

第七篇

矿井巷道工程施工 设计实用技术与图集

第一章 矿井施工图设计一般规定

第一节 基本规程的使用

根据煤炭工业的建设方针和技术政策,结合三十年来的生产建设实践经验,煤炭工业部制定了《煤炭工业设计规范》(以下简称《设计规范》),作为矿井设计的依据。

《设计规范》适用于新建和扩建矿区的总体设计、矿井的新建、改建和挖潜设计。

(1)煤炭工业设计要根据资源情况和国民经济发展的需要,全面规划,合理布局,正确处理工业与农业、全局与局部、近期与远期的关系。

认真贯彻老矿(厂)挖潜、革新、改造的方针,充分发挥现有矿(厂)的增产潜力,处理好新建、改扩建、挖潜的关系。

(2)矿区建设要少占农田、节约用地,并结合工程建设做到有利于农田灌溉、改地造田和改善交通条件,以促进农业发展。

(3)要大力开展技术革新和技术革命,学习国内外先进技术,不断总结经验,积极、慎重地采用和推广新技术、新工艺、新结构、新材料、新设备。要改革落后的工艺,改进开拓部署,提高机械化水平,使矿井建设做到布局合理,生产集中,系统简单,环节畅通,并逐步实现自动化,以改善劳动条件,提高劳动生产率。

(4)要坚持勤俭节约和社会主义协作的原则。设计中不得为矿井生产翻番预留潜力。设计要认真进行方案比较,加强经济分析,努力节约人力、物力、财力,做到少花钱,多办事,加快建井速度。并尽量使临时工程与永久工程相结合。

(5)要贯彻安全生产的方针,严格执行《煤矿安全规程》(以下简称《安全规程》)。抗震设计应符合《煤炭工业抗震设计规定》的要求。做好灾害预防工作,确保安全生产。

(6)要提高煤炭质量。对炼焦用煤均应洗选,并逐步扩大对动力、化工用煤的加工、洗选。发展粉煤成型,以满足国民经济发展的需要和合理利用煤炭资源。

(7)要发展综合开采和综合利用。积极开发石煤、油母页岩等低热值燃料。对煤矿石和矿(厂)排放的废水,要进行综合利用,变废为宝,变害为利。

(8)要坚持基本建设程序。设计要主动和地质勘探相结合,认真研究地质资料,制定合理的设计方案,积极和施工配合,为施工创造条件,缩短建设周期。

(9)要积极结合任务设计编制和采用标准(通用)设计,机械设备和构配件要积极采用标准化、系列化产品,以提高设计质量,加快建设速度。

(10)煤碳工业设计除应附合《设计规范》的规定外,还应执行国家颁发的有关专业的技术规范和规程。

第二节 矿井设计施工图固定图号

本图样编号适用于煤炭工业设计工程图样及设备图样(以下简称图样)。

一、图样的编号规定

(1)图样的编号方法,必须严格贯彻,规定如下:

- ①单项工程项目(包括单位工程项目)编号方法,适用于任务设计的工程图样;
- ②标准设计编号方法,适用于部颁标准设计的工程图样;

(2)每套图样应有各自编排系统,并应有独立的图号区别。如同一图号的图样用数张图纸画出时,则在各张图样上均标注同一图号,并在每个图号后标注其张次号码;

(3)矿井井下峒室、地面建筑物和构筑物的电气照明、暖卫设备等辅助工程图样,其编号方法,采用分数形式,分子为机电、暖卫专业的固定图号,分母为峒室、建筑物和构筑物的固定图号;

(4)新编制的图样套用其他图样时,套用部分仍沿用原有图号;

(5)复制其他部门的图样,其图样均用原图号,不另编号;

(6)各种图样须经修改绘制新图样时,可在有关号段之后,加注代号,如 G_1 、 G_2 、 G_3 、

.....等字样以示其修改顺序。例：

①整个单项工程项目修改时 ,则在任务号之后 ,加注修改顺序号。如：
原编号为 S1005 ;修改后的编号为 S1005G₁。

②整个单项工程项目的某一单位工程项目的图样需修改时 ,则在固定号之后 ,加注修改顺序号。如 :原编号为 S1005—204 ;修改后的编号为 S1005—204G₁；

③一套单位工程项目图样中需修改一张及若干张图样时 ,则在被修改的某一张图样的顺序号之后 ,加注修改顺序号。如 :原编号为 S1005—204—01 ;修改后的编号为 S1005—204—01G₁。

(7)测量部分的图样编号方法 ,仍按全国统一编号办法编制。

二、各类图样的设计阶段代号 ,如表 7－1－1 所示：

表 7－1－1

代 号 设计图 纸 类 别 设计 阶 段	总 体 设 计	方 案 设 计	初 步 设 计	扩 大 初 步 计	技 术 设 计	施 工 图
工 程 设 计	Z	F	C	KC	J	S
标 准 设 计			GBC	GBJ	GBS	

注 :GB 为国家标准代号。

三、单项工程项目代号的规定

如表 7－1－2 所示：

表 7－1－2

顺 序	单 项 工 程 项 目 名 称	代 号
1	总 体	0
2	矿 井	1
3	选 煤 厂	2
4	机 厂(煤矿机械厂、机电修配厂)	3
5	露 天 矿	4

顺 序	单 项 工 程 项 目 名 称	代 号
6	输 配 电	5
7	铁 路	6
8	水 暖	7
9	火 药 厂	8
10	其 他	9

四、矿井设计固定图号

如表 7－1－3 所示：

表 7－1－3

固 定 图 号	专 业 划 分
101 ~ 180	采矿专业
181 ~ 200	施工组织专业
201 ~ 300	机电专业
301 ~ 400	机制专业
401 ~ 500	工艺布置及总图运输专业
501 ~ 600	矿区辅助企业
601 ~ 800	土建专业
801 ~ 900	水暖专业
901 ~ 950	矿区附属设施
951 ~ 999	工程地质备用号

表 7－1－4

固 定 图 号	工 程 名 称
101	矿区交通位置图
102	区域地质地形图
103	井田地质地形图
104	地质剖面图
105	煤层底板等高线及储量计算图

固 定 图 号	工 程 名 称
106	保安煤柱图
107	柱状图
108	
109	井田开拓方式平剖面图
110	开拓巷道工程图
111	主井井筒
112	主井井筒与车场连接处
113	
115	
116	副井井筒
117	副井井筒与井底车场连接处
118	风井井筒
119	风井与通风巷道连接处
120	注沙井井筒
121	井底车场平面、断面及工程量表
122	巷道断面图
123	巷道交叉点
124	轨道运输系统图
125	
126	矿区井田划分及开发方式图
127	
128	液压站峒室
129	
130	
131	中央水泵房
132	中央水泵房管子道

固 定 图 号	工 程 名 称
133	火药发放峒室
134	沉淀池
135	
136	水仓及清理水仓斜巷绞车峒室
137	中央变电所
138	架线式电机车库及修理间
139	消防列车及消防材料库
140	井下炸药库
141	防火门峒室
142	密闭门峒室
143	等候室
144	调度室及诊疗室 ,井下办公室
145	工具备用保管室
146	防水闸门峒室
147	推车机及翻车机峒室或自卸矿车卸载站峒室
148	箕斗装载峒室
149	井下厕所
150	岩粉棚
151	防火壁龛
152	压风机峒室
153	蓄电池电机车修理及充电峒室
154	
155	清理撒煤斜巷及峒室
156	采区水仓及沉淀池
157	采煤方法图
158	采区车场图
159	采区绞车房或无板绳绞车房

固 定 图 号	工 程 名 称
160	采区煤仓及溜煤眼
161	采区变电所
162	采区水泵房
163	采区布置及机械配备图
164	采区年进度计划图
165	井巷工程数量表
166	
167	
168	
169	采区矸石仓
170	
171	通风系统甲
172	风门、风桥、密闭等峒室
173	排放瓦斯工程
174	
175	
176	充填系统图
177	水力提升峒室
178	
179	
180	
181	矿区交通运输及附属企业布置
182	井筒掘进时期地面施工总平面图
183	巷道掘进时期地面施工总平面图
184	井筒掘进设备布置及井口提升设备布置图
185	风井掘进设备布置及井口提升设备布置图
186	井巷工程施工进度图

固 定 图 号	工 程 名 称
187	井底车场施工进度图
188	移交生产时采区施工进度图
189	机电设备安装工程施工进度图

五、图号组成

单位工程项目采用固定图号编号的举例：

S1003—158(1)—01

S :为设计阶段代号(见表 7－1－1)；

1 :为单项工程项目代号(见表 7－1－2)；

003 ;为任务号 ,由设计单位的计划部门根据所接受的设计任务顺序编排 ,其任务号由三位数字组成(如 001 ~ 999)；

158 :为单位工程项目固定图号(见表 7－1－4)；

(1) ;为类型号 ,由编制人根据具体情况编排(不需要时可省去) ,编排时用带括号的阿拉伯数字(1)(2)(3).....顺序表示 ；

01 :为号尾 ,按出图的习惯编排号尾 ,用一个号段编制时 ,用阿拉伯数字 01、02、03顺序表示。如只有一张图样时 ,则不编顺序号。

注 :固定图号与任务号、顺序号之间均以短横“ — ”分开。

第二章 矿井地面生产系统及特种结构设计的基本准则

第一节 矿井地面生产系统的工艺流程

一、矿井地面生产系统的基本概念

原煤和矸石从井下提升到地面以后,一般要经过装卸、运输、加工、贮存等过程,然后外运。为此,在矿井地面就需要安装相应的设备,建造相应的生产性建筑物和结构物(这些结构物简称为特种结构),敷设公路、铁路和各种工程管线。矿井地面生产系统就是指由所有这些设备、建筑物和结构物以及各种管线组成的总体。它们所占用的场地,通常称地面工业场地(亦可称为工业广场)。

地面生产系统是根据煤层的开采方法、提升系统、煤的加工方法、运输系统、排矸系统、选煤系统和管道线路系统以及地形等因素来确定的。而矿井地面工业场地又是根据地面生产系统来布置的,通常称为矿井地面工业场地总平面布置。因此,合理地确定地面生产系统的布置方式,对于合理地进行总平面布置,对于降低矿井建设投资和经营费用以及提高劳动生产率具有重要意义。

二、地面生产系统的组成及类别

矿井地面生产系统,一般分成两大系统,即煤和矸石两种生产系统。

(一)煤的地面生产系统的类型

根据煤的性质、用途、加工运输方式的不同 ,煤的地面生产系统有四种类型 :

1. 原煤不经加工或经初加工的生产系统

这种生产系统适用于原煤不需要加工 ,或原煤拟送中央洗选厂加工的煤矿。其工艺流程框图见图 7-2-1。原煤提升到地面以后 ,经由煤仓或贮煤场直接装车外运。当装车煤仓贮满时 ,可将原煤运至贮煤场。贮煤场的煤根据需要随时可以返运到装车煤仓进行装车。

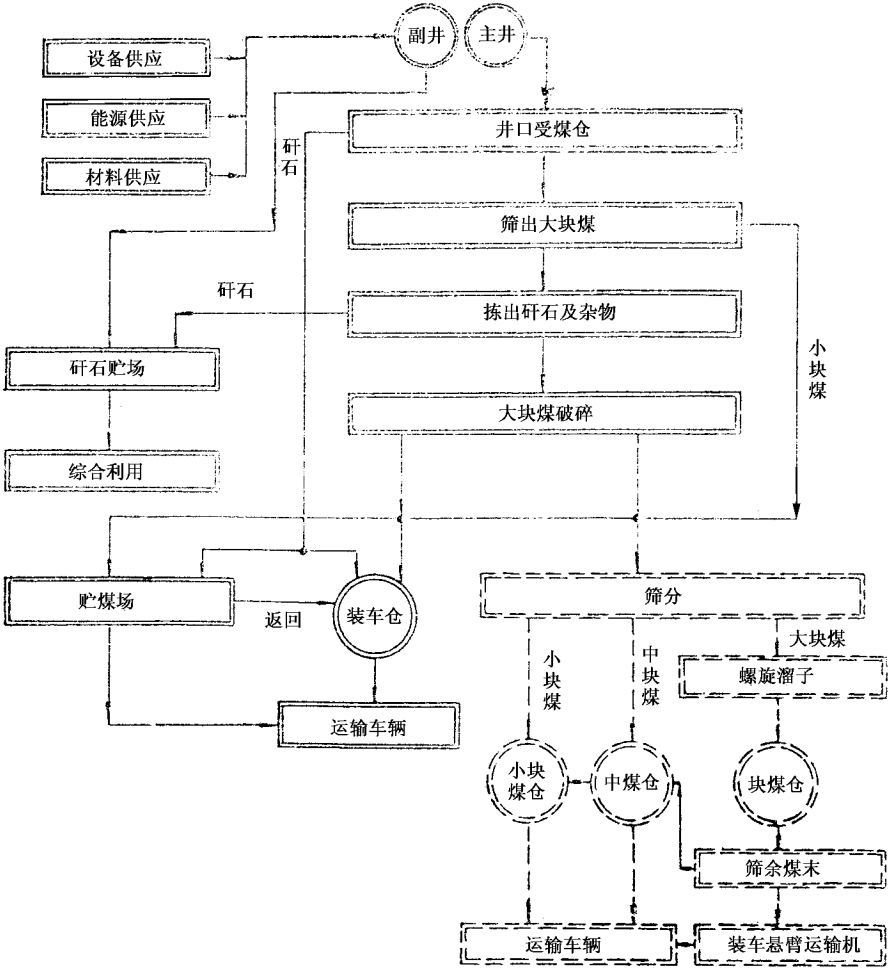


图 7-2-1 原煤经初加工或筛分的生产系统框图

1—实线表示原煤初加工后直接运出 2—虚线表示原煤初加工和经筛分后运出

如原煤需初步加工时,可适当增加筛分破碎设备(图 7-2-1)。原煤提升到地面以后,经过受煤仓卸入筛子进行筛分,大块煤卸到低速输送机上,经过手选,将煤中矸石拣出,再将大块煤进行破碎,然后与筛下的碎煤混合,送入装车煤仓外运。

2. 原煤经过筛分的生产系统

这种生产系统适用于生产动力煤和民用煤的煤矿(图 7-2-1)。原煤提升到地面后,需要按照用户对煤质与粒度的要求进行选矸和筛分。可以直接将原煤送入筛分楼进行筛分,也可先过筛并拣出大块煤中的矸石,然后将大块煤破碎,再与筛下的小块煤混合送入筛分楼进行筛分。经过按粒度分级后的煤,分别贮存于各个仓格中,以便装车外运。大块煤装车前还应过筛,筛下的煤末送入相应的煤仓仓格中。

3. 原煤经过洗选的生产系统

这种生产系统适用于产量较大和对煤质要求较高的煤矿。主要由手选、筛分和洗煤三个部分组成。原煤经过洗选后筛分,按粒度分级装入煤仓外运。其工艺流程框图见图 7-2-2。原煤提升到地面以后,先送入贮煤仓,然后进行筛分,并从大块煤中拣出矸石,再将大块煤破碎,破碎后的煤与筛下的小块煤混合送往洗选厂进行洗选。洗选后的煤送入装车煤仓外运。在这种工艺系统中应有两个贮煤场:一个贮存未经洗选的煤;另一个贮存洗选过的煤。这两个贮煤场的作用在于调节自矿井或洗选厂出煤量的不均衡性。

如邻近矿井的煤须在同一洗选厂进行洗选时,则需另建一个贮煤场,以便贮存邻近矿井运来的煤。

4. 原煤经洗选和筛分的生产系统

这种生产系统是第二和第三种生产系统的综合。其工艺流程框图见图 7-2-2。分洗选和筛分两套系统,先进行洗选,然后进行筛分,最后按粒度分级装入煤仓外运。

(二)排矸系统

矿井在建设和生产期间,随着井巷的开拓和煤的开采,将有大量的矸石运出矿井,特别是开采薄煤层时,矸石的排出量有时可达矿井年产量的 20% 以上。

矸石提升到地面以后,由矿车经窄轨送至排矸场的矸石仓,从矸石仓经地道运送到矸石场,再用矸石箕斗或矿车排至矸石堆。由于矸石易散发灰尘和有自然发火的风险,且易产生大量的有害气体,因此矸石场地一般设在工业场地、居住区的下风方向,地形上应有利于堆存矸石,并应尽量不占或少占耕地。当矸石有自燃可能时,其矸石场地边缘与下列建筑物间应有一定距离:距压风机房、入风井口不小于 80m;距坑木场不小于 50m;距居住区一般不小于 700m,且不得将矸石排在洪水水源上游的河床上。

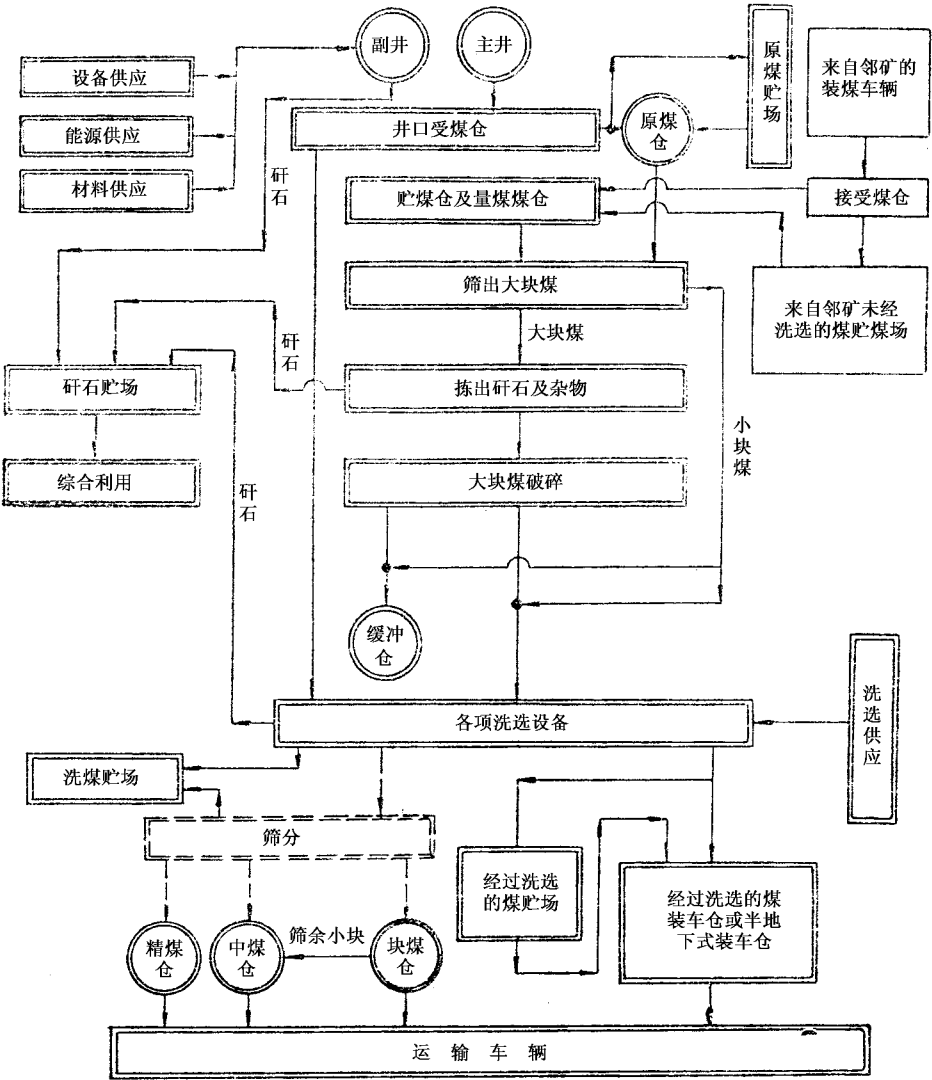


图 7-2-2 原煤经洗选或筛分的生产系统框图

1—实线表示原煤只经洗选后运出 2—虚线表示原煤经洗选筛分后运出

矸石场按照矸石的堆积型式可以分为高堆矸石场(即矸石山)与平堆矸石场(填平低洼地)两类：

1. 高堆矸石场(矸石山)

这种矸石堆一般高出地面 25~50m 最高不超过 100~120m。矸石堆积的自然坡度为 40°~45°。这种矸石堆的主要优点是：布置紧凑，设备简单。缺点是矸石场的占地面积大，且矸石堆附近灰尘较多，污染环境。

2. 平堆矸石场

这种矸石场主要用于矿井工业场地及其附近地形起伏不平且矸石无自然发火危险时,可利用矸石将场地附近的洼地、山谷填平。当地形适宜时,应尽量利用这种形式。这种矸石场的缺点是地形变化大,机械设备需要经常移动,工作不方便。

排矸设备除可利用轨道矸石箕斗和矿车运输外,还可利用架空索道排矸。架空索道的优点是移动设备,机械化程度高,所以被广泛采用。

第二节 矿井地面建筑物与结构物的类型与功能

一、矿井地面建筑物与结构物的组成

根据矿井地面生产系统的不同,矿井地面建筑物与结构物大体上可按四类生产系统组成:

(一)用普通罐笼提升将原煤直接运出的生产系统

原煤用普通罐笼提升到地面后,矿车自动溜进翻笼,将翻笼翻转卸煤,漏进煤仓,再由胶带输送机送到装车煤仓外运。这种系统组成的地面建筑物与结构物有:井架、井口房、提升机房、翻车机房、输送机栈桥(或走廊)、装车煤仓以及贮煤场、矸石山等,见图 7-2-3。

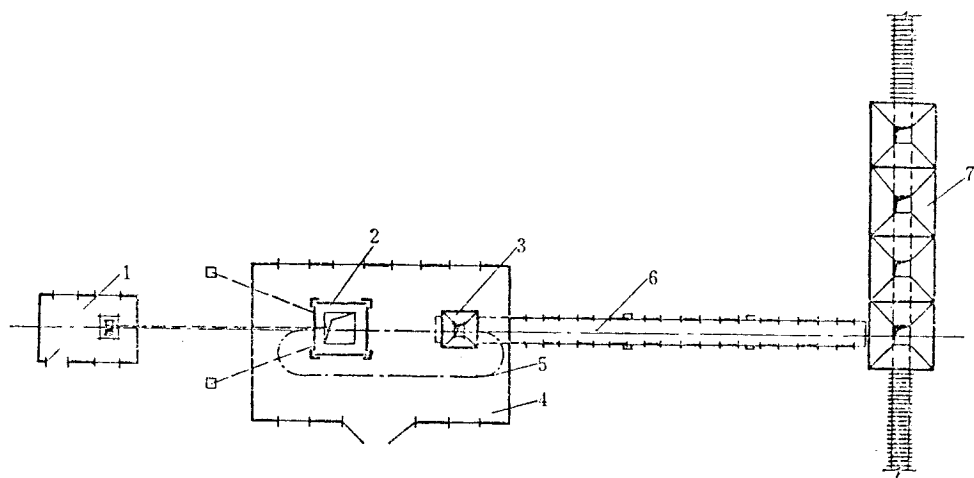


图 7-2-3 用普通罐笼提升时的建筑物与结构物

1—提升机房 2—井架 3—煤仓 4—井口房 5—矿车道 6—胶带输送机走廊 7—装车仓

(二) 用箕斗提升经筛分洗选的生产系统

原煤用箕斗提升到地面后,将煤卸到接收仓中,再用胶带输送机运到筛分楼(或洗选厂)进行筛分、洗选,然后送到装车煤仓外运。这种系统组成的地面建筑物与结构物有:井架、井口房、接收煤仓、筛分楼或洗选厂、输送机栈桥(或走廊)和装车煤仓等。见图 7-2-4。

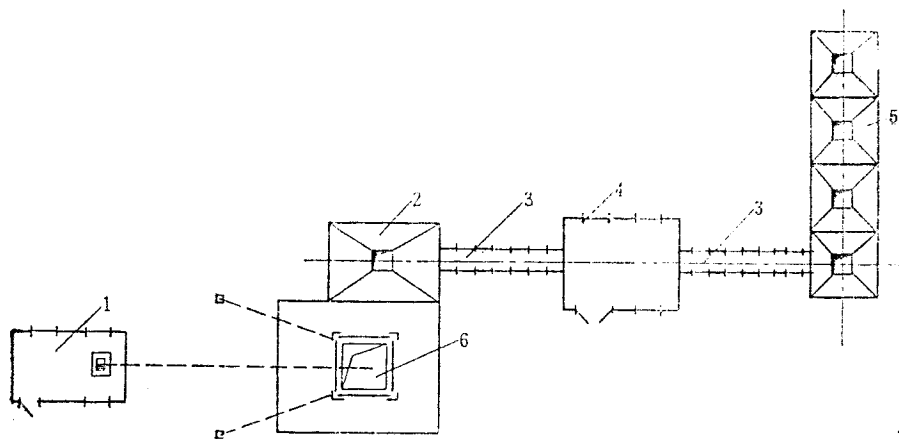


图 7-2-4 用箕斗提升经筛分洗选时的建筑物与结构物

- 1—提升机房 2—接收仓 3—胶带输送机走廊;
4—筛分楼(或洗选厂) 5—装车仓 6—井架

(三) 斜井提升的生产系统

原煤由斜井提升到地面后,如直接外运时,则可由胶带输送机或矿车(或箕斗)将煤直接运到装车煤仓外运(图 7-2-5)。如用矿车运输时,则需设翻笼设备。如煤需经分级洗选时,可将原煤卸入中间煤仓,再运往筛分和洗选设备,经筛分洗选后再运至装车煤仓外运。这种系统组成的地面建筑物与结构物有:输送机栈桥(或走廊)、井架、提升机房、翻笼房。

(四) 平硐矿井的生产系统

原煤由矿车或输送机运出矿井后,可以直接外运,也可以经筛分、洗选后运入装车煤仓外运。其生产系统与斜井提升生产系统相似。其建筑物与结构物的组成,也视原煤运出后的加工方式而定。见图 7-2-6。

综合上述,矿井地面建筑物与结构物的组成是根据矿井地面生产系统决定的。而每一建筑物与结构物的功能则要根据生产系统中的工艺流程的要求来决定。一般来说,矿井地面建筑物与结构物可分两类:

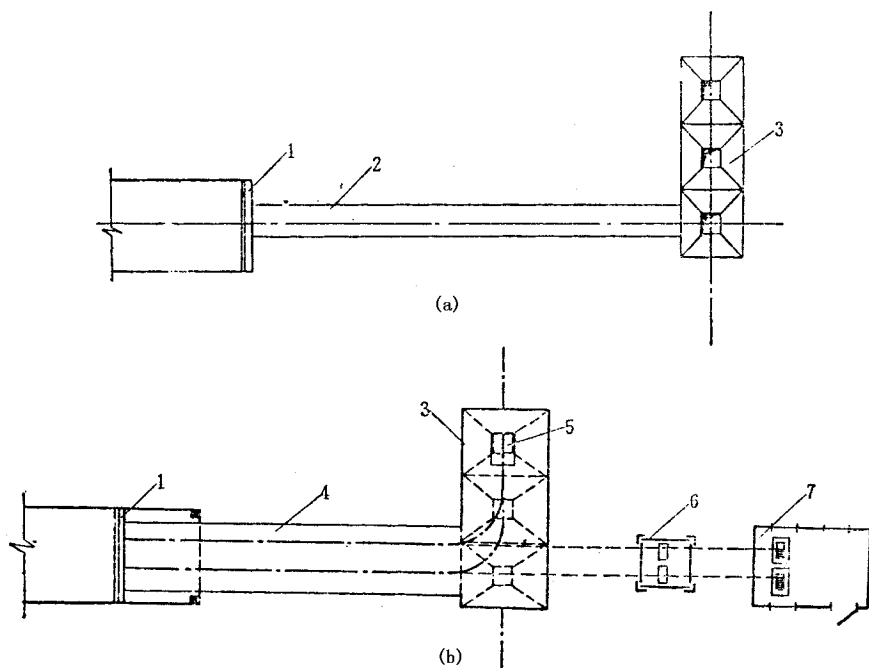


图 7-2-5 斜井提升时的建筑物与结构物

a—用胶带输送机时 ;b—用矿车(或箕斗)运煤时 ;

1—斜井井口 2—胶带输送机走廊 3—装车仓 4—矿车(或箕斗)栈桥 ;

5—翻罐笼 6—井架 7—提升机房

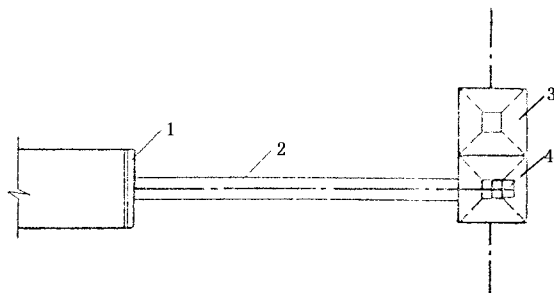


图 7-2-6 平硐矿井组成的建筑物与结构物

1—平硐口 2—栈桥 3—装车仓 4—翻罐笼

(1) 矿井地面工业建筑 :井口房、提升机房、通风机房、压风机房、翻车机房、选矸楼、筛分楼、洗煤厂等。

(2) 矿井地面特种结构 :井架、井塔、煤仓(筒仓结构)、输送机栈桥(走廊)、贮液池及

水塔等。

二、矿井地面建筑物与结构物的功能

(一) 矿井地面工业建筑物的功能

(1)井口房:井口房是建造在矿井井口(主井或副井)上边和井架连成一起的建筑物。其作用是煤和矸石提升卸载,或是为材料、人员、设备出入矿井所需要的场所。有时也兼作通风之用。

(2)提升机房:提升机房的用途是安装提升机设备并作为司机操作室。提升机房与井筒的相对位置是根据提升系统布置来决定的。

(3)翻车机房:当用矿车运输向煤仓卸煤时需用翻车设备。翻车机房的用途是安装翻车机及其设备。

(4)压风机房:煤矿井下掘进工作使用风动工具(凿岩机、风镐等)和矿井地面机修厂等均需大量的压缩空气。压风机房的用途是安装压风机及其设备。

(5)通风机房:通风机是保证井下正常生产极为重要的设备,其作用是使整个矿井井下能够得到必需的新鲜空气和排出废气。通风机房的用途是安装通风机及其设备,并保证其正常运转。

(6)选矸楼:选矸楼是为提高煤质而用以分选矸石或其它杂物的建筑物。它可以独立建筑,也可与井口房或其他建筑联合建筑。其布置形式由于选矸方式不同,有人工选矸的手选矸石楼,风力选矸和机械选矸楼等。

(7)筛分楼和筛选楼:筛分楼是为满足用户对产品粒度的要求,手选以后的产品,按粒度大小不同,再进行一次分级加工的建筑物。一般布置在装车仓上方与装车仓联合建筑,便于煤炭分级后,按产品分级入仓装车以减少多条胶带运输上仓的环节。筛选楼是联合布置选矸与筛分机械设备,进行选矸与筛分加工的建筑物。一般如有地形可利用或产品品种少时单独布置,也可布置在装车仓上方。

(二) 矿井地面特种结构物的功能

(1)井架:生产矿井所使用的井架是矿井地面最重要的结构物之一,它的用途是支持各种提升设备和从事各种提升,如提升煤与矸石,往井下输送各种设备、坑木以及上、下人员。在凿井期间使用的凿井井架的用途是提升矸石,并往井下输送掘进用恭材以及上、下人员,同时在井架上布置天轮平台和悬吊各种掘进用设备,如吊盘、水泵和各种管子等等。

(2)井塔:多绳轮提升井塔是井架、井口房、提升机房等合一的高耸的工业建筑。它

的用途是用来安装提升机、接受煤仓、装运及其一些辅助设备。有时也可将井口小型变电所、空气加热室以及井口办公室、电动发电机组等设置在井塔各层平台上。

(3)煤仓 在煤矿生产中,往往需要临时转运和贮存煤及矸石。煤仓的用途就是用来临时转运和贮存煤及矸石的。一般都是上部装料下部卸料。根据用途不同,常用的煤仓有:用来接受井下运出煤的叫“接受煤仓”或叫“收矿仓”;用来暂时贮存煤的叫“贮煤仓”;用来装车用的叫“装车煤仓”;还有用来装车和贮煤合一的叫“装贮煤仓”。用来暂时贮存矸石的叫“矸石仓”。

(4)栈桥与走廊 煤和矸石的运输按照生产工艺过程,需用运输设备将煤或矸石从一个水平输送到另一个水平。因此在建筑物或结构物之间需建一联系的结构物,称为“栈桥”或走廊。按照栈桥上所安设备与栈桥所起的作用不同,栈桥又有不同的名称。安装胶带输送机的叫“胶带输送机栈桥”;用矿车运输的叫“矿车运输栈桥”;供人员行走的叫“人行栈桥”等。

(5)贮煤场 矿井一般均设有贮煤场,作为在运输失常、产销不均衡或者某一生产环节设备发生故障期间贮存煤用。

(6)地道 用以支护半煤仓下面输送机的结构称为地道(或叫暗道)。它不同于井下的运输巷道,因为它一般埋置不深,上面覆盖的是已被扰动的回填土。地道下端常与翻车机房、受煤坑连接,上端与输送机栈桥(走廊)贯通。

第三节 矿井地面总平面图设计概论

一、矿井地面总平面图设计的重要性

现代化的煤矿,是一个复杂而庞大的企业。为了煤炭的开采、提升、运输、加工、贮存、动力供应和修配工作以及材料设备的存放等等,必需在矿井周围地面上修建大量的工业建筑物与结构物;敷设公路、铁路与各种工程技术管线;修建行政管理 and 生活福利建筑以及进行绿化和美化设施。这些建筑物和结构物的合理布置,各种管线的合理配置以及绿化美化的合理规划等,都应根据生产工艺和地形,全盘总体考虑,互相协调解决,使之达到最合理最经济的目的,以便降低基本建设投资,减少企业经营管理费用,提高劳动生产率及创造良好的劳动和生活环境。这就是矿井地面总平面图的设计

任务。它是煤矿企业的主要设计部分之一。其设计的优劣,不仅影响矿井的基本建设,而且长期影响矿井的生产经营。一个好的总平面布置,除了应该为矿井的生产经营创造极其方便的条件外,还应该达到基本建设投资少,生产成本低,符合实用、经济、美观的原则。

二、矿井地面总平面图的设计原则

总平面设计是一项复杂而综合性很强的任务。所牵涉到的因素很多。主要有:矿井煤层的开拓与开采方法,矿井提升方式与煤的运输方法,煤的种类、性质和加工方法,矿井的年产量和服务年限,地形、工程水文地质及气象条件,和邻近企业及城市的联系以及矿井的发展远景等。由此可见,总平面图设计应在各有关专业人员密切配合下,根据实际条件综合考虑上述因素,统一协调互相矛盾的各种要求,提出几种不同的布置方案,在技术、经济方面进行分析比较,从中选择最优方案。

在一般情况下,总平面图设计是分阶段进行的,有两阶段和三阶段设计,根据矿井设计的要求而定。两阶段设计是指初步设计和施工图设计。一般在可以利用标准设计或者可以利用现有类似矿井的设计时,便可采用两阶段设计。如果所设计的矿井是新型的,其生产和建设规律未完全掌握,或具有较复杂的技术操作过程,不能利用标准设计或缺乏类似矿井的现成设计时,则可采用三阶段设计,即:初步设计、技术设计和施工图设计。由于大量矿井的建成,已经积累了许多矿井设计的经验和经济技术资料,因此目前多数可采用两阶段设计。其中初步设计可分三个步骤进行,即:收集设计资料,进行设计并方案比较,按最优方案绘制总平面布置图。

总平面图设计的任务不仅要确定矿井地面各主要设施的相互位置,而且还要规划符合矿井地面生产特性的和统一的建筑整体。这就要解决好总平面图中建筑群体的组合问题。其最重要的任务是确定一个主要组合中心,而使各次要组合中心和各建筑物、结构物都围绕它来布置。在矿井地面生产系统中,主井、副井及铁路车站三者构成主要组合中心。它们之间的相互位置就决定了场区的划分及各建筑物与结构物的位置布置,即形成了总平面图规划设计的骨架。

围绕主要组合中心进行各建筑物与结构物布置时,必须同地面生产工艺流程相适应,保证使用合理方便;尽量缩小占地面积;合理利用地形以减少土方工程量;尽量缩短运输距离和管线长度。为了达到上述要求,建筑物与结构物的布置,应遵循下列原则:

(1)总的原则是:总平面图的设计应结合地形、地物、工程地质条件及工艺要求,做到

有利生产,方便生活,节约用地,减少煤柱。

(2)根据建筑物与结构物的不同功能,因地制宜,适当分区布置。将生产性质相同或相近的建筑物与结构物布置在同一区域内。一般以铁路车站和铁路线为纵轴将工业场地划分为内、外两个区域。内侧区域布置各种生产建筑物、行政办公楼和生活福利建筑,成为清洁区;其外侧区域应位于下风方向(依夏季主导风向而定),布置一些容易散发灰尘及有害气体的矸石场、贮煤场和煤泥沉淀池等,成为污染区域。将污染区与清洁区分开,其目的是保证有良好的劳动和卫生条件。

(3)铁路线与装车站应沿工业场地长边布置,尽量做到和地形等高线平行,以减少平整场地的土方工程量,缩短主井与装车站之间的距离,缩短输送机走廊的长度。此外,为了减少保安煤柱的损失,铁路线与装车站尽可能布置在煤层范围以外。如原煤直接外运时,装车站应靠近主井布置,并使其中点和井筒相对,以使主井和铁路装车仓的连接长度最短。如原煤须经洗选后外运时,则应考虑装车仓与选煤厂能很好联系。装车仓轴线与井筒轴线或选煤厂之间的距离,必须有足够的长度以保证输送机走廊符合规定的倾斜度(一般不超过 18°),通常这种距离为60~80m。

(4)建筑物与结构物、道路及各种工程管线的布置应紧凑合理,整齐美观。煤、矸石、材料等的内部运输线路应力求短捷,尽可能避免或减少线路之间尺线路与人行道间的交叉,如必须交叉时,应修建人行栈桥或隧道,以保证人行安全。道路网布置要匀称、整齐、成格网状,要避免斜向布置或弯曲过多。各建筑物与结构物的方向要互相平行或垂直,避免斜向布置,以保证场地内部交通路线和管线网成直线布置,使场地能充分利用又较美观。

(5)主副井的提升、运输和煤的加工用的建筑物与结构物,应布置在主、副井的周围。为主井服务的各建筑物与结构物,如主井井口房、选矸楼、筛分楼、主井提升机房、主井井架以及出主井通往铁路装车煤仓的胶带输送机走廊都应布置在主井井筒周围。当有洗选厂时,洗选厂的位置也应靠近主井。为副井服务的各建筑物与结构物,如副井井口房、副井提升机房、副井井架等都应布置在副井井筒周围。副井井口房还应有人行道或走廊与浴室、灯房和任务交待室相通。这些建筑物位置必须考虑到与副井靠近及联系方便。

