



黄福昌 倪兴华 李 政 主编

# 兖州矿区综机装备 配套技术及应用



煤炭工业出版社

# 兖州矿区综机装备配套 技术及应用

黄福昌 倪兴华 李 政 主编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

兖州矿区综机装备配套技术及应用/黄福昌, 倪兴华, 李政主编. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2011  
ISBN 978-7-5020-3886-1

I. ①兖… II. ①黄… ②倪… ③李… III. ①采煤  
综合机组—研究 IV. ①TD421.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 129009 号

煤炭工业出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
网址: [www.cciph.com.cn](http://www.cciph.com.cn)  
煤炭工业出版社印刷厂 印刷  
新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 24<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 插页 1  
字数 586 千字 印数 1—1 200  
2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷  
社内编号 6696 定价 68.00 元

**版权所有 违者必究**

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

## 内 容 提 要

本书全面系统地分析了兖矿集团综机装备配套技术与经验,归纳出综机装备配套影响因素,形成了综机装备优化配套理论。内容主要包括综采工作面成套设备总体配套技术、综采工作面“三机”设备选型、兖矿综机装备典型配套、兖矿综掘设备、国内外综机装备现状与发展趋势等部分。

本书可供从事综采综掘生产的工程技术人员和管理干部使用,也可作为煤矿大专院校的参考教材。

## 编 委 会 名 单

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 编   | 黄福昌 | 倪兴华 | 李 政 |     |     |
| 副 主 编 | 张崇宏 | 刘 壮 | 曾庆良 | 蒲宝山 |     |
| 编写人员  | 张 纯 | 马晓东 | 刘传军 | 谢 波 | 苗丽华 |
|       | 陈立民 | 秦 建 | 靳丰田 | 朱英明 | 张 涌 |
|       | 骆念海 | 许 义 | 左金忠 | 万丽荣 | 刘志海 |
|       | 张 鑫 | 曹连民 | 王西韦 | 王成龙 | 王 亮 |
|       | 李峻光 | 张 龙 | 朱 申 | 张 昕 | 翟爱萍 |
|       | 闫谢波 | 刘益亭 | 白 娟 | 闫 跃 |     |
| 主 审   | 马晓东 | 谢 波 | 苗丽华 |     |     |

# 前言

综采（放）生产生产工艺以高产高效、安全高效为特征。综采工作面成套设备是高产高效矿井建设的核心，工作面参数的合理性、成套装备的可靠性及合理优化配套是实现矿井高产高效开采的关键因素。搞好综采（放）工作面设备的选型，搞好工作面设备优化配套，使之适应采掘工作面的地质条件和开采工艺，使设备的能力得到充分的发挥，可以最大限度地实现高产高效与安全高效。

本书收集整理了近 20 年来兖州矿区应用过的成熟和典型成套设备资料，通过对兖矿集团薄煤层、较薄煤层、中厚煤层、厚煤层、松软煤层、含硫化铁硬结核体煤层等地质条件下综机装备的配套特点、三机配套关系、设备主要技术参数、使用过程、经济社会效益、工作面生产能力和矿井生产能力要求等的分析，采用量化指标和统计图表等数学模型进行应用效果评价，从理论上分析出综机装备配套的关键影响因素，归纳提炼出影响综机装备配套的要素，形成综机装备优化配套理论。对兖州矿区各种地质条件下典型综机装备配套进行总结与后评价分析，从中总结出兖州矿区综机装备配套的成功点、薄弱点和不足之处，结合国内外综机装备的发展趋势，为今后的设备配套提供技术上的经验与理论指导。

全书的编写工作从 2008 年 3 月开始，在 2 年多的时间里，参加编写的同志通过认真的调查研究，较全面地汇集了有关经验、数据和资料，内容丰富，技术先进，既有深度又有广度。这项工作既是对过去的总结，同时也将对兖矿集团综采（放）生产技术的管理和进一步发展起到重要的作用。

本书可供兖矿集团从事综采综掘生产的工程技术人员和管理干部参阅，从而加深了解典型综机配套装备的基本结构、基本原理、基本参数、基本适用条件。一方面可以服务矿区本部的设备选型配套工作；另一方面作为培训教材和技术参考资料，可以为对外开发的矿井先期的设备配套提供参考，使国内的煤炭机械制造业借此进一步熟悉矿井生产和使用设备的现状，为他们的设计和生 产提供参考依据，在一定程度上提高煤炭机械制造的质量水平。同时，本书还可作为煤矿大专院校的参考教材。

