



于润沧

Yu Runcang

## 于润沧

矿山工程设计专家。1930年3月20日出生于河北省张家口市,山西省浑源人。1954年毕业于东北工学院。中国有色工程设计研究总院教授级高级工程师。长期从事矿山设计工作。为在金川镍矿实现“采富保贫”,开发出高浓度胶结充填技术。在金川二矿区设计中,开创了大面积机械化下向胶结充填法,解决了控制巷道坍塌等关键技术难题,使矿山资源得到了综合利用,扩大了生产能力,提高了经济效益。在特大型深井矿山——冬瓜山铜矿的设计中,实现“探采结合”和基建期提前出矿,按废石不出坑、尾矿不入库的原则设计采矿工艺技术。获国家科技进步奖特等奖、一等奖各1项,二等奖2项。1999年当选为中国工程院院士。

### 皓首忆昔自述

记忆力好是半个天才,我一向这样认为。而我的记忆力很差,不喜欢回想往事,避免遇到生活场景的支离破碎甚至张冠李戴的尴尬。我的前半生虽处战争动乱和频繁的政治运动的年代,但比起很多人来生活还算平淡,大概没有多少感人的故事。

#### 一、先说我的来龙去脉

1930年3月,我出生在河北省张家口市

(当时属原察哈尔省),祖籍为北岳恒山脚下的山西省浑源县,著名的悬空寺就坐落在该县境内。前不久,族人告诉我,按家谱追溯,我是明朝景帝时兵部尚书于谦的后裔。于谦本系浙江钱塘人氏,景帝景泰末年发生“夺门之变”,英宗复位,于谦遭诬陷被杀害,其家人逃亡到现河北井陘,繁衍至今,在那里形成了一个于家村,也叫石头村,中央电视台作过专题报道,据说我们山西浑源这一支便是从那里迁徙过去的。出于好奇,几次想去“寻根问祖”,皆未能成行。

我父亲是国民党的高级军官,参加过民国初年蒋(介石)、闫(锡山)、冯(玉祥)军阀混战;抗日战争时期,参加过平型关和忻口战役,时任旅长,并在忻口战役中负了伤;在解放战争中自然和解放军处于敌对状态。解放前夕任第二战区第八集团军副总司令兼驻山西大同指挥官。1949年“五一”,大同效仿北平方式和平解放。

1937年“七七事变”后,日寇攻进山西,因父亲在前线,舅舅带着我们全家逃难到了湖南长沙,正赶上日寇的第一次轰炸,满街的狼藉。后又迁往重庆附近的璧山县,在那里读了几年小学,仍然是整天随着警报声跑往野外躲空袭,在树林里观看飞机空战。这是幼年留下的最深刻的印象。

1942年因家中经济拮据,只好又回到山西。当时山西除八路军的根据地外,大部分已被日寇占领,只剩下吕梁山上的几个县是阎锡山的地盘。返回山西后,父亲将家安置在隰县。当时进山中学已在隰县复校(该校创办于1922年,因日寇入侵停办),我即入该校学习,这六年的中学生活是一段难忘的岁月,对我的一生产生了重大的影响。

#### 二、难忘的中学岁月

进山中学复校后改为公费,它虽然是阎锡山官办的学校,但时任校务主任、后来改任校长的赵宗复是中共地下党员,抗日战争前夕毕业于燕京大学,他不仅是我党情报战线上的杰出战士,而且依赖其独特的身份和家庭背景(其父

赵戴文为当时山西省主席,阎锡山最尊敬的挚友)、丰富的斗争经验、杰出的教育宣传才能,在阎锡山严密的特务统治和思想禁锢的小天地里,特别是在解放战争时期,难能可贵地在教育战线上开拓耕耘出一片培育进步青年的园地,甚至不少阎锡山的高干的子女都或直接或间接地与解放军的情报组织建立了联系。从他亲手编写的校歌“进山青年进行曲”也不难看出当时校内的氛围。

我们是青年勇士!  
我们是青年勇士!  
敢看惨淡的人生,  
敢见淋漓的鲜血。  
嘿!  
敢说,敢笑,敢怒,敢叫,敢打,敢骂!  
对内团结驯如羊,  
对外抗战猛如虎;  
我们誓不做俘虏,  
大敌当前不低头。  
让暴风雨来得更厉害些,  
那钢铁的声音为青年进步响彻宇宙。  
多高的山,  
多远的路,  
有腿有脚就能走!  
耻不若人的志气,  
要把世界进步精神一齐来吸收!

