

中国丝膜菌属分类研究 1. 黏盖亚属

王科¹, 谢孟乐^{2,3}, 刘铁志⁴, 李国杰⁵, 刘冬梅⁶, 魏铁铮^{1*}

1 中国科学院微生物研究所真菌学国家重点实验室, 北京 100101

2 吉林农业大学食药菌教育部工程研究中心, 吉林 长春 130118

3 东北师范大学生命科学学院, 吉林 长春 130024

4 赤峰学院化学与生命科学学院, 内蒙古 赤峰 024000

5 河北农业大学园艺学院 河北省种质资源创新利用重点实验室 河北省蔬菜产业协同创新中心, 河北 保定 071001

6 中国环境科学研究院生态研究所, 北京 100012

摘要: 丝膜菌属 *Cortinarius* 是真菌界中最大的属, 囊括了重要的外生菌根真菌。黏盖亚属 *Phlegmacium* 是丝膜菌属中较大的亚属, 该亚属的真菌在湿润条件下菌盖表面具有黏性。本研究运用形态分类与分子系统发育分析相结合的方法, 对中国丝膜菌属黏盖亚属的馆藏标本开展分类学研究, 共发现 24 个种, 其中中国新记录种 12 个。本研究系统总结了各个物种的相关信息, 对中国新记录种进行了详细描述。

关键词: 蘑菇目; 中国分布; 系统发育; 新记录种

[引用本文] 王科, 谢孟乐, 刘铁志, 李国杰, 刘冬梅, 魏铁铮, 2022. 中国丝膜菌属分类研究 1. 黏盖亚属. 菌物学报, 41(9): 1370-1397

Wang K, Xie ML, Liu TZ, Li GJ, Liu DM, Wei TZ, 2022. Taxonomy of *Cortinarius* in China 1. Subgenus *Phlegmacium*. Mycosystema, 41(9): 1370-1397

基金项目: 生态环境部生物多样性调查与评估项目(2019HJ2096001006); 中国科学院战略生物资源计划(KFJ-BRP-017-49); 河北农业大学引进人才科研专项(YJ201849); 国家自然科学基金(31500013, 31760004)

Supported by the Biodiversity Survey and Evaluation Project of Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China (2019HJ2096001006), the Strategical Biological Resources Program of Chinese Academy of Sciences (KFJ-BRP-017-49), the Talent Introduction Scientific Research Special Project of Hebei Agricultural University (YJ201849), and the National Natural Science Foundation of China (31500013, 31760004).

*Corresponding author. E-mail: weitiezheng@163.com

ORCID: WANG Ke (0000-0002-5153-8498), LI Guojie (0000-0003-1815-692X), LIU Tiezhi (0000-0003-1751-2195), WEI Tiezhen(0000-0001-9771-3493)

Received: 2021-12-21, accepted: 2021-12-27

Taxonomy of *Cortinarius* in China 1. Subgenus *Phlegmacium*

WANG Ke¹, XIE Mengle^{2,3}, LIU Tiezhi⁴, LI Guojie⁵, LIU Dongmei⁶, WEI Tiezheng^{1*}

1 State Key Laboratory of Mycology, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Engineering Research Center of Edible and Medicinal Fungi, Ministry of Education, Jilin Agricultural University, Changchun 130018, Jilin, China

3 School of Life Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China

4 College of Chemistry and Life Sciences, Chifeng University, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China

5 Hebei Provincial Key Laboratory of Germplasm Resources Innovation and Utilization, Collaborative Innovation Center of Hebei Vegetable Industry, College of Horticulture, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, Hebei, China

6 Institute of Ecological Environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: *Cortinarius* is the largest genus of fungi, containing many important ectomycorrhizal fungi. *Phlegmacium* is a large subgenus in *Cortinarius*, characterized by viscid to glutinous pileus surface under wet conditions. A taxonomic study was carried out on the *Phlegmacium* collections from China using the methods of morphological observation combined with phylogenetic analysis. In total, 24 species were found from the checked specimens, of which 12 species were new to China. This paper summarizes the basic information of each species and describes the morphological characteristics of new Chinese records in detail.

Keywords: Agaricales; distribution in China; phylogeny; new records

丝膜菌属 *Cortinarius* (Pers.) Gray 隶属于担子菌门 Basidiomycota、蘑菇纲 Agaricomycetes、蘑菇目 Agaricales、丝膜菌科 Cortinariaceae (Kirk *et al.* 2008), 传统上包括具有蜘蛛丝状内菌幕, 担孢子锈褐至褐色, 表面具疣状突起的伞菌 (Moser & Horak 1975; Singer 1986)。丝膜菌属是真菌界中最大的属, 物种多样性极为丰富, 是重要的外生菌根真菌。截至 2021 年, 真菌名称数据库(Index Fungorum, <http://www.indexfungorum.org/>)记录其种及种下分类单元名称已达 5 593 个。黏盖亚属 *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* (Fr.) Wünsche 是丝膜菌属中较大的亚属, 其子实体一般中到大型, 在湿润条件下菌盖表面黏, 但菌柄表面不黏。该亚属中包括一些重要的食药用品种, 如中国西北地区著名野生食用菌, 贺兰山紫蘑菇——中华丝膜菌 *C. sinensis* L.H. Sun, T.Z. Wei & Y.J. Yao, 其干品原产地市场价已达 1 000 元/kg, 具有较高的

食用价值和良好的开发前景。此外, 丝膜菌属的诸多种类具有抗肿瘤功能, 有些种类还是毒蘑菇(Wu *et al.* 2019)。

黏盖亚属是 Fries (1838)依据菌盖和菌柄表面的特征建立的。基于 ITS 序列分析结果表明, 包括黏盖亚属在内的以往定义的丝膜菌属的各亚属都不是单系群(Høiland & Holst-Jensen 2000; Seidl 2000; Peintner *et al.* 2001, 2004)。Garnica *et al.* (2003a)综合形态学、化学和 DNA 序列分析的结果重新界定了黏盖亚属。Garnica *et al.* (2003b)分析了欧洲黏盖亚属种类的 ITS 和 rDNA-LSU 序列, 认为菌柄形状、菌肉颜色和菌盖表皮结构等是划分该亚属中各组的重要特征。Frøslev *et al.* (2005)基于 ITS、*rpb1* 和 *rpb2* 基因序列分析, 重新界定了黏盖亚属下的一些组。Frøslev *et al.* (2007)和 Garnica *et al.* (2009, 2011)基于多基因序列分析, 研究了黏盖亚属中的 *Calochroi* 组的系统发育, 对部分物种进行了重新界定。

Harrower *et al.* (2011)通过 ITS 序列分析,对包括黏盖亚属在内的欧洲和北美报道的丝膜菌属种类进行了厘定。Liimatainen *et al.* (2014)分析了黏盖亚属中 154 个种的 ITS 序列,发表了 20 个新种和 6 个新组合,为 21 个种指定了新模式,为 3 个种指定了解释模式,同时为 175 个种提供了 ITS 条形码。此外,其他一些学者也对产自世界各地的黏盖亚属的种类进行了报道,陆续发表了大量的新分类单元(Gasparini 2007; Oertel *et al.* 2009; Brandrud *et al.* 2014, 2015, 2019)。

中国丝膜菌属分类研究起始于 20 世纪 30 年代(Teng & Ou 1937)。随后,大量丝膜菌属物种被陆续报道(邓叔群 1963; 戴芳澜 1979; 李茹光 1980; 毕志树等 1990, 1994, 1997; 卯晓岚等 1993; 应建浙和臧穆 1994; 袁明生和孙佩琼 1995, 2007; 中国科学院青藏高原综合科学考察队 1996; 邵力平和项存悌 1997; 卯晓岚 1998, 2000; 李玉和图力古尔 2003; 卯晓岚等 2009; 王立安和通占元 2011; 顾新伟和何伯伟 2012; 谢孟乐 2018; 刘铁志和李桂林 2019; Yuan *et al.* 2020; 王科等 2021)。迄今为止,国内已报道丝膜菌 282 种,其中包含黏盖亚属 37 种。

为澄清中国丝膜菌属物种多样性,本研究基于形态观察和 ITS 序列分析,对中国科学院微生物研究所菌物标本馆、吉林农业大学菌物标本馆和赤峰学院菌物标本室馆藏的全部黏盖亚属标本进行了整理和厘定工作。本文报道这一研究结果,以期提升中国丝膜菌属分类学研究水平。

1 材料与方法

1.1 标本收集、整理及形态鉴定

本研究所使用的标本主要来自中国科学院微生物研究所菌物标本馆(HMAS)、吉林农业大学菌物标本馆(HMJAU)和赤峰学院菌物标本室(CFSZ)。

依据标本野外照片和采集记录信息,对标本的宏观特征进行观察和描述,主要包括子实体各组成结构的大小、形状、颜色、表面状况和质地等性状。借助光学显微镜,主要观察干标本的担孢子和菌盖表皮等重要的显微特征。用手术刀片切取各部分组织,浸没在 5%的 KOH 溶液或蒸馏水中观察,置于 400–1 000 倍显微镜下观察。参照丝膜菌属各物种核心形态分类学的相关文献,对标本进行形态分类鉴定。

1.2 分子系统发育分析

提取标本 DNA,扩增其 ITS 序列并测序,用于分子系统发育分析。参照和对比已发表文献中各相关物种的可靠的 ITS 序列(表 1),基于最大似然性分析法构建系统发育树,对各标本进行分子鉴定。首先使用 MEGA-X v 10.2.6 筛选出的最佳模型为 GTR+G+I 模型。使用该模型,通过 1 000 次重复的序列回归递进(bootstrap)得到分支支持值。

1.3 标本分类鉴定

基于形态观察和分子系统发育分析的结果,对标本进行分类鉴定,给出正确的学名。本文报道的全部种类,均经形态鉴定和分子系统发育分析验证后确认。

2 结果与分析

2.1 分子系统发育分析结果

选择丝膜菌属 89 个种(含 2 个变种)的 176 条 ITS 序列进行系统发育分析(表 1),包括研究测序的 24 个国内分布物种的 62 条序列,其他序列下载自 GenBank 序列库作为系统发育分析的参照序列,包括两条作为外群的序列(*C. collinitus* 的 AY669588 和 *C. pinguis* 的 GQ159872)。全部 ITS 序列组成矩阵,通过手工比对进行排序后,采用 MEGA-X v 10.2.6 和 RAxML v 8.2.4 进行最大似然性分析,构建系统发育树。

表 1 系统发育分析相关序列信息

Table 1 Sequence information using in the phylogenetic analysis

学名 Names	凭证标本 Voucher	产地 Locality	GenBank 编号 GenBank accession No.	参考文献 References
<i>Cortinarius anetholens</i>	JFA 13670, holotype	美国 USA	NR_153048	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. areni-silvae</i>	CFP461b, holotype	瑞典 Sweden	NR_130192	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. armenicorius</i>	F251131, holotype	法国 France	NR_153033	Brandrud <i>et al.</i> 2014
<i>C. armenicorius</i>	HMAS 145765	中国 China	OK490126	*
<i>C. armenicorius</i>	HMAS 268120	中国 China	OK490127	*
<i>C. armenicorius</i>	HMAS 271831	中国 China	OK490128	*
<i>C. badiolatus</i>	IB 1953001, holotype	德国 Germany	KF732259	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. badiolatus</i>	IK98-1029	瑞典 Sweden	KF732612	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. badiolatus</i>	HMAS 96780	中国 China	OK490089	*
<i>C. badiolatus</i>	HMAS 145777	中国 China	OK490090	*
<i>C. badiolatus</i>	HMAS 269817	中国 China	OK490091	*
<i>C. badiolatus</i>	CFSZ 3260	中国 China	OK490092	*
<i>C. badiolatus</i>	CFSZ 3530	中国 China	OK490093	*
<i>C. badiolatus</i>	CFSZ 3791	中国 China	OK490094	*
<i>C. balteatialutaceus</i>	I. Kytovuori 09-751, holotype	瑞典 Sweden	NR_130307	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. balteatoalbus</i>	R. Henry 82.98, isotype	法国 France	NR_157924	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. balteatoalbus</i>	CFSZ 21112	中国 China	OK490129	*
<i>C. balteatoalbus</i>	HMJAU 44429	中国 China	OK490130	*
<i>C. bigelowii</i>	MICH 8052, holotype	美国 USA	NR_130195	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. caesiocinctus</i>	G 00053324, holotype	法国 France	NR_130182	Frøslev <i>et al.</i> 2007
<i>C. caesiocolor</i>	I. Kytovuori 00-029, holotype	芬兰 Finland	NR_130311	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. caesiocolor</i>	HMAS 272301	中国 China	OK490087	*
<i>C. caesiocolor</i>	HMAS 272619	中国 China	OK490088	*
<i>C. caesiolamellatus</i>	P. Moenne-Loccoz 4905, holotype	法国 France	KF732414	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. caesiophylloides</i>	H 6029792, holotype	芬兰 Finland	NR_130303	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. caesiophylloides</i>	HMJAU 44435	中国 China	OK490135	*
<i>C. calochrous</i>	TUB 011650	-	EU660940	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. calojanthinus</i>	IB 19970220, holotype	美国 USA	NR_130200	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. calojanthinus</i>	HMAS 268183	中国 China	OK490141	*
<i>C. calojanthinus</i>	HMAS 277018	中国 China	OK490142	*
<i>C. calyptratus</i>	MICH 10328	美国 USA	NR_130201	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. cedretorum</i>	JFA 11833	-	EU057035	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. cedretorum</i>	JFA 11845	-	EU057036	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. cedretorum</i> var. <i>suberretorum</i>	TUB 011851	德国 Germany	AY669564	Garnica <i>et al.</i> 2005
<i>C. chalybeus</i>	PDD 73146	新西兰 New Zealand	NR_157871	Soop 2002a
<i>C. chromataphilus</i>	R. Henry 86.90, holotype	法国 France	NR_130205	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. cistoglaucopus</i>	LIP JVG 1081108P, holotype	西班牙 Spain	NR_153026	Fernández-Brime <i>et al.</i> 2014
<i>C. claricolor</i>	F44789, neotype	瑞典 Sweden	NR_130209	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. claricolor</i>	HMAS 281054	中国 China	OK490096	*
<i>C. cobaltinus</i>	H 6032404, holotype	芬兰 Finland	NR_130186	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. comarostaphylii</i>	JFA 12930, holotype	哥斯达黎加 Costa Rica	EF420151	Ammirati <i>et al.</i> 2007
<i>C. comarostaphylii</i>	JFA 12954	哥斯达黎加 Costa Rica	EF420153	Ammirati <i>et al.</i> 2007

