

文章编号: 1009-6248(2008)03-0112-12

青藏高原生态环境地质调查 与填图技术方法研究

杨站君¹, 张森琦¹, 李邦民¹, 王永贵¹, 安勇², 石维栋¹, 辛元红¹

(1. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012; 2. 青海省地质环境监测总站, 青海 西宁 810008)

摘要: 阐述了生态环境地质调查与填图的指导思想及主要内容后, 提出了适宜于青藏高原牧业环境下的生态环境地质“自然综合体多属性叠加填图法”的新方法。即针对生态环境地质条件复杂区的调查要素, 摒弃了以往单一方法, 有机地协调气候、土壤、植被、景观与众多的地学要素, 避免了不同学科对同一生态环境地质现象单打一的调查现象。具有一定的推广和应用前景。

关键词: 青藏高原; 生态环境地质; 填图; 自然综合体多属性叠加填图法

中图分类号: X141 **文献标识码:** A

生态环境地质学是研究生态地质环境系统的组成和结构、历史演变、现状及其运动变化与未来发展趋势, 研究在自然和人为因素双重作用下引起地质环境和生态环境变异以及生态环境与地质环境彼此间相互作用、相互影响、相互刺激、相互反馈所产生的生态环境地质问题与效应的人为因素与地球动力作用、地球化学作用和其他现代地质作用的机制、模式, 进而寻求正确解决生态环境地质问题, 确保人类社会与生态地质环境之间协调演化、可持续发展的具体途径的科学。作为理论与方法的生态环境地质学主要是研究具客观实体性质的生态地质环境与生态环境地质问题的学科, 重点是生态环境地质问题, 目的是寻求受损生态地质环境系统的恢复、保护和治理对策, 求得人与自然和谐相处和可持续发展(张森琦等, 2007)。

尽管“生态环境地质学”已孕育了较长的过程, 但过去地质学家在有关生态环境地质调查与填图方法方面所做的工作却是有限的。生态环境地质调查

与填图需要大量的野外调查实践, 然而没有一定的理论、方法指导, 这些实践或许是杂乱无章的。同时, 能否将生态环境地质学发展成为一门成熟的理论与方法体系, 并不断应用于生产实践, 尚有待大批掌握正确方法论的学者来完成。

通过中国地质调查局“黄河源区1:250000生态环境地质调查”和“长江源区1:250000生态环境地质调查”项目多年的野外实地调查与填图实践, 在地球系统科学的指导下, 受景观学“自然综合体”概念的启示(伊萨钦科, 1987; 黄秉维等, 1999), 最终实现了适宜于青藏高原牧业环境下的生态环境地质调查与填图技术方法体系的创新, 逐步形成和完善了“自然综合体多属性叠加填图法”。该方法主要是针对繁杂的调查要素, 摒弃以往单一方法, 有机地协调气候、植被、土壤、景观与众多的地学要素而产生的, 同时也避免了不同学科对同一生态环境地质现象单打一的调查现象。实践证明, 该方法在指导青藏高原牧业环境下的1:250000生态

收稿日期: 2008-05-09; 修回日期: 2008-07-03

基金项目: 中国地质调查局大调查项目(编号: 19991230004121、1212010540107)

作者简介: 杨站君(1963-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 长期从事水工环地质及矿产地质的工作与管理。通讯地址: 邮编: 810008, 青海省西宁市南川西路107号, 青海省地质调查院。电话: 0971-4394049; E-mail: qhsddyswd@126.com。

环境地质调查时是有效的、成功的, 且具有一定的推广和应用前景。

1 生态环境地质调查与填图方法创新的指导思想

(1) 在调查思路, 以地球系统科学为指南, 重点调查“三大驱动力”与“三大环境响应”。认识到青藏高原晚更新世以来生态环境地质演变、现状形成是在构造、气候及人为因素的“三大驱动”作用下, 相应有水环境(陆地水系统)、土地资源(土地系统)和生态环境(水、土、生态环境)等的变化、变异或恶化的“三大响应”。据此, 进一步分解了生态地质环境组成要素, 对现代动力地质作用类型和生态环境地质问题进行了合理划分。

(2) 在调查认识论上, 采用“以生态的观点认识地质环境, 以地质的观点认识生态系统和生态环境地质问题”的观点, 认识和揭示生态地质环境客体。

(3) 以实地调查为基础, 先进的技术方法为支持, 全面提高调查与填图的技术水平, 充分应用以地理信息系统(GIS)为核心的“3S”技术、先进的测试手段和仪器设备, 逐步向数字填图迈进, 使调查手段走向多样化和综合化, 为成果数据库建设、数字化表述以及古生态环境地质演化模型、现状评价模型和预测模型建立奠定扎实的基础。

(4) 以可持续发展为理念, 提出治理措施, 使人地关系逐步走向协调为目的。

2 生态地质环境调查与填图的主要内容

2.1 生态地质环境的组成要素、功能与主要调查内容

生态地质环境组成要素是指构成人类环境的各个独立、具有一定属性的基本物质组成实体, 包括自然环境要素和社会环境要素。自然环境要素包括生态环境要素、地质环境要素和两者交叉共有的部分环境要素(表1)。

生态地质环境各个独立组成要素空间上的配置

和各种联系与关系总和称生态地质环境的结构。它是描述生态地质环境结构有序性和基本格局的宏观概念。生态地质环境各要素之间的关系可以是数量关系(数量结构)、空间关系(空间结构), 也可以是时间关系(时间结构), 但更重要的是彼此间的相互制约关系(关士续等, 1995)。

生态地质环境各组成要素具不同的功能。在此, “功能”是指各组成要素在生态地质环境中表现出来的特征和能力, 也是各要素的一种属性和对生态地质环境系统的效应与贡献。功能以生态地质环境结构为载体, 在系统各要素的耦合中表现出来, 并通过物质流动、能量流动、信息流动和价值流动来实现。对各要素功能的理解是生态环境地质调查、研究, 寻求生态环境地质问题产生的重要基础。在此仅将部分要素的功能列于表2中做进一步说明。

2.2 生态环境地质调查重点

2.2.1 生态地质环境演变调查

调查晚近地质时期生态地质环境演变规律, 特别是全新世以及最近3 000~2 000 a 以来的生态地质环境演变历程, 是对未来生态地质环境变化趋势预测的基础和重要依据。回溯重建生态地质环境演变的主要目的是为了预测未来, 解析区域生态地质环境变化的自然及人为原因。要突出反映生态环境地质调查对象的动态性要素调查(韩再生, 2003)。为此, 在调查中着力对赋存于第四纪沉积物中的孢粉、古动植物化石、古地理环境、古气候环境等古生态地质环境演变信息进行提取, 进而在生态地质环境现状调查的基础上建立演化模型和预测模型。

