

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

Daodeng Jiaoyu
Wu Guihua Jiaocai

煤矿机电设备 选型设计

张红兵 何万库 马胜利 主编

Meikuang Jidian Shebei Xuanxing Sheji

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

煤矿机电设备选型设计

主 编 张红兵 何万库 马胜利

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书较为详细地介绍了综合机械化采煤成套设备的选型原则及设计计算、综采工作面主要设备的配套关系,矿山运输机械的选型计算步骤、方法,矿井提升设备的选型设计计算方法和步骤,矿井排水、通风、压气设备的选型设计方法和步骤,综采工作面移动变电站容量、型号、台数的选择计算方法,电缆型号、长度和截面的确定,高低压开关的选择,继电保护的整定计算等方面内容。

本书可作为高等教育机械设计制造及自动化、矿山机电及机电一体化专业的本、专科学生毕业设计指导用书,也可作为本、专科面向煤矿单招相关专业的毕业设计指导用书,或相近专业毕业设计参考资料,亦可供矿山相关工程技术人员选择矿山设备时参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿机电设备选型设计 / 张红兵,何万库,马胜利主编. —徐州:

中国矿业大学出版社,2013.3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1828 - 5

I. ①煤… II. ①张…②何…③马… III. ①煤矿—机电设备—选型—设计 IV. ①TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 042214 号

书 名 煤矿机电设备选型设计

主 编 张红兵 何万库 马胜利

责任编辑 孟 茜 耿东锋

责任校对 周俊平

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 303 千字

版次印次 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价 20.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

建设委员会成员名单

主 任:李增全

副主任:于广云 丁三青 王廷弼

委 员:(按姓氏笔画排序)

王宪军 王继华 王德福 刘建中

刘福民 孙茂林 李维安 张吉春

陈兴华 周智仁 赵文武 赵济荣

郝虎在 荆双喜 徐国财 廖新宇

秘书长:王廷弼

秘 书:何 戈

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

矿山机电专业编审委员会成员名单

主 任:王宪军

副主任:吕 松

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 慧 王春华 刘卫国 孙远敬

李虎伟 张 强 陈更林 周 立

赵丽娟 赵利安 洪晓华 蒲志新

蔡 丽 魏家鹏

前 言

毕业设计是一个重要的教学环节,为加强毕业设计的指导工作,在总结多年指导毕业设计所积累的资料基础上,参考了煤矿机电行业相关手册、规程、规范、教材、专业书刊、产品样本等资料,编写了这本《煤矿机电设备选型设计》。本书可作为煤矿高等教育机械设计制造及自动化专业、矿山机电专业及机电一体化专业的本、专科学生毕业设计指导用书,或相近专业毕业设计参考资料,并可供矿山相关工程技术人员选择矿山设备时参考。

全书共有五章内容,第一章:综合机械化采煤成套设备选型,系统介绍了机械化采煤工作面成套设备的配套,支护设备的选型和论证,单体液压支柱、液压支架和采煤机的选型原则及设计计算,以及综采工作面主要设备的配套关系。第二章:矿山运输设备选型设计,详细介绍了采煤工作面刮板输送机、转载机,工作面运输巷可伸缩带式输送机,采区上、下山带式输送机,运输大巷电机车等运输机械的选型计算步骤、方法。第三章:矿井提升设备选型设计,主要介绍了立井单绳缠绕式和多绳摩擦式提升设备的选型设计计算方法和步骤。第四章:矿井排水、通风、压气设备选型设计,详细介绍了矿井排水、通风、压气设备的选型设计方法和步骤。第五章:综采工作面供电系统设计,主要介绍了综采工作面移动变电站容量、型号、台数的选择计算方法,电缆型号、长度和截面的确定,高低压开关的选择,继电保护的整定计算等方面内容。

本书第一、第二章由张红兵编写,第三、第四章由何万库编写,第五章由马胜利编写。由于时间较紧,编者水平有限,书中缺点、错误在所难免,恳请读者批评、指正。

本书编写过程中参考了煤矿机电行业相关手册、规程、规范、教材、专业书刊、产品样本等资料,并在网上查阅了大量的信息,其中有些已在参考资料中列出,但有一些无法一一列出,在此向所有参考资料的原作者表示感谢。

