

全国第一届镍钴学术会议

論文集

(第一册：矿山)

中国有色金属学会
金川资源综合利用技术开发中心

100
20
1

编 者 的 话

在中国有色金属工业总公司领导同志的提议和关怀下,全国第一届镍钴学术会议经一年多的征文和筹备工作,得到了镍钴行业广泛的支持和响应,到一九八七年三月底收到学术会议论文共105篇,其中地质、采矿23篇,选矿20篇,冶金56篇,工艺矿物学、分析5篇,其他1篇。由于文章数量较大,经金川公司和北京矿冶研究总院学术部门组织进行了审查,并决定,为较全面反映我国十几年来在镍钴生产和科研、设计等方面取得的丰硕成果,从征文中选出94篇编辑印刷《全国第一届镍钴学术会议论文集》。共分两册,第一册为“矿山”,第二册为“冶金”。由于文章数量大,字数多,加上印刷条件以及其他方面因素,决定:(1)在保留文章基本内容和观点前提下,编辑中篇幅适当予以缩减;(2)所有照相图和参考文献去掉,凡文章已叙述或表格已说明的部分插图也去掉。

参加论文审查工作的同志有:金铭良、林青、陈刚、刘振华、陆述贤、李昌福、徐传华等。

参加《文集》编辑工作的同志有:李书田、赵万来、肖俗民、黄迪恭、徐传华。

本《文集》责任编辑徐传华。

由于编辑人员少、时间很匆促以及编者水平有限,《文集》一定会有不少错误,请予批评指正。

编者 1987年10月 1998

全国第一届镍钴学术会议论文集

目 录

(第一册: 矿山)

金川有色金属公司的镍矿开发.....	(1)
--------------------	-------

矿 产 地 质

钻孔岩芯编录的一种新方法.....	(7)
硫化镍矿成矿地质环境及找矿勘探方向.....	(11)
金川矿区的应力状态与矿山开发.....	(22)
金川二矿区碎裂岩体的地质力学研究.....	(28)
金川二矿区岩石工艺类型划分的初步研究.....	(34)
金川二矿区特富矿地质特征及物质组成的研究.....	(38)

采 矿

金川矿地下巷道工程特征.....	(45)
金川二矿区不良岩层的地区特征及井巷维护.....	(50)
喷锚支护在二矿区的应用.....	(57)
断层残余应力和巷道变形.....	(61)
溜矿井护壁.....	(64)
下向分层胶结充填采矿法.....	(72)
金川龙首矿1460米中段上向采区岩体结构类型及稳定性探讨.....	(80)
静态和动态条件下的充填体力学试验.....	(86)
采矿胶结充填料对金川硫化镍矿物可浮性的影响及消除.....	(90)
大型矿山管道输送充填系统自动检控技术的综合分析与实践.....	(102)
金川二矿区机械化上向进路胶结充填采矿法.....	(117)
金川二矿区1、2号试验盘区巷道稳定性分析.....	(126)
付家矿边坡破坏成因及综合治理.....	(132)
露天采矿中的损失与贫化分析.....	(136)
VCR采矿方法在不稳固矿岩条件下的成功试验.....	(139)
金川露天矿砂砾岩层边坡稳定性的分析.....	(152)

选 矿

镍选矿技术进展评述.....	(157)
----------------	---------

金川硫化铜镍矿床的四方硫铁矿及其与墨铜矿的区别·····	(169)
镍黄铁矿与黄铜矿的一种特殊结构·····	(172)
贫镍矿矿泥与水溶性盐对浮选过程的影响及排除方案的探讨·····	(176)
论金川选厂硫化镍矿工艺矿物学特征及提高精矿品位的途径·····	(184)
金川二期工程选矿工艺流程的研究·····	(188)
正丁基铵黑药的应用·····	(194)
弱酸性介质浮选贫镍矿·····	(198)
硫化镍矿中性介质浮选新工艺研究及工业实践·····	(203)
用酸法浮选提高金川资源综合利用率·····	(209)
提高金川镍精矿质量的研究·····	(217)
金川二矿区1200中段富矿石选矿工艺的研究·····	(223)
微型机在选矿给药中的应用·····	(227)
硫化铜镍矿石分离浮选研究与生产·····	(232)
金川二矿区镍黄铁矿浮选特性研究·····	(240)
金川二矿区含镁脉石矿物对镍黄铁矿浮选的影响·····	(249)
论金川含镍磁黄铁矿的浮选行为·····	(257)
高冰镍磨浮—磁选分离的研究及生产实践·····	(266)
高冰镍分选的研究·····	(273)

金川有色金属公司的镍矿开发

金川有色金属公司

金铭良

金川公司是我国最大的镍采、选、冶联合企业，产量占全国百分之八十五至九十，同时也是全国最大的钴铂族元素的出产基地，钴产量约占全国百分之五十。

金川镍矿自从1958年群众报矿、甘肃省第六地质队查证后，1959年就开始设计、建设工作，到1964年已初具生产规模。经过二十多年来的建设、生产技术改造，矿山年产量达200万吨以上，冶炼电解镍20000吨以上。

金川公司位于甘肃省金昌市境内，厂区有19公里铁路线与兰新线的河西堡车站相通；公路与兰新公路上的河（河西堡）雅（雅布赖）公路连接，交通十分方便。水源来自金川峡水库（库容6500万立方米）和皇城水库（库容8000万立方米）；电来自永昌火力发电厂和刘家峡水电站。具有优越的基建、生产条件。

