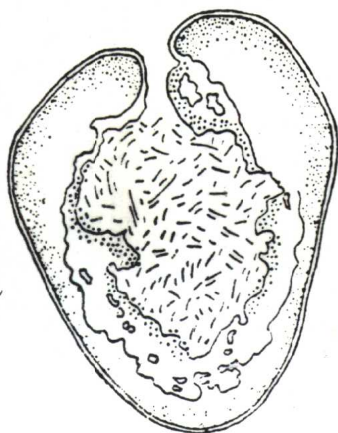




中国北部地衣测年研究



谢新生 肖振敏 著



地震出版社

地震科学联合基金资助

中国北部地衣测年研究

谢新生 肖振敏 著

地震出版社

1991

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书简要地介绍了地衣基本知识及国内外地衣测年研究概况。地衣测年法作为 ^{14}C 等测年方法的补充,在某些测年样品难以采集的地区,可以发挥其作用。作者研究了丽石黄衣的生长与环境的关系,获得了适用于中国北部任一地区测年的丽石黄衣的生长模式及中国北部四个自然区测年的丽石黄衣的生长模式。最后列举了四个应用实例。本书可供地震、地质、地貌、冰川、考古、气候等专业的科技人员参考。

中国北部地衣测年研究

谢新生 肖振敏 著

责任编辑: 吴 冰

责任校对: 孔景宽

地震出版社出版

北京民族学院南路9号

国防大学第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

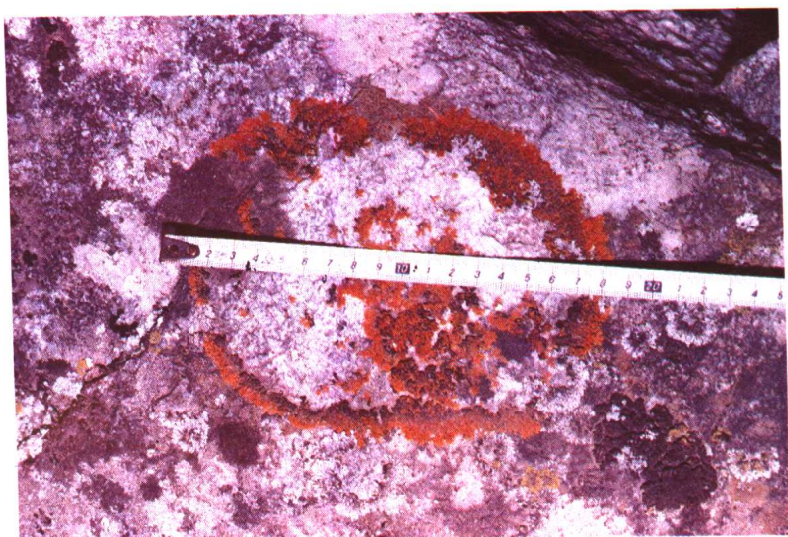
850×1168 1/32 3.375印张 1插页 89千字

1991年10月第一版 1991年10月第一次印刷

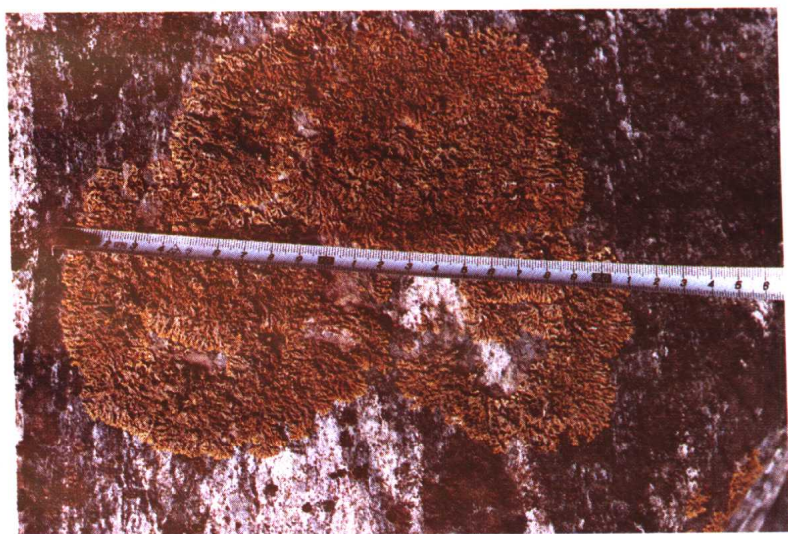
印数 001—600

ISBN 7-5028-0465-X / P·299

(853) 定价: 3.50元



照片 1 陕西省长安南翠华山最高崩塌体顶丽石黄衣



照片 2 陕西省华县莲花寺移山石东土堆滑塌体上丽石黄衣

序 言

地衣测年法，自从奥地利学者 R.E.Beschel 于 1950 年首先正式提出以来，至今已 40 年了。在这 40 年中，国外一些学者先后在不同地区对这种测年方法进行了不同程度的应用和研究，并多用于冰川地貌学研究中。应用于古地震的研究，最早尚属苏联学者 A.A.Nikonov。我国开展这方面的工作较晚，大概于 70 年代末才开始注意应用这一方法，首先应用在冰川、古地震和活动断裂的研究工作中，如陈吉阳把地衣测年应用于天山冰川的研究，朱海之、冯先岳、王维斌等先后把地衣测年应用于新疆古地震的研究。1984 年，陈吉阳发表了一篇题为“国外地衣测量研究的概况”的综述文章（发表在《冰川冻土》6 卷，4 期），较全面地介绍了地衣测年法的研究历史和国外研究现状。

