

基于 RS 和 GIS 的雅鲁藏布江林芝—加查段 沿线泥石流源地物源分析

王高峰^{1,2}, 唐川¹, 王洪德², 李为乐¹, 王玉华³

(1. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 中国地质调查局
水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051; 3. 河南省基本建设科学实验研究院有限公司, 河南 郑州, 450000)

摘要: 为研究泥石流灾害对西藏雅鲁藏布江林芝—加查段沿线的影响与危害, 利用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)开展了该段沿线泥石流源地物源提取及其分布特征的分析。研究结果表明, 林芝—加查段沿线泥石流源地物源分布不均匀, 物源分布受地层岩性、海拔高程及地形坡度影响。这些泥石流源地物源在冰川融水及冰川型泥石流过后更加发育, 积累的松散物质更加丰富, 使泥石流源地物源进一步复活并产生大量新物源, 从而使沿线泥石流发生频率增高, 规模增大。

关键词: 西藏; 雅鲁藏布江; 泥石流; 源地; 遥感

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0010-04

中图分类号: P642

RS and GIS Based Analysis of Material Sources in Debris Flow Origin Areas Along Linzhi—Jiacha Section in Yarlung Zangbo River

WANG Gao-feng^{1,2}, TANG Chuan¹, WANG Hong-de², LI Wei-le¹, WANG Yu-hua³

(1. State Key Lab of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Center for Hydrogeology and Environmental Geology Survey, China Geology Survey, Baoding, Hebei 071051, China; 3. The Basic Construction of He'nan Province Science Experiment Research Institute Co., Ltd, Zhengzhou, He'nan 450000, China)

Abstract: In order to study the impacts and hazards of debris flow disaster on the Linzhi—Jiacha section along the Yarlung Zangbo River in Tibet, remote sensing and geographical information systems techniques are used to extract information on the material sources in the debris flow origin areas along the Linzhi—Jiacha section and analyze the distribution characteristics of the material sources. Results from the study showed that the distribution of the material sources in the debris flow origin areas is not uniform due to the influences of formation lithology, altitude, and topographic slope. After glacier melting and glacier type mudflow, the material sources are more developed and the accumulated loose materials are more abundant, which further stimulates the material sources and produces a large amount of new material sources in the debris flow origin areas. Consequently, the frequency of debris flows along the river is raised and the scale of the debris flows is enlarged.

Keywords: Tibet Autonomous Region; Yarlung Zangbo River; debris flow; origin area; remote sensing

研究区选择西藏雅鲁藏布江林芝—加查段为研究对象, 沿线途径林芝县、米林县、郎县及加查县。该区在地貌上属青藏高原喜马拉雅山脉与冈底斯—念青唐古拉山脉东段, 地势从东向西递增。由于研究区经多次构造运动, 形成了广大基岩山地挟持河谷的总体地貌态势。在构造上属雅鲁藏布江结合带、喜马拉雅山陆块东部南迦巴瓦构造结合的两侧, 为一强烈挤压、碰撞、旋转走滑、急剧伸展隆升地质构造, 是极其复杂的造山带。纵观全区, 断裂构造发育, 主要构造

轴线呈弧形展布, 次级褶皱、断裂构造轴线呈北西—南东向。在气候上, 整体属高原温带半湿润气候区, 年平均降水量 680 mm, 年平均气温 9.2 °C, 气候特点为降水集中, 雨热同季, 蒸发量大。研究区冰川地质地貌作用较强, 受到多次冰期、间冰期作用, 沟道内第四系松散堆积物深厚, 堆积厚度一般几米至十几米, 个别地方甚至达到几十乃至近百米。森林线以上寒冻风化残坡积物发育, 这些为泥石流活动提供了丰富的松散固体物源。

收稿日期: 2011-04-27

修回日期: 2011-06-09

资助项目: 国土资源部公益性行业科研专项“青藏高原东南部地质灾害与防灾减灾对策研究”(201111024)

作者简介: 王高峰(1984—), 男(汉族), 河南省淮阳市人, 硕士, 助理工程师, 主要从事地质灾害调查与监测预警研究工作。E-mail: 403016203@163.com。