(6)其他辅助生产建筑物与结构物,如变电所、锅炉房、通风机房、压风机房、机修厂、材料仓库、坑木场及油脂仓库等,是为生产供应动力和材料设备以及进行修配工作服务的。这些建筑物的布置占总平面布置中的大部分内容,应根据其各自的功能和特性进行合理的布置以达到有利生产、方便使用的目的。

(7)行政福利建筑物,包括各种办公室、浴室及灯房的综合性建筑物称为行政福利联合大楼。这是工业场地正面的主体建筑物。其位置应该适中而面向主要道路,且四周要留有15~20m宽的地带加以绿化,并适当地进行建筑艺术上的美化,作为场前区。行政福利大楼应面对通往工人村的道路,使得工人上下班方便且不跨越铁路。大楼应靠近副井,要有地道或走廊从灯房通往副井井口房,以便工人上下井。

(8)主要建筑物与结构物应布置在工程地质条件较好的地段,以利于地基基础的设计与处理,从而降低基本建设投资。

(9)充分利用地形,妥善处理各建筑物、结构物位置与风向、朝向的关系,使建筑物有良好的采光、通风和卫生条件。

(10)各建筑物与结构物之间的距离必须符合防火与卫生的要求。各建筑物结构物之间的最小距离如表7-2-1所示。

三、总平面布置过程中各种矛盾关系的协调

总平面布置设计过程中,涉及面广,需要相互协调的矛盾多。例如,涉及到地面生产环节的全部流程,煤流、货流、人流、水流、电流、气流等有关建筑物结构物及其设施;生产使用功能关系、建筑与自然条件关系、局部与整体的关系;工业与农业的关系;环境相扰与防护的关系;分建与合建的关系;近期与远期的关系;建设顺序与施工组织的关系;生产使用功能、环境与建筑群艺术处理的关系等。

在总平面布置设计过程中,需要协调的主要内容有:

(1)采矿方面:开采工艺、开拓与井下运输方式、主副井井筒位置及其相对应的关系、井筒布置、提升方向、井口标高等。

(2)工艺方面:工艺流程、加工方法、贮煤装煤系统以及整个地面生产工艺系统的布置方式等。

(3)运输方面:运输方式、线路方向、站场布置、站场标高、站场进线方向、方位、车站位置、站线布置、站型、有效长度、调车作业方式等。

以上三方面的内容,都将直接影响总平面的布置,这是总平面布置设计中的骨架,首先要妥善处理好骨架,也就是处理好这三者之间各对矛盾的关系,然后才可顺利的进行其他有关建筑物与结构物的合理布置。

表 7-2-1 矿井地面建筑物与结构最小间距

[illegible]

建筑物与 结构物名称	提升 机房	副 井	进 风 进	压 风 机 房	通 风 机 房(抽风)	通 风 机 房(压风)	机 修 厂	锅 炉 房	变 电 所	行政建筑 办公室	装 车 仓	受 煤 坑	翻 车 机 房	贮 煤 场	材 料 库	油 脂 药 剂 库	坑 木 场	矸 石 场	工 人 村	输 电 线 路	电 机 车 架 线	铁 路 中 心 线	公 路 道 路	水池(消防、饮用水)
翻车机房				30					30						20							20		20~30
贮煤场	50		50	50					50	50												20		
材料库														20										
油脂库、药剂库		30~50			30~50																	20		
坑木场			80															50						
矸石场			80	80		80											50	30~50	500~700				40~60	
工人村																	30~50	100~300	500~700					
输电线路																	20~30	20~30						
电机车架空线					20												20~30	100~300						
铁路中心线					20																			
公路道路																								
水池(消防、饮用水)																								

第四节 砂井地面建筑物与结构物的
分类及设计的一般规定

一、矿井地面建筑物与结构物的分类

矿井地面建筑物与结构物的组成是根据矿井地面生产系统及总平面布置图来配置的。配置的原则是 :以满足使用功能为前提 ,综合考虑 ,进行合理设计。建筑物和结构物按共功能划分 ,可分为三大类 :

(一)主要生产建筑物与结构物

这类建筑物与结构物的主要功能是满足提升煤和矸石、地面生产系统(煤的加工、贮存、运输、装车等) 矸石处理和综合利用以及通风、瓦斯抽放等而设置的各种建筑物与结构物。为此 ,它将按提升系统、地面生产系统、排矸系统、通风系统以及瓦斯抽放与井下防火灭火等系统设置一系列有关的建筑物与结构物。见表 7-2-2。

(二)辅助生产建筑物与结构物

这类建筑物与结构物的主要功能是辅助生产各环节的正常运转。为此 ,它将按动力设施、器材供应、机电设备维修、给水排水、运输系统等各方面的要求设置一系列有关建筑物与结构物。见表 7-2-2。

表 7-2-2 矿井地面建筑物与结构物的分类及组成

分类及功能	建筑物与结构物名称
主要生产建筑物与结构物： 主要用来提升煤和矸石、煤的加工、贮运装车以及矸石的处理和综合利用	1. 提升系统 :主(副)井井架、主(副)井井口房、主(副)井提升机房、主 (副)井井塔、天轮架、胶带输送机驱动机房、检修提升机房 2. 地面生产系统 :受煤仓、胶带输送机走廊 ,筛选楼(选矸楼和筛分楼) ,装车仓、翻车机房、转载站、贮煤场(仓) ,返煤漏斗、返煤地道及走廊、斗子提升机房、装车站、摘挂钩房、爬车机房、井口滑行走廊、索道卸载站、索道驱动机房、原煤卸载站 3. 排矸系统 :矸石提升机房、矸石胶带输送机走廊、矸石翻车机房、矸石地道、矸石仓 4. 通风系统 :通风机房、风道等 5. 瓦斯抽放与井下防火灭火设施及有关建筑 :瓦斯抽放泵房、制浆站、泥浆泵房、井上、下消防材料库、消防列车库

分类及功能	建筑物与结构物名称
辅助生产建筑物与结构物： 主要用来辅助生产各环节的正常运转	<div>1. 动力设施 供电 变电站、变电所(包括室外装置)、配电所、变电亭、配电室 供热 锅炉房、上煤胶带输送机走廊、贮煤仓、排灰设施、除尘设施、回水池、空气加热室等 压风 空气压缩机站、冷却水池(或冷却塔)、泵房、热水池、贮气罐等</div> <div>2. 器材供应 材料库、材料棚、岩粉库、设备及配件库、油脂库、危险品仓库、材料收发办公室、支柱加工房、金属网编织车间、工人休息室、坑木场、坑木代用材料、金属支架及井下混凝土构件堆置场</div> <div>3. 机电设备修理 机修车间、综合修理车间、机械加工车间、电修车间、金属支架及液压支架修理车间、锻铆车间、内燃机车、电机车及矿车修理车间、修理设备存放库、配件构料库、配电室、工具室、办公室、休息室</div> <div>4. 给水排水 给水 深井泵房、水处理车间、生产水池、生活水池、水泵房、调节水池、加药间及药剂库、澄清池、过滤池、清水池、值班室、消防水池、消防水泵房、水塔 污水处理站 贮砂池、湿污泥池、沉淀池、出水泵房、曝气池、进水泵房、办公室</div> <div>5. 运输系统 行车室、信号楼、路矿办公室、扳道房、轨道衡沟及磅房、汽车地磅房、汽车库、机车库、推土机库、叉车库、调车提升机房、加油区</div> <div>6. 其它 煤样室、化验室</div>
行政公共建筑物与结构物： 主要用于生产管理和为职工生活服务	行政办公室、采区办公室、任务交待室、浴室(包括更衣室、太阳灯室、浴室、洗衣室等)矿灯房、自救器室、井口急救室、下井人行走廊、下井等候室、汽车候车棚、班中餐用房、小卖部、食堂、会议室、自行车棚、传达室、出入口等

(三)行政公共建筑物与结构物

这类建筑物与结构物的主要功能是满足生产经营管理和职工生活方面的需要而设置的一系列有关建筑物与结构物。见表 7-2-2。

二、矿井地面建筑物与结构物设计的一般规定

矿井地面建筑物与结构物的设计,应满足技术、生产和经济三方面的要求。在技术上应满足结构的强度、刚度和稳定性的要求;在生产上应满足生产工艺流程,并符合卫生保安规定的要求;在经济上则应满足使基建、维修费用最小的要求。因而在设计时,应选用轻质高强的建筑材料,构件尺寸标准化,力求结构构件传力的路线最短,以减轻结构自重,节省材料,构造简单和充分合理的利用材料的力学性能。为此,设计时应遵循《煤炭工业设计规范》中有关下列规定:

- (1)建筑设计必须贯彻适用、经济、在可能条件下注意美观的方针。
- (2)设计前,应具备必要的工程地质、水文地质、地震、地形、气象等原始资料。
- (3)建筑标准应按其生产上的重要性、服务年限及使用要求区别对待。民用建筑标

准应按所在省、市、自治区的规定执行。对挖潜、改、扩建的矿(厂)应充分利用已有的建筑物与结构物。

(4)结构型式应根据使用要求,结合当地材料来源和施工条件,经技术经济比较后合理选择。同时应积极利用国内外行之有效的先进技术,应尽量节约钢材、木材和水泥,应尽量考虑利用地方性材料,就地取材,经济合理。

(5)设计要贯彻节约用地的原则,尽量设计成联合建筑和多层建筑。矿井工业场地的生产、行政、公共建筑,要逐步发展以主、副井为中心的联合建筑体系,加快煤矿建筑工业化、现代化进程。

(6)要积极编制,推广煤矿地面建筑标准(通用)设计,结合实际搞好科研试验,发展新型矿山地面建筑与结构。

(7)建筑物耐火等级不应低于表 7-2-3 的规定,建筑物的其它防火要求应符合现行《建筑设计防火规范》的规定。

表 7-2-3 煤炭工业地面建筑耐火等级补充规定

生产类别	建筑物与结构物名称	耐火等级		备 注
		大、中型 矿井(厂)	小型矿井 (厂)	
甲	汽油库、油脂库、油泵房、抽放瓦斯泵房	二	二	
	加油室及安全灯室(设于矿灯房内)、蓄电池充电间 (设于变电所、矿灯房、电机车库内)	二	三	
乙	浮选药剂站	二	三	
丙	主要通风机房、主、副井口房或井楼、井架、井塔、原煤及矸石地道、标准轨距翻车机房、受煤坑(上部通行蒸汽机车的)	二	二	
	分区通风机房、选矸楼、筛分楼煤仓、装车仓、准备车间、原煤输送机走廊、卸煤栈桥转载点、牢轨翻车机房、半地下式煤仓、贮煤场及受煤坑	二	三	
	坑木加工房、材料库(综合材料)	三	三	
丁	锅炉房、铸工车间、锻工车间、铆焊车间、干燥车间	二	二	当铸工、锻工铆焊车间建筑面积≤1000m ² 时可为三级
	煤样化验室	三	三	
	内燃机车库、汽车库、消防车库	三	四	

生产类别	建筑物与结构物名称	耐火等级		备 注
		大、中型 矿井(厂)	小型矿井 (厂)	
戊	消防水泵房	二	二	
	选煤厂主厂房、浮选浓缩车间、浮选后产品的输送机走廊	二	二	
	主(副)井提升机房、水塔	三	三	不包括多绳井塔提升机大厅
	机修厂(金属冷加工部分)、空气压缩机房、矿灯房、(不包括蓄电池充电间)、空气加热室、办公室、井口浴室、任务交待室	三	四	
	电机车库、地面人行走廊、水源及水处理建筑物	四	四	

注 ①凡本表未列入的厂房、库房、民用建筑、均按现行《建筑设计防火规范》确定其类别、耐火等级及其它防火要求；
②按现行《建筑设计防火规范》及本表设计确有困难时，可与建设单位协商，报省、市、自治区煤管局批准；
③地方小煤矿的建筑耐火等级，可参照本表适当降低。

8) 矿井地面主要工业建筑室内通道最小宽度应遵循表 7-2-4 的规定。

表 7-2-4 矿井主要工业建筑室内通道最小宽度

建筑物与结构物名称	检修道 宽度， m	人行道宽度，m		备 注
		距设备 运转部分	距设备 固定部分	
筛分楼煤仓、选矸楼、选煤厂		1.0	0.7	双输送机走廊的中间人行道宽度不应小于 1.0m
胶带输送机走廊、链板输送机走廊	0.5		0.7	
矿车栈桥、箕斗栈桥	0.5	1.0		
主(副)井提升机房		1.5	1.0	
井口房(井楼)		1.0	0.7	10~40m ³ /min 取 1.2m >40m ³ /min 取 1.5m
空气压缩机房、通风机房			1.2~1.5	
井架天轮平台		1.2		

第五节 矿井地面建筑物与结构物设计荷载及其组合

一、荷载的分类

对结构上的作用习惯上统称为荷载。而对结构上的作用是指能使结构产生效应(内力、变形、应力、应变、裂缝等)的各种原因的总称,其中施加在结构上的力(集中力或分布力系)称为直接作用,形成结构外加变形或约束变形的原因称为间接作用。而“荷载”这个术语对间接作用并不恰当,例如温度变化、材料的收缩和徐变、地基变形和地震等现象,这类作用不是以“力”的形式出现,但过去也称之为温度荷载、地震荷载等,这就混淆了两种不同性质的作用而容易误解,例如将地震荷载误认为是施加在结构上而与地基和结构本身无关的外力。因而在现行的《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)中(以下简称《荷载规范》)仅将“荷载”限于直接作用。而对间接作用,除地震作用外,暂时还未制订规范。

荷载的分类,可按随时间或空间的变异分类,也可按对结构的反应性质分类,其中最基本的是按随时间的变异分类,因为在结构可靠度分析时它关系到概率模型的选择,在按各类极限设计时,还关系到荷载代表值及其效应组合形式的选择。现将三种分类方式简述如下:

(一)按随时间的变异分类

(1)永久荷载(恒荷载):在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计的荷载。例如,结构自重、土压力等。

(2)可变荷载(活荷载):在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略的荷载。例如,楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。

(3)偶然荷载:在结构使用期间不一定出现,一旦出现,其值很大,且持续时间很短的荷载。例如爆炸力、撞击力、矿井提升时钢丝绳的断绳力等。

(二)按随空间位置的变异分类:

(1)固定荷载:在结构空间位置上具有固定的分布。例如,结构自重、楼面上的固定设备荷载等。

(2)自由荷载:在结构空间位置上的一定范围内可以自由分布例如:楼面上的人员倚载、吊车荷载等。

(三)按结构的动力反应分类

(1)静态荷载:不使结构或构件产生加速度、或产生的加速度影响可忽略不计的荷载。例如:结构自重、住宅和办公楼的楼面活荷载等。

(2)动态荷载:当荷载在结构上引起不能忽略的加速度影响时,应以动态荷载对待,结构必须按动力学的方法进行分析,或对静态荷载乘以动力系数,再按静力学方法分析。例如:地震、吊车荷载、设备振动、作用在高耸结构上的风荷载等。

二、荷载的代表值

《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)根据设计中的不同要求,对荷载规定了不同量值的代表值,使之能较好地反映它在设计中的特点。规范中只给出三种代表值:标准值、准永久值和组合值。

(一)荷载标准值

荷载的最大值是结构安全性问题中的主要矛盾方面,因此在设计中常将荷载在规定结构的设计使用期限内的最大值作为设计取值的依据。此荷载最大值即为荷载标准值。此标准值是荷载的基本代表值,而其它代表值则是以标准值乘以相应的系数得出的。

(二)荷载的准永久值

准永久值是指在结构上经常作用的荷载值,它在规定的期限内具有较长的总持续期。它对结构的影响有如永久荷载。《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)根据统计资料,并通过经验判断规定了各类荷载的准永久值系数 ψ_g ,则荷载的准永久值为 $\psi_g Q_k$,其中 Q_k 为可变荷载的标准值, ψ_g 为小于1的荷载准永久系数。

(三)荷载组合值

作用在结构上的可变荷载有两种或两种以上时,荷载不可能同时以其最大值出现,此时的荷载代表值可采用其组合值,或在设计表达式中考虑荷载组合系数。

建筑结构设计时,对不同的荷载应采用不同的代表值。对永久荷载应采用标准值作为代表值,对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值,对偶然荷载应根据试验资料,结合工程经验确定其代表值。

三、荷载的分项系数

根据《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)的规定,在结构设计中采用的各类极限

状态设计表达式,应根据各种极限状态的设计要求,采用有关的荷载代表值、材料性能标准值、几何参数标准值以及各种分项系数来表达。其中荷载分项系数是根据荷载不同的变异性质及荷载的具体组合情况分别取值,以使不同设计情况下的结构可靠度趋于一致。但为了设计方便《荷载规范》(GBJ9—87)中分别给出了永久荷载分项系数 γ_G 和可变荷载分项系数 γ_Q 。当按承载力极限状态设计时,对所有永久荷载,若其效应对结构不利时,取 $\gamma_G = 1.2$;若有利时,取 $\gamma_G = 1.0$ (但在验算倾覆和滑移时,对抗倾覆和滑移有利的永久荷载,取 $\gamma_G = 0.9$)。对可变荷载,一般情况取 $\gamma_Q = 1.4$;对楼面结构,当活荷载标准值不小于 4kN/m^2 时,取 $\gamma_Q = 1.3$ 。当按正常使用极限状态设计时,所有荷载分项系数均取 1。

四、荷载效应组合

由于可变荷载不可能同时出现其标准值的最大值,因此应考虑荷载效应的组合问题,在结构设计中也简称为“荷载组合”。

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合,并取各自的最不利组合进行设计。

荷载组合的实现是通过组合系数来调整的。当前在各国的结构设计规范中,考虑荷载组合的设计表达式有三种形式:第一种是对所有荷载效应项统乘以组合系数;第二种是对所有可变荷载效应项统乘以组合系数;第三种是仅对伴随的可变荷载效应项乘以组合系数。我国的《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)即采用第三种形式表达式。但也可对不同伴随荷载采用不同的组合系数 ψ_{ci} ,并将 $\psi_{ci} Q_{ik}$ 称为荷载的组合值。

(一) 荷载组合的类型

按照《荷载规范》(GBJ9—87)规定:荷载组合有两种类型:即基本组合与偶然组合。基本组合是指不考虑偶然荷载时的荷载效应组合;偶然组合是指考虑偶然荷载时的荷载效应组合。

(二) 荷载效应组合的设计值

分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态取值。对于承载能力极限状态,应采用荷载效应的基本组合和偶然组合进行设计。对于正常使用极限状态,应根据不同的设计要求,分别采用荷载的短期效应组合和长期效应组合进行设计。其设计值的表达式及有关规定详见《荷载规范》(GBJ9—87)中第 2.2.3 条至第 2.2.5 条。

(三) 荷载组合系数的取值

在一般情况下,当有风荷载参与组合时,荷载组合系数取 0.6;当没有风荷载参与组

合时 ,荷载组合系数取 1.0。对于高耸结构物 ,荷载组合值系数应符合有关规范规定。对于矿山各种特种结构 ,其荷载组合值系数详见以后各章节。

对于一般排架、框架结构 ,当有两个或两个以上的可变荷载参与组合 ,且其中包括风荷载时 ,荷载组合值系数 ψ 取 0.85 ;在其他情况下 ,荷载组合值系数均取 1.0。

五、矿井地面建筑物与结构物的荷载及其组合

(一)荷载

除按《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)规定之外 ,可根据矿井地面建筑物与结构物的特点按表 7-2-5 规定采用其活荷载。

表 7-2-5 矿井地面建筑楼面均布活荷载标准值

建 筑 物 与 结 构 物 名 称			活荷载 kN/m ²	备 注
多绳提升井塔	提升机大厅	提升机直径 ≤ 2.25m	10	指提升机安装检修区的平均值 ,当有两台以上提升机时 ,按较大一台取值
		提升机直径 = 2.8、3.25m	10	
		提升机直径 = 3.5、4.0m	20	
	导向轮及有设备的楼层 其它楼层 井口楼层或地面		6 4 10	指有较重设备零件时
单绳提升机房		直径 ≤ 3.5m 直径 = 4.0m	10 15	指提升机安装检修区的平均值
标准轨距翻车机房		± 0.00 翻车机楼层 其他部分	10 10 5	
窄轨翻车机房、翻车机楼层 矿车栈桥 ,斜井箕斗栈桥			5 5	
输送机走廊、卸煤栈桥		胶带宽 $B \leq 1000\text{mm}$ 胶带宽 $B > 1000\text{mm}$	2.5 3	包括输送机设备及煤重 ,不包括头、尾传动装置和拉紧装置
链板输送机走廊		17 型 20 型 B 40 型 75 型	2.5 3.5	
铸石槽箱链板输送机走廊			2	槽箱和设备重另计
选煤厂标准轨距受煤坑		± 0.00 楼面 其他部分	10 4	
主井井楼、选矸楼、筛分楼煤仓、装车煤仓、装车点、转载点、漏斗提升机房、装车添煤平台、选煤厂准备车间			4.5	计算框架梁、柱、基础时 ,乘折减系数 0.8

建筑物与结构物名称	活荷载 kN/m ²	备 注
选煤厂主厂房、浮选、干燥车间	5	布置重介分选机和其他检修场地的楼面取10kN/m ² ,计算框架梁、柱、基础时 ,乘折减系数 0.8
井架天轮平台、装车操作平台、其他无设备的操作平台	2	
挡土墙地道顶板上的地面荷载	10	当有车辆通行或有煤等堆积时 ,应按实际荷载计
浴室、更衣室、任务交待室	2.5	包括走廊、门厅、楼梯及厕所
矿灯房	3	
材料库	4	当存放荷载较大时 ,应按实际情况采用
变电所	4	
锅炉房	8	

注 ①如按事故荷载计算提升机大厅的提升机(包括主轴装置、减速机 and 电动机)支承梁时 ,对无设备区域的楼面均布荷载可取 2kN/m²。

②选煤厂安装孔附近楼板均布荷载按 10kN/m² 采用 ,安装孔周围小梁 ,除按本表计算活荷载外 ,在梁的跨中还应考虑本层起吊设备的最大部件重量。

(二)荷载组合

矿井地面建筑物与结构物进行结构设计时 ,也应按照《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)进行荷载效应组合。同时根据各建筑物与结构物的特点作出有关具体规定。由于这些具体规定目前尚未制定 ,故目前设计人员仍可根据原煤炭工业部的规定 ,按下列情况进行组合。

1. 主要组合

这种组合是指由经常作用于建筑物或结构物上的荷载或当建筑物或结构物使用时由经常出现的荷载组合而成。主要组合包括 :结构自重、使用荷载、由工作吊车和安装吊车所产生的荷载。主要组合是基本组合的一种形式。

2. 附加组合

这种组合是指由经常作用于建筑物或结构物上的荷载与正常使用无关的附加荷载组合而成。附加组合包括 :主要组合的荷载、由于风、雪与温度作用而附加的荷载。组合形式应根据各建筑物与结构物的特点按有关规定确定。(详见以后各章)附加组合也是基本组合的一种形式。

3. 特殊组合

这种组合是指主要组合和附加组合的荷载与带有事故性质和意外的情况下所发生

的偶然荷载的综合。也称偶然组合。特殊组合包括 :由于特殊情况下的偶然作用(例如 :地震、爆炸、撞击力、矿井提升时的事故断绳力等)而产生的荷载、自重、使用荷载、雪荷载及风荷载等。

必须指出 :以上三种组合中所包括的各种荷载 ,主要考虑荷载对建筑物或结构物是否经常作用、偶然作用 ,是否与正常使用有关来确定。因此 ,在确定荷载组合时 ,应根据具体宿况分析 ,必须遵循各有关业务部门的规范 ,结合各建筑物或结构物的特征来确定。例如 ,风荷载、雪荷载及温度对建筑物和结构物的作用 ,对某些建筑物和结构物(例如烟囱、塔形结构、冷却塔、高楼等)及某些长期处于严寒或炎热地区来说是主要荷载 ,此时这些荷载就应该包括在荷载的主要组合内。

对于地震作用及其荷载组合应按现行的《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)的规定采用。其他特殊活荷载及其组合按矿山特种结构的实际情况考虑。

第三章 巷道施工的基本过程

第一节 概 述

巷道施工历来是矿山建设和矿井生产过程中量大面广的工程,而且涉及到铁路、公路、水电、国防等诸多行业,仅我国统配煤矿近几年每年施工的巷道工程量大约 7000km。因此,我国一直比较重视巷道施工的科研、技术和管理工作的,并取得了可喜的成绩。中国煤矿部分月进超过 200m 的岩石平巷见表 7-3-1。

巷道施工经历了漫长的发展过程,从手工凿岩、硝铵炸药、普通雷管、浅眼爆破起步,到手持式凿岩机、液压凿岩台车、高威力水胶炸药、乳化炸药、高精度毫秒电雷管、非电起爆器材以及各类起爆器、中深孔光面爆破,使我国的凿岩爆破技术得到了长足进步。与此同时,凿岩机理、破岩机理、爆破理论等也有相应发展。

装岩运输工作曾是最繁重的体力劳动,是巷道施工的薄弱环节。目前已发展为系列耙斗装岩机、侧卸式装岩机等装岩机械,与各种转载、调车设备、仓式列车、梭式矿车、电机车等配套组成,适用于各类巷道的装运机械化作业线。加之激光指向仪、布孔仪、长距离局部通风机及贯通测量等辅助技术的发展,使我国巷道施工机械化水平和配套程度已得到很大改观。

巷道施工的临时支护和永久支护,有木支架、矿用工字钢、U 型钢可缩支架和锚喷支护等。经过 20 多年的理论研究和工程实践,锚喷支护已成为巷道支护的主要形式。目前有些矿井不仅在 90% 以上的岩巷中采用,而且在采区巷道中也大量推广,并取得良好

的效果。我国不仅在锚喷支护施工技术上赶上了世界先进水平 ,而且对锚喷支护作用机理的研究也处于领先地位。

但是 ,巷道施工的机械化水平、施工工艺、施工速度都还明显落后于发达国家 ,仍是目前矿山建设的薄弱环节 ,施工速度较慢 ,全国平均月成巷只有 50 ~ 60m ,生产效率低 ,平均不到 1.0m/(工·日) ,施工设备虽然齐全 ,但性能较差 ,自动化水平不高 ,管理有待改进。爆破破岩法掘进在相当长的时期内仍然是主要方法 ,进一步改进爆破器材的性能 ,提高爆破技术 ,提高施工设备的可靠性和生产能力 ,提高设备的自动化程度 ,加强施工的科学管理 ,将是今后的主要任务。

表 7 - 3 - 1 部分月进超过 200m 的岩石平巷施工情况

巷道(矿井)名称	掘进断面 m ²	岩性 <i>f</i>	主 要 施 工 装 备	月进度 m	工效 m ³ /工 (m/工)	施工时间 年 . 月
徐州权台矿运输大巷	5.67	4 ~ 6	OM - 506 凿岩机 , \varnothing MM - 1 装岩机 ,1t 矿车	535.5	1.671	1959.3
铜川王石凹矿共青团队				587.8		1960.3
萍乡青山矿				510.1		1970.8
北票冠山矿三井运输大巷	7.2 (6.4)	6 ~ 8	7655 凿岩机 ,ZYC - 21 装岩机 ,1t 矿车	712.8	1.87 (0.245)	1972.5
湖南新晃汞矿	6.0	8 ~ 12	7655 凿岩机 ,华 - 1 型装岩机 ,1t 矿车	707.3	2.01 (0.385)	1973.3
宁夏贺兰山磷矿	7.2 (5.0)	15 ~ 18	古河 3220 凿岩机 ,ZYC - 17 装岩机 ,1t 矿车	759.2 (829.4)	1.59	1973.11 (1974.3)
阜新新丘矿 + 20 水平 下层西翼运输大巷	12.0 (8.1)	8	8D1.2 电钻 ,ZMC - 17 装岩机 ,1.5t 矿车	832.4	1.8 (0.213)	1974.7
本溪彩屯矿五区 西轨道大巷	9.0 (8.06)	8 ~ 10	7655 凿岩机 ,ZYP - 17 装岩机 ,0.75m ³ 矿车	955.2		1974.9
湖南冶金井巷二队	5.76	6 ~ 10	YT - 24 凿岩机 ,K - 600 装岩机 ,0.75m ³ 矿车	903.9	2.0 (0.38)	1974.9
北京杨坨四队	7.86	6 ~ 8	H - 600 凿岩机	315.8		1974.9
北票冠山矿二井运输大巷	8.8 (6.5)	10	7655 凿岩机 ,ZYC - 22.5 装岩机 ,1t 矿车	765.5	1.515	1975.5

巷道(矿井)名称	掘进断面 m ²	岩性 <i>f</i>	主要施工装备	月进度 m	工效 m ³ /工 (m/工)	施工时间 年.月
湖南新晃汞矿	6.6	10~14	7655 凿岩机,蟹爪装岩机,底卸式矿车	1056.6	2.55 (0.886)	1976.3
淮北石台矿运输子巷	6.8 (4.2)	4~8	古河 3220 凿岩机,ZYP-17 装岩机,1t 矿车	746.6	2.16	1976.10
邯郸西门铁矿尾矿库泄洪隧道	6.7	4~8	7655 凿岩机,ZXZ-60 蟹爪装岩机,梭车	1403.6	2.99	1977.12
开滦马家沟矿九水平 9331 配风巷	8.2	4~6	YT-26 凿岩机,YZP-30 装岩机,梭车	583.8	2.18	1982.10
松藻逢春矿+670 水平平硐	9.7	8~10	7655 凿岩机,ZYP-30 装岩机,1t 矿车	507.7	2.07	1983.3
松藻逢春矿	9.5	8~10	7655 凿岩机,ZYP-30 装岩机,1t 矿车	363		1984.5
古交东曲平硐	20.3		TVM-5.0 型 05.0m 掘进机	202		1987.8
阳泉贵石沟矿井	12.81			360		1988.9
云南羊场煤矿	8.0		TVM-3.2 型 Φ3.2m 掘进机	260.17		1988.10
开滦钱家营-600 轨道巷	15.0		人工打眼,ZC-2 侧卸式装岩机	252.4		1989.5
贵州南山煤矿	8.0		TVM-3.2 型中 3.2m 掘进机	209.0		1990.9
鸡西平岗五井主运道	14.88	4~7	YT-27 凿岩机,ZYP-30 装岩机	316.0		1990.9
徐州张集煤矿-700m 东大巷	13.60	6~8	CTH10-2F 凿岩机,ZC-2B 侧卸式装岩机	260.7	3.10	1990.10
大同马脊梁矿 1136 轨道大巷	13.48		YT-28 凿岩机,ZYP-30 装岩机	305		1991.3
七台河龙湖二井零片石门	7.0	4~6		343		1991.4

第二节 凿岩爆破

我国巷道掘进,仍以钻爆法为主要手段。钻眼爆破是掘进作业的重要工序。随着生产建设的发展,新型凿岩机具与爆破器材不断涌现,爆破理论与破岩机理研究逐步深入,从而使钻眼爆破技术得到迅速的提高。70年代以来,我国巷道施工不论在装备、工艺和技术,还是在理论研究等方面均与国际水平处于同步发展的状况。

岩巷掘进的钻眼爆破技术是以提高速度、效率、质量,降低成本和改善劳动条件为主要目标,钻眼爆破技术是与以新型钻眼机具、爆破器材的研制和应用互为条件,相辅相成,互相推动发展的。

一、钻眼机具

(一) 凿岩机

50年代初,我国生产出手持式风动凿岩机,5段秒延期电雷管,中空钢钎和硬合金钻头,很快改变了手工打眼、多次放炮、劳动强度大、工效低的落后局面。随后,简易风动凿岩机钻架和气腿式凿岩机的出现和湿式凿岩的推行,摆脱了人抱钻的笨重劳动并改善了劳动环境,进一步提高了钻眼的效率,加快了掘进速度。70年代以后又相继研制出凿岩台车、钻装机和液压凿岩机。不同种类、型号和性能的凿岩机械使巷道掘进钻眼机械化的程度已达到较高水平。凿岩机械分类见图7-3-1。

岩巷掘进中大量应用的是气动凿岩机,液压凿岩机还处于逐步提高的阶段,而内燃和电动凿岩机在煤矿中极少应用。煤巷掘进中主要应用手持式电钻。国产气动凿岩机部分型号和性能见表7-3-2。

与气动凿岩机相比,液压凿岩机的特点是:机械性能好,其冲击功、冲击频率和能量传递效率等指标均大为提高,凿岩速度高出1倍以上;可依岩层情况调整凿岩机性能参数,可采用旋转或冲击旋转等不同方式,在最佳工况下凿岩,并获得较高的凿岩速度,动力消耗少、能量利用率高,动力消耗仅为气动凿岩机的 $1/3 \sim 1/4$,噪音低,污染小,改善了工作条件。目前液压凿岩机定型产品的重量较大,需与液压台车配套使用,投资大,技术和维修要求高,尚未大量应用。但由于本身所具有的特点,是很有发展前途的钻眼机械。国产部分液压凿岩机型号和性能见表7-3-3。

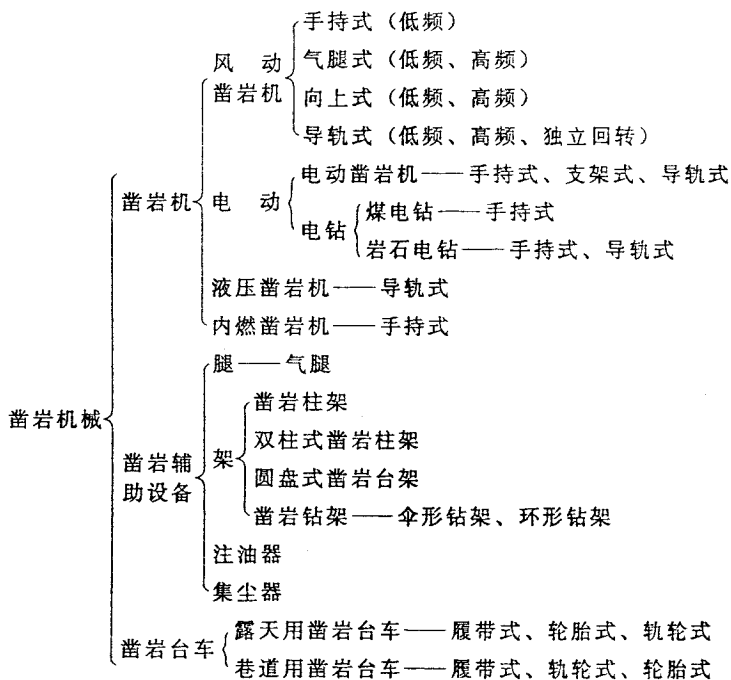


图 7-3-3 凿岩机分类

表 7-3-2 国产部分风动凿岩机主要技术特征

类 型	型 号	主要产地	阀 型	机重 (kg)	气缸直径 (mm)	活塞行程 (mm)	冲击功 (J)	扭矩 (N·m)	冲击频率 (次/min)	耗风量 (m ³ /min)
气腿式	YT-23	沈 阳	环 阀	24	76	60	>60	>15	2100	<3.6
	YT-24	天水、衢州	控制阀	24	70	70	>60	>13	1800	<2.9
	YT-26	天 津	控制阀	26	75	70	>70	>15	2050	<3.5
	YTP-26	湘潭、衢州	无 阀	26.5	95	50	>60	>18	2600	<3.0
向上式	YSP-45	沈 阳	环 阀	44	95	47	270	>13	2700	<5.0
导轨式	YGP-28	沈 阳	控制阀	28	95	50	90	>40	2700	<4.5
	YGP-45	沈 阳	控制阀	35	100	48	100	>50	2600	<6.5
	YG-40	天 水	控制阀	36	85	80	105	38	1600	<5.0
	YGZ-90	南 京	无 阀	90	125	62	200	>120	2000	冲<8.5 转<2.5

表 7－3－3 国产部分液压凿岩机主要技术特征

型 号 特 征	YYG－80 型	YYG－90 型	YYT－30 型	YYG－60 型
机 重 ,kg	80	90	30	60
外形尺寸 ,mm	790×253×205	880×225×262		
冲 击 功 ,N·m	120～50	250～330	49～54	110～150
冲击频率 ,次/min	3000	1900～2200	3000～4000	3000
扭 力 矩 ,N·m	150	140	60	98
转 速 ,r/min	0～300	0～230	0～300	
凿孔直径 ,mm	40	43～55	34～42	
回转耗油量 ,L/min	36	38		
冲击耗油量 ,L/min	96	125		
油液压力 ,MPa	12	12	12	15
功 率 ,kW	36.5	38.5		
生产厂家	株洲矿山工具厂	湘潭风动机械厂	石家庄煤机厂	沈阳风动工具厂

 凿岩台车的应用 ,提高了掘进速度和效率 ,改善了劳动强度和条件 ,是巷道凿岩机械化水平进一步发展的主要标志。

 凿岩台车的基本结构是由推进器、支臂(钻臂)、车体、行走机构和供风、供水及液压操纵系统等组成。按装设凿岩机台数(支臂数)分为单机、双机、三机和多机凿岩台车。按行走机构分 ,有轨轮式、轮胎式和履带式。按行走机构的驱动方式分有电力直接驱动、电泵与液压驱动、风动和柴油驱动 4 种。我国煤矿巷道掘进常采用电力驱动的轨轮式和履带式两种 ,使用效果较好的机型见表 7－3－4。其中 ,CTH10－2F 型实际使用量最大 ,煤炭系统 1992 年左右就有近 150 台。

表 7－3－4 矿用钻车技术性能

型 号	机 重 (t)	适用断面 (m ²)	车 宽 (m)	备 注
TH10－2(法国)	8	4.8×3.5	1.0	
TH15－2(法国)	15	6.9×4.0	1.5	
BW32C－2(德国)	12	7.0×4.55	1.95	
Promec TH43(瑞典)	20	7.25×5.1	1.84	

型 号	机 重 (t)	适用断面 (m ²)	车 宽 (m)	备 注
Monotrac H205(芬兰)	14	32	1.53	
TH10－2(中国)	8	16.8	1.0	宣化产
LC10－2(中国)	8	19.3	1.0	衢州产
TH529－3(中国)	11.9	25	1.2	南京产
TH530－3(中国)	15.5	30	1.4	南京产

凿岩台车目前正向高度机械化、自动化和一机多用、凿装联合、全液压方面发展。

钻装机是将凿岩机安装在装岩机上 ,实现凿、装合一的机械。我国生产的钻装机多是在耙斗装岩机上安装 2～4 台导轨式气动凿岩机 ,以减少工作面的施工设备。国产部分钻装机的型号和性能 ,见表 7－3－5。

