



金熊家场和清镇桃子冲.

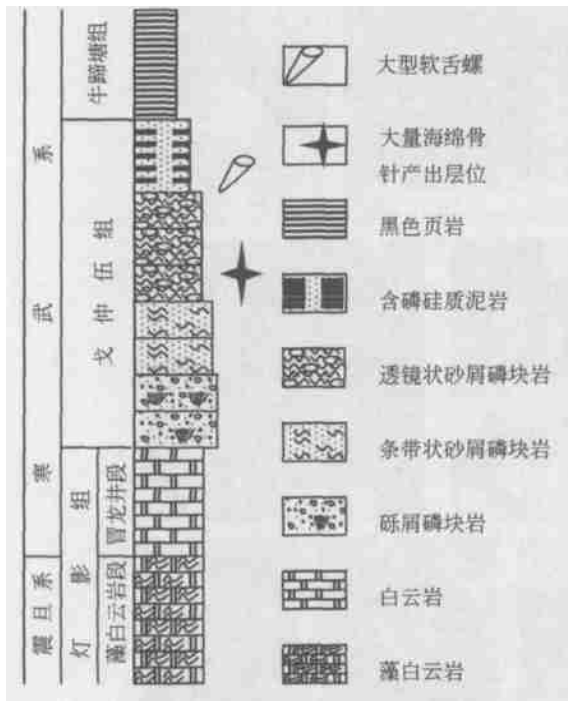


图 1 贵州织金打麻场寒武系底部戈仲伍组中大量海绵骨针产出层位

2 海绵骨针特征

在织金打麻场戈仲伍组透镜状砂屑磷块岩层中产大量的海绵骨针化石(图 2(c), (s), (t)), 通过对 9 张岩石切片中海绵骨针化石占目视面积的比例推算, 海绵骨针化石在岩石中的含量大约达 30%, 这些化石是通过大量的岩石切片获得, 并在生物显微镜下通过透射光和反射光照相. 海绵骨针类型多样, 主要为三射二轴针、四射二轴针、五射五轴针和六射六轴针四种类型.

三射二轴针: 骨针 1 轴很长, 1 轴短, 长轴骨针的 2 射长, 并成一直线, 短轴与长轴呈 90° 正交(图 2(h), (i), (j), (n), (p)), 骨针成分为硅质, 具有微晶结构. 这类骨针在骨针分类中<sup>[4]</sup>是没有的, 属于新的类型. 以前发现的三射二轴针是 1 根长针 2 根短针. 1 根长针 2 根短针的三射二轴针也有发现(图 2(j)). 根据骨针形态可能归属原始海绵 *Protospongia*.

四射二轴针: 4 根射针在同一平面上呈直角交叉, 2 个轴大小和粗细可不一, 往往 1 轴较粗, 1

轴较细, 骨针成分为硅质, 具有微晶结构(图 2(f), (k), (m)). 根据骨针形态可能归属原始海绵 *Protospongia*.

五射五轴针: 5 个射针自基部向外辐射, 5 根轴 5 个射针在同一平面上呈近等角相交, 5 根轴 5 个射针大小、粗细近等. 5 个射针自基部向外辐射, 这与以前报道的多射针自基部向同侧方向或向相向的二个方向以不同角度辐射有明显的不同. 这类骨针形态类似于开腔骨类(Chancelloriids), 但射针是实心的, 因此它们应该属于海绵骨针, 非开腔骨类<sup>[13, 14]</sup>. 骨针成分为硅质, 具微晶结构(图 2(g), (l)). 根据骨针形态可能归属 Hexactinellid 海绵.

六射六轴针: 6 个射针自基部向外辐射, 6 根轴 6 个射针在同一平面上呈近等角相交, 6 根轴 6 个射针大小、粗细近等(图 2(o)). 根据骨针形态可能归属 Hexactinellid 海绵.

3 海绵骨针微结构特征和化学组成

现代生物的壳体主要以磷质、钙质和硅质组成, 而生物壳体的磷质、钙质和硅质矿化作用早在寒武纪就开始<sup>[15]</sup>. 海绵动物骨针成分主要是钙质和硅质两种, 但磷块岩中由于磷酸盐化作用, 海绵骨针往往被磷酸盐化. 钙质骨针属于钙质海绵, 硅质骨针属于六射海绵. 海绵动物被认为在新元古代地层中就开始出现<sup>[2, 5, 6]</sup>, 但有很多学者对此提出异议<sup>[7, 16]</sup>. 因此, 对寒武纪早期磷块岩中海绵骨针的成分进行测定, 对判断陡山沱组磷块岩中的海绵化石真伪有一定参考价值.