2.2.2 水环境调查

调查对象包括地表水、地下水、沼泽湿地等。在传统水文地质调查的基础上, 特别注意对具时效性的动态变化要素调查。通过调查不仅要反映出水环境要素循环运动与存在的物理、化学状况, 而且对其储存数量、质量、动态、水岩作用等做出科学的评价和预测。

地下水位下降、泉口及泄出带下移、湖泊萎缩及干涸、河流断流等表征生态用水减少、生态水位线下降, 不仅会引起生态环境恶化与草地退化和生物多样性减少, 还意味着区域水资源的减少, 是水环境调查中的重中之重。

表1 生态地质环境主要组成要素简表

Tab.1 Major factors of eco-geology environment

主要组成		主要组成要素
生	生物环境及生物资源	
	植物	组成成分、多度、密度、频度、盖度、高度、立体结构、植被覆盖面积、覆盖率与空间分布、植物的经度、纬度与垂直地带性; 植物的种群与群落生态学特征; 草场类型、退化程度及其主导因子; 生物生产能力、营养成分、适口性、质量与产量、载畜量等植物资源参数; 植被的演化、现状与未来发展趋势等
	动物	动物的种类、分布、数量; 啮齿类动物的有效洞穴分布与密度、黑土滩的分布与规模; 虫害的分布、密度、活动周期与发作时间; 家养动物的组成、数量及蹄蚀程度等; 动物资源的类型、分布、生消规律、利用情况等
	微生物	主要是水环境中大肠杆菌等细菌类的数量及空间分布
环	气候环境及气候资源	气温、积温、日照时数、太阳年均辐射总量、风向、风力、风频、降水量、蒸发量、湿度、雪、霜期、气压等气象要素及气候资源特征; 飓风、暴雨、霜冻、雷电等异常气候灾害; 气候区划、气候变动与重大气候问题、气候变化与重大气候问题对植被、水环境、荒漠化、河湖干涸、水循环失调的影响; 气候的历史演变、现状与未来发展趋势等
	人口与民族	人口数量、密度、自然增长率; 从业人口结构及比例、城乡人口比例; 人口素质和民族组成等
	人类社会及经济环境	国民经济总产值、工农牧业等产业结构、产量及收入; 交通通信、商业外贸状况及收入; 科技、教育、文化发达程度; 居民收入与消费等社会发展及人民生活状况
	人类作用	人为剥蚀、搬运、堆积、塑造地形等现代人为地质作用; 人为形成的现代应力场、化学场、热场等的空间分布及规模; 采矿活动对地貌、土壤(土地)、植被、水文、水流系统、景观美学等自然综合体的改变与破坏; 采矿活动引起的塌陷、地裂、荒漠化、河湖淤积、大气、水环境污染; 人类活动引起下垫面变化、排污引起大气污染进而引起的气候变化; 不合理垦殖、过牧、砍伐、采挖药材等对土地(土壤)、生物资源不合理利用引起的荒漠化; 人口增长、城市化、工业化等引起的土地面积减少与污染; 水利工程过量引用地表水导致地下水资源枯竭与区域地下水水位下降、不当的水利工程对区域水均衡的干扰
生态地质环境的共有交叉要素	土壤环境及土地资源	
	土壤	土壤发生的层位关系及物质组成、土壤的形态特征(颜色、质地、结构、湿度、坚实度等)、土壤矿物成分、微量元素含量及富集程度、土壤的成土母质; 土壤类型、分布、纬度、经度及高程地带性规律; 气候、植被演化对土壤的影响、气候、土壤与植被群落间的关系; 区域地质环境、成土作用与土壤发育、土壤形成发展与新构造运动; 土壤侵蚀、污染、沙化、盐渍化、土壤性质恶化、洪涝、土溜、崩滑流等地质灾害引起的土壤退化及其分布、程度与危害
	土地资源	草地、草山草坡地、林地、城镇、工矿、交通用地、河流、湖泊、沼泽、沙质荒漠、戈壁、沙漠化土地、裸岩、寒漠等土地利用类型/土地覆盖状况、面积、质量等级; 土地地貌、温度、湿度、利用程度指标及土地地域组合分区; 土地环境问题(草场退化、荒漠化、土壤污染等)的类型、自然及人为原因; 急剧变化型、快速变化型、慢速变化型、缓慢变化型土地覆盖的种类、变化幅度、自然及人为原因
水	河流	流域区划、流量、流速、径流量、动态径流模数、径流深度、水温、含沙量、水化学及水物理特征、河流长度、落差、水文网密度、流域面积、断流时间及周期等水文参数; 地表水资源量及时空分布; 水系演化、河流侵蚀、淤积等河流地质作用
	湖泊	湖泊的形态(形状、长度、深度、面积、容水量等)、成因类型、水化学类型、入、出湖水量、湖面蒸发量、年水位变幅、动态水资源量、湖水物理化学性质、湖泊萎缩情况、湖泊生物组成及生物多样性与生物资源量; 湖泊的历史演化、现状与未来发展趋势
	地下水	区域地下水水流系统、地下水类型及分区、富水性及分区、地下水埋藏特征、地下水径流模数、地下水特征点、含水层系统、含水层富水性及水文地质特征、水质及水资源量; 热(矿)泉水资源; 区域水循环、水均衡、地下水资源构成要素及特征; 区域地下水水位下降、水资源枯竭、水质恶化以及区域水资源开发利用、区域水均衡状态变化引起的生态环境恶化、环境水文地质问题等的表现形式及发展趋势
地质环境	地貌	地区最低、最高及平均海拔高度; 地貌的成因及形态类型; 地貌形成及发展的内、外动力地质作用、地貌的物质组成、地貌的大地构造分带性、气候分带性及地貌分区; 地貌主要成因类型(构造地貌、冰川冰缘、岩溶、风成、重力、地面滞水、生物地貌)及主要形态类型(山地、平原、丘陵、盆地等)的空间分布、海拔高度、起伏高度、形态特征、规模、组成物质、分布规律、组合特征、形成的相对时代及地貌世代叠加关系、变迁及破坏程度; 各种成因类型微地貌及动力地质作用; 沙漠、冰楔、多边形土、冻胀丘、喀斯特、风化壳、角砾状岩屑坡、风蚀洼地、风蚀凹槽、风蚀残丘、古风积沙翻新等气候地貌; 湖成阶地及湖岸环形堤、湖泊、沼泽湿地退缩或推进、土壤侵蚀的面坡、细沟、目前正处于发展之中的活动沙丘、沙地、多年冻土退缩、泉口下移、河流袭夺、植被退化、干盐湖、荒漠化等生态环境地质变化形成的微地貌