但总的看来，不论国内还是国外，对地衣测年法的应用还很不广泛，对这一领域的研究进展缓慢，从事这一方法研究的学者为数也不多。其原因可能是由于这一测年法是属于跨学科领域。地衣是生物学中一支较偏而窄的门类，从事这方面的研究者本来就不多，他们对地学的需要了解甚少，而应用地衣测年这一方法的又都是地学人员，对这一特别种类的生物知识比较缺乏。再加上地衣种类较多，影响其生长的因素又很复杂。所有这些困难都阻碍了地衣测年应用和研究的进展。因此，目前地衣测年法尚处于利用有限资料，在局部地区探索性应用阶段。

《中国北部地衣测年研究》一书是作者在地震科学联合基金会资助下，至今对地衣测年法较为系统的一项研究成果。作者对我国北部广大地区进行了大量实际的艰苦的调查工作，获得了较丰富的资料和数据。在此基础上，对这些实际资料进行了系统的分析研究，确定了中国北部测年用的地衣最佳种属，提出了地衣测量的工作方法，总结出这种地衣的生长模式及影响生长的各种因素的定量关系，得出了中国北部四个自然地理区的地衣生长区域的和通用的两种模式，并介绍了应用实例。

此书的出版，对地学诸领域，如活动构造学，地貌学和古地震的研究，都具有重要意义和实用价值。如活动断裂和古地震研究，在地震预报和工程稳定性研究领域中占有相当重要的位置，而对活动断裂和古地震的活动期次、时代的确定，又是该研究中的关键，尤其在不少地区很难取得其他理想测年样品的情况下，地衣测年法可作为可行的方法之一。目前，我国地震工作者正在开展活动断裂的系统研究，仅活动断裂地质填图课题就有 14 项，无疑这本书可作为活动断裂填图的工作手册或参考资料。同时，它也给确定不同地貌类型、不同地貌单元的形成年代提供了一种新的途径。在历史考古学研究中，一些文物考古遗迹（如古岩画、古石雕等）缺乏年代记录的历史文献资料，我想这本书的出版也可能引起历史考古学者的关注和兴趣。

当然，这本书不是对地衣测年法的全面论述，而仅仅对我国黄河以北广大地区较发育的一二种地衣种属作了较系统的研究，对我国适用于不同年代范围，不同环境下生长的其他众多地衣种属，如对冰川研究较密切的海拔 2000m 以上地区发育的地图衣等尚未涉及。从这个意义上来说，这本书仅说明在地衣测年法系统研究历程上向前迈进了一步。如果这本书能引起更多的学者对地衣测年法的关注、兴趣，从而有更多的人参与这一领域的研究、探索，也就达到了出版此书的目的。

该书的很大优点是文字简练，不浪费读者的宝贵时间，但对

地衣测年法在不同领域中的应用实例不多，不能不说是其不足之处。最后还必须指出的是，作者是从事地学的研究工作者，尽管从事地衣研究的生物学者给予了不少指导，但对生物学终究还是不够熟悉的，因此不免在有关生物学的内容上出现这样或那样的偏颇或谬误，希望内行们能予以指正，我想作者将会十分感激。