用含海绵骨针化石的岩样磨制成光片, 电子显微镜和电子探针观察和分析骨针化石的结构和成分, 海绵骨针化石基本由 SiO<sub>2</sub> 组成, 化石没有被磷酸盐化, 化石围岩成分以 CaO 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为主. 通过电子探针分析, 4 种类型海绵骨针的化学成分基本相同, 化石原子吸收光谱曲线上表现出很高的 Sik 峰(图 3), 通过半定量分析, 化石 SiO<sub>2</sub> 含量大于 65%, 局部 SiO<sub>2</sub> 含量可达 85%, 而 CaO 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量很低, 由此可以判定, 海绵骨针属于硅质海绵骨针. 也就是说海绵骨针属于普通海绵或六射海绵类. 如果陡山沱组磷块岩中针状物是硅质海绵骨针, 那么它应该同样具有与戈仲伍组磷块岩中海绵

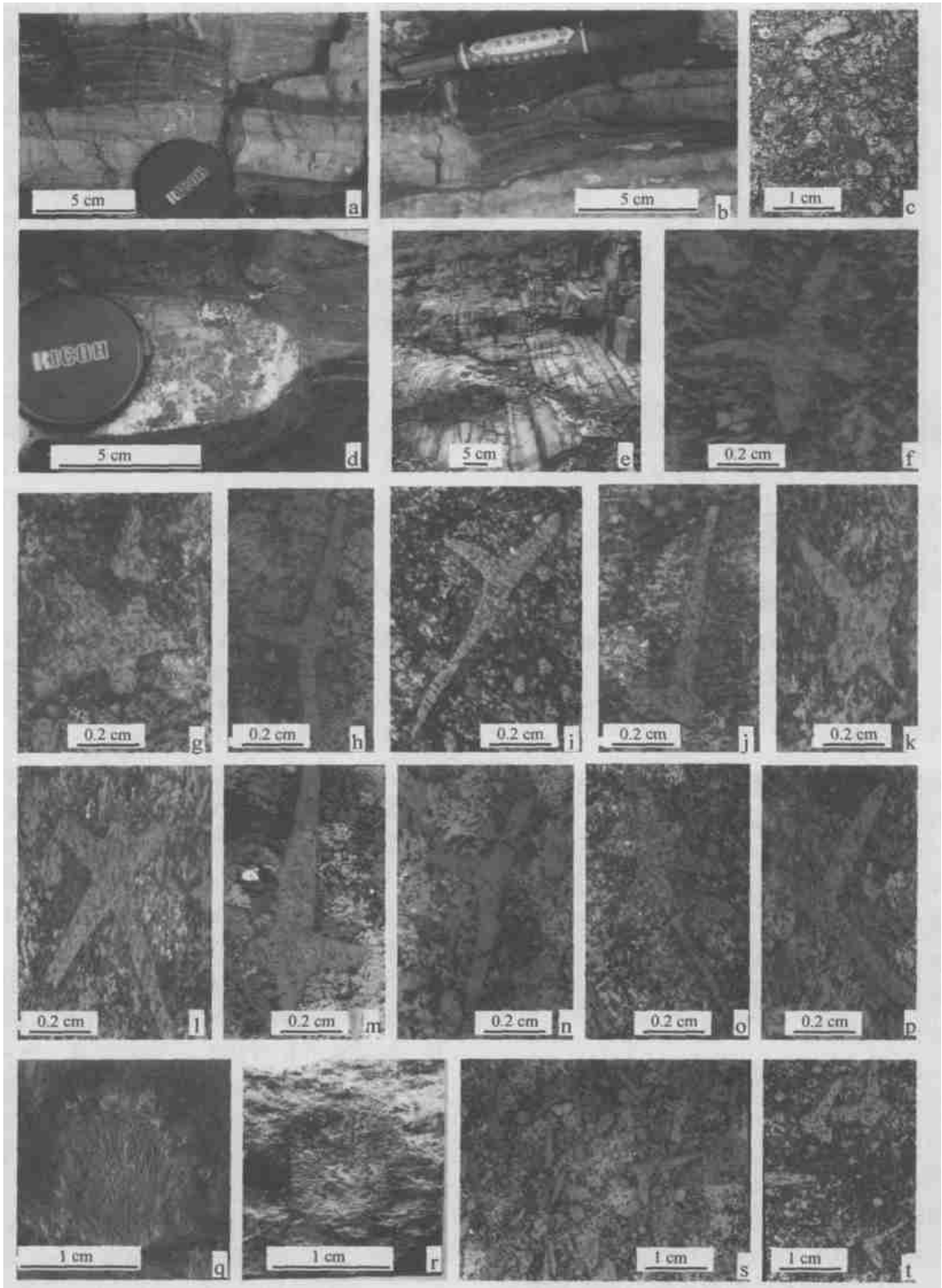


图 2 织金打麻场戈仲伍组沉积特征和海绵骨针化石

(a), (b) 具有水平纹层的黑色硅质磷块岩透镜体, (d) 浅灰色磷块岩透镜体夹于黑色硅质磷块岩中; (e) 戈仲伍组薄层硅质磷块岩; (f), (k), (m) 四射二轴骨针; (g), (l) 五射五轴骨针; (h), (i), (j), (n), (p) 三射二轴骨针;

(o) 六射六轴骨针; (q), (r) 海绵化石; (s), (t) 海绵骨针磷块岩, 海绵骨针含量达到近 30% <http://www.cnki.net>