具有大量松散固体物质储备是泥石流发生的必要条件之一。物质储备是泥石流沟流域内长期自然地质作用的结果,储备量越大,发生泥石流的可能性越大^[1]。Lina 等^[2]利用 SPOT 图像对 1999 年台湾集集大地震后泥石流源地的崩塌、滑坡等松散物源进行了解译分析,建立了泥石流发生与松散物源类型、数量的统计模型,为今后泥石流发展趋势分析提供了科学依据。唐川等^[3]为了分析汶川大地震对泥石流形成发育的影响,剖析了 9·24 暴雨前后泥石流源地滑坡活动特征,利用震后航空遥感数据和 9·24 暴雨后的 SPOT 5 数据对北川县城泥石流源地的物源变化过程进行定量解译,以掌握强震区暴雨泥石流活动强度和发展趋势,为汶川震区次生地质灾害风险评估、预测预报和重建规划提供科学依据。

本研究以 RapidEye 全色遥感影像数据为主,对研究区沿线泥石流物源进行定量解译,进而分析沿线泥石流物源分布特征,为泥石流的发展趋势评价提供有价值的信息,同时也为藏东南山区线性工程的预选线及日后线性工程的改扩建提供参考依据。

1 研究方法

1.1 数据来源与预处理

用于分析研究区沿线泥石流源地物源特征的遥感数据为 2009 年 9 月获取的 RapidEye 全色影像,所获取的各期影像云层活动较少,数据质量较好。其他辅助数据还有研究区 1:20 万地质图及 30 m×30 m 分辨率 DEM 数据。根据不同影像传感器特点对遥感数据进行预处理,包括图像增强、彩色合成(543),几何纠正,图像镶嵌并进行影像精确配准,作为源地物源信息提取的基础影像,在此基础上开展研究区沿线泥石流源地物源的信息提取工作。

1.2 物源信息解译与制图

RapidEye 遥感影像能够识别泥石流沟及其源地的中小型滑坡和沟道堆积体,分布于泥石流源地上游寒冻风化残坡积物也可从影像上辨别出来。通过对研究区沿线泥石流沟及其源地滑坡、崩塌积物、沟道堆积物及森林线以上的寒冻风化残坡积物特征的野外调查,并根据这些特征在遥感图像上显示的形态、色调、影像结构等与周围背景均存在一定差异的特点,建立以上源地物源特征的解译标志,在此基础上开展室内物源解译,提取泥石流源地滑坡体及其他典型物源信息,这些源地物质在强降雨及冰川融水作用下亦可成为泥石流重要物源。

泥石流松散物源体的形态、规模及类型均可从遥感图像直接判读圈定。对这些泥石流形成松散物源类型、规模的遥感评估结果,可作为泥石流沟潜在危

险性判别的重要指标^[3]。为了认识研究区沿线泥石流源地的物源规模特征,通过遥感解译将泥石流源地信息按所处泥石流流域的位置分为 4 类,第 1 类是沟道堆积物。根据野外调查,这类物源广泛发育于中下游沟道内及沟床,多为第四系松散及古冰川堆积物,厚度从 5~100 m 不等。在 RapidEye 遥感图像上,这类物源的颜色呈深绿、暗绿色,如刀切纹理形状,堆积台阶明显,植被较好。第 2 类是滑坡、崩塌积物,一般以厚度小于 10 m 的中小型为主。依据 RapidEye 影像解译和分析泥石流源地的滑坡、崩塌积活动规模和类型,通过野外实地剖面测量,可以估算暴雨及冰川融水诱发泥石流源地滑坡、崩塌积的厚度,进而提供泥石流活动的松散物质方量。在 RapidEye 遥感图像上,这一类物源颜色呈深色调,常常呈圈椅状洼地形状,纵坡较缓,个别纵坡较陡,坡面起伏不平,有零星灌木植被覆盖,少数崩塌无植被覆盖。第 3 类是森林线与冰蚀线之间的残坡积物,经过实地验证,该类物源厚度多小于 1 m,大部分为寒冻弱风化物。第 4 类是冰蚀线以上残坡积物,厚度大部分小于 0.5 m,多为寒冻强风化物。在 RapidEye 图像上,寒冻风化物源颜色呈灰色、深灰色,形状为零星斑点,坡面侵蚀沟道明显,附近多以冰川、冰雪覆盖,无植被。通过上述解译调查分析,建立研究区沿线泥石流流域特征的数据库,包括沿线泥石流沟道堆积物、滑坡、崩塌积物、森林线以上的寒冻风化物的分布与面积,最终以 1:150 000 比例尺成图(见附图 1)。