表 7－3－5 国产部分钻装机主要技术特征

技术特征	ZPG－20G 型	ZZMB－12 型	JZZ－4 型	ZZM－16 型
钻臂数目 ,个	2	3	4	4
配用凿岩机	YYGT 110	YGP－2B	YGP－2B	YGP－2B
推进器形式	油缸－钢丝绳	油缸－钢丝绳	油缸－钢丝绳	油缸－钢丝绳
钻孔深度 ,mm	2350	2400	2400	2400
钻臂传动方式	液压	液压	液压	液压
装载机类型	耙斗	耙斗	耙斗	耙斗
耙斗容积 ,m ³	0.55	0.35	0.5	0.6
耙装能力 ,m ³ /h	60	40～55	55～60	60～80
绞车功率 ,kW	30	17	30	30
行走机械类型	轨轮	轨轮	轨轮	轨轮
轨 距 ,mm	600	600 ,900	900	600 ,900
外型尺寸 ,m	12.8×1.7×2.2	10.19×1.6×2.0	12×2×2.35	11.2×1.8×2.3
重 量 ,t	21	13	20	15
适用断面 ,m ²	最大 4.7×6.3	3.2×2.7～4.2×3.6	> 12	12～16
生产厂家	石家庄煤机厂	湘潭煤机厂	上海煤机厂	苏南煤机厂

(二) 钎杆、钎头和钻杆、钻头

凿岩机使用的为六角(或圆形)中空钎杆和冲击式钎头,煤电钻则用麻花钎杆和切削型钻头。钎杆或钻杆用于传递冲击功和扭矩(麻花钎杆兼有传递回转力矩、轴推力和排除煤粉的功能)。钎头或钻头为破碎岩(煤)的刀具,它的形状和几何参数直接影响着破岩效果和钻眼速度,使用时根据岩层条件合理选取:

冲击式钎头根据钎刃的形状和分布,有片状连续刃和柱齿断续刃两种。常用的为一字形和十字形钎头。一字形钎头结构简单,凿速较高,修磨容易,应用最广,但在裂隙发育的岩层中易卡钎。十字形钎头适应性较强,开眼定位较易,但制造和修磨较为复杂,也是大量应用的一种钎头。柱齿钎头是新发展起来的一种钎头,耐磨性强,破岩效率高,在硬岩上尤为显著,适用于坚硬岩层和大功率的凿岩机。我国已有各种形式钎头的定型产品。

切削型钻头:煤电钻所用的钻头为两翼形钻头。钻头的形状和其几何要素直接影响着破岩效果和钻眼速度,应根据煤层的性质(硬度、韧性、脆性等)选择。

二、爆破器材

(一) 炸药

我国矿用炸药是以硝酸铵类为主体发展起来的。到1954年,由解放初的3个品种增至包括煤矿许用型的8个品种。70年代以来,又相继研制生产了含水类炸药——浆状炸药、水胶炸药、乳化炸药,提供有药卷型和煤矿许用型的品种,性能满足了煤矿巷道掘进爆破的需要。

目前常用的国产炸药有:铵梯炸药、水胶炸药和乳化炸药。

国产岩石铵梯类炸药共有5种:1号岩石、2号岩石、2号抗水岩石、3号抗水岩石和4号抗水岩石。国产煤矿许用铵梯炸药共有6种:1号煤矿、2号煤矿、3号煤矿、1号抗水煤矿、2号抗水煤矿、3号抗水煤矿。国产高威力铵梯炸药有4大类(12种):铵梯黑(I、II、III)、铵梯铝(I、II)、铵梯黑铝(I、II、III、IV、V)和其它(I、II)。铵梯类炸药应用最为广泛。国产高威力铵梯炸药见表7-3-6。

国产水胶炸药主要有4类(6种):高威力(1号、2号)、一般威力(3号)、铝100型岩石水胶炸药、煤矿安全型水胶炸药(有2种)。

国产乳化炸药主要有3类(5种):乳化油岩石炸药(2种)、乳化油煤矿炸药(2种)和乳化油高安全炸药等。

平巷施工主要使用铵梯炸药,施工时根据围岩性质、机械化配套、速度要求和施工单

位的使用习惯等情况合理选取。水胶炸药和乳化炸药多用于立井施工。

表 7－3－6 国产高威力铵梯炸药的组成和性能

组成和性能		铵梯黑			铵梯铝		铵梯黑铝					其 它	
		I	Ⅱ	Ⅲ	I	Ⅱ	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V	I	Ⅱ
组 成 %	硝酸铵	68	78.5	77	80	81.5	78	78	75.5	70.5	77.5	70	64
	梯恩梯	12	15	12	12	12	12	12	8	4	11		
	黑索金	20	5	10			4.5	7	10	20		520	30
	铝 粉				7	5	4.5	2	5	4	5		
	硅 铁											9	
	沥 青		1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	1	1	10.5	6
	石 蜡		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
性 能	殉 爆 μm	34	25	24	25	25	25	20	27		30	25～28	29
	猛 度 μm	18.4	16.1	18.76	19.52	16.5	19	18.58	17.9	18.3	16.7	19～20	22.4
	爆 力 μmL	469	455	363	467.8	340	450	392	500		455	390	400
	爆 速 $\mu\text{m/s}$	4400	4250	4345	4525	3320	4317	4286	4020	4220	3880	4070	4739

(二)雷管

巷道掘进爆破起爆主要用雷管 ,且以电雷管为主。品种有瞬发电雷管、秒延期电雷管和毫秒延期电雷管。在有瓦斯的工作面爆破时 ,为避免因雷管爆炸引燃瓦斯 ,应采用煤矿许用型电雷管 ,其特点是 :管壳为铜壳 ,在副起爆药中加有消焰剂以控制爆温和火焰长度及延续时间 ,延期药生成气体量少且密封 ,雷管底端无窝槽呈平底状。我国规定 ,在有瓦斯的工作面爆破间隔时间不超过 130ms。因此 ,煤矿许用型雷管只有瞬发和 130ms 以内的毫秒延期电雷管(一般为 5 段)。

国产毫秒延期电雷管 ,按延期时间和段数有 5 个系列 ,见表 7－3－7 ,其中生产较多的是第Ⅱ系列。

表 7－3－7 国产毫秒延期电雷管延期时间 单位 :ms

段 别	I 系列 ^①	Ⅱ 系列 ^②	Ⅲ 系列 ^③	Ⅳ 系列 ^④	V 系列 ^⑤
1	< 5	< 13	< 13	< 13	< 4
2	25 ± 5	25 ± 10	100 ± 10	300 ± 30	10 ± 2
3	50 ± 5	50 ± 10	200 ± 20	600 ± 40	20 ± 3

段 别	I 系列 ^①	II 系列 ^②	III 系列 ^③	IV 系列 ^③	V 系列 ^④
4	75 ± 5	75 ± 15	300 ± 20	900 ± 50	30 ± 4
5	100 ± 5	110 ± 15	400 ± 30	1200 ± 60	45 ± 6
6	125 ± 7	150 ± 20	500 ± 30	1500 ± 70	60 ± 7
7	150 ± 7	200 ± 20	600 ± 40	1800 ± 80	80 ± 10
8	175 ± 7	250 ± 25	700 ± 40	2100 ± 90	110 ± 16
9	200 ± 7	310 ± 30	800 ± 40	2400 ± 100	150 ± 20
10	225 ± 7	380 ± 30	900 ± 40	2700 ± 100	200 ± 20
11		460 ± 40	1000 ± 40	3000 ± 100	
12		550 ± 45	1100 ± 40	3300 ± 100	
13		650 ± 50			
14		760 ± 55			
15		880 ± 60			
16		1020 ± 70			
17		1200 ± 90			
18		1400 ± 100			
19		1700 ± 130			
20		2000 ± 150			

注 ①高精度系列 ;②普通应用系列(非电) ;③短延期系列 ;④直插式系列。

毫秒雷管延期秒量的精度直接影响爆破技术的发展。高精度毫秒电雷管有多种毫秒间隔 ,精度高 ,有良好的抗静电、抗杂散电流和防潮性能 ,安全性能高 ,见表 7 - 3 - 8。

表 7 - 3 - 8 高精度毫秒电雷管技术特征

雷 管 型 号	段号	秒量间距 (ms)	秒量范围 (ms)	脚长线 (m)	管体材料
毫秒电雷管(煤矿许用)	1 ~ 2	25	25 ~ 300	2 2.5 3 4	铜
毫秒电雷管	1 ~ 5	25	25 ~ 125	2 2.5 3 4	铁、铜、铝
毫秒电雷管	6 ~ 20	25	150 ~ 500	2 2.5 3 4	铁、铜、铝
毫秒电雷管	24 ~ 80	100	200 ~ 600	2 2.5 3 4	铁、铜、铝
半秒电雷管	1 ~ 12	500	500 ~ 600	2 2.5 3 4	铁、铜、铝

注 :该表所列产品为北京矿务局化工厂生产。

当爆破地点存在杂散电流时 ,普通电雷管会有误爆危险 ,应采用抗杂散电流的电雷管。其品种有低阻率桥丝电雷管、无桥丝电雷管和磁电雷管。其中磁电雷管是 70 年代后期发展起来的具有抗射频、杂散电流性能的一种新型雷管。本身需专用的高频发爆器引爆 ,在使用时操作联线简单 ,但由于价格较高 ,目前尚未能得到更多地应用。

70 年代末 ,非电雷管及其起爆系统问世后 ,我国研制了非电导爆管和非电毫秒雷管 ,并在工程爆破上得到应用。

(三)发爆器

巷道掘进电爆网路的起爆电源主要采用防爆型电容式发爆器。我国生产的电容式发爆器牌号很多 ,但其原理大体相同 ,即以干电池作为直流电源 ,经变流器的振荡线路将直流变为交流高压电流 ,再经整流线路将交流高压电源变为直流高压电流向主电容器充电 ,当达到电容器额定电压值后 ,旋转发爆器上的毫秒限时开关 ,使主电容器接通电爆网路放电 ,引爆雷管。国产防爆型电容式发爆器的性能指标见表 7-3-9。

表 7-3-9 部分国产电容式发爆器主要技术规格(防爆型)

性能指标	MFB-50/100	MFB-80A	MFB-100	MFJ-100	MFB-200	FR81-150
串联引爆能力 /发	50/100	80	100	100	200	150
峰值电压 /V	960	950	1800	900	1800	1800~1900
主电容量 / μ F	20×4	4×2	20×4	40×2	20×4	30×4
输出冲能 / $A^2 \cdot ms$	25	27	≥ 18	≥ 30	—	>20
充电时间 /s	<6	<5	<15	<12	<6	<30
供电时间 /ms	3~6	4~6	4~6	3~6	3~6	2~6
最大外电阻 / Ω	170	260	320	320	620	470
电 源 /V	4.5	6	4.5	6	—	4.5
外形尺寸 :长×宽×高 /mm	135×92×75	155×95×80	216×144×55	105×80×165	165×105×102	186×118×90
生产厂家	抚顺煤研所	开封红星电器仪表厂	河南煤矿专用设备厂	营口第二仪器厂	抚顺煤研所	沈阳新兴防爆电器厂

三、爆破技术

我国巷道钻眼爆破技术发展是迅速的。从浅眼爆破发展到中深眼爆破 ,从工作面多

次放炮到全断面一次爆破,到 70 年代,毫秒爆破已得到普遍应用,大大提高了爆破效率和质量。70 年代以后,光面爆破、预裂爆破得到大面积推广应用,改变了普通的自由式爆破,实现了控制爆破。特别是光面爆破与锚喷支护相结合,实现了巷道支护的改革,在加快掘进速度、提高支护质量、降低成本等方面取得了显著的技术经济效益。

爆破的效果和质量直接影响着装岩、支护的效率和质量,影响着掘进速度。爆破效果包括岩石破碎的块度、爆堆形状、巷道成形的规格、对围岩的损伤程度以及炮眼利用率和炸药消耗量等指标,应根据不同的岩层条件和设计与施工要求,正确地选用爆破方法,合理地确定爆破参数。

(一) 掏槽方法

按照爆破时的作用炮眼分为掏槽眼、崩落眼和周边眼 3 种。

掏槽方法和掏槽眼的布置形式多种多样,应根据岩层性质、断面大小和一次爆破的进尺来选择和运用。掏槽的形式可分为斜眼掏槽、直眼掏槽和混合掏槽 3 种。

1. 斜眼掏槽

其特点是掏槽眼与工作面斜交,有单向掏槽、扇形掏槽、楔形掏槽和锥形掏槽等几种形式,见图 7-3-2。前两种方法适合于巷道断面较小、具有明显层理的松软岩层或有软弱夹层或半煤岩巷道的煤层上。应用最多的是楔形,它适合于各种岩层的浅眼爆破,根据巷道断面大小和岩层的坚固性合理确定炮眼的角度和数目,一般为 6~8 个炮眼呈对称布置,角度为 $55^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。锥形掏槽适用于中硬以上岩层,由于打眼较难,巷道中很少应用。

斜眼掏槽中各炮眼的装药集中于炮眼底部,以工作面为自由面,形成的槽腔呈楔形、角锥形,优点是适用于各种岩层,掏槽效果较好,所需槽眼数目较少,槽腔体积大,缺点是钻眼的方向和对称性要求较高,炮眼深度受巷道宽度限制,不利于多台凿岩机同时作业。

2. 直眼掏槽

其特点是掏槽眼垂直于工作面且相互平行,炮眼间距小,炮眼装药系数一般在 0.7~0.8。可归纳为缝隙掏槽、角柱状掏槽和螺旋掏槽三种类型,在实用中还有许多变型。它们的共同点是在掏槽眼中都有一定数量(1~4 个)不装药的空眼,空眼又有小直径和大直径两种,见图 7-3-3。

缝隙掏槽又称平行龟裂,其特点是炮眼底部处于同一平面,装药眼与空眼互相间隔,装药眼同时起爆,爆破后形成一条稍大于炮眼直径的槽腔,成为后续炮眼爆破的自由面,适用于中硬以上岩层的小断面巷道。

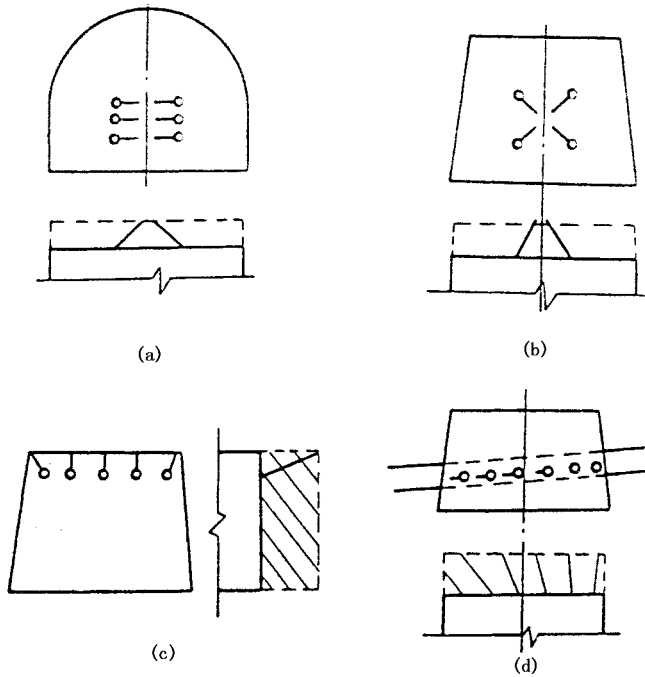


图 7-3-2 斜眼掏槽形式示意图

a—楔形掏槽 b—锥形掏槽 c—单向掏槽 d—扇形掏槽

角柱状掏槽是现场应用最多的形式,适用于不同岩层条件。空眼数目视岩层的坚固性和致密程度而增减。爆破后形成角柱形槽腔,依布眼形式的不同呈三角柱状、菱柱状和四角柱状。

螺旋掏槽是以围绕中心空眼按螺旋线逐步扩大眼距布置掏槽眼,由近及远依次起爆,逐步扩大槽腔的一种方法。它适用于中硬以上岩层的中深眼和深眼爆破。优点是炮眼较少而形成的槽腔较大。当遇到难爆的岩层时,还可增加 1~2 个空眼。为使槽腔内岩石抛出,有时可将中心空眼加深并在底部放少量炸药,最后起爆。

直眼掏槽的原理不同于斜眼掏槽,它不是以工作面作为自由面,而是以空眼作为自由面和碎胀后的补偿空间。所以,大直径空眼的爆破效果要优于小直径空眼,而且炮眼的间距(主要指空眼与第一个起爆的装药眼的间距)的大小直接影响着直眼掏槽的效果。合适的眼距是依岩层性质(坚硬程度、可爆性、层节理)而定,眼距过大,爆破后,岩层仅产生塑性变形而出现“打枪”现象;眼距过小,会将邻近炮眼的炸药“压死”而拒爆或使岩石产生“再生”,已破碎的岩石被挤实在槽腔内。所以,眼距是直眼掏槽中影响爆破效果的一个最敏感的参数。

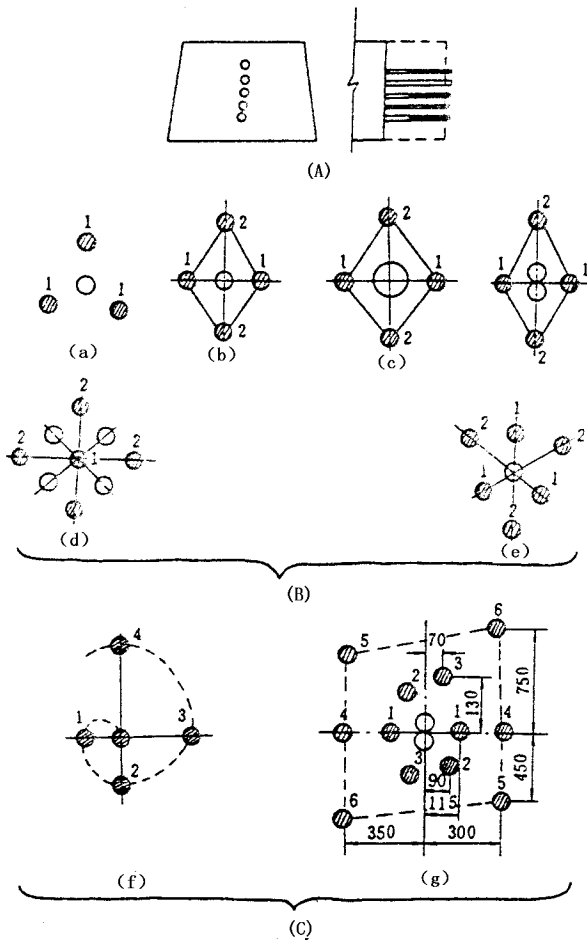


图 7-3-3 直眼掏槽形式示意图

A—缝隙掏槽 ;B—角柱状掏槽 ;C—螺旋掏槽

a—三角柱状 b—菱形掏槽 ;c—大直径空眼菱形掏槽 ;d—五星掏槽 ;

e—复式三角柱掏槽 ;f—单相螺旋掏槽 ;g—双螺旋掏槽(科罗曼特掏槽)

○—空眼 ▨—装药眼 ;1、2、3—起爆顺序

空眼直径、空眼数目和眼距三者是相互关联的参数。一般讲 ,随岩层坚硬和致密程度增高 ,眼距应取小值 ,空眼直径与眼距所表示的爆破效果见图 7-3-4。空眼直径确定后 ,眼距合适 ,则可使槽腔内岩石破碎并抛出 ,形成洁净掏槽。我国巷道掘进的直眼掏槽多采用小直径空眼 ,其眼距一般在软岩层取 150mm 左右 ,在中硬岩层取 100 ~ 300mm ,在硬岩层取 100mm 或中心选用 2 个空眼。

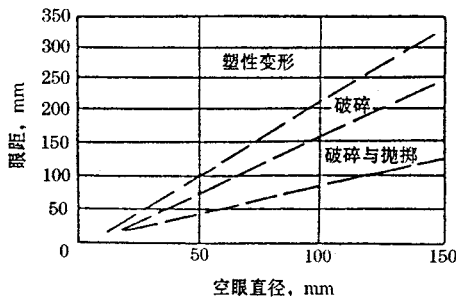


图 7-3-4 眼距与空眼直径的关系图

直眼掏槽的优点是炮眼垂直工作而,方式简单,可实现多台钻机同时作业和实现机械化钻眼,炮眼深度不受巷道断面限制,当炮眼加深时,掏槽眼布置可不改变,有较高炮眼利用率,爆堆比较集中,抛掷距离小,不易崩坏设备和支护。其缺点是掏槽所用炮眼较多,且装药量较大,炮眼间距和平行度要求高,如有偏差对掏槽效果影响较大,甚至造成掏槽失败,所需雷管段数较多,特别是螺旋掏槽。但随着钻眼机械化的发展和巷道掘进向中深和深眼爆破的发展,直眼掏槽方法已被广泛采用。

3. 混合掏槽

它是直眼与斜眼相组合的掏槽方法。其中斜眼与工作面有 $75^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 的交角,装药系数为 $0.4 \sim 0.5$,在直眼爆破后起爆,以发挥抛碴和扩槽作用,见图 7-3-5。适用于中硬以上岩层的大、中断面巷道。

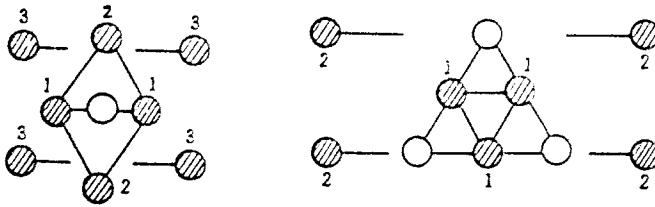


图 7-3-5 混合掏槽形式图

(二) 爆破参数

爆破参数主要包括:炮眼的直径、深度、数目和单位炸药消耗量等。

1. 炮眼直径

炮眼直径的大小对钻眼效率、全断面炮眼数目、炸药消耗量和爆破块度及岩壁平整度等均有影响,应根据巷道断面大小、块度要求、炸药性能和凿岩机性能综合考虑,进行选择。炮眼直径大,可减少炮眼数目、炸药能量相对集中,可提高爆破效率,但钻眼速度

下降,影响爆破质量和围岩稳定性。采用气腿式凿岩机时,我国目前的炮眼直径多采用40~45mm的定型规格。80年代后期,我国岩巷掘进中,应用小直径药包($\phi 25\text{mm}$ 或 $\phi 27\text{mm}$)炮眼直径为30mm,采用统一规格钻凿锚杆眼和掘进炮眼,可提高钻眼速度,弥补了由于眼径减小而增加的炮眼数目的问题,提高了掘进速度,而且节约了支护成本,取得很好的综合技术经济效益,称为“三小”技术。

2. 炮眼深度

炮眼深度决定了每一掘进循环的钻眼和装岩工作量、循环进尺以及每班的循环次数,须根据巷道掘进的作业方式、钻眼设备能力、岩层条件以及巷道断面尺寸等因素经综合考虑而确定。炮眼深度大,单位进尺的辅助作业时间短,装岩机的工时利用率高,但钻眼速度下降,或是爆破后围岩稳定性差,巷道难以维护。合理的炮眼深度应以高速、高效、低成本、便于组织正规循环作业为原则。

巷道掘进中,通常是以月进尺任务和凿岩、装岩设备的能力来确定每一循环的炮眼深度。随着巷道掘进机械化装备水平的提高,已由浅眼向中深眼发展。采用气腿式凿岩机时,炮眼深度以1.8~2.5m为宜,眼深超过2.5m后,钻眼速度则明显降低。采用配有高效凿岩机的台车时,应向深眼发展,一般眼深可达3.0m。炮眼深度取值范围列入表7-3-10,通常掏槽眼比其它炮眼深20~40cm。

表 7-3-10 炮眼深度取值范围 单位:m

掘进断面面积 m ²	岩石坚固性系数 f		
	2~4	5~7	8~10
4~6	1.8~2.1	1.6~1.9	1.4~1.6
6.1~8	2.1~2.3	1.9~2.0	1.6~1.8
8.1~10	2.3~2.4	2.0~2.2	1.8~1.9
10.1~12	2.4~2.5	2.2~2.3	1.9~2.0
12.1~14	2.4~2.5	2.2~2.3	2.0~2.1
14.1~16	2.5~2.6	2.3~2.4	2.0~2.1
16.1~18	2.5~2.6	2.3~2.4	2.1~2.2

3. 炮眼数目

合理的炮眼数目应以保证爆破效果(炮眼利用率高、岩石块度均匀适中、巷道轮廓符合设计要求等)为原则。主要取决于岩石性质、巷道断面形状和尺寸、炮眼直径和炸药性能等因素,参见表7-3-11。一般是先以岩层性质和断面大小进行初步估算,然后在断

面图上做炮眼布置 ,得出炮眼数目 ,并通过实践调整。炮眼数目的估算可按下式进行 :

表 7 - 3 - 11 炮眼数目取值范围 单位 :个

掘进断面积 m ²	岩石坚固性系数 <i>f</i>		
	2 ~ 4	5 ~ 7	8 ~ 10
4 ~ 6	8 ~ 11	12 ~ 16	16 ~ 20
6.1 ~ 8	12 ~ 16	17 ~ 21	21 ~ 26
8.1 ~ 10	17 ~ 21	22 ~ 27	27 ~ 32
10.1 ~ 12	22 ~ 27	28 ~ 33	33 ~ 37
12.1 ~ 14	28 ~ 33	33 ~ 38	38 ~ 42
14.1 ~ 16	34 ~ 38	39 ~ 42	43 ~ 46
16.1 ~ 18	39 ~ 42	43 ~ 46	47 ~ 50

$$N = 3.3 \sqrt[3]{fS^2}$$

(7 - 3 - 1)

式中 *N*——炮眼数目 ;
f——岩石坚固性系数 ;
S——巷道断面积 ,m²。

4. 单位炸药消耗量

爆破每立方米原岩体所需的炸药量称为单位炸药消耗量 ,通常以 *q* 表示。它是爆破作业中的重要参数。其大小对破碎块度、抛掷距离、围岩稳定性以及爆破成本都有影响。单位炸药消耗量由炸药性质、岩层可爆性和节理构造以及巷道断面大小来决定。

单位炸药消耗量可根据经验公式或参照巷道掘进炸药消耗定额(表 7 - 3 - 12)来确定 ,并在实践中不断加以调整。

简单的经验公式为 :

$$q = 1.1 K_0 \sqrt{f/S}$$

(7 - 3 - 2)

式中 *q*——单位炸药消耗量 ,kg/m ;
f——岩石坚固性系数 ;
S——巷道断面 ,m² ;
*K*₀——炸药作功能力的核正系数 ,*K*₀ = 525/*P* ;
P——所用炸药的作功能力 ,mL。

确定 *q* 后 ,计算出每循环所用炸药总量 *Q* ,然后按炮眼数目、各炮眼所起作用 and 所分

担的爆破岩体加以分配 ,最后分别确定出掏槽眼、崩落眼和周边眼的装药量。

表 7-3-12 巷道掘进炸药消耗定额 单位 kg/m³

坚 固 性 系数(f)	巷 道 断 面(m ²)						
	< 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 15	15 ~ 20
< 1.5	1.14	0.96	0.91	0.80	0.72	0.66	0.59
2 ~ 3	1.99	1.60	1.44	1.29	1.21	1.04	0.96
4 ~ 6	2.74	2.24	2.02	1.90	1.68	1.48	1.35
8 ~ 10	2.94	2.51	2.24	2.02	1.86	1.63	1.45
12 ~ 14	4.04	3.23	2.98	2.67	2.41	2.12	1.92
15 ~ 20	4.85	3.89	3.54	3.14	2.95	2.56	2.32

根据实践经验 ,岩石巷道掘进采用光面爆破时 ,掏槽眼、崩落跟、控制光爆层的崩落眼和周边眼(顶、帮)的每眼装药数量的比例大致为 4:3:2:1。

(三)炮眼间距与装药系数

1. 掏槽眼

光面爆破与普通爆破作业一样 ,掏槽是关键。不仅要正确选择掏槽方式 ,而且要重视其参数选择。

直眼掏槽的眼距一般等于破碎圈的直径 ,即为 100 ~ 250mm(硬岩取小值 ,软岩取大值)。

采用斜眼掏槽时 ,特别是楔形和锥形掏槽 ,装药在槽腔的岩体内较为集中 ,且以工作面自由面 ,每眼装药系数为 0.4 ~ 0.6 ;采用直眼掏槽时 ,掏槽眼均为超量装药 ,装药系数一般为 0.7 ~ 0.8。

2. 崩落眼

(1)辅助眼(又称扩槽眼)

掏槽眼以外布置辅助眼进行扩槽。辅助眼的个数为 4 ~ 6 个(软岩取小值 ,硬岩取大值)辅助眼的间距一般为 200 ~ 350mm(硬岩取小值 ,软岩取大值) ,是掏槽眼距的两倍左右 ,装药系数为 0.5 ~ 0.6(软岩取小值 ,硬岩取大值)。

(2)三圈眼

一般双轨巷道(宽度为 3.5 ~ 4.5m)辅助眼以外布置三圈眼 ,其抵抗值略小于临界抵抗值 ,一般为 600 ~ 750mm(硬岩取小值 ,软岩取大值)。

三圈眼的间距略大于抵抗值 ,一般为 650 ~ 800mm(硬岩取小值 ,软岩取大值)。

装药系数为 0.4 ~ 0.55(软岩取小值 ,硬岩取大值)。

(3)二圈眼(又称抵抗眼)

三圈眼以外或单轨巷道(宽度 3.5m 以下)辅助眼以外布置二圈眼。二圈眼是确保光爆层厚度的重要参数。特别是松软围岩 ,应从二圈眼开始尽量减少装药量。一般有“ 二圈周边三比一 ”的规律 ,即二圈眼的装药量为周边眼装药量的 3 倍 ,约为 150 ~ 600g/m。其抵抗值为 500 ~ 600mm(硬岩取小值 ,软岩取大值)。

二圈眼的间距略大于抵抗值 ,一般为 550 ~ 650mm(硬岩取小值 ,软岩取大值)。

2. 周边眼

周边眼一般布置在巷道轮廓线附近。硬岩可布置在轮廓线以外 ,与轮廓线外接 ;软岩可布置在轮廓线以里 ,与轮廓线外切。

周边眼是直接保护围岩的 ,因此其参数应严加控制。其抵抗值一般为 400 ~ 500mm (硬岩取小值 ,软岩取大值)。

周边眼的间距为 350 ~ 450mm(与一般规律相反 ,软岩取小值 ,硬岩取大值)。

周边眼间距与其抵抗值之比叫周边眼的炮眼密集系数 ,硬岩中可取其值为 0.8 . ~ 1.0 ,软岩中可取 0.6 ~ 0.7。

采用光面爆破时 ,周边眼的每眼装药量较少 ,如采用小直径药卷或光爆专用炸药时 ,则应根据炸药性能来确定周边眼的每眼装药量。周边眼的装药量随其间距与抵抗值的减小而尽量减少。装药量一般为 :硬岩 :150 ~ 250g/m ;中硬岩 :100 ~ 150g/m ;软岩 :50 ~ 100g/m。

不同岩石各种炮眼光爆参数如表 7 - 3 - 13。

表 7 - 3 - 13 不同岩石各种炮眼光爆参数

炮眼名称	岩石性质	眼 距 (mm)	抵抗值 (mm)	装 药 量	
				装药系数	每米药量(g/m)
掏槽眼	硬 岩	100 ~ 120	等于破碎圈直径	0.70 ~ 0.75	
	中硬岩	120 ~ 150		0.65 ~ 0.70	
	软 岩	150 ~ 250		0.60 ~ 0.65	
辅助眼	硬 岩	200 ~ 250		0.60 ~ 0.65	
	中硬岩	250 ~ 300		0.55 ~ 0.60	
	软 岩	300 ~ 350		0.50 ~ 0.55	

炮眼名称	岩石性质	眼 距 (mm)	抵抗值 (mm)	装 药 量	
				装药系数	每米药量(g/m)
三圈眼	硬 岩	650 ~ 700	600 ~ 650	0.50 ~ 0.55	
	中硬岩	700 ~ 750	650 ~ 700	0.45 ~ 0.50	
	软 岩	750 ~ 800	700 ~ 750	0.40 ~ 0.45	
二圈眼	硬 岩	550	500		450 ~ 600
	中硬岩	550 ~ 600	500 ~ 550		300 ~ 450
	软 岩	600 ~ 650	550 ~ 600		250 ~ 300
周边眼	硬 岩	400 ~ 450	400 ~ 450		150 ~ 250
	中硬岩	400 ~ 450	400 ~ 450		100 ~ 150
	软 岩	350 ~ 400	450 ~ 500		50 ~ 100

(四)装药结构

装药结构有连续装药和间隔装药、偶合装药和不偶合装药、正向起爆装药和反向起爆装药之区别。巷道掘进中 ,主要采用连续、偶合、反向起爆装药结构。光面爆破时 ,周边眼主要采用不偶合装药 ,装药结构见图 7 - 3 - 6。

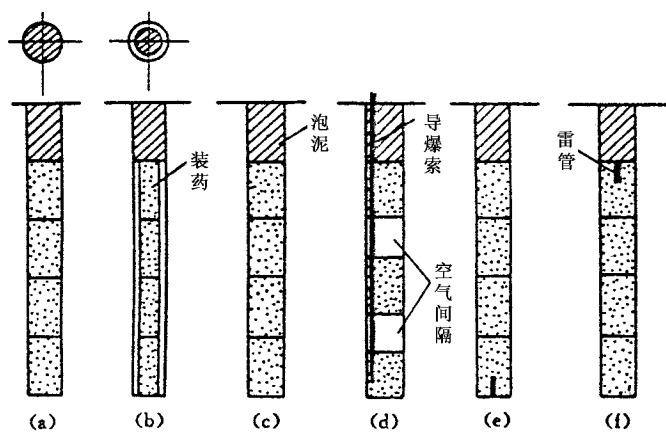


图 7 - 3 - 6 装药结构示意图

a—偶合装药 b—不偶合装药 c—连续装药 ；
d—间隔装药 e—反向起爆装药 f—正向起爆装药

1. 连续装药与间隔装药

一般均采用连续装药,其装药操作简单,速度快。深眼时,为了炸药在炮眼全长分布均匀,不致于集中在眼底部分,可采用间隔装药。间隔物可以是炮泥或空气。空气间隔时,由于两段装药之间空气的存在,炸药爆炸所产生的空气冲击波会在间隔空气中发生碰撞和反射,相应延长了岩体内应力波的作用时间,能获得较好的爆破效果。

2. 偶合装药和不偶合装药

为了装填的需要偶合装药时,药卷直径略小于炮眼直径,炸药爆炸使眼壁受爆轰波的直接作用,在岩体内激起冲击波,效率较高,但炮眼如在周边,则对围岩有明显的破坏,因此多用在掏槽眼和崩落眼。不偶合装药,药卷与眼壁间存在有空气间隙使炸药爆轰波峰值压力衰减后作用到眼壁上,可以降低对眼壁的冲击压力,减少粉碎区,激起应力波在岩体内作用时间加大,故在光面爆破的周边跟多采用不偶合装药。

采用粉状铵梯炸药不偶合装药,当不偶合值(炮眼直径/药包直径)为 $1.12 \sim 1.76$ 时,会产生间隙效应,即炸药传爆中断。采用 2 号岩石铵梯炸药,当传爆长度超过 $600 \sim 800\text{mm}$ 时,超过的药卷易产生拒爆。目前巷道掘进中一般采用钎头直径为 42mm 、药卷直径为 35mm ,正处于产生间隙效应的范围,所以当装药长度超过 $600 \sim 800\text{mm}$ 时,应采取消除间隙效应的措施或改用炸药。如水胶炸药和乳化炸药就没有明显的间隙效应。

3. 正向起爆装药和反向起爆装药

由于起爆点位置的不同,使炮眼内炸药的爆轰波的传播方向和在岩体中应力波的传播受到影响,并随炸药的爆速和岩层中的波速的不同而异,从而影响爆破作用和效果,见图 7-3-7。当炸药爆速 D 大于岩体应力波传播速度 C_p 时,即 $D/C_p > 1$,应力波波面呈锥体,相反,当 $D/C_p < 1$ 则为球体。

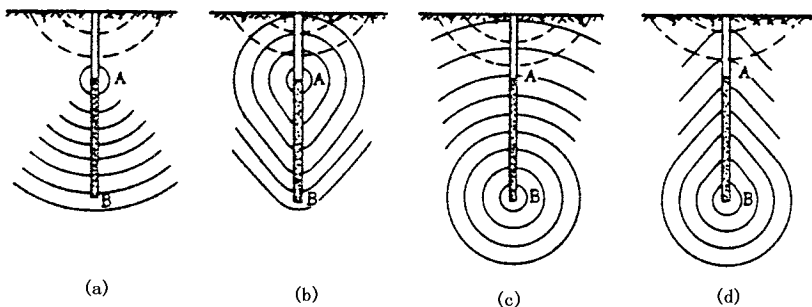


图 7-3-7 应力波传播示意图

a—正向起爆 $D/C_p < 1$; b—正向起爆 $D/C_p > 1$;

c—反向起爆 $D/C_p < 1$; d—反向起爆 $D/C_p > 1$

正向起爆时,在整个炮眼内炸药爆轰未结束前,由于 A 点处最先起爆所,产生的应力波从自由面反射回的反射波已达 A 点,反射波引起的裂缝和片落会使炮眼口部的岩石破碎、抛掷广从而使炮眼内的爆生气体过早逸出,导致炮眼底部岩石受力降低、破碎范围小,致使炮眼利用率降低。反向起爆时,爆轰波的传播是向炮眼口的方向传播,爆生气体不会过早逸出,作用时间长,能加强对岩石的破碎。实践表明,反向起爆效果优于正向起爆。

4. 炮眼填塞

填塞能保证炮眼内炸药全部爆轰结束前减少爆生气体过早逸出,保持爆压有较长的作用时间充分发挥炸药的爆破作用。有瓦斯的工作面,可采用水炮泥填塞,可吸收部分热量,降低喷出气体的温度,有利安全。

(五)起爆顺序和时差

工作面上的炮眼应按掏槽眼、崩落眼(辅助眼、三圈眼、二圈眼)、周边眼(帮眼、顶眼、底眼)的先后顺序起爆,以使先爆炮眼所形成的槽腔作为后爆炮眼的自由面。一般均采用延期电雷管(秒或毫秒延期)全断面一次起爆。特殊情况下(如大断面、顶留光爆面)可采用分次起爆。