待续

续表 1

<i>C. crassus</i>	F44853, neotype	瑞典 Sweden	KF732291	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. crassus</i>	HMAS 275284	中国 China	OK490098	*
<i>C. cumatilis</i>	I. Kytovuori 98-2164, neotype	瑞典 Sweden	NR_130212	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. cupreorufus</i>	F47383, isotype	瑞典 Sweden	NR_130213	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. elegantio-montanus</i>	IB19890059, holotype	美国 USA	GU363473	Garnica <i>et al.</i> 2011
<i>C. elegantio-occidentalis</i>	JFA 13226, holotype	美国 USA	NR_131811	Garnica <i>et al.</i> 2011
<i>C. elegantior</i>	TUB 011388	德国 Germany	AY174850	Garnica <i>et al.</i> 2003b
<i>C. elegantior</i>	TUB 012709	奥地利 Austria	EF014262	Garnica <i>et al.</i> 2006
<i>C. elegantior</i>	HMAS 291369, clone 1	中国 China	MW555483	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	HMAS 291369, clone 2	中国 China	MW555484	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	HMAS 291369, clone 3	中国 China	MW555485	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	HMAS 249874, clone 1	中国 China	MW555486	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	HMAS 249874, clone 2	中国 China	MW555487	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	HMAS 249874, clone 4	中国 China	MW555488	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	HMAS 249874, clone 5	中国 China	MW555489	王科等 2021
<i>C. elegantior</i>	CFSZ 18687	中国 China	OK490136	*
<i>C. elegantior</i>	CFSZ 2925	中国 China	OK490137	*
<i>C. elegantior</i>	IB20040204	-	GU363463	Garnica <i>et al.</i> 2011
<i>C. elegantior</i>	IB19790599	-	GU363462	Garnica <i>et al.</i> 2011
<i>C. elegantissimus</i>	TUB 011855	德国 Germany	AY669565	Garnica <i>et al.</i> 2005
<i>C. elegantissimus</i>	TUB 012710	-	EU057037	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. elotoides</i>	IB 19870060	美国 USA	NR_137120	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. flavescitipes</i>	G 288048 1, holotype	法国 France	NR_157936	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. flavipallens</i>	H 6032745, holotype	芬兰 Finland	NR_130299	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. fulminoides</i>	SS17-180	德国 Germany	MK965084	Soop <i>et al.</i> 2019
<i>C. fulminoides</i>	MD2017-25	德国 Germany	MK965085	Soop <i>et al.</i> 2019
<i>C. fulminoides</i>	SS108-072	法国 France	MK965086	Soop <i>et al.</i> 2019
<i>C. fulminoides</i>	HMAS 269183	中国 China	OK490082	*
<i>C. glaucescens</i>	TUB 012784	德国 Germany	EF014266	Garnica <i>et al.</i> 2006
<i>C. glaucescens</i>	TUB 011655	-	EU655681	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. glaucocephalus</i>	IB 19950679, holotype	美国 USA	NR_130221	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. glaucopoides</i>	MICH 10358, holotype	美国 USA	NR_157938	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. glaucopus</i>	F44760, neotype	瑞典 Sweden	KF732315	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. infractiflavus</i>	IB 19970169, holotype	美国 USA	KF732327	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. infractiflavus</i>	HMAS 274419	中国 China	OK490099	*
<i>C. infractus</i>	CFSZ 21554	中国 China	OK490106	*
<i>C. infractus</i>	CFSZ 18787	中国 China	OK490103	*
<i>C. infractus</i>	CFSZ 21456	中国 China	OK490105	*
<i>C. infractus</i>	F41138, neotype	瑞典 Sweden	NR_130225	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. infractus</i>	HMAS 280746	中国 China	OK490102	*
<i>C. infractus</i>	CFSZ 18843	中国 China	OK490104	*
<i>C. infractus</i>	HMAS 144677	中国 China	OK490100	*
<i>C. infractus</i>	HMAS 145784	中国 China	OK490101	*
<i>C. kaimanawa</i>	PDD 73133	新西兰 New Zealand	NR_157891	Soop 2002a
<i>C. kytoevuorii</i>	H 6029355, holotype	芬兰 Finland	NR_130295	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. kytoevuorii</i>	HMAS 144716	中国 China	OK490081	*
<i>C. leucophanes</i>	HMAS 145721	中国 China	OK490131	*
<i>C. leucophanes</i>	KS-CO1518	-	EF600895	Ammirati <i>et al.</i> 2007

待续

续表 1

<i>C. maculatocaesпитosus</i>	A. Bidaud 08-10-302, holotype	法国 France	NR_130228	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. melleicarneus</i>	I. Kytovuori 01-053, holotype	爱沙尼亚 Estonia	NR_130304	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. mendax</i>	A. Bidaud 07-10-162, holotype	法国 France	NR_153019	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. mendax</i>	CFSZ 21559	中国 China	OK490134	*
<i>C. mendax</i>	CFSZ 21549	中国 China	OK490133	*
<i>C. metarius</i>	MICH 10374, holotype	美国 USA	NR_130229	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. mikedavisii</i>	UC 1860820, holotype	美国 USA	NR_120313	GenBank
<i>C. misermontii</i>	R. Henry 84.134, holotype	法国 France	NR_130230	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. multiformis</i>	F44806, neotype	瑞典 Sweden	NR_130232	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. multiformis</i>	HMAS 145762	中国 China	OK490107	*
<i>C. multiformis</i>	HMJAU48792	中国 China	OK490108	*
<i>C. multiformis</i>	HMAS 96925	中国 China	OK490109	*
<i>C. multiformis</i>	HMAS 270236	中国 China	OK490110	*
<i>C. myrtillophilus</i>	H 6032751, holotype	芬兰 Finland	NR_130312	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. neotriumphans</i>	G 297063 1, holotype	法国 France	NR_157947	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. neotriumphans</i>	HMAS 260251	中国 China	OK490097	*
<i>C. occidentalis</i>	MICH 10382, holotype	美国 USA	NR_130234	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. ochribubalinus</i>	H 6032734, holotype	芬兰 Finland	NR_130296	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. ochribubalinus</i>	CFSZ 2932	中国 China	OK490095	*
<i>C. odorifer</i>	TUB 011383	德国 Germany	AY174817	Garnica <i>et al.</i> 2003b
<i>C. odorifer</i>	TUB 012720	–	EU057052	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. olympianus</i>	MICH 10386	美国 USA	NR_130238	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. ophiopus</i>	IK01-050	–	KF732609	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. ophiopus</i>	HMJAU 44450	中国 China	MH295816	GenBank
<i>C. osloensis</i>	O TEB559-04	挪威 Norway	NR_119623	Frøslev <i>et al.</i> 2006
<i>C. pallidirimosus</i>	H 6035694, holotype	芬兰 Finland	NR_130305	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. pansa</i>	I. Kytovuori 90-1826, neotype	芬兰 Finland	KF732522	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. persoonianus</i>	AB97-11-496, holotype	法国 France	KF732382	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. porphyropus</i>	F47381, neotype	瑞典 Sweden	NR_130246	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. prasinus</i>	TUB 011431	德国 Germany	AY174835	Garnica <i>et al.</i> 2003b
<i>C. prasinus</i>	TUB 012726	–	EU057029	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. pseudocupreorufus</i>	MICH 10390	美国 USA	NR_153015	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. pseudonebularis</i>	G 00126831	法国 France	NR_130250	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. pseudovariegatus</i>	IB 19970296, holotype	美国 USA	NR_130251	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. purpurascens</i>	I. Kytovuori 98-2121, neotype	瑞典 Sweden	NR_130252	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. rapaceoides</i>	G 00127015 holotype	法国 France	NR_130253	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. rex-claricolorum</i>	A. Bidaud 04-09-163, holotype	法国 France	NR_130255	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. rufoolivaceus</i>	TUB 011405	德国 Germany	AY174845	Garnica <i>et al.</i> 2003b
<i>C. rufoolivaceus</i>	TUB 012739	–	EU057030	Garnica <i>et al.</i> 2009
<i>C. saporatus</i>	TUB 011880	德国 Germany	AY669570	Garnica <i>et al.</i> 2005
<i>C. saxamontanus</i>	MICH 309	美国 USA	NR_130261	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. scaurocaninus</i>	R. Henry 71678, holotype	法国 France	KF732422	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. sinensis</i>	HMAS 278123	中国 China	OK490139	*
<i>C. sinensis</i>	HMAS 280392	中国 China	OK490140	*
<i>C. sinensis</i>	HMAS 99105	中国 China	OK490138	*
<i>C. sodagnitus</i>	TUB 011428	德国 Germany	AY174829	Garnica <i>et al.</i> 2003b
<i>C. sodagnitus</i>	TUB 012725	–	EU057076	Garnica <i>et al.</i> 2009

待续

续表 1

<i>C. sodagnitus</i> var. <i>mediocris</i>	PML2699	—	DQ663424	Frøslev <i>et al.</i> 2007
<i>C. spectabilis</i>	TEB594-04	—	DQ663425	Frøslev <i>et al.</i> 2007
<i>C. spectabilis</i>	TEB595-04	—	DQ663426	Frøslev <i>et al.</i> 2007
<i>C. subfoetens</i>	IB 19890307, holotype	美国 USA	NR_130267	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. subrubrovelatus</i>	CFSZ 10767	中国 China	OK490083	*
<i>C. subrubrovelatus</i>	A. Bidaud 97-11-431, holotype	法国 France	NR_153009	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. subrubrovelatus</i>	HMAS 249871	中国 China	MW555556	王科等 2021
<i>C. subrubrovelatus</i>	HMAS 139876	中国 China	OK490084	*
<i>C. subrubrovelatus</i>	HMAS 280209	中国 China	OK490085	*
<i>C. subrubrovelatus</i>	HMAS 97066	中国 China	OK490086	*
<i>C. subrugulosus</i>	A. Bidaud 05-10-263, holotype	法国 France	NR_130271	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. subvariiformis</i>	G 295131 1, holotype	法国 France	NR_157968	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 268009	中国 China	OK490113	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 254141	中国 China	OK490120	*
<i>C. talimultiformis</i>	A. Taylor 2004096, holotype	瑞典 Sweden	NR_130306	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 255000	中国 China	OK490112	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 277425	中国 China	OK490115	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 280726	中国 China	OK490119	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 254143	中国 China	OK490111	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 274848	中国 China	OK490114	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 278828	中国 China	OK490116	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 280375	中国 China	OK490117	*
<i>C. talimultiformis</i>	HMAS 280472	中国 China	OK490118	*
<i>C. talus</i>	F44793, neotype	瑞典 Sweden	NR_130275	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. talus</i>	CFSZ 21368	中国 China	OK490124	*
<i>C. talus</i>	CFSZ 21474	中国 China	OK490125	*
<i>C. talus</i>	HMAS 254450	中国 China	OK490121	*
<i>C. talus</i>	HMAS 272259	中国 China	OK490123	*
<i>C. talus</i>	HMAS 270316	中国 China	OK490122	*
<i>C. turmalis</i>	F44755, neotype	瑞典 Sweden	NR_130278	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. vacciniophilus</i>	O T.E. Brandrud 17-88, holotype	挪威 Norway	NR_157970	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. variosimilis</i>	IB 19890493, holotype	美国 USA	NR_130280	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. varius</i>	F44788, neotype	瑞典 Sweden	NR_130281	Liimatainen <i>et al.</i> 2014
<i>C. varius</i>	HMAS 144766	中国 China	OK490132	*
<i>C. verrucisporus</i>	Trappe 20806	—	AF325616	Peintner <i>et al.</i> 2001
<i>C. verrucisporus</i>	OSC-74303	—	EU057042	Garnica <i>et al.</i> 2009
外群 Outgroup				
<i>C. collinitus</i>	TUB 011832	德国 Germany	AY669588	Garnica <i>et al.</i> 2005
<i>C. pinguis</i>	UBC F17129 OC57	—	GQ159872	Harrower <i>et al.</i> 2011

注: —表示产地不明; *表示序列出自本研究

Note: — Represents locality is unclear; * represents the sequences derived from this study.

系统发育分析结果见图 1, 本研究报道的国内分布的丝膜菌属黏盖亚属种类所在分支的支持率都超过 50%。根据分子系统发育分析结果, 结合形态分类研究, 将本研究的中国丝膜菌属黏盖

亚属的标本鉴定为 24 个种。由于少数物种间的系统发育关系极为接近, 为明确区分, 需对其标本的 ITS 序列的碱基进行对比分析, 同时参考国外相关的系统发育研究成果, 再加以区分和界定。



图 1 由最大似然法(ML)基于 ITS 序列构建的黏盖亚属物种系统发育树 Bootstrap 值大于 50%的标注于分支处

Fig. 1 Phylogenetic tree of *Phlegmacium* (*Cortinariaceae*) species base on ITS sequences using the method of maximum likelihood analysis. Bootstrap values greater than 50% are indicated next to branches.

2.2 分类学

亮黄丝膜菌(中国新记录种)

Cortinarius armenicorius Soop & Brandrud, Journal des JEC, Journées Européennes du Cortinaire 16: 191 (2014).

子实体中型, 单生至散生。菌盖直径 3–5 cm, 初期半球形, 成熟后平展, 中央略突起; 表面湿润时黏, 光滑, 有光泽, 边缘有时有外菌幕破碎形成的小残片; 浅黄色、浅黄褐色至黄褐色, 较鲜艳。菌褶宽至 5 mm, 近弯生, 致密, 不等长, 初期灰白色, 成熟后浅褐色。菌柄 3.5–5.5×0.8–1.2 cm, 上、中部近圆柱形, 基部明显膨大, 有时呈臼状, 中实至疏松; 表面纤维质, 不黏, 白色至近白色。菌肉肉质, 松软, 白色、近白色至灰白色, 气味未知, 味道不显著。外菌幕较显著, 近白色, 成熟后常在菌盖边缘和菌柄中下部形成浅色的纤维状小残片。内菌幕蛛丝状, 初期近白色, 成熟后因附着担孢子而呈锈褐色。担孢子印浅褐色。遇氢氧化钾溶液菌盖显黄褐色至浅褐色, 菌褶褐色, 菌肉和菌柄略显浅褐色。担孢子 9–11×5.5–6 μm, Q=1.64–2.00, 椭圆形至近杏核形, 浅黄褐色至黄褐色, 表面有中度至强烈的疣状突起。菌盖表皮双层, 外表皮薄, 结构疏松, 纤细且弯曲的菌丝浸没在略显黄色的黏液状基质中, 近无色或略显黄色; 内表皮菌丝结构紧密, 菌丝直径 2–4 μm, 近平行排列, 近无色至略显黄色, 表面有轻微浅黄褐色壳状色素沉积。锁状联合常见。

生境: 松属 *Pinus* 和栎属 *Quercus* 混交林。

世界分布: 法国(Brandrud *et al.* 2014)、俄罗斯(Brandrud *et al.* 2014)和中国。

模式产地: 法国。

研究标本: **青海**: 祁连县, 2004 年 8 月 20 日, 郭良栋、张英, Gm588, HMAS 145765。
西藏: 波密县, 松宗镇, 海拔 3 035 m, 松和川滇高山栎 *Quercus aquifolioides* 混交林, 2014 年 9 月 11 日, 魏铁铮、庄剑云、刘小勇和黄浩,