金川矿区（参阅图1）总长约6.5公里，宽500米，从西向东划分三、一、二、四共四个矿区，矿石储量5亿多吨，其中以二矿区储量最大，占整个矿区镍金属储量的75.2%。品位也最高，含镍2%以上的富矿占二矿区镍储量的76%，其中在东部采区有平均含镍品位6%的特富矿50多万吨。

矿体生成于超基性岩体的中下部，形状为似层状、透镜状，在富矿的上、下盘有贫矿包裹。一、三矿区的矿体出露地表，上部有氧化富矿和氧化贫矿带覆盖；二、四矿区为深部盲矿区，在地表200~300米以下。矿体围岩为前震旦系的深变质岩系，经地质强烈构造运动，因而岩石破碎、断层多、地压大，工程地质条件复杂。一般岩石条件上盘比下盘好，矿体比围岩好，富矿比贫矿好。

一矿区包括一个露天矿和地下矿（龙复矿），二矿区有三个部分：一号矿体西部采区；二号矿体东一采（F₁以西部分）；二号矿体东二采（F₁以东部分），目前已开发西部采区和东一采区。三、四矿区由于地质储量中绝大部分为贫矿，埋藏又较深，所以暂时还不能开发。另外还有一些超基性岩体尚待勘探。

一、露天矿

位于一矿区西端贫矿体，矿体水平厚度50—120米，平均80米，采场上部长1260米，宽600米，从堑沟口到采场底部168米，阶段高12米（见图2）。

露天矿分成老采场和扩大的东部采场。该矿采用32吨上海牌卡车和火车运输，4立方米电铲装矿、岩，钢绳冲击钻钻孔。

采场二十年来按设计要求完成采出矿量2545万吨，矿石含镍量12.6万吨，老采场生产剥采比4.6:1，贫化率3.88%，损失率3.32%，到1986年10月完全开采结束。

采场上、下盘围岩特别破碎，下盘更甚。采场西端为第四纪戈壁砂砾层，比较稳定。东端以矿体为主，也比较稳定。为了保证采场开采安全，进行了几次削坡减荷，原

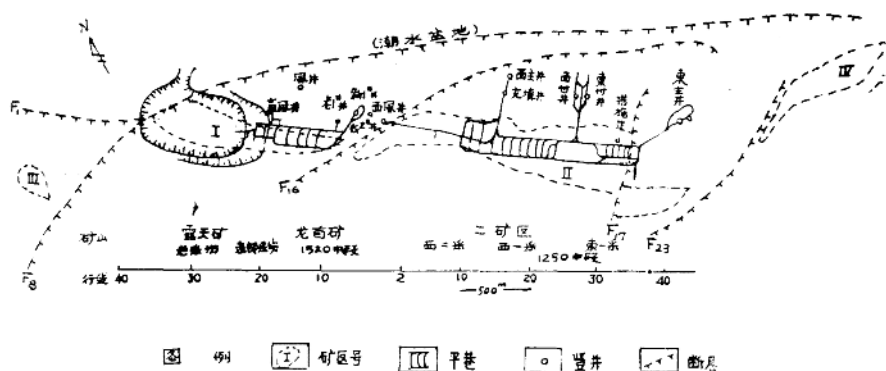


图 1 金川矿区位置图

设计边坡角上盘 $41^{\circ} \sim 44^{\circ}$ ，下盘 $36^{\circ} \sim 38^{\circ}$ ，实际为上盘 $33^{\circ} \sim 42^{\circ}$ ，下盘 $29^{\circ} \sim 33^{\circ}$ ，从1969年以来，边坡近二分之一地段先后发生了变形和破坏，既有滑坡也有坍塌。在上盘西部和下盘中部为“倾斜滑坡区”，在上盘中部为滑移坍塌区。这种大规模“倾斜式”变形的规律是：水平位移大于沉降。通过观测获得平均位移速度见表1。

表 1 露天矿老采场边坡位移速度表

区域号	位移地点	水平移动(毫米/日)	沉降速度(毫米/日)
I 区	上盘区西段	1.44~30	1.1~33.6
II 区	上盘区中段	3.16~13.6	0.29~6.8
III 区	下盘区	2.45~33.2	0.15~10.5

露天矿东部采场为老采场的东部扩大部分，原属龙首矿井下贫矿区。由于分段崩落法损失率高达32%，因而改为露天开采。东部边坡以下三角矿柱矿量为龙首矿用下向倾斜分层胶结充填采矿法回采，达到露天与井下同时回采。

东部采场垂直采高156米，平均剥采比 $6.81(\text{米}^3/\text{米}^3)$ ，生产剥采比 $3.87(\text{米}^3/\text{米}^3)$ ，阶段高10~12米，生产能力70~90(万吨/年)，可采地质储量800万吨。1676平台以上五个平台的剥离采用火车运输，以下全用32吨卡车运输。预计于1991年开采结束。

二、龙首矿

主要开采一矿区东段富矿体和部分贫矿体，富矿体平均厚30~40米，长350米。(见图3。除1460中段以上的10~12行盲矿体比较稳固外，其余区段的矿、岩条件都比较差。生产能力1200(吨/日)左右。

开拓系统采用罐笼竖井(新1*竖井)为主井，井净径5.5米，5*双罐双层，钢轨罐道，中段高60米。老1*竖井为副井，作提升磨石用。1520中段以上三个中段(180米高)