续表1

主要组成	主要组成要素
第四纪地层	第四纪沉积物种类、物质成分、厚度、结构构造、接触关系、成因类型、形成时代、分布范围; 第四纪地层的地层单元、不同地区地层充填序列、岩石地层单位、生物地层单位、年代地层单位、成因地层单位、地貌地层单位、磁性地层单位及其对应关系与区域第四纪地层序列; 第四纪地层的构造变形、沉积作用、地貌特征及其中的矿产资源; 古风化壳、古土壤、古文化层、古冰楔、古沙楔、孢子花粉、动植物化石、化学沉积、湖相胶泥、冰碛层、埋藏冰、特殊矿物成分等古生态环境地质信息载体及其定时、定位、定性、定量等多元信息
新构造运动	活动断裂、地震、地貌及沉积物等新构造运动直接或间接标志、地质表现、分布、规模、要素; 新构造运动类型(垂直升降运动及水平运动)、新构造运动的强度、活动特点、发育及变化规律; 新构造(隆起构造、拗陷构造、断块构造、挤压构造、活动断裂等)的空间分布、类型、运动学、动力学、几何学标志及特征; 区域新构造分区、新构造现今活动特点、运动速率及幅度; 反映高原隆升构造地貌方面的夷平面、高原面、河流阶地、湖岸阶地及湖岸环形沙砾提、洪积扇叠套关系、岩溶洞穴化学沉积、河流裂点、断块山地、断层三角面、断层崖、深切峡谷、山脊错断、水系同步拐弯、第四纪断陷盆地、第四纪地层沉积速率、厚度变化及其中的断层、褶皱; 现代地球物理及动力地质作用方面的大地热流值、地壳静压力强度偏差值、地壳应变能量、地震及震源机制解、水平加速度、航磁、重力、大地电磁场特征; 高原隆升地质特征方面的地壳结构、深大断裂、现代地壳层圈构造界面性质及特征; 高原地壳加厚的方式与机制、地壳增厚的动力来源、物质来源、岩石隆升、地表隆升(夷平面、阶地)山地表面抬升速率与剥蚀速率
环境地质及地质灾害	岩土体工程地质类型、结构及分区; 地震、活动断裂及区域地壳稳定性及分区; 环境水文地质特征; 崩塌、滑坡、泥石流、岸坡坍塌、冻融作用引起的各种地质灾害、水土流失、土地沙化、盐渍化、河湖淤积、区域地下水下降、地下水污染、矿山与工程灾害、地方病等区域环境地质问题及地质灾害的空间分布、位置、规模、成因、发生时间、毁坏对象、直接或间接经济损失
旅游资源	地学景观类、地史景观类、水文景观类、运动疗养休闲度假类、气象景观类、生物景观类、人文景观类、民族风情类、土特产品类等旅游景点的地理位置、规模、交通、质量、气象、气候条件及影响因素
区域地质	各前第四纪沉积岩石地层单位的岩性、主要物质成分、地球化学成分、基本层序、沉积特征、厚度、产状、含矿性、接触关系、空间变化; 沉积岩沉积环境、沉积作用、形成时代等; 花岗岩类侵入体的形态、规模、矿物成分、岩石类型、结构构造、岩石化学和地球化学特征; 花岗岩类岩体内、外接触带的交代蚀变作用、复式岩体内部各侵入体的接触关系、侵入时代及空间分布规律; 火山岩的矿物成分、岩石化学、地球化学特征; 岩石类型、产状、厚度、空间分布及其变化规律; 变质岩的矿物成分、结构构造、岩石类型、岩石化学、地球化学特征; 区域大地构造位置、褶皱、断裂等各种构造的基本类型、规模、产状、性质、组合特征、区域地质背景对区域生态环境地质的影响与控制作用
原生及人为有害地球化学场	有毒害作用元素砷、铬、汞、铅、镉等构成的原生有害地球化学场, 易引起地方病的碘、氟等, 植物生长必需的氮、磷、钾等元素地球化学场的分布、富集程度、对生态地质环境的影响; 人为因素形成的化学场, 如毒重金属、有机化合物等化学毒物的分布、组成及含量、对生态地质环境的影响; 铀、钍等放射性元素伽玛场的分布、能值及其影响
矿产资源	已知矿种、矿床类型、分布、主要矿石储量及品位、开采条件、潜在价值、开发利用程度

沼泽湿地中蕴藏有丰富的生物资源, 在调节环境、保持小气候稳定以及维持区域生态环境平衡等方面具重要作用, 在区域生态环境和保障经济发展等方面具重要意义。但在自然及人为因素双重作用下, 目前湿地资源面临着面积不断萎缩, 动植物种类、数量不断减少等现象, 对其调查不仅能综合反映生态环境演变规律, 还可加强湿地资源的保护与合理利用, 使湿地资源得以持续利用。

2.2.3 环境地质调查

重点调查地质灾害、人类工程-经济活动等的类型、规模、空间分布及其生态环境效应, 对环境地质问题做出评价和预测。对冰缘气候环境下岩土冻胀-融陷地质作用、崩塌、滑坡、泥石流、岸坡侵蚀

与塌陷等灾害引起的土壤侵蚀、植被破坏而造成的生态地质环境恶化进行调查, 调查其时空分布、发生原因和发展规律, 提出治理措施。

2.2.4 土壤环境调查

土壤形态特征调查包括土壤颜色、质地、结构、湿度、坚实度、孔隙状况、新生体等; 土壤侵蚀调查包括: 风蚀、水蚀、冻融侵蚀和重力侵蚀等; 土壤剖面调查是土壤调查的重要手段, 应根据区域内主要土壤类型的分布规律和特征设置, 并利用天然剖面重点对土壤进行调查。

2.2.5 植被环境调查

由于植被是生态系统的生产者, 维持生态系统平衡的基础, 也是生态环境的天然屏障, 对防风固

沙、水土保持、净化空气、增加降水、减少地表径流以及调节、涵养水源起重要作用, 不仅是牧业经

济赖以生存的物质基础, 还对改造自然、保护环境起重要作用, 故该调查是生态环境地质调查的重点。

表2 青藏高原生态地质环境部分组成要素功能表

Tab. 2 Functions of the factors of eco-geology environment in Qinghai-Tibet plateau