起爆顺序的间隔时间,可采用秒延期或毫秒延期。实践证明,毫秒延期爆破可获得良好的技术经济效果。各炮眼爆破所产生的应力场相互干涉、叠加,增强了破碎作用,能减小爆破块度,在相同条件下比秒延期爆破的装药量减少;在有瓦斯的工作面可实现全断面一次起爆(总延时不超过 130ms),缩短了放炮时间,保证作业安全,抛掷作用降低,爆堆比较集中,能提高装岩效率和防止崩坏设备与支护。

毫秒爆破虽已被广泛应用,但对其作用原理尚没有一个统一认识。如新增自由面理论、岩块相互碰撞理论和应力波干涉理论,都从不同角度在一定程度上解释了毫秒爆破时的作用和效果。合理确定秒间隔时间,目前尚不能完全从理论上进行计算,一般多从试验和统计中得出。巷道掘进中,由于抵抗线较小,毫秒间隔时间短,一般在 15 ~ 75ms 之间,并随岩层性质、抵抗线的大小而变动。当掏槽眼深度超过 2.5 ~ 3.0m 时,为保证槽腔内岩石的破碎和抛掷,毫秒间隔时间应取大值,一些试验表明间隔时间在 50 ~ 100ms 时,掏槽效果较好。

第三节 装岩与运输

装载与运输是巷道掘进中劳动量大,占循环时间最长的工序。自 50 年代起,我国即开始引进和研制装岩机,生产了 H-600 型和华-I 型铲斗后卸式电动装岩机和 C-153 型装煤机。60~70 年代,推广使用了 TYP-17 型和 P-60 型耙斗装岩机,生产能力提高了 1~2 倍。

60 年代开始发展的小型蓄电池机车、钢丝绳牵引卡轨车和轻型刮板输送机,代替了人力推车。随着矿山生产建设规模的扩大和机械制造能力的提高,掘进使用的装、转、运机械设备逐步依靠自己的力量,不断地推出新的机型,质量也不断完善。

70 年代以来,先后研制成功耙斗装岩机、侧卸式装岩机、蟹爪装岩机及立爪装岩机,其中根据我国煤矿特点研制的耙斗装岩机,结构简单、制造容易、造价低、可靠性好、适应性强,已成为当前我国煤矿巷道掘进的主要装载设备,使用量已近万台。最近几年在原有 P-15B、P-30B、P-60B 系列产品的基础上,又研制出带调车盘的 PT-30B 型、PT-60B 型,使耙斗装岩机效率显著提高。

配套的转载运输设备也在不断改善,先后出现了 QZP-160 型桥式转载机、SJ-80 与 SJ-44 可伸缩胶带运输机,ZP-1 型胶带转载机等,以及 S4、S6、S8 型梭式矿车和 ILA、CCJ 型仓式列车和 5t 以上防爆型蓄电池电机车。以上多为从工作面运出矸石的设备,同时也发展了可向工作面运输材料的胶带输送机、钢丝绳牵引卡轨车和钢丝绳牵引单轨吊车。以上各类设备的发展标志着我国平巷装载运输机械化已有了一定基础。

一、装载

根据工作机构和结构的不同,装岩机大致可分为:铲斗式、耙斗式、蟹爪式、立爪式和蟹立爪式等几类。最先推广使用的是铲斗式装岩机(后卸式),70 年代以后,耙斗式装岩机成了巷道掘进装岩的主要设备。近几年来,侧卸式装岩机在断面 12m^2 以上的巷道掘进中已逐渐显示出它的明显优势。

(一) 铲斗式装岩机(后卸式)

铲斗式装岩机按动力分有电动、气动、以及柴油驱动 3 种,行走机构是轨轮式的。我

国冶金矿山使用这类装岩机品种较多 ,但在煤矿中则以电动的 H - 600 型和华 - I 型为主。

铲斗式装岩机 适用于有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井中的水平巷道和倾角小于 8°的倾斜巷道。同时要求自轨面算起的巷道高度不应小于 2.2m ,巷道宽度以铺设单轨或双轨车道为限。

H - 600 型和华 - I 型铲斗装岩机的主要技术特征见表 7 - 3 - 14。H - 600 型铲斗式装岩机的构造 ,见图 7 - 3 - 8。

表 7 - 3 - 14 H - 600 型和华 - I 型装岩机主要技术特征

型 号 (原型号)	ZCZ - ZC 型电动装岩机 (H - 600)	ZCZ - 17 型电动装岩机 (华 - I)
铲斗容积 ,m ³	0.20	0.17
生产率 ,m ³ /h	30 ~ 40	25 ~ 30
装岩宽度 ,mm	2200	1700
工作高度 ,mm	2180	1750
轨 距 ,mm	600 ,762 ,900	600
总 重 ,t	4.2 ,4.0	3.5

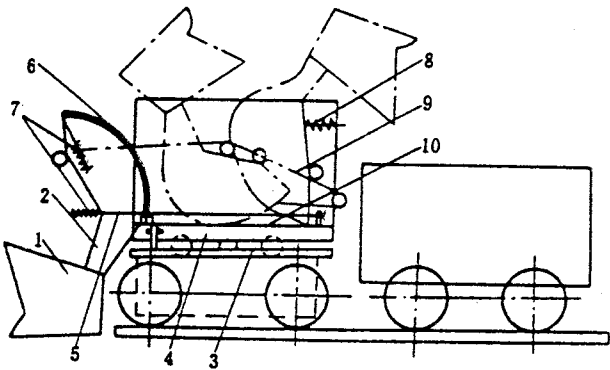


图 7 - 3 - 8 H - 600 型装岩机结构示意图

1—铲斗 2—斗柄 3—回转底盘 4—回转台 5、6—稳绳；
7—弹簧 8—缓冲弹簧 9—提升链条 10—导轨

装岩时 ,一般将矿车停放于装岩机后 1.5 ~ 2.5m 处 ,这样比把矿车挂在装岩机后面既可减少行走电动机的负荷 ,又可节省矿车摘挂钩时间 ,但要求装岩机司机有较高的操

作技术。为保证装岩机迅速装完工作面的矸石,临时轨道的铺设要求快速,并保证质量,常在装岩时用短道和爬道相结合的办法来延伸轨道。短道的长度一般为 2m 一段,当数节临时短道的长度相当于一节标准轨(8~10m)的长度时,便可拆除临时短道,改铺标准钢轨。当装岩机工作接近工作面时,便可在短道前端扣上爬道,爬道后端用枕木垫起,使爬道尖端稍微向下,以便于顶入岩堆,然后用装岩机碰头冲顶爬道,当爬道被顶入一段长度后,即可抽出所垫枕木,装岩机便可行驶在爬道上工作。

铲斗式装岩机具有使用灵活、行走方便的特点,其结构紧凑,工作可靠,体积小;同时它装岩时,前方打眼工可站在岩堆上打眼,互相干扰小,易于实现凿岩与装岩平行作业。它是我国使用最早的装岩机械,曾用它创造了不少巷道快速施工的好成绩。例如,北京杨坨四队于 1974 年 9 月在巷道断面 7.86m^2 , $f=6\sim 8$ 的粉砂岩中掘进时,使用 1 台 H-600 型装岩机、固定车场、人工调车、月进尺为 315.8m;新晃汞矿于 1973 年 3 月在 $f=8\sim 12$ 的白云岩中施工断面为 6m^2 的平巷,使用一台华-I 型装岩机、胶带转岩机转载、人工调车,月进尺达 707.3m。和其它装岩机相比,它的不足之处是卸载为抛掷方式,要求巷道较高,扬起岩尘较多,操作难度大,生产能力较低($25\sim 40\text{m}^3/\text{h}$),必须在轨道上行使,装载宽度受限制。有逐步被其它类型装岩机所取代的趋势。

(二)侧卸式装岩机

侧卸式装岩机的特点是铲斗正面铲取,侧转卸载。行走机构有履带式和轨轮式两种。国产 ZC 系列侧卸式装岩机多为履带行走方式,本身不附带转载运输机,而是与各种运输设备配套使用。

ZC-2 型侧卸式装岩机适用于断面 12m^2 以上的巷道装运作业。其主要技术特征如下:

铲斗容积	0.75m^3
装岩能力	$95\text{m}^3/\text{h}$
最大装岩高度	1.5m
卸载倾角	55°
铲斗宽度	1850mm
履带行走部宽度	1450mm
电动机总功率	48.5kW
工作电压	660V、380V
液压系统工作压力	14MPa
装岩机最小离地距离	180mm

接地比压	0.099MPa
卸载时装岩机最大高度	3100mm
外形尺寸(铲斗落地):	
长×宽×高	4290mm×1850mm×2053mm
装岩机重量	8.2t

ZC-2 型侧卸式装岩机由工作机构、履带行走机构、液压装置、电气系统、制动机构、主令开关等部分组成 ,见图 7-3-9。

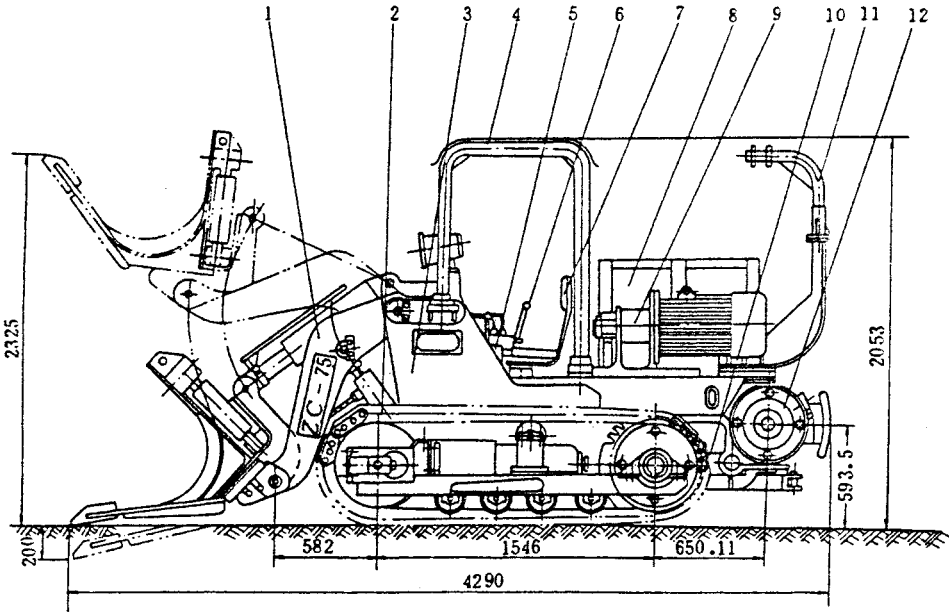


图 7-3-9 ZC-2 型侧卸式装岩机结构示意图

- 1—工作机构 2—履带行走部分 3—机架 4—安全棚；
5—主令开关 6—换向阀 7—司机座 8—电气控制箱 9—液压泵站；
10—减速机 11—电缆悬挂装置 12—行走电动机

ZC 系列装岩机的特点 :铲斗插入力大、斗容大、斗形好、生产能力高 ,可兼作工作面短距离运料 ,履带行走 ,动作灵活 ,稳定可靠 ,可在平巷及倾角 10°以内的斜巷使用 ;与铲斗后卸式装岩机相比 ,工作机构采用液压传动 ,提升能力大 ,提升距离小 ,消耗功率较小 ,性能稳定 ;司机坐在棚内操作 ,操作轻便 ,安全可靠 ,电气设备均为防爆型 ,可用于有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井。但由于外形尺寸较大 ,只适用于断面大于 12m² 的巷道、硐室和隧道工程。

1990 年 10 月在徐州张集煤矿 - 700m 东大巷 ,使用侧卸式装岩机与整列 1t 矿车配

套装岩,调车用蓄电池电机车,月进 260.7m,装岩时工作面设备布置见图 7-3-10。

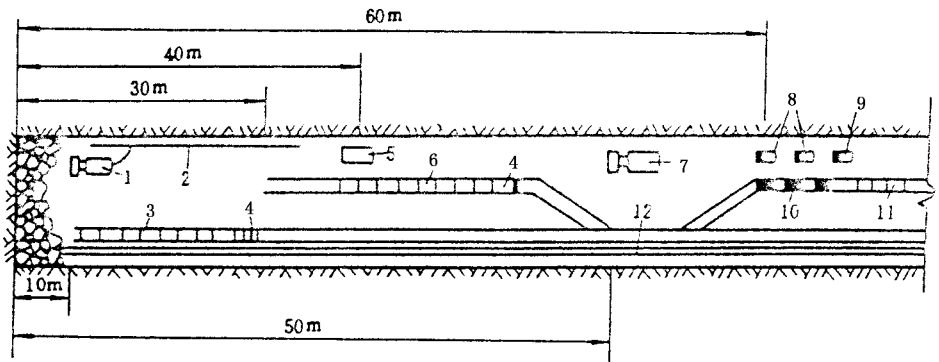


图 7-3-10 装岩时设备布置示意图

- 1—装岩机 2—装岩机电缆及钢丝绳 3—正在装岩的矿车；
4—电机车 5—凿岩台车 6—待装空矿车 7—备用装岩车；
8—喷矸机 9—备用喷矸机 10—料车 11—空矿车 12—风筒

从使用情况看,ZC-2型侧装机操作方便,装岩生产率高(理论生产能力 90ms/h),但是在东大巷施工中,实测装满一车(8节)约需 15min ,显然装岩机的能力发挥的不够。这是因为它直接将矸石装入矿车,装岩时,装岩机在巷道中频繁行走,不仅将巷道底板碾碎,形成大量淤泥给后续清理工作带来麻烦,也缩短履带行走部件的使用寿命,降低了整机的效率。

根据侧卸式装岩机的工作特点,应将转载机布置在装岩机铲斗卸载一侧的轨道上(图 7-3-11)。装岩机铲取的矸石直接卸到停靠在掘进工作面前部的料仓中,通过转载机再转卸到矿车中,这样可以连续装满 1 列矿车,以提高装岩效率。

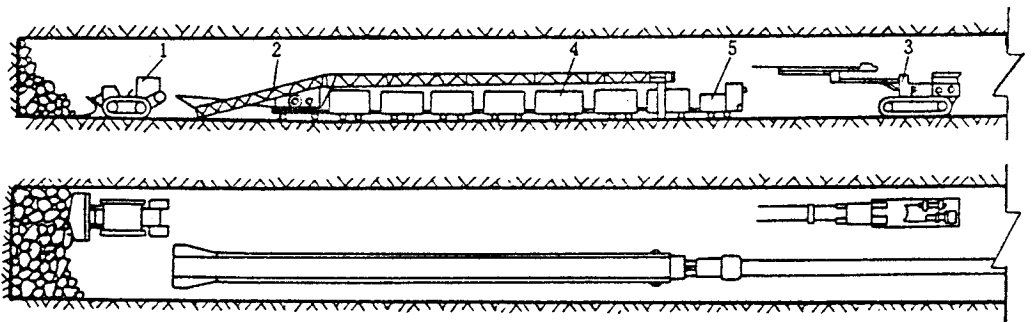


图 7-3-11 转载机与侧卸式装岩机配套示意图

- 1—侧卸式装岩机 2—转载机 3—凿岩台车 4—矿车组 5—电机车

(三) 耙斗式装岩机

耙装机适用于净高大于 2m ,净断面 5m^2 以上的巷道。它不但可以用于平巷装岩 ,而且还可以在 30° 左右的斜井 (上、下山) 装岩。

PT 型系列耙装机带有配套的气动调车盘 ,气动调车盘(图 7-3-12)主要由调车盘本体、气动调度绞车、气动调度台、空车推动气缸(简称短缸)、重车推动气缸(简称长缸)等部分构成。气动绞车、操纵台及短缸均装配在调车盘本体上 ,而长缸装配在耙斗装岩机的台车车架内。整机只需一人操作。首先将气动调度绞车的钢丝绳末端用挂钩同一列空矿车的最末一辆相连 ,然后操纵手柄 ,在压缩空气作用下 ,气动绞车把空车拉到调车盘上空矿车的位置。再使短缸动作 ,把空矿车横向推入耙装机卸料槽下面。矿车装满后 ,司机再操纵手柄使长缸工作 ,把重矿车由耙斗机后推出。然后 ,再调进一个空矿车 ,直至重车达到一定数量 ,用电机车牵引出工作面。

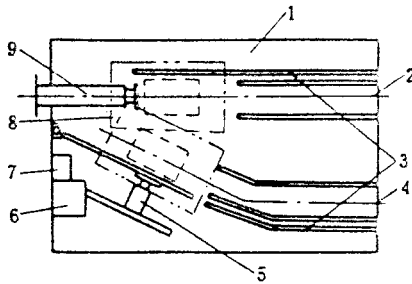


图 7-3-12 气动调车盘工作示意图

- 1—调车盘本体 2—重车轨道 3—左右挡车板 ;
4—空车轨道 5—短缸 6—调度绞车 ;
7—操纵台 8—空矿车 9—长缸

耙装机在转弯较大的巷道中使用时 ,首先要在工作面设尾轮 ,通过在转弯处的开口双滑轮 ,把工作面的矸石耙到转弯处 ,然后将尾轮 1 移动到尾轮 4 的位置 ,耙装机便可将岩石装入转运设备中去(图 7-3-13)。

(四) 蟹爪式装岩机

蟹爪式装岩机的主要特点是能连续装岩 ,生产效率高。我国生产的这类装岩机有电力驱动、液压控制及履带行走 ,但近年来有发展为全液压传动的趋势。

50 年代初 ,我国研制了适合煤和煤—岩巷道掘进用的 ZMZ₃-17 型蟹爪式装岩机。随后又研制了岩巷使用的 ZS-60 型蟹爪式装岩机。近年来 ,蟹爪式装岩机已有很大改进 ,如 ZB-1 型大功率蟹爪式装岩机 ,以及 ZXZ-60 型蟹爪式装岩机等 ,在装载中硬以

上的岩石中也显示出很大的优势。

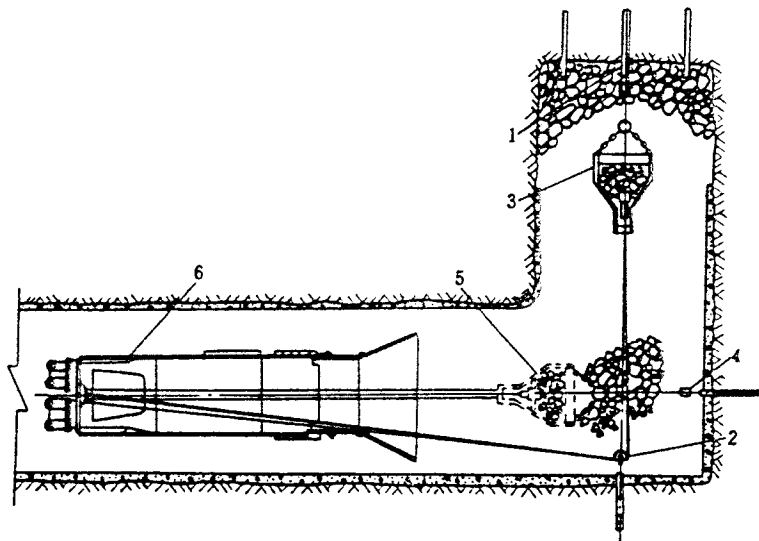


图 7-3-13 拐弯巷道耙装机装岩示意图

1、4—尾绳轮 2—双滑轮 3、5—耙斗 6—耙装机

ZMZ₃-17 型蟹爪式装岩机适用于高度 1.3m 以上、倾角小于 12°、断面 5m² 以上的煤巷中装煤。煤的块度在 100mm 以内时,机器的效率最高,最大块度不得超过 300mm,否则影响机器的生产效率。ZB-1 型和 ZXZ-60 型蟹爪式装岩机适用于断面 8.5m² 以上、f<14 的巷道中装载岩石,但对底板松软、遇水膨胀的岩层,履带难以行走,不宜采用。

我国目前生产的部分蟹爪式装岩机的主要技术特征,见表 7-3-15。

表 7-3-15 常用国产蟹爪式装岩机主要技术特征

技 术 特 征	ZMZ ₃ -17	ZMZ ₃ -40	ZB-1	ZXZ-60
装岩能力 ,m ³ /h	60	90	150~180	60
蟹爪工作次数 ,次/min	40	38.9	35	31.8
耙岩最大块度 ,mm	300	300	600	700~800
铲板宽度 ,mm	1520	1800	2200	1600
履带比压 ,MPa	0.093		0.13	0.127
履带行速 ,m/min	17.5		9.7	12.8 20
输送机链速 ,m/s	0.97	0.963	0.9	0.81

技 术 特 征	ZMZ ₃ - 17	ZMZ ₃ - 40	ZB - 1	ZXZ - 60
输送机槽宽 ,mm	530	600	650	450
最大卸载高度 ,mm	2180	3280	2200	2000
输送机摆角 (°)	± 30	± 30	30	
电动机容量 ,kW	17	40	98	64
外形尺寸 :mm				
长	6892	7800	8839	8100
宽	1480	1770	2290	1600
高	1140	1460	1700	1770
总重量 ,t	5.1	7.7	26	15

现以 ZMZ₃ - 17 型蟹爪式装岩机为例说明这类机器的结构特点 ,见图 7 - 3 - 14。蟹爪式装岩机工作时 ,开动履带行走机构 5 ,使其插向矸石或煤堆 ,然后左右两个蟹爪交替地把铲板上的矸石耙入转载机构 2 ,再由转载机构装入矿车或其它运输设备。升降油缸 8 能调节铲板倾角 ,以适应不同矸石堆高度的需要。升降油缸 9 能改变转载机构的卸载高度 ,向转油缸 7 能调节转载机构的卸载位置。

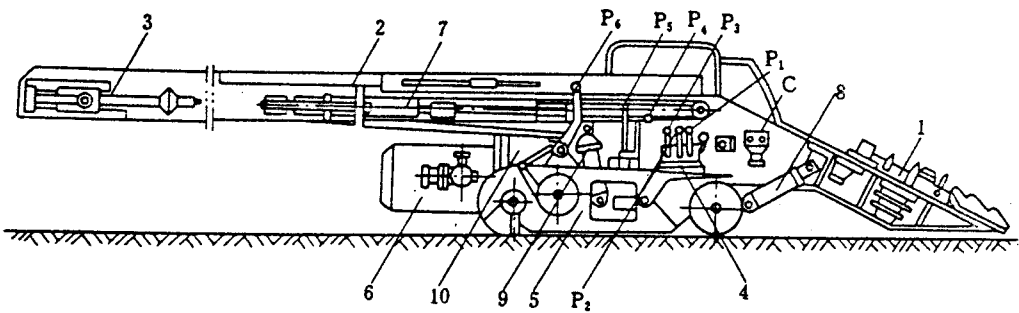


图 7 - 3 - 14 ZMZ₃ - 17 蟹爪式装岩机结构示意图

- 1—工作机构 ;2—转载机构 ;3—张紧机构 ;4—操纵阀 ;5—行走机构 ;
6—电动机 ;7—回转机构 ;8—前升降油缸 ;9—后升降油缸 ;10—主减速机
P₁、P₂、P₃、P₄、P₅、P₆—操纵手把 ;C—按钮

蟹爪式装岩机生产率较高 ,产生粉尘较少 ,而且在装岩过程中不需铺轨 ,装岩时人工

辅助工作量也较少。1975 年 3 月阜新平安矿 601 队在断面 4.5m^2 的煤-岩巷道中,使用 1 台 ZMZ_3-17 型装岩机装煤,刮板输送机,矿车,溜槽自溜运煤,创月进尺 2535.4m 的好成绩。

1977 年 12 月马万水掘进队在邯郸矿区,使用 1 台 $\text{ZXZ}-60$ 型蟹爪式装岩机配合 8m^3 梭式矿车装运矸石,创造岩巷独头月成巷 1403.6m 的全国纪录。

这类装岩机装岩时,铲板必须插入岩堆,当发生岩堆塌落压住蟹爪时,必须将装岩机退出,再次前进插入岩堆后装载。此外,为清除工作面两帮岩石,装岩机需多次移动机身位置,要求底板平整,否则会给装岩机的推进带来困难。

(五) 立爪式和蟹立爪式装岩机

针对蟹爪式装岩机存在的问题,从 70 年代起,北京矿冶研究院和华铜铜矿及云南锡业公司等单位,先后研制了立爪式装岩机(图 7-3-15)。它的主要优点是装矸机构简单可靠,动作机动灵活,对巷道断面和岩石块度适应性强,能挖水沟和清理底板,生产率较高。但爪齿容易磨损,操作亦较复杂。

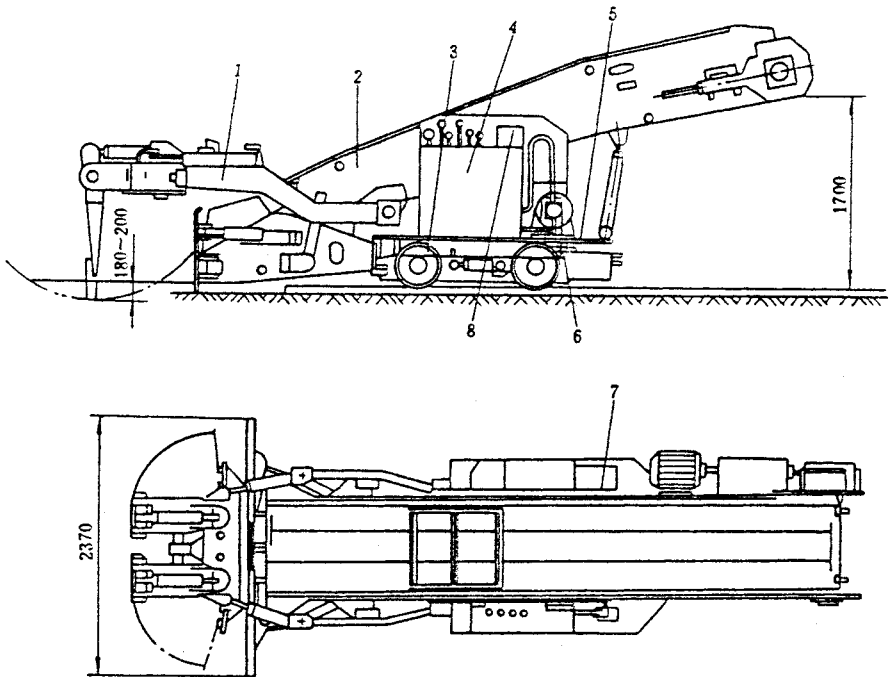


图 7-3-15 LZ-60 立爪式装岩机结构示意图

- 1—装岩机构 2—转载机构 3—行走机构 4—操纵装置;
5—回转装置 6—动力装置 7—电气系统 8—电器按钮

蟹立爪式装岩机是吸取蟹爪式和立爪式装岩机的优点,采用蟹爪和立爪组合的耙装机构,从而形成新颖的高效装岩机,见图 7-3-16。

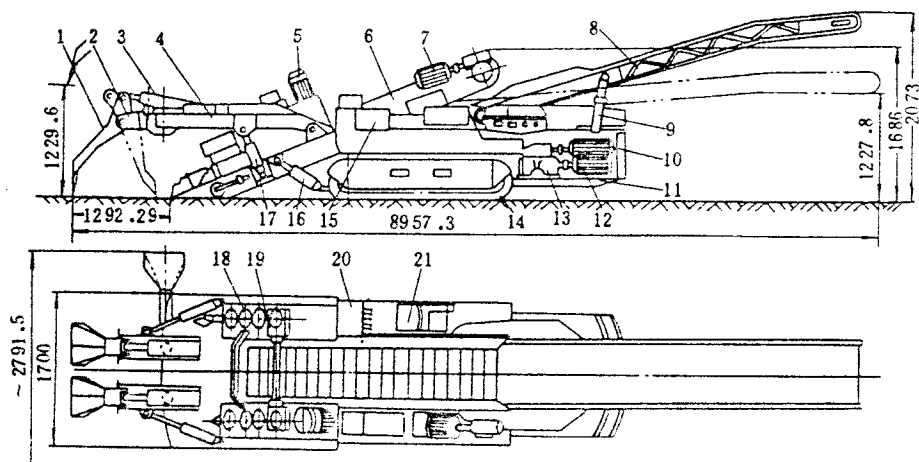


图 7-3-16 蟹立爪式装岩机结构示意图

- 1—立爪 2—小臂 3—立爪油缸 4—大臂 5—蟹爪电动机；
6—双链刮板输送机 7—刮板输送机电动机 8—胶带输送机 9—升降油缸；
10—油泵电动机；11—机座；12—1 带电动机；13—减速器；14—履带装置；
15—油压系统；16—机头升降油缸；17—大臂升降油缸；
18—蟹爪减速器；19—同步轴 20—电气系统 21—司机座

二、运输

(一) 工作面调车与转载

装岩效率的提高,除了选用高效能装岩机和改善爆破效果以外,还应结合实际合理选择工作面各种调车和转载设施,以减少装载间歇时间,提高实际装岩生产率。加强装岩调车工作组织和运输工作,及时供应空车,运出重车。

采用不同的调车和转载方式,装载机的工时利用率差别很大,据统计我国煤矿用固定错车场时为 20%~30%、用浮放道岔时为 30%~40%、用长转载输送机时为 60%~70%、用梭式矿车或仓式列车时为 80% 以上。

1. 固定道岔调车法

单轨巷道中,调车较为困难,一般每隔一段距离需要加宽一部分巷道,以安设错车的道岔,构成环形错车道或单向错车道。双轨巷道中,可在巷道中轴线铺设临时单轨合股道岔,或利用临时斜交道岔调车。

单独使用固定道岔调车法,一般需要增加道岔的铺设和加宽巷道的工作量,且不能经常保持较短的调车距离,故调车效率不高,不能适应快速掘进的要求,需要和其它调车方法配合使用,才能收到较好的效果。

2. 浮放道岔调车法

常用的浮放道岔有钢板对称浮放道岔和扣道式浮放道岔。

钢板对称浮放道岔是在一块 $8 \sim 10\text{mm}$ 厚的钢板上焊有 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 方钢作为轨条,在轨条两端与轨道接触处,制成扁平道尖,扣在四根均保持 600mm 轨距的轨道上,以便通过矿车。它适用于双轨巷道中只用一台装岩机装岩的工作面调车(图 7-3-17)。

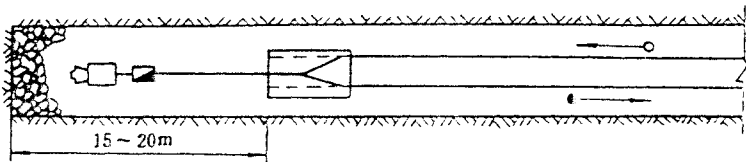


图 7-3-17 钢板对称浮放道岔布置示意图

扣道式浮放道岔是由厚 20mm 与 10mm 扁铁焊成的槽钢(扣道)焊接在槽钢上的钢轨、活动岔尖和连接钢板组成。直接将浮放道岔的槽钢扣在线路的轨道上就可使用。扣道式浮放道岔可在单轨巷道中作为尽头式错车道浮放道岔用,也可组成双轨的变线浮放道岔(图 7-3-18)。

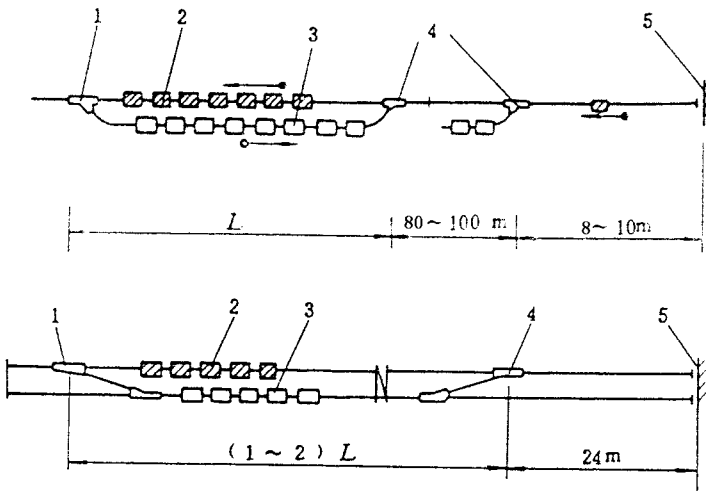


图 7-3-18 扣道式浮放道岔调车示意图

1—电机车运行道岔 2—重物 3—空车 4—扣道式浮放道岔 5—工作面

这种道岔由于直接扣在轨道上,道岔轨面比原轨面仅高出 20mm,因此通过车辆容易,不易掉道,能在上面通行装岩机和电机车,且使用灵活、移动方便,并随工作面推进一定距离而向前搬移,以保证经常保持较短的调车距离。

3. 翻框式调车器调车法

翻框式调车器也称平移式调车器(图 7-3-19)。

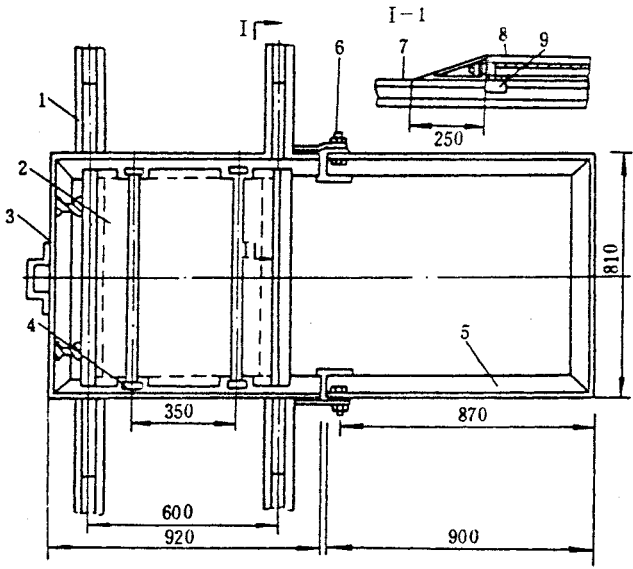


图 7-3-19 翻框式调车器结构图

- 1—轨道 2—移车盘 3—活动盘 4—滚轮 5—固定盘；
6—连接螺栓 7—轨道平面 8—移动盘的轨面 9—角钢

其调车方法是：在单轨巷道里,见图 7-3-20,先将调车器的活动盘放在轨道上,调来的空车可推到活动盘的移车盘上,再横推到固定盘上,然后翻起活动盘,待工作面的重车推出后,再放下活动盘,并将空车推到工作面装岩。在双轨巷道里使用时,调车器固定盘放于空车道上,活动盘放于重车道上。

翻框式调车器具有结构简单、重量轻、移动方便等优点,特别是可以保证调车位置接近工作面,为独头巷道快速掘进创造有利条件。

4. 转载设备调车法

采用转载设备可大大改进装运工作,使装载运输连续作业,有效地加快装运速度。我国使用的转载设备有胶带转载机、斗式转载车、梭式矿车和仓式列车等。

(1) 胶带转载机 胶带转载机的形式很多,其胶带输送机的框架和托滚等部分大致

相同,主要区别在胶带输送机的支撑方式上。从胶带机架支撑方式上分,有悬臂式胶带转载机、支撑式胶带转载机和悬挂式胶带转载机等多种。

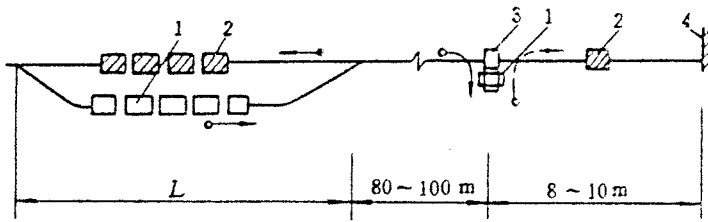


图 7-3-20 翻框式调车器调车示意图

1—空车 2—重车 3—翻框式调车器 4—工作面

悬臂式胶带转载机见图 7-3-21 结构简单,长度较短,行走方便,可适应弯道装岩。其不足之处,是在其下边只可存放 3 辆矿车。

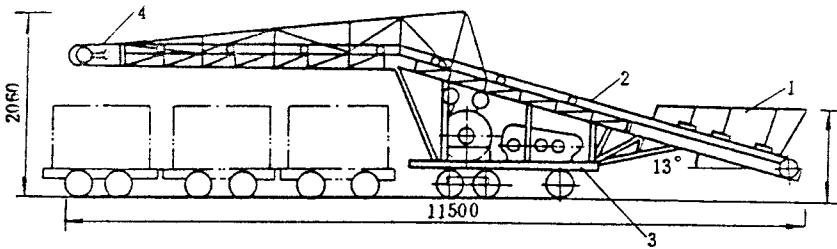


图 7-3-21 悬臂式胶带转载机示意图

1—受矸槽 2—胶带 3—车架 4—张紧装置

支撑式胶带转载机设有辅助轨道,专供支撑行走。由于长度较长,往往能存放足以将一茬炮爆落的矸石全部装走的矿车数,因而可完全消除由于调车而导致的装岩中断时间,并可大大减少单轨长巷道铺设道岔或错车场的工作量。但它只适用于直线段巷道的掘进。新晃汞矿采用 1 台悬臂式和 1 台支撑式胶带转载机配合使用(图 7-3-22),并配合采用其它措施,于 1973 年 3 月创造了独头月进 707.3m 的全国纪录。

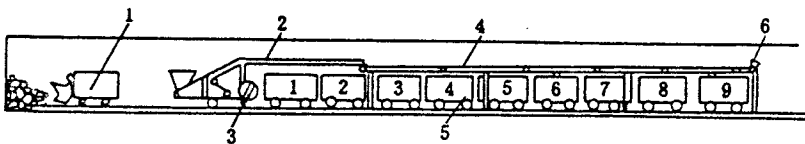


图 7-3-22 新晃汞矿胶带转载机工作布置示意图

1—装岩机 2—悬臂式转载机 3—电机 4—支撑式转载机 5—1m³ 矿车 6—输送机电机

悬挂式胶带转载机的特点是胶带机悬挂在巷道顶部的轨道上,见图 7-3-23。轨道可采用钢轨或槽钢制成,用锚杆吊挂固定在巷道顶板或直接固定于巷道支架的顶梁上,并随工作面推进一定距离而向前接长延伸。胶带机在轨道上的悬挂,是用带凹槽的轮子挂搭在轨道上,并可在轨道上滚动。它的移动可用装岩机或电机车牵引或推顶。