在学校里大家过的是军事化的集体生活。抗日战争时期,生活是艰苦的,上课没有课桌,每人一个小板凳,再把一块小木板放在膝盖上,作为课桌,用以书写课堂笔记。到了晚上,五六个人放射形地爬在宿舍的炕上,围着一盏小油灯上自习。有一段时间,吃的小米是长了虫子的,同学们只能把盛米饭的碗端起来用开水一冲一搅,使虫子漂到上面,用筷子扒拉掉再吃。又有一段时间是吃谷面(带壳的小米磨的面)窝窝,缺油少菜,导致不少同学出现严重便秘。条件虽然很差,但大家学习都很努力。赵宗复校长有意识地利用艰苦的生活,磨炼同学们的思

想品德,组织学生自己种菜,为了接触和了解农民,还组织学生去帮助农民收割庄稼。他还在亲自编选的语文课中选了孟子的“天将降大任于斯人也,必先苦其心志,劳其筋骨,饿其体肤,空乏其身,行拂乱其所为,所以动心忍性,增益其所不能”(《孟子·告子下》),以古喻今,启迪同学们自觉地锤炼自己。

抗日战争胜利后,进山中学迁回太原。同学们对抗战胜利的欣喜,很快被蒋介石发动内战的硝烟冲散;学校要由公费改为自费的决定,使家境贫寒的同学面临失学的威胁;1946年初,先后两批共十多名同学投奔解放区的行动,在校园里引起了很大的反响。此时在地下党组织的引导下,校内进步社团如雨后春笋蓬勃发展,并且越来越具有明确的政治斗争倾向。我正是在这样的环境里通过阅读进步书刊,追随地下党创办“海啸社”,参加学生运动,初步接受了革命洗礼。我觉得中学阶段是一个人思想成熟、定型,树立人生观、价值观的重要时期。我在这里学到的做人的道理,以及为太原解放献出年轻生命的情报战线上进山师生们的牺牲精神,始终伴随和激励着我走过坎坷的、欢乐的人生路程。在进山我也读了很多苏联的文学作品,对学俄文一直有一种憧憬。记得有一次,读书会邀请了山西大学李毓真教授为我们介绍苏俄文学,其间他用俄文朗诵了高尔基的《海燕》,给我留下了极深刻的印象,竟成为我后来投考用俄语教学的哈尔滨工业大学的重要缘由之一。

### 三、决定我人生道路的大学生涯

对我来说,进山铸就了我怎样做人、怎样为人民的事业兢兢业业地创造性地工作的思想基础,而大学决定了我为祖国采矿事业献身的人生道路。

1949年9月18日,18年前日寇发动“九一八”事变的日子,我作为哈尔滨工业大学从北平招收的新生中的一员,抵达祖国的东北,成为解放后的第一代大学生,应当说这是一个很有纪

念意义的日子,而且是和相恋女友同行,从中学的同学继而成为大学的同学。

进入哈工大后,头一个月参加建校劳动,接受国际主义教育。然后开始为期一年的预科俄语学习,当时哈工大本科是以俄语为主的双语教学。预科学习包括两部分内容:学习俄语和用俄语复习高中数理化的基本要点。俄语采用“直接教学法”,教俄语的老师不会讲中国话,她伸出一只手:“это рука(这是手)”,同学们跟着高声朗读“это рука”。就这样开始了俄语学习。

一年的预科学习很快结束了,但掌握的俄文词汇远不足以应付本科的学习,所以本科学习任务紧张、繁重,每天要记忆成百的单词。进入本科后我被分配在土木系,但我觉得祖国开始搞经济建设,首先必须开发自然资源,我国地大物博,矿产资源丰富,正是青年人施展才华的地方,我找到高铁校长,希望转到采矿系,他满足了我的要求。这是我在人生道路上的一次重要抉择。当时的大学,比较重视理论与实际的结合,到现场实习是教学中非常重要的内容。就以李永治老师带我们进行的认识实习为例,我们参观了鞍钢和本钢属下的所有铁矿山,抚顺矿务局所有的煤矿,和大石桥菱镁矿,不仅了解了露天开采和地下开采矿山的生产过程,而且熟悉了矿工的生活,此外我们还参观了日军侵华时留下的“万人坑”和矿山的幼儿园,使我们受到很深刻的教育;更难得的是当时正好有一位地质学家到了矿山,李老师特意邀请他为我们介绍了祖国的矿产资源概况,给了我们极大的鼓舞。这次认识实习使我对自己的人生道路有了真实的感性认识。

