

中国南方湿润区红层地貌及相关问题探讨

彭 华

(中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要:我国红层出露面积广大,但地学界对红层关注不足,各学科对红层问题的研究缺乏融合,存在着“多张皮”的问题;尤其是对红层这个特殊的脆弱地理单元的土地退化及生态环境问题缺少关注。南方湿润区是我国红层集中分布区之一,大部分红层区存在着严重的地貌灾害和水土流失问题,甚至分布着许多“红层荒漠”。红层区的土地退化虽与人的不合理利用关系密切,但其机理仍然是岩石地貌发育的自然演变问题。本文认为自然过程是一种多因子的综合作用过程,是互为因果的系统问题。本文分析了红层地貌及其红层区坡面侵蚀机理的研究现状,提出了红层地貌研究面临的科学问题,认为应该以系统动力学的思想方法,用跨学科的方式对红层与地貌发育—自然灾害—水土流失—生态退化—综合地理环境—生产和生活之间相互关系进行综合研究,以寻求国土治理和环境优化对策。

关键词:湿润区;红层;红层地貌;生态环境;土地退化

文章编号:1000-0585(2011)10-1739-14

笔者在近年的研究中发现,虽然把丹霞地貌归类于红层地貌,但国内并没有真正的红层地貌研究。地质学对红层的研究集中于基础地质、工程地质和环境地质问题,对红层地貌缺乏兴趣;地貌学关注坚硬的红色砂砾岩所形成的丹霞景观,并不关注红层软岩的地貌演化及其相关的水土流失和土地退化问题;地理学界很早就关注了干旱区、半干旱区、黄土地区、过度开垦和放牧地区的荒漠化问题,近年来关注了喀斯特地区的石漠化问题,但对红层地区的荒漠化问题尚未引起重视。

根据资料,我国的中—新生代红层出露面积达82.6万 km^2 ,占国土总面积的8.6%^[1],超过黄土覆盖面积(63万 km^2)^[2],接近碳酸岩出露面积(91万 km^2)^[3]。而在红层分布区,存在着严重的地质灾害问题、水资源和水环境问题、土地退化问题等,对红层区的道路建设与养护、城镇建设、工农业生产和居民区安全构成隐患。

本文以综述的方式讨论我国南方湿润区红层与丹霞地貌研究中存在的问题,探讨未来红层与丹霞地貌的研究方向,提出了重视学科融合,关注基础研究—应用基础研究—应用研究的综合科学问题,关注生态脆弱区的研究思路。

1 红层及有关问题的研究回顾

1.1 红层特点与分布

1.1.1 红层的特点

定义:许多定义强调红层是发育在中生代到新近纪、特别是侏罗纪中期至古近纪的陆

收稿日期:2011-07-01;修订日期:2011-08-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40871014)

作者简介:彭华(1956-),安徽砀山人,教授,主要研究方向为丹霞地貌、旅游地理与旅游规划。

E-mail:eesph@mail.sysu.edu.cn

相红色岩系^[1,4,5]。但是现实中,国内外学者并不以沉积时代作为红层的限制因素。世界各地的红层形成时期有巨大的差别,在冈瓦纳古陆上,已经发现了十几亿年前的红层,如澳大利亚的卡卡度国家公园的 Kombolgie 组老红层是 17 亿年前的沉积^[6];我国也有震旦纪和古生代的老红层,但主要是中—新生代沉积。因此,红层应是包括各个地质历史时期沉积的红色岩系的总称^[7,8]。

构成:红层的构成极其复杂,包含砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩和泥质岩,并可能夹风成沉积、淡水灰岩、石膏等蒸发岩^[7]。一般情况下,在大型盆地边缘堆积巨厚的洪积相泥砾,山前洪积扇的红层巨砾可达数十厘米甚至几米^[9,10],往中心渐变为洪冲积砂砾岩、砂岩,河湖积细砂、粉砂岩和泥质岩^[11]。但由于陆地沉积环境的变化剧烈,沉积过程复杂,各次沉积的平面形态和垂向组合表现出很大差异。小型盆地中沉积分异表现不明显,往往主要由洪积砾岩组成,但也包含各种泥质夹层。

成分:砾岩和砂砾岩红层的矿物成分与化学成分取决于盆地外围碎屑源地的岩石,其成分十分复杂;胶结物以泥、砂为主,化学胶结物主要为硅质、钙质和铁质。而静水沉积的细颗粒岩石(如粉砂岩或泥质岩)中碳酸钙的含量一般很大,丹霞山丹霞组岩石中 CaCO_3 含量变化于 0.29~38.44%^①,而泥质岩样本中的一般超过 20%;浙江江郎山洞穴粉砂岩中方解石含量超过 50%,洞穴粉砂岩样品的 CaO 含量是崖壁砾岩的三倍^[12~14];湖南新宁盆地红层的碳酸钙含量随外围地层不同而有很大差别,在接近碳酸岩碎屑源地的地方,碳酸钙含量可达 25%以上^[15]。因此,红层往往具有一定的可溶性,尤其是粉砂岩和泥质岩的可溶性更强。

沉积环境:世界上的红层均以陆相碎屑岩为主,也包含部分滨/浅海相红层^②;中国的红层基本上是陆相红层。由于红层中含有较多的钙质,甚至蒸发岩夹层,且各个时代的红层大多分布在热带和亚热带地区,学者们一般认为红层形成在炎热干燥的环境下。但是红层中的高价铁(Fe^{3+})富集过程必须有足够的淋溶作用,因此,红层形成的古气候被认为是一种类似于现代热带和亚热带半干旱气候^[7,8]。不过有学者认为可能主要是成岩过程中含铁矿物脱水氧化成赤铁矿,并无气候意义^[16]。

特性:红层中的砾岩和砂砾岩一般比较坚硬,往往发育以陡崖坡为特征的丹霞地貌。但红层中占很大比重的是粘土岩和泥质粉砂岩,就是砂砾岩红层也包含多层的粘土岩夹层,软硬互层是其突出的特点。粘土岩或泥质岩红层一般沉积在湖盆中部或河漫滩及河间洼地,沉积比较均质,大部分为泥质胶结,并可能有石膏、钙质和其它盐类成分。如四川泥质红层中以石英、长石、蒙托石、绿泥石等粘土矿物为主, Na_2O 、 K_2O 、 CaO 等含量偏高^[17]。粘土岩具有失水干裂,遇水崩解的特性。较硬的砂砾岩红层中各类软岩夹层的存在也使得整体强度受到巨大的破坏,容易形成上覆岩层位移和崩塌的结构面。此外,泥质岩中往往夹有蒸发盐夹层,胶结物中也普遍含盐较多。因此,泥质岩特别容易被风化侵蚀和溶蚀。

1.1.2 我国红层的分布 中国的红层出露面积大于 80 万 km^2 ,广布于中国各地(图 1)^③。东部(I、II、III)以白垩纪和古近纪红层为主,多是北北东向的中小型红层盆地;

①广东省地质勘查局七〇六地质大队.丹霞山风景名胜区丹霞地貌地质成因研究.(丹霞山申遗资料),2008.

