

基于 Quickbird 影像的小堡崩塌群调查研究

张景华¹ 张建龙¹ 欧阳渊¹ 韩玉娟²

(1.中国地质调查局成都地质调查中心,四川成都 610081;2.四川省地质测绘院,四川成都 610017)

摘要:遥感技术为地质灾害调查研究提供了新的途径和手段,已成为地质灾害调查研究的一种重要技术手段,特别是高分辨率的 Quickbird 卫星影像在地质灾害的调查研究中有着广泛的应用。笔者在研究汉源县小堡崩塌群时,采用 Quickbird 卫星影像,通过遥感数字图像处理,获得高精度的遥感影像图作为地质灾害遥感研究的数据源,并进行遥感解译,总结小堡崩塌群的遥感影像特征。根据遥感影像特征来判定其规模、稳定性、危害程度和发展趋势,并分析其形成条件和影响因素。

关键词: Quickbird; 小堡崩塌群; 调查研究

中图分类号: P627 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)01-0226-06

作为当代高新技术的重要组成部分,遥感技术具有时效性好的特点,已成为地质灾害调查和研究的一种重要技术手段^[1],特别是高分辨率 Quickbird 卫星影像,由于其空间分辨率高,可以准确地从卫星遥感图像上识别地质灾害体及其细节特征,广泛应用于地质灾害的调查和研究。在四川省汉源县地质灾害调查中,最引人注目的地质灾害体是小堡崩塌群,其发育规模、发育密度都较为罕见。笔者采用美国 Quickbird 卫星影像,通过遥感数字图像处理,获得高精度的遥感影像图,通过遥感解译,总结小堡崩塌群的遥感影像特征,在此基础上分析小堡崩塌群发育和分布情况,判定其规模、稳定性、危害程度和发展趋势,获得了较好的效果。

1 区域概况

小堡崩塌群位于四川省汉源县小堡藏族彝族乡,处于大渡河中游南岸的宰骡河与大渡河汇流处,距汉源县城约 26 km,地理坐标为:102°33′24″E, 29°17′46″N。

小堡乡地处横断山脉北段东缘,属大渡河中游构造侵蚀峡谷中低山区,表层疏松破碎;区内出露

的地层主要为苏雄组、开建桥组(Z_{1s-k})酸性熔岩夹玄武岩、安山玄武岩、安山斑岩、火山碎屑岩,观音岩组(Z_{2g})砂岩、砂砾岩、页岩夹泥灰岩,灯影组(Z_{2d})白云岩、硅质白云岩。还可见中元古代花岗岩、钾长花岗岩(γ_2^2),河谷区内的第四系河流冲积、洪积堆积物。小堡乡气候干热,年平均气温 16.5℃,年平均降水量 650 mm,降水集中在 5—10 月,尤以 7—9 月为最,属亚热带气候。

2 小堡崩塌群遥感解译

2.1 数据源选用与质量评述

Quickbird 卫星为美国 DigitalGlobe 公司的高分辨率光学遥感卫星,其空间分辨率为 0.61 m (全色),拥有 4 个多光谱通道和 1 个全色通道,由于其空间分辨率较高,能够清楚地识别地质灾害体细节特征,非常适合大比例尺地质灾害遥感解译,因此,选择 Quickbird 卫星影像数据作为小堡崩塌群遥感解译的数据源。

本次工作所获得的 Quickbird 卫星影像数据的成像时间为 2006 年 4 月 8 日,云量极少、无雾,由于成像时间在春季,植被覆盖较浅,图像清晰,质量较佳。