编者

2011.3.18

目 录

第一章 综合机械化采煤成套设备选型	1
第一节 机械化采煤工作面类型的确定与论证	1
第二节 液压支架的选型	1
第三节 高档普采工作面单体液压支柱工作高度、支护强度及形式的选择	6
第四节 滚筒采煤机的选择	6
第五节 采煤机、支护设备、刮板输送机配套关系图	14
第二章 矿山运输设备选型设计	23
第一节 刮板输送机的选型	23
第二节 采区工作面运输巷运输设备的选择	28
第三节 主要运输巷道运输设备的选型计算	34
第三章 矿井提升设备选型设计	56
第一节 提升方式的确定及提升设备选型依据	56
第二节 立井单绳缠绕式主井提升设备选型设计	58
第三节 主立井多绳摩擦轮式提升设备选型设计	98
第四章 矿井排水、通风、压气设备选型设计	113
第一节 矿井排水设备选型设计	113
第二节 矿井通风设备选型设计	132
第三节 矿井压气设备选型设计	144
第五章 综采工作面供电系统设计	151
第一节 采区供电系统设计	153
第二节 供电系统负荷计算	155
第三节 供电网络计算	160
第四节 短路电流计算及过电流保护装置的整定	171
第五节 综采工作面过电流、漏电与接地保护	183
参考文献	186

第一章 综合机械化采煤成套设备选型

采煤机、工作面输送机、液压支架等是机械化采煤工作面的主要设备,其主要任务是在长壁工作面完成落煤、装煤、运煤和支护等几个主要采煤工序。目前我国多采用滚筒式采煤机和刨煤机。

综采成套设备一般由采煤机、刮板输送机、工作面液压支架、端头支护设备、平巷转载机、破碎机、带式输送机、乳化液泵站、液压安全绞车及配电设备等组成。综采设备总体配套的目的,首先在于总体配套是单机设计的依据,要解决成套设备各单机间的能力相互匹配和空间几何关系的配套问题;其次在于使成套设备性能与采煤工艺间相互适应,因而总体配套又是采区设计和采煤工艺设计的依据。

要实现综合机械化采煤,必须配备成套设备,特别是工作面“三机”——采煤机、刮板输送机、液压支架的配套,这对综合机械化采煤的效果有着至关重要的影响。

第一节 机械化采煤工作面类型的确定与论证

机械化采煤工艺包括落煤、装煤、运输、支护、处理采空区。机械化采煤工作面,根据支护设备形式的不同,可分为普通机械化采煤工作面和综合机械化采煤工作面,简称普采工作面(普采、高档普采)和综采工作面。综采工作面主要设备为大功率双滚筒采煤机、重型可弯曲刮板输送机、高性能液压支架等,综采工作面机械化程度高、安全、高效,国内已有年产量达1 000万t的综采工作面。但它的设备投资大,对煤层厚度、倾角、地质条件有一定要求。普采工作面主要设备为滚筒采煤机、刮板输送机、金属摩擦支柱或单体液压支柱及金属铰接顶梁。采用单体液压支柱、金属铰接顶梁的工作面亦称高档普采工作面。普采工作面设备投资小,在煤层厚度、倾角、地质条件变化较大时,适应性好,但它的机械化程度、安全程度、生产率比综采低。

当工作面内煤层较厚,煤层倾角变化不大,地质条件比较稳定,没有大的断层、夹矸等,投资有保证时,应采用综采工作面,以提高生产能力、安全性和经济效益。否则,可考虑采用普采和高档普采工作面。

第二节 液压支架的选型

支架的选型应使支护强度与采面矿压相适应,支架架型结构与煤层赋存条件相适应,支护断面与通风要求相适应,液压支架与采煤机、运输机等设备相匹配。

根据液压支架对顶板的支护方式和结构特点的不同,支架架型可分为支撑式、掩护式、支撑掩护式三种。

支撑式支架顶梁长,立柱多且垂直支撑,工作阻力大,切顶能力强,通风断面大,后部有简单的挡矸装置,架间不撑紧,对顶板不密封。它适用于稳定或坚硬以上直接顶和周期来压明显或强烈的基本顶条件。

掩护式支架有宽大的掩护梁,可挡住采空区冒落的矸石,它的顶梁较短,支柱少且倾斜支撑,支架间密封,支架工作阻力较小,切顶能力差,但由于顶梁较短控顶面积小,支护强度不一定小。它适用于不稳定和中等稳定直接顶条件。

支撑掩护式支架兼有支撑式和掩护式支架的结构特点,顶梁较长,立柱较多,呈垂直或倾角较小倾斜支撑,故工作阻力大,切顶能力强,具有掩护梁架间密封,挡矸掩护性能好的特点。它适用于稳定以下各类顶板,有取代支撑式支架的趋势;但它的结构复杂,重量较大,价格高。

