

中国科学院中国孢子植物志编辑委员会 编辑

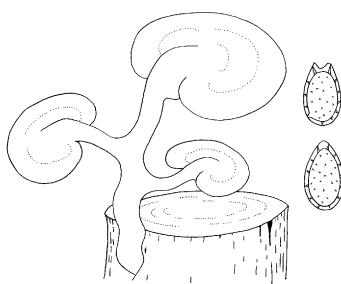
中 国 真 菌 志

第 十 八 卷

灵 芝 科

赵继鼎 张小青 主编

中国科学院知识创新工程重大项目
国家自然科学基金重大项目
(国家自然科学基金委员会 中国科学院 国家科学技术部 资助)



2000

内 容 简 介

本书是我国自 20 世纪 30 年代以来灵芝科研究的总结,它系统地描述了灵芝科真菌 98 种,分隶 4 属。研究标本遍布全国。文中详细阐述了灵芝的宏观和微观特征、生态分布、历史与发展以及分类系统。有分属和分种检索表。每个种有形态描述、文献引证、解剖图、模式产地、生境、标本产地、世界分布、研究标本及讨论。部分种有形态照片。

本书可供医药、林业、农业、生物学、真菌学工作者及大、专院校相关专业的师生参考。

中国科学院中国孢子植物志编辑委员会 编辑

中 国 真 菌 志

第 十 八 卷

灵 芝 科

赵继鼎 张小青 主编

责任编辑 彭克里

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2000 年 8 月第一次印刷 印张:14 插页:3

印数:1—900 字数:303 000

ISBN 7-03-008293-1/Q·945

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

CONSILIO FLORARUM CRYPTOGAMARUM SINICARUM
ACADEMIAE SINICAE EDITA

FLORA FUNGORUM SINICORUM

VOL. 18

GANODERMATACEAE

REDACTORES PRINCIPALES

Zhao Jiding | Zhang Xiaoqing

**A Major Project of the Knowledge Innovation Program
of the Chinese Academy of Sciences**

A Major Project of the National Natural Science Foundation of China

(Supported by the National Natural Science Foundation of China,
the Chinese Academy of Sciences, and the Ministry of Science and Technology of China)

SCIENCE PRESS

2000

灵 芝 科

本 卷 著 者

赵继鼎 张小青

(中国科学院微生物研究所)

AUCTORES

Zhao Jiding Zhang Xiaoqing

(*Institutum Microbiologicum, Academia Sinica*)

中国孢子植物志编辑委员会第四届编委名单

(1998年4月)

(右上角有*者为常委)

主 编 曾呈奎*

常务副主编 魏江春*

副 主 编 余永年* 吴鹏程* 毕列爵*

编 委 (以姓氏笔画为序)

王全喜 白金铠 田金秀* 刘 波 庄文颖*

庄剑云* 齐雨藻 齐祖同* 朱浩然 应建浙*

吴继农 邵力平 陈灼华 陈建斌* 陆保仁

林永水 郑柏林 郑儒永* 姜广正 赵震宇

施之新 胡人亮 胡征宇 胡鸿钧 高 谦

夏邦美 谢树莲 臧 穆 黎兴江

序

中国孢子植物志是非维管束孢子植物志，分《中国海藻志》、《中国淡水藻志》、《中国真菌志》、《中国地衣志》及《中国苔藓志》五部分。中国孢子植物志是在系统生物学原理与方法的指导下对中国孢子植物进行考察、收集和分类的研究成果；是生物多样性研究的主要内容；是物种保护的重要依据；对人类活动与环境甚至全球变化都有不可分割的联系。

中国孢子植物志是我国孢子植物物种数量、形态特征、生理生化性状、地理分布及其与人类关系等方面的综合信息库；是我国生物资源开发利用、科学研究与教学的重要参考文献。

我国气候条件复杂，山河纵横，湖泊星布，海域辽阔，陆生与水生孢子植物资源极其丰富。中国孢子植物分类工作的发展和《中国孢子植物志》的陆续出版，必将为我国开发利用孢子植物资源和促进学科发展发挥积极作用。

随着科学技术的进步，我国孢子植物分类工作在广度和深度方面将不断补充、修订和提高。

中国科学院中国孢子植物志编辑委员会

1984年10月·北京

致 谢

在灵芝科的研究及本书成文过程中，我们曾得到过许多单位及中外专家、教授和同行的多方帮助。没有他们的鼎力相助，本工作的完成是不可能的。

首先应该感谢周培瑾研究员，是所长基金的资助使我们的工作没有半途而废。感谢中国科学院真菌地衣系统学开放实验室，他们为本卷册的编写提供了部分资助及诸多方便。感谢徐连旺同志的多年协作。还要特别感谢（按姓氏笔画）庄剑云研究员、余永年研究员、应建浙研究员、邵立平教授和郑儒永研究员，他们对书稿进行了认真审阅并提出了宝贵的修改意见。

感谢中国科学院微生物研究所的或曾在本所工作过的科技人员，他们赠送标本或代为采集标本，为标本拍照或电子显微镜照像、绘图，教授电脑操作或协助借阅标本。他们是：于积厚、马启明、孔华忠、文华安、王芸、王云章、王庆之、王维兴、邓叔群、卯晓岚、刘恒英、吕红梅、孙述霄、庄剑云、朱向菲、邢俊昌、余永年、吴秋欣、应建浙、李宇、李滨、杨玉川、苏京军、陈乃用、陈庆涛、宗毓臣、林桂坚、苑兰翠、郑铁曾、郑儒永、胡复眉、梁枝荣、符春兰、黄永青、黄逢源、董光军、韩树金、梁林山、戴芳澜。

感谢以各种方式给予过我们帮助的丁雄飞、于宇飞、巴良斯基、王启无、王宪生、王德祯、邓祥坤、丛乃广、叶增勇、任玮、刘心祈、刘慎谔、刘鑫源、许瑞祥、吴兴亮、吴匡时、张东柱、李玉、李永昌、李传孟、李振宇、杜宪平、杨仁根、杨永康、卢文彪、邱艳、陆桂玲、陈守常、陈体强、陈陆根、陈居伯、周彤邈、周净慈、林潮佳、欧世璜、侯无畏、姚荷生、姜广正、徐梅卿、桑志华、曹自强、梁子超、符拔太、黄金、黄年来、黄钟麟、黄朝毫、蒋英、谢兴球、蒙永光、裘维蕃、褚明山、赖光儒、赖建平、谭天、谭惠慈、魏秉刚。

感谢为我们采集或赠送标本的单位：国家林业局、中国科学院植物研究所、河北省承德医药公司、上海复旦大学生物系、福建省农业科学院植物保护研究所、武汉大学生物系、广东省科学院微生物研究所、广东省农垦局生产处、华南热带作物研究所、西南林学院。

感谢美国农业部马里兰州 Beltsville 国家真菌标本馆 (BPI) 的 P. L. Lentz 博士、A. Y. Rossman 博士；美国哈佛大学隐花植物 Farlow 标本馆 (FH) 的 D. H. Pfister 博士；英国皇家植物园 (K) D. A. Reid 博士；比利时国家植物园 (BR) 标本馆的 A. Bienfait 博士、J. Rammeloo 博士；荷兰莱顿 RIJKSHERBARIUM 标本馆 (L) 的 W. Jülich 博士、G. E. Brinkman 博士；挪威奥斯陆大学植物系标本馆 (O) 的 L. Ryvarden 博士；阿根廷的 J. E. Wright 博士；新西兰的 B. Peter 博士。他们曾热情的将已定名的标本或模式标本借给作者参考，对许多种的正确鉴定有很大帮助，纠正了过去对某些种定名上概念不清和相混淆的重要问题。

同时也衷心感谢 L. Ryvarden 博士、E. J. H. Corner 博士、R. H. Petersen 博士、

J. S. Furtado 博士、R. L. Gilbertson 博士、A. R. Teixeira 博士、D. A. Reid 博士、D. N. Pegler 和 T. W. K. Young 二位博士、J. Rammeloo 博士、I. Nuss 博士、J. A. Stalpers 博士、J. E. Wright 博士、R. Anjali 博士。他们都曾热心的赠送给作者许多有关灵芝科的论文、书籍和其他有关资料。必须提到的是 R. L. Steyaert (1980) 的遗著是 J. Rammeloo 博士赠送的。E. J. H. Corner 博士除了赠送他的重要著作外，还将他的研究经验和工作方法毫无保留地告诉作者。E. Parmasto (1983) 博士对《中国灵芝》一书作了书评。对此，作者均表示诚挚的感谢。

说 明

1. 作者在本书中使用的灵芝科拉丁学名，全部按《国际植物命名法规》最新版的规定进行订正。汉名主要参考《真菌名词与名称》(1986, 第二版)和1986年第二届全国真菌、地衣学大会通过的《汉语学名命名法规》(真菌学报 6: 61—64, 1987)。对于那些人们常用并熟知种类的汉名仍保留原有的名称, 如: 紫芝、松杉灵芝等。

2. 书中使用的“灵芝”一词有广义和狭义两个概念。广义上“灵芝”可以指灵芝科任意一个种, 狭义上只针对 *Ganoderma lucidum* 一个种。

3. 本书中引证的标本都经过详细研究。其中少数种类是其他研究者的新种, 在这些新种中有的研究了模式标本, 有的由于种种原因未能借到标本。对于那些作者没有把握或未能借到模式标本的种, 将其列入后面的附录中。

4. 凡本书中未注明标本来源的标本, 都是保藏于中国科学院微生物研究所真菌标本馆(HMAS)的标本, 地名后面的号码即 HMAS 的标本编号。引证标本都指明产地, 即是国内分布。必须指出的是, 书中未收录的省区、市不一定没有所描述种的分布, 有可能是作者未能到达该地区。我国地大物博, 未发现的种类和待考察的地区还很多, 有待未来的科学工作者进一步考察研究。

5. 世界分布仅明确国家, 如: 巴西、美国等, 由于文献收集等诸多原因, 未被收录的国家不一定没有分布。

6. 凡中国的新种只记载“中国”。因为除模式产地外还有未发现的产地。

7. 在本书的写作过程中, 我们共参考并引用了八家国内、外标本馆的模式标本和已定名标本:

- 广微所 广东省科学院微生物研究所标本馆
- BPI 美国农业部马里兰州 Beltsville 国家真菌标本馆
- BR 比利时国家植物园标本馆
- FH 美国哈佛大学隐花植物 Farlow 标本馆
- K 英国皇家植物园标本馆
- L 荷兰莱顿 RIJKSHERBARIUM 标本馆
- MHSU 山西大学真菌标本馆
- O 挪威奥斯陆大学植物系标本馆

8. 书末的参考文献按作者姓名字母(我国作者按汉语拼音字母)顺序排列。

9. 书末的真菌汉名索引和真菌学名索引中, 只列出与本卷册有关的“科”级以下的真菌中名和学名。

10. 本书的完成是对赵继鼎先生的纪念。尽管1995年初开始写作时, 赵继鼎先生已经病危。但, 当时的研究工作已基本结束, 本书的写作思路及全书的整体框架结构仍然遵照赵先生的原有风格。

目 录

序

致谢

说明

| | |
|------------------------------------------------------------------------|--------|
| 绪论 | (1) |
| 一、经济重要性 | (1) |
| 二、分类研究的理论基础 | (2) |
| 三、形态 | (3) |
| 四、生态与分布 | (18) |
| 五、分类发展历史 | (20) |
| 六、中国灵芝研究简史 | (22) |
| 专论 | (25) |
| 一、分类系统 | (25) |
| 二、灵芝科的范围与演化 | (26) |
| 三、分属分种检索表及种的描述 | (27) |
| 灵芝属 <i>Ganoderma</i> P. Karst. | (28) |
| 黑灵芝 <i>Ganoderma atrum</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (30) |
| 兼性灵芝 <i>G. bicharacteristicum</i> X. Q. Zhang | (32) |
| 喜热灵芝 <i>G. calidophilum</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (33) |
| 鸡油菌状灵芝 <i>G. cantharelloideum</i> M. H. Liu | (34) |
| 弱光泽灵芝 <i>G. curtisii</i> (Berk.) Murrill | (36) |
| 大青山灵芝 <i>G. daiqingshanense</i> J. D. Zhao | (37) |
| 弯柄灵芝 <i>G. flexipes</i> Pat. | (39) |
| 台湾灵芝 <i>G. formosanum</i> Chang et Chen | (40) |
| 海南灵芝 <i>G. hainanense</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (41) |
| 昆明灵芝 <i>G. kunmingense</i> J. D. Zhao | (43) |
| 灵芝 <i>G. lucidum</i> (Curtis; Fr.) P. Karst. | (44) |
| 小孢灵芝 <i>G. microsporum</i> R. S. Hseu | (47) |
| 内蒙灵芝 <i>G. mongolicum</i> Pilát | (48) |
| 重盖灵芝 <i>G. multiplea</i> D. Hou | (49) |
| 黄灵芝 <i>G. multiplicatum</i> (Mont.) Pat. | (50) |
| 新日本灵芝 <i>G. neo-japonicum</i> Imazeki | (51) |
| 亮黑灵芝 <i>G. nigrolucidum</i> (Lloyd) D. A. Reid | (53) |
| 壳状灵芝 <i>G. ostracodes</i> Pat. | (54) |
| 多分枝灵芝 <i>G. ramosissimum</i> J. D. Zhao | (55) |
| 无柄灵芝 <i>G. resinaceum</i> Boud. | (56) |
| 大圆灵芝 <i>G. rotundatum</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (58) |

| | |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| 山东灵芝 <i>G. shandongense</i> J. D. Zhao et L. W. Hsu | (60) |
| 四川灵芝 <i>G. sichuanense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (61) |
| 具柄灵芝 <i>G. stipitatum</i> Murrill | (62) |
| 伞状灵芝 <i>G. subumbraculum</i> Imazeki | (63) |
| 密纹薄灵芝 <i>G. tenue</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (65) |
| 茶病灵芝 <i>G. theaecolum</i> J. D. Zhao | (66) |
| 松杉灵芝 <i>G. tsugae</i> Murrill | (67) |
| 紫光灵芝 <i>G. valesiacum</i> Boud. | (69) |
| 拟热带灵芝 <i>G. ahmadii</i> Steyaert | (72) |
| 拟鹿角灵芝 <i>G. amboinense</i> (Lam.; Fr.) Pat. | (73) |
| 闽南灵芝 <i>G. austrofujianense</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (75) |
| 狭长孢灵芝 <i>G. boninense</i> Pat. | (77) |
| 薄盖灵芝 <i>G. capense</i> (Lloyd) D. A. Reid | (78) |
| 紫铜灵芝 <i>G. chalceum</i> (Cooke) Steyaert | (80) |
| 澄海灵芝 <i>G. chenghaiense</i> J. D. Zhao | (82) |
| 背柄紫灵芝 <i>G. cochlear</i> (Blume et Nees) Bres. | (83) |
| 密纹灵芝 <i>G. crebrostriatum</i> J. D. Zhao et L. W. Hsu | (85) |
| 硬孔灵芝 <i>G. duropora</i> Lloyd | (86) |
| 拱状灵芝 <i>G. fornicatum</i> (Fr.) Pat. | (87) |
| 黄褐灵芝 <i>G. fulvellum</i> Bres. | (89) |
| 桂南灵芝 <i>G. guinanense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (90) |
| 黄边灵芝 <i>G. luteomarginatum</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (91) |
| 大孔灵芝 <i>G. magniporum</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (93) |
| 无柄紫灵芝 <i>G. mastoporum</i> (Lé v.) Pat. | (94) |
| 华中灵芝 <i>G. mediosinense</i> J. D. Zhao | (96) |
| 光亮灵芝 <i>G. nitidum</i> Murrill | (97) |
| 小马蹄灵芝 <i>G. parviungulatum</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (98) |
| 佩氏灵芝 <i>G. petchii</i> (Lloyd) Steyaert | (99) |
| 弗氏灵芝 <i>G. pfeifferi</i> Bres | (101) |
| 思茅灵芝 <i>G. simaoense</i> J. D. Zhao | (102) |
| 紫芝 <i>G. sinense</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (103) |
| 西藏灵芝 <i>G. tibetanum</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (106) |
| 热带灵芝 <i>G. tropicum</i> (Jungh.) Bres. | (107) |
| 镞形灵芝 <i>G. trulla</i> Steyaert | (109) |
| 粗皮灵芝 <i>G. tsunodae</i> (Yasuda) Trotter | (111) |
| 长管灵芝 <i>G. annulare</i> (Fr.) Gilb. | (115) |
| 树舌灵芝 <i>G. applanatum</i> (Pers.) Pat. | (116) |
| 南方灵芝 <i>G. australe</i> (Fr.) Pat. | (119) |
| 坝王岭灵芝 <i>G. bawanglingense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (122) |
| 褐灵芝 <i>G. brownii</i> (Murrill) Gilb. | (123) |
| 密环灵芝 <i>G. densizonatum</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (124) |
| 吊罗山灵芝 <i>G. diaoluoshanense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (125) |
| 唐氏灵芝 <i>G. donkii</i> Steyaert | (127) |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|---------|
| 有柄灵芝 <i>G. gibbosum</i> (Nees) Pat. | (128) |
| 黎母山灵芝 <i>G. limushanense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (129) |
| 层迭灵芝 <i>G. lobatum</i> (Schwein.) G. F. Atk. | (130) |
| 墨江灵芝 <i>G. meijiangense</i> J. D. Zhao | (132) |
| 奇异灵芝 <i>G. mirabile</i> (Lloyd) C. J. Humphrey | (134) |
| 奇绒毛灵芝 <i>G. mirivelutinum</i> J. D. Zhao | (135) |
| 赭漆灵芝 <i>G. ochrolaccatum</i> (Mont.) Pat. | (136) |
| 橡胶灵芝 <i>G. philippii</i> (Bres. et Henn.) Bres. | (137) |
| 三明灵芝 <i>G. sanmingense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (139) |
| 上思灵芝 <i>G. shangsiense</i> J. D. Zhao | (141) |
| 三角状灵芝 <i>G. triangulatum</i> J. D. Zhao et L. W. Hsu | (142) |
| 马蹄状灵芝 <i>G. ungulatum</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (143) |
| 假芝属 <i>Amauroderma</i> Murrill | (144) |
| 厦门假芝 <i>Amauroderma amoiense</i> J. D. Zhao et L. W. Hsu | (147) |
| 耳匙假芝 <i>A. auriscalpius</i> (Pers.) Torrend | (148) |
| 华南假芝 <i>A. austrosinense</i> J. D. Zhao et L. W. Hsu | (149) |
| 大孔假芝 <i>A. bataanese</i> Murrill | (150) |
| 光粗柄假芝 <i>A. conjunctum</i> (Lloyd) Torrend | (152) |
| 大瑶山假芝 <i>A. dayaoshanense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (153) |
| 粗柄假芝 <i>A. elmerianum</i> Murrill | (154) |
| 黑漆假芝 <i>A. exile</i> (Berk.) Torrend | (156) |
| 福建假芝 <i>A. fujianense</i> J. D. Zhao, L. W. Hsu et X. Q. Zhang | (157) |
| 广西假芝 <i>A. guangxiense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (159) |
| 江西假芝 <i>A. jiangxiense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (160) |
| 弄岗假芝 <i>A. longgangense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (161) |
| 普氏假芝 <i>A. preussii</i> (Henn.) Steyaert | (162) |
| 皱盖假芝 <i>A. rude</i> (Berk.) Pat. | (163) |
| 假芝 <i>A. rugosum</i> (Blume et Nees) Bres. | (165) |
| 拟模假芝 <i>A. schomburgkii</i> (Mont. et Berk.) Torrend | (167) |
| 光假芝 <i>A. sikorae</i> (Bres.) Furtado | (169) |
| 二孢假芝 <i>A. subresinosum</i> (Murrill) Corner | (171) |
| 五指山假芝 <i>A. wuzhishanense</i> J. D. Zhao | (173) |
| 云南假芝 <i>A. yunnanense</i> J. D. Zhao et X. Q. Zhang | (174) |
| 鸡冠孢芝属 <i>Haddowia</i> Steyaert | (175) |
| 长柄鸡冠孢芝 <i>Haddowia longipes</i> (Ié v.) Steyaert | (176) |
| 网孢芝属 <i>Humphreya</i> Steyaert | (177) |
| 咖啡网孢芝 <i>Humphreya coffeatum</i> (Berk.) Steyaert | (178) |
| 附录一 疑难种 | (181) |
| 香港假芝 <i>Amauroderma hongkongense</i> L. Fan et B. Liu | (181) |
| 黑假芝 <i>A. niger</i> Lloyd | (182) |
| 附录二 未研究种 | (185) |
| 白边灵芝 <i>Ganoderma albimarginatum</i> He | (185) |

| | |
|-------------------------------------------------|---------|
| 琼中灵芝 <i>G. chiungchungense</i> X. L. Wu | (186) |
| 贵州灵芝 <i>G. guizhouense</i> He | (186) |
| 尖峰岭灵芝 <i>G. jianfenglingense</i> X. L. Wu | (187) |
| 任氏灵芝 <i>G. renii</i> He | (188) |
| 拟层状灵芝 <i>G. stratoideum</i> He | (189) |
| 芜湖灵芝 <i>G. wuhuense</i> Ren | (190) |
| 兴义灵芝 <i>G. xingyiense</i> He | (191) |
| 镇宁灵芝 <i>G. zhenningense</i> He | (192) |
| 参考文献 | (193) |
| 真菌汉名索引 | (197) |
| 真菌学名索引 | (200) |