本书在编写过程中，参考和摘录了有关综采生产管理方面的书刊、论文和文件等资料，特此向其编者表示衷心感谢。

由于成书时间跨度大，涉及范围广，加之编者水平所限，书中错误之处在所难免，恳请广大读者予以批评指正，以期在将来的系列出版中予以更正。

编者

2011年2月



# 目次

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 1 综采工作面成套设备总体配套技术 .....                     | 1   |
| 1.1 综采设备总体配套目的 .....                        | 1   |
| 1.2 综采设备总体配套内容 .....                        | 1   |
| 1.3 综采设备选型配套影响因素 .....                      | 6   |
| 1.4 综采设备选型与配套原则 .....                       | 10  |
| 2 综采工作面“三机”设备选型 .....                       | 14  |
| 2.1 概述 .....                                | 14  |
| 2.2 液压支架选型 .....                            | 16  |
| 2.3 采煤机选型 .....                             | 38  |
| 2.4 刮板输送机选型 .....                           | 50  |
| 2.5 辅助运煤系统选型 .....                          | 56  |
| 2.6 供电设备选型 .....                            | 65  |
| 2.7 泵站设备选型 .....                            | 68  |
| 2.8 通信、信号、控制系统选型 .....                      | 71  |
| 3 兖州矿区概述 .....                              | 72  |
| 3.1 矿区概况 .....                              | 72  |
| 3.2 煤田地质条件 .....                            | 72  |
| 4 兖矿综机装备典型配套 .....                          | 82  |
| 4.1 兖矿第一代综放成套装备(年产 2 Mt) .....              | 82  |
| 4.2 兖矿第二代综放成套装备(年产 3 Mt) .....              | 88  |
| 4.3 “九五”攻关成套装备 .....                        | 101 |
| 4.4 “十五”攻关成套装备(年产 6 Mt 电液控制综放工作面成套设备) ..... | 122 |
| 4.5 东滩煤矿 6 Mt 综放工作面装备配套 .....               | 148 |
| 4.6 4 m 大采高综放工作面成套设备 .....                  | 170 |
| 4.7 25°倾角松软煤层成套设备 .....                     | 191 |
| 4.8 短壁轻放工作面配套设备 .....                       | 209 |
| 4.9 3.5 m 煤层一次采全高高产高效综采成套设备 .....           | 223 |
| 4.10 1.5~2.5 m 煤层高产高效工作面成套设备 .....          | 232 |
| 4.11 较薄煤层自动化开采成套装备 .....                    | 247 |



|      |                             |     |
|------|-----------------------------|-----|
| 4.12 | 1 m 以下含坚硬夹矸薄煤层综采成套装备 .....  | 264 |
| 4.13 | 综放工作面端头及工作面巷道超前支护成套装备 ..... | 279 |
| 5    | 充矿综掘设备 .....                | 297 |
| 5.1  | S100 型掘进机 .....             | 297 |
| 5.2  | EBZ150(S150J) 型掘进机 .....    | 302 |
| 5.3  | EBZ132TY 型掘进机 .....         | 309 |
| 5.4  | ABM20S 型掘锚一体化机组 .....       | 315 |
| 5.5  | EBZ220 型掘进机 .....           | 323 |
| 5.6  | EBZ160 型掘进机 .....           | 332 |
| 6    | 国内外综机装备现状与发展趋势 .....        | 341 |
| 6.1  | 综采工作面装备现状与发展趋势 .....        | 341 |
| 6.2  | 综放工作面综机装备现状与发展趋势 .....      | 344 |
| 6.3  | 掘进机械发展趋势 .....              | 347 |
| 附录 A | 煤矿科技术语 .....                | 348 |
| 附录 B | 常用单位换算表 .....               | 364 |
| 参考文献 | .....                       | 385 |

# 1 综采工作面成套设备总体配套技术

## 1.1 综采设备总体配套目的

综采设备总体配套是综采工作面单机设计、采区设计和采煤工艺设计的依据,是实现工作面综合机械化生产的一个重要环节,是实现综采工作面安全生产和高产高效的关键。因此要实现综采工作面的安全高效生产,就必须解决配套设备各单机间的能力匹配和空间几何关系配套,使成套设备的性能与采煤工艺和工作面条件相适应。

