

HONGTOU SHANKUANG KAICAI JISHU FANGFA
YU GONGCHENG SHIJIAN

红透山矿开采技术方法 与工程实践

石长岩 主编



東北大學出版社
Northeastern University Press

国家“十一五”科技支撑项目（课题）资助出版

红透山矿开采技术方法与工程实践

石长岩 主编

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 石长岩 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

红透山矿开采技术方法与工程实践/石长岩主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-5517-0537-0

I. ①红… II. ①石… III. ①金属矿开采—矿业工程—辽宁省 IV. ①TD85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 004612 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场室) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http://www.neupress.com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 16.75

字 数: 442 千字

出版时间: 2014 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 潘佳宁 孙 铎

封面设计: 刘江旸

责任校对: 叶 子

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0537-0

定 价: 50.00 元

《红透山矿开采技术方法与工程实践》 编委会

本书由中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司组织人员编写。

主 编：石长岩

编 委：郑 飞 赵兴柱 李元辉 刘建坡 宫 锐
姜洪波 王长春 侯立伟 白秀明 杨 斌

陈鹏、许大鹏等同志在资料收集整理以及部分附图绘制等方面提供了技术支持，在此一并表示感谢。

序

红透山矿业公司历史沿革已有七十余年，是目前国内井工开采作业面最深的有色金属矿山，矿业公司所属的红透山铜锌矿已经连续开采五十余年，并保有可供开采二十年以上的矿石储量。长期的采矿生产实践和丰富的采矿科研活动，为适应生产需要培养了一批又一批科技人才和工程专家，收获了一项项科研成果，形成了鲜明的工艺技术特色，在有色矿山行业中具有较高的影响力和知名度，为企业的发展奠定了丰厚的技术人才基础。

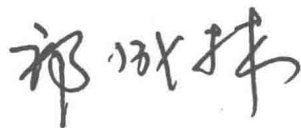
几十年来，通过一代又一代矿山人的扎实奋斗，在创造巨大物质财富的同时，科技创新与技术进步也取得了令人鼓舞的卓著成果，这其中有许多优秀的技术进步成果闪耀着先进的科技创新理念，对此加以系统性总结具有非常重要的现实意义，因此，当相关同事提出编撰一本采矿学术性专著的想法后，立即得到了广大工程技术人员的支持和响应。

科技是第一生产力，对科研成果的总结，是对科学知识的有效保护，是文化的重要基石，也是促进科技创新的有力支撑。本专著的编撰，充分体现了广大工程技术人员强烈的责任意识，凝聚了广大工程技术人员辛勤付出和聪明才智。专著不但较全面地反映了长期在红透山从事采矿技术工作的几代工程技术人员的科技研发成果，而且也是对企业产学研合作成果的一次总结。从编撰内容和学术应用上看，这是一部更贴近生产、贴近现场、贴近实践，更能满足实际应用的知识荟萃，是广大工程技术人员对专业知识以及科研成果的积累，是大量生产实践经验的提炼。我想，这一专著不仅对发扬光大科技创新精神，解决好采矿生产中遇到的技术难题将起到积极的推动作用，而且对同类矿山企业同行们的技术交流与研究，也具有同样重要的应用价值。

企业的可持续发展需要广大干部员工继续发扬“坚韧、奉献、开拓、争

先”的矿山精神去戮力拼搏，更需要广大工程技术人员继续潜心钻研，矢志攻关，掌握先进的工艺技术，并善于在生产中推广应用。值此《红透山矿开采技术方法与工程实践》一书出版之际，向为矿山建设做出重要贡献的广大工程技术人员表示由衷的感谢，请允许我代表企业向本专著的全体编撰者表示诚挚的敬意。

中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司
董事长兼总经理



2013 年 12 月 8 日

前 言

红透山矿业公司具有 70 余年的生产历史，目前仍在生产的采矿坑口——红透山铜锌矿——自 1958 年起就开始地表小规模露天开采活动，随后历经多年平硐式开采阶段，现已全部转为地下开采，迄今其连续生产也超过 50 年。该矿山累计开采深度超过 1250m（开拓深度超过 1350m），为目前国内开采及开拓深度最大的金属矿山。在该企业，岩爆型地质灾害及地压活动性研究、“似全尾”自流充填工艺、废石不出坑（充填）系统、循环风利用及冬季预热通风方法等在国内深部开采矿山中极具行业特色。