的矿量已基本采完，目前正在1460中段回采，亦将很快结束，二十多年来至1986年末共采出矿石680.5万吨，含镍量97000吨。

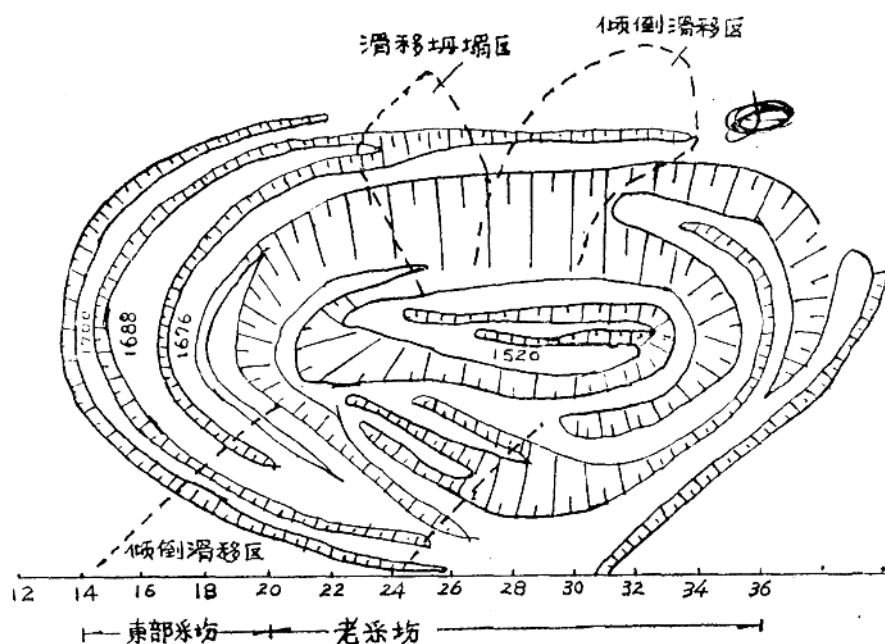


图 2 露天矿采场倾倒滑移位置图

该矿原设计为分层崩落法，1965年开始首先使用上向分层胶结充填采矿法。曾采用人工捣矿、电耙耙矿、ZYQ—12G和ZYQ—14装岩机出矿和LF-4.1铲运机(斗容2米³)出矿。采场按垂直矿体布置，宽5米，生产能力50~70(吨/日)。六十年代末及七十年代初曾广泛应用过留矿法嗣后一次充填，虽然采场生产能力提高一倍，但是由于下盘矿石损失大，大量放矿后有许多采场不能控制上盘围岩的冒落，因而不得不行止使用留矿法嗣后一次充填法，改为使用上向分层充填法。

在富矿区的12~17行(1520中段)，矿岩结构特别破碎，无法使用上向分层充填法回采。1973年开始试验下向倾斜分层胶结充填法，以后逐步推广使用在250米长的矿体。有效地保证了开采的安全。采场宽25米，长30米左右，回采分层高2.5米，分层倾斜角度8~12°，采用电耙出矿，采场能力平均为58(吨/日)。在下向倾斜分层胶结充填法的基础上，1980年试验了高进路下向倾斜分层胶结充填法，并在1984年逐步推广了该法。进路高度由2.5米提高到4米，采场生产能力提高到94.3(吨/日)。目前全矿使用该法回采矿石量占90%以上。

龙首矿充填系统是从1965年开始由简单到完善逐步发展起来的，充填料一直是采用粗骨料。曾采用地表搅拌混凝土直接放入采场和井下混凝土泵20~40(米³/小时)输送方式，后来发展成地表水泥浆搅拌站、砂石仓、井下搅拌站、电耙耙混凝土系统。戈壁砂石粒度由<70毫米降为<25毫米砂石，由于水泥消耗量增加和涨价，充填成本也

