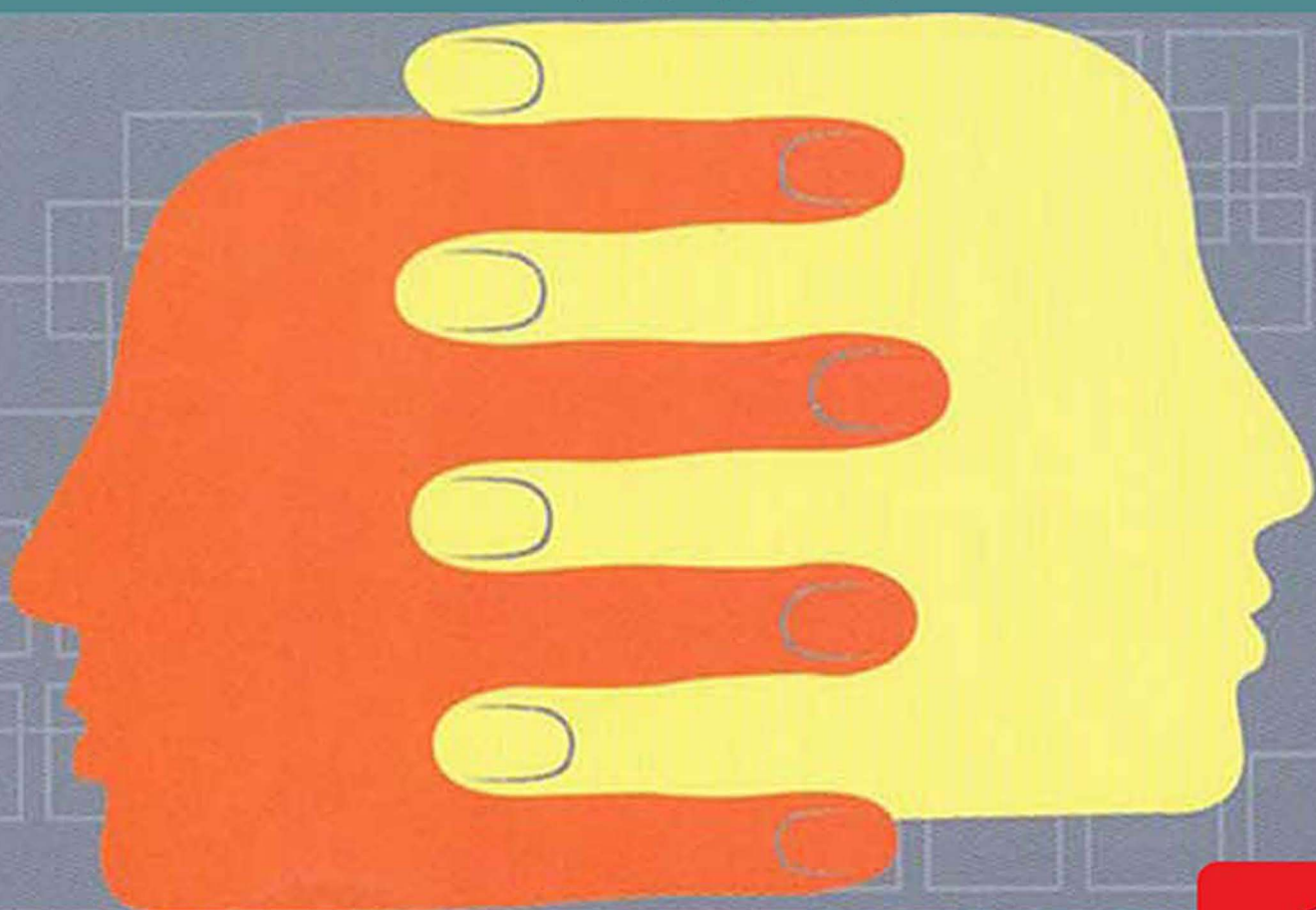


宝玉石矿床与资源

岳素伟 著

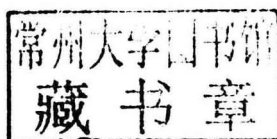


华南理工大学出版社



宝玉石矿床与资源

岳素伟 主 编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内容提要

本书以常见的宝玉石为介绍对象,分宝石篇、玉石篇。宝石篇共16章,收录了钻石、红蓝宝石、祖母绿、金绿宝石、坦桑石、碧玺、尖晶石、橄榄石、石榴子石、黄玉、绿柱石、长石、水晶、锆石、磷灰石、辉石这些常见的宝石品种。玉石篇共10章,收录了翡翠、软玉、岫玉、独山玉、绿松石、欧泊、青金石、鸡血石、碳酸盐玉和孔雀石。本书针对钻石、红蓝宝石、祖母绿、碧玺、橄榄石、绿柱石、翡翠、软玉、欧泊等比较名贵的品种进行了详细介绍,阐述了这些宝石和玉石在世界范围内的资源分布特点,并对部分宝石、玉石的矿床成因进行了详细论述。

本书内容翔实,涵盖了主要的宝石和玉石品种、产地信息,并且融入了最新的国内外研究成果,是目前较为全面介绍宝玉石矿床与资源的教材,适合珠宝相关专业学生、珠宝爱好者、珠宝从业者以及从事宝玉石矿床研究的相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

宝玉石矿床与资源/岳素伟主编. —广州:华南理工大学出版社, 2018. 8
ISBN 978 - 7 - 5623 - 5495 - 6

I. ①宝… II. ①岳… III. ①宝石 - 矿床 - 介绍 ②玉石 - 矿床 - 介绍 IV. ①P578
②TD878

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 302508 号

宝玉石矿床与资源

岳素伟 主编

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 欧建岸