骨针类似的成分,即以 SiO<sub>2</sub> 为主,而不会被磷酸盐化。但是,陡山沱组磷块岩中海绵骨针成分不是以 SiO<sub>2</sub> 为主<sup>[7]</sup>。如果陡山沱组磷块岩中针状物是钙质海绵骨针,则它很可能被磷酸盐化,这对确定陡山沱组磷块岩中针状物是否是海绵骨针比较困难。

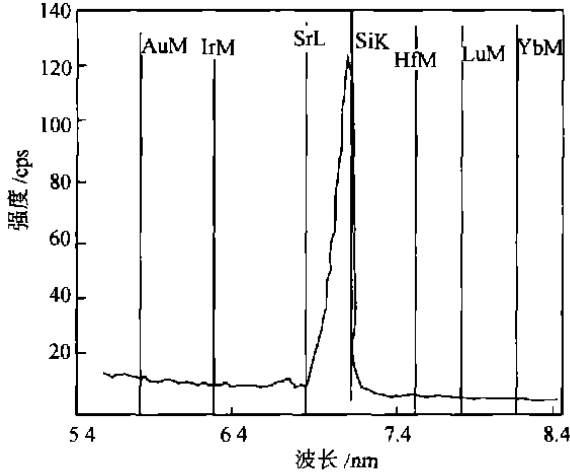


图 3 海绵骨针化石能谱曲线

早期动物骨骼的显微结构的研究,对探索早期生物矿化作用事件、寒武纪生命大爆发等具有一定的意义。前寒武纪末生物骨骼化问题早就引起重视,如 Taylor 认为加利福尼亚前寒武纪末的钙质似软舌螺动物化石<sup>[17]</sup>。唐天福等<sup>[18]</sup>和薛耀松等<sup>[19]</sup>先后在我国湖南、湖北和贵州晚震旦纪灯影组和陡山沱组岩中发现具有骨骼的动物化石。然而,晚前寒武纪末的管状化石 *Cloudina Germs* 被认为真正具有骨骼的动物化石<sup>[20]</sup>。最近,冯伟民等对产于陕西新元古代末灯影组 *Cloudina sinensis*、*Sinotubulites* 和寒武纪早期小壳动物化石的微细结构进行系统研究<sup>[15]</sup>,认为新元古代末生物矿化微细结构明显发生分异,而寒武纪早期小壳动物微细结构比新元古代末生物更加复杂和多样化,它从生物微细结构方面反映出寒武纪生物的大爆发。

对寒武纪早期磷块岩中海绵骨针微细结构研究表明,海绵骨针具有非晶硅质结构,这与普通海绵和六射海绵类结构是一致的。新元古代陡山沱组磷块岩中的针状物缺少非晶硅质结构。织金磷块岩中海绵骨针形态和结构特征类似于小喜马拉雅地区早寒武世硅质磷块岩中的海绵骨针组合<sup>[10]</sup>。