绪 论

灵芝科是 Donk (1948) 建立的。

灵芝科是一类大型高等担子菌，它是一个自然分类群，在分类系统上它隶属真菌界 (Kingdom Fungi)，担子菌门 (Basidiomycota)，担子菌纲 (Basidiomycetes)，非褶菌目 (Aphylophorales)。过去曾以属的等级包括在多孔菌科 (Polyporaceae) 中，由于其担孢子的特殊形态而被许多科学家承认现在的等级。这一科真菌外部形态构造特异，有一定的经济价值，在真菌系统演化上有其理论意义，中国古籍中记载丰富，国外也有很多专家研究这一类群真菌。

根据英国 IMI 出版的《真菌字典》第八版，承认灵芝目 (Ganodermatales) 的等级，并在灵芝目下设灵芝科 (Ganodermataceae) 和鸡冠孢芝科 (Haddowiaceae) 两个科 (Hawksworth et al., 1995)。

一、经济重要性

灵芝俗称灵芝草，古称瑞草，早在东汉《神农本草经》(1955 年版本) 中就有赤、青、黄、白、黑、紫六芝记载并列为上品。灵芝在我国劳动人民中间流传甚广，影响很深，灵芝科真菌中确有不少种类有一定的医药价值。灵芝和紫芝就是在我国分布广，医药价值大的种类，也是古代民间用之已久的中草药。东晋陶弘景曰：“今俗所用紫芝，乃是朽木株上所生，状如木槁，名为紫芝，治疗痔，不宜合诸补丸药也。”

中医药名著，如《神农本草经》(1955 年版本)、《重修政和经史证类备用本草》(1955 年版本) 等均指出，灵芝有“益心气”，“人心生血”，“助心充脉”，“安神”，“益肺气”，“益脾气”，“补肝气”，“益精气”，“坚筋骨”，“利关节”，“治耳聋”等功效。由此可见灵芝的用途极广，历代医药学家均认为灵芝是滋补强壮、扶正培本的珍贵药品，有久服轻身延年之功效。

李时珍的《本草纲目》中把灵芝类归于菌类药物，记载有青芝、赤芝、黄芝、白芝、黑芝、紫芝六种。对它们的性味，功能分别作了详细的叙述。书中记载：“青芝一名龙芝 [气味] 酸，平，无毒。[主治] 明目，补肝气，安精魂，仁恕。”“赤芝一名丹芝 [气味] 苦，平，无毒。[主治] 胸中结，益心气，补中，增智慧，不忘。”“黄芝一名金芝 [气味] 甘、平、无毒。[主治] 心腹五邪，益脾气，安神，忠信和乐。”“白芝一名玉芝、素芝 [气味] 辛，平，无毒。[主治] 咳逆上气，益肺气，通利口鼻，强志意，勇悍，安魂”“黑芝一名玄芝 [气味] 咸，平，无毒，[主治] 癰，利水道，益肾气，通九窍，聪察。”“紫芝一名木芝 [气味] 甘，温，无毒。[主治] 耳聋，利关节，保神，益精气，坚筋骨，好颜色，疗虚劳，治痔。”并指明“上述六芝久食后会轻身不老，延年神仙。不忘强志。《本草纲目》中附有紫芝丸的配方，认为紫芝丸可以治虚劳短气，胸胁苦伤，手足逆冷，或时烦躁口干，目视??，腹内时痛，不思饮食，安神保

精。由此可见，我国古代劳动人民对灵芝的特性和疗效早已有了相当的认识和研究，这些宝贵的经验，至今仍很有价值。

灵芝的另一个突出的特点是作为吉祥物，幸福的象征。上至封建王朝的兴衰，下至登科进第、山川楼阁命名、婚丧嫁娶、生儿育女都以灵芝为吉祥。

现代科学研究（陈若芸，于德泉，1998）的结果表明，从灵芝中分到了160种化合物，可分为八大类：三萜类、核苷类、呋喃类、甾醇类、生物碱类、多肽和紫芝氨基酸类、多糖和糖肽类、有机酸和长链烷烃类。药理学研究的结果证明，灵芝类真菌的药理活性主要表现在11个方面：免疫调节作用、提高机体耐缺氧作用、抗衰老作用、抗氧化自由基作用、降血糖作用、降压作用、抗过敏作用、抗炎作用、调节核酸和蛋白质的代谢平衡作用、促进DNA的合成作用和抗放射损伤作用。临床上灵芝对下列疾病有不同程度的疗效：慢性支气管炎、冠心病、肝炎、高血脂症、神经衰弱、肿瘤病的辅助治疗、白细胞减少症、硬皮病、皮炎、红斑狼疮、肌营养不良、肌强直等。

应当提明的是，尽管灵芝确实有一定的药用价值，但绝不是什么“仙草”，更不是“万能药”。什么“起死回生，长生不老”，只是人们对灵芝的一种夸张的赞美和美好的愿望。除了我国以外，在日本、韩国、美国各城市的唐人街及印度尼西亚、马来西亚、新加坡等东南亚国家，均有许多品种用灵芝生产的食品、饮品及保健药品出售。但是，灵芝作为药用真菌起源于中国是毫无疑问的。

分布在我国98种灵芝目前只有14种被人们利用。它们有些被用于人工栽培，作为原材料出口国外或用于国内市场。有些用于发酵生产灵芝的保健药品，有些种用于实验室开发研究材料，为灵芝造福人类提供了宝贵的基础资料。这些种是：拟鹿角灵芝（*Ganoderma amboinense*）、树舌灵芝（*G. applanatum*）、狭长孢灵芝（*G. boninense*）、薄盖灵芝（*G. capense*）、硬孔灵芝（*G. duropora*）、有柄灵芝（*G. gibbosum*）、层迭灵芝（*G. lobatum*）、灵芝（*G. lucidum*）、无柄灵芝（*G. resinaceum*）、紫芝（*G. sinense*）、密纹薄灵芝（*G. tenue*）、热带灵芝（*G. tropicum*）、松杉灵芝（*G. tsugae*）和皱盖假芝（*Amauroderma rude*）。

二、分类研究的理论基础

分类学是人类用以区分客观世界，从而掌握客观世界的基本学科。

自然界的一切事物是多种多样的，千差万别的。高等担子菌灵芝科仅是其中极微小的一部分。对于它的分类有两个目的：（1）根据分类结果，正确区分物种并据此发现资源，充分利用资源；（2）研究它的自然分类系统，说明类群与类群之间，种与种之间的进化关系，同时还可补充资源的利用。这两个目的是相辅相成的，不可偏废。

物种是自然界的客观存在，但在林奈时期人们认为物种是固定不变的，“上帝创造万物”解释了一切物种的来历。拉马克认为物种在自然界是不存在的，它只是人们为了方便起见而设立的分类单元，至今还有人认为物种是不存在的。怎样使人们相信物种的存在，就必须从认识具体的物种着手。例如灵芝 *Ganoderma lucidum* 和紫芝 *G. sinense* 在中国有悠久的历史，在群众中有广泛的影响，它们就是两个具体物种。前者适居温带，在中国向北不过吉林省（黑龙江省尚未发现），向南逐渐演变，到海南省就渐失去

其标准性；后者则适居长江流域和长江以南的广大地区。物种在自然界的存在是不稳定的，这是一条自然规律。在自然界每一个生物种都是连续不断地变化着，但也相对的稳定，它们在自然界的矛盾中生长和发育。达尔文通过多年的南美洲考察，使他相信物种不但是客观的存在，也是在变化的。从纵的方面，种与种间是历史的连续，但有间断，有时看不出明显的联系。从横的方面，种与种间是相互依存的，不是彼此孤立的，但是有时看不出种间相互依存现象。进化论说明了地球上形形色色的物种都是历史的产物，具有或近或远的亲缘关系，渊源于共同的原始祖型，它们是同一祖型的分支后裔。但是怎样演变确实是一个极复杂的问题。

在整个分类研究过程中，由于作者采集到的标本及采集地的局限性，对于灵芝这个种的认识也存在一定的局限性。过去有不少人将灵芝的范围扩大，几乎将所有具光泽，有柄，菌盖呈红褐色的标本，不管菌肉的颜色深浅，都定为灵芝，实际上，这个种从分布上来看，从北向南逐渐减少，形态和颜色以及内部构造都有变化。例如在海南岛采到的灵芝标本多不像北方的那样典型，大量出现的是一种菌盖小，菌柄细长的标本，这种现象是种群间的变化。作者根据这种变化现象，将菌盖小，菌柄细长的种群建立了海南灵芝 *G. hainanense* 新种，与灵芝种区分开。紫芝愈向南分布，也有一定变化现象。因此，分类学家亲自到野外考察，观察每个种的自然生态现象是十分必要的。

三、形 态

由于灵芝的奇特外型及与众不同的内部结构，使其在理论上对于担子菌的演化有重要的研究价值。Corner (1983) 的论著中指出利用干标本形态描述的种类与利用活标本描述的种类是有差异的。他特别强调野外新鲜标本详细记录的重要性，认为根据干标本描述的种类太简单，不能反应其在自然界的真实情况，只有用新鲜标本的形态特征进行描述，才能真正反映该标本的真实情况。

