

地震灾害遥感评估
第6部分：地震烈度

Post-earthquake damage and loss assessment based on remote sensing—
Part 6: seismic intensity assessment based on remote sensing

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2014-09-16)

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 地震烈度遥感评估工作流程	2
5 遥感震害指数估计	2
6 地震现场建筑物震害抽样调查与震害指数估计	3
7 遥感解译评估与现场调查评估的综合平均震害指数之间的转换模型建立	4
8 地震烈度遥感综合评估	5
9 地震烈度遥感评估报告	5
附录 A（资料性附录） 遥感评估与现场调查确定的震害指数转换模型建立——以汶川地震为例 ..	6
附录 B（规范性附录） 地震烈度遥感评估结果表	9
附录 C（资料性附录） 地震烈度遥感评估报告内容	10
参考文献	12

前 言

《地震灾害遥感评估》分为8部分：

- 第1部分：基本规定；
- 第2部分：地震极灾区；
- 第3部分：建筑物震害；
- 第4部分：地震地质灾害；
- 第5部分：道路交通震害；
- 第6部分：地震烈度；
- 第7部分：地震直接经济损失；
- 第8部分：服务产品。

本部分是《地震灾害遥感评估》的第6部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由中国地震局提出。

本部分由全国地震标准化技术委员会（SAC/TC 225）归口。

本部分起草单位：中国地震局地震预测研究所、天津市地震局、江苏省地震局。

本部分主要起草人：

地震灾害遥感评估 第6部分：地震烈度

1 范围

本部分规定了基于遥感的地震烈度评估工作流程、遥感震害指数和地震烈度估计方法和评估报告内容。

本部分适用于破坏性地震发生后，获取了地震灾区震后高分辨率（优于2米）遥感数据，在震害遥感解译和震害定量评估的基础上，对地震灾区预计地震烈度Ⅶ度及以上区域开展地震烈度评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本部分中引用而成为本部分的条文。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 17742—2008 中国地震烈度表

GB/T 18208.3—2011 地震现场工作 第3部分：调查规范

GB/T 24335—2009 建（构）筑物地震破坏等级划分

DB/T XXXXX.1-XXXX 地震灾害遥感评估 第1部分：基本规定

DB/T XXXXX.3-XXXX 地震灾害遥感评估 第3部分：建筑物震害

DB/T XXXXX.8-XXXX 地震灾害遥感评估 第8部分：服务产品

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

3.1

地震烈度 seismic intensity

地震引起的地面震动及其影响的强弱程度。

[GB/T 17742-2008，定义2.1]

3.2

地震灾区 earthquake stricken area

地震发生后，遭受人员伤亡、经济损失的地区。

[GB/T 18207.1-2008，定义7.2]

3.3

建（构）筑物震害程度 damage degree of buildings (special structures)

地震时建筑（构）物遭受破坏的轻重程度。

[GB/T 24335-2009，定义2.3]

3.4

震害指数 damage index

房屋震害程度的定量指标，以0.00到1.00之间的数字表示由轻到重的震害程度。

[GB/T 17742-2008，定义2.2]

3.5

平均震害指数 mean damage index

同类房屋震害指数的加权平均值，即各级震害的房屋所占比率与其相应的震害指数的乘积之和。

[GB/T 17742-2008，定义2.3]

3.6

遥感震害指数 remote sensing damage index

通过遥感方法识别房屋单体或群体震害后，采用震害指数表示的房屋震害程度。

3.7

综合平均震害指数 comprehensive mean damage index

不同类型房屋的加权平均值，即以某结构类型房屋为准，把其它结构类型的平均震害指数折算为该标准结构类型的震害指数值，再求各类房屋所占比率与其折算的震害指数的乘积之和。

3.8

等效震害指数 equivalent damage index

根据遥感解译评估与现场调查评估的综合平均震害指数转换关系，将遥感解译评估的综合平均震害指数转换得到的震害指数。

3.9

地震烈度评定 seismic intensity evaluation

根据受地震影响地区的宏观和微观地震资料，确定该地区的地震烈度。

[GB/T 18207.1-2008，定义7.4]

4 地震烈度遥感评估工作流程

地震烈度遥感评估宜采用下列工作流程：

- 遥感震害指数估计；
- 地震现场建筑物震害抽样调查与震害指数估计；
- 遥感解译评估与现场调查评估的综合平均震害指数之间的转换模型建立；
- 地震烈度遥感综合评估；
- 评估结果制图与评估报告编写。

