备案号：52305－2016

WW

中华人民共和国文物保护行业标准

WW/T 0063—2015

石质文物保护工程勘察规范

Code for investigation of the protection engineering of the stone monument

2015－11－26 发布　　2016－1－1 实施

中华人民共和国国家文物局　　发　布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅴ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　基本要求 …… 4
4.1　勘察工作基本原则 …… 4
4.2　勘察工作阶段及基本要求 …… 5
4.3　勘察工作程序及基本深度要求 …… 5
5　工程测绘 …… 6
5.1　地形测绘 …… 6
5.2　文物本体测绘 …… 7
6　工程勘察 …… 8
6.1　工程勘察大纲的编制 …… 8
6.2　岩土工程勘察 …… 9
6.3　环境工程地质问题勘察 …… 12
6.4　石质文物病害勘察 …… 13
7　勘察总报告的编制 …… 19
7.1　一般要求 …… 19
7.2　文字内容要求 …… 19
7.3　图件要求 …… 21
7.4　表格要求 …… 21
7.5　现状照片要求 …… 21
7.6　附件要求 …… 22
附录A　（规范性附录）岩石分类 …… 23
附录B　（规范性附录）石质建筑物及构筑物裂缝测量统计工作要求 …… 24
附录C　（规范性附录）岩体节理裂隙测量统计工作要求 …… 26
附录D　（规范性附录）危岩体分析评价要求 …… 28
附录E　（规范性附录）出水点调查统计要求 …… 30
附录F　（规范性附录）岩石表层病害类型说明表格式及填写要求 …… 31
附录G　（资料性附录）岩石表面常用现场无损及微损检测方法及要求 …… 32
附录H　（规范性附录）表层劣化调查取样方法及要求 …… 39
附录I　（规范性附录）表层劣化调查取样登记表格式及填写要求 …… 42
附录J　（资料性附录）表层劣化分析室内试验项目 …… 43
附录K　（资料性附录）表层劣化病害的分级分类 …… 44

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国国家文物局提出。

本标准由全国文物保护标准化技术委员会（SAC/TC 289）归口。

本标准负责起草单位：中国文化遗产研究院。

本标准参加起草单位：总装备部工程设计研究总院、同济大学。

本标准主要起草人：李宏松、张金风、吴育华、高峰、周霄、杨国兴、孙崇华、戴仕炳。

引　言

由于不可移动石质文物的主要类型常与地质体紧密相关，所以对该类文物实施的保护工程往往不同于可移动石质文物的保护修复工作，其保护工程实施前、实施中甚至实施后的测绘、调查、检测、监测等工作内容、要求和技术手段更为复杂。虽然目前我国已发布了多个国家和行业勘察标准，但由于文物保护行业的特殊性，这些标准从对象到内容，均不能完全适用我国石质文物保护工程勘察工作要求，随着文物保护事业的发展，越来越多的科研单位、高等院校和企业参与到该项工作中，因此，本标准的制定，对统一我国石质文物保护工程勘察技术要求，更好地指导勘察技术行为，提高勘察工作的科学性，具有现实意义。

石质文物保护工程勘察规范

1 范围

本标准规定了不可移动石质文物保护工程勘察工作中测绘、调查、勘探、取样、测试分析及报告编制等工作的技术要求。

本标准适用于石窟寺及摩崖造像、摩崖题刻、岩画、崖墓、石质建筑物及构筑物、大型碑刻、大型单体石刻、文物建筑石构件等不可移动石质文物保护工程勘察工作。石塔、石桥、石牌坊等勘察工作可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17412（所有部分）岩石分类与命名方案（所有部分）

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50026 工程测量规范

GB/T 50095 水文基本术语和符号标准

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB/T 50266 工程岩体试验方法标准

GB/T 50279 岩土工程基本术语标准

CECS 238 工程地质测绘标准

CECS 239 岩石和岩体鉴定和描述标准

JGJ/T 8 建筑变形测量规程

WW/T 0002 石质文物病害分类与图示

WW/T 0035 田野考古制图

YS 5230 边坡工程勘察规范

3 术语和定义

GB 50021、GB 50026、GB/T 50095、GB/T 50123、GB/T 50026、GB/T 50279、CECS 238、CECS 239、JGJ/T 8、WW/T 0035、YS 5230 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

石质文物 stone monument

以天然岩石作为建造材料的，或以自然岩体作为赋存基础的，具有历史、科学、艺术价值的文物古迹。

3.2

石窟寺 grotto

开凿于山崖上洞窟式的寺院遗迹。

3.3

摩崖造像 cliffside figure

在崖壁上开凿的单体造像或造像群的文物类型。

3.4

摩崖题刻　cliffside inscription

在天然岩体表面凿刻各种书体文字的文物类型。

3.5

岩画　petroglyph

在岩穴、石崖壁面或独立岩石上描绘或凿刻图案的文物类型。

3.6

崖墓　cliff burial

开凿于山崖或岩层中的墓葬。

3.7

石质建筑物及构筑物　stone construction

采用石材作为构建材料修建的阙、经幢、牌坊、塔、桥、亭、墓葬、城垣及文物建筑石质台基等的总称。

3.8

碑刻　stele

将文字或图案刻在事先修整好的相对规整的岩石石块或石板上的文物类型。

3.9

石质文物病害　diseases of stone monument

石质文物在自然营力作用和人为因素影响下所形成的，影响文物结构安全和价值体现的异常或破坏现象。

3.10

结构失稳　structural failure

文物主体结构或其所依存的岩土环境所产生的局部或整体不稳定现象。

3.11

开裂　crack

受外力和自身结构影响，石质建筑物的完整性遭到破坏而产生的压裂、拉裂、剪裂现象的总称。

3.12

压裂　compression fracture

石质文物在压应力作用下开裂的现象。

3.13

拉裂　tensile fracture

石质文物在拉应力作用下开裂的现象。

3.14

剪裂　shear fracture

石质文物在剪应力作用下开裂的现象。

3.15

变形　deformation

受外力和自身结构影响，石质建筑物及构筑物结构稳定性下降，而导致外部形态发生局部和整体变化现象的总称。

3.16

倾斜 inclination

受地基不均匀沉降等因素的影响，石质建筑物及构筑物整体或局部产生向一个方向倾倒变形的现象。

3.17

臌闪 detachment

石质建筑物及构筑物由于受张应力的不均一性影响，局部发生向临空方向变形的现象。

3.18

错位 dislocation

石质文物块体间发生明显位移的现象。

3.19

塌落 collapse

石质建筑物及构筑物构件由于受变形和断裂的影响，整体或局部产生块体坠落的现象。

3.20

危岩体 dangerous rockmass

文物所在边坡或洞窟（洞室）岩体由于各种结构面相互切割，形成可能滑移、倾倒、崩塌的分离体。

3.21

滑移破坏 slide

危岩体在自然或人为因素的影响下，沿某一结构面或软弱带发生滑动，并向下移动的破坏形式。

3.22

倾倒破坏 overturn

陡坡或悬崖上的岩体在自然和人为因素作用下，发生转动坠落的破坏形式。

3.23

崩塌 rock collapse

陡坡或悬崖上的危岩体在重力作用下，发生向下坠落的破坏形式。

3.24

冒顶 roof collapse

洞窟（洞室）顶板岩层发生变形和岩块坠落的现象。

3.25

片帮 side wall scaling

洞窟（洞室）内岩壁发生岩片剥落的现象。

3.26

渗漏 leakage

指大气降水、地表水或地下水在文物本体表面渗出的现象。

3.27

常年渗漏 perennial leakage

一年平均有 300 天以上的渗漏现象。

3.28

间歇性渗漏　intermittent leakage

受季节和大气降水影响，一年只在雨季或大气降水后出现的渗漏现象。

3.29

出水点　outflow spot

水在文物表面的渗出点。

3.30

渗析　dialysis

水渗出量很小，仅在出水点周围形成潮湿的现象。

3.31

滴水　dripping

出水点处以水滴形式渗出的现象。

3.32

涓流　trickling

出水点处以小股流水形式渗出的现象。

3.33

凝结水　condensed water

空气中水汽过饱和而凝结成的液态水。

3.34

渗漏滞后　leakage lag

在间歇性渗漏过程中，出水点的渗漏时间晚于补给区接受大气降水时间的现象。

3.35

表层劣化　surface deterioration

石质文物表层所产生的破坏文物表面结构完整性或影响文物价值体现的破坏现象。

3.36

示踪法　tracer method

主要利用物理特性研究和观测渗流途径等水文要素的技术方法。

3.37

形制　shape and structure

文物的外部形态及结构特征。

4　基本要求

4.1　勘察工作基本原则

4.1.1　“最小干预”原则，具体要求如下：

a）在确定勘察技术路线时，应选择对文物本体及环境影响最小的技术手段，优先考虑无损检测技术；

b）在确定勘察工作量时，在满足设计要求前提下，岩土工程勘察与石质文物病害勘察工作应有机结合，优化工作流程，严格控制勘探点和取样数量，避免重复工作；

c）在确定勘探点和取样位置时，在满足设计要求前提下，应尽量避免在文物本体范围内布设。

4.1.2　工程实践与科学研究相结合的原则。应针对石质文物病害及赋存环境特点，围绕设计要求开

展必要的研究工作。

4.1.3　宏观分析与微观研究相结合的原则。在进行区域地质条件调查分析的基础上，对环境工程地质问题及石质文物病害应开展专项研究。

4.1.4　定性分析与定量分析相结合的原则。对于石质文物病害专项研究，应注重现代检测、分析技术的综合应用。

4.2　勘察工作阶段及基本要求

石质文物保护工程勘察工作，应按不同设计和工程实施阶段的进度要求实施相应的勘察工作。基本要求可参照表1执行。

表1　勘察阶段及基本要求规定

阶段	基本要求
方案设计	查明文物所在区域工程地质及水文地质条件，对文物所在场地条件的稳定性及环境状况进行评价。查明文物现存的病害类型、分布区域及形成原因。
施工图设计	详细查明各类石质文物病害的严重程度、诱发及影响因素。
施工	根据工程需要，对工程实施重点区域和重点项目进行补充勘察，补充必要的小区域大比例尺地形测绘、大样图测绘及原位测试、检测和物探工作。

4.3　勘察工作程序及基本深度要求

石质文物保护工程勘察工作总体程序，可分为工程测绘和工程勘察前后两个步骤。一般情况下，应先开展工程测绘。工程测绘又分为地形测绘和文物本体测绘两部分。

工程勘察，总体应按岩土工程勘察和石质文物病害勘察两部分开展工作。必要时，还应开展环境工程地质问题勘察工作。

各类石质文物勘察工作程序、基本内容及深度要求可参照表2执行。

表2　各类石质文物勘察工作程序、基本内容及基本深度要求规定

<table>
<tr><td rowspan="3">类型</td><td colspan="2">第一阶段：工程测绘</td><td colspan="2">第二阶段：工程勘察</td></tr>
<tr><td colspan="2">工程测绘内容及要求</td><td colspan="2">工程勘察内容及基本深度要求</td></tr>
<tr><td>地形测绘</td><td>文物本体测绘</td><td>岩土工程勘察</td><td>石质文物病害勘察</td></tr>
<tr><td>石窟寺、摩崖造像、摩崖石刻、岩画及崖墓等与地质体相连的文物类型</td><td rowspan="3">详细记录和描绘文物本体与周边环境的空间关系及环境状况。</td><td rowspan="3">详细记录和描绘文物本体的构造特征、形态尺寸及表面造型。</td><td>查明文物所在区域工程地质及水文地质条件，对文物所在场地条件的稳定性进行评价。</td><td rowspan="3">查明文物现存的病害类型、分布情况、严重程度及形成机理。</td></tr>
<tr><td>采用多块石材作为构建材料建造的各类地面建筑物及构筑物</td><td rowspan="2">对文物所在场地条件的稳定性进行评价。</td></tr>
<tr><td>采用单块石材雕刻的巨型碑刻、单体石刻（体量≥4m^3）</td></tr>
</table>

