

对洛阳龙门石窟环境隐患因素的分析

中国兵器工业勘察研究院 王洪章

引言

为了有利于焦枝铁路复线龙门段东移方案的论证工作,笔者有幸参加了由国际工程咨询公司出面组织的振动测试小组,对龙门石窟环境振动进行测试。

下面就其环境振动问题谈几点意见。

一、概况

洛阳龙门石窟位于河南省洛阳市郊13 km,有香山(东山)与龙门山(西山)两山对峙,伊水在其中流过,山河壮丽、风景优美,著名的龙门石窟雕刻艺术群就密布于两山之崖壁上。

龙门石窟开凿于北魏迁都洛阳公元490年前后,历经东魏、唐至北宋诸朝,共有窟龕2100多个,佛塔40多座,碑刻题证3600块,全部造佛10万余躯。丰富多采的龙门石窟艺术,是我国文化的遗产瑰宝、美术史上的奇观。但是龙门石窟在1400多年来饱经了自然风化的侵蚀、也遭到了人为的破坏,特别是帝国主义侵略者和反动派军阀、官僚、奸商相勾结,破坏、盗走了许多珍贵的雕刻品,致使龙门精美的造像遭到重大损失。解放后经国务院批准于1961年调定为全国重点文物保护单位。

60年代末70年代初修了焦枝铁路,它在石窟区北侧跨越伊河后进入东山隧洞南下,伊河铁路大桥距石窟最近距离约900 m,铁路隧洞距万佛沟石窟最近约70 m左右,昼夜过往列车60余次。洛伊公路(西山公路)傍依西山石窟区,离雕刻品最近230 m,洛临公路(东山公路)位于伊河东岸,距东山石窟约20~50 m,公路上汽车、拖拉机昼夜行驶、十分频繁。铁路、公路运输车辆频繁行驶所带来的振动对石窟区环境造成了极不利

的影响,已引起人们的极大关注和不安。

另外石窟区东南方还有水泥厂,为开采石灰料,经常进行爆破,此项振动对石窟造成极大的危害。

石窟雕刻群是国宝,国内外宾客参访络绎不绝。总之由于人类工程活动所带来的振动是多方面的,给石窟带来影响也是复杂的。因此对石窟的环境进行综合分析,就显得十分重要。

二、地质环境

龙门石窟区位于龙门山—香山断裂地块,四周被宜阳、草店、郟庄和龙门桥断裂切割。地块内发育有与周界断裂近似平行的两组构造节理,一组层面节理和一组边岸卸荷节理,形成多组裂缝交切的裂隙岩体。越靠近周界断层节理越发育,如极南洞、万佛沟。该地块自新生代以来,一直处于整体抬升,伊河横穿地块,形成深切峡谷,山之立壁岩体为石窟开凿和雕刻提供了便利条件。

区内岩体主要由中、上寒武系白云岩和石灰岩地层组成。岩层走向 $N340^{\circ}\sim 360^{\circ}W$,倾向北东,倾角 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。上寒武地层为一厚层至巨厚层的细晶、微晶和鲕状白云岩,其中宾阳洞、香山寺、看经寺、万佛沟等石窟均在此层内。中寒武系为一薄层至厚层泥质条带灰岩和鲕状灰岩,其上部为厚层夹薄层鲕状白云化灰岩,奉先寺雕刻即在其中;下部多为薄层条带状泥质灰岩,容易风化,极南洞和擂鼓台雕刻即在此层。

沿石窟区东、西两山立壁有许多泉水出露,出露点均高出河水面1~5 m,水温、水量常年变化不大,是地下水排泄区,而石窟多处于地下水位以上的饱气带中。石窟内的渗水现象是大气降水的长期作用下,发育有

三层水平溶洞和竖井、溶沟、溶槽，这就破坏了岩石的完整性，而有些雕刻被节理、裂隙切割，同时也是常期水流作用的结果。

三、振动环境分析

前面提到的石窟区内通过的铁路、公路，交通繁忙是造成该区振动破坏的主要振源。由于列车、汽车每天24小时不断地通过文物区，为查明此振源对石窟雕刻艺术的危害程度，专家测试组于1989年8月24日至9月3日，对该区南北2.2km，东西0.8km范

围的石窟不同地段和位置的振动速度、加速度及位移进行了测试，并以振动速度为主要物理量。同时对石窟不同地段和位置进行了弹性波测试。

为了确保测试的准确性，河南省洛阳市、铁路、交通、公安部门进行了配合，在石窟区范围内对交通车辆、人员进行了管制。在测试中采用了断绝交通人员通行和交叉通行进行测试的办法进行昼夜观测，其结果见表1。

表1 主要文物点振动速度最大值 ($\mu\text{m/s}$)

