

西德煤炭科技发展 和大型矿井设计、改建与管理

煤炭工业部科学技术情报研究所

一九八二年一月

目 录

一、德意志联邦共和国硬煤业概况.....	(1)
二、研究与发展工作中的系统化计划（以机掘巷道为例加以说明）.....	(6)
三、优选法在矿业研究和发展工作中的应用.....	(15)
四、研究与发展工作与煤矿的合作.....	(24)
五、研究与发展工作的组织和管理.....	(31)
六、研究与发展工作的经费.....	(34)
七、中期和长期研究与发展工作的重点.....	(37)
八、研究与发展人员的培训.....	(51)
九、大型矿井的设计、改建和管理.....	(58)
十、缓倾斜、倾斜和急倾斜煤层工作面装备的未来发展.....	(88)

一、德意志联邦共和国硬煤业概况

一、西德硬煤业的发展和作用

不先介绍矿业和其所在的工业界的概况，硬煤业的研究和发展工作便无从谈起。一个国家的经济发展，一方面取决于地理条件和自然条件，另一方面也取决于人民的文化水平和历史与政治的进程。此处技术经济也视为人民的文化。

欧洲国家，首先是现在的欧洲共同体内的国家，将其工业的高速发展在很大的程度上归功于丰富的煤炭资源。这些煤炭为工业的发展提供了能源，并构成钢铁工业和化学工业部门发展的前提。

西欧的硬煤开采数百年前即著称于世。开始阶段，煤仅用作家庭燃料和用于手工业，逐步取代木材和木炭的地位。十九世纪下半叶的工业革命和二十世纪初，硬煤业获得飞速的发展。这一情况于第一次世界大战而告终，两次世界大战之间直到六十年代，煤炭的年产量裹足不前。六十年代至七十年代初，在海外廉价石油的竞争压力下，欧洲共同体各煤矿的产量显著缩减。

德意志联邦共和国的硬煤业，在五十年代中期达到顶峰，年产商品煤超过1.5亿吨。尔后，廉价的矿物油日益排挤硬煤，而成为最重要的一次能源供应者。随着近20年的产量紧缩，目前年产量约为8500万吨。西德现在正开采的硬煤田共有四个，其产量比重为：鲁尔80%，萨尔12%，阿亨6%，依本比伦2%。

西德硬煤的特殊工业价值在于，大部分煤系优质焦煤。每年约有3000万吨煤用于炼焦，约3000万吨用于发电，其余的供给其它用户。随着钢铁工业构成的变化，今后炼焦用煤将减少。但从世界能源市场的变化情况看，西德电厂的用煤量将继续增加。将来，用于气化和液化的硬煤的比重将增大，以便在许多部门代替日益昂贵的石油。因此，打算将来能把西德硬煤业的生产潜力全部挖出来，把年产量提高到一亿吨以上。

二、西德的硬煤田（见图1）

西德的硬煤田生成于上石炭纪，阿亨、鲁尔和依本比伦硬煤田赋存在囊括西北欧硬煤田（从英国至波兰的上西里西亚和捷克）的含煤带内。产于这一含煤带内的硬煤层，向北直至北海海底仍有深钻孔探出。它在该处的深度达到5000米，由于煤层系海相成因，故伸展很远，且分布均匀。