收稿日期:2010-08-16;改回日期:2010-10-20

基金项目:中国地质调查局“大渡河流域地质灾害详细调查”项目(1212010814019)资助。

作者简介:张景华,男,1978年生,工程师,主要从事 RS 和 GIS 应用方面的工作;E-mail:zjinhua@cgs.cn。

2.2 遥感数字图像处理

本次工作获得的 Quickbird 卫星影像数据为预正射产品(Ortho Ready Standard),带有 RPC 参数(Rational Polynomial Coefficient,有理多项式系数)。由于工作区为中低山区峡谷区,相对高差较大,因此必须对 Quickbird 影像进行正射校正。由于获得的 Quickbird 数据为预正射产品,故采用有理函数模型(Rational Function)^[2-3]来对 Quickbird 原始影像进行正射校正,即在 PCI Geomatica 遥感图像处理软件中采用 Quickbird 单景影像+RPC+DEM+GCP 的模式,对 Quickbird 原始全色影像进行正射校正。DEM(Digital Elevation Model,数字高程模型)的比例尺为 1:50000(获得的完全覆盖 Quickbird 影像范围的 DEM 只有 1:50000),GCP(Ground Control Point,地面控制点)从 DLG(比例尺 1:2000,只覆盖 Quickbird 影像上的大渡河及其支流的河谷部分地区)上采集,共采集 10 个 GCP,最大均方根误差 4.288 个像元(表 1),符合《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范(1:50000,DD2008—2)》(中国地质调查局,2008)规定的均方根误差 ≤ 6 个像元的要求。

彩色合成波段组合为红色 XS3、绿色 XS2、蓝色 XS1,这种自然彩色合成方式比较符合人眼的视觉习惯,有利于地质灾害目视解译,然后与全色影像配准,采用 PCI Geomatica 遥感图像处理软件的自动融合算法——PANSHARP(Automatic Image Fusion)进行融合,并对融合后的影像进行拉伸增强、对比度、亮度调整,获得分辨率为 0.61m 的彩色校正图像。

经过处理后的影像,精度满足要求、层次丰富、色调均匀、反差适中、清晰易读,可以作为地质灾害遥感解译的源数据。

2.3 小堡崩塌群遥感解译

以处理后的 Quickbird 影像为遥感解译底图,采用机助目视解译的方法很容易识别小堡崩塌群。

从 Quickbird 卫星影像图可以很清楚地看到,在小堡乡附近的山体上发育有大大小小共计 14 处崩塌(图 1)。崩塌发育于大渡河右岸和宰骡河左岸的山坡上,崩塌群的平面展布形态酷似一个倒卧翻转的“L”形。崩塌体无植被,轮廓线明显,凹陷部分呈槽状,崩裂面新鲜,凹凸不平;崩落物质顺山坡而下,在坡脚或冲沟内形成崩塌堆积体(图 1~2),堆积体呈浅肉红色,与周围颜色截然不同,堆积体平面形态为扇形、舌

形、矩形或不规则形,表面坎坷不平、粗糙,可见有体积较大的滚石,大部分崩塌堆积体上无植被,唯有 4 号崩塌堆积体上已经长出稀疏的植被。

3 小堡崩塌群形成条件分析

崩塌是在特定的自然条件下形成的,地貌、地层岩性和地质构造是崩塌形成的物质基础,降雨、地表水、地下水、风化作用以及人类活动对崩塌的形成发展也起着重要的作用^[4]。

3.1 地貌条件

小堡崩塌群主要发育于大渡河右岸和宰骡河左岸的山坡上,坡底的大渡河河谷处海拔约 800 m,坡顶墨竹坪顶部海拔 2074 m,相对高差达 1274 m,山峦起伏,峡谷深邃,地势高差悬殊,切割较深,属于典型的中低山峡谷地貌。通过对 DEM 进行坡度运算分析,结果表明:发育小堡崩塌群的斜坡整体坡度大于 45°,局部更是达到了 70°,在这种地貌条件下极易发生崩塌。

3.2 地层岩性与构造

在 MAPGIS 软件中,以现有地质图为基础,结合遥感影像进行遥感地质解译,编制小堡崩塌群及附件地区的遥感解译地质图(图 3),然后将地质图与 Quickbird 影像图进行叠加分析发现,小堡崩塌群发育于中元古代的花岗岩体(γ_2^2 ,岩性为钾长花岗岩)中,且崩塌都是沿着花岗岩体面向大渡河和宰骡河一侧的边缘斜坡地带发育,而岩体与苏雄组、开建桥组(Z_{1s-k})接触地带则未发育崩塌。花岗岩体内部并无大断层,但发育许多小断裂,通过遥感解译,

表 1 控制点均方根误差

控制点序号	X 方向残差 (像元)	Y 方向残差 (像元)	均方根误差 (像元)
1	2.241	-0.093	2.243
2	2.810	-0.471	2.849
3	-1.750	0.747	1.903
4	-4.060	1.379	4.288
5	3.601	1.703	3.984
6	-1.128	-2.913	3.124
7	-1.519	0.514	1.604
8	1.519	1.487	2.126
9	-1.002	-1.291	1.634
10	-0.712	-1.063	1.280