一、影响液压支架选型因素

影响液压支架选型的因素,主要是矿山地质条件,如顶、底板稳定性,煤层厚度,煤层倾角,煤层赋存状况及瓦斯含量等。其中以煤层厚度及顶、底板稳定性影响最大。

(一) 顶板稳定性

顶板稳定性直接影响支架的架型、支护强度。顶板岩性的不同,决定支架的架型形式,岩层载荷和顶板的稳定性主要影响支架支护强度和顶梁的结构形式。一般讲:煤层顶板稳固平整,应选用支撑式支架;煤层松软、顶板破碎,应选用掩护式支架;而煤层顶板坚硬,应选用支撑掩护式支架。

(二) 底板稳定性

底板岩石的组成、结构及岩石力学性质是支架选型不可忽视的另一重要条件。底板的稳定性,对支架底座影响较大。支架架型选取不当,会使支架陷入底板,使移架困难。根据我国煤层底板岩石抗压强度,在选择支架类型时,可参考表 1-1 确定支架架型。

表 1-1 不同底板条件下选用的架型

岩石	松软黏土岩,页岩(或松软煤)	较软黏土岩,页岩(或煤)	一般黏土岩,砂页岩,砂岩(或煤)
抗压强度/MPa	<2.0	>2.0	>4.0
应选架型	掩护式支架, 两柱支撑掩护式支架	掩护式支架, 支撑掩护式支架	支撑式支架

(三) 煤层厚度

煤层厚度主要影响支架支护强度,煤层厚度越大支护强度应越高。煤层厚度大小及变化情况,又决定着支架的结构高度和伸缩范围。

厚度超过 2.5 m,顶板有水平推力时,应选用抗水平推力强的掩护式或支撑掩护式支架,一般不宜采用支撑式支架;厚度在 2.5~2.8 m(软煤取下限,硬煤取上限)以上时,支架应带护帮装置;当厚度变化较大时,支架应选用调高范围较大的双伸缩立柱或带机械加长杆的单伸缩立柱;若为假顶分层开采,应选用掩护式支架。

(四) 煤层倾角

当倾角大于 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ (支撑式支架取下限,掩护式和支撑掩护式支架取上限)时,应选用有防滑装置的支架;当倾角大于 18° 时,应选用同时带有防滑、防倒和调架装置的支架。

(五) 煤层埋藏稳定性

对于断层十分发育、断层落差大、煤层厚度变化过大、顶板的允许暴露面积小于 $5 \sim 8 \text{ m}^2$ 、允许暴露时间在 20 min 以下的工作面,暂不宜使用液压支架。

(六) 煤层瓦斯含量

对瓦斯涌出量大的工作面,若顶板条件容许,应优先选用通风断面大的支撑式或支撑掩护式支架。

(七) 设备成本

在顶板条件容许时,应选用价格便宜的支架。一般支撑式支架最便宜,支撑掩护式支架最贵。但支撑式支架使用性能远不如掩护式和支撑掩护式支架优越。因此,如经济条件许可,应优先选用掩护式和支撑掩护式两种架型。

除矿山地质条件外,采矿技术条件,如开采方式、采煤工作面长度、采煤机与刮板输送机的结构类型、生产环节等因素对液压支架的选型也有一定影响。

二、煤层顶板及其分类

覆盖在煤层上的岩石称为顶板,依次分为伪顶、直接顶和基本顶。煤层下的岩层称为底板。顶板和底板统称为煤层围岩。

伪顶是紧贴煤层的极易冒落的较薄岩层,暴露后随即垮落,一般不影响支护设备的使用。

直接顶是位于伪顶之上(无伪顶时紧贴煤层)的一层或几层岩层,具有一定的稳定性,常在回柱或移架时冒落。直接顶下部 $2.5 \sim 2 \text{ m}$ 厚的岩层叫直接顶下位岩层,其稳定性对液压支架的选型有决定性的影响。基本顶在直接顶上面,一般是厚而坚硬的岩层,常以很大面积悬露在采空区而不垮落。它的来压强度影响直接顶的稳定性,对支架的载荷和可缩量都有直接的影响。

(一) 直接顶的分类

我国将缓倾斜煤层采煤工作面的直接顶,根据其稳定程度分为四类:

- (1) 不稳定顶板。也称破碎顶板,这类顶板很易冒落,冒落后岩石能基本充满采空区。
- (2) 中等稳定顶板。强度较高,但有大量节理裂隙,局部较完整,冒落后不能充满采空区,一般在支护设备前移后随即冒落。
- (3) 稳定顶板。难以冒落,需支架帮助切顶。
- (4) 坚硬顶板。极难冒落,采后需强制放顶。

直接顶分类见表 1-2。

表 1-2 直接顶分类

类别 指标		1	2	3	4	
		不稳定顶板	中等稳定顶板	稳定顶板	坚硬顶板	
主要指标	强度指数 D	≤ 30	$31 \sim 70$	$71 \sim 120$	> 120	无直接顶。厚度在 $2 \sim 5 \text{ m}$ 及以上;岩石单向抗压强度 $\sigma_D > 60 \sim 80 \text{ MPa}$;
参考指标	直接顶初次垮落步距 L_1 / m	≤ 8	$8 \sim 18$	$19 \sim 25$	> 25	节理裂隙间距和分层厚度大于 1 m 的整体岩层

注:直接顶分类的主要指标是强度指数 D ,并参考直接顶初次跨落步距 L_1 来决定。

(二) 基本顶分级

基本顶位于直接顶之上,顶板分级主要由直接顶厚度 $\sum h$ 与采高 H 之比值 N 来决定,再参考基本顶初次来压步距 L_2 。 N 的意义是指冒落带充满采空区的程度, L_2 是指工作面初次切顶线到开切眼煤壁之间基本顶暴露的长度。根据 N 、 L_2 ,我国将基本顶分为四级(见表 1-3)。

表 1-3 基本顶分级

分级 指标	I	II	III	IV
周期来压显现	不明显	明显	强烈	极强烈
冒落带充满采空区的程度 N 和初次来压步距 L_2/m	$N>(3\sim5)$	$0.3<N\leq(3\sim5)$	$0.3<N\leq(3\sim5)$ $L_2>50$ $N\leq 0.3$ $L_2=25\sim50$	$N\leq 0.3$ $L_2>50$

三、液压支架的选型

液压支架的选型,包括选择支架的架型、支架的结构参数和支架强度的确定。

(一) 架型的选择

液压支架架型的选择就是要使液压支架的结构和性能与工作面的顶、底板条件和地质条件相适应,具体选择时可按表 1-4 进行。

表 1-4 适应不同类级顶板的架型 and 支护强度

基本顶级别			Ⅰ			Ⅱ			Ⅲ				Ⅳ	
直接顶类别			1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	4	
架型			掩护式	掩护式	支撑式	掩护式	支撑掩护式	支撑式	支撑掩护式	支撑掩护式	掩护式	支撑掩护式	采高<2.5 m 时用支撑式	
													采高>2.5 m 时用支撑掩护式	
支护强度 /MPa	采高 /m	1	0.3		1.3×0.3			1.6×0.3				>2×0.3		应结合深孔爆破、软化顶板等措施处理采空区
		2	0.35(0.25)		1.3×0.35(0.25)			1.6×0.35				>2×0.35		
		3	0.45(0.35)		1.3×0.45(0.35)			1.6×0.45				>2×0.45		
		4	0.55(0.45)		1.3×0.55(0.45)			1.6×0.55				>2×0.55		
单体支柱支护强度 /MPa	采高 /m	1	0.15		1.3×0.15			1.6×0.15				按采空区处理方法确定		
		2	0.25		1.3×0.25			1.6×0.25						
		3	0.35		1.3×0.35			1.6×0.35						

注:(1) 括号内的数字是掩护式支架的支护强度。设计或选用支架时,允许有±5%的波动。
(2) 1.3、1.6 和 2 分别为 II、III、IV 级基本顶比 I 级基本顶的增压倍数,IV 级基本顶由于地质条件变化大,只给出了最小值 2,具体数值应根据实际顶板情况确定。
(3) 表中的采高是指最大采高,具体采高下的支护强度可用插值法计算。
(4) 单体液压支柱的支护密度,可用表中的支护强度除以工作阻力计算。

(二) 液压支架结构参数的确定

液压支架的结构参数,主要指液压支架的结构高度和伸缩比。在选择液压支架时要求其结构高度应能适应采高的要求,可根据煤层厚度(或采高)和采区范围内地质条件的变化等因素来确定。其选择的原则是:在最大采高时,液压支架应能“顶得住”,在最小采高时,支架能“过得去”。支架的最大结构高度 $H_{\max}$ 和最小结构高度 $H_{\min}$ 可由下面经验公式计算:

$$H_{\max} = h_{\max} + a \quad (1-1)$$

$$H_{\min} = h_{\min} - s_2 - b - c \quad (1-2)$$

式中 $h_{\max}$ ——煤层最大采高, m;