宏观特征

灵芝科的外部形态是长期适应外界环境条件并完成一定的生理功能的结果。由于地理环境、气候、温度等一些自然条件的影响，这个科的外部形态产生很大的差异，这些差异为我们对灵芝的分类提供了条件和依据。近年来，在国际上真菌分类这门学科虽然已有很大的进展，但是形态分类仍是主要的分类手段，为了便于说明问题，作者分别介绍灵芝科真菌的形态特征如下：

1. 担子果和菌盖

灵芝科真菌的担子果是由菌丝体生长发育的结果。菌丝体是在适宜的营养和环境条件下，由担孢子萌发而形成的。担子果生长在自然界中，受外界环境的因素影响，从幼小到成熟要经过许多阶段。由于条件和内在因素的差异，担子果的形态和颜色有许多变化，每一个种都代表着一个特定的群体。担子果的每一个特征，都有一定的辅助分类作用。担子果的外部形态是分类上的重要依据。担子果一年生或多年生（图 1），木栓质

到木质，个别种类近似硬革质，这种不同的质地，通常在同种中就有变化。因生长发育时期的不同，同一担子果质地也有变化，但仍不失为一个分类上的辅助特征。

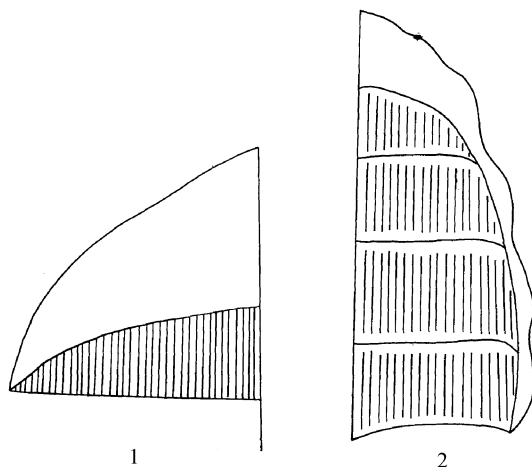


图1 担子果剖面示意图
1. 担子果一年生，2. 担子果多年生。

菌盖的形态是较为重要的分类特征。菌盖半圆形、近圆形或近肾形。有似漆样的光泽具同心环纹、环沟或环带，有的有放射状纵皱，具有带光泽的菌柄（图2-1）。南方有些种类如海南岛的一些种，菌盖小，有的像匙状，菌柄细而长（图2-2）。有一些种无柄，但具有短的基部（图2-3），色泽与菌盖相同，其菌盖近扇形、贝壳形或其他形状。还有无柄的种类，其菌盖直接附着在基物上，半球形、马蹄形或其他形状，可以多年生长（图2-4）。另外，有一些种类形态各异，有的担子果形状像具念珠状长柄的小匙（图2-5）。以上这些形状虽然有一些变化，但其变化范围是有一定规律的。它们是分类上必不可少的依据。

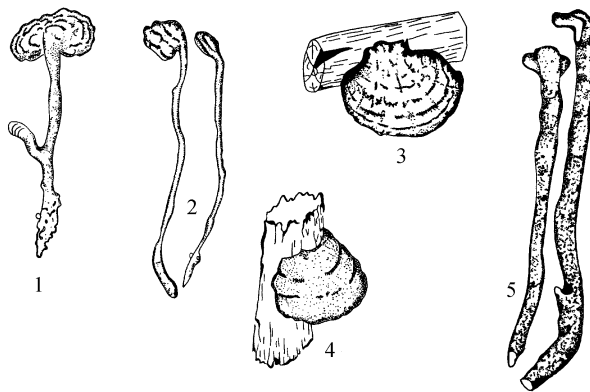


图2 担子果类型示意图
1. 具菌柄，2. 菌盖小菌柄细长，3. 无柄具柄基，菌盖形状各异，4. 无菌柄，菌盖形状各异，5. 匙状菌盖念珠状柄。

菌盖的大小常可作为分类上的辅助依据，如 *Ganoderma applanatum* 大者宽可达 1

m 以上，小的宽则几厘米。*G. magniporum* 菌盖宽不到 3 cm。假芝属中也有一些小菌盖种类。菌盖表面特征常常也是分类依据，如颜色特征，有黄色、淡黄色、肉桂色、褐色、淡褐色、红褐色、紫褐色、黑褐色、紫色、黑色等颜色变化；有或无似漆样光泽；平滑或粗糙；有环纹、沟纹及放射状条纹等其他特征均包括在菌盖表面特征内。

2. 菌肉

菌肉的颜色在灵芝科中是较重要的分类依据。作者在 1979 年根据菌肉颜色的差异，将灵芝属分为灵芝组和紫芝组两个组。前者菌肉分两层，接近皮壳处呈淡白色到木材色，接近菌管处呈淡褐色到褐色。而后的菌肉呈均匀的褐色或深褐色、肉桂色或栗褐色。有的种类菌肉中具黑色壳质层，有的种类则无黑色壳质层，这一特征也成为区分种间的有用条件。

树舌灵芝亚属 (Subgen. *Elfvigia*) 的菌肉呈均匀的深褐色到肉桂色。粗皮灵芝亚属 (Subgen. *Trachyderma*) 的菌肉呈淡白色到白色。假芝属 (*Amauroderma*) 依菌肉大致分两组，一组菌肉呈淡白色、淡奶油色到淡黄色，另一组的菌肉呈褐色到肉桂色。由于这两组的颜色没有严格的区分界限，且有重叠现象，又因气候变化，阳光曝晒颜色也有变化，故尚不适宜作为区分组间的特征，而可以作为区分种间的特征。鸡冠孢芝属 (*Haddowia*) 的菌肉由白色到稻草黄色。网孢芝属 (*Humphreya*) 的菌肉由淡褐色到略带褐色。但也有分类学家认为菌肉颜色有变化不能作为分类的依据，Steyaert (1972) 认为菌肉颜色变暗或许是由随着纬度和海拔高度的不同，平均温度渐渐增加所致。

3. 菌管

菌管层的颜色、长短、分层与否、管层间有或无菌肉组织等特征是区分种的一些辅助性特征。例如长管灵芝 (*Ganoderma annulare*) 菌管很长，甚至直达菌盖皮壳下，菌肉很薄或几乎没有菌肉。还有某些种菌管层很短。有些种菌管分层明显，例如三角状灵芝 (*G. triangulatum*) 的菌管多层，两层之间有菌肉相间或无菌肉而有一层暗色线。

孔面的颜色也是区分种的特征，但是由于颜色会随菌盖发育的不同时期而变化，所以也常常失去其分类的重要性。孔面形态有时也有协助鉴定的功用，如拟模假芝乳头变型 *Amauroderma schomburgkii* forma *gusmanianum* 的孔面呈乳头状，可以作为鉴定此变型的突出特征。

管口的形状和大小常在同一物种中就有变化，但其变化仍有一定的范围。所以这种性状已经传统地被广泛应用于多孔菌的分类上。灵芝类群的管口通常比较规则，略呈圆形，一般每毫米 4—5 个者居多。大孔者每个孔宽可达 1 mm，小孔者每毫米有 7—8 个。

4. 菌柄

菌柄的有无和它的着生方式是本科种间区分的重要性状，但有的作者忽略了这一性状的重要性，在种的描述中只记载有柄或无柄，对柄的着生方式不记载，这样会给后来的标本鉴定者造成困难。在本书中，作者将菌柄分为有柄和无柄两类：无柄类包括无柄和只有柄基的种类；有柄类分为柄中生、偏生、侧生、背侧生、平侧生和背生六类 (图 3)。背生柄着生于菌盖顶部，使菌盖侧面与菌柄完全脱离而呈倒垂状；背侧生的菌柄也

着生在菌盖顶端，但菌柄与菌盖侧面相连；平侧生柄是菌柄和菌盖在同一水平面上。有一种假中生柄，开始是侧生柄，后来由于菌盖生长的扩展，边缘溶合在一起形成假中生柄。

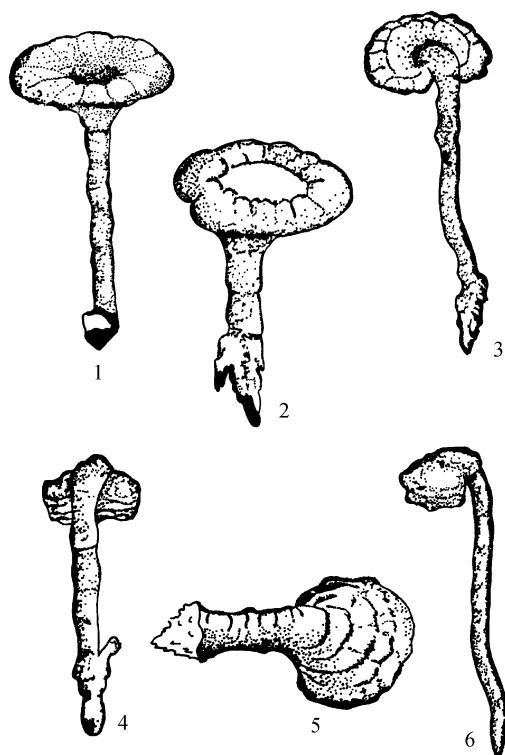


图3 菌柄类型示意图

1. 中生柄，2. 偏生柄，3. 侧生柄，4. 背侧生柄，
5. 平侧生柄，6. 背生柄。

根据作者的经验认为有些种类的菌柄着生方式常常比较稳定，某些种以某种柄着生方式占优势，因此对种间区分是有帮助的。但是由于菌柄的着生方式在同种中有变化，甚至在单一采集地的不同标本中也有变化，故不能作为分类的决定性状。也有些分类学家认为菌柄的有无和它的着生方式不能作为分类的依据，认为菌柄的有无常常是由于担子果在寄主或基物上着生的位置不同而产生的。同一种的担子果着生于基物向阳的一面则无柄，而着生于基物背光、阴湿的部位则能生出菌柄来。

5. 似漆样光泽

灵芝科中有许多种类菌盖和菌柄表面具有像油漆一样的光泽，这种光泽是由菌盖和菌柄的表皮菌丝所分泌的无定形渗出物构成。这种渗出物慢慢渗到表面，结成不同的厚度。有些种类用肉眼就可看出，另一些种类只能在显微镜下才看得见。此种渗出物平常是无色的，有些种类呈近无色或淡黄色，一些标本上呈现的红褐色。暗褐色甚至黑色，不是渗出物的颜色，而是菌盖或菌柄表面构成的菌丝壁上色素所致，这种似漆样光泽已不是区分属间的重要特性。如 *Amauroderma fujianense*, *A. leptopus*, *A. renidens* 等