印 刷 者: 广州市新怡印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 插页: 6 印张: 19 字数: 530 千

版 次: 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 1000 册

定 价: 88.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

序

宝玉石是珍贵的矿产资源。改革开放以来，人民生活水平不断提高，我国珠宝市场开始快速发展，宝玉石矿产的开发和利用也得到广泛重视。随着经济不断发展，我国已成为世界第二大经济体，珠宝市场日趋完善，人们对宝玉石的需求量越来越大，宝玉石矿产勘查、开采、加工、销售等高速增长。2016年我国珠宝行业零售总额突破 6000 亿元，一片繁荣景象。

我国宝玉石种类丰富，但高档宝石较为贫乏，尤其是钻石、优质红蓝宝石、祖母绿、金绿宝石等，主要依赖海外进口。与宝石矿产相比，我国玉石矿产特色鲜明，开发经验丰富，具有国际优势，如新疆和青海的软玉(和田玉)、湖北的绿松石、河南的独山玉、辽宁的岫玉，等等。

科学理解宝玉石的地质成因，可以有效指导宝玉石矿床的找矿勘查实践，可以讲好宝玉石前生今世的故事，提升人们对宝玉石的关注程度和兴趣，进而提升宝玉石的鉴赏与收藏价值。因此，宝玉石地质成因已经成为当今科学研究的前沿，特别是钻石、翡翠、祖母绿等的成因。然而，由于宝玉石价格昂贵，获得研究样品的难度偏大，致使宝玉石地质成因研究相对薄弱，取得创新成果的概率更高，值得重视。

我国已有多种珠宝类期刊、书籍和科普读物，内容集中在营销和鉴赏方面，从矿床地质角度介绍宝玉石的书籍较少。1992 年邓燕华教授主编并出版的《宝(玉)石矿床》，是国内首部介绍宝玉石矿床的教材。2009 年常洪述等编著的《宝玉石矿床地质》，介绍了主要宝玉石矿产的地质特征，更适合地质学科的学生和工作人员参考。这两本书出版时间已久，亦无再版，致使新发现的一些宝玉石矿床不能被涵盖，宝玉石成因研究的最新进展和观点也无法体现。显然，一本能够反映世界宝玉石矿床勘查和研究最新成果，更系统全面地介绍宝玉石矿床的教材，业已成为急需。

