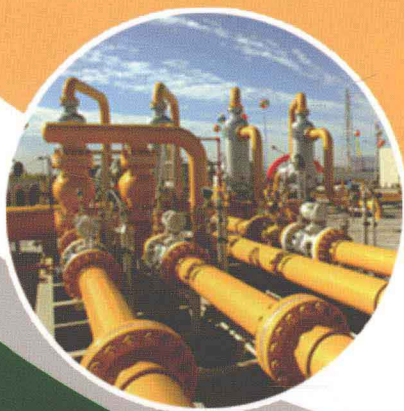


天然气开采工程技术丛书

TIANRANQIJING GONGCHENG DIZHI

天然气井工程地质

郭新江 蒋祖军 胡永章 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

天然气开采工程技术丛书

天然气井工程地质

郭新江 蒋祖军 胡永章 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书讨论了与天然气井工程活动相关地质环境及其评价、合理利用、保护的工程地质问题,介绍了岩土工程地质特征、天然气井井场工程地质、天然气井井下工程地质内容,理论、方法、技术和工程实践结合紧密。

本书可供从事石油天然气工程、岩土工程及工程地质领域的科学工作者、工程技术人员、高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

天然气井工程地质 / 郭新江, 蒋祖军, 胡永章主编.
—北京: 中国石化出版社, 2012. 11
(天然气开采工程技术丛书)
ISBN 978-7-5114-1679-7

I. ①天… II. ①郭… ②蒋… ③胡… III. ①采气井—
工程地质 IV. ①TE142

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 224754 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 30.75 印张 765 千字

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

定价:95.00 元

前 言

科学的意义在于揭示各种自然现象的奥秘,扩展人们的眼界,增进对自然的认识,掌握其规律兴利避害,为经济建设与社会发展服务。纵观自然科学领域,很少见到有如地质学这样承载着解决资源匮乏、能源短缺、生态恶化、环境污染、灾害频发等严峻而紧迫的社会需求的学科。

地质学是研究地球的固体表层地壳及其相关联现象的科学。从基础地质学来讲,地质学主要研究地壳的物质组成、地壳及地球的构造特征、地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变、学科研究方法与手段;从应用地质学来讲,地质学对人类社会担负着两大历史使命:一是以地质学的理论和方法为指导,寻找石油、天然气等矿产资源,这是石油地质学、天然气地质学等研究的主要内容;二是运用地质学的理论和方法研究与工程建设相关的地质环境,查明地质灾害的发生、发展及其分布规律,提出科学、合理的防治对策,以确保工程建设科学、安全、经济和高效运行,这就是工程地质学的主要内容。了解人类赖以生存的地球的好奇心,以及对勘探自然资源、预防和减轻自然灾害、保卫和平、维护公共安全的强烈而紧迫的社会需求,是推动地质学,特别是石油天然气地质学、工程地质学发展的不竭动力。

天然气井工程地质是研究与天然气井工程活动相关地质环境及其评价、合理利用、保护的科学,是工程地质学在天然气井工程的具体应用,包括天然气井井场工程地质和天然气井井下工程地质两个基本部分。天然气井井场工程地质研究对象与水电站的坝基设计、高边坡稳定、隧道和巷道的开挖及支护、建筑的桩基工程、地下洞室以及城市地铁建造的地表和浅层岩土体相当,而天然气井井下工程地质研究对象则是深 100~10000m、围压可达 200MPa、地层压力可达 200MPa、地层温度可达 260℃ 的沉积岩,其地层岩石力学性质在高围压、高温度和高孔隙压力状态下已完全不同于地表和浅层岩石,可能经过脆塑性转变变成塑性,也可能由于高孔隙压力的作用呈现脆性破坏。天然气井工程地质研究方法是包括工程地质环境分析、钻井岩心室内实验、地震及测井资料分析方法、计算机模拟等方法的密切结合的定性分析和定量分析相结合的综合研究方法。