5 遥感震害指数估计

5.1 遥感震害指数的统计单元

统计单元是指计算震害指数的某一空间区域，一般为一个街区或自然村，也可为一个城镇。

5.2 各类建筑物遥感平均震害指数计算

按照DB/T XXXXX.3-XXXX进行建筑物破坏等级划分与震害遥感评估。在此基础上，某一统计单元内第 i 类结构建筑物的遥感平均震害指数 $\overline{d}_i^{\text{RS}}$ 可按式 (1) 计算：

$$\overline{d}_i^{\text{RS}} = \frac{\sum_{j=1}^{N_d} d_{ij}^{\text{RS}} n_{ij}^{\text{RS}}}{\sum_{j=1}^{N_d} n_{ij}^{\text{RS}}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

d_{ij}^{RS} ——第 i 类结构建筑物破坏等级为 j 的遥感震害指数 (N_d 为破坏等级数)。对建筑物单体震害遥感解译，当 $N_d=4$ 时，遥感震害指数标准取值分别为倒塌：1.0，局部倒塌：0.5，未倒塌（有破坏）：0.2，未倒塌（无破坏）：0.0；当 $N_d=3$ 时，遥感震害指数标准取值分别为倒塌：1.0，局部倒塌：0.5，未倒塌：0.0。对建筑物群体震害遥感解译， $N_d=6$ ，遥感震害指数标准取值分别为绝大多数倒塌：0.95；大多数倒塌：0.7；多数倒塌：0.5；少数倒塌：0.3；个别倒塌：0.05；无倒塌：0。

n_{ij}^{RS} ——第 i 类结构建筑物破坏等级为 j 的栋数（或建筑面积）。

5.3 遥感综合平均震害指数计算

某一统计单元的遥感综合平均震害指数 D^{RS} 宜以多层建筑物为准，把其它类型建筑物的震害指数折算为多层建筑物的震害指数，可按式 (2) 计算：

$$D^{\text{RS}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \overline{d}_{ib}^{\text{RS}} N_i^{\text{RS}}}{\sum_{i=1}^{N_s} N_i^{\text{RS}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

N_i^{RS} ——第 i 类结构建筑物的栋数（或建筑面积）； N_s 为结构类型总数；

$\overline{d}_{ib}^{\text{RS}}$ ——第 i 类结构建筑物的遥感平均震害指数 ($\overline{d}_i^{\text{RS}}$) 折算为多层建筑物的遥感平均震害指数值。

遥感综合平均震害指数计算结果填入附录B表中。

6 地震现场建筑物震害抽样调查与震害指数估计

6.1 地震现场建筑物震害抽样调查

6.1.1 选择一定数量的具有灾区房屋建筑结构类型和破坏程度代表性的遥感震害指数统计单元，按照GB/T 18208.3—2011 要求开展地震现场建筑物震害调查。

6.1.2 现场调查的房屋建筑结构类型应按照 GB/T 18208.3—2011 进行分类。

6.1.3 现场调查的房屋建筑震害程度可按照 GB/T 18208.3—2011 分为毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏和基本完好 5 类。

6.2 抽样调查的平均震害指数计算

地震现场抽样调查的第 i 类结构建筑物的平均震害指数 $\overline{d_j^G}$ 应按式 (3) 计算：

$$\overline{d_j^G} = \frac{\sum_{j=1}^5 d_{ij}^G n_{ij}^G}{\sum_{j=1}^5 n_{ij}^G} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\overline{d_{ij}^G}$ ——第 i 类结构建筑物破坏等级为 j ($j = \overline{1,5}$) 的震害指数，其标准取值分别为：0.95, 0.7, 0.4, 0.2, 0.0；

n_{ij}^G ——第 i 类结构建筑物破坏等级为 j 的栋数（或建筑面积）。

6.3 抽样调查的综合平均震害指数计算

地震现场抽样调查的综合平均震害指数 D^G 应按式 (4) 计算：

$$D^G = \frac{\sum_{i=1}^5 \overline{d_{ib}^G} N_i^G}{\sum_{i=1}^5 N_i^G} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

