ENGYUAN ZHISHI WENDA XILIE

能源知识问答系列

煤炭开采知识问答

康 健 编著

化学工业出版社
环境·能源出版中心

NENGYUAN ZHISHI WENDA XILIE

能源知识问答系列

煤炭开采知识问答

康 健 编著

化学工业出版社
环境·能源出版中心
·北京·

图书在版编目（CIP）数据

煤炭开采知识问答/康健编著．—北京：化学工业出版社，2006.6

能源知识问答系列

ISBN 7-5025-8933-3

Ⅰ．煤… Ⅱ．康… Ⅲ．煤矿开采-问答 Ⅳ．TD82-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 066402 号

能源知识问答系列

煤炭开采知识问答

康　健　编著

责任编辑：郑宇印　戴燕红

责任校对：陈　静

封面设计：史利平

*

化学工业出版社

环境·能源出版中心　出版发行

（北京市朝阳区惠新里 3 号　邮政编码 100029）

购书咨询：（010）64982530

（010）64918013

购书传真：（010）64982630

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm　1/32　印张 8¾　字数 229 千字

2006 年 7 月第 1 版　2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8933-3

定　价：18.00 元

版权所有　违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

前　言

在现代化的高产高效煤炭生产中，工人的素质对煤炭的生产起着很大的作用，素质的高低直接关系到生产效率的高低、煤矿安全事故的多少、煤矿设备运转的好坏等。煤炭界许多著名的专家学者、采矿工程技术人员、采矿科研设计人员、现场工作人员及高等院校师生等普遍认为，随着煤矿新的设备、方法、工艺及国外先进技术设备的出现和引进，近几年来我国的煤炭开采有了较大的进步和发展，但目前我国煤矿从业人员的素质不高，已直接影响到煤矿经济效益的进一步提高，现阶段提高他们的素质势在必行。

要提高煤矿从业人员的素质，需要具备两个方面的条件：一是矿山管理部门要组织学习提高，二是要有合适的普及读物。笔者从事煤炭行业教学多年来，发现煤炭方面的高水平专著较多，而普及读物大多是二十世纪七八十年代出版的，知识已经相对老化，亟待更新。编写本书的目的是给从事煤炭行业的人员提供一本反映当今煤炭行业发展而且具有知识普及性的读物，以满足人们学习和应用的需要。

本书分 7 章，用问答的形式从煤炭开采基础知识、煤矿地质与测量、煤矿爆破、煤炭地下开采和露天开采、煤炭特殊开采和煤炭技术经济与管理 7 个方面对煤炭开采知识作了详细而深入的介绍。本书可作为煤矿现场工作人员、煤矿院校在校学生以及想了解煤炭开采方面知识人员的参考书。

本书完成后，由 1991 年度国务院特殊津贴获得者、全国煤炭工业劳动模范、煤炭科学研究总院陈文敏教授作了详细的审校。此外，煤炭科学研究总院武英刚同志也参加了本书部分章节的编写和对全书版面的系统编排工作，在此深表谢意。

煤矿生产过程比较复杂，且受到诸多因素的限制，要想以问答形式将生产知识逐条提出并讲清，并不是一件容易的事。由于编者水平有限，加上时间仓促、经验不足，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者指正和赐教。

康　健
黑龙江科技学院
2006 年 3 月

目　录

第 1 章　煤炭开采基础知识 …… 1
1. 什么是煤田？什么是矿区？ …… 1
2. 什么是井田？什么是井田范围？ …… 1
3. 什么是矿井生产能力？什么是矿井核定生产能力？ …… 1
4. 什么是矿井的井型？ …… 1
5. 什么是矿井年产量？ …… 2
6. 什么是矿山井巷？矿山井巷如何分类？分别举例说明。 …… 2
7. 什么是立井？什么是主井？什么是副井？什么是暗立井？ …… 2
8. 什么是溜井？什么是溜煤眼？ …… 2
9. 什么是平硐？什么是平巷？什么是煤层平巷？什么是岩石平巷？ …… 3
10. 什么是大巷？什么是运输平巷？什么是回风平巷？ …… 3
11. 什么是石门？什么是主要石门？什么是采区石门？ …… 3
12. 什么是煤门？什么是斜井？什么是暗斜井？ …… 3
13. 什么是采区上、下山？什么是运输上、下山？什么是轨道上、下山？什么是通风、行人上、下山？ …… 3
14. 什么是斜巷？什么是硐室？ …… 4
15. 什么是阶段？什么是水平？什么是开采水平？阶段与水平有什么区别？ …… 4
16. 井田内如何划分？阶段内如何再划分？ …… 4
17. 什么是开拓巷道？什么是准备巷道？什么是回采巷道？ …… 4
18. 什么是矿山压力？什么叫矿山压力控制？ …… 5
19. 什么是原岩？什么是原岩应力？什么是原岩应

力场？ …… 5
20. 什么是岩石？岩石如何分类？ …… 5
21. 什么是岩石的密度？什么是岩石的相对密度？ …… 6
22. 什么是岩石的孔隙性？什么是岩石的孔隙度？ …… 6
23. 什么是岩石的碎胀性和压实性？ …… 6
24. 什么是岩石的透水性？ …… 7
25. 什么是岩石的软化性？什么是软化系数？ …… 7
26. 什么是岩石的膨胀性和崩解性？什么是膨胀应力？什么是膨胀率？ …… 7
27. 什么是岩石的吸水性和抗冻性？ …… 7
28. 什么是岩石的容热性和热膨胀性？ …… 8
29. 什么是岩石的弹性变形？什么是岩石的塑性变形？什么是岩石的黏性变形？表征岩石变形的指标有哪些？ …… 8
30. 什么是岩石的抗剪强度？什么是岩石的单轴抗压强度？什么是岩石的单轴抗拉强度？ …… 8
31. 什么是岩石的变形时间效应和流变？岩石的流变性质有哪些？ …… 8
32. 什么是岩体？什么是结构面？ …… 9
第 2 章　煤矿地质与测量 …… 10
1. 煤矿地质学的研究对象是什么？ …… 10
2. 煤矿地质学的主要研究内容有哪些？ …… 10
3. 煤矿地质学的主要任务有哪些？ …… 10
4. 什么是地质作用？什么是内力地质作用？什么是外力地质作用？ …… 10
5. 岩石的概念及其分类如何？ …… 11
6. 火成岩的主要类型有哪些？沉积岩的主要类型有哪些？变质岩的主要类型有哪些？ …… 11
7. 地层单位的分类如何？ …… 11
8. 什么是岩层的产状？岩层的产状要素有哪些？ …… 12

9. 什么是断层？断层要素有哪些？断层分为哪几类？ …… 12
10. 煤层如何分类？ …… 14
11. 什么是煤层的顶板、底板？ …… 15
12. 煤层厚度变化对煤矿生产的影响主要表现在哪几个方面？ …… 16
13. 断层在煤矿生产中有哪些影响？ …… 17
14. 在煤矿生产中，断层揭露前有哪些征兆？ …… 18
15. 在开拓设计阶段对断层做如何处理？ …… 18
16. 巷道掘进阶段对断层如何处理？ …… 19
17. 回采阶段对断层如何处理？ …… 19
18. 岩浆侵入对煤矿生产有哪些影响？ …… 20
19. 什么是矿井充水？什么是矿井水？矿井充水的水源有哪几种？ …… 21
20. 什么是煤田地质勘探？其目的是什么？煤田地质勘探分哪几个阶段？ …… 21
21. 煤田地质勘探方法有哪些？ …… 21
22. 与煤矿生产有关的主要地质图件有哪些？ …… 22
23. 什么是矿井“三量”？ …… 22
24. 矿山测量包括哪些内容？ …… 22
25. 矿山测量常用的仪器设备有哪些？ …… 22
26. 井下导线的等级如何划分？ …… 23
27. 井下导线点如何设置？ …… 23
28. 井下测角与地面测角有哪些不同点？ …… 25
29. 井下测角方法与限差有何规定？ …… 26
30. 井下经纬仪导线的边长测量用什么仪器？ …… 27
31. 井下高程测量的目的和任务是什么？ …… 27
32. 井下高程测量的基本要求有哪些？ …… 27
33. 什么是联系测量？什么是定向？什么是导入高程？ … 28
34. 矿井联系测量的目的和任务是什么？ …… 28

35. 巷道及回采工作面测量的任务是什么？ …… 29
第 3 章　煤矿爆破 …… 30
1. 井巷施工常用的破岩方法有哪些？ …… 30
2. 井巷掘进中，使用何种钻眼机械？ …… 30
3. 井下风动凿岩机有哪几种类型？技术特征如何？ …… 30
4. 凿岩台车分哪几类？现在使用的有哪些类型？ …… 31
5. 使用凿岩机凿岩时应注意哪些问题？ …… 31
6. 什么是钎头？如何分类？ …… 32
7. 钻孔工程对钎头有什么要求？ …… 33
8. 液压凿岩机有哪些优点？哪些缺点？ …… 33
9. 什么是爆炸？爆炸现象如何分类？ …… 34
10. 什么是爆炸三要素？ …… 34
11. 什么是炸药？炸药如何分类？ …… 35
12. 什么是炸药的氧平衡？什么是正氧平衡？什么是负氧平衡？什么是零氧平衡？ …… 35
13. 什么是爆热？ …… 36
14. 什么是炸药的燃烧与爆轰？二者有什么区别？ …… 37
15. 影响爆速的因素有哪些？ …… 37
16. 什么是炸药传爆的间隙效应？产生间隙效应的原因是什么？如何克服间隙效应？ …… 38
17. 什么是炸药的猛度与爆力？ …… 39
18. 什么是炸药的敏感度？炸药的敏感度如何分类？ …… 39
19. 什么是殉爆？殉爆距离如何测定？ …… 40
20. 矿用炸药主要有哪些？ …… 40
21. 如何提高硝铵炸药威力？ …… 42
22. 起爆材料包括哪些？雷管的作用是什么？雷管如何分类？ …… 42
23. 爆破事故有哪些？如何预防和处理？ …… 43
24. 什么叫爆破作用指数？确定爆破作用指数有何

意义？ …… 44
25. 什么叫最小抵抗线？作用如何？ …… 44
26. 什么是毫秒爆破？毫秒爆破有哪些优点？为什么？ … 45
第 4 章　煤炭地下开采 …… 46
1. 什么叫采场？什么叫采煤工作面？ …… 46
2. 什么是回采工作？回采工作包括哪些工序？ …… 46
3. 什么是采煤工艺？ …… 46
4. 什么是采煤系统？什么是采煤方法？ …… 47
5. 什么是壁式体系采煤法？ …… 47
6. 什么是柱式体系采煤法？ …… 48
7. 采煤工作面由哪几部分组成？ …… 48
8. 什么是采高？什么是控顶距？什么是最小控顶距？什么是采空区？什么是回柱？什么是最大控顶距？什么是放顶步距？ …… 48
9. 采空区处理方法有哪些？ …… 49
10. 什么是矿山压力（矿山压力的内涵是什么）？什么是矿山压力现象？ …… 49
11. 采煤工作面内常见的矿山压力显现及观测指标有哪些？ …… 50
12. 影响支承压力的主要因素有哪些？ …… 51
13. 长壁工作面顶板来压有哪些一般规律？ …… 52
14. 采煤工作面的顶板来压预报机理与方法有哪些？ …… 53
15. 影响长壁工作面矿压显现的主要因素有哪些？ …… 54
16. 采场矿山压力假说有哪些？其内容分别是什么？ …… 56
17. 我国学者在岩体结构力学模型上的发展如何？ …… 57
18. 单体支柱工作面冒顶类型有哪些？其机理是什么？如何防治？ …… 58
19. 什么是初撑力、始动阻力、初工作阻力、最大工作阻力？ …… 62

20. 目前使用的支柱的力学特性主要有哪几种？ …… 62
21. 液压支架的架型分为哪几类？ …… 63
22. 什么是巷道的卸压保护？其具体措施有哪些？ …… 63
23. 采区巷道有哪些支护类型？ …… 64
24. 如何确定巷道支架承载能力？ …… 66
25. 巷内加强支护有哪几类？ …… 67
26. 巷旁支护有哪些类型？ …… 68
27. 采区巷道的加固有哪几种手段？ …… 69
28. 采区巷道联合支护的基本原理是什么？联合支护方式有哪些？ …… 70
29. 坚硬顶板工作面矿压显现规律如何？ …… 72
30. 长壁工作面难冒顶板如何控制？ …… 73
31. 什么是冲击地压？冲击地压如何防治？ …… 75
32. 对于冲击地压有哪些解危措施？ …… 78
33. 单体液压支柱工作面支护与顶板监测包括哪些内容？ …… 79
34. 爆破采煤工艺包括哪些工序？普通机械化采煤工艺包括哪些工序？综合机械化采煤工艺包括哪些工序？ … 81
35. 什么是及时支护？什么是滞后支护？什么是双向割煤？什么是单向割煤？ …… 81
36. 我国使用综合机械化采煤的主要方式有哪些？ …… 81
37. 单滚筒采煤机左右工作面如何区别？滚筒旋向如何选择？为什么？ …… 82
38. 双滚筒采煤机滚筒位置和旋向如何确定？ …… 82
39. 滚筒采煤机的进刀方式有哪些？ …… 82
40. 滚筒采煤机割煤方式有哪些？ …… 85
41. 双滚筒采煤机不同进刀割煤方式有哪些特点？ …… 86
42. 大倾角机采的工艺有哪些特点？ …… 87
43. 我国采煤工艺方式如何选择？ …… 89

44. 液压支架选型的原则、依据和内容是什么？ …… 90
45. 采煤机如何选型？ …… 90
46. 刮板输送机如何选型？ …… 91
47. 采煤工作面循环作业有哪些基本概念？ …… 92
48. 炮采、普采工作面循环作业有哪些特点？ …… 92
49. 综采工作面循环作业有哪些特点？ …… 95
50. 什么是机采工作面的开机率？提高机采开机率的途径有哪些？ …… 97
51. 工作面的生产能力如何确定？ …… 97
52. 机采工作面如何确定？ …… 98
53. 什么是单一长壁采煤法？单一走向长壁采煤法采区的生产系统如何布置？ …… 99
54. 工作面平巷的坡度和方向如何确定？ …… 102
55. 什么是双工作面布置？其有何特点？ …… 103
56. 工作面回采顺序有哪几种？ …… 104
57. 无煤柱护巷布置主要有哪些？其各自有哪些特点？ …… 104
58. 工作面通风方式与回采巷道布置有哪几种？ …… 105
59. 单一倾斜长壁采煤法回采巷道布置及采煤系统如何？ …… 105
60. 在倾斜长壁采煤法中，什么条件下选用仰斜开采？什么条件下选用俯斜开采？ …… 106
61. 倾斜长壁采煤法采煤工艺有哪些特点？ …… 107
62. 倾斜长壁采煤法有哪些特点？ …… 112
63. 倾斜长壁采煤法在什么条件下适用？ …… 113
64. 什么是大采高一次采全厚采煤法，其综采工作面的矿压显现特点是什么？ …… 113
65. 大采高工作面对综采设备的技术要求有哪些？ …… 114
66. 大采高支架工作面煤壁片帮有哪些规律？ …… 116

67. 大采高一次采全厚采煤法有何特点？在什么条件下适用该种采煤法？ …… 118
68. 什么是倾斜分层长壁采煤法？其分类如何？ …… 118
69. 什么是“分层同采”？什么是“分层分采”？ …… 119
70. 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法回采巷道如何布置？ …… 119
71. 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法回采巷道如何布置？ …… 121
72. 倾斜分层走向长壁采煤法采煤工艺有哪些特点？ …… 126
73. 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法有哪些特点？其适用性如何？ …… 128
74. 什么是放顶煤长壁采煤法？ …… 129
75. 放顶煤工作面液压支架如何分类？放顶煤长壁工作面的矿压显现有哪些特点？ …… 130
76. 顶煤裂碎及移动有什么规律？ …… 131
77. 顶煤放出有何规律？ …… 133
78. 放顶煤采煤法放煤工艺如何？ …… 135
79. 放顶煤工作面采出率如何提高？ …… 139
80. 放顶煤综采工作面如何防治瓦斯及降尘？ …… 141
81. 放顶煤长壁采煤法有何特点？未来发展前景如何？ …… 143
82. 什么是急倾斜煤层？急倾斜煤层采煤法有什么主要特点？ …… 146
83. 急倾斜煤层走向长壁采煤法主要包括哪些？ …… 146
84. 掩护支架采煤法分为哪几类？ …… 147
85. 什么是急倾斜煤层水平分层及斜切分层采煤法？ …… 147
86. 什么是水平分段放顶煤采煤法？什么是仓储采煤法？什么是斜坡采煤法？ …… 148
87. 选择采煤方法要遵循哪些原则？ …… 148

88. 影响采煤方法选择的因素有哪些？ …… 149
89. 采煤方法的发展方向如何？ …… 151
90. 什么是准备？什么是准备巷道？什么是准备方式？ …… 155
91. 采区准备方式如何分类？采区式准备方式有哪几种？ …… 155
92. 缓斜、倾斜煤层采区联合准备时有何优缺点？ …… 156
93. 急倾斜煤层采区式准备方式有何特点？ …… 157
94. 盘区式准备可分为哪几类？各自有何优缺点？ …… 158
95. 带区式准备方式如何布置？ …… 159
96. 采区上山的位置如何选择？ …… 160
97. 采区上山的数目和相对位置如何确定？ …… 162
98. 采区运输上（下）山和轨道上（下）山是如何运输的？ …… 164
99. 区段集中平巷的布置方式有哪几种？ …… 165
100. 什么是采区车场？采区车场的作用是什么？采区车场的巷道包括哪些？ …… 166
101. 采区上部车场、中部车场和下部车场各有哪些形式？ …… 166
102. 辅助运输方式有哪些？对车场巷道布置有什么要求？ …… 167
103. 编制采区设计的依据是什么？ …… 168
104. 采区设计的程序是什么？ …… 169
105. 采区设计的步骤是什么？ …… 170
106. 采区设计的内容有哪些？ …… 171
107. 采区参数包括哪些？煤层群的开采顺序有哪几种？合理的煤层开采顺序应考虑哪些因素？ …… 172
108. 缓倾斜及倾斜煤层群下行式开采，上下两层煤开采时的最小距离如何确定？ …… 173

109. 上行式开采如何判定？ …… 173
110. 采区准备方式的发展方向如何？ …… 175
111. 中国煤矿矿井开拓的发展方向如何？ …… 179
112. 矿井开拓包括哪些内容？ …… 182
113. 矿井开拓应遵循什么原则？ …… 182
114. 影响矿井开拓的因素有哪些？ …… 184
115. 矿井开拓系统的参数包括哪些？ …… 185
116. 矿井储量如何分类？ …… 186
117. 井田的尺寸有哪些要求？ …… 187
118. 影响矿井生产能力的因素有哪些？ …… 190
119. 什么是矿井开采能力？矿井开采能力受哪些条件限制？ …… 192
120. 矿井辅助生产环节对矿井生产能力制约和影响主要从哪几方面考虑？ …… 195
121. 矿井设计服务年限如何计算？矿井及第一水平下限有哪些要求？ …… 196
122. 矿井服务期的阶段如何划分？ …… 198
123. 什么是井田开拓方式？井田开拓方式如何分类？ … 199
124. 立井开拓的井筒如何配置？ …… 199
125. 立井开拓的特点有哪些？其应用与选择的原则是什么？ …… 201
126. 斜井开拓的井筒如何配置？ …… 202
127. 斜井开拓有何特点，其应用与选择的原则是什么？ …… 204
128. 平硐开拓的井硐如何布置？ …… 207
129. 平硐开拓的特点有哪些？其应用与选择的原则是什么？ …… 208
130. 什么是综合开拓？综合开拓应用与选择的原则是什么？ …… 210

131. 井田开拓方式的比较及选用要遵循哪些原则？ …… 213
132. 开采水平的垂高如何确定？ …… 216
133. 上、下山开采有何特点？如何应用？ …… 218
134. 辅助水平如何应用？ …… 221
135. 开采水平的划分及位置选择应遵循什么原则？ …… 222
136. 主、副井筒如何布置？ …… 223
137. 风井如何布置？ …… 227
138. 大巷类型及布置原则是什么？ …… 229
139. 大巷布置方式有哪些？ …… 233
140. 单层、分组与集中大巷如何应用？ …… 233
141. 高产高效矿井大巷布置发展的新方向是什么？ …… 234
142. 什么是井底车场？井底车场有哪些形式？井底车场的调车方式有哪些？ …… 236
143. 井底车场形式的选择原则是什么？ …… 237
第5章 煤炭露天开采 …… 240
1. 什么是露天开采？露天开采与地下开采相比有哪些优、缺点？ …… 240
2. 什么是露天开采工艺？ …… 241
3. 什么是露天开采工艺环节？ …… 241
4. 什么是露天开采工艺系统？ …… 242
5. 影响露天开采工艺选择的因素有哪些？ …… 242
6. 露天矿山工程包括哪些工作？其任务是什么？ …… 243
7. 什么是露天矿开采程序？开采程序的主要研究内容有哪些？ …… 244
8. 什么是自然剥采比？什么是生产剥采比？ …… 244
第6章 煤炭特殊开采 …… 245
1. 什么是“三下一上采煤”？建筑物下采煤的开采方法有哪些？ …… 245
2. 水体下采煤的特点是什么？ …… 247

3. 水体下采煤的技术措施有哪些？ …… 247
4. 铁路下采煤的特点有哪些？ …… 248
5. 铁路下采煤的安全开采措施有哪些？ …… 249
6. 承压水上开采，底板突水的机理是什么？ …… 250
7. 立井煤柱回采技术措施有哪些？ …… 250
8. 什么是充填法采煤？充填法采煤如何分类？ …… 252
9. 什么是水力采煤？ …… 253
第7章 煤炭技术经济与管理 …… 254
1. 煤炭技术经济的主要任务是什么？开展煤炭经济工作有什么重要意义？ …… 254
2. 矿井建设方案技术经济比较应具备的条件是什么？如何进行技术经济比较？ …… 254
3. 矿井建设项目比较常用的方法有哪些？ …… 255
4. 如何进行盈亏平衡分析？ …… 255
5. 什么叫成本核算？什么是固定资产？固定资产有哪些类型？ …… 256
6. 什么是固定资产折旧？什么是大修费？什么是维简费？ …… 257
7. 什么叫流动资金？流动资金分哪些类型？ …… 257
8. 什么叫专项资金？专项资金有哪些种类？ …… 258
9. 什么叫利润？利润指标有哪些？ …… 258
10. 矿山企业管理工作有什么特点？ …… 258
11. 什么是矿长负责制？矿长有哪些职权和责任？ …… 259
12. 矿山安全管理内容包括哪些？什么是安全生产责任制？ …… 259
13. 矿山安全检查的内容有哪些？ …… 260
14. 什么是矿山事故？矿山事故有哪些分类？ …… 261
参考文献 …… 263

第1章
煤炭开采基础知识

1. 什么是煤田？什么是矿区？

在地质历史发展过程中，同一地质时期形成并大致连续发育的含煤岩系分布区称为煤田。统一规划和开发的煤田或其一部分则称为矿区。

2. 什么是井田？什么是井田范围？

划分给一个矿井（或露天矿）开采的那一部分煤田，谓之井田（矿田）。井田范围是指井田沿煤层走向的长度和倾向的水平投影宽度。

3. 什么是矿井生产能力？什么是矿井核定生产能力？

矿井生产能力一般是指矿井的设计生产能力，以万吨/年（或兆吨/年，1Mt/a=100×10⁴t/a）表示。有些生产矿井原来的生产能力需要改变，因而要对矿井各生产系统的能力重新核定，核定后的综合生产能力称为矿井核定生产能力。

4. 什么是矿井的井型？

根据矿井生产能力不同，我国把矿井划分为大、中、小三种类型，称为井型。

（1）大型矿井　生产能力为1.20Mt/a、1.50Mt/a、1.80Mt/a、2.40Mt/a、3.00Mt/a、4.00Mt/a、5.00Mt/a和5.00Mt/a以上的矿井。3.00Mt/a及其以上的矿井又称特大型矿井。

（2）中型矿井　生产能力为45×10⁴t/a、60×10⁴t/a、90×10⁴t/a的矿井。

（3）小型矿井　生产能力为9×10⁴t/a、15×10⁴t/a、21×

10^4t/a 和 30×10^4t/a 的矿井。

我国国有重点煤矿多为大、中型矿井，地方国有煤矿多为中小型矿井，乡镇煤矿多是小煤窑，年产量多小于 3×10^4t/a。

5. 什么是矿井年产量？

年产量是指每年实际生产出来的煤炭量，其数值常常不同于矿井生产能力，而且每年的产量常不相等。

6. 什么是矿山井巷？矿山井巷如何分类？分别举例说明。

在煤矿地下开采中，为了提升、运输、通风、排水、动力供应等需要而开掘的井筒、巷道和硐室总称为矿山井巷。

矿山井巷根据井巷的长轴线与水平面的关系可以分为直立巷道、水平巷道和倾斜巷道三类。

(1) 直立巷道　巷道的长轴线与水平面垂直，如立井、暗井等。

(2) 水平巷道　巷道的长轴线与水平面近似平行，如平硐、平巷、石门等。

(3) 倾斜巷道　巷道的长轴线与水平面有一定夹角的巷道，如斜井、上山、下山、斜巷等。

7. 什么是立井？什么是主井？什么是副井？什么是暗立井？

立井又称竖井，为直接与地面相通的直立巷道。

专门或主要用于提升煤炭的井叫做主井。

主要用于提升矸石、下放设备器材、升降人员等辅助提升工作的井叫做副井。

暗立井又称盲竖井、盲立井，为不与地面直接相通的直立巷道，其用途同立井。

8. 什么是溜井？什么是溜煤眼？

专门用来溜放煤炭的暗立井称为溜井。位于采区内部、高度不大、直径较小的溜井称之为溜煤眼。

9. 什么是平硐？什么是平巷？什么是煤层平巷？什么是岩石平巷？

平硐是直接与地面相通的水平巷道。它的作用类似立井，有主平硐、副平硐、排水平硐和通风平硐等。

平巷是与地面不直接相通的水平巷道，其长轴方向与煤层走向大致平行。

平巷布置在煤层内的称为煤层平巷。平巷布置在岩层中的称为岩石平巷。

10. 什么是大巷？什么是运输平巷？什么是回风平巷？

为开采水平服务的平巷常称为大巷，如运输大巷。

直接为采煤工作面服务，以担负煤炭的运输为主要任务的平巷叫做运输平巷（也称下顺槽）。

直接为采煤工作面服务，以担负工作面回风为主要任务的平巷叫做回风平巷（也称上顺槽）。

11. 什么是石门？什么是主要石门？什么是采区石门？

与地面不直接相通的水平巷道，其长轴线与煤层直交或斜交的岩石平巷称为石门。

为开采水平服务的石门称为主要石门。

为采区服务的石门称为采区石门。

12. 什么是煤门？什么是斜井？什么是暗斜井？

在厚煤层内与煤层走向直交或斜交的水平巷道，称为煤门。

与地面直接相通的倾斜巷道，其作用与立井和平硐相同。

不与地面直接相通的斜井称为暗斜井或盲斜井。

13. 什么是采区上、下山？什么是运输上、下山？什么是轨道上、下山？什么是通风、行人上、下山？

服务于一个采（盘）区的倾斜巷道，上山用于开采其开采水平以上的煤层，下山用于开采其开采水平以下的煤层。

安装输送机的上、下山叫做运输上、下山。

铺设轨道的上、下山叫做轨道上、下山。

用做通风、行人的上、下山叫做通风行人上、下山。

14. 什么是斜巷？什么是硐室？

不直通地面且长度较短的倾斜巷道，用于行人、通风、运料等，此外，溜煤眼和联络巷有时也是倾斜巷道。

硐室是空间三个轴线长度相差不大且又不直通地面的地下巷道，如绞车房、变电所、煤仓等。

15. 什么是阶段？什么是水平？什么是开采水平？阶段与水平有什么区别？

在井田范围内，沿着煤层的倾向，按一定标高把煤层划分为若干个平行于走向的长条部分，每个长条部分称为一个阶段。

水平用标高（m）来表示。如－150m、＋100m、＋150m 等。在矿井生产中，为说明水平位置、顺序，相应地称其为－150 水平、＋100 水平、＋150 水平等；或称为第一水平、第二水平、第三水平等。

通常将设有井底车场、阶段运输大巷并且担负全阶段运输任务的水平称为“开采水平”，简称“水平”。

一般来说，阶段与水平的区别在于：阶段表示井田的一部分范围，水平是指布置大巷的某一标高水平面。但是，广义的水平不仅表示一个水平面，同时也是指一个范围，即包括所服务的相应阶段。

16. 井田内如何划分？阶段内如何再划分？

一个井田的范围相当大，其走向长度可达数千米到万米，倾斜长度可达数千米。因此，必须将井田划分为若干个更小的部分，才能有规律地进行开采，一般将井田划分为阶段和水平。

井田划分为阶段后，阶段内的范围仍然较大，通常要再划分。阶段内的划分一般有三种方式：采区式、分段式和带区式。

17. 什么是开拓巷道？什么是准备巷道？什么是回采巷道？

一般来说，为全矿井、一个水平或若干采区服务的巷道，如井

筒、井底车场、主要石门、运输大巷和回风大巷（或总回风道）、主要风井，称为开拓巷道。

为一个采区或数个区段服务的巷道，如采区上下山、采区车场、采区硐室，称为准备巷道。

仅为采煤工作面生产服务的巷道，如区段运输平巷、区段回风平巷、开切眼，叫做回采巷道。

18. 什么是矿山压力？什么叫矿山压力控制？

地上岩体在受到开挖以前，原岩应力处于平衡状态。开掘巷道或进行回采工作时，破坏了原始的应力平衡状态，引起岩体内部的应力重新分布，直至形成新的平衡状态。这种由于矿山开采活动的影响，在巷硐周围岩体中形成的和作用在巷硐支护物上的力定义为矿山压力，在相关学科中也称为二次应力或工程扰动力。

所有减轻、调节、改变和利用矿山压力作用的各种方法，均叫做矿山压力控制。

19. 什么是原岩？什么是原岩应力？什么是原岩应力场？

地壳中没有受到人类工程活动（如矿井中开掘巷道等）影响的岩体称为原岩体，简称原岩。存在于地层中未受工程扰动的天然应力称为原岩应力。天然存在于原岩内而与人为因素无关的应力场称为原岩应力场。

20. 什么是岩石？岩石如何分类？

由一种或数种矿物聚积构成的、近于均质的矿物体叫做岩石，如玄武岩、花岗岩、石灰岩等。

岩石分为两大类：原生岩、疏松覆土层。其中原生岩又分为火成岩、沉积岩和变质岩三种。

火成岩是由地球深处上升的熔融岩浆侵入地壳裂缝后凝固生成的岩石。

沉积岩是由细小的矿物颗粒和有机物在集水地区沉积生成的岩石。

变质岩是由古代火成岩或沉积岩受高温、高压和化学作用变化生成的岩石。

凡是由原生岩受地面水、风和温度变化等作用破坏形成的碎屑堆积体，叫做疏松覆土层或冲击层。覆土层的厚度对于选择采矿方法，特别是开拓方式影响甚大。

21. 什么是岩石的密度？什么是岩石的相对密度？

岩石的密度 ρ(kg/m^3）是指单位体积（m^3）岩石（包括空隙体积）的质量（kg)。

岩石的相对密度 Δ 是指岩石固体部分实体积 V_c（不包括空隙体积）的质量与相同体积的4℃水的质量之比。

22. 什么是岩石的孔隙性？什么是岩石的孔隙度？

岩石的孔隙性是岩石中孔洞和裂隙发育程度的指标，常用孔隙度表示，有时也用孔隙比来表示。

岩石的孔隙度是指岩石中各种孔洞和裂隙体积总和与岩石总体积之比，也称孔隙率，表达式为

$$n=\frac{V_0}{V}\times 100\%$$

式中 n——岩石的孔隙率，%；

V_0——岩石中孔隙的总体积，m^3；

V——岩石的总体积，m^3。

岩石的孔隙比是指岩石中各种孔洞和裂隙体积总和与岩石内固体部分实体积之比。

23. 什么是岩石的碎胀性和压实性？

岩石的碎胀性是指岩石破碎后的体积比破碎前的体积增大的性质，常用岩石的碎胀系数来表示。岩石的碎胀系数是岩石破碎后处于松散状态下的体积与岩石破碎前处于整体状态下的体积之比。

岩石的压实性是指岩石破碎后，在其自重和外加载荷作用下逐渐压实使体积减小的性质。

24. 什么是岩石的透水性？

岩石能被水透过的性能称为岩石的透水性，衡量岩石透水性的指标为渗透系数。由于目前对于水在岩石中的渗流规律还不完全清楚，其研究方法也不够完善，通常近似于服从达西定律。

渗透系数一般通过在钻孔中进行抽水试验或压水试验测定。

25. 什么是岩石的软化性？什么是软化系数？

岩石的软化性是指岩石浸水后其强度降低的性质，通常用软化系数表示水对岩石强度的影响程度。

软化系数是指水饱和岩石试件的单轴抗压强度与干燥岩石试件单轴抗压强度之比。

岩石普遍具有软化性，即软化系数一般小于 1，软化系数越小，岩石受水的影响就越小。

26. 什么是岩石的膨胀性和崩解性？什么是膨胀应力？什么是膨胀率？

岩石的膨胀性和崩解性主要是松软岩石所表现出来的特征，尤其是含有大量黏土矿物（如蒙脱石、高岭土和水云母等）的软岩，遇水后更易产生膨胀和崩解。

岩石的膨胀性是指软岩浸水后体积增大的性质，相应地会引起压力的增大。岩石遇水膨胀的特性可用膨胀应力和膨胀率这两个指标来表示。

岩石的膨胀应力是指岩石与水进行物理化学反应后，随时间变化会产生体积增大现象，这时使试件体积保持不变所需施加的压力。

岩石的膨胀率是指岩石增大后的体积与原体积的比率。

27. 什么是岩石的吸水性和抗冻性？

遇水不崩解的岩石在一定试验条件下（规定的试样尺寸和试验压力）吸入水分的性能称为岩石的吸水性。

岩石的抗冻性是指岩石抵抗冻融破坏的能力。

28. 什么是岩石的容热性和热膨胀性？

岩石的容热性指岩石进行热交换时所吸收热量的能力。

岩石的热膨胀性是指岩石受热后其体积和长度发生膨胀的性质。

29. 什么是岩石的弹性变形？什么是岩石的塑性变形？什么是岩石的黏性变形？表征岩石变形的指标有哪些？

岩石的弹性变形是指卸载后岩石变形能完全恢复到其原始状态的性质。

岩石的塑性变形是指岩石在外力作用下当超过其屈服极限应力时仍能发生变形，撤去外力后不能完全恢复其原始状态的性质，亦称残余变形。

岩石的黏性变形是指岩石在外力作用下变形不能在瞬间完成，且应变的速率随应力的变化而改变，当外力撤去后，不能恢复其原始状态的性质。

表征岩石变形的指标一般有泊松比、弹性模量和体积变形模量等。

30. 什么是岩石的抗剪强度？什么是岩石的单轴抗压强度？什么是岩石的单轴抗拉强度？

岩石的抗剪强度指岩石抵抗剪切破坏的极限强度（剪切面上的切向应力），它是岩石力学性质中最重要的指标之一。

岩石的单轴抗压强度指岩石试件在无侧压且只受轴向荷载作用下所能承受的最大压应力，是目前地上工程中使用最广泛的岩石力学性质参数。

岩石的单轴抗拉强度指岩石试件在单轴拉应力作用下所能承受的最大值。

31. 什么是岩石的变形时间效应和流变？岩石的流变性质有哪些？

各种岩土工程都和时间因素有关，时间对岩石变形特性的影响

称为岩石的变形时间效应，与时间因素有关的应力应变现象统称为流变。

岩石的流变性质包括蠕变、松弛、弹性后效和黏性流动。蠕变是指应力不变条件下，应变随时间延长而增加的现象；松弛是指应变一定时，应力随时间延长而减小的现象；弹性后效是指加载（或卸载）后经过一段时间应变才增加（或减小）到一定数值的现象；黏性流动是指岩石在蠕变发生一段时间以后卸载，部分变形永久不能恢复的现象。

32. 什么是岩体？什么是结构面？

岩体为地质体的一部分，并且是由处于一定地质环境中的各种岩性和结构特征岩石所组成的集合体，也可以看成是由结构面所包围的结构体和结构面共同组成的。

结构面又称为弱面，是指在地质历史（尤其是地质构造变形）中所形成的具有一定方向、厚度较小和有一定延展长度的地质界面。

第2章
煤矿地质与测量

1. 煤矿地质学的研究对象是什么？

煤矿地质学的研究对象主要是煤矿建设、生产过程中出现的各种地质问题，包括煤层赋存、地质构造、水文地质、工程地质、瓦斯地质、煤尘等方面的情况。煤矿地质学运用地质学的基础理论，查明影响煤矿建设、生产的各种地质因素及其规律性，研究相应的处理方案和措施，保证煤炭资源的正常开采与合理利用。

2. 煤矿地质学的主要研究内容有哪些？

煤矿地质学主要研究内容包括：a. 矿物学、岩石学；b. 构造地质学；c. 古生物学、地史学；d. 煤田地质与勘探；e. 水文地质学；f. 瓦斯地质学；g. 矿井地质学。

3. 煤矿地质学的主要任务有哪些？

① 研究煤矿地质规律；
② 矿井地质工作；
③ 矿井储量管理；
④ 水文地质调查；
⑤ 地质灾害预测预报；
⑥ 环境地质调查；
⑦ 矿产资源综合利用。

4. 什么是地质作用？什么是内力地质作用？什么是外力地质作用？

自然动力促使地球物质组成、内部构造和外部形态发生变化与发展的过程称为地质作用。

主要由地球旋转、重力、放射性元素蜕变、地热以及结晶相变、化学性质活泼的流体等在地球内部产生的动力，促使地壳或岩石圈的物质组成、内部构造及外部形态发生变化的过程称为内力地质作用。

大气、水和生物在太阳辐射、重力能和日月引力等影响下产生的动力对地壳表层进行的各种作用，统称外力地质作用。按作用的方式及其产物，外力地质作用可分为风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用。

5. 岩石的概念及其分类如何？

岩石是天然产出的矿物集合体，具有一定的结构、构造特征，是地质作用的产物。

自然界的岩石种类很多，已知有名称的岩石达一千多种，按其成因可分为三大类。

（1）火成岩　主要由高温熔融的岩浆侵入地壳或喷出地表冷凝形成的岩石，亦称岩浆岩。

（2）沉积岩　主要由母岩风化剥蚀的产物、火山碎屑物质、生物遗骸等经过搬运、沉积、固结形成的岩石。

（3）变质岩　先已存在的火成岩、沉积岩或变质岩受物理和化学条件变化的影响改变其结构、构造和矿物成分而形成的新的岩石。

6. 火成岩的主要类型有哪些？沉积岩的主要类型有哪些？变质岩的主要类型有哪些？

火成岩的主要类型有橄榄岩、辉长岩、玄武岩、闪长岩、安山岩、正长岩、花岗岩和流纹岩等。

沉积岩的主要类型有砾岩与角砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩与页岩、火山碎屑岩、石灰岩、白云岩和硅质岩等。

变质岩的主要类型有角岩、大理岩、石英岩、夕卡岩、糜棱岩、板岩、千枚岩、片岩和片麻岩等。

7. 地层单位的分类如何？

地层单位可以分为岩石地层单位、生物地层单位、年代地层单

位和地质年代单位。

岩石地层单位是以地层的岩石特征和岩石类别作为划分依据的地层单位。它一般是适用于地区性的地层单位。岩石地层单位包括群、组、段、层四个级别。

生物地层单位是根据地层中所含的生物化石内容和特征而划分出来的地层单位，是以含有相同化石内容和分布特征、并与邻层化石有别的三度空间岩层体。

对一个地区的地层划分来说，生物地层单位并不是普遍建立的，那些缺少化石的地层无法建立生物地层单位，因而各生物地层单位之间也不一定是相互连接的。生物地层单位不再分级，统称生物带，但根据所含化石组合特征分出不同类型：a. 组合带，指所含化石内容在整体上构成与相邻地层不同自然组合的地层体；b. 延限带，指任一生物分类单位在其整体延续范围之内所占据的地层体；c. 顶峰带，指某些化石种、属或其他分类单位最繁盛的一段地层。

年代地层单位是以岩层形成的时代为依据划分的地层单位，代表地史中一定时间范围内形成的全部地层。地质年代单位是以特定的地质时间间隔划分的时间单位，代表地史中一定时间范围。

年代地层单位与地质年代单位具有紧密对应的关系，按地史中生物演化的阶段可建立 6 个级别的年代地层单位，它们分别是：宇、界、系、统、阶、时带，与它们对应的地质年代单位是：宙、代、纪、世、期、时。

8. 什么是岩层的产状？岩层的产状要素有哪些？

岩层在空间的产出状态和方位称为岩层的产状。岩层的产状要素通常用岩（煤）层的走向、倾向和倾角来表示。

岩层走向表示岩层在空间的水平延展方向。

岩层倾向表示岩层向地下倾斜延伸的方向。

岩层的倾角表示岩层的倾斜程度。

9. 什么是断层？断层要素有哪些？断层分为哪几类？

断层是破裂面两侧的岩石有明显相对位移的一种断裂构造。

断层要素是断层基本组成部分的总称，是用以描述断层空间形态特征的几何要素。主要包括断层面、断层线、断盘、交面线、断距等。

（1）断层面 岩层断裂发生相对位移总是沿着一定的破裂面进行的，此破裂面即称为断层面。

（2）断层线 断层线是指断层面与地面的交线，也就是断层面在地面上的出露线。它可以是直线，也可以是曲线，其形态由断层面形态、断层面产状以及地形起伏状况决定。

（3）断盘 断层面两侧相对位移的岩块称为断盘。相对向上移动的岩块称为上升盘，相对向下移动的岩块称为下降盘。当断层面倾斜时，位于断层面上方的岩块称为上盘，位于断层面下方的岩块称为下盘；当断层面直立时，则无上、下盘之分，这时，则可根据断层走向和两盘的相对位置给予命名，如东盘和西盘、北盘和南盘等。