天然气井工程活动与地质环境之间存在相互作用、相互制约的关系。一方面表现为地质环境以一定的作用影响天然气井工程项目正常运营、影响天然气井工程活动的安全或造成天然气井工程造价提高;另一方面,天然气井工程活动又会以各种方式反馈作用于地质环境,使自然地质环境发生变化,影响天然气井工程项目安全、经济和正常运行,或造成地质环境的恶化。

进入 21 世纪以来,随着世界能源需求的不断增加、环保意识的不断增强、石油资源的不断衰竭,世界能源消费结构发生了深刻的变化,天然气大有超过煤炭、取代石油成为世界第一能源的趋势。天然气勘探开发的飞速发展,使天然气井工程设计、施工和运营的实际过程中所涉及的地震、地裂缝、崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷等地质灾害和坝基崩溃、边坡滑动、基坑渗透变形等井场工程地质问题及喷漏塌卡、压裂失效、气井出砂、套管损毁等井下工程地质问题越来越多,这些问题引起了国内外有关石油公司、石油工程技术

服务公司、高等院校和研究机构的关注,取得了不少有价值的零星成果,散见于石油天然气工程杂志或岩石力学专著中,未能集结成册,终是憾事。

中国石化西南油气分公司工程技术研究院在成立工程地质所、组建天然气井工程地质学科团队七载后,集成相关天然气井工程地质理论研究成果,结合在四川盆地及其邻区天然气井工程地质应用实践推出《天然气井工程地质》,旨在让从事石油天然气工程、岩土工程、工程地质的科技工作者、工程技术人员分享有关专家的理论 and 我们的应用成果。

全书分三篇十七章。第一篇岩土工程地质特性,包括四章:第一章介绍工程地质条件,由郭新江、蒋晓红、杜杰、温真桃执笔;第二章介绍土的工程地质性质,由胡永章、吴浩、智慧文、祁鹏执笔;第三章介绍岩石的工程地质特性,由蒋晓红、智慧文、龙章亮、杜杰执笔;第四章介绍岩体的工程地质特性,由钟敬敏、刘其明、石达仁、钱守泓执笔。第二篇天然气井场工程地质,包括五章:第五章介绍井场工程地质灾害及选址规划,由郭新江、金晓波、秦松柏、李敏执笔;第六章介绍井场工程地质勘察,由蒋祖军、刘善华、赵正果、秦松柏执笔;第七章介绍井场道路工程地质问题及对策,由李勇、马骏骐、杜杰、金晓波执笔;第八章介绍井场地基工程地质问题及对策,由杨志彬、杜杰、刘善华、周辉执笔;第九章介绍井场边坡工程地质问题及对策,由杜杰、胡永章、金晓波、马骏骐执笔。第三篇天然气井下工程地质,包括八章:第十章介绍天然气井下工程地质,由胡永章、彭红利、钟敬敏、郭莉霞执笔;第十一章介绍井下裂缝预测与识别,由郭新江、甘其刚、张筠、王小平执笔;第十二章介绍地层孔隙压力及预测,由刘其明、智慧文、刘萍、龙章亮执笔;第十三章介绍地应力及确定,由钟敬敏、刘其明、胡永章、龙章亮执笔;第十四章介绍天然气井井壁稳定性,由郭新江、钟敬敏、刘其明、胡永章执笔;第十五章介绍水力压裂储层改造,由蒋晓红、龙章亮、刘善华、刘凤执笔;第十六章介绍气井套管损坏,由蒋祖军、钟敬敏、张涛、蒋晓红执笔;第十七章介绍典型气田井下工程地质评价及其利用,由郭新江、蒋晓红、钟敬敏、智慧文执笔。最后由郭新江、胡永章统稿,郭新江、蒋祖军定稿。

成书过程中,得到了中国石化油田勘探开发事业部、西南油气分公司及西南石油局、成都理工大学、西南石油大学、中国石油大学和中国地质科学院等单位领导、专家、教授和工程技术人员的大力支持和帮助,在此一并感谢。同时由于油气井工程地质理论、技术方法不完善性以及应用的局限性,还有不少难题有待进一步探索,希望通过本书与相关同行专家进行交流,以进一步发展、完善天然气井工程地质理论、方法和技术。由于作者水平、经验和掌握资料的局限性,书中不足之处敬请广大读者批评指正。