1952年进行大学的院系调整,哈工大的采矿系并入东北工学院(现东北大学),虽然仍有苏联专家,但取消了双语教学。受当时国家形势“一边倒”的影响,采矿系的专业课学习也是“一边倒”;教材主要来自苏联。后来接触西方资料多了以后经过对比,感到苏联的教材有一个特点:系统性较强,在20世纪50年代,矿业

技术还不算落后。在东北工学院也有两次重要的实习,一次是生产实习,全班分组进行,我们组在南芬铁矿当工人,承担一个巷道工作面的掘进,三班倒,有一名工人师傅作指导,进行凿岩、放炮、出渣、推车等作业;一次是毕业设计实习,我和另外两名同学被分配在华铜铜矿考察矿山的全面工作,我的专题部分是矿井通风,毕业设计由苏联专家指导。当时大学教育的目标是培养工程师,也是仿照苏联的模式,希望毕业后能很快独立进行工作。应当说这一点是做到了,但那时大学里缺少科研,缺少创新思维的教育和实践。

1954年毕业,正值国民经济建设开始执行第一个五年计划,同学们热情高涨,纷纷在毕业分配表上填写了“到最艰苦的地方去,到祖国最需要的地方去”。我们系大多数同学被分配到刚刚组建的几个工业设计部门。我被分配到北京有色金属设计公司,单位的名称逐渐演变成现在的“中国有色工程设计研究总院”,而我在这里一呆就是半个多世纪。

#### 四、初生牛犊经受考验

我到设计公司报到,没想到那是在北京西郊很荒凉的地方,除了孤零零的四座新盖的楼房,周围尽是坟地,完全不是现在的那种繁华景象。

我接受的第一项任务是云南锡业公司老厂锡矿改扩建设计的通风部分。这个历史悠久的老矿山,民采的巷道纵横交错,要想改进通风设计必须对这些老硐作彻底调查。老厂的通风区长带着我爬老硐,这些老硐不是必须弯着腰前进,就是只能匍匐前进,这就是当年矿工们整天劳动的场所。老区长是云南建水人,非常热情,在这样的条件下一路上不停地为我介绍。我第一次接触云南的一种最难懂的方言,可惜“回收率”不到一半,可又不好意思频频提问,除了对他满怀感激之情外,只能靠自己观察和感觉来完成。五十年后,我为了了解微震监测系统应用情况,在南非考察3000多米深的一个

金矿时,又一次爬了几十米类似的低矮工作面,由于地温高,浑身汗水湿透,不禁使我回忆起当年的景象,真是感触万千。

1955年初,接到院里的指示,要我和另外一个同事为云南新冠砂锡矿采选厂设计在现场通过试验测定水枪冲采和水力输送的耗水量。我们和现场人员一起进行了多次试验,获得了大量的数据,然后回院向苏联专家汇报。由于我们的数据远低于他的经验数据,于是他大发雷霆:“谁让你们进行试验的?!”按照当时的规矩,我们不能同他进行辩论,但心里并不服气。设计是按他的意见做了,可是后来新冠生产的实践证明,耗水量接近我们的实测数据。

锡矿山是我国的铋都,生产有着悠久的历史,产品在国际上享有盛誉。该矿的矿石坚硬稳固,但顶板岩石为页岩,稳固性差。采用房柱法开采,为了保证生产的安全,长期留有1米厚的护顶矿柱,损失了大量宝贵资源。60年代初,冶金部召开了专家论证会,我院提出以杆柱房柱法取代护顶矿柱的建议被采纳,随即由长沙矿山研究院和我院组成试验组,我任副组长,开展试验工作。这是我国第一次采用此种采矿方法。在试验过程中,试验组白班跟班,除了定期用经纬仪测量顶板的沉降值外,还必须每天到采空区监视、观察顶板的安全状况。这是一项比较危险的工作,需要小心翼翼地进行。不幸的是仍然发生了一次重大事故:接近1961年底的一个中班,已经到了下班要放炮的时候,其他人都已经撤离工作面,一名凿岩工见工作面顶板杆柱孔中夹着一根钎子,想把它处理下来加以回收,正在他处理的过程中,不料一块大浮石落下,砸在他身上,这位师傅当场牺牲。矿务局领导连夜召开事故调查分析会,确认杆柱距工作面的距离超过了安全操作规程的规定,虽然试验组在白班已经提出意见,但未解决,结果导致事故发生,因此决定试验仍应继续进行。最后试验获得成功,矿石损失率降低40%。这个项目后来获得了全国科学大会奖,但我永远