《宝玉石矿床与资源》应运而生，弥补了这一欠缺。编者岳素伟博士是宝玉石领域的青年翘楚，长期坚持在宝玉石教学和科研一线；曾编译大量外文文

献，熟悉国际宝玉石领域的最新进展和态势。该书是一部关于宝玉石矿床的专业性教材，兼有学术论著特点。该书介绍了名贵宝玉石资源的全球分布，详细介绍了一些著名矿床；针对红蓝宝石、祖母绿等中高档宝石品种，该书进行了矿床成因类型的划分，并对不同产地、不同成因类型的红蓝宝石、祖母绿的宝石学特征进行了详细对比，为追溯宝石产地提供了参考依据。该书还总结了钻石、翡翠成因研究的最新成果和认识。

相信该书出版，将对我国宝玉石矿床教学和科研具有重要促进作用。



2018年6月

前 言

兼具美丽、耐久和稀少三大属性的宝玉石是极为珍贵的矿产资源。随着人们生活水平的日益提高，宝玉石的消费不断增长，宝玉石的供需矛盾也逐渐凸显。

1978 年以前，我国对宝玉石的开发及研究工作相当薄弱。而改革开放 40 年来，我国珠宝业蓬勃发展，带动了宝玉石的鉴定研究，但是国内对于宝玉石的矿床学研究一直都很薄弱，这与我国是贫宝石的国家不无关系。

我国名贵宝石的产地稀少，产量不大，主要有山东蒙阴和辽宁瓦房店的钻石，山东昌乐、江苏六安、福建明溪和海南文昌的蓝宝石，云南麻栗坡和新疆塔什库尔干的祖母绿，吉林蛟河和河北大麻坪的橄榄石，新疆富蕴地区的绿柱石、海蓝宝石、黄玉等。然而，我国的玉石产量丰富，四大明玉——软玉、独山玉、岫玉、绿松石，更是闻名遐迩，其他玉石还有鸡血石、寿山石、孔雀石等。国外传统的宝石产地有东南亚各国、斯里兰卡、坦桑尼亚、南非、津巴布韦、赞比亚、莫桑比克、马达加斯加、澳大利亚、巴西、哥伦比亚等等。近年来也有大量新的宝石矿床被发现，同时有一些新的宝石品种被挖掘。

钻石、红蓝宝石、翡翠等的成因是非常重要的前沿科学问题，国外学者做了大量的研究，如翡翠成因与板块构造的关系。随着研究的深入，翡翠不同成因假说也慢慢被交代成因主流认识所取代。钻石的形成作用过程、碳元素循环、内部包裹体携带的地幔信息等地质问题，以及红蓝宝石、祖母绿的矿床成因及其分类，这些科学问题在近年来均有了新的研究进展和突破性成果。

前人对于宝玉石矿床进行过相关的编写工作，如 1992 年邓燕华主编的《宝(玉)石矿床学》、2009 年常洪述等编著的《宝玉石矿床地质》等书。多年来，大量新的宝石产地被发现，新的宝石成因观点被提出，这促使笔者学习国内外学者的最新研究，对宝玉石矿床和资源的分布进行总结，重点阐述关于钻石、红蓝宝石、祖母绿、翡翠等成因的最新观点和研究进展，更加全面和系统地介绍世界宝玉石资源分布，并对不同产地的宝玉石进行成因、宝玉石学特征等对