随之增大,达到每立方米充填成本为43.2元。

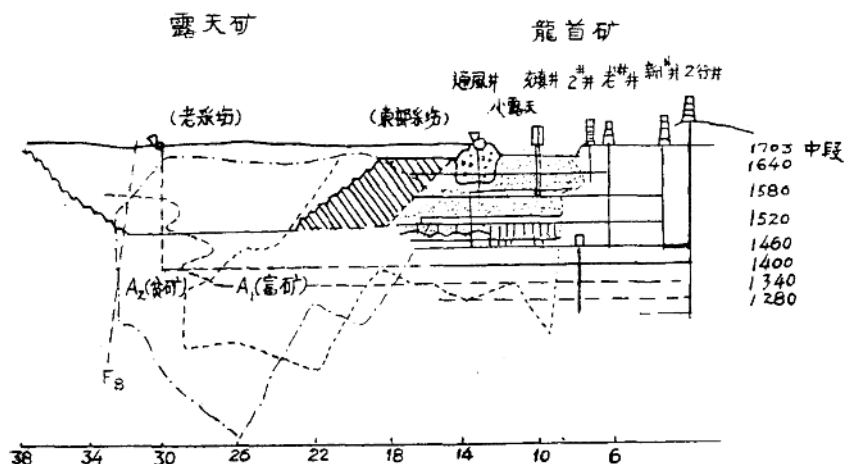


图 3 金川公司一矿区纵投影图

三、二矿区

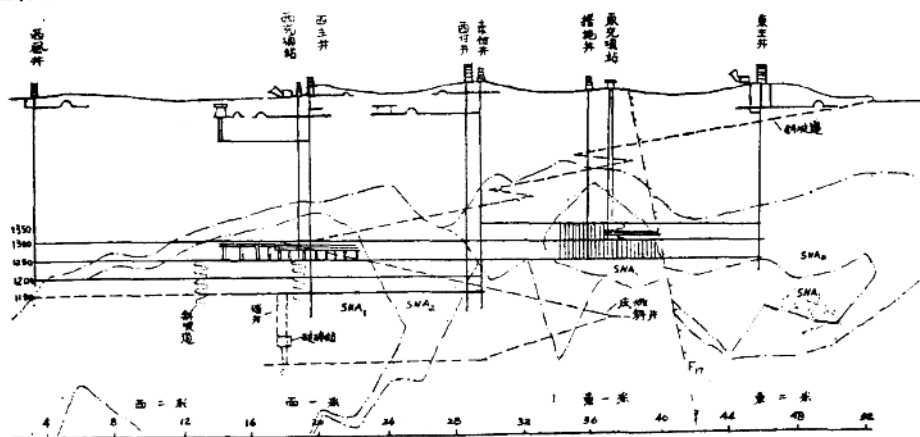
二矿区的矿体分布在长3000米的范围内,从地表以下250~300米为贫矿、300~350米以下出现富矿,矿体埋深1000米以上(见图4)。富矿被贫矿体包裹,矿岩抗压强度为:特富矿950~1500(公斤/厘米²);富矿780~1370(公斤/厘米²);贫矿816~1250(公斤/厘米²);大理岩990~1130(公斤/厘米²);混合岩1421(公斤/厘米²)。西部的富矿和贫矿管理都比较发育;东部特富矿岩性比较致密、稳固,富矿也比较稳固。因而在西部一号矿体采用下向分层胶结充填采矿法,在东部二号矿体采用上向分层胶结充填采矿法和V.C.R.法。东、西部生产能力各1500(吨/日),出矿镍品位约1.9%,全矿年产矿石90~10.0万吨,产量占全公司三分之二,是我公司主力矿山。

由于二矿区矿体具有深、大、富、碎的特点,开拓系统采用竖井开拓。现已下掘470~660米深竖井七条。开拓五个中段,中段高50米。工程建设分二期进行:第一期生产能力3000(吨/日),1250中段以上至1300中段、1350中段,1250中段为主运输中段,采用4立方米侧卸式矿车、14吨架线式电机车运到东部破碎站(一台600×900毫米颚式破碎机),再经18吨单箕斗东主井提升到地表。生产竖井4条(东主井、36行措施井、30行东副井、16行西部充填井);1983年正式投产,已采出矿石近300万吨。第二期工程8000(吨/日),1000中段至1250中段,包括1050中段、1150中段、1200中段。主运输中段为1150中两和1000中段,设计采用25吨井下卡车运矿。通过矿石溜井至井下破碎站,再经皮带、西主井双箕斗提升至地表。目前正在建设,预计1990年后投产。

矿山充填系统在东部充填站有二个系统,西部充填站有五个系统,每个系统有60~80(米³/小时)充填能力。充填料采用砂磨厂生产的-3毫米棒磨砂和425~525号硅酸盐水泥。充填采用Φ100毫米充填管、78~80%重量浓度。由于充填成本较高,正考虑采用

为了使二矿区这样一个国内大型矿山形成现代化矿山，曾多次组织矿山领导干部、技术人员到国内外进行考察，同时在国家科委、中国有色金属工业总公司的领导下，在岩石力学、巷道支变、采矿方法、充填工艺、天井钻进等方面进行了长期的科研工作，总结出了一套工作方法。尤其是近二年与瑞典波立登公司、吕律欧大学、阿特拉斯公司签订了采矿合作协议，进行了东部矿体的上向机械化进路式充填采矿法、西部矿体的下向机械化分层充填采矿法的试验。同时从瑞典、西德引进成套的H127电动液压台车、LF4.1型2立米电动和柴油铲运机、PT-45装药车和材料车、小型DOP15N风动隔膜泵、膨胀式锚杆、12吨下卡车等，培训了一批使用机械化设备的工程技术人员、操作和维修工人。

金川有色金属公司由于开展了资源综合利用，组织了全国许多科研单位和我们一道，加速了科学研究工作，突破了许多矿山老大难问题。近几年来矿山产量达到230(万吨/年)左右，含镍金属27300吨，确保年产电镍2万吨以上。为了使公司生产稳步上升，在“七五”期间确定的总目标是：“改造一期，扩建二期，发展金川经验，建成国家一级企业，力争在一九九〇年左右形成四万吨镍的综合生产能力。”为了达到以上目标，首先是搞好金川矿区的开发，确保现有矿山能力的衔接，再进一步增加矿山能力，同时促进矿山生产现代化，降低矿山开采成本、增加经济效益，主要从以下几个方面去做工作。



1. 开发一矿区深部, 确保出产的衔接。由于龙首矿的1460中段以上储量即将回采结束, 露天矿东部采场也将在1990年回采结束, 为了确保生产衔接, 近几年采取了一系列措施加速了1400中段至1220中段四个中段的开拓工作, 可采储量近800万吨, 变计能