鲁尔煤田是西德最重要的硬煤田（见图2）。若以厚1000米的复盖层作为开采界限，则煤田的面积约为3000平方公里。

萨尔煤田不属于这一含煤带，它系陆相成因，所以煤层和岩层的产状变化很大。

西德硬煤田的可采储量，在深1500米的范围内为240亿吨（见表1），煤种齐全，自无烟煤至长焰煤均有，其中储量的一半为珍贵的肥煤。各煤种在各煤田内的比重颇不一致。

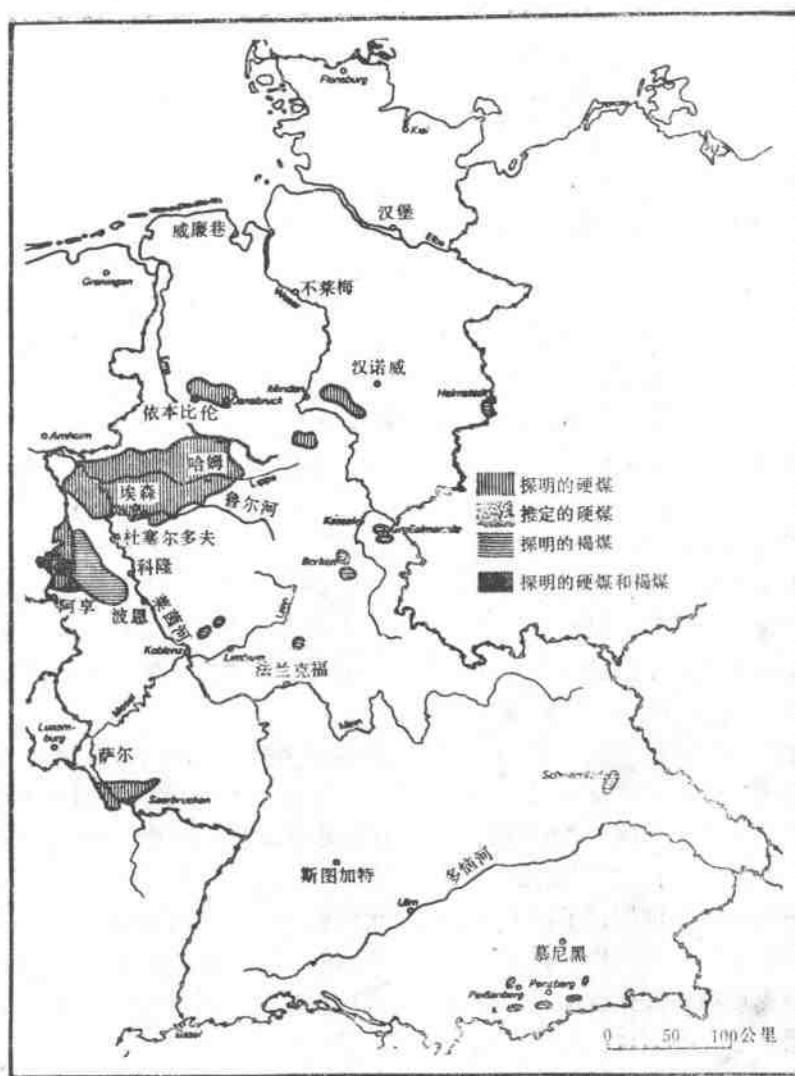


图 1 西德煤田的地理位置

硬煤的可采储量（深度达1500米）

表 1

煤 田	硬煤储量 10 亿 吨	各 煤 种 的 比 重: %			
		长焰煤至气煤	肥 煤	锻造煤和瘦煤	无 烟 煤
鲁 尔	20.3	25	55	18	2
萨 尔	2.6	40	60	—	—
阿 亨	0.8	—	30	20	50
依本比伦	0.2	—	—	5	95
西 德	23.9	25	55	16	4

西德硬煤田优越之处及获得高效率的前提条件是，绝大部分煤层为缓倾斜和倾斜煤层（见表 2）。

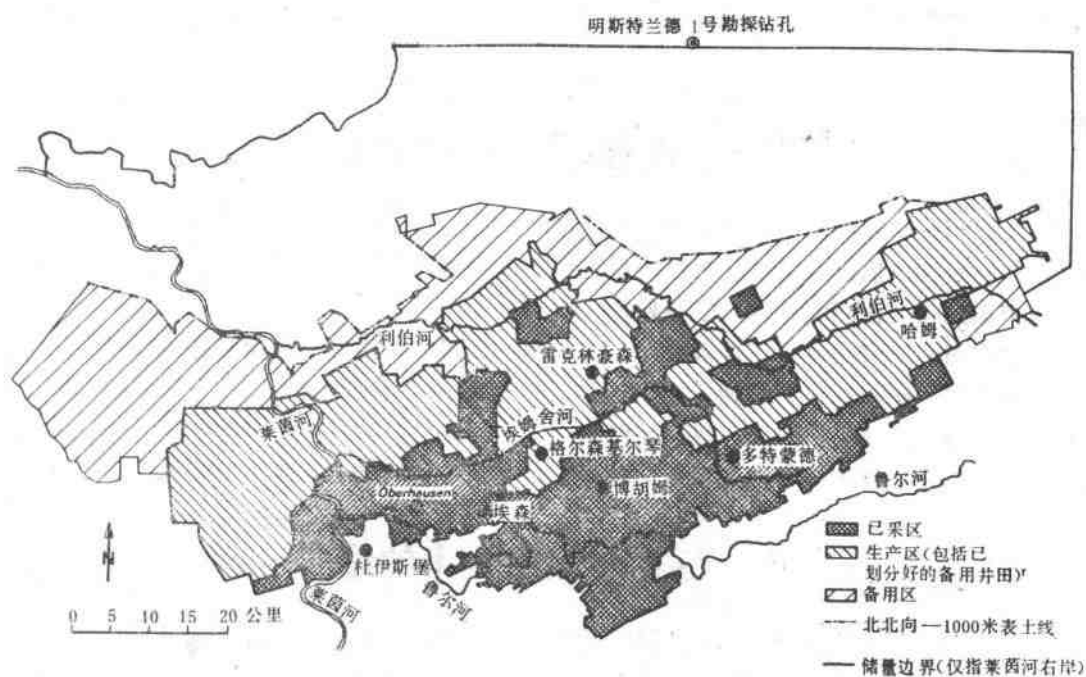


图 2 鲁尔煤田的区划

尽管西德各硬煤田类似之处甚多，但四个煤田在开采条件方面相差甚大（见表 3）。西德硬煤田各平均采深为 850 米，20 年后将达到 1000 米。平均采厚约为 1.8 米，纯煤厚度约为

硬煤储量按倾角的划分，%

表 2

煤 田	倾 角： 度		
	<18°	18~54°	>54°
鲁 尔	75	20	5
萨 尔	85	15	—
阿 亨	90	10	—
依本比伦	95	5	—
西 德	77	19	4

各 煤 田 的 开 采 条 件

表 3

煤 田	平 均 采 深 米	平均采厚，厘米 带夹矸/不带夹矸	工作面产量按倾角的划分，%		
			<18°	18—36°	>36°
鲁 尔	871	183/152	78	14	9
萨 尔	685	262/206	83	17	—
阿 亨	664	126/97	91	9	—
依本比伦	1270	170/140	100	—	—
西 德	851	184/151	80	13	7

1.5米。缓倾斜煤层内的工作面产量比重达80%，比这一倾角范围内的储量比重要高。因此，今后的重要任务是，加大倾角大于18°的煤层的开采，以便更好地利用煤炭资源。

三、西德硬煤业的组织

目前，西德的硬煤业由六家公司经营。最大的是鲁尔煤炭公司，其产量约为全西德的四分之三。它于10年前由26家采矿公司联合组成。这就为鲁尔煤田生产的集中和高效，打破原有矿田范围进行大面积开采创造了条件。

鲁尔煤田有三家采矿公司经营27对矿井。萨尔煤田具有良好的组织条件，在煤田的最佳部分进行开采。萨尔采矿公司拥有6对矿井，其中恩斯多夫矿的井下工效率在西德采矿业中最高，达到每工10吨左右。阿亨煤田由两家采矿公司开发，共有3对矿井，开采优质无烟煤和肥煤。依本比伦煤田内有西德最深的硬煤矿，在深度达1400米的地方开采无烟煤层。

