

瑞典钢铁工业 科研体制及科技动向

陆 岩 栾 燕

前 言

为了配合冶金工业科技体制改革和制定冶金科技发展规划,受冶金部科技司的委托,我所系统开展了国外钢铁工业科研体制和科研动向的调查研究。经过课题编写小组十几名科技人员历时一年半的努力,完成了这项课题的调研报告。将从1987年5月份起,按国家分册出版,然后合订成册,提供给读者。

这套调研资料在搜集国外最新报道的基础上,着重介绍日、美等工业发达国家;苏联及东欧国家;以及部分发展中国家钢铁工业科研体制、科技水平和发展动向。每个国家或地区基本包括五部分内容:一、概况;二、科研工作特点和科技政策;三、主要研究成果;四、今后研究的课题及动向;五、科研机构。本资料既有一个国家的一般情况介绍,又有各国科研体制的特点、技术政策及发展方向的分析研究和评论,内容比较全面、新颖。对于推进当前的科技体制改革,制定科技发展规划,促进国际间的交流与合作有一定参考价值。

在组织编写过程中,得到了在国外工作过的有关专家、学者的支持和帮助,同时也得到了国外有关机构的协助和配合,在此一并致谢。像这样较大规模地开展对国外钢铁工业科研体制及动向的调研还是第一次,由于缺乏经验,不足之处,欢迎批评。

编 者

1987年4月

目 录

概 况.....	(1)
一、矿产资源、矿山生产能力与技术水平.....	(1)
二、矿业科研体制.....	(2)
矿业科研机构介绍.....	(5)
一、瑞典采矿研究基金会.....	(5)
二、瑞典爆破研究基金会.....	(10)
三、瑞典诺贝尔公司发展试验所.....	(16)
四、瑞典吕勒欧大学.....	(19)
参考文献.....	(20)

概 况

一、矿产资源、矿山生产能力与技术水平

瑞典国土面积45万平方公里，人口850万人（1985年）。主要矿产资源有铁、铜、铅、锌、钛铁矿、黄铁矿等，缺乏铝、铬、镍等重要矿产资源。铁矿石储量（铁含量）约20亿吨；铜矿石储量（铜含量）120万吨；铅矿石储量（铅含量）240万吨；锌矿石储量（锌含量）244万吨；钛铁矿储量24800万吨。

瑞典拥有森林、铁矿和水力三大天然资源，是世界上铁矿石主要生产国和出口国之一。但是，前几年，由于全世界铁钢工业不景气，铁矿石需求量减少，加之瑞典铁矿山主要采用地下开采，在生产成本上不利于与采用大型露天开采的铁矿公司进行竞争。因此，铁矿石产量大幅度下降，从1974年的3696万吨下降到1983年的1353万吨。最近两三年有所回升。近年瑞典铁矿石和钢产量如下（万吨）：

	1970	1974	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
铁矿石产量	3150.9	3695.9	2718.4	2322.5	1614	1353	1812	2027	1829
钢产量	549.7	598.9	423.7	377.0	390.0	421.0	470.6	480	470

瑞典地下金属矿山的开采工艺和装备水平处于世界上最先进的行列，其采矿工艺技术能名列前茅的主要原因之一是重视科研工作。瑞典铁矿主要采用无底柱分段崩落法。近年来，在基律纳研究矿山试验研究大直径深孔空场采矿法。据称，这种方法可将基律纳铁矿的劳动生产率从平均4000吨/人年提高到7500吨/人年。有色金属矿山多采用充填法，例如布利登矿物公司经营的15座矿山中有13

座采用分层充填法。在不利采矿条件下，这种方法的优点是生产安全可靠，损失贫化率低。布利登公司采用分层充填法的矿山目前采用三种方案，即水平分层充填法，巷道充填法和下向分层充填法。由于设备更新，劳动生产率大幅度提高，1984年这些矿山的劳动生产率达到2800吨/1000工时，比1960年提高了1.33倍。