2 结果分析

2.1 源地物源分布特征

从研究区沿线泥石流沟及源地物源分布图(附图 1)上可见,东部即林芝县西南局部地区、米林县、郎县东部,沿线泥石流源地物源多以沟道松散堆积物、寒冻弱风化残坡积物为主;西部即郎县西部、加查县,沿线泥石流源地物源多以小型滑坡、崩塌积及寒冻强风化残坡积物为主。造成这种源地物源分布不均匀性的原因主要与该区的气候条件、植被覆盖率、地形地貌及地层岩性有很大的关系。在研究区东部,气候以亚热带半湿润季风气候为主,降水集中,雨热同季,蒸发量大,植被覆盖较好,森林线以上冰川发育,受到多次冰期、间冰期作用,使沟道内第四系松散堆积物深厚,森林线以上寒冻弱风化残坡积物发育;研究区西部气候以温带半湿润气候为主,日照充足,辐射强烈,热量低,昼夜温差大,气候变化异常,植被覆盖较差,多以裸地为主,地质风化作用强烈,岩石破碎,风化严重,加之两岸坡度较陡,破碎的岩体形成崩滑堆积体,泥石流源地上游冰蚀线以上多以寒冻强风化残坡积

物为主,这些物源在上游洪水或泥石流的冲刷作用下,进入沟道,参与泥石流过程。

2.2 源地物源分布与地层岩性、海拔高程、地形坡度的关系

地层岩性在泥石流形成中直接或间接地提供了松散固体物质^[1],有时也控制泥石流的分布,还影响到泥石流的性质。将研究区 1:20 万地质图纠正并矢量化,使其与源地物源矢量文件具有统一地理参照,将矢量化物源信息叠加于地质图上(附图 2)。可以看出,在研究区东部的米林县大部分地区广泛分布花岗岩及片麻岩,由于该区植被覆盖率较高,在风化作用下产生的物源很难参与到泥石流活动中来,但是该区古冰川和现代冰川发育强烈,在形成冰川泥石流时,这些花岗岩及片麻岩成分的松散固体物质很容易参与其中;在研究区的西南部分布有石英砂岩,因为该区植被覆盖较差,冰湖分布较多,在强降雨及冰湖

溃决时这些石英砂岩成分所产生的松散固体物质也很容易参与泥石流的活动;在研究区西部的加查县局部区域,第三纪胶结很差的砾岩也直接参与了泥石流活动。在雅鲁藏布江的右岸分布大量的千枚岩岩组,它的整体性较差,抗风化能力弱,吸水性和可塑性较大,在物理风化作用强烈地区,往往形成较厚的风化层,为泥石流的形成提供了大量松散物质,有时它们也变成岩块,参与泥石流活动。从附图 2 可以得出研究区地层岩性泥石流分布条数(见表 1)。

从表 1 泥石流分布与地层岩性的关系统计结果可以看出,研究区泥石流主要分布在以闪长岩、片麻岩、千枚岩与石英砂岩为主的岩性区域。一方面,这本身与研究区地层分布中绝大部分为闪长岩、片麻岩、千枚岩与石英砂岩有关,另一方面与这些岩性的抗风化和抗侵蚀能力有关。其次为砾岩、花岗岩、千枚岩为主的岩性区域。少量分布在郎县混杂岩、片岩的岩性区域。

表 1 泥石流分布与地层岩性的关系统计

岩性名称	闪长岩	郎县 混杂岩	片麻岩	花岗岩	片岩	砾岩	千枚岩	板岩与 石英砂岩	千枚岩与 石英砂岩
泥石流数/条	76	6	59	21	3	31	14	0	57