$H_{\min}$ ——煤层最小采高, m;

a ——伪顶的厚度,考虑伪顶冒落后支架仍能支撑顶板,一般取 $a=0.2\sim 0.3$ m,中厚煤层取小值,厚煤层取大值,薄煤层适当减小;

s_2 ——顶板最大下沉量(一般取支架后排立柱处顶板的下沉量,可借鉴邻近工作面的观测资料选取),一般取 $s_2=0.1\sim 0.2$ m, I 级基本顶取大值, IV 级基本顶取小值;

b ——移架时支架的最小可缩量,一般取 $b=0.05$ m;

c ——支架顶梁上存留的浮煤和碎矸石厚度,一般取 $c=0.05$ m。

支架的最大、最小高度系列如表 1-5 所示。

表 1-5 液压支架的最大、最小高度系列

$H_{\max}/\text{m}$	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8
$H_{\min}/\text{m}$	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
$H_{\max}/\text{m}$	3.2	3.5	3.8	4.2	4.5	4.7	5.0	5.3
$H_{\min}/\text{m}$	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2

液压支架的伸缩比 K_s 定义为支架最大支撑高度和支架最小支撑高度的比值, K_s 值的大小反映支架对采高变化的适应能力。

$$K_s = H_{\max} / H_{\min}$$

采用单伸缩立柱的支架, K_s 一般为 1.6 左右,最大可达 1.8;带机械加长杆的单伸缩立柱,一般为 2.2 左右,最大可达 2.5;对于使用双伸缩立柱的支架, K_s 一般为 2.5 左右,薄煤层支架可达 3。

(三) 支架支护强度的确定

支架支护强度是液压支架的一个重要参数,它是支架工作时单位支护面积上的支撑力。可由下列方法确定。

1. 按经验公式估算

$$q = KHR \times 10^{-2} \text{ MPa} \quad (1-3)$$

式中 K ——顶板的岩石厚度系数,一般取 4~8;顶板条件较好、周期来压不明显时,取低值,否则取高值;日本取 5,英国取 5~7,苏联取 6~9,我国中厚煤层取 6~8。

H ——最大采高, m。

R ——顶板岩石的密度,一般取为 2.5 t/m³。

2. 直接查表选取

根据顶板条件和煤层厚度,直接由表 1-4 中选取。

对上述两种方法得出的结果,选取大值。

(四) 选择液压支架型号

由上面确定的支架架型和计算出的支架最大、最小结构高度以及支护强度等参数,可从液压支架产品目录中选择合适液压支架的型号,列出支架规格和主要技术参数表。

第三节 高档普采工作面单体液压支柱工作高度、支护强度及形式的选择

高档普采工作面采用单体液压支柱作为工作面支护设备,单体液压支柱需选择支柱型式,并进行参数计算。

一、支柱最大工作高度 $H_{\max}$ 及最小工作高度 $H_{\min}$ 的计算

$$H_{\max} = h_{\max} - c \quad (1-4)$$

$$H_{\min} = h_{\min} - s - c - a \quad (1-5)$$

式中 $h_{\max}, h_{\min}$ ——煤层的最大、最小采高, m;

c ——顶梁高度, 为 0.096, m;

s ——最大控顶距处顶板下沉量, 可参阅液压支架方法选取;

a ——支柱卸载高度, 取 0.08, m。

二、单体液压支柱工作阻力及支护密度

单体液压支柱工作阻力:随油缸直径及支撑高度不同,其额定工作阻力有 250 kN/柱, 300 kN/柱及 350 kN/柱,具体参数可查阅有关资料。

支护密度:根据表 1-4 单体液压支柱的支护强度(表 1-4 采高为最大采高,实际采高与表 1-4 采高不同时,可用插值法算出实际采高下的支护强度)除以支柱工作阻力可求出每平方米所需支柱数。

三、单体液压支柱形式及铰接顶梁的选择

根据供液方式不同液压支柱可分为内注式和外注式。外注式结构简单,重量和制造成本比内注式低,伸缩比大,但需配备液压泵和供液管路,宜用于中厚煤层中。内注式重量大,制造成本高,但不需配备液压泵和供液管路,灵活性大,在薄煤层中使用比较方便。