郭新江

目 录

第一篇 岩土工程地质特性

第一章 工程地质条件	(3)
第一节 岩土的类型	(3)
一、造岩矿物	(3)
二、土的成因类型	(12)
三、岩石	(15)
第二节 地貌与第四纪地质	(21)
一、地貌	(21)
二、第四纪地质	(27)
第三节 地质构造	(29)
一、构造运动与地质构造	(29)
二、岩层产状与地层接触关系	(32)
三、褶皱	(35)
四、节理	(40)
五、断层	(43)
六、新构造运动——地震	(46)
七、地质构造对天然气井工程的影响	(49)
第四节 地下水	(51)
一、地下水的基本概念	(51)
二、地下水的分类	(53)
三、地下水的补给、径流与排泄	(58)
四、水文地质测试	(64)
第二章 土的工程地质性质	(67)
第一节 土的物理性质指标	(67)
一、直接测定的基本物理性质指标	(67)
二、计算得到的土的物理性质指标	(68)
第二节 黏性土的水理性质	(69)
一、黏性土的稠度	(69)
二、特征含水量	(69)
三、塑性指数 I_p 和液性指数 I_L	(69)
四、黏性土膨胀、收缩和崩解	(70)
第三节 土的力学性质	(70)
一、土的压缩性及其指标	(70)

二、土的抗剪强度	(71)
第四节 土的工程分类	(72)
一、土的分类标准	(72)
二、地基土的分类	(74)
第三章 岩石的工程地质特性	(76)
第一节 岩石的基本物理性质	(76)
一、岩石的重力性质	(76)
二、岩石的孔隙性	(76)
三、岩石的声学特征	(77)
第二节 岩石的水理性质	(78)
一、岩石的容水性	(78)
二、岩石的持水性	(78)
三、岩石的给水性	(78)
四、岩石的渗透性	(78)
五、岩石的软化性	(81)
六、岩石的膨胀性及崩解性	(81)
第三节 岩石的热理性质	(81)
一、体胀系数	(81)
二、线胀系数	(81)
三、热导率	(81)
四、地温梯度	(82)
五、热流密度	(82)
第四节 岩石的力学性质	(82)
一、岩石的强度	(83)
二、弹性与塑性	(87)
三、研磨性与可钻性	(91)
第四章 岩体的工程地质特性	(99)
第一节 岩体的风化及风化岩体的特征	(99)
一、风化及风化作用	(99)
二、影响岩体风化的因素	(99)
三、岩体风化程度的划分	(100)
第二节 岩体结构特征	(100)
一、结构面的成因类型及特征	(101)
二、软弱夹层及泥化夹层	(102)
第三节 岩体的力学性质	(103)
一、岩体的强度特性	(103)
二、岩体的变形特性	(104)
三、岩体的流变特性	(105)
第四节 岩体工程分级	(106)

第二篇 天然气井井场工程地质

第五章 井场工程地质灾害及选址规划	(111)
第一节 地质灾害概述	(111)
一、国内典型地质灾害	(111)
二、井场工程典型地质灾害	(113)
第二节 井场选址规划	(120)
一、井场选址规划比选	(120)
二、井场规划应注意的环境地质问题	(123)
第三节 地质灾害危险性评估	(127)
一、地质灾害危险性评估体系	(127)
二、地质灾害危险性评估流程	(129)
第四节 地质灾害调查计算	(133)
一、崩塌调查计算	(133)
二、滑坡调查计算	(135)
三、泥石流调查计算	(138)
四、地面塌陷调查分析	(141)
第五节 地质灾害防治体系	(141)
一、地质灾害防治流程	(142)
二、地质灾害防治体系	(142)
第六章 井场工程地质勘察	(148)
第一节 工程地质测绘	(148)
一、测绘的意义与特点	(148)
二、测绘的主要内容	(149)
三、井场工程测绘的主要内容	(154)
第二节 岩土工程勘探与评价	(155)
一、岩土工程勘探的任务	(155)
二、岩土工程勘探的特点	(156)
三、岩土工程勘探的手段	(156)
第三节 岩土工程原位测试	(161)
一、静力载荷试验	(162)
二、静力触探试验	(163)
三、动力触探试验	(166)
四、标准贯入试验	(167)
五、岩土测试及试验指标的选取	(170)
第七章 井场道路工程地质问题及对策	(174)
第一节 道路选线工程地质问题	(174)
一、道路选线主要影响因素	(174)
二、道路选线过程中主要工程地质问题	(175)
第二节 路基常见工程地质问题	(179)