都具这一特征。但是树舌灵芝亚属的种类都不具这一特征。作者认为这种特性是区分种间的性状。由于担子果经受长期日晒，可使其表面丧失部分光泽，加之多孔菌中的红缘拟层孔 (*Fomitopsis pinicola*) 也有这种光泽，因此在分类上应用这一性状时必须谨慎。

微观特征

灵芝科的微观特征已成为分属分种的重要依据，由于这一类群真菌在自然界生长期较长，形态变化较大，所以在分类研究中内部微观特征显得特别重要，因为这种特征不受外界条件的影响或受外界条件影响很小，具有的特性相当稳定，所以是分类上可信的依据，在本节中将详细叙述皮壳的各种构造，菌丝的类型，担子和担孢子构造等。

1. 标本的浸泡

这一方法是有些科学家为了便于研究而采用的，并非不可更改和替代。干标本的浸泡方法如下：将干标本切取小块或整个浸泡于酒精、福尔马林水溶液中。水溶液中配方是：蒸馏水 700 ml、95%酒精 250 ml、福尔马林 50 ml，配成 1000 ml 溶液。将标本浸泡后可再水煮一定时间，若材料已软化好也可不再用水煮，取出标本进行切片或剥离。浸泡新鲜标本也是分类研究中的重要方法，浸泡液的配制如前所述，该浸泡液是一种软化剂，也是防腐剂，采集时也可携带装好浸泡液的小指形管，将采到的新鲜标本编号，连同标签一并放入小指形管中保存备用。

2. 取样

对于标本的取样，一般都采用 Teixeira (1956) 的取样方法，这也是许多分类学家所采用的方法 (图 4)

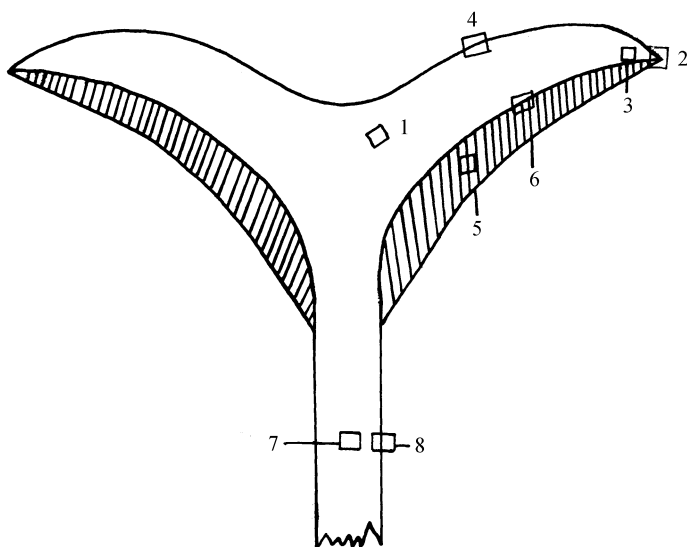


图 4 标本取样位置示意图

1. 菌肉的成熟组织，2. 菌盖边缘，3. 中间区，4. 菌盖表皮构造，5. 菌管壁和子实层，6. 菌管和菌肉的衔接处，7. 菌柄的髓，8. 菌柄表皮构造。

3. 皮壳构造

灵芝科真菌菌盖皮壳的构造是区分本科属、亚属、组以及种的重要性状。依据多孔菌在培养基上的特性，Nobles (1958) 认为 *Ganoderma* 是多孔菌类中最高级的一个属。从对担子果的研究可以看出其皮壳构造的进化程度，从而可以认为灵芝类的多孔菌代表了在结构上高度演化的类群。有人曾用显微镜观察并详细的描绘过 *Ganoderma* 属某些种的菌盖表皮。但是有的分类学家认为皮壳构造的组成菌丝，甚至在同一号标本中也有变化，从而认为这种性状在分类上没有什么价值。

Haddow (1931) 是第一个应用皮壳构造来鉴定灵芝属若干种类的，但他并未使用任何描述性名词。C. J. Humphrey et Leus-Palo (1931) 在对树舌灵芝复合种的研究时强调了解剖性状对于分类的重要性。Furtado (1965) 认为菌盖表皮结构这个特征在灵芝科的分类上是很重要的，在某些情况下菌盖表皮在个体的不同发育时期会产生变化，在成熟时期则具有不同的结构类型。此外，从不同菌盖表皮结构的比较，也可推想系统发育的问题。

观察菌盖表皮结构可以通过组织切片的方法，利用显微镜来观察皮壳结构的菌丝特征及其组织排列方式。菌盖表皮结构可分两类，即外层 (cortex) 和皮层 (crust)。所谓外层就是说没有明显的表皮层，其特征是组成菌肉的菌丝靠近菌盖的表面越变越紧密，有时菌丝排列稍斜，有时菌丝末端稍翘。这种外层结构在灵芝属中没有遇到，在假芝属的某些种类是这样的结构。虽然有的种类在发育过程中不断发生变化，但仍不失是一个稳定的特征。当菌丝的末端与菌盖表面成垂直排列时，这种结构就称皮层。根据菌丝的排列方式及其分层以及菌丝的个体特性，皮层又可分为下列几种，以下是 Furtado (1965) 的分类型，为避免混乱，作者在以下对皮层概念都采用“皮壳”一词。

(1) 拟子实层型 (hymenoderm)，菌丝末端垂直于菌盖方向紧密地平行排列而形成一层棍棒状细胞，很像子实层。此种类型中又分典型拟子实层型和非典型拟子实层型，前者菌丝末端排列规律成同样高度，后者菌丝末端排列成不同高度，像子实层，在这种组成皮壳菌丝的基部常常可看到锁状联合。

(2) 栅栏状皮壳 (palisadoderm) 是一种由多层细胞或菌丝的末端组成的皮壳，排列较密颇似栅栏，又分典型栅栏状皮壳和非典型栅栏状皮壳。前者主要是菌丝平行排列，后者菌丝非平行排列，而是多少交织在一起，但仍似栅栏。两者的基本特征是多层的结构，可由菌丝排列不同高度所致。

(3) 毛皮壳 (trichoderm) 是一种由像毛一样的菌丝，从菌盖表面突起所组成的皮壳。又分疏松的毛皮壳，由长或短的散生菌丝所组成；成丛的毛皮壳，由成丛的分枝或不分枝的菌丝所组成。

(4) 圆孢皮壳 (paraderm) 由结壳的菌丝组成，其细胞是等侧轴的，呈现假薄壁组织的样子。Furtado (1981) 在 *Amauroderma* 属的专著中，对皮壳的概念与以上概念基本一致。

Steyaert (1980) 依据皮壳结构的不同将 *Ganoderma* 属区分成 4 个亚属。(A) 灵芝亚属 (Subgen. *Ganoderma*)。又分为：(a) 灵芝组，它的皮壳构造呈拟子实层型，组成菌丝膨大，近圆柱形，末端比菌丝直径宽 4—5 倍。如 *G. lucidum* 和 *Haddowia*

longipes。(b) 等经胞组 (characoderma), 组成菌丝不膨大, 菌丝末端与菌丝直径几乎相等或稍宽。有少数组成菌丝末端呈头状, 如 *G. pfeifferi*。(B) 树舌灵芝亚属 (Subgen. *Elfvingia*) 的皮壳构造呈毛皮壳型。(C) 类交织皮壳亚属 (Subgen. *Anamixoderma*), 皮壳构造由透明菌丝和褐色菌丝疏松的交织在一起, 完全埋藏在黑色物质中, 如 *G. lobatum*。(D) 密织壳亚属 (Subgen. *Plecoderma*), 其皮壳构造由透明菌丝紧密缠绕并有黑色物质渗透, 形成与菌肉明显不同的一层, 如 *G. philippii*。

Corner (1983) 认为树舌灵芝亚属除个别种外, 都不属于毛皮壳类型, 不形成典型的拟子实层型和栅栏状型, 这一事实已被许多分类学家所公认。他认为 *Amauroderma* 属的皮壳构造没有 *Ganoderma* 属的进化, 它的皮壳构造变化比后者更多, 但多不形成栅栏状皮壳型, 组成菌丝多呈倾斜状, *A. rugosum* 的皮壳形成胶粘层, 由垂直的生殖菌丝构成, *A. subresinosum* 的皮壳构造由近棒状组成菌丝构成紧密的栅栏层。利用皮壳构造作为种以上单位的分类依据是比较合适的, 而不适合用于种下单位的分类。

作者认为, 根据皮壳构造差异不明显来进行繁琐的分类常常会遇到很多困难。同一个种的担子果由于生长时期、生长环境和地理分布的不同, 有可能造成皮壳结构的差异, 这种差异有时会很很大。有时还会遇到一些中间类型。过分强调这一特征是不合适的, 但忽略了它在分类上的作用也是不恰当的, 它仍然是区分类群, 甚至区分种的重要性状。所有事物应具体事情具体对待。

Corner (1983) 建议将灵芝属区分为皮壳具拟子实层型的灵芝亚属和不具拟子实层型的树舌灵芝亚属, 这种区分方法是比较合理的。作者认为应当将菌盖表皮所有结构区分为外层型和皮壳型两类, 例如 *G. ochrolaccatum* 的表皮已形成很厚的皮壳, 称皮壳比较合适。作者在本书中接受 Corner (1983) 和 Gilbertson et Ryvarden (1986) 所采用的皮壳一词的概念。

观察菌盖皮壳构造, 主要采用徒手切片法, 依据在显微镜下观察到的切片最薄而较完整的部位进行描述。一般不用染色法, 因为灵芝类的皮壳一般都带颜色, 若染色反而看不清楚。根据经验, 徒手切片直接观察是一种简便易行的方法, 最困难的是划分皮壳类型, 尤其遇到过渡类型时, 很难确定其皮壳类型。

4. 菌丝系统

多孔菌真菌的菌丝系统类型是 Corner (1932 b) 提出的。Cunningham (1954) 提出将菌丝作为多孔菌鉴定属和种的依据之一。灵芝科真菌的菌丝系统通常是三体型, 它包括生殖菌丝、骨架菌丝和缠绕菌丝。少数种类的菌丝系统是二体型, 即只有生殖菌丝和骨架菌丝而无缠绕菌丝。菌丝系统是本科的稳定性状, 是标本鉴定的重要参考依据之一。将菌丝的超微结构作为分类依据是形态分类的进步, 作者将 *Ganoderma sinense* 和 *G. formosanum* 的生殖菌丝的超微结构 (见图版 VI: 3, 4) 进行了比较, 前者的桶孔横隔膜上有 3—4 孔, 而后者则是 5—6 孔, 尽管标本是随机选择的, 实验是初步的, 但从中仍可看到了这一工作的重要意义。