单体液压支柱铰接顶梁长度,应按采煤机截深整数倍选取,以便顶板的管理。

第四节 滚筒采煤机的选择

正确选择和使用采煤机是提高采煤工作面生产能力的基本保证,对采煤工作面的生产效率、能耗、安全等都具有重要影响。采煤机选型涉及问题较多,目前还缺乏一套完善的计算方法,它不仅与煤层的厚度、倾角及煤的物理机械性能、地质条件等有关,还要考虑与支护设备、运输设备之间的配套关系。因此,在选型过程中要考虑多方面因素,综合分析后确定。

一、采煤机选型的方法和原则

(一) 根据煤的坚硬度选型

滚筒式采煤机适用于开采坚硬度系数 $f < 4$ 的缓倾斜及急倾斜煤层。对于 $f = 1.8 \sim 2.5$ 的中等硬度的煤层,可采用中等功率的采煤机;对于黏性煤及 $f = 2.5 \sim 4$ 的中硬以上的煤层,应采用大功率采煤机。

(二) 根据煤层厚度选型

采煤机的最小采高、最大采高、过煤高度、过机高度等都取决于煤层厚度。煤层厚度可根据技术要求分为三类。

(1) 薄煤层:煤层厚度小于 1.3 m。最小采高在 0.65~0.8 m 时,只能采用爬底板式采煤机;最小采高在 0.75~0.90 m 时,可选用骑溜式采煤机。

(2) 中厚煤层:煤层厚度为 1.3~3.5 m。开采这类煤层在技术上比较成熟,根据煤的坚硬度等因素,可选择中等功率或大功率的采煤机,如 MG340、MAX—300/3.5、MG300—W(2×300)、MG200—W(2×200)等机型。

(3) 厚煤层:煤层厚度在 3.5 m 以上。由于大采高液压支架及采煤、运输设备的出现,厚煤层大采高一次采全高综采工作面取得了较好的经济指标。适用于大采高的采煤机应具有调斜功能,以适应大采高综采工作面地质及开采条件的变化以及俯采、仰采的要求,此外由于落煤块度较大,采煤机和输送机应有大块煤机械破碎装置,以保证采煤机和输送机的正常工作。

适用于大采高一次采全高的采煤机有 MXA—300/4.5 型、MXA—600/4.5 型、MG300—WG(600)型、AM—500 型等采煤机,最大采高可达 4.5 m。

分层开采时,采高应控制在 2.5~3.5 m 范围内,以获得较好的效益,采煤机可按中厚煤层条件并根据分层开采的特点选型。

二、采煤机主要技术参数的确定

采煤机的主要参数规定了采煤机的适用范围和主要技术性能。它们既是设计采煤机的主要依据,又是成套设备选型的依据。

(一) 滚筒直径的选择

滚筒直径大些对装煤有利,但不宜过大,并应满足采高的要求。

双滚筒采煤机滚筒直径应大于最大采高 $H_{\max}$ 的一半,一般可按 $D = (0.52 \sim 0.6) h_{\max}$ 选取,采高大时取小值,采高小时取大值。

单滚筒采煤机滚筒直径选择时,为了防止滚筒在顶板下沉时被夹住而截割岩石,直径 $D = H_{\min} - (0.1 \sim 0.2)$ 。采煤机的滚筒已经系列化,可选用与计算值相近的标准滚筒,以降低制造成本。

(二) 截深的选择

采煤机截割机构(如滚筒)切入煤壁的深度称为截深。它决定工作面每次推进的步距,是决定采煤机装机功率和生产率的主要因素,也是与配套支护设备有关的一个重要参数。

截深与采高有一定关系。在薄煤层中,由于工作条件困难,采煤机牵引速度受到限制,为了保证适当的生产率,宜用较大的截深(可达 0.8~1.0 m);采高很大时煤层容易片帮,顶板施加给支护设备的载荷也大,此时限制工作面生产率的主要因素是运输能力。因此,为了改善顶板支护条件和避免输送机上煤的溢出,宜用较小的截深,厚煤层截深可取 0.5 m 左

右。目前,已有运输能力 3 500 t/h 的工作面刮板输送机,运输能力对中厚煤层截深的限制已较小。中厚煤层截深可取 0.6~0.8 m,若顶板稳定,截割阻抗小,截深可适当加大。国产中厚以上采煤机多用的截深为 0.6(0.63) m,薄煤层为 1.0 m 左右。

采煤机截深与支护设备的推移步距应相适应,以便于管理顶板。采煤机截深应略小于液压支架的推移步距[与截深 0.6(0.63) m 相适应的支架推移千斤顶行程一般为 0.7 m],以保证采煤机每开采一个截深后液压支架可以推进一个步距。当用单体支柱支护顶板时,金属顶梁的长度应是采煤机截深的整数倍。