②张珂,等.关于世界红层及丹霞地貌的初步对比研究.见:彭华.第一届丹霞地貌国际学术讨论会论文集(第二辑).2009.31~37.

③彭华.中国丹霞申报世界自然遗产总文本,2009.

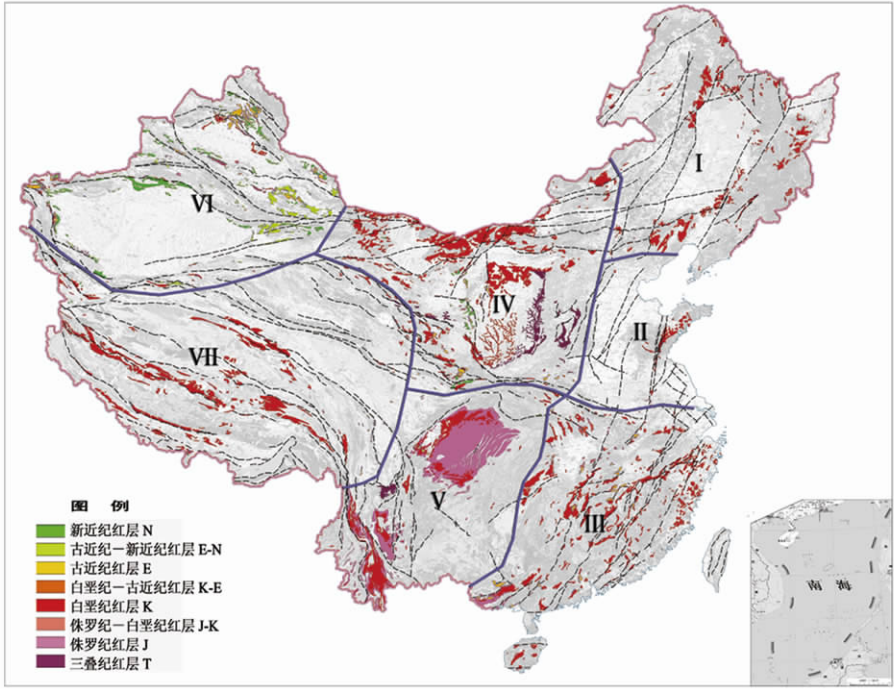


图 1 中国红层分布略图

Fig. 1 The distribution of red beds in China

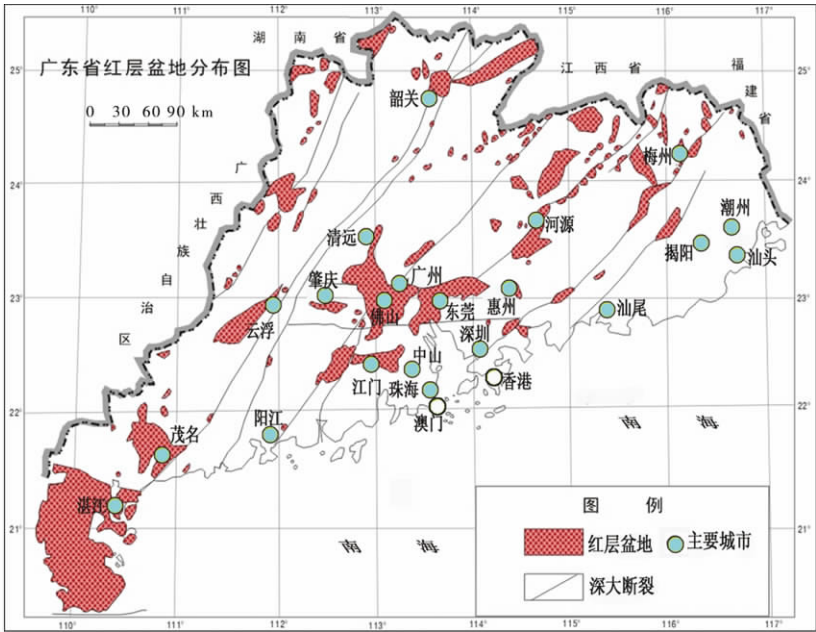


图 2 广东省红层盆地分布图

Fig. 2 The distribution of red beds basins in Guangdong Province

不包括两湖平原、华北平原和东北平原等大盆地中的埋藏红层。中部(IV、V)是四川盆地和陕甘宁盆地等大型盆地,以白垩纪和侏罗纪红层为主,在兰州外围地区也出露较多的古近纪红层;其中陕甘宁盆地中的红层大多被黄土覆盖,但内蒙古高原出露较多的白垩纪红层;四川盆地是目前出露面积最大的红层盆地,面积达 26 万 km²。西北(VI)的塔里木和准葛尔盆地也是中生代盆地,周边断断续续地出露白垩纪红层;也分布着较多的古近纪乃至新近纪红层。青藏高原(VII)有较多的白垩纪红层;高原面上广布古近纪和新近纪陆相沉积,但大多颜色灰黄或呈棕灰色。

根据本课题组近年来的研究,广东有大小红层盆地 108 个(图 2),红层面积达 2.83 万 km²,约占全省陆地面积的 16% (全省陆地面积 17.8 万 km²)。广东红层均发育在白垩纪及古近纪盆地中,主要受 NNE 向断裂控制,全部为陆相红色碎屑建造^[18]。

1.2 红层地貌研究

红层地貌是发育在红层上的侵蚀地貌。根据其形态特征,红层地貌被分为丹霞地貌、红层山地、红层丘陵、红层高原或台地等类型^①。

我国学者对红层地貌的研究已有相当长的历史,从 20 世纪初开始,冯景兰等^[19,20]、陈国达^[21,22]、曾昭璇^[23]、吴尚时等^[24,25]都对广东和华南红层及所发育的地貌进行了研究。之后,曾昭璇等^[4,26]曾对中国南方红层地貌的地理分布、岩石学特征、地貌发育和地貌特征作了系统总结。