#### 4 贵州早寒武世早期浅水动物群分布及其生态环境

在贵州西部和北部的织金、清镇、开阳、金沙和习水等地寒武系底部发育一套含大量小壳动物化石的磷块岩,由于含磷岩系特征不同,被分别命名为戈仲伍组、桃子冲组和大岩段<sup>[11]</sup>。在早寒武世早期海侵中,贵州西部和北部为淹没碳酸盐台地,到处发育生物碎屑滩(丘),如织金戈仲伍生物碎屑滩、织金五指山生物丘、金沙岳家寨-岩孔生物碎屑滩、习水大岩生物碎屑滩等,而贵州东部地区的陆棚海和次深海则沉积黑色页岩和硅质岩(图 4)。

贵州织金地区寒武系底部磷块岩发育,产大量的小壳动物化石,但由于环境的差异,生物化石组合面貌也明显有别。织金熊家场五指山戈仲伍组中含大量大型软舌螺 *Conotheca* 化石,软舌螺个体很大,长可达 2cm,直径为 3mm。习水大岩大岩段也含有大量大型软舌螺 *Anabarites* 化石,软舌螺个体很大,长可达 1cm,直径为 2mm。而织金戈仲伍的戈仲伍组则以织金壳、管壳类居多,属于潮坪环境。清镇、开阳和修文等地,沉积间层性搅动成因的含磷质砂砾屑硅质岩,具有饼砾构造,岩石多为薄层状,水平层理发育,小壳动物以球形壳常见,藻类也丰富,局部层位含大量的软舌螺(如清镇桃子冲),它们属于潮下低能环境。

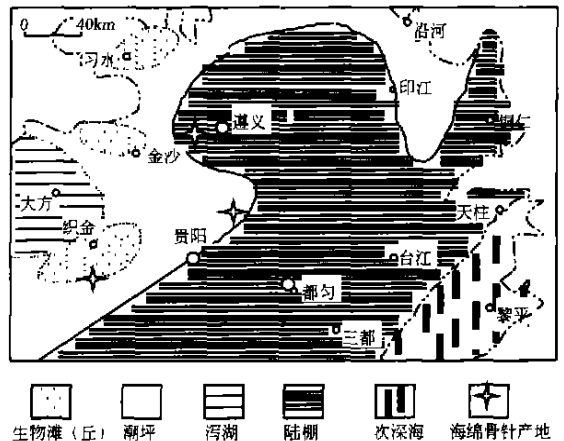


图 4 贵州早寒武世梅树村早期岩相古地理图

织金打麻场位于戈仲伍西南面 8km,从含磷岩系具有交错层理、递变层理和条带状磷块岩、透镜

状生物碎屑磷块岩等沉积构造和结构, 根据早寒武世早期(梅树村期)古地理格局分析, 打麻场一带属于潮坪-生物碎屑滩环境<sup>[21]</sup>. 通过对打麻场戈仲伍组磷块岩大量切片研究, 在透镜状砂屑磷块岩中发现大量硅质海绵骨针, 而其他小壳动物化石较少, 往上的薄层状含磷硅质泥岩中含大型小壳动物软舌螺 *Conotheca* 化石, 再往上为黑色页岩, 其中很少含生物化石. 戈仲伍组从下往上水体加深, 缺氧还原条件增加, 但生物化石方面则表现很特殊现象, 即在相对浅水、富氧的条件下, 海绵骨针丰富, 而其它小壳动物较少; 水体加深、缺氧还原条件下形成的黑色硅质泥岩中海绵骨针减少, 而小壳动物化石软舌螺 *Conotheca* 繁盛, 在缺氧还原的牛蹄塘组黑色页岩中, 海绵骨针和小壳动物化石消失. 一般来说, 硅质海绵骨针产于深水、缺氧的页岩或硅质岩中, 但织金打麻场戈仲伍组磷块岩中产大量硅质海绵骨针却是浅水较高能环境, 而紧邻其上的水体较深、缺氧环境下形成的黑色含磷页岩中, 海绵骨针反而减少或消失. 因此, 这些海绵骨针是生活在浅水中的海绵动物的骨骼, 还是由上升洋流从深水带来, 这需要进一步深入研究. 但是, 研究剖面从下往上, 随着泥质的增多, 环境缺氧的加大, 海绵骨针却减少或消失, 说明在早寒武世早期海绵生物可能适合于浅海环境中生活.

