); 斜长石[Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂]; 钾长石[KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂]; 黑云母[K(Mg, Fe) ₃ (Al, Fe)Si ₃ O ₁₀ (OH, F) ₂]; 绿泥石[KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂]; 电气石[NaR ₃ Al ₆ (Si ₆ O ₁₈)(BO ₃) ₃ (OH, F) ₄]

泥石和电气石等碎屑物, 砂粒粒度主要介于 0.05~0.25 毫米, 以次棱角状-圆状为粒状碎屑物的主要形态, 而胶结物中钙质的含量高, 易与酸能强反应。实验测定结果(见表 3)。

(三) 砂岩矿物化合物测定

研究工作采用日本理学 ZSX Primus X 荧光光谱仪对砂岩矿物化学成分进行了定量测定, 仪器隶属国土资源部兰州矿产资源监督检测中心(甘肃省中心实验

室), 测定条件: 端窗式 Rh 靶, 高频变频, 额定电压 60 千伏, 电流 150 毫安, 测试时间 200 秒。临洮地层砂岩矿物化学成分测定结果(见表 4)。

(四) 物理性质

研究工作对临洮砂岩岩石物理、水理与力学性质相关

二、石碑及砂岩矿物组成测定

(一) 石碑材质

石碑制作材质为砂岩, 制作原料为就地取材。因为在临洮中铺一带的地表含有较丰富的砂岩地层。从砂岩矿层形成看, 砂岩属于沉积岩, 通常由石粒经过水冲蚀沉淀于河床上, 经千百年的堆积变得坚固而成, 后因地球地壳运动而形成矿山; 从砂岩组成及化学成分看, 砂岩由石英颗粒(沙子)形成, 结构稳定, 通常呈淡褐色或红色, 主要含硅、钙、黏土和氧化铁; 从砂岩岩层结构、形态看, 砂岩作为沉积岩, 主要由砂粒胶结而成的, 其中砂粒含量要大于 50%, 绝大部分砂岩是由石英、钾长石组成。

此外, 从碑体岩层矿物组成、成分分析结果对哥舒翰纪功碑制作材质得到了印证, 分析结果表明: 哥舒翰纪功碑材质属于细砂岩, 主要矿物成分为石英、斜长石和钾长石。石碑及临洮砂

表 3 临洮地层砂岩岩石矿物成分

临洮地表砂岩组构成	碎屑物				胶结物		
	石英	斜长石	钾长石	绿泥石+黑云母	方解石	赤铁矿	硅质胶结物
含量(%)	54	16	4	1	20	2	3

表 4 临洮地层砂岩岩石化学成分

矿物中化合物	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
含量(%)	72.04	6.97	0.322	1.78	0.090	7.74	0.921	1.50	1.60

表 5 临洮地层砂岩物理、水理、力学性质

名称	比重 (g/cm ³)	密度 (g/cm ³)	孔隙率 (%)	吸水率 (%)
临洮砂岩岩石	2.38	2.12	13.85	3.47

参数进行了实验测定,实验结果表明,临洮砂岩的孔隙度较大,吸水性强,抗风化能力较差。实验测定结果(见表5)。

三、岩层矿物结构与形态分析

(一)薄片偏光显微分析
岩石薄片分析是通过偏光显微镜来鉴定岩石和矿物。一般是将矿物或岩石标本磨成薄片,在偏光显微镜下观察矿物的结晶特征,来确定岩石的矿物成分,研究其结构、构造及风化特征。薄片实验仪器隶属于国土资源部兰州矿产资源监督检测中心(甘肃省中心实验室),分析采用德国蔡司 Zeiss Axioskop 40 型偏光显微镜。

薄片鉴定结果表明,岩石结构为细粒砂状结构的块状构造,碎屑物中的矿物成分成熟度较高,岩层矿物组分分布均匀,具有长轴无定向性。石英碎屑晶面亮净,但普遍消光不均匀;斜长石的聚片双晶细密;钾长石属格子双晶发育的微斜长石,晶面相对亮净。此外,矿物中胶结物组分较复杂,而且在局部较富集,主要以钙质为主,含少量硅质和铁质;钙质胶结物完全以晶面亮净的亮晶方解石的形态分布于碎屑物颗粒之间,方解石的颗粒大小为0.02~0.3毫米;硅质胶结物主要以石英碎屑的自生加大形态存在;微量铁质胶结物以隐晶质集合体的形态分布在碎屑物的边缘,从而使岩石整体外观颜色呈褐色。