忘不了它是以一位优秀的工人师傅、一名共产党员的牺牲为代价的。

### 五、唉,1966—1976这十年……

1963年,广州会议为知识分子“脱帽”,号召向科学进军,知识分子跃跃欲试,我也开始捡起由进入大学就扔掉近15年的英语——向科学进军的必要工具。

1966—1976年,天气晴转阴。关于这十年,党中央已有历史决议,许多人写过无数文章和书籍,这是一段难以忘却也不应该忘却的历史,就我个人而言,总有一种永远抹不掉的伤感和悲怆:一生中最可能有所创造、有所贡献的年华,白白地浪费掉了。一个人能有几个风华正茂的十年啊!

所幸在基本正常工作的最后两三年,我和几个同志做了一次全国性崩落采矿法和充填采矿法的考察。从统计、分析班组台账获得了不少难得的第一手资料,使后来的工作获益匪浅。

### 六、探索加速我国有色矿业发展的途径

这样大的题目,不是哪个人所能解决的,但我觉得这应当是我们从事有色采矿事业的人考虑问题的出发点,也应当是尽力自觉承担的责任。

由于我们设计院成立较早,所以国内绝大多数有色和黄金矿山都是我们院设计的。设计蓝图关系着矿山的发展速度和初始达到的水平。改革开放不断转变着人们的观念,从计划经济向市场经济过渡更是在彻底更新着设计决策的理论,所以设计必须跟上时代前进的步伐。我有幸在1979年底到1980年初较早地访问了矿业发达的国家加拿大和美国,历时六十多天,参观考察了加拿大一些有代表性的充填法矿山和美国有代表性的一些矿块崩落法矿山。与我70年代初在国内的考察对比,对先进技术和科学管理有了较深刻的认识。不久,为了完成金川镍矿扩大生产规模的中瑞(典)联合设计,在1985年5月至12月又参观考察了瑞典和芬兰的一些先进的矿山和矿山设备制造厂。1990

年为了中条山铜矿峪的设计,又在世界最大的地下矿山——智利的 El Teniente 铜矿深入考察了四十多天。智利作为一个发展中国家,在 90 年代初,其矿山的先进技术和管理水平使我深为惊叹,例如,矿长的办公室就设在井下;井下有几十台计算机与总部直接联网;岩芯库就是一个标准的地质和岩石力学实验室;完成了矿块崩落法从在松软岩体中应用到在坚硬稳固岩体中应用的转变,日产矿石量达到 10 万吨以上;经常邀请国外知名专家共同研究技术难题等等。这些深入的考察和后来澳大利亚、南非以及担任世界采矿大会国际组委会委员后到许多国家的矿山参观,不仅丰富、更新了我的技术知识,更有益的是开拓了我的思路,使我逐渐熟悉了应用先进技术去解决技术难题,而且思维没有随着年龄的增长而老化,能在重点工程设计中针对项目的特点提出创新的设想。

在 80 年代中期中条山铜矿峪工程设计中,由于我有了国内外考察崩落法矿山的对比,力主将原来的有底柱分段崩落法改为矿块崩落法,以使这个年亏损 800~1 000 万元的矿山得以扭亏为盈。矿块崩落法亦称自然崩落法,是可与露天开采媲美的成本最低的地下采矿方法。它虽已有百多年的历史,但用于像铜矿峪铜矿这样的硬岩矿山,还是 20 世纪 60 年代以后的技术成就。不过当时许多基本参数的确定仍然依靠经验类比法,所以成功应用此种方法的捷径是从美国引进技术。有关方面对此都取得了共识,引进项目也获得批准。我更主张引进要与科研攻关相结合,探索用科学的方法取代经验类比法。这一点也获领导认同,随即由中南大学、中国有色工程设计研究总院、长沙矿山研究院、北京矿冶研究院承担研究任务,我担任顾问专家组组长。试验达到了预期的要求,每年的矿石产量突破 400 万吨,成为我国有色最大的地下矿山,精矿成本比有色铜企业平均成本低 20% 以上。二期工程完工后,年产矿石量将达到 600 万吨。据 2003 年资料,公司盈利