比,为不同宝玉石的产地研究提供参考。

为了介绍世界宝玉石资源分布和矿床成因特点,笔者在编写过程中,搜集了大量国内外研究成果,尤以外文文献为主。大量的图片和文章参阅美国宝石学院(GIA)网站 www.gia.edu 和 *Gems & Gemology* 杂志,并对不同的观点认识进行了系统总结。与此同时,笔者也与相关文献作者做了书信交流,使其同意笔者使用相关照片和图片。借此机会,对上述专著和文章作者及美国宝石学院表示衷心的感谢。

本书分宝石篇和玉石篇,宝石篇中收录了钻石、红蓝宝石、祖母绿、金绿宝石、坦桑石、碧玺、尖晶石、橄榄石、石榴子石、黄玉、绿柱石、长石、水晶、锆石、磷灰石、辉石等常见的宝石品种。玉石篇中收录了翡翠、软玉、岫玉、独山玉、绿松石、欧泊、青金石、鸡血石、碳酸盐玉和孔雀石。书中对这些宝石和玉石的资源分布特点和矿床成因,进行了详细的有针对性重点阐述。

刘喜锋参与了本书第1篇第1章钻石第3节部分编写,刘晓旭参与了第1篇第6章碧玺第4节、第16章辉石第2节和第2篇第3章岫玉第3节的编写工作,其余章节由岳素伟编写,最后由岳素伟统稿。

编者希望本书能对广大宝石专业学生和珠宝爱好者了解世界宝玉石资源分布以及宝玉石矿床成因提供帮助。由于时间仓促,涉及大量外文编译工作,虽竭尽全力,本书仍然存在一些错误和大量不足,诚望相关专家学者和读者给予指正,不胜感激。

编 者

2017年10月21日

目 录

0 绪论	1
0.1 矿产资源	1
0.2 成矿作用	2
0.2.1 元素的富集和成矿	2
0.2.2 成矿作用	3
0.2.3 矿床的成因分类	4
0.3 宝玉石矿床的主要类型	5
0.3.1 岩浆矿床	5
0.3.2 伟晶岩矿床	6
0.3.3 矽卡岩型矿床	7
0.3.4 热液矿床	7
0.3.5 变质矿床	7
0.3.6 风化矿床	8
0.3.7 沉积矿床	9
0.3.8 有机矿床	9
0.4 宝玉石资源分布	9
0.4.1 世界宝玉石资源分布	9
0.4.2 我国宝玉石资源分布	12

第一篇 宝石

1 钻石	14
1.1 钻石的宝石学特征	14
1.2 钻石的品种划分	15
1.3 钻石产地及资源分布	16
1.3.1 澳大利亚	17
1.3.2 非洲	17
1.3.3 亚洲	18
1.3.4 南美洲	19
1.3.5 加拿大	19
1.4 钻石矿床	21

1.4.1 钻石的矿床类型	21
1.4.2 钻石的形成过程	22
1.4.3 世界著名的钻石矿床(区)	30
思考题	40
2 刚玉	41
2.1 刚玉宝石的宝石学特征	41
2.2 刚玉的品种划分	42
2.2.1 红宝石	42
2.2.2 蓝宝石	43
2.3 刚玉矿床类型	44
2.3.1 原生型矿床	44
2.3.2 次生型矿床	51
2.4 刚玉产地及资源分布	51
2.4.1 世界著名的红宝石产地及矿床	51
2.4.2 世界著名的蓝宝石产地及矿床	59
思考题	68
3 祖母绿	70
3.1 祖母绿的宝石学特征	70
3.2 祖母绿的品种划分	72
3.3 祖母绿资源分布及矿床类型	73
3.3.1 祖母绿的资源分布	73
3.3.2 祖母绿矿床类型	74
3.4 世界著名的祖母绿矿床	76
3.4.1 哥伦比亚祖母绿矿床	76
3.4.2 赞比亚卡富布祖母绿矿区	81
3.5 不同产地祖母绿的特征对比	85
3.5.1 包裹体	85
3.5.2 微量元素	96
3.5.3 吸收光谱特征	99
思考题	100
4 金绿宝石	102
4.1 金绿宝石的宝石学特征	102
4.2 金绿宝石的品种划分	103
4.3 金绿宝石资源分布及矿床类型	106
4.3.1 金绿宝石的资源分布	106
4.3.2 金绿宝石的矿床类型	106