生殖菌丝通常透明、薄壁, 在新鲜标本上容易观察到锁状联合, 而在干标本上容易破碎, 不易检测到锁状联合, 用对照照明法可以看到。这种生殖菌丝在菌盖生长边缘部位比较容易找到, 通过细胞的分化, 生殖菌丝能够产生各种典型的结构, 骨架菌丝和缠

绕菌丝都是分化菌丝，亦称营养菌丝或体细胞菌丝，它们永远不会产生担子。

骨架菌丝是由生殖菌丝转变而产生，通常厚壁或实心，无隔膜，少数种类能产生次生隔膜。有些种类在生殖菌丝的锁状联合上部的胞壁处变厚形成骨架菌丝。骨架菌丝常常有色，这与胞壁的色素有关，暗褐色种类与淡色种类的骨架菌丝的颜色显然不同（图5）。骨架菌丝分树状型（arboriform skeletal type）和针状型（aciculiform skeletal type）两种。前者在灵芝科中占优势，可能是本科的普遍特征。这种菌丝具不分枝的主干部分和分枝部分，在不同种类中其分枝方式有所不同，但多少呈叉状分枝。分枝的末端常常变细，形成鞭毛状的无色缠绕菌丝，即所谓的骨架-缠绕菌丝。针状型骨架菌丝也变细形成鞭毛状缠绕菌丝。如以上两种骨架菌丝末端不形成鞭毛状缠绕菌丝，即是 Corner 所认为的二体菌丝型，也就是没有缠绕菌丝。针状型骨架菌丝有时在菌髓中占优势，有时在菌肉中占优势。不分枝的针状型骨架菌丝，可以认为是简化的不分枝树状分枝型。因为每一个转变过渡在它们之间都能发现（图6）。

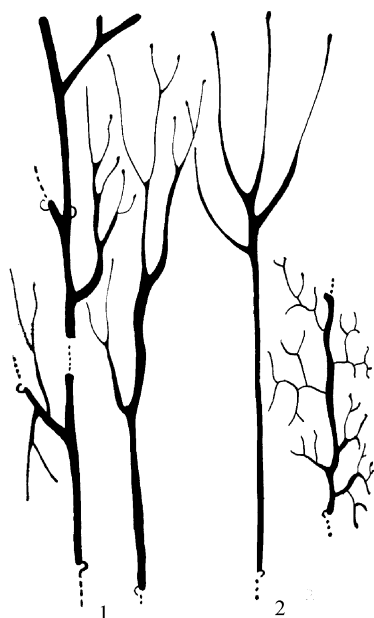


图5 菌丝类型示意图

1. 假芝属的顶生和居间生骨架-缠绕菌丝，2. 灵芝属的顶生和居间生灰球菌型缠绕菌丝。（仿 Corner, 1983）

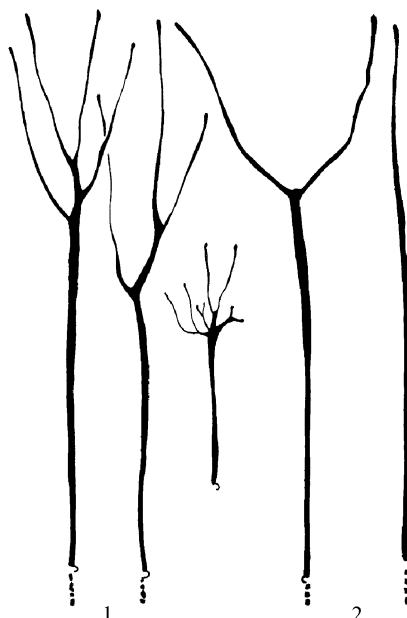


图6 灵芝属骨架-缠绕菌丝分枝类型示意图

1. 顶生树状分枝型，2. 针状型。（仿 Corner, 1983）

居间骨架菌丝（intercalary skeletal）是 Corner（1983）提出来的。它已是灵芝属和假芝属两属菌丝系统区分的重要依据，树状骨架-缠绕菌丝通常是顶生，多发生在灵芝属中；而假芝属通常是顶生和居间生，这种居间骨架菌丝是由生殖菌丝转变而来，常常有1—2个分枝。灵芝属的大多数种类中未发现，但确实发生在淡色菌肉种类中，如 *G. mirabile* 的菌丝系统就是 *Amauroderma* 型，具顶生和居间骨架缠绕菌丝。*G. oregonense* 的骨架-缠绕菌丝大多数是居间生。*Amauroderma* 属有些种类是顶生树状骨架菌丝占优势，另一些种类是居间骨架菌丝占优势。但至今未见有居间骨架菌丝完全缺乏的种类。居间细胞在许多情况下可以恢复成生殖菌丝（图7）。

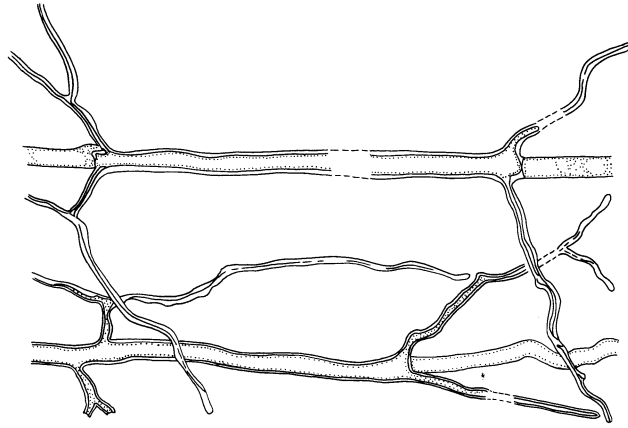


图7 *Amauroderma rugosum* 菌盖的部分居间骨架-缠绕菌丝示意图 (仿 Corner, 1983)

缠绕菌丝常常是厚壁或几乎实心，无色，没有任何隔膜。一种是来源于生殖菌丝，侧生或顶生，通常分枝多而纤细。另一种来源于骨架菌丝末端。菌肉里菌丝相互交织的程度由于缠绕菌丝的存在而大大增加。在很多种类中缠绕菌丝存在于担子果的所有部位。在某些种类里主要存在于菌盖和菌柄交接处，菌肉与菌管交接处，以及菌管管壁里。分枝的方式往往是不规则的，非分叉方式（图8）。

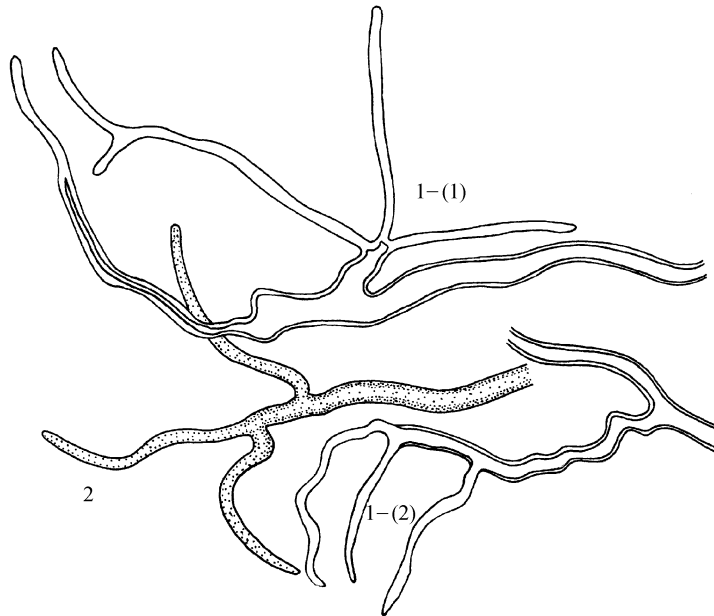


图8 缠绕菌丝的来源

1. 来源于生殖菌丝 (1) HMAS 30880 *Ganoderma tsugae*, (2) HMAS 19311 *Amauroderma wuzhishanense*; 2. 来源于骨架菌丝 HMAS 42788 *Ganoderma theaeolum*。

另一种是灰球菌型 (Bovista-type) 缠绕菌丝。这个名词是 Cunningham (1946) 提出的, 他将其作为骨架菌丝类型。而 Corner (1983) 将其作为缠绕菌丝类型, 1983 年他记载这种菌丝来源于短生殖细胞, 壁多少加厚, 其顶端分枝与否。因此, 仅在程度上与树状骨架菌丝有区别, 也会发生中间类型。每一个缠绕丝段如果断裂, 就不能区分出这种类型菌丝。短的灰球菌型菌丝也可由菌丝体形成, 有些 *Ganoderma* 属的种类, 例如: *G. lucidum* 和 *G. australe*, 确实从担子果的生殖菌丝产生这种菌丝。但在大多数的种类中都没有这种菌丝。在 *Amauroderma* 属中尚未确定是否有这种菌丝。Teixeira (1956) 指出灰球菌型缠绕菌丝可以用染色的方法与树状骨架菌丝区分开 (图 9)。

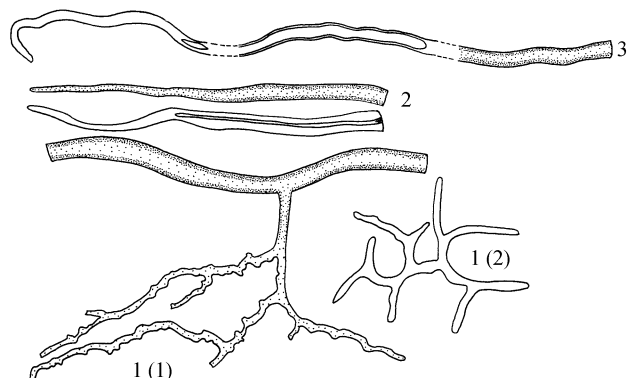


图 9 菌丝

1. 灰球菌型缠绕菌丝 (1) HMAS 07511 *Ganoderma lucidum*, (2) HMAS 42787 *G. unguatum*; 2. 缠绕菌丝来源于针状型骨架菌丝; 3. 骨架、生殖、缠绕三种菌丝的连接(HMAS 42779 *G. mediosinense*)。