6 300 多万元。通过在铜矿峪铜矿的试验,自然崩落法开始在中国生根,后来又推广到金川三矿区、金山店铁矿、普朗铜矿的设计中。预计将来会对我国大型低品位金属矿床开采发挥积极的作用。

1973 年,我开始参与金川镍矿二矿区的开发设计,和刘大荣一起担任采矿工程负责人。当时面临几大难题:第一,在难以从国外进口镍的情况下,国家急需镍,而在类似开采条件下,我国矿山生产能力却比发达国家低 1/3~1/2,这是从设计到装备水平到生产管理的综合差距;第二,二矿区矿床赋存条件是贫矿在上,富矿在下,矿床埋藏深,矿岩松软破碎,地压大,巷道掘进和采矿方法选择都十分困难。解决这些技术难题不仅对金川建设而且对加速我国有色矿业发展都具有重要意义。

围绕采用崩落法按传统技术政策自上而下开采,还是采用胶结充填法优先开采下部富矿保护上部贫矿;采用竖井开拓还是采用斜井开拓;采用上盘采准系统还是采用下盘采准系统等重大技术问题,金川公司王文海经理组织召开了多次大型技术研讨和辩论会,确定了正确的技术路线。在方毅副总理确定金川作为三大资源综合利用基地后,全国多家科研设计单位在金川开展了大量的科技攻关活动,取得了丰硕的成果,大大促进了金川的建设。1985 年又采用中瑞(典)联合设计的方式解决二矿区扩大生产规模提高劳动生产率的技术难题。我院作为中方设计单位,通过考察瑞典和芬兰的重点矿山,确定引进八项先进技术,使金川二矿区的生产能力从原设计的 5 500 吨/日提高到 8 000 吨/日,基本消除了在生产规模上同国外的差距,也满足了国家对镍的急需,劳动生产率可达到 10 吨/工班的国际水平。但在水平面积达 10 万平方米的矿体中全面采用机械化下向进路式充填法(可能产生区域稳定性和“采富保贫”的矛盾),并且在 5 米宽、4 米高的进路中采用全液压双机凿岩台车和 8 立方码铲运机这样

的大型设备,世界上还没有先例,也算是在引进、消化、吸收基础上的再创新。

胶结充填技术是金川矿山生产的关键,我参与金川工程后,便开始做室内充填环管试验,重点是测定金川戈壁棒磨砂掺和水泥制成的胶结料浆,在不同配比、不同浓度条件下的流体力学参数,为设计和生产提供依据。在一次浓度较高的试验即将结束时,突遇停电,大家都非常担心管路会被堵塞。过了十多分钟,恢复供电,试着开泵,我们惊奇地发现输送仍可正常进行,并未像国外资料上讲的那样“迅即堵塞”,这使我们对胶结料浆的浓度特性有了新的认识。从1975年开始,我们又专门开展了高浓度料浆的研究,提出了“临界流态浓度”的概念,它标志着料浆特性随浓度的变化由量变到质变的转折。高浓度料浆基本不离析,可在低流速下正常输送,甚至在不超过水泥凝结时间的前提下在管路中静止停留较长时间而不会沉淀堵管,具有似 Bingham 体的流变特性。高浓度胶结充填技术研发成功,对提高充填质量,顺利实现“采富保贫”创造了极有利的条件。这项研究成果获得了国家科技进步二等奖。查阅资料得知,国外也是从70年代中后期才开始注意到料浆浓度对充填的重要意义,并逐渐实施高浓度充填的技术路线。90年代中期,我们又试验成功全尾砂膏体充填技术,用于金川镍矿和铜绿山铜矿,并确定了其为 Hershel-Bulkley 流变模型。这不仅使胶结充填技术上升到第三代水平,而且为无废开采创造了有利条件。