5022, HMAS 271831。**四川**: 小金县, 2013 年 8 月 13 日, 卢维来, 1784, HMAS 268120。

亮黄丝膜菌的典型特征是鲜艳的黄褐色的菌盖、明显的外菌幕和稍大的担孢子。Brandrud *et al.* (2014)报道该种生长于法国的云杉属 *Picea* 林中, 且菌肉有强烈的蜂蜜气味。本研究所引证标本未有气味相关的记载。Brandrud *et al.* (2014)报道亮黄丝膜菌在系统发育上与 *C. pallidirimosus* Kytöv., Liimat. & Niskanen 相近, 但后者子实体较为纤细。本研究基于 ITS 系统发育分析结果表明, 这个种与蓝褶丝膜菌 *Cortinarius caesiophylloides* Kytöv., Liimat., Niskanen, Brandrud & Frøslev 也有较近的亲缘关系, 但后者初期菌褶、菌柄顶端和菌肉都略显蓝色。另外, 这个种形态上与多形丝膜菌和近多形丝膜菌相似, 但与后两者不同的是其子实体较小, 外菌幕更为显著, 且菌肉有明显的蜂蜜气味 (Brandrud *et al.* 2014)。此外, 亮黄丝膜菌的担孢子宽度可达 6 μm, 较近多形丝膜菌的担孢子更宽。Brandrud *et al.* (2014)报道亮黄丝膜菌在欧洲生长于落叶松属 *Larix*、云杉属和桦属 *Betula* 林中。

宽盖丝膜菌 图 2A

Cortinarius badiolatus (M.M. Moser) M.M. Moser, Kleine Kryptogamenflora von Mitteleuropa - Die Blätter- und Baupilze (Agaricales und Gastromycetes) IIb/2: 301 (1967)

生境: 落叶松林。

世界分布: 德国(Moser 1960)、西班牙(Gutiérrez *et al.* 2013)和中国。

模式产地: 德国。

研究标本: **内蒙古**: 克什克腾旗, 达里诺尔湖南岸, 2007 年 8 月 22 日, 刘铁志、王媛媛, CFSZ 3260; 巴林右旗, 赛罕乌拉自然保护区正沟, 落叶松林缘, 2008 年 7 月 21 日, 刘铁志、孙超、张杰, CFSZ 3530; 蒙古栎 *Quercus mongolica* 林, 2008 年 9 月 2 日, 刘铁志、田慧敏、孙超, CFSZ 3791; 阿尔山市南郊,

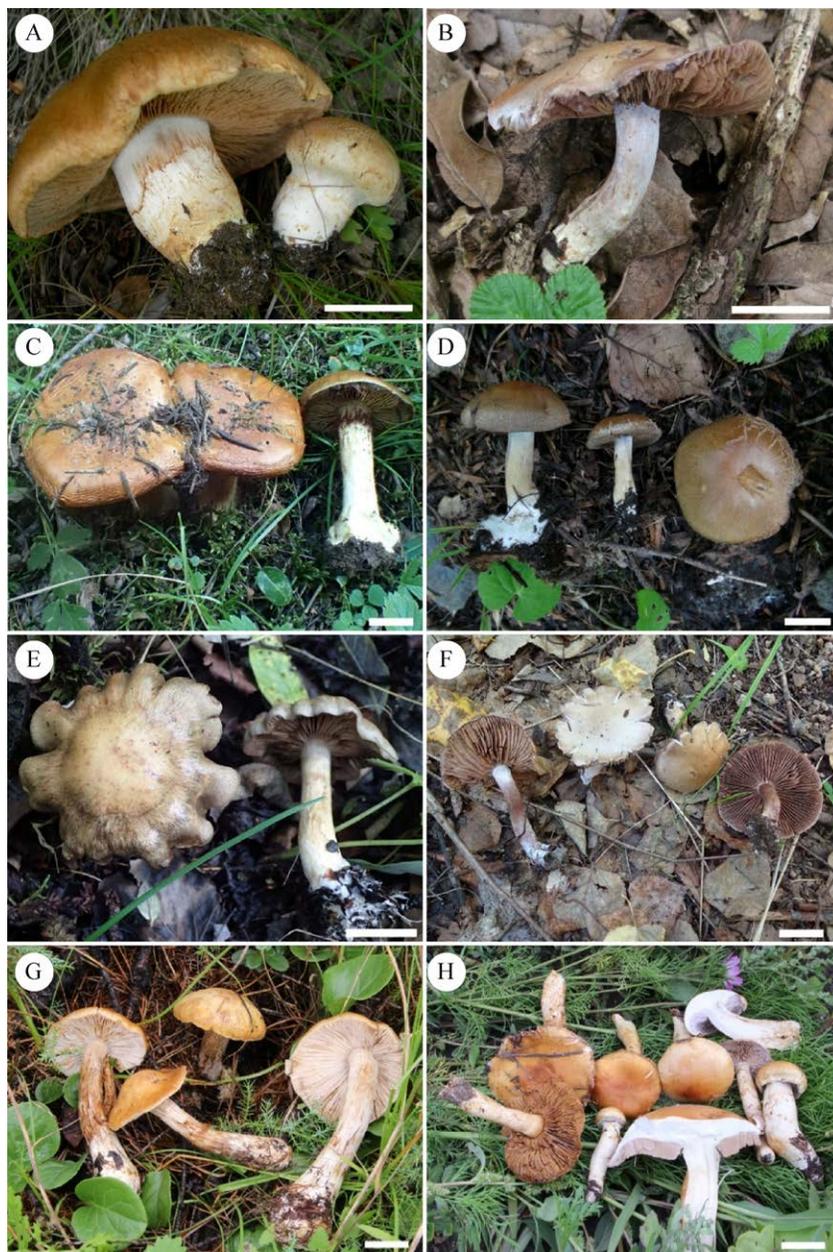


图 2 中国丝膜菌属黏盖亚属部分种类的子实体 A: 宽盖丝膜菌(CFSZ 3530); B: 灰蓝丝膜菌(HMAS 272301); C: 雅致丝膜菌(HMAS 280206); D: 黄弯丝膜菌(HMAS274419); E: 弯丝膜菌(HMAS 280746); F: 紫灰丝膜菌(CFSZ 21549); G: 多形丝膜菌(HMJAU 48792); H: 红黄丝膜菌(HMJAU 44450). 标尺=2 cm
 Fig. 2 Basidiocarps of subgenus *Phlegmacium* (*Cortinarius*) species from China. A: *Cortinarius badiolatus* (CFSZ 3530); B: *C. caesicolor* (HMAS 272301); C: *C. elegantior* (HMAS 280206); D: *C. infractiflavus* (HMAS274419); E: *C. infractus* (HMAS 280746); F: *C. mendax* (CFSZ 21549); G: *C. multiformis* (HMJAU 48792); H: *C. ophiopus* (HMJAU 44450). Scale bars=2 cm.

2018年8月22日, 谢孟乐, XML2018-7976, HMJAU 48668。黑龙江: 塔河县, 秀峰林场, 2016年8月28日, 谢孟乐、胡佳君、马敖, XML2016-8572, HMJAU 44289。吉林: 长白山

自然保护区, 2002年8月30日, 姚一建、李雪玲、邓晖、魏铁铮, 191, HMAS 96780。新疆: 布尔津县, 2003年8月, 文华安、栾洋, 56, HMAS 145777。青海: 班玛县, 2013年7月26

日, 杨瑞恒、李潇英、李斌斌, 317, HMAS 269817; 2013年7月28日, 杨瑞恒、李潇英、李斌斌, 488, HMAS 269288。四川: 壤塘, 2013年7月28日, 李斌斌、杨瑞恒、李潇英, 166, HMAS 269862; 168, HMAS 252968。

宽盖丝膜菌的典型特征是黄褐色至褐色的菌盖和近白色的菌柄, 以及较大的、具中度疣状突起的、杏核形担孢子。从系统发育上, 这个种与灰蓝丝膜菌 *C. caesiocolor* Kytöv., Liimat. & Niskanen、*C. chromatophilus* Rob. Henry (Henry 1989; Bidaud *et al.* 1996) 和 *C. myrtillophilus* Kytöv., Liimat., Niskanen & Brandrud (Liimatainen *et al.* 2014) 较近。从形态上, 成熟的宽盖丝膜菌与 *C. chromatophilus* 和 *C. myrtillophilus* 难以区分, 但其菌盖较后两者颜色浅, 在幼年阶段有时甚至接近白色。与灰蓝丝膜菌不同, 宽盖丝膜菌的子实体不具有蓝色或蓝紫色, 担孢子也比灰蓝丝膜菌的略长。谢孟乐(2018)报道了这个种分布于黑龙江省樟子松 *Pinus sylvestris* var. *mongolica* 为主的混交林中。Moser (1960) 报道这个种分布于德国的针叶林中。

白环丝膜菌

Cortinarius balteatoalbus Rob. Henry, Bulletin de la Société Mycologique de France 74: 305 (1958)

生境: 落叶松和白桦 *Betula platyphylla* 混交林。

世界分布: 法国(Henry 1958; Brandrud 1998)、瑞典(Soop 2018)、瑞士(Brandrud 1998; Breitenbach & Kränzlin 2000)、意大利(Gonsiglio 2000)、西班牙(Cadiñanos 2004)、荷兰(Keizer & Arnolds 1994)和中国。

模式产地: 法国。

研究标本: 内蒙古: 根河市, 满归镇凝翠山, 落叶松、白桦混交林, 2017年8月25日, 谢孟乐和汪阳, XML2017-4691, HMJAU 44429; 宁城县, 黑里河国家级自然保护区四道沟, 2019年8月23日, 刘铁志, CFSZ 21112。

白环丝膜菌的典型特征是浅褐色的菌盖和菌褶、粗壮的菌柄和杏核形、具轻微疣状突起的担孢子。该种在系统发育上与 *C. balteatoalutaceus* Kytöv., Liimat. & Niskanen 接近, 但 *C. balteatoalutaceus* 菌盖较白环丝膜菌颜色深, 且具有中度疣状突起的担孢子。谢孟乐(2018)报道这个种分布于中国东北地区。在欧洲, 这个种被报道生长于桦属、山毛榉属 *Fagus*、云杉属、松属、栎属林中(Henry 1958; Keizer & Arnolds 1994; Brandrud 1998; Breitenbach & Kränzlin 2000; Cadiñanos 2004; Soop 2018)。

灰蓝丝膜菌(中国新记录种) 图 2B

Cortinarius caesiocolor Kytöv., Liimat. & Niskanen, Persoonia 33: 136 (2014)

菌盖直径 3–6 cm, 初期半球形, 后凸镜形, 成熟后平展, 中央有钝圆形脐突, 边缘平直; 表面湿润时轻微黏, 覆盖一层纤维状纤毛, 边缘尤为明显; 初期浅蓝紫色至浅紫褐色, 成熟后褐色略带蓝紫色。菌褶宽至 4 mm, 近弯生, 致密, 不等长; 初期浅褐灰色, 略显蓝色, 成熟后浅褐色至褐色。菌柄 4–6×0.8–1 cm, 近圆柱形, 基部略膨大, 中实至松软; 表面不黏, 近白色, 近顶端略显蓝色。菌肉肉质, 松软, 浅蓝色; 气味不显著, 味道未知。外菌幕稀疏分布于菌盖和菌柄表面形成纤维状条纹, 初期浅蓝色, 成熟后变褐色。内菌幕蛛丝状, 初期白色, 后期因附着担孢子在菌柄中上部表面形成褐色絮状物。担孢子印锈褐色。遇 KOH 溶液菌盖中央褐色, 菌柄浅灰褐色, 菌肉黄色。担孢子 9–11.5×5–6.5 μm, Q=1.54–1.80, 杏核形, 褐色, 表面有显著疣状突起, 黄褐色至褐色。菌盖表皮双层, 外表皮为不明显的胶质层, 纤细的菌丝浸没在近无色至略显黄褐色的胶质基质中; 内表皮菌丝排列紧密, 直径 2–4 μm, 黄褐色, 表面有稀疏的褐色壳状色素沉积物。锁状联合常见。

生境: 松混交林。

世界分布: 芬兰(Liimatainen *et al.* 2014)和

中国。

模式产地：芬兰。

研究标本：**西藏**：波密县，古乡去波密县城路边，海拔 2 694 m，松混交林，2014 年 9 月 7 日，魏铁铮、庄剑云、刘小勇和黄浩，4764，HMAS 272301；墨脱县，德兴乡，海拔 1 142 m，2014 年 4 月 23 日，卢维来，LWL 2168，HMAS 272619。

灰蓝丝膜菌的典型特征是其子实体各部分(菌褶在初期阶段)有明显的蓝紫色，担孢子杏核形且有显著的疣状突起。这个种在系统发育上与 *C. chromataphilus* 接近，但与灰蓝丝膜菌相比，后者的担孢子较大。在欧洲，这个种被报道生长于杨属、柳属、栎属、桦属和榛属 *Corylus* 等林中(Liimatainen *et al.* 2014)。

蓝褶丝膜菌

Cortinarius caesiophylloides Kytöv., Liimat., Niskanen, Brandrud & Frøslev, Persoonia 33: 130 (2014)

生境：落叶松和白桦混交林。

世界分布：芬兰、挪威(Liimatainen *et al.* 2014)和中国。

模式产地：芬兰。

研究标本：**内蒙古**：根河市，满归镇，落叶松和白桦混交林，2017 年 8 月 24 日，谢孟乐、汪阳和罗智檜，XML2017-4568，HMJAU 44402；XML2017-4561，HMJAU 44400；凝翠山，落叶松和白桦混交林，2017 年 8 月 25 日，谢孟乐、汪阳和罗智檜，XML2017-4711，HMJAU 44479。

蓝褶丝膜菌的典型特征是其黄褐色的菌盖，幼年时菌褶、菌柄和菌肉也略显蓝色。这个种在系统发育上与亮黄丝膜菌、*C. caesiolamellatus* (Bidaud) Kytöv., Liimat., Niskanen, Brandrud, Frøslev & A.F.S. Taylor 和 *C. pallidirimosus* Kytöv., Liimat. & Niskanen 形成姐妹群。蓝褶丝膜菌与 *C. caesiolamellatus* (Liimatainen *et al.* 2014)都具有蓝色的菌褶和菌柄顶部，相比后者，

前者担孢子表面的疣状突起较轻微。蓝褶丝膜菌与亮黄丝膜菌和 *C. pallidirimosus* (Liimatainen *et al.* 2014)很容易从形态上区分，后两者子实体都没有任何蓝紫色调。蓝褶丝膜菌与灰蓝丝膜菌形态相似，但后者的菌盖和外菌幕也都带有蓝紫色。谢孟乐(2018)报道这个种分布于中国东北地区。在欧洲，蓝褶丝膜菌被报道生长于云杉属、松属、杨属 *Populus*、桤木属 *Alnus* 和桦属等林中(Liimatainen *et al.* 2014)。

紫褐丝膜菌(中国新记录种)

Cortinarius calojanthinus M.M. Moser & Ammirati, Mycotaxon 72: 291 (1999)