(三) 滚筒转速及截割速度

滚筒上截齿齿尖的切线速度称为截割速度。截割速度取决于滚筒直径和滚筒转速。滚筒转速对截煤比能耗、装载效果、粉尘大小都有很大影响。实践表明,滚筒转速过高,循环煤会增多,装载效率降低,装煤效果不好。所以,滚筒转速出现降低趋势,如英国 AM500、美国 JOY 公司 7LS—6 型采煤机,滚筒转速分别为 21.2 r/min 和 26 r/min。新型采煤机直径为 2.0 m 左右的滚筒转速多为 25~40 r/min,直径小于 1.0 m 的滚筒转速可增大到 60~100 r/min。

转速及滚筒直径确定后,截齿截割速度也就确定了,截割速度一般控制在 4 m/s 左右较好。

(四) 采煤机最小设计生产率

采煤机在采煤过程中,由于处理故障、检查和更换刀具、日常维修、等候支护、处理片帮等,经常出现停顿,采煤机实际生产率比设计的理论生产率小很多,为了表明这些因素的影响,可用有效开机率表示。

有效开机率是指采煤机在一天或一班内有效工作时间与一天或一班占有时间的比值,它综合反映了设备可靠性、选型及组织管理水平、工人技术熟练程度等。德国高产工作面有效开机率可达 51%,苏联高产综采工作面可达 50%,我国根据有些典型工作面的推算在 0.15~0.35 之间,一般可取 0.20。随着综采设备制造水平的提高,工人的技术水平及企业管理水平的提高,我国有效开机率将逐步提高。

当采煤工作面生产能力已定,其每小时的平均产量就是所需采煤机的最小实际生产率,考虑到有效开机率,则采煤机按工作面生产能力要求的最小设计生产率 $Q_{\min}$ 为

$$Q_{\min} = \frac{W}{24 \times 0.2} \quad \text{t/h} \quad (1-6)$$

式中 W ——采煤工作面的日平均产量, t/h。

式(1-6)中有效开机率取 0.2,从而使采煤机有充分的增产潜力,当有效开机率能进一步提高时,采煤机仍有富裕能力,从而使工作面生产能力得到提高。

(五) 采煤机截割时的牵引速度及生产率

采煤机截割时牵引速度的高低,直接决定采煤机的生产率及所需电动机功率,由于滚筒装煤能力、运输机生产率、支护设备推移速度等因素的影响,采煤机在截割时的牵引速度比空载调动时低得多。采煤机的牵引速度可在零到最大速度范围内调节,选择截割时的牵引速度,要根据下述几方面因素,综合考虑。

1. 根据采煤机最小设计生产率 $Q_{\min}$ 决定的牵引速度 v_1

$$v_1 = \frac{Q_{\min}}{60HB\rho} \quad \text{m/min} \quad (1-7)$$

式中 $Q_{\min}$ ——采煤机最小设计生产率, t/h;

H ——采煤机平均采高, m;

B ——采煤机截深, m;

ρ ——煤的实体密度, 一般为 $1.3 \sim 1.4 \text{ t/m}^3$, 可取 1.35 t/m^3 。

2. 按截齿最大切削厚度决定的牵引速度 v_2

采煤机截割过程中, 滚筒以一定的转速 n 转动, 同时采煤机又以一定的牵引速度 v 沿工作面移动, 切削厚度呈月牙规律变化。截齿最大的切削厚度 $b_{\max}$ 在月牙形中部, 可用下式计算

$$b_{\max} = \frac{1000v}{mn} \quad \text{mm} \quad (1-8)$$

式中 v ——采煤机的牵引速度, m/min;

m ——滚筒一条截线上安装的截齿数;

n ——滚筒的转速, r/min。

从式(1-8)可知, 当 n 、 m 决定后, $b_{\max}$ 与牵引速度 v 成正比, v 越大 $b_{\max}$ 越大, 当 $b_{\max}$ 大于齿座上截齿伸出的长度, 使齿座及螺旋叶片也参与截割, 则截割阻力及功率剧增, 同时齿座磨损严重。

为了避免上述情况的发生, 一般要求截齿的最大切削厚度应小于截齿伸出齿座长度的 70%, 按上述要求可得采煤机的牵引速度 v_2

$$v_2 = \frac{0.7mb_{\max}}{1000} \quad \text{m/min} \quad (1-9)$$

式中, $0.7b_{\max}$ 为采煤机截齿在齿座上伸出的长度的 70%, mm, 国产径向截齿为 44~55 mm; 切向截齿为 41~52 mm; 煤坚固性系数 f 及截割阻抗大时取小值。