4.4 金绿宝石产地及著名矿床	107
4.4.1 巴西米纳斯吉纳斯	107
4.4.2 斯里兰卡	107
4.4.3 俄罗斯乌拉尔山	107
4.5 金绿宝石的形成过程	108
思考题	109
5 坦桑石	110
5.1 坦桑石的宝石学特征	110
5.2 坦桑石产地及资源分布	112
思考题	113
6 碧玺	114
6.1 碧玺的宝石学特征	114
6.2 碧玺的品种划分	116
6.3 碧玺资源分布及矿床类型	117
6.3.1 碧玺资源分布	117
6.3.2 碧玺的矿床类型	118
6.4 碧玺矿床	118
6.4.1 巴西碧玺矿床	118
6.4.2 赞比亚黄色碧玺矿床	122
6.4.3 阿富汗达拉伊皮奇碧玺矿床	125
6.4.4 新疆阿尔泰花岗伟晶岩型碧玺矿床	125
6.4.5 莫桑比克“帕拉伊巴”碧玺	126
6.4.6 越南碧玺矿床	128
思考题	131
7 尖晶石	132
7.1 尖晶石的宝石学特征	132
7.2 尖晶石资源分布及矿床类型	133
7.2.1 尖晶石资源分布	133
7.2.2 尖晶石的矿床类型	134
7.3 尖晶石产地和矿床	134
7.3.1 越南陆安尖晶石矿床	134
7.3.2 塔吉克斯坦哥隆尖晶石矿床	139
8 橄榄石	141
8.1 橄榄石的宝石学特征	141
8.2 橄榄石主要产地	142
8.3 橄榄石矿床	142

8.3.1	越南橄榄石矿床	143
8.3.2	意大利撒丁岛橄榄石矿床	146
8.3.3	橄榄岩中的热液型脉体	148
9	石榴子石	149
9.1	石榴子石的宝石学特征	149
9.2	石榴子石资源分布	151
9.3	钙铁榴石矿床	151
9.3.1	马达加斯加安提提赞巴图矿床	152
9.3.2	意大利瓦尔马伦科翠榴石矿床	155
9.3.3	蛇纹岩型与矽卡岩型钙铁榴石特征对比	159
9.4	钙铝榴石矿床	160
9.4.1	马达加斯加伊特拉夫钙铝榴石矿床	160
9.5	沙佛莱石矿床	163
9.5.1	肯尼亚沙佛莱石矿床	163
10	黄玉	170
10.1	黄玉的宝石学特征	170
10.2	黄玉矿床与资源	171
10.2.1	巴西米纳吉拉斯欧鲁普雷图黄玉矿床	171
11	绿柱石	173
11.1	绿柱石的宝石学特征	173
11.2	绿柱石的分类	174
11.3	绿柱石的资源分布	178
11.4	海蓝宝石矿床	179
11.4.1	越南清化常春海蓝宝石矿床	179
11.4.2	意大利马西诺-布雷加利亚海蓝宝石矿床	181
11.5	红色绿柱石矿床	183
11.5.1	犹他州红宝紫罗兰红色绿柱石矿床	183
12	长石	190
12.1	长石的宝石学特征	190
12.2	长石的品种	191
12.2.1	钾长石类宝石	191
12.2.2	斜长石类宝石	192
12.3	长石资源分布	192
12.4	长石矿床	193
12.4.1	美国俄勒冈长石矿床	193
12.4.2	中国西藏长石矿床	199