（4）交面线 断层面与岩层面（一般取岩层底面）的交线称为交面线。断层面与煤层面的交线称为煤层交面线，又称断煤交线。

（5）断距 断层两盘相对位移的距离称为断距。

断层的分类方案很多，这里仅介绍几种常用的分类方案。

（1）根据断层两盘相对位移的方向分类，可分为正断层、逆断层和平移断层。

① 正断层 指断层上盘相对下降，下盘相对上升的断层。一般认为岩层受水平拉伸作用发生张裂，同时在重力作用下上盘相对下滑形成正断层。

② 逆断层 指断层上盘相对上升，下盘相对下降的断层。一般认为岩层受水平挤压作用而发生断裂，并在水平挤压力的继续作用下，上盘相对上升即形成逆断层。

③ 平移断层 亦称平推断层。指断层两盘沿断层面作水平方向相对移动的断层。一般认为它是岩层受水平扭动作用而形成的产物。

（2）根据断层走向和所切割岩层走向的关系分类，可分为走向

断层、倾向断层和斜交断层。

① 走向断层　断层走向与岩层走向基本一致。

② 倾向断层　断层走向与岩层走向基本直交。

③ 斜交断层　断层走向与岩层走向明显斜交。

(3) 根据断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向的关系分类，可分为纵断层、横断层和斜断层。

① 纵断层　断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向一致的断层。

② 横断层　断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向基本垂直的断层。

③ 斜断层　断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向斜交的断层。

(4) 断层的组合类型　断层往往不是单独出现，而是成群出现，在断层发育地区，常组合成一定形式，从而构成断层的某种组合类型。自然界中，断层的组合类型有地垒和地堑、阶梯状构造、叠瓦状构造等。

① 地垒和地堑　通常由两条以上正断层组成。若断层倾向相背，中间断盘相对上升，两边断盘相对下降，称其为地垒；反之，若断层倾向相对，中间盘相对下降，两边盘相对上升，则称其为地堑。

② 阶梯状构造　由两条或两条以上产状大体一致的正断层组合在一起而使上盘在剖面上呈阶梯状向同一方向依次下降，这种断层的组合形式称为阶梯状构造。

③ 叠瓦状构造　由数条产状大致相同的逆断层组合在一起，其上盘在剖面上呈叠瓦状向同一方向依次上推，这种断层组合形式称为叠瓦状构造。

10. 煤层如何分类？

煤层倾角、厚度及其变化情况（即煤层稳定性）对采矿技术影响很大，所以在采矿工作中常将煤层据此加以分类。

（1）按煤层倾角分类（表 2-1）

表 2-1　按煤层倾角的分类情况

煤　层	露天开采	地下开采
近水平煤层	<5°	<8°
缓倾斜煤层	5°～10°	8°～25°
倾斜煤层	10°～45°	25°～45°
急倾斜煤层	>45°	>45°

（2）按煤层厚度分类（表 2-2）

表 2-2　按煤层厚度的分类情况

煤　层	露天开采	地下开采
薄煤层	<3.5m	<1.3m
中厚煤层	3.5～10m	1.3～3.5m
厚煤层	>10m	>3.5m

（3）按煤层稳定性分类　煤层稳定性指煤层形态、厚度、结构和可采性的变化程度。按照矿区（或井田）的煤层变化程度（即稳定程度）划分为四类。

① 稳定煤层　煤层厚度变化很小，规律明显，结构简单至较简单，全区可采或基本全区可采。

② 较稳定煤层　煤层厚度有一定变化，但规律较明显，结构简单至较简单，全区可采或大部分可采，可采范围内煤层厚度变化不大。

③ 不稳定煤层　煤层厚度变化较大，无明显规律，结构复杂至极复杂。

④ 极不稳定煤层　煤层厚度变化极大，呈透镜状、鸡窝状、一般不连续，很难找出规律，可采块段分布零星，或为无法进行分层对比，且层组对比也有困难的复煤层。

11. 什么是煤层的顶板、底板？

（1）顶板　顶板指位于煤层上方一定距离的岩层。根据顶板岩层岩性、厚度以及采煤时顶板变形特征和垮落难易程度，将顶板分

为伪顶、直接顶、基本顶三种。

① 伪顶　是指直接覆盖在煤层之上的薄层岩层。它极易垮塌，常随采随落，所以它都混杂在原煤里，增加了煤的含矸率。

② 直接顶　位于伪顶之上。岩性多为粉砂岩或泥岩，厚度为1～2m左右。它不像伪顶那样容易垮塌，但采煤回柱后一般能自行垮落，有的经过人工放顶后也较易垮落。

③ 基本顶　又称“老顶”，位于直接顶之上。岩性多为砂岩或石灰岩，一般厚度较大，强度也大。基本顶一般采煤后长时期内不易自行垮塌，只发生缓慢下沉。

值得注意的是，并不是每个煤层都可分出上述三种顶板。有的煤层可能没有伪顶，有的煤层可能连伪顶、直接顶都没有，煤层之上直接覆盖基本顶。

(2) 底板　底板指位于煤层下方一定距离的岩层。底板分为直接底和老底两种。

① 直接底　指煤层之下与煤层直接接触的岩层。它往往是当初沼泽中生长植物的土壤，富含根须化石，所以又称为根土岩。岩性以碳质泥岩最为常见，厚度不大，常为几十厘米。

② 老底　指位于直接底之下的岩层。其岩性多为粉砂岩或砂岩，厚度较大。

有的煤矿往往将一些永久性巷道布置在老底中，这样有利于巷道的维护。

12. 煤层厚度变化对煤矿生产的影响主要表现在哪几个方面？

煤层厚度变化对煤矿生产的影响主要表现在以下四个方面。

(1) 影响采掘部署　煤厚变化直接影响到开采设计和采掘部署。例如原为分层开采的厚煤层，由于煤层变薄，只能改为单层开采；原为一次采全厚的煤层，由于煤层增厚必须改为分层开采。这样就需要重新调整巷道布置。又如在已开拓区内，由于有大片煤层变薄甚至出现无煤区，使部分区段不可采，需要重新设计采区和工

作面。

(2) 影响计划生产 采煤生产是多工序按计划连续作业，如果回采工作面内煤层厚度变薄，会打乱原来的工作计划，使工作面提前结束，造成采掘失调，工作面接续紧张。

(3) 掘进率增高 为探明煤厚变化，必须布置一些专门探巷。由于煤层分叉变薄，可能使巷道掘进到叉尖而造成废巷。另外，对煤厚变化原因判断失误也可能造成废巷。以上种种都会增加巷道掘进的数量，使掘进率增高。

(4) 回采率降低 煤层厚度变化大，常造成回采工作中的面积损失和厚度损失，降低了回采率。

13. 断层在煤矿生产中有哪些影响?

断层破坏了煤层的连续性和完整性，给煤矿生产造成了很大的影响。断层规模不同，对生产的影响程度不同。目前对断层规模等级的划分标准尚不统一，根据煤矿工作实践，建议采用下列划分标准：落差大于50m为特大型断层，落差为50～20m为大型断层，落差为20～5m为中型断层，落差小于5m为小型断层。

断层对煤矿生产的影响主要表现在7个方面。

(1) 影响井田划分 断层是井田划分的主要依据之一。在井田划分时，若井田内存在着大断层，必然会增加岩石巷道掘进量，并给掘进、运输、巷道维护、矿井水和矿井瓦斯防治等带来困难。

(2) 影响井田开拓方式 若井田内存在大型断层，煤层必然被截割成若干不连续的块段，断层附近煤层倾角加大，井田内煤层产状变化复杂，开拓方式的选择受到限制。

(3) 影响采区和工作面布置 井田内不同类型中、小型断层的存在，会给回采、运输、顶板管理和正规作业循环等造成困难，使煤矿生产水平划分，采区划分和工作面布置受到不同程度的影响。

(4) 影响安全生产 由于断层带岩石破碎，岩石强度降低，容易聚集瓦斯、导通地表水和地下水，引发矿井突水、瓦斯突出和坍塌冒顶事故。

(5) 增加煤炭损失量　断层两侧需留有一定宽度的断层煤柱，形成煤炭损失，断层越多，断层煤柱损失量越大。

(6) 增加巷道掘进量　在巷道掘进中遇断层，可能会引起生产设计方案调整和寻找断失煤层，导致巷道掘进量增加，甚至会形成大量废巷。

(7) 影响煤矿综合经济效益　煤层内断层的破坏程度与煤矿劳动生产率，吨煤成本、千吨掘进率、煤损失率和机械化开采水平等有着密切关系，直接影响着煤矿生产的经济效益。

14. 在煤矿生产中，断层揭露前有哪些征兆？

① 煤层和顶底板岩石中裂隙显著增加，一般越靠近断层裂隙增加越明显。

② 煤层产状发生显著变化。

③ 煤层厚度发生变化，煤层顶底板出现不平行现象。

④ 煤层结构发生变化，滑面增多，出现揉皱和破碎现象，煤呈鳞片状、粉末状，常有小褶曲出现。

⑤ 在大断层附近常伴生一系列小断层，这些小断层与大断层性质相同，是大断层的伴生小构造。

⑥ 在高沼气矿井，巷道中的瓦斯涌出量有明显变化的地段可能有断层存在。

⑦ 充水性强的矿井，巷道接近断层时，常出现滴水、淋水以至涌水等现象。

上述各种征兆不一定在所有断层带都出现，有的可能只出现其中几项，也有的断层甚至没有什么征兆。

15. 在开拓设计阶段对断层做如何处理？

(1) 井田边界和采区边界的确定　凡是井田内遇到落差大于50m的特大断层时，应以该大型断层作为井田边界，以便把井田边界煤柱和断层保安煤柱合为一体，减少煤柱损失，同时又可以避免三角煤，提高资源回收率。

划分采区时，也应以断层作为采区边界，但采区的走向长度应

尽量与正常采区走向长度近似。

(2) 井筒位置的选择 如果井筒布置在断层带上，不但压力大，施工困难，而且易造成煤层和含水层接近甚至接触，给井筒延深带来困难。因此，一般立井井筒要布置在倾角较大的大断层下盘，距断层 30～50m 以外的位置。对于倾角小的断层，立井井筒无法避开断层时，只能在井筒施工过程中采取必要的保安措施，选择煤层层数少的地点穿过断层，且井底车场的位置要避开断层带，斜井井筒也要以同样的原则处理。

(3) 运输大巷的布置 运输大巷是长期使用的主要巷道，须布置在较坚硬的岩层中，且尽量少改变方向。但在断层错动处，断层上、下盘的煤岩层位移较大，甚至与另一盘的含水层相遇，因此必须考虑巷道的改道问题。

(4) 采区内块段划分 被断层切割破坏的地区，要综合考虑断层的位置、落差、被切割块段的大小和形态，以及已有的生产系统等因素来划分开采块段，要尽可能地将较大断层留在各块段之间的煤柱当中。

(5) 井田开拓方式的确定 选择井田开拓方式时，要考虑各种地质因素的影响，其中断层占重要地位。在缓倾斜煤层中，用斜井开拓较好，但是如果煤层遭到断层破坏，产状发生变化，就应采用立井结合主要石门的开拓方式。

16. 巷道掘进阶段对断层如何处理?

(1) 平巷过断层 平巷过断层分为穿过煤层顶板（或底板）和顺断层面掘进两种方式。

(2) 倾斜巷道过断层 上山、下山等倾斜巷道遇断层后，可以根据生产的要求采取多种形式通过断层。

17. 回采阶段对断层如何处理?

(1) 采用强行通过的方法 当断层落差较小，并满足下列情况之一者，可以采用强行通过断层的方法。

① 在普采及炮采工作面内断层落差小于煤厚时；

② 在综采工作面内，当断层两盘对接部分的煤厚大于液压支架的最小支撑高度时；

③ 在综采工作面内，当断层两盘对接部分的煤厚小于液压支架的最小支撑高度，但煤层顶底板岩性较软，采煤机能切割时。

(2) 采用重开切眼的方法　当断层落差大于煤厚时，对于倾向断层或斜交断层可采用重开切眼的方法，即提前在断层另一盘重新开掘切眼，待工作面推进到断层处，停止回采，工作面搬家到新切眼内继续开采。

(3) 采用划小工作面的方法　当断层落差大于煤厚时，对于走向断层，可在断层两侧补掘中间平巷，把原来一个采面划分为两个采面分别回采。对于落差一端大、一端小的斜交断层，可采用合采与分采结合的方法。

18. 岩浆侵入对煤矿生产有哪些影响？

(1) 岩浆侵入对煤质的影响　岩浆侵入使煤层发生变质作用，并使煤质变劣。其变质程度由岩浆的成分、侵入体大小、形态及侵入煤层的位置所决定。一般说来，岩浆侵入引起的变质作用有以下规律：

① 岩墙切割煤层，对煤质影响小，通常只是岩墙两侧几米的煤发生变质；

② 侵入体的大小、厚度直接影响变质程度；

③ 侵入体岩性对煤质的影响，一般认为辉绿岩影响最大，闪长岩次之，石英斑岩影响最小；

④ 岩浆侵入煤层，形成一个热力变质带。

(2) 岩浆侵入对煤矿生产的影响　岩浆侵入对煤矿生产的影响主要表现在以下三个方面：

① 减小煤炭储量，缩短矿井服务年限；

② 使煤质变差，灰分增高，挥发分显著降低，黏结性遭到破坏；

③ 破坏煤层的连续性。

19. 什么是矿井充水？什么是矿井水？矿井充水的水源有哪几种？

在矿井建设和生产过程中，各种类型水源进入采掘空间的过程称为矿井充水。进入到工作面及井巷内的水，称为矿井水。矿井充水的水源有四种，即矿体及围岩空隙中的地下水、地表水、老窑积水和大气降水。

20. 什么是煤田地质勘探？其目的是什么？煤田地质勘探分哪几个阶段？

煤田地质勘探又称煤炭资源地质勘探，是寻找和查明煤炭资源的地质工作。其目的是寻找煤矿床、圈定煤炭储量，为煤矿设计、建设提供科学依据。

煤田地质勘探阶段又称煤田地质勘探程序，一般可划分为找煤（初步普查）、普查（详细普查）、详查（初步勘探）、精查（详细勘探）四个阶段。

21. 煤田地质勘探方法有哪些？

从找煤到满足另三个勘探阶段的精度要求，需要一系列的勘探手段和方法。常用的方法有以下四种。

（1）地质测量　贯穿勘探的各个阶段，只是详细程度和精确度不同，除测量地形外，还对天然煤层露头进行测量和描述，把煤系地层、煤层产状和构造等测绘在地形图上，绘制成地质图。

（2）掘探工程　靠近地表浅部，一般利用开凿探槽、探井（斜井或立井）、探巷等揭露煤系，采集煤样。

（3）钻探工程　利用钻机向地下钻孔，利用空心钻头和钻杆来获取岩、煤芯，以取得必要的资料。它是矿区详查和井田精查的主要技术手段。

（4）物探工程　利用岩石、煤层等矿床所具有的不同物理性质（磁性、密度、电阻率、弹性波传播速度、放射性等），用高灵敏度的仪器查找异常区域，推断地质构造和可能的矿床。较常用的方法有地震法、电法和测井等。

22. 与煤矿生产有关的主要地质图件有哪些?

与煤矿生产有关的主要地质图件包括地形地质图、地质剖面图、水平切面图、煤层底板等高线图、煤层立面投影图、煤岩层对比图、地层综合柱状图及水文地质图等。

23. 什么是矿井“三量”?

在开拓、采区准备和回采工作面开切阶段掘进的巷道分别称为开拓巷道、准备巷道和回采巷道，而由这三种巷道圈定和构成的可采储量分别称为开拓煤量、准备煤量和回采煤量，简称“三量”。通常用“三量”来反映矿井采掘工程效果、生产准备情况和采掘关系。搞好“三量”管理是保证矿井生产正常接续、稳产高产的重要环节。

24. 矿山测量包括哪些内容?

矿山测量是矿山建设和生产期间全部测量工作的总称。其主要内容是在矿山建设和生产期间进行地表、地下工程的施工测量，测绘各种采掘工程图和专用图，进行采空区围岩、地表及边坡的移动观测研究和参加地表各种建筑物、构筑物和水体下的开采试验，绘制矿体几何图，对采掘工程的数量、质量、采矿量等进行验收、统计和监督；参与采掘计划的编制，对矿区生产的正常进行及安全作业起指导和监督作用。

25. 矿山测量常用的仪器设备有哪些?

矿山测量常用的仪器设备有以下几种。

(1) 水准仪　水准仪是用来测量地面各点间高差的仪器，常用的型号有 DS_{05}、DS_1、DS_2、DS_3、DS_{10}、DS_{20}等。

(2) 经纬仪　经纬仪是用来测量点间角度的仪器。常用的型号有 DJ_{07}、DJ_1、DJ_2、DJ_6、DJ_{15}等。

(3) 测距仪　经纬仪和水准仪上望远镜都有视距装置，利用视距丝配合视距尺，就可以测量视距。专用设备还有电磁波测距仪。电磁波测距仪包括激光、红外光光电测距仪和以厘米波为载波的微

波测距仪，常用的是红外测距仪，型号有 PCH-05、D_{14}、D_{14L}、D_{15S}等。

（4）实际测量中，还需三角架、图板、重锤、求积仪、塔尺、皮尺、觇标等设备。

26. 井下导线的等级如何划分？

井下导线的布设按照“高级控制低级”的原则进行。我国《煤矿测量规程》规定，井下平面控制分为基本控制（表 2-3）和采区控制（表 2-4）两类，这两类又都应敷设成闭（附）合导线或复测支导线。

表 2-3 基本控制导线的主要技术指标

井田一翼长度 /km	测角中误差 /(″)	一般边长 /m	导线全长相对闭合差	
			闭(附)合导线	复测支导线
≥5	±7	60～200	1/8000	1/6000
<5	±15	40～140	1/6000	1/4000

表 2-4 采区控制导线的主要技术指标

井田一翼长度 /km	测角中误差 /(″)	一般边长 /m	导线全长相对闭合差	
			闭(附)合导线	复测支导线
≥1	±15	30～90	1/4000	1/3000
<1	±30	—	1/3000	1/2000

注：30″导线可作为小矿井的基本控制导线。

基本控制导线按照测角精度分为±7″和±15″两级，一般从井底车场的起始边开始，沿矿井主要巷道（井底车场、水平大巷、集中上、下山等）敷设，通常每隔 1.5～2.0km 应加测陀螺定向边，以提供检核和方位平差条件。

采区控制导线也按测角精度分为±15″和±30″两级，沿采区上、下山、中间巷道或片盘运输巷道以及其他次要巷道敷设。

27. 井下导线点如何设置？

井下导线点按照其使用时间长短和重要性而分为永久点和临时

点两种。导线点应当选择在巷道顶（底）板稳固、通视良好且易于安设仪器观测、尽量不受来往矿车影响的地方。导线点之间的距离按相应等级导线的规定边长（表 2-3 及表 2-4）来确定。

临时导线点可设在巷道顶底板岩石中或牢固的棚梁上。图 2-1 中，(a) 是钉入木棚梁的临时点，(b) 是在巷道顶板岩石中打入木楔再设置的临时点，(c) 是用混凝土或水玻璃粘在顶板上的临时点。

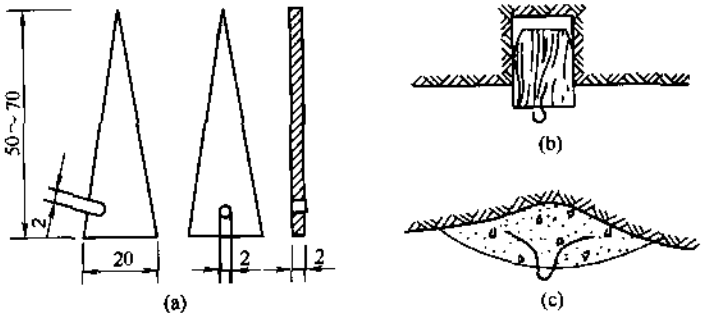


图 2-1　临时点构造图

永久导线点应埋设在主要巷道中，一般每隔 300～500m 埋设

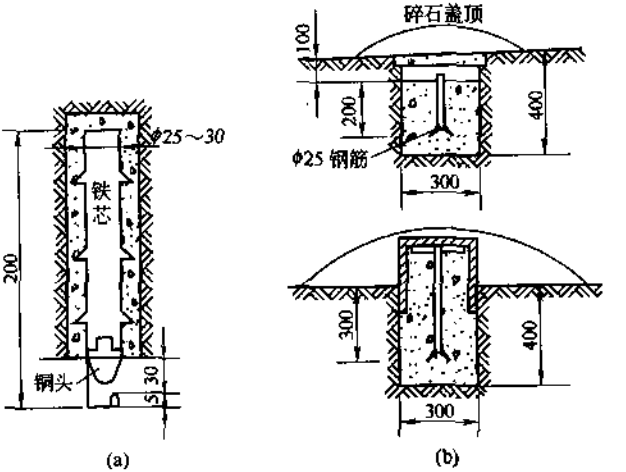


图 2-2　永久导线点构造图

一组三个永久点，以便用测角来检查其是否移动。永久点的结构应以坚固耐用和使用方便为原则，用作顶板点标志的点芯铁最好焊上一段钢头，如图2-2（a）所示。设于巷道底板的永久点是将一段直径为25mm的钢筋用混凝土埋设于巷道底板［图2-2（b)］，钢筋的顶端磨成半球面，并钻一中心小孔作为测点中心。

所有导线点均应做明显标志并统一编号，用红漆或白漆将点位圈出来，并将编号醒目地涂写在设点处的巷道帮上，以便于寻找。

28. 井下测角与地面测角有哪些不同点？

由于井下的特殊环境条件，而使井下测角与地面测角具有以下不同点。

① 井下测点多设于巷道顶板上，因此经纬仪要在测点下对中，经纬仪望远镜筒上应当刻有仪器中心，即镜上中心。经纬仪在测点下对中时，要整平仪器，并令望远镜水平，由测点上悬挂下垂球，移动经纬仪使镜上中心对准垂球尖。对中用的垂球尖最好是可伸缩的，以利于微调。如果井下巷道中风大，可将作觇标用的垂球加重，放入水桶中稳定或加挡风布。为利于在顶板测点下对中，最好在望远镜筒上安装点下对中器，或利用专门的点下光学对中器，可作上、下投点，但主要用于井下导线测量时使经纬仪和觇标在顶板测点下对中。由于井下导线边较短，风流较大，所以要十分注意经纬仪及觇标对中，以减少其对测角精度的不良影响。

② 在倾角很大的急倾斜巷道中测角时，望远镜视线有可能被水平度盘挡住，因此，要求望远镜筒要短，最好有目镜棱镜、弯管目镜或偏心望远镜。另外，仪器竖轴倾斜对水平角测量精度的影响随仪器视线倾角的增大而增大，所以在倾角较大的巷道中测角时，要注意严格整平经纬仪。

③ 井下黑暗潮湿，并有瓦斯及煤尘，因此要求仪器有较好的密封性，经纬仪及觇标均需照明，最好有防爆照明设备。如果用垂球线作为觇标，可将矿灯置于垂球线的后侧面，并在矿灯上蒙一层白纸或毛面薄膜，使垂球线清晰地呈现在柔和的光亮背景上。原中

南工业大学发明的发光垂球，内置电池和照明灯泡，并通过了防爆检验，可在有瓦斯的煤矿井下使用。

29. 井下测角方法与限差有何规定？

井下测角一般用测回法，如图 2-3 所示，测量角度 $\beta=\angle ACB$ 时，在 C 点置经纬仪，整平对中，在后视点 A 和前视点 B 悬挂垂球线。瞄准时，应先用望远镜筒外的准星大致照准觇标处的灯光，再调焦对光，并用矿灯照明十字丝和读数窗，才能精确瞄准和读数。

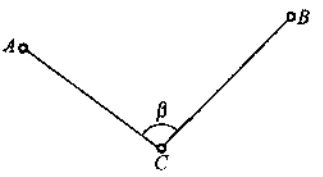


图 2-3　测回法

用测回法同时测量水平角和竖直角的步骤如下：

① 正镜瞄准后视点 A，使水平度盘读数大致对于 0°，读取水平度盘读数 a_1，并使十字丝的水平中丝照准垂球线上的标志（通常是用大头针或小钉插入垂球线的适当位置作为测量竖直角及丈量觇标高的标志），使竖盘指标水准器的气泡居中后，读取竖盘读数 L_A；

② 正镜顺时针方向旋转照准部，照准前视点 B，读取水平度盘读数 b_1 和竖盘读数 L_B；

③ 倒镜后逆时针旋转照准部，照准前视点 B，读取水平度盘读数 b_2 和竖盘读数 R_B；

④ 倒镜逆时针旋转照准部，照准后视点 A，读取水平度盘读数 a_2 和竖盘读数 R_A；

⑤ 最后计算一测回所测水平角为：

$$\beta=\angle ACB=\frac{1}{2}(b_1-a_1+b_2-a_2)$$

竖直角 δ 的计算公式随经纬仪竖盘刻画方法的不同而异。若竖盘以全圆顺时针方向注记，且当望远镜水平时竖盘读数为 90°（正镜）和 270°（倒镜），则竖直角 δ 的计算公式为：

后视　　$\delta_A=\frac{1}{2}(R_A-L_A+180°)$



前视 $$\delta_B=\frac{1}{2}(R_B-L_B+180^\circ)$$

在倾角小于30°的井巷中，经纬仪导线水平角的观测限差见表2-5。在倾角大于30°的井巷中，各项限差可放宽为1.5倍，并且要特别注意整平仪器，因为在视线倾角大时，仪器竖轴和水平轴倾斜对测角精度的影响特别大。

表2-5 经纬仪导线水平角的观测限差

仪器级别	同一测回中半测回互差	两测回互差	两次对中测回互差
DJ_2	20″	12″	30″
DJ_6	40″	30″	60″

30. 井下经纬仪导线的边长测量用什么仪器？

井下经纬仪导线过去多用钢尺丈量边长，近年来随着测距仪（全站仪）的出现和普及，一般采用光电测距。

井下钢尺量边采用的工具包括有钢尺、拉力计（弹簧秤）和温度计等。

光电测距采用光电测距仪。

31. 井下高程测量的目的和任务是什么？

井下高程测量是测定井下各种测点高程的测量工作。其目的是为了建立一个与地面统一的高程系统，确定各种采掘巷道、硐室在竖直方向上的位置及相互关系，以解决各种采掘工程在竖直方向上的几何问题。其具体任务大体有以下几项：

① 在井下主要巷道内精确测定高程点和永久导线点的高程，建立井下高程控制；

② 给定巷道在竖直面内的方向；

③ 确定巷道底板的高程；

④ 检查主要巷道及其运输线路的坡度和测绘主要运输巷道纵剖面图。

32. 井下高程测量的基本要求有哪些？

井下高程控制网可采用水准测量方法或三角高程测量方法敷

设。在主要水平运输巷道中，一般应采用精度不低于 S_{10} 级的水准仪和普通水准尺进行水准测量；在其他巷道中，可根据巷道坡度的大小、采矿工程的要求等具体情况，采用水准测量或三角高程测量测定。

从井底车场的高程起算点开始，沿井底车场和主要巷道逐段向前敷设，每隔 300～500m 设置一组高程点，每组高程点至少应由三个点组成，其间距以 30～80m 为宜，永久导线点也可作为高程点使用。

水准点可设在巷道的顶板、底板或两帮上，也可以设在井下固定设备的基础上，设置时应考虑使用方便并选在巷道不宜变形的地方。设在巷道顶、底板的水准点构造与永久导线点相同。井下所有高程点应统一编号，并将编号明显地标记在点的附近。

33. 什么是联系测量？什么是定向？什么是导入高程？

将矿区地面平面坐标系统和高程系统传递到井下的测量，称为联系测量。

将地面平面坐标系统传递到井下的测量称平面联系测量，简称定向。

将地面高程系统传递到井下的测量称高程联系测量，简称导入高程。

34. 矿井联系测量的目的和任务是什么？

矿井联系测量的目的是使地面和井下测量控制网采用同一坐标系统。其必要性在于。

① 需要确定地面建筑物、铁路和河湖等与井下采矿巷道之间的相对位置关系。这种关系一般是用井上下对照图来反映的。众所周知，由于地下开采而引起的岩层移动，往往波及地面而使建筑物遭受破坏，甚至造成重大事故。如果采矿工作是在河湖等水体下进行，当地面出现的裂缝与井下的裂隙相通时，河水就有可能经裂缝流入井下而使整个矿井淹没。因此，必须时刻掌握采矿工作是在什么地区的下方进行着，以便采取预防措施。

② 需要确定相邻矿井的各巷道间及巷道与老塘（采空区）间的相互关系，正确地划定两相邻矿井间的隔离矿柱。不然，就有可能发生大量涌水及瓦斯涌出，迫使采矿工作停顿，甚至造成重大安全事故。

③ 为解决很多重大工程问题，例如井筒的贯通或相邻矿井间各种巷道的贯通，以及由地面向井下指定的地点开凿小井或打钻孔等，都需要井上下采用同一坐标系统。

联系测量的任务在于：

① 确定井下经纬仪导线起算边的坐标方位角；

② 确定井下经纬仪导线起算点的平面坐标 x 和 y；

③ 确定井下水准基点的高程 H。

前面两项任务是通过矿井定向来完成的，第三个任务是通过导入高程来完成的。这样就获得了井下平面与高程测量的起算数据。

35. 巷道及回采工作面测量的任务是什么？

巷道及回采工作面测量是在井下平面控制测量和高程控制测量的基础上进行的，它的任务有以下几项。

① 实地标定巷道的位置　要根据采矿设计标定巷道掘进的方向和坡度，并随时检查和纠正。通常称此项工作为标定巷道的中线和腰线，简称给中腰线。

② 及时准确地测定巷道的实际位置，检查巷道的规格质量和丈量巷道进尺，并把巷道填绘在有关的平面图、立面图和剖面图上。

③ 测绘回采工作面的实际位置，统计产量和储量变动情况。

④ 有关采矿工程、井下钻探、地质特征点、瓦斯突出点和涌水点的测定等。

第3章 煤矿爆破

1. 井巷施工常用的破岩方法有哪些?

井巷施工首先要破碎岩石，常用的破岩方法有机械破岩和爆破破岩两种，目前使用最普遍的仍是爆破破岩。

2. 井巷掘进中，使用何种钻眼机械?

进行爆破破岩，须先钻出炮眼，安放炸药，而后爆破。井巷掘进中，在岩石上钻眼，主要采用冲击式钻眼法；在煤上钻眼，主要采用旋转式钻眼法。冲击式钻眼法使用的钻眼机械是凿岩机，旋转式钻眼法使用的钻眼机械则多是电钻。凿岩机因使用的动力不同分为风动凿岩机（一般简称凿钻机或风钻）、液压凿岩机及电动凿岩机等。

3. 井下风动凿岩机有哪几种类型？技术特征如何?

风动式凿岩机按质量、冲击频率、回转方式和配气机构分成若干种类型。常用的分类标准为以凿岩机的支持方式分类，根据支持方式凿岩机分为手持式、气腿式和导轨式三种。

风动式凿岩机主要技术特征见表 3-1 所示。

表 3-1 风动式凿岩机技术特征

类型	型 号	质量/kg	内径×行程/mm	冲击频率/(次/min)	扭矩/(kg·cm)	耗气量/(m^3/min)	制造厂家
手持式	01-30	28	65×60	1650	92	2.2	上海风动工具厂
气腿式	YT-23(7655)	23	76×60	2100	>150	<3.6	沈阳风动工具厂
	YT-24	24	70×76	1800	>130	<2.9	
	YT-25	23	70×55	>1800	>100	<2.6	
	YT-26	26.5	85×50	2600	>180	3	湘潭风动工具厂
	YT-28	28	75×70	2000	>150	<5	天水风动工具厂

续表

类型	型 号	质量/kg	内径×行程/mm	冲击频率/(次/min)	扭矩/(kg·cm)	耗气量/(m³/min)	制造厂家
上向式	YSP-45	44	95×47	>2700	>180	<5	沈阳风动工具厂
导轨式	YG-40	36	85×80	1600	380	5	燎原风动工具厂
	YG-80	74	120×70	1800	1000	8.1	
	YGZ-90	90	125×62	2000	1200	11	南京战斗机械厂
	YG-35	35	100×48	2650	680	6.5	沈阳风动工具厂
	BBD-91W	27.3	90×45	3350		5.6	瑞典
	F-10	44.5	85×49	2600			日本
	VL120	170	121×70	1900		17.0	美国
	YTPR120	175	130×70	1800		13.7	日本

手持式凿岩机由操作者抱持机体在岩壁上或在岩石中钻凿浅孔，立井掘进中使用的下向式凿岩机也是手持式，这种凿岩机冲击频率小于2000次/min，质量限制在30kg以下，否则有害工人健康。

气腿式的冲击频率达到2600次/min，包括气腿约重50kg。

导轨式凿岩机冲击频率达到3000次/min以上，质量达100～200kg，由钢绳、链条或柱塞式推进器提供凿岩推力和实现机体的空转进退，推进器和凿岩机共同安装在台车的钻臂上。

4. 凿岩台车分哪几类？现在使用的有哪些类型？

凿岩台车按用途可分为掘进台车、锚杆台车和采矿台车。按行走方式分为轨轮式、履带式和轮胎式三种。一般普遍认为自行式、四轮驱动、轮胎行走、铰接车身的无轨凿岩台车较好。

国产台车华-1型、PYT-2型、CGJ-2型及CGZ-3型掘进台车运用较多，CTC-700型采矿深孔台车也被广泛使用。

5. 使用凿岩机凿岩时应注意哪些问题？

为了提高凿岩效率，减少或及时发现凿岩过程中的故障，应遵循以下操作要领：

① 确定眼位要准，打眼方向要准，气腿架设角度要准；

② 钎杆和凿岩机要保持在一条直线上；

③ 凿岩机、气腿（或推进装置）工作要平稳；

④ 改变凿岩位置、改变气腿架设角度和更换钎杆要快；

⑤ 思想集中、精力集中、时间集中；

⑥ 勤看炮眼是否打得圆，勤看钎杆是否在炮眼中心转，勤看排出的岩粉是否正常，勤看凿岩机是否正常工作；

⑦ 勤听凿岩机的运转声音，断定轴推力、风压和润滑是否正常，勤听凿孔声音，断定是否遇到断层和节理等；

⑧ 经常适时地调整水量、风量和气腿角度。

6. 什么是钎头？如何分类？

钎头有整体钎头和活动钎头两种。整体钎头也叫自刃钎头，钎头和钎杆不可分；活动钎头可以和钎杆分开，拆卸灵活方便，应用广泛。

钎头型式可按其凿刃分布情况分类，常用的有一字型、十字型、X 型和星形等，如图 3-1 所示。

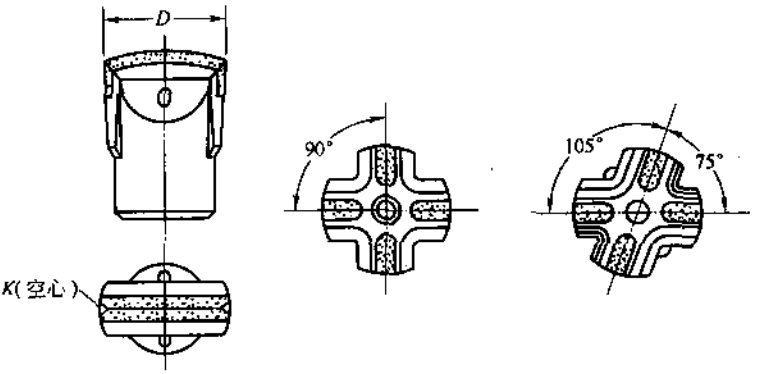


图 3-1　常用的三种钎头示意图

这些形状的钎头的共同特点是：钎头体的厚度大，钻孔较圆，不易卡钎，钎刃受力状况良好，缺点是制造和修理困难。

图 3-1（a）为一字型钎头，制造和修磨简单，适用于钻凿中硬和中硬以上岩石，但在节理裂隙发育和韧性较大的矿岩中容易卡

钎，效果较差。一字型钎头有中空和实心整片两种，在脆性岩石中，中空一字型钎头的凿岩效率高于整片一字型钎头。

图 3-1（b）为十字型钎头，制造和修磨比一字型复杂，硬质合金片的消耗也较高，适用于重型凿岩机钻凿坚硬岩石，特别是在节理、裂隙发育的岩石中，不易卡钎。

图 3-1（c）为 X 型钎头，硬质合金片之间呈 105°与 75°角，它能保证所钻炮孔断面圆度较好，但制造和磨修较困难，主要用于大孔径的中深孔钻凿。

7. 钻孔工程对钎头有什么要求？

钎头是直接破碎岩石的部分，它的形状、结构、材质、加工工艺等都直接影响破碎的效果和钎头的寿命。钻孔工程对钎头的要求是：形状结构合理，钻孔速度高，使用寿命长，耐磨性强，有足够的机械强度，易于镶嵌硬质合金，有良好的排粉性能，制造、拆装和修磨方便，成本低廉。

8. 液压凿岩机有哪些优点？哪些缺点？

液压凿岩机是一种 20 世纪 70 年代发展起来以液压油为驱动力的凿岩设备。液压凿岩机有如下优点。

（1）凿岩速度快　由于采用比压气压力高几十倍的高压油作介质，其性能参数和能量传递效率可较风动凿岩机高，其凿岩速度可达同级风动凿岩机的两倍。

（2）动力消耗少、能量利用率高　以高压油传递压力，能量利用率达 40%以上，而风动凿岩机只有 10%左右。故动力消耗仅为同样性能风动凿岩机的 1/3 左右。

（3）冲击功大　由于液压凿岩机使用的工作油压力高，改善了活塞形状（活塞可以做到台阶比较小，细而长），大大降低了钎杆中应力峰值，有利于提高钎杆寿命，同一钎杆可传递更大的冲击功。

（4）冲击功和转速可调　可以根据岩石情况，方便地调整凿岩机冲击功和回转速度，以获得最佳的凿岩参数。

(5) 作用条件好　改善了工作环境，即消除了工作面的油雾，降低了噪声。

(6) 动力单一，节省投资　不要建立压气机站，减少了压气设备，不需敷设管路。

液压凿岩机虽有以上优点，但也有以下不足之处：

① 对液压油品种性能和质量要求严格，管道和接头既要耐压，还要严防渗漏；

② 制造零部件的材质要好，加工精度高，装配工艺严格，成本高；

③ 对操作和维修人员的技术要求较高，维修费用亦较高。

9. 什么是爆炸？爆炸现象如何分类？

物质发生急剧变化，瞬间放出大量能量，对周围介质做功，使之发生破坏，同时可能伴随声、光、热效应的现象，称为爆炸。

爆炸现象可分为三类：爆炸时仅发生物态的急剧变化，物质的化学成分不变的，叫物理爆炸，如锅炉爆炸；由某些物质的原子核发生裂变或聚变引起的爆炸，叫核爆炸；爆炸时不仅发生物态变化，而且物质的化学成分也发生变化的，叫化学爆炸，如炸药爆炸。

10. 什么是爆炸三要素？

放出热量、生成气体产物、化学反应和传播的高速度是炸药爆炸的三个基本特征，也是任何化学爆炸必须同时具备的三个条件，常称它们为爆炸三要素。

(1) 放出大量热　爆炸过程中释放大量热是对周围介质做功的能源，没有足够的热量放出，反应就不能自行延续，也就不可能出现爆炸过程的自动传播。

(2) 生成大量气体　炸药爆炸放出的热量必须借助气体介质才能转化为机械功。气体具有很大的可压缩性及膨胀系数，因而能在爆炸瞬间形成巨大的压缩能，并在膨胀过程中可将能量迅速转变为机械功，使周围介质受到破坏。

(3) 反应过程必须高速进行 爆炸反应与一般化学反应的显著区别还在于反应过程的高速度。只有这样，爆炸反应的气体产物在尚未膨胀之前就被加热到2000～3000℃这样的高温，使之达到数千甚至数万兆帕的高压。

11. 什么是炸药？炸药如何分类？

炸药即是具备上述三要素的物质。确切地说，炸药是在一定条件下，能够发生快速化学反应，放出能量，生成气体产物，显示爆炸效应的化合物或混合物。炸药内的主要元素是碳、氢、氧、氮，炸药爆炸的过程也就是炸药中氢、碳原子的氧化过程。氧化时所需要的氧，不需取自周围空气，而是炸药本身所含有的，这是炸药和燃料的重要区别。另外，炸药具有燃料所没有的高能量密度，单位体积的炸药放出的热量远比燃料的多。