但地貌学的传统方向和近年来的主要研究领域都对红层地貌缺乏关注。除了曾昭璇等在上世纪 70 年代末有几篇关于红层地貌的论著外^[4,27,28],近年来鲜有关于红层地貌的研究。笔者以“红层”和“红层地貌”为检索词,在“中国知网”跨库搜索 1980 年以来的所有论文,以“红层”检索的论文较多,但以工程地质、基础地质和地质灾害的论文为主;以“红层地貌”检索到的论文极少(表 1),其中在篇名检索中的结果是 0 篇;在关键词检索中的结果是 8 篇;在摘要检索中的结果是 10 篇;以“红层+地貌”的检索词除了在篇名中有 7 篇之外,其他两项数量相同。也就是说,近 30 年来,没有以红层地貌为标题的论文,仅有的几篇均属于“××红层+丹霞地貌”、“××红层+地貌景观”、“××红层岩溶+丹霞地貌”等,只有一篇“××红层+地貌类型”^[29],但在其中的红层地貌类型表述中,主要还是讲的丹霞。

表 1 在“中国知网”跨库搜索 1980 年以来涉及红层地貌的论文统计

Tah 1 Statistics of papers related to red beds landforms searched from different databases in CNKI

检索项 检索词	篇名	关键词	摘要	分析
红层	392	1059	1458	主要是工程地质、基础地质和环境地质论文
红层地貌	0	8	10	全部是关于红层与丹霞地貌、红层岩溶的论文
红层+地貌	7	8	10	全部是关于红层与丹霞地貌、红层岩溶的论文

检索时间: 2011 年 2 月 23 日。

综上所述,可见地质学不关注红层地貌,地貌学界也不关注红层地貌;有红层地貌的术语,但无红层地貌的研究;近年来红层地貌的研究大都是丹霞地貌。不过,有人认为,

① 彭华. 中国丹霞申报世界自然遗产总文本, 2009.

可以把丹霞地貌扩大到红层地貌，类似于喀斯特等同于可溶岩地貌，也是值得思考的建议。

1.3 丹霞地貌研究

在地貌分类系统中，丹霞被归入红层地貌（图 3），以显著的陡崖坡为特征。80 多年来，中国丹霞地貌的研究经历了初创（1928~1949）、成型（1950~1990）和发展（1991 年以来）三个阶段，已逐渐走向成熟。

在 1991 年之前，丹霞地貌研究以个别的、零散的具体问题研究为主。1991 年在广东丹霞山召开了第一届全国丹霞地貌旅游开发学术讨论会，并成立了“丹霞地貌旅游开发研究会”，标志着丹霞地貌研究进入全面、系统、有序的发展阶段。

这个阶段，丹霞地貌研究在黄进等人的推动下，逐步推向全国并走向深入；由具体问题研究走向典型案例和区域综合研究、系统理论构建和服务社会共同发展的道路。从 1991~2010 年，研究会已召开了 11 届全国性的学术研讨会，出版了 10 本论文集；收录会议论文和在其他各类学术刊物上发表论文 620 多篇；出版著作 14 部（含教材）；硕士学位论文 7 篇，博士学位论文 3 篇。发表的论文相当于研究会成立前 60 年总和（包括 1991 年共 72 篇）的 8.6 倍。研究内容涉及到基本理论（定义、分类、特征、沉积、构造、营力、发育机制）、研究方法（测年、岩石分析、应力分析、遥感、制图）、历史文化（丹霞地貌与宗教、崖刻、造像、古人类、岩墓、悬棺、古山寨的关系）、保护与利用（资源评价、规划、保护、开发）和科普教育等。2006 年，丹霞地貌作为一个独立类型第一次以专章的分量被写入国家“十五”规划教材《现代地貌学》^[30]。

但由于以往丹霞地貌的研究缺乏对外交流，国际上并不了解中国的状况^[31,32]。直到 2000 年，在国际地貌学家协会（IAG）南京专题会议上，彭华出版了中英文对照版的《中国丹霞地貌及其研究进展》并在大会上交流^[7,33]，才使得国际同行有了初步了解。2004 年 2 月，丹霞山以“丹霞地貌类”（Danxia Landform Type）成功申报世界地质公园，2006 年、2008 年，福建泰宁和江西龙虎山又先后以丹霞地貌类成功申报世界地质公园，“Danxia Landform”成为被国际地质科学联合会和联合国教科文组织接受的地貌类型，并在其官网上进行了介绍。

2006 年 12 月中国丹霞系列申报世界自然遗产的工作正式启动。经过近 4 年的努力，2010 年第 34 届世界遗产大会上，由六省六地组成的“中国丹霞”系列提名地被正式列入世界自然遗产名录。这不仅是几个点列入名录的问题，同时也让世界承认了在中国发展起来的一种地貌类型，并填补了世界遗产的类型空白。对于丹霞地貌的学科发展来说更大的收获是，在近 4 年的申遗历程中，有 30 多位国际地科联、国际地貌学家协会和国际自然保护联盟的专家考察中国丹霞，召开各种类型和规格的国际讨论会和论证会 20 多次。2009 年 5 月，在广东丹霞山召开了第一届丹霞地貌国际学术讨论会，发表了“丹霞宣

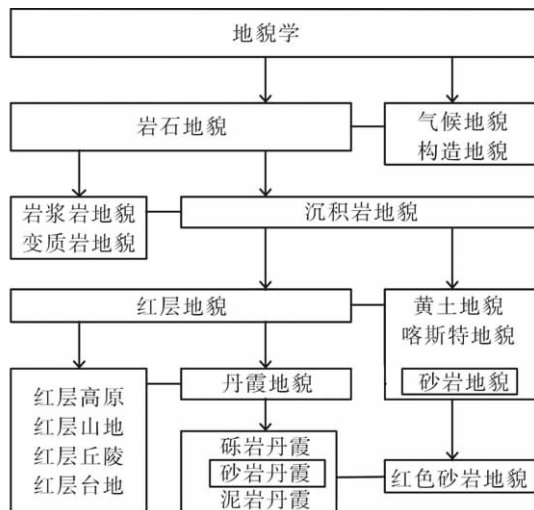


图 3 丹霞地貌的分类学位置

Fig. 3 Location of Danxia landform in taxonomy

言”。大会肯定了中国学者的贡献,呼吁对丹霞地貌的国际认同和开展国际对比研究,作为一个独立类型的丹霞地貌真正引起了国际学术界的关注^[34]。

1.4 国内红层区生态环境研究

到目前为止,虽然有文章涉及到红层区生态退化问题,但尚没有专门的研究。如表2,笔者利用“中国知网”检索了1980年以来的关于红层环境问题的论文,除了地质学界比较重视的环境地质、工程地质类的论文之外,关于红层区水土流失、生态退化和红层荒漠化的文章少之又少,甚至没有一篇涉及红层区生态退化的专门文章。