要素	主要生态功能	自然地质功能	自然资源功能	生态环境地质问题
风	可传播风媒植物的花粉、种子等; 对植物生长、繁殖、数量、分布等有影响	具强烈的风蚀、风积作用, 是重要的外动力地质营力	可用于风力发电等, 具自然资源属性	大风导致植物折断、房屋倒塌、交通通信中断等灾害; 引起风蚀荒漠化; 对大气污染物的传播、扩散和稀释起重要作用
温度	控制植物纬度、经度、垂直地带性分布的因子; 对生物生长、发育、繁殖起重要影响作用	强烈的温差可引起机械风化作用; 多年年均气温 < 1°C 可形成永久冻土, 产生冻胀—融陷地质作用, 并导致大气环流、水圈、生物圈、岩石土壤圈等的变化	太阳能的度量之一	温度的微小变化, 特别是相伴的干旱将对人类带来难以估量的损失: 冻土消退、降水格局和季节性变化、荒漠化等的扩大、水循环失调、土壤、植被和物种产生重新分配
降水	生物生理用水的主要来源; 蝗虫、鼠类的数量消长与雨水多寡成负相关	地表、地下水的主要补给来源, 参于水循环, 决定着地区水均衡、水资源的丰富程度; 暴雨引起地面洪流侵蚀	水资源	暴雨、雪、冰雹等可引起灾害, 是水蚀荒漠化的主要因子; 降水减少可引起水均衡失衡等诸多生态环境地质问题
蒸发	相对湿度小、大蒸发时可导致生物枯萎、死亡	促进水循环; 蒸发量 > 降水量, 出现水分亏缺时, 会引起地表水体、地下水资源减少, 水质浓缩咸化等		与其他要素综合作用可导致荒漠化、湖泊、沼泽湿地萎缩或干涸
植物	生态系统的生产者, 维持生态平衡的基础	对防沙、水土保持、净化空气具有重要意义; 能增加降水、减少地表径流、增加地下水补给, 起调节涵养水源的作用	是人类社会赖以存在的物质基础、草地资源的主体	生物风化、土壤性质改善、有机质富集与搬运等
动物	是生态系统的消费者, 对大自然生态平衡有重要作用	啮齿类动物的掘洞、扰动土壤层, 可改变表层地质结构和地下水埋藏条件	动物资源	啮齿类动物可形成黑土滩, 导致土壤、植被退化
土壤	具一定肥力, 可供植物生长; 生态地质环境中物质循环、能量转化的重要环节; 土壤动物、微生物的栖息地, 并可对有机污染物进行降解和转化, 起土壤环境净化作用	代表着抵制作用的阶段性产物, 具物质和地质信息的储存功能。	是土地资源的主体, 粮食、纤维、牧草生产中不可缺少的资源, 也是整个人类社会和生物圈共同繁荣的基础	具同化和代谢外界输入物质的能力, 输入物质在土壤内经复杂的迁移转化, 再向外界输出。一切人类不良活动都最终导致水土流失、土地荒漠化、土壤化学性质恶化、土壤污染, 导致植被短期内难以恢复
湖泊	各类水生动植物的栖息地, 湖泊静水生态系统的物质基础	吞吐湖泊因入湖河流携带大量泥沙的沉积和蒸发作用, 湖泊面积多日趋缩小, 湖盆日益淤高	水利、水产、矿产等资源的复合体	湖泊萎缩或消失将降低调蓄能力、影响水均衡、破坏湖泊及环湖生态系统, 导致动植物退化、种群减少、局部气温升高
河流	为河流内以至流域内的生物提供营养物, 为它们运送种子, 排泄和分解废弃物, 并以各种形态为它们提供栖息地, 使河流成为多种生态系统生存和演化的基本保证条件	具侵蚀、搬运和堆积作用, 是地表水文系统的组成部分和最重要的侵蚀营力	水利、水电、水产资源等的复合体	河流的廊道式分布造成流域植被具有相似的分佈特征, 河川径流的变化对植被生长及分佈产生影响, 洪水可形成灾害; 河川径流的减少将影响区域水均衡、水循环, 导致水资源减少等一系列生态环境地质问题
沼泽湿地	是众多野生动植物栖息、繁衍的基地; 物种多样性极为丰富, 对局部小气候有冷湿效应	位于地表水和地下水的承泄区, 是上游水源的汇聚地, 具抵御洪水、调节径流、蓄洪防旱、控制污染、分配和均化河川径流的作用, 是流域水循环的重要环节	是草场资源、水资源、生物多样性资源的集合体	沼泽湿地内水体、植被大面积、快速退缩不仅造成生态系统不可逆转的破坏、生物多样性丧失, 直接破坏人类的生存环境, 还大大降低了生态地质环境的自我调节能力和系统的稳定性

续表2

冻土	控制了植被为适应寒旱生境的年轻植物区系; 多年冻土活动层越薄, 土壤越湿润, 越有利高寒草甸、高寒沼泽草甸的生长; 冻融作用扰动和破坏土壤状况, 使粗颗粒土向上移动, 引起土壤沙化、植被退化; 冻土上限下降与冻土退化时, 植物种类相应减少, 盖度降低, 啮齿类动物随之潜入, 加速草场退化	冻胀-融陷地质作用会影响工程建筑的稳定性, 是冻土区工程地质问题的主要起因; 冻土是特殊的大厚度区域性隔水层; 季节性活动层对土壤水和地表水甚至地下径流起到调节作用, 使土壤水、地表及地下径流具季节性变化; 冻土退化及气候暖干化使土壤水分减少, 地表温度上升、蒸发加剧, 进而影响地表和浅层地下水径流过程、径流量及其年内分配, 导致地下水位下降、泉口下移、湿地减少、热融湖塘消失和大气循环改变	可能赋存有天然气水合物(吴青柏等, 2006)	土壤、植被及草场退化, 冻融荒漠化; 区域地下水位下降、泉口下移、沼泽湿地减少、热融湖塘消失等水资源衰减和水环境变异; 气候暖干化和气候环境变异; 土地“黑土滩”型退化和高寒草原沙漠化退化加剧
----	--	--	-------------------------	--

2.2.6 自然及人为因素引起的生态地质环境演变与重大生态环境问题调查

(1) 多年冻土退化: 重点应集中在冻土退化的证据及退化历史、退化程度及规模、范围等方面调查上。重点解决冻土退化对冻结层上水分布、运移和生态环境变化的控制作用, 研究退化的原因和机理, 探讨冻土退化、区域地下水位及生态水位下降等水环境变异引起的生态环境地质效应(张森琦等, 2004)。