四、西德硬煤业效率的增长

五十年代中期以来，随着产量下降，硬煤业在技术上取得了突飞猛进的发展，在效率上有了大幅度的提高。通过生产过程的机械化和半自动化，井下的繁重体力劳动大为减少。为了达到生产集中和效率高并把邻近几个矿井合并为大型联合矿井，近20年生产矿井数从150对减少至40对（见图3）。同期内，每对矿井的平均日产量增长了一倍多，由4000吨增至9000多吨。目前最大矿井的生产能力为日产21000多吨商品煤（年平均），相当于日产4万多吨原煤。对于产量高度集中在每对矿井的少数高产工作面内具有决定意义的是，通过刨煤机和滚筒采煤机实现机械化采煤，而实现工作面快速推进的前提则是推行自移式液压支架，近年来主要是掩护支架。

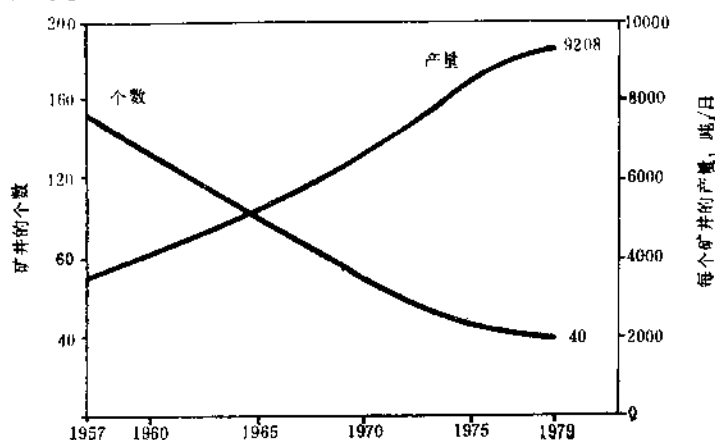


图3 矿井的个数和产量

随着工作面单产的急剧提高，现今工作面数已降至200个以内，即相当于20年前工作面总数的1/8（见图4）。工作面的平均日产量目前已经超过1500吨商品煤，最高的工作面平均日产量超过4000吨商品煤（月平均）。工作面产量的增长，只有在矿井现代化并实现其动力系统和掘进与运输技术不断更新的情况下才能取得。

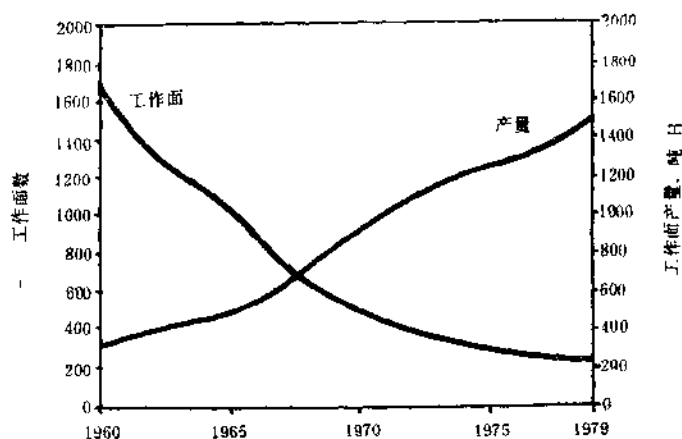


图 4 工作面数目和产量的变化

目前，煤巷和岩巷掘进仍主要应用钻爆法。然而机掘的作用日益增大，因为其掘进速度较高。每年约掘进500公里煤巷，其中已有20%由部分断面掘进机完成。在每年掘进的90公里岩巷中，全断面掘进机的使用日益扩大。现在西德硬煤业拥有五台全断面掘进机。

在运输技术合理化方面也取得了显著的效果。这不仅关系到煤炭运输，而且还关系人员和材料的运输。全部顺槽均安装上皮带运输机。在大巷中，皮带运输已占运输量的40%。现代化的皮带运输系统已由程序计算机控制。机车运输通过自动化和大型列车系统的应用而实现合理化，这种列车的容量达1000吨，小时速度为40公里。还感到欣慰的是，人员已用快速且舒适的运输设施运输，在这方面已取得良好的进展。

近20年来，通过技术的发展，井下工每工的效率由不足2吨提高到目前的4吨左右。同时期内，西德硬煤业的人员急剧减少，现在拥有职工18万人，其中井下工10万人，比20年前的职工数少2/3。

五、西德硬煤业的研究发展组织

西德硬煤业早就认识到，需要通过既定的研究发展工作和广泛的经验交流达到井下安全生产，并提高采煤的效率和经济性。这种见解源于下述情况，即产量的绝大部分出自鲁尔一个煤田，其它煤田的煤层条件又极其类似，同一技术均可同用。

自1905年起，硬煤协会便通过专业委员会开展经验交流。这种经验交流对技术进步作出了重要的贡献。研究发展工作的规模和范围不断扩大，因此大的研究发展课题的经费和风险不再能由一家公司负担，而应由更多的公司或整个采矿业负担。西德硬煤业的合作研究有着长期的传统，它的开始可追溯到100多年前。

为交流经验，西德硬煤业成立了硬煤协会，西德所有的采矿公司均隶属于这一协会。早在40年前，认识到有必要将研究发展活动的地点加以集中。埃森作为鲁尔煤田心脏的大城市被选定为其驻地。

五十年代末，作为西德硬煤业中央研究部门的采矿研究院建于埃森市。目前，这个研究院拥有1200名工作人员，专业范围有三，即：基础和安全，采矿技术，煤的加工和利用。共有约300名科学人员和学位工程师，约450名大专毕业工程师和技术员。其它人员为工人，管