炸药按其组成可分为以下两种。

(1) 单质炸药 它是各组成元素以一定的化学结构存在于同一分子中的炸药。

(2) 混合炸药 它是由两种以上分子组成的混合物。工业炸药多为混合炸药，它可以根据对炸药性能的要求，调配不同的组分。

炸药按其用途可分为以下三种。

(1) 起爆药 这类炸药的特点是，在很小的外界能量（如火焰、摩擦、撞击等）作用下就能爆炸，故常用作雷管的起爆药。起爆药有雷汞、氮化铅、二硝基重氮酚等。

(2) 猛炸药 这类炸药对外能的敏感程度比起爆药低，但爆炸威力很大，主要用作起爆器材的加强和作为改善炸药性能的附加成分。

(3) 发射药（火药） 在军事上，利用火药稳定燃烧时产生的推力发射火箭、炮弹等；在工业上，主要用来制造起爆器材，如用黑火药作导火索药芯等。

12. 什么是炸药的氧平衡？什么是正氧平衡？什么是负氧平衡？什么是零氧平衡？

氧平衡就是用来表示炸药内含氧量与充分氧化可燃元素所需氧

量之间的关系的。通常用每克炸药不足或多余的氧的克数来表示。炸药的分子式可写成通式 $C_W H_X N_Y O_Z$，其氧平衡（$O \cdot B$）计算公式为：

$$O \cdot B = \frac{16\left(Z - ZW - \frac{X}{2}\right)}{M}$$

有时氧平衡也可用百分率来表示

$$O \cdot B = \frac{16\left(Z - ZW - \frac{X}{2}\right)}{M} \times 100\%$$

式中 M——炸药的物质的量质量。

由上式可知，炸药氧平衡有三种情况。

（1）当 $\left(Z - ZW - \frac{X}{2}\right) > 0$ 时，即当炸药中的氧完全氧化可燃元素后尚有剩余时，称为正氧平衡。正氧平衡炸药未能充分利用其中氧量，且剩余的氧与游离氮化合时，生成氮氧化物有毒气体，并吸收热量。氮氧化物还能对沼气爆炸起催化作用。

（2）当 $\left(Z - ZW - \frac{X}{2}\right) < 0$ 时，即当炸药中的氧不足以完全氧化可燃元素时，称为负氧平衡。负氧平衡炸药未能充分利用可燃元素，并且生成可燃性气体 CO 与 H_2，甚至还有固态碳。CO 是有毒气体，且 CO 的生成热为 113.8kJ/mol，约是 CO_2 生成热的 1/3，降低了炸药的发热量。

（3）当 $\left(Z - ZW - \frac{X}{2}\right) = 0$ 时，即当炸药中的氧恰好能完全氧化可燃元素时称为零氧平衡。零氧平衡时炸药的氧和可燃元素都得到充分利用，能放出最大的热量，而且不会生成有毒气体。

因此配制混合炸药时，应通过炸药成分的改变和其配比的调整，使炸药达到零氧平衡或接近于零氧平衡。

13. 什么是爆热？

单位质量炸药在定容条件下爆炸时放出的热量称为爆热，单位

是 kJ/mol 或 kJ/kg。爆热是炸药做功的能源，也是评价炸药威力的直接标志，它与炸药的其他许多性能有着直接或间接的关系。因此，爆热是炸药很重要的一个性能参数。

14. 什么是炸药的燃烧与爆轰？二者有什么区别？

炸药在常温常压下也会缓慢分解，这种缓慢分解反应是在整个物质内部展开，与一般的化学反应无异。但在外界能量激发下，炸药的化学变化过程则有燃烧与爆轰两种形式。

燃烧、爆轰和一般缓慢分解不同，它们不是在全部物质内同时展开，而只在局部区域（称反应区）进行，并在物质内自动传播。

燃烧与爆轰是截然不同的两种化学变化过程，它们主要区别在于：燃烧是靠热传导来传递能量和激发化学反应，而爆轰则靠压缩冲击波的作用来传递能量和激发化学反应；燃烧速度通常约为每秒数十毫米到每秒数米，最大也只有每秒数百米，常低于炸药内的声速，而爆轰的传播速度则总是高于炸药中的声速，高达每秒数千米；燃烧过程的传播易受外界条件影响，爆轰过程的传播基本上不受外界条件影响；燃烧产物的运动方向与反应区的传播方向相反，故产生的压力较低，而爆轰产物的运动方向则与反应区的传播方向相同，故产生很高压力。

15. 影响爆速的因素有哪些？

（1）药卷直径　由炸药爆轰所产生的能量并未全部用于传播，要径向逸散一部分。药卷直径越小，逸散出去的这部分能量所占比例就越大。因此，当药卷直径小到一定程度，就完全不能传爆，这时的直径称为临界直径。将药卷直径自临界直径逐渐增大，爆速也逐渐提高，最后达到了稳定值。此后，再增大直径，爆速也不会提高，这时的直径称为极限直径。

（2）炸药密度　对单质炸药而言，爆速随密度增大而增大。对混合炸药，情况就复杂一些。在一定密度范围内，爆速随密度增大而增大，并当密度增大到某一定值时，爆速达到它的最大值，但此后若密度进一步增大，爆速反而下降，而且密度大到超过某一定值

时，就会发生所谓“压死”的拒爆现象。

（3）药卷外壳　药卷上装上坚固外壳，可以减少炸药径向能量损失，所以药卷外壳能够减小炸药的临界直径。当药卷直径较小，增加外壳可以提高爆速。但当装药直径大于极限直径时，外壳的影响就不再起作用了。

（4）炸药粒度　减小炸药各成分颗粒的粒度，一般能使炸药的分解和反应速度加快、反应时间缩短、反应区宽度减小。而在相同药包直径条件下，反应区宽度减小，则径向能量损失相对减小，因而有利于稳定传爆。

16. 什么是炸药传爆的间隙效应？产生间隙效应的原因是什么？如何克服间隙效应？

连续多个混合炸药药卷，通常在空气中都能正常传爆。但在炮眼内，如果药卷与炮眼孔壁间存有间隙，常常会发生爆轰中断或爆轰转变为燃烧的现象。如有实验表明，将直径为35mm的2号岩石硝铵炸药，放入内径为40～120mm的钢管中，不管放入多少药卷，从一端起爆轰总是只能爆炸5、6卷药，这种现象称为间隙效应。

产生间隙效应的原因，一般认为是：爆轰波在传播过程中，其高温高压爆轰气体使其前端间隙中的空气受到强烈压缩，从而在空气间隙内产生了超前于爆轰波传播的空气冲击波。这样，药卷在爆轰波到达之前已受到冲击波的强烈压缩，直径缩小而密度增大，引起爆轰波参数恶化。在药包直径缩小和密度增大到一定程度时，可导致爆速下降，甚至造成爆轰中断。

采用耦合散装炸药可以从根本上克服间隙效应。间隙效应与炸药本身性能有很大关系，多数单质炸药增大密度后，爆速提高，则间隙效应反而对爆轰有利，但混合炸药则相反，间隙效应对爆轰不利，并有可能发生爆轰中断。不过即便是混合炸药，因其类型或品种不同，对间隙效应抵抗能力也相差很大。一定的炸药药卷直径，产生间隙效应的间隙值有一定的范围，可以通过控制药卷与眼壁的



间隙尺寸来克服间隙效应。亦可在连续药卷上，隔一定距离套上硬纸板或其他材料做成的隔环，以阻止间隙内空气冲击波的传播或削弱其强度。通过试验表明，采用水胶炸药或乳化炸药，可以消除因间隙效应发生的爆轰中断现象。

17. 什么是炸药的猛度与爆力？

炸药爆炸对周围介质（例如岩石）产生的破坏能力，分别以猛度与爆力来表示。

炸药的猛度是指炸药爆炸瞬间爆轰波和爆轰产物对邻近的局部固体介质的破碎能力，它是用一定规格铅柱被压缩的程度来表示的。炸药爆炸后，铅柱被压缩成蘑菇形，量出铅柱压缩前后的高度差（mm），即为该炸药的猛度。

炸药爆力是指爆生气体在高温下膨胀做功破坏周围介质的能力。常用铅铸扩孔法来衡量爆力。炸药爆炸后，孔眼被扩大成梨形，可用量筒向内注水测得其容积，从中减去原孔眼体积和雷管扩孔体积，即为炸药的爆力数据，单位为 mL。试验时标准温度为15℃，若试验时的温度不同于标准温度，扩孔值应按表 3-2 修正。

表 3-2 扩孔值受温度影响的修正值

温度/℃	修正值/%	温度/℃	修正值/%
−20	+14	+10	+2.0
−15	+12	+15	0
−10	+10	+20	−2.0
−5	+7	+25	−4.0
0	+5	+30	−6.0
+5	+3.5		

18. 什么是炸药的敏感度？炸药的敏感度如何分类？

炸药在外界能量的作用下发生爆炸的难易程度称为炸药的敏感度（简称炸药的感度）。各种炸药的敏感度相差非常大，例如半冻结的硝化甘油胶质炸药只要轻轻弯折一下就会爆炸，而对硝酸铵施加冲击、摩擦、点火，则几乎都不能使它爆炸。

对不同的外能，炸药的感度并不一致，如梯恩梯（TNT）对机械作用的感度较低，但对电火花的感度则较高，所以需分别检测。

炸药的敏感度可分为热敏感度、机械敏感度和爆轰敏感度。

（1）热敏感度　是指在热能作用下引起炸药爆炸的难易程度。热感度包括加热感度和火焰感度两种。炸药的加热感度通常用爆发点来表示。

（2）机械敏感度　机械敏感度是炸药对冲击、摩擦、挤压、针刺等机械作用的敏感程度。其中最主要的是冲击感度。

（3）爆轰敏感度　爆轰敏感度是指炸药对别的炸药爆炸时所产生的爆轰冲击的敏感程度。单质炸药通常用起爆它所需的最小起爆药量来表示；硝铵类炸药则多用殉爆距离表示其爆轰感度。

19. 什么是殉爆？殉爆距离如何测定？

殉爆是带有雷管的主发药包爆炸时，能使相隔一定距离的另一同种药包也爆炸的现象。它不仅是检验硝铵类炸药质量的重要指标，也是设计炸药厂、炸药库安全距离的主要依据。

殉爆距离测定是在捣实的砂土地面上用木棍压出一个半圆形的坑。在坑的一端放置一个带有雷管的主发药包，相隔一定距离放置另外一个半装雷管的药包。主发药包起爆后，如果另一药包也爆炸，就加大距离再试，直到找出能连续发生三次殉爆的最大距离，以厘米（cm）表示，即为该炸药的殉爆距离。

20. 矿用炸药主要有哪些？

矿用炸药几乎全部都是混合炸药。为了改善混合炸药的爆炸性能，在配方中经常加入一些单质猛炸药。

（1）单质猛炸药

① 硝化甘油 $C_3H_5(ONO_2)_3$ 即三硝酸酯丙三醇，代号 NG。

② 梯恩梯 $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ 即三硝基甲苯，代号 TNT。

③ 黑索金 $C_3H_6N_3(NO_2)_3$ 即环三次甲基三硝铵，代号 RDX。

④ 泰安 $C_5H_8(ONO_2)_4$ 即季戊四醇四硝酸酯，代号 PETN。



（2）硝铵类炸药　硝铵类炸药是以硝酸铵为主要成分的混合炸药。

① 铵梯炸药（硝铵炸药）　铵梯炸药是我国目前最广泛使用的工业炸药，它由硝酸铵、梯恩梯、木粉三种成分组成。硝酸铵是主要成分，在炸药中起氧化剂的作用，为炸药爆炸反应提供所需的氧元素。

硝铵类炸药分为煤矿、岩石、露天三类。前两类可用于井下，其特点是氧平衡接近于零，有毒气体产生量受严格限制。煤矿硝铵炸药是供有沼气或煤尘爆炸危险的矿井使用的炸药，必须检验它对沼气引爆的安全性。露天炸药以廉价为主，故硝酸铵含量较高，梯恩梯含量较低，木粉也多一些。岩石硝铵炸药适用于无沼气、煤尘爆炸危险的岩石爆破作业；抗水型岩石硝铵炸药用于有水工作面。2号、3号煤矿硝铵炸药及其相应的抗水炸药分别适用于低沼气矿井和高沼气矿井；抗水型适用于有水工作面。

② 铵油炸药　这类炸药因不含梯恩梯，故原料来源丰富，加工简单、使用安全，它的价格也特别低廉。因此在露天矿、金属矿、水利铁道等工程中使用较多。简单的铵油炸药是硝酸铵与柴油的混合物。

上述两类炸药当含水超过0.5%时，井下放炮不能使用。当硬化到不能用手揉松时禁止使用。

③ 高威力硝铵炸药　（略）

（3）浆状炸药和水胶炸药　浆状炸药是以氧化剂水溶液、敏化剂和胶凝剂为基本成分的混合炸药。浆状炸药的氧化剂主要采用硝酸铵，有时可加入少量硝酸钠或硝酸钾。

浆状炸药的优点是炸药密度高，具有较好的可塑性，可以装入孔底并填满炮孔；抗水性强；使用安全性好。缺点是感度过低，一般露天矿需用猛炸药制作的药包来起爆。

水胶炸药是在原有浆状炸药基础上发展起来的含水炸药。它跟浆状炸药的不同点主要在于使用水溶性的敏化剂，这样就使氧化剂同还原剂的耦合状况大为改善，从而获得更好的爆炸性能。

水胶炸药的优点是爆炸性能如爆速和起爆感度高，可用8号雷管直接起爆；抗水性强；可塑性好；使用安全；且炸药密度、爆炸性能可在较大范围内进行调节，故适应性强。缺点是价格较贵。

(4) 乳化炸药　乳化炸药是继浆状炸药、水胶炸药之后发展起来的另一种含水炸药。它由氧化剂水溶液、燃料油、乳化剂及敏化剂四种基本成分组成。

乳化炸药的优点是密度可调，因而适用范围广；爆炸性能好，爆速一般可达4000～5000m/s。

(5) 硝化甘油类炸药　硝化甘油炸药是在液状硝化甘油内溶入3%～5%的硝化棉，使它变为柔软的胶状体，具有可塑性，故通常称为胶质炸药。

21. 如何提高硝铵炸药威力？

(1) 增大密度　增大密度可以提高爆轰压力，并在单位体积内容纳更多的药量，但硝铵类炸药密度增高以后起爆感度降低，起爆能量不足时爆速与猛度反而下降，故增大密度的效果是有限的。

(2) 加入铝粉　在炸药中掺入研磨极细的铝粉或铝镁合金粉，它们在氧化时产生大量的热，使爆温增高，能明显提高炸药的爆力和猛度。铝粉的掺量一般为4%～7%。

(3) 加入猛炸药　将5%～20%的黑索金混入含梯恩梯的硝铵炸药，对提高炸药威力效果非常明显，一般可使爆速达到4000m/s，猛度达到16～19mm，爆力达到450～500mL。

国产硝铵高威力炸药大都属于增加猛炸药这一类，故称为铵梯黑炸药。也有既加黑索金又加铝粉的，称为铵梯黑铝炸药。

22. 起爆材料包括哪些？雷管的作用是什么？雷管如何分类？

起爆材料包括雷管、导爆索、继爆管和导爆管等。

雷管是爆破工程的主要起爆材料，它的作用是产生起爆能来引爆各种炸药及导爆索、传爆管。雷管分为火雷管和电雷管两种。煤矿井下放炮均采用电雷管。

电雷管分为瞬发电雷管和延期电雷管。延期电雷管又分为秒延期电雷管和毫秒延期电雷管。

23. 爆破事故有哪些？如何预防和处理？

爆破事故主要有瞎炮和早爆两类。

瞎炮是指通电起爆后，工作面的雷管全部或少数不爆的现象。

全部不爆多由电路断路所致，如母线断了，接头不良，以及串联电路中有一发雷管不导通等。可用导通表一段段作导通检查，找出断路的地方，重新接好就可以起爆。也可能由于电源故障，如发爆器损坏（氖灯不亮、听不到嘀嘀声、开关接触不良）等，应加强设备检修工作。

大多数瞎炮都是只有少数雷管不爆，原因比较复杂，但主要的还是电路故障，例如起爆电流不足，各雷管的电流不均匀等。工作不慎也是一个重要原因，错接、漏接，个别雷管脚线短路（直接短路或通过水、潮湿岩石、金属等间接短路），随意改变网路连接方法，改变放炮导线规格，母线断股等，都是常见的瞎炮原因。由于雷管用导通表发现不了的毛病而个别不爆的极为少见。

由炸药原因产生的不爆现象称为残炮，多由炸药变质或使用不当引起，如湿度过高（大于0.5%，手捏成团），硬结，误用不防水炸药于多水炮眼等。只要对炸药的发放、使用、管理有严格制度，残炮即可基本杜绝。

瞎炮的处理应按《煤矿安全规程》进行。脚线未坏时可以重新联线放炮，或在距炮眼至少0.3m处另打与瞎炮平行的炮眼重新装药放炮。严禁用镐刨，或从炮眼中取出原放置的引药，或从引药中拉出雷管。

早爆是指人员未完全撤出工作面时发生的爆炸，这种事故很可能造成人身伤亡。

这种事故的发生大多由于下述原因。

（1）器材问题　炸药雷管变质，雷管外壳破损，装药时起爆药受到冲击、摩擦、雷管脚线绝缘损坏、装药时误触带电设备等都可

能引起早爆。因此，质量有问题的器材应该报废，不应凑合使用。

（2）操作问题　如砸碰雷管，装引药时冲击挤压了雷管，加深炮窝子，瞎炮未及时处理或采用拉出雷管等危险办法进行处理，放炮器管理不严，放炮信号不明确等都有可能产生早爆，造成事故。

（3）杂散电流影响　井下杂散电流多由设备漏电、电车线漏电等引起，应加强检测。井下爆破工应养成随时将两个线头扭在一起的习惯。

24. 什么叫爆破作用指数？确定爆破作用指数有何意义？

爆破作用指数指爆破漏斗底圆半径 r 对最小抵抗线 W 的比值，即

$$n=r/W$$

式中　n——爆破作用指数。

根据爆破作用指数的不同，可将漏斗分为四种。

（1）标准爆破漏斗，此时 $n=r/W=1$，理论上讲是炸药利用得最有效的情况。

（2）加强抛掷漏斗，此时 $n=r/W>1$，爆破后大部分或全部岩碴被抛出漏斗处，一部分爆能用来使岩块抛掷，工程中 $1<n<3$，这是露天抛掷大爆破或定向抛掷常用的形式。

（3）加强松动漏斗，此时 $0.75<n=r/W<1$，爆破后只有极少岩碴被抛出，大部分岩石只是松动一下，又称减弱抛掷漏斗，它是井巷掘进常用的爆破漏斗形式。

（4）松动漏斗，此时 $n\approx0.75$，爆破后岩碴基本不飞散，只在原地松动，此时的爆破漏斗叫松动爆破漏斗。当 $n<0.75$ 时，爆破后形不成漏斗，此时叫压缩爆破，爆后仅药包附近岩石破碎，工程爆破中用于扩孔（扩壶）爆破等。

25. 什么叫最小抵抗线？作用如何？

工程爆破中，通常将药包中心或重心到最近自由面的最短距离，称为最小抵抗线，一般常用 W 表示。

最小抵抗线取得合理与否，直接关系到各项爆破指标。事实上

最小抵抗线是爆破时岩石阻力最小的方向，在这个方向上岩石运动速度最高，爆破作用也最集中。因而最小抵抗线是爆破作用的主导方向，也是抛掷作用的主导方向。

26. 什么是毫秒爆破？毫秒爆破有哪些优点？为什么？

利用毫秒雷管或其他设备控制放炮顺序，使每段之间只有几十毫秒的间隔，叫做毫秒爆破或微差爆破。

实践证明，毫秒爆破具有爆出岩石块度小而均匀、炮眼利用率高、岩帮震动小、巷道规格好等特点。其原因目前研究得还不够充分，以下各点是比较得到公认的。

① 由于间隔时间短，后组炮眼起爆时，前组炮眼爆炸在岩石中形成的应力波尚未消失，就会产生应力叠加，使岩石更剧烈地破碎，因此爆出的岩石块度小而均匀。

② 后组炮眼起爆时，前组炮眼爆落的岩石已经飞起尚未落下，充分利用了前组炮眼所造成的附加自由面。当毫秒雷管起爆段数多时，就使附加自由面的利用更加充分。并且后组炮眼不把能量消耗在再次升起已破碎的岩石上，所以能节约炸药，提高炮眼利用率。

③ 后组炮眼的爆炸选择在前组炮眼爆炸引起的地震波开始减弱时进行，因此两组地震波发生一定程度的干扰，使地震波对围岩的影响减小。爆破后围岩稳定、裂隙少，顶板容易管理。

第4章
煤炭地下开采

1. 什么叫采场？什么叫采煤工作面？

采场是用来直接大量采取煤炭的场所。

采煤工作面是在采场内进行回采的煤壁，称为采煤工作面（也称回采工作面）。实际工作中，采煤工作面与采场是同义语。

2. 什么是回采工作？回采工作包括哪些工序？

回采工作是指在采场内，为采取煤炭所进行的一系列工作，称为回采工作。回采工作可分为基本工序和辅助工序。把煤从整体煤层中破落下来，称为煤的破落，简称破煤。把破落下来的煤炭装入采场中的运输工具内，称为装煤。煤炭运出采场的工序，称为运煤。煤的破、装、运是回采工作中的基本工序。为了使基本工序顺利进行，必须保持采场内有足够的工作空间，这就要用支架来维护采场，这项工序称为工作面支护。煤炭采出后，被废弃的空间称为采空区。为了减轻矿山压力对采场的作用，以保证回采工作顺利进行，在大多数情况下，必须处理采空区的顶板，这项工作称为采空区处理。此外，通常还需要进行移置运输、采煤设备等工序。除了基本工序以外的这些工序，统称为辅助工序。

3. 什么是采煤工艺？

由于煤层的自然条件和采用的机械不同，完成回采工作各项工序的方法也就不同，并且在进行的顺序、时间和空间上必须有规律地加以安排和配合。这种在采煤工作面内按照一定顺序完成各项工序的方法及其配合称为采煤工艺。在一定时间内，按照一定的顺序完成回采工作各项工序的过程，称为采煤工艺过程。

4. 什么是采煤系统？什么是采煤方法？

回采巷道的掘进一般是超前于回采工作进行的。它们之间在时间上的配合以及在空间上的相互位置关系称为回采巷道布置系统，也即采煤系统。

采煤方法是指采煤工艺与回采巷道布置在时间与空间上相互配合的总称。根据不同的矿山地质及技术条件，可有不同的采煤系统与采煤工艺相配合，从而构成多种多样的采煤方法。如在不同的地质及技术条件下，可以采用长壁采煤法、柱式采煤法或其他采煤法，而长壁与柱式采煤法在采煤系统与采煤工艺方面差别很大。采煤工艺是最活跃的因素，采煤工具的改革，要求采煤系统随之改变，而采煤系统的改变也会要求采煤工艺作相应的改革。事实上，许多种采煤方法正是在这种相互推动的过程中得到改进和发展，甚至创造了新的采煤方法。

5. 什么是壁式体系采煤法？

壁式体系采煤法又称长壁体系采煤法，以长工作面采煤为主要标志。其一般特点有：

① 采煤工作面长度较长，通常为80～250m；

② 随着采煤工作面推进，顶板暴露面积增大，矿山压力显现较为强烈；

③ 采煤工作面可分别用爆破、滚筒式采煤机或刨煤机破、装煤，用与采煤工作面相平行铺设的刮板输送机运煤，用支架支护工作空间，用放顶垮落法或充填法处理采空区；

④ 在采煤工作面两端，一般至少各有一条回采巷道，构成完整的生产系统。

壁式体系采煤法按所采煤层倾角分为缓斜、倾斜煤层采煤法和急斜煤层采煤法；按煤层厚度可分为薄煤层采煤法、中厚煤层采煤法和厚煤层采煤法；按采用的采煤工艺不同，可分为爆破采煤法、普通机械化采煤法和综合机械化采煤法；按采空区处理方法不同，可分为垮落采煤法、刀柱（煤柱支撑）采煤法和充填采煤法；按采

煤工作面布置及推进方向的不同，可分为走向长壁采煤法和倾斜长壁采煤法；按工作面向仰斜或倾斜推进的方向不同，倾斜长壁又有仰斜长壁和俯斜长壁之分。

6. 什么是柱式体系采煤法？

以房柱间隔进行采煤为主要标志。其一般特点有以下几方面。

① 在煤层内布置一系列宽为 5～7m 的煤房，采煤房时形成窄（短）工作面成组向前推进。房与房之间留设煤柱，煤柱宽数米至二三十米不等，每隔一定距离用联络巷贯通，构成生产系统，并形成条状或块状煤柱支撑顶板。

② 采煤房时矿山压力显现较和缓，用锚杆支护工作空间，支护较简单。

③ 采煤用爆破或连续采煤机配套设备，采煤在一组房内交替作业。

④ 采掘合一，掘进准备也是采煤过程，回收房间煤柱时，也使用同一种类型的采煤配套设备。

高度机械化的柱式体系采煤方法一般只分为房式采煤法和房柱式采煤法两类。

煤柱可根据条件留下不采，或在煤房采完后再将煤柱按要求尽可能采出，前者称为房式采煤法，后者称为房柱式采煤法。由于房式采煤法与房柱式采煤法巷道布置基本相似，因此在美国将这两种方法统称为房柱式采煤法。

7. 采煤工作面由哪几部分组成？

采煤工作面是由采落煤炭的煤壁和安全作业的工作空间组成，又称“采场”。对于单体支柱采煤工作面，其工作空间一般有机道、人行道和材料道。机道用来设置采煤机、输送机等设备；人行道用作人员通行、搬运支柱等；材料道用来堆放支护材料等。

8. 什么是采高？什么是控顶距？什么是最小控顶距？什么是采空区？什么是回柱？什么是最大控顶距？什么是放顶步距？

采出的煤层厚度 M 称为采高。

煤壁至最后一排支柱的距离称为控顶距。

一般三道（有机道、人行道、材料道）宽度之和称为最小控顶距。

随着采煤的煤壁向前推进，控顶距加大，为确保工作面的安全，控顶距应保持一定宽度，在这个宽度以外的空间称为采空区。

采空区的支柱必须撤出，俗称回柱。

回柱后顶板及时冒落，充满采出空间，所以回柱前的控顶距为最大控顶距。

最大控顶距与最小控顶距之差为放顶步距。

9. 采空区处理方法有哪些?

为了保持采煤工作的最小合理空间，必须及时处理采空区。采空区处理方法有以下四种。

（1）全部垮落法　即采空区的顶板及时垮落，利用岩石的碎胀性，将采出煤炭空间充满的方法。

（2）充填法　即由地面或井下采集废石料把采空区重新充填满的方法。

（3）刀柱法　即在采空区每间隔一定距离留下一定宽度的煤柱（俗称刀柱），支撑顶板的方法。

（4）缓慢下沉法　当顶板本身具有缓慢挠曲下沉的性能时，随着工作面推进，在采空区后方自行挠曲下沉使采空区闭合的方法。

10. 什么是矿山压力（矿山压力的内涵是什么)？什么是矿山压力现象?

岩体由于自重等作用，形成了平衡的原岩应力 γH，γ 为岩层平均容重，H 为开采深度。开采后，平衡的原岩应力被破坏，引起应力重新分布（图 4-1），重新分布的应力使岩体变形（ΔM），由于应力状态的变化和煤岩强度的影响，产生了应力升高区（BD）和应力降低区（BA）、弹性变形区（CD）和塑性变形区（AC）等。邻近煤壁处，由于煤体强度的降低，压力向煤体内部转移，煤体深处重新分布的压力逐渐增大。这种由于开采引起的工作面周围

岩体内的力称为矿山压力。围岩中应力升高区（BD）的压力称为支承压力，其峰值为 $K\gamma H$，K 为大于 1 的应力集中系数。

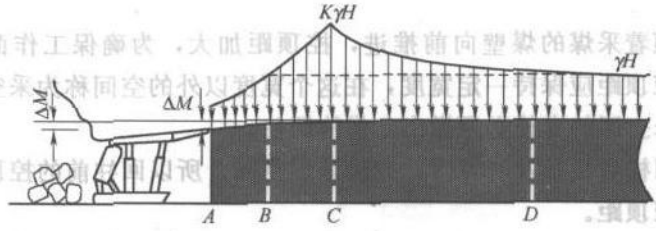


图 4-1　矿山压力与支承压力

在矿山压力作用下，产生了一系列的力学现象，称为矿山压力显现，如顶板下沉、底板鼓起、煤壁片帮、支架下缩、支柱钻底等。

11. 采煤工作面内常见的矿山压力显现及观测指标有哪些？

（1）顶底板移近　一般指工作面控顶区内顶底板相对移近（图 4-2），观测指标有顶底板移近量 $s=M-M'$（mm）、顶底板移近速度 v(mm/h) 等。

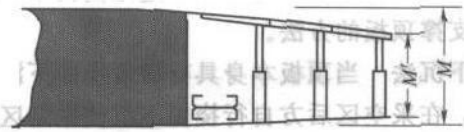


图 4-2　顶底板移近和破碎观测

（2）支架（柱）载荷　指工作面支架（或支柱）承受的载荷。常用 kN/柱、kN/m²、kN/架等单位。

（3）顶板破碎　在矿山压力作用下顶板的破碎程度。观测指标为顶板破碎度 F，即单位控顶面积内冒落面积所占百分比。实际观测常常在工作面机道上方、顶梁前端的无支护空间进行，因此又称端面顶板破碎度。用来衡量支架控制顶板的效果。

（4）局部冒顶　指对正常生产有影响的顶板局部塌落，一般以冒顶高度、长度、宽度以及冒顶影响生产时间等来表示显现程度。

(5) 煤壁片帮 在工作面前方支承压力作用下，煤壁发生垂直和水平变形而脱落的现象，观测指标有片帮深度、片帮率等。片帮率指沿工作面片帮长度之和与工作面长度的百分比。

(6) 台阶下沉 由于基本顶破断垮落、支架控制不力所造成的阶梯状下沉，常用台阶数目和台阶落差来观测表述。

(7) 大面积冒顶 由于基本顶垮落导致顶板沿煤壁切落的现象，常用冒顶面积和造成工作面停产的时间来表述。

12. 影响支承压力的主要因素有哪些?

支承压力在具体的矿山地质条件下是不尽相同的，它受以下主要因素影响。

(1) 开采深度 开采深度越大，支承压力越高，这就是深部开采巷道变形严重的主要原因。开采深度过大，导致开采后的岩层移动未能波及到地表，采空区的后支承压力可能恢复不到 γH 值。

(2) 围岩性质 支承压力大小与煤壁支撑能力、煤体内聚力和内摩擦角等有关，也就是与煤体本身的强度有关，煤质越硬，强度越高，支承压力的峰值越高，峰值距煤壁的距离越近，其相应的分布范围越小。这就是硬煤工作面的片帮深度小、片帮率低，而软煤片帮严重、片帮深度大的原因。

支承压力的分布与顶底板的岩性有关。一般来说，坚硬岩层应力传递的范围广，应力集中程度低，采煤工作面前支承压力的实测表明，软的页岩、泥岩顶板前支承压力范围仅 20～40m，而坚硬砂岩顶板可达 100m 左右。支承压力在底板中的传递角 β，底板越硬，β 角越大，应力集中程度越低。一般来说，底板为煤层时，β 角仅 15°左右；而底板为岩层时，β 角达 25°以上。

(3) 采空区残留空间 由弹性理论分析可知，开挖的空间越大，支承压力分布的范围越大，开挖的空间越宽，支承压力峰值越高。当采煤工作面从开切眼向前推进时，顶板尚未破坏冒落，或者仅直接顶部分冒落，采空区残留空间宽而扁，此时随工作面推进，前支承压力峰值逐渐增大。当顶板冒落，采空区残留空间的宽度基

本恒定后，前支承压力的峰值也处于稳定。

（4）相邻工作面回采　当相邻两工作面同时回采时，两相邻工作面侧向支承压力和前支承压力必然形成叠加，从而使支承压力的分布范围和峰值增大。

（5）近距离煤层回采　当近距离多煤层同时回采时，上下两相邻煤层的前支承压力的叠加同样会使前支承压力的峰值和范围增大，一般来说，下层工作面对上层工作面前支承压力叠加影响更大；上层采空区对下层工作面前支承压力有减小或均化作用；上层采空区的残留煤柱可使下层工作面前支承压力峰值增大。

13. 长壁工作面顶板来压有哪些一般规律？

长壁工作面在整个回采过程中各个时期的矿山压力显现是不同的，重点分三个时期分析，即直接顶初次垮落、基本顶初次来压和周期来压。

（1）直接顶垮落规律　长壁工作面从开切眼开始向前推进，采出煤炭的残留空间似一个很扁的矩形，在直接顶垮落之前，为了让已悬露的顶板垮落碎胀，充满已采的空间，要进行工作面的第一次回柱放顶，称为初次放顶。对于液压支架工作面，因移架随工作面推进同步完成，故这一时期称初采阶段。初次放顶或初采阶段的矿山压力显现特点是：顶板悬露较完整，变形较小，因此支架载荷小，支柱支设不牢，稳定性差；回柱或移架后，仅少部分直接顶冒落，大部分顶板悬空不冒，随工作面继续推进，一旦顶板大块垮落，转矩较大，易推倒不太牢固的工作面支架，因此初次放顶时特别要加强支护系统的稳定性，适当加大控顶距是有利的。

初次放顶后，工作面继续推进，直接顶悬露面积增大，当达到极限垮距时开始垮落，直接顶的第一次大面积垮落称为直接顶初次垮落。

（2）基本顶初次来压及其显现规律　直接顶初次垮落后，如果充满了采空区，则基本顶被直接顶的碎矸支撑，随着采空区的扩大而缓慢下沉，工作面支架上的载荷无明显变化。事实上大多数工作

面的直接顶是充不满采空区的，此时随着工作面的继续推进基本顶呈悬空状态，也相当于两端固支的岩梁，当达到极限垮距时，岩梁破断失稳，造成工作面突然来压，通常把工作面基本顶第一次破断失稳的压力显现称为初次来压。

(3) 基本顶周期来压及其显现规律　初次来压后、工作面暂时摆脱了基本顶失稳的影响，顶板状况大大好转，但随着工作面继续推进，基本顶悬露面积又不断扩大，便呈现周期性的破断失稳。即基本顶将始终经历“稳定-失稳-再稳定”的变化，对工作面产生周期性的来压显现，称周期来压。

14. 采煤工作面的顶板来压预报机理与方法有哪些?

为了有效地控制基本顶来压的冒顶事故，必须重视对来压时间、位置的预测预报。

(1) 基本顶来压的预报机理　大量的岩石受载试验证明，顶板岩石具有弹性、黏弹性、塑性、黏塑性和破断的明显变形与破坏的过程。随着采煤工作面的推进，基本顶的悬露面积不断增大，也是支承压力升高、转移、重新分布和峰值增大的过程，支承压力峰值越高，基本顶的变形速度越大，因此在来压前后过程中有如下显现特征：

① 基本顶破断前其悬露面积达到最大，支承压力峰值也最高，相应的顶板变形速度也高，而且破断前还有一个加速蠕变的过程，也就是说，顶板来压前有下沉速度增大的显现；

② 基本顶断裂时，支承压力突变，峰值应力向工作面前方转移、断缝前方的顶板会反弹，断缝后方的顶板会压缩下沉，也就是说，顶板破断时有反弹和下沉量增大的显现；

③ 基本顶的断裂是裂缝形成、扩展的时间过程，大量观测证明，基本顶断裂与工作面来压存在明显的时间差，为预报和采取对策提供了时间保证；

④ 根据 Winkler 弹性展厅基础上 Kirehhof 板的力学模型计算，在断裂线的前方有反弹区和压缩区的显现；

⑤ 坚硬岩体断裂时有持续的破裂声响，并释放振动能量，越接近极限强度，发射间频越高，释放振能越多。

以上来压显现特征，为利用仪表监测、实施来压预报提供了理论依据。

(2) 基本顶来压预报方法　根据基本顶破断前的固有显现特征，在工作面及其周围的巷道中安设观测仪表，即可测得来压破断前的信息，做出科学预报。

15. 影响长壁工作面矿压显现的主要因素有哪些?

长壁工作面采出煤炭后，由于应力重新分布，必然引起各种矿山压力显现，而矿山压力显现的程度显然与组成工作面围岩的性质、工作空间的大小、回采煤炭的速度、开采深度、煤层倾角等有关。

(1) 顶板及其分类　顶板是长壁工作面围岩的重要组成部分，由于伪顶往往是局部的，且随采随冒，因此，对生产有直接影响的是直接顶和基本顶。它们的稳定性及其厚度对矿山压力显现及支护形式的选样有着显著影响，分类指导顶板管理是实现安全控制的基本方式。

① 直接顶的稳定性及其分类　直接顶的稳定性与其自身的力学性质有关，也与基本顶运动对其影响有关，同时也受支架特性和架型的影响。直接顶力学性质指强度、层理和裂隙状况。裂隙有原生裂隙、矿压裂隙和构造裂隙。

层理裂隙的发育程度首先影响直接顶的稳定性，但是在这种情况下，支架的护顶性能对维护直接顶的稳定性有着重要的关系。直接顶稳定性往往与工作面的推进方向有关，主裂隙的面向与工作面的推进方向相同时，有利于顶板的管理。

直接顶的稳定性与基本顶的破断运动有关，当基本顶破断时，其岩块的回转迫使直接顶上部形成拉断区和机道上方形成塑性区，当拉断区与塑性区贯通时，会导致贯穿式的端面冒顶事故。

② 基本顶的来压强度及其分级　基本顶是影响工作面顶板来

压强度的主要因素，是确定支架的支撑能力、可缩性能以及选择采空区处理方法的主要依据。基本顶的来压强度与直接顶厚度和采高有直接关系，直接顶越厚，采高越小，回柱或移架后，直接顶冒落对采空区充填越严实，其基本顶破断来压强度越小，反之，如果直接顶冒落充填不满，残留的空间高度越大，则基本顶破断后回转角大，容易发生滑落失稳，垮落时产生冲击载荷，来压强度就大。

根据我国煤矿多年来的实践和研究，将基本顶按来压显现的强烈程度分为四级，Ⅰ级为来压不明显的顶板，Ⅱ级为来压明显的顶板，Ⅲ级为来压强烈的顶板，Ⅳ级为来压非常强烈的顶板。

(2) 底板特征及分类　底板岩层影响矿山压力显现有两方面的问题：其一是煤层采出后，由于底板支承压力的分布引起底板鼓胀和破坏，从而导致地下水分布的变化，造成突水事故等；其二是在底板较松软的情况下，工作面支柱很容易插底，或者液压支架的底座陷底，直接影响工作面支架性能的发挥，导致顶板失稳及冒顶事故的发生。

根据我国煤矿采煤工作面底板的抗压人特性将底板划分为五类：Ⅰ类为极软底板，如充填砂、泥岩、软煤等；Ⅱ类为松软底板，如泥页岩、煤等；Ⅲ类为较软底板，其中又分为两个亚类，如薄层状页岩、中硬煤等为一类，硬煤、致密页岩等为一类；Ⅳ类为硬底板，如砂质页岩等；Ⅴ类为坚硬底板，如粉砂岩、砂岩、厚层砂质页岩等。

(3) 采高、控顶距和工作面长度的影响　反映采煤工作面空间大小的主要参数是采高、控顶距和工作面长度，因此这些参数对矿山压力显现的影响，就是维护地下工作空间的形状和大小对矿山压力显现的影响。维护的空间越大，支承压力的分布范围越大，顶板冒落、覆岩破坏越严重。

(4) 工作面采煤工序和推进速度的影响　落煤对顶板下沉的影响实质上是由于控顶距加大，支承压力叠加和前移，使直接顶迅速下沉的作用。放顶或移架对顶板下沉的影响实质上是由于支撑系统的卸载，直接顶失去平衡，在垮落瞬间对控顶区顶板产生力矩作

用。据观测统计，一般情况下落煤和放顶引起的顶板下沉量约占循环总下沉量的70%左右。

(5) 开采深度的影响　开采深度直接影响着支承压力的大小，但支承压力大小与矿山压力显现程度并非成正比关系，一般来说，应力降低区的显现程度更严重。

开采深度对巷道的矿山压力显现影响较为明显，因为塑性区的宽度随开采深度的增加而增大，导致巷道围岩变形、底鼓等随时间的增加更为严重。由岩石力学分析可知，岩层受重力变形，其积聚的能量与深度的平方成正比，因此深部开采发生冲击地压的次数和强度都会明显增加。

(6) 煤层倾角的影响　煤层倾角对采煤工作面矿山压力显现的影响很大。随着倾角的增大，顶底板移近量逐渐变小，上覆岩层重力沿层面向下的滑力随着增大。

16. 采场矿山压力假说有哪些？其内容分别是什么？

采矿工程由于涉及到岩层内的原岩应力场以及岩体性质的复杂性，因而从一开始人们就对采场的矿山压力现象提出了各种不同的解释，这种解释（即揭示矿山压力现象内在联系的推测或科学的概括）即称为矿山压力假说。主要包括压力拱假说、悬臂梁假说、铰接岩块假说和预成裂隙假说。

(1) 压力拱假说　它是由德国人哈克（W. Hack）和吉里策尔（G. Gillitzer）于1928年提出的。它借用巷道顶板岩石的成拱作用，认为长壁采煤工作面自开切眼起也形成压力拱，压力拱的形式如图4-3所示，压力拱随着工作面推进而扩大，直至拱顶达到地表为止。由于压力拱的作用，在工

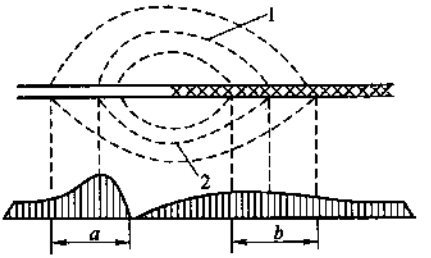


图4-3　回采工作面压力拱假说
1—顶板内压力拱轴线；
2—底板内压力拱轴线



作面前方煤体内形成前拱脚 a，后方垮落岩石则形成后拱脚 b。a、b 均为应力增高区，工作面则处于应力降低区，由此解释了支架承受的载荷仅为上覆岩层质量的百分之几。在底板岩体内和顶板一样，也存在相似的压力拱。