海拔高程图是通过数字高程模型(DEM)获得的^[4-5],划分为 4 级:2 800~3 650,3 650~4 500,4 500~5 350,5 350~6 200 m。将矢量化物源信息叠加于高程图上,分析二者叠加的关系可以得出:整体研究区沟道物源主要分布在 2 800~3 600 m 高程范围;崩塌积物源主要分布在 3 500~4 500 m;寒冻弱风化物源主要分布在 4 800~5 500 m;寒冻强风化物源主要分布在 5 500~6 100 m。从局部分析,研究区东西部寒冻强风化物源及沟道物源分布高程基本一致,而研究区西部寒冻弱风化物源比东部高程分布高,西部高程在 5 200 m 以上,东部主要在 5 100 m 以下;研究区崩塌积物源高程分布高,从东部到西部逐渐变大。

地形坡度图是在 GIS 空间分析模块中以 DEM 为基础插值等高线获得的^[6],地形坡度划分为 5 级:0°~10°,10°~24°,24°~32°,32°~42°,42°~88°。将二者也进行叠加分析得出,研究区从整体上看寒冻强风化物源主要分布在 8°~24°,这和冰川的分布坡度范围基本一致;寒冻弱风化物源主要分布在 18°~35°,平均在 27°左右;崩塌积物源主要分布在 24°~45°,平均在 35°左右;沟道物源主要分布在小于 10°的坡度。从局部来看,东部的崩塌积物源所处的坡度比西部的小,东部平均在 25°左右,西部平均在 35°左右,而研究区的崩塌积物源主要发生在 27°坡度范围内,

在这个坡度范围内容易发生崩塌积地质灾害,这表明并不是坡度越大越有利于滑坡的发生;寒冻弱风化物源在东部分布的坡度比西部较大,而研究区的寒冻弱风化物源主要发生坡度大的区域范围内;寒冻强风化物源及沟道物源的坡度东西部基本一致。

3 结论

本研究利用 RapidEye 遥感影像资料,运用 RS 和 GIS 技术相结合的方法,提取了研究区的泥石流源地物源信息,通过对研究区泥石流源地物源分布特征及与地层岩性、海拔高程、地形坡度的关系分析,得出以下结论。

(1) 根据 RapidEye 遥感影像对研究区沿线泥石流源地的物源特征进行解译分析的结果及实地调查验证,这些源地的物源是不可能全部都一次性参与泥石流的活动,只有当这些源地物源分布位置及补给方式满足沟道内泥石流启动的条件时,源地物源才能参与到泥石流中去。根据野外实地调查发现,研究区内主要集中分布在沟口或中、下游谷坡的沟道堆积、崩塌及滑坡堆积物源,很容易遭受到从沟道上游下来的洪水或泥石流的强烈冲刷,从而引起强烈的坡面侧蚀,形成泥石流物源的集中补给,造成泥石流爆发的可能性比较大。但是分散在泥石流沟沟道的源头或者上游寒冻风化物源,遭受洪水或泥石流的冲刷就较

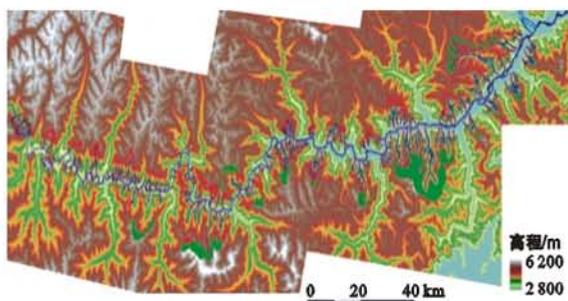
小,起到物源补给的作用也相对较少。总之,研究区沿线泥石流源地物源分布的不均匀性造成了泥石流分布的不均匀性,这主要与研究区的气候条件、植被覆盖率、地形地貌及地层岩性有很大的关系。

(2) 地层岩性对研究区泥石流源地物源有影响,但是对松散固体物质的发育并没有起控制作用,地层岩性对物源分布的影响只有在其它环境背景条件具备的情况下才能产生。研究区西部寒冷、干旱的发育环境条件较适于浅层滑塌类发育,不利于深层、典型滑坡发育,泥石流源地物源多以小型滑坡、崩坡积及寒冻强风化残坡积物为主;研究区东部,气温升高,降水增加,利于深层滑动面的形成,也易于触发浅层滑坡发生,源地物源主要以沟道松散堆积物、寒冻弱风化残坡积物为。与地层岩性的相似,海拔高程、地形坡度对松散固体物质的发育也与其他环境背景条件及人类活动等密切相关。此外,由于研究区在藏东南高海拔地区,受海洋性季风气候的影响,冰川、冰湖发