子实体中型，单生。菌盖直径 3–5 cm，初期半球形，后凸镜形，成熟后凸镜形至平展，边缘下弯；表面湿润时黏，有光泽，初期略显紫色，中央浅褐色至黄褐色，成熟后黄褐色，中央褐色至红褐色，有时有微小纤维状纤毛。菌褶宽至 5 mm，近弯生，致密，不等长；初期近白色，后浅褐色，成熟后土褐色。菌柄 3.5–5×0.8–1.2 cm，近圆柱形，基部膨大呈臼状；中实或松软；表面纤维质，有丝光，初期白色至近白色，略显淡紫色，成熟后污白色。菌肉肉质，松软；白色至污白色；气味和味道不显著。外菌幕白色略带淡紫色稀疏，成熟后在菌盖边缘和菌柄表面形成稀疏的白色至浅褐色的纤维状附着物。内菌幕蛛丝状，初期白色，后期因附着担孢子在菌柄中上部表面形成锈褐色絮状物。担孢子印锈褐色。遇 KOH 溶液菌盖表皮褐色，菌褶褐色，菌肉几乎不变色，菌柄略显褐色。担孢子 10–13×6.5–7.5 μm，Q=1.54–1.73，杏核形，表面有中度疣状突起，黄褐色至褐色。菌盖表皮双层，外表皮菌丝稀疏，浸没在胶质的基质中；内表皮菌丝结构紧密，菌丝直径 5.5–8 μm，细胞壁浅黄褐色。锁状联合常见。

生境：冷杉属 *Abies*、云杉属和柏属 *Cupressus* 等针叶林中。

世界分布：美国(Moser & Ammirati 1999)和中国。

模式产地：美国。

研究标本：四川：道孚县，海拔 3 489 m，2013 年 8 月 12 日，卢维来，1456，HMAS 268183；德格县，措拉乡，冷杉、云杉和柏林，3 831 m，2016 年 8 月 12 日，魏铁铮、孙丽华、吴祖训和张润超，6951，HMAS 277018。

紫褐丝膜菌的典型特征是其菌盖、菌柄及外菌幕都略带紫色，且担孢子较大。这个种形态上与灰蓝丝膜菌和蓝褶丝膜菌相似，但其菌褶和菌肉没有蓝色或紫色，且担孢子也较后者更大。在美国，这个种被报道生长于云杉属和冷杉属林中(Moser & Ammirati 1999)。

亮色丝膜菌

Cortinarius claricolor (Fr.) Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 257 (1838)

生境：冷杉属、云杉属等针叶林。

世界分布：瑞典(Liimatainen *et al.* 2014)、挪威(Brandrud *et al.* 2013)、瑞士(Breitenbach & Kränzlin 2000)、法国(Bidaud *et al.* 2010)、意大利(Consiglio *et al.* 2003)、美国(Kauffman 1932)和中国。

模式产地：瑞典。

研究标本：西藏：波密县，易贡乡，海拔 2 242 m，冷杉属和云杉属林中，2016 年 9 月 22 日，吴祖训、魏铁铮，572，HMAS 281054。

亮色丝膜菌的典型特征是黄褐色的菌盖和表面有轻微疣状突起的担孢子。该种在系统发育上与 *C. rex-claricolorum* Bidaud, Carteret & Reumaux 和 *C. praestans* (Cordier) Gillet 相近。亮色丝膜菌与 *C. rex-claricolorum* (Bidaud *et al.* 2010)形态十分相似，但其担孢子较后者略长。亮色丝膜菌子实体不具有蓝色，以此区别于 *C. praestans* (Brandrud *et al.* 2013; Saar & Gminder 2013)，且担孢子也较后者略小。关于该种的形态描述，不同报道之间存在一定的差异。Saccardo (1887)描述该种的担孢子 11–12×6–8 μm，Massee (1893)和 Smith (1942)也描述了近似的

结果，然而 Kauffman (1932)、Breitenbach & Kränzlin (2000)、Consiglio *et al.* (2003)和 Soop (2018)描述该种的担孢子长度都低于 10 μm，明显较小。Liimatainen *et al.* (2014)为亮色丝膜菌指定了新模式，并基于 ITS 序列分析的结果指出 *Cortinarius pseudoturmalis* Bidaud & Moëne-Loec.是这个种的异名。本文引证标本的 ITS 序列与上述新模式一致，且担孢子长度上至 10.5 μm。

砖红丝膜菌(中国新记录种)

Cortinarius crassus Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 257 (1838)

子实体中型，单生或群生。菌盖直径 8 cm，平展，边缘内卷；表面湿润时轻微黏，光滑，褐色、红褐色至砖红色。菌褶宽至 5 mm，近弯生，中度密，不等长；浅褐色。菌柄长 5 cm，直径 3 cm，近圆柱形，基部略细，粗壮；中实，松软；表面纤维质，不黏，近白色至略显黄褐色。菌肉肉质，松软，浅褐色；气味和味道不显著。外菌幕稀疏，成熟后有时在菌盖边缘和菌柄中下部表面形成近白色纤毛状附属物。内菌幕蛛丝状，初期白色，后期因附着担孢子在菌柄中上部表面形成浅褐色絮状物。遇 KOH 溶液菌盖表皮深褐色，菌褶灰褐色，菌肉浅褐色，菌柄浅褐色。担孢子印浅褐色。担孢子 7–8×4–4.5 μm，Q=1.75–2.00，椭圆形至长椭圆形，表面有轻微疣状突起，浅黄褐色；担孢子数量较少，标本未完全成熟。菌盖表皮双层，外表皮菌丝稀疏，浸没在胶质的基质中；内表皮菌丝结构紧密，菌丝直径 3–8 μm，细胞壁浅黄褐色。锁状联合常见。

生境：冷杉属、高山栎等混交林中。

世界分布：瑞典(Liimatainen *et al.* 2014; Soop 2018)、英国(Massee 1893)、瑞士(Breitenbach & Kränzlin 2000)、法国(Liimatainen *et al.* 2014)和中国。

模式产地：瑞典。

研究标本：西藏：林芝县，中国科学院鲁朗生态站东侧山上，海拔 3 451 m，冷杉属、高山

栎混交林中, 2015年9月22日, 魏铁铮、李斌斌, 6746, HMAS 275284。

砖红丝膜菌的典型特征是菌盖砖红色, 浅色的菌褶, 担孢子表面有轻微的疣状突起。该种被报道生长于欧洲的松属、云杉属和桦属林中 (Massee 1893; Breitenbach & Kränzlin 2000; Liimatainen *et al.* 2014; Soop 2018)。

雅致丝膜菌 图 2C

Cortinarius elegantior (Fr.) Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 267 (1838)

生境: 冷杉属、云杉属和柏属林中。

世界分布: 瑞典 (Soop 2018)、挪威 (Garnica *et al.* 2011)、德国 (Garnica *et al.* 2006, 2011)、瑞士 (Breitenbach & Kränzlin 2000)、奥地利 (Garnica *et al.* 2011)、西班牙 (Cadiñanos 2004)、法国 (Bidaud *et al.* 2003)、意大利 (Garnica *et al.* 2011) 和中国。

模式产地: 瑞典。

研究标本: **内蒙古**: 巴林右旗, 赛罕乌拉自然保护区砬子沟, 2017年8月30日, 刘铁志和乌兰图雅, CFSZ18687; CFSZ2925。 **河北省**: 涞源县, 空中草原, 2020年8月24日, 范婷婷, 193, HMAS 291369; 张旭, 255, HMAS 249874。 **四川**: 德格县, 措拉乡, 冷杉属、云杉属和柏属林中, 海拔 3 831 m, 2016年8月12日, 魏铁铮、孙丽华、吴祖训和张润超, 6935, HMAS 280206。

雅致丝膜菌的典型特征是其颜色鲜明的褐黄色至黄褐色的子实体和大型且有显著疣状突起的担孢子。这个种在系统发育上与 *C. elegantio-montanus* Garnica & Ammirati 和 *C. elegantio-occidentalis* Garnica & Ammirati 相近, 三者形态上难以区分, 但分子系统发育分析结果支持三者为各自独立的物种 (Garnica *et al.* 2011)。基于目前文献及相关序列分析结果, 3个物种分布地区存在差异: 雅致丝膜菌分布于欧洲 (Garnica *et al.* 2011) 和中国, 而 *C. elegantio-montanus* 分布于美国落基山脉以东地

区, *C. elegantio-occidentalis* 分布于美国西部地区 (Garnica *et al.* 2011)。雅致丝膜菌在国内被广泛报道 (邓叔群 1963; 戴芳澜 1979; 中国科学院青藏高原综合科学考察队 1983, 1996; 卯晓岚等 1993; 袁明生和孙佩琼 1995, 2007; 邵力平和项存悌 1997; 卯晓岚 1998; 图力古尔等 2008; 吴兴亮等 2010; 顾新伟和何伯伟 2012; 刘铁志和李桂林 2019)。在欧洲, 该种被报道生长在冷杉属、桤木属、山毛榉属、云杉属和松属林中 (Breitenbach & Kränzlin 2000; Bidaud *et al.* 2003; Cadiñanos 2004; Garnica *et al.* 2011; Soop 2018)。

拟黄肉丝膜菌 (中国新记录种)

Cortinarius fulminoides (M.M. Moser) M.M. Moser, *Kleine Kryptogamenflora von Mitteleuropa-Die Blätter- und Baupilze (Agaricales und Gastromycetes) IIB/2*: 284 (1967)

子实体中型至大型, 单生。菌盖直径 9 cm, 平展, 边缘下弯; 表面湿润时黏, 有光泽, 黄褐色, 边缘颜色略浅。菌褶宽至 5 mm, 近弯生, 致密, 不等长; 浅黄褐色。菌柄长 9.5 cm, 直径 2 cm, 近圆柱形, 基部膨大呈球状; 中实; 表面纤维质, 不黏, 顶部近白色, 中部以下略显褐色。菌肉肉质, 松软, 近白色; 气味和味道不显著。外菌幕稀疏, 成熟后在菌盖边缘和菌柄中下部表面形成浅黄褐色的纤毛状附属物。内菌幕蛛丝状, 因附着担孢子在菌柄中上部表面形成黄褐色絮状物。担孢子印浅褐色。遇 KOH 溶液菌盖表皮褐色, 菌褶褐色, 菌肉略显褐色, 菌柄浅褐色。担孢子 $7.5-8.5 \times 5-6.5 \mu\text{m}$, $Q=1.45-1.64$, 杏核形, 表面有中度疣状突起, 黄褐色。菌盖表皮双层, 外表皮菌丝稀疏, 近无色, 浸没在胶状基质中; 内表皮结构紧密, 菌丝直径 $3-6 \mu\text{m}$, 近无色至浅黄色, 表面有黄褐色壳状色素沉积物。锁状联合常见。

生境: 松林。

世界分布: 德国 (Münzmay *et al.* 2009)、奥

地利(Moser 1967)、西班牙(Grupo 2007)、法国(Bidaud *et al.* 2006)、美国(Kauffman 1932)和中国。

模式产地：奥地利。

研究标本：**青海**：班玛县，红军沟，海拔3 516 m，松林，2013年7月26日，杨瑞恒、李潇英、李斌斌，233，HMAS 269183。

拟黄肉丝膜菌的典型特征是黄褐色的菌盖。该种的菌盖直径达15 cm (Bidaud *et al.* 2006)，担孢子长度达10 μm (Bidaud *et al.* 2006; Grupo 2007; Münzmay *et al.* 2009)。本研究标本只有一个不成熟的子实体，因此菌盖直径只有9 cm，担孢子数量也较少，长度仅达8.5 μm 。拟黄肉丝膜菌在欧洲被报道生长于云杉属和松属林中(Bidaud *et al.* 2006; Grupo 2007; Münzmay *et al.* 2009)。

黄弯丝膜菌(中国新记录种) 图 2D

Cortinarius infractiflavus (M.M. Moser) Kytöv., Niskanen, Liimat., Bojantchev & Ammirati, *Persoonia* 33: 129 (2014)

子实体中型，单生或群生。菌盖直径3–5 cm，初期半球形，成熟后凸镜形，边缘内卷至下弯；表面湿润时黏，有光泽，干燥时易形成裂纹，黄色至黄褐色，边缘略显橄榄灰色。菌褶宽至5 mm，近弯生，中度密，不等长；初期浅褐色，略显橄榄色，成熟后橄榄褐色。菌柄3.5–6.5×0.7–1.2 cm，圆柱形，基部膨大，中实至松软；表面纤维质，不黏，顶部浅灰色，中下部浅黄褐色至灰褐色，略显橄榄色。菌肉肉质，松软，浅橄榄褐色；气味不显著，味道略苦。外菌幕稀疏，初期近白色，后在菌盖边缘及菌柄表面形成浅褐色纤维状条纹。内菌幕蛛丝状，初期近白色，成熟后因附着担孢子在菌柄中上部表面形成褐色絮状物。担孢子印褐色。遇KOH溶液菌盖表皮褐色，菌褶褐色，菌肉浅褐色，菌柄浅褐色。担孢子7–8.5×5–6.5 μm ， $Q=1.25\text{--}1.42$ ，近球形、宽椭圆形至宽杏核形，表面有中度疣状突起，黄褐色。菌盖

表皮双层，外表皮疏松，菌丝纤细弯曲，浸没在胶状基质中，略显黄色；内表皮结构紧密，菌丝直径5–8 μm ，浅黄色。锁状联合常见。

生境：冷杉属、云杉属混交林。

世界分布：芬兰、保加利亚、美国、加拿大(Liimatainen *et al.* 2014)和中国。

模式产地：美国。

研究标本：**四川**：小金县，四姑娘山，海拔3 468 m，冷杉混交林，2015年8月17日，魏铁铮和王迪，5679，HMAS 274419；德格县，门扎寺，海拔3 723 m，云杉林，2016年8月13日，吴祖训、孙丽华和魏铁铮，81，HMAS 278222。

黄弯丝膜菌的典型特征是有橄榄色的子实体和近球形的担孢子。该种在系统发育上与弯丝膜菌相近，但其菌盖颜色明显较后者浅，且担孢子略大于后者。在欧洲和北美，黄弯丝膜菌被报道生长于松属、云杉属、刺柏属 *Juniperus*、桦属、杨属和桤木属林中(Liimatainen *et al.* 2014)。

弯丝膜菌 图 2E

Cortinarius infractus (Pers.) Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 261 (1838)

生境：云杉属、松属和高山栎混交林中地上。

世界分布：英国(Massee 1893)、法国(Liimatainen *et al.* 2014)、瑞典(Liimatainen *et al.* 2014; Soop 2018)、芬兰(Liimatainen *et al.* 2014)、美国(Kauffman 1932; Liimatainen *et al.* 2014)和中国。

模式产地：瑞典。

研究标本：**内蒙古**：巴林右旗，赛罕乌拉自然保护区，大东沟，2017年9月1日，刘铁志，乌兰图雅，CFSZ18787；CFSZ18843；喀喇沁旗，马鞍山国家森林公园，2019年9月2日，刘铁志、高彦敏，CFSZ21456；CFSZ21467；2019年9月3日，刘铁志、高彦敏，CFSZ21554；阿尔山市南郊，2018年8月22日，谢孟乐，XML2018-7942，HMJAU 48667。**黑龙江**：塔河县秀峰林场，2016年8月28日，谢孟乐、胡佳