长期以来，以采矿专业领域为代表的一代又一代矿山人在科技创新与技术进步方面始终处于不断提升、不断超越自我的昂扬向上的精神状态，得到了行业同人的广泛认可。正是在这样一种优良专业品格的激励下，借助企业承担国家“‘十一五’科技支撑项目”，并因此获得相关资金支持的有利条件，矿山采矿工程技术人员胸怀强烈的历史使命感，决定尝试汇编一本综合性资料，作为系统性的阶段总结，以为参考和借鉴。

本书在简略总结红透山坑口（亦称红透山矿、红透山铜矿或红透山铜锌矿）的开采历史和生产系统现状的基础上，重点围绕地压管理、采矿方法、通风系统、充填系统等重点技术问题，概述了几十年来企业与东北大学（资源与土木工程学院）、国家安全科学技术研究院、湖南有色冶金劳动保护研究院、中国地质科学院（地质力学研究所）、中南大学、中科院武汉岩土力学研究所等科研单位开展合作所取得的科技创新进展情况，同时较为全面、系统地总结了几代矿山采矿科技工作者具有独创性的技改和科研成果。

在此郑重说明：本书第 1 章“矿山地质简介”部分，参考了科研单位以及

红透山矿业公司副总经理黄明然等为代表的矿山地质科技工作者所取得的工作成果；第3章第3.3节“保安矿柱回收实践”相关内容，主要摘编自矿山老专家王志芳同志所总结的相关资料；不同章节还部分引用了其他前辈科技工作者撰写的科技文献资料；在编撰过程中，我们对老一辈科技工作者所取得的科技成果进行了归纳和总结，对上述相关人员一并表示我们的真诚敬意和感谢！

本书在编写和出版过程中，得到了红透山矿业有限公司董事长（总经理）祁成林、党委书记于跃起等主要领导的关心和支持，这极大地鼓舞了编写人员的工作热情。

由于编者水平所限，资料积累不足，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2013年11月

目 录

绪 论	1
第 1 章 矿山地质简介	2
1.1 矿区成矿与地质概述	2
1.1.1 “红透山式”矿床及赋矿层位	2
1.1.2 控矿构造	2
1.1.3 岩浆岩成矿作用	3
1.1.4 “红透山式”铜锌矿床成因概述	3
1.2 矿体地质特征	4
1.2.1 矿区及矿床地质简述	4
1.2.2 矿床水文地质概况	6
1.2.3 工程地质条件	8
1.3 矿山勘探与矿产资源简述	9
1.3.1 矿区地质探矿工作简介	9
1.3.2 地质勘查工作研究程度	9
1.3.3 地质工作的研究成果	9
1.3.4 矿产资源现状	10
第 2 章 矿山主要生产系统简介	11
2.1 开拓系统与竖井提升	11
2.1.1 矿山开拓系统综述	11
2.1.2 深部开拓系统及生产运行现状	12
2.1.3 提升系统主要简述	14
2.1.4 矿石（废石）的提升运输	15
2.1.5 主要开拓工程及规格	16
2.2 采场运搬与中段运输系统	16
2.2.1 中段运输系统概述	16
2.2.2 运搬与运输设备	17