表 1 *Ganoderma* 和 *Amauroderma* 两属菌丝系统比较

| <i>Ganoderma</i> | <i>Amauroderma</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) 生殖菌丝透明、薄壁, 具锁状联合。 | (1) 同左 |
| (2) 骨架菌丝厚壁到实心, 通常淡褐色到褐色。 (a) 骨架菌丝树状分枝, 通常顶生。 (b) 有针状型骨架菌丝。 (c) 通常无居间骨架菌丝。只在少数淡色菌肉种类中有。 (d) 骨架菌丝未见有拟糊精反应 (dextrinoid)。 | (2) 同左 (a) 同左 (b) 同左 (c) 几乎每个种都有居间骨架菌丝, 有些种类这种菌丝占优势。 (d) 大多数种类骨架菌丝具拟糊精反应。 |
| (3) 缠绕菌丝一少数种类具灰球菌型缠绕菌丝。 | (3) 未见有灰球菌型缠绕菌丝或极少数种类发育不良。 |
| <i>Humphreya coffeatum</i> 的菌丝系统属灵芝属菌丝型。 | <i>Haddowia longipes</i> 菌丝系统属假芝属菌丝型。 |

本书所记载的菌丝都是菌肉菌丝。在观察菌丝类型时, 首先将一小块干标本的菌肉置于 3%—5% 的 KOH 水溶液中浸泡, 使其恢复原状, 然后用解剖针进行剥离观察。亦可用水煮菌肉小块, 使其软化后进行剥离观察。如果标本较新鲜, 也可以直接用蒸馏水进行上述操作。但由于操作的原因常常不容易观察到各种类型菌丝的整体, 特别不容易观察到各种菌丝类型间的联系, 观察到的常常是菌丝的局部。所以在观察时应该有耐

心，仔细检查才能得到较好的效果。

观察生殖菌丝是相当困难的，因为该类菌丝的壁很薄，常常破碎或断裂，加上透明，观察难度很大，尤其是菌丝隔膜和锁状联合，在镜检时应十分细心。还有一些厚壁的生殖菌丝与骨架菌丝不易区分。骨架菌丝一般都有颜色，厚壁或实心，易于观测。缠绕菌丝无色、厚壁、细长或多弯曲、分枝多，与骨架菌丝容易区分。有时这两种菌丝的过渡类型使人难以将其明确分开。Corner (1983) 将其称为骨架-缠绕菌丝 (skeleton-binding hyphae)。

以上三种菌丝都不是单独存在的，生殖菌丝可直接转变为缠绕菌丝或骨架菌丝，有时这三种菌丝还可形成一体。同时，骨架菌丝可以转变为缠绕菌丝。我们还常常遇到中间类型的菌丝。因此，研究清楚一个种的三种菌丝类型和它们之间的联系并非一件容易的事情。

5. 担子

只有在新鲜而幼小的标本中才能观察到担子，在干标本上担子是很难见到的。担子典型地形成规则的层状，称为子实层 (图 10)，它相当于高等子囊菌的子囊层。在担子果内子实层是由担子和其他任何可能存在的不育成分组成的一层结构。担子是一种产孢结构，它能在其顶端产生一定数量的担孢子 (通常是四个)，后者一般是核配和减数分

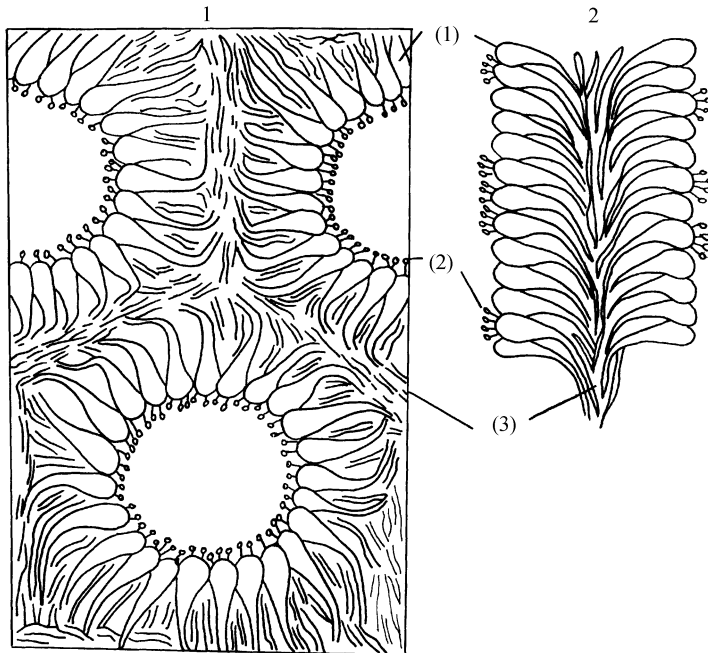


图 10 子实层示意图

1. 菌管横切面：(1) 担子，(2) 担孢子，(3) 菌髓；2. 菌管纵切面：(1) 担子，(2) 担孢子，(3) 菌髓。

裂的结果。关于灵芝科担子的研究材料还比较少，所以担子对本科的分类意义尚不能估计。Ryvarden 和 Johansen (1980) 记载灵芝科的担子具 4 个小梗，通常略短而粗壮。

Furtado (1981) 记载 *Amauroderma* 属的担子具 4 孢。通常在干标本上不易观察到，而在新鲜标本上是显著的。它近透明，薄壁，近球形到棍棒状。当产生担孢子时，某些标本的担子有显著的变化。Bazzalo 和 Wright (1982) 记载 *Ganoderma* 属的担子短棍棒状到芜菁状，4 个担孢子。Corner (1983) 记载粗壮梨形担子是 *Ganoderma* 和 *Amauroderma* 两属的特点，他认为宽梨形担子似乎不经常存在于紧密的子实层中，这种紧密子实层常导致担子变得狭窄 (图 11)。作者的经验是，除了遇到上述相同情况外，有时由于子实层发育不全或被虫蛀或被其他真菌污染，也不容易观察到担子。有时在同一个标本上可以看到不同形状的担子。因此，在灵芝科中利用担子的形态特征来区分属或种是没有意义的。

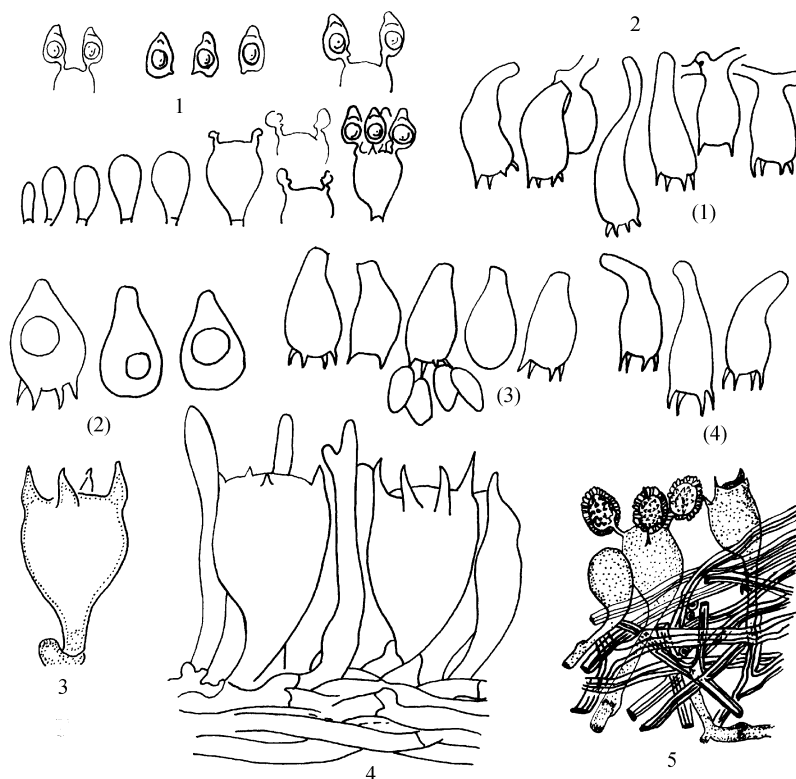


图 11 灵芝属和假芝属部分种的担子图

1. *Ganoderma weberianum* 担子和担孢子发育示意图 (仿 Corner, 1983); 2. 担子和担孢子图 (1) *G. applanatum*, (2) *G. colossum* (Fr.) Baker, (3) *G. tsugae*, (4) *G. annulare* (仿 Gilbertson 和 Ryvarden, 1986); 3. *Amauroderma solomense* 的担子 (仿 Corner, 1983); 4. *A. preussii* 的子实层 (仿 Ryvarden 和 I. Johansen, 1980); 5. *Ganoderma lucidum* 的子实层和担孢子 (仿 Bazzalo 和 Wright, 1982)。

6. 担孢子

由于灵芝科的担孢子具有特殊的构造，使它成为本科最可靠的分类依据，同时也是 Donk (1948) 建立此科的唯一基础。

灵芝科的担孢子纹饰是非常奇特的，在其他多孔菌的种类中尚未发现有这种纹饰。当从干标本中取样镜检时，其担孢子表面在光学显微镜下呈现微细的有规则的粗糙纹饰。在 Patouillard (1889) 早期的描述中，记载这种纹饰使用了粗糙 (asperulate) 或者有疣 (verrucose) 或者有刺 (echinulate) 等词汇。这些词汇一直沿用到今天。

Atkinson (1908) 是第一个证实了灵芝的担孢子壁包含一个透明的外层覆盖在其纹饰上，该纹饰不会突出外层。同时他指出透明层在质地上没有色素层结实。当担孢子干燥时透明层皱缩或崩溃，此时在担孢子侧面观察可以看出纹饰突出于表面。这个担孢子的构造已经被 Heim (1962) 和 Furtado (1962) 利用电子显微镜的研究而作出了充分的肯定。