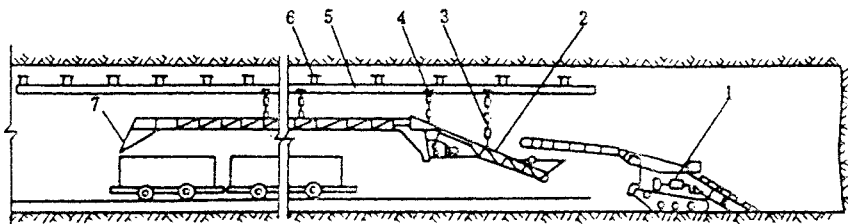


图 7-3-23 悬挂式胶带转载机示意图

- 1—装岩机 2—悬挂式胶带转载机 3—悬吊链 4—行走小车;
5—单轨架空轨道 6—吊挂装置 7—卸矸溜槽

(2)斗式转载车 斗式转载车及一组专用矿车,一般统称为斗式转载列车。斗式转载车由斗车和升降车组成。装岩时斗车先处在一个升降车的车底。斗车内装满矸石后,通过升降车底特设的升降气缸将斗车顶起,斗车本身靠压气驱动,以列车车箱两邦作为车轨在列车上行走,并可将岩石卸入任何一辆矿车里。卸载后的斗车再返回升降车重新装岩。

(3)梭式矿车 梭式矿车是一种大容积的矿车,也是一种转载设备。根据工作面的条件,可以采用 1 台梭车,亦可把梭车搭接组列使用,一次将工作面爆落的矸石装走。我国生产的梭式矿车有 4m³、6m³、8m³ 3 种,其型号及技术指标见表 7-3-16。

表 7-3-16 梭式矿车技术特征

技术特征	S ₄	S ₆	S ₈ D	S ₈ D
车厢容积 /m ³	4	6	8(单车使用)	24(三车搭接)
自重 /t	6	8	9.28	29.83
载重 /t	10	15	20	60
外形尺寸/mm				
长	6250	7014	9600	20800
宽	1280	1450	1560	1560
高	1620	1640	1780	1780

技 术 特 征	S ₄	S ₆	S ₈ D	S ₈ D
转向架中心距 ,mm	3000	3600	5950	5950
轴 距 ,mm	800	800	800	800
轨 距 ,mm	600	600	600 ,762 ,900	600 ,762 ,900
最小转弯半径 ,m	8	12	12	30
卸载时间 ,min	1	1.2	2.0	6.9
装载高度 ,mm	1200	1200	1200	1200
适用巷道规格 ,m	≥2.2×2.2	≥2.4×2.4	≥3.0×3.0	≥3.0×3.0

梭式矿车具有装载连续 ,转载、运输和卸载设备合一 ,性能可靠等优点。但必须有卸载点 ,如溜井、矸石仓等。

湖南煤炭基建公司二处在塘冲主平硐采用 6 台 YTP – 26 型气腿凿岩机打眼 ,1 台 ZP – 60 型耙斗装岩机装岩 ,3 台 S₈D 型搭接式梭车和 8t、5t 蓄电池电机车各 1 台牵引运输 ,断面 12.4m² 的平硐穿过 $f = 8 \sim 10$ 的石灰岩 ,采用喷矸和部分料石碇支护 ,于 1984 年 1 ~ 11 月 ,共掘进 1323m ,平均工效 2.07m³/工。

(4) 仓式列车 仓式列车由头部车、若干中部车及一台尾部车组成 ,链板机贯穿整个列车车箱的底部。使用时 ,根据一次爆破出矸量确定中部车车箱数量。各车箱之间用销轴连接 ,车体分别装于各自的台车上 ,每 1 个台车由 1 对轮对和水平盘组成 ,故可在曲率半径大于 15m 的弯道上运行。我国煤矿常用的仓式列车技术特征见表 7 – 3 – 17。

表 7 – 3 – 17 仓式列车主要技术特征

技 术 特 征	CCL	ECC – 5	DS – 71	阜新新邱
容 积 ,m ³	14	5 (t)	15	6
轨 距 ,mm	600	457	—	—
装载最小曲率半径 ,m	15	12.5	—	—
通行最小曲率半径 ,m	15	7.5	—	6.5
刮板输送机形式	单链刮板	双链刮板	双链刮板	双链刮板
链 速 ,m/s	0.052	0.17	0.11	0.16
电动机 功率 kW	13	10	15	11
转速 ,r/min	1450	1500	740	—

技 术 特 征	CCL	ECC－5	DS－71	阜新新邱
外形尺寸 mm	29	12.4	15	12.8
长	1.2X(头部)	1.1X(头部)	1.2	1.0X(头部)
宽	0.8X(中部)	0.7X(中部)		0.8X(中部)
高	1.25	1.4	1.6	1.24
总重量 t	18	—	10	—

 仓式列车可与装岩机或带有转载机的掘进机配套使用 ,能充分发挥装岩机的效率 ;由于不必调车 ,节省了不必要的错车道开凿工程 ,同时 ,又利于运料 ,所需辅助人员少、辅助工作量少 ,卸载高度低 ,前后移动方便 ,可用绞车或电机车牵引。

 仓式列车适用于断面为 4.5 ~ 8.5m² 的较小巷道 ,但需两次转载 ,一般把煤、矸直接卸到刮板输送机或煤(矸)仓里 ,所以多用于煤、半煤岩巷掘进运输。

(二)运输

 巷道施工除了要求及时地将岩石送出处 ,还需要将大量支护等材料运往工作面。我国煤矿巷道掘进运输多用电机车牵引矿车 ,将重车拉到井底车场 ,空车供应工作面。采区煤巷的运输多用刮板输送机和可伸缩胶带输送机将煤运至采区煤仓。近几年又开发使用了卡轨车和单轨吊等可往返的运输设备。

1. CDXT 系列矿用防爆电机车

 CDXT 系列防爆电机车适用于瓦斯矿井调度集结车辆、牵引矿车、运输原煤、矸石、材料、设备和人员。电机车配套电器件均有防爆性能 ,电源装置内不积聚氢气、不产生火花、不会引燃瓦斯和煤尘。主要技术特征见表 7－3－18。

表 7－3－18 矿用防爆电机车主要技术特征

型 号	粘着重量 (t)	小时制牵引力 (kN)	小时制速度 (km/h)	额定电压 (V)	轨 距 (mm)	轴 距 (mm)	电动机功率 (kW)	外形尺寸 (长×宽×高) (mm)
CDXT－2.5	2.5	2.7	6	48	600 900	650	4.5	2150×1072×1515
CDXT－5/57	5	7.1	7	96	600 900	900	2×7.5	3220×1210×1550
CDXT－8/87	8	13	7.8	140	600 900	1150	2×15	4400×1210×1600

2. 胶套轮电机车

 胶套轮电机车适用于煤(岩)和瓦斯突出矿井的瓦斯喷出巷道区域 ,用作调度集结车辆或作短途运输 ,以及坡度 6°以内的巷道运输 ,其主要技术特征如下：

粘着重量	4.2t
小时制牵引力	
72V 时	7.938kN
114V 时	7.938kN
小时制速度	
72V 时	3km/h
114V 时	4.8km/h
电动机功率	
72V 时	8kW
114V 时	13kW
通过弯道半径	4m
外形尺寸(长×宽×高)	3030×1143×1600mm

3. 钢丝绳牵引卡轨车

钢丝绳牵引卡轨车适用于断面大于 5.5m^2 以上、水平弯曲和垂直弯曲巷道及坡度 25° 以下的巷道。它用于井下运输材料、设备和人员,具有牵引力大、运输距离长等优点。

钢丝绳牵引卡轨车主要由泵站、液压绞车、牵引钢丝绳、导向轮装置、尾轮装置、牵引车、制动车等组成,见图 7-3-24。

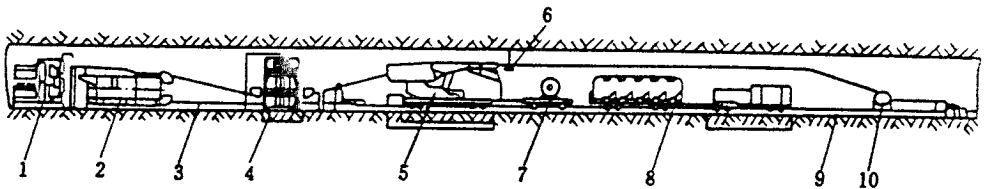


图 7-3-24 卡轨车运输系统示意图

- 1—泵站及附属设备 2—液压差动绞车 3—牵引钢丝绳;
4—张紧装置 5—牵引车 6—导向轮装置 7—制动车;
8—列车组 9—轨道 10—尾轮装置

主要技术特征:

形 式

液压传动,无极绳绞车牵引、内卡轨式

牵引速度

高速档时

$0 \sim 2\text{m/s}$

低速档时

$0 \sim 1\text{m/s}$

最大爬坡角度	25°
标准运输距离	1500m
运输能力(包括卡轨车自重)	
坡度为 0°时	4.8 ~ 9.6t
坡度为 25°时	5.2 ~ 10.4t

4. 钢丝绳牵引单轨吊车

钢丝绳牵引单轨吊适用于采区上、下山中间巷道连续运输,向回采工作面、掘进工作面运送设备、材料和人员,可在断面大于 7m^2 的水平弯曲和垂直弯曲巷道中使用。

钢丝绳牵引单轨吊运输系统主要由牵引装置、导轨、载重斗、坐人斗、紧急制动装置、回绳轮等组成,见图 7-3-25。

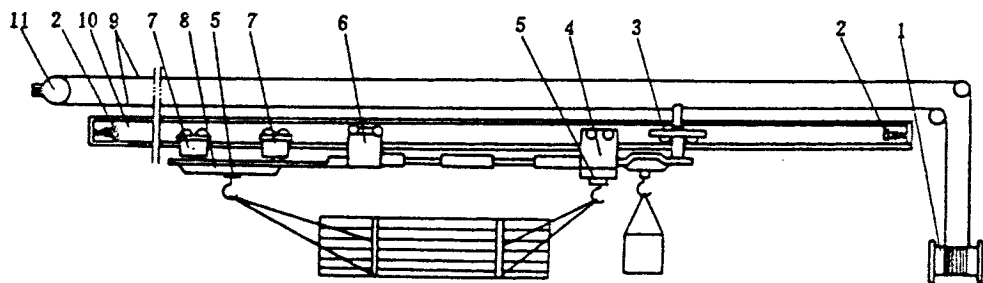


图 7-3-25 单轨吊车运输系统示意图

1—牵引绞车 2—缓冲器 3—牵引车 4—制动车 5—倒链起重器；

6—控制车 7—支承车 8—横梁 9—牵引钢丝绳 10—吊挂单导轨 11—尾轮

主要技术特征：

液压绞车功率	66kW
牵引力	29.4kN
牵引速度	2m/s
曲率半径：	
水平	4m
垂直	10m
爬坡能力	25°
运距	3000m
载重量	10t

第四节 支 护

50 ~ 60 年代 ,巷道支护多数就地取材用料石砌碇 ,少数复杂地层采用金属支架和钢筋碇砌碇。采区和服务年限较短的巷道多采用木材支架。

进入 70 年代 ,随着砼喷射机的研制成功 ,锚喷支护得到了较大范围的推广和应用 ,因而我国巷道及地下工程的支护出现了较大的改革。大力开展了锚喷支护的研究 ,同时从光面爆破的理论和技术、锚喷支护机理和参数的确定、各种新型锚杆的开发和砼喷射机具的改进和提高到工程量测和施工管理都做了大量的工作 ,并取得了突破性的进展 ,从而为锚喷支护的稳步推广和发展提供了较为充分的条件。特别是 80 年代末 ,平庄、淮南等矿务局在软岩巷道中锚喷支护的攻关成功 ,1992 年吉林梅河口矿在褐煤矿井中锚喷支护的有效使用 ,使锚喷支护逐步成为我国岩巷支护的主要形式。目前由于我国综采工作面的大量增加 ,不仅采区巷道断面相应加大 ,而且开拓巷道也多布置在煤层中 ,因而给在煤巷中应用锚喷支护 ,提出了新的课题。

回顾我国锚喷支护技术在发展的历程中之所以有所起伏 ,除喷射机械有待提高完善、施工管理有待改进、回弹和粉尘较大等原因外 ,其中另一个重要的原因是理论研究落后于实践。悬吊理论、围岩加固理论、组合梁理论无法用来确定支护参数 ,设计的可靠度低 ,在工程的应用上有很大的局限性。目前弹塑性支护理论和围岩松动圈支护理论仍在发展中。但研究表明 ,锚喷支护理论和参数的进一步合理取值 ,对于一般围岩还有 10% ~ 20% 的经济潜力可挖 ,在软岩和煤巷中与金属支护比较可节约 30% ~ 50%。

一、锚喷支护

(一) 锚杆支护机理

1. 锚喷支护机理

由于客观条件复杂和支护理论不完善 ,目前国内外还没有公认的、完善的锚杆支护机理。随着锚杆支护应用范围的扩大和技术上的可靠程度的不断提高 ,最早应用的悬吊理论 ,见图 7-3-26a ,其锚杆参数的设计在实际应用中已越出了这个理论所包括的范围 ,如锚杆支护在层状顶板和无理想可悬吊稳定地层中的成功应用。于是又出现了组合梁理论 ,见图 7-3-26b 和减跨理论 ,见图 7-3-26c。其实质是对锚杆支护扩大应用的

解释。但是这两个观点仅仅给了一个概念,没能给出确定支护参数的方法。随后根据弹性理论,又提出了围岩加固(改善围岩应力)理论,见图 7-3-26d 和新的悬吊理论。以上各种理论的出现,分别受冒落拱和弹性力学支理论的影响。

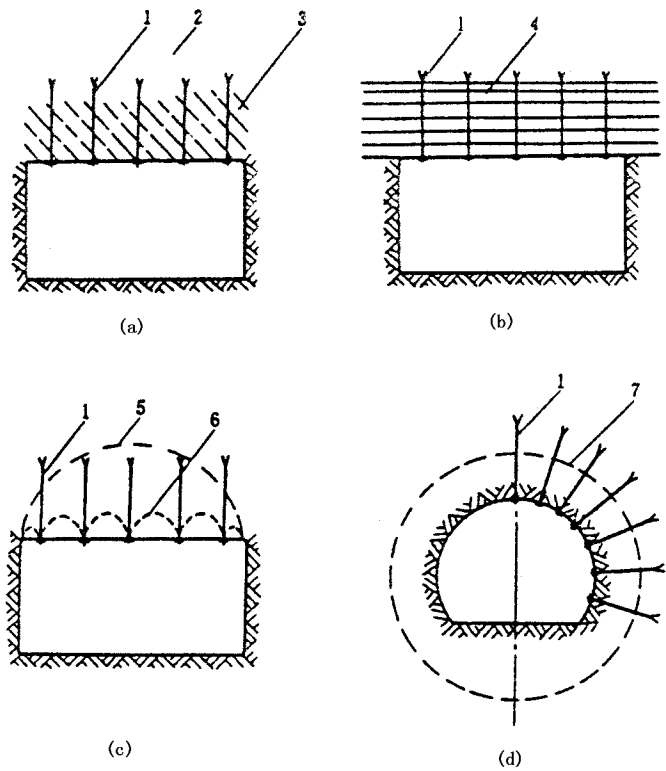


图 7-3-26 锚杆支护机理示意图

a—悬吊理论 b—组合梁理论 c—减跨理论 d—弹性力学理论
1—锚杆 2—稳定围岩 3—不稳定围岩 4—层状围岩;
5—无锚杆跨度 6—有锚杆跨度 7—弹性理论计算破裂带

80 年代初,围岩松动圈支理论,根据松动圈 L_p 的大小分三类确定锚杆的支护机理,见图 7-3-27:当 $L_p = 0 \sim 40\text{cm}$ 时,围岩的碎胀力较小,可不用锚杆,采用裸体巷道或只喷砼支护(图 7-3-27a);当 $L_p = 40 \sim 150\text{cm}$ 时,用新的悬吊理论确定锚杆参数,其悬吊点在松动圈以外,悬吊对象为松动圈内岩石的碎胀力(图 7-3-27b),但是考虑到锚杆的弹性变形大于围岩的破裂极限变形量,因此可按松动圈岩石重量确定支护参数;当 $L_p > 150\text{cm}$ 时,用组合拱理论(图 7-3-27c)。这一观点首次为锚杆支护在软岩中应用提出了理论依据。实践证明,松动圈内岩石经锚固后,可以形成足够的厚壁筒支护,并具

有可塑性。

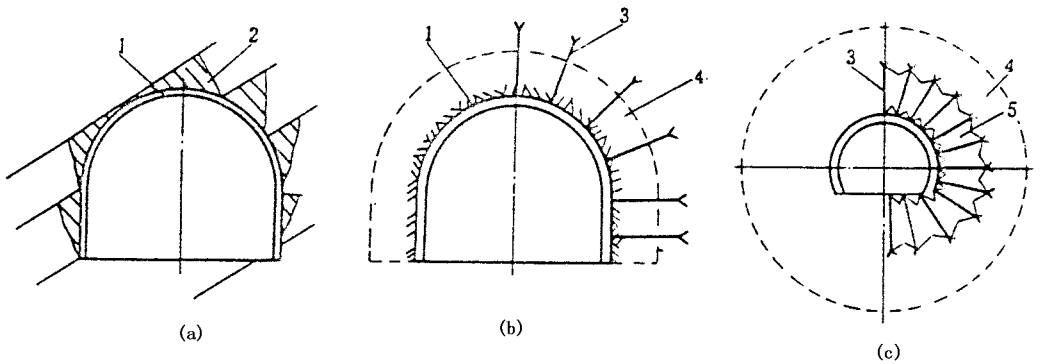


图 7-3-27 围岩松动圈支护机理示意图

1—喷层 2—危岩 3—锚杆 4—围岩松动圈 5—破裂岩体组合拱

总之,悬吊理论的发展和合理应用,组合拱理论的提出和应用,为锚杆支护在软岩中的应用提供了理论依据和设计方法,扩大了其应用范围,使我国在锚杆支护理论和实践上处于领先地位。

2. 喷矸支护机理

喷矸支护根据不同条件可以单独使用,也可以与锚杆等联合成锚喷支护或锚喷网支护,但其支护机理各有所不同。

当采用喷矸单独支护时,一般认为喷矸可以充填围岩表面的裂缝,提高围岩的自承能力。试验表明,喷层对加固围岩有一定的作用,但是这一观点没能划分出喷矸支护的应用范围。目前实际上多在金属矿山应用,煤矿中应用较少。

围岩松动圈支护理论认为:当 $L_p = 0 \sim 40\text{cm}$ 时,碎胀力较小,仅有层解理或爆破所形成的孤岩(危岩)的重量为支护对象,因此,可以单独采用喷矸支护。根据最大危岩的重量设计喷层厚度时,如图 7-3-28 所示,即可按喷层的抗冲切强度和喷层与围岩的粘结强度验算喷层厚度。

矸喷层抗冲切厚度验算为:

$$d_1 \geq \frac{G}{1000uR_L} \quad (7-3-3)$$

式中 d_1 ——矸喷层抗冲切厚度, m ;

G ——危岩最大重量, kN ;

u ——危岩底面周边长, m ;

R ——喷矸抗拉强度, MPa 。

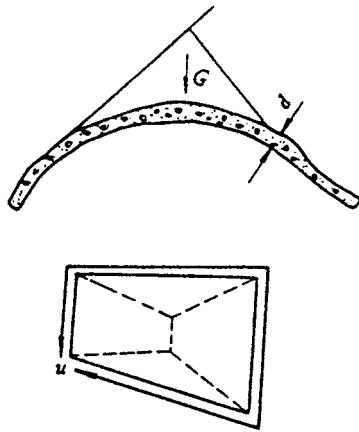


图 7-3-28 喷层破坏计算图

砼喷层抗粘结厚度的验算为：

$$d_2 \geq 1.69 \times 10^3 \left(\frac{G}{u R_w} \right)^{4/3} \left(\frac{K}{E} \right)^{1/3} \quad (7-3-4)$$

式中 d_2 ——砼喷层抗粘结厚度 ,m ；

R_w ——喷层与岩面计算粘结强度 ,MPa ；

K ——岩层弹性拉伸系数 ,MPa ；

E ——喷砼弹性模量 ,MPa。

使用时根据两式计算结果乘以 2 ~ 2.5 倍的安全系数选用。如果其最大值小于 50mm ,考虑到喷层封闭围岩防止风化的要求和施工中容易出现的误差 ,工程应用中一般应不小于 50mm。

当采用锚喷支护时 ,主体为锚杆 ,锚杆间围岩用喷砼支护 ,见图 7-3-29。由于这部分围岩给予喷层的荷载比较复杂 ,其超挖部分多受压剪力 ,欠挖(凸出部分)部分受剪力 ,以及考虑到锚杆间危岩的冒落荷载和防止风化等要求 ,故实际工程中喷层厚度多选用 70 ~ 100mm ,有特殊要求时选用 120 ~ 200mm。如需要加大强度时 ,一般应铺设金属网而不采用加大喷层厚度的方法。

在采区巷道里 ,由于巷道服务年限较短 ,一般多采用锚网支护 ,而不采用喷砼。

(二) 锚喷支护技术

1. 锚杆支护

(1) 锚杆类型 最早使用的是楔缝式金属锚杆。为了提供安装时的抗冲击能力 ,杆体直径较大 ,因此 ,70 年代很快就被倒楔式金属锚杆和水泥砂浆锚杆所代替 ,见图 7-3-30a、

b。但是前者由于可靠性(特别在软岩中)较低,后者又不具有初锚力,而且灌浆质量较难保证(特别采用旧钢丝绳时),故到 80 年代又被快硬膨胀水泥卷(图 7-3-30c)、树脂锚杆(图 7-3-30d)以及管缝式锚杆(图 7-3-30e)所取代。由于快硬膨胀水泥药卷造价低廉,制作安装简便,可以端头锚固,也可以全长锚固,杆体螺纹部分经处理后,可以使锚杆各部分获得相等强度,因此,采用的较多。树脂锚杆,其技术性能虽较好,但因造价较高,竞争力不强。管缝式锚杆虽属全长锚固式,可靠性较高,但因造价高,多在软岩巷道中采用。

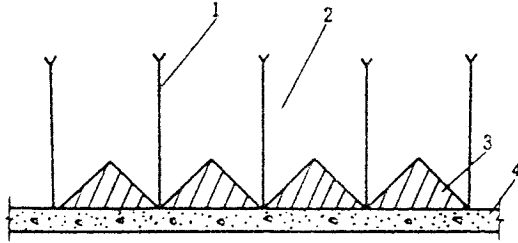


图 7-3-29 喷矸支护区示意图

1—锚杆 2—锚杆支护区 3—喷层支护区 4—矸喷层

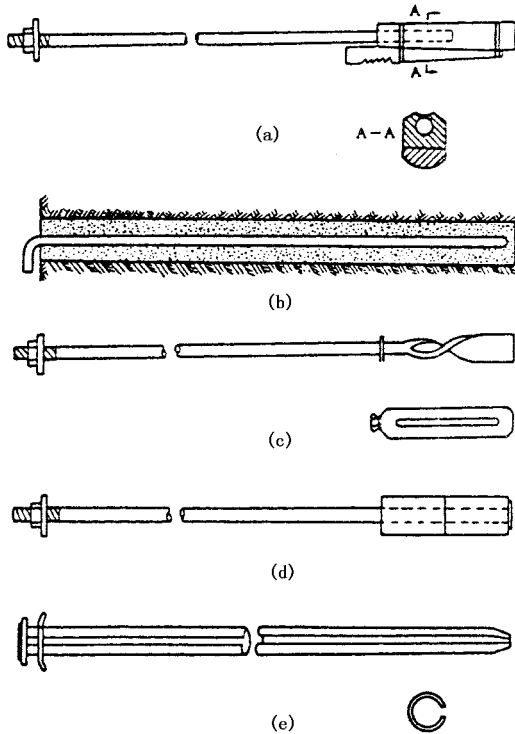


图 7-3-30 金属和水泥锚杆的结构图

a—倒楔式锚杆 b—水泥砂浆锚杆 c—树脂锚杆 d—快硬膨胀水泥锚杆 e—管缝式锚杆

涨圈式锚杆、压胀式锚杆都曾在国内试用过 ,由于各种原因未能推广。

木锚杆、竹锚杆 ,多用在服务年限不长的采区巷道。它们造价低 ,可就地取材 ,采煤机易切割 ,但锚固力小(10 ~ 20kN) ,易腐蚀。这两种材质锚杆的结构形式采用最多的为楔缝式 ,见图 7 - 3 - 31。为了提高竹锚杆的杆体强度 ,国内研制了竹片压粘锚杆 ,使其锚固力达到 40kN 以上 ,造价较低 ,不易腐蚀 ,有推广前景。

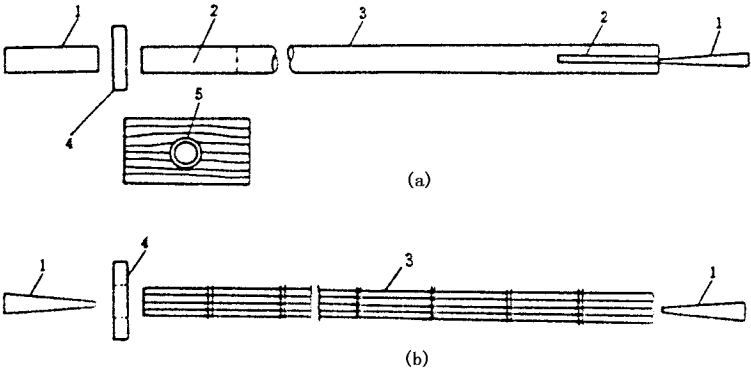


图 7 - 3 - 31 木锚杆、竹锚杆结构示意图

a—木锚杆 ;b—竹锚杆 ;

1—木楔 2—楔缝 3—杆体 4—木垫板 5—金属箍

(2)锚杆支护施工 目前 ,我国大多使用气腿式凿岩机钻锚杆眼 ,劳动强度大 ,效率低 ,特别是钻顶部眼时 ,作业条件差 ,影响锚固质量 ,有条件的应选用 MGJ - 1 型、MGJ - 2 型及 YM - 26 型锚杆钻眼安装机、MZ 型液压锚杆钻眼机或 CB 型缸式锚杆钻眼安装机。MZ 型液压锚杆钻眼机技术特征见表 7 - 3 - 19 和表 7 - 3 - 20。

表 7 - 3 - 19 MZ - III 型液压锚杆钻机技术特征

技 术 参 数	普通型 MZ - III	减短型 MZD - III	加高型 MZG - III	特殊型 MZT - III
钻孔深度 ,m	一次成孔 1.6	换钎一次 1.6	一次成孔 1.6	一次成孔 1.8
适用巷道高度 ,m	2.2 ~ 2.8	1.8 ~ 2.3	2.6 ~ 3.2	2.4 ~ 3.0
钻孔直径 ,mm	$\phi 43$ 、 $\phi 27$			
钻机输出扭矩 ,N·m	120			
供液压力 ,MPa	10 ~ 12			
泵站电机功率 ,kW	7.5			

表 7－3－20 MZ－V 型液压锚杆钻机技术特征

技 术 参 数	普 通 型 MZ－V	减 短 型 MZD－V	加 高 型 MZG－V	特 殊 型 MZT－V
钻孔深度 ,m	一次成孔 1.6	换钎一次 1.6	一次成孔 1.6	一次成孔 1.8
适用巷道高度 ,m	2.2～2.8	1.8～2.3	2.6～3.2	2.4～3.0
钻孔直径 ,mm	φ43、φ28			
钻机输出扭矩 ,N·m	200			
供液压力 ,MPa	16			
泵站电机功率 ,kW	11			

2. 喷矸技术

喷矸在我国煤矿中的应用已有 30 多年的历史 ,喷矸强度等级多采用 C15～C20 ,为了降低回弹和粉尘 ,正围绕喷矸的外加剂、改进喷矸机械设备及综合防尘等方面进行积极地研究工作 ,并取得了一定的进展。

(1)喷矸外加剂 目前国内喷矸所使用的多为 425 号硅酸盐水泥或矿渣水泥。最常用的外加剂为速凝剂 ,见表 7－3－21。一般掺量为水泥用量的 2.5%～4% ,要求矸 3～5min 初凝、10min 终凝。此外根据不同需要还可掺入减水剂、增粘剂、防水剂等。湿喷矸和液体速凝剂正在研制中。

表 7－3－21 喷矸的常用速凝剂及其掺量

种 类	红星－型	711 型	782 型	尧山型
主要成分	铝氧熟料 碳酸钠 石灰石	矾土、纯碱 石 灰 无水石膏	矾泥、矾土 石灰石 碳酸钠	铝矾土 土 碱 生石灰
常用掺量 占水泥量	2.5%～4%	2.5%～3.5%	6%～7%	3.5%

(2)喷矸机械 50 年代开始研制 WG－25 型双罐干式喷矸机 ,于 60 年代定型生产并大量应用 ,成为我国锚喷支护第一代喷矸机械。与此同时 ,也出现了 ZHP－2 型转子式喷射机、LHP－701 型水平螺旋喷射机、SPD－320 型风动单罐喷射机等不同类型的设备 ,但是除转子式喷射机外 ,其他都因工作的可靠性、使用寿命和粉尘较大等问题而被淘汰。双罐式喷射机也因上料高和体积较大、太笨重 ,采用钟型阀改变风压上料而使粉尘较大等缺点而急待改进或换型。

ZHP-2 型转盘式喷射机在 70 年代推广应用后,随着自身的完善和操作技术的不断提高已成为我国喷矸机械的换代产品。全机由主机、机架、风动机构、电器系统和传动机构组成。这种喷射机可连续供料、连续喷射,工作稳定可靠,操作方便,体积较小,适于较长距离输送。但缺点是属干式喷射机,粉尘大、回弹率高。早期产品密封胶板极易磨损,搅拌、上料机械未能配套。

针对上述缺点进行了改进,80 年代制成了 HPC-V 型潮式喷射机,并得到了推广。转子型喷射机技术性能见表 7-3-22。

表 7-3-22 转子型矸喷射机性能参数

性 能	HPC-V	PZ-5	HPH6B	XZ-7	PC-6	PZC-VI	ZP-II	ZP-IV
生产能力 m^3/h	4~6	5	4~6	4~6	6~7	6~7	4~5	4
功 率 kW	5.5	5.5	4	4	4	4	5.5	3
料腔结构	单个弹性	直通弹性	整体铸造	整体铸造	整体弹性	整体弹性	整体铸造	整体铸造
喷射方式	潮喷	潮喷	干喷	干喷	潮喷	潮喷	干喷	干喷
速凝剂添加方式	自动	人工	人工	人工	自动	人工	人工	人工
最大输送距离 水平/垂直 m	200/40	200/40	250/60	250/60	100/30	120/40	200/40	120/80
机傍平均粉尘浓度 mg/m^3	≤ 15	≤ 20	≤ 30	≤ 30	≤ 15	≤ 15	≤ 30	≤ 30
平均回弹率 $\%$	≤ 15	≤ 15	≤ 20	≤ 20	≤ 15	≤ 15	≤ 20	≤ 20
摩擦板压紧方式	螺栓压紧	螺栓压紧	螺栓压紧	螺栓压紧	液压压紧	螺栓压紧	螺栓压紧	螺栓压紧
质 量 kg	750	700	665	565	550	640	960	530
研制单位	南京所	河南所	济源 矿机厂	烟台 煤机厂	南京所	南京所		江西 煤机厂

3. 锚喷支护参数确定

70 年代,煤炭工业部根据工程类比法提出了不同条件下的支护参数,见表 7-3-23、表 7-3-24。表中参数经几十余年的使用虽仍有参考价值,但由于分类指标只考虑了围岩强度,在实践中发现随着开采深度的增加或者在构造应力明显地区,经常出现支护参数不合理,甚至支护失败。因此,现场要求提供更为可靠的支护参数的确定方法。

表 7－3－23 巷道、硐室锚喷支护参数(服务年限大于 10 年) 单位 :mm

围岩分类		净跨< 3m			净跨3 ~ 5m			净跨5 ~ 10m		
类别	名 称	喷砼 (喷浆) 厚度	锚 杆		喷砼 (喷浆) 厚度	锚 杆		喷砼 (喷浆) 厚度	锚 杆	
			锚深	间距		锚深	间距		锚深	间距
I	稳定岩层				(10 ~ 20)			(20 ~ 30)		
II	稳定性 较好岩层	50 ~ 70			70 ~ 100			100 ~ 120		
								50 ~ 70	1400 ~ 1600	800 ~ 1000
III	中等稳	70 ~ 100			120 ~ 150			100 ~ 120	1600 ~ 1800	600 ~ 800
		50 ~ 70	1400 ~ 1600	800 ~ 1000	70 ~ 100	1600 ~ 1800	800 ~ 1000			
IV	稳定性 较差岩层	70 ~ 100	1400 ~ 1600	600 ~ 800	100 ~ 120	1600 ~ 1800	600 ~ 800	120 ~ 150	1800 ~ 2000	600 ~ 800
V	不稳定 岩 层	100 ~ 120	1600 ~ 1800	600 ~ 800	120 ~ 150	1800 ~ 2000	600	150 ~ 200	2000 ~ 2200	500 ~ 600
					加 网			加 网		

表 7－3－24 巷道、硐室锚喷支护参数(服务年限小于 10 年) 单位 :mm

围岩分类		净跨 ＜3m			净跨 3～5m			净跨 5～10m		
类别	名 称	喷砼 （喷浆） 厚度	锚 杆		喷砼 （喷浆） 厚度	锚 杆		喷砼 （喷浆） 厚度	锚 杆	
			锚深	间距		锚深	间距		锚深	间距
I	稳定岩层							（10～20）		
Ⅱ	稳定性 较好岩层	（10）			50～70			50～70		
		（20）			（10～20）	1400	1000	（20～30）	1400	1000
Ⅲ	中等稳定 岩层	50			50～70			70～100		
		（10～20）	1400	800～ 1000	（10～20）	1600	800～ 1000	（20～30）	1600	600～ 800
Ⅳ	稳定性 较差岩层	50～70			70～100			100～120		
		（20～30）	1600	800～ 1000	（20～30）	1600	800～ 1000	（20～30）	1600	600～ 800
					加 网			加 网		
Ⅴ	不稳定 岩层	（20～30）	1600	600～ 800	（20～30）	1800	600～800	—	—	—
		加 网			加 网					

(1) 锚杆长度 散体介质支护理论、弹性力学支护理论及围岩松动圈支护理论(限于 $L_p = 40 \sim 150\text{cm}$) 虽然对支护对象的判定各不相同,但都是用悬吊理论确定支护参数,可供参考,其计算见图 7-3-32。

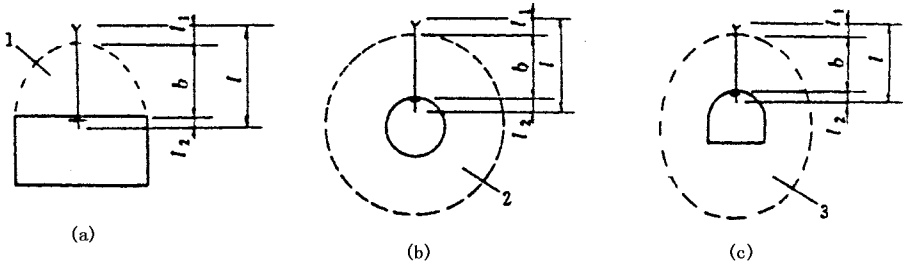


图 7-3-32 悬吊理论锚杆参数计算图

a—冒落拱法 b—塑性区法 c—围岩松动圈法 ;

1—冒落区 2—塑性区 3—围岩松动圈

锚杆长度可按下式计算 :

$$L = b + l_1 + l_2 \quad (7-3-5)$$

式中 L ——锚杆的长度, mm ;

b ——对于普氏理论为冒落拱高度,或不稳定围岩厚度;对于弹性理论决定于围岩塑性区半径;对于松动圈理论为松动圈厚度,其确定方法分别参阅有关理论, mm ;

l_1 ——锚入稳定围岩厚度,经验数据为 300 ~ 400mm ;

l_2 ——锚杆外露长度,一般为 100mm。

(2) 锚杆间排距 试验证明单体锚杆对围岩的控制范围,并不因锚杆的锚固能力和长度的增加而增大,因此安全的方法是按散体围岩确定其间排距。国外研究资料认为锚杆的间排距 $a \leq L/X$ (L 为锚杆长度),我国常采用 1.0 ~ 1.8m 长的锚杆时,其间距一般为 600 ~ 800mm。

(3) 锚杆直径 由于支护理论不同,确定锚杆荷载的方法也不同。但确定锚杆直径的计算方法大致相同,即 :

$$d = 2K \sqrt{\frac{G}{\pi\sigma}} \quad (7-3-6)$$

式中 d ——锚杆直径, mm ;

G ——锚杆所受荷载,对于普氏理论为冒落拱岩石重量;对于弹性理论为破裂带

岩石重量 对于松动圈理论为松动圈形成过程中碎胀力,由于锚杆极限变形量远大于岩石,因此当 $L_p = 40 \sim 150\text{cm}$ 时,可按松动圈岩石重量计算;

σ ——锚杆材料的抗拉强度 MPa;

K ——安全系数。

以上计算结果,一般不大于常用锚杆的直径($\phi 16\text{mm}$),但结构要求锚杆的直径不宜小于 14mm ,同时还应满足规程规定。

(4) 矸喷层厚度 如前所述,在有锚杆的条件下,矸喷层的作用是对锚杆间的围岩进行维护和防止围岩风化。按照后一点要求其喷厚 $t \geq 50\text{mm}$,其强度在一般条件下可以对锚杆间的围岩进行维护,考虑到施工特点,多选用喷厚 $70 \sim 100\text{mm}$ 。

对于软岩锚喷支护参数,由于国内外对软岩的划分方法不一:普氏认为 $f \leq 3$ 为软岩,弹性理论没有明确划分,美国 R·Q·D 分类法认为 $R \cdot Q \cdot D < 50$ 为软岩。围岩松动圈理论认为 $L_p \geq 1.5\text{m}$ 时为软岩。但是对于软岩地压显现的特征和支护选型原则,在工程界共同的看法是:一般地压显现较大,且有底臃现象,巷道收敛变形时间较长且明显时。相应地则要求支护有足够的支撑力、能防止底臃,并且应具有可缩性。对于这类围岩国外多用 U 型钢封闭式可缩性支护,我国经过 80 年代的理论 and 试验研究,在煤矿的大多数巷道运用锚喷网组合拱支护。如淮南矿区在潘集三号井成功地施工了 2000 余米、辽源矿务局的梅河口矿(褐煤矿区)到 1993 年末已施工了 3 万余米。其经济效益较 U 型钢支护降低了 30% 以上,施工速度有明显的提高。

当采用锚喷网组合拱支护理论时,其支护参数、锚杆长度一般可参考图 7-3-33,按下式计算:

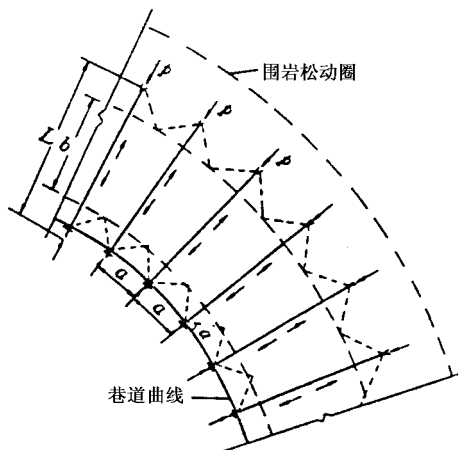


图 7-3-33 组合拱计算图

$$L = \frac{b \tan \alpha + a}{\tan \alpha} + 100 \quad (7-3-7)$$

式中 L ——锚杆的有效长度,锚杆选 $\phi 6 \sim 18\text{mm}$ 钢筋;

b ——组合拱厚度,当 $L_p = 1.5 \sim 2.0\text{m}$ 时,取 1.0m ;当 $L_p = 2 \sim 3\text{m}$ 时,取 $1.3 \sim 1.5\text{m}$; $L_p > 3.0\text{m}$ 时,待定;

$\tan \alpha$ ——锚杆对破裂岩体控制角之正切;

a ——锚杆的间距,mm;

100——锚杆外露长度,mm。

组合拱的支护强度,根据国内外试验资料证明,破裂岩体锚固体强度接近原岩强度;破裂岩体锚固体具有可缩性,在一般拱形巷道内围岩若每边均匀收敛不超过 200mm ,无失稳危险。因此,可按厚壁筒理论验算,即:

$$p = \frac{\sigma_z}{2} \left(1 - \frac{R^2}{(b+R)^2} \right) \quad (7-3-8)$$

式中 p ——组合拱单位面积承载能力,MPa;

σ_z ——破裂岩体锚固体强度,建议取原岩的 90% ,MPa;

R ——巷道净半径,m;

b ——组合拱厚度,m。

由于对各种岩石的碎胀力研究不够,目前巷道支护外荷载定量确定尚很困难,但可将上述验算与相应的 U 型钢封闭支护对比,其支护能力约大于 U 型钢 $2 \sim 3$ 倍。

在软岩支护中,围岩每边有 $100 \sim 200\text{mm}$ 收敛变形是正常情况,喷层将发生剪裂或胀裂,此时若加大喷层厚度无明显效果,所以喷层厚度多选用 $100 \sim 200\text{mm}$,同时采用 $\phi 6\text{mm} \sim \phi 8\text{mm}$ 钢筋网,网格间距 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 左右。施工时,喷层分两次完成,第一次是在开挖后立即进行,围岩收敛变形将使其破裂,待围岩变形稳定后,第二次喷到设计厚度。

对于采区巷道的锚杆支护参数,由于巷道的埋藏条件及服务年限短,多采用梯形或矩形巷道等原因,一般仍用悬吊理论来确定。同时因采区巷道动压影响较大,所以一般多采用锚网或锚梁网支护。

4. 支护测试技术

由于工程条件复杂多变,巷道支护设计目前还不能达到全过程用理论计算的方法进行。因此,对于大型的工程以及软岩巷道应进行必要的监测,以便对支护设计作出评价,特别是锚喷支护具有可根据实测数据随时调整支护参数的特点。

(1) 锚杆锚固力的测试 ML-20、ML-10 是我国专用的锚杆锚固力测试仪,见图 7-3-34。其最大测试范围分别为 200kN 和 100kN 。其锚杆卡紧装置可根据所用锚杆类型选定。

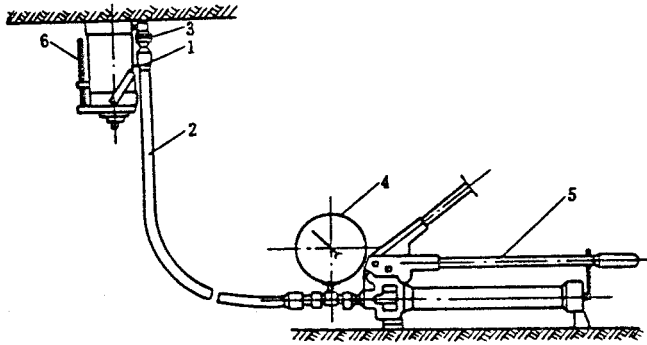


图 7-3-34 ML-20 锚杆拉力计示意图

1—空心千斤顶 2—油管(胶管) 3—胶管接头;

4—压力表 5—手动油泵 6—标尺

(2) 巷道围岩收敛变形测试测试不仅可以提供围岩收敛变形速度及其累计量,以显示支护的工作状态,而且可为巷道断面的收敛预留量和二次支护时间的确定等提供可靠的依据。我国围岩收敛仪生产厂家较多,但大同小异。

(3) 围岩松动圈测试仪松动圈的大小可用以确定支护参数,其发展过程的资料可用以判断支护的可靠性程度。可以用多点位移计、超声波仪等进行测试。其中是超声波仪利用围岩超声波速度曲线判定开巷后围岩破裂带的大小,较为方便、迅速。

为了工程管理或技术研究工作的需要,还有多点位移计、原岩应力测试、锚杆应力测试、喷层应力测试以及工程验收等测试设备和方法也比较有效。

二、U 型钢支架

U 型钢支架在国内已有几十年的历史。近十几年由于综合机组采煤的发展和软岩巷道支护的要求,U 型钢金属支护得到了较大的发展。我国使用的 U 型钢已定型的有 18kg、25kg、29kg 和 36kg 4 种,其性能见表 7-3-25。配套使用的各种类型的连接件、金属网背板等已在各个矿区定型生产,各种安装、拆卸工具以及整形设备已有批量生产。为了适应不同地质条件下支护的要求,已有各种架型的 U 型钢可缩支架问世,并形成了我国巷道金属支架系列。

拱形 U 型钢可缩金属支架,按节数多少分为 3 节、4 节和 5 节 3 种(图 7-3-35),一般视巷道断面的大小选用。考虑到运输、安装的要求,一般每节长 2~2.5m。为了防止底臌,经常采用的架型还有封闭型 U 型钢可缩支架,见图 7-3-36。在倾角较大的地层中,为适应支护承受较大的不均匀荷载,也有设计成不对称的 U 型钢支架。

表 7-3-25 国产 U 型钢主要断面参数

型号	截面 面积 (cm^2)	理论 重量 G (kg/m)	断面主要参数						主要对比参数		
			I_x	J_x	W_x	I_y	J_y	W_y	W_x/G	W_y/G	W_x/W_y
U18	24.10	18.9	288.8	284.2	57.40	333.2	331.3	54.30	3.0	2.9	1.06
U25	31.54	24.76	455.1	451.7	81.68	506.0	508.7	75.92	3.3	3.1	1.08
U29	37.0	29	612.1	616	94	770.7	775	103	3.2	3.6	0.91
U36	45.7	35.87	955.5	972	137	1237.0	1264	148	3.8	4.1	0.93

U 型钢可缩支架应用在软岩或动压巷道中较为合理 ,但是 ,它的钢材消耗量较大 ,成本较高。因此更适合于使用在服务年限不长 ,可多次复用的采准巷道中。

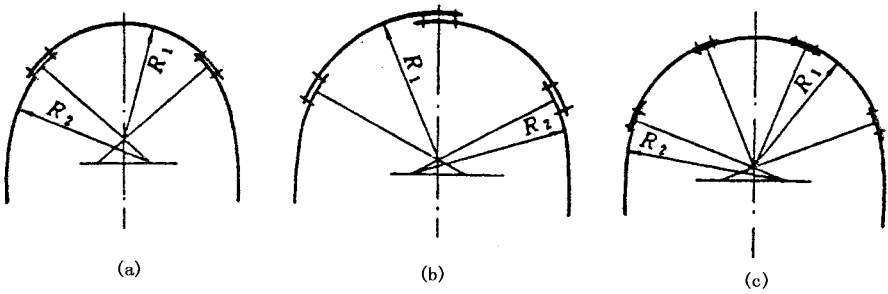


图 7-3-35 U 型钢可缩金属支架图

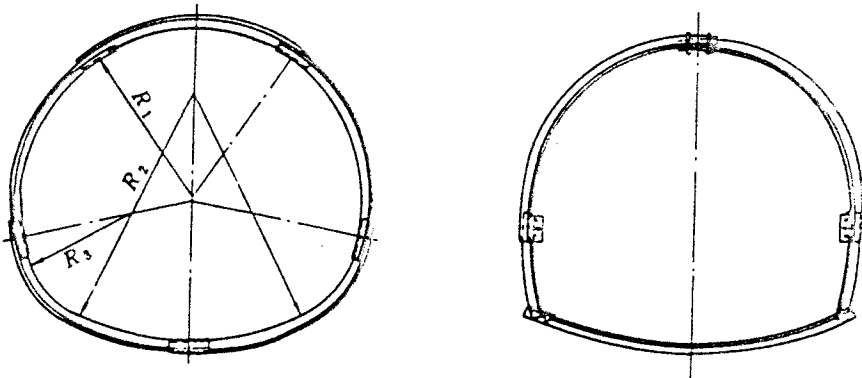


图 7-3-36 封闭型 U 型钢支架图

三、矸大弧板支护

它是专为软岩设计的新型支护,见图 7-3-37。这种支护的特点是采用了超高标号钢筋矸弧板,弧板矸强度等级达 C100。其截面含钢率 1.3% 左右,板厚 0.2~0.3m,宽 0.32~0.49m,每块重 4.8~8t,每圈根据巷道断面大小由 4~6 块弧板组成圆形支架,每 2~3 圈相接,成巷 1m。支架的每米均布承载能力达 500~700kN。

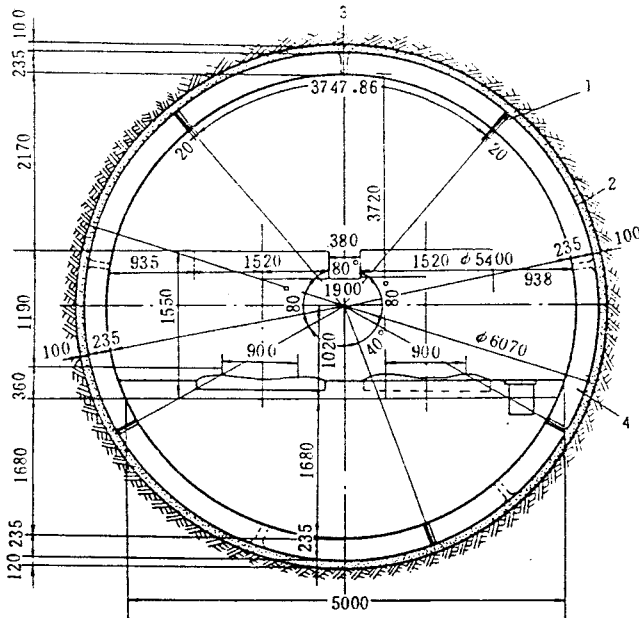


图 7-3-37 矸大弧板支护图

- 1—平滑可缩平层(20mm×235mm×325mm) 2—软性充填材料
(系水泥、石灰、粉煤灰、砂、棍合) 3—吊装孔、注浆预留孔;
4—C100 矸高强弧板(3747.68mm×325mm×235mm)

弧板支护用 HP-1 型机械手架设。该机可在轨道上行走,最大起重能力 $\leq 100\text{kN}$,适用于直径 4~5m 的巷道。弧板架设后,为增加其可缩性,板后充填 100mm 厚的柔性填层。在施工时如遇顶邦难于维护时,可采用锚喷支护与弧板联合支护,即先锚喷支护后再架设弧板。

四、联合支护

为了适应各种复杂的地质条件,特别在软岩工程中,为使支护方式更为合理或因施

工工艺的需要 ,往往同时采用联合支护 ,如锚喷与 U 型钢支架、锚喷与大弧板或与石材砌碇、U 型钢支架与砌碇等联合支护。

在破碎或顶板自稳时间较短的地层中 ,由于锚喷支护较为及时 ,在揭开岩石后立即施以先喷后锚支护 ,然后在顶板受控制的条件下 ,再按设计施以 U 型钢、大弧板或石材支护。也有先施以 U 型钢支架 ,然后再立模浇灌砼或喷射砼 ,构成联合支护。

联合支护应先施柔性支护 ,待围岩收敛变形速度每日小于 1.0mm 后 ,再施以刚性支护 ,避免先用刚性支护而由于变形量过大而破坏。由于联合支护的成本高 ,设计者应收集各种资料确认后采用。

第四章 平巷施工机械化配套

第一节 概 述

近几十年来,岩巷施工机械化得到了巨大的发展。50年代,岩巷施工基本上采用手持式凿岩机打眼、人工装岩、人力推车出矸、木支架临时支护、料石砌碇永久支护,工人体力劳动强度极大,实现打眼、装岩的机械化是当时的主要目标。60年代,推广使用了气腿式风动凿岩机和铲斗后卸式装岩机,降低了工人体力劳动强度。但是,料石砌碇永久支护难以实现机械化,转载调车及运输方式落后,成为限制提高施工速度的关键因素。70年代,气腿凿岩机的性能日趋完善,耙斗式装岩机得到推广,许多施工单位采用多台气腿式风动凿岩机与耙斗式装岩机或铲斗后卸式装岩机为主的配合方式,取得了良好成绩,创造了一批岩巷施工纪录。但是从总体上看,由于转载落后,这些较好成绩的取得只有在断面小、岩石条件好、施工队伍素质高、劳动强度大的情况下才有可能,而且很难持久。

70年代后期,岩巷施工技术得到了比较全面的发展。钻、装、转、运、支各主要工序均有了性能比较可靠,使用灵活方便的施工设备,且有的形成了系列,并向着多样化方向发展,新型爆破器材的出现和性能的改善,以及中深孔光面爆破的推广,改变了传统的浅眼多循环作业方式,提高了岩巷施工的安全性,锚喷支护技术的推广应用,极大地降低了支护作业的劳动强度,实现了支护机械化,缩短了支护工序的时间,综合工作队、一次成巷、正规循环作业、多工序平行交叉作业等行之有效的施工组织形式得到进一步完善和发展,辅助工序设备的研制和推广受到重视并取得成效。所有这些,有效地提高了岩巷施

工速度和工效,为岩巷施工机械化作业线的组织实施奠定了基础。与此同时,广大建井工作者逐渐认识到,只有根据具体的工程情况、地质条件和施工队伍素质等来选用施工设备,使之前后衔接,能力相互匹配,形成机械化作业线,并配以合适的施工工艺和劳动组织,才能充分发挥设备的效能,才能取得优质、安全、快速、高效的综合效益。

1977年,煤炭工业部制定了煤炭工业机械化规划,决定在已有机具的基础上,加快以耙斗装岩机为主和立爪、蟹爪、侧卸等大型高效装岩机、钻装机、高效风动凿岩机、液压凿岩机及凿岩台车、防爆电机车等设备的研制和批量生产,搞适合大、中、小断面几种形式的岩巷掘进机械化作业线。1978年4月,第一机械工业部、冶金工业部、煤炭工业部三部井巷掘进机械化工作会议,专门研究了岩巷掘进机械化配套科研工作,组织专门力量调研国内外经验,并安排试验不同型式的作业线,取得了明显的成就,主要表现在以下几个方面:

一、以耙斗装岩机为主的机械化作业线得到了大面积推广

70年代中期,耙斗式装岩机逐步取代后卸式铲斗装岩机成为装岩的主要设备,锚喷支护技术和胶带转载机较好地解决了岩巷支扩和转载的机械化问题。以耙斗装岩机为主的机械化作业线,设备简单可靠、使用灵活方便,以较快的速度得到推广,成为岩巷施工机械化配套的主要形式,创造了一批岩巷施工纪录。该作业线在施工实践中进行了不断的完善和发展,如科研单位研制了带调车盘的耙斗装岩机,进一步提高了耙斗式装岩机在双轨巷道中的装岩效率。目前以耙斗装岩机为主的机械化作业线,仍是我国煤炭系统岩巷施工的主要作业线。

二、试用了以钻装机为主的机械化作业线和以蟹爪式装岩机为主的机械化作业线

为提高打眼的机械化水平,一些单位在耙斗式装岩机的基础上,研制改进形成钻装机,并组成以钻装机为主的机械化作业线。1978年我国还引进了一批2000DL液压钻装机,有的也组成了机械化作业线。如新汶矿区良庄矿一队采用ZZJ型钻装机为主的机械化作业线,1975年9月22天成巷125m,阳泉二处采用2000DL钻装机为主的机械化作业线,月成巷150m。但是,国产钻装机打眼速度低于多台气腿式风动凿岩机,且设备的结构、性能尚不完善,未能推广使用,进口的2000DL钻装机也存在钻臂少、备件供应不足等问题,目前也未能继续使用。1992年湘潭煤机厂研制的JZZ8/12Y型液压钻装锚机组,在白沙矿务局固源山矿试验成功,以该机组为主的机械化作业线,在掘进断面

14.27m²的巷道中,月进尺84m,但有待在实践中进一步完善。

70年代冶金系统较广泛地采用了以蟹爪式(立爪式或蟹立爪式)装岩机为主的机械化作业线,在煤炭系统部分单位也进行了试用,但由于蟹爪装岩机结构和性能尚存在一些问题,加之无合适的转载设备,故该作业线未能在煤矿推广应用。

三、初步试用了以侧卸式装岩机为主的机械化作业线

1975年新汶矿区协庄矿快一队曾试用多台气腿式凿岩机、侧卸式装岩机、胶带转载机为主的作业线,部分单位也试用了进口液压钻车、侧卸式装岩机为主的作业线,均取得了一定的成效。但由于设备不配套,有待进一步改进。

70年代,一些主要的产煤国家,多采用液压钻车打眼。如70年代末,原苏联岩巷总进尺中采用钻车打眼的比重为81.3%,原西德为33.3%。机械化作业线的主要形式有:

- (1) 液压凿岩台车—侧卸式装岩机—运输机或转载机(原西德);
- (2) 液压凿岩台车—蟹爪式装岩机—梭式矿车(原苏联);
- (3) 液压凿岩台车—装运机(美国);
- (4) 液压钻装机—可伸缩吊挂式皮带转载机—电机车、矿车(法国、原苏联)。

因国情不同,各国采用的机械化作业线的形式各有特点,但发展方向是一致的。坚硬岩石巷道采用钻爆法施工,用全液压钻车打眼,侧卸或蟹爪式装岩机装岩,可伸缩胶带(或刮板)输送机或梭式矿车运输;中硬岩石或煤—岩巷采用部分断面掘进机;长距离平硐采用全断面掘进机。

根据岩巷施工的发展方向,结合我国国情,80年代在对国外技术研究的基础上,开始进行以侧卸式装岩机为主的机械化作业线的试验和推广工作。1980~1983年,煤炭科学研究总院北京建井研究所等单位在新汶矿区协庄矿试验以多台气腿式凿岩机、侧卸式装岩机为主的作业线。1980年3月~1983年8月在掘进断面为15.74m²的岩巷中,共施工了3038m,其中连续3个月月成巷100m以上。1984年进行该作业线推广型的试验,在掘进断面为14.46m²的岩巷中,共施工了406m,平均月进81.2m。其主要配套设备为TYP-26型气腿式凿岩机、ZC-1B型侧卸式装岩机、ZP-1型胶带式转载机、HT-1.5型横向调车器、CDXT-2.5型蓄电池电机车、ZHP-2型矸喷射机、JZB-1型激光指向仪等。

1986年,我国在对国外技术研究的基础上实现了钻车国产化,以液压钻车、侧卸式装岩机为主的机械化作业线开始在我国煤矿推广使用,并取得了可喜的成绩。开滦矿务局钱家营矿采用该作业线施工,平均月进尺均在百米以上,其中1988年10月、12月和1989

年5月在断面约 15m^2 的巷道施工中,分别创月进 184.8m 、 210m 、 252.4m 的全国纪录。徐州矿务局建井工程处使用该作业线施工,于1990年创月进 260.7m 和 310m 的全国纪录。1992年全国采用该作业线等级的掘进队达7个。1990年,中国统配煤矿总公司基建局决定在全国煤炭基建系统推广该作业线,1991年全国12个施工处装备了主要设备包括CTH-10型或LC-12型双臂液压钻车、ZC-2型侧卸式装岩机、SD800/10.5型胶带转载机、矸喷射机、蓄电池电机车等的作业线,目前正在使用。该作业线将是我国煤矿岩巷钻爆法施工的机械化作业线发展方向之一。

全断面掘进机作业线在我国的研制是在70年代后期开始的。1986年6月,古交矿区建井一处东曲平硐开始试用直径 5m 全断面掘进机机械化作业线,累计进尺超过 3600m ,最高月进 202m 。1988年4月~1989年2月直径 3.2m 全断面掘进机在云南羊场煤矿被使用,累计进尺 1014m ,最高月进 260.17m ,平均月进 156.13m 。多年来,该作业线在我国使用中积累了不少经验,并得到不断完善。近年来,许多施工单位在承接隧道工程施工任务时,积极考虑使用该作业线。预计今后全断面掘进机作业线在我国务行业隧道施工中将得到进一步的应用。

综上所述,我国矿山岩巷施工机械化作业线的发展,经历了从无到有、从低到高、从小到大、从不完善到完善的过程。目前作业线中的装药、布孔等辅助设备有待进一步改进,锚喷支护的上料、定量配料、喷射机械手等配套设备有待进一步完善。从80年代起,我国一些高等院校和科研单位对组织机械化作业线的理论和方法进行了初步研究,取得了一定成绩。随着科学技术的发展,岩巷施工机械化作业线的发展将进入一个崭新阶段。

第二节 岩巷施工机械化作业线

一、以耙斗装岩机为主的机械化作业线

以耙斗装岩机为主的机械化作业线是目前我国煤炭系统岩巷掘进中最常用的作业线,使用面遍及全国大、中、小型矿井。由于耙斗式装岩机已形成系列,可根据巷道断面大小选用并配以多台气腿式风动凿岩机,适当的转载调车设施与支护设备,不同的施工工艺和劳动组织形式,可以形成不同能力的掘进机械化作业线,满足施工要求。从70年

代起该作业线在施工实践中得到了不断地发展。

(一) 作业线的主要设备

气腿式风动凿岩机	若干台
耙斗式装岩机	1~2 台
皮带转载机(或专用调车盘)	1 台
矸喷射机组	2 台
蓄电池电机车	1~2 台
1~3t 矿车	若干个
激光指向仪	1 台
局部通风机	1 台

各种设备在施工巷道中的布置见图 7-4-1。

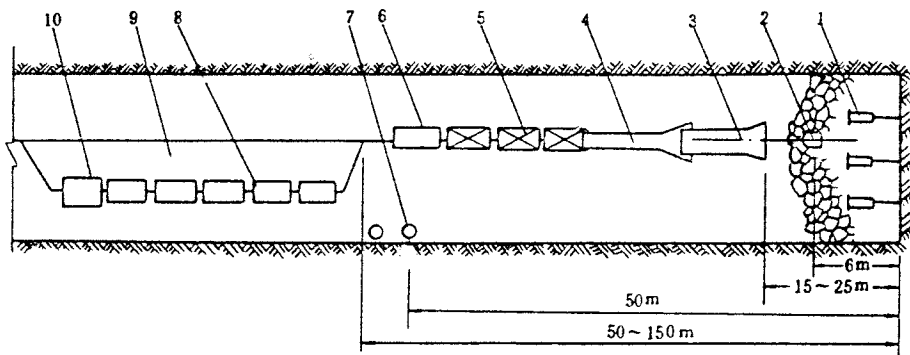


图 7-4-1 以耙斗装岩机为主的巷道施工设备布置示意图

1—风动凿岩机 2—耙斗 3—耙斗式装岩机 4—胶带转载机；
5—重车 6、10—电机车 7—矸喷射机 8—空车 9—调车场

(二) 多台气腿式风动凿岩机打眼与耙斗式装岩机装岩平行作业

为保证作业线的打眼能力,在工作面布置多台气腿式风动凿岩机同时作业。凿岩机台数根据巷道断面大小、分配到工作面的压风能力和施工队伍素质而定,一般每 $1.5 \sim 2.5 \text{ m}^2$ 掘进断面布置 1 台,实行定人、定机、定眼位打眼。

打眼时,工人站在矸石堆上打工作面上部炮眼和顶部锚杆眼,与此同时耙斗式装岩机耙装距工作面 6m 以外的矸石。当上部炮眼、顶部锚杆眼的钻凿及顶部锚杆安装完成后,暂停打眼作业,将凿岩机撤至耙斗式装岩机后面,将工作面下部矸石耙至受料斗附近之后凿岩机进入工作面打下部炮眼和两帮锚杆眼并安装锚杆,同时装受料斗附近矸石。这样除装工作面下部矸石所耗的一段时间外,其余时间,打眼与装岩平行作业。

(三) 转载与调车

在小断面单轨巷道施工中,用长胶带转载机完成转载。胶带转载机紧跟在耙斗装岩机后面,胶带下面可容纳 6~7 辆 1.1m^3 的矿车或 3~4 辆 3.3m^3 矿车。当 1 列矿车装满后,由电机车拉至固定车场,并从车场推进 1 列空车。如此循环直到装完 1 个循环的矸石。

在双轨巷道施工中,该作业线除可采用胶带转载机转载外,既可采用电机车调车,又可采用专用调车盘直接调车。当采用胶带转载机转载双轨调车时,一台电机车将 1 列空车由车场推至转载机下,装满后拉至车场存放,之后将另 1 列空车推至横向车场;同时另 1 辆电机车将 1 列空车由横向车场推至胶带转载机下装载。如此循环,直到装完 1 个循环的矸石。此时作业线出矸能力为装岩机实际生产能力的 60%~70% 左右。当采用专用调车盘调车时,巷道铺设的双轨与调车盘相接,空车存放在空车道上,装岩时,电机车将能容纳 1 个循环矸石的 1 列空车推至调车盘后,调车绞车依次将每个空车拉至调车盘上,由横向调车器推至耙斗机料斗下,装满后由推车器推入重车道,列车装满后,由电机车拉至车场。采用这种作业线的出矸能力为装岩机实际生产能力的 70% 以上。

(四) 耙斗式装岩机的位置、前移及车场布置

耙斗式装岩机一般布置在巷道中央,在较小断面巷道中,其尾轮固定楔安装在巷道工作面中线上,即能完成全断面范围内的装岩工作。当巷道断面较大时,固定楔安装在中线上,装岩机只能装走巷道中部矸石,之后还须将固定楔依次安装在偏离巷道中线的两侧,才能完成全断面装岩工作。一般装岩机附近的巷道两侧均留有死角。

耙斗式装岩机距工作面一般应保持 15~25m 左右,工作面每推进 10m 左右,装岩机应向前移动 1 次,以保证装岩机有较高的生产能力。装岩机移动工作,除装岩机和胶带转载机前移(或调车盘)外,还包括清理巷道两侧死角、轨道接长、平整巷道底板等内容,这些工作通常安排 1 个小班来完成。

为保证作业线的装岩调车综合出矸能力,巷道每推进一定距离,车场亦须随之前移。在小断面巷道采用固定车场调车时,固定车场与耙斗式装岩机宜保持在 50~250m 范围内,巷道每掘进 200m 左右,加大巷道掘进断面,作为固定车场。条件允许时,也可利用已有与掘进巷道相连通的巷道作为车场。大断面巷道采用双轨横向车场调车时,车场与耙斗式装岩机宜保持在 50~150m 范围内,巷道每掘进 100m 左右,车场向前移动 1 次。当原车场距装岩机接近 150m 时,开始在距耙斗装岩机 50m 处铺设与重车线平行的轨道,原车场继续使用,当平行轨道铺设与原车场相接时,即形成新的车场。

(五) 锚喷支护

锚杆支护应紧跟工作面,尽量与掘进平行作业。它既是临时支护,又是永久支护的

一部分。根据工作面岩性的稳定程度,既可锚喷,也可只喷不锚,甚至裸体巷道。锚杆临时支护还可扩展为锚-网临时支护、锚-网-初喷临时支护等形式,初喷临时支护既可紧跟工作面,也可在耙斗式装岩机后进行,喷厚一般为 30~50mm,通常需单独占用循环时间。复喷成巷一般在耙斗式装岩机后进行,与掘进平行作业,与工作面距离可根据围岩稳定程度控制在一定范围内。有时,初喷与复喷支护,由单独 1 个小班完成。砼喷射机组布置在离工作面 50m 左右的巷道一侧,在小断面巷道中,1 台作业,1 台备用;大中断面巷道中,可两台同时作业。

(六) 施工劳动组织

当炮眼深度为 1.6~2.4m,采用水胶炸药或岩石硝铵炸药、多段毫秒电雷管起爆时,一般循环进尺为 1.4~2.0m,可采用“三八”制或“四六”制的组织形式。“三八”制适用于岩石稳定性较差的巷道施工,两个班掘进并临时支护,1 个班进行永久支护。“四六”制适用于岩石稳定性较好的巷道施工,3 个班掘进并进行锚杆临时支护,1 个班进行初喷临时支护和复喷永久支护。采用该作业线月成巷一般为 80~120m,直接工效 1~1.5m³/工。快速施工时,采用“四六”制,每小班既掘进,又同时复喷成巷,月进可达 150m 以上。

以耙斗装岩机为主的机械化作业线之所以能成为我国煤矿岩巷施工的主要作业形式线,主要原因是:

- (1) 组成作业线的主要设备构造简单,性能可靠,坚固耐用,井下维修方便,普通工人经过短期培训均能熟练地掌握;
- (2) 组成作业线的主要设备造价低,与我国井巷施工队伍的装备购置能力相适应;
- (3) 该作业线适用范围较广,对各种地质条件和工程条件的巷道均可采用;
- (4) 作业线各工序作业平行程度较高,循环时间短,劳动组织灵活,施工速度较快;
- (5) 在新建矿井或生产矿井、改扩建矿井的巷道施工中,当矿车供应不足或提升能力不足时,由于耙斗装岩机前方可贮存 1~2 个循环的矸石,因此可不影响正常施工。

耙斗装岩机作业线的主要缺点是打眼机械化水平低,工人体力劳动强度较大,装岩不彻底,有死角,作业环境较差。但根据我国的国情,今后较长时间内,以耙斗装岩机为主的机械化作业线仍将是我国矿山岩巷施工的主要形式。

二、以侧卸式装岩机为主的机械化作业线

侧卸式装岩机的卸载条件及它与液压钻车的错车条件和液压钻车的最大打眼范围是决定该作业线是否实用的关键。目前我国煤矿常用的侧卸式装岩机为浙江小浦煤矿机械厂生产的 ZC 系列侧卸式装岩机,常用的液压钻车为宜化风动工具厂生产的 CTH-

10 型和浙江衢州煤矿机械厂生产的 LB-12 型 ,以该种设备为主组成的作业线适用于掘进断面不小于 $3.5\text{m} \times 3.5\text{m}$,不大于 $5.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ 的巷道。为减少施工设备 ,便于施工组织 ,采用该作业线时 ,要求钻车能够打锚杆眼。这样就限制了钻臂配用推进器的长度。使钻车最大打眼深度受到限制 ,目前一般为 2.2m 左右。

(一) 主要设备及布置

主要设备如下：

液压钻车	1 台
侧卸式装岩机	2 台
长胶带转载机	1 台
5t 蓄电池机车	2 台
1~3t 矿车	若干辆
矸喷射机组	2 台
局部通风机	1 台
激光指向仪	2 台

各种设备在巷道中的布置 ,见图 7-4-2。

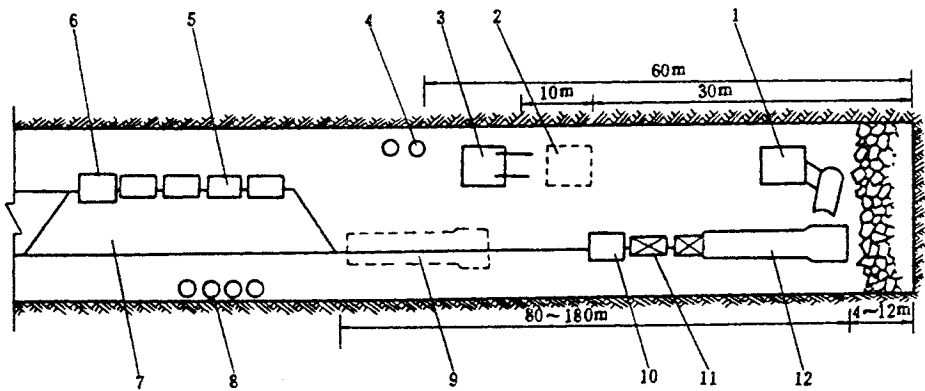


图 7-4-2 以侧卸式装岩机为主的设备布置示意图

- 1—侧卸式装岩机 2—放炮时装岩机位置 3—液压凿岩台车；
4—矸喷射机 5—空车 6、10—电机车 7—调车场 8—放炮开关；
9—放炮时转载机位置 11—重车 12—胶带转载机

(二) 打眼与装岩、转载、调车

采用该作业线时钻车打眼与侧卸式装岩机装岩不能平行 ,均为单行作业。在炮眼布置的同时 ,钻车进入工作面 ,停放在巷道中央固定 ,距工作面的距离以钻臂顶尖靠近工作

面并能全断面自由移动为宜。打眼时,两臂分别由工作面两侧开始依次向中央移动。两臂靠近中央时,由一臂打中央炮眼,另一臂打锚杆眼。打眼及锚杆安装结束后,钻车退出工作面,停放在侧卸式装岩机之后,距工作面 40m 左右。放炮前,侧卸式装岩机正面举升铲斗,作为掩护板,防止放炮时崩坏钻车及装岩机等设备。放炮排烟结束后,工作面进行安全检查、初喷临时支护等工作,同时侧卸式装岩机清除巷道底板及轨面浮矸,胶带转载机开进,停靠在岩堆后。调车方式采用双轨横向车场调车。双轨横向车场离工作面保持在 80~180m 左右。装岩时,开动胶带转载机,电机车将 1 列空车从横向车场推至胶带转载机下,装满后运出,并推出 1 列空车至横向车场等候;同时另 1 辆电机车将 1 列空车从横向车场推至胶带机下装载。如此往复直至装完 1 个循环的矸石。利用调车间隙,侧卸装岩机还可清理撒落矸石、将矸石集堆,为下列车装载作准备。装岩时,检查钻车;装岩结束后,装岩机退出,停放在距工作面 30m 左右位置进行一般检修。

(三) 临时轨道铺设

临时轨道与工作面距离直接影响着胶带转载机与工作面的距离,以及装岩机装岩效率的发挥。轨道末端距工作面的距离应保持在 4~12m。由于临时轨道通常采用 24kg/m 钢轨,每节长 8m,因此每掘进 8m 左右应铺接一节,铺轨作业在钻车打眼时进行。

(四) 双激光指向仪指向

目前巷道施工所用的激光指向仪,有效距离为 500m 左右。施工中巷道每掘进 300m 左右,激光指向仪应向前移动一次,使其与工作面保持在 150~450m 的范围。通常巷道施工中布置 1 台激光指向仪,安设在巷道顶部,光点指在巷道中线上。为使激光指向仪的移动在时间上有较大的灵活性且不影响正规循环作业,有的巷道采用双激光指向仪指向,1 台安设在巷道顶部,光点投在中线上;另 1 台安设在巷帮,光点投在巷道腰线上。这样 1 台移动时,另一台照常工作。同时当放炮震动一台出现误差时,另一台激光指向仪光点还可起到相互校正的作用,以保证掘进方向的正确。而且也给炮眼布置工作带来了方便。

(五) 主要设备的维修保养

该作业线机械化程度高,其主要设备能否正常运转,是保证施工速度的关键因素,组成作业线主要设备的维修保养工作特别重要。设备的维修保养分为日常维修与定期检修。设备在完成一个循环工序的作业停机后,小班维修工应立即进行清洗、部件润滑、联接部件检查、易损件检查及更换等工作,并根据运转状况判定有无故障、是否需要检修处理,以保证下一循环工序正常进行。应依照主要设备的使用维修说明书及设备主要零部件寿命,施工单位对作业线每一主要设备制定检修计划,按计划检修并更换易损部件,避

避免因某一部件带病运转或超期服务,引起其他部件寿命降低或损坏。

(六)施工组织

以侧卸装岩机为主的机械化作业线打眼、装岩生产能力大,耗时短。缩短循环时间的关键在于:保障设备正常运转,坚持正规循环;合理组织平行交叉作业,减少辅助工序的耗时。该作业线在施工中,平行作业的主要内容有:临时轨道铺设、掘砌水沟、维修侧卸式装岩机与钻车打眼平行作业;初喷临时支护、钻车维修与装岩平行作业;安全检查、洒水降尘与装岩机清道平行作业;复喷永久支护与掘进平行作业等。该作业线施工需要的直接工人数少,要求工人技术素质高和一工多能。

采用该作业线时,炮眼深度为2m左右,采用直眼掏槽、多段毫秒电雷管全断面一次爆破,循环进尺1.6~1.8m。根据施工队伍对作业线使用的熟练程度及劳动组织管理水平,可采用“三八”、“四六二八”或“四八”等多种作业制式。一般在培训时采用“三八”制,即二班掘进并临时支护,一班复喷永久支护,日进3.2~3.6m,月进80m左右;待工人熟练后,可采用“四八”(或“五八”)制,三班掘进,一班(或二班)支护,掘进支护平行作业,日进4.8~5.4m,月进150m左右;当施工队伍素质提高了,工人对设备能熟练操作、对工序能熟悉衔接、班组长能够合理安排施工、日常维修人员能及时处理设备故障、且岩石条件较好时,采用“四六二八”制,即四班六小时掘进,二班八小时支护与掘进平行作业,日进可达6.4~7.2m,月进可达180m以上。目前该作业线最高纪录为徐州矿务局建井工程处创造的月进310m。

(七)存在问题

以侧卸式装岩机为主的机械化作业线虽具有机械化水平高、施工速度快、工效高和改善了劳动条件、降低了工人体力劳动强度等优点,但推广应用,目前仍存在以下问题:

(1)初期投资大。

(2)要求施工队伍素质高,维修力量强。

(3)工作面布置1台钻车,一旦出现故障,将严重影响正常生产。

(4)液压钻车及侧卸式装岩机的可靠性尚待进一步提高。

(5)液压钻车及侧卸式装岩机均为履带行走,使用范围有一定的局限,特别是对轨道运输的矿井。为此,不少施工单位针对装岩工作量大,侧卸式装岩机效率高的特点仍采用多台气腿式凿岩机打眼,组成气腿式凿岩机与侧卸式装岩机为主的作业线,在一定程度上缓解了上述矛盾。虽然不能全机械化,但使用效果尚好。