1980年代后期,应用地貌学逐步受到关注,尽管没有形成系统的学科,但相关研究却有长足发展,如与环境地貌学相关的灾害地貌研究、干旱荒漠化研究、喀斯特石漠化研究、土地退化和生态退化问题研究,关于荒漠化的论文也逐步增多。除了传统上重视干旱和半干旱区的荒漠化之外,已经有人关注南方湿润区的荒漠化问题^[35~41],而且提出了“红色荒漠”和“红色荒漠化”的概念^[37~41]。但其内容却是指的华南红土区或红色风化壳的土地退化问题,而不是红层荒漠。此外,国内丹霞地貌的发展强劲,也使得地貌学界更多关注了砂砾岩红层,忽略了泥质红层。

表2 在“中国知网”跨库搜索1980年以来涉及红层与环境的论文统计

Tab 2 Statistics of papers related to red beds and the enviroment searched from different databases in CNKI (China National Knowledge Infrastructure)

检索项 检索词	篇名	关键词	摘要	关键词关联分析
地质灾害	5301	16628	14471	有25篇关键词涉及“红层+地质灾害”,但仅内容涉及红层区的地质灾害问题,无专门研究
地貌灾害	71	857	2185	无关键词“红层+地貌灾害”论文
荒漠化	1961	6475	6087	没有“红层+荒漠化”论文
石漠化	911	2014	1552	没有“红层+石漠化”论文
红层工程	80	158	301	主要是红层软岩区工程地质问题的论文
红层+水土流失	0	2	11	论文中涉及红层区水土流失,但无专论
红层+土地退化	0	0	0	无
红层+荒漠化	0	0	1	有1篇内容涉及红层,但不是讲红层荒漠化

检索时间:2011年2月23日。

因为研究丹霞地貌发育机制的需要,近年来笔者的研究团队特别关注了红层软岩在丹霞地貌发育过程中的作用^[8,18,42]。同时也发现,在红层区,丹霞地貌只是其中比重很小的一种类型(广东的丹霞地貌占红层总面积1.27%),绝大部分是岩性较软的红层发育的缓丘和丹霞丘陵^[18]。这些地区也恰恰是地表侵蚀强烈,水土流失和生态退化严重的地区。总的来说,我国应用地貌学研究薄弱,地貌理论与工程实践结合不足^[43,44]。红层地貌的应用问题更是如此。

1.5 国际关于红层和丹霞的研究

近年来的相关研究发现,除南极洲外,在各大洲均有大量的红层分布。但国际上一般作为砂岩地貌(sandstone landforms)研究,Robert等做了卓有成效的工作^[45~47]。Robert等在Sandstone Landforms中,对世界各地的砂岩地貌(包括红色砂砾岩地貌)给予了比较全面的介绍^[45];在2009年版中,增加了对中国丹霞的介绍^[32]。2002年9月和

2005 年 5 月，在捷克和卢森堡曾先后召开了两届砂岩景观国际学术讨论会（international conference on sandstone landscapes），出版了论文集（Sandstone Landscapes, by Hartel Handrij et al, 2007），其中一部分属于红色砂砾岩地貌^[47]。但 Robert 仍然认为，从地貌学各分支学科的发展来看，国际上对于这类地貌的研究仍然十分薄弱；同时也认为中国等有很好的研究，但是由于在国际上的交流不足和缺少在国际刊物上发表文章，国际上知之甚少^[32]。

此外，这类地貌有时被称为“红层地貌”（Red Beds Landform）^[16]；也有称为“假喀斯特”（pseudo karst）或“石英喀斯特”（quartzose karst）^[48]；世界上许多红层地貌分布在干旱地区，又往往被作为干旱区地貌去研究^[49,50]。可见目前国际上红层地貌的分类和学科归属仍然比较混乱。

尽管国际上对红层和丹霞的研究比较薄弱，但学者们比较重视在具体研究方法和手段上的革新。近年来国际上在研究红层和砂岩地貌中比较重视野外观察与实验室分析相结合，尤其重视红层的初始破坏，即红层微观风化问题。如 Allan 利用定点照相法测量英国南部白垩纪砂岩陡崖的短期（1~30 个月）风化率^[51]。Andrew 等模拟干旱环境中的盐风化，测定砂岩碎片破碎速率、碎片的大小特征等^[49]；Rodriguez 等重视了盐风化和淋失对砂岩的破坏^[52]；Warke 等则通过实验室进行了盐分和湿气加入砂岩模拟风化速度^[53]。Kevin 等在实验室中通过干—湿化实验分析对砂岩风化的影响^[54]。Phillips 等重视观察野外软岩夹层的快速风化特点等等^[50]。在红层和砂岩地貌研究中较为广泛地采用了 X 射线衍射、能量色散分光法、化学分析法、电子扫描显微镜法、光谱分析法、感应耦合等离子质谱分析法和古地磁法等，分析岩石的细微风化和差异侵蚀现象^[55~58]。

第一届丹霞地貌国际学术讨论会之后，在 2009 年 7 月国际地貌学家协会第七届大会上（墨尔本），其理事会批准成立“IAG 丹霞地貌工作组（Danxia Geomorphology Working Group of IAG）”，关于丹霞地貌的全球调查和对比研究被提上了日程。工作组的科学目标是：讨论并确定适用于全球的红层和丹霞科学概念与定义；界定红层和丹霞地貌发育的必要条件，论证其发育机制；建立科学的红层和丹霞地貌分类系统；全面了解红层和丹霞的全球分布等等。

2 华南红层区地貌灾害与土地退化问题

2.1 红层岩体的破坏机理及威胁

笔者等近年来结合中国丹霞遗产地监测项目和国家自然科学基金项目，在丹霞山等地进行了大量的实地考察，建立了若干强风化红层和丹霞地貌演化监测点，主要是观察红层软岩的快速风化侵蚀及对上部岩体的影响。这些点有望在近期内固定下来作为长期科学观察点和科普旅游点。

研究发现，大部分红层由粉砂岩、泥质粉砂岩和粘土岩构成，在砂砾岩红层中也普遍存在这些软弱夹层，形成软硬互层的特点。泥质粉砂岩和粘土岩具有失水干裂，遇水崩解的特征，在砂砾岩中暴露的软岩往往成为快速风化的先锋层（照片 1~照片 3），对红层整体强度构成破坏。以粉砂岩和泥质岩为主的红层，则整体上构成强风化和强侵蚀区域（照片 4、照片 5）。随着城市建设、交通设施建设、采矿、乱砍滥伐等人为活动对红层区的影响日益加强，酸雨及污染的地表水和地下水对红层内部的溶蚀等，均可能使软弱红层在上覆压力和渗水压力作用下而泥化以及易溶物的溶蚀，往往形成上覆岩层位移的结构面，存