君、马敖, XML2016-8562, HMJAU 44287; 塔河县十九站林场, 2016年8月29日, 谢孟乐、郭昱秀, XML2016-8625, HMJAU 44294; XML2016-8634, HMJAU 44296。**吉林**: 延吉市, 三道湾镇五匹叶沟, 2019年9月5日, 谢孟乐, XML2019-11293, HMJAU 48985。**新疆**: 布尔津, 喀纳斯湖, 2003年8月5日, 文华安和栾洋, 57, HMAS 145784; 2003年8月6日, 文华安和栾洋, 118, HMAS 144677。**西藏**: 米林县, 理龙沟, 海拔3219 m, 云杉、高山栎和桦混交林, 有少量松, 2016年9月14日, 魏铁铮、吴祖训、杨柳、郑焕娣和王新存, 7457, HMAS 280746。

弯丝膜菌的典型特征是带有橄榄色的子实体和近球形的、有强烈疣状突起的担孢子。该种与黄弯丝膜菌形态极为相似。基于本研究标本鉴定结果, 在中国, 弯丝膜菌分布于中国北方及西藏东南部地区, 而黄弯丝膜菌分布于四川西北部和西部, 二者分布地并无明确界限, 而且都栖息于云杉属等树种林区, 因此容易混淆。邓叔群(1963)、戴芳澜(1979)、中国科学院青藏高原综合科学考察队(1983, 1996)、袁明生(1992)、袁明生和孙佩琼(1995, 2007)、邵力平和项存悌(1997)、卯晓岚(2000)、Zhuang (2005)报道了弯丝膜菌在国内的分布, 但上述报道描述的也有可能是黄弯丝膜菌。Kauffman (1932)报道弯丝膜菌分布于美国, 但极有可能是黄弯丝膜菌。在欧洲, 该种被报道生长于云杉属、山毛榉属林中(Liimatainen *et al.* 2014; Soop 2018)。

凯氏丝膜菌(中国新记录种)

Cortinarius kytoevuorii Niskanen & Liimat., *Persoonia* 33: 124 (2014)

菌盖直径3–4 cm, 凸镜形至平展; 表面有光泽, 黄褐色至褐色, 中央深褐色。菌褶宽至3 mm, 致密, 不等长, 褐色。菌柄2–3×0.5–0.8 cm, 近圆柱形, 基部呈白状, 实心; 表面纤维质, 褐色至红褐色。菌肉浅黄褐色; 气味和味道未知。外

菌幕在菌柄中下部表面形成褐色纤维状附着物。内菌幕蛛丝状, 因附着担孢子在菌柄中上部表面形成褐色絮状物。遇KOH溶液菌盖、菌褶和菌柄表面深褐色, 菌肉浅褐色。担孢子7–9×5–5.5 μm, Q=1.40–1.64, 近椭圆形至杏核形, 表面有中度至明显的疣状突起, 黄褐色。菌盖表皮双层, 外表皮疏松, 菌丝浸没在胶状基质中; 内表皮结构紧密, 菌丝直径5–9 μm, 略显黄褐色, 表面有黄褐色色素沉积形成的壳状物。锁状联合常见。

生境: 混交林。

世界分布: 芬兰(Liimatainen *et al.* 2014)和中国。

模式产地: 芬兰。

研究标本: **新疆**: 吉木萨尔, 2003年8月1日, 文华安, 栾洋, 46, HMAS 144716。

凯氏丝膜菌具有黄褐色至褐色的菌盖, 与其他黏盖亚属种类相比, 形态特征并不鲜明, 其分类鉴定主要依靠分子系统发育分析。本研究未能找到该物种新鲜的标本和详实的野外记录, 上述描述基于引证的干标本。这个种在系统发育上与*C. subrugulosus* Bidaud & Armada相近, 但后者的担孢子较小。Liimatainen *et al.* (2014)认为凯氏丝膜菌形态上与*C. glaucopus* (Schaeff.) Gray相似, 但较后者更纤细, 且子实体表面缺乏蓝色调。凯氏丝膜菌在欧洲被报道生长于桦属、云杉属、松属和杨属混交林中(Liimatainen *et al.* 2014)。

浅褐丝膜菌(中国新记录种) 图 3A

Cortinarius leucophanes P. Karst., *Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica* 6: 3 (1881)

子实体中型, 群生, 不成熟。菌盖直径2–3 cm, 初期半球形, 后展开呈凸镜形, 边缘内卷至下弯; 表面湿润时黏, 有光泽, 污白色至很浅的银灰色, 略带黄褐色。菌褶宽至3 mm, 近弯生, 致密, 不等长; 初期灰白色, 略显淡紫色, 成熟后灰褐色。菌柄6–10×0.8–1.0 μm, 近圆柱形, 基部有时略膨大, 中实; 表面不黏, 有丝光, 近白色至



图 3 中国丝膜菌属黏盖亚属部分种类的子实体 A: 浅褐丝膜菌 *Cortinarius leucophanes* (HMAS 145721); B: 浅黄丝膜菌 *C. ochribubalinus* (CFSZ 2932); C: 亚红幕丝膜菌 *C. subrubrovelatus* (HMAS 280209); D: 脚踝丝膜菌 *C. talus* (HMJAU 44434); E: 近多形膜菌 *C. talimultiformis* (HMAS 254997). 标尺=2 cm

Fig. 3 Basidiocarps of subgenus *Phlegmacium* (*Cortinarius*) species from China. A: *Cortinarius leucophanes* (HMAS 145721); B: *C. ochribubalinus* (CFSZ 2932); C: *C. subrubrovelatus* (HMAS 280209); D: *C. talus* (HMJAU 44434); E: *C. talimultiformis* (HMAS 254997). Scale bars=2 cm.

灰白色，顶部略显淡紫色。菌肉肉质，松软，近白色至略带蓝紫色；气味和味道未知。外菌幕初期近白色，略带淡紫色，成熟后在菌柄中下部表面形成浅褐色纤维状附着物。内菌幕蛛丝状，近

白色至略带淡紫色，成熟后因附着担孢子在菌柄中上部表面形成褐色絮状物。遇 KOH 溶液菌盖浅黄褐色，菌褶褐色，菌柄表面浅黄褐色，菌肉略显黄褐色。担孢子印褐色。担孢子 $5.5\text{--}7\times$

3.5–4.5 μm , $Q=1.56\text{--}1.71$, 近椭圆形, 表面有轻微的疣状突起, 浅黄褐色。菌盖表皮双层, 外表皮疏松, 菌丝浸没在胶状基质中; 内表皮结构紧密, 菌丝直径 2–6 μm , 略显黄褐色。锁状联合常见。

生境: 云南松 *Pinus yunnanensis*、高山栎混交林。

世界分布: 挪威(Soop 2002b)、瑞典(Soop 1993, 2002b, 2018)、芬兰(Saccardo 1887)和中国。

模式产地: 芬兰。

研究标本: 云南: 剑川县, 石宝山, 海拔 2 500 m, 云南松和栎树混交林, 2005 年 7 月 29 日, 魏铁铮、于富强, 969, HMAS 145721。

浅褐丝膜菌的典型特征是其污白色至浅褐色的菌盖, 具淡紫色色调的子实体和较小且表面有轻微疣状突起的担孢子。本文观察的标本尚不成熟, 担孢子数量较少, 但分子系统发育分析的结果可以确认为浅褐丝膜菌。在形态和分子系统发育上, 浅褐丝膜菌与 *C. comarostaphyliae* Ammirati, Halling & Garnica (Ammirati *et al.* 2007) 缺乏明确的种间界限, 但后者仅分布于北美。浅褐丝膜菌在北欧被报道生长于落叶松属和松属林中(Soop 1993, 2002b, 2018)。

紫灰丝膜菌(中国新记录种) 图 2F

Cortinarius mendax Bidaud, Mahiques & Reumaux, Journal des JEC 14 (no. 13): 18 (2011)

子实体中型至大型, 单生至散生。菌盖直径 4–11 cm, 初期半球形, 后展开呈凸镜形, 成熟后平展, 边缘下弯至平直, 有时波曲状; 表面湿润时黏, 有光泽, 初期银灰色至浅灰褐色, 略显紫色, 成熟后褐灰色至灰褐色, 仍有淡紫色调。菌褶宽至 6 mm, 近弯生, 致密, 不等长; 初期灰紫色, 成熟后紫褐色或灰褐色略带紫色。菌柄 5–10 \times 0.8–1.5 cm, 近圆柱形, 基部略膨大, 中实; 表面不黏, 初期灰紫色, 成熟后灰紫色至紫褐色, 顶部颜色略浅。菌肉肉质, 松软, 近白色至污白

色, 略带蓝紫色; 气味和味道未知。外菌幕浅紫色, 成熟后在菌柄中下部表面形成浅紫色至紫褐色纤维状附着物。内菌幕蛛丝状, 浅紫色, 成熟后因附着担孢子在菌柄中上部表面形成褐色絮状物。担孢子印褐色。遇 KOH 溶液菌盖浅黄褐色, 菌褶褐色, 菌柄表面浅黄褐色, 至褐色, 菌肉略显黄褐色。担孢子 8–11 \times 5–6 μm , $Q=1.60\text{--}1.83$, 近椭圆形至近杏核形, 表面有中度疣状突起, 浅黄褐色。菌盖表皮双层, 外表皮胶质层不明显; 内表皮结构紧密, 菌丝直径 2–6 μm , 略显黄褐色。锁状联合常见。

生境: 白桦林。

世界分布: 法国(Bidaud *et al.* 2009; Bidaud 2011)和中国。

模式产地: 法国。

研究标本: 内蒙古: 喀喇沁旗, 马鞍山国家森林公园, 2019 年 9 月 3 日, 刘铁志、高彦敏, CFSZ 21549; CFSZ 21559。吉林: 安图县, 长白山国家级自然保护区, 2018 年 9 月 6 日, 谢孟乐, XML2018-8317, HMJAU 48675; 2018 年 9 月 15 日, 谢孟乐, XML2018-8636, HMJAU 48682; XML2018-8643, HMJAU 48684; XML2018-8667, HMJAU 48685; 2020 年 9 月 19 日, 谢孟乐, XML2020-12706, HMJAU 49070。

紫灰丝膜菌的典型特征是具有紫灰色的子实体。该种在系统发育上与 *C. collocandoides* Reumaux、*C. porphyropus* (Alb. & Schwein.) Fr.、*C. purpurascens* Fr. 和 *C. subpurpurascens* (Batsch) J. Kickx f. 相近(Bidaud *et al.* 2009; Saar *et al.* 2014), 从形态上看, 这 4 个近缘种也都具有紫灰色的子实体。与 *C. porphyropus*、*C. purpurascens* 和 *C. subpurpurascens* 相比, 紫灰丝膜菌的担孢子稍大, 但 *C. collocandoides* 与紫灰丝膜菌在形态上缺乏明确的分类界限。紫灰丝膜菌在欧洲被报道生长于冷杉属、云杉属、桦属、山毛榉属和栎属林中(Bidaud *et al.* 2009; Bidaud 2011)。

多形丝膜菌 图 2G

Cortinarius multiformis (Fr.) Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 263 (1838)

生境：云杉属林中。

世界分布：挪威(Liimatainen *et al.* 2014)、瑞典(Liimatainen *et al.* 2014; Soop 2018)、芬兰(Liimatainen *et al.* 2014)、爱沙尼亚(Liimatainen *et al.* 2014)、英国(Massee 1893)、瑞士(Breitenbach & Kränzlin 2000)、法国(Bidaud *et al.* 2006)、加拿大(Liimatainen *et al.* 2014)、美国(Kauffman 1932)和中国。

模式产地：瑞典。

研究标本：**内蒙古**：额尔古纳市，金河镇，2018年8月25日，谢孟乐，XML2018-8076，HMJAU 48670。**黑龙江**：塔河县，塔尔根林场，兴安落叶松林，2017年8月21日，谢孟乐、汪阳和罗智檣，XML2017-4393，HMJAU48792。**新疆**：奇台县，江布拉克景区，海拔2 038 m，云杉林、蔷薇科灌丛，2014年8月19日，魏铁铮、庄剑云、刘小勇、黄浩和徐彪，4462，HMAS 270236。**青海**：祁连县，2004年8月21日，郭良栋、高清明，625，HMAS 145762；李伟，469，HMAS 96925。

多形丝膜菌的典型特征是黄褐色的菌盖，浅褐色的菌褶，以及中等大小的担孢子。这个种与近多形丝膜菌在系统发育上相近，形态上极为相似。Liimatainen *et al.* (2014)认为多形丝膜菌区别于近多形丝膜菌的特征是其菌盖边缘缺乏明显的纤维状附属物，但本研究发现一些近多形丝膜菌的菌盖边缘也未发现明显的纤维状附属物。显然，这两个相似种的界定还需主要依靠分子系统发育分析的方法。在国内，多形丝膜菌被广泛报道生长于全国各地(邓叔群 1963；戴芳澜 1979；李茹光 1980；应建浙等 1982；中国科学院青藏高原综合科学考察队 1983，1994，1996；吴兴亮 1990；刘波 1991；张雪岳 1991；袁明生 1992；卯晓岚等 1993；戴贤才和李泰辉 1994；

应建浙和臧穆 1994；袁明生和孙佩琼 1995，2007；邵力平和项存梯 1997；黄年来 1998；卯晓岚 1998，2000；吴兴亮等 2010；王立安和通占元 2011)，但这些报道中所依据的材料也可能应鉴定为近多形丝膜菌。在欧洲和北美，多形丝膜菌被报道生长于云杉属、松属和山毛榉属林中(Kauffman 1932；Breitenbach & Kränzlin 2000；Bidaud *et al.* 2006；Soop 2018)。

新黄花丝膜菌(中国新记录种)

Cortinarius neotriumphans Bidaud, Moëne-Locc. & Reumaux, *Atlas des Cortinaires* 9: 372 (1999)

菌盖直径 3.5–10 cm，初期半球形，后凸镜形，成熟后平展，中央有较浅的钝圆形脐突；表面湿润时黏，有光泽，黄褐色至橙褐色，中央橙褐色至红褐色。菌褶宽至 8 mm，近弯生，中度密，不等长；初期近白色，成熟后浅褐色、浅黄褐色至黄褐色。菌柄 4.5–6.5×0.8–1.8 mm，近圆柱形至棒状，基部稍膨大，中实至松软；表面纤维质，不黏，底色近白色，密集附着有黄褐色至褐色纤维状绒毛形成的环带和纵向条纹。菌肉肉质，松软，白色至近白色；气味和味道不显著。外菌幕显著，在菌盖边缘和菌柄中下部表面形成黄褐色至褐色的纤维状附属物。内菌幕蛛网状，初期近白色，成熟后因附着担孢子在菌柄中上部表面形成褐色絮状物。担孢子印锈褐色。遇 KOH 溶液菌盖和菌褶褐色，菌柄表面黄褐色，菌肉略显黄褐色。担孢子 8–11.5×5.5–6.5 μm，Q=1.45–1.77，椭圆形，表面有中度疣状突起，黄褐色。菌盖表皮双层，外表皮稀疏，菌丝纤细弯曲，浸没在胶状基质中，略显黄色；内表皮结构紧密，菌丝直径 4–11 μm，浅黄色。锁状联合常见。