瑞典的矿山机械业发达，特别是地下矿山设备制造水平较高。瑞典制造的各种矿山机械设备得到各国地下矿山的广泛采用。

二、矿业科研体制

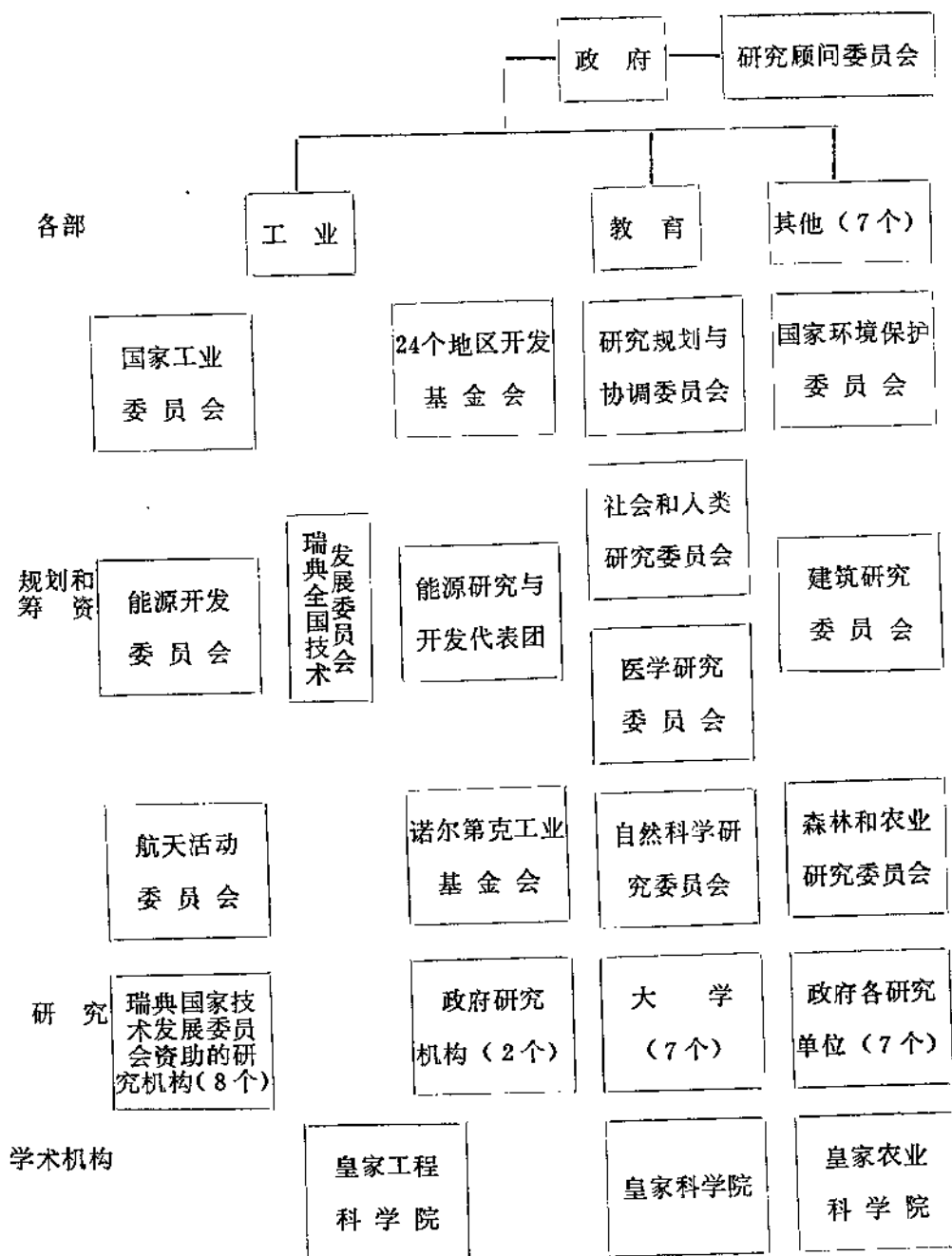
瑞典政府重视和支持研究与开发工作，除了政府各部拨出资金赞助科研工作外，还通过减少税收等办法鼓励各种科研活动。瑞典政府也通过瑞典国家技术发展委员会等各种研究与开发组织在经济上对科研工作给予支持。例如瑞典矿业研究基金会、瑞典爆破研究基金会等都是通过该委员会资助的合作工业研究机构。1978/79年瑞典政府各部门提供的研究与开发经费共为50.27亿瑞典克朗，占国家总预算的3.2%，这些经费主要用于教育、工业和国防研究，这三个部的科研经费占政府科研经费的72%。见下表。