在着严重的边坡崩塌、滑坡和泥石流威胁；也是高强度的丹霞陡崖坡崩塌的前提因素。对红层区铁路、公路建设，对坡下的生产和居民区安全构成隐患。



照片 1 丹霞山混元洞软性泥岩夹层快速风化形成顺层洞穴(彭华摄影)



照片 2 丹霞山龙泉岩悬空的山体成为极易崩塌的高危岩体(彭华摄影)



照片 3 丹霞山晚秀岩软性泥岩夹层快速风化形成顺层洞穴(彭华摄影)



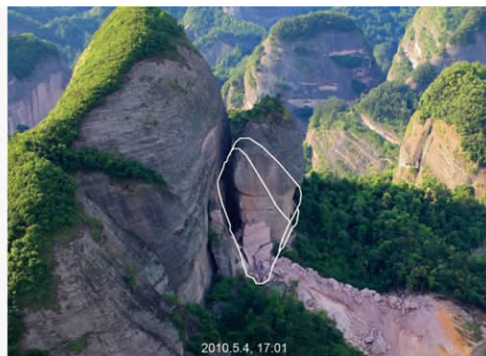
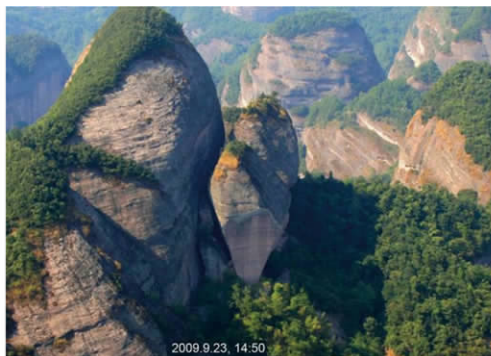
照片 4 323 国道扩宽工程仁化茨菇塘段新开的路堑，出露长坝组二段新鲜的泥质粉砂岩(2009.04.25, 彭华摄影)



照片 5 323 国道茨菇塘段泥质粉砂岩新鲜切面和石块，不到两个月已严重风化碎裂(2009.06.18, 彭华摄影)

2.2 红层区的地貌灾害与环境问题

(1) 红层区的地貌灾害问题。红层中砾岩和砂岩强度较高，往往形成以陡崖坡为特征的丹霞地貌，边坡较稳定。但几乎所有的粗碎屑岩中都有软岩夹层，它们的快速风化凹进常常导致上部的丹霞陡崖坡崩塌。这是丹霞地貌发展演化的一个主要规律，丹霞山在近年排查的有影响的崩塌事件达 19 处，2001 年的一次崩塌曾砸坏了半山的双池碧荷景点和房子。崑山雷劈石在 2009 年 11 月 2 日凌晨崩塌，崩塌体约 5 万 m^3 ，它曾经是崑山最著名的景点之一（照片 6～照片 8）。



照片 6 发生在湖南崑山丹霞地貌区的大型崩塌前后对比（左，崩塌前；右，崩塌后；彭华摄影）



照片 7 崩积堆局部 (彭华摄影)



照片 8 导致崩塌的软岩 (彭华摄于雷劈石旁悬崖基部)

红层中软硬互层和较软弱的泥质岩往往是红层滑层和滑坡的结构面, 沿着其中的软弱结构面发生滑坡、滑层、差异风化、蠕变等地质环境问题的危害较大; 不论是坚硬的砂砾岩崩积物还是较软弱的泥质岩风化物, 它们又为泥石流提供了物源。因此, 红层区也是滑坡 (滑层)、泥石流等地质灾害的高发区^[1,59,60]。

(2) 红层区的土地退化问题。红层砾岩和砂砾岩透水性强, 岩石中 SiO_2 、 F_2O_3 、 Al_2O_3 等成分偏高, 土层瘠薄, 一旦天然植被破坏, 坡顶土层很快流失并不可逆转, 这是丹霞地貌区的共同特征 (照片 9~照片 11)。而粉砂岩、泥质岩、含膏盐夹层的砂页岩等, 可溶盐成分较高, 地表与地下水化学溶蚀和动力侵蚀强烈; 表层易于风化碎裂, 雨季时坡面侵蚀强烈, 水土流失严重, 往往形成丘岗式劣地或“红色荒漠”。珠江流域的红层区很多地方是水土流失严重的区域, 生态严重退化, 形成红色荒漠 (照片 12)。因此, 红层区的生态环境问题十分突出。



照片 9 南雄孔江水库的砂砾岩红层裸岩山脊 (彭华摄影)



照片 10 河源盆地丹霞丘陵区植被破坏后大多成为裸岩区 (吴志才摄影)



照片 11 东莞小虎山砾岩红层构成裸露山丘 (吴志才摄影)



照片 12 南雄恐龙自然保护区里的红层荒漠 (彭华摄影)

(3) 红层地区水资源和水环境问题。红层以砂砾岩为主, 一般情况下, 海拔较高的红层台地、高原、山地和丘陵区的地表水和地下水均比较缺乏, 红层丘陵地区农村人畜饮水困难。红层地区地下水的调查与利用问题, 成为红层区关系到生产和民生问题的大事。因此, 红层地区水资源开发利用及所产生的生态环境影响调查与评价, 红层丘陵区水资源区划, 红层区找水和水安全问题, 红层区水资源调查与评价技术和信息系统建设, 是地理学必须关注的问题。

3 重视红层问题研究的建议

3.1 红层及红层地貌研究中存在的问题

在红层地貌及地表环境诸因子演变问题的研究中,红层研究主要在地质学界,但地质学注重研究地下的物质与构造,重视了红层区的工程地质问题,对红层地貌、红层水土流失和生态退化等问题缺少关注。地理学界更多地关注地貌与生态等地表过程和现象,对岩石和构造多采取拿来主义而不深究其机理;对喀斯特石漠化、干旱区沙漠化、人类影响关注较多,但对红层问题的专门研究很少,相关研究主要集中在地貌学领域;而地貌学的传统方向是注重地貌过程和地貌表现,近年来集中关注了丹霞地貌,对不同岩性的红层地貌的发育机理、红层区生态环境和土地退化问题缺少关注。生物与生态学注重地上的生命过程与生态演变,环境学更多关注人为污染问题等等。总体上来说,缺少以系统的思想方法对红层与地貌发育—自然灾害—水土流失—生态退化—综合地理环境—生产和生活之间相互关系的研究以及综合影响研究。在解决国土安全和生态安全的问题上,整合力不足,对实践的指导性和操作性也不足。