N_i^G ——第 i 类结构建筑物的栋数（或建筑面积）；

$\overline{d_{ib}^G}$ ——第 i 类结构建筑物的平均震害指数 $\overline{d_i^G}$ 折算为砖砌体结构建筑物的平均震害指数。

7 遥感解译评估与现场调查评估的综合平均震害指数之间的转换模型建立

7.1 统计单元选择

选择一定数量的同时开展了建筑物震害遥感解译和现场抽样调查的统计单元作为统计区域。

7.2 转换模型建立

根据多个统计单元遥感解译评估和现场调查评估的综合震害综合指数的对应情况，参照附录B的方法，统计建立遥感综合平均震害指数 D^{RS} 与现场调查综合平均震害指数 D^G 的转换模型。

8 地震烈度遥感综合评估

8.1 等效震害指数计算

根据8.2建立的转换模型，将各统计单元的遥感综合平均震害指数转换为等效震害指数。

8.2 地震烈度综合评估

8.2.1 地震烈度综合评估

依据表1等效震害指数和地震烈度的对应关系，综合考虑基础设施损坏、地表破裂、滑坡等震害现象，评估各统计单元的地震烈度值，并将结果填入附录B表格中。

表1 等效震害指数与地震烈度的对应关系

等效震害指数	地震烈度
0.11~0.30	VII
0.31~0.50	VIII
0.51~0.70	IX
0.71~0.90	X
0.91~1.00	≥XI

注：参照GB/T 17742，部分调整。

8.2.2 地震烈度图绘制

以统计单元绘制基于遥感评估的地震烈度分布图；或以统计单元中心点标注烈度估计值，绘制基于遥感评估的地震烈度分布图。

9 地震烈度遥感评估报告

地震烈度遥感评估报告应按附录C所规定的内容编写。

附录 A (资料性附录)