生境：云杉属、高山栎混交林。

世界分布：挪威(Liimatainen *et al.* 2014)、瑞典(Liimatainen *et al.* 2014)、法国(Bidaud *et al.* 1999；Liimatainen *et al.* 2014)和中国。

模式产地：法国。

研究标本：**云南**：香格里拉市，碧塔海景区，

海拔 3 700 m, 云杉属、高山栎和杜鹃 *Rhododendron* sp.混交林, 2008 年 8 月 12 日, 魏铁铮、张小青和于富强, 145, HMAS 260251。西藏: 林芝县, 鲁朗镇, 中国科学院鲁朗生态站东侧山上, 云杉属、高山栎混交林, 2015-9-22, 魏铁铮和李斌斌, 6761, HMAS 254469。

新黄花丝膜菌的典型特征是鲜艳的菌褶、浅色的菌褶和菌柄, 以及中等大小、椭圆形的担孢子。该种在形态上与黄花丝膜菌相似, 但其担孢子明显小于后者。新黄花丝膜菌在法国被报道生长于云杉属林中(Bidaud *et al.* 1999)。

浅黄丝膜菌(中国新记录种) 图 3B

Cortinarius ochribubalinus Kytöv., Liimat. & Niskanen, Persoonia 33: 124 (2014)

子实体中型, 散生。菌盖直径 3.5–5 cm, 凸镜形至平展凸镜形, 中央有钝圆形脐突, 边缘下弯, 有纤维状附着物; 表面湿润时黏, 有光泽, 中央黄褐色, 四周浅黄褐色, 边缘略显黄褐色至近白色。菌褶近弯生, 宽至 4 mm, 中度密, 不等长, 初期浅褐灰色, 成熟后浅褐色。菌柄 4–7×0.8–1.3 cm, 近圆柱形, 基部稍膨大, 中实; 表面不黏, 初期近白色, 成熟后污白色至浅显褐黄色。菌肉肉质, 松软, 近白色; 气味不显著, 味道淡。外菌幕显著, 成熟后在菌盖边缘形成白色纤维状附着物, 在菌柄中下部表面形成长存的白色纤维状至絮状附属物, 有时因附着担孢子而呈浅褐色。内菌幕蛛网状, 初期近白色, 成熟后因附着担孢子在菌柄中上部表面形成浅褐色至褐色絮状物。孢子印褐色。遇 KOH 溶液无明显变色反应, 菌盖和菌褶浅褐色, 菌柄表面略显黄色至浅黄褐色, 菌肉略显黄褐色。担孢子 12–15×7–8 μm, Q=1.71–1.93, 杏核形, 表面有强烈疣状突起, 浅褐色至黄褐色。菌盖表皮双层, 外表皮结构稀疏, 菌丝纤细弯曲, 浸没在胶状基质中, 略显黄色; 内表皮结构紧密, 菌丝直径 4–10 μm, 浅黄色。锁状联合常见。

生境: 虎榛子 *Ostryopsis davidiana* 灌丛。

世界分布: 芬兰(Liimatainen *et al.* 2014) 和中国。

模式产地: 芬兰。

研究标本: 内蒙古: 赤峰市, 松山区老府镇蒙古营子神仙沟, 虎榛子灌丛, 2008 年 8 月 24 日, 刘铁志、田慧敏, CFSZ 2932。

浅黄丝膜菌的典型特征是浅黄褐色的菌盖、显著的外菌幕和大型且有强烈疣状突起的担孢子。从系统发育的分析结果看, 未发现与该种亲缘关系较近的物种, 又因为较大的担孢子和显著而长存的外菌幕而易与其他丝膜菌属种类区分。浅黄丝膜菌在欧洲被报道生长于桤木属、桦属、榛属、杨属、李属 *Prunus*、栎属、柳属、云杉属和松属林中(Liimatainen *et al.* 2014)。

红黄丝膜菌(中国新记录种) 图 2H

Cortinarius ophiopus Peck, Annual Report on the New York State Museum of Natural History 30: 42 (1878)

子实体大型, 常群生。菌盖直径 6–13.5 cm, 初期半球形, 后凸镜形, 成熟后平展凸镜形至平展, 中央常有钝圆形隆起; 表面湿润时黏, 光滑, 有光泽, 边缘有黄褐色纤维状附着物, 初期褐黄色, 成熟后中央红黄色, 边缘颜色略浅, 颜色鲜艳。菌褶近弯生, 宽至 10 mm, 中度密, 不等长; 幼时淡蓝紫色, 成熟后紫褐色至锈褐色。菌柄长 8.5–15×1.7–2.8 cm, 近圆柱形, 基部稍膨大, 有时渐细, 中实; 表面不黏, 近白色至浅黄褐色, 表面有黄褐色纤维状附着物。菌肉肉质, 松软, 白色至近白色; 气味不显著, 味道淡。外菌幕稀疏, 在菌盖边缘和菌柄表面形成浅黄褐色的纤维状附着物。内菌幕蛛网状, 初期近白色, 成熟后因附着担孢子在菌柄中上部表面形成浅褐色絮状物。孢子印褐色。遇 KOH 溶液无明显变色反应, 菌盖和菌褶褐色, 菌柄表面略显浅黄褐色, 菌肉略显黄色。担孢子 10–16×6–7.5 μm, Q=1.67–2.13, 长杏核形至杏核型, 表面有强烈疣状突起, 黄褐色至褐色。菌盖表皮双层, 外表

皮结构稀疏,菌丝纤细弯曲,浸没在胶状基质中,略显黄色;内表皮结构紧密,菌丝直径 2–12 μm ,浅黄色。锁状联合常见。

生境: 含桦属、杨属的混交林。

世界分布: 瑞典(Liimatainen *et al.* 2014)、芬兰(Liimatainen *et al.* 2014)、瑞士(Breitenbach & Kränzlin 2000)、法国(Ramm 1994; Bidaud *et al.* 1999)、美国(Kauffman 1932; Liimatainen *et al.* 2014)。

模式产地: 美国。

研究标本: **内蒙古**: 阿尔山市, 2017年8月27日, 谢孟乐, XML2017-4771, HMJAU44494; 阿尔山市南郊, 2018年8月22日, 谢孟乐, XML2018-7982, HMJAU 48874。

红黄丝膜菌的典型特征是鲜艳的红黄色的菌盖、带有蓝紫色的菌褶和大型的担孢子。目前, 该种在系统发育上未发现较近缘的种类。该种在国内外报道生长在山毛榉属林中(Bidaud *et al.* 1999; Breitenbach & Kränzlin 2000)。

中华丝膜菌

Cortinarius sinensis L.H. Sun, T.Z. Wei & Y.J. Yao, Fungal Diversity 104: 109 (2020)

生境: 云杉属、落叶松属混交林。

世界分布: 中国(Yuan *et al.* 2020)。

模式产地: 中国。

研究标本: **甘肃**: 天祝县, 黄羊川镇祁连山南冲护林站东南 5 公里处, 青海云杉林, 海拔 2 900 m, 2016年8月25日, 孙丽华, Q61, HMAS 279889; Q62, HMAS 279890; Q63, HMAS279891; Q66, HMAS279893; Q78, HMAS279900; Q80, HMAS279902; Q83, HMAS279905; Q84, HMAS279906; Q85, HMAS279907; 祁连山国家级自然保护区古城保护站, 2017年8月29日, HMJAU 49119; 西大滩乡, 2017年8月29日, HMJAU 58817; HMJAU 58843; 山丹县, 焉支山森林公园, 2017年8月20日, HMJAU 49120; HMJAU 58818; HMJAU 58827; HMJAU 58828;

民乐县, 祁连山国家级自然保护区大河口自然保护区, 2018年8月9日, 谢孟乐, XML2018-7609, HMJAU 48858; XML2018-7628, HMJAU 48859; XML2018-7641, HMJAU 48860; XML2018-7645, HMJAU 48861; 肃南裕固族自治县, 东柳沟, 2013年8月22日, HMJAU 58841; 康乐草原, 2017年8月22日, HMJAU 58822; 大野口水库水利风景区, 2016年9月1日, HMJAU 49117; HMJAU 58839; 祁连山国家级自然保护区西水林场, 2018年8月11日, 谢孟乐, XML2018-7781, HMJAU 48870; XML2018-7798, HMJAU 48871。 **宁夏**: 贺兰山, 2007年8月, 文华安, HMAS 187061。 **青海**: 大通县, 东峡林场, 海拔 3 000 m, 2004年8月17日, 王庆彬, 356, HMAS 99090; 356-1, HMAS 99102; 祁连县, 八宝乡, 2004年8月20日, 王庆彬, 416, HMAS 96987; 416-1, HMAS 96988; 扎麻什乡, 海拔 3 000 m, 2004年8月21日, 王庆彬, 444, HMAS 99105 (模式); 453, HMAS 99070; 454, HMAS 96985; 454-1, HMAS 96980; 郭良栋和张英, Gm624, HMAS 99446; 文华安和周茂新, 4298, HMAS 144904; 4312, HMAS 138964; 乌兰县, 哈里哈图国家级森林公园, 2018年8月5日, 谢孟乐, XML2018-7328, HMJAU 48848; 2018年8月7日, 谢孟乐, XML2018-7493, HMJAU 48856。 **四川**: 理塘县, 海拔 3 910 m, 2016年8月17日, 张润超, 142-1, HMAS 280392; 稻城县, 亚丁风景区, 海拔 4 034 m, 红杉 *Larix potaninii* 林, 2016年8月18日, 张润超, 262, HMAS 278123。 **内蒙古**: 阿拉善左旗, 贺兰山, 2016年8月1日, 孙丽华, HMAS 279888。

中华丝膜菌的典型特征是带有紫色的菌盖、外菌幕和内菌幕, 以及中等大小、有强烈疣状突起的担孢子。该种在系统发育上与 *C. cupreorufus* Brandrud (Breitenbach & Kränzlin 2000; Gutiérrez *et al.* 2006) 和 *C. pseudocupreorufus* Niskanen, Liimat. & Ammirati (Smith 1944;

Liimatainen *et al.* 2014)有较近的亲缘关系,但后2个种的子实体都没有紫色调。中华丝膜菌与紫红丝膜菌 *C. rufolivaceus* (Pers.) Fr. (Breitenbach & Kränzlin 2000; Bidaud *et al.* 2004; Soop 2018)在形态上极为相似,两者都具有显著的紫色的子实体,但前者的紫色更突出和持久,尤其是其外菌幕在成熟后呈现强烈的紫褐色。中华丝膜菌最初被报道生长于中国西北地区(Yuan *et al.* 2020),在内蒙古和宁夏的贺兰山区被大量采食,是当地著名特产——“贺兰山紫蘑菇”中的一个种。

亚红幕丝膜菌 图 3C

Cortinarius subrubrovelatus (Bidaud) Kytöv., Liimat., Niskanen & Dima, *Persoonia* 33: 128 (2014)

生境:冷杉属、柏属、云杉属和蔷薇科林中。

世界分布:芬兰(Liimatainen *et al.* 2014)、德国(Liimatainen *et al.* 2014)、爱沙尼亚(Liimatainen *et al.* 2014)、法国(Bidaud *et al.* 2008)和中国。

模式产地:。法国。

研究标本:**内蒙古**:喀喇沁旗,马鞍山,2015年9月12日,刘铁志、关宇清, CFSZ10767。**新疆**:霍城县,海拔1 800 m, 2003年8月11日,文华安、栾洋, 169, HMAS 139876。**北京市**:门头沟区,灵山风景区,海拔1 544 m, 2020年9月10日,王科, 2023, HMAS 249871。**四川**:德格县,措拉乡,冷杉属、柏属、云杉属和蔷薇科林中,海拔3 831 m, 2016年8月12日,魏铁铮,孙丽华,吴祖训,张润超, 6958, HMAS 280209;理县,米亚罗,2004年10月28日,姚一建, 6, HMAS 97066。

讨论:亚红幕丝膜菌的典型特征是红褐色的菌盖、有蓝紫色调的菌褶和显著的外菌幕。在系统发育上,该种与紫柄丝膜菌 *C. glaucopus* (Schaeff.) Gray 和 *C. subfoetens* M.M. Moser & McKnight 有较近的亲缘关系。Liimatainen *et al.* (2014)讨论了三者之间在担孢子和菌盖表皮显

微形态上的细微差异,但这些差异在形态分类鉴定上的可操作性有限,三者之间的区分仍主要依靠基于 ITS 序列的分子系统发育分析。王科等(2021)报道该种分布于北京市。亚红幕丝膜菌在欧洲被报道生长于冷杉属、云杉属、榛属、山毛榉属和杨属林中(Bidaud *et al.* 2008; Liimatainen *et al.* 2014)。

近多形丝膜菌 图 3E

Cortinarius talimultiformis Kytöv., Liimat., Niskanen, A.F.S. Taylor & Sesli, *Persoonia* 33: 133 (2014)

生境:云杉属、高山栎、杜鹃属混交林中。

世界分布:瑞典(Liimatainen *et al.* 2014; Brandrud *et al.* 2014)、芬兰(Liimatainen *et al.* 2014; Brandrud *et al.* 2014)、爱沙尼亚(Brandrud *et al.* 2014)、德国(Liimatainen *et al.* 2014; Brandrud *et al.* 2014)、匈牙利(Brandrud *et al.* 2014)、法国(Liimatainen *et al.* 2014)、意大利(Brandrud *et al.* 2014)、土耳其(Brandrud *et al.* 2014)和中国。

模式产地:瑞典。

研究标本:**黑龙江**:伊春市,凉水国家级自然保护区,2016年10月2日,谢孟乐、马渊浩, XML2016-9510, HMJAU 44336; XML2016-9513, HMJAU 44337。**新疆**:巴音郭勒州,那拉提至乔尔玛路边,海拔1 986 m,云杉林,2015年8月15日,魏铁铮和王凯, 5561, HMAS 254141; 5570, HMAS 274848; 5587, HMAS 254143;沙湾县,鹿角湾风景区,2019年8月8日,谢孟乐, XML2019-10205, HMJAU 48953。**四川**:小金县,夹金山,海拔3 300 m, 2013年8月15日,卢维来, 1872, HMAS 268009。**西藏**:米林县,扎贡沟,海拔3 133 m,云杉混交林,2016年9月13日,魏铁铮、吴祖训、杨柳、郑焕娣和王新存, 7316, HMAS 280726;波密县,竹龙沟,海拔3 202 m,云杉混交林,少量杜鹃,2016年9月18日,魏铁铮、吴祖训、杨柳、郑

焕娣和王新存, 7578, HMAS 277425; 林芝县, 鲁朗镇, 中国科学院青藏高原研究所藏东南生态站东侧山上, 海拔 3 400 m, 高山栎和少量云杉混交林, 2016 年 9 月 23 日, 魏铁铮、吴祖训、杨柳、郑焕娣和王新存, 8122, HMAS 280375; 2016 年 9 月 24 日, 魏铁铮、吴祖训、杨柳、郑焕娣和王新存, 8175, HMAS 254997; 8178, HMAS 255000; 吴祖训, 645, HMAS 280472。