刘光勋

1990.5 西三旗

目 录

第一章 地衣基础知识	(1)
第一节 地衣的外部特征	(1)
第二节 地衣的构造特征及其繁殖	(6)
第三节 地衣种属的化学鉴定及用途	(15)
第二章 国内外地衣测年研究概况	(17)
第一节 地衣测年研究方法	(17)
第二节 国内外地衣测年研究结果及存在问题	(22)
第三节 地衣测年法存在的问题	(29)
第三章 中国北部地衣普查及测年地衣选择	(31)
第一节 普查范围	(31)
第二节 普查结果	(36)
第三节 测年地衣的选择	(40)
第四章 中国北部丽石黄衣的生长模式	(41)
第一节 地衣测年模式参数的选择	(41)
第二节 逐步回归分析方法简介	(42)
第三节 中国北部丽石黄衣年代与其直径、面积、 气候的回归结果	(44)
第五章 中国北部不同自然区丽石黄衣生长模式	(52)
第一节 自然区划分	(52)
第二节 各自然区特征及该区丽石黄衣生长模式	(55)
第六章 丽石黄衣的植入前期及增长速率	(69)
第一节 丽石黄衣的植入前期	(69)

第二节	丽石黄衣的直径增长速率	(70)
第三节	丽石黄衣直径增长速率与面积增长速率的 关系	(71)
第七章	中国北部丽石黄衣测年应用	(73)
第一节	中国北部丽石黄衣测年应用步骤	(73)
第二节	丽石黄衣测年应用实例	(77)
编后语		(92)
参考文献		(95)

第一章 地衣基础知识

第一节 地衣的外部特征

1. 地衣及其生长特点

在山野的岩石上、树皮上常常点缀着一些黄绿色、灰色、桔红色、黄色、黑色的斑块，那就是地衣。全世界已知的地衣约 500 个属，26000 余种，我国已记载的地衣约 200 个属，近 2000 种。

地衣是一类特殊的真菌^[1]，也有人称它为独特的植物^[2]。它们具有各种颜色、多样的生长形态、特殊的内部结构以及一切生物无可相比的长寿命。

地衣是两种生物的复合体。在显微镜下观察地衣体的横剖面，可以清楚地看到地衣是由无色的真菌菌丝组织和绿色或蓝绿色藻细胞共同组成。尽管它是真菌和藻类共生的复合体，但是参与地衣共生的真菌却是地衣的主导成分。地衣的子实体实际上正是真菌的子实体。地衣体的形态特征几乎完全是由参与地衣共生的真菌所决定的。

共生现象可分为三类，即颌颞共生、中性共生、互惠共生。

互惠共生即互相依赖，互相吸收营养，密不可分地共同生长，这类现象中，除了地衣外还有豆科植物。根瘤菌进入豆科植物根部皮层细胞中，从植物根部取得碳水化合物营养，同时吸收空气中的游离氮，以硝酸盐的状态把氮供给豆科植物^[3]。除此之外，还有共生细胞与茜草科九节属植物的联合，生活在某些澳大利亚白蚁消化道内的单细胞原生生物和三种细胞的联合，菌根

真菌与某些木本植物根的联合，以及生长在腔肠动物水螅中的绿藻和生长在绿色草履虫体内的绿藻等等都是生物的互惠共生现象^[1]。真菌与藻类的联合是这一现象中最突出、最完善的典型。据有关资料^[1]，地衣的共生菌是依赖于共生藻的光合作用提供碳素营养（葡萄糖及多元醇），共生菌的某些分泌物可增进藻细胞的光合作用，因而有利于共生藻的生存。藻细胞由于被交织的菌丝所包围，实际上，对藻来说菌丝组织起到了保护藻的作用，使藻细胞免遭有害元素的影响以及机械作用的损伤。另一方面，菌丝组织使光照强度适当减弱，有利于依赖弱光照生存的共生藻，而且保持藻的水分，提高抗旱能力。地衣生活中所需要的碳化物来自体内共生藻的光合作用，其光合作用速率远比高等植物为低，而呼吸速率与高等植物相近，其净同化作用非常低，因而能提供给共生菌的碳化物很少。这可能是地衣生长缓慢的原因之一。