理人员和辅助人员。埃森采矿研究院拥有各种现代装备的试验室和试验台。它与西德硬煤业内的各成员公司和联邦共和国的三所拥有采矿系的高等学府（阿亨、克劳斯塔尔和柏林）保持密切的合作。此外，也与制造厂家、工业公司和在一定专业范围内具有特殊经验的研究机构进行合作。

对于矿业研究发展工作，德意志联邦共和国许多科学领域的工业设施和高度的技术水平颇有裨益。由于有着大量的研究院，采矿研究院也可就众多的特殊问题向其它单位求教，而无需被迫耗费精力于边缘学科，从而能集中力量于主要问题。

与其它国家硬煤业的研究院也建立了良好的国际合作。特别应强调的是，与英国煤管局所属的布里特拜煤炭研究院和法国煤炭研究院建立起密切的个人接触和研究活动的协调。

正如一个西德矿工格言所说：我们采矿工作者自古就认识到，挖煤不是一个人的事。

二、研究与发展工作中的系统化计划

（以机掘巷道为例加以说明）

前言

系统、系统技术、系统分析、系统实施等概念的解释众说纷云，本报告旨在说明：

——如何理解本报告范围内的“系统”；

——为了较好地使研究计划和研究工作得以实施，如何选择技术系统。

按照一个流行的概念，“系统”就是“为了独立完成一项总体任务的各种技术——组织手段的综合”。

下面将以机掘巷道为例来说明技术系统。其系统的特点和隶属关系可由图1说明。对于分支系统将在后面谈到。

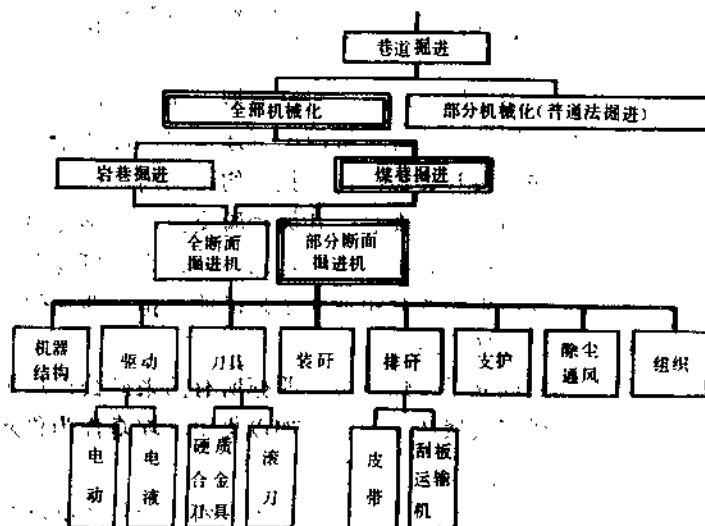


图1 全部机械化掘进巷道的系统

这个系统可推广到巷道掘进、生产企业和采矿部门，一直到整个公司和工业部门。

在这一关于系统化计划的报告中不打算就各个分支系统和发展阶段的理论上不容置疑的界限作过多阐述，而想指明：一项任务从总体来看是怎样提出的，它的各个局部怎样通过系统化分析加以研究，并相互有效地组合在一起的。