一、路堤概念及常见工程地质问题	(179)
二、路堑概念及常见工程地质问题	(183)
三、路基常见工程地质问题对策	(185)
第八章 井场地基工程地质问题及对策	(188)
第一节 地基变形和破坏的基本类型	(188)
一、地基变形的概念	(188)
二、地基变形破坏的基本类型	(188)
三、地基的剪切破坏	(189)
第二节 地基承载力特征值确定	(191)
一、按土的物理力学性质及野外鉴别结果确定承载力	(193)
二、按标准贯入或轻便触探试验锤击数确定承载力	(195)
第三节 基底压应力及地基沉降的分布与计算	(196)
一、按弹性理论方法计算	(196)
二、按应力扩散角分布理论计算	(199)
三、基底底面下附加应力计算	(199)
四、典型井场地基沉降的分布与计算	(200)
第四节 地基处理对策	(208)
一、井场常用基础类型	(208)
二、井场常用地基处理	(212)
第九章 井场边坡工程地质问题及对策	(222)
第一节 边坡变形破坏的基本类型	(222)
一、土质边坡的变形破坏类型	(223)
二、岩质边坡变形破坏类型	(224)
第二节 边坡稳定性分析方法	(224)
一、边坡应力分布特征	(225)
二、力学分析法	(233)
三、工程地质分析法	(237)
四、其他方法	(237)
第三节 常见井场边坡工程地质问题	(239)
一、常见边坡工程地质问题	(239)
二、常见基坑工程地质问题	(243)
第四节 井场边坡/基坑支护	(245)
一、井场边坡支护方案	(245)
二、井场基坡支护方案	(249)

第三篇 天然气井井下工程地质

第十章 天然气井下工程地质	(255)
第一节 天然气开采中的工程地质问题	(255)
一、钻井过程中的常见工程地质问题	(255)
二、完井过程中的工程地质问题	(262)

三、采气过程中的工程地质问题	(264)
第二节 天然气井下工程地质研究对象	(264)
一、天然气井下工程地质研究目标	(265)
二、天然气井下工程地质研究内容	(265)
第三节 天然气井井下工程地质常用技术方法	(266)
一、工程地质环境分析	(266)
二、岩心室内实验研究	(266)
三、地震及测井数据分析	(266)
四、专业软件应用	(267)
第十一章 井下裂缝预测与识别	(268)
第一节 裂缝及其主要控制因素	(268)
一、裂缝成因类型	(268)
二、裂缝发育的主要控制因素	(269)
三、裂缝表征参数	(271)
第二节 裂缝的地震预测技术	(272)
一、裂缝地震响应岩石物理模拟	(272)
二、基于地史成因的裂缝预测技术	(276)
三、地震属性裂缝预测技术	(281)
四、P 波方位各向异性裂缝检测技术	(285)
五、转换波方位各向异性裂缝预测	(290)
六、横波分裂裂缝检测技术	(292)
七、裂缝建模	(299)
第三节 裂缝的测井识别技术	(301)
一、裂缝识别技术	(301)
二、裂缝有效性评价技术	(305)
第四节 致密砂岩裂缝性气层储层保护技术	(309)
一、致密砂岩裂缝性气层储层保护难点	(309)
二、致密砂岩裂缝性气层储层保护关键技术	(310)
三、现场应用及效果	(312)
第十二章 地层孔隙压力及预测	(313)
第一节 异常地层孔隙压力及其成因	(313)
一、概述	(313)
二、异常地层压力成因	(314)
第二节 异常地层孔隙压力预测方法	(317)
一、测井资料预测地层孔隙压力方法	(317)
二、地震资料预测地层孔隙压力方法	(320)
三、钻井资料预测地层孔隙压力方法	(321)
第三节 XC 气田地层压力预测技术应用	(322)
一、正常压实趋势线建立	(322)
二、地层压力剖面建立	(322)