预计在今后数年内这种作业线将以较快速度得到推广,并和耙斗装岩机作业线共同成为我国煤矿岩巷施工的主要作业线形式。

第三节 岩巷施工综合机械化作业线

一、岩巷全断面掘进机

全断面掘进机是实现连续破岩、装岩、转载、临时支护、喷雾防尘等工序的一种联合机组。岩石全断面掘进机机械化程度高,可连续作业,工序简单,施工速度快。1967年,美国曾创造了月进2088.9m的世界纪录,日进最高达到127.8m。掘进机施工的巷道质量高,支护简单,工作安全,效率高,作业条件好。但该机构造复杂,成本高,对掘进巷道的岩石性质和长度均有一定要求。

岩巷掘进机一般由移动部分和固定支撑推进两大部分组成,见图7-4-3。其中主要有破岩装置、行走推进装置、岩碴装运装置、驱动装置、动力供给装置、方向控制装置、除尘装置和锚杆安装装置。

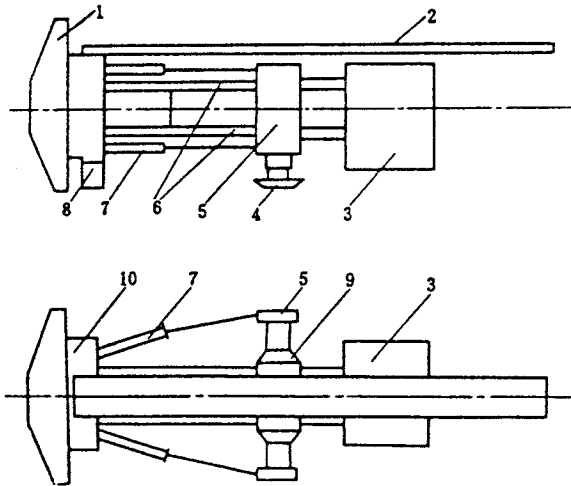


图7-4-3 岩巷全断面掘进机基本结构示意图

1—工作头 2—输送机 3—操纵室 4—后撑靴 5—水平支撑板;

6—上、下大梁 7—推进油缸 8—前撑靴 9—水平支撑油缸;10—机架

(1)破岩装置 由刀盘和工作头组成。刀盘装在工作头的前端,上面装有若干滚刀。刀盘的形式有,平板刀盘、球面刀盘、截锥刀盘和三牙轮前导钻头的平板式刀盘等。工作

时 ,由电动机驱动刀盘回转带动滚刀滚动 ,同时有工作头传递推进油缸产生的推进力 ,使滚刀向工作面岩石施加压力进行破岩。

(2)行走推进装置 一般多采用支撑迈步式 ,由前撑靴、后撑靴和支撑板组成。前撑靴位于移动部 ,用来定位 ,使工作头对准掘进方向。后撑靴位于推进部 ,和前撑靴共同支撑机器重量。支撑侧板则紧撑岩帮 ,起固定机身作用。一次推进行程结束后 ,松开支撑板 ,向推进油缸反向给油 ,即可将固定支撑部位向前移 ,支撑板再次紧撑岩帮 ,又可开始新的推进切割工作。

(3)岩碴装运装置 由铲斗、卸碴溜槽和运输机组成。工作时 ,装在回转刀盘周边的铲斗 ,随刀盘一起回转 ,以铲取破碎下来的岩屑。岩屑由机器上方卸入卸碴溜槽 ,再转入运输机 ,转载到机器后方 ,由运输设备运出。运输机的位置 ,有的在掘进机上方 ,也有的在掘进机中间或底部。

(4)驱动装置 刀盘由电动机通过减速箱和齿轮来转动 ,采用液压油缸给推进压力和支撑、固定、移动机体。所有传动系统的设名都固定在主机体上 ,操作室位于机器后部 ,控制箱、操作台、油泵的启动和操作系统均集中操作室内。

(5)动力供给装置 由液压站、配电箱和变压器等组成 ,均布置于机器后部。

(6)方向控制装置 采用激光导向。把激光发射器安装在靠拱部一侧的岩壁上 ,并按要求调整好 ,使激光束通过固定在司机室旁上方的后靶小孔 ,射向安装在导向壳体上的前靶十字准线的交点上。掘进时 ,可根据光点偏离十字准线交点的方向和距离调正掘进方向。

(7)除尘装置 一般采用完善的湿式空气过滤集尘系统 ,也有利用强力抽风机排尘。

(8)锚杆支护安装装置 一般在机器的两侧各装一台锚杆钻机 ,可沿两根与掘进机纵向中心线平行的滑轨移动 ,使之能在掘进中钻凿锚杆眼、安装锚杆。

煤炭科学研究总院上海分院于 60 年代开始研制岩巷全断面掘进机 ,70 年代曾在萍乡矿区试用 ,后经长期试验研究 ,于 80 年代先后研制成功适用于双轨岩巷、直径 3.2m 和直径 5m 的全断面岩巷掘进机 ,其技术特征见表 7-4-1。

表 7-4-1 岩巷全断面掘进机型号及主要技术特征

技 术 特 征	直 径 3.2m	直 径 5m
掘进直径 ,m	3.2	5
掘进断面积 ,m ²	8.04	19.6
最小转弯半径 ,m	150	200

技 术 特 征	直 径 3.2m	直 径 5m
适用岩石抗压强度 ,MPa	50 ~ 140	49 ~ 137
掘进速度 ,m/h	1 ~ 2	0.9 ~ 1.5
刀盘转速 ,r/min	7.8	5
刀盘扭矩 ,kN·m	313	1000
刀具数量 把 :中心刀	4(φ280mm)	4(φ280mm)
正 刀	18(φ300mm)	24(φ350mm)
边 刀	9(φ300mm)	6(φ350mm)
最大推力 ,kN	3040	6600
最大支撑力 ,kN	7840	2 × 9600
总功率 ,kW	364	750
其中 :刀盘功率 ,kW	2 × 125	6 × 100
机器总长度 ,m	42.7	78
其中 :主机长 ,m	12.7	17.5
全机总重量 ,t	87	300
其中 :主机重 ,t	77	240

直径 5m 全断面掘进机 ,包括主机和后配套系统见图 7 - 4 - 4。主机由刀盘工作机构、传动导向机构、推进操纵机构、大梁、主带式输送机及司机房等部件组成。主机上配备了环形支架安装机、锚杆钻机。该掘进机工作系统中 ,配备了激光导向、坡度指示及浮动支撑调向机构 ,可以不停机调向 ,控制掘进方向。有内喷雾及水膜除尘设施 ,有通风、消音装置 ,有瓦斯自动检测报警断电仪等。后配套系统主要由斜带式输送机、转载机和喷雾泵站组成。

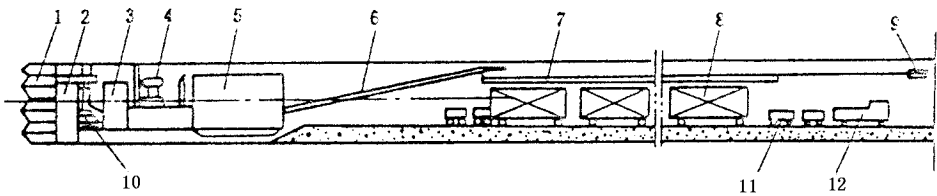


图 7 - 4 - 4 直径 5m 全断面掘进机系统示意图

- 1—刀盘 2—机头架 3—水平支撑板 4—锚杆钻机 5—司机房 6—斜带式输送机 ;
7—转载机 8—龙门架车 9—激光指向仪 ;10—环形支架机 ;11—矿车 ;12—电机车

二、岩巷全断面掘进机作业线

岩巷全断面掘进机作业线主要由掘进机、胶带转载机、矿车、电机车组成。我国 5m 直径岩巷全断面掘进机破碎的岩石 ,经主带式输送机、斜带式输送机、胶带转载机 ,装入 1t 矿车由电机车拉出硐外卸载 ,于 1986 年在山西古交矿区设计年产 400 万 t 的东曲矿东平硐进行试验。

平硐的掘进断面为 20.32m² ,坡度为 3‰ ,穿过粗、中、细砂岩与粉砂岩 ,砂质页岩 ,砂质泥岩 ,页岩和部分石灰岩 ,个别岩层中含微量黄铁矿结核 ,岩层倾角 5° ~ 7°。岩石抗压强度为 30 ~ 140MPa ,抗拉强度为 5 ~ 23MPa ,抗剪强度为 10 ~ 18.3MPa ,通过岩层的地质构造较为复杂 ,岩层稳定性较差 ,涌水量悬殊。掘进过程中 ,遇到较大的石灰岩溶洞和陷落柱 4 处 ,较大的断层 7 条。断层附近的岩层较为破碎 ,并有大量淋水与滴水 ,给掘进造成很大困难。

掘进机于 1986 年 6 月 4 日试掘 ,到 1987 年 9 月底共掘进 1448m ,平均月进 103.4m ,最高月进 202m ,工程质量全部合格 ,见表 7 - 4 - 2。以后连续施工 ,总计完成平硐全长 3653.5m 的掘进任务。

表 7 - 4 - 2 直径 5m 掘进机逐月进尺度

掘进时间 (年、月)	1986 年							1987 年									合计	
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
总进尺 ,m	81	60	120	150	49	155	56	38	检修	40	99	76	132	100	90	202	1448	
合格品 ,m				150	49	115							76	132	100	90		712
优良品 ,m	81	60	120			40	56	38			40	99					202	736

该机推进一个行程(1m)的时间为 25 ~ 40min ,纯掘进速度为 1.5 ~ 2.4m/h。破碎下的岩石 33m³ ,可装 1t 矿车 30 个。由于胶带转载机长 44m ,其下面一次可容纳 22 辆矿车 ,加之巷道内铺设双轨 ,配备多台电机车和足够数量的矿车 ,不仅能够实现连续不断地排矸 ,而且运输能力大于破岩能力 ,能充分发挥掘进机的效率。

该机在主机上配备锚杆钻机 ,在掘进的同时 ,可钻锚杆眼、安装锚杆 ,实现临时支护 ,在距工作面 20m 的地方进行喷射砼作业。当采用金属拱形支架时 ,该机上配备的环形支架安装机 ,也可以在掘进破岩的同时安装支架。上述支护形式 ,均可与掘进破岩平行作业 ,两种支护所用时间均小于掘进破岩 ,故均不占用循环时间 ,能充分发挥该机的效率 ,实现快速掘进。如采用砼永久支护时 ,掘进一段距离后 ,需停机浇注砼 ,将影响掘进机效

率的发挥。采用 KBC 型采尘仪在内喷雾良好、除尘器正常工作、28kW 局部通风机的风量为 $220\text{m}^3/\text{min}$ 的情况下,分别测定工作平台、司机房、输送机尾部的粉尘含量为 $3.25 \sim 10.5\text{mg}/\text{m}^3$,机房噪声为 $85 \sim 87\text{dB}$ 。

该机掘进巷道质量好,对围岩扰动小,成型好,超挖量少,围岩稳定,支护费用低。掘进 1448m ,优良率占 50.8% 。施工效率高,每 2 年综合工效折合标准成巷为 20.53m ,比煤炭工业部规定的等级队工效 15m 的标准高 37% 。现场统计资料表明,不计机器的折旧费时,掘进机掘进的每米巷道造价与用钻爆法的海米造价相当。当掘进机的掘进速度比钻爆法快 1 倍时,工程成本持平。只有掘进机的掘进速度超过钻爆法的 2 倍时,每米造价才低于钻爆法。 5m 掘进机在正常情况下的利用率只有 17.2% (国外为 40% 以上),说明其潜力尚大。

三、岩巷全断面掘进机的应用前景

岩巷全断面掘进机可使井巷工程实现综合机械化,故世界各国均十分重视。目前,全世界共生产 200 多台,分别在 20 多个国家的隧道、矿山等各类工程中使用。原西德有 8 台全断面岩巷掘进机用于煤矿巷道掘进,平均掘进速度可达 $10 \sim 20\text{m}/\text{日}$,最佳达 $36\text{m}/\text{日}$,最高月进达 $600\text{m}/\text{月}$,平均月进一般为 $300 \sim 400\text{m}$ 。每年有 $10 \sim 20\text{km}$ 的岩巷用全面掘进机掘进。但该类掘进机目前也存在一些问题,其中主要是掘进机庞大笨重,拆装时间长,转移运输不便,辅助作业时间长,机器作业率低,动力消耗大,刀具寿命短,其费用占总费用的 85% ,掘进成本高。而且,要求所掘巷道的曲率半径大,不能适应我国煤矿巷道要求,特别是岩性变化大,遇到涌水、断层破碎带等地质条件时适应性差,掘进速度明显下降,甚至无法工作。因此,岩巷全面掘进机的发展受到限制。国内外学者大量研究表明,在目前现有掘进机的水平下,要想与钻爆法进行竞争,至少要具备下列二个条件:其一要求巷道长度在 3000m 以上;其二要求掘进速度日进 $15 \sim 18\text{m}$,平均月进 450m 以上。随着科学技术、材料、机械工业及液压技术的发展,以及新型破岩方法的出现,掘进机存在的问题必将进一步获得解决,新型岩巷全断面掘进机在井巷工程中将会有广泛的应用前景。

第四节 部分断面掘进机械化作业线

为改变煤巷掘进打跟放炮的落后面貌,实现机械破煤、装煤、运煤组成的综合掘进机

械化 ,原苏联于 1938 年试制成第一台煤巷掘进机。经过不断的改进 ,50 年代末已逐渐成熟。由于煤巷掘进机具有工序少、进度快、效率高、质量好、施工安全和劳动强度小等优点 ,进入 60 年代便引起了世界各国的重视 ,竞相研制 ,发展迅速。

煤巷掘进机的广泛应用 ,不仅能缩短建井工期 ,保证生产矿井采掘正常接替 ,而且能降低建设投资和吨煤生产成本 ,其经济效益十分显著。针对目前广泛使用的悬臂式掘进机存在稳定性和对岩性的适应性差等问题 ,世界各国都十分重视改进和研制新型的掘进机 ,其技术发展的总趋势是 :

- (1)加大截割电动机的功率 ,提高切割头的转速和切割速度 ,增加机器的切割力 ;
- (2)采用宽履带 ,简化结构 ,降低重心 ,增强爬坡能力 ,提高机体工作状态下的稳定性 ;
- (3)采用高压水射流 ,提高降尘和助切效果 ;
- (4)采用微机处理技术 ,在掘进方向和切割轮廓上实现自动控制 ;
- (5)研制工作面机械化掩护支架 ,使掘进与支护平行作业 ;
- (6)加强设备综合配套 ,组成不同条件下的综掘最优作业线 ,取得最好经济效益。

一、煤巷部分断面掘进机

我国从 1962 年先后从原苏联、英国、日本、奥地利、匈牙利、美国、德国引进了各种类型的煤与煤 – 岩巷掘进机共 130 余台 ,技术特征见表 7 – 4 – 3。同时开始研制 ,根据对各种掘进机的使用效果 ,1987 年煤炭工业部决定重点制造和推广五种掘进机 ,其主要技术特征见表 7 – 4 – 4。

表 7 – 4 – 3 引进国外的几种煤巷掘进机技术特征表

技术特征	匈牙利 F6 – HK	原苏联		英国 MKII – A2400	德国 SRM – 330	奥地利 AM – 50	日本 MRH – S50 – 13	美国 12CM11 – 98
		ΠΚ – 9P	4ΠΥ					
经济截割煤岩 单轴抗压强度 MPa	30	40	40	50	70	70	40	40
适应坡度 (°)	± 15	10	10	± 14	+ 16.2 , – 18	16.2	10	—
总功率 , kW	60.2	186	65	150	243	155	83	313.32
总重量 , t	9.8	34	10.5	23.4	42	24	16.5	40.53
外形尺寸 :长 m	7.5	7.7	5.9	7.4	10.5	7.5	7	10
宽	2	1.8	2.35	2.4	2.35	1.91	1.8	2.6
高	6.75	1.83	1.3	1.64	1.4	1.65	1.8	1.02

技术特征	匈牙利 F6－HK	原苏联		英国 MKII－A2400	德国 SRM－330	奥地利 AM－50	日本 MRH－S50－13	美国 12CM11－98
		ΠK－9P	4ΠY					
可掘断面 ,m ²	5～15	7～16	4.0×8.2			5～17		
高 ,m	3.8	2.2～3.9	1.5～2.85	4.1	4.2	2～3.69	4.1	3.7
宽 ,m	5	3.3～5.8	2.6～3.3	5.76	6.2	2.5～4.6	4.5	2.9
工作机构功率 kW	30	93	22	67.5	132	100	50	2×89.52
行走机构功率 kW	2×5.6	2×11	11	液压马达 2 台	液压马达	2×11	液压马达 2 台	2×26.11
装载运输机构 功率 ,kW	2×5.6	15	11	液压马达	2×18.5	2×11	液压马达	44.76
工作机构形式	横轴式	纵轴式	纵轴式	纵轴式	横轴式	横轴式	纵轴式	滚筒式
装载机构形式	耙爪	耙爪	耙爪	耙爪	耙爪	耙爪	耙爪	耙爪
行走机构形式	履带	履带	履带	履带	履带	履带	履带	履带
液压系统压力 MPa	8	10	10(7)	14～17	14	20	14.10	14
卧底深度 ,m	0.5	0.4	0.2	0.18	0.15	0.1	0.2	—

表 7－4－4 我国常用的几种煤巷掘进机的主要技术特征

技 术 特 征	AM－50	S－100	ELMB	EL－90	EMIA－30
适应巷道断面 ,m ²	7.5～20	21	6～12	8～22	6～13
最大掘进高度 ,m	4	4.5	3.5	3.76	3.75
最大掘进宽度 ,m	4.8	5.1	4.7	6.23	4
切割岩石强度 ,MPa	100	100	40	60	40
巷道最小曲率半径 ,m	10	7	10	10	7
巷道坡度 (°)	± 16	± 15	± 12	± 16	± 10
装载形式	耙爪式	耙爪式	耙爪式	耙爪式	双环形刮板
装运生产能力 ,t/h	100	180	100	32～125	70
装运功率 ,kW	2×11	100	55	2×10	10

技术特征	AM－50	S－100	ELMB	EL－90	EMIA－30
行走形式	履带式	履带式	履带式	履带式	履带式
行走部功率/kW	2×15	2×17	油马达驱动	2×11.4	2×10
切割头直径/mm	2×750	600～970	690	900	450
切割部功率/kW	100	100	55	90	30
液压额定压力/MPa	20	20.6	20/25	14	14
液压总功率/kW	11	45	26.7	13	10
电 压/V	660	660	660	660	660
外形尺寸:长	7500	8300	12000	8670	10460
mm 宽	1910	2800	2000	2400	2100
高	1650	1800	1700	2000	1750
总功率/kW	163	145	100	145.8	68
重 量/t	24	25	21.5	37.2	16
生产厂家	淮南煤机厂	佳木斯煤机厂	上海煤研所 南京晨光机械门	太原煤研所 淮南煤机厂	太原煤研所 佳木斯煤机厂

截止 1990 年底 ,包括我国自己研制生产、中外合资生产和引进的煤与煤－岩巷掘进机 ,在我国煤矿使用的有近 400 台。1990 年单机年进尺超万米的有 8 个队 ,平均掘进速度达到 300m/月以上 ,比钻爆法平均提高 1.5～2.5 倍 ,工效提高 50%～100%。

当前世界各国制造和推广使用的煤及煤－岩掘进机 ,除美国为滚筒式切割机构连续采煤机外 ,均为悬臂式切割机构的部分断面掘进机。这种掘进机适应性强 ,结构较简单 ,易操作 ,机重适宜 ,拆、装、运方便 ,调动灵活 ,因之 ,发展较快。目前全世界各国使用量总计在 3000 台以上。各种悬臂式掘进机的构造和工作原理大体相同 ,我国研制的 ELMB 型煤巷掘进机的构造见图 7－3－5。

ELMB 型煤巷掘进机由截割机构(工作机构)、装运机构、行走机构、转载机构、托梁器、喷雾系统、液压系统、电控系统等 8 部分组成。各部分有机地密切配合 ,可连续地破煤、装煤、运煤 ,实现机械化掘进巷道。

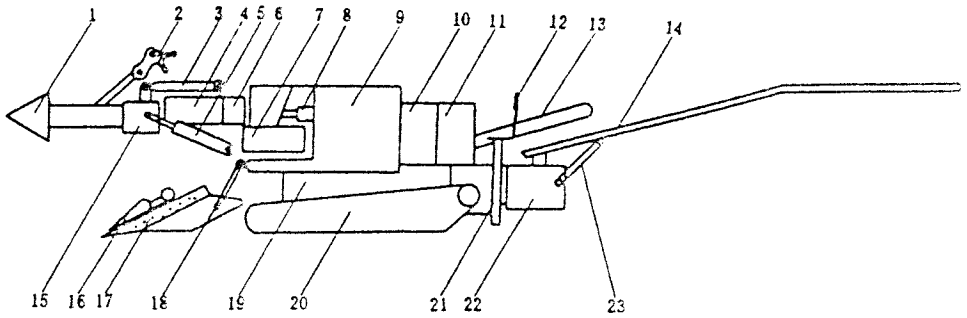


图 7-4-5 ELMB 型煤巷掘进机结构示意图

- 1—截割头 2—托梁器 3—伸缩油缸 4—减速器 5—升降油缸；
 6—电动机 7—回转座 8—回转油缸 9—油箱与泵站 10—电控箱；
 11—操纵台 12—司机座 13—刮板输送机 14—胶带机 15—导轨架；
 16—耙爪 17—铲板 18—铲板油缸 19—主机架 20—行走部；
 21—起重油缸 22—胶带机转座 23—胶带机升降油缸

二、掘进综合机械化配套

掘进综合机械化配套是指在一条采用掘进机施工的巷道内,除破、装、运等主要工序机械装备相互匹配组成作业线外,还将测量定向、通风、除尘、材料运输、巷道支护、供电等辅助工序的设备与其配套,使施工过程实现全部机械化,并达到最优组合,形成高效率、连续均衡生产的掘进系统,从而得到较高的掘进速度和良好的经济效益。我国煤矿经过多年实践,结合国情,根据主要运输设备的类型,掘进综合机械化作业线有如下几种配套方式:

(一) 胶带输送机作业线

作业线主要由掘进机、转载机、可伸缩胶带输送机组成,见图 7-4-6。双向胶带输送机是近几年研制的新型运输设备,根据支架材料的不同,已形成 SJ 系列,见表 7-4-5。

可伸缩式胶带输送机可为双向的,即上胶带出煤,下胶带运料,能实现长距离连续运输,其能力大于掘进机的生产能力,可最大限度地发挥掘进机的潜力,实现连续掘进。由于胶带延长速度快,每延长 12m 胶带仅需 30min,进行永久支护时可接长胶带,掘进循环时间短。该作业线在巷道长度大于 600m 时,其优越性更为明显,特别在综采运输顺槽中,胶带输送机还可留作回采使用。

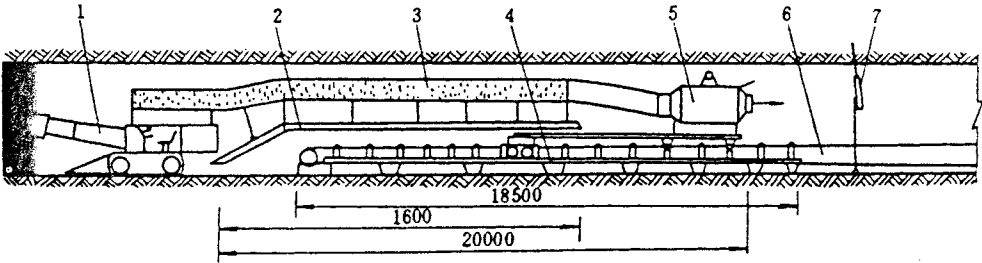


图 7-4-6 胶带输送机作业线设备布置图

1—掘进机 2—转载机 3—伸缩风筒 4—胶带机尾滑道；
5—除尘风机 6—可伸缩胶带输送机 7—气腿式凿岩机

表 7-4-5 双向可伸缩胶带输送机的型号及主要技术特征

技 术 特 征	SJ-650A	SJ-800A	SJ-800B
带 宽 ,mm	650	800	800
带 速 ,m/s	1.6	2.0	0.8/1.6
运 量 上胶带 ,t/h	100	400	200
下胶带 ,件/h	120	120	120
运 距 上胶带 ,m	1000	800	1000
下胶带 ,m	920	720	920
电动机 功率 ,kW	40	2×40	2×40
电压 ,V	380/660	380/660	380/660
贮带长度 ,m	50(100)	50(100)	50(100)
机尾搭接长度 ,m	12	12	12
机头部外形尺寸 :长	3210	4000	
mm 宽	1350	1443	—
高	1776	1961	
总 重 ,t	68	55	
备 注	梯形巷道中运送工字钢等材料		适于拱形巷道运送 U 型钢支架等

如采用单向可伸缩胶带输送机 需单轨吊向掘进工作面运料 掘进结束 该单轨吊可留作回采运料。根据我国国情专门设计的 XTD-7 型防爆型蓄电池单轨吊见图 7-4-7。

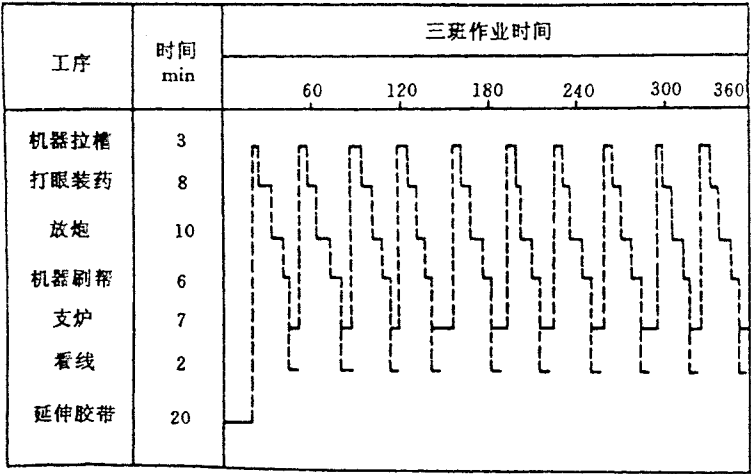


图 7-4-9 钱家营 002 掘进队煤-岩巷掘进循环图表

开滦矿区钱家营矿 001 掘进队 ,采用 AM-50 掘进机 ,配备 QZP-160 型转载机、SJ-44 型可伸缩胶带输送机 ,于 1990 年 5 月 ,在断面为 10.4m² 的煤巷中 ,采用 U 型可缩性金属支架 ,创造了单孔月进 2211m 的记录。该队采用综合工作“四六”作业制 ,其掘进循环图表见图 7-4-10。

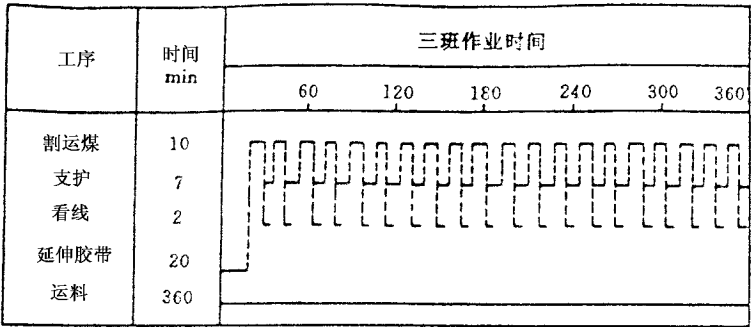


图 7-4-10 钱家营 001 掘进队全煤巷掘进循环图表

(二)链板输送机作业线

作业线由掘进机、胶带转载机、链板输送机组成 ,链板输送机的运输能力大于掘进机的生产能力 ,可实现连续运输。采用链板输送机虽有链板接长频繁、占用循环时间长、劳动强度大等缺点 ,但它适用于坡度变化大、掘进长度较短的巷道。因此 ,目前我国仍较广泛应用。

河北省开滦矿区范各庄矿 ,采用 MRH-S5D 型掘进机 ,配备 SGW-40T 型链板输送

机,在巷道断面为 $8.1 \sim 11.7\text{m}^2$ 的煤巷中,采用 U 型拱形金属支架,于 1982 年 10 月,创造了月进 2045m 的好成绩,直接掘进工的效率为 $0.656\text{m}/\text{工}$ 。

(三) 梭车(或仓式列车)作业线

作业线主要由掘进机、胶带转载机、梭车(或仓式列车)组成。我国生产的梭式矿车容积为 8m^3 ,可将几辆梭车搭接成列车,将 1 个截割循环中的煤、岩一次运走,但不能连续装载,故影响掘进机效能的充分发挥。它适用于卸载距离短,并有卸载仓的施工条件。

山西省大同矿区大斗沟矿,采用美国的 12CM11-9BUN 型掘进机,配备 10SZZ-40BUN 型梭车,在断面为 8.4m^2 的矩形煤巷中,于 1983 年 9 月掘进速度达 2160m。全队 89 人,直接工 51 人,采用“三八”作业,其工效为 $1.488\text{m}/\text{工}$,最高日进 122.3m。采用上述设备,该矿掘进煤巷的最高月进度曾达到 2405.7m。

(四) 矿车-电机车作业线

作业线主要由掘进机、吊挂式胶带转载机、矿车及电机车组成。该作业线不能连续转载,掘进工时利用率低,速度慢,适用于断面较小、地压较大、巷道较短时或小型综掘工作面。为提高掘进速度,在条件允许时,应尽量采用长度较大的吊挂式胶带转载机,机下容纳的矿车数为能将一个截割循环的煤运走。

峰峰矿区黄沙矿,采用国产的 ELMB 型掘进机,配备吊挂式胶带转载机、矿车及电机车,在掘进断面为 $6.1 \sim 8.12\text{m}^2$ 的梯形煤巷中,采用工字钢梯形支架,于 1983 年 9 月,掘进速度达到了 581.15m/月。其作业线布置见图 7-4-11。

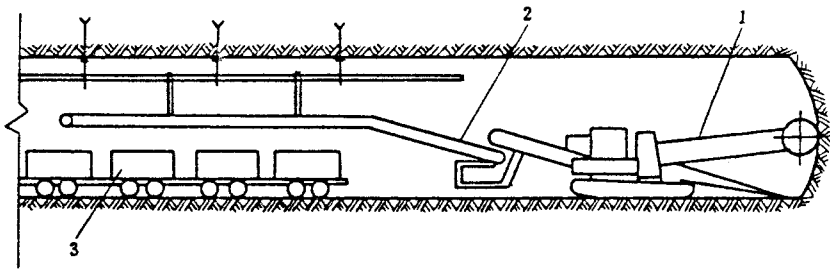


图 7-4-11 掘进机、吊挂式胶带输送机、矿车作业线示意图

1—掘进机 2—吊挂式胶带输送机 3—矿车

掘进综合机械化配套设备中,各种设备相互协调、生产能力达到最优组合,是实现快速、高效、低耗、取得良好经济效益的关键。掘进机的生产率应与运煤合理匹配,使运煤能力略大于掘进机的切割能力,以充分发挥配套设备的潜力。上述作业线中,胶带和链板输送机的运煤能力一般是掘进机破煤能力的几倍,造成了浪费。其原因在于没有专门

与掘进机生产能力匹配的胶带输送机和链板输送机 ,因此 ,设计制造与各种掘进机能力匹配的系列胶带与链板输送机、专用梭车与矿车 ,是实现掘进机械化作业线和提高经济效益的前提。

三、综合机械化快速施工的技术保证和组织管理

近年来 ,我国掘进综合机械化水平不断提高 ,年掘进万米(折合标准巷道)的队越来越多 ,其快速安全施工技术 ,主要体现在下述几个方面 :

(一)因地制宜选择掘进机

掘进机的结构、外形和重量随切割头的增大而增大。切割头的功率应根据煤岩硬度、煤岩的构成、粘结性、耐磨性、节理和层理的发育状况来决定。因此 ,当煤岩硬度大、巷道断面大时 ,应选用大功率的重型掘进机 ,反之 ,应选择较小的轻型掘进机 ,才能获得最佳的掘进效果。

根据我国在煤与煤—岩巷道中掘进机使用效果最佳时积累的数据进行整理 ,得出的掘进机功率及有关参数与煤岩硬度的最佳匹配关系列于表 7-4-6 中。巷道断面与煤—岩掘进机型的匹配关系参见表 7-4-7。

表 7-4-6 煤-岩掘进机切割功率与有关参数匹配关系

硬度 (f)	切割头转速 (r/min)	截齿平均周速 (m/s)	单刀受力 (N)	牵引力 (N)	牵引速度 (m/min)	电动机功率 (kW)
< 4	30 ~ 110	1.8 ~ 3.5	1470 ~ 4410	29400 ~ 58800	2 ~ 4	30 ~ 50
4 ~ 6	20 ~ 60	0.8 ~ 1.6	2940 ~ 7840	49000 ~ 98000	1 ~ 1.5	50 ~ 90

表 7-4-7 巷道断面与煤-岩掘进机型的匹配关系

巷道断面积 ,m ²	4 ~ 8	6 ~ 12	10 ~ 12
掘进机总重 ,t	约 10	约 15	约 30

(二)运输设备能力的匹配

掘进机的生产能力都比较大 ,与之配套的转载与运输设备能力是否合理匹配是否保证连续运输、迅速接长是快速施工的关键。在所有配套设备中 ,双向可伸缩胶带输送机运输能力大 ,可迅速接长 ,又能为回采服务 ,一机多用 ,较为理想。但只有在运输顺槽中使用 ,且巷道平直、坡度小时才合理 ,在水平弯曲巷道中 ,采用可弯曲刮板输送机可保证运输连续畅通 ,当巷道既弯曲又有一定坡度(±10°)时 ,则采用胶轮梭车运输较为合理 ,当

掘进巷道为回风巷时,则采用梭车或矿车运输较为合理。总之,因地制宜地选择与掘进机配套的设备,以便充分发挥掘进机的效率。

(三)适宜的支护技术

掘进工作面的支护时间约占总工时的50%左右,由于支护与掘进机截割不能平行作业,掘进机开机率一般只有20%~50%。采用先进的支护结构和支护技术,及时、迅速、有效地实现快速支护,并使支护与截割最大限度的平行作业,才能大幅度提高掘进速度。根据我国经验,如优先选用锚杆支护和装配式金属支架,并配备液压锚杆钻机和支架机,可望获得良好效果。为了提高掘进机的开机率应大力研究移动式临时支架,使永久支护工作与掘进平行进行。

(四)提高掘进机的切割技术

最佳截割深度应根据掘进1m巷道所耗最短时间来确定。它与掘进机的类型、煤岩性质、顶板状况和支架棚距有关。在我国当前的技术条件下,一般截深为0.5~0.7m。

掘进工作面合理的截割程序,取决于巷道断面大小、煤岩物理力学性质、顶底板状况、掘进机机型等因素。切割程序应遵守下述原则:首先彻底掏槽,增加自由面,由下而上,不仅便于切割,而且利于装载;在层理发育时,切割头应沿层理移动;煤-岩巷道中应先煤后岩,先软后硬;为保护巷道的完整性,便于维护,应采用保边切割法。当巷道宽度过大时,应分左右两部分先后切割。

(五)改进掘进机转弯掘进技术

当顺槽掘完,需掘切眼时,可采用掘进机直接拐弯掘进。其方法是:首先要根据支架尺寸计算转弯半径,再计算支架的数量与内外柱腿间距。也可以在巷道图上按比例,进行掘进机转弯的模拟试验,找出其运动轨迹,以实现拐弯掘进两不误,并取得良好效果。

(六)科学的组织管理

实行综合工作队,采用‘四八’交叉作业,多工序平行作业,组织正规循环等都是快速掘进的有效措施。

第五章 大断面巷道施工

第一节 概 述

一般矿山巷道,断面大于 15m^2 时,人们称为大断面巷道。属于地下工程的大断面,基本上都大于 30m^2 ,这类巷道的有:铁路、公路、水利、水电、国防等部门的隧道,各种用途的仓库、停车场、工业设施的硐室、贸易中心、展览厅等等,这些巷道的建筑规模在显著地增大。21 世纪大城市深度 150m 以上的地下空间将逐渐被开发利用。据有关方面估计,我国每年开挖的铁路、公路隧道约 300km ,水利、水电隧道 180km ,工程量巨大。同时,我国目前有 20 多个城市正在或积极准备建设地铁和轻轨运输线路。

我国隧道施工技术,以铁路隧道为代表,有了很大发展。1887~1891 年基隆至台北的狮球岭隧道,全长 261.4m ,手工开挖,石墙砖拱,贯通后北端高出南端 4.27m 。1901~1903 中东铁路滨州线兴安岭隧道,长 3077.2m ,打了 10 个深 $15\sim 70\text{m}$ 辅助立井,15 个月建成,双线断面,曲线形边墙,料石片石材料。1907 年詹天佑建八达岭隧道,长 1091m ,中部开 1 个深 25.6m 立井,两头掘进,上导坑先拱后墙法,人工打眼,水泥砂浆片石墙,混凝土砌块拱顶,工期 18 个月。

解放后,随着国民经济的发展,铁路隧道迅速发展,技术也在不断提高,大体可分为 3 个阶段:

50 年代,宝成、天兰、川黔铁路建设,从人工开挖向机械化过渡,由单一上导坑法,发展上、下导坑,下导坑漏斗棚架,侧壁导坑,开始用气腿和湿式凿岩。当时,主要是隧道群,很少有长隧道(按国际标准,长度 $< 0.5\text{km}$ 和 $0.5\sim 3.0\text{km}$ 分别为短、中隧道, $3\sim 10\text{km}$ 和 $> 10\text{km}$ 分别为长、特长隧道)。以秦岭隧道为代表,长 2.364km ,1954~1956 年

施工,平均单口月成洞 45m,使用机具为风动凿岩机。

60~70 年代成昆铁路建设中,发展机械化,引进设备,包括日本、瑞典、德国的凿岩台车、装载机、运渣车、喷射机、混凝土输送泵等,并开始国产化,开始采用锚杆支护、水泥注浆、全断面开挖、软岩加固等技术。以成昆线沙马拉大隧道为例,长 6.383km,1966 年建成,平均单口月成洞 109m,小型机械化施工,轨道运输,分部开挖。