近多形丝膜菌的典型特征是颜色鲜明的黄褐色至橙褐色的菌盖和浅色的菌褶。该种系统发育上与多形丝膜菌形成姐妹种, 从形态上也很容易与后者混淆, 2 个种的区分只能依靠分子系统发育的分析方法。谢孟乐(2018)报道了该种分布于中国东北地区。近多形丝膜菌在欧洲被报道生长于冷杉属、桦属、云杉属、松属、杨属林中(Brandrud *et al.* 2014; Liimatainen *et al.* 2014)。

脚踝丝膜菌 图 3D

Cortinarius talus Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 263 (1838)

生境: 冷杉属、云杉属、松属、落叶松属、高山栎、桦属、杜鹃属林中。

世界分布: 挪威(Brandrud *et al.* 2014)、瑞典(Brandrud *et al.* 2014; Liimatainen *et al.* 2014; Soop 2018)、丹麦(Brandrud *et al.* 2014)、爱沙尼亚(Brandrud *et al.* 2014)、英国(Masse 1893)、德国(Münzmay & Saar 2004; Brandrud *et al.* 2014)、匈牙利(Brandrud *et al.* 2014)、法国(Bidaud *et al.* 2006; Brandrud *et al.* 2014)、意大利(Bellù *et al.* 2003)、美国(Brandrud *et al.* 2014)和中国。

模式产地: 瑞典。

研究标本: 内蒙古: 根河市, 满归镇, 落叶松和白桦混交林, 2017 年 8 月 24 日, 谢孟乐、汪阳和罗智檜, XML2017-4507, HMJAU 44385; XML2017-4535, HMJAU 44392; 凝翠山, 落叶松和白桦混交林, 2017 年 8 月 25 日, 谢孟乐、汪阳和罗智檜, XML2017-4709, HMJAU 44478;

2018 年 8 月 26 日, 谢孟乐, XML2018-8106, HMJAU 48671; 喀喇沁旗, 马鞍山国家森林公园, 山杨、白桦林, 2019 年 8 月 30 日, 刘铁志、乌兰图雅和杨晓坡, CFSZ21368; 2019 年 9 月 2 日, 刘铁志和高彦敏, CFSZ21474。吉林: 安图县, 长白山国家级自然保护区, 2018 年 9 月 6 日, 谢孟乐, XML2018-8266, HMJAU 48673; XML2018-8328, HMJAU 48676; 2018 年 9 月 14 日, 谢孟乐, XML2018-8607, HMJAU 48678; 延吉市, 三道湾镇五匹叶沟, 2018 年 9 月 7 日, 谢孟乐, XML2018-8404, HMJAU 48677。西藏: 林芝县, 八一镇, 比日神山, 海拔 3 360 m, 松和 高山栎混交林, 2014 年 9 月 14 日, 魏铁铮、庄剑云、刘小勇和黄浩, 5267, HMAS 272259; 5294, HMAS 270316; 鲁朗镇, 中国科学院青藏高原研究所藏东南生态站东侧山上, 海拔 3 451 m, 冷杉、云杉、高山栎和杜鹃混交林, 2015 年 9 月 22 日, 6707, HMAS 254450。

脚踝丝膜菌的典型特征是黄褐色、布满纤维状褐色条纹的菌盖、浅色的菌褶, 以及中等大小、杏核形、有轻微疣状突起的担孢子。该种系统发育上与多形丝膜菌、近多形丝膜菌和 *C. melleicarneus* Kytöv., Liimat., Niskanen & Brandrud 有很近的亲缘关系, 这些近缘种仅依靠形态特征不易区分。谢孟乐(2018)报道了该种分布于中国东北地区。脚踝丝膜菌在欧洲被报道生长于桦属、鹅耳枥属 *Carpinus*、榛属、山毛榉属、栎属林中(Bellù *et al.* 2003; Brandrud *et al.* 2014; Soop 2018)。

多变丝膜菌

Cortinarius varius (Schaeff.) Fr., *Epicrisis Systematis Mycologici*: 258 (1838)

生境: 不详。

世界分布: 挪威、德国(Brandrud 1996)、瑞典(Brandrud 1996; Soop 2018)、英国(Masse 1893)、瑞士(Breitenbach & Kränzlin 2000)、法国(Bidaud *et al.* 2000; Liimatainen *et al.* 2014)、美国

(Kauffman 1932)和中国。

模式产地：瑞典。

研究标本：新疆：新源县，2003年8月14日，文华安和栾洋，191，HMAS 144766。

多变丝膜菌的典型特征是黄褐色的菌盖、带有紫色的菌褶和大型的担孢子。在系统发育和形态上，该种都与 *C. reverendissimus* Bidaud, Moëne-Loc. & Reumaux (Bidaud *et al.* 2000)、*C. subvariiformis* Bidaud (Bidaud *et al.* 2000)和 *C. variosimilis* M.M. Moser & Ammirati (Moser & Ammirati 1999)十分相近，后三者也都有黄褐色的菌盖和带有紫色的菌褶。在上述近缘种中，*C. subvariiformis* 的担孢子稍小，较容易与其他物种区分，而其他3个种之间则缺乏明确直观的形态分类界限。赵震宇和卯晓岚(1986)、袁明生和孙佩琼(1995)、卯晓岚(1998, 2000)、Zhuang *et al.* (2005)、吴兴亮等(2010)、王立安和通占元(2011)、顾新伟和何伯伟(2012)报道了该种在中国的分布。多变丝膜菌在欧美被报道生长于云杉属、黄杉属 *Pseudotsuga*、榛属和栎属林中 (Kauffman 1932; Orton 1988; Brandrud 1996; Breitenbach & Kränzlin 2000; Soop 2018)。

3 讨论

随着分子系统发育分析方法的广泛运用，越来越多的大型真菌被发现和描述(戴玉成等 2021)，丝膜菌物种也是一样，过去中国丝膜菌研究薄弱，还有更多的未知种类有待被发现和认识。在本研究报道的24种丝膜菌中，包含2000年后基于分子系统学发表的9个新种，还有6个物种的鉴定基于 Liimatainen *et al.* (2014)指定的新模式。本文报道了12个中国新记录种，占中国已确证的黏盖亚属种类的50%。

分子系统发育分析为一些丝膜菌属形态相似种的区分提供了便捷的手段，个别物种的界定还需考虑所分布的地理区域。本研究所涉及

的一些形态上难以区分的相近种群，如雅致丝膜菌与 *C. elegantio-montanus* 和 *C. elegantio-occidentalis*，弯丝膜菌与黄弯丝膜菌，紫灰丝膜菌与 *C. collocandoides*，多形丝膜菌与近多形丝膜菌，新黄花丝膜菌与黄花丝膜菌，亚红幕丝膜菌与紫柄丝膜菌和 *C. subfoetens*，近多形丝膜菌与多形丝膜菌和脚踝丝膜菌，它们物种间的界定目前只能依靠 ITS 序列的比对和系统发育分析的方法。浅褐丝膜菌与 *C. comarostaphylis* 缺乏明确的形态界限，ITS 序列也极为接近，但后者仅报道分布于北美的哥斯达黎加(Ammirati *et al.* 2007)，因此中国的标本被鉴定为浅褐丝膜菌。随着形态分类与分子系统学手段相结合方法的应用，中国将会有更多的丝膜菌属物种被发现，分子系统学的发展有力地推进了中国丝膜菌属分类研究。

[REFERENCES]

- Ammirati J, Garnica S, Halling RE, Mata M, Mueller GM, Carranza J, 2007. New *Cortinarius* species associated with *Quercus* and *Comarostaphylis* in Costa Rica. *Canadian Journal of Botany*, 85(9): 794-812
- Bau T, Hu JW, Zhou ZB, Xu B, 2008. The new distribution of macrofungi in Xinjiang. *Journal of Tarim University*, 20(4): 38-42 (in Chinese)
- Bellù F, Kob K, Rossi C, Turrini G, 2003. Distribuzione dei cortinari in Sudtirolo – 1a parte. *Journées européennes du Cortinaire*, 5: 64-82
- Bi ZS, Li TH, Zhang WM, Song B, 1997. A preliminary agaric flora of Hainan Province. Guangdong Higher Education Press, Guangzhou. 1-388 (in Chinese)
- Bi ZS, Zheng GY, Li TH, 1994. Macrofungus flora of Guangdong Province. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. 1-879 (in Chinese)
- Bi ZS, Zheng GY, Li TH, Wang YZ, 1990. Macrofungus flora of the mountainous district of North Guangdong. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. 1-450 (in Chinese)
- Bidaud A, 2011. Cortinaires rares ou nouveaux de la région Rhône-Alpes (France). *Journées européennes du Cortinaire*, 13: 4-24
- Bidaud A, Carteret X, Eyssartier G, Moëne-Locoz P, Reumaux P, 2003. Atlas des Cortinaires. Editions

- Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 13: 711-862
- Bidaud A, Carteret X, Eyssartier G, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, 2004. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 14: 863-982
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, 2000. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 9: 307-410
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, Carteret X, 2009. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 18: 1265-1404
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, Carteret X, 2010. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 19: 1405-1540
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, Carteret X, Eyssartier G, 2006. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 16: 1059-1122
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, Carteret X, Eyssartier G, 2008. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 16: 1123-1264
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, Henry R, 1996. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 8: 239-304
- Bidaud A, Moëgne-Loccoz P, Reumaux P, Henry R, 1999. Atlas des Cortinaires. Editions Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie, 9: 307-409
- Brandrud TE, 1996. *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* section *Phlegmacium* in Europe: descriptive part. Edinburgh Journal of Botany, 53(3): 331-400
- Brandrud TE, 1998. *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* section *Phlegmacioides* (*Variicolore*) in Europe. Edinburgh Journal of Botany, 55(1): 65-156
- Brandrud TE, Bellù F, Frøslev TG, Schmidt-Stohn G, 2013. *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium*, section *Claricolore* and the story about *Cortinarius blattoi* Mazza. Journées européennes du Cortinaire, 15: 14-30
- Brandrud TE, Bendiksen E, Dima B, 2015. Some new and little known telamonioid *Cortinarius* species from Norway. Agarica, 36: 11-42
- Brandrud TE, Dima B, Schmidt-Stohn G, Bellù F, Frøslev TG, Oertel B, Saar G, Soop K, 2014. *Cortinarius* untergattung *Phlegmacium* section *Multiformes* in Europa. Journées européennes du Cortinaire, 16: 162-199
- Brandrud TE, Gorbunova IA, Ageev DV, Dahlberg A, Dima B, Morozova OV, Svetasheva TY, 2019. New data on *Cortinarius* fungi (Agaricales, Basidiomycota) from Altaiskiy nature reserve and Gorno-Altaysk area (SW Siberia, Russia). Mikologija i Fitopatologija, 53: 325-341
- Breitenbach J, Kränzlin F, 2000. Fungi of Switzerland. Vol. 5: Agarics 3rd part. Cortinariaceae. Verlag Mykologia Luzern, Switzerland. 1-338
- Cadiñanos AJA, 2004. *Cortinarius* del subgénero *Phlegmacium* raros o interesantes. Fungi Non Delineati, 29: 1-89
- Comprehensive Scientific Expedition to Qinghai-Tibet Plateau, Academia Sinica, 1983. Fungi of Tibet. Science Press, Beijing. 1-226 (in Chinese)
- Comprehensive Scientific Expedition to Qinghai-Tibet Plateau, Academia Sinica, 1994. The economic macromycetes from Western Sichuan. Science Press, Beijing. 1-137 (in Chinese)
- Comprehensive Scientific Expedition to Qinghai-Tibet Plateau, Academia Sinica, 1996. Fungi of the Hengduan Mountains. Science Press, Beijing. 1-598 (in Chinese)
- Consiglio G, Antonini D, Antonini M, 2003. II genere *Cortinarius* in Italia (Parta prima). Associazione Micologica Bresadola, Trento, Italy. 1-200
- Dai XC, Li TH, 1994. Fungi from Ganzi Prefecture, Sichuan Province. Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. 1-330 (in Chinese)
- Dai YC, Yang ZL, Cui BK, Wu G, Yuan HS, Zhou LW, He SH, Ge ZW, Wu F, Wei YL, Yuan Y, Si J, 2021. Diversity and systematics of the important macrofungi in Chinese forests. Mycosystema, 40(4): 770-805 (in Chinese)
- Fernández-Brime S, Vila J, Ortega A, 2014. Some new and interesting taxa of *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* from the European Mediterranean Basin. Mycologia, 106(3): 491-504
- Fries EM, 1838. Epicrisis systematis mycologici. Upsaliae. 1-610
- Frøslev TG, Brandrud TE, Jeppesen TS, 2006. New species and combinations in *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* section *Calochroi*. Mycotaxon, 97: 367-377
- Frøslev TG, Jeppesen TS, Læssøe T, Kjølner R, 2007. Molecular phylogenetics and delimitation of species in *Cortinarius* section *Calochroi* (Basidiomycota, Agaricales) in Europe. Molecular Phylogenetics and Evolution, 44: 217-227
- Frøslev TG, Matheny PB, Hibbett DS, 2005. Lower level relationships in the mushroom genus *Cortinarius* (Basidiomycota, Agaricales): a comparison of RPB1, RPB2, and ITS phylogenies. Molecular Phylogenetics and Evolution, 37(2): 602-618
- Garnica S, Münzmay T, Saar G, 2006. *Cortinarius* subsektion *Elegantiores* in Europa. Journées européennes du Cortinaire, 8: 79-102
- Garnica S, Spahn P, Oertel B, Ammirati J, Oberwinkler F, 2011. Tracking the evolutionary history of *Cortinarius* species in section *Calochroi*, with transoceanic disjunct distributions. BMC Evolutionary Biology, 11(1): 1-19