2.3 供风(压气)系统	18
2.3.1 供风(压气)系统概述	18
2.3.2 供风(压气)系统设备构成	18
2.3.3 供风(压气)系统存在的主要问题	18
2.3.4 供风(压气)系统改进方向	19
2.4 供电系统	19
2.4.1 供电系统概述	19
2.4.2 供电系统完善改进方向	20
2.5 通风系统	22
2.5.1 通风系统沿革综述	22
2.5.2 不同时期通风系统评述	23
2.5.3 通风系统运行参数及工况	26
2.5.4 矿井原岩温度	27
2.5.5 生产作业需风量计算	28
2.6 充填系统	28
2.6.1 充填系统概述	28
2.6.2 充填系统存在的主要问题	29
2.6.3 充填系统改造简介	30
2.7 供排水系统	31
2.7.1 供排水系统简介	31
2.7.2 供排水系统存在问题及改进	33
第3章 采矿方法应用与工艺技术创新实践	34
3.1 井下开采的基本特点	34
3.1.1 累计开采深度大	34
3.1.2 矿体产状复杂	34
3.1.3 深部开采问题典型	34
3.1.4 采矿方法呈现多样性	34
3.2 采矿方法应用概述	34
3.2.1 浅孔留矿法	35
3.2.2 充填采矿法	36
3.2.3 分段凿岩阶段矿房(小分段)采矿法	37
3.3 保安矿柱回收实践	40
3.3.1 问题提出的背景	40
3.3.2 保安柱积压矿量核实	40
3.3.3 回收可行性论证	41
3.3.4 保安矿柱设计及相关问题分析	42
3.3.5 保安矿柱回收的可行性分析	43
3.3.6 竖井保安柱回收的实施	45

3.4 二步矿房开采工艺及改进	46
3.4.1 一步矿房充填体强度标准问题	46
3.4.2 二步矿房开采工艺改进	51
3.5 不同回采工艺组合应用实例	51
3.5.1 留矿法与水平深孔及中深孔工艺相结合实例	51
3.5.2 浅孔留矿采矿法与小分段法相结合	54
3.5.3 中深孔回收矿房边角矿体	54
第4章 残矿资源回收综述	57
4.1 残矿资源概述	57
4.1.1 “残矿”类型与回收概况	57
4.1.2 残矿回收概况	57
4.1.3 残矿保有资源概况与回收条件	58
4.2 残矿资源回收危险源辨识与风险控制	59
4.2.1 “深部作业区残矿”回收危险源辨识	59
4.2.2 “深部作业区残矿”回收风险控制措施	60
4.2.3 “浅部关闭中段残矿”回收危险源辨识	62
4.2.4 “浅部关闭中段残矿”回收风险性数值模拟分析	63
4.2.5 “浅部关闭中段残矿”回收风险控制	66
4.3 “深部作业区残矿”回收工作实践	69
4.3.1 电耙道底部结构矿体回收方法与实践	69
4.3.2 2m 矿层(顶柱)矿体回收方法与实践	75
4.4 “浅部关闭中段残矿”回收工作实践	80
4.4.1 工作准备	80
4.4.2 阶段性成果	83
4.5 残矿资源回收成果与效益分析	83
4.5.1 项目取得的基本成果	83
4.5.2 “深部作业区残矿”回收工艺实现集成创新	84
4.6 效益评价	86
4.6.1 经济效益分析	86
4.6.2 社会效益评价	87
第5章 充填系统改造与科技创新	89
5.1 高效充填制备系统改造综述	89
5.1.1 尾砂浓缩系统	89
5.1.2 河砂充填系统	89
5.1.3 干灰添加系统	91
5.1.4 其他辅助改造	93

5.2	充填系统运行优化与技术创新	93
5.2.1	充填系统网络运行存在的问题	93
5.2.2	实现“全尾”充填	94
5.2.3	系统网络防爆管技术方法	95
5.3	废石充填系统	96
5.3.1	建设废石充填系统的必要性	96
5.3.2	废石系统改造实施过程	98
5.3.3	废石充填系统工艺优化概述	103
5.3.4	废石充填系统的运行与管理	104
5.3.5	运行效果与经济效益	106
5.3.6	存在的问题与改进的方向	107
5.4	充填工艺优化及系统发展展望	108
5.4.1	多物料充填工艺的集成与优化	108
5.4.2	探讨提高尾砂利用率方法	108
5.4.3	探讨井下增建接力充填站的可行性	108
5.4.4	高浓度或膏体充填的可行性研究	108
第6章	通风系统技术进步与科研创新	110
6.1	通风系统存在的主要问题分析	110
6.1.1	系统网络结构不合理	110
6.1.2	系统通风阻力大	110
6.1.3	风量供需矛盾突出	110
6.1.4	系统受自然风压影响大	111
6.1.5	通风系统扩容能力低	111
6.1.6	通风防尘存在较大困难	111
6.2	通风系统技改与科技创新成果	112
6.2.1	通风系统网络优化	112
6.2.2	高溜井多中段卸矿粉尘治理	112
6.2.3	冬季主竖井通风预热与防冻	124
6.2.4	冬季地表小竖井平硐入风的预热方法	127
6.3	系统循环通风应用综述	129
6.3.1	课题研究背景	129
6.3.2	循环通风技术与应用概述	129
6.3.3	循环通风技术在红透山矿的应用	131
6.4	通风系统管理	141
6.4.1	继续完善定时爆破作业管理	141
6.4.2	深入优化通风系统网络	141
6.4.3	重视区域辅扇的应用	141
6.4.4	采空区空调功能的应用与优化	141