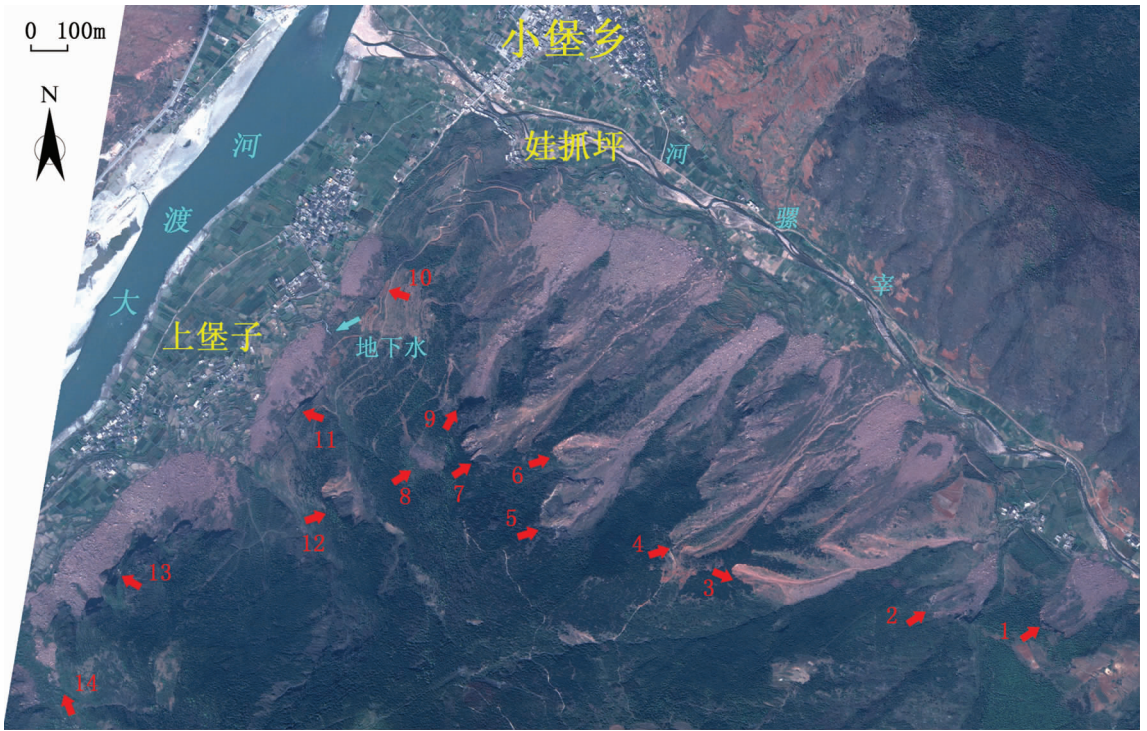


图1 小堡崩塌群 Quickbird 卫星影像图(图中数字 1~14 为崩塌编号)

Fig.1 Quickbird satellite images of the Xiaobao rock avalanches(1~14 refers to serial number of rock avalanches)



图2 小堡崩塌群 1 号和 2 号崩塌照片(左为 1 号崩塌,右为 2 号崩塌)

Fig.2 Photos of No. 1 and No. 2 rock avalanches in Xiaobao rock avalanches (the left is No.1, the right No.2)

在该花岗岩体内部解译出小断裂 13 条,走向为北西向、北东向和东西向;花岗岩体内部节理发育,一共解译节理 63 条,可分为两组:走向分别为北东向和北西向,节理多分布在岩体面向大渡河和宰骡河的一侧。由于该花岗岩体内部小断裂和节理较发育,加之年代久远,受风化作用影响,结构较松散、多裂隙,造成岩体面向大渡河和宰骡河的一侧完整性较差,在自身重力作用下,易于发生崩塌。

3.3 地下水与降雨

从 Quickbird 卫星影像图(图 1)可以很清楚地看到,在 10 号崩塌附近有一股地下水流出,说明岩体内可能含有较丰富的地下水,地下水对斜坡产生静水压力、动水压力和软化作用,有可能降低结构面的抗剪强度和抗拉强度;同时小堡乡降水集中在 5—10 月,尤以 7—9 月多暴雨,受地表水冲刷,增加裂隙的张开度,也容易发生崩塌。