表 2　各类石质文物勘察工作程序、基本内容及基本深度要求规定（续）

类型	第一阶段：工程测绘		第二阶段：工程勘察	
	工程测绘内容及要求		工程勘察内容及基本深度要求	
	地形测绘	文物本体测绘	岩土工程勘察	石质文物病害勘察
采用石材作为构建材料建造的各类地下石质建筑物及构筑物	详细记录和描绘文物本体与周边环境的空间关系及环境状况。	详细记录和描绘文物本体的构造特征、形态尺寸及表面造型。	查明文物所在区域工程地质及水文地质条件，对文物所在场地条件的稳定性进行评价。	查明文物现存的病害类型、分布情况、严重程度及形成机理。
采用单块石材雕刻的一般碑刻、单体石刻（体量 < 4m^3）和石质建筑构件	可结合建筑等文物群落一并测绘，可不单独测绘地形图。	详细记录和描绘文物本体的特征、形态尺寸及表面造型。		

5　工程测绘

5.1　地形测绘

5.1.1　测绘范围

测绘范围的确定应以正式公布的文物保护范围为依据并结合保护对象特点、保护工程类别及设计实际需要，确保地形、地貌及地物单元的完整性，必要时可将建设控制地带纳入测绘范围。

5.1.2　比例尺

测绘比例尺宜选用 1∶200、1∶500、1∶1000 或 1∶2000。

5.1.3　测控网的建立

测控网宜基于国家或地方统一坐标高程系统，以永久性控制点方式，按照 GB 50026 有关规定建立，为现状测绘和文物保护工程提供基准的同时，最大限度地满足文物基础信息数据采集和数据共享的需要。

5.1.4　技术要求

具体测绘技术要求应按照 GB 50026 相关规定执行，并结合文物类型、规模和工程要求，通过对文物本体的位置、范围、以及散落遗迹和其他遗存可能分布范围的重点测绘和突出表现进行地形测绘。具体要求如下：

a）洞窟及造像龛的宽、深，在地形图上大于 0.5mm 的应按实际尺寸绘制；小于 0.5mm 的可用特定的符号在其中心位置标注；

b）地下石质构筑物地形测绘应对其地下结构进行平面测绘，并在地形图上以虚线形式表示其平面形态；

c）地形测绘图上应标明树干直径大于 50cm 的树木或其他名贵植物位置；

d）与排水防渗工程设计有关的地形测绘应标明地面及地下排水沟及附属物，尽量标明冲沟、明显的裂隙等主要病害现象，并对排水防渗工程设计区域内的微地形进行详细测绘；

e）与结构加固工程设计有关的地形测绘应标明陡坎、斜坡及人工砌筑物，并标明滑坡、危岩体等主要病害现象。

5.2 文物本体测绘

5.2.1 文物形制测绘

5.2.1.1 一般规定

文物形制测绘应详细表现文物本体的空间形态，其测量坐标系宜与地形测量坐标系统一。

5.2.1.2 崖壁立面、洞窟（洞室）内立面测绘

崖壁立面、洞窟（洞室）内立面测绘具体技术要求如下：

a）崖壁立面图重要位置应标注标高；

b）重点洞窟（洞室）应绘制内壁面展开图。

5.2.1.3 崖壁、洞窟（洞室）剖面测绘

石窟寺及摩崖造像、摩崖题刻崖壁、石窟寺单体洞窟（包括大型造像）、崖墓洞室等的水平剖面、垂直剖面测绘。具体技术要求如下：

a）石窟寺及摩崖造像、摩崖题刻崖壁剖面测绘位置的选取应能真实、完整地表现壁面形态，崖壁剖面图重要位置应标注标高；

b）洞窟（洞室）水平、垂直剖面位置的选取应能真实、完整地表现洞窟（洞室）的形态特点，洞窟（洞室）剖面图应标注标高；

c）对于大型洞窟（洞室）（面积 $>10m^2$）或大型摩崖造像龛（造像多于3尊），剖面不少于3条；

d）洞窟（洞室）应绘制剖视图，绘制方法可按照 WW/T 0035 相关规定执行；

e）根据工程设计和保护工作需要，还可包括洞窟（洞室）水平剖面仰视或俯视图；

f）比例尺宜选用1∶20、1∶50、1∶100 或 1∶200。

5.2.1.4 地面石质建筑物及构筑物测绘

地面石质建筑物及构筑物测绘包括石质建筑物及构筑物平面、立面及垂直剖面测绘。具体技术要求如下：

a）测绘技术要求应按照现行国家及行业标准、规范相关规定执行；

b）多层建筑物测绘应分层绘制平面图；

c）测绘成果至少有两个立面图和两处垂直剖面图；

d）测绘成果根据保护工程和设计需要，还可包括平面仰视或屋面俯视图；

e）比例尺宜选用1∶20、1∶50、1∶100 或 1∶200；

f）必要时应增加大样图。

5.2.1.5 地下石质建筑物及构筑物测绘

地下石质建筑物及构筑物测绘应包括文物主体结构的平面、垂直剖面测绘。具体技术要求如下：

a）平面、剖面测绘位置的选取应能真实、完整地表现文物地上、地下结构的形态特点，剖面测绘应完整表现地下结构与地表形态间的空间关系；

b）测绘成果至少有两个剖面（视）图，绘制方法可按照 WW/T 0035 相关规定执行；

c）比例尺宜选用1∶20、1∶50 、1∶100 、1∶200、1∶500、1∶1000 或 1∶2000。

5.2.1.6 碑刻及单体石刻测绘

碑刻及单体石刻测绘内容应包括平、立、剖面测绘。具体技术要求如下：

a）平、剖面测绘位置的选取应能真实、完整地表现文物的空间形态特点；

b）测绘成果至少有两个立面图和两处剖面图；

c）比例尺宜选用1∶10、1∶20。

5.2.2 表面造型及图案测绘

5.2.2.1 一般规定

表面造型及图案测绘一般规定如下：

a）表面造型及图案测绘测量坐标系宜与地形测量坐标系统一；

b）文物表面造型及图案测绘应包括立面和剖面测绘；

c）比例尺宜选用1∶5、1∶10、1∶20、1∶50、1∶100或1∶200。

5.2.2.2 立面测绘

立面测绘具体技术要求如下：

a）根据设计要求应选取适宜的制图投影面，石窟寺及摩崖造像宜选择垂直面为投影面，摩崖题刻及岩画宜选择与题刻或岩画所在岩壁面平行面为投影面；

b）立面测绘根据病害调查、保护工程设计和监测工作要求，可以线划图、正射影像图、正射影像线划套合图、等值（等厚）线图等为成果形式。

5.2.2.3 剖面测绘

剖面测绘具体技术要求如下：

a）剖切位置的选取应能最大程度地表现表面造型的空间形态变化特点；对于造像剖面测绘，垂直剖面剖切位置应选取在造像正中，水平剖面剖切位置根据设计需要宜选取在头部、胸部和膝部等部位；

b）根据保护工程设计和保护工作要求，中、大型造像和石质文物（高度>5m或宽度>5m）可根据造型复杂程度确定剖面数量。

6 工程勘察

6.1 工程勘察大纲的编制

6.1.1 工程勘察大纲内容

工程勘察大纲应包括下列内容：

a）编制依据、文物概况、勘察目的及以往勘察情况；

b）地质概况，包括地形及地貌特征、主要岩性及地质特征、工程地质及水文地质概况、周边的不良地质作用及地质灾害情况（如滑坡、泥石流等）；

c）文物保护工程设计需求分析及勘察拟解决的主要问题；

d）技术要求及工程勘察工作原则，包括主要技术要求，工程勘察工作的主要内容和原则；

e）勘探方法的选用、勘探点的布置及主要工作量，并应附勘探点布置平面图（图上应详细标注各类勘探点的具体位置）；

f）勘探点布置和勘探技术方法对文物本体及环境的影响程度分析；

g）工程勘察工作的质量目标和质量管理；

h）组织机构、人员及设备配置；

i）安全保障措施；

j）计划进度安排及保证措施；

k）资料编制的原则，应交成果资料种类和数量等；

l）因保护工程设计需要，拟开展的非常规专项工程勘察内容或试验应附专项工程勘察工作或试验设计方案。

6.1.2 工程勘察大纲的执行和调整

工程勘察工作应严格按照工程勘察大纲执行，大纲在执行过程中如需作必要调整，调整内容应征得业主单位同意，相关的会议纪要和往来文件应纳入勘察报告，并在业主处备案。

6.2 岩土工程勘察

6.2.1 工程地质调查与测绘

6.2.1.1 区域资料收集与调查

区域资料收集与调查主要包括以下内容：

a）1∶50000 以上各种比例尺地形图；

b）最大比例尺的地质图及相关资料；

c）水文资料；

d）气象及大气条件资料；

e）环保部门环境污染和酸雨资料（30～50 年）。

6.2.1.2 工程地质调查

6.2.1.2.1 调查范围

调查范围应以对文物本体及其环境产生影响的地质结构条件边界为依据确定，必要时可扩大至邻近区域。

6.2.1.2.2 比例尺

调查所用地形图比例尺根据勘察深度确定。

6.2.1.2.3 调查方法及技术要求

具体调查方法及技术要求应按照 GB 50021 相关规定执行。

6.2.1.3 工程地质测绘

6.2.1.3.1 测绘范围

工程地质测绘范围应以对文物本体及其环境产生影响的地质结构条件边界为依据确定，以确保地质单元的完整性。

6.2.1.3.2 比例尺

比例尺宜采用 1∶500、1∶1000、1∶2000、1∶5000 或 1∶10000。

6.2.1.3.3 测绘方法及技术要求

具体测绘方法及技术要求应按照 CECS 238 相关规定执行。

6.2.2 勘探与取样

6.2.2.1 勘探

6.2.2.1.1 勘探方法

勘探方法的确定应符合下列要求：

a）石质文物保护工程的勘探方法，应根据勘察目的及岩土特性确定；

b）勘探方法应以物探结合槽探为主；

c）必要时在合理和关键位置可布置少量钻探，但不应使用可能对文物本体造成损害的钻探方法。

6.2.2.1.2 勘探工作基本要求

勘探工作应符合下列基本要求：

a）勘探点应根据保护工程设计需要和勘察目的布置；

b）在满足设计要求前提下，应严格控制勘探工作量；

c）勘探布线、布点不得对文物本体及相关环境造成不良影响，并应避开文物本体；

d）勘探线布设应不少于2条；

e）对钻孔、探槽，在勘探结束后，应妥善回填，回填材料应选用原材料，不得使用对文物本体及环境有不良影响的材料，并尽可能恢复到原状。

6.2.2.1.3 物探

物探可在下列方面采用：

a）与工程地质测绘配合采用，探查隐蔽结构面的位置、分布；

b）与钻探配合采用，为钻探成果的内插、外推提供依据；

c）在岩溶发育区、地下采空区及墓葬密集区应优先采用；

d）测试岩土体的动力参数。

具体物探方法的选择，应根据工程设计要求、场地岩土性状及物理特征等，按照GB 50021相关规定确定。

物探工作应严格按照工程勘察大纲要求布设，具体技术方法及要求应按照GB 50021相关规定执行。

6.2.2.1.4 槽探

槽探可在以下情况采用：

a）当覆盖层厚度小于3m，需查明岩性分界线、第四纪覆盖层厚度、构造破碎带宽度、软弱结构面位置等时；

b）需查明石质建筑物及构筑物基础埋深时。

槽探位置应严格按照工程勘察大纲要求布设，不得轻易更换，具体技术方法及要求应按照GB 50021相关规定执行。

6.2.2.1.5 钻探

钻探工作应符合以下要求：

a）钻探位置应严格按照工程勘察大纲要求布设，不得轻易更换；

b）钻探具体技术方法及要求应按照GB 50021相关规定执行。

6.2.2.2 取样

6.2.2.2.1 土样采样要求

土样的采取应符合下列要求：

a）土样可在钻孔、探槽中采取；

b）软弱土层应连续取样；

c）试样数量应根据试验项目确定；

d）土样应及时妥善密封送交实验室，运输中应避免振动。

6.2.2.2.2 岩石试样采样要求

岩石试样的采取应符合下列要求：

a）取样过程不应对文物本体造成不良影响，取样结束后，应尽可能恢复到原状；

b）试样数量和规格应根据试验项目确定，如有特殊要求时，试样形状、尺寸和方向由设计确定；

c）试样应及时妥善密封，软岩岩芯需立即密封；

d）试样应及时送交试验室，风化样品在运输中应避免振动。

6.2.2.2.3 水样采样要求

水样的采取应符合下列要求：

a）采集水样时应先用水样洗涤采样容器、盛样瓶及塞子2～3次；

b）在河流、湖泊直接采集表层水样时，可用适当的容器如水桶、脸盆采样。采样时应注意不得混入漂浮于水面上的物质。在湖泊、水库采集一定深度的水样时，可用直立式或有机玻璃采水器，按相关操作规程进行采样。对于自喷泉水和涓流渗水，可在涌口处或出水点处直接采样。采集不自喷泉水时，应将停滞在抽水管的水汲出，新水更替之后，再进行采样。钻孔中地下水的采样应按 GB 50021 的相关规定执行。大气降水和渗漏滴水可用适当的容器如水桶、脸盆直接采样，采样时应注意不得混入携带的其他漂浮物质；