力将从1200(吨/日)提高到1500(吨/日)同时对露天矿深部800万吨富矿正考虑开发工作,初步订为1000(吨/日)能力,采用25吨卡车从井下(1400中段和1340中段)运至地表,采矿方法用下向分层胶结充填法,建成后在“八五”期间一矿区井下生产能力将由1200(吨/日)提高到2500(吨/日),为全公司提供矿石含镍量约13000吨。

2. 改造二矿区,充分挖掘潜力。二矿区是全川公司主力矿山,为了使该矿持续达到和超过设计能力,从1987年开始全面改造矿山:扩大新采区三处;提高机械化回采水平;试验扩大新采矿方法。

在没有完成二期基建工程之前,充分利用设计范围之外的250万吨地质储量,开辟了:东部矿体1250中段以上端部;东部矿体1250中段以下尖灭部分;西部1300中段以上端部的三个采区,能形成约1500(吨/日)的生产能力,非但能接替可能减少的能力,而且可使二矿区的生产能力从年产100万吨提高到120万吨。

同时对现有的下向分层胶结充填法采用的电耙出矿方式改造成为铲运机出矿方式,这样才能使二矿区回采作业逐步走上机械化,达到增产不增人,提高矿山工人劳动生产率。

与国内、外各科研单位共同合作试验了上向机械化进路式胶结充填采矿法、下向机械化分层胶结充填采矿法、在不良矿岩条件下的V.C.R法、空场法嗣后一次充填,以寻求适合金川矿区矿岩条件下的采矿方法。

3. 扩建二矿区、产量翻一番,真正形成现代化矿山。

经国家正式批准,从1986年正式开始二期扩建二矿区,设计能力由3000(吨/日)提高到8000(吨/日),年产矿石264万吨。初步设计由北京有色冶金设计研究总院与瑞典波立顿公司合作进行,建成后将成为我国有色金属中最现代化的井下矿山之一,完成二期矿山建设后再建设F₁以东的矿区。

建成后回采作业将采用液压凿岩台车、装药卡车、6米³铲运机、锚杆台车、撬毛机等,溜井下运矿采用25~30吨井下卡车,采矿方法为下向机械化分层胶结充填法,分层高4米,每个盘区产量1000(吨/日),10个盘区工作其中2个备用。掘进采用湿式喷射混凝土车、锚杆车、混凝土输送车和泵的支护机械化,凿岩用电动液压台车、出渣用铲运机、井下卡车等成套设备。

矿石经过旋迴破碎机碎矿后通过三条长皮带(宽1.2米),到达西主井,这是一个自动化程度很高的箕斗多绳卷扬机,专门提升矿石。

矿山管理工作采用:无线电控制主要无轨设备工作情况;电视控制主要生产设备运转情况;计算机控制提升设备、充填设备、岩石力学变化、通风设施等关键岗位。通过以上现代化设备作业和管理,全员劳动生产率将达到10(吨/日)。

金川公司通过以上一系列措施来改造、扩建矿山,到1990年左右将出现新的局面,同时进行选、冶厂的改扩建后,电镍产量将由“六五”的年产二万吨,在“七五”期间逐步过渡到“八五”的年产四万吨镍。

钻孔岩芯编录的一种新方法

金川有色金属公司镍钴研究所岩石力学研究室 包四根 张志林

钻探岩芯编录工作是收集野外地质资料的重要手段,是对岩石性质一种较为系统的详细的叙述。通过岩芯编录,可以了解岩体质量以及岩石的物质组成、结构构造和岩相变化。为了更好地做好这一工作,我们在中瑞技术合作岩石力学工作中,以传统的岩芯编录方法为基础,应用岩石质量系统的岩体分类新理论,对岩芯进行了岩体质量(Q值)评价,并进行了以岩芯的完整性和节理特征为重点的详细的地质素描。

一、岩石质量系统的岩体分类方法

1975年Broton、Lien和Londe提出了Q—系统的岩体分类方法。它综合了岩体的六个力学参数,能够定量计算岩体质量。

计算公式:

$$Q = (RQD/J_n) \times (J_r/J_s) \times (J_w/SRF) \dots\dots (1)$$

其中: RQD岩石质量的描述(节理频率);

$$RQD = 100 \times \frac{\text{大于10厘米的岩芯或岩块的长度}}{\text{钻孔的长度或整体的长度}} \dots\dots (2)$$

L_n —节理的组数系数;

L_r —节理的粗糙度数;

L_s —节理的蜕化系数;

SRF—应力减系数。

岩体的六个力学参数可以从表1查到。

岩石质量也可归纳为下面3个商数:

1. RQD/J_n : 岩块的相对大小,由岩体结构来描述。它决定于结构面的发育程度(节理组数)和岩块的块度大小。
 2. J_r/J_s : 岩块之间的剪切强度。它取决于节理面的特征。与节理的光滑程度和节理面的充填物发育程度有关。
 3. J_w/SRF : 活动应力。它描述围绕巷道的活动应力,取决于岩体中水的流量和应力条件。在高压下,水的存在可以降低节理中的应力,同时可以把节理中的粘土充填物冲刷出来。
- Q值是表示岩体质量的参数,用以描述岩体的稳定性。Q值越高,岩体的稳定性越好。