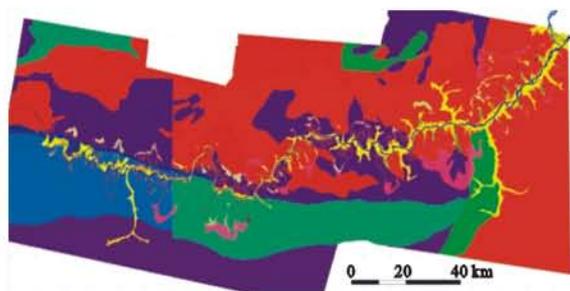
育,这些也可能会对泥石流源地物源的分布造成某种程度的影响。

[参 考 文 献]

- [1] 吕儒仁,唐邦兴,朱平一. 西藏泥石流与环境[M]. 成都:成都科技大学出版社, 1999:1-216.
- [2] Lina C W, Shieh C L, Yuan B D. Impact of Chi-Chi earthquake on the occurrence of landslides and debrisflows: example from the Chenyulan River watershed, Nantou, Taiwan[J]. Engineering Geology, 2004, 71(1/2):49-61.
- [3] 唐川,丁军,梁京涛. 汶川震区北川县城泥石流源地特征的遥感动态分析[J]. 工程地质学, 2010, 18(1):1-7.
- [4] 李志林,朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社, 2000:110-118.
- [5] Barling R D, Moore I D, Grayson R B. Aquasi-dynamic wetness index for characterizing the spatial distribution of zones of surface saturation and soil water content[J]. Water Resource Research, 1994, 30(4):1029-1044.
- [6] 张彩霞. 基于 DEM 的地形湿度指数提取与应用研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学, 2006.
-
- (上接第 4 页)
- [12] 黄高宝,李玲玲,张仁陟,等. 免耕秸秆覆盖对旱作麦田土壤温度的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(5):14-19.
- [13] 张志国,徐琪, Blevins R L. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影[J]. 土壤学报, 1998, 35(3):384-391.
- [14] López M V, Moret D, Gracia R, et al. Tillage effects on barley residue cover during fallow in semiarid Aragon[J]. Soil & Tillage Research, 2003, 72(2):53-64.
- [15] 高亚军,朱培立,黄东迈,等. 稻麦轮作条件下长期不同土壤管理对有机质和全氮的影响[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1):27-30.
- [16] 高明,李阳兵,魏朝富,等. 稻田长期垄作免耕对土壤肥力性状的影响研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3):29-33.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 1999:21-30.
- [18] 蔡燕飞,章家恩,张杨珠,等. 稻作制度对红壤性水稻土有机质特征的影响[J]. 土壤, 2006, 38(4):396-399.
- [19] 唐晓红,邵景安,高明,等. 保护性耕作对紫色水稻土团聚体组成和有机碳储量的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 18(5):1027-1032.
- [20] 刘淑霞,王宇,周平,等. 不同施肥对黑土有机无机复合及腐殖质结合形态的影响[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(2):76-80.



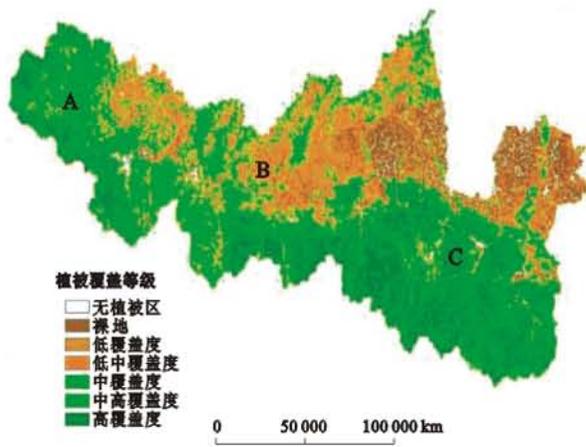
附圖1 雅魯藏布江林芝—加查段沿線泥石流溝及源地物源分布(以DEM為底圖)