为了使计划和发展工作的系统化过程能够很直观，并对机掘巷道的逐步发展全局便于了解，用图 2 来表示 4 个阶段及其工作过程：

——方案阶段：研究为完成任务所提出的各种解决问题的建议；

——研究阶段：提出细部方案和系统方案以及有关发展工作的进度、日程和经费计划；

——发展阶段：设计、发展和试验机器；

——应用阶段：在生产使用中监视、改进机器，并使其适应生产条件。

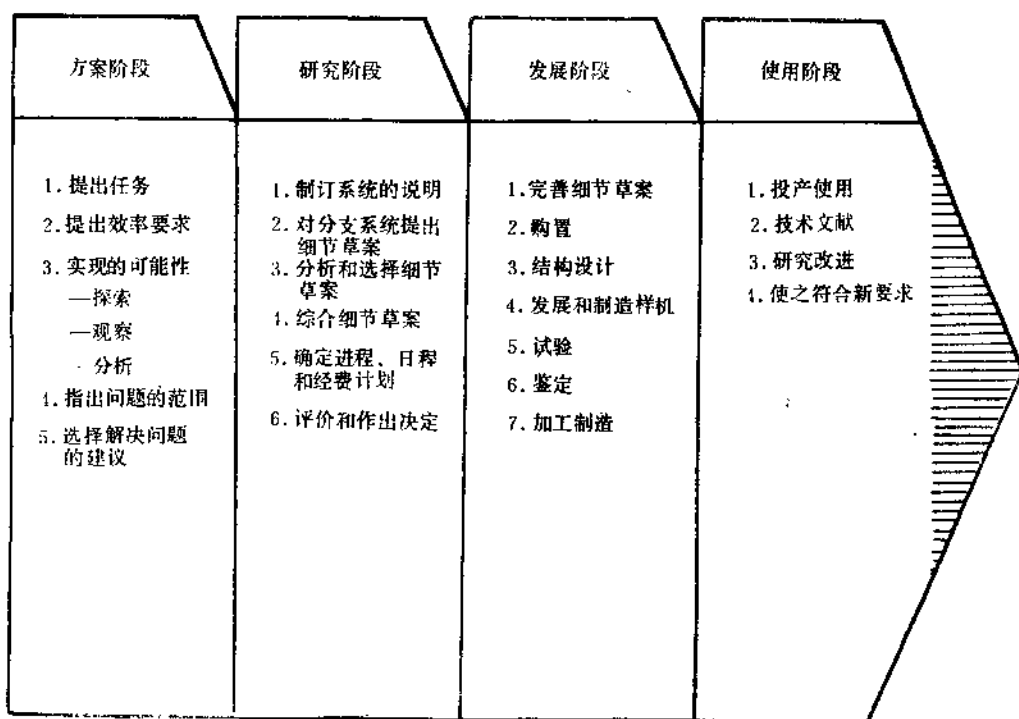


图 2 系统化计划和发展工作的进行

方案阶段

此阶段包括下列工作：

——提出任务；

——提出效率要求；

——探索、观察和分析实现这一任务的可能性；

——指明存在问题的范围；

——提出和选择解决问题的建议。

根据对“系统”这个概念的解释，在方案阶段开始时，要提出总体任务。这个口头的任

务要用能够表明欲达到的目的和所要求的效率的数据来加以补充。在矿业研究方面，这些要求是由采矿公司、研究院和机器制造厂家所组成的广泛的专业委员会合作研究的成果。根据这个前提就技术考虑方面提出概括性要求，以便据以取舍现有的、实现这一任务的可能性，并可探索新的可能性。

在具有发展课题特点的那些研究工作中，可根据一般技术的认识水平，以及正在研究单位及生产单位中进行的工作，来推导实现任务的可能性。

为了判断这种可能性，在考虑到效率要求的前提下，采用模拟的办法来重现不同的方案，并使与之有关的、以不同方式影响到将来成果的技术问题表现出来。

为了能够提供已经成熟的解决问题的建议，须首先明确存在问题的范围以及解决这些问题的思路。

在解决问题的建议中也应尽可能将一些非技术性的指标，如成本、使用范围、生产能力、国际合作等考虑进去，尽管在成本方面，只有在进入到所谓研究阶段时，方有可能制订一个最终有效的成本计划。

按照选择法，将那些在技术上、经济上、以及其它方面不可行的建议，由项目领导人剔除出去。所余留的建议就是方案阶段的结果，同时也构成了研究阶段的出发点。

机掘巷道的方案阶段提出了下列认识和结果：

任务是采用巷道掘进机掘进井下巷道。

不仅在煤矿，而且在钾矿、金属矿和水工及交通隧道建筑中都提出了同样的任务，要求采用机掘。

在这方面有一些共同的理由促进了掘进技术的发展：

- 劳动力的缺乏；
- 要求适应技术水平；
- 时间不充分；
- 要求避开爆破作业以提高生产的安全性；
- 要求谨慎处理岩层，从而提高岩层的稳定性；
- 和普通法掘进技术相比较，要求减少超挖量；
- 在接近地表的隧道工程中，在技术上要易于实施，便于施工；
- 为自动化建立一个较好的起点；
- 为掘进技术的机械化和自动化提供一个长期较佳的经济合理性。

这个总体任务通过一系列反映效率要求的指标来加以补充。对于煤矿来讲，意味着要研制这样的巷道掘进机：

- 能够切割出充分的巷道断面（例如：煤巷断面可达20米²，岩巷断面可达30米²）；
- 机器在一定范围内可以拐弯（最小曲率半径为100~120米）；
- 便于在井下狭窄的巷道中运输（例如最大部件的重量达20吨）；
- 符合必要的安全要求（空调、除尘、防瓦斯）；
- 掘进效率要比普通法掘进在技术上显示出明显的进步。

当明确任务和目标以后，就要探索和选择实现它们的可能性。

较合理的作法是先将各个工序分别予以观察，并探讨它们实现机械化的可能性。这些工序包括：破岩、推移机器、装矸、排矸和支护。

上述各道工序的机械化存在着以下的可能性：

破岩：可采用全断面破岩的形式，也可采用部分断面破岩的形式；根据破岩技术，可采用切削式，也可采用滚刀挤压式。

推移掘进机：可采用行走机构、迈步机构或超前钻杆牵引。

装矸：采用不同的装载机构或铲斗。

排矸：采用皮带输送机、刮板输送机、液压——机械或气动运输工艺。

支护：采用环形或拱形金属支架、混凝土预制块、锚杆、喷射混凝土或塑料。

按照协议，这个项目的任务和目的是整个系统的综合机械化，所以各单一工序独自实现机械化是不够的。尽管如此，应将基本工序首先分开进行研究和分析。

通过对各种可能性加以分析，可以揭示出存在问题的范围，而解决这些问题则是解决所提出的整个任务的前提。

下面将列举一些存在的问题：

为破岩而寻找适合的工艺和刀具时，要考虑到：不同的岩石种类和岩石强度不得使用统一的刀具。

在软岩巷道中对刀具和钻头所提出的要求，与在硬岩、研磨性岩石巷道中所提出的要求是不同的。

出于这种观察，产生了最早的认识，必须分别研制用于软岩和难于钻进的岩层的机器，在软岩中用带有硬质合金刀齿的机器，在难于钻进岩层中采用滚刀。

破岩过程中的另一个问题是要按预定要求切割出光滑的巷道断面，这是实现支护工作机械化的一个重要前提。

与破岩过程紧密结合在一起的是除尘问题，在这方面对除尘技术提出了高要求。

从通风技术方面看，使用高效驱动设备所带来的问题同样需要予以重视。由于热量的产生，给德国煤矿本来不利的井下空气又增加了负担，故必须对巷道掘进中的通风问题提出特殊要求。

岩石的粒度对装矸和排矸起着相当重要的作用，它和所使用的刀具有关，所产生的粒度可细到尘粒、粗至大的岩块。在选择装矸和排矸的机器设备时，也必须从粒度值方面来加以考虑。在进行选择时的一个附加指标是运输设备的耐磨强度和灵活性。