压力拱假说能解释围岩卸载的原因，但未能说明岩层变形、移动和破坏的发展过程以及支架与围岩的相互作用。

(2) 悬臂梁假说　它由德国的施托克（K. Stoke）于 1916 年提出，后得到英国的弗里德（I. Friend）、前苏联的格尔曼等的支持。此假说认为，工作面和采空区上方的顶板可视为梁，它一端固定于岩体内，另一端则处于悬伸状态。当顶板由几个岩层组成时，形成组合悬臂梁。在弯曲下沉后，受到已垮落岩石的支撑，当悬伸长度很大时，发生有规律的周期性折断，从而引起周期来压。

(3) 铰接岩块假说　此假说由前苏联库兹聂佐夫于 1950～1954 年提出，它认为工作面上覆岩层的破坏可分为垮落带和其上的规则移动带。垮落带分上下两部分，下部垮落时，岩块杂乱无章；上部垮落时，则呈规则的排列，但与规则移动带的差别在于无水平方向有规律的水平挤压力的联系。规则移动带岩块间可以相互铰合而形成一多环节的铰链，并规则地在采空区上方下沉。

(4) 预成裂隙假说　此假说由比利时学者 A·拉巴斯于 20 世纪 50 年代初几乎与铰接岩块假说在同一时期提出，假塑性梁是此假说中的主要组成部分，事实上是从另一侧面解释了破断岩块的相互作用关系。此假说认为，由于开采的影响，回采工作面上覆岩层的连续性遭到破坏，从而成为非连续体。并且认为，在回采工作面周围存在着应力降低区、应力增高区和采动影响区。随着工作面推进，三个区域同时相应地向前移动。

17. 我国学者在岩体结构力学模型上的发展如何？

我国学者在总结铰接岩块假说及预成裂隙假说的基础上，以及在大量生产实践及对岩层内部移动进行现场观测的基础上，于 20 世纪 70 年代末、80 年代初提出了岩体结构的“砌体梁”力学模

型，从而发展了上述有关假说。

“砌体梁”结构是基于采动岩体移动的如下特征而提出的。

① 采动上覆岩层的岩体结构的骨架是覆岩中的坚硬岩层，可将上覆岩层划分为若干组，每组以坚硬岩层为底层，其上部的软弱岩层可视为直接作用于骨架上的载荷，同时也是更上层坚硬岩层与下部骨架联结的垫层。

② 随着工作面的推进，采空区上方坚硬岩层在裂缝带内将断裂成排列整齐的岩块，岩块间将受水平推力作用而形成铰接关系。岩层移动曲线的形态经实测呈开始为下凹、而后随工作面的推进逐渐恢复水平状态的过程，由此决定了断裂岩块间铰接点的位置。若曲线下凹，则铰接点位置在岩块断裂面的偏下部；反之，则在偏上部。如果在回采空间以及邻近的采空区上方出现明显的离层区，说明该区内断裂的岩块可以形成悬露结构。

③ 由于垫层传递剪切力的能力较弱，因而两层骨架间的联结能用可缩性支杆代替。

④ 当骨架层的断裂岩块回转恢复到近水平位置时，岩块间的剪切力趋近于零，此时的铰接关系可转化为水平连杆联结关系。

⑤ 最上层为表土冲积层，可将其视为均布载荷作用于岩体结构上，而骨架层各岩块上的载荷将随垫层的压实程度而变化。

18. 单体支柱工作面冒顶类型有哪些？其机理是什么？如何防治？

采场冒顶事故绝大部分在单体支柱工作面发生，冒顶类型可分为压垮型、漏冒型与推垮型三大类。压垮型冒顶是由垂直于层面方向的顶板压力压坏采场支架而导致的冒顶，漏冒型冒顶是因破碎顶板没有得到防护而导致的冒顶，推垮型冒顶是由平行于层面方向的顶板水平力推倒采场支架而导致的冒顶。此外，还可能出现综合类型的冒顶。

单体支柱工作面各类冒顶事故的机理及预防措施有如下几方面。

(1) 压垮型冒顶

① 基本顶来压时的压垮型冒顶 20世纪50年代，我国采场中主要使用可缩性很小、工作阻力也小的木支架及金属摩擦支柱，在老顶来压时往往难于抗衡，导致压垮型冒顶事故。进入20世纪80年代，许多工作面已经使用单体液压支柱，近些年很多正规工作面已应用液压自移支架。由于这些支架的工作阻力大，可缩量也较大，能够与基本顶形成的顶板压力抗衡，因而大大降低了压垮型冒顶的威胁。

当基本顶破断后岩块能形成平衡结构，且没有台阶下沉或只有数量不太大的台阶下沉时，若支柱可缩量不够或下缩速度很小，也有可能被压坏而导致压垮型冒顶，这时冒下的也只是直接顶岩层。若基本顶岩块不能形成平衡结构，则台阶下沉量不断增加，这时如果工作面支柱的支撑力不够或下缩速度太小，就可能发生压垮型冒顶；而且这种类型的压垮型冒顶是基本顶直接顶一起往下压，来压强度往往比只有直接顶冒下时大得多。应该指出，当基本顶中平行煤壁的断层出露煤壁时，基本顶断块间常难以形成平衡结构，这时应特别注意预防发生这种类型的压垮型冒顶。

② 厚层难垮顶板大面积冒顶 关于厚层难垮顶板大面积冒顶的机理有两种观点：一种是顶板大面积悬露后，因弯曲应力超过其强度，导致顶板岩层断裂，并大面积垮落；另一种是顶板大面积悬露后，采空区周边煤柱上方岩层内的剪应力超过其极限强度，导致顶板岩层大面积冒落。

研究表明，厚层难垮顶板在未垮落前，有时已几经断裂，但由于岩层厚度较大，断裂岩块间能挤压得很紧，呈悬空状态，直到悬露巨大面积时才垮落。

③ 直接顶导致的压垮型冒顶 这种类型压垮型冒顶是当与岩体脱离的直接顶垂直层面方向向下运动时，采场支架的支撑力不足，因而导致压垮型冒顶。

(2) 漏冒型冒顶

① 大面积漏垮型冒顶 由于煤层倾角较大，直接顶又异常破

碎，采场支护系统中如果某个地点失效发生局部冒顶，在自然安息角以上的破碎顶板就要沿安息角冒落，使其下方支架失稳，如此由下而上连锁反应，有可能从原来局部冒顶地点开始，沿工作面往上至回风巷全部漏空，导致压垮工作面。

预防这种类型冒顶的措施主要有：

a. 选用合适的支护，使工作面支护系统有足够的支撑力和可缩量；

b. 顶板必须背产接实；

c. 严防放炮、移输送机等工序推倒支架，防止出现局部冒顶。

② 局部漏冒型冒顶

a. 靠煤帮附近的漏冒。由于原生或构造等原因，在一些煤层的直接顶中因存在多组交叉裂隙而形成某些散离岩块，这些镶嵌在直接顶中通常具有光滑破裂面的孤立岩块，在采煤机采煤或爆破落煤后，如果支护不及时，就可能在无任何预兆的情况下突然冒落，造成局部漏冒型冒顶事故。由于第一排支柱的初撑力不够，容易使机道上方直接顶板过分变形破裂，从而导致局部漏冒。当采用爆破法采煤时，如果炮眼布置不当或装药量过多，可能在放炮时崩倒支架，从而导致局部漏冒。当老顶来压时，煤壁附近直接顶可能破碎，如果煤层本身又因强度低而片帮，从而扩大了无支护空间，也会造成局部漏冒。此外，网下采煤可能出现破网漏冒。靠煤帮附近局部漏冒导致的死亡事故较多，必须严加防范。

b. 工作面两端的漏冒。工作面两端的漏冒包括输送机机头机尾处局冒，也包括与工作面相接的一段巷道中的局冒。工作面两端经常要进行机头机尾的移置工作，机头机尾处一般是架设抬棚支护，移置机头机尾时需拆除抬棚下的支柱，如果造成直接顶下沉，就可能导致破碎顶板或孤立岩块冒落。

c. 放顶线附近的漏冒。放顶线上支柱受力不会是均匀的，当人工回拆受力较大的柱子时，往往柱子一倒下，顶板随即垮落，如果回柱工人来不及退到安全地点躲避，就可能造成人身事故。这种情况在分段回柱回撤最后一两根支柱时尤其容易发生。在放顶线上

支设墩柱，不仅可以使直接顶沿放顶线垮落，减小顶底板移近量，从而改善顶板状态，而且回柱放顶时可在墩柱保护下先回撤单体柱子，以后撤柱再自移到新位置，从而保证回柱工人始终在有支护的条件下作业。

d. 地质破坏带附近的漏冒。地质破坏带顶板往往较破碎，容易造成漏冒，因此要特别加强支护。不仅该地段的支护密度要增大，而且要视顶板破碎的程度加强护顶工作。

(3) 推垮型冒顶

① 复合顶板推垮型冒顶　复合顶板又称离层型顶板。复合顶板由下软上硬岩层构成，下部软岩层可能是一个整层，也可能是由几个分层组成。这里的软岩层是指采动后下部岩层或因岩石强度低，或因分层薄，其挠度比上部岩层大，向下弯曲得多，而上下岩层间又没有多大的黏结力，因此下部岩层与上部岩层形成离层。从外表看，似乎下部岩层较软，上部岩层较硬。典型的复合顶板的特征是：煤层顶板由下“软”上“硬”不同岩性的岩层所组成；“软”、“硬”岩层间夹有煤线或薄层软弱岩层；下部“软”岩层的厚度一般为0.5～3.0m。

② 金属网下推垮型冒顶　金属网下推垮型冒顶的全过程分为两个阶段，而且各有其原因，第一是形成网兜阶段。这是由工作面内某位置支护失效导致的，这时，如果周围支架的稳定性很好，一般不会发展到第二阶段，即还不至于发生冒顶事故。第二是推垮工作面阶段。如前所述，在开切眼附近，金属网上面碎矸之上有空隙，或者由于支架初撑力小刚度低，从而使网上碎矸石与上位断裂了的硬岩大块离层，这就造成网下单体支架不稳定，在网兜沿倾斜等方向拉力的作用下，依次使网兜上侧的支柱倾斜，最终造成推垮型冒顶。

③ 大块孤立顶板旋转推垮型冒顶　当煤层顶板存在由断层、裂隙、层理或薄弱岩层切割成的大范围孤立顶板时，这个孤立顶板可能旋转而下，把工作面支柱向煤壁推倒，造成推垮型冒顶。

大块孤立顶板有时厚度可达6m，长度可达20m左右，宽度可

以自煤壁到采空区悬顶处。岩性一般是中等稳定及以上，在采空区往往出现悬顶。在孤立顶板范围内进行回柱后，虽然工作面支柱及未回支柱工作阻力的合力 P 并不小于孤立顶板的重力 Q，但是 P 与 Q 的作用点不在一个垂直线上，P 偏靠煤壁一些，Q 偏靠采空区一些，因而 P 的反力矩小于 Q 的作用力矩。在这种条件下，虽然不至于切断工作面，但因力矩不平衡，孤立顶板会旋转而下，推垮工作面。

④ 冲击推垮型冒顶　当煤层顶板的下位岩层容易离层时，下位岩层先离层，然后上位岩层中掉下大块矸石砸在下位已离层了的岩层上，导致推垮型冒顶，或者下位岩层先离层，上位岩层折断急剧下沉，冲击已离层了的下位岩层，导致推垮型冒顶。

⑤ 采空区冒矸冲入采场推垮型冒顶　如果煤层之上直接就是石灰岩等较坚硬岩层，当其呈大块在采空区垮落时，可能顺着已垮落的矸石堆冲入采场，推倒采场支架，从而导致推垮型冒顶。

19. 什么是初撑力、始动阻力、初工作阻力、最大工作阻力？

初撑力是指支柱支设时，将活柱升起，托住顶梁，利用升柱工具使支柱对顶板产生的一个主动力。对于液压支柱，即是泵压所形成的支柱对顶板的撑力。

始动阻力是指在顶板压力作用下，摩擦支柱的活柱开始下缩的瞬间，支柱所反映出来的力。由于它是顶板压缩支柱而形成，因此称为阻力。对于液压支柱，始动阻力大小等于初撑力大小。

初工作阻力是指对于摩擦式金属支柱，活柱下缩时，工作阻力的增长率由急剧增长转为缓慢增长时转折点处的工作阻力，通常只是对微增阻式支柱有这种情况。

最大工作阻力是指支柱所能承受的最大负载能力，又称额定工作阻力。

20. 目前使用的支柱的力学特性主要有哪几种？

回采工作面支架主要由梁和柱组合而成。一般金属顶梁属于刚

性结构，支柱则由两节组成（即活柱和底柱），它们之间的伸缩关系形成了支柱的阻力及可缩性。单体支柱由于结构简单，因此支架特性即为支柱的特性，而它与顶底板组合起来的特性还决定于顶板的完整程度及底板压入的可能性，从而形成一综合力学特性，以支撑基本顶及直接顶形成的载荷及抵抗基本顶结构形成的变形量。对于液压支架，其力学特性不仅决定于液压柱的力学特性，还取决于其结构，从而形成各种不同的力学特性。

目前使用的支柱的工作特性有急增阻式、微增阻式和恒阻式三种。

21. 液压支架的架型分为哪几类？

我国目前对液压支架的架型还没有统一的分类标准，一般仍按支架与围岩相互作用的特点分三种类型，即支撑式、掩护式及支撑掩护式。

22. 什么是巷道的卸压保护？其具体措施有哪些？

巷道卸压保护的实质是通过人为措施，使本来作用在巷道上方或其附近的载荷转移到离巷道较远的新支承区，从而使巷道不再受到高压作用。其主要措施有如下几种。

（1）在巷道周围形成槽孔　这是属于使巷道局部卸压的措施，常用的主要有以下两种。

① 钻孔卸压　通过向巷帮打大直径钻孔，从结构上破坏煤层，使其强度降低到一定程度，从而不能再形成应力增高区，也就是人为地诱导应力消除。钻孔直径为 150～350mm，孔深为 6～10m，孔距为 200～350mm，在矿压作用下形成压酥或破坏带，从而使巷道边缘的高应力带转移至钻孔底部附近。

② 切槽卸压　切槽卸压多用于防治巷道底鼓。切槽用截煤机形成，对于中硬岩层，槽宽 $B=20\sim30$cm；对于软岩，$B>20\sim30$cm。切槽深度一般应达到巷道的宽度。对巷道底板切槽以后，在矿山压力作用下开始可以提高底板的稳定性和减小岩石移动量，直至切槽缝被压实为止。由于在坚硬岩石中形成切槽比较困难，故

切槽卸压实际上只用于软岩和中硬以下的岩石中，底板岩石的单向抗压强度最好在30MPa以下。除了用机械方法形成槽孔外，也可利用小炮眼松动爆破或水力破裂法造成应力重新分布，以达到卸压目的，但这些方法多用于不受回采影响和服务年限长的巷道。

（2）在巷旁形成卸压空间　宽面掘巷是开采薄煤层采用的传统掘巷方法之一。最初应用这种方法的意图是将掘进所得矸石留在巷旁，避免将矸石运到地面，从而减少大量矸石运输量，并可减轻地面环境污染。但是由于巷道一侧（有时可能是两侧）煤层被采空，而堆积在巷旁的矸石与顶板之间又常留有间隙，这就自然地在一定程度上起到了转移压力和保护巷道的作用。

宽面掘巷时，由于巷道掘进速度慢，捣运矸石的劳动量大而繁重，故后来这种方法的应用逐渐减少。但近些年来国外发展了巷旁作业的机械化，在不降低掘进速度的条件下仍可实现掘进矸石不出井，从而为这种古老的掘巷方法开辟了新的应用前景。

（3）大面积区域性卸压　在相当长时间内，我国许多矿井曾采用在巷道上方留设护巷煤柱以保护底板岩巷的办法，但均未获得良好效果。事实上，正是护巷煤柱上的支承压力传递到底板岩层中，使被保护的巷道严重受压或遭到破坏。相反地，如果使工作面从底板岩石巷道上方连续采过去，在被跨越巷道的上方不再留下保护煤柱，则跨采以后的巷道却可以受到卸压而长期处于稳定状态，这就是所谓跨采卸压护巷方法。目前这种方法已在我国许多煤矿中获得广泛应用，并取得了良好效果。

23. 采区巷道有哪些支护类型？

（1）木材支架　木材支架常用的结构形式主要是梯形棚子，棚子间距通常为0.7～1.0m。如果巷道压力大，棚间距可加密到0.5m，有时还采用“对棚”、“密集棚子”等布置方式，在少数围岩坚硬的巷道中也可以用带帽点柱。

木材支架的优点是质量轻，加工容易，对巷道条件变化的适应性较大，并有一定的支撑能力，一般当每米安设两架梯形木棚时，

支撑顶板的能力达150～200kPa，目前我国一些矿井的采区巷道中仍在应用。

但木材支架本身的技术性能并不理想，对围岩移动的适应性差，当巷道变形量超过100～200mm时，木支架就可能遭到损坏，且易于腐烂，使用期短，维修费用高，通风阻力大，不防火。所以采区巷道应尽量不用或少用木材支架。

(2) 金属支架　金属支架具有承载能力大、可多次复用、能形成可缩性、利于防火、储运方便、安装容易和迅速等优点，所以是采区巷道支护的基本手段。当前主要发展各种可缩性型钢支护和有关配件，以适应采区巷道顶底板移近量大、服务期短的特点。金属支架的类型很多，以下几种在我国采区巷道中较常使用。

① 平顶形可缩性金属支架　平顶形金属支架包括梯形、矩形、斜梯形等形状的支架，其中以梯形最为常用。

平顶形可缩性金属支架的基本构件加工制造方便，巷道无需挑顶，便于巷道掘进和有利于保持顶板稳定性，并可简化巷道与工作面连接处的支护技术。支护材料可应用U型钢或工字钢或者两者混合应用。平顶形可缩支架对地质条件有较好的适应性，当直接顶为稳定和整体性强的岩石时更为有利。目前研制的支架，其断面变化为6.5～10m^2，多数支架的承载力可达300～400kN/架，其垂直可缩量多为400～600mm。

② 拱形可缩性金属支架　拱形可缩性金属支架一般由拱形顶梁、棚腿和连接件（卡缆）组成。根据巷道断面尺寸、主要来压方向及围岩移动量大小可采用节数不同的支架结构形式。有时为了满足某些特殊要求还可采用其他结构形式的拱形支架，如当巷道两帮压力大时，可采用曲腿式支架；当巷道某一方向来压大时，可采用非对称式支架；当底压大时，可采用带底拱的所谓封闭形支架。

拱形可缩性金属支架通常用矿用U型钢制造。这种型钢有较好的抗弯、抗扭性能，可以互换，并有良好的搭接性能，利用连接件夹紧后能在保持一定工作阻力的条件下具有可缩性。因而，既能在一定程度上抑制巷道围岩变形，又能适应围岩变形，达到让压的

目的。目前我国生产的有18U、25U、29U和36U等四种型钢。

连接件是可缩性金属支架的关键部件，其结构和力学性能关系到支架性能的好坏，影响到支架初撑力和工作阻力的大小、支架的可缩性能、支架变形损坏情况及复用率等。目前国内外使用的连接件种类繁多，归纳起来主要有螺栓式连接件和楔式连接件两大类。

24. 如何确定巷道支架承载能力？

在对采区巷道支护进行工程设计时，除了根据该矿井实际经验选用支架外，也可用计算方法来确定巷内基本支护的承载能力，其步骤如下：

① 预计巷道顶底板移近量，先根据巷道在无采掘影响、受本区段工作面一次采动影响、采动后稳定时期及受下区段工作面二次采动影响的情况，估算被支护巷道的顶底板移近量；

② 根据巷道顶底板移近量，利用图4-4上部分的曲线查出这

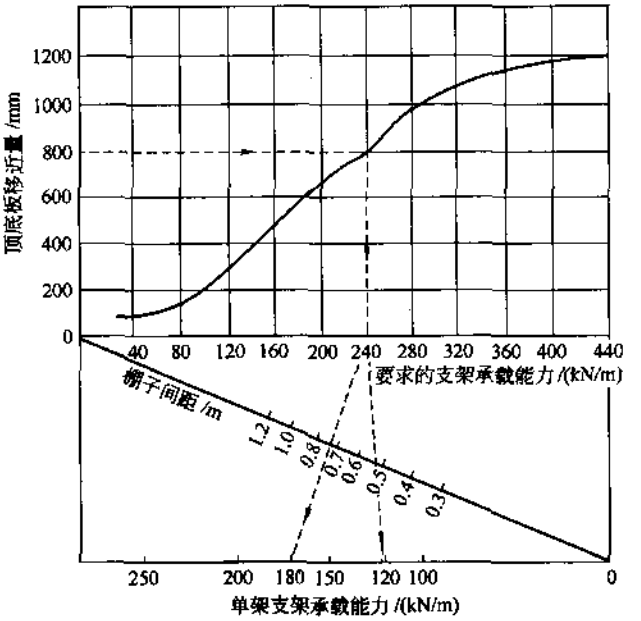


图4-4 顶底板移近量、棚距与支架工作阻力诺模图

种情况下相应的每米巷道要求的支架承载能力；

③ 根据顶底板岩石性质和裂隙发育程度，确定合适的棚子间距，使每米巷道要求的支架承载能力与所选定的棚距的连线相交，就可得到应选支架的单架工作阻力。如果所得值位于两种架型的工作阻力之间，为安全起见应选工作阻力偏大的一种架型。

25. 巷内加强支护有哪几类？

巷道内安设基本支架后，并不一定都能满足巷道维护的要求，尤其在巷道受采动影响的地段或遇到地质破坏的地段，往往需要根据具体情况增设巷内加强支护。常见的巷内加强支护有两类。

（1）巷内永久性加强支护　这种加强支护安设在巷道内以后，在巷道使用期间一般不再拆除。其方式有两种：一种是在原来棚子的断面范围内以增加构件的方式加强原有的基本支架，其形式有中心柱、偏心柱或当巷道较宽时两者并用。这种加强支柱可以在巷道掘进后不久即安设，也可在巷道开始受采动影响前安设。一般认为梯形巷道跨度超过 3.5m 时就可考虑加中柱或偏柱；另一种加强支护的方式是在原先架设的棚子之间增设一些立柱或棚子，前者用于顶板完整性较好的情况，这时巷内基本棚子间距可取大一些，后者用于顶板完整性较差的情况。

（2）巷内临时性加强支护　这种加强支护仅仅安设在巷道的某一地段上，用于临时加强巷内支护，经过一定时间以后就予以拆除。例如，对平巷采动影响的地段可采用这种方式。

由于平巷中采动影响是随工作面推进而不断前移，故临时加强支护也要相应地随工作面推进而前移。通常是在工作面前方受采动影响较明显处开始安设，而在工作面后方采动影响停息处拆除，拆下的支柱运送到工作面前方受采动影响较明显处重新安设。

为了保证临时加强支护取得良好的护巷效果，并且在拆除这些支柱后不致影响巷道的稳定性，应使巷道安设临时加强支护的地段有足够的长度。这个长度主要根据围岩性质及回采工作面前后方采动影响的程度而定。

临时加强支护最好采用便于安装和拆移的单体液压支柱。其布置方式可以是，在两架基本棚子之间安设1～2根单体支柱，或一根安设在中部另一根斜撑在靠采空区侧的拱形支架棚梁与棚腿连接处，也可一根安设在平巷中部而另一根安设在靠采空区一侧等。

26. 巷旁支护有哪些类型？

巷旁支护的类型很多，下面仅介绍其中主要的几种。

(1) 木垛　木垛作为巷旁支护的优点是与顶底板接触面积大，比较稳定，挡矸性能好，木垛属于大可缩量晚支撑的巷旁支护类型，最终压缩量一般可达原始高度的40%～50%，木垛并不是理想的巷旁支护形式，除少数特殊情况外不宜采用。

(2) 密集支柱　巷旁支护的密集支柱是架设在巷道断面以外，靠采空区一侧的密排支柱。根据情况它可架设成单排或双排，所用支柱多为金属支柱。密集支柱一般用于1.3～2.2m厚的煤层中，但也可用于2.5m甚至更厚的煤层。除了煤层顶底板太软的情况外，密集支柱对围岩为中等稳定（$R_C \geqslant 40MPa$）的煤层具有广泛的适用性。对于薄及中厚煤层以及围岩中稳以上的条件，密集支柱是比较经济而有效的巷旁支护类型之一。

(3) 矸石带　矸石带属于宽幅大可缩量的巷旁支护类型。井下观测表明，由于矸石带垒砌不易致密，故它在初期一般都不能承载，矸石带在工作面后方约20m以远阻力才逐渐上升，至60m处达最大值后进入恒阻阶段。矸石带的压缩量可高达原始高度的40%～60%，所以从力学特性来看，这不是理想的巷旁支护类型。然而，这种巷旁支护方式的最大优点是它利用了矸石作支护材料，从而可以节约大量其他支护材料和相应的费用。

(4) 人工砌块巷旁支护带　这种巷旁支护方式是利用由不同材料预制成的块状、条状或板状（矩形或圆形）砌块作为构件，在巷旁垒成垛或砌带，以代替传统的木垛或矸石带来保护巷道。砌块的种类按其材料不同有料石砌块、矸石水泥混凝土预制块、水泥与炉渣和锯末配制的轻质砌块或高炉熔渣铸块等。为了使砌垛（带）具

有一定可缩量，垒砌时在某几层砌块之间安放 10～20mm 厚的板皮或笆片，使砌垛整体具有 50～100mm 可缩量。有时为保证砌垛（带）的稳定性和密闭性，接顶处要用木楔塞紧。

（5）刚性充填带　这种方式是利用水力或风力将遇水能凝固的某种材料充填到巷旁，在巷道一侧形成一条连续的整体刚性充填带。充填所用材料有硬石膏，用粉煤灰、炉渣、洗选矸石和碎矸石等作为填料的廉价水泥，我国还研制出了水体积占 80%～90%的“高水”充填材料。充填方式有干式和湿式两种。

27. 采区巷道的加固有哪几种手段？

为了保持巷道的稳定性，除了对巷道的悬露面进行支撑，以控制其周边岩石移动和破坏外，还可通过向岩体内部安设加固构件或注入黏结剂，增加其整体强度和充分利用围岩自身的支承能力，以达到维护巷道的目的。为此，可采用如下两种手段。

（1）锚固技术的应用　这种方法是先在煤岩体中钻直径不大的钻孔，然后通过机械方法或化学方法将不同材料（金属、木材、竹子、钢丝绳等）的杆件锚固在煤岩体内部和其悬露面之间。随围岩性质和结构特征不同，锚杆可能起到悬吊、组合梁和挤压加固等作用。当锚杆的安设密度较大时，它能在巷道周围被加固岩体形成一定厚度的压缩带，这不仅可防止受节理等弱面切割的岩块产生滑动，而且锚杆本身也有抗剪销钉的作用，能有效地防止层间错动。在这种情况下，锚固层不仅能保持自身的稳定性，而且还有可能在一定程度上承受上位岩层的载荷和抑制其变形和松动。

近年来，我国锚固技术的应用有了许多新的发展，在很多巷道内，锚杆支护已成为主导支护技术，为此降低了吨煤成本。

目前的经验认为，锚杆的长度应不小于巷道宽度的 2/5。当在较均质而偏软的岩体中开掘巷道，而沿巷道周边按径向以等间距布置锚杆时，要求锚杆长度与间距之比大于 2，以便在围岩中形成较均匀的压缩拱带，减小径向变形，使巷道趋于稳定。

锚杆支护的基本优点是工艺简单，安装速度快，效率高，便于

机械化，劳动强度低，可节约支护材料，降低支护成本，而且巷道断面利用率高，可减少掘进量，故总的技术经济效果较好。如能进一步提高其可靠性，完善配套设备和检测手段，则锚杆将成为我国回采巷道十分重要的支护形式。

(2) 注浆加固的应用　注浆加固是保持巷道稳定性，解决多裂隙和破碎围岩巷道维护问题的一个新途径。其基本原理是将具有黏固作用的某种浆液通过钻孔注入有裂隙的煤、岩体中，使之重新黏结成整体，以提高围岩的稳定性。对于含水裂隙来说还能起到堵水作用。

用于注浆加固的黏结剂要具有适当的黏度和化学稳定性，既能保证注浆过程有充分的作业时间，又能在注浆后短时间内凝固和硬化。目前应用的有水泥灰浆、纯黏土或膨润土浆液、水玻璃浆液和各种合成树脂。水泥灰浆价廉而操作简单，但易于沉淀，初凝时间长，难以向细小裂隙中渗透。近年来已研制出丙烯酰胺类、尿醛树脂类、糠醛树脂类及聚氨酯类等化学浆液，有时还加入一定比例的起泡剂配制成起泡浆液。

常用的注浆工艺有药包法和压注法两种。药包法是用一端削尖的四方形硬木杆将能发泡膨胀的合成树脂药包推入钻孔内，使药包薄膜穿破，然后旋转木杆使药包按照一定配比分装好的两种成分均匀混合，待用木塞封孔后，充满钻孔的发泡树脂可将木杆全长和煤体中的节理和裂隙黏固。药包法的优点是操作工艺和所用设备简单，成本较低，但因药包形成的浆液有限，不足以有效固结多裂隙的破碎顶板，故通常用于加固易片帮的煤壁。

利用注浆加固煤、岩的效果是明显的，我国开滦等矿井进行过试验，也取得了成效。但由于优质黏固剂成本昂贵，使其应用受到限制，如能研制出价廉而效果较好的黏固剂，并进一步改善注浆工艺，则注浆技术维护采区巷道将会得到进一步发展。

28. 采区巷道联合支护的基本原理是什么？联合支护方式有哪些？

(1) 采区巷道联合支护的基本原理　采区巷道联合支护是基于

以下几点提出的。

① 各种支护类型具有不同的支护特性，同时采用几种类型支护可取长补短，从而最终取得较好的支护效果。

② 支架的承载力并非越大越好，增大支架承载力将使支护成本增高，然而却不能按相应比例增大对围岩移动的抑制作用，所以应使支架承载力保持在一个技术上有效、经济上有利的范围内，即求得在一定条件下合理的承载力。

③ 由于采区巷道各个区段可能承受不同的采动影响，因而呈现不同的矿压显现。显然，不同矿压显现带内顶板动态有显著差别，故不应该在巷道全部长度上或在同一时间内采用同样大小的支护强度，即不同矿压显现带内支架的合理支护强度应是不同的。由此提出在同一巷道的不同矿压显现带内采取非等强度支护的思想。

④ 对于需要加大支护强度的某些区段，其支护强度可以由同一类型支护通过改变技术参数来实现（如采取高阻力低密度支护或者相反），因而在进行巷道联合支护时，可以提出能保证巷道有足够强度的多种技术方案，以便从中选出技术经济效果最佳的联合支护方案。

⑤ 由于巷道总移近量是在各矿压显现阶段内累积而成，故对于整个服务期间总移近量很大的巷道，不应由一种类型支架可提供的可缩量满足顶底板总移近量，而应在不同矿压显现带内由不同类型支护先后地、分别地加以满足。此外，要考虑不同类型支护之间刚度的合理配合，例如，如果能使巷旁支护的刚度略大于巷内支护，就可以使它对巷道上方折断岩梁起到更好的支托作用，并有利于改善巷内支架的受力状态。

(2) 采区巷道联合支护方式

①“锚杆-棚子”联合支护　在受到采动影响的回采巷道中，单独使用锚杆作为基本支护难以维护好巷道时，为了加大对顶板的阻力，减少其变形量，可采用“锚杆-棚子”的联合支护方式。

②“锚网-金属棚子-人工砌垛”联合支护　在围岩稳定性较差、采深较大、巷道压力较大的情况下，对于准备留下复用的采区

平巷，从掘进到二次复用往往要经过多次整修甚至更换支架，这不仅造成巷道维修工作量很大，而且不利于生产。为了使这种巷道在整个服务期间实现无维修，可采用“锚网-金属棚子-人工砌垛”的联合支护方式。

29. 坚硬顶板工作面矿压显现规律如何？

坚硬难垮顶板的综采工作面，初次来压与周期来压步距大，不来压期间顶板压力小，来压时动压冲击较严重，支架后方有较大的悬板使支架受力不均，顶板垮落时块度大，造成对工作面支架的冲击，容易损坏支架。其特点有以下几方面。

① 坚硬顶板在采空区呈大面积垮落，初次来压步距一般大于50m，整体厚砂岩砾岩组合顶板则大于 60m，个别达 100m 以上，周期来压步距一般也达 20～50m，因此一次垮落面积少则数千平方米，多则数万余平方米。顶板呈整体性垮落，来压速度快，大量岩体突然垮落会造成暴风，威胁人身及设备安全。

② 坚硬顶板的垮落块度大，碎胀系数小，一般为 1.01～1.1，因此顶板活动波及层位高、时间长，大致可分为两期。在前期活动中，采空区顶板是随工作面推进而逐次分层垮落，使顶板呈反台阶状悬板，顶板在相对稳定时呈四边支撑的悬板，中部垮高大，达 20～25m，四周为垮高小的弧状支撑，据大同矿务局云岗矿 8305 面观测，顶板在前期活动稳定 230d 后顶板又重新活动，开采面积达 $7.1\times10^4m^2$。当采空区面积明显增大而高位岩层仍为坚硬岩层时，可能出现顶板后期活动，高位岩层呈整体一次切冒，使原未垮落顶板与已塌陷岩层接触，冒高又增高 20～40m，靠近煤柱处形成明显的悬板。

③ 工作面周期来压有大小周期之分。下位岩层活动，在小范围内发生，工作面产生不明显的小周期压；高位岩层的活动，只会发生在大范围悬顶之后，对工作面产生强度较大的周期压。如大同四老沟矿 8305 工作面，顶板为厚层砂岩，夹有薄层砾岩，初次来压步距 102m，小周期来压步距 14.6～51m，三次大周期来压步距



分别为147.3m、118.4m、83.3m。

④ 当顶板来压时，采空区顶板频繁响动，工作面支架载荷明显增大，安全阀不断有动作，煤壁片帮，支柱内腔液压出现瞬时增阻20～30MPa，最大内压可达60MPa以上，每次冲击时间仅0.01～0.02s，根据大同8305工作面测定，此时工作面推进距为94.5m，采空面积为$1.4\times10^4m^2$，采空区垮高由0.9m增加到15m，顶板裂缝最高位置离煤层33.6m，厚度较大的顶板在短时间内集中垮落。

⑤ 顶板来压时，支架后柱的增阻速度和增阻值明显大于前柱，据大同四老沟矿8207工作面108d观测结果，由于经常有4～6m的悬顶出现，致使后柱压力为前柱压力的1.5倍。由于安全阀来不及开启而发生的立柱爆裂事故主要发生在后柱，但后排支柱的压力也不是均匀的。典型的顶板冲击载荷可造成高吨位液压支架的立柱缸体爆炸，如大同四老沟矿2号层顶板为整体砂岩，因顶板突然来压使额定工作阻力为1625kN/柱的英国生产的四柱支撑掩护式支架后柱缸体爆炸，缸体碎片四射。

⑥ 顶板在回转下沉过程中，对支架产生水平冲击力。此水平推力主要作用在垛式支架的尾梁或支撑掩护式支架的掩护梁上。垛式支架抗水平推力的能力较差，易造成立柱向煤壁弯曲损坏；支撑掩护式支架的四连杆机构虽可承受一定的水平推力，但冲击力较大时也会引起支架朝煤壁方向移动，甚至使推移输送机的千斤顶损坏，顶起输送机槽，破坏掩护梁与顶梁的连接。

分层厚度大于5～6m的基本顶称为厚层难冒顶板。开采具有厚层难冒顶板的煤层，顶板需悬露几千平方米、几万平方米甚至十几万平方米才大面积垮落；垮落时产生的冲击与暴风对安全生产威胁极大。如果煤层上面直接顶厚度不足2～3倍采高，其上为厚层难冒顶板，当直接顶垮落后，冒矸上自由空间高度还较大，则需按厚层难冒顶板来控制。

30. 长壁工作面难冒顶板如何控制？

用长壁法采煤，厚层难冒顶板的控制有以下几种方法。

（1）工作面钻孔强制放顶

① 平行工作面长钻孔强制放顶　隔一定距离（取值小于来压步距）对顶板处理一次，在采空区上方形成一定高度的破坏沟槽，使坚硬顶板的下部岩层能分段垮落，而不是整体同时在工作面前方未采动煤层上方，平行工作面打长钻孔，工作面采过后，在采空区的上钻孔内用炸药进行爆破，从而垮落。

② 炮孔垂直工作面的强制放顶　这种方式的打钻工作在本工作面作业空间进行，并使用质量轻、体积小的各种岩石电钻。

（2）深孔爆破法强制放顶　沿采空区边沿进行强制放顶，可使坚硬岩层的悬板周边切断或形成减弱槽口，促使下位岩层及早垮落、形成垫层，以减轻大面积垮落时形成的冲击载荷，防止对安全生产的威胁。

根据炮孔的布置方式可分为在工作面沿采空区边向顶板钻孔、在工作面平巷内钻平行工作面的深孔以及由地面向顶板或煤柱钻孔三种方式。

（3）超前深孔预爆破松动煤体或预裂顶板　超前深孔预爆破松动煤体或预裂顶板是在回采工作面前方，按一定间距向坚硬顶板或煤体内打钻孔进行预爆破松动，使坚硬岩层或煤体在某区域内受到破坏和形成裂隙发育带，从而使老顶岩层的破断提前在工作面前方煤体上断裂，达到降低顶板来压强度的目的。

超前深孔爆破钻孔布置方法为：当工作面长度小于120～150m时，可在一侧平巷内单向打钻；当工作面长度大于150m时，可从两侧平巷内双向打钻。大同矿务局云岗矿采用的煤体松动爆破钻孔布置如图4-5所示。经三个相邻和条件相同的工作面对比试验结果，工作面矿压显现见表4-1。松动爆破使煤体强度下降，塑性区加大，煤体弹性系数下降，割煤效率提高，老顶断裂线向煤壁内转移，使来压次数减少，来压强度减缓。根据理论分析及计算，一次松动爆破的范围不宜过大，一般在工作面前方20m内，超前松动爆破岩体时，长药包对岩石的破坏带和裂隙带的影响半径约1.2～1.5m，应在煤层上方保留3～8m厚度的岩石。孔底到煤层应有一

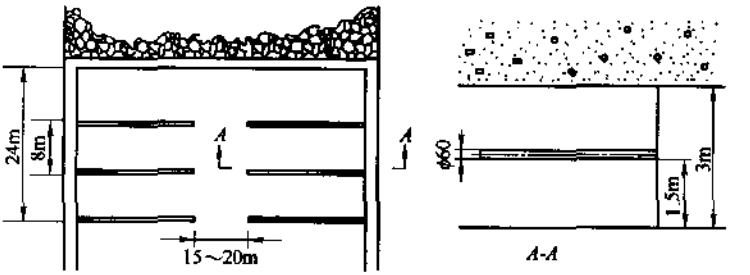


图 4-5 煤体松动爆破钻孔布置

表 4-1 超前深孔预松和未预松工作面矿压显现对比

工作面	日进/m	初次来压	周期来压	来压次数	支架平均工作阻力/(MN/架)
		步距/m			
8305(未预松)	1.66	83.3	18～38	17(540m)	4.7～5.5
8307(未预松)	3.53	83.7	12～20	11(234m)	4.8～5.5
8303(预松爆破)	5.5	不明显		1	3.1～3.2

定间距，以免爆破对下位岩层破坏而造成工作面控顶区内难于管理。

(4) 高压预注水弱化顶板 通过钻孔向顶板注压力水，改变坚硬顶板的物理力学性质，使其成为较易垮落的顶板。这种工艺较简单，已在山西大同、潞安及鹤岗等矿区应用。

31. 什么是冲击地压？冲击地压如何防治？

冲击地压是矿井巷道和采场周围煤岩体由于变形能的释放而产生的以突然、急剧、猛烈的破坏为特征的特殊的矿山压力现象，是煤矿重大灾害之一。

应当根据具体条件因地制宜地采取综合治理措施。防范措施包括采用合理的开拓布置和开采方式、开采保护层、煤层预注水以及厚层坚硬顶板的预处理（顶板注水软化、爆破断顶）等。

(1) 采用合理的开拓布置和开采方式 合理的开拓布置和开采方式是防治冲击地压的根本性措施。其主要原则有以下几方面。

① 开采煤层群时，开拓布置应有利于保护层开采。首先开采无冲击危险或冲击危险小的煤层作为解放层，且优先开采上保护层。开采保护层是防治冲击地压的一项有效的带有根本性的区域性防范措施。

一个煤层（或分层）先采，能使临近煤层得到一定时间的卸载。这种卸载开采称之为开采保护层。保护层应选择无冲击倾向或弱冲击倾向的煤层。保护层开采后，引起围岩向采掘空间移动，使采空区上下方的岩层卸载，形成“卸压带”，而后随着时间的延长逐渐被压实，同时采空区和围岩中的应力相应地逐渐增加，趋于原岩应力水平，所以卸压作用和效果随时间的延长而减小。因此开采保护层的间隔时间不能太久。一般卸压有效期限为：用全部垮落法开采保护层时为 3 年，用全部充填法时为 2 年。此外，对于保护层上部的老顶已折断，使以后开采煤层老顶的动压显现要缓和得多。对于下部煤层，由于受到保护层开采时的前、后支承压力产生的加载和卸载的交替作用，在很大程度上改变了下部煤层和层间岩石的性质，特别是改变了它们的裂隙度和透气性。也就是说，处于保护层卸压带范围内的被保护层，由于降低了压力，煤岩体中新生大量的裂隙，释放了潜在的弹性能，从而消除或减缓了冲击地压危险。

② 划分采区时，应保证合理的开采顺序，最大限度地避免形成煤柱等应力集中区。因为煤柱承受的压力很高，特别是岛形煤柱，要承受几个方面的叠加应力，最易产生冲击地压。

③ 在地质构造等特殊部位，如在向斜和背斜构造区，应从轴部开始回采；在构造盆地应从盆底开始回采；在有断层和采空区的条件下应从断层或采空区开始回采。

④ 有冲击危险的煤层开拓准备巷道和硐室，应布置在底板岩层或无冲击危险煤层中，以利于维护和减小冲击危险。回采巷道应尽可能避开支承压力峰值范围，采用宽巷掘进，少用或不用双巷，同时平行掘进。

⑤ 采用垮落法管理顶板的长壁采煤法。

⑥ 顶板控制尽量采用全部垮落法，工作面支架应采用具有整体性和支护能力的可缩性支架。统计表明，采用非正规采煤法的采区冲击地压次数多、强度大，水力充填次之，全部垮落法次数少且强度弱。采用注水、爆破等方法使顶板弱化或垮落，能够减缓冲击地压。

(2) 煤层预注水　煤层预注水是在采掘工作前，对煤层进行长时压力注水。注水一般是在已掘好的回采巷道内或邻近的巷道内进行。煤层预注水目的是通过压力水的物理化学作用，改变煤的物理力学性质，降低煤层冲击倾向性。煤层预注水是一种积极主动的区域性防范措施，不仅能消除或减缓冲击地压威胁，而且可起到消尘、降温、改善劳动条件的作用。煤岩体内部有原生节理裂隙等许多弱面，压力水进入煤体后沿弱面流动，起到压裂和冲刷作用，以及水对裂隙尖端的楔入作用（水楔作用），使煤体扩大了原有裂隙，产生了新的裂隙，破坏了煤体的整体性，降低了强度。煤层注水过程一般都是开始阶段泵压持续上升，当上升到一定值后（10～20MPa左右）突然下降（5～10MPa），并相对稳定在某个泵压上，这表明煤体被压裂，裂隙开始扩展。泵压最初上升到的最高值称破裂压力。

水和某些含阳离子的溶液具有降低煤岩颗粒间表面能的能力。对于煤体中的一些软弱结构面，水起着润滑剂的作用，使煤体的抗剪强度降低。实验室的浸入试验表明，压力饱水煤样以剪切形式破坏为主，而没有浸水的自然状态煤样则以劈裂破坏形式为主。

水对煤岩体内的某些矿物有溶解作用，矿物溶解后形成裂隙，压力水又可沿裂隙楔入，形成新的裂隙，循环往复，使煤岩强度降低。此外，煤和某些软岩吸水后会膨胀、崩解。吸水量越多，体积膨胀量越大，表面变形量显著增加。这种膨胀力是作为一种附加应力作用于煤岩体上的，使其变形以至破坏。

此外，对易引发冲击地压的厚层坚硬顶板可对厚层坚硬顶板进行预处理，目前较为有效的方法是顶板注水软化和爆破断顶等措施。

32. 对于冲击地压有哪些解危措施?