表 1

RQD、J_n、J_r、J_a、J_w和SRF参数的论述和平价

1: 岩性标准 A: 很坏 B: 坏 C: 一般 D: 好 E: 极好	RQD 0—25 25—50 50—75 75—90 90—100	4: 节理蜕化变质系数 节理壁直接接触 A: 紧密闭合、坚硬、未软化、不透水 充填物 B: 未蜕化的节理壁面上仅有污染 C: 轻微蜕化的节理壁, 无软化矿物 膜, 砂质, 粘土 D: 粉砂质或砂质粘土膜, 少量粘土 (未软化) E: 有软化或低摩擦粘土矿物膜, 即 高岭土, 云母绿泥石、滑石、石膏以 及少量膨胀粘土(但但)	J _r 0.75 1.0 2.0 3.0 4.0
2: 节理组数 A: 块状、无或很少节理 B: 一组节理 C: 一组节理加些任意节理 D: 二组节理 E: 二组节理加任意节理 F: 三组节理 G: 三组节理加些任意节理 H: 四组以上节理, 任意强 裂开	J _n 0.5—1.0 2 3 4 6 9 12 15	5: 节理水的折减因素 A: 干燥状态下开挖或很少水流、局 部为5(升/分) B: 中等水流或水压间, 或能冲走节 理充填物 C: 大水流或高压水, 无充填的中坚 硬岩石 D: 大水流或高压水, 大量冲击节理 充填物 E: 特大水流或暴发型水压随时间而 衰退 F: 特大水流或水压连续衰退不明显	J _w 1.0 0.66 0.50 0.33 0.2—0.1 0.1—0.05
3: 节理粗糙度数 小于厘米剪切的节理壁直接接触 A: 不连续节理 B: 粗糙或不规则, 波状起伏 C: 平滑, 波状起伏 D: 擦痕面波状起伏 E: 粗糙或不规则、平面状 F: 平滑, 平向伏 G: 镜面、面伏	J _a 4 3 2 1.5 1.5 1.0 0.5	6: 应力折减因素 坚强岩体中应力问题 A: 低应力, 接近表层 B: 中应力 C: 高应力, 节构紧密 D: 中等岩爆(块状岩石) M: 严重岩爆(块状岩石)	SRF 2.5 1.0 0.5—2.0 5—10 10—20

二、钻孔岩芯编录新方法

在中瑞技术合作中, 对从安装伸长仪的钻孔中取出的岩芯进行了地质编录, 计算了岩芯的RQD值。并估算了岩体的六个力学参数及岩体质量(Q值)。同时对岩芯进行了详细地质素描。岩芯编录大致分为二个步骤:

(一) 钻进时岩芯的现场编录

主要是对钻孔的位置、钻机的钻进情况、岩芯的岩性、结构构造、采取情况等逐项进行了记述。详细步骤如下：

1. 量测钻孔的位置、方位和倾角；
2. 按钻进的回次顺序，把岩芯依次编码、装箱。在岩芯卡片上记录：钻进回次，进尺，孔深、岩芯长度及残留；
3. 根据岩芯产状（形态、长度、节理特征）按一定的比例进行地质素描；
4. 岩芯的岩性描述：包括物质组成结构构造、节理特征等；
5. 估价岩体的力学参数： J_r 、 J_n 、 J_w 、 J_s 和SRF；
6. 据节理的发育程度：按（2）式计算RQD值。

这一步是编录的关键，编录时要详细地数出岩芯的节理组数，细心观察节理的粗糙程度以及节理面充填物的发育程度。同时考虑钻孔周围的地质特征，水流情况和岩爆程度。

在估算岩石质量指标RQD时，岩芯的直径一般不小于40~50厘米；要用双岩芯管采取，以避免岩芯的机械破碎，保证岩芯的完整性。有助于正确估价节理的发育程度。还要区分岩体的原生节理面与岩芯的机械破碎面。后者不规则，呈齿状，断面粗糙，新鲜，基本垂直孔壁，无充填物。原生节理面：规则，波状起伏，面多具有擦痕或光滑，有不同厚度的填物。

(二) 室内资料整理和钻孔柱状图的编制

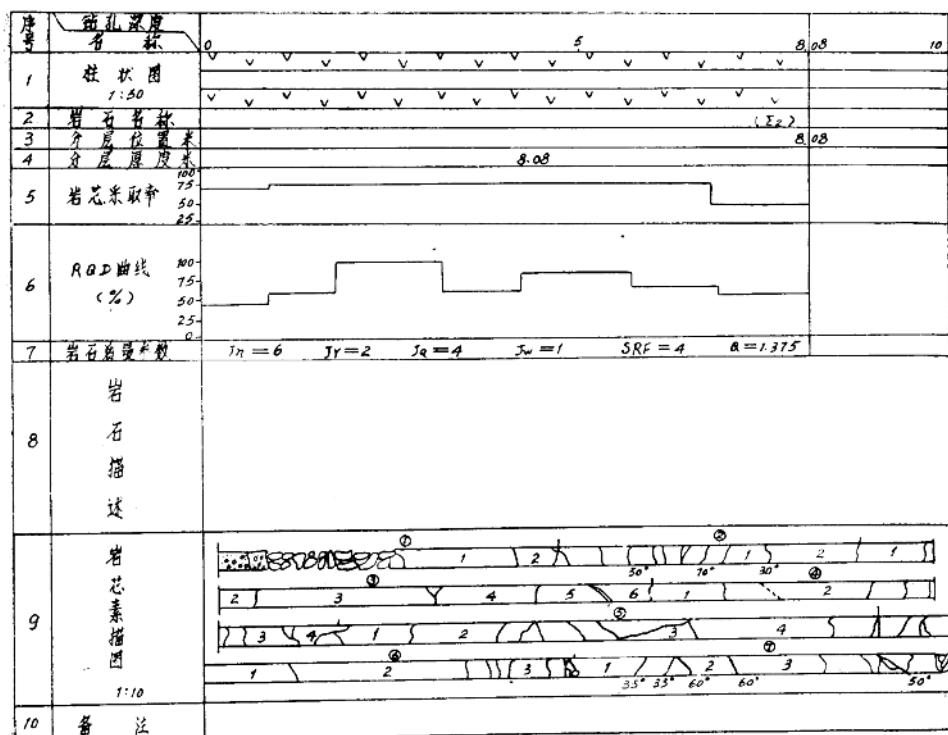
为了清楚、全面地了解岩芯的地质特征和岩体特征，必须对岩芯的原始编录资料进行整理，综合分析，并编制钻孔工程地质柱状图（附图）。