(2) 水资源减少: 调查自然条件下的水资源变化、生态环境变化及人为活动引起的水资源系统与水资源变化。以区域水资源-生态环境-人类活动之间的可持续发展观念和大气水、地表水、包气带水与地下水之间的系统性为指导, 分析自然及人为因素导致土地覆盖、气候变化引起的产水环境、水循环条件、循环状况变化对水资源减少的影响。同步开展因过牧等造成的水土流失、荒漠化以及草地退化引起的水资源减少等。通过调查提出水资源自然系统与人工系统的协调发展与遏制水资源减少的措施。

(3) 湿地萎缩与退化: 调查湿地退化、萎缩的方式、原因及机制, 重点调查气候、水文、水文地质条件、多年冻土、内外动力地质作用等的变化以及人类活动等对湿地退化、萎缩作用及表现形式; 调查湿地退化引起的生态环境效应、湿地退化与荒漠化、湿地退化与土壤理化性质变化等, 通过调查提出湿地保护、治理的具体对策与措施。

(4) 土壤侵蚀和土地资源退化: 对土壤侵蚀的类型、成因及其侵蚀强度、空间分布及面积等进行调查, 评价其对区域生态地质环境的影响程度等。

(5) 植被退化与生物多样性: 调查植被退化面积及分布情况, 重点突出生态系统和植物物种的历史变化等。

(6) 荒漠化: 荒漠化的地质环境包括荒漠化地区所处的地质构造单元、地貌单元、第四纪地质结构、地下水环境、表层土地类型与堆积物岩性特征, 以及其所处的气象水文环境、社会经济活动水平等环境要素(石建省等, 2001)。调查的重点是风力、流水、冻融、农牧业及工程作用下的荒漠化土地类型、发生的地貌部位、水环境条件、植被状态等, 并进行荒漠化分级。结合实际, 开展土地荒漠化防治对策调查, 提出符合客观实际的防治措施。

3 生态环境地质调查、填图的基本方法

3.1 生态环境地质演变调查——历史分析法

以古生态地质环境历史演变记录为根据, 以联系的、发展的历史观点为指导, 在分析中贯彻现实主义原则和历史进行原则, 把以今证古和以古证今结合起来, 互相补充。

3.2 生态环境地质现状调查——实地观察法

生态环境地质调查也必须以第一手资料为依据。即实地观察水、植被、生态三大要素的存在形式和生态地质环境组成要素之间的相互作用以及对人类社会经济发展的制约和影响。观察的步骤是: ① 选择观察地区。② 选择观察对象。③ 选择恰当的观察路线和观察点。④ 确定观察步骤、方法和手段。在观察中充分体现观察的探索性, 避免局限性。同时坚持客观性、系统性及精确性三个原则。

3.3 生态环境地质问题调查——系统分析和溯因法

3.3.1 系统分析方法

系统分析方法是确定系统的组成、结构、功能、效用而对系统各要素、过程和关系进行考察的方法。在调查生态环境地质问题时,应将整体与各个部分、各个方面、各个子系统联系起来,即系统性研究原则。利用系统分析法,一方面可重点调查大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的相互作用以及人类活动对生态地质环境的影响,深入揭示生态环境地质问题产生的过程、机制和危害;另一方面可为生态环境地质问题的防治提出有效的优化方案。

3.3.2 溯因法

溯因法以回向分析(反演)为基本方法,即从已知现象在其发生、发展过程中某一时刻的状态、性质出发,进而反演、推断引起这一现象的原因,推断其相邻状态或初始状态以及它们的性质。

生态环境地质问题的出现,总是伴随着一定数量的物质、能量和信息流动,土地荒漠化,湖泊、沼泽湿地萎缩、泉口下移等地质遗迹,真实地记载了生态环境地质问题的演变历史,对溯因这些问题产生的原因都是见证。但运用溯因法重塑生态地质环境演变、分析生态环境地质问题,必须注意生态地质环境结构和机制的复杂特征,充分获取丰富的信息,把握信息载体的属性,配合其他方法正确区分问题“多因”与“多果”、“多因”与“一果”、“一因”与“多果”等复杂因果链关系。

3.4 生态环境地质调查的现代科学技术方法——GPS、GIS及RS

高起点和高技术应用是生态环境地质调查的基本技术路线(朱裕生,1999)。随着科学技术的不断发展,生态环境地质调查工作已开始逐步运用“3S”技术,即地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、遥感系统(RS)和先进的测试分析等高新技术。采用从野外调查电子手簿到成果全程计算机化,成果数字化、调查信息传输的网络化以及生态地质环境空间分析三维可视化等先进技术综合运用也为时不远。

4 生态环境地质填图方法创新——自然综合体多属性叠加填图法

4.1 生态环境地质填图的目的及意义

生态环境地质填图是反映生态地质环境背景条件、生态环境地质问题形成、发育及其空间性、动态性和综合性的有效手段。填图的目的不仅是满足“为合理开发利用水、土、草地、矿产等自然资源与生态地质环境保护,把因生态环境地质问题而造成的损失减少到最低限度”这样一个总目标,关键还在于为保护、治理和规划决策层服务,充分体现当代水工环地质工作“服务面广、应用性强”的特点,变被动服务为主动服务(魏伦武等,2002)。最终目标是协调人-地-生关系,提高生态地质环境质量,促进生态环境保护与重建,减轻和避免环境灾害风险,从而促进社会经济的可持续发展(黄润秋,2001)。

4.2 自然综合体多属性叠加填图法产生的理论基础

这一方法的产生是基于在相同或相似的光、热、气环境、地质环境背景等条件下,形成一定的生态地质环境,产生一定的生态环境地质问题,且具相同或相似的水文地质与环境地质条件。

按Hs K J. (1991)的观点,“我们不能总是依赖于我们能看到什么,我们必须利用各种独立部分功能特点的知识弥补遗失的部分。因此,完整的理论知识是准确再造的前提,无论这种再造是动物、植物,还是山脉”。基于此,他提出了“比较解剖学”,用建筑学“蓝图”的知识,使用部分重建整体(Hs K J., 1991)。这一方法对生态环境地质综合填图法有很好的启示。在一定的地质环境背景、岩土介质条件、地形地貌条件下,总会产生具动态相似、静态相似、宏观相似与微观相似的一套有机配置的生态环境地质要素组合,以及相应的水文地质、工程地质要素的协同匹配,并在区域上受其他主导因素变化影响又具有一定的地域性与分异性。所以,采用自然综合体多属性叠加填图法就是揭示出这种规律性以及彼此间的群集性与网络式因果链关系,再经单要素、单因子分解,进一步体现共性中的个性,实现精细化填图,并采用系统层次结构的观点建立填图等级体制与相应的填图标志。