因此,从揭示地貌演化过程的科学本质,探索红层区土地退化的发生机理的需要来看,目前的研究还存在许多不足,一些重大科学问题概括如下。

(1) 红层地貌发育与岩石特性、地质构造的关系,尤其是不同岩性的红层的理化性质对地貌发育的影响,新构造运动对红层盆地地貌发育进程的影响问题,是红层地貌演化的基础问题。

(2) 红层地貌发育的外动力作用机理,不同类型的红层在不同外动力作用下的地貌表现及自然演化过程,是红层地貌发育动力机制的核心问题;也是红层区土地退化与红层破坏机理的关键问题。

(3) 关于红层、地貌、土地、资源、生态环境和人类利用之间的系统关联研究,即红层区各自然和人文要素之间的科学关联,是地球表层系统的综合科学问题。

(4) 人类影响在不同类型的红层上会引发什么样的作用,其破坏机理和自然反馈过程如何,人类影响的形式和量如何引起土地发生质变等,是寻求红层荒漠治理、生态修复和环境培育的前提。

3.2 红层问题的解决途径建议

聚焦危急区和脆弱区,重视多学科和多空间尺度的整合,在独特的区域展开对独特问题的综合地理研究^[61];特别关注土地利用或生态系统变化过程等^[62],是地理学当下研究的重点和能够发挥长项的领域。红层地貌区就属于这类特殊的脆弱区。

自然过程是一种多因子的综合作用过程,许多问题都是互为因果的系统问题。因此,以系统科学的视角,发挥地理科学的综合性学科优势,采用多学科协作的形式,开展红层地区的综合性研究,显得迫切而必要。因此,笔者提出如下建议:

(1) 重视红层问题的综合研究。笔者认为这是地理学理论建设与应用实践的创新要求。目前地理学界对红层和丹霞的研究主要在地貌表现、风景资源、旅游开发等方面,而对于红层的特性与外动力作用机理、红层地区的自然灾害发生机制、红层地区生态退化和环境演变的自然规律等基础理论研究十分薄弱。而这恰恰是地理学在现阶段的一个重要生长点,将可能是形成新突破的重要领域。从综合地理学的研究优势出发,应该能够兼顾地下、地表和地上的综合过程,揭示地表上下这个地球表层系统的科学规律,为地理学开辟

新的发展天地。

我国是世界上红层分布最广的国家之一，红层出露面积占国土总面积的近 9%。红层的物质特点与地貌发育、国土治理、自然灾害、水资源、土壤和生态、生产和生活、综合地理环境等之间相互关系的问题都是关系到国计民生的大问题。而从工程地貌、国土治理、生态安全和景观环境保育这些涉及国计民生的现实问题出发，地理学也有着得天独厚的综合研究优势，能够为国家的建设和发展发挥更大的作用。

(2) 以系统动力学的思想方法，重视多学科交叉研究。红层地貌发育和荒漠化过程，实质上是在特定地质构造和岩石基础上，各种外动力共同作用以及人工干扰的综合作用机制。红层荒漠的形成虽然与人为影响关系密切，但其机理仍然是岩石地貌发育的自然演变问题。红层荒漠化虽然是生态退化问题，但其机理却不同于干旱与半干旱区的荒漠化，也不同于喀斯特地区的石漠化，而是红层本身的特性所决定的。因此，弄清楚红层荒漠化的机理和控制原理，必须首先从地貌的自然演化规律入手。人为因素可能造成负面影响，也能形成正面影响，关键是要尊重红层地貌演化的自然规律，因势利导，推动红层地区生态环境和土地利用向着良性发展。系统动力学思想方法，就是在多学科深入研究单因子作用过程的同时关注因子关联，进行系统分析，建立红层地貌坡面侵蚀过程和红层荒漠化发生及演化的机理。在此基础上，寻求红层地貌区土地治理中最大限度地约束负面影响，扩大正面影响，寻求生态环境控制和优化的对策。其研究思路可表述如图 4。

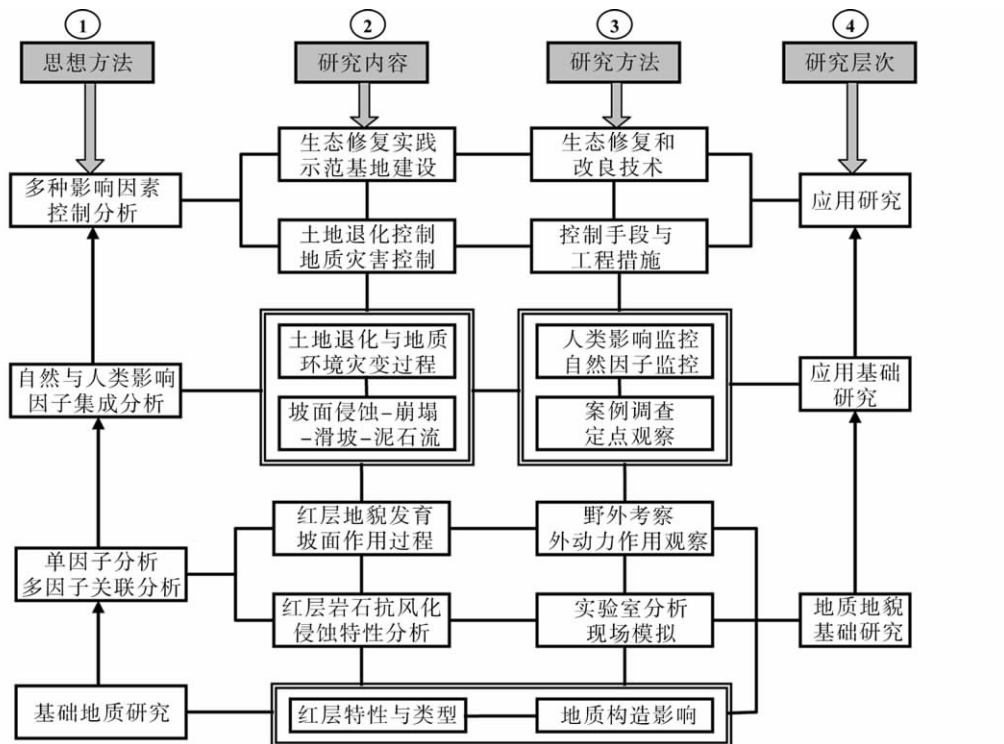


图 4 红层地貌及环境问题研究思路

Fig 4 Trains of thought in doing research on the red beds landform and environmental problems