1. 整理原始资料。把钻孔的相当孔深换算成综合孔深，计算岩芯的采取率：

$$\text{采取率} = \frac{\text{每回次岩芯的长度}}{\text{每回次钻进深度}}$$

2. 根据岩芯的岩相变化，按一定比例绘制钻孔综合柱状图。计算岩石的分层位置和分层厚度。估价各岩种的六个力学参数，并计算其Q值；

3. 绘制采取率和RQD值的曲线；
4. 用岩体的六个力学参数计算岩体质量（Q值）；
5. 对各岩种进行岩性描述；
6. 按一定比例绘制岩芯素描图；
7. 注明钻孔编号、开孔和终孔日期，钻孔位置、坐标、方位、倾角；
8. 最后写上图名、图例。



金川二矿区1300中段38⁺4⁰行线CEⅡ-1号钻孔地质柱状图

硫化镍矿成矿地质环境及 找矿勘探方向

金川镍钴研究所 金在森

一、世界硫化镍矿床的分布

大量开采利用硫化镍矿产资源是在本世纪初,但对硫化镍矿产资源的统计却众说纷纭,出入十分悬殊。澳大利亚西部矿业公司罗斯和特拉维斯根据世界各地有可靠地资料的140多个矿床统计,全世界1900年以来探明的硫化镍矿床中共有镍金属储量8409.98万吨,其中矿石平均含镍 $\geq 0.8\%$ 的镍金属储量3113.87万吨,含镍 $< 0.8\%$ 的5296.11万吨;经开采至1980年止,含镍 $\geq 0.8\%$ 的镍金属储量2093.99万吨,含镍 $< 0.8\%$ 的金属量5161.30万吨。主要分布于表1所列的国家及地区,其分布范围十分狭窄。

(一) 加拿大

加拿大的镍矿资源均为硫化镍矿,十九世纪九十年代在对德贝里地区发现了巨大的硫化铜镍矿床,并开始从硫化镍矿石中大量提取镍金属。1900年以来,加拿大探明的镍金属储量含镍 $\geq 0.8\%$ 以上者占世界总量一半以上。至1980年已采出817.87万吨镍金属。无论镍金属储量、开采量及金属产量一直居世界之冠。加拿大的硫化镍矿床主要分布于四个矿区或矿带:

1. 萨德贝里镍矿区。

萨德贝里镍矿区位于安大略省东南部,是一个长59公里、宽27公里的椭圆形盆地。沿盆地外缘分布有40多个镍矿床。萨德贝里矿区是世界最大的镍产地,共有镍金属储量1250万吨。1900年以来共采出690万吨镍金属,到1980年尚有560万吨镍金属的储量,矿石平均含镍1.6%。

2. 曼尼托巴林湖-汤普森镍矿带。

曼尼托巴镍矿带包括曼尼托巴省西部边境的林湖镍矿床及其西南225公里的汤普森矿山所在的墨克湖-希汀湖地区。林湖矿床的镍金属储量24万吨,平均含镍0.84%。汤普森及附近的邵勃、伯奇特里、派帕湖等矿床共有镍金属储量242万吨,已经采出约92万吨。平均含镍1.8%。

3. 阿比蒂比镍矿带。

阿比蒂比镍矿带包括安大略省萨德贝里北241公里的阿力克索镍矿床、魁北克省西部阿比蒂比地区的马桥马尼桥、朗谬、洛雷因等十多个镍矿床,各矿床的镍金属储量一般为数万吨。

4. 史密斯角-威克哈姆湾镍矿带。

位于魁北克省北部翁加瓦半岛的端部,由长约56公里的一系列透镜状蛇纹岩中的铜镍矿体组成。翁加瓦半岛镍矿带四个矿床共有镍金属储量37.56万吨,矿石平均含镍

表 1

世界硫化镍金属资源分布

国家或地区	矿区或矿床 (个)	原 有 镍 金 属		至 1980 年 的 镍 金 属	
		储 量 (万吨)	占 比 例 %	储 量 (万吨)	占 比 例 %
含Ni	≥0.8%				
加 拿 大	25*	1636.95	52.57	809.32	38.65
中 国	1	545.00	17.50	533.00	25.45
苏 联	5*	462.85	14.86	360.00	17.19
澳大利亚	(56)	362.95	11.66	307.04	14.66
南部非洲	10	93.50	3.00	73.20	3.49
美 国	4	9.35	0.30	9.35	0.46
北 欧	9	3.27	0.11	2.08	0.10
合 计		3113.87	100.00	2093.99	1000.00
	<0.8%				
加 拿 大	7	363.05	6.26	362.70	7.30
苏 联	2	116.28	2.20	30.00	0.58
澳大利亚	(共56)	494.50	9.34	494.50	9.58
南部非洲	7	2910.60	25.69	2871.79	55.64
美 国	6	1360.58	54.95	1360.58	26.36
北 欧	11	51.10	0.96	41.73	0.31
合 计	(共143)	5296.11	100.00	5161.30	100.00