c）水样采集量应根据检测项目确定；

d）水样采集后应立即送往试验室，运输方式应根据检测项目确定；

e）水样保存方式及时限应根据检测项目确定。

6.2.3 测试

6.2.3.1 土工试验

6.2.3.1.1 土的物理性质试验项目的确定可按照表 3 规定执行。

表 3 土的物理性质试验项目

土的类别	试验项目
砾石土和碎石土	颗粒分析、比重、天然含水量、天然密度、最大密度、最小密度（有机质含量、渗透系数）。
砂土	颗粒分析、比重、天然含水量、天然密度、最大密度、最小密度（有机质含量、渗透系数）。
粉土，粘性土	颗粒分析、比重、天然含水量、天然密度、液限、塑限（有机质含量、渗透系数）。
注：带（）项目为可选择项目。	

6.2.3.1.2 土的力学性质试验包括剪切试验和压缩试验，如设计要求，还可进行专项试验。

6.2.3.1.3 特殊土及特殊要求，应测定土的特殊性指标。

6.2.3.1.4 土工试验方法及资料整理要求应按照 GB/T 50123 的相关规定执行。

6.2.3.2 岩石试验

6.2.3.2.1 岩石的物理性质试验项目的确定可按照表 4 规定执行。

表 4 岩石物理性质试验

常规试验	颗粒密度和块体密度试验，吸水率和饱和吸水率试验
可选择试验	压汞试验、渗透性试验、耐崩解性试验、冻融试验、吸水性能测定试验

6.2.3.2.2 岩石力学性质试验包括抗压强度、抗拉强度（劈裂试验）等项目的测试。单轴抗压强度试验应分别测定干燥和饱和状态下的强度并提供极限抗压强度和软化系数。

6.2.3.2.3 如设计要求，可进行岩石剪切试验，抗水性弱或经常处于湿润状态的岩石还可进行饱和剪切试验。

6.2.3.2.4 岩石成分分析试验包括岩矿鉴定、矿物成分分析、化学成分分析等项目。岩石描述、鉴定要求应符合附录 A 的规定。

6.2.3.2.5 软弱结构面（层）力学性质试验根据设计要求可选择天然软弱结构面和滑移面的剪切试

验、断层碎裂岩及结构面充填物的剪切试验及干抗剪强度和饱和抗剪强度试验。

6.2.3.2.6　岩石试验方法及资料整理要求应按照 GB/T 50266 的相关规定执行。

6.2.3.3　水质分析试验

水质分析试验项目的确定可按照表 5 规定执行，可选择项目应由设计要求确定。

表 5　水质分析试验项目

常规项目	pH 值、矿化度、硬度、总碱度、主要的阳离子和阴离子含量
可选择项目	游 CO_2、侵 CO_2、可溶 SiO_2、F、AS、酚、其他离子含量、细菌总数和类型。

6.2.3.4　原位测试

6.2.3.4.1　原位测试主要在判定石质建筑物及构筑物地基土层的性质、地基承载地，进行场地稳定性评价时采用。

6.2.3.4.2　具体原位测试方法应根据岩土条件、工程设计对参数的要求、地区经验和测试方法的适用性等因素，按照 GB 50021 相关规定确定。

6.2.3.4.3　原位测试具体技术要求、测试成果要求应符合 GB 50021 相关规定。

6.2.3.4.4　根据原位测试成果，利用地区性经验估算岩土工程特性参数和对岩土工程问题做出评价时，应与室内试验和工程反算参数作对比，检验其可靠性。

6.2.3.4.5　原位测试的仪器设备应定期检验和标定。

6.2.3.4.6　分析原位测试成果资料时，应注意仪器设备、试验条件、试验方法等对试验的影响，结合地层条件，剔除异常数据。

6.3　环境工程地质问题勘察

在开展环境工程地质问题勘察时，环境工程地质问题分类及勘察要求应按照表 6 规定执行。

表 6　环境工程地质问题分类

类型	界定	勘察要求
第一类	由于自然地质作用引起的地质灾害或工程问题，如滑坡、泥石流、地裂缝等。	查明该类问题分布区域、规模、严重程度及产生原因，研究和评价该类问题对文物本体及相关环境的影响程度。
第二类	由于人类生产或工程活动，引起自然环境变化，在改变后的自然环境营力作用下，引起原有（第一类）环境工程地质问题、石质文物病害加重或产生新的问题，如爆破震动、车辆运营震动、采矿、地下工程或过度汲取地下水引起的地面及边坡变形破坏、兴建水库引起小环境变化而加剧渗漏病害及石质文物表层劣化病害、酸雨加剧石质文物表层劣化病害、河流改道、修建水库引起的淹没问题等。	查明诱发该类问题的原因及对文物本体和相关环境的影响程度，研究该类问题的产生原因及发展趋势。

6.4 石质文物病害勘察

6.4.1 石质文物常见病害类型及勘察深度基本要求

各类石质文物常见病害类型及勘察深度基本要求应按表7规定执行。

表7 各类石质文物常见病害类型及勘察深度基本要求

类型	病害类型		勘察深度基本要求
石窟寺、崖墓等与地质体相连、开凿在岩体内的洞窟（洞室）类文物	结构失稳	边坡失稳	Ⅰ
		洞窟（洞室）失稳	查明洞窟（洞室）内岩体不稳定区域的规模、分布情况，并对危岩体进行稳定性评价及影响因素分析。
	渗漏		Ⅱ
	表层劣化		Ⅲ
摩崖造像、摩崖石刻、岩画等与地质体相连的雕刻或描绘在岩体表面的文物	结构失稳—边坡失稳		Ⅰ
	渗漏		Ⅱ
	表层劣化		Ⅲ
地面石质建筑物及构筑物	结构失稳		Ⅳ
	渗漏		查明出水点的分布区域、渗漏规律，查明与渗漏有关的原构造做法，并进行渗漏成因及影响因素分析。
	表层劣化		Ⅲ
地下石质建筑物及构筑物	结构失稳		Ⅳ
	渗漏		查明出水点的分布区域、渗漏规律及与地下水位变化和地表水体分布的关系，查明与渗漏有关的原构造做法，并进行渗漏成因及影响因素分析。
	表层劣化		Ⅲ
巨型碑刻、单体石刻	结构失稳		Ⅳ
	表层劣化		Ⅲ
一般碑刻、单体石刻及石质建筑构件	表层劣化		Ⅲ

注1：表中Ⅰ内容为“查明边坡岩体不稳定区域的规模、分布情况，并对危岩体进行稳定性评价及影响因素分析。”

注2：表中Ⅱ内容为“查明出水点的分布区域、渗流规律，并进行补给条件、径流途经及影响因素分析。”

注3：表中Ⅲ内容为“查明岩石表层的主要劣化形态、物理力学特性的变化特点及矿物和化学成分的变化特性，并进行病害成因分析和劣化机理研究。”

注4：表中Ⅳ内容为“查明基础及主体结构保存现状、结构不稳定现象的分布规律，并进行整体稳定性及受损构件安全性评价及影响因素分析。”

6.4.2 结构失稳病害勘察

6.4.2.1 一般规定

在调查基础上，应重点评价和分析影响结构稳定性的各类因素，如地下工程、地震、暴雨、振动

（如爆破、铁路、地铁、公路等）、地下水位变化等，为加固工程设计提供依据。

6.4.2.2 石质建筑物及构筑物结构失稳病害勘察

6.4.2.2.1 结构特征调查

应通过搜集资料，并结合形制测绘和物探方法，查明建筑物及构筑物的结构特征及构造做法，尤其是对地下、内部隐蔽结构和加强结构做法的调查。

6.4.2.2.2 基础类型及埋深调查

在不影响文物结构稳定的前提下，应布设适量探槽，以查明建筑物及构筑物基础类型、埋深及保存情况。

6.4.2.2.3 场地类别与地基调查

应查明建筑物及构筑物所在位置的下部地层分布、性质、地基承载力，地下水埋深及对地基土的影响，该部分工作应与岩土工程勘探工作相结合，在不影响文物结构稳定的前提下，勘探点宜以建筑物及构筑物所在位置为重点区域布设。

6.4.2.2.4 结构保存现状调查

应查明建筑物及构筑物结构变形及破坏的位置、区域（包括整体变形破坏和构件局部变形破坏），地基发生不均匀沉降时应在平面图上反映其范围、程度和裂缝走向，沉降量的测量要求应按照 JGJ/T 8 的相关规定执行，上部结构发生变形、破坏时，所有断裂、裂缝、臌闪、倾斜、错位、塌落等与结构失稳和安全有关的迹象，其部位、规模、形态均应反映在立面实测图上，倾斜、臌闪和错位变形量的测量可参照 JGJ/T 8 和行业有关规定执行。

6.4.2.2.5 测试

应查明建筑物及构筑物建造材料类型、性质，可利用更换或塌落下来的构件取样进行岩石物理、力学性质试验和岩石类型鉴定，具体岩石类型鉴定、命名要求应按照 CECS 239 和 GB/T 17412（所有部分）相关规定执行。如无更换或塌落下来的构件，可采用岩石声学测试、回弹锤击测试等综合方法获得岩石力学性质指标，为设计提供依据，同时应进行建造材料的采石场调查和采样以获取岩石的物理性质指标。

6.4.2.2.6 分析与评价

分析与评价应包括以下内容：

a）分析评价地基沉降与地下水、地层岩性间的关系；

b）整体稳定性分析与评价。在查明结构和构造做法，获得建造材料物理、力学指标的前提下，可通过数值分析方法对建筑物及构筑物整体稳定性进行分析与评价，评价过程根据环境条件、场地条件和结构特点，在设定评价工况条件时，应充分考虑风、雪及人类生产、生活活动所产生的附加荷载和暴雨、地震、洪水、潮汐等不利因素的影响；

c）构件安全性分析与评价。在结构保存现状调查的基础上，应对所有裂缝进行进一步测量和统计，具体要求应符合附录 B 的规定。对于承重构件，应根据裂缝形态、产生部位、受力状态明确构件变形破坏的力学机制，并根据构件受力状态和岩石的力学性质，计算构件的安全系数；

d）在整体稳定性分析评价及构件安全性分析评价基础上，应根据文物价值、环境影响程度、局部变形构件在结构体系中的作用及变形破坏程度，对石质建筑物及构筑物的安全性进行分级评价。

6.4.2.2.7 监测

对于建筑物及构筑物上影响结构整体稳定性的活动裂缝和变形区域应进行长期监测，为加固工程设计提供依据，检验加固工程实施效果及预警。监测项目可包括裂缝监测、变形监测和地基沉降监测