开采有冲击地压危险煤层时，对已形成冲击危险或具有潜在冲击危险地段采取的处理措施称解危措施。它属于暂时的局部性措施，包括煤层爆破卸压、钻孔卸压和诱发爆破等。

按照冲击地压发生的强度条件和能量条件，工作面附近煤层被顶底板紧紧地夹持着，承受极高的载荷，虽并未破碎，却积聚大量的变形能。这时煤体和围岩形成的三轴压缩应力与矿山压力处于临界平衡状态。采取各种卸压解危措施正是为了减缓这种临界状态，把夹持状态下煤层的侧向约束解除掉，使已形成的局部高压力分散转移到较广区域。由于卸压措施造成煤体局部破裂，降低了强度，应力重新分布，从而释放或降低了煤岩体中的弹性能，使工作面前方一定范围内成为安全区。常用的卸压解危措施有以下三种。

(1) 爆破卸压　爆破卸压是对已形成冲击危险的煤体，用爆破方法减缓其应力集中程度的一种解危措施。实施爆破卸压应采取深孔爆破方法，孔深应达到支承压力峰值区。装药位置越靠近峰值区，炸药威力越大，爆破解除煤层应力的效果越好。该法适用于顶板比较完整的条件下或作为煤层注水时的辅助措施。

(2) 钻孔卸压　钻孔卸压是利用钻孔方法消除或减缓冲击地压危险的解危措施。其原理是基于钻孔及其周围形成的破碎区，因为每一个钻孔周围形成一定的破碎区，当这些破碎区互相接近后，便能使煤层破裂卸压。钻孔卸压的实质是利用煤层中积聚的弹性能来破坏钻孔周围的煤体，使煤层卸压，释放能量，消除冲击危险。

(3) 诱发爆破　诱发爆破是在监测到有冲击危险的情况下，利用较多药量进行爆破，人为地诱发冲击地压，使冲击地压发生在一定的时间和地点，从而避免更大损害。

实行诱发爆破必须慎重行事。作为辅助手段，只有在存在严重冲击危险的情况下，其他方法无效或无法实施时应用。实施地点多用于煤柱回收时，与钻屑法检测孔配合应用。孔距为 2～5m，孔深按冲击危险区范围确定。可平行走向或倾斜布置，也可混合布置。每孔装药量按 1/2～3/4 孔深计算。一般采用深孔爆破法，钻大量

较长的钻孔直达高应力带。采用大药量、集中装药和同时引爆的方法，以便使煤岩体强烈震动，诱发冲击地压，或造成煤体强烈卸压、释放能量，把高应力带移向煤体深部。集中爆破的药量越多，在煤体中造成的动应力就越大，动应力叠加在原来存于煤体中的静应力上的总和越大，超过临界应力值机会就越多，就会诱发冲击地压。

实施诱发爆破应按《煤矿安全规程》的有关规定施工。实施前必须采用钻屑法确定冲击危险地点，加固支架，掩护或撤出机械设备及电缆工具等。爆破时，必须设专人警戒所有通往爆破地点的通道。躲炮半径不得小于150m，躲炮时间30min以上。

33. 单体液压支柱工作面支护与顶板监测包括哪些内容？

随着我国单体支柱工作面支护实现液压化，支护质量与顶板动态监测主要是以单体液压支柱工作面初撑力和工作阻力作为监测支护质量指标。监测内容及指标如下。

(1) 日常监测　日常监测的内容有：支护参数、顶板状态参数及顶板动态。

① 支护参数　属于工作空间基本支护的参数有：支柱初撑力、支柱末阻力、支柱下缩量、支柱钻底量等。

支柱初撑力是单体液压支柱工作面支护质量监测的最主要指标，一般情况下不应小于支柱额定初撑力的80%。支柱末阻力一般可按非来压期间不低于合理支护设计中规定的初撑力，来压期间不高于合理支护设计中预计的工作阻力为准。支柱末阻力与支柱下缩量的比值称为支柱刚度，它是判断支柱是否失效的指标。如果支柱降阻而支柱又下缩，这时支柱刚度为负值，说明该支柱失效。支柱钻底量是反映支护系统刚度的指标。一般情况下，如果支柱钻底量超过100mm，就要采取穿铁鞋等措施。放顶排特种支柱的参数主要是监测其初撑力，一般也应不小于额定初撑力的80%。

② 顶板状态参数　顶板状态参数包括顶底板移近量、顶板台阶下沉量及端面冒高等。为保持顶板处于良好状态，顶底板移近量

在采场控顶距范围内每米采高不宜超过100mm，一般情况下不应出现顶板台阶下沉，端面冒高最好不超过200mm。计算顶底板移近量时，应注意实测量往往未计入第一控顶至煤壁空间内的顶底板移近量，因此应按比例做适当的调整。如果顶板状态参数超过上述数据，应提高支柱初撑力或增大支柱密度，或提高支护系统刚度，为此需修改控顶设计，并相应地修改支柱的监测指标值。

③ 顶板动态　顶板动态主要指基本顶来压和顶板的断裂情况。基本顶来压规律虽可参考相邻工作面的实测数据，但整理本工作面监测一个月（或推进100m）的资料更为重要。

注意发现观测顶板断层情况，并及时填入采矿工程平面图。当遇到平行工作面的断层，应采取专门的过断层控顶措施。

(2) 特殊时期或地点的监测　要特别注意工作面始采、末采、初次放顶，工作面端头及特殊地点（地质破坏带，老巷）的监测。

① 工作面始采及末采　工作面始采时，每根支柱的初撑力都应符合规定的要求才能投入生产。工作面撤除时，每根支柱的工作阻力都应不低于额定初撑力的80%后，才能进行撤面作业。

② 初次放顶及基本顶初次来压　直接顶初次垮落和基本顶初次来压时期，放顶排各种支柱的线密度及阻力必须满足合理控顶设计的要求，每根支柱的阻力也要不低于额定初撑力的80%。

③ 工作面端头　主要是监测工作面端头支柱的初撑力。由于一根长钢梁下的三根支柱互相影响，因此应在三根支柱都支设好以后再量测其初撑力，只要其平均初撑力能符合设计及有关规定即可。

④ 特殊地点　当工作面遇到地质破坏带或老巷时，应制定专门的支护措施，同时要对这些地点支柱的初撑力进行监测，使之都符合设计及规定的要求。

特殊地点支柱的初撑力不低于设计初撑力。工作面两端的四对八梁监测一对即可。日常监测是沿工作面每10m左右设置一观测线进行监测；对切顶排新增的各种支柱，每观测线在其控制范围内，上下各测1根即可，务必保证各种支柱达到设计及规定的初

撑力。

34. 爆破采煤工艺包括哪些工序？普通机械化采煤工艺包括哪些工序？综合机械化采煤工艺包括哪些工序？

爆破采煤简称“炮采”，其工艺过程包括打眼、放炮落煤和装煤、人工装煤、刮板输送机运煤、移置输送机、人工支架和回柱放顶等工序。

普通机械化采煤工艺简称“普采”，其工艺过程包括单滚筒采煤机普采和双滚筒采煤机普采。其工序是采煤机落煤、机械或人工装煤、刮板输送机运煤、金属摩擦支柱或单体液压支柱及金属铰接顶梁（也可不用顶梁）支护和回柱放顶等工序。

综合机械化采煤简称“综采”，其工艺过程包括采煤机落煤、机械装煤、刮板输送机运煤、液压支架支护顶板和移架放顶等工序，全部作业实现了机械化，大幅度降低了劳动强度，提高了单产及安全性。

35. 什么是及时支护？什么是滞后支护？什么是双向割煤？什么是单向割煤？

综合机械化采煤工艺一般均采用双滚筒采煤机，不开切口进刀。正常割煤为前滚筒割顶煤，后滚筒割底煤。液压支架与工作面刮板输送机间用千斤顶连接，可互为支点进行移设。割煤后可及时依次移设液压支架、输送机，也可先逐段依次移输送机，再依次移设支架，前者称为及时支护方式，后者称为滞后支护方式。割煤到工作面上部平巷后，采煤机返回时可再割一刀或空程返回、清理浮煤，前者称为双向割煤方式，后者称为单向割煤方式。

36. 我国使用综合机械化采煤的主要方式有哪些？

随着综采的发展，其适用范围不断扩展，我国使用综采的主要方式有：

① 单一长壁综采；

② 分层长壁综采；

③ 大采高一次采全厚综采；

④ 放顶煤长壁综采等。

37. 单滚筒采煤机左右工作面如何区别？滚筒旋向如何选择？为什么？

单滚筒采煤机的滚筒旋转方向与工作面方向有关。当我们面向回风平巷站在工作面时，若煤壁在右手方向，则为右工作面；反之为左工作面。右工作面的单滚筒采煤机应安装左螺旋滚筒，割煤时滚筒逆时针旋转；左工作面安装右螺旋滚筒，割煤时顺时针旋转。

这样的滚筒旋转方向有利于采煤机稳定运行。当采煤机上行割顶煤时，其滚筒截齿自上而下运行，煤体对截齿的反力是向上的，但因滚筒的上方是顶板，无自由面，故煤体反力会引起机器振动。当机器下行割底煤时，煤体反力向下，也不会引起振动，并且下行时负荷小，也不易产生“啃底”现象。这样的转向还有利于装煤，产生煤尘少，煤块不抛向司机位置。

38. 双滚筒采煤机滚筒位置和旋向如何确定？

通常采煤机的右滚筒（按推进方向）为右螺旋，割煤时顺时针旋转；左滚筒为左螺旋，割煤时逆时针旋转。采煤机正常工作时，一般其前端的滚筒沿顶板割煤，后端滚筒沿底板割煤。这种布置方式司机操作安全，煤尘少，装煤效果好。

在某些特殊条件下，例如煤层中部含硬夹矸时，可使用左螺旋的右滚筒，逆时针旋转；左滚筒则为右螺旋，顺时针旋转。运行中，前滚筒割底煤，后滚筒割顶煤，在下部采空的情况下，中部硬夹矸易被后滚筒破落下来。

某些型号的薄煤层采煤机，滚筒与机体在一条轴线上，前滚筒割出底煤以便机体通过，因此也采用“前底后顶”式布置。有时过地质构造，也需要采用“前底后顶”式，后滚筒割顶煤后，立即移支架，以防顶煤或碎矸垮落。

39. 滚筒采煤机的进刀方式有哪些？

滚筒采煤机每割一刀煤之前，必须使其滚筒进入煤体，这一过

程叫做进刀。滚筒采煤机以输送机机槽为轨道，沿工作面运行割煤，其自身无进刀能力，只有与推移输送机工序相结合才能进刀。因此进刀方式的实质是采煤机运行与推移输送机的配合关系。

(1) 直接推入法进刀方式　工作面下端头必须有不小于4m长的切口，普采工作面单滚筒采煤机采煤时常采用这种方式。由于推移的总质量较大，要开动多台千斤顶同时推移，液压推移设备需要加强，这种方式进刀速度较快，但必须人工开切口。

(2) 端部斜切进刀方式　单、双滚筒采煤机均可采用这种进刀方式，又可分为割三角煤进刀和留三角煤进刀两种方式。

① 单滚筒采煤机端部斜切进刀　以单滚筒采煤机上行割顶煤、下行割底煤的割煤方式为例，割三角煤进刀过程为：a. 采煤机割底煤至工作面下端部；b. 采煤机返向沿输送机弯曲段运行，直至完全进入输送机直线段，当其滚筒沿顶板斜切进煤壁达到规定截深时便停止运行；c. 推移输送机机头及弯曲段，使其成一直线；d. 采煤机返向沿顶板割三角煤直至工作面下端部；e. 采煤机进刀完毕，上行正式割煤，开始时滚筒沿底板割煤，割至斜切终点位置时，改为滚筒沿顶板割煤。这种进刀方式有利于工作面端头管理，输送机保持成一条直线。但较费时，采煤机要在工作面端部20～25m内往返一次，并要等待移机头和重新支护端头支架。

留三角煤进刀过程为：a. 采煤机割煤至工作面下端头后，返向上行沿输送机弯曲段割三角底煤（上刀留下的），割至输送机直线段时改为割顶煤直至工作面上切口；b. 推移机头和弯曲段，将输送机移直，在工作面下端部留下三角煤；c. 采煤机下行割底煤至三角煤处改为割顶煤直至工作面下端部；d. 随机自上而下推移输送机至工作面下部三角煤处，完成进刀全过程。这种进刀方式与割三角煤方式相比，采煤机无需在工作面端部往返斜切，进刀过程简单，移机头和端头支护与进刀互不干扰。但由于工作面端部煤壁不直，不易保障工程规格质量。

② 双滚筒采煤机端部斜切进刀　双滚筒采煤机割三角煤方法进刀过程如下：a. 当采煤机割至工作面端头时，其后的输送机槽

已移近煤壁，采煤机机身处尚留有一段下部煤；b. 调换滚筒位置，前滚筒降下、后滚筒升起，并沿输送机弯曲段返向割入煤壁，直至输送机直线段为止，然后将输送机移直；c. 再调换两个滚筒上、下位置，重新返回割煤至输送机机头处；d. 将三角煤割掉，煤壁割直后，再次调换上、下滚筒，返程正常割煤。

留三角煤进刀法与单滚筒采煤机留三角煤进刀法相似，不再重述。综采面斜切进刀，要求运输及回风平巷有足够宽度，工作面输送机机头（尾）尽量伸向平巷内，以保证采煤机滚筒能割至平巷的内侧帮，并尽量采用侧卸式机头。若平巷过窄，则需辅以人工开切口方能进刀，这就不能发挥综采的生产潜力。

(3) 中部斜切进刀方式　其特点是在工作面中部输送机弯曲段进刀。

① 中厚煤层单滚筒采煤机中部斜切进刀　采用“∞”字割煤，进刀与割煤联成一体，采煤机往返一次进一刀。

② 双滚筒采煤机中部斜切进刀　其进刀进程为：a. 采煤机割煤至工作面左端；b. 空牵引至工作面中部，并延输送机弯曲段斜切进刀，继续割煤至工作面中部；c. 移直输送机，采煤机空牵引至工作面中部；d. 采煤机自工作面中部开始割煤至工作面左端，工作面段输送机移近煤壁，恢复初始状态。

对于端部斜切进刀，端头作业时间较长，采煤机要长时间等待推移机头和移端头支架，影响有效割煤时间。而采用中部斜切进刀方式可以提高开机率，但工作面工程规格质量不易保证。

(4) 滚筒钻入法进刀　其进刀过程为：a. 采煤机割煤至工作面端部距终点位置 3～5m 时停止牵引，但滚筒继续旋转；b. 开动千斤顶推移支承采煤机的输送机槽；c. 滚筒边钻进煤壁边上下或左右摇动，直至达到额定截深并移直输送机；d. 采煤机割煤至工作面端头，可以正常割煤。

钻入法进刀要求采煤机滚筒端面必须布置截齿和排煤口，滚筒不用挡煤板，若用门式挡煤板，钻入前需将其打开，并对输送机机槽、推移千斤顶、采煤机强度和稳定性都有特殊要求，采高较大时

不宜采用。

40. 滚筒采煤机割煤方式有哪些?

采煤机割煤与其他工序的合理配合，称为采煤机割煤方式。采煤机割煤方式有双向割煤和单向割煤的不同方式。

(1) 双向割煤（往返一刀） 中厚煤层单滚筒采煤机普采面采用这种割煤方式。用端部直接推入法或端部斜切进刀，双向割煤，往返进一刀。当煤层倾角较大时，为了补偿输送机下滑量，推移输送机必须从工作面下端开始，为此可采用下行割顶煤、随机挂梁，上行割底煤、清浮煤、推移输送机和支柱的工艺顺序。这种割煤方式适应性强，在煤层粘顶、厚度变化较大的工作面均可采用，无需人工清浮煤。但割顶煤时无立柱控顶（即只挂上顶梁而无立柱支撑）时间长，不利于控顶；实行分段作业时，人工的工作量不均衡，工时利用不充分。

(2) 双向割煤（往返两刀） 单滚筒采煤机、双滚筒采煤机均可采用这种割煤方式，又称穿梭割煤。

采用单滚筒采煤机普采工作面双向割煤、往返两刀割煤方式时，首先采煤机自下切口沿底上行割煤，随机挂梁和推移输送机，并同时铲装浮煤、支柱、待采煤机割至上切口后，翻转弧形挡煤板，下行重复同样工艺过程。当煤层厚度大于滚筒直径时，挂梁前要处理顶煤。该方式主要用于煤层较薄、并且煤层厚度和滚筒直径相近的普采面。

双滚筒采煤机普采或综采面双向割煤、往返两刀割煤时，双滚筒采煤机首先在工作面一端斜切进刀后，正常割煤进刀。采煤机到达工作面另一端后，再在另一端斜切进刀，再割一刀。这种方式是双滚筒采煤机常用的一种割煤方式。

(3) 单向割煤（往返一刀） 单滚筒采煤机普采面单向割煤、往返一刀。割煤方式的工艺过程为：采煤机自工作面下（或上）切口向上（或下）沿底割煤，随机清理顶煤、挂梁，必要时可打临时支护。机器割至上（或下）切口后，翻转弧形挡煤板，快速下（或

上）行装煤及清理机道丢失的底煤，并随机推移输送机、支设单体支柱，直至工作面下（或上）切口。这种割煤方式适用于采高1.5m以下的较薄煤层，要求滚筒直径接近采高、顶板较稳定、煤层粘顶性强、割煤后顶煤不能及时垮落等条件。

双滚筒采煤机单向割煤、往返一刀割煤方式的主要特点是：采煤机割煤后追机移架，但不移输送机；而采煤机在与割煤反方向扫浮煤后，追机移输送机。单向割煤的截割方向根据工作面的地质条件、设备条件的不同而异。

采煤机截割方向取决于移输送机头、转载机或输送机尾的时间和通风风流方向。一般是移输送机头、转载机所需要的时间较长，工作面通风方向是上行风流，因此选择单向割煤方式，采煤机的截割方向一般由输送机头向输送机尾割煤，使作业工序平行交叉，即在采煤机由输送机头向输送机尾割煤过程中，能够完成移输送机头和转载机的工作。在采煤机空刀下放清理机道浮煤过程中，能够完成移输送机尾的工作，才能做到采煤机连续作业，也能使采煤机截割方向与通风风流方向一致。如果采煤机的截割方向改由输送机尾向输送机头割煤，虽然也能使采煤机连续作业，但因移输送机头、转载机的工作量大，所需时间多，而采煤机空刀下放时间短，使工序配合太紧。

在采高、煤层倾角较大的综采工作面，采煤机截割也可由输送机尾向输送机头方向进行，即采用下行割煤。如上行割煤，工作人员在采煤机下方容易伤人，尤其是司机。另外，采煤机上行割煤，司机控制前顶刀截盘时需仰视顶板，截盘割落时带起的煤容易打伤司机的面部，倾角越大越危险。并且随着倾角的加大，输送机的下滑量大，造成推拉构件歪斜，极易损坏。单向割煤的下行割煤方向使推拉缸、推拉杆、联结件等的损坏量大大减少。

41. 双滚筒采煤机不同进刀割煤方式有哪些特点？

端部斜切进刀单向割煤、中部斜切进刀单向割煤与端部斜切进刀双向割煤工艺比较有如下优点：工作面内的割煤、移架与移输送

机、移机头、端头处理等工序实行平行作业，工序间干扰少、窝工少，特别是端头条件较差，移机头（尾）困难时，优点更明显；采煤机空行时可以把浮煤装净，便于推移输送机，对保证工作面工程质量有利；减少了采煤机滚筒和挡煤板的调转次数及往返运行次数，简化了操作程序。当采煤机采用在下端斜切进刀单向割煤工艺时，可以保证采煤机司机、移架工及推输送机工等追机作业始终处于新鲜风流中工作，有利于工人的身体健康。前两种割煤工艺的缺点是单向割煤，设备的无功磨损大；当液压支架与刮板输送机的配合尺寸不允许及时支护时，空顶时间长，顶板破碎时容易片帮冒顶。在工作面长度较短、工作面端头作业时间长的条件下，应优先选用单向割煤方式。

对于工作面长度较大、顶板条件中等稳定以上、端头支护状况良好、移机头顺利的工作面，应选用端部斜切进刀双向割煤工艺。

我国大多数综采工作面均采用双向割煤，随着大功率、高强度、高产高效装备的出现，单向割煤方式的使用有发展的趋势。

42. 大倾角机采的工艺有哪些特点？

煤层底板对金属的摩擦系数为0.35～0.40，相对应的摩擦角为18°～20°。因工作面常有淋水及降尘洒水，使摩擦系数进一步降低，致使煤层倾角在12°时，就有可能由于输送机和支架的自重引起下滑。故倾角大于12°的工作面的采煤设备一般应加防滑装置，并采取相应的措施。

（1）输送机防滑　输送机下滑是机采工作面最常见的、影响生产很严重的问题。输送机下滑往往牵动支架下滑，损坏拉架移输送机千斤顶，输送机机头与转载机机尾不能正常搭接，煤滞留于工作面端头，导致工作面条件恶化。下滑主要有下列原因：a. 重力原因引起下滑，当煤层倾角大于12°～18°时，就有可能因自重下滑；b. 推移不当，次数过多地从工作面某端开始推移；c. 输送机机头与转载机机尾搭接不当，导致输送机底链反向带煤，或者底板没割平或移输送机时过多浮煤及硬矸进入底槽，致使底链与底板摩擦阻

力过大，均能引起输送机下窜。多数情况下是这几种因素综合作用的结果。因此，根据现场观测，煤层倾角5°～8°时也有下滑现象。

防止输送机下滑可采取以下措施：a. 防止煤、矸等进入底槽，以减少底链运行阻力；b. 工作面适当调为煤层伪斜方向布置；c. 严格把握移输送机顺序，下滑严重时可采取双向割煤、单向移输送机，或单向割煤，从工作面下端开始自下而上地移输送机；d. 用单体液压支柱顶住机头（尾）推移时，将首先移完的机头（尾）锚固后，用单体支柱斜支在底座下侧，然后再继续推移；e. 在移输送机时，不能同时松开机头和机尾的锚固装置，移完后应立即锚固，必要时在机头（尾）架底梁上用单体液压支柱加强锚固；f. 煤层倾角大于18°时，安装防滑千斤顶。

(2) 液压支架防倒防滑　倾角较大时，液压支架的稳定性降低，主要原因有：a. 由于煤层倾角较大，支架重力沿煤层倾斜方向的分力大于支架底座和底板间的摩擦力，便产生了侧向移动；b. 随煤层倾角增大，支架重力的作用线超出支架底座宽度边缘时，便会倾倒，此外，煤层倾角较大时，顶板移动方向偏离了煤层顶底板的法线方向，也会使支架倾倒；c. 支架前后端下滑特性不同以及垮落矸石沿底板的下冲作用，会使支架在煤层平面内移动；d. 支架与顶底板接触不平整，受力合力偏心，产生力矩使支架倾倒。

防止支架失稳宜采取以下措施：a. 始终自工作面下部向上移架，以防采空区滚动矸石冲击支架尾部；b. 为防止新移设支架处于初撑力阶段，与顶底板的摩擦力小可能产生下滑，可采取间隔移架，并使支架保持适当迎山角，以抵消顶板下沉时的水平位移量；c. 要严防输送机下滑牵动支架下滑。工作面下端头的排头支架是稳定中间支架的关键因素之一，要采取特殊支护措施，确保排头支架的稳定。

倾角较大时，支架一般要增设防滑装置。

(3) 采煤机防滑　根据煤矿安全规程规定，煤层倾角大于15°时，链牵引采煤机必须有可靠的防滑装置。无链牵引采煤机装备了

可靠的制动器，可用于40°～54°以上煤层而无需其他防滑装置。有的轻型采煤机有简易防滑杆，当煤层倾角较小时，虽不会出现由自重而引起的下滑现象，但可能出现大块煤矸或物料在输送机刮板链带动下，推动采煤机下滑，因此新型采煤机牵引部都具有下滑闭锁性能。

43. 我国采煤工艺方式如何选择？

由于我国国情以及煤田地质条件的复杂性，决定了我国煤矿技术装备是多层次的，在一个相当长的时期内将是综采、普采、炮采三种工艺方式并存。

就目前煤矿地下开采技术发展趋势看，综采是采煤工艺的重要发展方向，它具有高产、高效、安全、低耗及劳动条件好、劳动强度小的优点。按照国家技术政策，今后新建和改建的大中型矿井，凡条件适合的都要装备综采。

但是综采设备价格昂贵，综采生产优势的发挥有赖于全矿井良好的生产系统，较好的煤层赋存条件以及较高的操作和管理水平。根据我国综采生产的经验和目前的技术水平，综采适用于以下条件：a. 煤层地质条件较好，构造少，上综采后能很快获得高产、高效；b. 某些地质条件特殊，但上综采后仍能取得较好的经济效益。采用普通综采，日产一般不小于3000t（薄煤层除外），国产大功率综采日产不小于7000t，引进大功率综采日产不小于万吨。

普采设备价格便宜，一套普采设备的投资只相当一套综采设备的1/4～1/5，而产量可达到普通综采产量的1/3。普采对地质变化的适应性比综采强，工作面搬迁容易。对推进距离短、形状不规则、小断层和褶曲较发育的工作面，综采的优势难以发挥，而采用普采可取得较好的效果。

与综采相比，普采操作技术较易掌握，组织生产较容易。因此普采是我国煤矿特别是中小型矿井发展采煤机械化的重点。

炮采工艺的主要优点是技术装备投资少，适应性强，操作技术容易掌握，生产技术管理较简单，是我国目前采用仍然较多的一种

采煤工艺。但由于炮采单产和效率低、劳动条件差，根据我国的技术政策，凡条件适合，特别在重点煤矿，都要逐步改造成为普采工艺。

44. 液压支架选型的原则、依据和内容是什么？

（1）选型原则　支架选型应使支护强度与工作面矿压相适应，支架结构形式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、输送机等设备相匹配。

（2）选型依据　支架选型前必须将工作面的煤层、顶底板及采区的地质条件全面查清、探明，编出综采采区、综采工作面地质说明书。

（3）选型内容　选择支架时，要确定下述内容：支架类型，如支撑掩护式；立柱根数；支护阻力，有初撑力、额定工作阻力；支架结构高度，包括有最大和最小高度；顶梁和底座的结构型式、尺寸及其相对应位置；对防滑、防倒、防片帮、调架、端面维护等装置的要求；操作方式、阀组性能等。

45. 采煤机如何选型？

采煤机选型要符合煤层赋存条件、对生产能力的要求，以及与刮板输送机和液压支架的匹配要求。

综采工作面生产能力主要取决于采煤机械落煤能力（即工作面最大生产能力），它与采煤机最大割煤牵引速度、无故障割煤时间、最大截深、最大采高、煤的密度有关。无故障割煤时间又取决于综采成套设备的可靠性、煤层赋存条件、采煤工艺及作业方式等。而设备可靠性在很大程度上决定于装机功率和机械的性能。

滚筒采煤机适用地质条件较宽，它可用来开采各种不同硬度 $f \leqslant 4$ 的缓倾斜或急倾斜煤层。中等硬度 $f=1.8\sim2.5$ 时，宜采用中等功率的采煤机；中硬以上及黏煤 $f>2.5\sim4$ 时，宜采用大功率采煤机。采煤机电机功率主要取决于煤质硬度、开采厚度、牵引速度和工作机构类型，可用类比法确定。

选择采煤机时，要根据工作面生产条件，使采煤机满足安全生

产、最大采高和预定生产能力的要求。

46. 刮板输送机如何选型?

刮板输送机应能保证工作面落煤生产能力的需要，选择工作面刮板输送机、转载机和带式输送机等都应以工作面最大生产能力乘以1.2的不均衡系数作为基数。选择工作面刮板输送机可参考下列经验。

① 结构型式 一般与采煤机配套使用。

② 要根据链子负荷情况决定链子数目，结合煤质硬度选择链子结构型式。煤质较硬、块度较大时优先选用双边链；煤质较软时可选用单链和双中心链。

③ 输送机槽的结构，一般应选用开底式，封底式主要用于底板较松软条件。溜槽宽度尺寸应尽可能选用通用尺寸，并应考虑能与采煤机底托架和行走机构尺寸相匹配。

④ 在传动装置布置方式、电动机台数和铺设长度方面，综采工作面刮板输送机通常采用多电机驱动，一般为2～4台，应优先选用双电机双机头驱动方式。为了便于采煤机工作，应尽量将传动装置布置在采空区一侧。当顶板条件较好，为了供电方便，也可选用单机头双电机布置方式。采用多台电机驱动时，为了均衡各电机之间的负荷，一般在传动装置中使用液压耦合器。电机功率大小及台数应根据工作面倾角、输送机铺设长度及输送量大小而定，输送机铺设长度可根据刮板输送机技术特征、输送量、链速和工作面倾角等因素确定。

⑤ 为了配合滚筒采煤机斜切进刀不开切口，应优先选用短机头和短机尾，但机头架和机尾架中板的升角不宜过大，以减少通过压链块时的能耗。

⑥ 为了配合采煤机有链牵引或钢丝绳牵引的需要，在机头和机尾部应附设采煤机牵引链的张紧装置及其固定装置。在与无链牵引的采煤机配套时，机身附设结构型式相应的齿条或销轨与采煤机的行走轮齿相咬合。

⑦ 为了防止重型刮板输送机下滑，应在机头机尾安装防滑锚固装置。

⑧ 刮板输送机溜槽两侧应附设采煤机滑靴或行走滚轮跑道，为防止采煤机掉道，还应设有导向装置。在输送机靠煤壁一侧附设铲煤板，以清理机道的浮煤。此外，为了配合采煤机行走时能自动铺设拖移电缆和水管，应在输送机靠采空区一侧附设电缆槽（一般与挡煤板制成一体）。

47. 采煤工作面循环作业有哪些基本概念？

采煤工作面周而复始地从采煤、装煤、运煤、支架、移输送机、控顶、检修等所有工序进行一遍称为一个循环。一个循环后工作面推进一段距离称为循环进度。每天完成的循环数称为循环方式。每昼夜的工作班数及其生产准备安排称为作业形式。搞好循环作业是实现工作面安全正常、均衡生产、优质、高效的保证，搞好循环作业的关键是处理好工作面各工序、作业的时空关系，不同采煤工艺工作面的循环作业又各有其特点。

48. 炮采、普采工作面循环作业有哪些特点？

(1) 循环作业方式　炮采工作面的落煤进度一般为 0.8m、1.0m 和 1.2m；普采工作面截深一般有 0.5m、0.6m、0.8m 和 1.0m 四种。炮采时，一般落煤一次即放顶一次，一次落煤进度即为循环进度。对于普采，当截深为 0.5m 和 0.6m 时，一般割两刀放一次顶；当截深为 0.8m、1.0m 时，一般割一刀放一次顶。即控顶采用“见四回一”的方法，实现一天 2～3 个循环；对于顶板好的工作面，也可采用“三、五”排或“四、六”排控顶，二采一准备，则一天完成 1 个循环。炮采和普采工作面基本是采用两班采煤、一班准备的两采一准的作业形式，也有不少工作面采用三班采煤、采准平行作业。两采一准在准备班可进行回柱放顶、机械检修、掐接输送机和缩短平巷输送机等工作。由于有专门的准备时间，不仅矿井设备有充裕的检修时间，也保证回柱工作的安全。但出煤时间少，影响工作面单产的进一步提高。三班采煤采准平行作

业实质是每小班采煤和回柱放顶平行作业，工作面推进一刀或两刀进度，按放顶步距要求回一次柱、每日可完成多个循环。三班采煤采准平行作业出煤时间长，充分利用工时和回采空间，提高了设备利用率，采准作业可以做到边采边回，不仅缩短了循环时间，也缩短了工作面支柱的承压时间，有利于加快工作面的推进速度；但三班采煤作业方式准备时间少，设备的维修时间少。

因此，在顶板较稳定时，回柱后即能冒落，支架布置比较简单，放顶工作量不十分大的工作面确能抓紧在生产间隙进行设备检修及定期强制检修，矿井工作制度允许可采用三班采煤、采准平行作业的方式，目前高产队不少采用这种方式。在放顶工作量较小的情况下，回柱放顶工作也可安排在半个班内进行，从而出现了两班半采煤、半班准备的作业方式，有的矿也曾试用过两采两准、三采一准和四班交叉采准平行作业的方式。应结合循环要求及具体条件合理选择。

(2) 工序安排　首先要弄清各工序进行时对工作面顶板的影响，各工序彼此间的联系和相互关系。实测结果表明，在采煤机割煤时，其附近顶板剧烈运动，并急剧下沉，其影响范围一般约为25m左右（采煤机前10m左右，后15m左右）。放炮落煤时会引起顶板下沉速度的突然增大，其波及范围在放炮处的上、下方各为15～17m，而剧烈影响范围又分别在上、下方各5～7m的距离内。在回撤工作面靠采空区一侧的支架时，由于直接顶的冒落，破坏了上覆岩层的平衡，上覆岩层也将随后逐渐变形垮落，此时采空区一侧的支承点前移，导致顶板下沉急剧增加。据一些工作面观测，其影响范围约为15～20m，强烈活动区一般在上、下各5～7m左右。在周期来压时，由于老顶周期折断垮落的影响，无论采煤、放顶在工作面的任何部位进行，都要受到强烈影响，采煤、放顶两工序如平行作业，可能导致顶板难以控制，出现冒顶事故。

工序对顶板下沉的影响很大，为此在安排工序衔接时，要把对顶板影响较大的工序在时间和空间上错开，以防顶板下沉叠加发生冒顶事故。

炮采工作面回柱放顶及放炮落煤两道工序对顶板下沉量影响较大。如工作面顶板同时受到两道工序的叠加影响，往往会造成顶板压力剧增，支架歪扭、折损，以致片帮、冒顶。所以回柱与放炮这两道工序，在空间上、时间上应予以分开。一般来说，回完柱再放炮，可以缩小控顶距离，还可以使回出的柱子少受一次放炮引起的顶板压力的影响，放炮滞后回柱距离一般为30m，以避免出现回柱与放炮叠加压力影响区。通常，采支工序在生产班内进行，回柱或放炮工序在准备班进行，这样可以避免互相影响。但有时在生产班中也常需回柱或放炮，则必须在支柱完成的条件下进行，一般应在该回柱或该放炮地点上下30m范围内将柱子打齐打好。

采煤机割煤和回柱放顶在空间上的安排，沿工作面方向工序之间一般错开30m，在时间上回柱超前割煤，其优点是采煤机总处于最小控顶距情况下进行割煤，相对减少了采煤机割煤时对顶板的影响。由于回柱在前，割煤在后，采煤机割煤后追机挂梁，使用回出的支柱、顶梁更加方便。

割煤方式和支护方式不同，在工序安排上也不一样。例如，采用单滚筒采煤机双向割煤，往返一次进两刀，工作面支架采用齐头直线式时，其工序安排为：当采高大于滚筒直径粘顶煤不落时，提前放顶眼震动炮→沿底割煤→挂梁→移输送机→打柱→回柱放顶→设备检修。

如采用单向割煤，采煤机往返一次进一刀，工作面支护可采用交错梁布置方式。其工序安排为：沿顶割煤→隔空挂梁→回头反刀→沿底割煤→隔空打柱后完成一刀。

由此，工序安排的程序是：a. 割煤在前，挂梁在后，根据顶板条件和防止割煤飞出煤块砸人，一般距离为5～15m；b. 移输送机，共滞后采煤机的距离一般为15～20m；c. 打柱与移输送机之间距离根据顶板情况，一般打柱落后移输送机最远不得超过15m；d. 回柱放顶滞后支柱的距离不小于15m，一般为20～30m。

以上是指在正常条件下的情况，如顶板破碎，遇到地质构造、片帮情况，应根据具体情况采取措施，提前掏梁窝、挂梁或打贴煤

帮临时支柱等。

49. 综采工作面循环作业有哪些特点？

（1）循环及作业方式 综采工作面的循环含意有两种不同的解释：通常是以移架为循环的标志，沿工作面每割一刀，工作面向前推进一个截深的距离，随即完成移架、清理浮煤、修整工作面和推移输送机等全部工序后，就算完成一个循环；另一种概念是以设备检修为循环标志，强调设备检修的重要性，在生产管理制度中明确规定出检修时间，在专门的时间内完成工作面、平巷、上山、装车站全部设备的检修作业，才算一个完整的循环。一个完整的循环要达到多刀进度。

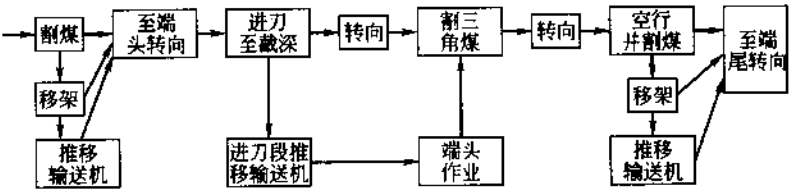
综采工作面的作业形式主要有三班制（两班半采煤、半班准备或两班采煤、一班准备）和四班制（三班采煤、一班准备）。从目前大多数综采面来看，四班工作制，三班采煤、一班准备的形式是较合适的。有的采用四六交叉制或三八制。考虑到煤矿井工作条件的特点，今后应向每班纯工作 6h 的四班工作制（四六制）过渡，逐步减轻工人体力劳动，提高效率。德国、波兰、法国、前苏联等国也都采用四班作业，三班生产、一班准备。

（2）综采工作面工序安排 在工序之间的安排上，注意以采煤机割煤为中心统一安排各工序，做到采煤机割煤、移输送机、移架三工序的合理配合。

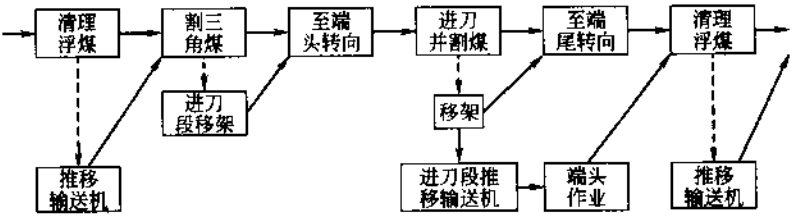
根据顶板及煤壁情况，割煤与移输送机、移输送机与移架有以下三种工艺配合方式：a. 及时支护方式，采煤机割煤后，先移支架（承压前移或迫降后移步），再移输送机，采煤工艺过程为采煤→移架→移输送机，为此，支架前柱与输送机的电缆托架间要富余一个截深，这种方式宜在顶板破碎及易冒落煤层中采用；b. 滞后支护方式，在采煤机割煤后先移输送机，再移支架，移架滞后割煤一定距离，这样顶板悬露面积较大，因此滞后距离不应过大，防止造成冒顶事故，一般规定移输送机滞后采煤机不大于 15m（输送机弯曲段长度），移架滞后不大于 20m，其采煤工艺过程为采煤→移

输送机→移架，这时在前梁下一般有立柱，支架的支撑力集中，分布均匀，这种方式在顶板较坚硬及不易冒落的煤层中采用；c. 超前支护方式，如果煤壁片帮比较严重，可采取超前支护方式，即当煤壁刚发生片帮，不等采煤机割煤，支架就利用前柱与输送机富余量向前挪移，其采煤工艺过程为移架→割煤→移输送机。在主副架组合的迈步支架中，往往采用移副架→移输送机→移主架的顺序。使用带有可伸缩的前探梁支架时，还可以先将前梁伸出，这也属于超前支护方式。