1978/79年度瑞典一些提供技术研究与开发资金的组织共提供资金15.66亿克朗，如下表：

瑞典国家技术发展委员会 (The National Swedish Board for Technical Development, STU) 成立于1968年，是一个促进和鼓励工业技术研究的主要服务机构。它的主要任务是发起、规划和支持对各工业部门具有重要意义的产品、工艺和方法的研究与开发，以提高瑞典工业在国内和国际市场上的竞争能力，提高整个瑞典的科学技术知识水平。瑞典政府对该委员会的指示要求：

政府部门	百万瑞典克朗 (1978/79年)	1978/79年 %	1977/78年 %
教 育	1608	32.0	31.4
工 业	1025	20.4	18.3
国 防	986	19.6	23.4
农 业	431	8.6	8.7
社会事务	328	6.5	5.8
运输与通讯	151	3.0	2.8
外 交	136	2.7	2.7
住 房	135	2.7	2.1
预 算	118	2.3	2.6
劳 动	71	1.4	1.3
经 济	19	0.4	0.4
地方政府	8	0.2	0.2
司 法	7	0.1	0.2
商 业	4	0.1	0.1
	5027	100.0	100.0

组 织 名 称	1977/78年度	1978/79年度 (百万瑞典克朗)
瑞典国家技术发展委员会(STU)	317	399
地区发展基金会	32	322
国防研究院(FOA)	180	233
全国建筑研究理事会(BFR)	154	160
国家科学研究委员会(NFR)	136	155
国家能源开发委员会(NE)	76	133
国家空间活动局(DFR)	87	91
斯塔德斯威克能源技术公司 (Stadsvik EnergiteknikAB)	60	58
诺尔第克工业基金会 (Nordic Industrial Fund)	10	15
	1052	1566



(1) 与科学家、各研究机构和各公司保持联系，跟踪技术的发展；

(2) 组织和支持技术研究与工业开发的协作关系，并鼓励管理机关、工业企业、商业和研究机关之间的接触；

(3) 发起和推动对工业、商业和社会具有重要意义的技术研究工作及其应用推广工作；

(4) 通过向技术研究、工业开发工作和发明创造贷款和捐赠规划和部署政府的支持工作；

(5) 跟踪政府支持的各工业研究机构和其他合作研究机构的科研活动；

(6) 当研究成果进入工业应用时，向发明创造者提出建议；

(7) 推动与国外研究机构和国际组织的国际技术合作。

研究机构介绍

一、瑞典采矿研究基金会(Swedish Mining Research Foundation)

基金会主席：列纳尔特·维勒纽斯 (Lennart Wellenius)

总裁：本格特·阿罗 (Bengt Aaro)

这个基金会由布利登金属公司、吕勒欧大学、布利登矿物公司、瑞典矿工联盟、瑞典矿业协会、国家职业安全与卫生委员会、卢基公司等的代表组成，是一个由政府资助的合作研究机构。

该基金会目前的研究工作主要在基律纳的卢奥萨瓦拉矿山进行，由基金会投资。该研究矿山采出的矿石销售后用于补偿大部分科研费用。成立该基金会和研究矿山的目的是：①设计一种新的高