4.3 自然综合体多属性叠加填图法的核心与填图步骤

自然综合体多属性叠加填图法的核心就是在景观学“自然综合体”概念的指导下,采用现代图层学知识,第一步调查和绘制整个地区地质、地貌、水文地质、环境地质等的地带性特征及其分异现象,并

作为调查与编图的基本图层; 第二步将土壤和植被密切结合, 同时填测土壤、植被类型图, 并根据地方统计资料编制土地利用类型图, 以此作为分析所必要的原始资料; 第三步归纳提炼生态环境地质填图基本单位, 此级填图单位的制定应充分考虑: ①草场、植被的现状。②“三化”的分布规律与类型。③与地质、地貌、水文地质、环境地质单元的高度协调。④具可操作性和可识别性。⑤各填图单元既综合又清楚; 既反映现状, 又可体现未来发展趋势; 据此, 划分为准原生草场、过渡带和裸地三个填图单位。

(1) 准原生草场: 多数处于山地与平原区相过渡的坡麓地带, 以沼泽湿地为主, 植株高度与盖度相对最好, 基本处于原生草场状态。但上部受山地冻融荒漠化、水蚀荒漠化, 下部受过过渡带影响, 以及过牧、鼠害、降水及地下水补给减少, 沼泽湿地趋于干涸而面临退化, 故称之为“准原生草场”。

(2) 过渡带: 位于河谷区阶地及高海拔丘陵区。植被呈斑块状不连续而点缀在砂砾地中, 植株高度及盖度相应较低, 风蚀荒漠化及水蚀荒漠化较强, 亦是过牧、鼠害、荒漠化的中度区。该带砂砾地多为扬沙区, 鼠类围袭斑块状植被。受风蚀、鼠害作用一方面蚕食土壤与植被; 另一方面大量砂砾土裸露使地面粗糙化, 并有向裸地发展趋势, 故称之为“过渡带”。

(3) 裸地: 分布于河谷区现代河床、河漫滩及局部阶地与海拔4 700 m以上山地中上部位两类地貌单元中, 包括水蚀荒漠化与冻融荒漠化形成的自然裸地与过牧+ 风蚀+ 水蚀荒漠化形成的裸地。在该区土壤A层消失殆尽, 原生土壤、植被明显秃斑状, 以砂砾地, 裸岩、碎屑和流石为主, 新生植物(杂、毒草) 稀零, 基本为非牧地。对应过牧、鼠害、荒漠化等的严重区。

4.4 自然综合体多属性叠加填图法的填图单位等级体制建立

在上述地方性填图单位基础上, 进一步上升为“地带”-“自然综合体”-“单元”的三级等级体制生态环境地质填图等级体系(表3)。

4.4.1 地带

“地带”的提出和划分得益于“生态过渡带”概念。据国际公认定义, 生态过渡带是指相邻生态系统之间的过渡带, 是具有一组为空间和时间尺度以及相邻生态系统之间相互作用所决定的独特性质, 这些性质是生态系统界面效应和稳定性的反映。在此, “地带”即生态环境地质带, 系指在相似的地形地貌、岩土介质、水文地质条件下, 具有相似的土壤及植被类型, 相似的生态环境地质现状与相同的生态环境地质问题的区域。地带的划分按准原生带、过渡带和裸地进行。目的在于解剖、描述生态地质环境三维空间结构、功能和生态环境地质现状模型。

从地质历史比较法角度调查发现, 具较长历史演化和相对丰富、稳定的植被组成, 与青藏高原相对和缓的地势相匹配的沼泽湿地无疑代表着一定历史阶段内原生生态地质环境, 现在之所以冠以“准”字是因为目前该地带已明显有过牧迹象而处于退化之中。准原生带多处于山地与平原区相过渡的坡麓地带, 以沼泽湿地为主要景观标志, 植被盖度大于70%, 土壤剖面完整, 地貌及地面较稳定, 人为作用程度弱, 地质灾害一般呈点状发育。

由于概念有大小和层次之分, 故“地带”也有大小与层次之别, 具相对性。生态过渡带作为景观结构单元之间的交替带, 比景观结构单元内部对环境变化的响应更为敏感, 而且生态过渡带对越境的生态过程及景观格局的性质起决定作用。正因如此, 各带间的界线并非固定的突变型边界, 而多为游移的渐变型边界。

除地区性生态过渡带外, 长江、黄河源区还有两种次级过渡带, 即山地垂直带谱型过渡带和宽谷盆地水平带谱型过渡带。其基本特征均以退化草地为主要景观标志, 植被盖度30%~50%, 土壤A层剥蚀10%~50%, 地貌及地面稳定性为稳定, 人为作用程度中等, 地质灾害一般呈带状发育。

裸地是与准原生带相对立的生态地质环境带。该地带最直观的标志是植被盖度小于10%, 土壤A层基本丧失殆尽, 各种类型的重度荒漠化盛行、地面动态变化强烈。

表3 青藏高原生态环境地质填图单位等级体制一览表

Tab. 3 Grading system and eco-environment geology mapping unit in Qinghai-Tibet plateau