第十三章 地应力及确定	(325)
第一节 地应力的基本概念	(325)
一、地应力来源	(325)
二、地应力分布规律	(326)
三、地应力在石油天然气工程中的应用	(326)
第二节 现今地应力确定方法	(327)
一、矿场水力压裂法	(327)
二、岩石声发射法	(329)
三、差应变法	(330)
四、井径分析法	(331)
第三节 地应力方向确定方法	(332)
一、井壁崩落法	(332)
二、古地磁测量法	(332)
三、波速各向异性分析法	(335)
四、微地震测量法	(336)
五、定向取心分析法	(336)
第四节 分层地应力剖面	(336)
一、垂向地应力预测模型	(336)
二、水平地应力预测模型	(337)
三、地应力剖面预测实例	(339)
第五节 地应力场有限元模拟	(340)
一、有限元的基本概念	(340)
二、地应力场有限元模拟的方法原理	(340)
三、XC 构造地应力场有限元模拟	(342)
第十四章 天然气井井壁稳定性	(344)
第一节 井壁稳定性机理	(344)
一、基本概念	(344)
二、井壁稳定性特征	(344)
三、井壁稳定性机理	(345)
第二节 井壁力学稳定性	(346)
一、直井井壁稳定判断准则	(346)
二、斜井井壁稳定性判断准则	(348)
三、软弱结构面的井壁稳定分析	(352)
四、安全钻井液密度窗口	(354)
五、井壁力学稳定性规律	(357)
六、欠平衡状态下的井壁稳定性分析	(359)
第三节 井壁化学稳定性	(363)
一、页岩水化失稳机理	(363)
二、井壁化学稳定性影响因素	(366)
三、井壁化学稳定参数测井分析	(368)

四、井壁化学稳定控制技术	(370)
第四节 井壁力学与化学耦合稳定性	(371)
一、力学与化学耦合力学方程	(371)
二、水化对井周应力分布状态的影响	(373)
三、水化作用下维持井壁稳定的钻井液密度	(374)
四、泥页岩地层的坍塌周期	(375)
五、气体钻水平井井壁稳定性评价	(381)
第五节 井壁稳定性与钻完井方案优化	(384)
一、优化井眼轨迹	(384)
二、确定安全钻井液密度窗口	(385)
三、钻井液性能优化	(387)
四、优选钻井方式	(389)
五、优化井身结构	(390)
六、优选完井方式	(391)
第十五章 水力压裂储层改造	(394)
第一节 水力裂缝的起裂	(394)
一、水力裂缝起裂模型	(394)
二、现场应用举例	(395)
第二节 三维压裂模型	(396)
一、宽度方程	(396)
二、压裂液的二维流动方程	(396)
三、压裂液总体积守恒方程	(397)
第三节 岩石断裂韧性	(397)
一、断裂力学理论	(398)
二、SNBD 试件断裂韧性的计算	(399)
三、测井资料预测岩石断裂韧性	(400)
第四节 井周应力状态及压裂抗张判据	(400)
第五节 重复压裂	(404)
一、重复压裂裂缝重定向机理	(404)
二、重复压裂数学模型及有限远数值解	(404)
三、重复压裂裂缝因素影响分析	(406)
四、重复压裂现场应用	(409)
五、重复压裂发展趋势	(411)
第六节 地应力与压裂优化设计	(411)
一、最小水平主应力的值与压裂施工压力和破裂压力	(411)
二、地应力与压裂液的选择	(412)
三、地应力与支撑剂的选择	(413)
四、地应力与施工排量的关系	(413)
五、地应力与压裂施工功率	(414)
六、现场应用实例	(414)