安徽冬瓜山铜矿项目,是我国有色矿山第一个生产规模为10 000吨/日的大型深井开采设计。缓倾斜盲矿体埋藏深度1 000米左右,存在着地热、岩爆倾向、深井排水、充填料浆难以满管输送等一系列复杂技术问题,但设计首先遇到的问题是矿床勘探程度不能满足要求。若等待从地表打钻进行补充勘探,不但要投入大量额外的资金,而且建设必然拖延。经反复研究,决定采用总体规划、探建结合的办法。先

掘进一条辅助竖井,尽量利用将来的生产巷道进行探矿,辅助井可作为高地热矿山的专用管缆井,同时增加基建时期废石提升出口,加快建设进度。这种做法自然会带来风险,但只要认真研究已有的地质资料,做好灵活可变的总体规划,便能将风险降到最低限度。实践证明这也许是深井矿山开发的最佳选择。对于这样一个“新品种”设计,把引进先进技术(如预测岩爆保证安全生产的微震监测系统)、开展科研同建设和生产结合起来,尽可能提前建设一两个采场,作为科研同生产结合的试验采场,争取在基建期出矿,既能探索规律,积累经验,培养锻炼队伍,又能改善企业的经济效益。这也是过去经过实践验证的最佳选择。

对冬瓜山设计的又一个思考是能否实现无废开采。

无废开采是一个全新的概念,是21世纪所普遍关注的议题。无废开采就是最大限度地减少废料的产出、排放,提高资源的综合利用率,减轻或杜绝对环境负面影响的一门综合工艺技术,是一项跨行业、跨部门的系统工程,它与矿山资源综合利用以及矿山可持续发展有着密切的关系。但是实现无废开采是有条件的。冬瓜山铜矿拟采用空场嗣后充填采矿法,废石可以回笼,冬瓜山矿床是狮子山铜矿的深部独立盲矿体,狮子山铜矿存在大量老采空区,冬瓜山采用全尾矿充填后剩余的尾矿又可以充填那些老采空区,一举两得。这样一来,冬瓜山就不需要设立废石场,也不需要建立尾矿库,为实现无废开采创造了条件。这是我国第一个按无废开采设计的大型矿山。

工程设计是以企业经济效益为核心为未来勾画蓝图的系统工程,是众多专业、众多人员的集体创作。但好的工程设计要求针对项目特点提出有创新内容的总体构思,这也许是工程设计的灵魂。不过有时候由于某种原因,即使是好的构思也未必能够实现。比如有一个大型矿山,矿床属于埋藏较深的缓倾斜、大水矿床,只

有一个主运输水平,完全有条件使主运输水平实现自动化,同时可将选矿的碎矿部分设在井下,破碎后的矿石采用水力提升。这对改善企业经济效益很有好处,可惜这个构想就未能实现,而这一技术进步不知又将推迟多少年。

### 七、关于全球矿产资源战略

1999年我被选进工程院后,参与了两项向国务院汇报的咨询研究:“中国可持续发展矿产资源战略研究”和“培育大型矿业集团,实施全球矿产资源战略”,历时两年多,既是奉献,也是学习。这使我有机会深入了解我国有色矿产资源的家底,梳理我对我国由矿业大国成为矿业强国并使矿业得以可持续发展的基本理念,也算是从业半个多世纪的新的心得体会。

(1) 2000年第十八届世界采矿大会确定的主题为“Everything begins with mining”(一切事业的发展始于矿业),这从本质上阐明了矿业的重要地位。我国要在2020年实现GDP在2000年基础上翻两番,要基本实现工业化,全面建设小康社会,即使在高科技如此发达的今日,矿业仍然是基础。矿产资源和能源、水资源一样,是人类生存和发展不可或缺的物质基础。

(2) 我国的有色矿产资源有优势也有劣势,而大宗消耗的矿产资源如铜、铝、锌、镍等却处于劣势。按目前保有的和预测的资源储量推算,铜、铝、镍的自给率不足50%,锌不足60%。有些优势资源如钨、锡、锑等,由于无序出口和乱采滥挖的破坏,也正在失去优势。我国有色矿山目前的开采深度大多在500米以内,西部地区尚有丰富的靶区未经勘探,应当说矿产资源在深部和西部还有很大潜力。但由于勘探和大型矿山建设需要长达十多年的时间,需要较大的投入和新理论、新手段的支持,2020年前矿山生产能力的增长与消失大体相当,抵消后难有较大增幅。全球矿产资源非常丰富,然而分布不均,没有哪个国家能够完全依靠自己的资源完成工业化,因此互通有无,实施矿产资源全球战略是很自然的道理。经济全球化趋势为