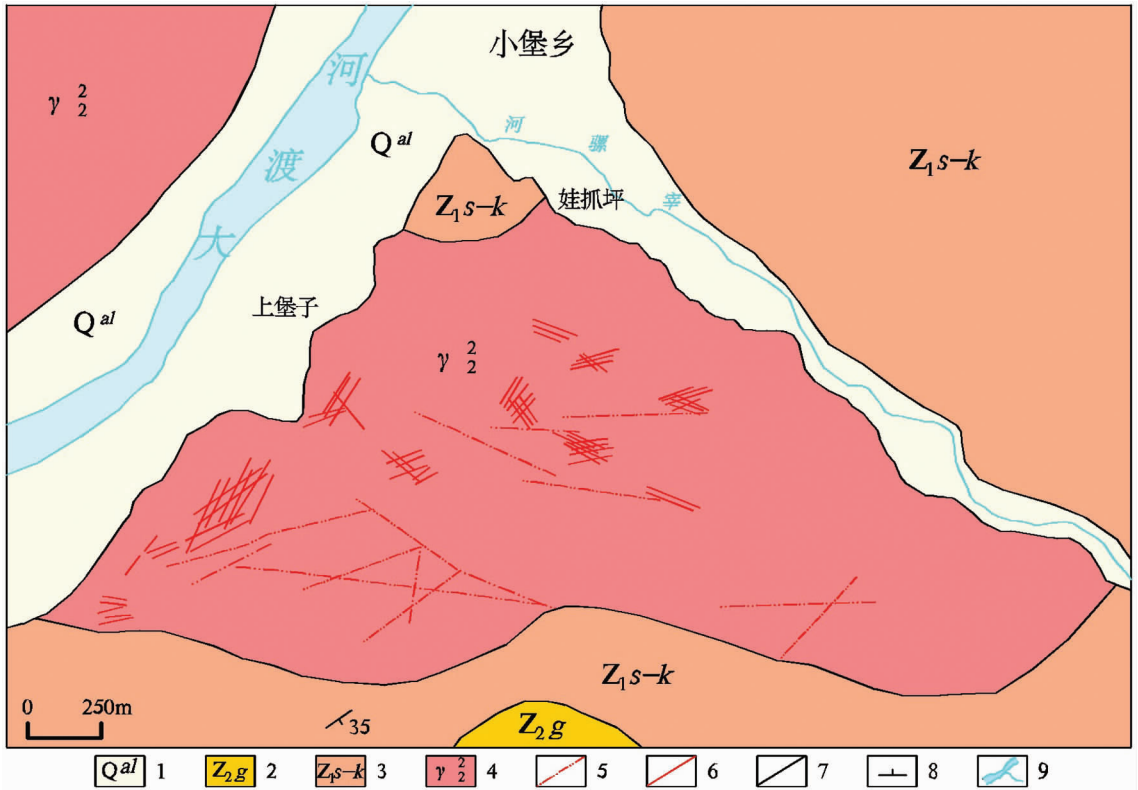


图 3 小堡崩塌群遥感解译地质图

1—第四系冲积物(Q^{al});2—观音崖组(Z_{2g});3—苏雄组、开建桥组(Z_{1s-k});4—花岗岩(γ₂);5—解译断裂;
6—解译节理;7—地质界线;8—地层产状;9—河流

Fig.3 Geological map of the Xiaobao rock avalanches based on remote sensing interpretation
1—Quaternary alluvium;2—Guanyinya Formation;3—Suxiong Formation and Kaijianqiao Formation; 4—Granite;
5—Faults;6—Joints;7—Geological boundary;8—Attitude of strata;9—River

3.4 人类活动

人类工程经济活动对小堡崩塌群的产生起着十分重要的作用,是形成小堡崩塌群的直接原因。小堡乡是汉源县境内一个主要花岗石材产地,由于无证乱挖滥采(现已关停),造成花岗岩体的完整性遭到破坏,并使自然边坡变陡,导致边坡失稳,从而容易诱发崩塌。