第十六章 气井套管损坏	(416)
第一节 套管损坏机理	(416)
一、套管损坏的地质与工程因素	(416)
二、套管损坏的力学机理	(417)
第二节 复杂地应力条件下的套管受力分析	(420)
一、定向井井壁稳定三维有限元分析模型	(420)
二、定向井套管受力有限元分析	(422)
第三节 盐岩蠕变套管受力分析	(425)
一、轴向力	(425)
二、内压力	(426)
三、盐层套管蠕变外挤压力	(428)
第四节 泥岩层套管受力分析	(431)
第五节 PG 气田套管损坏实例分析	(432)
一、套损概况	(432)
二、套损井段地质特征	(433)
三、套管损坏的原因	(433)
四、套管损坏对策	(435)
第十七章 典型气田井下工程地质评价及其利用	(437)
第一节 XC 气田井下工程地质评价	(437)
一、地质背景	(437)
二、工程地质特征	(437)
三、复杂井下工程地质问题	(445)
四、井下工程技术对策	(446)
第二节 在深井钻井提速中的应用	(451)
一、XC 气田深井钻井现状	(451)
二、X10 井安全优快钻井方案优化及应用效果	(451)
第三节 在中深井施工设计优化中的应用	(454)
一、钻井工程优化	(454)
二、完井工程优化	(458)
三、储层改造优化	(460)
参考文献	(462)

第一篇

岩土工程地质特性

第一章 工程地质条件

工程地质条件是客观存在的,是自然地质历史的产物。一个地区的工程地质条件反映了该地区地质发展过程及其后生变化,其形成受大地构造、地形地貌、气候、水文、植被等自然因素控制。由于各地区的自然因素和地质发展过程不同,其工程地质条件就不同,由此引发的工程地质问题也不相同。因此,工程地质条件是开展天然气工程建设研究的基础,充分认识工程建设所在地区的地质环境因素,对工程建设安全高效实施关系重大。

天然气井工程建设所涉及的工程地质条件主要包含五个方面:①地壳造岩矿物、岩石、土的基本特性:包含岩石矿物成分、类型、结构构造特性、成因、时代、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触关系以及物理力学性质等。②地质构造特征,包括构造运动方式、类型、动力环境及变化、褶皱、断层、节理的特征和分布,以及新构造运动发展变化趋势及影响。③地表地质作用特征:主要包含水、风、冰川等外地质营力作用形成的滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、风沙移动、河流冲刷与沉积等,其与建筑区地形、气候、岩性、构造、地下水和地表水作用密切相关,对评价工程建筑的稳定性和预测工程地质条件的变化具有重要意义。④地形地貌特征:包含地貌形态、类型、成因、时代和演变过程,关注其地表高低起伏状况、山坡陡缓程度、沟谷宽窄及形态特征等,与工程建设地基稳定性评价、边坡稳定性评价及工程建设安全稳定性预测密切相关。⑤水文地质条件:包含地下水的类型、化学成分、成因、埋藏、分布、动态等特征,其与工程建设环境污染评价及井场工程地基稳定性评价关系密切。

第一节 岩土的类型

一、造岩矿物

矿物是岩石的基本组成单元,了解矿物的基本特征是认识自然界中岩土体工程地质特性的基础。矿物是地壳中由地质作用所形成的、具有一定化学成分和物理性质的单质或化合物。在自然界中,除少数单质矿物如金刚石(C)、硫黄(S)、石墨(C)等外,大多数是由两种或多种元素所组成的化合物,如石英(SiO_2)、石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)及正长石($\text{K}[\text{Al}-\text{Si}_3\text{O}_8]$)等。在自然界,矿物有三种存在状态,即固态(如石英、长石、云母)、液态(如石油)和气态(如天然气),矿物除少数呈液态和气态形式外,多以固态形式存在于自然界中。矿物的存在状态并不是一成不变的,只有在一定的地质条件下才是相对稳定的,当外界条件改变至一定程度时,它们就随之发生改变。矿物在地壳中分布极广,目前已发现的有3300多种,常见的矿物约200多种,但主要的造岩矿物只不过40余种。由于各种矿物具有不同的内部构造特征和化学成分,从而使得矿物呈现不同的外表形态、物理性质和化学性质。