等，具体技术要求应按照 JGJ/T 8 及行业相关规定执行。

6.4.2.3 边坡失稳病害勘察

6.4.2.3.1 不稳定区域的调查

结合岩土工程勘察应查明文物保护范围内边坡地带的不稳定区域，岩质边坡应进行详细的节理、裂隙测量统计，具体要求应符合附录 C 的规定，并应反映在壁面立面图上。在此基础上，应查明所有危岩体的位置、几何尺寸、边界条件，并应反映在壁面立面、剖面图上。重点应加强对卸荷裂隙和楔形体的调查。同时应查明支护、锚固、裂隙灌浆等既往主要保护工程措施的实施位置，并应反映在相应图件上。

6.4.2.3.2 勘探与测试

应查明所有不稳定区域和危岩体结构面的产状、性质、分布及其组合关系和抗剪强度，同时应查明影响稳定性的地下水类型、水位、水量、补给、排泄及变化规律。

6.4.2.3.3 分析与评价

在调查、勘探与测试的基础上，应对所有不稳定区域和危岩体进行进一步分析，根据破坏迹象、产生部位、受力状态应明确危岩体失稳的力学机制，分析评价具体要求应符合附录 D 的规定。其中稳定性计算和评价方法可按照 YS 5230 相关规定执行。

6.4.2.3.4 监测

监测为加固工程设计提供参数，检验加固工程措施的实施效果及边坡稳定预警。监测项目包括位移监测和水压监测。具体技术要求应按照 YS 5230 有关规定执行。

6.4.2.4 洞窟（洞室）失稳病害勘察

6.4.2.4.1 不稳定区域的调查

结合岩土工程勘察应查明洞窟（洞室）内的不稳定区域，应进行详细的节理、裂隙调查，具体要求应符合附录 C 的规定，在此基础上，应查明所有危岩体的位置、几何尺寸、边界条件，并应反映在相应实测图上，（片帮区域应反映在洞室立面图上，冒顶区域应反映在洞室仰视图上）。

6.4.2.4.2 勘探与测试

结合岩土工程勘察，应查明危岩体潜在滑移面和切割面及各类软弱结构面的产状、性质、分布及其组合关系和抗剪强度，同时应查明影响稳定性的地下水类型、补给、排泄及变化规律。

6.4.2.4.3 分析与评价

分析与评价具体要求如下：

a）对洞窟（洞室）及其围岩整体应力分布及稳定性进行分析与评价，查明应力集中薄弱区域；

b）在调查、勘探与测试的基础上，应对所有不稳定区域进行进一步分析，应根据破坏迹象、产生部位、受力状态等明确不稳定区域失稳的力学机制，分析评价具体要求应符合附录 D 的规定；

c）稳定性计算参数应包括岩石主要物理、力学指标、潜在滑移面等软弱面的抗剪强度指标和变形特征指标及危岩体在计算断面上的几何要素；

d）确定计算参数时，应根据岩土工程勘察的原位测试、实验室试验指标数理统计成果，结合当地经验综合分析确定。滑移面贯通的危岩体，计算时，可采用残余抗剪强度；

e）稳定性分析评价时应考虑地层岩性对岩体抗剪强度、抗风化和软化及渗透性能的影响、地质构造对破坏模式的影响、风化作用对岩体强度减弱的影响、冻融作用的影响、地震作用引起的下滑力和孔隙水压力增加的影响及地下水流动、动态变化等因素的影响。

6.4.2.4.4 监测

对于洞窟（洞室）内的变形区域应进行长期监测，为加固工程设计提供依据，检验加固工程实施效果及预警。监测项目可包括裂缝监测和变形监测。具体技术要求应按照 JGJ/T 8 相关规定及行业有关规定执行。

6.4.2.5 巨型碑刻及巨型单体石刻失稳病害勘察

可参照本规范 6.4.2.2 条规定的内容开展工作。

6.4.3 渗漏病害勘察

6.4.3.1 一般规定

一般规定如下：

a）在搜集前人资料的基础上，应全面调查保护对象所在区域的汇水面积、地表径流特征、气候及大气降水特征；

b）在岩土工程勘察工作基础上，应详细查明文物本体表面的渗漏区域；

c）根据工程设计要求，围绕保护对象应进行详细的水文地质勘察，重点评价和分析渗漏特征，水的来源，渗流途径及与文物自身结构、岩土结构间的关系及渗漏对石质文物表层劣化病害的影响程度，为防渗工程设计提供依据，必要时可进行渗流规律分析；

d）查明渗漏对石质文物表层劣化病害的影响和控制作用；

e）重要出水点、地表水体、大气降水应采样进行水质分析；

f）渗水点区域的沉淀物应进行取样分析；

g）应查明渗漏水和凝结水的特征和区别；

h）应探明渗析区域与毛细作用带间的关系；

i）对于重要出水点应进行长期监测，为防渗工程设计提供依据，检验防渗工程实施效果。监测项目可包括流量监测、渗出时间监测和水质监测。同时可同步实施大气降水、地下水、凝结水等项目的监测。具体技术要求应按照国家及行业相关规定执行。

6.4.3.2 石窟寺、摩崖造像、摩崖题刻及洞窟（洞室）渗漏病害勘察

6.4.3.2.1 现状调查

现状调查主要包括以下内容：

a）在搜集前人资料的基础上，应进行详细的节理裂隙调查统计，具体调查要求应符合附录 C 的规定；

b）应全面查明所有出水点的位置、特性，具体调查要求应符合附录 E 的规定，并应在相应实测图上标注。

6.4.3.2.2 勘探与测试

勘探与测试主要包括以下内容：

a）应全面探明第四纪覆盖层厚度及土层渗透性能，根据工程设计需要，可绘制覆盖层厚度等值线图；

b）应探明所有岩层及软弱夹层的厚度及渗透性能；

c）应探明大型控制性导水裂隙的位置、产状及特性，对于隐伏裂隙的调查，应采用物探、槽探结合钻探等多种技术手段；

d）如设计需要，在保证文物安全的前提下，可利用一定数量的钻孔进行压（注）水试验，以探明地下水的渗流途径，部分压（注）水试验可结合示踪法。示踪法应在不影响文物本体的情况下实施。

6.4.3.2.3 分析与评价

分析与评价主要包括以下内容：

a）水文地质特征分析。根据防渗工程需要，可绘制水文地质分区图，具体技术要求应按照国家及行业相关规定执行；

b）渗流途径分析。应包括补给条件分析、渗流通道分析及排泄特征分析；

c）渗流规律分析。应包括渗流机制分析、出水点形成机理分析。

6.4.3.3 地下石质建筑物及构筑物内部渗漏病害勘察

6.4.3.3.1 现状调查

应在搜集前人资料的基础上，进行详细的节理、裂隙或裂缝调查统计，具体调查要求应符合附录B或C的规定，同时应全面查明所有出水点的位置、特性，具体调查要求应符合附录E的规定，并应在相应实测图上标注。

6.4.3.3.2 勘探与测试

勘探与测试主要包括以下内容：

a）应探明地下结构上部岩土结构及渗透性能，人工夯土应探明工程做法及渗透性能，根据工程设计需要，应按层位标注在实测剖面图上；

b）应全面探明地下文物结构周边及下部岩土的结构、厚度、物理力学性能及渗透性能；

c）应全面探明地下文物结构所在区域地下水类型、埋深及变化规律；

d）如设计需要，在保证文物安全的前提下，可利用一定数量的钻孔进行压（注）水试验，以探明地下水的渗流途径，部分压（注）水试验可结合示踪法。示踪法应在不影响文物本体的情况下实施。

6.4.3.3.3 分析与评价

分析与评价主要包括以下内容：

a）水文地质特征分析。根据防渗工程需要，可绘制水文地质分区图，具体技术要求应按照现行国家及行业相关规定执行；

b）渗流途径分析。应包括补给条件分析、渗流通道分析及地下水排泄特征分析；

c）渗流规律分析。应包括渗流机制分析、出水点形成机理分析。

6.4.3.4 地面石质建筑物及构筑物内部空间渗漏病害勘察

6.4.3.4.1 现状调查

应在搜集前人资料的基础上，进行详细的裂缝调查统计，具体调查要求应符合附录B的规定，同时应全面查明所有出水点的位置、特性，具体调查要求应符合附录E的规定，并应在相应实测图上标注。

6.4.3.4.2 勘探与测试

勘探与测试主要包括以下内容：

a）应探明建筑物及构筑物原有排水防渗体系，并查明工程做法、工程性能及保存现状，根据工程设计需要，应绘制相关图件；

b）应探明导水裂缝的贯通程度和张开度；

c）应探明建筑物及构筑物所在位置的地下水类型及埋深；

d）地下水、重要出水点、对保护对象产生影响的地表水体及大气降水应采样进行水质分析；

e）应查明渗漏水和凝结水的特征和区别；

f）应探明渗析区域与毛细作用带间的关系。

6.4.3.4.3 分析与评价

分析与评价主要包括以下内容：

a）建筑物及构筑物原有防渗体系保存现状分析。应包括原工程做法、工程性能及保存情况；

b）建筑物及构筑物内部渗漏的特征及规律。应包括出水点空间分布特征、渗出时间特征、渗出量特征；

c）建筑物及构筑物内部渗漏的原因分析。应包括渗出机制分析、出水点形成机理分析。

6.4.4 石质文物表层劣化病害勘察

6.4.4.1 一般规定

在岩土工程勘察工作基础上，应查明文物表层的病害类型、分布区域，根据工程设计要求，围绕保护对象应进行详细的取样分析，重点评价和分析病害特征，病害形成机理及影响因素，为保护修复和防风化加固工程设计提供依据。对于表面有彩绘和金箔的石质文物还应开展彩绘层和金箔层材质、保存现状及相应的病害机理分析。

6.4.4.2 病害调查及图件编绘

病害调查及图件编绘具体要求如下：

a）调查工作开展前应对拟保护对象表层劣化形态进行全面甄别，对表层各类病害类型进行详细描述，并由现场调查技术人员共同编制病害类型说明表，表格样式及要求应符合附录 F 的规定；

b）根据劣化类型说明表，应对拟保护对象文物表层病害类型分布情况进行全面调查，形成调查草图；

c）根据现场调查草图，应按照 WW/T 0002 有关图式规定绘制石质文物表层病害分布图；

d）根据设计需要和文物类型特点，石质文物表层劣化病害调查和图件编绘工作宜与工程测绘和表层劣化病害监测工作相结合。

6.4.4.3 文物所在环境状况调查

文物所在环境状况调查内容主要包括：

a）气温变化特征。包括多年平均气温、多年平均最高气温、多年平均最低气温、多年极端最高气温、多年极端最低气温等；

b）大气降水特征。包括多年平均降水量、年平均降水日、降水集中时间段及最大降雨强度等；

c）蒸发量。包括年平均蒸发量、蒸发量年度特征等；

d）湿度变化特征。包括大气和岩石表面湿度年度变化特征，对于石窟寺等洞窟（洞室）类文物和地面石质建筑物及构筑物类文物还应查明内、外空间相对湿度的差异性；

e）日照变化特征；

f）风向风力特征；

g）搜集 50 年特别是近 30 年雨水酸化资料。包括 pH 值变化及年出现频率变化；

h）大气污染特征及污染源分布情况。应与环保部门联合收集或检测文物区的大气环境数据，如 SO_2、CO_2、CO、NO_x、悬浮颗粒等主要指标。并调查周边可能存在的污染源；

i）植被分布情况；

j）地表水体分布及地表径流情况；

k）地下水类型及埋深。

6.4.4.4 取样与检测

取样与检测主要包括以下内容：

a）应查明岩石类型、全岩矿物组成、结构构造、物理性质；

b）针对保护对象岩性特征、保存情况、环境特点，保护工程设计需求可参见附录 G 选择合适的无损或微损检测方法进行现场原位检测；

c）应探明岩石表层劣化过程及其劣化深度；

d）根据保护工程设计需求和测试分析目的，应进行新鲜岩石、劣化岩石样品和岩石表面生物样品的采样，具体要求应符合附录 H 的规定。如在文物保护区内、文物表面或塌落、替换的构件上取样应征得业主单位的许可，同时所有取样点均应登记，并编入“四有”档案。登记表格式及填写要求应符合附录 I 的规定；