地衣没有任何特殊的防止失水的结构。已湿透的地衣在干燥的空气中，几个小时就会被晒干。几种在干燥环境中生长的地衣最小含水量的范围是 2.0%—14.5%。这就是说，有些地衣能忍受严酷的干旱。另一方面，大多数干旱地衣原植体对水的吸收是很快。常温下浸在水中的地衣只需 1—2min，通常不超过 30min，就可以完全湿透。一些壳状地衣由不可湿润的物质做外壳，在相同的环境下需要 6h 才能湿透。当地衣含水量增加时，其呼吸速率线性升高，而其光合作用速率急剧下降^[4]。这表明，有利于地衣光合作用的含水量有一个范围，在这一范围内，含水量越低，地衣生长越好^[4]。最利于地衣生长的含水量因地衣种属而异，有的地衣最佳含水量大约是其水饱和时的 77%。多数枝状灌木丛状地衣，其饱和含水量是它干重的 100%—300%，据报道，有些地衣的含水量是其干重的 800%—1400%。

与其他生物一样，地衣生长也需要一定的温度。据报道^[4]，地衣的耐热温度一般能达到 50—69℃，及其以上 20—40℃。

Lange^[4]把干旱地衣放在不同温度下 30min, 其正常呼吸速率减少一半时的温度为地衣的耐热极限, 从而得出了 40 种干旱地衣不同的耐热极限。树发属 (*Alectoria Sarmentosa*) 的耐热极限是 70℃, 喇叭石蕊地衣 (*Cladonia Phixidata*) 的耐热极限是 101℃, 潮湿地区地衣的耐热极限范围是 35—46℃。

地衣能忍受异常低的温度, 许多地衣暴露在 -183—-268℃^[4]环境中也不会死亡。地衣能忍受酷暑严寒, 因此, 在我国北部的广大地区甚至海拔数千米的高山上, 也广布着多种地衣。但是, 尽管地衣存活温度范围很大, 有利于其生长的最佳温度也是有限的。实验证明, 西欧的地衣其夏天的生理活动水平在全年中最低, 每单位干重地衣的光合作用, 在冬天 (12 月—1 月) 比夏天 (5 月—6 月) 要高得多。图 1 表示梅衣属叶状地衣 (*Parmelia Baltimorensis*) 的单裂片平均每天的生长速率^[4], 在全年中夏天最高。上述两地情况似乎矛盾, 实际上, 气候与纬度、海拔密切相关。纬度、海拔不同的两地, 其夏季或冬季的气候因素 (温度、湿度、光照等) 可以差别很大。有些地区的冬天温度较低, 光线较弱, 不利于地衣生长。有些地区夏季温度对地衣生长比较合适, 但由于干旱, 严重影响了地衣的光合作用。因此, 有人认为^[4]地衣生长的最佳季节是春季和秋季。

不同地衣生长所需的最佳温度范围不一样, 图 2 表明坚韧胶

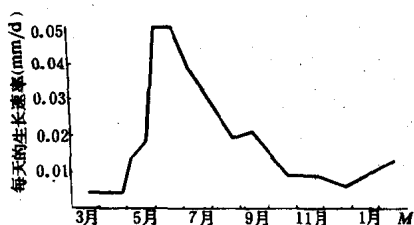


图 1 梅衣属叶状地衣单裂片
平均每天生长速率

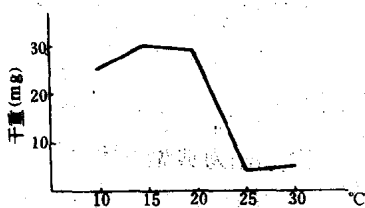


图 2 坚韧胶衣在不同温度
生长的曲线

衣 (Collema Tenax) 生长的最佳温度是 15—20℃^[4]。地图衣生长在 2000m 以上的高山区，它生长的最佳温度肯定低于这个值。

2. 地衣的外部特征

地衣的外部形态，一般可分为壳状、叶状、枝状三种。除这三种基本类型外，还存在着一系列中间类型，如鳞壳状，鳞叶状等。

(1) 壳状地衣

壳状地衣体成各种色彩的斑块状硬壳^[2]，常以下表面的髓层菌丝紧密地固着于基物为特征。低级的壳状生长型往往缺乏明显的内部分化，地衣体深入到基物内生长。如石内生的 (endolithic) 一类地衣体没有上皮层，藻细胞分散于岩石外层的晶体下面，菌丝不规则地穿入岩石里面，深可达数毫米，这时，仅能从岩石表面着生的子囊果才能显示出地衣体的存在。又如树皮内生的 (endophloeodal) 一类地衣，地衣体在树皮内发育，往往仅能从树皮表面发现它们的子囊果；有时当缺乏子囊果时，就只能从树皮表面的深色或淡色斑块来判断它们的存在。基物内生的壳状地衣常见于网衣属 (Lecidea)、茶渍属 (Lecanora) 以及文字衣目群 (Graphidineae) 的一些种类中。