80 年代以来,开始了技术大发展,从有轨向无轨,从电气到电液发展,从分段分部到全断面开挖,而且使用大型机械化配套,在支护、爆破、防水技术上有突破,并开始应用新奥法。以大瑶山隧道为代表,长 14.295km,1981~1987 年施工,双线单口平均月成洞 99.2m,掘进 144m(最高 203m)。重型机具综合机械化配套,按新奥法设计、施工,全断面开挖,无轨运输。80 年代施工了引大入秦输水隧洞、大瑶山铁路隧道等 6 条 5km 以上的隧道,使我国隧道施工技术迈上了新的台阶。

通常地下巷道是服务年限很长或较长的工程。根据用途,围岩性质和砌筑材料(支护)之不同,而具有各种不同的形状和尺寸。最稳定的形状为:半圆拱形(图 7-5-1 a);弯拱(图 7-5-1 b);马蹄形拱(图 7-5-1 c);圆形(图 7-5-1 d);三角形拱(图 7-5-1 e);直墙、槽形和缓拱顶的槽形(图 7-5-1 f);水平椭圆(图 7-5-1 g)和垂直椭圆(图 7-5-1 h);斜墙和高拱的槽形(图 7-5-1 i)。巷道断面面积根据其用途及内部设备、设施的形状、型号、外形尺寸、布置方式以及安全间隙决定。在巷道的地表筑有门脸,保证正面和侧面斜坡的稳定、排水和用于地下建设的装饰。

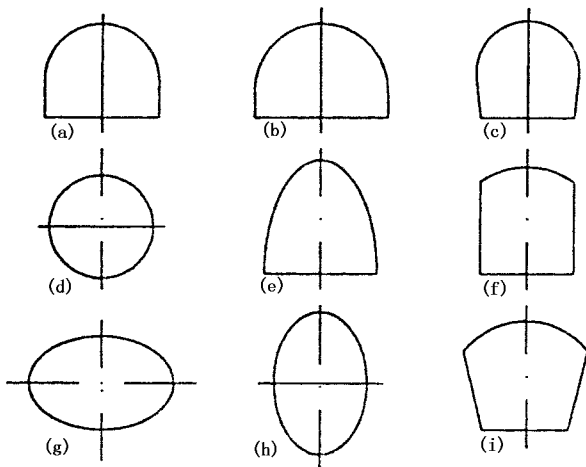


图 7-5-1 巷道断面形式示意图

根据巷道所处深度不同其施工方法可分为明挖和地下两种。采用明挖时是从地面向下挖坑,在其中修筑巷道,然后填平地面。采用地下方法时通过井筒或入口在地下掘

进巷道,并在其中进行支护,但地表不受破坏。本章介绍地下法。

第二节 施工方案

大断面巷道的施工方案分为以下几种:全断面施工法、超前导硐施工法、台阶分层施工法和利用支撑中心岩柱施工法等。

一、全断面施工法

全断面一次施工的巷道断面,在稳定无裂隙特别坚固、坚固和中等坚固的岩层中施工应小于 200m^2 。破岩采用全断面凿岩爆破。当岩石为坚固和特别坚固时一般不支护,中等坚固岩石用锚杆做临时支护。与小断面巷道施工相比,大断面保证了掘进工作高度集中的有利条件。由于工作面宽、体积大和施工组织简单,可有效地利用大型矿山掘进机械,达到高生产效率和高施工速度,其施工作业线见图 7-5-2。

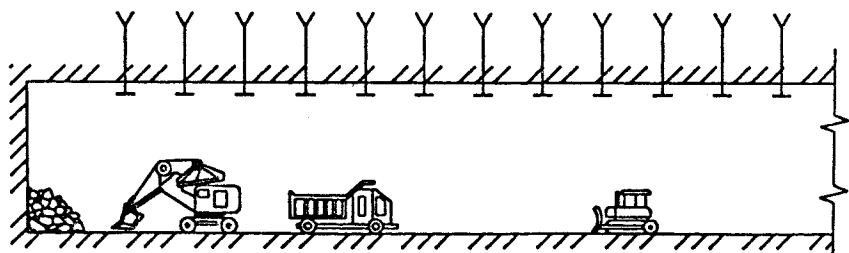


图 7-5-2 全断面掘进大断面巷道施工示意图

当对巷道围岩了解不够时,为了预防发生没有料到的涌水和出现地质破坏应先钻超前钻孔,直径 $75 \sim 100\text{mm}$,长度 $25 \sim 50\text{m}$ 。在选择掏槽型式时,可用其作为辅助自由面。

二、超前导硐施工法

巷道施工采用有导硐的全断面时,导硐设在断面中央,并首先掘进,其断面大小应能容下选择的掘进设备(钻孔机具、装岩机械、运输工具),然后再将巷道刷大到设计尺寸。导硐与巷道刷大工作可同时进行(平行作业)或顺序进行(顺序作业)。

平行作业可达到较高的巷道施工速度和良好的通风。但施工时除导硐外有时还需补掘一条侧面辅助巷道(石门或岩石巷道),并用 $4.5 \sim 6\text{m}$ 的联络道相贯通(图 7-5-

3),以便于平行作业的实施。

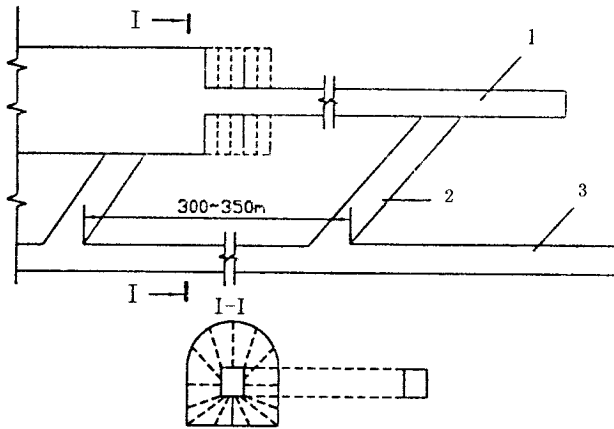


图 7-5-3 中央导硐和旁侧巷道掘进的大断面巷道掘进示意图

1—导硐 2—辅助巷道 3—联络巷

由导硐进行刷大巷道时所钻炮孔的深度应达到巷道的设计周边,炮孔布置为扇形并与巷道纵轴相垂直。扇形炮孔的距离根据通过岩石的坚固性来决定,其范围为 $0.6 \sim 1.0\text{m}$ 。炮孔爆破顺序以保证岩石成盘状脱离岩体。由于有两个自由面,因而爆破效果好。爆落岩石的盘数是根据迟发雷管的段数来限定,因而在大多数情况下,采用最安全的电力爆破。

巷道施工采用下导硐时,同样可采用平行作业和顺序作业。

这种方法的优点是可连续地和局部地进行地质勘探,这对所通过岩石物理—力学性质经常变化时是非常重要的;由于有两个自由面使大断面巷道的主要工作面的爆破工作效果好。缺点是施工的难度较大,导硐与刷大工作面同时掘进相互配合较复杂。

三、台阶施工法

巷道施工将工作面分为台阶的方法可分为以下几类:水平台阶、上部超前或下部超前台阶和垂直台阶。

(1)第一类台阶法(图 7-5-4)是将整个断面分为几个台阶,台阶之间相距 $1.5 \sim 1.7\text{m}$ 的进尺长度。最上部台阶的装药量按只有一个自由面计算,其它台阶按有两个自由面计算。为了减小岩石的夹制影响,可先爆破具有两个自由面的台阶的药包,然后(某些延缓)爆破有一个自由面的台阶。巷道通风之后上部台阶钻孔和下部台阶装岩同时进行。临时支护采用锚杆。为了钻凿上部台阶炮孔和打锚杆孔可采用脚手架和钻架。下

台阶的垂直炮孔是在它上部的那个台阶往下打,而在下部台阶装岩。在距工作面 50 ~ 60m 处,采用混凝土砌筑永久支护或实施其它类型的支护。

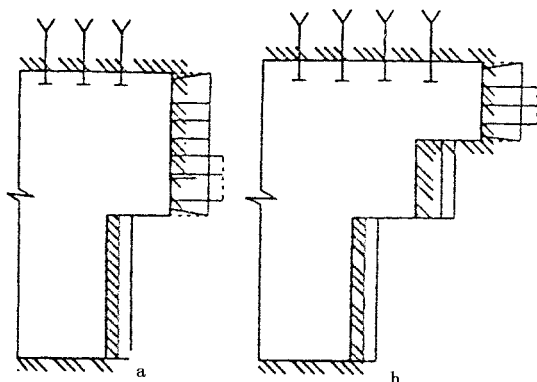


图 7-5-4 台阶工作面方式示意图

a—两个台阶工作面 b—三个台阶工作面

该方案的优点是能使最繁重的凿岩和装岩工作同时进行,可缩短掘进循环时间做到高速度施工巷道。缺点是在上部分巷道不可能应用高效率的凿岩设备和锚杆支护。

(2)第二类台阶工作面巷道施工方法,是当矿山地质条件不可能用一般的采矿设备进行全断面施工,又有适合的专用设备时推荐采用的。采用这种施工方法,上部台阶超前下部台阶 30 ~ 50m。凿岩用自行的凿岩设备或凿岩台车,用大生产能力的装岩机装岩。矸石装入矿车中,或装到上部阶段的带式运输机上,运送到安装在移动台上的矿仓中,转装入矿车中,并运至地表。用锚杆作为临时支护。在距下部台阶工作面 50 ~ 60m 的距离进行永久支护。

该方案的优点是在超前工作面完成施工的同时,可核实地质勘探数据,并能立即采取措施改变各台阶的施工工艺,掘进工作在上台阶和下台阶可平行作业或顺序作业。缺点是必须在各台阶安装运输工具,以及安设从下台阶往上台阶提升用的专门设备。这种施工方案建议用于中等坚固和软岩中。

当巷道采用下台阶超前施工时,工作面被划分成大致相等的面积。首先,用连续工作面掘进断面的下面部分,而后是上面部分。用带气动支架的凿岩机站在碴石堆上钻凿炮眼,该碴石堆是由上部台阶掘进岩石形成的。

方案的优点是上部台阶有两个自由面,所以爆破效率高,装岩时可不用凿岩脚手架或钻架,可使掘进过程劳动强度较大的工序——装岩与上部台阶凿岩有可能进行混合作业。缺点是上台阶凿岩较困难,巷道的下面部分与上面部分是顺序作业的,在有裂

隙的和整体不稳定的岩石中不能采用该方案。其应用范围是坚硬的、稳定的、以及在巷道的一定长度内可不用临时支护的岩石。

(3)用垂直台阶施工巷道时,工作面根据巷道宽度分成若干台阶,一个台阶滞后于另一个台阶几十米。所有台阶在全断面上可同时或顺序进行作业。这种方法适用于断面高度不大,而宽度大的巷道。如果在组织施工时考虑采用一套掘进设备服务于两个阶梯工作面时,可同时完成两个劳动强度大的生产工序,即一个工作面钻孔,另一个工作面装岩,这样可达到最高效率。

方案的优点是可不用大而贵的凿岩设备。缺点是工艺过程在时间上相互配合较复杂,由于要分开爆破,因而在辅助工序上损失的时间多。

(4)巷道施工采用分层法时(图7-5-5)第一步是先掘上分层1和砌矸拱2,该拱座在两侧台阶上,台阶突出于巷道的断面边界之外;第二步在上部矸拱的保护下掘进下分层的岩体。在稳定岩石中,拱支撑在两侧突出部分,沿下分层的整个断面掘进并砌筑矸墙。在不稳定和有裂隙的岩层中为了安全,先掘中间部分的岩石,在矸拱两侧台阶下留有未动用的岩柱,然后轮流用小段掘左侧和右侧的岩柱和砌矸墙,最后砌矸底板。

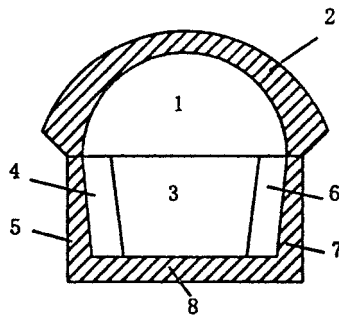


图 7-5-5 分层掘进大断面巷道的施工步骤示意图

- 1—掘上部岩石 2—砌拱 3—掘下部中间岩石；
4—掘下分层左侧岩柱 5—砌下分层左侧矸墙 6—掘下分层右侧岩柱；
7—砌下分层右侧矸墙 8—砌巷道的矸底板

5. 巷道施工沿支撑中心从两侧导硐开始,然后分2~3次在导硐中自下而上建立矸墙,此后再掘上部导硐,将其刷大到巷道的设计尺寸,并砌矸拱,拱是坐落在已砌好的墙上。当矸达到必要的强度后再掘掉中央岩柱。最后砌巷道的底板。

在复杂的矿山地质条件下采用这种方法,因为它能保证砌筑矸工作的连续性和支撑于中心岩柱上的模板和碇胎的最小下沉,并且在掘进中部支撑岩心时非常安全。缺点是工程的费用高,劳动量大。因而只有当其他方法没有条件采用时才能采用此法。

第三节 施工技术与工艺

施工的实践证明 ,大断面巷道大多数是在坚硬岩石中施工 ,基本采用凿岩爆破工艺。

一、爆破与通风

大断面巷道施工时的凿岩爆破工作有其自己的特点。孔深用凿岩设备的工艺可能性来确定 ,并与每班完成的整数循环相适应。炮孔布置和掏槽方式可选用各种形式的 (见图 7-5-6)。巷道采用全断面掘进时应用最普通的掏槽方式为 :垂直楔形、垂直多楔形、相对扇形、楔缝形、带有深孔的棱柱形等。这些掏槽方式也可应用于台阶法的超前工作面 ,在滞后的台阶工作面中有两个自由面 ,炮孔可布置成水平的、或与巷道轴线平行、垂直或倾斜。

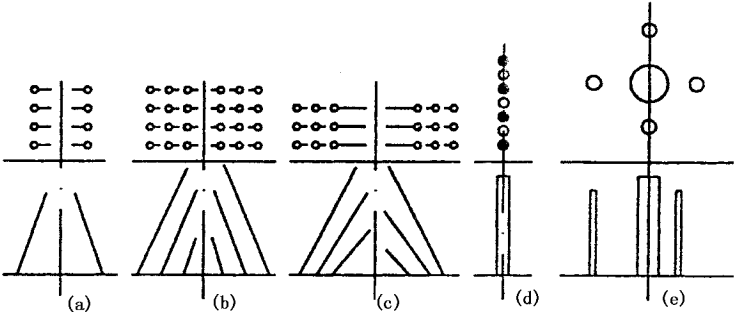


图 7-5-6 大断面巷道掘进时所采用的主要掏槽方式示意图

a—垂直楔形 b—垂直多楔形 c—相对扇形 d—楔缝形 e—棱柱形

一般爆破所产生的岩体破坏常常超过规定的范围而造成超挖 ,实际上其超挖量在垂直巷道为 10% ~ 20% ,在水平巷道为 20% ~ 45%。为了减少巷道边界外岩体的破坏和超挖量 ,应广泛应用光面爆破。

当施工断面不太大和中等大小的巷道时 ,可采用气腿凿岩装置和钻机钻孔 ;当断面大时采用凿岩脚手架、钻架或凿岩台车。

凿岩脚手架和钻架为可完成一系列工作的重型空间结构物 :钻孔、装药、工作面清理、架设临时支架等。图 7-5-7 为印古里水力发电站引水隧道施工中使用的重型凿岩

脚手架。钻架上装有 7 台钻机,钻机带有 CBY-2M 型的钻臂。

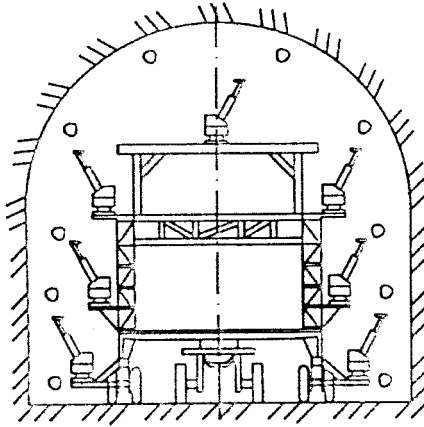


图 7-5-7 印古里水力发电站引水隧道采用的重型凿岩脚手架示意图

选择爆破材料时主要考虑岩石的坚固性和含水量、材料的价格和不同条件下的爆破效果。在隧道施工中主要采用硝铵炸药和低成分的硝化甘油炸药。起爆材料为雷管和瞬发、短暂迟发和迟发雷管,药包起爆用动力和照明线路以及采用电容式放炮器。

巷道在掘进时的工作面是独头的,因而空气污浊,这主要是由于爆破和挖掘机、自卸式汽车、推土机的电动机内部燃烧所产生的气体以及岩石中排出的瓦斯及人们的呼吸产物所造成。为了排除有害气体,在独头工作面要用通风装置供给新鲜空气,最常采用的是压入式通风。因为抽出式容易在风筒终端工作面形成很大的停滞气流带,其中会聚集大量的沼气。

巷道工作面有效通风方式为混合式,即压入式和抽出式风机工作相配合。有害气体很快由工作面排出。此外还降低了由工作面向巷道入口沿巷道流动的有害气体的浓度。

混合式通风能保证良好的通风效果,此时,用两台通风装置,其中一台布置在靠近工作面为压入式,另一台在巷道入口后面为抽出式。由于这种方式较笨重,所以用的很少。

二、装岩与运输

大断面巷道施工时装岩是劳动量大的工序,该工序花费的劳动量占总劳动量的 40%,所用工时占循环时间的 30%~50%。根据通过岩石的坚固性,当巷道断面小于 60m^2 时,采用带攫取工作机构的铲斗式装岩机装岩;当巷道断面大于 60m^2 时,采用正向机械铲型的井下单铲斗挖掘机装岩,铲斗容积 $0.75\sim 2\text{m}^3$ 。表 7-5-1 为前苏联巷道用铲斗挖掘机技术特征。这些挖掘机的结构与地面相似。主要区别是缩短了铲斗臂,减小

了车身后部长度 ,缩短了履带的前尾 ,使机器在地下条件下的工作得以简化。

表 7－5－1 隧道施工用的主要型号挖掘机的技术性能					
挖掘机型号	㊟－7515	㊟II－1	㊟O－5114	㊟－1251	㊟O－7114
铲斗容量 ,m ³	0.75	1	1.2	1.25	2
电机功率 ,kW	84	55	55	80	140
重 量 ,t	20.2	35.6	33.4	76.3	89
隧道最 宽	7	10	巷道断面 55～70m ²	19	18
小尺寸 ,m 高	6	6		10	14

国内常用的轮胎式装载机的主要技术性能见表 7－5－2。

表 7－5－2 轮胎式装载机的主要技术性能								
型 号	Z ₄ J－5 (铰接型)	Z ₄ －35 型	Z ₄ －1.2 型	Z ₄ －1.7 型	Z ₄ －40 型	Z ₄ H－3 (回转式)	QJ－5 型 (铰接型)	KSS85Z
铲 斗：								
容 重 ,m ³	2.7	1.7	0.5	1.0	2.0	1.7	5.0	3.1
载重量 ,kg	5000	3500	1200	1700	3600	3000	10000	5000
卸料高度 ,mm	2845	2520	2950	2480	2800	2868	3650	2875
发动机 型号	6135Q－1	6135K－4	485	CA－10B	6120	6120	12V135AQ	PD6T04
功 率 ,kW	154.5	99.3	40.5	69.9	99.3	117.7	294.4	158.2
行驶速度 ,前进 km/h 后退	0～35 0～14	0～34	0～25	0～16.9 0～19.6	0～35	0～54.8	0～30 0～29.7	0～34 0～14
最大牵引力 ,kg	12000	8800	1400		10500	10500	28800	15300
爬坡角度 (°)	25	30	12		30	17	25	25
回转半径 ,mm	6540	7350	3250	4400	5955	5350	8515	6200
外形尺寸 长	6910	6000	4150	5500	6400	3290	9380	7600
mm 宽	2940	2390	1300	2300	2150	2580	3660	2680
高	2810	2975	2430	2680	3190	3125	3890	3400
重 量 ,t	16600	11000	4200	6260	11500	14720	36000	17750

装岩的最高效率是在挖掘机转 90°时 ,即当自卸汽车在装载时与挖掘机平行。但由于受隧道的宽度所限不是总有机会那样装岩。有时自卸汽车要停在挖掘机后面 ,装岩时挖掘机不是转 90° ,而是转 180° ,这样挖掘机的每次转动时间要加长 ,使挖掘机的装载效率下降。

在爆破后为了培筑矸石堆 ,使用推土机。

根据巷道的断面尺寸、长度和计划的掘进速度 ,爆破后的矸石可用一般矿车或铁路板车、气动行走的自行矿车、装运和装搬机、自翻汽车和胶带输送机。目前在大于 50m^2 的巷道 ,矸石多用自卸汽车运输。

通过实践比较 ,用自卸汽车运输矸石比轨道运输具有更大的灵活性 ,组织工作简单 ,装载效率高 ,简化了装岩堆集的工序。

三、支护

巷道在坚硬完整岩石中施工 ,采用光面爆破 ,对两帮和顶板进行认真清理 ,通常可不进行临时支护。在必须架设的地方 ,近年来广泛采用锚杆做临时支护 ,它可牢固地保护岩石 ,防止岩石剥落。锚杆长度为 $2 \sim 2.5\text{m}$ 。锚杆分排布置。锚杆的排距和排内间距为 $1.2 \sim 1.5\text{m}$ 。当岩石有裂隙和破坏倾向时 ,采用锚杆与金属网 ,以及锚杆与金属拱形支架相结合的支护形式。

根据矿山地质条件 ,建设地区的受震程度和巷道用途等来选择永久支护材料。它们应是防火的 ,对大气和化学作用是坚固的 ,耐久的。适于这些要求的为整体砼和喷射砼 ,整体和装配式钢筋砼。

一般采用砼支护的厚度为 $0.3 \sim 0.8\text{m}$ 。当须采用更厚支护(大于 10% 的巷道宽度)时采用钢筋砼支架。砼和钢筋砼支架可用单行和平行作业施工。采用单行作业的条件是 :巷道的跨度小于 20m ,施工是在坚固稳定岩石中 ,在巷道掘完和进行永久支护前允许实施临时支护。当巷道宽度大于 20m ,施工是在坚固稳定 ,或在不稳定岩石中 ,不允许过久的使用临时支护 ,则采用平行作业 ,此时永久支护工作在距工作面 $75 \sim 100\text{m}$ 处与掘进平行进行。

大断面巷道内的永久支护工作是劳动量很大的工序。为了实现机械化施工 ,应采用专用机组 ,其中包括模板、砼输送设备、转运机和向模板后浇灌砼的装置。

在坚固、完整或裂隙不大的岩石中采用光面爆破 ,可允许巷道不进行支护。

矿井建设经验证明 ,在各种不同的矿山地质条件下 ,技术最先进和最经济的支护方式是喷射砼。它在小断面巷道施工中得到了广泛应用 ,当巷道断面大时施工就相当复杂了。

目前生产中 ,用于机械化喷射砼的设备应是自行式的 ,前苏联采用 MA3 - 500 汽车底座和远距离操纵的机械化喷咀。这种设备可实现砼喷射工作的综合机械化 ,并可保证支护质量与施工安全。其适用的条件 :巷道高度为 $4.5 \sim 12\text{m}$;宽度为从 4m 开始 ,超过

4m 不受限制。设备由 3 人操纵。C - 630A 型和 BM - 68 型机器的生产率相应为 $4\text{m}^3/\text{h}$ 和 $4 \sim 6\text{m}^3/\text{h}$ (干混合料)。

四、机组掘进

大断面巷道施工可采用现有的矿山掘进联合机组。由于机组是为单轨或双轨巷道设计的,所以巷道工作面分带依次施工。

目前,前苏联的专家们正在研制两种型号的掘进机组,TK - 1c 型装有具有选择作用的工作机构,可掘进断面从 18m^2 到 40m^2 的隧道,穿过岩石的坚固性系数小于 8;АФП - 1 型装有钻进型工作机构,在坚固性系数小于 12 的岩石中掘进 $5.3 \sim 5.8\text{m}^2$ 的隧道,可一次或分两次完成。在中等坚固岩石中一次掘出整个断面,而在较坚固的岩石中分两次完成,首先沿整个进尺长度取出等于工作面面积一半的中心部分,而后是这个面积的外面环状部分。在两个掘进机上设计有安装临时支架的位置。

五、实例

(一)印古里水电站引水隧道

前苏联在印古里水电站的建设中,引水隧道的掘进,可作为在全断面上按连结工作面施工大断面巷道的例子。

隧道断面 82m^2 ,通过围岩为层状微裂隙的石灰岩,坚固性系数为 8,采用凿岩爆破工艺。掏槽眼、辅助眼和次周边眼爆破采用 No.1 硬岩硝铵炸药,药卷直径 36mm,周边眼爆破采用 No.6ЖБ 硝铵炸药,药卷直径 32mm。起爆方式为瞬发电雷管和毫秒迟发电雷管电力起爆,钻孔是用安在重型台架(见图 7-5-7)上的 7 台钻机的 CBY - 2M 钻孔机组和 1 台 CBY - 2M 自行式机组。为了保证炮孔的设计深度(4.5m),机组经过改装,加长了导向杆和推进螺杆。

隧道通风用的是两台 BOKД 型通风机,串联方式工作,风筒为 1m 直径的胶皮风筒。矸石用容积为 1m^3 的 П - 1 型铲斗式电铲装入自卸汽车。运输用了 7 台汽车。堆积爆破后的矸石和平整底板采用推土机。临时支架为钢筋砼锚杆与金属网,其网格尺寸为 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。锚杆孔用 ИТ - 45 伸缩式凿岩机在支架下钻凿,孔深 2.2m,直径 $44 \sim 46\text{mm}$ 。锚杆排距 1.0m,排内间距 1.3m。隧道工程是按设计的每昼夜完成一个循环的图表进行的。隧道施工中达到的最高速度为 110m/月。爆破一次巷道进尺为 3.66m,每个工人的劳动生产率为 5.8m^3 ,完成了生产定额的 165%。

(二)京九铁路隧道

我国京九铁路施工中,隧道很多,工期紧,任务中,多采用机械化快速施工。江西煤

矿建设公司承担了该省内的六条隧道,总长 6608m,断面积 $82 \sim 122\text{m}^2$ 。隧道开凿采用新奥法施工,台阶法开挖,多台凿岩机打眼,中深孔光面爆破,乳化炸药,非电起爆,微差爆破,锚喷支护,复合衬砌,激光指向,软岩支护及大铲车装岩、大翻斗汽车排矸等无轨机械化作业线和双大耙斗装岩机、大绞车提升的有轨机械化作业线等技术装备,确保大断面隧道快速施工。平均月进度 $50 \sim 60\text{m}$,最高月进 110.8m 。

有轨和无轨机械化作业线配套设备如下:

	无轨作业线	有轨作业线
打 眼	凿岩台车 1 台	20 台凿岩机
装 岩	CL-50 侧卸装岩机 2 台	0.6m^3 耙斗装岩机 2 台
运 输	20t 自卸汽车 4 辆	翻斗矿车 20 辆
支 护	Ⅳ型喷射机 4 台	Ⅳ型喷射机 4 台
通 风	55KW 通风机 2 台	JBT62 通风机 2 台
测 量	JBZ-1 激光指向仪 2 台	JBZ-1 激光指向仪 2 台

第六章 巷道施工技术的展望

第一节 历史与回顾

我国煤矿建井技术从总体上看,已进入世界先进国家行列。井巷施工中,立井、斜井施工的机械化配套施工工艺和各类特殊凿井技术均达到世界先进水平,具有在国际市场竞争的能力和优势,唯独巷道施工在机械化水平、施工工艺、施工速度上都还明显落后于先进国家,施工效率差距更大。不仅如此,在 60 年代中期“三线”开发宝成、成昆铁路隧道施工中,煤炭战线的京西大队、黑煤大队,曾因成绩突出誉满全线。40 年后,铁道、水利、冶金等部门的岩巷施工机械化配套水平及工艺方面已明显超过煤炭系统,并获得了诸多市场。从事煤矿巷道掘进的人们(包括领导干部与技术人员)在市场经济日益发育的形势下,面临着严峻的挑战。依靠科技进步,开辟岩巷施工的新纪元,是落在当代煤炭科技人员肩上的重任。

巷道施工中,煤巷与半煤岩施工机械化通过与综采的配套和引进设备已趋完善并取得良好效果。而岩石平巷占总工程量比例最大,工期长,工序较多,技术复杂,至今在机械装备和工艺上还存在很多问题,技术发展方向不够明确。

一、煤炭基本建设的平巷施工技术大体上经历了以下三个阶段

第一阶段为自 50 年代初,掘进工作面沿用手把钎的原始操作方式,进度慢、安全差,运输工具一般多是 0.75t 型矿车,人工装车、人工推车或马拉。第一个五年计划期间,学

习苏联,引进了 OM-506 风钻(即国产的 01-03 风钻的原形)和正装后卸式铲斗装岩机,形成了岩石平巷施工的初始配套模式,实现了岩巷掘进的第一次飞跃,施工进度月平均水平提高到 50m 左右。

第二阶段为 60 年代至 70 年代初期,这个时期掘进技术有了新的发展。气腿式风钻研制成功,湿式凿岩得到普遍推广,临时金属支架代替了木支架,实现了一次成巷,运输使用了 2.5t 蓄电池电机车。煤炭部及时总结了岩巷掘进 16 项经验,并组织传播队,在全国推广,组织开展了等级队、突击队等活动,开展竞赛,岩巷月进度有了较大的增长,岩石平巷的月平均成巷进度上升到 60~80m 的水平。

第三阶段为 70 年代后期到现在。首先锚喷支护技术在岩巷得到了较普遍的应用,大大简化了巷道施工工艺。随之,我国开始吸收世界各国的先进装备与技术,发展机械化配套。1978 年煤炭部组织制订发展机械化施工规划,原部基建司于 1979 年初邀请了基建系统的专家,制订了基建施工机械化配套规划,在实施中基本上形成了以下 5 种配套方式。

(1)多台高效气腿式凿岩机、大型耙斗装岩机、平板横移式调车盘(或皮带转载机)电机车调动配套。一般水平达到月进 100m,川煤九处曾创月进 507.7m 新纪录,七台河、阳泉、大同燕子山工程处曾创大断面岩巷月进 306m、310m、360m 的好成绩。

(2)气腿式凿岩机、耙斗装岩机与梭式矿车配套。开滦马家沟矿取得了月进 183.8m 的好成绩。

(3)液压凿岩台车、侧卸式装岩机、皮带转载机(或梭式矿车)电机车调动配套。一般水平可达 120~150m,开滦、徐州工程处曾达月进 252m 和 260.7m 的水平,新汶、兖州、淮北 30 处、一公司 31 处等施工处也都使岩巷年进度稳定在 1200m 以上。

(4)以钻装机、梭式矿车(或其它转载设备)配套。一般进度可达到 120~150m 的水平,阳泉二处在 16.5m^2 断面曾用梭式矿车配套月进尺完成 131m,淮南谢二矿用皮带转载机配套在 18m^2 断面中月进 112m,新汶良庄和湖南资兴分别取得了月进 162.3m 和 123m 的成绩。

(5)全断面掘进机。我国已自制了直径 3.2m 和 5.2m 的两种机型,曾在山西、贵州、江西的平硐施工中应用,取得了一定经验。

与此同时,大能力高效率的立爪式、蟹爪式装岩机也参加了配套行列,新型湿喷、潮潮机组初步取得成功,并投入使用,其它相应的配套产品如巷道照明灯、机组投光灯、远射程的激光指向仪、各种测量和检测控制质量的仪器的发展,爆破器材及锚喷技术的发展,使配套技术日趋完善。

第三阶段的技术发展,虽没有出现创纪录的速度,但施工进度比较稳定,安全情况明显好转,掘进队人数由60年代的150~200人下降到80人左右,综合效率有了较大的提高。但技术发展速度从80年度后期起基本上处于停滞状态,没有明显的发展。除第一种配套形式在普遍使用外,其余各类配套形式,由于多种因素,应用不够完善和稳定。

二、对我国岩巷掘进40年来发展历史的认识

(1)每一次岩巷施工水平(速度、效率)的提高,每一个新阶段的出现,都是依靠新的科技进步成果的转化来实现的。经验证明,用拼体力去创造快速高产不能持之以恒,只有解放施工人员的笨重体力劳动才是出路。应该重视的是我们的每个阶段周期太长,一般都在10多年。80年代中期以后,岩巷施工技术长期处于停滞状态,与其它科技的发展拉大了距离;

(2)岩巷施工水平的提高离不开科学管理水平的提高。60年代的等级队、突击队管理和70年代后期到80年代初的等级队管理,是计划经济体制下调动掘进队积极性的一种有效方法,也把全面质量管理、技术管理、设备管理、投资管理和成本管理等方面的许多先进方法引入到岩巷施工中,优化的施工组织也是平巷施工水平提高的主要环节;

(3)岩巷施工水平的提高离不开资金的投入。每一项新技术、新装备的科研及其转化,必须要有资金的投入;“巧媳妇难为无米之炊”,历史上的三次发展都是通过国家作了大量投入而取得的。

第二节 发展与展望

发展岩巷掘进的出路在于依靠科技进步和科研成果的转化。科研单位和施工企业要想通过岩巷施工取得好效益,有新的发展,并走向国内国际市场,就要从科研入手,提高施工的机械化水平,完善配套项目,再跨新台阶。在改革开放的今天,为了适应市场经济的需要,立于不败之地,政府应加强引导和支持,科研、施工单位应结合本企业的具体情况联合组织机械化施工配套、攻关,创造出具有本企业特点的“工法”,不断提高自己的竞争能力。

岩巷施工工艺、技术及装备的发展方向:

(1)以多台风腿式凿岩机、大型耙斗装岩机为主的配套方式,由于它灵活,便于组织,

而且设备成本低,仍然会是我国中小断面施工的主要配套方式。关键在于提高工作面的安全性和可行性,研究解决工作面临时支护方式或安全、简捷、快速的锚杆打眼机。

(2)以全液压钻车和侧卸式装岩机及梭车的配套方式,应为中等断面以上巷道发展的主要方式而大面积推广。

(3)大力推广应用液压凿岩机。70年代以后我国开始研制凿岩台车和钻装车,同时研制了液压凿岩机。但由于机械尚不完善和条件所限,在煤矿巷道中还未能推广应用,致使煤炭系统巷道施工中凿岩速度很低。液压凿岩机在凿岩速度、降低噪音和减少环境污染等多方面的优越性使它成为发展应用的机种。在国外,液压凿岩机的应用已相当普遍,凿岩速度大幅提高,如图7-6-1所示。

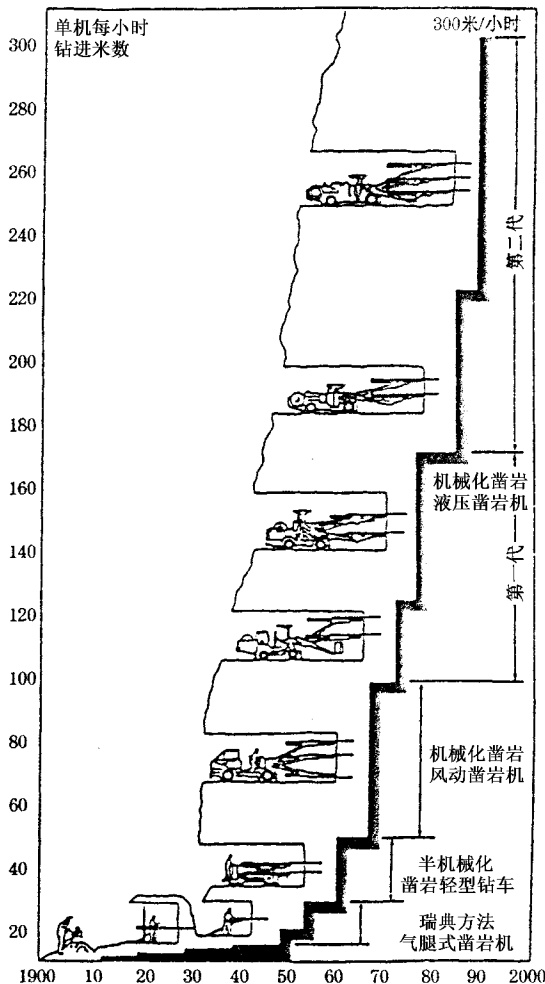


图 7-6-1 凿岩速度发展进程示意图

(4)先在单轨巷中发展使用钻装机,后配套方式可采用梭车或皮带转载机,也可研制高强度的工作面落地重型刮板运输转载机。这一配套方式能推广的关键在于设备的质量好、耐用性强。这种方式也利于煤炭施工队伍向其它行业市场发展,效率也比第一种配套方式高。

(5)在巷道较长、岩石条件适宜的条件下,发展全断面掘进机,研究使用平巷砌筑滑动模板。

(6)今后的配套方式应分速度型、效率型两类。对矿井关键线路的工程应选用速度型,而在非关键线路上的工程则应选用效率型,如钻装机等。

(7)研究深孔光面爆破技术及组织断裂。爆破技术的推广应用。在研究新型炸药,长脚线多段秒延期电雷管。加强掘进爆破参数计算机辅助设计(CAD)的应用推广。

(8)我国砼喷射机具目前转子型仍占主导地位,全应向小型化、多功能化、高效方向发展,高强度新型工程塑料将逐步运用于喷射机中。大断面巷道中多功能喷射机组将得到推广应用,现行的喷射机组和后配套装置应进一步小型化并减轻重量。钢纤维砼特别适用于软岩巷道,研制潮式钢纤维砼喷射机组有十分重要的意义。湿法喷射砼是发展方向,其关键是完善机具。应加强对原来湿喷机进行小型化、轻型化改造,并开发与湿喷工艺相配套的液体速凝剂及其它外加剂,争取逐步推广应用湿式喷射砼支护新工艺。

(9)进一步研究解决软岩支护及深部地压给巷道支护带来的新课题,加强对岩石位移测量与研究,提高支护的可靠性,研究新型材料应用于井巷支护的可能性。

(10)开拓与发展计算机在岩巷施工中的应用,做到计算机优化施工方案,设备选型与配套、施工进度跟踪与调整等软件的开发与应用。

一个新的技术提高的到来,来源于一个新的任务需要。50年代的第一个五年建设高潮、60年代调整后的恢复与三线建设、70年代八大煤炭基地的建设带来了三次岩巷施工技术的发展,新的一个阶段发展,将有待于第四次机遇。此外政府的引导和经济上的支持(指贷款方面的支持)都是不可缺少的。新的机遇一定会来到,广大科技人员应该抓住机遇来临前的短暂时机,掌握住国内外科技发展的最新动态,作好必要的技术储备,迎接岩巷施工技术发展新阶段的到来。