很遗憾，支护工序从目前来看所带来的困难最大，因为机械化安装支架构件需要在技术上花费很大的力量，而且掘进机周围的空间十分狭窄，为加装支护机械化设备带来很大困难。

采用巷道掘进机，除技术问题外，也提出了劳动组织上的问题。在此要提出实例来说明从后配套到地面的劳动组织问题。

根据对实现方案的各种可能性的判断和存在问题的分析（此处对这一问题不可能详细阐述），产生出下列解决问题的建议：

——对硬岩采用带滚刀的全断面掘进机；

——对软岩采用带硬质合金刀齿的部分断面掘进机。

方案阶段的结果形成了这样两项解决问题的建议，根据彻底的评价分析，这些建议的实施是完成所提出的任务的上策。

这时，这些建议作为发展课题由研究阶段安排。根据在煤巷和岩巷中所存在的使用条件，简要地确定：全断面掘进机用于岩巷，部分断面掘进机用于煤巷。

研究阶段

在研究阶段必须进行以下工作：

- 制定系统的说明；
- 对分支系统提出细节草案；
- 分析和选择细节草案；
- 综合细节草案；
- 确定进程、日程和经费计划；
- 评价和作出决定。

方案阶段的目标是探索在技术上可以实现的解决问题的建议，这些建议要满足对效率所提出的要求；而研究阶段的任务则在于，提出一个具有说服力的项目说明，这是以后发展工作的基础。

在项目说明中（它表示出研制课题的范围），将总的系统分解为分支系统和职能部分，精确地规定出对效率的要求，并将它们分配到分支系统中。为实现分支系统而作出的细节草案又要求对不同的方案进行选择。

这表明：在许多方面都要重复方案阶段的工作过程，但这是在一个新的水平上又深化了一步。在研究阶段分析出的详细说明和系统要求，构成了发展阶段结构设计资料的一部分。

特别应注意的是对各职能部分的细节草案加以综合，经过特别的研究找出令人满意的办法来加以实现。这些部分从它的系统效果来看，有时需要改进，有时不能发挥作用。

这个被深化了的系统说明的最理想结果，构成了发展工作的进程、日程和经费计划的基础。

根据最终的项目说明、细节草案和分析报告，可对处于发展阶段的工序提出一个内容广泛的进程和日程计划。采用适当的计划方法，如知名的“网络计划”，提出项目资料，经补充费用和经济性计算后，就可对研制课题进行结论性的评价和不断的检查。到这时便进入了又一个具有决定性意义的阶段。在此要决定设计究竟应中断，还是继续进行。

特别要指明的是：方案阶段和研究阶段的工作，决定了系统发展工作的成果。在这两个阶段中所取得的结果和判断的正确性和明确性，是使发展工作顺利进行的最好保证。

出于这一原因，要对系统化计划的前两个阶段进行特别细致的研究。为了说明研究阶段的工作，以全断面掘进机上的滚刀为例讲一下细节草案的分析和选择。

在方案阶段已经对破岩工序有所明确，即：在硬岩、特别是研磨性岩石中，只能采用盘形滚刀。根据对效率所提出的要求，包括掘进效率、能耗、刀具寿命、钻

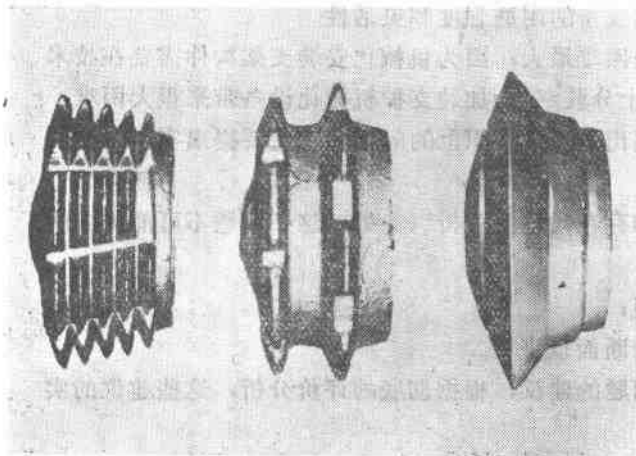


图 3 盘形滚刀

研块度等，导致了由牙轮滚刀向多刃盘形滚刀、单刃盘形滚刀和球齿滚刀的系统性发展（图3）。

滚刀的形状、材质、堆焊工艺和轴承，必须为完成效率方面的要求而细致地协调一致。为此所要求的广泛的试验工作，曾进一步在采矿研究院的一个井下钻进试验台进行。

发展阶段

在发展阶段，应当实现前两阶段已进行方案设计、分析和作出计划的课题。这个阶段各个过程是：

- 完善细节草案；
- 购置；
- 结构设计；
- 发展和制造样机；
- 试验；
- 鉴定（审查）；
- 加工制造。

通过广泛的组织工作对研究项目进行协调。

如果说在前两个阶段，即方案阶段和研究阶段中，主要的活动放在研究和发展部门，则设计、加工制造和试运转几乎都是由设计和加工部门来承担的。

在具体实施和咨询方面要由研究部门和加工制造部门交替发生作用（图4）。

在此有一点是很重要的，即：在加工制造阶段为了保证相互配合，各个部门之间要不断交流情报。

要明确课题管理和课题组织方面存在的问题，这些问题的解决显然影响着计划和研制工作中的首要方面。

由课题领导部门所经管的研究组应对参加单位之间顺利地合作负有责任。这项活动的基础和结果就是进程和日程计划，它们以购置计划、加工制造计划、情报交流计划等形式将各个专业部门联系起来。

在这个阶段对细节方案进行完善，并进行机器的试验和鉴定时，研究部门要直接参与结构设计。通过半成品或样机的性能和功率与效率要求的比较，作出各种补充和更改，这些都必须草案资料中加以考虑。