4 小堡崩塌群规模和稳定性分析

小堡崩塌群以集群形式密集发育,就单个崩塌而言,规模不大,都属于中、小型崩塌,但其呈集群形式密集发育,就整个崩塌群来说,其规模较大。

从 Quickbird 卫星影像图(图 1)可以看出,小堡崩塌群岩块脱落山体的槽状凹陷部分色调较浅,呈浅肉红色,与周围植被的暗绿色的深色调截然不同,其上部较陡峻,崩裂面新鲜,凹凸不平,无植被;绝大多数堆积体的颜色和色调都与崩裂面相似,为浅色

调的浅肉红色,说明是新近崩落的,区别于周围植被深色调的暗绿色,且大多数堆积体上都无植被,堆积体成分以粗颗粒碎石土为主,见有巨大的滚石,其所覆盖的耕地也都没有复垦,表明小堡崩塌群是新近发生的,并不稳定,尚在发展。

5 小堡崩塌群危害程度分析

需要说明的是:地质灾害的危害程度判别依据是对人类的生命财产或工程经济活动所造成的危害和损失,就此而言,从遥感影像图上直接判定的地质灾害的危害程度只是一个大致的级别,精确的危害程度判定还依赖于地面调查。

小堡崩塌群造成的主要现势危害是对植被、耕地和民居造成破坏。从 Quickbird 卫星影像图上可以看出,小堡崩塌群已造成大片的山体植被被破坏,在其坡下的上堡子、娃抓坪的大片耕地被覆盖,农作物受损,巨大的滚石滚入村落,严重威胁村民的房

屋。由于小堡崩塌群尚处于活动时期,崩落物对人和牲畜的生命有着巨大的潜在威胁,同时,松散的崩塌堆积物在山坡和冲沟内堆积,遇有暴雨,容易引发泥石流,对人类的生命财产或工程经济活动潜在着巨大的威胁。

6 瀑布沟电站水库蓄水后对小堡崩塌群的影响

瀑布沟水电站位于四川省西部大渡河中游汉源县和甘洛县接壤处,距上游汉源县城约 28 km,蓄水后瀑布沟水库地跨汉源、石棉、甘洛三县境区,当正常蓄水位 850 m 时,干流水库回水至石棉县城,库长为 72 km,小堡崩塌群距瀑布沟水电站大坝约 50 km。

将 Quickbird 影像与 DEM 进行叠加,生成三维影像,以瀑布沟水库的正常蓄水位 850 m 为淹没线充填洪水层,进行洪水淹没分析,并生成小堡崩塌群瀑布沟电站蓄水淹没模拟图(图 4)。通过分析,瀑布沟水库蓄水后对小堡崩塌群主要有以下两方面的影响:

(1) 当瀑布沟水库蓄水到 850 m 正常蓄水位时,受小堡崩塌群威胁的上堡子、娃抓坪等地将被库水淹没,随着移民搬迁安置完成,威胁将得以解除。

(2) 当瀑布沟水库蓄水到 850 m 正常蓄水位时,小堡崩塌群除 1 号、2 号和 12 号崩塌外,其他崩塌的堆积体或多或少有一部分被淹没,处于淹没线以下。由于小堡崩塌群大部分堆积体都有部分处于水下,被水浸泡,且堆积体结构松散,自身稳定性差,蓄水后的瀑布沟水库库水将对崩塌堆积体产生冲刷、掏蚀以及软化作用,破坏崩塌堆积体的稳定,产生滑塌,可能造成由崩塌堆积体构成的这一段库岸失稳。

7 结论

(1) Quickbird 卫星影像具有很高的空间分辨率,能够清楚地识别地质灾害体的细节特征,比较适合为大比例尺地质灾害遥感解译的遥感数据源。通过对地质灾害进行遥感解译,可以为地质灾害调查提供地质灾害类型、规模和分布等方面的翔实基础资料,科学地指导地质灾害地面调查,提高地质灾



图 4 小堡崩塌群瀑布沟电站蓄水淹没模拟图(图中数字 1~14 为崩塌编号)

Fig.4 Submergence simulation diagram of Xiaobao rock avalanches in Pubugou water power station (1~14 refers to serial number of rock avalanches)