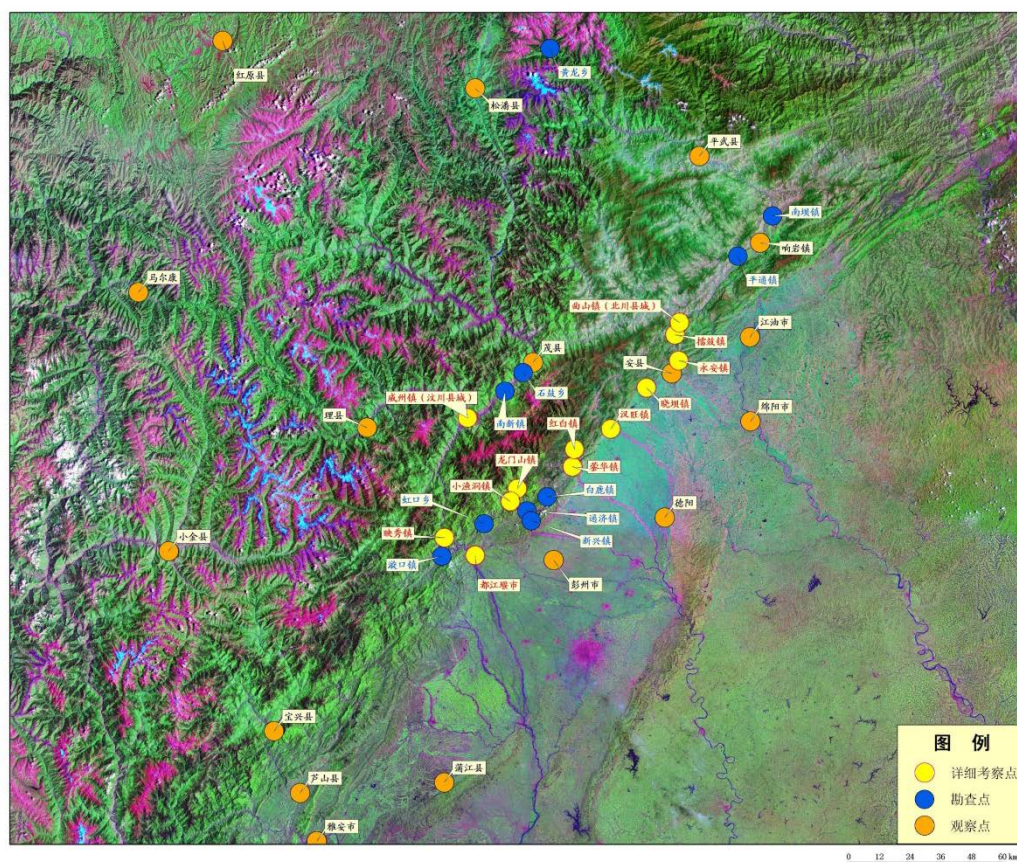
遥感评估与现场调查确定的震害指数转换模型建立——以汶川地震为例

A.1 建筑物震害遥感解译

以2008年四川汶川8.0级地震灾区的北川县城、插鼓镇，汶川县城区、映秀镇，都江堰市城区，彭州市龙门山镇、小渔洞镇，绵竹市汉旺镇，什邡市红白镇、荃华镇和安县晓坝镇、永安市等12个城市和乡镇的0.5米分辨率震后航空影像为主，部分地区结合震前卫星影像，在图像预处理和增强处理基础上，主要采用人工目视判读方法，结合震害变化检测、自动分类和多源遥感综合分析等方法，进行了建筑物震害遥感详细解译，获得了上述居民点遥感影像覆盖范围内的所有建筑物单体震害程度。

A.2 建筑物震害现场抽样调查

对上述12个城市和乡镇进行了地震现场建筑物单体震害抽样调查（图A.1），调查内容包括建（构）筑物在遥感影像中的位置、结构类型及其构造形式、楼层数、建筑面积、建成年代、震害表现形式与破坏程度、建筑物所在场地条件与地震烈度、造成建筑物破坏的主要致灾因素等，共计获得了约4500栋建筑物单体及其震害资料，为震害遥感定量化分析提供了实际资料。



图A.1 汶川地震现场震害遥感比对科学考察点分布图

A.3 现场调查平均震害指数的确定

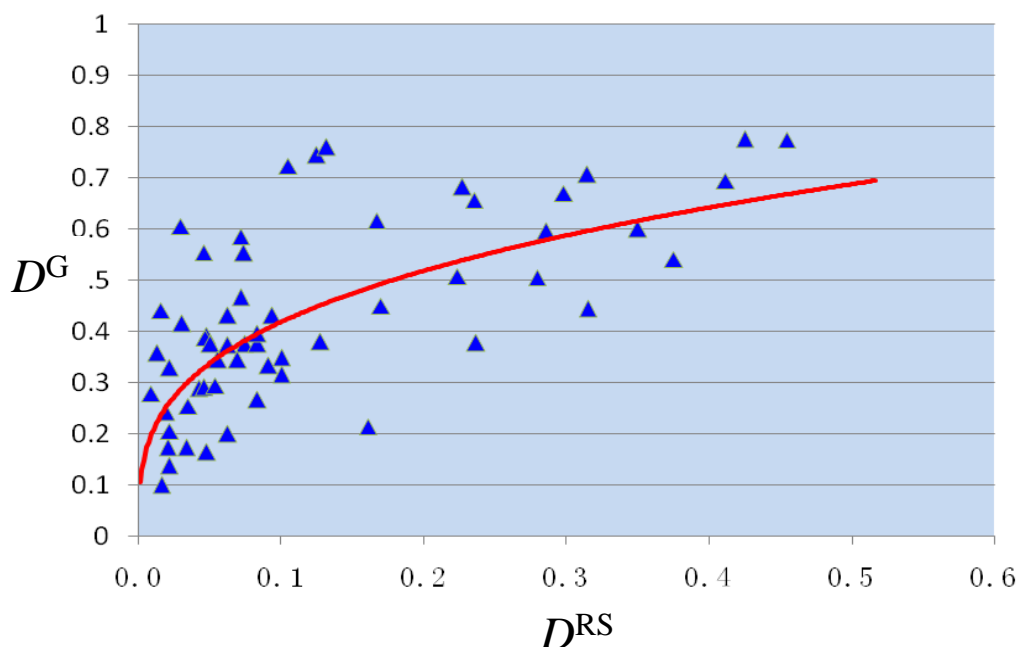
在建筑物单体震害遥感解译和地震现场调查基础上，以街区为计算单元进行震害指数统计。统计中采用了不分结构类型的方案，即得到的结果为平均震害指数。其中，地面调查确定的建筑物破坏等级分为6级，对应的建筑物单体震害指数 d_{ij}^G 分别取为：毁坏（倒塌）1.0、毁坏（未倒塌）0.9、严重破坏0.7、中等破坏0.4；轻微破坏0.2、基本完好0。采用式（3）计算直接得到每个街区的现场调查平均震害指数 D^G 。

A.4 遥感平均震害指数的确定

遥感确定的建筑物单体震害等级分为3级，对应的建筑物单体震害指数 d_{ij}^{RS} 分别取为：倒塌1.0、局部倒塌0.5、未倒塌0。统计中采用了不分结构类型的方案，即采用式（1）计算直接得到每个街区的遥感平均震害指数 D^{RS} 。