地带	自然综合体 (土地类型)	单元	填图标志				
			植被盖度 (%)	土壤剖面 完整程度	地貌及地面 稳定性	人为作用 程度	地质灾害 发育程度
准原生带	沼泽湿地 (高盖度植被覆盖区)	扇前缘泄出带沼泽湿地	≥70	A—C层 完整	稳定	弱	点状分布
		河谷平原区沼泽湿地					
		山前坡麓沼泽湿地					
		台地沼泽湿地					
		山地斜坡天然草地					
过渡带	退化草地	河谷平原退化草地	10~70	A层剥蚀 10%~50%	较稳定	中	线状分布
		山地斜坡退化草地					
		丘陵山地退化草地					
裸地带	自然裸地	裸岩	≤10	A层基本 剥蚀殆尽	极不稳定 动态 变化强 烈	中	面状 分布
		寒冻风化岩屑坡					
		沙丘、沙地、沙被					
		地质灾害(滑、崩、流)					
	自然-人为裸地	河谷平原区风蚀型砂砾地					
		河谷区水、风蚀型砂砾地					
		山地斜坡水、风蚀冻融型砂砾地					
		河湖盆地区泥地					
		盐湖、盐田					
		“黑土滩”					
	人为裸地	交通用地					
		工矿用地(人工开挖)					
		城镇用地					
基本地质环境填图单位	水	河流	地表水系径流特点、水资源量、水质、功能、利用等				
		湖泊		已干涸的湖泊			
				正在萎缩的湖泊			
				萎缩迹象不明的湖泊			
	地下水	水资源极丰富地段	流向、资源量、水位、补/排关系、水质、利用等				
		水资源丰富地段					
		水资源中等丰富地段					
		水资源贫乏地段					
		水资源极度贫乏地段					
	区域地质	前第四纪地层、侵入岩、火山岩等	岩性、分布面积、结构、构造、特征、相对关系				
	第四纪地质	坡积物、洪积物、冲积物、湖积物、风积物、冰碛物、冰水堆积物	岩性、分布面积、特征、相对关系、历史演化				
岩土类型	卵砾类土、砂类土、粘性土、冻胀土	类型、分布面积、工程力学性质、相对关系、历史演化					
土壤类型	高山寒漠土、高山草原土、高山草甸土、沼泽土、风沙土	类型、分布面积、成土母质、厚度、理化性质、有机质、土壤生物特点、历史演化					
荒漠化	风蚀荒漠化、水蚀荒漠化、冻融荒漠化、坡地重力荒漠化、化学荒漠化	类型、分布面积、特征、相对关系、历史演化					

4.4.2 自然综合体

巴尔塔尼扬等(1990)给予“自然综合体”的定义是:在成因上大体构成一均质区域(如水域)的自然环境的一个地段。这一区域在其所固有的自然—地理作用影响下构成独自单元(地质构造、地形、气候、地表水和地下水、土壤和生物群落)结构。同时提出自然-人类活动成因综合体,即景观、自然综合体与人类活动成因系统和设施相互作用的地表地段,它们不同程度地被破坏的地段。

按黄秉维等(1999)的定义,自然综合体是指地表自然界由各自然地理素组成的,具有内在联系,相互制约的,有规律结合的统一整体。现代自然地理学通常从过程、类型及区域三个不同角度与层次来研究自然综合体。过程研究即自然综合体的历史形成和现代过程,等同于古生态环境地质演变与现状发展趋势研究。类型研究即从景观学和土地科学角度对自然综合体进行土地系统的综合研究,从土地类型的空间结构揭示地域分异与组合的区域性规律。在此,对土地利用类型的研究采用归纳法自下(单元)而上(地带)进行生态地质环境系统研究与演绎法由上(地带)而下(自然综合体)进行生态地质环境系统研究双轨并进,互为补充,并为“单元”的划分和综合研究提供基本依据。

因此,从自然综合体“类型”研究角度评价土地类型,拟订土地利用规划,探讨自然生产潜力,以期使自然资源得到合理保护和可持续利用,既提高生产力又不引起土地退化和环境恶化。依据自然综合体中水环境、岩土介质、地面稳定性、遭受的现代地质作用力等非生物成分和生物成分的变化,判断其现在是否在恶化,将来有无可能恶化,不但在理论上,而且在生产实践上均具有重要意义。

野外调查实践发现,每一类自然综合体均遭受相同的现代地质作用,具相似的地形地貌、地质构造、岩土介质与水文地质条件,具相同的土壤类型、植被组成,从而构成“地带”内景观方面基本相同、生态地质环境功能基本一致的生态环境地质填图二级单位。由于青藏高原纯真的自然综合体已不多见,故其含义也包括自然-人类活动成因的综合体。

基于上述,在野外填图时,对自然综合体的调查以土地类型(利用/覆盖)为主,充分密切与土壤、植被、地质构造、地形地貌、第四纪地质、水文地质等方面调查的关系,注重从土地类型角度表述该

级填图单位时与生态环境地质综合调查的相互衔接。该级填图单位确立的意义在于:

(1)“自然综合体”是对“地带”的进一步分解,是对景观或土地类型相对“均质”、相似结构单元的归并,同一“自然综合体”具相同或相似的生态地质环境主控制因子。

(2)土地利用/土地覆盖变化研究已成为环境现状评价、重建古生态地质环境演变的重要手段与研究热点,而且也是预测未来环境变化趋势的研究方法之一。这是因为一方面作为联系地球系统各圈层的纽带,土地覆盖及其变化在很大程度上影响着地球系统其他组分的变化;另一方面土地利用是人类活动作用于自然环境的主要途径之一,是历史时期土地覆盖变化的最直接和主要的驱动力因素之一。此外,土地是人类的立足之地,是人类生存和发展最基本的物质基础,同时又是多功能的自然资源。因此,从自然综合体角度研究土地利用和土地覆盖变化将有助于保护与开发的综合决策。

(3)大量研究表明,在某种地质环境下,生态环境地质问题在空间上多具群集性、同源性及网络式因果链与准同期性,且具一定的地域性特点,植被在空间上具群落性,更重要的是与非生物环境间具有系统结构的对应关系,彼此间构成在区域景观上具有分异性的综合体。因此,就区域而言,在相同的光、热、气环境及一定的地质背景及地形地貌下形成一定的生态地质环境,产生一定的生态环境地质问题,且具相同或相似的水文地质与环境地质条件。

(4)在一定的区域地质背景、岩土介质、地形地貌、水文地质条件下,总会产生具动态相似、静态相似、宏观相似与微观相似的一套有机配置的生态环境地质要素组合,并构成多因子的综合体。因此,自然综合体多属性叠加填图法的目的之一就是揭示出这种规律性以及彼此间的群集性与网络链式关系,再以单要素、单因子分解,进一步体现共性中的个性,即填图单元,实现精细化填图。

4.4.3 单元

“单元”是野外生态环境地质填图的基本单位,也是对自然综合体的进一步分解。“单元”是指在一定地域内生态环境地质要素及条件相同或相近的实体,不仅所处的地质环境相同,土壤及植被类型也极为相近;既具相同或相近的成因与演化历程,又

具相同或相似的演化方向与趋势。

在划分原则上,同一填图“单元”的划分考虑:地质构造、地层岩性、地形地貌、水文地质条件相同或相近性,并按这些要素的差异将其一一区分开来;考虑土壤类型、植被类型组成及盖度等的相同或相近性;土地利用的功能及变化趋势等。

总之,生态环境地质调查和填图应以系统分析、层次分析为主线,以信息方法贯穿始终,通过重点地区实地调查、综合观测、典型生态环境地质现象剖析,直接获取生态环境地质变化的丰富信息,并利用遥感技术、地理信息系统、计算机技术,揭示地球表层系统与人类社会系统的演变规律和控制因素,阐明地球表层各层圈相互作用机制,预测生态环境地质环境未来发展的趋势。