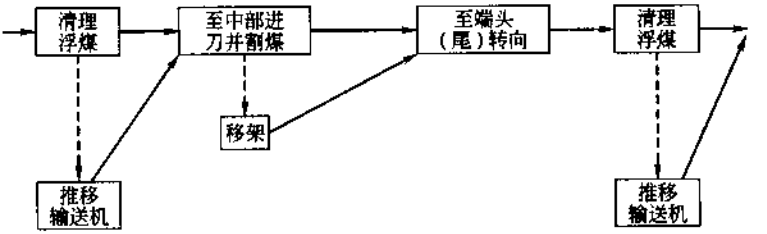
（3）综采工作面进刀、割煤方式的工序流程及循环图表　综采工作面几种典型的循环作业方式工序流程如图 4-6 所示。



(a) 不留三角煤端部斜切进刀双向采煤



(b) 留三角煤端部斜切进刀单向采煤



(c) 工作面中部斜切进刀 "∞" 字形采煤

图 4-6　几种典型的循环作业方式工序流程

50. 什么是机采工作面的开机率？提高机采开机率的途径有哪些？

采煤机开机率 K 是指采煤机运转时间占每日可利用的采煤作业时间的百分比。它综合反映了机采面的地质条件、管理水平、设备使用情况及采区各生产系统的可靠性。综采工作面的开机率可表示为：

$$K=\frac{t_1+t_2+t_3}{60T_2}=\frac{t_1+t_2+t_3}{60(T-T_1-T_3)}$$

式中 t_1——采煤机纯割煤时间，min；

t_2——采煤机跑空刀时间，min；

t_3——采煤机在工作面端头返向操作及进刀时间，min；

T——全日，24h；

T_1——生产准备时间，h；

T_2——采煤作业时间，h；

T_3——上、下班路途时间，h。

提高开机率的途径有：a. 提高工作面的检修速度和质量，减少路途时间损失，增加采煤机作业时间；b. 提高采区及全矿生产系统可靠性，降低生产系统事故；c. 缩短工作面端头移输送机机头（尾）和端头支架时间，使其不影响采煤机端头作业；d. 提高操作和维修水平，降低机电和顶板事故率；e. 加强组织管理，使各工种、各班组之间工作协调，不影响采煤机运转；f. 合理确定工作面参数，最大限度发挥设备效能。

51. 工作面的生产能力如何确定？

令采煤机割一刀煤的总时间为 T_0，当采煤机为单向割煤、往返一刀时：

$$T_0=(L-l)\left(\frac{1}{V_C}+\frac{1}{V_K}\right)+t_3$$

当采煤机双向割煤、往返两刀时：

$$T_0=(L-l)\frac{1}{V_C}+t_3$$

式中 L——工作面长度，m；

l——工作面端部采煤机斜切进刀长度，m；

V_C——采煤机割煤时牵引速度，m/min；

V_K——采煤机返向空牵引或清浮煤、割底煤时的牵引速度，m/min；

t_3——采煤机返向操作及进刀所需时间，min，不同进刀方式，t_3值亦不同。

机采面日生产能力Q_r为：

$$Q_r = NLMB\gamma C = LMB\gamma C\,\frac{60(24-T_1-T_3)K}{T_C}$$

式中 N——每日割煤刀数；

M——采高，m；

B——截深，m；

γ——煤的密度，t/m^3；

C——工作面采出率；

T_1，T_3——分别为生产准备时间及上、下班路途时间，min；

K——开机率。

52. 机采工作面如何确定？

合理的工作面长度是实现高产、高效的重要条件。在一定范围内加长工作面长度，有利于提高产量、效率和效益，并能降低巷道掘进率。但工作面长度受设备、煤层地质条件及瓦斯涌出量等因素制约；同时工作面长度增大，生产技术管理的难度也增大。因此，超过一定长度范围，工作面单产、效率、效益以及安全生产条件等都将会下降。

设备条件是影响工作面长度的主要因素之一。我国制造的工作面输送机大都按200m的铺设长度设计的，只要质量可靠，使用中加强技术管理，工作面长度为160～180m左右时，一般都能适应。使用重型刮板输送机，工作面长度可达200m以上。我国年产超过2.0×10^6t的综采面，工作面长度大多在200m左右或以上，最长已达270m。

煤层地质条件是影响工作面长度的又一重要因素。较大地质构

造往往限制了工作面长度；小构造使割煤和支护变得困难，工作面愈长，含小构造可能性增多，工作面推进度下降，支护愈加困难。薄煤层、倾角大的煤层，运料、行人、操作均很困难；采高大时，技术管理和操作难度加大，顶板过于破碎或过于坚硬，使顶板管理趋于复杂。这些因素都影响工作面长度。

根据技术分析和目前我国煤矿实践经验，缓倾斜煤层综采工作面长度不低于160m；普采工作面长度中厚煤层不小于140m，薄煤层不小于120m；炮采工作面长度可取80～120m。

通风能力对工作面长度的影响取决于工作面瓦斯涌出量。在低瓦斯矿井，工作面长度不受通风能力限制。在高瓦斯矿井，工作面的通风能力则是限制工作面长度的重要因素。通风能力所允许的工作面长度可用下式计算：

$$L=\frac{60vMSC_f}{q_bBPN}$$

式中 M——采高，m；

v——工作面内允许的最大风速，4m/s；

S——工作面最小控顶距，m；

C_f——风流收缩系数，可取0.9～0.95；

q_b——昼夜产煤1t所需风量，m^3/min；

B——循环进度，即机采面采煤机截深，m；

P——煤层产出率，即单位面积上出煤量，$P=M\gamma C$，t/m^2；

N——昼夜循环数，即每日割煤刀数。

另外，适当加大工作面长度可相对减少每班的进刀次数和进刀占用时间，增加纯割煤时间，从而有利于增加工作面产量。以目前较多采用的斜切进刀为例，进刀长度一般为30m。

53. 什么是单一长壁采煤法？单一走向长壁采煤法采区的生产系统如何布置？

单一长壁采煤法是一次采出煤层全厚的采煤方法，多用于薄及中厚煤层。近十年来发展了大采高综采，在厚煤层中也有应用。单一长壁采煤法可分为单一走向长壁、单一倾斜长壁、大采高一次采

全厚、刀柱式等采煤法。单一长壁采煤法包括采煤工艺、回采巷道布置和采煤系统。

单一长壁工作面开采采区的一个区段，工作面沿倾斜布置，沿走向推进，为了说明工作面及其与外部环境的关系，先举例如图4-7所示。大巷掘至采区位置后，在采区运输石门1接近煤层处，开掘采区下部车场3。由下部车场向上，沿煤层分别开掘轨道上山

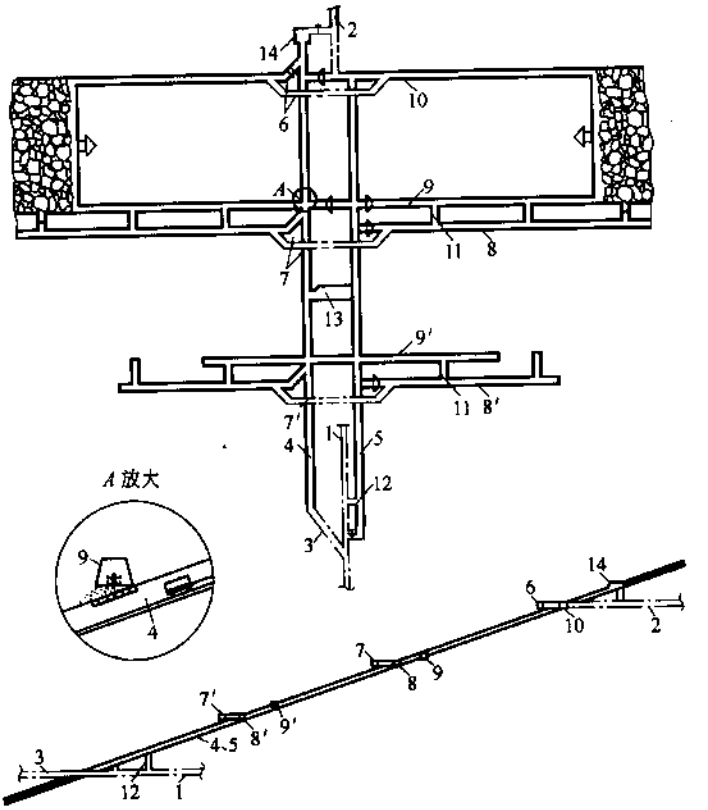


图4-7 单一煤层采区巷道布置

1—采区运输石门；2—采区回风石门；3—采区下部车场；4—轨道上山；5—运输上山；6—采区上部车场；7，7′—中部车场；8，8′，10—区段回风平巷；9，9′—区段运输平巷；11—联络巷；12—采区煤仓；13—采区变电所；14—绞车房

4和运输上山5，两条上山相距20m，至采区上部边界后，以采区上部车场6与采区回风石门2联通，形成通风系统。此后，为了准备出第一区段的采煤工作面，在上山附近第一区段下部掘中部车场7，并用双巷掘进的方法，掘进两翼的第二区段回风平巷8和第一区段的运输平巷9，其倾斜间距一般为8～15m（薄煤层取下限），即为区段煤柱（上区段采后以维护下区段回风平巷）。回风平巷8超前运输平巷9约100～150m掘进，沿走向每隔80～100m掘联络巷11连通两巷，8和9掘到采区边界后再掘出开切眼。与此同时在采区上部边界，从采区上部车场6向两翼开掘第一区段的回风平巷10。在掘进上述各巷道的过程中，还要开掘采区煤仓12、变电所13和绞车房14。

当上述巷道和硐室的规格质量经检查合格后，再安装所需要的机电设备，形成一个完整的采区生产系统，便可交工投产。

采区的生产系统包括运煤、运料、排矸、通风、供电、压气供应、供水等系统。

（1）运煤系统　在运输上山和运输平巷内均铺设有输送机。其运煤路线为：工作面运出的煤炭经运输平巷、运输上山到采区煤仓上口，通过采区煤仓在采区运输石门装车外运。最下一个区段工作面运出的煤，则由区段运输平巷至运输上山，在运输上山铺设一台短刮板输送机，向上运至煤仓上口。

（2）运料、排矸系统　运料、排矸采用矿车及平板车。物料自采区下部车场3经轨道上山4到采区上部车场6，然后经第一区段回风平巷10送至采煤工作面。区段回风平巷8、8′和运输平巷9、9′所需的物料，自轨道上山4经中部车场7、7′送入。掘进巷道所出矸石和煤，利用矿车从各平巷运出，经轨道上山运至下部车场。

（3）通风系统　采煤工作面所需的新鲜风流从采区运输石门进入，经下部车场、轨道上山、中部车场7，分成两翼经平巷8、联络巷11、运输平巷9到达工作面。从工作面出来的污风，经第一区段回风平巷10，右翼直接进入采区回风石门，左翼则需经车场绕道6进入采区回风石门。掘进工作面所需的新鲜风流，从轨道上

山经中部车场7′分两翼送到平巷8′。在平巷内由局部通风机送往掘进工作面。污风流则从运输平巷9′，经运输上山回入采区回风石门。采区绞车房和变电所需要的新风是由轨道上山进入。采区绞车房的回风是经联络小巷处的调节风窗回入采区回风石门；变电所的回风是经输送机上山进入回风石门；煤仓不通风，煤仓上口、上山输送机机头硐室的新风，直接由石门1通过联络巷中的调节风窗供给。为使风流能按上述路线流通，在相应地点需设置风门。

(4) 供电系统　高压电缆由井底中央变电所，经大巷、采区运输石门、下部车场、运输上山至采区变电所。经降压后的低压电，由低压电缆分别引向采煤和掘进工作面附近的配电点，以及上山输送机、绞车房等用电地点。

(5) 压气和安全用水系统　掘进岩巷时所用的压气、采掘工作面、平巷以及上山输送机转载点所需的防尘喷雾用水，分别由地面(或井下)压气机房和地面储水池(或井下小水泵)，以专用管路送至采区用气用水地点。

54. 工作面平巷的坡度和方向如何确定?

工作面平巷主要包括回风平巷、运输平巷，虽然称为平巷，实际上并不是绝对水平的。为了便于排水和有利于矿车运输，它们都是按照一定坡度(5‰～10‰)布置和掘进的。但由于坡度很小，除在巷道施工方面需加以注明外，一般都以水平巷道对待。

在工作面回风平巷中，为便于运送设备、材料，普遍铺设轨道，采用矿车和平板车运输，这就要求巷道基本水平，只保持一定流水坡度，允许巷道有一定弯曲，在掘进平巷时，按腰线(标高)掘进，平巷就成为沿煤层底板等高线同样弯曲的巷道。

在工作面运输平巷中，有时安设了多台刮板输送机串联运输，一台刮板输送机长一般100～150m；产量较大的普采面，在靠近工作面的一段设置一台刮板输送机，以适应工作面推进过程中，经常缩减输送机长度的需要，而刮板输送机后设带式输送机。为适应底板起伏不平，可铺设吊挂式输送机；产量大的普采面也可采用转载

机和可伸缩带式输送机运输。运输平巷中铺设输送机时，对于巷道坡度变化可有一定适应性，但要求巷道直，使输送机保持直线铺设。巷道按中线掘进时，巷道起伏变化很大，沿巷道轴线垂面上呈弯曲状，不适于铺设输送机，实际处理时可选取几个主要的转折点，同时考虑每台输送机有适当的长度，取折线布置。

综合机械化采煤工作面平巷布置有其特点，在运输平巷内，为适应产量大的需要均设置有转载机和带式输送机，同时为避免工作面推进过程中增减支架的麻烦，要求沿推进方向的工作面长度为等长，因此对工作面上下两平巷均应力求做到直线且互相平行布置。

55. 什么是双工作面布置？其有何特点？

双工作面布置实质是利用三条工作面平巷准备出两个相连接采煤工作面。中间的平巷铺设输送机作为工作面运输平巷，上工作面的煤炭向下运到中间运输平巷，下工作面的煤炭向上运到中间运输平巷，故该工作面又称为对拉工作面。

上、下两条平巷内铺设轨道，分别为上、下两个工作面运送材料及设备等服务。

工作面的通风方式主要有以下两种：第一种是由中间的工作面运输平巷进风，分别清洗上、下工作面之后，由上、下平巷回风，或者从上、下平巷进风，中间平巷回风，无论哪一种都有一个工作面是下行风，所以只适用于煤层倾角不大的情况；第二种是由下部平巷及中间运输平巷进风，而集中由上部平巷回风，称为串联掺新的通风方式。

上、下工作面之间的错距通常不超过 5m，错距处要用木垛加强维护，上部或下部工作面超前均可。当工作面有淋水时，一般采用下部工作面超前的方式。

对拉工作面的优点是加大合计的工作面长度，减少工作面平巷的掘进量和相应的维护量，使生产集中；但上、下部工作面连接处暴露面积大，压力大，维护困难，该处的采煤与顶板管理比较复杂。

对拉工作面只适合于倾角小于 15°、顶板中等稳定以上、瓦斯

含量不大的非综采工作面。

56. 工作面回采顺序有哪几种？

工作面回采顺序有后退式、前进式、往复式及旋转式等几种。

工作面由采区边界方向向采区上山方向回采，称后退式，是我国最常用的一种回采顺序。

工作面由采区上山方向向采区边界方向回采，称前进式。其工作面平巷不需预先掘出，只需随工作面掘进在采空区中留出，即所谓沿空留巷。沿空留巷前进式采煤的优点是减少了平巷掘进的工程量及提高了采出率。但巷道必须采取有效支护手段及防漏风。由于工作面平巷不预先掘出，煤层赋存条件不明，一般宜在地质构造简单时使用。这种回采顺序目前在我国采用尚较少。

往复式回采是前两种回采方式的结合，主要特点是在上区段回采结束后工作面设备可直接搬迁到其下面的工作面，缩短了设备搬运的距离，节省搬迁时间，这对综采是一个很有利的因素。我国应用综采较多的矿区，如开滦、阳泉、鸡西等近几年应用较多；在采区边界布置边界上山时，则应用更为有利。

旋转往复式回采是使采煤工作面旋转 180°，并与往复式回采相结合，实现工作面不搬迁而连续回采。我国鸡西、阳泉等矿区的一些综采工作面曾用过这种回采顺序。但我国综采设备上井大修周期一般不超过 2 年，因此采用旋转往复式，一般只宜旋转一次。只有提高综采设备可靠性，加强设备维护，才能允许多次旋转往复。旋转式回采时边角煤损失较多，影响资源采出；回采技术操作及管理较复杂。旋转时产量、效率较低等也是我国应用较少的原因。

57. 无煤柱护巷布置主要有哪些？其各自有哪些特点？

无煤柱护巷主要有沿空留巷和沿空掘巷。

沿空留巷一般适用于开采缓倾斜、倾斜和厚度在 2～2.5m 以下的薄及中厚煤层。

沿空留巷时工作面平巷的布置主要有三种：前进式沿空留巷、后退式沿空留巷和往复式沿空留巷。

前进式沿空留巷是工作面前进式回采，沿采空区留出平巷。

后退式沿空留巷是先掘进运输平巷到采区边界，工作面后退式回采，回采后再沿空留出平巷作为下工作面回风平巷。这种方式克服了前进式回采时前方煤层赋层情况不明及留巷影响工作面端头采煤等缺点。但增加了平巷的掘进工程量。我国目前采用后退式沿空留巷较多。为了减少沿空留巷的维护时间，在回采顺序上，要求工作面回采结束后，立即转入了下工作面回采。

沿空掘巷多用于开采缓倾斜、倾斜厚度较大的中厚煤层或厚煤层。沿空掘巷的工作面平巷布置与回采顺序有关，沿空掘巷时采煤工作面接替有两种方式：区段跳采接替及区段依次接替。

58. 工作面通风方式与回采巷道布置有哪几种？

工作面通风方式的选择与回采顺序、通风能力及巷道布置有关。对某些高瓦斯矿井，工作面通风是影响工作面生产的重要因素。工作面通风方式有U、Z、Y、H、W等几种。

59. 单一倾斜长壁采煤法回采巷道布置及采煤系统如何？

倾斜长壁采煤法的采煤工作面沿走向布置、沿倾斜方向推进。

单一倾斜长壁采煤法巷道布置十分简单，图4-8所示为单一倾斜长壁采煤法的巷道布置图。

自运输大巷1开掘带区下部车场和进风行人斜巷7，掘进分带运输斜巷4至上部边界。由于大巷1在煤层中开掘，为了形成一定的煤仓高度，分带运输斜巷4在接近煤仓处，应向上抬起，进入煤层顶板。同时，自大巷1沿煤层倾斜向上掘进分带回风斜巷5。该巷与回风大巷2相交，掘进到上部边界后，开掘开切眼，即可进行回采。采煤工作面长度为120～150m，工作面俯斜连续推进长度可达1000m或1000m以上，直至保护回风大巷的煤柱边界。在分带运输斜巷4中可铺设带式输送机，在工作面附近设一台刮板输送机或转载机；分带回风斜巷5铺设轨道，一般用多台小绞车串联运送材料，小绞车体积小，可不设绞车房硐室，将小绞车设于巷道一侧即可。在转运处巷道宜设一段平坡。

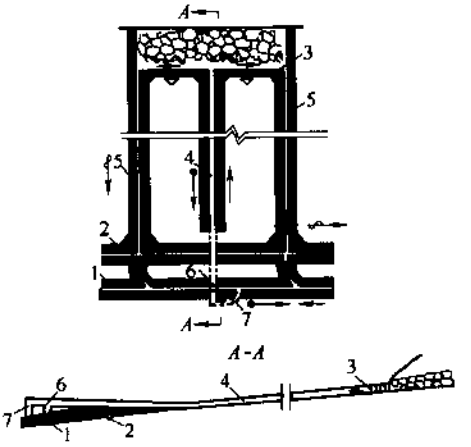


图 4-8　单一倾斜长壁采煤法巷道布置

1—运输大巷；2—回风大巷（总回风巷）；3—采煤工作面；4—分带运输斜巷；5—分带回风斜巷；6—带区煤仓；7—进风行人斜巷

煤的运输系统为：自采煤工作面 3→运输斜巷 4→带区煤仓 6→运输大巷 1 外运。

通风系统为：运输大巷 1→进风行人斜巷 7→运输斜巷 4→工作面 3→分带回风斜巷 5→回风大巷 2 排出。

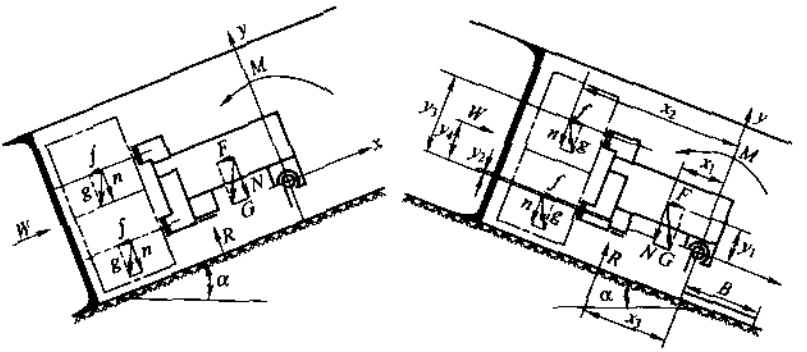
60. 在倾斜长壁采煤法中，什么条件下选用仰斜开采？什么条件下选用俯斜开采？

倾斜长壁采煤法的采煤工作面有沿仰斜与俯斜推进两种形式。当顶板较稳定、煤质较硬、顶板淋水较大或煤层易自燃，需向采空区注浆时，宜采用仰斜开采。当煤层厚度和煤层倾角相对较大，煤质松软容易片帮或瓦斯含量较大时，宜采用俯斜开采。有时由于回风大巷位置不同，也影响采用仰、俯斜开采的选择，应通过技术经济分析比较后确定。对于倾角较小或水平煤层，进回风大巷并列布置，煤层条件又无特殊要求时，可采用仰斜和俯斜相结合开采，采煤工作面均向大巷方向后退式推进。运输大巷以上部分采用俯斜开采，以下部分采用仰斜开采。这样，对于运输、通风和巷道维护均

比较有利。

61. 倾斜长壁采煤法采煤工艺有哪些特点？

(1) 采煤机运行的稳定性 在倾斜长壁工作面中，为了使顶底板不留三角煤，采煤机割煤应与煤层的层理面平行。这将对采煤机的稳定性产生影响。采煤机在割煤时的位置及沿倾斜方向受力状态如图 4-9 所示。采煤机在俯斜工作面中工作时，机身和滚筒的重力 G 和 g 对导向装置 O 点产生一个转矩 M，而滚筒在截割中的轴向阻力 W 和靠煤壁侧采煤机的滑靴反力 R 对 O 点产生一个反转矩，该反转矩与转矩 M 相平衡。沿倾斜方向采煤机机身和滚筒重力 G 和 g 的分力 F 和 $2f$ 有使采煤机滑向煤壁的趋势，F 和 $2f$ 将由导向装置、煤壁和输送机各部件的摩擦阻力相平衡。沿倾斜方向的分力和转矩 M 将作用到导向装置，当输送机与底板摩擦阻力小时，将使采煤机过紧地压向煤壁。必须考虑锚固输送机的措施。



(a) 俯斜采煤工作面　　(b) 仰斜采煤机工作面

图 4-9 采煤机横向受力状态

采煤工作面沿仰斜推进时，转矩的旋转方向主要取决于煤层倾角的大小。若 M 为正值时，此转矩将由靠煤壁侧的采煤机滑靴支承反力 R 产生的转矩 RX_3 相平衡，而保持其稳定性。当倾角增大到一定值时，转矩 M 为负值，采煤机则失去稳定性，并向采空区侧翻转，为使采煤机的稳定性可靠，对仰斜（$\alpha>12°$）条件下工作

的采煤机，除在靠采空区侧设置导向装置外，在靠煤壁侧还应增加辅助导向装量。同时，必须有效地锚固输送机，以免使采煤机远离煤壁、截深减小。

采煤机导向可采用圆管形导向装置。当煤层倾角达 12°～15°时，靠煤壁侧可采用如图 4-10 所示的导向装置。采煤机采用两侧导向装置后，因其重心提高和偏移，以及采煤机在割煤中产生动载荷的作用，可能使输送机从底板翘起，致使碎煤窜入输送机的铲煤板下部，影响正常运转。为了防止这种现象发生，可将采空区侧输送机溜槽的支承底座加宽，以保持其稳定性。在仰斜长壁工作面中，当煤层倾角较大时，还可将采煤机偏量在输送机上或沿底板运行。为使滚筒在采煤过程中与顶、底板保持平行，不留下三角煤，采煤机必须设有调斜装置，即为采煤机装设底托架（图 4-11），采煤在底托架上沿输送机槽与工作面底板运行。此外，对采高较大的仰斜工作面，为了防止片帮的危害，保证司机的安全，在采煤机上应设保护板。还应指出，由于在倾斜长壁工作面中采煤机完全处于倾斜状态下工作，破坏了机器传动系统中元件的正常润滑条件，为了保证机器的寿命，必须采取强迫润滑措施。

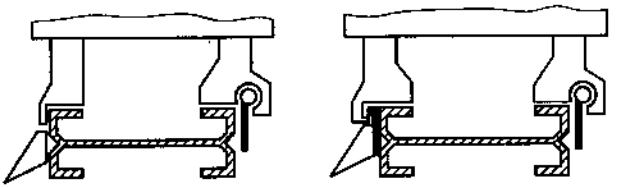
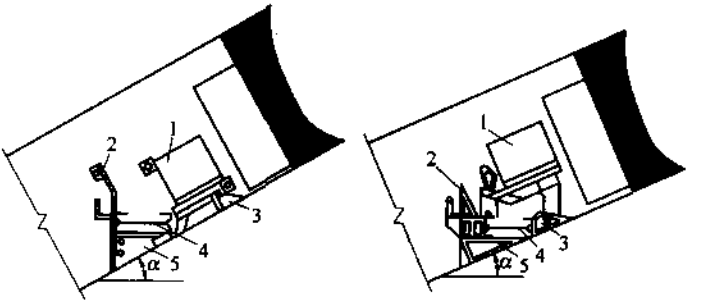


图 4-10　采煤机双导向装置的形式

（2）倾斜长壁工作面煤的装运特点　采煤机割煤后，总有部分碎煤遗留在输送机和煤壁之间。在仰斜长壁工作面，当煤壁的片帮现象严重时，或在俯料工作面输送机无三角底托架而直接放在底板上时，输送机的洒落煤较多，随着倾角增大，采煤机的装煤效率急剧降低，易将煤炭甩到输送机靠采空区的一侧，可采用加高挡煤板的方法解决。在倾斜长壁工作面中直接沿底板铺设输送机时，输送



(a) 采煤机沿底板运行　　(b) 采煤机和输送机位置偏移

图 4-11　采煤机和输送机的位置关系

1—采煤机；2　输送机挡煤板；3—铲煤板；4—输送机；5—输送机底托架

机的溜槽斜置在底板上，有效载煤断面减少，从而降低其输送能力。为此当煤层倾角大于 6°～8°时，须在煤壁侧加设一定高度的挡煤板。

对采用边双链的输送机，由于输送机横截面的偏斜，其上的煤炭对输送链的载荷不均衡，以及输送链的自重作用，将使下帮输送链的负荷增大，下方的槽帮磨损加剧，使输送机输送链脱轨和断链等事故增多。为此，宜采用中心双链或单链输送机，以使牵引链受力均衡；加固槽帮，以提高其耐磨性；改进导向结构，研制外部导向的新结构；加设挡煤板。为保证输送机的正常输送能力，可将其放置成水平位置，即在输送机下部设调平三角架，其结构如图4-12所示。此时骑行在输送机上的采煤机还需要调斜，以保持滚筒与煤层层面平行，这样又会使设备的总高度增大。因此，这种方法不能在俯斜工作面中应用。

在仰斜工作面，输送机的推移千斤顶还应起锚固输送机的作用，以防在采煤机割煤时，设备向下滑动。因此推移千斤顶应有油液闭锁装置，对于普通机械化采煤的工作面必须设锚固柱。

俯斜开采时，随着倾角的加大，采煤机和输送机的事故也会增加，装煤效率降低。由于采煤机的重心偏向滚筒，使采煤机运行不稳定，易出现掉道或断牵引链的事故，并且采煤机机身两侧导向装

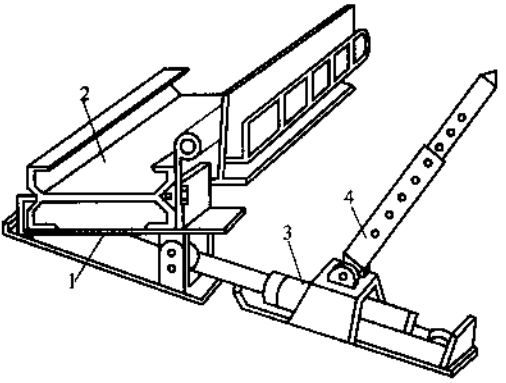


图 4-12　输送机调平三角架的结构

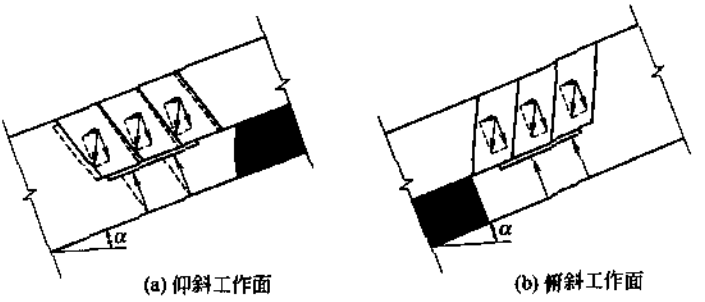
1—调平三角架；2—输送机；3—推进油缸；4—锚固柱

置磨损严重。鸡西小恒山矿通过采取加高滚筒滑靴的措施，在煤层倾角为17°左右时，仍取得了较好的效果。

(3) 倾斜长壁采场矿压显现及支护的特点　在仰斜长壁工作面，由于倾角的影响，顶板将产生向采空区方向的分力（沿倾斜方向的分力），如图 4-13（a）所示，使顶板的下部岩层均受拉力作用，因而更易于出现裂隙和破碎，并有将支柱推向采空区侧的趋势。有的工作面观测，仰角大于 6°～8°时，在每个回采循环中支柱向采空侧倾斜 5°～8°，个别情况甚至更大。相应煤壁的倾斜位移量也增大，特别是靠近顶板的煤层上部，使片帮和压出现象严重。由于煤层的倾斜位移量增大，加以支柱接顶处至煤壁的无支护距离（面积）较大，导致顶板的稳定性及其维护条件变坏。

对于俯斜长壁工作面［图 4-13（b)］，顶板岩块的倾斜分力作用方向指向煤壁侧，由于此处的岩层为连续端，故在各岩块间产生挤压力，顶板岩层均受压力作用，它有使顶板裂隙密合的趋势，有利于顶板保持连续性和稳定性。但需注意防止煤壁处无支护空间的顶板漏矸或冒落，以免改变顶板岩块受力状态，而使其恶化。同理，煤壁的倾斜位移和压出现象将减弱，有利于顶板稳定性及其维护。

在倾斜长壁工作面中，由于支架沿走向方向排列布置，其重力

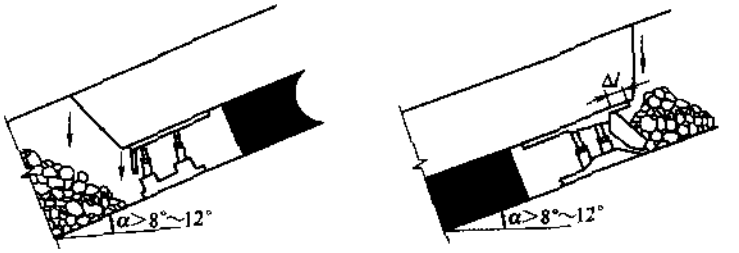


(a) 仰斜工作面　　(b) 俯斜工作面

图 4-13　倾斜长壁工作面直接顶板稳定状态

作用方向与移动方向都是沿着煤层的倾斜方向，故支架沿走向方向比较稳定，不需架设防倒防滑装置。此外，倾斜长壁工作面的两侧回采巷道可直线掘进，使工作面长度基本上保持不变，可以免除在生产期间的增架减架的复杂工作。

对仰斜工作面，采空区顶板冒落的矸石基本上涌向采空区，支架的作用主要是支撑顶板，如图 4-14 所示，可选用支撑或支撑掩护式支架，当倾角为 8°～12°时，为了防止支架向采空区侧倾斜，支柱位置应斜向煤壁 6°，并加复位装置或设置复位千斤顶，以确保支柱向煤壁的位置和产生顶板倾斜移动的阻力。此外，还应注意提高支架的初撑力，增大对顶板倾斜移动的阻力。为保证采煤机的截深稳定，移架千斤顶须装有液力锁，以防止输送机受采煤机割煤阻力的作用向后退缩，或用液压系统保持输送机预先压向煤壁。由于支架是沿煤层倾斜向上移动，需增大移架力。



(a) 仰斜工作面　　(b) 俯斜工作面

图 4-14　支架维护工作空间状况

对俯斜工作面，采空区顶板冒落的矸石可以直接涌入工作空间，此时支架的作用除支撑顶板以外，还应防止碎矸石涌向工作面。由于碎矸作用在掩护梁上，掩护梁应具有良好的掩护和承载性能。为防止顶板岩石冒落时直接冲击掩护梁，可加长顶梁的后臂长度（Δl）。当俯角大时，还可以在掩护梁上铺设“枕垫”。

当采高较大时，对倾角较小的俯斜工作面，特别是倾角较大的仰斜工作面，支架上应设防止煤壁片帮的防护装置，以保证生产的安全。

62. 倾斜长壁采煤法有哪些特点？

根据倾斜长壁采煤法的巷道布置及采煤工艺特点，以及国内外一些矿井实践中获得的技术经济效果，可以看出，在矿井地质条件适宜的煤层中，采用倾斜长壁采煤法比走向长壁采煤法具有以下一些优点。

① 巷道布置简单，巷道掘进和维护费用低，投产快。由于减少一些准备巷道，巷道工程量和掘进费用可以减少 10%～20%左右。当井底车场和少量的大巷工程完毕后，就可以很快地准备出采煤工作面投入生产。

② 运输系统简单，占有设备少，运输费用低。工作面出煤经分带运输斜巷直达运输大巷，运输环节少，系统简单。

③ 由于倾斜长壁工作面的回采巷道可以保持固定方向，故可使工作面长度保持等长，从而减少了因工作面长度的变化给生产带来的不利影响，对综合机械化采煤非常有利。另外，也便于布置对拉工作面，有利于普采工作面的集中生产。

④ 通风路线短，风流方向转折变化少，同时使巷道交叉点和风桥等通风构筑物也相应减少。

⑤ 对某些地质条件的适应件较强。当煤层的地质构造，如倾斜和斜交断层比较发育时，布置倾斜长壁工作面可减少断层对开采的影响，可保证工作面的有效推进长度；当煤层顶板淋水较大或采空区注浆防火时，仰斜开采有利于疏干工作面，创造良好的工作环境；当瓦斯涌出量较大时，俯斜开采便于防止工作面瓦斯聚集。

存在的主要缺点是：a. 长距离的倾斜巷道使掘进及辅助运输、行人比较困难；b. 现有设备都是按走向长壁工作面的回采条件设计和制造的，不能完全适应倾斜长壁工作面生产的要求；c. 大巷装车点较多，特别是当工作面单产低，同采工作面个数较多时，这一问题更加突出；d. 有时存在着污风下行的问题。

63. 倾斜长壁采煤法在什么条件下适用？

确定仰斜开采和俯斜开采的主要依据是煤层厚度、煤层倾角、煤质软硬、围岩性质及稳定性、瓦斯和涌水量大小以及采煤工艺等。

如果煤层顶底板涌水量大，为避免工作面积水，或回采后需要随时灌浆，改善生产和劳动条件，可采用仰斜开采；煤质松软、片帮严重，采用俯斜开采有利于保证工作面安全。

在具体条件下，采用仰斜开采或用俯斜开采，通过技术经济分析研究确定。

根据我国当前的技术条件和装备水平，倾斜长壁采煤法适用性有以下三方面。

① 在倾角小于12°、条件适宜、工作面连续推进长度能满足要求时，应采用倾斜长壁采煤法；为充分发挥综采设备的作用，当对采煤机、工作面输送机和液压支架采取有效的技术措施后，可推广应用于开采12°～17°的煤层。

② 在走向断层发育的矿井或采区，特别是有落差较大的走向断层时，一般不宜采用倾斜长壁采煤法；在与煤层斜交的断层发育的地区，可采用伪斜长壁采煤法。

③ 在采用倾斜长壁采煤法的矿井，如局部地区走向断层发育或煤层倾角较大，可以分别采用倾斜长壁与走向长壁或相互配合开采。

64. 什么是大采高一次采全厚采煤法，其综采工作面的矿压显现特点是什么？

大采高一次采全厚采煤法是一次开采煤层全厚达3.5～5.0m的长壁采煤法。它用于倾角较小的煤层，一般采用综采工艺，采煤

系统基本同单一长壁采煤法。与倾斜分层综采相比，可降低掘进率，缓和采掘关系，简化开采过程，在合适的煤层地质条件下，可取得良好的技术经济效果。

大采高综采工作面的矿压显现特点是，大采高综采长壁工作面开采后，其上覆岩层变形、移动和破坏的基本规律与薄及中厚煤层全部垮落法长壁工作面基本相似。冒落带高度随采高的增大而增大。但煤层上方若赋存有坚硬岩层，当采高较大时，垮落的直接顶岩石往往不能填满采空区，而在坚硬岩层的下方出现较大的自由空间；折断后的老顶岩梁往往难以形成“砌体梁”式的平衡，在其回转运动的过程中往往对下位岩层和工作面支架形成冲击载荷及在工作面前方的煤体中形成较高的支承压力，并在工作面引起强烈的周期来压。因此，大采高工作面老顶来压更为剧烈、局部冒顶和煤壁片帮现象更为严重，煤壁片帮深度随采高的增大而增大。

65. 大采高工作面对综采设备的技术要求有哪些？

从采煤工艺过程看，大采高一次采全厚综采的采煤工艺与普通的薄及中厚煤层长壁综采工作面基本相同。但由于采高大，使工作面矿压显现特征及技术管理工作具有某些新的特点，对工作面设备性能也提出了一些新的要求。

① 为便于平巷的维护，平巷不宜过宽，为了在工作面端头保持通畅的安全出口，工作面输送机机头也不宜过分向平巷中延伸，这样采煤机前滚筒中心就必须要能够达到输送机机头链轮中心线位置，才能实现采煤机斜切进刀，不留三角煤；为此，应采用长摇臂采煤机，或要求采煤机具有足够的卧底量，以便使采煤机能够跨上输送机过渡槽进行采煤，输送机过渡槽要装备有特殊的挡煤板、管状导轨及相应的齿轨。

② 采煤机机体应具有调斜功能，以便能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。

③ 输送机的机头、机尾及过渡槽应安装有与支架推移机构相连接的托架及耳板，以便能实现机头、机尾及过渡槽处的顺利

推移。

④ 大采高综采工作面采落的煤炭块度一般较大，采煤机和输送机应有大块煤的机械破碎装备，以保证采煤机和输送机正常工作。

⑤ 液压支架各构件为销轴连接，销轴与销孔间存在着轴向和径向的间隙，由于支架结构高度较大，即使当支架处于水平位置时，也会由于各处间隙的配合关系不同而使支架产生歪斜、扭转。例如，BC520-25/47 型支撑掩护式支架的销轴与销孔间最大间隙是3mm，当支架高度是 4.5m 时，由于销轴在销孔中摆放位置的变化而使顶梁产生的横向偏移距离可达 228mm，立柱产生的横向偏移角可达 3.4°；支架顶板在工作状态下，要承受来自顶板的横向和纵向载荷。顶梁的横向偏移必然会在支架上引起偏心载荷，若工作面倾角较大，底板出现起伏不平、都会增加支架失稳的可能性；另外，支架顶梁与底座和顶底板之间存在着纵向的水平摩擦力，当支架支撑高度较大时，水平摩擦力与顶板垂直载荷的合力作用点很容易超出底座前端位置，或由于支架顶梁上方出现空顶而使支架失去摩擦力的约束，从而使支架纵向失稳，因此大采高液压支架应具有良好的横向与纵向稳定性和承受偏载的能力。

⑥ 大采高液压支架的结构和性能应具有较好的防片帮能力，为此应提高支架的初撑力，加强支架对顶板下沉的控制能力，利用伸缩或折叠式前探梁对端面顶板及时支护，减小端面空顶距；支架应具有完善的护帮装置，可伸缩护帮板应能平移至顶梁端部以外，且具有足够的护帮面积和护帮阻力。支架可采用液压前连杆，当片帮深度较深时，可将液压前连杆缩短，使立柱前倾和使支架顶梁前移一段距离，以便缩小端面距，达到超前支护的目的。

⑦ 大采高工作面开采后形成的自由空间较大，上覆岩层活动的范围和规模亦较大，工作面矿压显现强烈，支架所承受的载荷也比普通工作面显著增大，因此，大采高液压支架应具有较大的支护强度和自身强度。