综采设备只有结合综采工作面的实际情况,选择那些技术性能可靠、参数合理、经济合理的设备进行配套,使综采设备配套工作在采煤、支护和运输等环节得到最佳匹配效果,才能实现工作面的最大生产能力和安全生产。特别是要把工作面“三机”——采煤机、刮板输送机和液压支架配套搞好,否则综采生产将无法进行,勉强生产也不能获得好的效果。

总之,综采设备总体配套的目的是使工作面设备适合特定的煤层地质条件,在采煤、支护和运输等环节之间保证有最佳匹配效果,满足工作面开采生产能力要求,提高工作面的开机率,最大限度地发挥成套装备与技术的综合效能,实现工作面的安全生产和高产高效。目前随着我国综采设备数量和机型增多,综采工作面设备总体配套显得尤为重要,“三机”配套工作做得越扎实,设备配套优化越完善,设备性能就会发挥得越充分,综采生产效率就越高,对安全高效生产的保障就越有利。

## 1.2 综采设备总体配套内容

### 1.2.1 综采工作面“三机”几何关系配套

综采设备间相互联接尺寸与空间位置关系的配套主要包括:

- (1) 输送机与支架的相互关联尺寸,如推移机构与输送机间的联接销轴、销孔大小、联接头的制备等。
  - (2) 输送机与平巷转载机的相对位置尺寸。
  - (3) 输送机与过渡支架的相对位置。
  - (4) 输送机与支架顶梁或前探梁的相对位置及空间尺寸。
  - (5) 支架顶梁的梁端距。
  - (6) 过渡支架与端头支架的相对位置及端头支架与转载机的相对位置。
  - (7) 端头支架与平巷中其他辅助设备的相对位置。
  - (8) 防倒防滑装置与支架、输送机的联接尺寸及相对位置。
  - (9) 采煤机与输送机及支架间的相对静止或运动位置关系。
  - (10) 采煤机牵引方式与输送机配套关系。
- 以上相互位置关系必须考虑周全,否则将影响工作的高效进行。在此,主要针对

“三机”配套所涉及的主要几何位置关系进行阐述。

采煤机、刮板输送机和液压支架间的配套尺寸关系如图 1-1 所示。

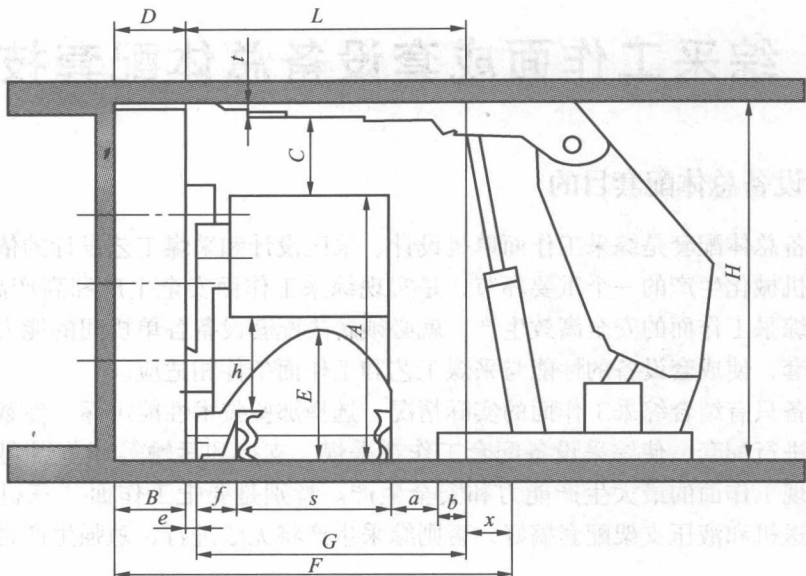


图 1-1 综采设备配套尺寸关系

从安全角度出发，支架前柱到煤壁的空立柱空间宽度  $F$  应愈小愈好，其计算式为

$$F = B + e + G + x \quad (1-1)$$

$$G = f + s + a + b \quad (1-2)$$

- 式中  $B$ ——截深，即采煤机滚筒的宽度；  
 $e$ ——煤壁与铲煤板之间的空隙距离，为了防止采煤机在输送机弯曲段工作时滚筒切割铲煤板，此空隙距离  $e = 100 \sim 200 \text{ mm}$ ；  
 $x$ ——立柱斜置产生的水平增距，可按立柱最大高度的投影计算；  
 $G$ ——输送机宽度；  
 $f$ ——铲煤板的宽度，一般为  $150 \sim 240 \text{ mm}$ ；  
 $s$ ——输送机中部槽的宽度，由输送机型号确定；  
 $a$ ——电缆槽和导向槽的宽度，通常为  $360 \text{ mm}$ ；  
 $b$ ——前柱与电缆槽之间的距离，为了避免输送机倾斜时而挤坏电缆，以及保证司机操作时的安全，此距离应大于  $200 \sim 400 \text{ mm}$ 。