- Garnica S, Weiß M, Oberwinkler F, 2003a. Morphological and molecular phylogenetic studies in South American *Cortinarius* species. *Mycological Research*, 107(10): 1143-1156
- Garnica S, Weiß M, Oertel B, Ammirati J, Oberwinkler F, 2009. Phylogenetic relationships in *Cortinarius*, section *Calochroi*, inferred from nuclear DNA sequences. *BMC Evolutionary Biology*, 9(1): 1-17
- Garnica S, Weiß M, Oertel B, Oberwinkler F, 2003b. Phylogenetic relationships of European *Phlegmacium* species (*Cortinarius*, Agaricales). *Mycologia*, 95(6): 1155-1170
- Garnica S, Weiß M, Oertel B, Oberwinkler F, 2005. A framework for a phylogenetic classification in the genus *Cortinarius* (Basidiomycota, Agaricales) derived from morphological and molecular data. *Canadian Journal of Botany*, 83: 1457-1477
- Gasparini B, 2007. Genus *Cortinarius*, subgenus *Phlegmacium* in Tasmania. *New Zealand Journal of Botany*, 45(1): 155-236
- Gonsiglio G, 2000. Alcune specie interessanti del genere *Cortinarius* ritrovate in boschi di conifere del Trentino e dell'Alto-Adige. *Journées européennes du Cortinaire*, 2: 19-37
- Grupo IDC, 2007. *Cortinarius* Ibero-Insulares 1. *Fungi Non Delineati*, 41-42: 1-272
- Gu XW, He BW, 2012. The macrofungi in southern mountains of Zhejiang Province. *Zhejiang Science and Technology Press*, Hangzhou. 1-208 (in Chinese)
- Gutiérrez C, Ballarà J, Cadinanos JA, Palazón F, Mahiques R, 2006. *Cortinarius* de las XXIII J.E.C. de Morella-2005. *Journées européennes du Cortinaire*, 8: 43-60
- Gutiérrez C, Ballarà J, Suárez E, Mahiques R, 2013. *Cortinarius* de aparición primaveral. 2. *Journées européennes du Cortinaire*, 15: 41-82
- Harrower E, Ammirati JF, Cappuccino AA, Ceska O, Kranabetter JM, Kroeger P, Lim S, Taylor T, Berbee ML, 2011. *Cortinarius* species diversity in British Columbia and molecular phylogenetic comparison with European specimen sequences. *Botany*, 89(11): 799-810
- Henry R, 1958. Suite à l'étude des Cortinaires. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France*, 74: 249-361
- Henry R, 1989. Suite à l'étude des Cortinaires. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France*, 105: 35-99
- Høiland K, Holst-Jensen A, 2000. *Cortinarius* phylogeny and possible taxonomic implications of ITS rDNA sequences. *Mycologia*, 92(4): 694-710
- Huang NL, 1998. Colored illustrations of macrofungi (mushrooms) of China. *China Agricultural Press*, Beijing. 1-293 (in Chinese)
- Kauffman CH, 1932. *Cortinarius*. *North American Flora*, 10: 282-348
- Keizer PJ, Arnolds E, 1994. Taxonomical notes on macrofungi in roadside verges planted with trees in Drenthe (the Netherlands) – I. *Persoonia*, 15: 489-524
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA, 2008. *Dictionary of the fungi*. 10th ed. CAB International, Wallingford. 1-771
- Li RG, 1980. Useful and harmful fungi in Jilin. *Jilin People's Press*, Changchun. 1-642 (in Chinese)
- Li Y, Bau T, 2003. *Mushrooms of Changbai Mountains, China*. *Science Press*, Beijing. 1-362 (in Chinese)
- Liimatainen K, Niskanen T, Dima B, Kytövuori I, Ammirati JF, Frøslev TG, 2014. The largest type study of Agaricales species to date: bringing identification and nomenclature of *Phlegmacium* (*Cortinarius*) into the DNA era. *Persoonia*, 33: 98-140
- Liu B, 1991. The edible macrofungi in Shanxi. *Shanxi University Associated Press*, Taiyuan. 1-132 (in Chinese)
- Liu TZ, Li GL, 2019. Atlas of macrofungi in Saihanwula National Nature Reserve of Inner Mongolia. *Inner Mongolia Science and Technology Press*, Chifeng. 1-341 (in Chinese)
- Mao XL, 1998. *Economic fungi of China*. *Science Press*, Beijing. 1-762 (in Chinese)
- Mao XL, 2000. The macrofungi in China. *Henan Science and Technology Press*, Zhengzhou. 1-719 (in Chinese)
- Mao XL, 2009. *Macromycetes of China*. *Science Press*, Beijing. 1-816 (in Chinese)
- Mao XL, Jiang CP, Ouzhu CW, 1993. *Economic macrofungi of Tibet*. *Beijing Science and Technology Press*, Beijing. 1-651 (in Chinese)
- Massee G, 1893. *British fungus-flora*. *George Bell and Sons*, London. 1-299
- Moser MM, 1960. Die Gattung *Phlegmacium* (Schleimköpfe). *Die Pilze Mitteleuropas*, 4: 1-440
- Moser MM, 1967. Kleine Kryptogamenflora von Mitteleuropa-Die Blätter-und Baupilze (Agaricales und Gastromycetes). *IIB/2*: 1-443
- Moser MM, Ammirati JF, 1999. Studies in North American Cortinarii V. New and interesting *Phlegmacia* from Wyoming and the Pacific Northwest. *Mycotaxon*, 72: 289-321
- Moser MM, Horak E, 1975. *Cortinarius* Fr. und nahe verwandte Gattungen in Südamerika. *Nova Hedwigia Beihefte*, 52: 1-628
- Münzmay T, Saar G, 2004. Beiträge zu kritischen arten der gatung *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium*. *Journées*

- européennes du Cortinaire, 6: 25-41
- Münzmay T, Saar G, Schmidt-Stohn G, Oertel B, 2009. *Cortinarius laberiae* Münzmay, B. Oertel & Saar nov. spec. und zwei weitere, wenig bekannte arten aus der gattung *Cortinarius*, untergattung *Phlegmacium*, in Europa. Journées européennes du Cortinaire, 11: 32-40
- Oertel B, Schmidt-Stohn G, Saar G, 2009. Die laugenreaktion am stielbasisfilz bei fruchtkörpern von *Cortinarius*, subgen. *Phlegmacium*. Eine bestandsaufnahme 23 jahre nach entdeckung dieser neuartigen reaktion. Journées européennes du Cortinaire, 11: 20-31
- Orton PD, 1988. Notes on British agarics. IX. Transactions of the British Mycological Society, 91(4): 545-571
- Peintner U, Bougher NL, Castellano MA, Moncalvo JM, Moser MM, Trappe JM, Vilgalys R, 2001. Multiple origins of sequestrate fungi related to *Cortinarius* (Cortinariaceae). American Journal of Botany, 88(12): 2168-2179
- Peintner U, Moncalvo JM, Vilgalys R, 2004. Toward a better understanding of the infrageneric relationships in *Cortinarius* (Agaricales, Basidiomycota). Mycologia, 96(5): 1042-1058
- Ramm E, 1994. Notes sur quelques récoltes de Cortinaires du nord-est de la France. Documents Mycologique, 94: 65-70
- Saar G, Dima B, Schmidt-Stohn G, Brandrud TE, Bellù F, Frøslev TG, Oertel B, Soop K, 2014. *Cortinarius* untergattung *Phlegmacium* sektion *Purpurascetes* in Europa. Journées européennes du Cortinaire, 16: 140-161
- Saar G, Gminder A, 2013. *Cortinarius* untergattung *Phlegmacium*, sektion *Claricolores* und die geschichte über *Cortinarius blattoi* Mazza. Journées européennes du Cortinaire, 15: 124-132
- Saccardo PA, 1887. Sylloge fungorum, 5: 889-983
- Seidl MT, 2000. Phylogenetic relationships within *Cortinarius* subgenus *Myxacium*, sections *Defibulati* and *Myxacium*. Mycologia, 92(6): 1091-1102
- Shao LP, Xiang CD, 1997. Forest mushroom in China. Northeast Forestry University Press, Harbin. 1-652 (in Chinese)
- Singer R, 1986. The Agaricales in modern taxonomy. 4th ed. Koeltz Scientific Books, Keonigstein, Germany. 1-981
- Smith AH, 1942. New and unusual Cortinariii from Michigan, with a key to the North American species of subgenus *Bulbopodium*. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 69: 44-64
- Smith AH, 1944. New and interesting Cortinariii from North America. Lloydia, 7: 163-235
- Soop K, 1993. On *Cortinarius* in boreal pine forests. Agarica, 12: 101-116
- Soop K, 2002a. Contribution à l'étude de la mycoflore cortinarioïde de Nouvelle-Zélande, II. Bulletin de la Société Mycologique de France, 118(3): 173-194
- Soop K, 2002b. Une étude du mycota cortinarioïd des pinèdes sablonneuses dans les pays nordiques. Journées européennes du Cortinaire, 4: 3-16
- Soop K, 2018. *Cortinarius* in Sweden. Éditions Scientrix, Mora, Sweden. 1-110, i-xiii, pls 1-34
- Soop K, Schmidt-Stohn G, Dima B, Saar G, Brandrud TE, 2019. *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* section *Aureocistophili* in Europe. Journées européennes du Cortinaire, 21: 33-54
- Tai FL, 1979. Sylloge fungorum sinicorum. Science Press, Beijing. 1-1527 (in Chinese)
- Teng SC, 1963. Fungi of China. Science Press, Beijing. 1-808 (in Chinese)
- Teng SC, Ou SH, 1937. Additional fungi from China VII. Sinensia, 8: 411-444
- Wang K, Liu DM, Li GJ, Du Z, Guo YB, Xie ML, Wei TZ, 2021. Taxonomy of *Cortinarius* spp. from Taihang Mountains in Beijing municipality and Hebei Province on the base of molecular phylogenetic analysis. Journal of Liaocheng University (Natural Science Edition), 34(5): 72-87 (in Chinese)
- Wang LA, Tong ZY, 2011. Photographs of wild macrofungi in Hebei Province. Science Press, Beijing. 1-311 (in Chinese)
- Wu F, Zhou LW, Yang ZL, Bau T, Li TH, Dai YC, 2019. Resource diversity of Chinese macrofungi: edible, medicinal and poisonous species. Fungal Diversity, 98(1): 1-76
- Wu XL, 1990. The macrofungi from Guizhou, China. Guizhou People's Press, Guiyang. 1-197 (in Chinese)
- Wu XL, Dai YC, Li TH, Yang ZL, Song B, 2010. Fungi of tropical China. Science Press, Beijing. 1-548 (in Chinese)
- Xie ML, 2018. Resources and taxonomy of *Cortinarius* in Northeast of China. Master Thesis, Jilin Agricultural University, Changchun. 1-146 (in Chinese)
- Ying JZ, Zang M, 1994. Economic macrofungi from Southwestern China. Science Press, Beijing. 1-399 (in Chinese)
- Ying JZ, Zhao JD, Mao XL, Ma QM, Xu LW, Zong YC, 1982. Edible mushrooms. Science Press, Beijing. 1-255 (in Chinese)
- Yuan HS, Lu X, Dai YC, et al., 2020. Fungal diversity notes 1277–1386: taxonomic and phylogenetic contributions to fungal taxa. Fungal Diversity, 104(1): 1-226
- Yuan MS, 1992. Macrofungi resources in Luoji Mountain. Edible Fungi, 14(2): 3-4 (in Chinese)

- Yuan MS, Sun PQ, 1995. Mushrooms of Sichuan. Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. 1-737 (in Chinese)
- Yuan MS, Sun PQ. 2007. The pictorial book of mushrooms of China. Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. 1-552 (in Chinese)
- Zhang XY, 1991. Edible and poisonous fungi in Guizhou. Guizhou Science and Technology Press, Guiyang. 1-261 (in Chinese)
- Zhao ZY, Mao XL, 1986. Atlas of macrofungi in Xinjiang. Xinjiang Bayi Agricultural College, Urumqi. 1-93 (in Chinese)
- Zhuang WY, 2005. Fungi of Northwestern China. Mycotaxon Ltd., Ithaca, New York. 1-430
- [附中文参考文献]**
- 毕志树, 郑国扬, 李泰辉, 1994. 广东大型真菌志. 广州: 广东科技出版社. 1-879
- 毕志树, 李泰辉, 章卫民, 宋斌, 1997. 海南伞菌初志. 广州: 广东高等教育出版社. 1-388
- 毕志树, 郑国扬, 李泰辉, 王又昭, 1990. 粤北山区大型真菌志. 广州: 广东科技出版社. 1-450
- 戴芳澜, 1979. 中国真菌总汇. 北京: 科学出版社. 1-1527
- 戴贤才, 李泰辉, 1994. 四川省甘孜州菌类志. 成都: 四川科学技术出版社. 1-330
- 戴玉成, 杨祝良, 崔宝凯, 吴刚, 袁海生, 周丽伟, 何双辉, 葛再伟, 吴芳, 魏玉莲, 员瑗, 司静, 2021. 中国森林大型真菌重要类群多样性和系统学研究. 菌物学报, 40(4): 770-805
- 邓叔群, 1963. 中国的真菌. 北京: 科学出版社. 1-808
- 顾新伟, 何伯伟, 2012. 浙南山区大型真菌. 杭州: 浙江科学技术出版社. 1-208
- 黄年来, 1998. 中国大型真菌原色图鉴. 北京: 中国农业出版社. 1-293
- 李茹光, 1980. 吉林省有用和有害真菌. 长春: 吉林人民出版社. 1-642
- 李玉, 图力古尔, 2003. 中国长白山蘑菇. 北京: 科学出版社. 1-362
- 刘波, 1991. 山西大型食用真菌. 太原: 山西高校联合出版社. 1-132
- 刘铁志, 李桂林, 2019. 内蒙古赛罕乌拉大型菌物图鉴. 赤峰: 内蒙古科学技术出版社. 1-341
- 卯晓岚, 1998. 中国经济真菌. 北京: 科学出版社. 1-762
- 卯晓岚, 2000. 中国大型真菌. 郑州: 河南科学技术出版社. 1-719
- 卯晓岚, 2009. 中国蕈菌. 北京: 科学出版社. 1-816
- 卯晓岚, 蒋长坪, 欧珠次旺, 1993. 西藏大型经济真菌. 北京: 北京科学技术出版社. 1-651
- 邵力平, 项存梯, 1997. 中国森林蘑菇. 哈尔滨: 东北林业大学出版社. 1-652
- 图力古尔, 胡建伟, 周忠波, 徐彪, 2008. 新疆大型真菌新分布. 塔里木大学学报, 20(4): 38-42
- 王科, 刘冬梅, 李国杰, 杜卓, 郭耀宾, 谢孟乐, 魏铁铮, 2021. 基于分子系统发育分析的京冀太行山区丝膜菌属分类研究. 聊城大学学报(自然科学版), 34(5): 72-87
- 王立安, 通占元, 2011. 河北省野生大型真菌原色图谱. 北京: 科学出版社. 1-311
- 吴兴亮, 1990. 贵州大型真菌. 贵阳: 贵州人民出版社. 1-197
- 吴兴亮, 戴玉成, 李泰辉, 杨祝良, 宋斌, 2010. 中国热带真菌. 北京: 科学出版社. 1-548
- 谢孟乐, 2018. 东北地区丝膜菌属资源及分类学研究. 吉林农业大学硕士论文, 长春. 1-146
- 应建浙, 臧穆, 1994. 西南地区大型经济真菌. 北京: 科学出版社. 1-399
- 应建浙, 赵继鼎, 卯晓岚, 马启明, 徐连旺, 宗毓臣, 1982. 食用蘑菇. 北京: 科学出版社. 1-255
- 袁明生, 1992. 螺吉山的大型真菌资源. 食用菌, 14(2): 3-4
- 袁明生, 孙佩琼, 1995. 四川蕈菌. 成都: 四川科学技术出版社. 1-737
- 袁明生, 孙佩琼, 2007. 中国蕈菌原色图集. 成都: 四川科学技术出版社. 1-552
- 张雪岳, 1991. 贵州食用真菌和毒菌图志. 贵阳: 贵州科技出版社. 1-261
- 赵震宇, 卯晓岚, 1986. 新疆大型真菌图鉴. 乌鲁木齐: 新疆八一农学院. 1-93
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1983. 西藏真菌. 北京: 科学出版社. 1-226
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1994. 川西地区大型经济真菌. 北京: 科学技术出版社. 1-137
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1996. 横断山区真菌. 北京: 科学出版社. 1-598