第 7 章 矿山地压活动性与灾害预防研究	143
7.1 红透山矿地压研究概述	143
7.1.1 矿岩物理性质与地应力分布状况	143
7.1.2 红透山矿开采地压显现概述	151
7.2 金属矿山岩爆研究概述	153
7.2.1 岩爆研究及岩爆概念	153
7.2.2 岩爆研究现状	154
7.3 红透山矿岩爆活动性与发生规律	155
7.3.1 深部开采与岩爆显现	155
7.3.2 红透山岩爆发生规律及特征认识	159
7.4 红透山深部岩体的岩爆倾向性研究	161
7.4.1 岩爆倾向性判据	161
7.4.2 岩爆倾向性指标的测定	162
7.4.3 红透山矿岩爆倾向性	163
7.5 矿山地压监测基本方法与工程实践	164
7.5.1 声发射监测方法的应用	164
7.5.2 智能声波监测仪的应用试验	167
7.5.3 电磁辐射仪的实验应用	167
7.5.4 电磁法应用研究	168
7.6 深地开采过程实验室及研究工作述评	169
7.6.1 实验室建设背景及概况	169
7.6.2 试验基本过程	170
7.6.3 声发射实时监测系统	171
7.6.4 数字全景钻孔摄像监测	180
7.6.5 钻孔超声单孔波速测试	183
7.6.6 多点位移计与测斜仪联合监测方法	186
7.6.7 深地实验室研究工作小结	192
7.7 高岩爆倾向性岩体灾变控制方法研究	194
7.7.1 控制岩爆灾害的一般方法	194
7.7.2 采矿方法的选择与工艺优化研究	195
7.7.3 高应力集中区支护方法的研究	198
7.7.4 爆破诱发岩爆的控制及卸压开采技术应用	202
第 8 章 微震监测技术及其应用	204
8.1 微震发生机理及监测原理	204
8.1.1 微震机理简介	204
8.1.2 微震监测技术原理	205

8.2 微震监测技术在国内外的应用概述	207
8.2.1 微震监测技术在国外应用	207
8.2.2 微震监测技术在国内应用	208
8.2.3 微震监测技术发展趋势	209
8.3 红透山矿微震监测技术应用与系统建设	210
8.3.1 ESG 微震监测技术初期实验性应用简介	210
8.3.2 长期微震监测系统的构建与应用评述	218
8.3.3 微震监测系统应用成果小结	226
第9章 深部矿床开采接续开拓系统工程评述	230
9.1 工程背景及资源状况	230
9.1.1 工程背景简述	230
9.1.2 保有资源状况	230
9.2 系统工程方案研讨与施工设计	232
9.2.1 方案研讨与工程优化设计	232
9.2.2 主要设计工程简介	236
9.3 设计方案的再次修改与完善	240
9.3.1 设计修改背景及主要变更内容	240
9.3.2 开拓设计方案的创新	248
附录 A	250
附录 B	251

绪 论

中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司（以下简称红透山矿业公司）原名抚顺红透山铜矿，该铜矿的前身是建设于日伪时期的“清原金铜矿”，包括有三个生产坑口（红心坑口、向阳坑口、树基沟）和一个选矿厂（清原选矿厂），因资源枯竭，三个坑口分别于1973年、1992年和1994年闭坑；清原选矿厂随后也处于停产状态。2001年，企业争取到国家独立矿山（选厂）“分立破产”政策，对原“清原金铜矿”的“三坑一选”实施政策性破产关闭，解决了遗留的大量问题。