由于底板截割不平，输送机产生偏斜，为了避免采煤机滚筒截割到顶梁，支架梁端与煤壁应留有无支护的间隙  $D$ ，此处间隙为  $200 \sim 400 \text{ mm}$ ，煤层薄时取小值，厚时取大值。

从前柱到梁端的长度  $L$  应为

$$L = F - B - D - x \quad (1-3)$$

根据上述尺寸配套计算，对长梁结构支架的最小长度为  $2 \text{ m}$  左右。

在空间高度上，支架最小高度  $H$  可表示为

$$H = A + C + t \quad (1-4)$$

式中  $t$ ——支架顶梁厚度;

$A$ ——采煤机机身高度、输送机高度和采煤机底托架高度  $h$  (自输送机中部计算起) 之和, 但底托架高度要保证过煤高度  $E > 250 \sim 300 \text{ mm}$ ;

$C$ ——采煤机机身上部的空间高度, 此空间高度一是为了便于司机观察和操作, 二是为了留有顶板下沉量, 以便采煤机能顺利通过。

### 1.2.2 综采工作面“三机”性能配套

“三机”性能配套主要解决各设备性能间互相协调与制约的问题, 从而充分发挥设备性能, 以满足生产的需要, 如采煤机底托架与输送机槽的匹配效果, 采煤机摇臂与输送机头尾的匹配与自开切口斜切进刀的需要, 输送机挡煤板与支架推移千斤顶的联接方式, 以及液压支架的移架速度与采煤机牵引速度匹配等。

另外, 性能配套中还要特别注意各种配套设备技术指标中的电源电压、液压系统压力等应在设备配套时尽量统一, 以减少送往工作面的水管及电缆等管线品种、规格, 使其便于布置、使用、维修和管理。

### 1.2.3 综采工作面“三机”生产能力配套

同一种系统中配套设备间都存在一定的生产能力关系, 认真搞好配套设备间的能力配套是很重要的环节。工作面生产能力取决于采煤机的破煤能力, 而工作面输送机、液压支架和其他设备的生产能力都要大于采煤机的生产能力, 通常按富余 20% 考虑。就综放工作面“三机”而言, 要保证采煤工作面高产, 工作面刮板输送机的生产能力应大于采煤机的平均破煤能力; 就综放工作面而言, 前、后刮板输送机能力应随采放比的不同而合理匹配, 液压支架的移架速度大于采煤机的工作速度。

综采工作面的生产能力, 可按下列程序计算。

#### 1. 核算工作面所需的小时生产能力

根据目前国内生产水平, 一般按年产 1 Mt 来确定生产能力是比较适应的。据此计算出全年 300 个工作日的日生产能力, 即 3333 t/d, 工作面需要的小时生产能力的计算式为

$$Q_h = \frac{Q_d k}{(N - M) t s} \quad (1-5)$$

式中  $Q_h$ ——工作面小时生产能力, t/h;

$Q_d$ ——工作面日生产能力, t/d;

$k$ ——生产不均衡系数, 取 1.1 ~ 1.25;

$N$ ——日作业班数;

$M$ ——每日的检修班数;

$t$ ——每班工作时数;

$s$ ——时间利用系数, 目前一般为 0.2 ~ 0.3。

#### 2. 核算采煤机可实现的生产能力

采煤机可实现的生产能力的计算式为

$$Q_s = 60 V_1 H B \gamma \quad (1-6)$$

式中  $Q_s$ ——采煤机可实现的生产能力, t/h;

$V_1$ ——牵引速度, m/min;

$H$ ——平均采高, m;

$B$ ——截深, m;

$\gamma$ ——煤的视密度,  $\text{t/m}^3$ , 一般取  $1.446 \text{ t/m}^3$ 。

### 3. 核算工作面刮板输送机可实现的生产能力

工作面刮板输送机可实现的生产能力的计算式为

$$Q_c = 3600 F \psi \gamma V_2 \quad (1-7)$$

式中  $Q_c$ ——刮板输送机可实现的生产能力,  $\text{t/h}$ ;