e）根据保护工程需求，可参见附录 J 选择合适的项目进行室内岩石样品的分析检测；

f）应采集粉尘、大气降水、对文物本体产生影响的地表水体和地下水样品，具体技术要求和试验方法应按照国家及行业相关规定执行。

6.4.4.5 分析与评价

分析与评价主要包括以下内容：

a）根据调查结果可对表层病害分布面积进行分类统计；

b）根据病害对文物表面造型的影响程度及修复保护工程的要求，可对表层病害类型进行分级评价，具体内容可参考附录 K；

c）根据表层病害分类、分级统计结果，可对保护对象保存现状进行评估；

d）根据调查检测分析结果，应对文物劣化程度及表层劣化深度进行评价；

e）根据环境调查和检测分析结果，应对各类病害形成机理进行分析。

6.4.4.6 监测

对于重要保护对象应进行长期监测，为工程设计提供依据。监测项目可包括表面形貌监测和表面强度监测。

7 勘察总报告的编制

7.1 一般要求

勘察总报告，应在对搜集的资料、现状调查与测绘、勘探、测试、岩土工程勘察报告等一系列勘察成果进行逐项检查、全面分析鉴定、参数处理、综合分析的基础上编写。成果内容应与保护工程设计要求和勘察目标相对应，对石质文物主要病害的发生、发展应有一定的研究深度。勘察总报告内容应符合下列要求：

a）文字部分要求简练，条理清晰，论证有据，结论明确；

b）图表部分要求比例尺选择合理，图面整洁、美观、清晰，数据准确无误，表格简明实用，与文字部分相符。

7.2 文字内容要求

7.2.1 勘察项目概述

勘察项目概述包括以下内容：

a）勘察任务、目的及要求；

b）勘察工作依据；

c）勘察技术方法及工作量。

7.2.2 保护勘察对象概况及价值评估

保护勘察对象概况及价值评估部分包括以下内容：

a）文物概况；

b）历史沿革；

c）文物特点及保存现状总体情况；

d）历史维修情况；

e）价值评估。

7.2.3 区域概况

区域概况包括以下内容：

a）地形地貌；

b）地层构造；

c）气象水文；

d）地震。

7.2.4 工程地质条件

工程地质条件包括以下内容：

a）地形、地貌；

b）地层、岩性；

c）不良地质现象；

d）岩土工程性质及分析；

e）场地类别及稳定性评价。

7.2.5 水文地质条件

水文地质条件包括以下内容：

a）地表水体分布情况及变化规律；

b）地下水类型及埋藏条件；

c）地下水补给、经流及排泄条件；

d）地下水水质分析及腐蚀性评价；

e）地表水体及地下水对文物本体影响程度分析。

7.2.6 环境工程地质问题

环境工程地质问题可包括以下内容：

a）环境工程地质问题类型及对文物本体和环境的影响程度；

b）环境工程地质问题的形成机理及发展趋势。

7.2.7 石质文物主要病害及分析

石质文物主要病害类型及分析可包括以下内容：

a）石质文物保存现状及主要病害类型；

b）石质文物病害的调查、统计与危害性分析；

c）石质文物病害形成机理及影响因素分析。

7.2.8 以往保护工程效果及影响分析

以往保护工程效果及影响分析可包括以下内容：

a）以往保护工程实施效果及目前工程有效性分析；

b）以往保护工程对目前石质文物病害治理的影响。

7.2.9 主要结论与建议

结论与建议可包括以下内容：

a）文物所在场地条件的总体评价；

b）石质文物病害形成机理及影响因素的总结；

c）保护工程设计思路和方向性建议；

d）石质文物病害监测指标及监测方法建议。

7.3 图件要求

图件可包括以下内容：

a）文物保护单位区位图（1∶50000 或 1∶10000）；

b）文物保护范围总图或现状总平面图（1∶200、1∶500、1∶1000 或 1∶2000）；

c）文物形制测绘图。根据文物类型按照本规范 5.2.1 条有关规定编绘；

d）勘探点平面配置图（1∶200、1∶500、1∶1000 或 1∶2000）；

e）工程地质综合（或分区）图（1∶500、1∶1000、1∶2000、1∶5000 或 1∶10000）；

f）水文地质综合（或分区）图（1∶500、1∶1000、1∶2000、1∶5000 或 1∶10000）；

g）工程地质岩性剖面图；

h）钻孔（综合）柱状图；

i）探井、探槽展开图；

j）岩体节理裂隙玫瑰花图、等密度图；

k）病害分布图。根据文物类型和保护工程特点和设计要求可包括边坡或洞窟（洞室）岩体节理、裂隙立面、平面分布图及立面展开图，边坡或洞窟（洞室）危岩体分布图及立面展开图，石质建筑物及构筑物结构保存现状测绘图，文物区或文物结构内部出水点平面及立面分布图，石质文物表层病害分布图及重点部位病害详图等。

7.4 表格要求

表格可包括以下内容：

a）勘探点数据一览表；

b）地质描述表；

c）物探成果图表；

d）原位测试成果图表；

e）试验室岩土试验成果表；

f）大气降水、地表水、地下水水质分析成果表；

g）病害调查统计表。根据不同病害类型的勘察要求，可包括石质建筑物及构筑物裂缝调查统计表、岩体节理裂隙调查统计表、危岩体分析评价表、出水点调查统计表、岩石表层病害类型说明表、岩石表层病害类型分类、分级调查统计表等。

7.5 现状照片要求

照片应真实、准确、清晰，依序编排。照片主要内容要求如下：

a）应反映文物所在区域环境特点及文物整体风貌特点；

b）应反映保护对象的时代特点及总体保存情况；

c）应重点反映主要病害特征及分布区域；

d）应重点反映重要勘探点情况；

e）应重点反映重要取样点情况；

f）照片编排顺序应与文字说明顺序及实测图顺序相符；

g）照片像素不小于 1MB；

h）照片说明文字应居中置于照片下，照片序号宜按章节编排。

7.6 附件要求

附件可包括以下内容：

a）项目委托书；

b）项目协议或合同书；

c）勘察单位资质；

d）项目组人员构成（包括项目负责人、主要参加人员职称及专业背景等）；

e）工程勘察大纲；

f）上级主管部门批复、批准文件；

g）专项技术论证会评审意见；

h）取样登记清单；

i）工作过程中重要会议纪要；

j）岩土工程勘察报告；

k）其他专项报告。

附 录 A
（规范性附录）
岩石分类

A.1 岩石按成因应分为火成岩、沉积岩和变质岩。具体岩石类型鉴定、命名要求应按照 CECS 239 和 GB/T 17412 有关规定执行。

A.2 岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造，对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度，对火成岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

A.3 岩石可根据饱和极限抗压强度 f_r，按表 A.1 划分坚硬程度。

表 A.1 岩石坚硬程度分类

单位为兆帕

岩石类别		f_r
硬质岩石	极硬岩	$f_r > 60$
	硬质岩	$30 < f_r \leqslant 60$
软质岩石	软质岩	$5 < f_r \leqslant 30$
	极软岩	$f_r < 5$

A.4 按软化系数 K_r，岩石分为软化岩石（$K_r \leqslant 0.75$）和不软化岩石（$K_r > 0.75$）。

注：K_r为饱和状态与风干状态岩石单轴极限抗压强度之比。

A.5 岩体的描述应包括结构面、结构体岩层厚度和结构类型。岩层厚度分类应按表 A.2 执行，其他具体要求应按照 CECS 239 有关规定执行。

表 A.2 岩层厚度分类

层厚分类	单层厚度 h m	层厚分类	单层厚度 h m
巨厚层	$h > 1.0$	中厚层	$0.5 \geqslant h > 0.1$
厚层	$1.0 \geqslant h > 0.5$	薄层	$h \leqslant 0.1$

附　录　B
（规范性附录）
石质建筑物及构筑物裂缝测量统计工作要求

B.1　测量统计内容

具体内容详见表 B.1 。

表 B.1　石质建筑物及构筑物裂缝测量统计表

编号	位置	长度 cm	形态	裂缝宽度及变化 mm	裂隙贯通性及深度 mm	开裂机制预判	其它说明	照片号

填表人：_____日期：_____

B.2　测量统计表填写要求

B.2.1　编号

调查时所有裂缝均应逐一编号，编号可根据建筑物及构筑物结构特点按方位或构件顺序排列，并以此为序标注在现状实测图上。

B.2.2　位置

应填写裂缝所处构件名称方向及具体部位，如“明间东柱北侧顶部”。

B.2.3　长度

应按裂缝表面实际长度填写，单位为 cm。

B.2.4　形态

可按裂缝表面实际形状填写，如“S”形、“Y”形。

B.2.5　裂缝宽度及变化

应填写裂缝表面开裂的最大宽度，单位为 mm，同时填写宽度变化，如“上宽下窄”、“下宽上窄”、“中间窄两头宽”。

B.2.6　裂隙贯通性及深度变化

应填写肉眼观察和可测量到的裂隙深度及是否贯通构件，单位为 mm。

B.2.7 开裂机制预判

根据构件受力破坏状态，可按“压裂”“拉裂”、“剪裂”、“张拉缝”等内容选择填写，如无法判断暂可不填，稳定性分析评价后再填写。

B.2.8 其他说明

可填写与裂缝伴生的其他破坏迹象，如变形、压碎带等。

B.2.9 照片号

应填写裂缝部位的全景照片图版号。

附　录　C
（规范性附录）
岩体节理裂隙测量统计工作要求

C.1　测量统计内容

具体内容详见表 C.1 。

表 C.1　岩体节理裂隙测量统计表

编号	位置	产状		迹长 cm	隙宽 mm	节理裂隙性质	填充情况	有无渗水	其它说明	照片号
		倾向（°）	倾角（°）							

填表人：_____日期：_____

C.2　测量统计表填写要求

C.2.1　编号

调查时所有节理裂隙均应逐一编号，洞窟外岩壁面节理裂隙编号可按测量导线方向排列，洞窟内节理裂隙编号可按所处壁面方位并结合测量导线方向排列，并以此为序标注在现状实测图上。

C.2.2　位置

应填写节理裂隙处的具体部位，如“1 号窟窟外壁东 50m 处”。

C.2.3　产状

应用地质罗盘测量节理裂隙的倾向及倾角，单位为度。

C.2.4　迹长

应按节理裂隙表面实际长度填写，单位为 cm。

C.2.5　隙宽

应填写节理裂隙表面开裂的平均宽度，单位为 mm，同时填写宽度变化，如“上宽下窄”、“下宽上窄”、“中间窄两头宽”。

C.2.6　节理裂隙性质

通过观察、测量结果，应根据节理裂隙的产生机理填写，如“卸荷裂隙”、“构造裂隙”或“层面裂隙”等。

C.2.7　填充情况

应根据节理裂隙面中填充物质及程度的实际情况填写，如“中间被部分粘土填充”。

C.2.8 有无渗水

按实际情况填写，裂隙有水渗出，填“有”，否则填“无”。

C.2.9 其他说明

可填写与节理裂隙伴生的其他破坏迹象，如危岩体、破碎带等。

C.2.10 照片号

应填写节理裂隙发育部位的全景照片图版号。

附　录　D
（规范性附录）
危岩体分析评价要求

D.1　分析评价内容

具体详见表 D.1 。

表 D.1　危岩体分析评价表

编号	位置	边界条件	形态	体量 m^3	破坏模式	工况条件	稳定系数估算结果 F_S	评价结论	照片号

填表人：_____日期：_____

D.2　分析评价表填写说明

D.2.1　编号

调查时所有危岩体均应逐一编号，洞窟外岩壁面危岩体编号可按测量导线方向排列，洞窟内危岩体编号可按所处壁面方位排列，并以此为序标注在现状实测图上。

D.2.2　位置

应填写危岩体的具体发育部位，如“1 号窟窟外壁东 50m 处崖顶”。

D.2.3　边界条件

应填写形成危岩周边不连续软弱结构面产状及临空面走向、倾角，单位为度。

D.2.4　形态

可按照 YS 5230 有关规定填写，如“楔形体”、“板状体”。

D.2.5　体量

应计算危岩体的石方量，并填写，单位为 m^3。

D.2.6　破坏模式

应根据危岩体边界条件，在分析破坏机制基础上填写，如“滑移破坏”、“倾倒破坏”、“崩塌”等。

D.2.7　工况条件

填写稳定性计算时设定的假设条件，如“自重”、“自重 + 强降雨”、“自重 + 地震”、“自重 + 地震 + 强降雨”等。

D.2.8 稳定系数估算结果

根据设定的工况条件，按照 YS 5230 有关规定对危岩体稳定状态进行计算，并填写 F_S计算结果。

D.2.9 评价结论

根据计算结果和 YS 5230 有关规定，可按“不稳定”（$F_S<1$）、“欠稳定”（$1\leqslant F_S<1.1$）、“基本稳定”（$1.1\leqslant F_S<1.25$）和“稳定”（$F_S>1.25$）四个等级进行填写。