矿物结构薄片结果,碎屑物主要包括石英(Q)、斜长石(Pl)、钾长石(Kf)和黑云母(Bi),胶结物主要为钙质方解石(Cal)形成基底式—孔隙式胶结类型。

(二)矿物 X-射线衍射分析

分析工作采用德国 Bruker AXS D8 型 X 射线衍射仪,仪器隶属于兰州理工大学材料学院,其测试条件为: Cu·Ka 靶,管压 40 千伏,管流 40 毫安,宽度 0.02 度,扫描速度 2.0 度/米。

实验对采自临洮砂岩与石碑碑身、碑座、墙砖及墙体所用建筑材料样品进行 X-射线衍射分析,分析结果表明:临洮砂岩与石碑碑身、碑座的岩石矿物及墙砖黏土矿物组成基本相同,而墙砖矿物成分以硅酸盐类黏土矿物为主;另外,在早期修建碑亭时,曾经使用石灰石作为碑墙墙体的建筑用材,目前这种建筑工艺一直在使用而且较为普遍。样品 X-射线衍射分析结果(见表 6)。

表 6 哥舒翰纪功碑矿物 X-射线衍射分析结果

样品编号	取样部位	X-射线衍射显色物相
1	碑身	石英(α -SiO ₂); 钾长石 [KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂]; 方解石 (CaCO ₃); 斜长石 [(Na, Ca) Al (Si, Al) ₃ O ₈]
2	碑座	方解石 (CaCO ₃); 石英(α -SiO ₂); 钾长石 [KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂]; 斜长石 [(Na, Ca) Al (Si, Al) ₃ O ₈]
3	墙砖	斜长石类: 钠长石 [Na (AlSi ₃ O ₈)], 钙长石 [Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)], 钠钙 [Na _{0.45} Ca _{0.55} Al _{1.5} Si _{2.5} O ₈]; 石英(α -SiO ₂)
4	碑墙建筑材料	石灰石 (CaCO ₃); 石英(α -SiO ₂)

(二)矿物电镜分析

分析工作对临洮地层砂岩矿物结构进行了电镜分析,采用日本电子 JSM-6700 扫描电镜对渗透加固前后的结构进行观察和研究,仪器隶属兰州理工大学材料学院,测定条件:高倍模式图像采集(LEI),加速电压 5.0 千伏。

临洮砂岩岩层 SEM 分析结果表明:岩石岩层结构中的碎屑物和胶结物分布均匀,矿物碎屑物中长石、石英砂粒与钙质等胶结物结合较好,岩石砂粒结构清晰,层次分明,且立体感强烈;岩层矿物间或矿物内密布有微孔隙与空洞十分发育,这些孔隙和空洞的存在保证砂岩岩石具有良好的吸水性能,同时水能沿孔隙通道活动,造成石碑表面盐类的聚集。另外,由于岩层结构具有较高的孔隙度,若外部保存环境因素温湿度频繁变化时,尤其是温湿度日较差值波动较大时,容易发生冻融现象,使岩层结构遭到破坏。

四、结论

本研究工作对哥舒翰纪功碑材质及临洮砂岩矿物组成、化学成分及物理性质与结构进行了实验测定和仪器分析,分析结果表明:石碑材质属于砂岩,与临洮地层砂岩矿物组成、构成成分基本相同;石碑岩层孔隙度大、吸水性强,而且含钙质胶结物含量高,易遭受外部不存环境侵蚀,材质表面岩层易发生风蚀、风化;当前一直采取户外保存方式,保存环境因素即温湿度日较差值变化、波动较大,致使石碑岩层易发生冻融、风化病害。此外,分析工作运用 X-衍射分析、X-荧光分析、偏光显微镜与扫描电镜现代测试技术,对石碑及临洮砂岩矿物结构、形态进行了科学测试和严谨分析,使实验数据、分析结果与前期现状调查结果得到相互印证,为后期保护方案制定、实施提供信息资料和技术支撑。

[参考文献]

[1]康明大,陈庚龄.临洮哥舒翰纪功碑保存现状调查[J].丝绸之路,2011,(20).
[2]黄克忠.岩土文物建筑的保护[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
[3]潘别桐,黄克忠.文物保护与环境地质[M].武汉:中国地质大学出版社,1992.