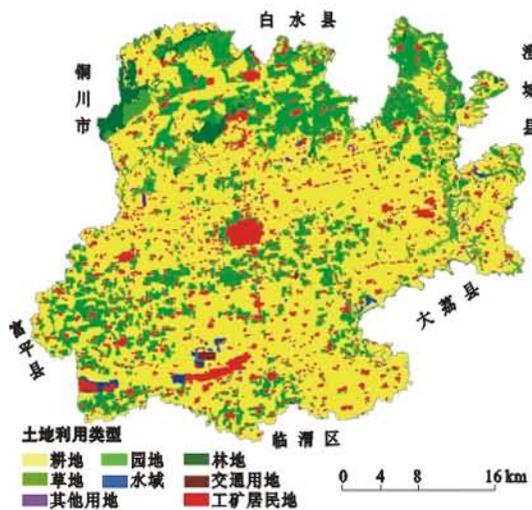
附圖2 雅魯藏布江林芝—加查段沿線地層岩性與物源分布的關係



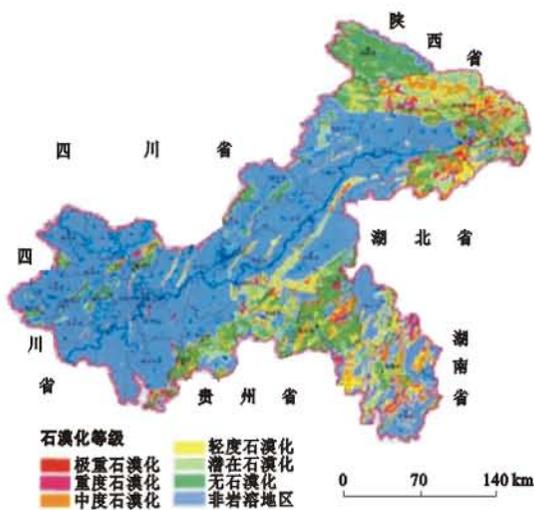
附圖3 淮河上游流域遙感標準假彩色合成示意圖



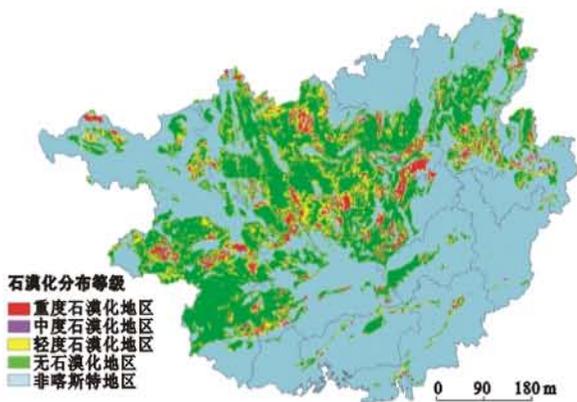
附圖4 淮河上游流域植被覆蓋度等級分布



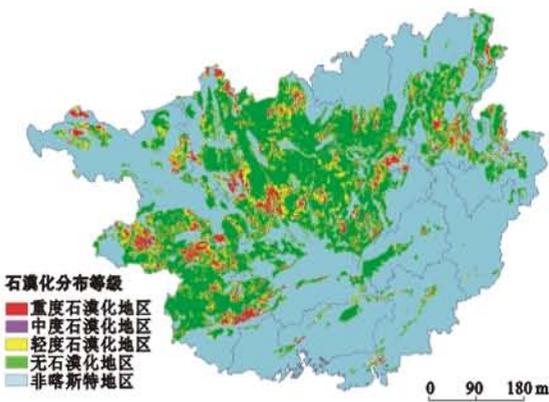
附圖5 陝西省蒲城縣土地利用現狀



附圖6 2006年重慶市岩溶地區石漠化分布



附圖7 1998年廣西壯族自治區喀斯特石漠化分布



附圖8 2003年廣西壯族自治區喀斯特石漠化分布