宝兴“蜀白玉”大理石及综合开发利用

周开灿　钱向丽　　孟　斌
(西南科技大学城建学院·绵阳 621002)　(四川地平线矿产资源咨询公司·成都 610016)

摘　要　宝兴“蜀白玉”大理石享有“天下第一白”的美誉。本文系统介绍了其产出特征、资源概况；矿石的物质成分和化学成分；矿石的物理和技术工艺性质、特性，及荒料、各种规格板材；系列雕塑产品和系列碳酸钙功能填料（粗粉、细粉、超细、超微细和活性碳酸钙）以及纳米碳酸钙系列产品的综合开发利用。

关键词　“蜀白玉”大理石　资源地质　综合开发利用　四川　宝兴
中图分类号　TD985　　**文献标识码**　C　　**文章编号**　1004-4051(2003)04-0042-04

COMPREHENSIVE EXPLOITATION AND USE OF SHUBAIYU MARBLE IN BAOXING

Zhou Kaican　Qian Xiangli
(School of Town Construction, Southwest University of Science and Technology·Mianyang 621002)
Meng Bin
(Sichuan Horizon Mineral Resources Consultation Company·Chengdu 610016)

Abstract: The Shubaiyu Marble of Baoxing bore the fine repute of the most white marble in the world. The paper introduces its yield characteristic, general situation of the resource, physical and chemical composition; physical properties, features of technological process, wastes and material of various sizes; comprehensive exploitation and use of series of sculpture, functional calcium carbonate stuffing (coarse powder, fine powder, superfine, ultramicro and activated calcium carbonate) and nanometer calcium carbonate products.

Keywords: Shubaiyu Marble, Resource geology, Comprehensive exploitation and use, Sichuan, Baoxing

四川宝兴“蜀白玉”大理石洁白晶莹，质地纯净、细腻，玉感诱人。高纯度、高白度即“一纯二白”是宝兴蜀白玉独有的质量优势，其 $CaCO_3$ 含量高达 97%以上，杂质含量甚微；白度高达 96%以上，在自然界实属少见。其品质在国内胜过河北房山的“汉白玉，和山东的“雪花白”；在国外超过著名的意大利“卡拉拉白”大理石，而著名于世，并享有“天下第一白”的美誉，驰名中外。其系列产品，誉满国内外石材、雕塑和填料市场，供不应求。下面，就宝兴“蜀白玉”大理石的资源地质，矿石的成分、物理和技术工艺性质，以及综合开发利用等系统介绍于后。

1　资源地质

宝兴“蜀白玉”大理石矿床，位于四川雅安地区的宝兴县和芦山县境内。大地构造处于松潘—甘孜地槽褶皱带东南缘与扬子准地台交接的过渡带。矿床处于龙行山褶皱带宝兴复背斜西翼。

大理石矿带北东起于芦山县黄水河，南西止于宝兴县陇东，总体呈北东—南西走向，全长超过 40km，宽 0.2～2.0km。矿带上共有矿床（点）十余个，典型矿床有锅巴崖、华西矿床等。全矿带有 C+D 级储量 ××××万 m^3，预测资源量达 ×亿 m^3，为特大型大理石矿床。其资源量占四川白色大理石 2/3 以上。

含矿地层为前震旦系盐井群锅巴崖组，岩性为一套沉积变质的碳酸盐岩。自上而下，分为 4 个岩性段。

第一岩性段（$Anzg^1$）：白色、灰白色细晶薄层大理岩、条带状大理岩夹片岩及透镜状变质粗面岩。

第二岩性段（$Anzg^2$）：白色、乳白色中厚层状细晶大理岩夹少量褐色条带状大理岩、薄层大理岩

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

和绢云母片岩，厚 111～125m，为主要含矿层。

第三岩性段（Anzg^3）：灰黑色、灰绿色绢云母石英片岩夹薄层白色大理岩、条带状大理岩，厚约 35m。

第四岩性段（Anzg^4）：上部为浅灰色含石英大理岩，下部为浅灰色薄层状白云质大理岩，厚约 50m。

含矿地层中，除第二岩性段为主要含矿层外，其他各岩性段都不同程度赋存有工业矿体。

矿段为一单斜构造，NE—SW 走向，倾向 NW，300°～355°，倾角 30°～70°。矿带沿走向和倾向分别受到区域性的黄店子—赶羊沟逆断层和银厂沟横断层的切割。