3. 按液压支架推移速度决定的牵引速度 v_3

一般支架的推移速度稍大于采煤机的牵引速度较好, 这样可保证采煤机安全生产。

截割时的牵引速度 v , 应根据上述三方面情况综合分析后确定, 其最大值应等于或大于 v_1 , 但应小于 v_2 , 并与 v_3 相协调, 使采煤机既能满足工作面生产能力的要求, 又可避免齿座或叶片参与截割, 并能保证采煤机的安全生产。

采煤机截割牵引速度 v 确定后, 采煤机的生产率 Q 为

$$Q = 60HBv\rho \quad \text{t/h} \quad (1-10)$$

式中符号意义同前。

(六) 采煤机所需装机功率

采煤机装机功率的大约 85% 用于截煤和装煤, 用于牵引的功率只有一小部分, 小型采煤机用一台或两台电动机共同驱动截割部和牵引部, 以下计算可用来确定总的装机功率。大型电牵引采煤机由多台电动机分别驱动两个截割部、牵引部、破碎机构等部分, 以下计算用来确定截割部电机的功率。

由于采煤机在截割和装载过程中, 受到很多因素的影响, 所需电动机功率的大小, 很难用理论方法精确计算, 常用类比法或比能耗法来估算。采用比能耗法估算电动机功率, 是根据采煤机生产率和比能耗(截割单位体积煤所消耗的功率)实验资料来确定的, 如果比能耗确定适当, 计算值就比较合理。

取截割阻抗 $A=180\sim200\text{ N/mm}$ 的煤为基准煤,当采煤机以不同的牵引速度截割时,包括牵引部及辅助液压系统在内,其比能耗的估算值如表 1-6 所示。

表 1-6 螺旋滚筒采煤机比能耗 $H_{\omega B}$

牵引速度/ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	2	3	4	5	6
$H_{\omega B}/\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{t}^{-1}$	0.50	0.44	0.42	0.40	0.38

如果截割的煤层,其截割阻抗不同于上述基准值,可按公式(1-11)计算比能耗值

$$H_{\omega X} = \frac{A_X}{A} H_{\omega B} \quad \text{kW}\cdot\text{h/t}$$

(1-11)

式中 A_X ——被截割煤层的截割阻抗,国内还缺乏这方面的资料,可参考表 1-7 资料决定,我国根据坚固性系数 f 将煤分为:软煤($f<1.5$),中硬煤($f=1.5\sim3$),硬煤($f>3$);

$H_{\omega B}$ ——基准煤的比能耗,参考表 1-6。

表 1-7 截割阻抗 A

煤层		截割阻抗	磨蚀性系数	坚硬夹杂物含量/%	脆韧性	采煤机械选型
级别	类别	$A/N \cdot \text{mm}^{-1}$	$P/\text{mm} \cdot \text{km}^{-1}$			
一级 (脆性煤层)	1类 (极软)	60~120	<100	0	脆性	采高小于 1.5 m时优先 选用刨煤机
	只含软夹矸					
	2类 (软)	100~200	含软的泥质页岩夹矸,细碎硬夹杂物含量<0.5%	韧性		
	3类 (中硬)			脆性		
二级 (脆性—韧性煤层)	4类 (超中硬)	180~240	200~300	细碎硬夹杂物含量<1%	韧性	滚筒采煤机
		60~120		细碎硬夹杂物含量<2.5%	脆性	
		120~180				
	5类 (硬)	180~240	300~400	细碎硬夹杂物含量<2.5%	韧性	
		240~300			脆性	
三级 (脆性煤层)	6类 (极硬)	240~360	400~500	砂质页岩、砂岩或结团硬夹杂物含量<2.5%	韧性	需先爆破或注高压水把煤层松动后,才能选用滚筒采煤机
		180~240		断面积<1 000 cm ² 的大块夹杂物含量<(2.5%~5%)		
	7类 (特硬)	不论	≥600	硬夹矸和大块结团夹杂物含量8%~10%		

单滚筒采煤机所需电动机功率

$$N = \frac{QH_{\omega X}}{K_1 K_2} \quad \text{kW}$$

(1-12)

式中 Q ——采煤机生产率,t/h;
 K_1 ——功率利用系数,用一台电机驱动时取 1,两台电机分别驱动时取 0.8;