$F$ ——中部槽货载截面积,  $\text{m}^2$ ;

$\psi$ ——装载系数, 一般为  $0.65 \sim 0.90$ ;

$\gamma$ ——煤的装载散密度,  $\text{t/m}^3$ ;

$V_2$ ——刮板输送机链速,  $\text{m/s}$ 。

### 4. 前部刮板输送机输送能力 $Q_g$ 与采煤机平均破煤能力 $Q_{lm}$ 的匹配

采煤机以平均速度  $V_j$  割煤时的平均破煤能力  $Q_{lm}$  为

$$Q_{lm} = 60 B H_l V_j \gamma C_1 \quad (1-8)$$

式中  $Q_{lm}$ ——采煤机平均破煤能力,  $\text{t/h}$ ;

$B$ ——采煤机截深, m;

$H_l$ ——采高, m;

$\gamma$ ——煤体视密度,  $\text{t/m}^3$ ;

$C_1$ ——采煤机割煤采出率。

工作面前部刮板输送机的输送能力  $Q_g$  应满足:

$$Q_g \geq K'_y K_v K'_c Q_{lm} \quad (1-9)$$

$$K_v = \frac{v}{v - V_j} \quad (1-10)$$

$$K'_c = 1 + \frac{U_a \sigma_c}{V_j} \quad (1-11)$$

式中  $Q_g$ ——前部刮板输送机的输送能力,  $\text{t/h}$ ;

$K'_y$ ——考虑运输方向及倾角的系数;

$K_v$ ——考虑采煤机与刮板输送机同向运行时的修正系数;

$v$ ——刮板输送机的链速,  $\text{m/s}$ ;

$K'_c$ ——采煤机割煤速度不均匀性系数;

$\sigma_c$ ——割煤速度标准差,  $\text{m/min}$ ;

$U_a$ ——标准正态分布关于  $a$  的上侧分位数。

### 5. 前、后部刮板输送机输送能力的匹配

采煤机平均循环割煤时间  $t_{cp}$  为

$$t_{cp} = \frac{L_s + 2L' + L_m}{V_j} + 3t_d + t' \quad (1-12)$$

式中  $t_{cp}$ ——采煤机平均循环割煤时间, min;

$L_s$ ——工作面长度, m;

$L'$ ——刮板输送机弯曲段长度, m;

$L_m$ ——采煤机两滚筒中心距, m;

$t_d$ ——采煤机返向时间, min;

$t'$ ——工作面端头作业影响时间, min。

要保证采放平行作业, 则应满足:

$$t_f = t_{cp} \quad (1-13)$$

式中  $t_f$ ——工作面平均循环放煤时间, min。

因此, 工作面平均放煤速度  $v_f$  为

$$v_f = \frac{L_f}{[(L_s + 2L' + L_m)/V_j] + 3t_d + t'} \quad (1-14)$$

式中  $L_f$ ——放顶煤区段长度, m。

与采煤机割煤能力配套的工作面平均放煤能力  $Q_f$  为

$$Q_f = 60H_f B \rho C_2 (1 + C_g) v_f \quad (1-15)$$

式中  $H_f$ ——顶煤厚度, m;

$C_2$ ——顶煤采出率;

$C_g$ ——放出顶煤的含矸率。

选择工作面后部刮板输送机的能力  $Q'_g$  应满足:

$$Q'_g \geq K_f K'_y Q_f \quad (1-16)$$

式中  $K_f$ ——工作面放煤流量不均匀系数。

由式 (1-8)、式 (1-14) 和式 (1-15) 可得前、后部刮板输送机的能力之比  $A_{mf}$  为

$$A_{mf} = \frac{Q_{lm}}{Q_f} = \frac{H_f C_1 [L_s + 2L' + L_m + (3t_d + t') V_j]}{H_f C_2 (1 + C_g) L_f} = K_{cf} K'_j \quad (1-17)$$

$$K_{cf} = \frac{H_f}{H_t}$$

式中  $K_{cf}$ ——综放工作面采放高度比;

$K'_j$ ——落煤与放煤能力系数, 根据观测资料统计计算, 一般取 1.3 ~ 1.4。

由式 (1-17) 可知, 影响综放工作面前、后部刮板输送机输送能力之比的主要因素是采放高度比  $K_{cf}$ 。前、后部刮板输送机输送能力之比  $A_{mf}$  对不同煤层厚度及采放高度比的取值见表 1-1。