D.2.10 照片号

应填写危岩体发育部位的全景照片图版号。

附　录　E
（规范性附录）
出水点调查统计要求

E.1　调查统计内容

具体调查内容详见表 E.1 。

表 E.1　出水点调查统计表

编号	位置	面积 m^2	特性	渗出形式	渗漏滞后时间	其它说明	照片号

填表人：_____日期：_____

E.2　调查统计表填写说明

E.2.1　编号

调查时所有出水点均应逐一编号，并应以此为序标注在现状实测图上。

E.2.2　位置

应填写出水点的具体部位，可以具体文物为参照物结合方位填写，如“千手观音造像龛东 2 米裂隙下部”。

E.2.3　面积

应按出水点实际渗出面积填写，单位为 m^2。

E.2.4　特性

根据出水点渗出时间特点，填写“常年渗漏”或“间歇性渗漏”。

E.2.5　渗出形式

根据出水点渗出状态，可选择“渗析”、“滴水”或“涓流”三种形式填写。

E.2.6　渗漏滞后时间

间歇性渗漏应填写出水点渗漏晚于大气降水的时间间隔。

E.2.7　其他说明

可填写出水点处沉淀物分布情况或滴水、涓流和积水处的渗出流量，对于“间歇性渗漏”还可填写填表前的降雨时间及降雨量。

E.2.8　照片号

应填写出水点部位的全景照片图版号。

附 录 F
（规范性附录）
岩石表层病害类型说明表格式及填写要求

F.1 调查统计表格式

病害类型说明表具体格式详见表 F.1 。

表 F.1 岩石表层病害类型说明表

序号	病害名称	现象描述	主要分布特点及区域	图例	照片

填表人：_____日期：_____

F.2 病害类型说明表填写要求

F.2.1 序号

所有病害类型调查前均应统一编号。

F.2.2 病害名称

可根据 WW/T 0002 等规定，填写病害类型的中英文名称。

F.2.3 现象描述

可按 WW/T 0002 有关规定，结合保护对象特点，在工作组达成共识的基础上，简明扼要描述各病害的基本特征。

F.2.4 主要分布特点及区域

主要填写病害分布与文物结构或环境的关系。

F.2.5 图例

插入调查时各病害标注所用图例，可参考 WW/T 0002 有关规定。

F.2.6 照片

插入各病害类型的典型照片。

附　录　G
（资料性附录）
岩石表面常用现场无损及微损检测方法及要求

G.1　表面回弹锤击测试

G.1.1　试验方法及要求

G.1.1.1　仪器的选择

石质文物表层劣化现场检测宜采用 HT225 型回弹仪。

G.1.1.2　测试地点的选择

测试地点选择应符合下列要求：

a）应避开文物分布区，以确保文物本体安全；

b）测试点应选择相对平整的岩石表面；

c）在选择测试点时，应避开空鼓地带，不应由于锤击造成岩石表层脱落。空鼓地带的确定，明显的可通过肉眼观察，隐伏的可通过细橡胶棒、木条或手指的轻敲来确定；

d）测试地点不应选在文物表面粉末状、片状剥落严重的区域；

e）一处测试点的区域宜选择在 0.4m^2 ~0.5m^2内，以能容纳均匀分布的测点 20 个左右为宜；

f）测区内岩性和岩石表面结构和风化程度应相同或相近。

G.1.1.3　标定修正

在测试之前，应完成标定工作：

回弹仪的标定须在配备的标准砧子上率定，率定达到标准值方能使用。若达不到标定值，应用以下公式修正：

$$修正值 = 回弹值 \times 修正系数 \quad \cdots\cdots (G.1)$$

式中：

修正系数 = 砧子规定标准值/在标定砧子测 10 个数据的平均值。

注：国内规定：率定时垂直向下锤击 16 次，舍去最大最小值各 3 点，用剩余的 10 个数据求其平均值。

G.1.1.4　非水平冲击的修正

一般现场测试多以水平锤击为主，应首先建立非水平锤击与水平锤击间的修正关系，才能保证测试标准的统一。具体修正方法和要求应按照表 G.1 或图 G.1 规定执行。

表 G.1　回弹仪读数修正表

回弹值	倾斜角修正值			
	+90°	+45°	−45°	−90°
10			+2.4	+3.2
20	−5.4	−3.5	+2.5	+3.4

表 G.1　回弹仪读数修正表（续）

回弹值	倾斜角修正值			
	+90°	+45°	−45°	−90°
30	−4.7	−3.1	+2.3	+3.1
40	−3.9	−2.6	+2.0	+2.7
50	−3.1	−2.1	+1.6	+2.2
60	−2.3	−1.6	+1.3	+1.7

G.1.1.5　测试要点

测试要点具体如下：

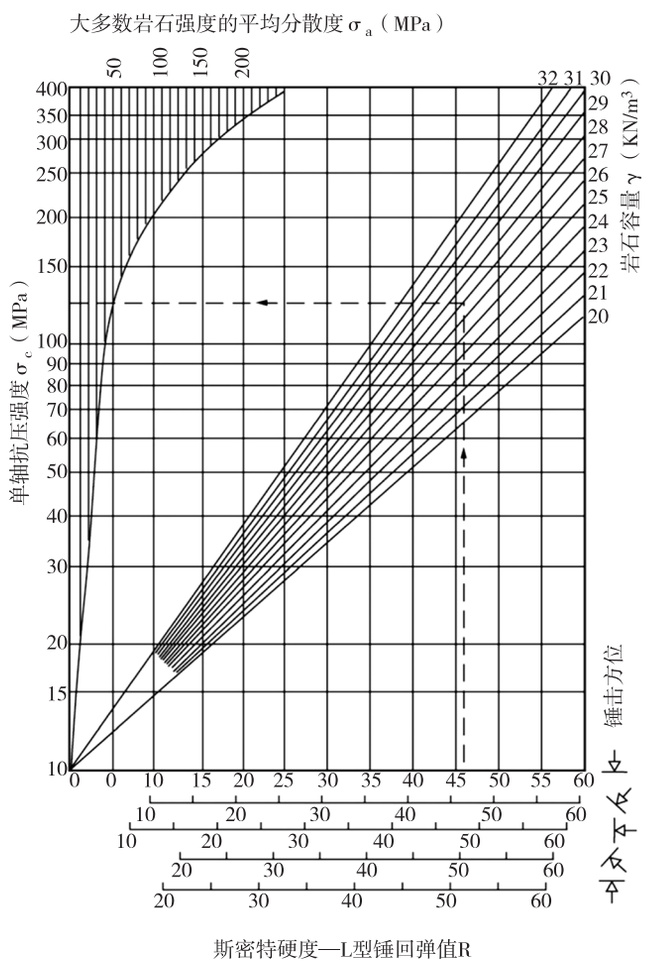

图 G.1　单轴抗压强度与回弹值 R 及容重 γ 的关系图

a）每种岩性的测区不少于 10 个，各测区内测点间间距应大于 3cm，每个测点只测试一次；

b）每个测区内不少于 20 个测点；

c）在锤击过程中，应以冲杆中心垂直对准测点中心，用力将冲杆均匀压入仪器外壳内，直至冲击

锤脱落产生冲击回弹值；

d）测试后应在施测岩体内提取岩样，测定其岩块密度，并计算容重。

G.1.2 测试成果分析

测试成果分析要求如下：

a）一般情况下，在数据统计中应将所测数据最大、最小各 2 个数值舍去，如数据中还存在明显不合理的测定值，也应舍去。要求每个测区参加统计的数据不少于 16 个；

b）计算统计数据组的均值、方差和变异系数。以确定测试数据的离散程度和置信度；

c）参照图 G.1，根据均值和容重查求岩石的抗压强度值。

G.1.3 适用范围

该测试方法适用于较致密的岩石表面，如砂岩、灰岩、花岗岩等。不适用于酥松、胶结性差、表面均一性差且表面多孔洞的岩石，如玄武岩、砾岩等。

G.2 表面吸水性能测试（卡斯特量瓶法）

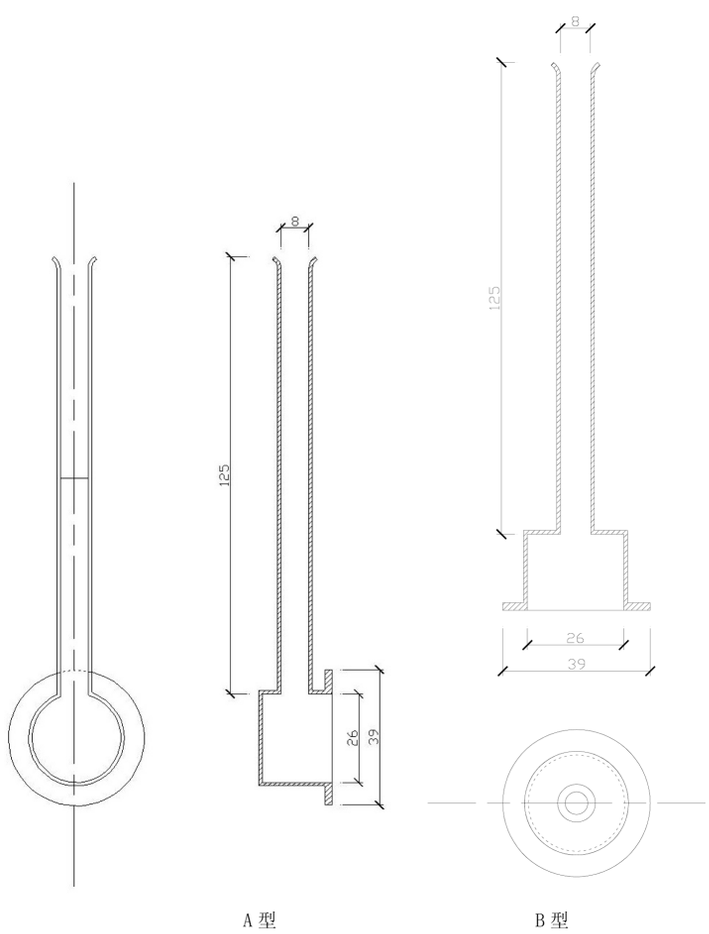

图 G.2 卡斯特量瓶构造图

G.2.1 试验方法及要求

G.2.1.1 仪器的选择

目前检测设备有两种结构型号，可分别用于检测垂直面（A 型）和水平面（B 型）（如图 G.2）。检测仪由一个直径 25mm ~ 30mm 的钟形罩和一个插接的定径玻璃管构成，玻璃管上有体积刻度