1958年，现在的红透山坑口开坑，由于有“政治上要红透、技术上要专深”的政治要求，与此同时，矿床出露地表又有大面积的红色铁帽，因此改发现矿床的“葫芦头沟”为现在的“红透山”。由于当时执行的是“三边”（即边探矿、边建设、边生产）政策，因此同期即有生产量。

1962年，配套的选矿厂建成，一直生产至今；1995年7月，冶炼厂建成投产，自此，企业成为了较完整的采、选、冶联合的有色金属矿山企业。

通过公司制改造，企业于1996年并入中国有色矿业集团有限公司，同时更名为中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司，2010年，“红透山坑口”更名为红透山铜锌矿，至此，目前红透山矿业公司的主体单位包括一矿（红透山铜锌矿）、两厂（红选厂、冶炼厂）。

矿区位于辽宁省清原县红透山镇，东距清原县45km，西距抚顺市65km，距离沈阳市120km。矿区交通十分方便，距沈吉线苍石火车站5.5km，距202国道4km，距沈吉线高速公路最近入口约10km。矿区生产生活依托的水系是紧邻的浑河。

统计50余年的生产数据，红透山矿业公司采选系统铜精矿金属含量年产量在1969—1972年曾连续四年超过10000t，近20年，每年稳定在7000~8000t的水平。目前，铜锌矿年生产能力为矿石60万t，公司采选系统铜精矿金属含量为7300t，采选系统锌精矿金属含量为9000t，硫精矿标量20万t。

第1章 矿山地质简介

1.1 矿区成矿与地质概述

1.1.1 “红透山式”矿床及赋矿层位

矿区所处的清原地区太古宙花岗-绿岩地体发育,是国内最早被确定的太古宙绿岩带,地体中以赋存规模不等的块状硫化物铜锌矿床而闻名,在该区域内,以红透山矿床最为古老、规模最大、最为典型,因此被国内多位著名的地质学家命名为“红透山式”矿床。

矿区出露地层主要为太古宙清原群红透山组,成矿物质主要来源于太古宙早期海底火山喷发活动,大约在26亿~28亿年前的新太古代时期,古陆的漂移引起洋壳俯冲于岛弧之下,在大洋与岛弧过渡部位的优地槽裂谷盆地中,产生了强烈的海底火山喷发,形成了主要由镁铁质-长英质火山岩组成的双峰式火山岩石组合,构成了赋存有块状硫化物铜锌矿床的清原绿岩带。火山喷发-沉积作用具有明显的旋回性,至少经历了三个大的旋回,九个亚旋回。火山喷发所形成的流体与海水混合作用对金属硫化物的沉积和堆积成矿发挥着重要作用。并在成岩过程中与各类火山物质及其他陆源碎屑物共同沉积形成铜锌矿床的初始矿源层。

25亿~28亿年前,海底中基性火山喷发作用和火山沉积作用形成的“薄层互层带”,经区域变质、变形作用。变形作用主要以塑性变形作用为主,可分为两期(见图1-1)。第一期变形使绿岩及矿体转变为紧闭褶曲构造;第二期变形更为强烈,矿物质从矿源层岩石中熔融分异、迁移、富集,在薄层互层带强烈变形地段堆积成矿,后期又经区域混合岩(花岗岩)化、改造、叠加、富集,致使块状硫化物矿体向叠加褶皱产生的低压区发生大规模的物理迁移,即出现“变质物理重就位”现象。

红透山式铜(锌)矿床多产出于红透山组上部薄层互层带中。岩层呈长条状产出,稳定延长数十千米。红透山、树基沟、红旗山、张胡沟铜(锌)矿床,大荒沟含铜锌黄铁矿床,龙王庙层状浸染型铜(金)矿床均赋存于这套以薄层互层带为标志的含矿岩系中。一般情况下,铜(锌、金)矿体与地层产状一致,彼此呈整合产出,层控特征明显,红透山组含矿岩系不仅是红透山式铜(锌)矿床的矿源层,同时也是其赋矿层位。