测点	振源			地脉动(晚上)	列车汽车		汽车	
	列车(白天)	汽车(白天)	游人(白天)		列车(晚上)	汽车(晚上)	列车(晚上)	汽车(晚上)
宾阳中洞	1.570	0.870	0.610	0.400	0.390	1.190	0.890	
奉先洞	1.070	0.640	0.890	0.700	0.610	0.540	0.540	
极南洞	0.990	0.440	0.240	0.340	0.390	0.400	0.180	
擂鼓台	1.621	1.463	1.037	0.509	0.283	2.051	0.501	
看经寺	2.874	0.997	1.314	0.557	0.222	1.723	0.756	
万佛洞	2.980	3.301	0.609	0.630	0.230	2.911	0.938	

分析上表可以看出：所有振源对石窟均带来影响，其振动速度最大值均大于对应观测点的地脉动速度的最大值。尤其是列车影响最大，白天比晚上影响大。而振源距石窟越远，其振动速度将随之减小，见表2，也就是说振动速度成衰减趋势。

表2 振动速度随距离加大角度衰减

测点位置	距铁路桥10号墩台距离(m)	振动速度平均值($\mu\text{m/s}$)		
		UD	EW	NS
宾阳洞	1074	0.530	0.370	0.290
奉先洞	1529	0.338	0.314	0.274
极南洞	1715	0.208	0.211	0.253

对观测的不同测点的振动位移见表3，水平位移均大于垂直位移。

为了进一步分析石窟区由于人类工程振动和自然环境中物理化学的变化对其危害的程度，对石窟局部地区进行了弹性波测试，其结果见表4。

表3 振动位移最大值最小值

测点位置	振动位移最大值最小值(μm)					
	UD		EW		NS	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
宾阳洞	0.010	0.030	0.011	0.038	0.010	0.032
文管所	0.015	0.030	0.013	0.040	0.010	0.044
奉先洞	0.005	0.062	0.005	0.072	0.009	0.088
极南洞	0.011	0.058	0.006	0.086	0.025	0.070

由表4可看出：

1. 裂隙不发育的白云岩、灰岩，其 $V_p = 5000 \sim 6000 \text{m/s}$ ， $V_s = 2300 \sim 3000 \text{m/s}$ ，主要分布在西区奉先寺大佛以北，以及极南洞和东区擂鼓台附近。

2. 裂隙发育的白云岩、灰岩其 $V_p < 5000 \text{m/s}$ ， $V_s < 2000 \text{m/s}$ ，主要分布在西区极南洞标高以下部位、东区万佛沟一带。

3. 强风化层：不仅节理、裂隙发育而且岩石风化强烈，如极南洞下部强风化层以及龙门入口河岸边，东区香山寺坡上均可见到

表 4 龙门石窟地区动弹性参数表

序号	测试地点	岩性描述	γ kN/m ³	V_p m/s	V_s m/s	μ_d	E_d kg/cm ² $\times 10^5$	G_d kg/cm ² $\times 10^5$	K kg/cm ² $\times 10^5$	
1	宾阳中洞	完整白云岩	27.3	5400	3086	0.26	6.67	2.65	4.58	
2	奉先寺大佛底座	白云石化灰岩	26.5	5360	3000	0.27	6.19	2.43	4.52	
3	极南洞浮雕底座	完整灰岩	26.5	5600	2333	0.39	4.10	1.47	6.51	
4	极南洞对穿	灰岩裂隙发育	26.5	3133	1286	0.39	1.25	0.45	2.05	
5	极南洞下强风化层	强风化 手可捏碎有硬块	顺层	25.0	1313	420	0.44	0.13	0.05	0.38
			垂直	25.0	2067	1033	0.33	0.73	0.27	0.73
6	极南洞下微风化层	薄层灰岩 垂直层面裂隙发育	顺层	26.0	4100	2050	0.33	2.97	1.11	2.97
			垂直	26.0	2800	1000	0.43	0.76	0.27	1.72
7	龙门入口处河岸边	坡积粘土	21.0	450	200	0.38	0.02	0.01	0.03	
		风化层	25.0	1167	615	0.31	0.25	0.10	0.22	
8	擂鼓台两洞对穿	白云石化灰岩	26.5	5750	2630	0.36	5.11	1.87	6.44	
9	擂鼓台北洞内侧壁	白云石化灰岩	26.5	5286	2846	0.29	5.67	2.19	4.63	
10	万佛沟	白云石化灰岩	26.5	3571	1515	0.39	1.72	0.62	2.62	
11	看经寺	白云岩	27.0	4910	3040	0.19	6.05	2.54	3.24	
12	香山寺	白云岩	27.3	4000	2000	0.33	2.97	1.11	2.97	
		坡积粘土	21.0	500	260	0.32	0.04	0.014	0.03	
		风化层	25.0	1333	667	0.33	0.30	0.11	0.30	
13	千手千眼佛	白云石化灰岩层面隙裂发育	26.5	3833	1438	0.41	1.58	0.56	3.22	
14	万佛沟高平郡王洞	白云石化灰岩层面解理发育	26.5	3066	1347	0.38	1.35	0.49	1.88	