此创造了有利条件。全面贯彻落实科学发展观,加快转变经济增长方式,推进产业结构优化升级,建设资源节约型、环境友好型社会,大力发展循环经济,以平等互利、共同发展为宗旨获取境外矿产资源,同时必须应对某些西方国家对我设限的挑战,积极建立紧缺矿产资源保障体系,加强资源保护和综合利用,按低限消费水平进行宏观调控,应是全球矿产资源战略的基本思路。

(3) 国际上大型跨国矿业集团的规模通过并购重组越来越大,对优势矿产资源的控制日益集中。而我国矿业企业的规模很小,全部非煤非油矿业企业的年销售额还赶不上国际上最大几家跨国集团中任何一家的年销售额,自然竞争力弱。即使在贸易上也诚如有些人所说,买什么,什么贵,卖什么,什么便宜。因此力争在短时期内大力培育几家具有较强国际竞争力的大型矿业集团,乃是实施全球矿产资源战略的当务之急。但具体操作起来,这是一个难度相当大而又不能不解决的课题。其中难度最大的还是培养和锻炼具有国际视野、善于国际经营的人才。竞争力最终体现在人才上。对此务必给予高度重视。

(4) 实施全球矿产资源战略必须有一套支持企业“走出去”的政策,有利于使矿产品贸易、投资开矿、并购国外企业三个市场层面有机结合,重点突破矿业资本市场。后者难度大,风险也大,但却是培育大型跨国矿业集团,建立较稳定的矿产品供应基地的捷径。这是国际上一再证明了的经验,也符合事物总是一分为二的道理。我国积累了大量的外汇储备,将部分外汇储备转换为资源储备,会有力地促进全球矿产资源战略的实施。

(5) 我国是一个矿业大国,有色矿山的数量大大小小近三万八千多个,但生产规模在5000吨/日以上的大型矿山只有26个。由矿业大国发展为矿业强国,依靠的是先进的技术、精良的装备、科学的管理和有效的成本控制,这

大大小小的矿山不可能千篇一律,原则上可分为三种类型:a.大中型骨干矿山,应当在以高新技术特别是信息化改造传统产业上有重大突破。主要表现在扩大生产规模,消除类似开采条件下我国矿山生产能力比发达国家低 $1/3\sim 1/2$ 的综合差距;依靠高度机械化、自动化、信息化提高劳动生产率,特别是井下工人的劳动生产率,使之接近国际先进水平;克服无效和错位管理,实现科学管理,进一步降低开采成本,提高企业安全水平和经济效益。b.对服务年限较长的一般矿山,逐步扩大无轨和液压设备的应用范围,我国的设备制造厂家要努力生产出具有国际竞争力的名牌产品;推广高效率采矿方法和先进的工艺技术,降低成本,以达到国际较好水平为目标推动科技进步。与下游企业实行联合、合并,提高竞争力。对于资源危机型矿山,按照优惠政策吸引资金,加强周边及深部勘探,争取延长矿山寿命。c.大量的小型矿山在相当长的时期内仍不可避免地要肩负劳动

就业和扶持贫困地区脱贫致富的重任,有一些零星小矿床也只能由小矿山来开采,对这些矿山科技进步应以安全生产、提高资源回采率为主要目标。同时鼓励走股份制联合办矿的道路,以利于发挥科技对生产的推动作用。对破坏大矿床的乱采滥挖行径则必须坚决制止。

#### 八、结束语

半个多世纪的微薄贡献,获得了众多的褒奖,包括国家科技进步奖特等奖1项、一等奖1项、二等奖2项,国家优秀设计特奖1项,获国家有特殊贡献专家称号,享受国务院政府津贴等。我在前面说过,工程设计是集体创作,我只是作为相关设计项目参加者的一个代表接受这些褒奖。

现在遵照工程院的要求撰写了以上自述,而且用较大篇幅写了一些基本认识和观点,其目的也是为了与年轻的同行共勉,我确信你们一定是后起之秀。