我国研制的大采高液压支架已在不同的煤层条件下得到应用。

按其结构及支护机理的不同，可分为掩护式及支撑掩护式液压支架。掩护式液压支架的顶梁一般较短，顶梁下方只有一排立柱支撑，支架工作阻力及吨位均较小，控顶距较短。工作阻力一般为2500～3200kN/架，支护强度一般为0.56～0.67MPa，顶梁及前端控顶总长度一般不大于3.2m。大采高掩护式支架一般适用于煤层及直接顶较松软，老顶来压强度不大的顶板条件；支撑掩护式大采高液压支架的顶梁一般较长。顶梁下方通常有两排立柱支撑，支架工作阻力及吨位均较大，支架控顶距亦较大。工作阻力一般均大于4000kN/架，最高达7000kN/架，支护强度达0.73～1.2MPa，顶梁及前探梁控顶总长度一般为3.2～3.8m。支撑掩护式液压支架通常适用于直接顶比较稳定、老顶周期来压比较明显、工作面矿压显现比较强烈的顶板条件。

66. 大采高支架工作面煤壁片帮有哪些规律？

在煤质坚硬、顶板稳定、最大采高达4.5m的条件下采用大采高综采，回采过程中煤壁很少片帮和冒顶，而在煤质松软、顶板破碎、采高加大等条件下，特别是煤壁弱面发育时，煤壁片帮经常发生。

（1）煤壁片帮及分布

① 煤壁片帮形式及分布　煤壁片帮形式因煤层节理裂隙、层理弱面等分布及发育程度不同，往往是多种多样的。煤壁片帮按片帮发生的部位，可分为顶部片帮、腰部片帮、顶底片帮、底部片帮和斜切片帮五种形式，而以顶部及顶底片帮两种形式最多（占80%）。顶部片帮对支架控制端面顶板是不利的，护帮千斤顶几乎对片帮失去控制。底部片帮对顶板控制影响不大，护帮千斤顶还可以发挥正常作用。从各类片帮的深度来看：顶部片帮主要分布于0.25～0.75m；顶底片帮主要分布于0.25～1.0m。底部片帮主要分布于0.25～0.5m。而斜切片帮虽然其所占比重不大，但其片帮深度多分布于0.5～1.3m，对顶板控制也是很不利的。

② 煤壁片帮深度及分布　片帮深度主要分布于250～500mm，大于500mm的占40%左右。老顶来压时或停产时，一般片帮深度

都在500mm以上，严重时片帮深度可达1000mm以上。

③ 工作面煤壁片帮长度的统计 老顶周期来压期间，工作面煤壁片帮长度累计平均为45m左右，占整个工作面长度的30%左右；工作面停产期间（1～2d），片帮长度平均为50m左右，占整个工作面长度的35%左右；非来压期间，片帮长度平均为15m左右，占整个工作面长度的10%左右。连续片帮的长度在10m之内的占50%左右，10～20m之内的占15%左右，而大于30m的占20%左右。大于30m的均出现于工作面周期来压或工作面停产期间。

④ 煤壁片帮在工作面方向的分布 煤壁片帮沿工作面方向上的深度基本上呈扇形分布，主要分布于工作面的上半部，中部最大，中上部次之。从片帮深度的最大值看，也符合此规律。从整个工作面片帮长度的分布看，也是主要分布于工作面的中部和中上部，其次为中下部。

（2）影响煤壁片帮的因素

① 煤壁片帮与采高的关系 煤壁片帮深度与采高不呈线性关系。煤壁片帮深度随采高增大而加深，其增长速度由急增到缓增，再到急增。采高为3～6m时，片帮深度增长速度比较平缓；采高超过6m时，片帮深度增长速度急速增大。

② 煤壁片帮与顶板冒落的关系 煤壁片帮在综采工作面不是孤立存在的，往往是与梁端顶板冒落一起发生。生产实践证明，片帮往往引起冒顶，冒顶扩大又引起片帮加深，两者互相影响形成恶性循环，严重影响安全生产。

实践观测表明，在顶板破碎度高的工作面，片帮、梁端空顶距与顶板冒落频率呈线性关系，片帮深度越大，梁端空顶距越大，顶板冒落频率越高。

③ 老顶来压对片帮深度的影响 无论老顶初次来压、周期来压，都会引起煤壁片帮加深，老顶周期来压时支架支护阻力最大，片帮深度也最大。另据统计，老顶周期来压期间工作面煤壁片帮长度比非老顶来压时高2.7倍。总之，老顶来压对煤壁片帮的影响是

明显的。

④ 工作面推进方向对煤壁片帮的影响　在同一煤矿、同一煤层的两个综采工作面，一个与水平面成3°～4°的夹角俯斜开采，另一个与水平面成5°～6°的夹角仰斜开采，结果后者比前者片帮深度多一倍。如两个工作面沿走向开采，其煤层构造主节理一个倾向采空区，一个倾向煤壁，则后者片帮较小。

⑤ 煤质硬度对煤壁片帮的影响　通过工作面现场观测得知，软煤片帮频率高于硬煤。

⑥ 煤壁暴露时间对煤壁片帮的影响　根据煤矿现场观测，煤壁片帮深度随煤壁暴露时间延长而增大，割煤后6h比割煤后1～2h观测到的片帮约深140mm。

67. 大采高一次采全厚采煤法有何特点？在什么条件下适用该种采煤法？

大采高一次采全厚采煤法防止了过去丢失相当厚度的顶煤或底煤(过去有的矿煤厚4m多，只采3m多)，提高了资源采出率；同时与分层开采相比较，简化了巷道布置，节省了铺网工序等，提高了效益。

对于厚度为3.5～5.0m的缓倾斜厚煤层，煤层赋存条件适宜采用综采的，宜推广应用大采高一次采全厚的采煤方法，且近年来呈发展趋势。

68. 什么是倾斜分层长壁采煤法？其分类如何？

倾斜分层长壁采煤法是将厚煤层沿煤层倾斜方向划分为若干个中等厚度（2.0～3.0m）的分层，依次对各分层进行长壁式采煤，通常用垮落法管理顶板；第一分层回采后，下分层是在垮落的岩石下进行回采，为保证安全，第一分层回采时必须铺设人工假顶或采取措施使之形成再生顶板。

按采煤工作面推进方向不同，可分为倾斜分层走向长壁和倾斜分层倾斜长壁采煤法。

按采空区处理方法不同又可分为倾斜分层下行垮落长壁采煤法和倾斜分层上行充填长壁采煤法，上行充填采煤法应用较少。

69. 什么是“分层同采”？什么是“分层分采”？

同一区段内上、下分层工作面可以在保持一定的错距的条件下，同时进行回采，称之为“分层同采”；也可以在区段内采完一分层后，经过一定时间，待顶板垮落基本稳定后，再掘进下分层平巷，然后进行回采，称之为“分层分采”。

70. 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法回采巷道如何布置？

倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法回采巷道布置系统如图4-15

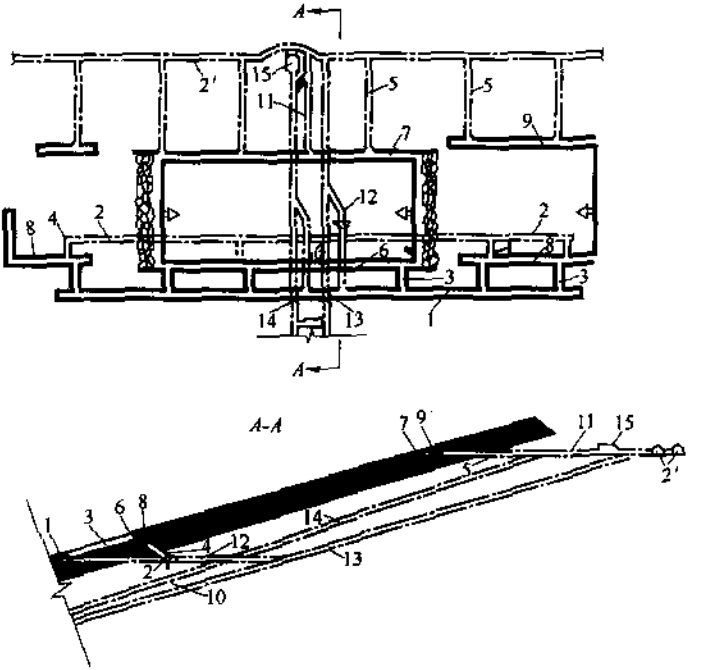


图 4-15 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法回采巷道布置

1—区段轨道集中平巷；2—区段运输集中平巷；2′—区段回风集中平巷；3—联络巷；4—溜煤眼；5—回风小石门；6—上分层运输平巷；7—上分层回风平巷；8—中分层运输平巷；9—中分层回风平巷；10—区段溜煤眼；11—区段石门；12—中部车场；13—运输上山；14—轨道上山；15—绞车房

所示，将厚煤层分为3个分层，采区沿倾斜划分为3～5个区段，工作面沿走向推进，由于上、下分层同采，需开掘供各分层共用的区段运输集中平巷和区段轨道集中平巷。

由于在厚煤层中巷道维护较困难，尤其是服务年限长的巷道更是如此，故将采区运输上山13、轨道上山14和区段运输集中平巷2均布置在底板岩石中。

在区段下部掘进中部车场12、区段石门11，并由此向采区边界掘进区段集中平巷1、2，区段集中轨道平巷1沿下区段顶分层回风平巷位置开掘。在巷2和巷1中分别每隔一定距离（按一部刮板输送机的长度，即100～150m）掘溜煤眼4和联络巷3，分别与分层运输平巷相通。当巷2和巷1掘至采区边界附近时，由近边界的一个溜煤眼和联络巷进入煤层上分层，并开始掘上分层的超前分层运输平巷6和开切眼。与此同时，在该区段上部，利用回风大巷（第一区段）或服务于上区段的巷2作为本区段回风集中平巷2′，并由此每隔一定间距（通常为150～200m）掘进回风小石门5与开切眼相连通。这样区段上分层的工作面就准备完毕。

在工作面投产后，随着工作面的推进应继续掘进上分层工作面的超前运输和回风平巷。其超前距离要求保持有两个溜煤眼与分层运输平巷相通，以及在工作面采过一个回风小石门前，超前回风平巷已与下一个回风小石门相连通。待上分层工作面采过靠边界的第一个溜煤眼后，便可滞后一定时间由联络巷3在假顶下面掘进中分层同一区段的超前运输平巷8和开切眼，从小石门5掘进中分层工作面的超前回风平巷9。同样，在中分层采过后，可按相同的方式掘进下分层的超前平巷及开切眼，从而实现厚煤层在同一区段内几个分层同时回采的系统。

采区内各区段的开采顺序也是自上而下。因此，本区段回采结束前，应及时准备出下区段的有关巷道。

在工作面和分层运输平巷内铺设刮板输送机，在区段运输集中平巷和运输上山内安设吊挂式带式输送机。其运输路线为：分层工作面→分层超前运输平巷6（或8）→溜煤眼4→区段运输集中平巷

2→区段溜煤眼10→运输上山13外运。在平巷2与中部车场12的交汇处，需抬高输送机，以便矿车从其下方通过。

工作面所需的材料运输路线为：材料和设备自轨道上山14→区段石门11→回风集中平巷2′→回风小石门5→分层超前回风平巷7（或9）送至分层工作面。

分层超前运输平巷6和8掘进时所需的材料，自轨道上山14→中部车场12→轨道集中平巷1→联络巷3运至掘进工作面。

区段运输集中平巷2所需的材料，由轨道上山14经中部车场12运入。

由于区段运输集中平巷设在底板岩石中，并相应地要开掘许多岩石溜煤眼和联络石门，故采区内有较多的矸石需要外运。为了不使区段生产期间的出煤与排矸相互干扰，以及不因岩石掘进工程进展缓慢而影响生产准备，一般情况下同一区段内的岩石巷道应尽量在区段准备期间，即在该区段投产前全部掘完。这样在该区段回采期间不再排矸石。分层超前运输平巷6及8在掘进时所出的煤经溜煤眼4和运输集中平巷2与工作面回采出煤一道运出。分层回风平巷7和9超前掘进所出的煤在装入矿车后，经小石门5由轨道上山14运出。

准备第二区段工作面所出的煤和矸石，一律装矿车经轨道上山和下部车场运出。

通风路线为：新鲜风流由轨道上山14→中部车场12→运输集中平巷2和轨道集中平巷1→联络巷3→分层运输平巷6（或8）→工作面。污风由工作面→分层回风平巷7（或9）→回风小石门5→至回风集中平巷2排出。

71. 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法回采巷道如何布置？

（1）分层平巷布置　各分层平巷的相互位置对于巷道的使用和维护状况影响较大，主要有如下三种布置形式。

① 倾斜式布置　这种布置方式中各分层平巷是按25°～30°角呈斜坡式布置，一般适用于倾角小于15°～20°的煤层。上区段的分层运输平巷与下区段的分层回风平巷之间常留有区段煤柱，煤柱尺

寸视煤层厚度、倾角、煤质松软程度等因素而定，一般情况下煤柱宽度不小于15m。倾斜式布置又有内错式与外错式之分。内错式布置是将下分层平巷置于上分层平巷内侧，即处于上分层采空区下方，形成正梯形的区段煤柱。各分层平巷内错半个至一个巷道宽度，如图4-16（a）所示。这时，下分层巷道处于上分层顶板垮落后的破碎岩石下，比较容易维护，并且沿假顶掘进，方向容易掌握；缺点是区段煤柱越到下面越大，工作面则越到下面越短，特别是当分层层数较多时，这一问题更为突出。外错式布置是将下分层平巷置于上分层平巷的外侧，处于上分层煤柱的下面，形成倒梯形的区段煤柱，如图4-16（b）所示。此时，下分层巷道处于固定支承压力范围内，维护困难，并且在下分层工作面的上、下出口处没有人工假顶，采煤和支护均较困难。这种方式上分层的区段煤柱尺寸大，且越到下部分层，工作面长度则越长。所以这种分层外错式布置采用较少。

② 水平式布置　各分层平巷布置在同一水平标高上，区段煤柱呈平行四边形，如图4-16（c）所示。这种布置方式对于材料运输、行人和通风都比较方便，分层运输平巷处于上分层采空区下面，压力小，易于维护。但分层回风平巷正好处于区段煤柱下，受到固定支承压力的作用，维护比较困难。对于区段煤柱尺寸，应注意使上、下区段分层平巷间的垂距不小于5m，因此一般用于倾角大于20°～25°的煤层，否则区段煤柱太大。

③ 垂直式布置　各分层平巷沿垂直方向呈重叠式布置，区段煤柱呈近似矩形，如图4-16（d）所示。这种布置方式在煤层倾角小于8°～10°，特别是在近水平厚煤层条件下，可减小区段煤柱尺寸，分层平巷受支承压力的影响也较小。同时，下分层平巷沿上分层平巷铺设的假顶下掘进，容易掌握方向。

（2）区段集中平巷布置　倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法的分层巷道较多，为了减小这些巷道的维护量（即减少巷道维护长度及缩短维护时间）和改善维护条件，并保证上、下分层同采时有完善的生产系统，常需要布置区段集中平巷。区段集中平巷包括区段

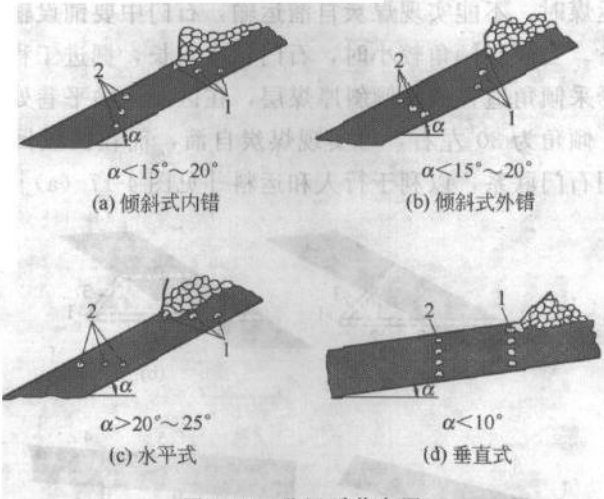


图 4-16 分层平巷布置

1—上区段分层运输平巷；2—下区段分层回风平巷

轨道集中平巷及区段运输集中平巷。上区段区段运输集中平巷可用作下区段回风集中平巷。采用区段集中平巷具有以下优点：a. 为超前工作面掘进分层平巷提供了条件，缩短了分层回采的准备时间，有利于采掘衔接；b. 可以实现上、下分层工作面同采，有利于增加采区产量和合理集中生产；c. 第二分层以下各分层的运输平巷均是在上部分层的采空区下面掘进，矿山压力小，易于维护。由于分层平巷为超前掘进，而且随工作面推进而报废，其维护长度及维护时间短，维护费用低；d. 各分层工作面采出的煤，均可利用运输集中平巷运输，系统简单，占用设备少，管理集中。

区段集中平巷的布置方式一般有以下两种：a. 一煤一岩集中巷布置方式；b. “机轨合一”的集中巷布置方式。

(3) 分层平巷与集中平巷间的联系方式 区段集中平巷与分层平巷间的联系方式，主要根据其用途、煤层倾角、分层平巷的布置形式、掘进工程量的大小等因素而定。一般有石门、斜巷和立眼联系三种方式。

石门联系的优点是掘进施工及运料、人员行走方便；缺点是石

门用作运煤时，不能实现煤炭自溜运输，石门中要铺设输送机，多占用设备。当煤层倾角较小时，石门长度较长，掘进工程量大，因此，对开采倾角适宜的缓倾斜厚煤层，在区段运输平巷处宜采用斜巷联系，倾角为30°左右，可实现煤炭自溜，而在区段回风平巷处尽可能用石门联系，以利于行人和运料［见图4-17（a)］。

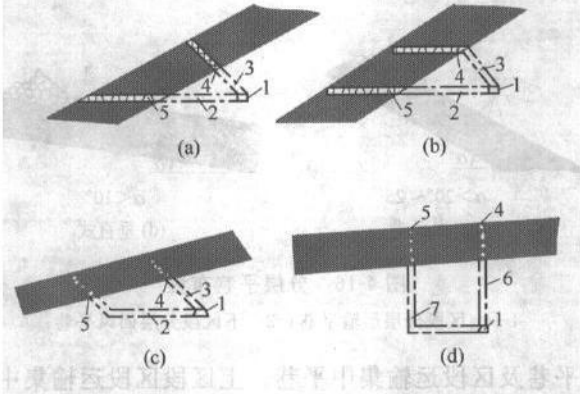


图4-17　分层平巷与集中平巷的联系方式

1—区段集中平巷；2—区段联络石门；3—运煤斜巷；4—分层运输平巷；5—分层回风平巷；6—溜煤立眼；7—联络运料斜巷

当煤层的倾角较大、区段分层运输和回风平巷均为水平布置时，可采用石（煤）门与溜眼相结合的形式联系分层运输平巷与集中平巷，而采用石门联系分层回风平巷与集中平巷［图4-17（b)］；当煤层倾角较小、分层运输及回风平巷均为倾斜式布置时，可采用倾斜溜眼溜煤，而采用石门从斜巷相结合的方式联系分层回风平巷与集中平巷［图4-17（c)］；当煤层倾角很小或为近水平、分层平巷为垂直布置时，采用立眼溜煤，而运送材料、设备及行人仍采用斜巷联系（斜巷平行于煤层走向)，如图4-17（d）所示。实际选择联络巷的形式时，往往根据其用途、煤层倾角、地质条件、采区巷道布置的总体合理性等因素进行综合考虑，将前述的几种基本联系方式组合应用。

（4）无区段集中平巷的布置　无区段集中平巷的布置即分层分

采的巷道布置方式。分层分采的特点是每一分层的区段平巷都是单独准备的，没有共用的区段集中平巷。分层平巷不是利用集中平巷随工作面超前掘进，而是当上一分层采完并待顶板垮落基本稳定后，在假顶（或再生顶板）下面一次沿采区一翼全长掘出下一分层的平巷。工作面的运输和通风，利用其直通采区上山的分层平巷实现，无须开掘集中平巷和联络巷道。

无区段集中平巷布置方式的优点是，准备及生产系统简单，取消了岩石区段集中平巷及联络巷等岩石工程，有利于减少掘进率和加快掘进速度；同时，由于下分层的准备工作要等上分层工作面采完、垮落岩石基本稳定之后才进行，有利于形成再生顶板。这种布置方式在工作面单产较低的情况下存在以下缺点：a. 不能实现同区段上、下分层同采，开采强度低，相邻上下分层也不能及时接替；b. 为减少采动对分层巷道的影响，上、下相邻区段的工作面也往往难以接替（否则要设尺寸较大的区段煤柱），因而常实行两翼倒替或区段间隔回采（跳采），当采区内有2个以上工作面时，就会导致多区段同采，生产分散，当煤层倾角较大时，又不宜采用区段跳采；c. 各区段平巷均沿全长一次掘出，维护长度大，维护时间长，维护费用高；d. 同区段上、下分层的回采间隔时间长，假顶可能腐烂，对下分层工作面顶板管理不利。由于区段和采区的实际生产时间持续很长，增加了煤炭自燃的危险。

应该指出，随着采掘机械化水平提高，特别是采用综采的情况下，由于工作面单产高，一个生产采区一般布置一个综采工作面即可满足对采区生产能力的要求，不存在开采强度低的问题。同时综采工作面推进速度较快，使分层巷道维护时间较短，加之由于近年来巷道维护技术的发展，使分层巷道维护困难的问题基本得到解决，随着综采工艺的推广应用，以及防灭火技术的发展，无区段集中平巷的分层分采方式得到较大的发展。

(5) 无煤柱护巷时的巷道布置　上、下区段分层平巷间一般都留有护巷煤柱，并起隔离采空区的作用。在厚煤层中留煤柱，不仅煤损大，且留下自燃的隐患。同时，由于煤柱上支承压力作用，有

时即使留设较宽的煤柱，区段巷道的维护仍很困难。因此，不少厚煤层采区采用了无煤柱护巷的方式，即区段间不留煤柱，采用沿空掘巷或沿空留巷的方法，沿着上区段采空区边缘掘进下区段的分层平巷，或保留上区段的分层运输平巷用作下区段的分层回风平巷。沿空留巷时。由于分层平巷要经受上、下区段分层工作面的多次采动影响，加之平巷位于厚煤层中，维护十分困难，维护成本较高。在倾斜分层顶分层，只要妥善解决留巷的支护及巷旁充填等技术环节，也可在煤层结构简单、顶板中等稳定、倾角小于15°的低瓦斯矿井中采用，中、下分层的沿空留巷尚处于试验阶段。

沿空掘巷一般要先恢复上区段的溜煤斜巷，再依次沿空掘进各分层的巷道。沿空掘巷主要用于顶板中等稳定以下的缓倾斜煤层。分层分采时，为了保证有足够的掘进滞后时间，在上分层工作面采空区内的垮落岩石稳定后再沿空掘巷准备下分层或下区段，因此，上、下相邻分层及上、下相邻区段接替的工作面必须实行两翼倒替或区段间隔回采（跳采）；当采用集中平巷时，沿空掘巷则较有利，特别是“机轨合一巷”，可利用区段集中平巷尾随上区段工作面沿空掘进下区段的分层平巷，而不实行跳采。

72. 倾斜分层走向长壁采煤法采煤工艺有哪些特点？

倾斜分层走向长壁采煤法的采煤工艺与薄及中厚煤层走向长壁采煤法的采煤工艺过程和方法基本相同，但又具有某些特点。

（1）顶分层采煤工艺的特点　顶分层工作面的顶板是煤层的原生顶板，其采煤工艺与中厚煤层长壁采煤法基本相同，只是增加要为下分层铺设人工假顶的工作。

① 人工假顶　按制作假顶的材料划分，人工假顶主要有竹笆、荆笆、金属网及塑料网假顶等。

② 再生顶板　如果煤层的顶板为页岩或含泥成分较高的岩层，顶分层开采后，垮落在采空区的破碎岩石在上覆岩层的压力作用下，再加上顶分层回采时向采空区后方注水或灌浆，经过一段时间后能重新胶结成具有一定稳定性和强度的再生顶板，下分层即可在再生

顶板下直接回采，不必铺设人工假顶。再生顶板形成的时间与岩石的特征、含水性、顶板压力大小等因素有关，一般至少需要4～6个月，有的甚至一年的时间。上、下分层工作面的滞后时间应大于上述时间。上、下分层工作面的采煤工艺与中厚煤层走向长壁采煤法相同，只是增加了上分层采后向采空区注水或灌黄泥浆的工作。再生顶板取消了铺设假顶的工作，提高了劳动生产率，降低了采煤成本，故在条件适宜时，应充分利用再生顶板。采用再生顶板不能实行分层同采，上下分层接替时间长。再生不好时，维护困难。

如果煤层中含有厚度大于0.5m的夹石层，且分布稳定，位置对分层也较合适，也可利用它作为分层假顶，称作天然假顶。

(2) 假顶下采煤工艺的特点

① 假顶下的支护及顶网管理　在假顶或再生顶板下回采时、工作面顶板为垮落的岩石，老顶的周期来压不明显，顶板压力较顶分层小，关键在于管好破碎顶板，应采用浅截深采煤机并做到及时支护。在单体支架工作面，一般采用正倒悬臂错梁齐柱方式、割煤后及时挂梁进行支护。当工作面片帮严重时，为防止顶网下沉冒顶，可提前在煤壁预掏梁窝，挂上铰接顶梁、打贴帮柱进行超前支护。我国有的煤矿采用Ⅱ型钢焊成的箱形长梁作顶梁，配合DZ-22型单体液压支柱架设对棚，对棚交替迈步前移护顶，这种钢梁对金属网假顶有较好的整体支护性能，能及时支护裸露后的顶板，有时甚至可不支设贴帮柱，也不至于发生漏顶。在移架时有相邻顶梁支护顶板，较好地解决了中、下分层顶网下沉及出现网兜等问题。由于顶梁可交替迈步，解决了双滚筒采煤机斜切进刀时的顶板支护，并能适应片帮空顶时的支护需要，有效地控制顶板。对于综采，假顶下宜选用掩护式或支撑掩护式支架。采煤机采过后，应紧迫机擦顶带压移架，以免在煤壁出现网兜。若煤壁片帮严重或假顶破损严重，再生顶板胶结不好，应采用超前移架方式，即先超前移架，再割煤，移输送机，以便及时支护。发现金属网有破损时要及时补网。采煤机割煤时，滚筒距顶网不应小于100mm，以免割破顶网。

② 假顶下的放顶工艺　由于人工假顶或再生顶板易于下沉，

放顶时均采用无密集支柱放顶。由于金属网假顶被联成整体，假顶在工作面放顶线下落时对工作面支架的牵动力较大，往往会造成支架倾斜、歪扭，甚至会造成支架被大面积推倒而冒顶的事故。因此，在单体支架工作面应注意加强支架的稳定性，一般可沿放顶线在最后一排支架下支设单排或双排抬棚，或打斜撑柱，以抵抗金属网下落时对支架产生的水平推力。放顶时也可用木料斜撑顶网，使其缓慢下沉到达底板。沿放顶线倒悬壁铰接顶梁的梁头容易挂破顶网，在放顶前应选用带帽顶柱将其替换。初次放顶时应特别注意加强对顶网的管理，开帮进度不宜太大，工作面可架设适量的木垛、抬棚、斜撑柱等以增大支架的稳定性。为防止金属网对支架产生过大的牵制力，可先在底板上加铺一层底网，然后沿放顶线将顶网剪断，使顶网沿放顶线呈自然下垂状态。

③ 分层采高的控制　由于煤层厚度经常发生变化，而人工假顶或再生顶板的下沉量较大，在机采的分层工作面应特别重视采高控制，主要是要保证底分层有足够的采高，以免给下分层的开采造成困难。一些矿井控制分层采高的做法是在第一分层开采时，在开切眼、工作面及上、下平巷中每隔 30～50m 向底煤中打钻孔探煤厚，然后根据探明的煤层全厚决定分层层数和分层采高。以后在每一分层回采时，都要如顶分层回采时那样探清余煤厚度，以便随时调整和控制分层采高。根据我国目前的技术条件，较合适的分层厚度普采一般为 2m 左右，最大不超过 2.4m；综采工作面分层厚度为 3m 左右，一般不超过 3.2m。

73. 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法有哪些特点？其适用性如何？

倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法有效地解决了缓倾斜及倾斜厚煤层开采时的顶板支护和采空区处理问题，有利于在此类煤层条件下实现安全生产，提高资源采出率及获取较好的技术经济指标。目前，这种采煤方法在我国已具有成熟的采煤工艺、巷道布置及工作面技术管理等方面的经验。用于分层工作面的机械化采煤、运输

和支护设备在近年来已有较大发展，新型假顶材料的研制、假顶和再生顶板的管理技术、分层开采时的通风及防灭火技术均取得了显著的进展。因此，这种采煤方法已成为我国开采缓倾斜及倾斜厚煤层的主要方法。这种采煤方法的主要缺点是铺设假顶工作量大，巷道维护较困难，生产的组织管理工作较复杂，在开采易自燃煤层时，自燃问题比较严重，需采取特殊措施等。但是，随着生产技术的发展，上述问题已不同程度地得到解决。一些矿井应用这一采煤方法成功地开采了厚度达15m以上的煤层，有的矿井采用倾斜分层金属网假顶下行垮落采煤法连续开采了12～15个分层，开采总厚度达25～30m。这种采煤法主要适用于煤层顶板不是十分坚硬、易于垮落、直接顶具有一定厚度的缓倾斜及倾斜厚煤层。

74. 什么是放顶煤长壁采煤法？

放顶煤长壁采煤法的回采巷道布置与单一长壁采煤法相同。其

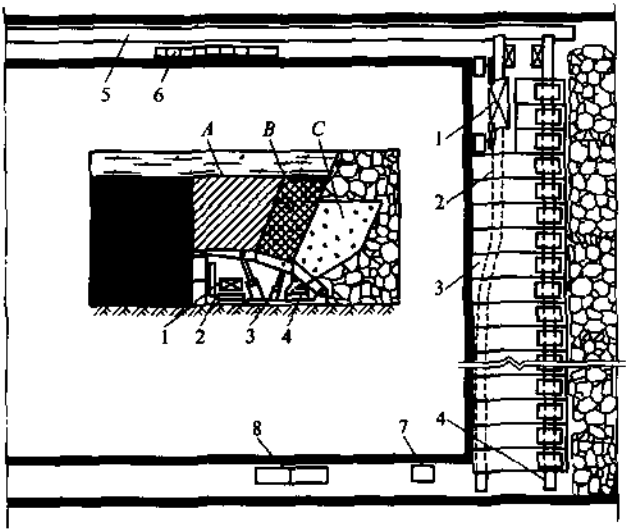


图4-18 放顶煤综采工作面设备布置

1—采煤机；2—前输送机；3—液压支架；4—后输送机；

5—带式输送机；6—配电设备；7—绞车；8—泵站

A—不充分裂碎煤体；*B*—较充分裂碎煤体；*C*—放出（裂碎）煤体

特点是在缓倾斜特厚煤层中，沿煤层底部布置一个长壁工作面，在工作面上方留有顶煤，在工作面回采的同时，利用矿山压力的作用或辅以人工松动方法，使工作面上方的顶煤破碎，在工作面支架后方（或上方）放落，运出工作面，如图 4-18 所示。

75. 放顶煤工作面液压支架如何分类？放顶煤长壁工作面的矿压显现有哪些特点？

放顶煤工作面液压支架的特点是具有放煤窗口和可铺设运送顶煤的输送机。液压支架的结构类型按放煤口的位置，可分为高位放煤、中位放煤和低位放煤的液压支架。采用高位放煤的液压支架，工作面只铺设一部输送机（单输送机），中位和低位放煤的液压支架工作面，要铺设前、后两部输送机（双输送机）。

与单一长壁工作面相比，放顶煤长壁工作面的矿压显现的主要特点如下。

（1）在支架上的载荷不大　传统的观念认为，支架载荷与一次采厚成正比，但阳泉一矿放顶煤工作面与分层工作面支架的载荷强度则大体相同，甚至略低于分层开采。沈阳蒲河矿放顶煤开采的采厚又增加一倍时，载荷强度仍无变化。这个结果从一个角度说明，单一长壁工作面关于支架载荷与围岩关系的各种观点已不能解释在放顶煤开采时出现的这种现象。

（2）周期来压反映不强烈　从放顶煤开采工作面的来压强度系数都不大于 1.3。在这种情况下，放顶煤综采工作面无明显的矿压显现。即使是在周期来压时，支架也达不到额定工作阻力，安全阀不开启。阳泉一矿 15 号煤层老顶为 10m 厚的石灰岩及页岩互层，分层开采时矿压显现强烈，经常损坏液压支架限位千斤顶。但放顶煤开采时对原老顶下位岩层的位移进行观测表明，原来在采空区能缓慢下沉或铰接成拱的石灰岩，在支架切顶线后方 4～5m 处折断冒落，顶板不规则冒落带将明显增高，但工作面却没有明显的周期来压现象。

因此，支架工作阻力的确定仍可沿用分层开采或单一长壁工作

面的经验。

76. 顶煤裂碎及移动有什么规律？

顶煤的裂碎过程可描述为，首先在支承压力的作用下，使煤壁前方顶煤由弹性变形进入塑性变形状态而产生位移和破坏，这种作用可称为一次破坏或预破坏作用。但这时仍处于三向应力状态，不会产生冒落，此后煤体进入工作空间上部，即进入低应力区，应力状态发生变化，使其积蓄的能量进一步释放，加上工作空间内支架的反复支撑作用，从而使顶煤进一步松碎，这种现象可称为二次破碎现象。显然二次破碎现象与支架反复支护的次数和时间等因素有关，而这些因素是可控制的人为因素。

支护过程中，支架的反复支撑，即多次支撑-卸载作用，使支架对顶煤的支护强度不断变化，使顶煤内的应力状态也发生周期性变化，形成交变应力作用，促使顶煤易于发生破坏。由于交变应力（支架的反复支撑）作用，其破碎效果可提高约50%～80%，特别对顶煤下位煤体2～3m范围内的作用更明显。支架反复支撑的次数与顶梁的长度及截深有关，顶梁长度过短，对顶煤破碎不利；若顶梁过长，将使顶煤破碎加剧，易产生架前或架上冒空现象，并增大煤炭损失。晋城、阳泉矿区生产实践表明，在煤硬度 $f=2\sim3$ 的条件下，采用顶梁较长的中、低位放煤支架，顶煤能得到较好破碎。

对顶煤运动进行观测，得出了如图4-19所示的顶煤移动全过程曲线。图中的位移值为总位移值。包括水平位移和垂直位移两个分量。位移全过程大体上可以分为两个阶段：图中Ⅰ表示顶煤冒落前的位移阶

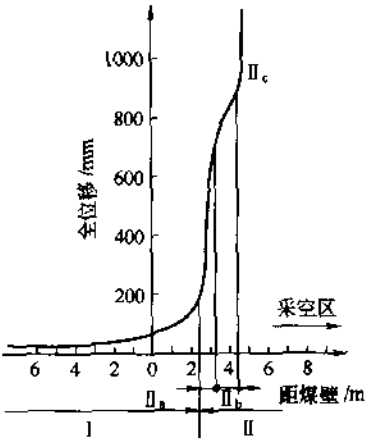


图4-19 顶煤移动全过程曲线

段。Ⅱ表示冒落后的顶煤移动阶段。Ⅱ阶段还可分为冒落过程Ⅱa、再压实过程Ⅱb和放煤过程Ⅱc。

顶煤冒落前的位移从图 4-19 中第Ⅰ阶段位移的实测数字可以看出。

① 顶煤移动（出现裂隙）在工作面前方 3～10m 开始，潞安王庄矿在沿顶板的顶煤观测巷中观测结果证明了这个现象。

② 顶煤移动时（图 4-20），上位顶煤的水平移动速度大于下位顶煤，但上位顶煤的垂直移动速度则比下位顶煤小。这时，上位顶煤破坏较充分，冒落后的大块可以较少。但夹石较厚、结构复杂的顶煤及各分层的强度差别又较大时，顶煤运动的规律将有所不同，例如阳泉矿区一矿的顶煤位移实测结果，顶煤中含有厚约 30cm 的夹石，夹石层上下顶煤的强度也不同，下位顶煤的移动量超过上位顶煤。

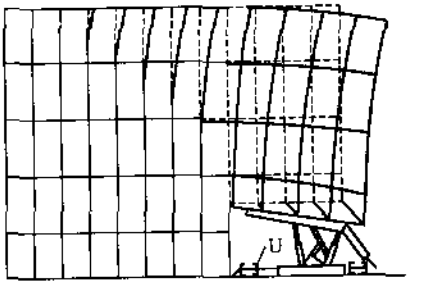


图 4-20　顶煤移动规律图

U- 前输送机

③ 工作面前方深部顶煤移动以水平位移为主，位移增量也较小，靠近煤壁和在工作空间上部的顶煤，由于出现下沉，垂直位移增量加大，因而位移总量明显增加。

④ 水平位移能使顶煤出现大体上平行于煤壁的垂直裂隙，垂直位移则产生离层，水平位移和垂直位移的发育将顶煤解体为碎块。

顶煤的总位移是顶煤能否顺利冒落和放出的重要指标，它反映

了顶煤的破碎程度。通化道清矿和阳泉一矿的观测表明，顶煤的总位移量在200mm左右，放煤是比较顺利的。顶煤移动特征以及决定顶煤破碎程度最主要的影响因素是顶煤本身的物理力学性质和煤壁前方支承压力的强烈程度。煤体的节理、层理对顶煤破碎影响也是明显的。一般情况下，随着支架每循环向前移动，顶煤随即冒落，这就是图4-19中的冒落过程。而且在同一个垂直面上不同高度测点的冒落特征是不同的，下部顶煤先冒落。下部顶煤下降的高度大，上部顶煤下降高度小，这是因为下部顶煤冒落后，由于有足够的空间允许煤体松散，一次破碎膨胀系数大；上部顶煤冒落时膨胀空间逐渐减小，一次破碎膨胀系数也由下往上逐渐减小。高度不同，松散煤体允许再压缩的程度是不同的，即再压实过程不同。下部顶煤一次破碎膨胀系数大，再压缩时测点位移大；上部顶煤破碎后膨胀少，允许再压缩可能性小。冒落后的煤如不及时放出，随着时间推移，散体煤还会延长再压缩过程。下位顶煤的继续再压缩给上位顶煤提供了继续膨胀的可能性，上下位顶煤之间破碎膨胀系数的差值将逐渐缩小，上位顶煤出现大块的可能性将会减少，如顶煤厚度小，工作面推进速度快，上位顶板不及时冒落，就可能不出现再压缩的过程。再压实过程不出现，冒落过程和压实过程将合为一个，阳泉的观测反映了这种现象。

对于层理不发育、整体性强的高硬煤，可采用水力压裂法预松散体。水力压裂法是通过工作面上、下两巷，预先向顶煤区钻孔，注入压力为5.4～15MPa的压力水，其作用是使原有裂隙进一步扩展和发育，以及使顶煤软化，有利于矿压破煤。此外，还可使顶煤湿润，降低放煤过程中产生的煤尘量。

77. 顶煤放出有何规律？

放顶煤效果一方面取决于顶煤冒落是否充分，另一方面则取决于能否将冒落下来的顶煤尽可能全部顺利放出。为此目的，首先必须掌握放煤的规律。支架后方冒落的顶煤尽管块度大小不等，散煤之间也还存在一定的黏结力，但仍可将其看成非标准散体，其运动

规律大体可以按散体运动规律考虑。

(1) 椭球体的形成　松散煤体下部放煤口放煤时，放出体近似为一旋转椭球体。如果放煤高度为 h，则椭球体长轴为 $2a_1$，近似为 h，短轴为 $2b_1$，高度为 h 的水平煤岩分界面下降为一漏斗面。由于下降时煤岩的滚动，漏斗面实际上是由一定厚度的混矸层组成。漏斗高度为 h，最大直径近似为 $4b_1$（图 4-20）。放煤椭球体长轴和短轴的关系可以用下式表示：

$$b_1=\frac{h}{2}\sqrt{1-\varepsilon_1^2} \qquad h=2a_1$$

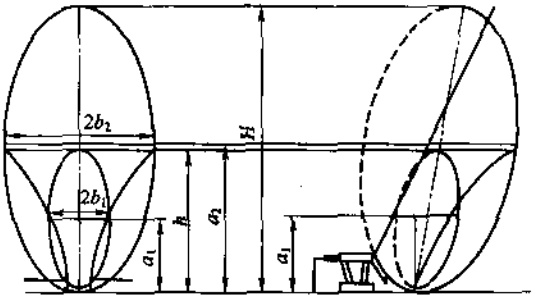
式中　ε_1——放煤椭球体的偏心率。

我国放顶煤工作面生产经验表明，大体上可确定 $\sqrt{1-\varepsilon_1^2}=0.25\sim0.3$。

从理论上讲，放煤椭球体表面上的颗粒将大体同时达到放煤口。放煤的同时，放煤椭球体周围的煤岩也将向放煤口移动，充填放煤留下的空间，且与放煤椭球体形状相似。松动体为一长轴为 $2a_1$、短轴为 $2b_2$ 的旋转椭球体，松动高度 H 多数情况下可写作 $H=(2.2\sim2.6)h$。

(2) 偏转椭球体　以上所述是顶煤在无限边界条件下自由放出的规律。松软顶煤垮落角大于 90°或顶煤移动破坏后，在工作空间上方已十分破碎，松散煤体放出过程可以是自由的。但在放顶煤工作面，顶煤经常有一个小于 90°的垮落角，形成未冒落的“固定帮”。实验表明，放煤过程中，放煤椭球体受固定帮的影响，中轴会偏转（图 4-21），发育不完全。放出体则为一偏转椭球体。椭球面上的散粒仍然将同时到达放煤口。

(3) 多口放煤　由于放顶煤工作面放煤口互相邻近，相距 l（中心距）。放煤漏斗，主要是煤岩分界面受邻近放煤口放煤后形成的煤岩分界面影响而偏转。图 4-22 表示多口放煤岩煤分界面状况。图 4-22 中 (a)、(b) 皆为 $l>2b_1$ 的情况，这种情况下，放第二放煤口的煤时，不会因已放过第一放煤口而发生混矸现象。但放煤口之间留有脊背煤损（图中阴影部分）。l 越大，脊背煤损越大。当