12.4.3	中国内蒙古固阳中长石矿床	200
13	水晶	201
13.1	水晶的宝石学特征	201
13.2	水晶的品种	202
13.3	水晶产地及矿产特征	202
13.3.1	水晶的资源分布	202
13.3.2	水晶矿床	202
14	锆石	204
14.1	锆石的宝石学特征	204
14.2	锆石资源分布	205
14.3	锆石矿床	206
14.3.1	黑龙江穆棱锆石矿床	206
14.3.2	澳大利亚哈茨山脉锆石矿床	209
15	磷灰石	211
15.1	磷灰石的宝石学特征	211
15.2	磷灰石矿床与资源	212
16	辉石	213
16.1	辉石的宝石学特征	213
16.2	锂辉石	214
16.3	辉石矿床	215
16.3.1	澳大利亚蔷薇辉石矿床	215
	思考题	216

第二篇 玉石

1	翡翠	217
1.1	翡翠的宝石学特征	217
1.2	翡翠主要产地分布	218
1.3	各产地特征	219
1.3.1	缅甸翡翠矿床	219
1.3.2	哈萨克斯坦	220
1.3.3	日本	220
1.3.4	俄罗斯翡翠矿床	223
1.3.5	美国	224
1.3.6	危地马拉	225
1.4	翡翠成因	226

1.4.1 硬玉岩的成因	226
1.4.2 硬玉的形成温压条件	229
1.4.3 宝石级翡翠的成因	230
思考题	230
2 软玉	231
2.1 软玉的宝石学特征	231
2.2 软玉的品种划分	231
2.3 软玉的产地及资源分布	232
2.3.1 国内软玉产地及特征	233
2.3.2 国外软玉产地及特征	236
2.4 软玉的成因类型	238
2.5 不同产地软玉的微量元素特征及鉴别	239
思考题	240
3 岫玉	241
3.1 岫玉的宝石学特征	241
3.2 岫玉的品种划分	241
3.3 岫玉产地及资源分布	242
3.4 岫玉矿床	242
3.4.1 辽宁岫玉矿床	242
3.4.2 南方玉矿区	243
3.4.3 山东泰山	243
3.4.4 新疆昆仑山	244
3.4.5 中国台湾花莲	244
3.4.6 意大利瓦尔马伦科	244
3.5 岫玉的成因	245
3.5.1 蚀变大理岩型	246
3.5.2 超基性岩自变质型	246
思考题	247
4 独山玉	248
4.1 独山玉的宝石学特征	248
4.2 独山玉的品种划分	248
4.3 独山玉产地及资源分布	249
4.4 独山玉矿床及成因	249
思考题	249
5 绿松石	250
5.1 绿松石的宝石学特征	250

5.2 绿松石产地及资源分布	250
5.3 绿松石矿床及成因	251
思考题	253
6 欧泊	254
6.1 欧泊的宝石学特征	254
6.2 欧泊的品种划分	254
6.3 欧泊产地及资源分布	255
6.4 欧泊矿床及成因	255
6.4.1 澳洲欧泊矿床	255
6.4.2 埃塞俄比亚欧泊矿床	258
6.4.3 欧泊矿床成因	261
思考题	262
7 青金石	263
7.1 青金石的宝石学特征	263
7.2 青金石产地及资源分布	263
7.3 青金石矿床	263
思考题	265
8 鸡血石	266
8.1 鸡血石的宝石学特征	266
8.2 鸡血石产地及资源分布	267
8.3 鸡血石矿床特征及对比	268
8.3.1 昌化鸡血石矿床	268
8.3.2 巴林石矿床	268
8.3.3 昌化鸡血石和巴林鸡血石对比	269
思考题	270
9 碳酸盐玉石	271
9.1 碳酸盐玉石的宝石学特征	271
9.2 碳酸盐玉石矿床及资源分布	272
10 孔雀石	273
10.1 孔雀石的宝石学特征	273
10.2 孔雀石的品种划分	273
10.3 孔雀石矿床及资源分布	275
10.3.1 孔雀石资源分布	275
10.3.2 孔雀石矿床	275
思考题	275
参考文献	276