1.1.2 控矿构造

矿床产于红透山向斜构造核部,受倾竖向斜构造和北东东向断裂带与层间裂隙控制。两翼由厚层黑云片麻岩组成,核部被“薄层互层带”占据。其北翼岩层走向近北东,倾向南东,倾角 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$;南翼岩层走向近东西,倾向南,倾角约 70° 。向斜轴向呈北东东向,

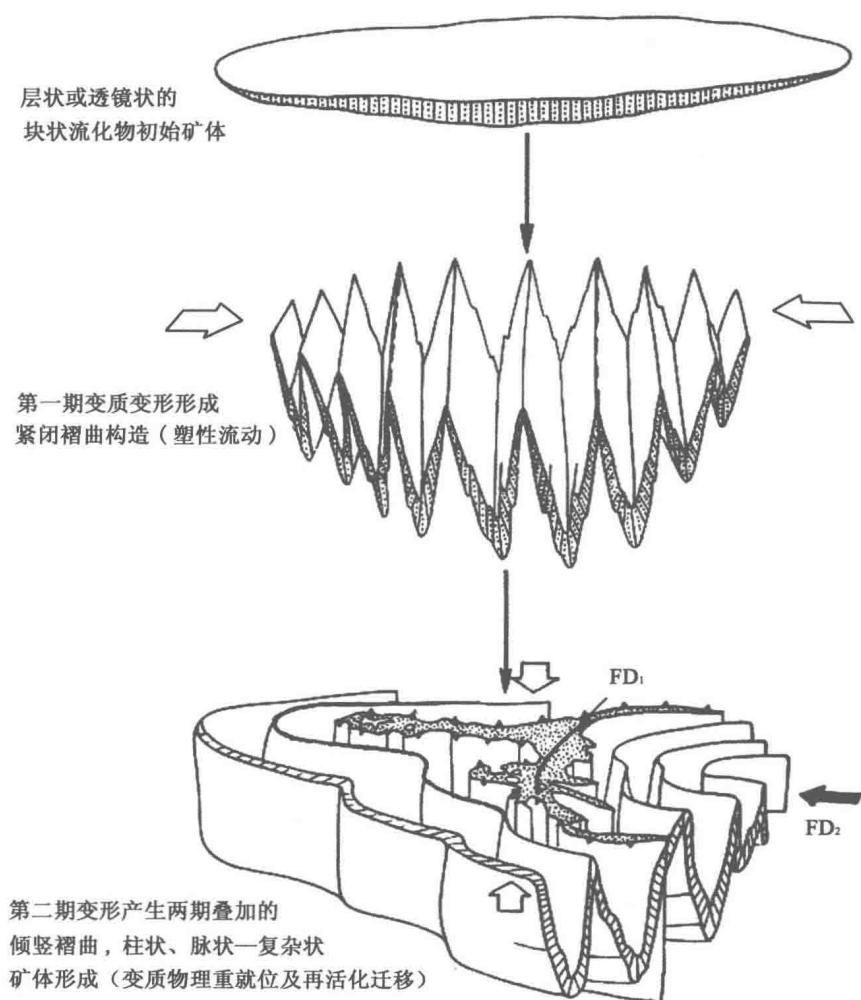


图 1-1 红透山矿体变质变形模式图

轴面南倾，倾角 80° 左右，向南东侧伏。

1.1.3 岩浆岩成矿作用

矿区岩浆岩发育，岩性为英云闪长岩、钠长伟晶岩、橄榄（辉长）岩、玄武岩、辉绿岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、煌斑岩及奥长花岗岩等。英云闪长岩分布面积广泛，绿岩地体呈岛弧状残留其内。钠长伟晶岩集中分布在矿体附近，具矿化现象。两期岩浆热液活动发生于早、中太古代区域褶皱变形时期，是铜、锌元素富集成矿的主要热源条件。

1.1.4 “红透山式”铜锌矿床成因概述

自 20 世纪 50 年代发现红透山矿床以来，在不同的阶段，对其成因有不同的认识，主要的观点有以下几种。

60 年代：主要有“超变质热液矿床说”、岩浆期后有“热液矿床说”和“混合岩化热液矿床说”。

70 年代：“沉积变质说”一度成为主流观点，该学说认为成矿的机理是“火山—沉积