效率采矿方法，而且作业环境良好；②促进同采矿机械设备制造厂家的合作；③在岩石力学分析和稳定性控制的基础上提出大直径炮孔崩矿空场法的采矿方法方案；④改进爆破技术，提高矿石爆破破碎质量；⑤改进锚索支护和连续装载系统。试验研究矿山开展这次研究工作的主要动机，是推动大直径深孔空场采矿法在瑞典的应用和发展应用岩石力学。该研究项目将为瑞典矿山企业和矿山机械制造厂家服务，估计也会引起国际上的兴趣。

根据承包任务，卢基公司（LKAB）向这座试验矿山派出3名生产工长和1名维修工长，还派出兼职人员3人（现场管理1人，总工长1人，矿山计划1人）。1982年LKAB公司从事研究矿山工作的人数达到34人。其中24人被派进行采准工作和生产凿岩（包括3名工长），8人担任维修工作（包括1名工长），2人在实验室工作。

该研究矿山进行的科研工作包括下列三个方面：岩石力学，采矿工程，矿山机械。研究课题有13个。瑞典采矿的新工艺新方法和新设备，将在这些课题内进行研究、试验和改进。

岩石力学是所有现代采矿的基础，在确定采场形状和采矿方法时，掌握岩石的强度特性尤为重要。研究课题包括：

1. 地质力学的初步调研

为了获得经济上最佳的采矿方案，就必须彻底查清矿石和围岩的状况。只有掌握了该地区的全面地质情况，了解岩石的各种特性以及软硬程度等状况，才能获得包括岩石加固措施、采场尺寸、采矿方法选择等的最佳采矿设计。地质力学的初步调研分为三个步骤：

（1）采用金刚石钻探、绘制节理构造图和岩体边界地质图等方法来绘制岩体构造图，并通过岩石应力测定进行补充；

(2) 根据坑下取得的数据, 精确确定采区的岩石类型、矿石类型和软岩带特性;

(3) 总结各项研究结果, 推荐各种矿山设计方案。按照实际情况, 全面研究用于矿体开采的各种类型。研究方法分为三种, 即理论计算, 数值计算以及物理模型试验。该工作涉及上述主要的工艺, 包括金刚石钻探、地质绘图、参数确定以及模型试验等。

2. 岩石加固

井下采用大直径深孔爆破以及大的空场回采工作面, 这就要求采用各种岩石加固方法, 使回采时围岩达到稳定。加固有各种方法: 留矿柱进行支护, 各种人工加固方式, 锚杆支护以及钢绳锚索等。研究矿山采用常规岩体加固技术, 也采用瑞典较新的加固技术, 如钢绳锚索。该项工艺将扩大地下开采方案的选择范围, 并使其取得更大的经济效益。钢绳锚索技术在国外采用已获得了成功, 用量不断增加, 例如澳大利亚每年使用5000~8000个钢绳锚索。但是, 这种技术还有一些问题有待解决, 在进行最佳设计之前, 还有许多工作要做, 需要进行彻底的实验室试验和现场试验。本研究课题的目的是要获得广泛有效的钢绳锚索支护方法, 使这种方法能在岩层预加固中得到广泛应用。

3. 岩石力学测定装置

为了测定采矿时可能发生的应力转移和应力重新分布, 必须安装一种可以连续进行监测的仪器。测试工作包括应力测定、变形测定和钢绳负荷测定等。这种测试工作需要某种型号的数据收集系统。该系统不但可以收集数据, 而且还能控制收集数据, 分析测试数据, 显示分析结果以及数据计算和自动检验等工作。

采矿工程研究共5个课题, 它们是:

4. 大孔径深孔爆破采矿法 (VCR法)