（10ml = 10cm 水柱）。测试时应根据测试点的条件和测试目的选择合适的型号。

G.2.1.2 测试地点的选择

测试地点选择应符合以下要求：

a）测试地点选择应充分考虑岩石表层不同的病害类型和劣化程度；

b）测试点不宜选择在表层材质酥松和微裂隙发育严重的部位，应选择在岩石表面较平整完整处；

c）测试点应选择在背阴处。

G.2.1.3 测试时间的选择

测试时间应避开雨天、相对湿度大于 90% 或烈日曝晒天气，最好选在多云或阴天进行。

G.2.1.4 测试要点

测试应符合以下要求：

a）固定卡斯特量瓶前应对测试点的浮尘等进行清理；

b）测试前应将卡斯特量瓶的触水面固定在要测试的岩石表面，固定材料可选用 Bostik 胶、耐水橡皮泥或硅橡胶等材料，固定材料应具弹塑性、良好的强度和防水性以达到固定、防漏的作用，并且对岩石表面的不良影响较小。如用硅橡胶固定，在硅橡胶固化之前应采取相应的辅助支撑设施，以确保卡斯特量瓶不掉落和直管部分的垂直。测试前应先预注水，如发现周边有渗漏现象应重新选点固定直至周边无渗漏为止；

c）正式测试前的注水过程应尽量保持缓慢以防产生气泡，宜选用滴管注水；

d）为减少蒸发量对测试的影响，可用脱脂棉或过滤试纸将瓶口遮护；

e）每隔一定时间段读取水头凹面所在位置，时间间隔可以先短后长为原则。时间记录工具宜选用秒表。观测时间宜控制在 2 小时左右。每读一次数据同时应记录测试点的温湿度和表面性状变化，主要是注意是否有水的溢出和溢出区域及形式。

G.2.2 测试成果分析

用该方法测得的岩石毛细吸水系数（W_k）被定义为单位面积单位时间岩石表面吸水量，等于岩石表面单位面积吸水量除以时间平方根（如公式 G.2）。具体计算方法和要求可按照行业有关标准相关规定执行。

$$W_{WK} = Q/\sqrt{t} \quad \cdots\cdots (G.2)$$

式中：

W_{Wk} ——岩石毛细吸水系数，单位为 $kg \cdot m^{-2} \cdot h^{-1/2}$；

Q ——单位面积的吸水量，单位为千克每平方米（kg/m^2）；

t ——时间，单位为小时（h）。

G.2.3 适用范围

该测试方法适用于较致密的岩石材料，如砂岩、灰岩、大理岩、花岗岩等。不适用于裂隙和孔洞发育的岩石材料，如玄武岩、角砾岩、剪切带附近岩石等。

G.3 岩石声学测试

G.3.1 测试技术要点与要求

G.3.1.1 校核

应把发射与接收两个换能器的辐射面直接相对并用黄油、凡士林、石膏、粘土等材料耦合，读出声波传播所需的时间，此值为仪器系统的对零误差（t_0），计算波速时应减去该值。

G.3.1.2　耦合剂的选择

岩石表面测试所用耦合材料的选择以易于清除且对岩石表面影响最小为原则，不得对文物本体或环境造成污染，不宜选用黄油或凡士林为耦合剂。

G.3.1.3　测试要点

G.3.1.3.1　把两个换能器按一定距离分别用耦合剂固定于需测试的岩面上，并量测两换能器中点的距离，此值即为声波在岩石中传播的距离。当声波仪启动后，可把荧光屏显示波形曲线的最先起跳点所对应的时标值作为纵波到达的时间（t_p）；再根据波形叠加原理，在波形曲线上寻找与第一个波形变异点对应的时标值，即可获得横波到达的时间（t_S）。

G.3.1.3.2　现场声波测试可按以下两种方法分别求得岩石和岩体的平均波速：

a）用时距法求岩石的平均波速。主要是在较大块的完整岩石表面上，于直线的一端作发射点，然后依次以不等距布置4～6个接收点在该直线上，分别测得各点的纵、横波速。以时间（t）为纵坐标，测距（l）为横座标，分别做出通过原点的两条时距曲线，从而求得岩石的平均纵、横波速。

b）用多向法求岩体的平均波速，主要是在典型岩体的表面上，以发射点为中心，按“米”字形放射状不等距地测得4～8条测线的纵、横波速，分别求其算术平均值为岩体的平均纵、横波速。每一种岩石，按其地质特征，分别选取代表性试样2～3块，测定其岩块密度（ρ）。

G.3.2　资料整理与成果应用

G.3.2.1　按公式G.3、公式G.4可分别计算纵波速度（V_p）和横波速度（V_S）。

$$V_p = \frac{l}{t_p - t_0} \quad \cdots\cdots (G.3)$$

$$V_s = \frac{l}{t_s - t_0} \quad \cdots\cdots (G.4)$$

式中：

V_p——纵波速度，单位为米每秒（m/s）；

l ——声波传播距离，单位为米（m）；

t_p ——纵波到达时间，单位为微秒（μs）；

t_0 ——仪器系统的对零误差，单位为微秒（μs）；

V_S——横波速度，单位为米每秒（m/s）；

t_S ——横波到达时间，单位为微秒（μs）。

G.3.2.2　按公式G.5～公式G.10可计算岩石如下的各种动弹性参数：

a）动弹性模量（E_d）

$$E_d = \frac{\rho V_s^2(3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_S^2} \quad \cdots\cdots (G.5)$$

b）泊松比（μ）

$$\mu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad \cdots\cdots (G.6)$$

c）剪切模量（刚度模量）（G）

$$G = \rho V_s^2 \quad \cdots\cdots (G.7)$$

d）拉梅常数（λ）

$$\lambda = \rho(V_p^2 - 2V_s^2) \quad \cdots\cdots (G.8)$$

e）体积模量（压缩模量）（K）

$$K = \rho\left(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2\right) \quad \cdots\cdots (G.9)$$

f）单位抗力系数（K_0）

$$K_O = \rho V_p^2\left(1 - \frac{\mu}{1-\mu}\right)\frac{1}{100} \quad \cdots\cdots (G.10)$$

以上各式中：

E_d ——动弹性模量，单位为帕（Pa）；

V_p ——纵波速度，单位为米每秒（m/s）；

V_S ——横波速度，单位为米每秒（m/s）；

ρ ——岩块密度，单位为千克每立方米（kg/m^3）。

μ ——波松比；

G ——剪切模量，单位为帕（Pa）；

λ ——拉梅常数，单位为千克每米每秒平方（kg/m·S^2）；

K ——压缩模量，单位为帕（Pa）；

K_0 ——单位抗力系数，单位为帕每米（Pa/m）。

G.3.3 定量描述与评价

根据工程地质领域经验，可用岩石风化系数 F_S定量描述岩石的风化程度，风化系数可按公式 G.11 确定。

$$F_s = \frac{V_{p0} - V_p}{V_p} \quad \cdots\cdots (G.11)$$

式中：

F_S —— 岩石风化系数；

V_{p0} ——新鲜岩石纵波速度（m/s）；

V_p ——风化岩石纵波速度（m/s）。

具体评价与分级要求可按照表 G.2 规定执行。

表 G.2 岩石风化系数 F_S风化程度分级表

风化程度	风化系数 F_S
未风化	$F_S < 0.1$
微风化	$0.1 \leqslant F_S < 0.25$
弱风化	$0.25 \leqslant F_S < 0.5$
强风化	$F_S \geqslant 0.5$

G.3.4 适用范围

该测试方法适用于较致密的岩石材料，如砂岩、灰岩、大理岩、花岗岩等。不适用于裂隙和孔洞发育的岩石材料，如玄武岩、角砾岩、剪切带附近岩石等。

G.4 红外热成像检测技术

G.4.1 检测要点及注意事项

G.4.1.1 修正系数[1)]

修正系数或发射率应按公式 G.12 确定。

$$\text{发射率} = \frac{\text{实测值}}{\text{标准值}} \quad \cdots\cdots (G.12)$$

式中：

实测值——红外热像仪测得的温度；

标准值——接触式测温仪测得的温度。

注：由于任何物体都不可能完全没有反射，所以修正系数都会小于1。

G.4.1.2 检测过程注意事项

G.4.1.2.1 测试点的选择

测试点应尽量选取外观平整的表面，同时要排除日照不均匀、周边植被和建筑物阴影等的影响。

G.4.1.2.2 测量过程要点

测量过程应注意以下几点：

a）对于表面有水的情况，距表面 10cm 之内的缺陷，可直接检测；

b）对于没有水的裂隙或内部缺陷，其垂直于表面的投影面积要远大于其深度方可用此方法测定，投影面积越大越容易观测，但应注意多个内部缺陷重叠现象；

c）检测没有水的内部缺陷需要长时间观察动态图像，测试时间应根据检测对象材质及拟检测深度确定。

G.4.2 检测成果

红外热成像检测技术的检测成果以红外热成像图表示，对于图像的释读应综合其他检测和勘察结果。

G.4.3 适用条件

红外热成像检测技术适用于以下情况：

a）适于检测岩石表层含水分布情况；

b）适于检测岩石表面浅层且平行于壁面缺陷的分布情况，如空鼓、平行壁面的风化裂隙和卸荷裂隙等。

1）高于绝对零度（ -273.15℃）的任何物体，其物体表面都会发射红外线，温度越高，发射的红外能量越强。红外线测温仪和红外热像仪据此可以测量物体表面的温度的，但是红外线测温仪和红外热像仪测量结果受被测物体表面的光洁度所影响，实验证明：物体表面越接近于镜面（反射越强），其表面所发出的红外能量衰减越厉害，所以测量前我们需要对不同物体的表面对红外能量的衰减情况做出补偿，也就是设置一个补偿系数，这个补偿系数就是修正系数或发射率。

附 录 H
（规范性附录）
表层劣化调查取样方法及要求

H.1 物理力学分析为目的的取样

H.1.1 基本要求

取样地点应选在替换下来的相同岩性的构件或不影响石质文物保存现状、相同岩性、无雕刻的位置，取样应经业主单位许可，并共同确认取样地点后才能实施，同时应做好记录，深度取样应记录直径、深度，宜选用游标卡尺测量。表面取样应记录表面位置及性状。

H.1.2 取样工具及方法

深度取样可选用配有岩芯器的小型手持式钻机。在文物区内取样时，应选用旋转式低转速（约100转/分）的钻机，以避免样品过热。为保证钻孔的垂直度，可装配合适的滑板，并加配速度调节器。钻头宜选用金刚石螺旋钻头（环状）或硬质合金钻头。如果该样品还需开展微生物研究，应事先作好无菌处理。表面取样可选用地质锤或凿子。深度取样原则上使用干钻。取样结束后应堵死取样时在文物保护区内或附近留下的孔洞，填堵材料应选择在化学、物理性能上不对原岩石产生副作用且与岩石性质相近的材料。

H.1.3 数量及规格

表面取样规格应根据试验设计要求，一般规格有两种：5cm×5cm×5cm、7cm×7cm×7cm。可现场制备，也可取毛坯样后带回室内制备。数量依据试验要求，一般规定一组样品3块。

H.2 化学及矿物成份分析为目的的取样

H.2.1 基本要求

应选择具代表性的地段进行取样，取样应涵盖各个层位，包括表层新鲜的母岩。

H.2.2 取样工具及方法

根据表层材料的坚硬程度可使用以下几种工具：

a）软鬃毛刷。用于收集尘土层、表面盐类结晶物质及粉末状剥落物质；

b）手术刀。用于收集表面片板状剥落物质；

c）小号的雕刻凿子。用于收集表面坚硬物质。

H.2.3 取样要求

取样时应尽量提取还保留原结构的样品，以控制测试结果的离散性。

H.2.4 数量及规格

每层或每处取样量不小于5g～10g。

H.2.5 保存封装要求

所有样品需用密封性能良好的塑料袋或铝盒封存，封箱胶带封口，以防水汽进入，并防止结构破坏，置阴凉干燥处存放。封口处应标明取样地点、时间、劣化类型、母岩名称、层位、深度及取样人姓名。试验应控制在6个月内完成。