壳状地衣进一步分化成较高级的一个类型，它们介于壳状与鳞叶状之间，称为鳞壳状地衣 (Placodioid lichens)。该地衣体常呈正圆形，中央成龟裂状或颗粒状的硬壳，周缘分裂成放射状的裂瓣，紧密或疏松地固着于基物上，橙衣属墙生橙衣 (Caloplaca Murorum) 为典型的鳞壳状地衣体 (图 3a)。

壳状地衣的上表面是平滑的，常呈连续的；但有些种类的表面粗糙，形成鲨鱼皮状小疣，呈颗粒状；有的种类上表面分裂成龟裂状小块，而称之为网间面，例如：地图衣 (Rhizocarpon Geographicum) 的地衣体上表面呈龟裂状网间面 (图 3b)。

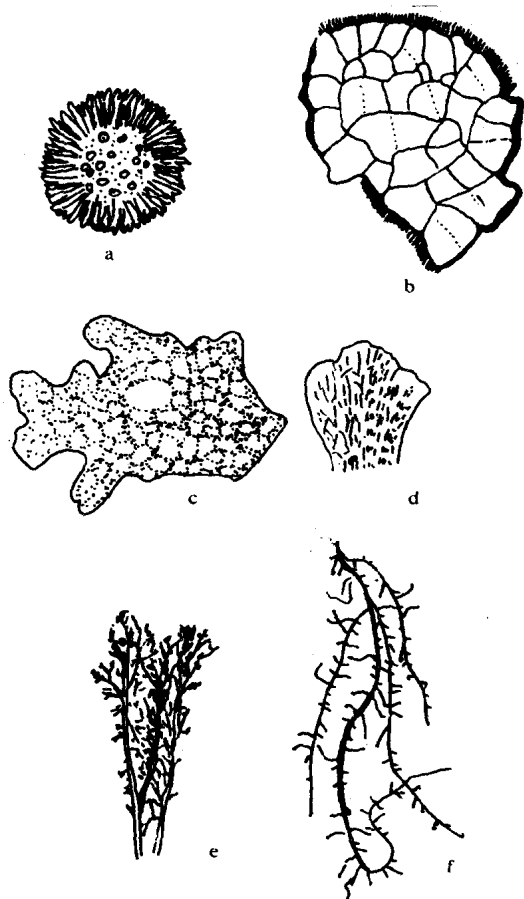


图 3 地衣的形态及部分附属结构

壳状地衣外形: a. 鳞壳状地衣体; b. 地衣体上表面的网间面。

叶状地衣的附属结构: c. 地衣体下表面网状沟中的绒毛; d. 地衣体下表面脉纹上的假根。枝状地衣外形: e. 灌丛状地衣体; f. 细丝状地衣体

(2) 鳞叶状地衣

鳞叶状地衣体由小型鳞叶组成。具有背腹性，内部构造相似于叶状地衣，但常缺乏下皮层和假根。这种生长型是由鳞壳状发展而来的。见于鳞叶衣属(*Pannaria*)和黄烛衣属(*Candelaria*)的一些种类。石蕊属(*Cladonia*)中的初生地衣体也属于这一类型。

(3) 叶状地衣

叶状地衣体呈偏平的单叶状或复叶状，近圆形或不规则扩展，多数有下皮层。内部构造是背腹型。梅衣属(*Parmelia*)和牛皮叶科(*Stictaceae*)中的地衣均属于这一类型。

叶状地衣的下表面常生有各种附属结构，如：肺衣(*Lobaria Pulmonaria*)的下表面网状沟中生有绒毛(图 3c)；地卷的下表面脉纹上有假根(图 3d)；红腹石耳(*Umbilicaria Hypococcinea*)下表面的中央有脐。地衣体借助于它们附着于基物上。

(4) 枝状地衣

枝状地衣的外部形态变化较大。地衣体的分枝常是圆柱状或棱柱状，有时为扁平的条带状至宽扇状。整个外形常呈直立的灌丛状或悬垂的细丝状，基部直接与基物相连，或以附着器固着基物。如：软石蕊(*Cladonia Mitis*)地衣体呈灌丛状(图 3e)；亚洲树发(*Alectoria Asiatica*)地衣体呈细丝状(图 3f)。

枝状地衣的外部形态尽管各异，但其内部结构均呈辐射状。

第二节 地衣的构造特征及其繁殖

1. 地衣的共生藻和共生菌

(1) 共生藻(Phycobiont)