目前,许多地下矿山的矿体采用小直径、小药量爆破。具有竞争能力的地下采矿方法要求发展集中采矿技术。本课题是要研究在一定采区范围内采用大孔径深孔(孔深100米,炮孔孔径165毫米)、大爆破量的快速采矿方法,即VCR法,并采用各种高效率设备。大直径炮孔的优点是:掘进量小、凿岩及装药速度快。此外,采用大装药量以便改进矿石爆破质量。本研究项目包括计算机规划和跟踪系统。在卢萨瓦拉研究矿山VCR法试验采场的试验有四个主要研究课题:VCR法的应用,破碎快度的分析,围岩破坏程度的评价,炸药和孔网尺寸的最佳组合。试验研究证明,对于卢萨瓦拉类型的矿石,在用VCR法爆破时,铵油炸药不是一种理想的炸药,理由是:单位炸药消耗量大;大块率高(5.6%);没有抗水性;威力低,只有里奥利特炸药和乳化炸药的60%;爆轰压力小(3.6吉帕);每一爆破循环的进尺小(2.4米);装药困难。试验证明,里奥利特炸药适用于VCR法。因为它的单位炸药消耗低,单位凿岩量小,爆破进尺大。乳化炸药也适用于VCR法。所有试验方案中,破碎块度都十分好。在试验矿山VCR法试验中,岩石结构的影响很可能是获得良好结果的一个主要条件。

5. 炮孔偏斜

为了使岩石爆破量达到正常水平,必须使钻孔的精确度保持在很小的偏斜范围内。如果钻孔偏离中心,那么炸药就不能置于正确的位置。本课题研究和发 展炮孔偏斜度的测定方法,其目的是提高钻孔技术,从而可以规划炮眼组和预测爆破质量。

6. 大直径深孔的爆破质量

优质爆破是集中采矿和简化运输系统的一个条件。本课题研究

内容有两个：第一，在实验室从理论上研究爆破参数（如孔径、装药密度及岩石特性等）对爆破质量的影响；第二，加强采场研究和评价大孔径爆破。此外，还将研究一种用计算机控制爆破的方法，根据给定的爆破条件来预测爆破块度的分布情况。

7. 控制爆破

大孔径炮孔爆破意味着每个炮孔使用大量炸药，这将引起围岩整体性的破坏。

本研究课题的目的是发展一种能安全引爆炸药的爆破方法，以使围岩破坏程度降到最低。本课题包括初步调研、振动测定、岩石断裂探测和操作程序等。

8. 新型炸药和爆破新技术

这些课题是研究和试验新型炸药，装药和爆破新技术，研究光面爆破技术，以取得最佳爆破效果，并使爆破破坏力达到最小。

采矿设备和机械研究课题有3个。

9. 偏斜度小的大孔径深孔钻机

与矿山设备和机械制造厂家合作，发展一种适用于地下矿山钻凿偏斜度小于1%的大直径深孔钻机。本课题研究工作包括操作试验和长期研究工作。阿特拉斯·科普柯公司为矿山专门研制了一种Promec M188型潜孔钻机，可单人操作，精度极高。90米深孔的总偏斜率不到1%，台班钻进效率为50米，每班作业时间为5.5小时。为使钻孔准确定位，采用一台Transtronic Inclinator 29型专用测斜仪，其精度在0.1度以内，还采用了炮孔测深仪，其测深范围为0~99米。还研制了一种自动换杆钻杆车，可使钻进速度提高15~20%。每隔1.5米采集岩粉样一次，这些岩粉样既可提供矿体的地质资料，又有助于采矿设计。

10. 钢绳锚索安装机

考虑到作业环境和安装能力，矿山中使用的岩石加固方法—钢绳锚栓法—应该采取机械化作业。为此要研制一种向钻孔插入钢丝绳和喷射水泥浆的机械安装设备。该基金会与制造厂家合作研制了新设备，例如锚索安装机。该设备包括混凝土搅拌机、水泵、钢绳下放拖车和一个安装在拖车上的钢绳卷筒。矿山使用这台设备安装了20,000米支护锚索。