强风化层，可用手捏碎。其 $V_p < 2000$ m/s, $V_s < 1000$ m/s, 而顺强风化层面 $V_s < 400$ m/s。

4. 石窟区内岩层越靠近断层带越破碎，裂隙越发育，弹性波速度越小。

四、结语

通过现场取得的大量数据分析，对龙门石窟遭到破坏的主要原因，可归纳为以下两个方面：

1. 自然地质环境在漫长的历史年代里构造运动和自然溶蚀风化作用是一主要因素。

龙门石窟位于龙门山—香山断裂地块中，该地块自新生代中更新世以来，一直处于整体抬升遭受侵蚀和剥蚀卸荷作用阶段。

由于构造运动形成了一组层面节理和一组边岸卸荷节理，特别是薄层条带灰岩层间节理非常发育，因此在两组发育的节理作用下形成了岩体分离，并形成了岩体滑移或崩落面。也是雨水直接渗入洞内的主要通道之一。在岩体立壁表面发育有溶沟、溶槽与落水洞，而这些现象的共同作用，对立壁、洞窟和雕像起到了破坏作用。以上这些自然风化（包括物理的）、化学的现象的长期作用（用时间以地质年代计算）是石窟破坏最主要的原因。

2. 石窟周围的振动噪声环境不可忽视，特别是前面分析到的列车，汽车振动，采石爆炸振动等所带来的影响是最大的，而这种

编者按 1994年本刊第一期刊登了雷明信同志《关于确定地下水活动下限问题的初步探讨》一文，并加了编者按。编辑部收到了参加学术讨论的一些论文，现发表成都理工学院贾疏源同志《关于确定地下水活动下限问题讨论的几点意见》，今后还将选择有代表性的学术论文予以发表。贾疏源同志在文中建议：希望能将有关的讨论内容进一步展开，例如，关于核废料处置场的选址原则、建场研究等等。我们同意贾疏源同志的建议，上述内容可一并展开讨论。

关于确定地下水活动下限问题讨论 的 几 点 意 见

成都理工学院 贾疏源

【摘要】 笔者根据水文地质教学、科研实践及体会，结合龙门山勘察场地的水文地质特征，就确定地下水活动下限问题及其与核废料永久处置场选址的关系提出了六点看法及意见。1. 讨论地下水活动下限，回避不了地下水成因问题；2. 不同的水文地质条件下，地下水活动下限的发育特征不同；3. 地下水活动下限是变化的；4. 关于地下水活动下限的确定；5. 龙门山勘察场地确定的地下水活动下限尚待商榷；6. 关于核废料处置场的水文地质选址原则。

【Abstract】 The relationship between determining lower limit of groundwater activities and sitting permanent depositing nuclear waste material is discussed in this article. These views are based on the experience of teaching and scientific research and analysing hydrogeological features of exploration site in Long Men Mountains, which includes following contents, (1) Lower limit of groundwater activities involved in groundwater formation; (2) Different features of lower limit of groundwater activities in different hydrogeological conditions; (3) Change of lower limit of groundwater activities; (4) Determination of lower limit of groundwater activities; (5) Discussing the lower limit of groundwater activities of exploration site in Long Men Mountains; (6) The hydrogeologic principles of sitting permanent depositing nuclear waste material.

《军工勘察》一九九四年第一期刊登了雷明信同志《关于确定地下水活动下限问题的初步探讨》一文，并加了编者按“关于确定地下水活动下限的标准问题，在理论上具有重要意义、在实践上有重要价值，如核废料深

地层处理问题等等……”，希望有关地质工作者积极参加这场学术讨论。笔者从事水文地质的教学和科研，经常遇到与地下水活动下限有关的问题。现将有关想法和认识，归纳如下意见，参与讨论。

影响又是长期对石窟雕像振动破坏的重要因素，它加速了石窟的破坏进程，振动的速度最大达 $3\mu\text{m/s}$ 。对于一个先进的文明国家来说，工业的发展是要考虑自然保护区特别是文物保护的，两者必须结合起来综合考虑。

从以上分析来看，对龙门石窟区的国宝应采取以下措施：

(1) 应对石雕佛像及早进行加固，充填裂隙，减小水平振动的影响，在石窟外围采用排水办法减缓风化速度。

(2) 对道路交通采取限制流量逐步外迁

的办法，使振动加速度衰减到最小程度。

(3) 对游人采取按小时控制流量的办法进行限制，以最大限度地减小游人活动带来的振动影响。

(4) 石窟附近一定范围内禁止石灰岩的开采和工业发展，以免除各种振动和物理化学因素引起的破坏作用。

总之国民经济建设应从国家综合发展战略上来考虑，应采取一切措施保护国家的重点文物。只有这样，中国人民的子孙后代才能看到我国古代的辉煌文化。