0 绪论

0.1 矿产资源

0.1.1.1 矿产的概念

矿产是自然界产出的有用矿物资源，是金属矿产、非金属矿产和能源矿产的总称。它是一种基本的生产资料(原材料)，是人类赖以生存和发展的重要物质基础(翟裕生等，2011)。

人类社会的发展需要矿产资源，只有对矿产资源进行有效的开发和利用，才能够不断满足人类生存和发展的需要。因此，矿产资源是社会发展的物质基础。在人类社会的发展历程中，经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代等早期阶段，这些历史阶段的名称均来自矿产或矿产制品，充分体现了矿产对人类社会发展的的重要性。

随着社会生产力的不断发展，人类社会的发展突飞猛进，对于矿产资源的需求也急剧增长。现代社会的大规模生产也需要矿产资源的维持，而且正在消耗巨量的矿产资源。

我国地域辽阔，经历了各个阶段的地质历史，具有有利的成矿条件，矿产资源品种较全，总量也较为丰富。已发现矿产 171 种，探明储量的有 158 种。已探明矿产资源总量居世界第 3 位，但人均拥有量仅为世界人均水平的 58%，排名第 53 位。我国的煤、稀土、钨、锡、钼、锑、铋、钒、钛、铌、锂、钽、铈、萤石、菱镁矿、滑石、石墨、重晶石、膨润土、硅灰石等 20 余种矿产的储量居世界前列。稀有元素和稀土元素资源丰富。但大宗矿产不足，铁、铜、铝、钾盐等需大量进口。金属矿产中贫矿较多，富矿较少；多组分的伴生、共生矿石多(翟裕生等，2011)。

矿产的分类有多种方式，按产出形式分为气体矿产、液体矿产、固体矿产三种；按矿产的性质及其主要工业用途可分为金属矿产、非金属矿产、能源矿产和地下水资源四类(翟裕生等，2011)。宝玉石属于非金属矿产，包含了工业美术材料矿产。

我国改革开放四十年来，人们生活水平不断提高，物质生活极大丰富，人们对于美的追求也逐渐显现。珠宝首饰则是人们对于美丽这种精神追求的代表，一方面宝玉石可以用来装饰，另一方面宝玉石还存在保值增值的投资价值。因此，在这样的历史背景下，我国的珠宝市场蓬勃发展。虽然我国产出的宝石、玉石品种众多，但是高品质的宝玉石较少，供需矛盾日趋明显。

0.1.1.2 矿床的概念

矿床是矿产在地壳中的集中产地，指在地壳中由地质作用形成的，其所含有用矿物资

源的数量和质量在一定的经济技术条件下能被开采利用的综合地质体(翟裕生等, 2011)。

宝玉石矿床则是能达到美丽、耐久、稀少的矿物或矿物集合体集中产出的区域。这些晶莹剔透的矿物晶体或美丽坚硬的矿物集合体能够被人类开发和利用。

0.2 成矿作用

0.2.1 元素的富集和成矿

元素在地壳和上地幔中的含量,在地球各种内力或外力的作用下总是处于不断的变化之中。这种不断变化,或导致元素分散,或使元素集中。元素的这种运动变化和迁移过程,称为元素的迁移。当元素在一定的地质作用条件下发生迁移和富集,并且能够达到开发利用的程度,才能成为矿床。换句话说,没有元素的迁移,就没有成矿作用发生;即元素迁移是成矿作用的前提。

在自然界,元素富集形成矿石矿物以及宝玉石的方式多种多样,主要的形成作用有下列几种。

0.2.1.1 结晶作用

结晶作用按性质和特征差异可以分为:

(1) 岩浆结晶作用。岩浆大多是以硅酸盐为主的高温熔融体。当岩浆冷凝达到了某矿物的固相线之下时,该矿物就会从岩浆中结晶析出,在矿物高度集中时就会形成矿床。如金刚石、磷灰石、铬铁矿、钛铁矿等矿物就是岩浆结晶作用过程中形成的。

(2) 凝华作用。岩浆的热能使一些易挥发物质发生气化,并沿着裂隙逸散,它们沿火山口、喷气孔或者浅成侵入体周围,直接结晶形成凝华物,如火山口附近的自然硫。玛瑙也可通过这种方式形成。

(3) 蒸发作用。在天然盐池中,由于海水不断蒸发,盐不断浓缩,并最终结晶出来形成矿床。

0.2.1.2 化学作用

通过化学反应而生成矿石矿物,导致元素集中。主要的作用有:

(1) 化合作用。化合作用发生在气体、液体和固体之间。

(2) 胶体化作用。如高岭土吸收溶液中的铜,形成硅孔雀石等。

(3) 生物化学作用。如礁灰岩就是各种造礁生物通过生物化学作用形成的。

0.2.1.3 交代作用

交代作用也是一种化学作用。但交代作用特指溶液与岩石在接触过程中发生的一些组分代入和另一些组分代出的地球化学作用,在这一过程中完成流体组分和围岩组分的交

换。这种作用广泛发生于岩浆岩与围岩相接触的地带。宝玉石中许多矿床的形成与此相关，如矽卡岩型红宝石矿床、矽卡岩型石榴子石矿床、矽卡岩型软玉矿床等。

0.2.1.4 离子交换作用

这种作用在内生和外生作用中均广泛存在，在宝玉石矿床成矿作用中也占显著地位。

0.2.1.5 类质同象置换作用

这种作用指矿物中的一种或多种元素，被性质相同的另一种或多种元素置换，而矿物的结晶学性质并未发生改变，仅某些物理性质发生变化的现象。

类质同象置换作用在宝玉石矿床形成中至关重要，对大多数宝玉石矿床而言，没有类质同象置换，就没有这类矿床的形成。例如红宝石，其中铝被铬类质同象置换而呈现红色。很多宝石的呈色，就是致色离子类质同象替换的结果。

0.2.2 成矿作用

成矿作用是指在地球的演化过程中，使分散在地壳和上地幔中的化学元素，在一定的地质环境中相对富集而形成矿床的作用。它是地质作用的一部分。按作用的性质和能量来源，可将成矿作用划分为内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用三大类。

0.2.2.1 内生成矿作用

主要是由地球内部的能量作用导致形成各种矿床的地质作用。地球内部能量的来源有多种方式，如放射性元素蜕变能、岩浆热能、在地球重力场中物质调整过程中释放出的能量等。内生成矿作用按其物理化学条件不同，可分为岩浆成矿作用、伟晶成矿作用、接触交代成矿作用和热液成矿作用等。

0.2.2.2 外生成矿作用

主要是在太阳能影响下，在岩石圈上部、水圈、气圈和生物圈的相互作用过程中导致元素集中而形成矿床的作用。外生成矿作用可分为风化成矿作用和沉积成矿作用两大类。外生成矿作用对宝石矿床而言，意义十分重大，因为很多宝石的次生冲积矿床或玉石都是由外生作用而形成。在次生玉石矿床形成过程中，对于玉石材质有一定的筛选和改造作用，从而使得次生矿床中的玉石品质普遍较高。

0.2.2.3 变质成矿作用

在内生作用和外生作用中形成的岩石或矿床，由于地质环境发生变化，特别是温度、压力的变化，并有其他气液的参加，造成它们的矿物成分、化学成分、物理性质及结构、构造等发生改变，造成元素集中，形成矿床的过程。许多玉石矿床就是变质作用的产物。变质成矿作用按其产生的地质环境不同，可分为接触变质成矿作用、区域变质成矿作用和混合岩化成矿作用等。