海绵化石在磷块岩之上的黑色页岩中已经大量出现<sup>[22~26]</sup>, 而且个体较大, 为 2~90 cm, 还产出完整的微小海绵个体(图 2(q), (r)). 但在寒武系底部磷块岩中大量产出, 并构成海绵生物碎屑磷块岩还是首次发现.

## 5 结论

(1) 早寒武世戈仲伍组磷块岩中大量海绵骨针的发现, 进一步证明海绵动物在早寒武世最早期就已经开始辐射分异.

(2) 早寒武世戈仲伍组磷块岩中海绵骨针类型多样, 主要为三射二轴针、四射二轴针、五射五轴针和六射六轴针.

(3) 大量的硅质海绵骨针构成海绵生物碎屑磷块岩, 这是由海绵生物碎屑组成的最古老岩石, 标志着海绵生物骨骼开始成为沉积岩的组成部分, 且被动参与成岩和成矿作用.

(4) 对磷块岩中海绵骨针成分和微结构进行了系统研究, 海绵骨针成分以  $\text{SiO}_2$  为主,  $\text{SiO}_2$  含量在 65%~85%, 而  $\text{CaO}$  和  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量很低, 具有非晶结构, 说明海绵骨针为硅质海绵骨针, 也暗示普通海绵或六射海绵在这时期繁盛.

(5) 打麻场剖面上骨针化石的分布表明, 在浅水、富氧的条件下海绵骨针大量埋藏, 这与传统认为海绵动物生活在深水、缺氧环境不相符. 这些海绵骨针是生活在浅水中的海绵动物的骨骼, 还是由上升洋流从深水带来, 这需要进一步深入研究. 但是, 研究剖面从下往上, 随着泥质的增多, 环境缺氧的加大, 海绵骨针却减少或消失, 说明在早寒武世早期海绵生物可能适合于浅海环境中生活.

致谢 研究过程中得到贵州地质勘探局王砚耕教授级高级工程师、中国科学院地球化学研究所欧阳自远院士、王世杰研究员、西北大学舒德干教授等指导和帮助, 同时感谢审稿人提出的有益的修改意见.

## 参 考 文 献

- 1 陈孟莪, 等. 峡东区上震旦统陡山沱组宏体化石的发现. 科学通报, 1991, 36(24): 1873
- 2 Li C W, et al. Precambrian sponges with cellular structures. Science, 1998, 279: 879
- 3 薛耀松, 等. 扬子区晚震旦世动物化石新材料. 古生物学报, 2002, 41(1): 137
- 4 钱逸. 中国小壳动物化石分类学与生物地层. 北京: 科学出版社, 1999. 1~247
- 5 Gehling J G, et al. Long expected sponges from the Neoproterozoic Ediacara fauna of South Australia. Journal of Paleontology, 1996, 70(2): 185
- 6 丁莲芳, 等. 震旦纪庙河生物群. 北京: 地质出版社, 1996. 1~146
- 7 尹磊明, 等. 对贵州瓮安陡山沱磷块岩中针状结构物的新认识. 科学通报, 2001, 46(12): 1031
- 8 Rigby J K, et al. Lower Cambrian demosponges and hexactinellid sponges from Yuanan, China. Journal of Paleontology, 1995, 69(6): 1009
- 9 李勇, 等. 扬子地台北缘早寒武世早期的海绵骨针化石. 西安地质学院学报, 1993, 15(2): 31
- 10 Mazumdar A, et al. Siliceous sponge spicules in the Early Cambrian chert-phosphonite member of the Lower Tal Formation, Krol belt, Lesser Himalaya. Geology, 1998, 26(10): 899
- 11 王砚耕, 等. 贵州上前寒武系及震旦系-寒武系界限. 贵阳 贵州