“蜀白玉”大理石矿体呈层状、似层状或透镜状分布于含矿层（带）中，产状与含矿层一致，倾向 300°～355°，倾角 30°～70°。矿体长一般 400～1590m，厚度一般 20～112m；延深 240～600m，矿体出露标高 1800～3300m。矿体含矿率为 32%～90.65%，一般为 60%～86%。厚大矿体一般分布在锅巴崖—华西山庄一带，向北东至黄水河，向南西至陇东，矿体的产出频率、规模、含矿率逐渐下降，从地表向深部矿体有变薄的趋势。

矿带中，矿体的单层厚度都大于 1m，少数为 0.5～1.0m。据统计，矿带面裂隙率一般为 0.15～0.44 条/m^2。锅巴崖矿床裂隙比较发育，但从采场观察，向深部裂隙有减少的趋势，裂隙主要为剪裂隙和张裂隙，剪裂隙有两组，一组倾向 175°～225°，倾角 75°～85°，裂隙率为 0.3～1.5 条/m^2；另一组倾向 95°～135°，倾角 42°～65°。张裂隙规模小，产状为倾向 185°，倾角 56°。锅巴崖矿床面裂隙率 0.48～0.65 条/m^2，平均 0.58 条/m^2。

地质工作的理论荒料率为 30%～41%，锅巴崖矿床为 35.9%～38.5%，平均 37.1%。矿山开采的实际荒料率为 15%～25%，锅巴崖为 28%。矿山生产荒料块度大多数为 0.3～1.5m^3，大者可达 3m^3 以上。

宝兴“蜀白玉”大理石矿床在地貌上为北东走向的脊状山梁，地势陡峭，高差上千米，有利于地表水和地下水向坡下沟谷径流排泄。大理石矿体都位于当地侵蚀基准面之上，矿带为单面山地形，坡面即为层面，且由坚硬的大理石组成自然边坡，其角度为 40°～60°，处于相对稳定状态。矿床开采剥离系数低，为 0.24～0.59，平均 0.43。因此，适宜露天开采。

2 矿石成分与品级

“蜀白玉”大理石，矿石为纯白色、白色、奶油色和青灰色方解石大理岩，成细粒镶嵌粒状变晶结构，致密块状构造。矿物成分以方解石为主，含量高达 99.5%。此外，含微量白云石、石英和钠长石。矿物化学组分，主要是 $CaCO_3$，其他组分微量。

按矿石的白度、色差和色带（斑）的发育程度，宝兴大理石（工艺名称为“蜀白玉”）可分为三个品级：

Ⅰ级品（069A，注：编号，以下同）：色泽洁白无暇，白度均匀一致。为宝兴“蜀白玉”极品，主要用作高级饰面板材和雕塑材料。

Ⅱ级品（069A$_1$）：色泽基本洁白，含微量灰色、褐色晕斑或条带。

Ⅱ级品（069A$_2$），色泽基本洁白，含少量灰色、褐色晕斑或条带。

矿床Ⅰ级品率 25.35%；Ⅱ级品率 39.8%：Ⅲ级品率 34.85%。

3 物理和技术工艺性能

宝兴“蜀白玉”大理石，主要物理性能为：体重 2.66g/cm^3；肖氏硬度 37.6hs；抗压强度 900kg/cm^2；抗折强度 121kg/cm^2；光泽度 100 度；吸水率 0.24%；耐磨率 3.99g/cm^2；放射性强度 5r；电击穿强度 4～7.8kv/mm；白度 ≥96。

以上表明，“蜀白玉”大理石机械强度高，抗风化，白度高，光泽度强，放射性微弱，硬度不大，可加工性好，电击穿强度高，物理、技术工艺性能优良，不仅是高级建筑装饰材料，而且是高档的雕塑材料和介电绝缘材料。而且，更是理想的碳酸钙功能填料的原料。

4 综合开发利用

20 世纪 70 年代，著名的宝兴“蜀白玉”大理石就已开采，用以建造“毛主席纪念堂”和“四川省展览馆”，从而揭开了“蜀白玉”开发的序幕。1982 年，东京“国际石材博览会”上，“蜀白玉”超过国际上著名的意大利“卡拉拉白”，而获得“天下第一白”的美誉。20 多年来，“蜀白玉”的开发，按宝兴的说法，已经探索和初步形成一条“大的锯板子，小的雕狮子，碎的磨粉子”的综合开发利用的路子。即目前已经开发形成，从荒料，到板材、雕塑，深加工碳酸钙功能填料（粗粉、细粉至改性超微细粉）及钠米碳酸钙系列产品，誉满国内外石材、雕塑、填料市场，产品供不应求。现分别介绍于后：