共生藻即与地衣型真菌共生的藻类。

地衣是一类特殊的真菌。其所以特殊，就在于它们必须与藻类共生。并不是任何藻类都可以与任一地衣型真菌共生形成地

衣，只有那些在生物长期演化过程中与一定的地衣型真菌共生而生存下来的藻类才是共生藻。现已知地衣共生藻约 26 个属，其中较为常见的有：共球藻、桔色藻以及念珠藻三属。

① 共球藻：它为最常见的单细胞绿藻，呈圆球形(图 4a)。茶渍属、梅衣属、松萝属等地衣共生藻为共球藻。

② 蚁藻：它为单细胞绿藻，呈圆球形至梨形。肺衣属的地衣共生藻为蚁藻(图 4b)。

③ 肋球藻：常见几个细胞聚集一团，呈圆球形至椭圆形(图 4c)。明球藻与肋球藻近似(图 4d)，同为皮果衣属地衣的共生藻。

④ 胶球藻：常为单生或群生的长圆形绿藻。地卷属和散盘衣属的地衣共生藻为胶球藻(图 4e)。

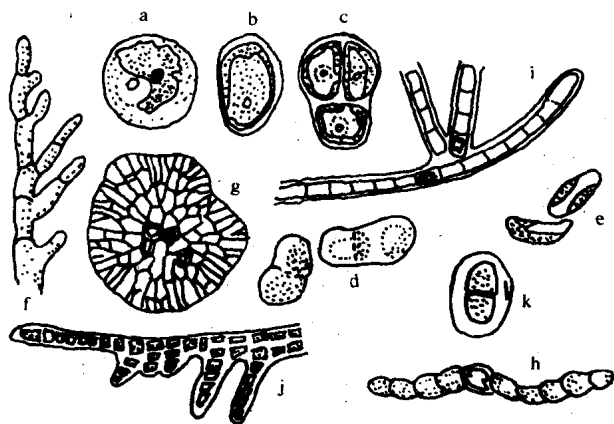


图 4 地衣主要共生藻模式图^[2]

- a. 共球藻; b. 蚁藻; c. 肋球藻; d. 明球藻;
e. 胶球藻; f. 桔色藻; g. 叶柄藻; h. 念珠藻;
i. 伪枝藻; j. 真枝藻; k. 色球藻

⑤ 桔色藻：它为丝状绿藻，常呈不规则的分枝，含有橙红色

色素(图4f)。文字衣属(*Graphis*)、绒衣属(*Coenogonium*)等地衣的共生藻为桔色藻。

⑥ 头孢藻:它为近圆形片状绿藻。含有血红色色素。叶椭圆藻与头孢藻相近似,同为叶生衣的共生藻(图4g)。

⑦ 念珠藻:为常见的丝状蓝藻。由圆球形的细胞串连成念珠状,在细胞链中带有-一个异形细胞(图4h),胶衣科(*Collemataceae*)地衣共生藻为念珠藻。

⑧ 伪枝藻:它为丝状蓝藻。藻丝为假分枝,细胞呈长圆筒形,有坚实的胶质鞘,在地衣体中丝状体常以单生出现(图4i)。瓦衣属(*Coccocarpia*)地衣的共生藻为伪枝藻。

⑨ 真枝藻:它为丝状蓝藻。丝状体常呈单生,顶端细胞成单列,在地衣体中,常以球形单细胞出现(图4j)。毡衣属(*Ephebe*)地衣的共生藻为真枝藻。

⑩ 色球藻:它为单细胞蓝藻,具有层次分明的厚胶质鞘,在地衣体中略显红色(图4k)。菊花衣属(*Phyliscus*)地衣的共生藻为色球藻。

(2) 共生菌(Mycobiont)

共生菌即与共生藻互惠共生的地衣型真菌。

实际上并非任何真菌同任何藻类共生都可以形成地衣,而只是那些与一定的藻类经过长期生物演化过程,具有高度遗传稳定性的真菌才能与相应的藻类共生形成地衣。

绝大多数地衣共生菌属于子囊菌纲的核菌类和盘菌类。极少数地衣共生菌属于担子菌纲中的伞菌目,革菌科的一些种类。

2. 地衣体的内部构造

根据藻细胞在地衣中分布的不同部位,地衣体可分为两种结构型:异层型和同层型。

异层型是藻细胞排列于地衣体上皮层与髓层之间,形成明显的一层。大多数地衣属于异层型结构。

同层型是藻细胞分散于地衣体上皮层之下的髓层中,没有明