A.5 遥感震害指数与等效震害指数转换关系的建立

通过上述步骤，获得了汶川地震灾区进行了现场详细调查的12个城市与乡镇以街区为单位的遥感平均震害指数和地面调查平均震害指数。这2个反映同一个街区震害程度的指数对应情况见图B.2所示，于是可以建立两者之间的关系。



图A.2 汶川地震遥感平均震害指数和地面调查平均震害指数关系图

分别按照城市、乡镇和农村三类区域，统计建立了如下转换模型三个类型区域的遥感震害指数转换为现场调查震害指数（等效震害指数）的经验转换关系如下：

a) 城市街区

城市街区以多层砌体、底部框架多层砌体、钢筋混凝土框架房屋为主体，房屋尺度相对较大，多数经过正规设计。一般为县、市、区所在地。

城市街区遥感平均震害指数与等效震害指数的关系如下：

$$D^G = 1.146 \cdot (D^{RS})^{0.457} + 0.18 \dots \dots \dots (A. 1)$$

式中：

D^{RS} ——遥感综合平均震害指数（下同）；

D^G ——等效震害指数(下同)。

b) 乡镇街区

以多层砌体、底部框架多层砌体为主，房屋尺度适中或较小，多为自建房。一般为较发达地区的乡镇所在地。

乡镇街区遥感平均震害指数与地面等效震害指数的关系如下：

$$D^G = 1.146 \cdot (D^{RS})^{0.457} + 0.12 \dots \dots \dots (A. 2)$$

c) 农村地区

以自建的一般房屋（砖砌体平房、土木房屋）为主、少数简易的2~3层砌体及底框架房屋，房屋尺度相对较小。一般为农村或较偏远的乡镇所在地。

农村地区遥感平均震害指数与等效震害指数的关系如下：

$$D^G = 0.851 \cdot (D^{RS})^{0.307} + 0.05 \dots \dots \dots (A. 3)$$

附 录 B
(规范性附录)
地震烈度遥感评估结果表

表B.1 地震烈度遥感评估结果表

编号	地点名称	所属行政区	经度 (/度)	纬度 (/度)	房屋数量 (或建筑面积)	遥感平均 震害指数	遥 感 综合平均 震害指数	等 效 震害指数	遥 感 地震烈度
评估人姓名					评估时间		年 月 日 时 分		

附 录 C
(资料性附录)
地震烈度遥感评估报告内容

C.1 地震基本参数及震区概况，内容应包括：

- a) 地震发生时间、震中位置（经、纬度）、震级和震源深度；
- b) 受本次地震影响的省、市、县及其人口数；
- c) 震区自然地理概况。

C.2 地震应急遥感工作开展情况，内容应包括：

- a) 应急遥感工作启动与快速响应；
- b) 应急遥感评估方案；
- c) 遥感数据获取与覆盖情况；
- d) 遥感数据处理。

C.3 建筑物震害遥感解译，内容应包括：

- a) 震区建筑物结构类型特点与震害遥感影像特征：
 - 城市居民地；
 - 乡镇居民地；
 - 农村居民地。
- b) 建筑物单体（或群体）震害遥感解译；
- c) 震害遥感解译结果精度评估。

C.4 地震灾区遥感震害指数与实际震害定量转换模型建立（可选），内容应包括：

- a) 现场调查点建筑物震害调查；
- b) 现场调查点震害指数评估；
- c) 遥感评估与现场调查确定的震害指数转换关系确定。

C.5 震害指数遥感评估，内容应包括：

- a) 震害指数遥感评估；
- b) 等效震害指数确定；
- c) 灾区主要居民地的震害指数遥感评估（提供震害指数遥感评估结果图）。

C.6 地震烈度遥感综合评估，内容应包括：

- a) 灾区主要居民地地震烈度遥感评估；

- b) 灾区地震地质灾害遥感评估结果（提供地震地质灾害遥感评估结果图）；
- c) 灾区道路交通震害遥感评估结果（提供道路交通震害遥感评估结果图）；
- d) 灾区其他震害遥感评估结果；
- e) 灾区地震烈度综合评估（提供地震烈度遥感评估结果图）。

C.7 结论，内容应包括：

- a) 地震灾害与地震烈度分布特点；
- b) 防震减灾措施和建议。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18207.1-2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语.
 - [2] ISBN: 978-7-5028-3739-6 汶川地震建筑物震害遥感解译图集.
-