矿山开采，是“蜀白玉”综合开发利用的基

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

础。矿山开采方法除传统、常规方法外，一些骨干矿山已经建成露天开采工作台阶，“光面控制爆破”、“静态爆破”、排孔“液压劈裂”等多种先进的石材开采技术和工艺已逐渐推广应用。特别是近年来，以“亿隆石材公司”为代表的引进意大利的先进的石材开采设备、技术和工艺，采用金刚石串珠切锯、链臂式锯机、液压钻孔机与挖掘机相结合的联合式机械化平台开采，宝兴“蜀白玉”的矿山开采方法和技术达到国内先进水平，象“切豆腐”一样把规则、整块荒料一个一个、一块一块的分割出来，“蜀白玉”的利用率由一般矿山的 30 %～40 %提高到 90 %以上。这是石材矿山的先进典型，其技术和方法应予以大力推广，从而提高我国石材矿山的整体开采技术和水平。

矿山开采的荒料大多为 0.3～1.5m^3，大者可达 3m^3 以上（如亿隆矿）。荒料除部分就近加工成板材、雕件外，一部分外销出口。

目前，宝兴“蜀白玉”石材矿山共 40 余家，其中 10 余家矿山采用平台开采。年生产荒料 4 万 m^3，其中平台生产荒料占 1/3。

从基岩开采分离出来的条（块）石，按其块度和质量分类，合理利用，块度 > 0.3m^3 的石料，生产成荒料，用做加工板材、大型雕件和石质家具等。< 0.3m^3 的块（片）石，其中稍大者供加工小规格板、基石、柱石、栏杆、路标等建筑、异形石材及小型雕塑和工艺美术品；小片（碎）石及板材、雕塑加工余下的边角料，则用以生产粘石、石粉和碳酸钙深加工系列填料产品。石材加工，是“蜀白玉”开发利用主要方向之一，包括两个方面：

(1) 板材

大块荒料，以及 < 0.3m^3 的块石，用以加工生产不同规模的板材，从大板到不同尺寸的小规格板，直至玛赛克小垫片，形成板材系列产品，用作建筑装饰材料，用途很广，墙面、柱面、台面、厨房、卫生间以及石质家具桌面、路标等，都是很好的装饰材料，不仅洁白美观，而且玉感诱人，装饰效果很好。近年来，一些公司、厂家将小块料加工成玛赛克垫片，销往日本，美国，很受欢迎。据统计，宝兴现有“蜀白玉”板材加工企业 150 余家，年生产能力达 286 万 m^3。

(2) 异形石材

主要用 < 0.3m^3 的块石，加工成基石、柱石、栏杆等各种不同的异形石材，用作公园、广场的装饰、造型，效果极好。

近年来，“蜀白玉”作雕塑、工艺美术品发展很快，石雕制品生产厂家十余家，年产工艺雕塑品达 10 万余件。已形成城市园林雕塑、仿古雕塑、动物造型、化学试剂、浮雕、机械车旋、石质家具，人工书画等系列产品，门类繁多，从大的佛像、门狮，到十二生肖和小摆件，一应俱全，产品质量、工艺水平亦不断提高，很受社会、市场和人们的青睐。

凭借“蜀白玉”的质量优势，高纯和高白，给“蜀白玉”开发碳酸钙填料工业，打下了得天独厚的基础和条件，宝兴川宝化工厂生产的重质碳酸钙系列产品，早在 1989 年，就荣获国家“星火计划”金奖，并誉为“天下第一白”优质产品。直至今日，宝兴用“蜀白玉”加工优质碳酸钙填料产品，迅猛发展，开发水平处于国内领先地位。目前，碳酸钙生产企业 40 余家，年生产能力超过 40 万 t。主要产品有重质碳酸钙、微细碳酸钙、微细活性碳酸钙，及超细（1250 目；10μm）碳酸钙和超细活性碳酸钙、轻质碳酸钙等，产品畅销全国各地。

小规格板材、玛赛克垫片、雕塑工艺美术品和碳酸钙功能填料系列产品，每年可综合利用小块边角料、废石数万吨（相当于上万立方米），经济、社会、环境效应非常显著。

“蜀白玉”大理石，高纯，品质优异，是开发纳米碳酸钙的优质原料，故亦可用作开发纳米碳酸钙，北京化工大学、西南科技大学等院、所已用优质石灰石、大理石研制、开发纳米碳酸钙产品。

纳米碳酸钙的开发，首先是制备石灰乳。

用优质（CaO ≧54 %）石灰石和大理石碎块料，加温，烧成生石灰。然后在装置容器中，加水，消化，生成氢氧化钙（熟石灰，$Ca(OH)_2$），形成石灰乳。并用振动筛、旋流器分离除杂（去除硅、铁等杂质），而后即形成精细石灰乳，用作生产纳米碳酸钙。目前，生产纳米碳酸钙的方法和工艺，主要有：