表 1-1 前、后部刮板输送机输送能力匹配关系

| 煤层厚度/m   | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 采高/m     | 2.8    | 3.0    | 3.2    | 3.3    | 3.5    |
| $K_{cf}$ | 1:1.14 | 1:1.33 | 1:1.55 | 1:1.73 | 1:1.86 |
| $A_{mf}$ | 1:0.8  | 1:1    | 1:1.2  | 1:1.3  | 1:1.4  |

#### 1.2.4 综采工作面“三机”寿命配套

由于综采工作面配套设备是一个复杂的工作系统, 在生产条件下每种设备都必须正常运转, 才能充分发挥设备的效能。我们说的寿命配套是针对各种设备必要的大修周期而言, 也就是说各种综采设备的大修周期从理论上讲应当相同, 但实际上只能要求它们相接近。否则在工作面生产过程中交替的更换设备进行大修, 或者是设备“带病”运转, 将对工作面的正常生产和设备造成极大的影响或损坏。



一般,对液压支架通常以使用时间来衡量,对采煤机常用连续截煤长度来衡量,而对刮板输送机则常用过煤量来衡量,这样没有一个统一的标准来衡量不同设备的大修周期,也就无法对设备提出寿命配套的要求。因此,应根据我国目前设备设计制造水平和采煤工作面生产水平,综合考虑综采“三机”设备寿命配套(即设备大修周期)。在配套过程中,发现某种设备不能满足生产所需要的寿命时,应找出问题和解决的措施,以求实现寿命上的配套要求。有关设备的使用寿命问题涉及许多现代化设计方法,大量实测数据的分析,以及设备或机组的可靠性研究等问题,同时应将信息科学、计算机技术和控制理论应用于综采设备,实行对其工作状态的监测、故障诊断和预报、运行参数的控制,才能有效地提高综采设备的可靠性,以保证工作面持续稳定高产。

### 1.3 综采设备选型配套影响因素

煤层地质条件对综采设备选型及生产能力有很大影响。因此,在选择综采成套设备之前,必须了解具体煤层地质条件对设备选型的影响。煤层地质条件包括煤层厚度、煤层倾角、煤层顶底板岩性、煤层埋藏范围及深度、煤层数目、层间距离、煤层构造、煤层硬度、含水量、含瓦斯量、煤层自燃倾向、煤尘爆炸危险等。

一般说来,煤层硬度、煤层厚度、煤层倾角等对采煤机械选型和参数确定有影响;煤层厚度、煤层倾角对工作面输送设备结构和参数有影响;煤层厚度、煤层倾角、硬度及围岩性质等对支架选型、支护强度确定、结构参数和型式选择等都有影响。

#### 1.3.1 煤层厚度对综采设备选型及生产能力的影响

煤层厚度主要影响下列参数选择:采煤机械工作机构的最小结构高度、调高范围及装机功率;采煤机身高度及过机空间,对于薄煤层还影响过煤空间高度;支架的结构高度、伸缩比和支护强度。

在薄煤层中,由于受煤层薄、人员活动空间小等限制,实现采煤机械化比较困难,特别是在小于0.8m的薄煤层中。通常,采高大于0.8~1.0m时,采煤机可选用骑槽方式;采高在0.6~0.8m时,采煤机必须选用爬底板方式,或者用刨煤机。刨煤机结构简单、操作方便,是薄煤层采煤机械化中常用的一种采煤机械。

薄煤层液压支架常采用支撑式或支撑掩护式,但由于薄煤层顶板的水平推力及挡矸问题已不突出,支架矮,可伸缩量相应减少,可采用双伸缩立柱来解决。顶梁及底座应尽可能减少高度,以利于采煤机及人员活动。

中厚煤层是综采机械化开采的最有利条件,我国生产的综采成套设备可以满足该厚度煤层的要求。当煤层厚度大于2.5m、顶板有侧向推力或水平推力时,应选用抗扭能力强的液压支架。煤层有片帮显现,特别是煤层厚度大于3.5m、大采高工作面的支架应装有防片帮装置。煤层厚度变化大时,应选择调高范围较大的采煤机和支架。对于厚度大于4.5m的厚煤层,在采放比大于1的情况下,其他条件具备时也可试用放顶煤开采。

支架支护强度与煤层厚度有关,一般说来,煤层厚度越大,支架支护强度越高,见表1-2。为了提高支架的可靠性,当前国内外生产的液压支架的支护强度都高于表1-2中所列数据。