根据更改了的草案资料，可对确定下来的部分进行粗加工、精加工以至组装。这时就不必再按照研制和加工制造过程中固有的规律来行事了（样机、小批生产、批量生产）。

使用阶段

使用阶段包括下列过程：

- 投产使用；
- 技术文献；
- 研究改进；
- 使之适应新的要求。

在许多机器技术的研制课题中，使用阶段与发展阶段是交织在一起的，因为绝大多数的

	研究	设计和加工	生产
设计 —探索 —观察 —分析	提出任务 实现的可能性 指出问题的范围 解决问题的建议	咨询 咨询 咨询	提出对效率的要求 咨询 咨询
研究	细节分析 进程、日程和经费计划 分析、评价	咨询 咨询 咨询	咨询 咨询
发展	咨询 咨询 咨询	细节草案 结构设计和发展 试验	
使用	提出改进建议	咨询 技术文献 研究改进并使之适应新要求	使用 提出改进建议

图 4 课题组织

有效的试验首先通过生产中的使用才能得以保证。还需要补充说明的是，在试验时已要求有很高的投资，所以人们往往试图在发展阶段通过使机器在生产中发挥效能，至少部分地补偿一下研究经费。当然也可以通过所谓过渡阶段进行有目的的补助，使大家来分担风险，并为相互合作作好进一步的准备。

如果说从发展阶段已可看出，工作重点愈来愈多地脱离开研究部门，则在使用阶段这一趋势更为明显。

在加工和生产部门之间的合作范围中，研究单位主要在提出和分析技术文献方面与上述

单位共同合作。

下面介绍一个时间虽已久远，但是特别合适的实例来说明发展阶段和使用阶段的过程。这涉及到一个题为“采用部分断面掘进机掘进煤巷”的研制课题。在研制开始之前，完成了这个掘进系统的方案和研究。这项工作的目的是使掘进系统适应煤矿中的特殊条件。从图5中可看到矿床条件与机器技术发展工作之间的密切关系。

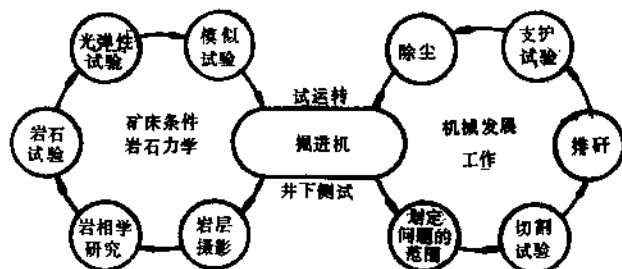


图5 矿床条件和岩石力学对机械技术发展工作的影响

通过初步试验已经表明：仅仅通过改进掘进机并不能完成设计中提出的效率要求，要进一步发展各个不同的分支系统，并使总的系统达到最佳化。

根据这些认识确定了这项发展工作的重点：

- 使切割技术与各种变化着的岩层特性相适应；
- 改进支护技术；
- 发展排矸设备；
- 研究后配套的技术方案及其最佳的组织；
- 研究和改进除尘装置。

一项很重要的任务是研制带有硬质合金切割头的悬臂式掘进机(图6)。一方面，从材质和几何尺寸方面是否选择了正确的切割刀具，直接影响着破岩过程。另一方面切割头的形状对装载工序和巷道断面成型方面也有重要的影响。在E V 100型小炮头掘进机上，切割头的形状经历了四个发展阶段的变动，而终于改进了切割过程，并对装载工序发挥出有利的作用，短切割头被改为较长的切割头，刀具呈螺旋布置。

此外，在硬岩中进行重点试验时，改变了刀具的几何尺寸，延长了使用寿命。为了达到这方面的认识，对所切割的岩石进行了试验室研究，这是一个前提。

将巷道切割出光滑的断面，具有特殊的意义，因为超挖会使矿压和支护技术方面可利用的长处基本上丧失掉。所以研究发展了一种限制切割断面的技术，依靠仿形控制装置自动沿巷道壁调节切割断面，还打算进一步配合使用激光定向装置。