(1) 鼓泡碳化法

在碳化塔中，将偶合剂加入精细石灰乳，并将 CO_2 压入石灰乳，使其石灰乳碳化，数小时，即可形成纳米碳酸钙，并用上悬式离心脱水，烘干，便生产出纳米碳酸钙产品。

加偶合剂作用，用以控制产品尺寸及晶形。

(2) 旋转床法（北京化工大学专利）

在旋转床中，将制备的精细石灰乳高速旋转，并压入 CO_2，使其逆向接触反应，使石灰乳进一步细化，形成乳滴状，然后输出，经离心、压滤脱水、烘干，最终可生产尺寸为 30～50nm 的碳酸钙

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

产品。

(3) 喷雾碳化法

在碳化塔中，用压力喷雾石灰乳，并加入CO_2。该方法可生产 50nm 左右尺寸的纳米碳酸钙产品。

纳米碳酸钙广泛用于清漆、涂料、橡胶、塑料等许多领域作功能填料。在防渗水的防水涂料中，作土工膜、土工布的添加料，以及塑料门窗(PVC —聚氯乙烯) 的添加料等。

5 环境保护

宝兴“蜀白玉”大理石的开发，要注意矿山的环境保护。

矿山环境保护。在矿山开拓、开采过程中，围岩、夹层、废石的排放，要有序的堆存，不要破坏植被、生态，以及乱以倾倒，阻塞河道，造成了河水的以钙为主的污染，既影响和破坏了水质，也破坏了生态、环境。在废水排放前，应采取沉淀滤清后，再排放，以保护好山区优美的生态和环境。保护好矿山环境。

四川宝兴“蜀白玉”大理石，是自然界产出的最优质大理石，具有“高纯、高白”和“一纯二白”极为突出的质量优势，而且资源丰富。

“蜀白玉”大理石的开发，从大块料到小块边角料，综合开发荒料、板材、雕塑到碳酸钙功能填料和纳米碳酸钙，形成系列产品，充分利用大自然恩赐的这一宝贵资源。在开采和利用过程中，要注意引进和推广先进的开采和开发利用工艺技术和设备，注意资源保护和矿山生态环境保护，把资源 —社会 —经济 —环境 —发展紧紧结合起来，取得最佳和最优的综合效益。

(收稿日期：2002 年 12 月 12 日)

〔作者简介〕 周开灿 西南科技大学 教授 研究生导师 四川地平线矿产资源咨询公司副总工程师 从事矿床学 宝石学 非金属矿开发利用教学与研究

孟 斌 高级工程师 四川地平线矿产资源咨询公司总经理

毫州发现丰富的地热资源

最新勘察资料表明，安徽毫州市蕴藏着丰富的地热资源。

地质部门近日在古井丰水源发现了地热。通过有关专家对该井的电测资料和抽水试验结果分析表明：目前勘探孔深度已超过 1500 米，地热水温在 50 ℃～55 ℃之间，水质为偏硅酸型优质水，估计出水量每小时 50t 以上。据介绍，毫州市地热资源可用于地热供暖、温泉洗浴、康复医疗、冬季温室、大棚采暖、温水鱼养殖等。

吉林发现一处金矿

吉林省地调院承担的国土资源大调查项目 ——《吉林老岭成矿带金及有色金属评价》，找矿成果显著：实际完成金资源量 90t、钴资源量 5 万 t，远远超出中国地调局下达的金 50t 和钴 2 万 t 的预期目标；发现大松树和小金沟两处金矿资源量均具有大型矿床的潜力。

冀东发现锰矿富集地段

中国冶勘一院冶勘在冀东长城系含锰层位找矿获得突破。

优质锰矿是国家紧缺矿种，从我国资源分布来看，优质锰矿大多集中于南方，特别是扬子地台周边部位，北方成矿条件先天不足，一直被地质界关注的冀东长城系含锰层位找矿，除东段发现的瓦房店大型锰矿、西段发现的洞沟银锰矿外，中段尚无重大发现。

2002 年，冶勘一院对长城系高于庄组含锰层位进行了调研。在河北迁西至北京平谷，长 200km、宽 30～100m 的含锰矿层位中，发现了极有价值的找矿信息。其中，迁西段锰含量可达 20 %：天津蓟县段锰矿石品位一般在 30 %左右，最高可达 40 %以上；平谷段以菱锰矿为特征，矿石中锰含量达 30 %以上，具有诱人的找矿前景。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net