H.3 生物学分析为目的的取样

H.3.1 基本要求

应在肉眼鉴定基础上进行，样品应能体现文物表面不同的典型和非典型生物病害源的特征。

H.3.2 取样工具

取样工具取决于病害源生长的特点，根据不同情况，可使用手术刀、镊子、小钳子和无菌软刷。

H.3.3 取样方法

H.3.3.1 微生物

微生物取样具体要求如下：

a）表面尘埃。通过毛刷，收集在无菌滤纸上，然后移至玻璃片或试管内；

b）外壳或锈化片。对于易碎的薄片，在最易断裂的边缘，用手术刀撬起后提取，以便获得完整的片状物，而又不触动底下的尘土；对于坚硬的外壳，可用手术刀刮取，再从粉末中提取；

c）对于外壳和碎片下的粉末，可用手术刀直接提取。

H.3.3.2 地衣

地衣取样方法取决于生长的形态、位置和菌体的大小。具体要求如下：

a）叶子部分，用手术刀撬起菌体，由于该部分支杆具韧性，极易提取；

b）表面硬壳部分，用手术刀首先确定粘连部分，然后用刀尖撬起菌体所在硬壳，以便其中心部分在不受损伤的条件下被提取；

c）内部硬壳部分，由于该部分菌体已深入至岩石内部，应用手术刀和雕刻凿子小心地由底层取出整个厚度的样品；

d）果实的部分，只需提取菌体的一小部分组织。

H.3.3.3 苔藓及寄生杂草

取样时间应选在晚春和夏天，植物生长发育和开花季节。可采取手工结合手术刀的方法。要保证在取样过程中样品的完整性，包括根系在内。

H.3.4 数量及规格

取样的数量取决于试验的目的和病害源的复杂程度。

H.3.5 保存封装要求

对微生物和地衣类样品应收集在无菌金属片、玻璃片上和试管内，然后用无菌塞子或胶条密封。对苔藓类样品可暂时收集在塑料袋内（时间不超过 24 小时），袋口除标明取样地点和日期外，还需标明样品所导致的病害类型。如不能在 24 小时送至实验室，样品需进行干燥处理。

H.4 岩矿鉴定为目的的取样

H.4.1 基本要求

取样应选择具代表性的地段进行，应完整地、不破坏原结构地涵盖各个层位，且包括表层下新鲜的母岩，以便室内制备垂向的剖面切片。如可能的话，应选在物理力学和化学、矿物成份分析取样点相邻地段完成。

H.4.2 取样工具及方法

具体要求如下：

a）手术刀，用于风化岩石的表层取样；

b）小号的雕刻凿子，用于新鲜岩石的取样。

H.4.3 数量及规格

40mm×40mm，新鲜岩石取样厚度 10mm～20mm，劣化岩石厚度以劣化程度而定。数量不少于2块。

H.4.4 保存封装要求

样品应严格包装，以保证运输过程中结构不受破坏为标准。在包装封口处应标明取样地点、时间、编号、母岩名称、及取样人姓名。

附　录　I
（规范性附录）
表层劣化调查取样登记表格式及填写要求

I.1　表格格式

具体格式见表 I.1。

表 I.1　表层劣化调查取样登记表

编号	取样时间	取样位置	取样点岩石保存情况	取样分析目的	取样点照片（取样前）	取样点照片（取样后）	取样人

填表人：_____日期：_____

I.2　填写说明

I.2.1　编号

所有取样点均应统一编号，编号方式应结合位置、岩性、病害类型和层位编制，如 1—1—WS（EX）—0 表示 1 号窟龛 1 号地点（1—1）风化砂岩（WS）剥落（EX）病害表面（0）样品。

I.2.2　取样时间

应填写具体取样的年月日。

I.2.3　取样位置

应具体填写与具体文物关系、空间方位及表面层位，并应与编号内涵相统一。

I.2.4　取样点岩石表层保存情况

应填写取样点岩石劣化程度及病害类型，并应与编号内涵相统一。

I.2.5　取样分析目的

应填写取样拟进行试验分析的内容。

I.2.6　取样点照片

应分别插入取样点取样前后照片。

I.2.7　取样人

取样人应亲笔签字。该表应一式两份，业主单位及勘察单位各持一份。

附 录 J
（资料性附录）
表层劣化分析室内试验项目

J.1 岩矿鉴定

应依据薄片偏光显微岩相鉴定法。配合精细 X 射线衍射分析（XRD）矿物定量法获取定量分析结果。

J.2 物理性质试验

可开展吸水率测试和耐崩解试验。

注：劣化与新鲜岩石样品物理、水理性质测试结果对比，是评价石质文物表层劣化程度的重要的宏观指标（如岩块密度变化、吸水率变化、崩解性状变化等）。但劣化样品因受制样要求限制有些指标难以测定，如岩石孔隙度；而吸水率测试和耐崩解试验不受样品尺寸限制，所以可作为评价劣化程度最重要的指标。

J.3 矿物成分分析

矿物成分分析具体要求如下：

a）对于原岩及劣化样品应分别通过 XRD 分析法获取矿物成分定量数据；

b）对于砂岩、凝灰岩等的泥质胶结物应粉碎后，通过悬浮法获取小于 0.002mm 的粘粒通过 XRD 分析法获取矿物成分定量数据；

c）对于盐类矿物及化学沉淀物应通过 XRD 和差热分析法（DTA）进行矿物成分分析与鉴定。

J.4 化学成分分析

化学成分分析根据研究或工程设计需要可选定以下项目：

a）化学全分析，分析项目一般包括 SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、FeO、MgO、CaO、K_2O、Na_2O、TiO_2、CO_2、P_2O_5、Cr_2O_3、SO_2、H_2O^-（吸附水）、H_2O^+（化合水）及烧失量（LOI）等；

b）可溶性盐分析，分析项目一般包括碳酸盐、卤化物、硫酸盐、硝酸盐等。

J.5 矿物微观结构观测分析

一般采用扫描电镜分析技术（SEM）可观察新鲜和劣化岩石样品胶结物矿物成分、新矿物（如石膏）的形成、孔隙变化。该项测试原则上应在成份分析试验完成并提交有关数据后开展。

J.6 生物分析检测

检测目的主要是完成生物类型的种属鉴定。除裸眼标本鉴定外，主要技术方法有扫描电镜检测、分子检测等。

附 录 K
（资料性附录）
表层劣化病害的分级分类

K.1 概述

石质文物表层劣化病害类型可分为组群、典型类型和独立类型三级。

K.2 组群

根据表层劣化对石质文物保存现状的影响程度，病害组群总体宜分为以下五类：

a）表层完整性破坏类，文物岩石材料表层各种形式的缺失且在无依据情况下无法修复的病害群落；

b）表层完整性损伤类，文物岩石材料表层各种形式的局部破损，但可在现条件下修复的病害群落；

c）表面形态改造类，文物岩石材料表层结构完整性保存较完好的前提下，表面形态由于其他物质覆盖而造成的各种变化的病害群落；

d）表面颜色变化类，岩石材料表层结构完整性保存较完好，表面形态变化不大的前提下，表面或表层颜色的各种变化的病害群落；

e）生物寄生类，岩石材料表层结构完整性保存较完好，表面形态变化不大的前提下，表面生物生长、活动的痕迹，并可处理的各种病害群落。

K.3 典型类型

典型类型，是具有统一而明显特征以区别其他类型的病害群。各组群下可界定如下典型类型：

a）表层完整性破坏类，在该组群下可界定为缺损、剥落和溶蚀三个典型类型；

b）表层完整性损伤类，在该组群下可界定为分离、空鼓、皲裂和划痕四个典型类型；

c）表层形态改造类，在该组群下可界定为结垢、结壳两个典型类型；

d）表面颜色变化类，该组群下可界定为锈变、晶析、斑迹和附积四个典型类型；

e）生物寄生类，该组群下可界定为高等植物、低等动物痕迹、低等植物和微生物四个典型类型。

K.4 独立类型

独立类型，是具有一定独立特征以区别于其他类型的单一病害。如典型类型溶蚀下可分为均匀溶蚀和差异溶蚀两个独立类型；典型类型剥落下根据剥落体的特征可分为层状、片状、鳞片状、板状、粉末状和粒状六个独立类型。

K.5 岩石表层劣化病害分级分类具体内容

岩石表层劣化病害分级分类具体内容详见表 K.1

表 K.1　表层劣化病害分级分类结构说明表

序号	典型劣化类型	现象解释及独立类型说明
1	第一类组群：表层完整性破坏类	
1－1	缺损（Loss）	石材表面部分或全部因损伤而缺失的现象。
1－2	剥落（Exfoliation）	指石材表层全部或部分在较小的外力条件下发生基本平行于壁面逐渐脱离母体的现象。 根据剥落物的形态分为粉末状剥落、粒状剥落、层状剥落、鳞片状剥落、片状剥落、板状剥落六个独立类型。
1－3	溶蚀（Erosion）	石刻表面造型被逐渐侵蚀破坏模糊的现象。分为均匀溶蚀和差异溶蚀两个独立类型。
2	第二类组群：表层完整性损伤类	
2－1	分离（Detachment）	石材表层部分已于母体完全分开，但未脱离的现象。
2－2	空鼓（Hollowing）	石材表层一定厚度的片板状体发生隆起变形，在片板状体后形成空腔的现象。
2－3	皲裂（Chapping）	石材表面形成的网状微裂隙组，将石材表面分割的现象。
2－4	划痕（Nick）	石材表面与雕刻造型无关的表面有一定深度的肉眼可观察到的各类痕迹。
3	第三类组群：表层形态改造类	
3－1	结垢（Encrustation）	在石材表面渗水处或以前渗水处下方形成具一定厚度沉淀物质的现象。
3－2	结壳（Crust）	外界物质在石材表面形成壳层的现象（多为黑色）。小于 1 毫米厚的也可称为结膜（Film）。一般在轻微机械作用下，很难清除。
4	第四类组群：表层颜色变化类	
4－1	锈变（Patina）	石材表面固有色变化的现象。
4－2	附积（Soiling）	外界物质在石材表面附着的现象。在轻微的机械作用下，易于清除。
4－3	斑迹（Spot mark）	外界物质在石材表面渗透，从而形成的各种污染现象。在轻微的机械作用下，不易清除。
4－4	晶析（Efflorescence）	石材表面析出灰白色结晶状物质的现象，一般附着力不强，呈细小针状。
5	第五类组群：生物寄生类	
5－1	低等植物	包括真菌类、苔藓类、藻类、蕨类等独立类型。
5－2	高等植物	包括草本和木本两个独立类型。
5－3	低等动物痕迹	昆虫在石材表层生活所留下的痕迹，如虫窝、虫卵及分泌物等。
5－4	微生物	从肉眼观测该类物质像霜附着于岩石表面。会呈现不同颜色，一般情况下，以白色、灰色和黑色居多。具体类型应根据专项取样分析来确定。

参 考 文 献

［1］专门工程地质学（第一版），张咸恭、李智毅、郑达辉等，北京：地质出版社，1988

［2］岩石声学测试（第一版），孙成栋，北京：地质出版社，1981

［3］水和废水监测分析方法（第四版），国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会，北京：中国环境出版社，2002

［4］石质文物岩石材料劣化特征及评价方法，李宏松，北京：文物出版社，2014

［5］文物保护工程设计文件编制深度要求（试行），国家文物局，2013

中华人民共和国文物保护行业标准

石质文物保护工程勘察规范

Code for investigation of the protection engineering of the stone monument

WW/T 0063—2015

*

中华人民共和国国家文物局主编

文物出版社出版发行

北京市东城区东直门内北小街2号楼

http://www.wenwu.com

E-mail:web@wenwu.com

北京鹏润伟业印刷有限公司印刷

新　华　书　店　经　销

*

开本：880毫米×1230毫米　1/16

印张：3.25

2016年3月第1版　2016年3月第1次印刷

统一书号：115010·1847　定价：32.00元

WW/T 0063 — 2015

统一书号：115010·1847
定价：32.00 元