注：原统计中还包括缅甸<0.8%Ni的镍金属75000吨；中国另有60万吨镍金属无矿床资料。

表中加拿大萨德贝里、苏联贝辰加、芒切哥尔斯占均按一个矿区统计，其余按矿床统计。

2.6%。

除上述而外，还有曼尼托巴省东南部与安大略省相邻的高尔顿湖镍矿床及不列颠哥伦比亚省西南角吉安特-马斯科特镍矿床，规模均不大，前者镍金属储量1.73万吨，后者2.87万吨，且已采掘殆尽。

(二) 中国

甘肃金川硫化镍矿金属储量545万吨，矿石平均含镍1.06%，镍金属储量占罗斯等人统计的全世界含镍0.8%以上总储量的17.56%，居世界第二位。在相同品级的硫化镍矿床中，金川镍矿的镍金属储量仅次于萨德贝里，但萨德贝里镍矿区是由40多个矿床群组成，而金川镍矿仅是被成矿后断层破坏成四个矿段的一个矿床。从单个矿床而言，金川镍矿床是迄今为止堪称世界最大的商品级的硫化镍矿床。

除金川镍矿外，含镍>0.8%的硫化镍矿床，还有国内最先进行人工开采的四川会理镍矿床，矿石平均含镍1.11%，镍金属储量近3万吨至今已开采殆尽；正在开采中的吉林盘石镍矿床的镍金属储量约25万吨，矿石平均含镍1.3%青海化隆镍矿床，矿石平均含镍品位最高达3.99%，但镍金属储量不足2万吨；近年准备开采的新疆富蕴喀拉通

克铜镍矿床，矿石平均含镍1.55%，含铜2.16%，镍金属储量9.4万吨，铜金属储量比镍多4万吨；云南金平镍矿床镍金属储量5.3万吨，矿石平均含镍1.17%，尚未开采。以上含镍 >0.8 的硫化镍矿床，镍金属储量共约43万吨。

陕西勉县煎茶岑镍矿床有镍金属储量28.2万吨，盐边利胜沟镍矿床镍金属储量近5万吨。前者矿石平均含镍0.55%；后者0.53%，均未开采。

据知新疆哈密、吉林长仁、广西宝坛均发现硫化镍矿床并在勘探中，镍金属储量可望得到增加。

（三）苏联

苏联硫化镍的生产开始于1940年以前，镍金属产量原仅次于加拿大居世界第二，近年已超过加拿大。苏联镍金属储量含镍 $\geq 0.8\%$ 者共462.85万吨，占全世界总储量的14.91%。经采掘至1980年，尚有镍金属储量360万吨；另有含镍 $<0.8\%$ 的镍金属储量116.28万吨，已采出86.28万吨。

苏联的硫化镍矿床主要分布于西伯利亚诺里尔斯克地区及与芬兰相邻的科拉半岛地区，诺里尔斯克原有镍金属83.14万吨，平均含镍仅0.5%，开采已近枯竭。六十年代后又在附近发现塔尔纳赫、奥克泰勃斯克和塔曼矿床，使镍金属储量增加了426万吨。科拉半岛贝辰加矿区由20个矿体群组成，镍金属储量共36万吨，矿石平均含镍1%，而芒切哥尔斯克矿区镍金属储量33.14万吨，矿石平均含镍仅0.7%。科拉半岛的硫化镍矿床到1980年尚有镍金属储量20万吨。

（四）澳大利亚

1966年继坎姆伯坦发现硫化镍矿床以来，在西澳大利亚州伊尔加地块主要以卡尔古里为中心南起诺斯曼、北至维卢纳长约650公里，东西宽约100公里的狭长地带，共勘探了澳大利亚的56个硫化镍矿床。矿床平均含镍 $\geq 0.8\%$ 的镍金属原有362.92万吨，占全世界总储量11.69%。经开采至1980年尚有287.24万吨。另有矿床平均含镍 $<0.8\%$ 的镍金属494.5万吨，均未开采。

（五）南部非洲

南部非洲硫化镍矿产资源十分惊人，总共达3000万吨之巨；但是矿石平均含镍 $\geq 0.8\%$ 的镍金属仅有93.63万吨，占全世界该部份镍金属总储量3.01%。南部非洲镍品位比较高的硫化镍矿床主要分布于博茨瓦纳的皮克威-塞莱比镍矿区及津巴布韦的尚加尼镍矿区，皮克威矿床矿石平均含镍1.36%，镍金属储量42.3万吨。尚加尼矿床矿石平均含镍0.92%，镍金属14.72万吨。附近的埃姆帕立斯矿床，平均含镍0.8%，镍金属11万吨。

南非（白人种族主义者统治下的阿扎尼亚）德兰士瓦省的布什维尔德杂岩，东西长463公里，南北宽246公里，总面积67000平方公里，是世界上最大的铂族试验矿床。含镍0.35%的矿石中有镍金属2300万吨，镍作为铂族金属提取过程的副产品回收。

纵贯津巴布韦全境十分明显的由基性-超基性岩组成的大岩墙，总长530公里，宽