5 主要结论

(1)生态环境地质调查与填图的指导思想是:以地球系统科学为指南,重点调查“三大驱动力”与“三大环境响应”;在调查与填图认识论上,采用“以生态的观点认识地质环境,以地质的观点认识生态系统和生态环境地质问题”的观点,认识、揭示生态环境地质客体;以野外实地调查为基础,各种先进的技术方法为支持,全面提高调查与填图的技术水平,以可持续发展为理念,提出治理措施,使人地关系逐步走向协调为归宿。

(2)生态环境地质调查与填图的主要方法有:生态环境地质演变调查——历史分析法,生态环境地质现状调查——实地观察法,生态环境地质问题调查——系统分析和溯因法和生态环境地质调查的现代科学技术方法——GPS、GIS及RS等。

(3)自然综合体多属性叠加填图法的实质是在景观学“自然综合体”概念的指导下,采用现代图论学知识。第一步调查和绘制整个地区地质、地貌、水文地质、环境地质等的地带性特征及其分异现象,并作为调查与编图的基本图层;第二步将土壤和植被密切结合,同时填测土壤、植被类型图,以此作为分析所必要的原始资料;第三步,归纳提炼生态环境地质填图基本单位。

(4)青藏高原牧业环境下的生态环境地质填图基本单位制定应充分考虑:①草场、植被的现状。②“三化”(草地退化、沙化和盐碱化)的分布规律与

类型。③与地质、地貌、水文地质、环境地质单元的高度协调。④具可操作性和可识别性。⑤各填图单元既综合又清楚;既反映现状,又可体现未来发展趋势。同一填图“单元”的划分应恰当处理好地质构造、地层岩性、地形地貌、水文地质条件相同或相近性关系,并按这些要素的差异将其一一区分开来,并考虑土壤、植被类型、组成及盖度等的相同或相近性以及土地利用的功能及变化趋势等。

参考文献 (References):

- 张森琦,王永贵,朱桦,等.关于生态环境地质学几个理论问题的探讨[J].青海环境,2007,17(2):65-70.
- • 伊萨钦科著,王化群译.景观调查与景观图的编制[M].长春:吉林科学技术出版社,1987.
- 黄秉维,郑度,赵名茶,等.现代自然地理[M].北京:科学出版社,1999.
- 关士续,申仲英,吴廷涪,等.自然辩证法概论[M].北京:高等教育出版社,1995.
- 韩再生.生态环境地质调查进展与展望[J].中国地质,2003,22(11-12):978-982.
- 吴青柏,蒋观利,蒲毅彬,等.青藏高原天然气水合物的形成与多年冻土的关系[J].地质通报,2006,25(1-2):29-33.
- 石建省,张永波,等.中国北方荒漠化地质环境特征及其空间表达[J].地球学报,2001,22(4):340-344.
- 张森琦,王永贵,赵永真,等.黄河源区多年冻土退化及其环境反映[J].冰川冻土,2004,26(1):1-6.
- 朱裕生.基础地质调查的新任务——关于地质—生态环境调查新概念的探讨[J].中国区域地质,1999,18(2):122-125.
- 魏伦武,赖绍民.西南地区江河流域生态环境地质调查的探讨[J].四川地质学报,2002,22(3):153-155.
- 黄润秋.生态环境地质的基本特点与技术支撑[J].中国地质,2001,28(11):21-24.
- ZHANG Senqi, WANG Yonggui, ZHU Hua, et al. Some theoretical problems in eco-environmental geology [J]. Journal of Qinghai Environment, 2007, 17(2): 65-70.
- • 伊萨钦科著,王化群译.景观调查与景观图的编制[M].吉林:吉林科学技术出版社,1987.
- HUANG Bingwei, ZHENG Du, ZHAO Mingcha, et al. Integrated physical geography [M]. Science Press, Beijing, 1999.
- GUAN Shixu, SHEN Zhongying, WU Tingfu, et al. Dialectic

of Nature [M] . Higher Education Press, Beijing, 1995.

HAN Zaisheng. Ecoenvironmental geological survey: progress and prospects [J] . Chines Geology, 2003, 22 (11-12): 978-982.

WU Qingbai, JIANG Guanli, PU Yibin, et al. Relationship between permafrost and gas hydrates on Qinghai-Tibet plateau [J] . Geological Bulletin of China, 2006, 25 (1-2): 29-33.

SHI Jiangsheng, ZHANG Yongbo, et al. Geological Environment characteristics of desertification in the northern part of China and its spatial presentation [J] . Acta Geoscientia sinica, 2001, 22 (4): 340-344.

ZHANG Senqi, WANG Yonggui, ZHAO Yongzhen, et al. Permafrost degradation and its environmental sequent in the source regions of the Yellow River [J] .

Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26 (1): 1-6.

ZHU Yusheng. A new task of fundamental geological investigations - A discussion of the new concept of geological ecological mapping [J] . Regional Geology of China, 1999, 18 (2): 122-125.

WEI Lunwu, LAI Shaomin. Make and approach to geologic-ecologic environment surveying in river basins in Southwest China [J] . Acta Geologica Sichuan, 2002, 22 (3): 153-155.

HUAMG Runqiu. Basic characteristics and technical support of the eco-environmental geology [J] . Chinese Geology, 2001, 28 (11): 21-24.

Hs K J. The concept of tectonic facies [J] . Bull Univ Istanbul, Istanbul, 1991, 44 (1-2): 25-42.

On the Method of Geologic Investigation and Mapping in Qinghai-Tibet Plateau

YANG Zhan-jun¹, ZHANG Sen-qi¹, LI Bang-min¹, WANG Yong-gui¹, AN Yong², SHI Wei-dong¹, XIN Yuan-hong¹,

(1. Qinghai Institute of Geologic Survey, Xining 810012, China; 2. Qinghai Institute of Geo-Environment Monitoring, Xining 810008, China)

Abstract: This text pointed out the guidelines and main content of mapping and ecological environment geological survey. It then proposed the suitable way for ecological environment geology investigation of the environment of animal husbandry of Qinghai-Tibet plateau, "Natural Synthesis Superpose Mapping". According to the key elements of the complicated district of geological condition of the ecological environment, we abandoned the single method in the past, and bring together the climate, soil, vegetation, and scenery. By this we have avoided people in different disciplines investigating the geological system only from a single perspective.

Key words: Qinghai-Tibet plateau; geology of ecological environment; mapping; Natural Synthesis Superpose Mapping