Heim (1962) 将孢壁分为 5 层 (图 12)。它们是最外孢层 (ectosporium)，这一层覆盖着整个担孢子，镜下几乎看不见；周孢层 (perisporium) 是一层容易消失层；第三层外孢层 (exosporium) 是由上孢层 (episporium) 派生而来，但其化学性质不同并经常有纹饰；第四层是上孢层；内孢层 (endosporium) 通常很薄，是担孢子形成的最后发育层。应该指出的是，对以上这些名称的应用，各分类学家的意见也不一致。依据 Heim (1962) 和 Steyaert (1967) 关于担孢子纹饰范围的研究，归纳有 4 种：(1) 简单的疣或小刺，如 *G. applanatum* 和大多数北温带的种类。(2) 加粗的小刺，由较细的连接线连接在一起，例如 *G. alluaudii*。(3) 不规则的网纹，明显的沿纵轴形成，如若干 *Amauroderma* 属的种类，特别是像 *A. longipes* (即 *Haddowia longipes*)。(4) 完整而规则的六角形网纹，如 *G. eminii*。有时常常会发现没有纹饰的担孢子，尤其是在光学显微镜下，这种情况也许是由于担孢子未成熟或发育不正常的结果。但也不排除有一些种类产生平滑或较平滑的担孢子。Steyaert (1967) 已经指出，这种平滑类型的担孢子，在热带东南亚的标本中是很常见的。C. J. Humphrey et Leus-Palo

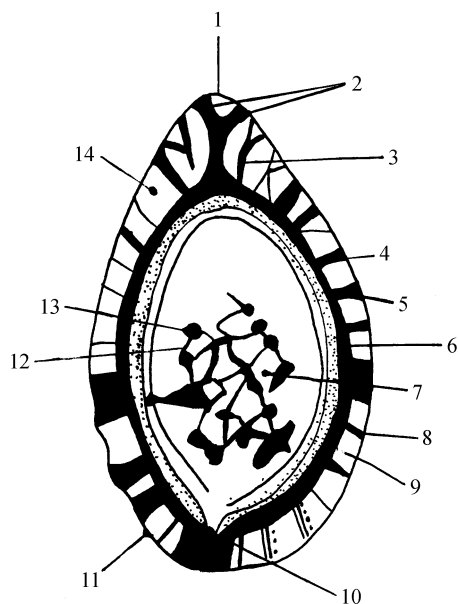


图 12 *Ganoderma adansonii* 担孢子的扫描电镜示意图
1. 顶端平截 (truncature), 2. 极支柱 (piliers polaires),
3. 复合支柱 (piliers composes), 4. 内孢层 (endosporium),
5. 上孢层 (episporium), 6. 外孢层 (exosporium), 7. 外孢的网状蜂窝 (alveole du reseau exosporique), 8. 外孢的支柱 (piliers exosporiques), 9. 周孢层 (perisporium), 10. 附属物种脐 (appendice hilaire), 11. 最外孢层 (ectosporium), 12. 网状物 (filet), 13. 结 (noeud), 14. 周孢层塞 (bouchon perisporique)。(仿 Heim, R. 1962)

(1931) 描述采自菲律宾的 *G. applanatum* var. *laevisporum* 即是无纹饰担孢子。

这里介绍 Pegler et Young (1973) 用电子显微镜研究的 4 个种 (*G. lucidum*, *G. valesiacum*, *G. applanatum*, *G. resinaceum*) 的担孢子图。(1) 用酪酸去掉周孢层，(2) 外包层是产生小刺的一层，每个小刺都来源于外孢层，从正面观察小刺似乎缺乏规则的排列，从侧面观察则发现小刺呈放射状排列，围绕在担孢子周围有 18—24 个小刺，

小刺顶端似乎经常膨大，呈盘状或盾状，与其邻近的小刺顶端相连接或否。(3) 上孢层是孢壁中最厚的一层，与覆盖在其表面的外孢层成明显的对比。(4) 内孢层是最薄的一层(图 13)。

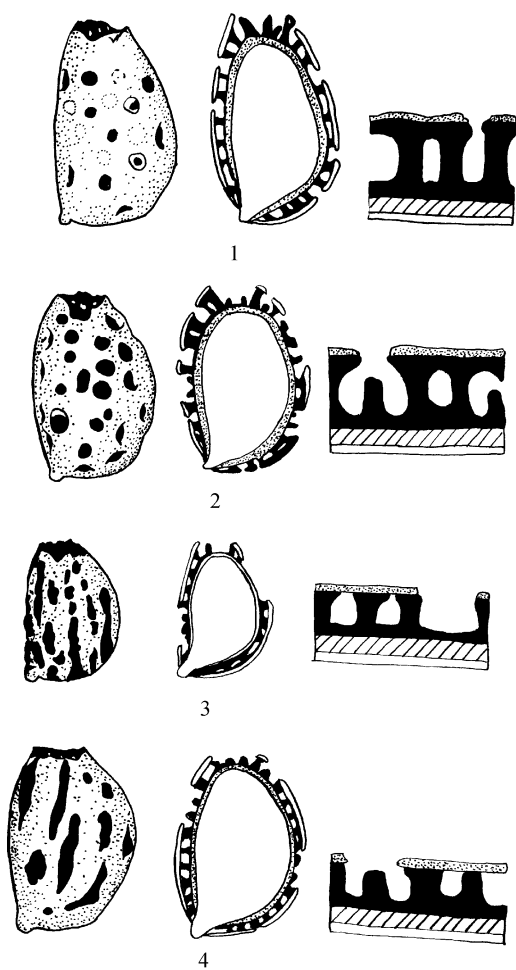


图 13 灵芝属 4 个种的担孢子图解，指示孢壁外面观、剖面观及孢壁层
1. *Ganoderma lucidum*, 2. *G. valesiacum*, 3. *G. applanatum*, 4. *G. resinaceum*。(仿 Pegler et Young, 1973)

灵芝属的担孢子顶端常因其成熟时期不同而有变化。幼小担孢子顶端呈钝圆锥形或卵形的轮廓，成熟的担孢子顶端多呈截形，因为外孢层容易崩溃或破裂而形成，但也有些担孢子始终保持钝圆锥形或脐突形，在担孢子基部有时可以看到一个非常小的突出物是种脐附属物 (hilar appendix)。这一特征有时由于周孢层的发育而在光学显微镜下几乎看不见。

Furtado (1981) 记载担孢子壁的构造如下：(1) 内孢层是一层围绕担孢子质薄而均匀的加厚层。(2) 上孢层厚，也是均匀的组织化层。(3) 外孢层形成多少有些网结的孢壁纹饰 (Pegler et Young 1973)。(4) 周孢层粘液质充满纹饰的空间 (Perreau 1973)。

(5) 最外层是一层包围着担孢子的薄层。

Corner (1983) 关于担孢子构造的研究也接受 Heim (1962) 五层的概念, 但他认为这些名称从字意上看与实际常常容易混淆。为了简明扼要, Corner 简单地采用 *ex-spore* 和 *endospore* 两层概念, 他认为应用这两个名词是适当的。测量担孢子的正确方法是量内孢的大小, 因为测量全孢时, 常有人不记载是否包括顶端突出部分, 致使所测量的担孢子大小有一定的差异。Corner 在论述灵芝科担孢子壁构造的时候又指出, 担孢子双层壁 (*bitunicate*) 简单的定义是具有透明的外孢壁 (即外壁), 淡黄色或酒红色的内孢壁 (即内壁) 以及同样颜色的细微纹饰, 这种纹饰直接从内孢壁的外面到达外孢壁, 从表面看像似细微的小点或者小点之间相互连接成近网状。

这里必须指出的是, Heim (1962), Furtado (1962), Pegler 和 Young (1973), 以及 Corner (1983) 都承认灵芝属和假芝属的孢壁是由 5 层组成。但在应用时他们说的部分的概念并不一致。一般来说都应用孢壁两层的概念。例如 Ryvar den (1976) 应用透明外孢层 (*exosporium*) 和有色、厚壁的上孢层 (*epispodium*)。他描述 *G. pfeifferi* 的担孢子时又用过透明的外孢层 (*exosporium*) 和内孢层 (*endosporium*) 的概念。Ryvar den 和 Johansen (1980) 以及 Furtado (1981) 又都不使用这些名词。Corner (1983) 应用外孢壁和内孢壁两名词。而 Gilbertson 和 Ryvar den (1986) 也应用了外孢壁和内孢壁这两个名词, 两层壁借小刺而分开。作者在这里接受 Corner (1983) 的概念, 在本书中采用外壁 (*exosporium*) 和内壁 (*endosporium*) 这两个名词。

关于 *Ganoderma*, *Amauroderma*, *Haddowia*, *Humphreya* 这 4 个属担孢子的特征, 将在各属下再作详细描述。所谓腹孢子, 是由菌肉和管壁的菌丝所产生, 间生或者顶生, 形状有球形、近球形或柠檬形, 其孢壁的结构与担孢子相似, 这种孢子在 *Amauroderma* 属中尚未见到, 在 *Ganoderma* 属的若干个种中是存在的。除了 Corner (1983) 曾经记载过 *A. perplexum* Corner 中有囊状体以外, 很少有人报道在假芝属中有囊状体, 更没有胶囊体和刚毛的记载。有人认为在 *G. applanatum* 和 *G. lucidum* 里有透明、薄壁、顶端多少有些尖的小囊状体, 但在干标本中不易看到。由于对新鲜担子果研究得太少, 这里还不能作出最后的结论。

在干标本上不易观察到担孢子直接着生在担子上。观察担孢子的一般方法是將一小块子实层体压碎, 放于 3%—5% 的 KOH 水溶液中, 使其恢复原状, 去其杂质, 制成临时玻片, 在显微镜下观察。Steyaert (1972) 介绍取担孢子的方法, 先将子实层块水煮, 使其软化复原, 再挤出担孢子液。采用这种方法的缺点是担孢子损失太多。

灵芝类真菌放射担孢子的方式和其他多孔菌一样, 是随着担孢子的不断成熟而不断放射, 脱离其着生的子实层的。因此担子果成熟后或干标本放置时间过长, 就很难找到担孢子, 有时甚至花 1—2 个小时也找不到一个担孢子。所以在野外采集时或新鲜标本刚刚带回实验室时, 立即收集孢子印的作法就显得格外重要了。孢子印的制作方法与蘑菇类真菌相似, 选择菌管发育良好的担子果或取一小块新鲜担子果, 栓上标签, 将有菌管的一面朝下垂直放在专门用于收集孢子印的纸的正中, 以黑白兼半的纸为最好。在干燥状况下采集的标本, 最好用湿纱布盖上, 以利于担孢子的放射。要注意的是灵芝类的担孢子是定向放射, 不容易获得孢子印。而伞菌、齿菌类的担孢子不是定向放射, 获得孢子印相对容易。将制好的孢子印与标本收藏在一起, 以备日后研究。孢子印可以长期