11. 连续装载

目前，地下矿山常用的装载系统是柴油驱动铲运机。本研究课题是要发展自动化水平高的连续装载系统，并改进和试验大块运输系统。将试用电动车辆取代柴油驱动车辆运输矿石。试验期间，在装载水平使用1台Wagner Scooptram ESTA-8A型铲运机和1台Cat. 980B型装载机出矿。

二、瑞典爆破研究基金会(Swedish Detonic Research Foundation, SveDeFo)

地址：瑞典斯德哥尔摩 (P.O.Box 32058 S-126 11 Stockholm, Sweden)

基金会主席：简·霍尔多 (Jan Holdo)

总裁：罗格·霍尔姆伯格 (Roger Holmberg)

人员：共13人，其中研究人员10名（博士3人，硕士4人，研究工程师3人），会计、打字员和实验员各1人。此外，还从国外聘请访问学者。

研究经费：1981年为319.6万瑞典克朗，1982年为455.7万瑞典克朗，经费中约40%由国家拨款（通过瑞典国家技术发展

委员会)，约60%由各有关公司资助。

该基金会由下列公司和机构的代表组成：阿特拉斯·科普柯公司，硝化·诺贝尔公司，卢基公司，瑞典岩石工程研究基金会，瑞典矿业协会，皇家工业学院、吕勒奥大学、瑞典建筑研究委员会等。该基金会是一个由政府拨款和各有关成员单位资助的合作研究机构，它的目标是进行采矿和建筑工程的炸药技术、岩石力学、爆破技术、环境技术等的基础研究和应用研究。该基金会的主要研究任务是按照它和瑞典政府（通过瑞典国家技术发展委员会）之间的协议进行长远研究。该基金会的长远研究计划（1979年7月～1984年6月）共18个项目，经费1650万克朗。1982年长远研究项目经费占该基金会研究总经费的88%。此外，该研究基金会还进行委托研究工作，其经费为45.6万瑞典克朗。

在实验室试验中，该基金会与硝化·诺贝尔公司、国防研究所、阿特拉斯·科普柯公司、吕勒奥大学掘进技术与岩石力学系等合作进行。现场试验在卢基公司的玛尔姆伯格矿山、卢萨瓦拉研究矿山、该基金会驻斯特内帕矿山的试验站以及波尔曼隧道等处进行。

该基金会的研究项目见下表。

1. 瑞典爆破研究基金会的工业研究项目在它与一个或几个参加单位的合作下进行

“采掘中的岩石爆破技术”是与卢基公司的玛尔姆伯格矿山共同进行的。它的目标是调查研究致密岩体在爆破时，即存在不同空隙比时，爆破是如何受到影响的，该基金会希望从该项目研究中获得的信息能提高留矿采矿法的效果。

“沉积岩的爆破”这一项目是瑞典一承包公司对秘鲁某隧道工

研究领域	项 目	项 目 负 责 人
工业项目	采掘中的岩石爆破技术 垂直漏斗后退式爆破 沉积岩的爆破 岩石爆破中的空气污染	M.奥尔森 B.尼克拉森 R.霍尔姆伯格 E.佩尔森
爆 轰 学	起爆和冲击波过程 炸药特性 —功能,特性和效力 光面爆破用炸药系统	B.比亚恩霍尔特 B.比亚尔霍尔特 B.比亚恩霍尔特
岩石力学和 工程地质	强度和破裂—岩石性质,理论和实践 爆破过程—断裂的力学分析和实验 原岩性质对爆破的影响	K.马基 F.乌希特隆 K.马基
岩石爆破 技 术	岩石爆破和爆破实验 成型装药的水下爆破 爆破过程的数字模拟计算—用SIN —计算机程序和决段程序计算 控制爆破技术	M.奥尔森 B.比亚恩霍尔特 T.库珀 R.霍尔姆伯格
环境技术	地层振动的传播 振动诱导的建筑物破坏的标准	R.霍尔姆伯格 R.霍尔姆伯格