对全断面掘进机作的系统分析清楚地表明了掘进机效率与排矸量、供送材料（特别是供送支护材料）的关系。随着掘进速度的加快，这种料流对掘进机后配套系统的影响就愈大。

在方案阶段所提到的四种排矸的可能性中，对部分断面掘进机来说，只有刮板输送机可考虑采用。

由掘进机尾的运输机向另一台运输机转载的部位，形成一个灵活的、可沿掘进方向推移的环节是非常重要的。研制了一种与之相适应的机构(图7)。

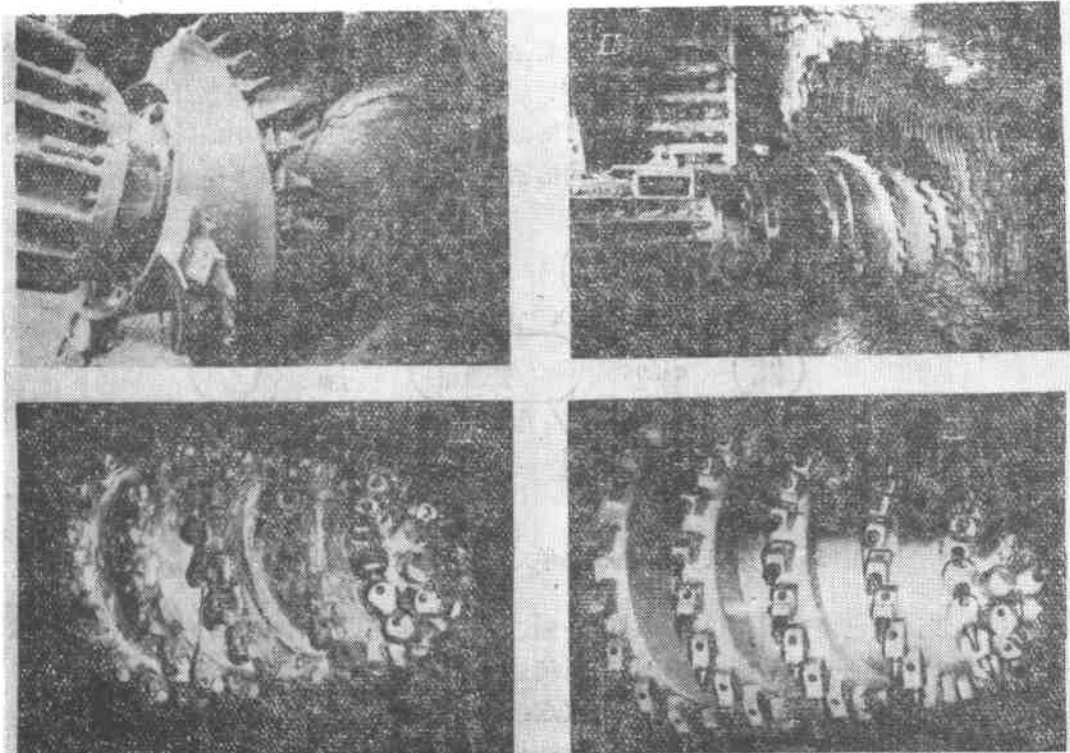


图 6 切割头

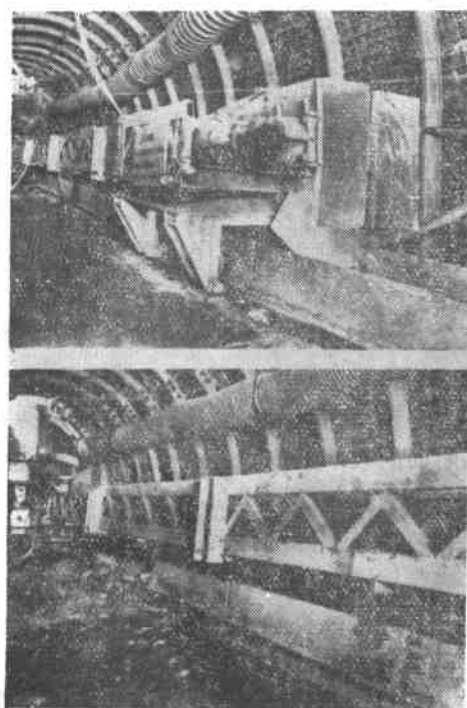


图 7 后配套运输设备

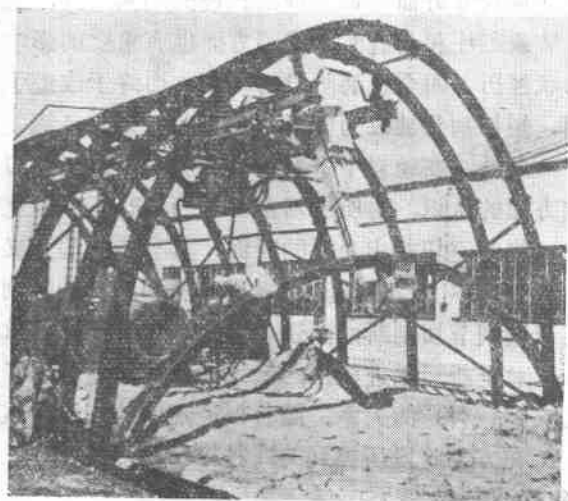


图 8 支架架设机

向掘进机头方向运送的料流，主要是支护材料，具有同样重要的意义。因为出自安全上的原因，如果裸露的巷道断面不能被支护的话，机器必须马上停止掘进。

如支护材料必须沿机体一直送到机器前面进行安装，会遇到特殊的困难。在这种情况下，在机后进行支护的掘进系统有其优点。为了能够用机器取代繁重的体力劳动，而将支架构件举起，特别研制了一种辅助的支架安装机（图8）。

这里所列举的发展工作只是整个系统中的一个局部。

结语

在此用一个机掘巷道的例子指出，如何来理解和进行研究和 Development 工作中的系统化计划。

这里列举了系统技术的基本原则，并不是为了介绍一种新的知识领域，而是为了说明：一个系统化过程可使所提出的任务获得最佳解决。

从提出任务到投产使用的整个课题分阶段进行，以及将整个系统细分成分支系统和部分，可以使人们找到解决问题的明确途径，并促进了不同领域之间的合作。

如果将整个系统的各个部分从纵向和横向划分一下，其顺序应该是：

- 规划系统；
- 分解系统；
- 分析各分支系统；
- 揭示各个局部之间的相互关系；
- 实现各个局部之间的最佳综合。

大家知道：在研究和 Development 工作中，不能象在生产中那样对某一过程规定得过于刻板。尽管如此，仍然对系统化计划提出了要求。其原因是：这样作可以使所有参加课题的成员，在协商一致的时间内，对共同的问题有共同的语言，而且达到彼此之间的相互了解。

三、优选法在矿业研究与发展 工作中的应用

采用新方法编制研究计划

德国硬煤业从来都是共同从事研究发展工作的，硬煤协会则作为组织者，负责经验交流。1958年成立了采矿研究中心，建立了新的研究院。其中包括许多合作机构，这些合作机构早在第一次世界大战期间就存在了。由于合作研究的大力促进，从研究和 Development 工作的合作方面来看，西德煤矿往往居于西德各工业部门之首位。一般情况下，在其它工业部门，研究和 Development 工作均由各个企业单独进行，或者由高等院校及国立机构进行。这种情况几十年来在德国变化甚微（图1）。

随着与硬煤协会和采矿研究院在研究和 Development 工作方面的进一步合作，硬煤业比那些也在进行合作研究的其它部门又前进了一步。从煤矿的地位来看，也有必要尽可能使采矿公司与硬煤协会卓有成效地合作，以充分利用其经费和高水平的设备。此外，还有一个有利条件，