依我国矿压观测资料,用同一煤层不同采高综采工作面实测数据进行类比,可用式(1-18)求得支架工作阻力。



表 1-2 煤层厚度与支架支护强度的关系

| 国 别 | 项 目  | 单 位 | 煤层厚度与支护强度的关系 |     |         |     |      |
|-----|------|-----|--------------|-----|---------|-----|------|
| 德国  | 采高   | m   | 1            | 2   | 3       | 4   | 5    |
|     | 支护强度 | kPa | 120          | 240 | 360     | 480 | 540  |
| 日本  | 采高   | m   | 1            |     | 2       |     | 3    |
|     | 支护强度 | kPa | 115          |     | 239     |     | 345  |
| 英国  | 采高   | m   | <0.9         |     | 0.9~2.0 |     | >2.0 |
|     | 支护强度 | kPa | <140         |     | <260    |     | >340 |
| 独联体 | 采高   | m   | <1           |     | 1~2     |     | >2   |
|     | 支护强度 | kPa | <200         |     | <300    |     | >400 |

$$P_b = P_a + (M_b - M_a)P_v \quad (1-18)$$

式中  $P_b$ ——欲求采高支架工作阻力, kN/架;

$P_a$ ——已知采高支架工作阻力, kN/架;

$M_b$ ——欲求支架工作阻力工作面采高, m;

$M_a$ ——已知支架工作阻力工作面采高, m;

$P_v$ ——每米采高支架工作阻力变化值, kN/m。

### 1.3.2 煤层倾角对综采设备选型及生产能力的影响

随着煤层倾角增大, 用于工作面运煤的能耗在减少, 但支架、输送机及采煤机的防滑、防倒问题在突出, 综采生产能力受到限制。

如前所述, 煤层倾角直接影响支架的稳定性。煤层倾角增大, 支架倾倒、下滑, 输送机下滑均会发生, 必须采取防倒、防滑措施。它给液压支架制造和回采工艺、安全生产等方面都带来了麻烦。煤层倾角大, 且使用普通液压支架进行回采时, 如对支架不进行改进或不采取必要措施, 回采是十分困难的。

对综采最有利的煤层倾角为  $0^\circ \sim 12^\circ$ 。这时可不考虑设备自重影响。现有采煤机械化设备都可以成功地在此条件下沿走向或沿倾斜方向工作。

在干燥条件下, 金属对金属的摩擦因数为  $0.23 \sim 0.3$ , 其相应的摩擦角为  $13^\circ \sim 17^\circ$ ; 金属对底板的摩擦因数为  $0.35 \sim 0.4$ , 其相应的摩擦角为  $18^\circ \sim 20^\circ$ 。因此, 煤层倾角大于  $12^\circ$  时, 采煤机要装防滑装置, 而支架及输送机在煤层倾角小于  $16^\circ$  时是不会下滑的。但在潮湿条件下, 摩擦因数会降低, 煤层倾角大于  $8^\circ$  时, 采煤机要有防滑装置; 煤层倾角大于  $12^\circ$  时, 支架及输送机也要有防滑装置; 煤层倾角大于  $16^\circ$  时, 支架应同时有防倒、防滑及调架装置。

由于煤对钢板的摩擦因数为  $0.3 \sim 0.5$ , 因此在煤层倾角为  $36^\circ \sim 40^\circ$  时, 煤可沿钢槽下滑运输。煤对底板的摩擦因数为  $0.7 \sim 0.8$ , 故煤层倾角大于  $40^\circ$  时, 煤可沿底板进行重力运输, 而不必采用工作面输送设备。

在倾斜煤层中实行综采, 机组下滑力很大, 除用端头支架加强对输送机机头、机尾的锚固外, 对液压支架还需设置必要的调架千斤顶, 防滑、防倒装置, 用以增加支架的稳定性。

在急倾斜煤层中, 煤或岩石能沿底板自溜, 开采后不仅煤层顶板会垮落, 而且底板也

会滑移、垮落，从而增加了工作的复杂程度。采煤机割煤时，采煤机呈吊挂状，需有可靠的安全绞车；采煤机牵引导向和支架支护的可靠性均要有确实的保证。因此，开采急倾斜煤层时综采工作面常沿走向或沿伪斜方向布置，以减小工作面的坡度，以利于增加设备工作的安全性，提高设备生产能力，提高工作面生产效率。