程进行现场跟踪研究,观察隧道掘进用传统凿岩和爆破方法和隧道钻机掘进技术。该基金会与皇家工业学院土壤与岩石力学系合作进行了岩心样岩石力学补充试验。瑞典岩石工程研究基金会进行的一个研究项目的目标是增加瑞典掘进方法的技术诀窍。这个研究项目是“软岩层中的地下建筑物”。

“垂直漏斗爆破”。通过澳大利亚采用漏斗爆破掘进天井和进行采矿生产的矿山的考察,通过参加漏斗爆破试验和生产爆破,该基金会积累了这方面的经验。加拿大某公司也帮助该基金会在研究矿山进行了漏斗爆破试验。在研究矿山试验采场按炸药和孔网的不

同组合分成四个不同的方案，对炸药和孔网的最佳组合、破碎效果、围岩破坏程度以及VCR法的应用技术进行了评价。

“岩石爆破中的空气污染”是该基金会和硝化·诺贝尔公司联合进行的一个研究项目，目标是通过实际而有用的爆破方法试验，掌握各种参数，其结果将成为对炮孔爆破中炸药有毒烟雾进行评价的基础。在此项目试验中，发展了一种试验装置，炸药在一个能量减震砂套的厚壁钢筒内进行。

2. 爆轰物理学

安装了爆轰物理实验研究用新式30立方米引爆箱并进行了引爆试验。在箱中可引爆5公斤炸药。峰值应变约为塑性变形应变的1/3，箱外噪音达到允许值。安装了与引爆箱有关的高速摄影机和电子设备，后又补充安装了Cordin型高效摄影机。还研究了引爆箱的安全系统和操作程序。利用引爆箱和高速摄影技术试验研究了过大孔径炮孔爆破的阻爆效应。

对叫做Swe2D的二维有限差波的传播的计算机编码进行确证。该编码主要用于炸药与惰性物料相互作用时高速变形和振动波传播的模拟。

3. 岩石力学

进行与爆破有关的两方面的研究。关于在卢萨瓦拉研究矿山进行的漏斗爆破试验，通过爆破之前进行现场绘图，研究了岩石构造对爆破效果的影响。在石灰岩中的试验表明，水平断裂在原岩中形成，这是漏斗形成的开始。在卢萨瓦拉的调查研究结果表明，岩石断裂的存在促进了漏斗的形成。

在该基金会的岩石力学实验室，测定了戈特兰德的克林扎甘石灰岩岩心样的变形和强度特性。关于单轴断裂试验中的偏心度如何

影响强度测定的问题，似乎可以用断裂材料模型和传统公式加以很好的说明。

该基金会仍在其实验室进行断裂力学的研究，对测定负荷点位移的各种方法进行了比较。在确定断裂功、断裂韧性和破裂程度时，精确的方法是有用的。该基金会在岩石断裂韧性试验方面的经验已经在一篇综合报告中进行了总结，其内容已在国际物理科学中心进行了报告。

已经对整体岩石试验的方法进行了分析。研究了单轴抗压强度试验的偏心度以及预测抗压强度的可能性。

4. 岩石爆破技术

进行岩石爆破技术的研究是为了制做岩石爆破模型，它也适宜于作断裂岩体的爆破实例。

与吕勒殴大学和瑞典采矿研究基金会进行合作，组织了第一届国际岩石爆破讨论会。该讨论会于1983年8月于吕勒殴举行，在会上13个国家的代表宣读了60篇论文。

与瑞典岩石力学研究基金会以及瑞典采矿研究基金会一起，建立了与澳大利亚矿物工业研究协会的合作关系。工作目标是研究岩体破裂特性的测定方法和岩石破裂的探测方法。

编写了有关描述大孔径炮孔技术及其应用的报告，其内容包括凿岩和装药技术、它的能力和成本。

5. 环境技术

瑞典爆破研究基金会与瑞典皇家工程科学院一起，并得到瑞典建筑研究委员会的财政支持，研究和出版了一份报告，它总结了有关交通和建设活动振动源的一些事实，并提出了降低振动的方法的建议。