(3) 当前红层地貌及相关研究的重点问题

①不同的红层抗风化能力对地貌发育及水土流失的影响。不同岩性和不同含水状态的红层抗风化能力差别巨大;因此,在对不同岩性的红层进行岩石学、矿物学、地球化学分析的基础上,对自然条件下各类暴露红层风化过程的定点观察和仪器测定,特别对软性岩石在自然状态下风化过程的比较研究,将是揭示红层地貌演化及红层水土流失的一项基础工作。

②流水对红层的侵蚀作用及地貌表现。通过不同类型的红层中可溶性物质含量及水溶前后的强度变化测定,分析不同水动力条件下不同岩性红层的地貌表现;同时,可通过封闭小流域多级观察点的系列综合测定,结合流水侵蚀实验分析,弄清各类红层在不同水动力状态下的侵蚀速率和侵蚀量,建立小流域侵蚀模型等,也是进行红层地区坡面侵蚀和水土流失研究的重要途径。

③红层坡面重力作用机制及地貌表现。结合实验室岩性分析、先锋层风化与侵蚀状态分析,对代表地段的岩石应力变化和重力作用进行定点观察和仪器监测,了解红层块体运动发生的过程和影响崩塌的各种因素,从而分析坡面侵蚀和崩塌灾害的发生机理。

④红层地貌发育过程及水土流失的系统动力机制研究。通过上述单因子作用方式研究,分析常规外动力作用的关联性和消长机制,进行外动力作用系统研究,分析外动力综合作用的机制,进行红层特性—地表侵蚀—地貌发育—生态演化等外动力系统集成研究,分析红层地貌侵蚀—红层荒漠化—生态退化的一般动力机制和控制原理。

⑤建立红层侵蚀与荒漠化评价模型。通过人类影响与红层地貌自然过程相互关系的分析,建立红层侵蚀与荒漠化评价系统,探讨不同红层地貌区开发利用的合理途径与模式,指导红层区域的生产实践和生态修复。

⑥建设和培育若干典型区域红层地貌综合研究定点监测和研究基地,并进而探讨红层区生态环境治理、国土资源保育和生态修复的途径与方法等问题,协助研究区域培育红层生态环境综合治理示范工程,探讨红层地区生态环境与社会经济可持续发展模式。

参考文献:

- [1] 郭永春,谢强,文江泉. 我国红层分布特征及主要工程地质问题. 水文地质工程地质, 2007, 15(6): 67~71.
- [2] 杨勤业,张伯平,郑度. 关于黄土高原空间范围的讨论. 自然资源学报, 1988, 3(1): 9~15.
- [3] 李大通,罗雁. 中国碳酸盐岩分布面积测量. 中国岩溶, 1983, 2(2): 147~150.
- [4] 曾昭璇,黄少敏. 红层地貌与花岗岩地貌. 见:中国自然地理编委会. 中国自然地理·地貌. 北京:科学出版社, 1980. 139~150.
- [5] 程强,寇小兵,黄绍楦,等. 中国红层的分布及地质环境特征. 工程地质学报, 2004, 12(1): 34~40.
- [6] Sweet I P, Brakel A T, Carson L. The Kombolgie Subgroup: A new look at an old 'formation'. AGSO Research Newsletter, 1999, 30: 26~28.
- [7] 彭华. 中国丹霞地貌及其研究进展. 广州:中山大学出版社, 2000. 1~65.
- [8] 彭华,吴志才. 关于红层特点及分布规律的初步探讨. 中山大学学报:自然科学版, 2003, 42(5): 109~113.
- [9] 罗成德. 四川盆地丹霞地貌旅游资源. 经济地理, 1996, 16(S1): 170~176.
- [10] 彭华. 中国丹霞地貌研究进展. 地理科学, 2000, 20(3): 203~211.
- [11] 吴起俊. 丹霞盆地的基本地质特征. 经济地理, 1994, 14(S1): 1~21.
- [12] 朱诚,彭华,李中轩,等. 浙江江郎山丹霞地貌发育的年代与成因. 地理学报, 2009, 64(1): 21~32.
- [13] 朱诚,彭华,欧阳杰,等. 浙江方岩丹霞地貌发育年代、成因与特色研究. 地理科学, 2009, 29(2): 229~237.
- [14] 吕文,朱诚,彭华,俞锦标,等. 浙江江山市江郎山岩石岩性特征及其对丹霞地貌形成的影响. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28(4): 349~355.
- [15] 肖自新,邹文发,周良才. 崑山红层含钙特征及其对丹霞地貌的影响. 经济地理, 1998, 18(S1): 120~123.