害地面调查的效率和精度。

(2)小堡崩塌群在 Quickbird 卫星影像上的影像特征非常明显,容易识别,并具有典型的集群发育特征,其发育的密集程度和规模,在汉源县十分罕见。

(3)地貌、岩性和构造为小堡崩塌群的形成提供了基本条件和物质基础,不合理的人类活动(滥挖滥采花岗石)则是形成小堡崩塌群的直接原因,而风化作用、地下水、降雨、地表水对小堡崩塌群的发展也有着重要的影响。

(4)小堡崩塌群目前不稳定,尚处于发展阶段;瀑布沟水库蓄水后,受库水影响,小堡崩塌群堆积体构成的这一段库岸可能会失稳。

参考文献(References):

- [1] 王治华. 滑坡、泥石流遥感回顾与新技术展望[J]. 国土资源遥感, 1999, (3):10-15.
Wang Zhihua. Reviewing and prospecting for applying remote

sensing to landslide and debrisflow investigation [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1999, (3):10-15(in Chinese with inEnglish abstract).

- [2] 万里红, 杨武年, 李天华, 等. 浅谈 Quickbird 遥感卫星影像几何精校正[J]. 测绘与空间地理信息. 2007, 30(2):12-15.
Wan Lihong, Yang Wunian, Li Tianhua, et al. Discussion about geometry accurate rectification for Quickbird remote sensing image [J]. Geomatics & Spatial in Formation Technology, 2007, 30 (2):12-15(in Chinese with inEnglish abstract).
- [3] 关元秀, 程晓阳. 高分辨率卫星影像处理指南[M]. 北京:科学出版社, 2008:99-121.
Guan Yuanxiu, Cheng Xiaoyang. High Resolution Satellite Image Processing Guide [M]. Beijing:Science Press, 2008:99-121 (in Chinese).
- [4] 卓宝熙. 工程地质遥感判释与应用[M].北京:中国铁道出版社, 2002:254-259.
Zhuo Baoxi. Remote Sensing Interpretation & Application of Geology Engineering. [M]. Beijing:China Railway Publishing House, 2002:254-259(in Chinese).

A survey and study of the Xiaobao rock avalanches based on Quickbird satellite images

ZHANG Jing-hua¹, ZHANG Jian-long¹, OUYANG Yuan¹, HAN Yu-juan²

(1. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Sichuan Institute of Geological Surveying & Mapping, Chengdu 610017, Sichuan, China)

Abstract: Remote sensing technology for geological hazards survey and research providing new ways and means of investigation and study of geological hazards has become an important technical means, and high-resolution Quickbird satellite images in geological hazards research have an especially wide application. In this paper, the authors studied the Xiaobao rock avalanches in Hanyuan County and used Quickbird satellite images and remote sensing digital image processing to obtain high-precision remote sensing image as the data source for the study of geological hazards and remote sensing interpretation. Image features of the Xiaobao rock avalanches were summed up. According to remote sensing image features, the size, stability, harmful extent and development trend of the Xiaobao rock avalanches were judged, and its formation conditions and affecting factors were analyzed.

Key words: Quickbird; Xiaobao rock avalanches; survey and study

About the first author: ZHANG Jing-hua, male, born in 1978, engineer, mainly engages in RS and GIS applications; E-mail: zjinghua@cgs.cn.

2009 年度地质科学类期刊前 30 名影响因子排序表

1	地质科学	2.735	16	岩矿测试	0.868
2	岩石学报	2.603	17	工程地质学报	0.844
3	矿床地质	2.224	18	地质与勘探	0.822
4	地质学报	1.871	19	地质科技情报	0.782
5	高校地质学报	1.611	20	矿物岩石	0.774
6	石油实验地质	1.581	21	西北地质	0.615
7	中国科学(D 辑)	1.500	22	中国岩溶	0.562
8	中国地质	1.487	23	海洋地质与第四纪地质	0.559
9	地质论评	1.470	24	地层学杂志	0.522
10	地质通报	1.373	25	世界地质	0.494
11	地质力学学报	1.256	26	水文地质工程地质	0.442
12	现代地质	1.172	27	水文	0.377
13	岩石矿物学杂志	1.118	28	新疆地质	0.319
14	沉积学报	1.045	29	铀矿地质	0.316
15	冰川冻土	0.888	30	地质与资源	0.252

注:表中数据引自中国科学技术信息研究所编《2010 年版中国科技期刊引证报告(核心版)》,北京:科学技术文献出版社.