1.3.3 煤层硬度对综采设备选型及生产能力的影响

煤层硬度是影响采煤机械功率的主要因素，也是选择采煤机械工作机构型式的主要依据。对于截割阻抗系数  $A \leq 1.8 \text{ kN/cm}$  的软和中硬脆性煤适用刨煤机开采；对于截割阻抗系数  $A = 1.8 \sim 2.4 \text{ kN/cm}$  的中硬煤，最有效的机器是采煤机或大功率刨煤机；对于截割阻抗系数  $A > 2.4 \sim 3.6 \text{ kN/cm}$  的中硬煤、硬煤及黏性煤，宜采用大功率采煤机。

煤的强度、脆性及裂隙节理发育程度对顺利实现放顶煤综采是十分重要的。煤质中硬以下（即  $f < 2$ ）最好。移架后顶煤能及时垮落的煤层，选用双输送机开天窗放顶煤支架实现中位放煤，效果良好；移架后顶煤块度较大的煤层，选用双输送机插板式放顶煤支架实现低位放煤，效果良好；松软煤层选用单输送机开天窗放顶煤支架实现高位放煤，效果良好。相反，在松软煤层中选用双输送机开天窗放顶煤支架效果不佳；在硬度较大的煤层中选用双输送机开天窗放顶煤支架效果不好。

1.3.4 顶板稳定性对综采设备选型及生产能力的影响

顶板稳定性对采煤机械选择关系很大，刨煤机适用于允许暴露时间为  $2 \sim 3 \text{ h}$  以上，允许暴露宽度为  $0.6 \text{ m}$  以上的中等稳定顶板且煤不粘顶的条件。同样，在选用采煤机时，若顶板不稳定，则宜采用机身长度较小、输送机宽度较窄的浅截深机组，以减少无立柱空间宽度及采煤机顶部悬顶面积。

顶板稳定性决定着所选支架的支护强度及架型，或者说支架选型是否合理取决于支架与围岩相互作用关系，并直接影响着综采工作面的经济效益。实测表明，不同类级顶板综采矿压特点不同，对支架设计的要求也不同。

依据我国主要矿区不同类级顶板矿压特点，其合理液压支架型式可按表 1-3 选择。

表 1-3 顶板稳定性与液压支架选型的关系

| 直接顶特征 | 稳定程度                                     | 不稳定                   | 中等稳定                    |          | 稳 定                                       |         | 坚 硬                     |
|-------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------|-------------------------------------------|---------|-------------------------|
|       | 岩层                                       | 页岩、砂页岩                | 泥页岩、砂页岩                 |          | 砂页岩、砂岩                                    |         | 砂岩、砾岩                   |
|       | $N = \frac{\text{直接顶厚度}}{\text{采高}}$ (倍) | $N > 3 \sim 5$        | $0.5 < N \leq 3 \sim 5$ |          | $0.5 < N \leq 3 \sim 5$<br>或 $N \leq 0.5$ |         | $N < 0.5$               |
| 基本顶特征 | 来压等级                                     | I (缓和)                | II (明显)                 |          | III (强烈)                                  |         | IV (剧烈)                 |
|       | 初次来压步距/m                                 | $< 25$                | $25 \sim 50$            |          | $> 50$ 或 $25 \sim 50$                     |         | $> 50$                  |
|       | 周期来压步距/m                                 | $< 7$                 | $7 \sim 15$             |          | $16 \sim 25$                              |         | $> 25$                  |
|       | 动载系数                                     | $< 1.2$               | $1.21 \sim 1.5$         |          | $1.51 \sim 1.8$                           |         | $> 1.8$                 |
| 煤层特征  | 采高/m                                     | 约 2.7                 | 2.5                     | 3 ~ 4    | $< 2.5$                                   | $> 2.5$ | $< 2.5$                 |
|       | 倾角/(°)                                   | $< 14$                | $< 12$                  | $< 18$   | $< 12$                                    | $< 12$  | $< 12$                  |
| 架型    | 结构特点                                     | 短托梁掩护支架               | 柱支掩梁掩护支架                | 柱支顶梁掩护支架 | 支撑式支架                                     | 支撑掩护支架  | 强力支架                    |
|       | 适应顶板类级                                   | I ~ II <sub>1-2</sub> | II <sub>2</sub>         |          | II ~ III <sub>2-3</sub>                   |         | III ~ IV <sub>3-4</sub> |