- [16] Turner P. Continental Red Beds. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1980. 1~379.
- [17] 陈兴海. 四川红层成分分析及成因解释. 四川建筑, 2009, 29(S1): 157~158.
- [18] 吴志才, 彭华. 广东红层形成及其发育规律研究. 热带地理, 2006, 26(3): 207~210.
- [19] 冯景兰, 朱翔声. 广东曲江仁化始兴南雄地质矿产. 两广地质调查所年报, 1928, (1): 38~42.
- [20] 冯景兰. 关于“中国东南部红色岩层之划分”的意见. 地质论评, 1939, (IV): 173~184.
- [21] 陈国达. 广东之红色岩系. 国立中山大学理学季刊, 1935, 6(4): 1~30.
- [22] Kuota C. On the subdivisions of the red beds of south-eastern China. Bulletin of the Geological Society of China, 1938, (18): 315~316.
- [23] 曾昭璇. 仁化南部厚层红色砂岩区域地形之初步探讨. 国立中山大学地理集刊, 1943, (12): 19~24.
- [24] 吴尚时, 曾昭璇. 粤北之红层(The Red Beds in north Kwangtung). 岭南学报专号, 1946: 12~20.
- [25] 吴尚时, 曾昭璇. 粤北红色岩系之地质与地形. 地学集刊, 1948, (6): 13~45.
- [26] 曾昭璇. 岩石地形学. 北京:地质出版社, 1960. 45~57.
- [27] 曾昭璇, 黄少敏. 中国东南部红层地貌. 华南师范大学学报:自然科学版, 1978, (1): 56~73.
- [28] 曾昭璇, 黄少敏. 中国东南部红层地貌(续). 华南师范大学学报:自然科学版, 1978, (2): 40~54.
- [29] 李廷勇, 王建力. 中国的红层及发育的地貌类型. 四川师范大学学报:自然科学版, 2002, 25(4): 427~431.
- [30] 高抒, 张捷. 现代地貌学. 北京:高等教育出版社, 2006. 120~141.
- [31] 彭华. 关于建设丹霞地貌研究基地的思考. 经济地理, 2007, 27(S1): 1~9.
- [32] Robert Y, Robert W, Ann Y. Sandstone Landform. London:Cambridge University Press, 2009. 6~330.
- [33] Hua P. Danxia geomorphology of China: A review. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(S1): 38~44.
- [34] 彭华, 张莉. 首届丹霞地貌国际学术讨论会成功举办. 科学通报, 2009, 54(12): 1798.
- [35] 李斌, 罗德富. 我国南方山地和丘陵的荒漠化问题. 中国沙漠, 1988, 8(4): 1~10.
- [36] 吴 薇. 中国南方山地的土地荒漠化初探. 中国沙漠, 1989, 9(3): 36~43.
- [37] 朱震达. 土地荒漠化问题研究现状与展望. 地理研究, 1994, 13(1): 104~112.
- [38] 朱震达, 崔书红. 中国南方的土地荒漠化问题. 中国沙漠, 1996, 16(4): 331~337.
- [39] 崔书红. 云南元谋干热河谷土地退化及其防治对策. 地理研究, 1995, 14, (1): 66~71.
- [40] 崔书红. 湿润地区的荒漠化. 第四纪研究, 1998, 18(2): 173~181.
- [41] 田亚平, 彭补拙, 谢庭生. 红色荒漠化刍议. 长江流域资源与环境, 2001, 10(4): 380~384.
- [42] Cheng Z, Hua P, Jie O, *et al.* Rock resistance and the development of horizontal grooves on Danxia slopes. Geomorphology, 2010, 123(1): 84~96.
- [43] 胡世雄, 王珂. 现代地貌学的发展与思考. 地学前缘, 2000, 7(S2): 67~78.
- [44] 许炯心, 等. 中国地貌与第四纪研究的近今进展与未来展望. 地理学报, 2009, 64(11): 1375~1393.
- [45] Robert Y, Ann Y. Sandstone Landform. Berlin & Heidelberg: Springer-Verlag, 1992. 1~122.
- [46] Turkington A V, Paradise T R. Sandstone weathering: A century of research and innovation. Geomorphology, 2005, 67(1), 229~253.
- [47] Handrij H, Václav C, Andrew J, *et al.* Sandstone Landscapes. Praha: Nakladatelství Academia, 2007. 12~125.
- [48] Robert W A L. A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones. Earth-Science Reviews, 1997, 42(3): 137~160.
- [49] Andrew S G, Heather A V. The nature and pattern of debris liberation by salt weathering: A laboratory study. Earth Surface Processes and Landforms, 1995, 20(5): 437~449.
- [50] Phillips J D, Luckow K, Marion D A, *et al.* Rock fragment distributions and regolith evolution in the Ouachita Mountains, Arkansas, USA. Earth Surface Processes and Landforms, 2005, 30(4): 429~442.
- [51] Allan P. The weathering rates of some sandstone cliffs central Weald, England. Earth Surface Processes and Landforms, 1991, 16(1): 83~91.
- [52] Rodriguez-Navarro C, Doehne E. Salt weathering: Influence of evaporation rate, super saturation and crystallization pattern. Earth Surface Processes and Landforms, 1999, 24(3): 191~209.
- [53] Warke P A, McKinley J, Smith B J. Variable weathering response in sandstone: Factors controlling decay sequences. Earth Surface Processes and Landforms, 2006, 31(6): 715~735.
- [54] Kevin H, Alida H. Weathering by wetting and drying: Some experimental results. Earth Surface Processes and

- Landforms, 1996, 21(4): 365~376.
- [55] McGreevy J P. A preliminary scanning electron microscope study of honeycomb weathering of sandstone in a coastal environment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1985, 10(5): 509~518.
- [56] Dennis I N, Ralph R S. Conical sandstone landforms cored with elastic pipes in Glen Canyon National Recreation Area, southeastern Utah. *Geomorphology*, 2001, 39(1): 99~110.
- [57] Heather A V, Andrew S G. Biofilms and case hardening on sandstones from Al-Quwayra, Jordan. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2004, 29(12): 1473~1485.
- [58] Xiaodong T, Kenneth P K, Stuart G, *et al.* Rock magnetic evidence for inclination shallowing in the Passaic Formation red beds from the Newark basin and a systematic bias of the Late Triassic apparent polar wander path for North America. *Earth and Planetary Science Letters*, 2007, 254(3): 345~357.
- [59] 徐弘. 川西红层泥石流流域产沙评价模型研究. *西南交通大学学报*, 1995, 30(6): 620~626.
- [60] 吴海平, 郑明新, 李平棕. 赣南红层滑坡分布规律的映射分析. *华东交通大学学报*, 2007, 24(2): 9~12.
- [61] 蔡运龙, 陆大道, 周一星, 等. 地理科学的中国进展与国际趋势. *地理学报*, 2004, 59(6): 803~810.
- [62] 蔡运龙, 陆大道, 周一星, 等. 中国地理科学的国家需求与发展战略. *地理学报*, 2004, 59(6): 811~819.

Perspectives on the red beds landforms in humid area of southern China and some related problems

Peng Hua

(Geography and Planning School of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Although red beds are a widespread landscape in China, geosciences academia fail to pay much attention to it, and a lack of collaboration among related fields results in a trend that different disciplines have different interpretations of the same issue; specifically, much concern on red beds, the fragile geographical unit, is highly needed with regard to land degradation and environmental problems. Humid area in southern China is one of the places where red beds are densely distributed. However, most of red beds areas are suffering from serious geomorphological catastrophes and soil-water erosion; even worse, many places are witnessing huge patches of 'red beds desert'. Even if we might admit that irrational land use contributes to the land degradation in red beds, there is no doubt that land degradation is a natural result of rock landscape evolution. This paper first indicates that natural evolution serves as a process of multi-factors' effect, which can be regarded as a system of mutual causality. Also, this paper analyzes the current researches on slope erosion mechanism of red beds landforms and areas, and raises scientific problems in red beds researches are facing with. Furthermore, this paper claims that a new interdisciplinary thinking of System Dynamics should be introduced to conduct a comprehensive research on the interrelation between red beds and landform development, natural catastrophes, soil erosion, environment degradation, overall geographic environment as well as production-living. Finally, this paper will hopefully find a way to promote land management and environment optimization.

Key words: humid area; red beds; red beds landforms; ecological environment; land degeneration