- 人民出版社, 1984. 1~230.
- 12 钱逸, 等. 贵州早寒武世早期小壳动物化石的研究. 地层古生物论文集, 1984, 13: 91
  - 13 Dong X P, et al. Middle and upper Cambrian Protoconodonts and Paraconodonts from Hunan, South China. *Paleontology*, 2001, 44 (5): 949
  - 14 Dong X P, et al. Middle and Late Cambrian sponge spicules from Hunan, China. *Journal of Paleontology*, 1996, 70(2): 173
  - 15 冯伟民, 等. 晚前寒武纪末至早寒武世生物骨骼微细结构的分异. 中国科学, D 辑, 2002 32(10): 850
  - 16 尹崇玉, 等. 贵州瓮安陡山沱期矿化生物群的研究进展和意义. 地球学报, 2002, 23(1): 47
  - 17 Taylor M. Precambrian mollusk-like fossils from Inyo County, California. *Science*, 1966, 153: 198
  - 18 唐天福, 等. 湘鄂西部晚震旦世地层与古生物的发现及其意义. 地层学杂志, 1978, 2(1): 32
  - 19 薛耀松, 等. 贵州晚震旦世陡山沱期骨骼动物化石的发现及其意义. 古生物学报, 1992, 31(5): 530
  - 20 Glaessner M F. *The Dawn of Animal Life, A Biohistorical Study*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 1~244
  - 21 吴祥和, 等. 贵州磷块岩. 北京: 地质出版社, 1999. 1~124
  - 22 Steiner M, et al. Oldest entirely preserved sponges and other fossils from the lowermost Cambrian and a new facies reconstruction of the Yangtze platform. *Berliner Geowiss. Abh.*, 1993, (E)9: 293
  - 23 Zhang X G, et al. New and extraordinary Early Cambrian sponge spicule assemblage from China. *Geology*, 1994, 22(1): 43
  - 24 Mehl D, et al. *Sanshapentella dapingia* n. gen., n. sp. - a new hexactinellid sponge from Early Cambrian (Tommotian) of China. *Berliner Geowiss. Abh.*, 1994, (E)13: 315
  - 25 Yuan X L, et al. Towering sponges in an Early Cambrian Lagerstätte: Disparity between nonbilaterian and bilaterian epifaunal tiers at the Neoproterozoic-Cambrian transition. *Geology*, 2002, 30: 363
  - 26 杨瑞东, 等. 贵州中部寒武系底部生物化石新发现. 自然科学进展, 2002, 12(2): 226

## 《西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究》

科学出版社 定价 718.00

西北地区地域广阔, 资源丰富, 民族众多, 在我国的经济建设、社会稳定和国防安全方面都具有重要的战略地位; 同时, 由于其特殊的自然地理条件, 又是我国极其重要的生态环境屏障. 近年来北方地区干旱严重, 沙尘暴加重, 更引起许多议论和忧虑. 为此, 中国工程院决定以“西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究”为题, 以自然地理范畴的西北地区为研究范围, 以水资源为中心, 以生态环境的保护和建设为重点, 以工业、农业和城镇建设都能可持续发展和缩小东西部差距为目标, 开展跨学科、跨部门的综合性、战略性研究.

在国务院有关部委、中国科学院、有关高等院校、科研院所和西北 6 省、自治区的大力支持下, 本项目组织了 9 个课题组, 覆盖地理、地质、气象、水文、农业、林业、草业、牧业、水利、土地、水土保持、生态、环境、城市建设、历史、考古、社会经济以及石油、天然气、煤炭、冶金等学科, 总计有 35 位院士和近 300 位专家, 并有西北 6 省、自治区 130 多位有关领导和专家参与有关的研究工作.

经过多层次的实地考察及反复研讨, 在 9 个课题研究成果报告的基础上, 形成了以“西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究”为主题的系列专著, 提供了相关领域的研究背景、覆盖内容和主要论点, 奉献给关心和支持我国西北地区大开发的各位读者.

该系列专著的主题分别为: (1) 水污染防治卷(钱易主编); (2) 工矿卷(李东英主编); (3) 农牧业卷(任继周主编); (4) 水资源卷(陈志恺主编); (5) 城镇卷(周干峙主编); (6) 生态环境卷(刘昌明主编); (7) 重大工程卷(潘家铮主编); (8) 自然历史卷(刘东生主编); (9) 土地荒漠化卷(石玉林主编); (10) 综合卷(钱正英主编).

联系方式: 北京东黄城根北街 16 号 科学出版社 (电话: 010-64033517)