(一) 矿物的形态

矿物的形态是指矿物的外部特征。它与矿物的化学特性及内部结构特征相关。自然界中矿物按内部结构特征可分为结晶质和非结晶质矿物,结晶质矿物自然界分布极广,非晶质矿物分布不广,种类很少。结晶质矿物以单体和集合体两种方式存在,非结晶质矿物以集合体

方式存在。因此，矿物的形态可分成单体形态和集合体形态两类。

1. 矿物的单体形态

只有结晶质矿物才有可能呈现单体，所以矿物的单体形态就是指矿物单晶体的形态。由于矿物晶体的形态是由其成分和内部结构所决定的，并受其生长时的外部条件的影响，因此矿物晶体在一定外界条件下，一定成分的同种矿物总是有它自己特定的结晶形态。根据矿物结晶习性所反映出的笼统外貌特征，可将矿物形态分为四类：

① 一向延长型 晶体生长时，沿一个方向特别发育，呈现柱状、棒状、针状、纤维状，如石英、电气石、硅线石、石棉等矿物。

② 二向延长型 晶体生长时，在两个方向上特别发育，呈现板状、板片状、片状，如重晶石、绿泥石、云母等。

③ 三向等长型 晶体生长时，在三维空间上发育程度基本相等，呈现等轴状、粒状，如石榴石、黄铁矿等。

④ 过渡型 处于上述三者之间的过渡型。如介于粒状和柱状间的短柱状、柱状与板状间的板条状。

有的矿物在不同条件(温度、外部空间)下，可具不同的晶体习性。如方解石在高温下(一般在200℃以上)晶体呈板状或片状(又叫层解石)；在低温下(例如地下水温度)形成一向延长的柱状晶体。空间条件对晶体形态影响也很大，如石英晶体具有较弱的一向延长倾向，只有在足够的自由空间(在晶洞中)任其生长时，才能长成柱状晶体，在其他的情况下(如花岗岩中)则形成不规则粒状个体。

2. 矿物的集合体形态

矿物的集合体形态是指矿物单体的集合方式。根据集合体中矿物晶体大小，可以将其分为三类：显晶集合体、隐晶集合体和胶态集合体。

① 显晶集合体。肉眼可以辨别矿物单体的集合体，称为显晶集合体。常见类型有：一向延长为主的柱状、针状、纤维状、放射状集合体，如红柱石放射状集合体，石膏纤维状集合体；二向延长为主的片状、板状、鳞片状集合体，如云母片状、石膏板状、石墨鳞片状集合体；三向延长的粒状集合体，如纯橄榄岩中的橄榄石矿物，晶簇状集合体，如石英晶簇、方解石晶簇。

② 隐晶和胶态集合体。在显微镜下才能辨认单体的矿物集合体称为隐晶集合体；在显微镜下也不能辨认单体的矿物集合体称为胶态集合体。按其生成方式和外貌特征，最常见的隐晶和胶态集合体形态：结核体，如黄铁矿结核；分泌体，如玛瑙晶腺小于1cm的叫杏仁体，安山岩中的蛋白石杏仁体；鲕状集合体，如鲕状赤铁矿；豆状体，形状、大小如豆；葡萄状、肾状及钟乳状集合体，如葡萄石的葡萄状集合体、赤铁矿的肾状集合体、方解石的钟乳状集合体。此外，还有粉末状、土状、块状、致密状或致密块状等。

(二) 矿物的物理性质

矿物的物理性质是指矿物在光学、力学、电性等方面的性质，简称为物性。物性不仅是研究矿物的一个重要方面，也是鉴定矿物的重要依据。

1. 矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物对自然光线的吸收、折射、反射等所表现出来的各种性质。包括颜色、条痕、透明度、光泽等。

颜色是矿物对自然光的吸收程度不同所引起的。根据矿物颜色产生的原因，可将颜色分