(a) 无限边界　　(b) 有固定帮影响

图 4-21　放煤椭球体及松动椭球体

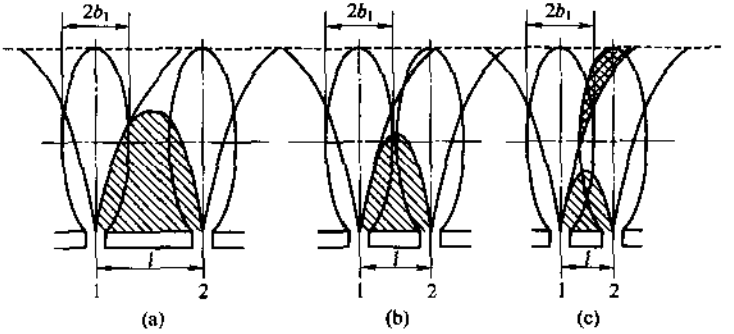


图 4-22　多口放煤

l—放煤口间距；$2b_1$—放煤口椭球体短轴

$l<2b_1$时［图 4-22(c)］，如放煤高度仍维持 h 不变。必将有一部分矸石混入放出的煤中（图中交叉影部分），但脊背煤损明显降低。

78. 放顶煤采煤法放煤工艺如何？

放煤工艺包括需解决初末采放煤工艺、放煤步距、放煤方式和端头放煤等几个问题。

（1）初末采放煤工艺　工作面初采推进后，在顶板未冒落前，在掩护梁上保留一定的散煤垫层，防止顶板大块矸石冒落砸坏掩护梁，即可将冒落的煤部分放出。对于不易冒落的顶煤，当工作面推进 3～5m 后（总控顶距不超过 10m），应向顶煤打眼放炮、强制落

煤和放煤，炮眼深度、倾角和装药量可根据顶煤稳定性确定。

工作面末采收作时，为利于回撤支架，提前铺网控制顶板。阳泉四矿工作面在距停采线 18m 时，开始铺双层金属顶网，距 12m 时停止放煤，在工人技术较熟练、顶煤稳定性较好时，可以根据情况缩短铺网长度与停采煤柱。有的矿区是在工作面结束前，将沿底板的工作面向上爬至沿顶板再收作，厚度为 7～8m 左右的煤层必须爬行 50m 不放煤，煤炭损失较大。

(2) 放煤步距　放煤步距和放煤方式是决定工作面采出率和含矸率的两个最重要因素。阳泉一矿对放煤步距的影响做了实测统计，见表 4-2。从表中可以看出，放煤步距太大及太小都将使煤损过多和含矸率过高。放煤步距太大，顶板方向的矸石将先于采空区后方的煤到达放煤口，迫使放煤口关闭，采空区方向未放出的煤将被关在放煤口外 [图 4-23(a)]，造成煤损；放煤步距太小，采空区方向的矸石将先于上部顶煤到达放煤口，而使上部顶煤的一部分被关在放煤口外 [图 4-23(c)]，只有合理的放煤步距才能得到较高的采出率 [图 4-23(b)]。确定放煤步距时，至少应使第二次放煤时放煤口上方全部为煤炭，即放煤步距应大于放煤口的水平投影长，放煤步距还必然是采煤机割煤步距（移架步距）的整倍数。

表 4-2　阳泉一矿 8604 工作面放煤步距与采出率、含矸率的关系

放煤步距		工作面采出率/%	含矸率/%	备　注
割煤刀数	步距/m			
1	0.5～0.6			打开放煤口即混入矸石
2	1.0～1.2	86.5	11.45	
3	1.5～1.8	72.93	12.27	
4	2.0～2.4	70.48	16.99	
5	2.5～3.0	59.6		未统计含矸率

(3) 放煤方式　放煤方式不仅对工作面采出率、含矸率有重大影响，还影响总的放煤速度和工作面单产。我国综采放顶煤工作面采用的放煤方式主要有三种（图 4-24）。a. 单轮顺序放煤（图中 a），将工作面液压支架依次按顺序编号，放完 1 号支架的煤后，顺

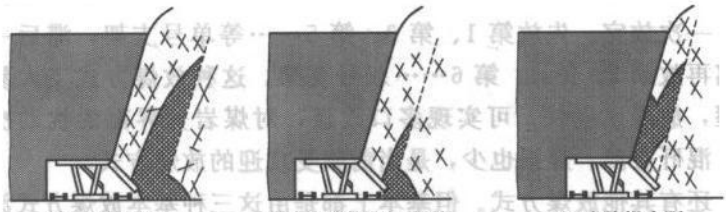


图 4-23　不同放煤步距的煤炭损失

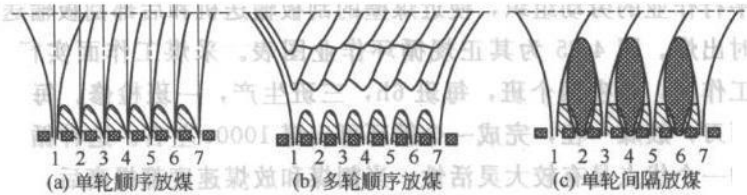


图 4-24　放煤方式

序再放第 2 架，第 3 架……，这种放煤方式简便易行，但由于上一个放煤口的上方即为放完煤的矸石漏斗，本架放煤时，上一架矸石漏斗中矸石极易混入煤中，如实行见矸关门原则，煤损大；如关门不及时，混入矸石就多，工作面使用连续放煤口液压支架时问题更严重，目前已不使用本法。b. 多轮顺序放煤（图中 b），每架支架的放煤口每次只放部分煤量，例如 1/3 煤时，这样，顶部煤岩分界面只会下降一段，依次放完一轮煤，煤岩分界面均匀下降一个高度，再放第二轮，这种放煤方式放第一、第二轮时混矸可减少。但由于顶煤冒落或放煤时，原来整齐的煤岩分界面由于破坏和下降，分界面上形成一个煤岩混合混矸层，扰动次数越多，混矸层越厚，丢失的煤就越多，总煤损就越大。多轮顺序放煤方式的另一缺点是每架支架的放煤辅助操作时间需要多次重复，总放煤速度慢，在长壁工作面使用此法很难保证实现高产高效，而且要求工人在完全没有监测手段的情况下，每次放出等量（1/3 或 1/2）的煤，在技术上很难控制。如放出煤量不相等，丢煤可能更多。目前主要用于顶

煤厚度较大时。c. 单轮间隔放煤。按每隔一架支架的顺序进行放煤，一次放完。先放第 1、第 3、第 5……等单号支架，滞后一段距离再放第 2、第 4、第 6……双号支架。这种放煤方式工人易于掌握，放煤速度快，可实现多口放煤，对煤岩分界面的扰动次数少，混矸层薄、煤损也少，是当前颇受欢迎的放煤方式。

还有其他放煤方式。但基本上都是由这三种基本放煤方式派生出的方法。

(4) 采放平行作业　为了提高工作面产量，可采用采煤机和放煤平行作业的劳动组织，使近煤壁的刮板输送机和后部刮板输送机同时出煤。图 4-25 为其正规循环作业图表。采煤工作面实行四、六工作制，昼夜四个班，每班 6h，三班生产，一班检修。每班割煤两刀，放煤一茬，完成一个循环可出煤 1000t 左右。这种循环图表的一个优点是有较大灵活性，当割煤和放煤速度都提高后，循环

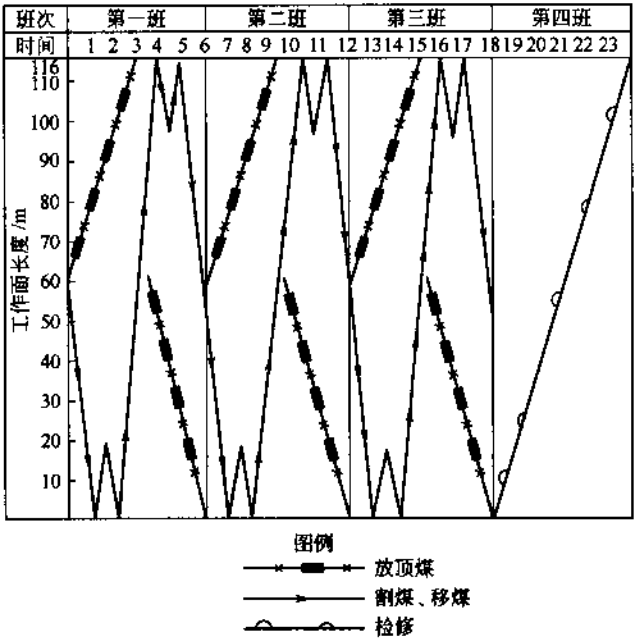


图 4-25　放顶煤采放平行作业循环作业图表



允许超额完成，破循环并不影响生产的节奏。

79. 放顶煤工作面采出率如何提高？

提高放顶煤工作面的采出率是发展放顶煤开采的重要任务。根据阳泉四矿8312工作面统计，放煤工艺的煤炭损失占工作面全部煤炭损失的66%（表4-3）。我国在改善放煤工艺，提高工作面采出率方面取得了一些重要的经验。

表4-3 阳泉四矿8312工作面煤炭损失统计表

煤炭损失项目	损失率/%	煤炭损失项目	损失率/%
工作面端头损失	2.08	构造损失 过褶曲	0.39
初采损失	1.26	浮煤损失	0.87
末采损失	1.47	放煤工艺损失	12.14
构造损失 过空巷	0.18	总损失	18.39

（1）减少工作面初采和末采损失　煤质较松软，工作面开切眼沿底板布置，推出切眼6m，不等直接顶初次来压即强制放顶煤；煤质较硬时，利用架间间隙向顶煤打2.0m深的顶眼和刷帮眼，放震动炮使顶煤松动，顶煤尽早冒落能减少初采损失。

（2）减少放煤工艺的顶煤损失　当煤厚为5m左右时，可以采用单轮间隔放煤；当煤厚大于7m时可采取多轮顺序放煤工艺。煤层较厚时多轮顺序放煤工艺较其他几种放煤工艺的顶煤采出率都高。表4-4为ZFS4000型插板式支架以不同放煤工艺试验结果。

表4-4 不同放煤工艺顶煤回收

煤层厚度/m	顶煤采出率/%			
	间隔单轮	顺序单轮	顺序多轮	间隔多轮
4.8	76.62	64.41	81.62	75.17
6.9	77.85	64.95	89.42	86.74

放煤步距过大，顶煤易超越放煤口丢弃在采空区，步距过小则煤矸同时到达放煤口，混矸过多。一般经验是，高位支架的放煤步

距为1.5m，即两刀一放；低位支架的放煤步距为0.8m，一刀一放为宜。其观测统计见表4-5。

表4-5 不同放煤步距顶煤回收

放煤方式	放煤步距/m	采出率/%	含矸率/%	放煤方式	放煤步距/m	采出率/%	含矸率/%
高位放煤	0.8	85.5	19.4	低位放煤	0.5	84.2	18.3
	1.2	80.4	15.2		0.8	86.9	13.1
	1.5	86.3	12.1		1.2	82.1	10.7
	2.2	78.8	8.6		1.5	76.8	8.8

(3) 减少浮煤损失　低位放顶煤支架收尾梁放煤时，顶煤常溢出后部输送机两侧，移输送机后于采空区形成300mm厚的浮煤，约占工作面采出率的2%。因此，将后部输送机推移千斤顶的铰点上移200mm，改变了拉移受力状态，使后部输送机推进时产生向下的分力，将部分浮煤铲入机槽。

(4) 工作面合理的推进方向　如图4-26所示，当工作面仰采时，散体煤块重力的倾斜的分力指向采空区，促使顶煤向采空区运动；若使用开天窗支架，则支架放煤溜槽角度变小，顶煤和下滑的阻力增大，影响顶煤溜放，如果煤层倾角进一步加大，则顶煤放出效果更差。当工作面俯采时，顶煤重力的倾斜分力指向煤壁，促使顶煤向放煤口方向运动，随着煤层倾角加大，顶煤放出效果更佳。因此，俯采有利于提高顶煤采出率。但是俯采时采空区侧的矸石向放煤口的运动也比较顺利，若放顶煤步距较小时，矸石可能先于顶



(a) 仰采　　(b) 俯采

图4-26　放顶煤倾斜长壁仰采与俯采对比

煤到达放煤口，增大顶煤的含矸率和降低其采出率，因此俯采时放煤步距应较大；而仰采时应适当减小放煤步距（表 4-6）。采用走向长壁开采时，正确的放煤方向即从工作面下端头向上端头方向依次放煤，可比相反的放煤方向获得较高的采出率和较低的合矸率。

表 4-6 不同推进方向的相似模拟顶煤采出率

项 目	仰采 10°		走 向		俯采 10°	
	一刀一放	二刀一放	一刀一放	二刀一放	一刀一放	二刀一放
纯顶煤采出率/%	89.3	76.9	84.8	78.0	81.9	86.2
含矸率/%	5.5	7.5	7.8	8.8	5.4	3.9

通过模拟（表 4-6）和实测（表 4-7）得知，综放工作面顶煤采出率俯采最高，走向开采时次之，仰采最低。

表 4-7 潞安矿区部分综放工作面采出率统计

项 目	王 庄 矿			漳 村 矿			五 阳 矿	
工作面编号	4309	4304	6111	1403	1406	1408	4402	4404
推进方向	走向	俯采	走向	走向	俯采	走向	俯采	俯采
煤层倾角/(°)	5～7	5～7	2～6	3～5	3～6	3～6	3～6	5
支架类型	开天窗	开天窗	低位插板式	开天窗	开天窗	开天窗	低位插板式	低位插板式
采出率/%	82.1	85.0	88.2	85.3	85.9	84.0	92.2	90.4

（5）减少工作面端头损失 综放工作面两巷一般沿底布置，为保护出口安全，工作面两端头各两架支架上的顶煤不放而形成端头损失。但只要有合理的端头支架和排头架（过渡架）以及相应的保护措施，不仅出口安全有保证，而且可以减少端头损失。如王庄矿 6111 和 4318 工作面装备了 ZT19200 型端头支架和 ZPT8750 型过渡架配合，改革了端头管理，顺利实现端头顶煤的放出，使工作面割煤和放煤等长，取得良好的效果。

80. 放顶煤综采工作面如何防治瓦斯及降尘？

由于放顶煤综采工作面开采强度大幅度增加，瓦斯涌出量比分

层开采增大；又由于顶煤的煤体瓦斯得不到预先释放，则沿顶煤的冒落区、破碎区和裂隙区的裸露面大量涌出，相应地必须加大采场供风量。为了消除工作面机尾隅角的瓦斯局部积聚，在工作面机尾处吊挂风帘、装水射流喷嘴，以冲淡隅角处瓦斯积聚。为了杜绝瓦斯超限，在一些高瓦斯矿井的放顶煤工作面，沿煤层顶板布置一条与风巷内错 12m 的瓦斯巷。漳村矿 1408 工作面实施后，工作面风量和瓦斯浓度见表 4-8，实测表明，上隅角瓦斯浓度和工作面回风流的瓦斯浓度都在 0.5%以下。

表 4-8　工作面风量和瓦斯浓度

实测时间	回风巷		瓦斯巷		上隅角瓦斯浓度/%
	风量/(m^3/min)	瓦斯浓度/%	风量/(m^3/min)	瓦斯浓度/%	
1992.12.06	563	0.29	179	0.30	0.43
1992.12.14	458	0.22	228	0.68	0.28
1992.12.25	440	0.30	210	0.62	0.18
1993.01.09	475	0.34	227	1.35	0.34
1993.01.14	581	0.29	163	1.26	0.37

放顶煤工作面的粉尘多，可采取以下降尘方法。

（1）煤层高压注水　为了软化和湿润煤体，可超前采煤工作面向顶煤打高压注水钻孔，孔深为工作面长度的 30%左右，孔距可取 15m 左右，并确定合理的注水量和水压。

（2）使用降尘剂和脉冲式高压喷雾降尘系统　由于脉冲高压喷雾提高雾滴的分散性，增加了雾滴密度和运动速度，增加尘、雾之间碰撞能量；又由于降尘剂对粉尘扩散湿润和凝聚增重，促使粉尘沉降，提高喷雾降尘效果。

（3）安装采煤机喷雾杆抑尘器　在采煤机机身两端安装弹簧喷雾杆，于滚筒顺着上下风侧形成喷雾区，将割煤粉尘抑制在煤帮一侧，以捕捉主喷雾系统外逸的细粉尘，实现二次捕尘，降低割煤工序的粉尘浓度。



（4）移架放煤自动喷雾系统 依靠液控单向阀，按照液压支架工作程序，实施移架、放煤时的自动喷雾。在架间喷雾与放煤口喷雾的水路中并联一个可逆阀，使放煤时煤口和支架之间一起喷雾。关闭放煤口时，自动停喷。其降尘效果见表4-9。

表4-9 移架放煤自动喷雾系统的降尘效果

泵压/MPa	水量/(L/min)		移架时粉尘浓度/(mg/m³)						放煤时粉尘浓度/(mg/m³)				
			操纵/机位			架后15m处			操纵/机位			放煤口下风侧	
3.5	移架	放煤	1号样	2号样	平均	1号样	2号样	平均	1号样	2号样	平均	1号样	2号样
	3.4	61	28.1	33.7	30.9	78.7	64.5	71.6	52.2	47.1	49.7	91.2	120.4

81. 放顶煤长壁采煤法有何特点？未来发展前景如何？

放顶煤长壁采煤法的优点有以下几方面。

（1）单产高 中、低位放顶煤工作面采用割放平行作业方式的循环劳动组织形式，单产可达（200～300）×10⁴t/a，最高已超过500×10⁴t/a。

（2）效率高 由于放顶煤工作面的一次采出厚度大，生产集中，放煤工艺的劳动量较小等原因，效率比分层开采高。目前分层综采工作面的效率约为20t/工，而放煤工作面可达60～80t/工，最高可超过200t/工。

（3）成本低 放顶煤采煤法比分层开采减少了分层数目和铺网工序。由此节省了铺网费以外，其他材料费、工资费用等也都相应地减少。

（4）巷道掘进量小 掘进费和巷道维护费少，便于采掘接替。

（5）减少了搬家倒面次数，节省采面的安装和搬迁费用。

存在的主要问题有以下几方面。

（1）煤损多 在目前的技术条件下，一般煤炭损失将比分层开采约多10%以上。

（2）易发火 由于煤损多，在回采期间采空区就有可能发生自燃。因此，有效地防止煤炭自燃是综采放顶煤开采成败的一个关

键。实践表明，除黄泥灌浆外，再及时喷注阻化剂，向采空区注入氮气，能有效地防止采空区发火，但将增加辅助工艺过程及费用。

(3) 煤尘大　在放顶煤工作面中，尘源有机采割煤、支架操作时通过间隙漏煤及放煤，三者中以放煤过程煤尘量最大。特别是原煤中含水分低、煤质软时，煤尘量就更大。据实测结果，高位放煤时，煤尘浓度比分层开采高 1～2 倍以上。因此，除在放煤窗口设喷雾装置外，还可采用煤体预注水湿润煤层的方法。潞安矿区采用注水湿润煤层方法，具有一定效果。应该指出，目前各种灭尘方法的效果均不理想。当前，可行的有效措施是降低放煤口高度，采用低位放煤，产生煤尘较少。

(4) 瓦斯易积聚　与分层开采相比，综采放顶煤开采的产量集中，瓦斯散发面大；采空空间高度大，易于积聚。特别是在高瓦斯矿井，瓦斯涌出量会更大，顶板冒落时，从采空区涌入工作面，易超限。目前，较为有效的治理措施有：采用 U＋L 型通风和瓦斯抽排等方法可在工作面上端部上方增设一条排瓦斯巷。应当指出，在抽放中将会引起采空区漏风和氮气外泄，降低防火效果。因此，抽放瓦斯与注氮应同时进行，并适当加大注氮量，使注氮量大于或等于灭火需要与抽出外泄量之和，用注入的氮气充填原来瓦斯占有的空间。

由上可知，在开采缓斜特厚煤层中，煤层倾角最好小于 15°，煤厚为 6～10m，$f=1\sim3$。放顶煤采煤法优点明显，效益显著，前景广阔，但在提高采出率、降尘、防火及治理瓦斯等安全方面尚需进一步研究，不断改进和完善。尤为适宜在煤炭发火期长，煤层结构简单，含夹石少，瓦斯涌出量少，煤尘爆炸指数低，厚度变化较大的缓倾斜特厚煤层中采用。

20 世纪 90 年代以来，我国放顶煤综采技术有了很大发展，目前其产量已占国有重点煤矿产量的 15％以上。

实践表明，综放开采的吨煤增收节支的全效益可比分层综采多 10～15 元，长壁放顶煤技术在以下几方面取得了重要进展：

① 在一个工作面内实现采、放平行作业，大幅度地提高了工

作面产量，取得了重大经济效益；

② 研究了放煤规律，初步提出了合理工艺参数及方法、提高采出率和降低含矸率措施，并在实践中不断地得到改进和完善；

③ 研制了一系列完善的放顶煤液压支架，我国目前生产的放顶煤液压支架是当前世界上功能最好、参数最合理、使用效果最佳的放顶煤液压支架；

④ 对有关放顶煤开采所特有的矿压显现规律、控制工作面顶板（煤）的稳定性、顶煤破碎及可放性、放煤规律等问题进行了大量的理论研究，这些研究对生产起了重要的指导作用；

⑤ 研究了长壁放顶煤工作面煤层瓦斯、煤炭自燃及粉尘危害的特点，提出了一些有效的安全措施。

近年来，我国放顶煤综采在实现高产高效方面的成绩很大，但从技术上看，还需进一步完善与发展。

① 工作面能否实现高产高放，顶煤的可冒性是首要条件 我国大部分综放工作面是开采中硬煤层和软煤层，硬煤层实现高产是否应采用放顶煤开采以及如何提高采出率的问题并没有解决。

② 近两年，尽管有的矿井（如石炭井矿区乌兰矿等）的高瓦斯放顶煤工作面创造了一些解决上隅角瓦斯超限及对初次放顶瓦斯涌入工作面实现分流的方法和经验，取得了好效果，但还没有得到普遍推广。

③ 对已采220个综放工作面中发生的182次自燃火灾（无死亡）事故分析表明，除了煤层易自燃的原因外，生产不正常，工作面推进速度慢是发生自燃的重要原因。推进速度慢往往是由于设备不配套、不合格，生产系统能力不协调，事故多，两巷维护困难，管理水平低，工人素质差等原因造成的。另外也由于采空区漏风严重。漏风严重往往是因为工作面通过残采区，回收煤柱旧巷多，但没有严密杜绝旧巷漏风以及其他不应产生的漏风现象。巷道高冒区引发自燃是放顶煤开采自燃事故的一个重要原因，也是一突出特点。182次自燃事故中，巷道高冒区自燃事故占63.7%；在9次发生的自燃中，将工作面设备封入火区的事故有4次是由于停采后不

及时回撤工作面设备引起的。从总的情况看，煤的自燃发火对综放高产高效有严重影响，但从具体分析还可以看出，解决综放自燃威胁的技术大多数都并不是十分困难的。

④ 采用综合降尘治理，同时配合采用工作面负压二次降尘技术是降尘的一个途径。

上述问题有关部门正组织重点科研项目进行攻关研究，以进一步完善与发展这种采煤方法，为进一步推广应用创造条件。

82. 什么是急倾斜煤层？急倾斜煤层采煤法有什么主要特点？

煤层倾角大于45°的煤层被称为急倾斜煤层。

急倾斜煤层采煤的主要特点如下：

① 采煤工作面采下的煤块能自动下滑，从而简化了工作面的装运工作，但下滑的煤块和矸石容易冲倒支架，砸伤人员，给生产带来不安全因素；

② 急倾斜煤层顶板压力垂直作用于支架或煤柱上的分力比缓倾斜煤层要小，而沿倾斜作用的分力要大，煤层顶底板都有可能沿倾斜方向滑动，支架稳定性差，因而增加了回采和支护工作的复杂性；

③ 采煤工作面的行人、运料、落煤、支护、采空区处理等各项工序的操作都比较困难，增加了采煤机械化的难度。

为了克服这些困难，采用了多种多样的工作面的布置形式和推进方向，因而构成了各种各样的采煤方法。

83. 急倾斜煤层走向长壁采煤法主要包括哪些？

急倾斜煤层走向长壁采煤法主要包括：倒台阶采煤法、斜台阶采煤法、俯伪斜走向长壁分段水平密集支柱采煤法、普通机械化走向长壁采煤法、综合机械化走向长壁采煤法等。

在大倾角煤层中成功地使用普通机组采煤的关键是妥善地解决好采煤机、输送机和支架的防滑问题。

防止采煤机下滑的主要措施有：

① 将采煤机改为锚链牵引并保证额定牵引力；

② 在上平巷安装防滑安全绞车，辅助牵引采煤机；

③ 在45°左右的急倾斜煤层工作面，设刮板输送机时采煤机安装防滑杆。

工作面输送机的防滑措施是：

① 机头和机尾均焊有防滑固定柱底座，打牢防滑固定柱；

② 在上平巷安设防滑绞车；

③ 在移置输送机时必须遵守先移上后移下的顺序，先移并固定工作面上部的机尾，再移中部槽，中部槽应分段增加临时柱固定。

工作面支架防滑的主要措施是：采用带底梁的一梁三柱平行工作面棚子，梁头对接；两排柱间铺防滑脚踏板，以便于人员上下和作业。

从目前应用该采煤法的一些矿井条件来看，效果良好。但煤层倾角不宜超过50°，煤厚小于2m，顶板中等稳定。

84. 掩护支架采煤法分为哪几类？

掩护支架采煤法可分为真倾斜掩护支架采煤法和伪倾斜掩护支架采煤法。真倾斜掩护支架采煤法是开采急倾斜中厚、厚煤层，长期以来使用沿倾斜推进的平板型掩护支架采煤法。伪倾斜柔性掩护支架采煤法具有走向长壁采煤法的某些特点，采煤工作面是直线形，按伪倾斜方向布置，沿走向推进，用柔性掩护支架隔离采空区，工人在掩护支架下进行采煤。

85. 什么是急倾斜煤层水平分层及斜切分层采煤法？

水平分层采煤法，就是把急倾斜厚煤层划分成若干个与水平面相平行的分层，每个分层厚度为2～3m，并在每个分层内布置回采巷道形成采煤工作面，然后依次地进行回采，工作面沿走向推进。

按分层间的开采顺序及采空区处理方法，水平分层采煤法又分为下行垮落法和上行（下行）充填法。我国煤矿应用的是下行垮落法。20世纪50～60年代，水平分层采煤法曾是我国开采急倾斜厚

及特厚煤层的主要方法，但目前应用很少。

斜切分层采煤法的分层方法是分层面与水平面成25°～30°的夹角。以利于分层工作面的运煤工作。这种方法比水平分层采煤法应用更少。

86. 什么是水平分段放顶煤采煤法？什么是仓储采煤法？什么是斜坡采煤法？

水平分段放顶煤采煤法类似于水平分层采煤法，其差别是按一定高度划分为分段，在分段底部布置一个水平分层工作面，分段上部为顶煤，用放顶煤采煤工艺进行回采。

仓储采煤法是较早用于开采急倾斜薄及中厚煤层的一种方法。仓储采煤法的主要特点是，利用急倾斜煤层倾角大，煤炭可以自溜的特点，将采落的松散煤炭暂时储存在仓房内，然后有计划地将煤炭放出。根据仓房布置和工作面推进方向不同，仓储采煤法又分为倾斜分带仓储采煤法和伪斜走向长壁仓储采煤法。前者工作面沿仰斜方向推进，后者沿煤层走向推进。

斜坡采煤法又称伪倾斜巷道采煤法。主要特点是，在急倾斜煤层中应用成组的伪倾斜巷道（即斜坡或回采斜坡）按一定垂高把煤层切割成许多斜形条带，并保留一定厚度的护顶煤，逐次用爆破落煤方法回采，工作面采落的煤经过一系列斜巷直接自溜运输到装车站的煤仓（或溜煤眼），在采区内形成从掘到采连续的无动力运输，用比较简单的采煤工艺方式把煤采出。由于斜坡采煤法对于复杂的地质条件适应性比较强，目前，在我国一些复杂煤层的矿区中广泛采用。

87. 选择采煤方法要遵循哪些原则？

采煤工作是煤矿井下生产最重要的环节。采煤方法的选择是否合理，直接影响整个矿井的生产安全和各项技术经济指标。选择采煤方法应当结合具体的矿山地质和技术条件，所选择的采煤方法必须符合安全、经济、煤炭采出率高的基本原则。

（1）安全生产是煤矿企业一项经常而又重要的任务　应当充分

利用先进技术和提高科学管理水平，以保证井下生产安全，不断改善劳动条件。对于所选择的采煤方法，应仔细检查采煤工艺的各个工序以及采煤系统的各生产环节，务使其符合《煤矿安全规程》的各项规定。合理布置巷道，保证巷道维护状态良好，满足采掘接替要求。建立妥善的通风、运输、行人以及防火、防尘、防瓦斯积聚、防水和处理各种灾害事故的系统，正确确定和安排采煤工艺过程，切实防止冒顶、片帮、支架倾倒，机械事故以及避免其他可能危及人身安全和正常生产的各种事故发生。

(2) 经济效果是评价采煤方法好坏的重要依据　选择采煤方法时不仅要列出几种方案进行技术分析，而且要在经济效益上进行比较，选择经济上合理的方案。一般要求有：a. 工作面单产高，提高工作面产量是实现整个矿井各项技术经济指标的中心环节，提高工作面产量，主要应当提高工作面机械化程度，尽可能加大回采进度和合理加大工作面长度；b. 劳动效率高，要选择合理的采煤工艺和劳动组织，采用先进的技术装备，努力实现机械化或综合机械化；c. 材料消耗少，减少工作面的各种材料消耗；d. 煤炭质量好，要求煤炭的含矸率和灰分低；e. 成本低，成本是经济技术效果的综合反映，努力提高工作面单产和劳动效率，降低材料消耗，保证煤炭质量，正确布置巷道，减少巷道掘进量等，是降低煤炭生产成本的主要途径。

(3) 减少煤炭损失，提高煤炭采出率　充分利用煤炭资源，是社会主义煤矿企业的一项重要技术政策。减少煤炭损失也是防止煤的自燃、减少井下火灾、保持和延长采区和矿井的开采期限的重要措施。

上述三方面的原则要求是密切联系、互相制约的，应当综合考虑，力求得到充分满足。

88. 影响采煤方法选择的因素有哪些?

为了满足上述基本原则，在选择和设计采煤方法时，必须充分考虑各种地质、技术经济因素。

(1) 地质因素　直接影响采煤方法选择的主要地质因素有以下方面。

① 煤层倾角　煤层倾角是影响采煤方法选择的重要因素。倾角小于12°有利于采用系统简单的倾斜长壁采煤法。倾角的变化不仅直接影响到工作面的落煤方法、运煤方式、采场支护和采空区处理等的选择，而且也直接影响到巷道布置、运输、通风及采煤方法各种参数的确定。

② 煤层厚度　煤层厚度的变化也是影响采煤方法选择的重要因素，根据煤层厚度选择不同的采煤方法。薄及中厚煤层通常为一次采全厚，厚及特厚煤层可采用整层或分层开采的方法。此外，煤层厚度也影响到采空区处理方法的选择，如煤层厚度特别大，易自燃，可考虑采用充填采空区的处理方法。

③ 煤层及围岩的特征　煤层的软硬及其结构特征（含夹石的情况等）、围岩的稳定性等，都直接影响到采煤机械、工艺以及采空区处理方法的选择。煤层及围岩性质还直接影响到巷道布置及维护方法。

④ 煤层的地质构造情况及采区内可布置工作面的煤层块段的大小　埋藏条件稳定的煤层有利于采用综采；埋藏条件不稳定，煤层构造较复杂宜采用普采；多走向断层时宜采用走向长壁；多倾斜断层时宜采用倾斜长壁。因此，在选择采煤方法之前，应当充分掌握开采范围内的地质构造情况，以便正确地选择相应的采煤方法。

⑤ 煤层的含水性、瓦斯涌出量及煤的自燃情况　煤层及围岩含水量大时，需要在采煤之前预先疏干，或在采煤过程中布置排水及疏水系统。煤层含瓦斯量大时，要布置预抽瓦斯的巷道，同时，工作面通风应采取一定的措施。煤层的自燃性及发火期，直接影响巷道布置、巷道维护方法和工作面推进方向，决定着是否需要采取防火灌浆措施或选用充填采煤法。所有这些在选择采煤方法时，均应当充分加以考虑。

(2) 技术因素　技术发展及装备水平也会影响到采煤方法选择。改革开放以来，我国采煤方法、采煤工艺技术不断创新，新方

法、新工艺、新装备的推广应用为采煤方法选择提供了新的依据。放顶煤采煤法、大采高一次采全厚采煤法、伪斜柔性掩护支架采煤法、伪斜走向长壁采煤法等在近10年来广泛得到应用。

近十多年来，国内外工作面工艺技术、装备能力、强度不断提高，工作面单产水平迅速增长。因此在采煤方法选择时应考虑不同装备水平的工艺方式、单产水平要与矿井各环节的生产能力、井型相适应，并留有发展的余地。

顶板管理及支护技术发展也影响到采煤方法的选择。例如，坚硬顶板条件下，一些矿井采用高阻力支架及对顶板进行注水软化，采空区处理成功地采用了垮落法，代替了传统的刀柱式采煤法等。

为了保护环境及在建筑物下、铁路下、水体下进行采煤，“三下”采煤技术发展也很快，可根据不同的要求，选择相应的“三下”采煤方法。

(3) 经济与管理因素　矿井的经济效益是选择采煤方法的重要因素，现代化的采煤装备要依靠资金的投入，同时要深入研究投入与产出的关系，正确选择采煤方法，这是矿井高效益的前提，高投入必须高产出。

选择采煤方法还要考虑设备供应、配件供应的保障系统及能力、当地租赁站的服务水平等，确保矿井得到持续发展。

材料供应情况及一些材料能否就地取材也影响采煤方法的选择。如分层开采条件下的竹笆、荆笆等假顶材料及充填开采条件下的充填材料能否就地取材、降低成本，有时成为选择采煤方法的一个重要因素。

管理水平及职工素质有时对选择采煤方法产生一定影响。对具体矿井，在管理水平较差条件下，必须加强技术培训，尤其对一些难度较大的开采技术和工艺，如大采高一次采全厚综采、大倾角综采等，经培训、条件成熟后再推广应用。

89. 采煤方法的发展方向如何？

选用合适的采煤方法，并使之不断完善和发展，对提高矿井生

产水平和经济效益、改变矿井技术面貌有决定性的意义，继续做好这方面的工作，是今后煤矿开采技术发展的重要方面。

（1）对缓倾斜、倾斜煤层长壁式开采，关键是不断改进采煤工艺，根本的出路在于推行机械化 要多层次、因地制宜地应用和发展先进的、适用的机械化采煤技术。

发展综合机械化采煤工艺是我国赶超世界先进水平的主要方面，目前我国已奠定了坚实的基础。今后要巩固现有综采的成果，努力提高操作技术和管理水平，提高设备可靠性、设备利用率及工时利用率，提高工作面单产水平和经济效益，有条件的工作面努力达到日产万吨的水平。同时，要有步骤、有重点地研制困难条件下（三硬、三软、大倾角、薄煤层）的综采技术和装备，进一步扩大综采的应用范围。

以使用单体液压支柱支护为主要特征的普通机械化采煤工艺在当前仍不失为一种较先进的技术。从许多煤矿使用的经验表明，它具有投资较少、单产和效率较高、生产较安全等优点，对我国煤矿有广泛的适应性，特别适用中小型煤矿。如配合墩柱应用，可改善长壁工作面的顶板管理。

（2）走向长壁开采，技术简单，应用成熟，具有广泛的适应性，是我国开采缓倾斜、倾斜煤层应用最广的方法，今后仍将继续广泛使用。要结合矿井煤层开采条件和采煤工艺的发展，改进巷道布置，优化采区系统和参数，适当加大工作面长度和连续推进长度，为集中、稳产、高效、安全生产创造良好条件。

倾斜长壁开采系统简单、工程量少，在倾角12°以下的煤层中应用，能取得良好的技术经济效果，应该大力推广，有条件的地区，还可试用到倾角更大的煤层。

作为倾斜长壁的一种变形，伪斜长壁用于开采斜交断层切割的煤层块段也是适宜的。

（3）缓倾斜、倾斜厚煤层开采，在我国煤矿生产中占有相当大的比重，合理地开采这类煤层可以采用不同的技术途径。

倾斜分层下行垮落采煤法是比较成熟的采煤方法，已在不同矿



井的各分层成功地实现了机械化、综合机械化采煤，在分层（特别是下分层）采煤工艺、人工假顶的管理、安全生产等方面，都积累了丰富的经验，今后应进一步推广和改进机械化采煤工艺，研究分层采高的控制，假顶材料选择，减少岩石巷道掘进，改进巷道布置。

大采高综采一次采全厚已获得成功，对层厚为3.5～5.0m的煤层能实现一次采全厚，可以简化巷道布置、减少巷道掘进和维护、节约假顶材料。在煤层倾角不大、煤和顶底板岩性适宜的矿井，可以重点推广，并要继续改进设备，完善工艺。

缓倾斜厚煤层放顶煤采煤法的应用是开采技术的新突破，在工作面采高不加大的情况下，可大大增加一次开采的厚度。用于开采5.0m以上厚煤层，可以简化巷道布置，降低巷道掘进率，提高采煤工效，降低吨煤生产费用。关键的问题是提高煤炭采出率、降尘、防止自燃和瓦斯爆炸事故，要研究顶煤破碎和下放的规律，完善控制顶煤下放的技术和安全措施，保证工作面的正常、安全生产。

（4）无煤柱护巷技术在我国得到日益广泛的应用　在缓倾斜薄、中厚煤层的开采中可以推广沿空留巷或沿空掘巷，配合受采动影响巷道的支护改革和巷旁充填技术的发展。可以扩大沿空留巷的应用范围，进而为采用往复式回采、Z形回采提供有效的技术手段。

许多矿跨上山、跨石门连续回采的实践表明，取消上山（石门）煤柱、增加工作面推进长度可取得良好的技术经济效果，有条件的矿区可以推广。这种实践还表明，以改善回采生产条件为目标，突破原有采区、工作面范围的限制是适宜的，这将启发人们更灵活地研究采准巷道系统，促进采煤方法的发展。

（5）急倾斜煤层的产量在我国煤炭总量中所占比重不大，但分布很广，急倾斜采煤方法类型很多，在应用条件和效果方面，都有比较大的局限性。

伪斜柔性掩护支架采煤法是我国特有的一种方法，在层厚变化

不大的厚及中厚煤层中应用，可取得较好的技术经济效果，今后要进一步实现采煤机械化，改进支架结构，向液压化发展，并改进巷道布置和参数，减少巷道掘进率。

水平分段放顶煤采煤法，为开采急倾斜特厚煤层提供了高效安全的机械化采煤方法。这种采煤方法单产和工效高、工艺简单、掘进巷道少、吨煤费用低，可以推广。要进一步研究放煤的规律、顺序和方法，分段的合理高度，完善安全措施，提高煤炭的资源采出率。

薄及中厚煤层台阶式采煤法采出率较高，但单产、工效、成本等指标不够理想，安全较差，特别是倒台阶采煤法更差。而俯伪斜走向长壁分段密集采煤法较好地克服了上述的缺点，目前应大力推广。

(6) 建筑物下、铁路下、水体下呆滞煤量的开采日益成为我国煤矿开采的紧迫问题，我国有长期使用水砂充填的经验和成熟的技术，尽管近年来充填采煤法的应用范围和产量均在减少，但在“三下”采煤问题的解决中，会有更广泛的应用，充填方法（如风力充填等）也会有所发展。

针对“三下”采煤的条件和要求，因地制宜采用煤柱支撑法开采或离层注浆充填技术也是可行的，应该总结和推广这方面的经验，发展这方面的技术。

(7) 我国水力采煤技术日臻成熟，单纯从采煤方法角度看，在倾角为10°以上，煤层中等厚度以上、顶底板中等稳定或稳定且瓦斯含量低的煤层，使用水力采煤能取得良好的技术经济效果；对早采机械化开采有困难的倾斜、急倾斜煤层，赋存不稳、构造复杂的煤层，水力采煤法有更好的适应性，条件适宜的矿井经全面论证，可以选用。今后要继续改进工艺和设备，改善通风和生产条件，提高煤炭采出率。

(8) 以应用连续采煤机为特征的柱式体系采煤法，可用在煤层赋存不深、层厚稳定、倾角平缓、不易自燃的低瓦斯矿井，但需提高操作技术和管理水平，加强设备的维护，充分发挥设备效能，改

善技术经济效果。

(9) 采煤工艺是采煤方法的核心，改善采煤工艺既依赖于设备(尤其是支护、采煤设备)的改进，又有赖于工作人员素质的提高。要改进现有的综采设备，进一步研制高强度、高可靠性及在困难条件下应用的综采设备，加强职工的培训，提高操作技术和管理水平。

(10) 采煤方法是一个发展着的系统，采煤工艺的改进必将促进回采巷道布置的改革，而巷道布置的改进又能为充分发挥回采效能保证良好的条件。要用系统的、发展的观点分析采煤方法的参数及其组合，发展采煤方法选择及设计的优化方法，把采煤方法的研究和完善提高到一个新的水平。

90. 什么是准备？什么是准备巷道？什么是准备方式？

在开采水平划定的采区范围内掘进一系列巷道，安装设备，划分区段(分带)，建立采区生产系统，并为掘进回采巷道和开切采煤工作面做准备，所有这些工程和布置称为准备；据此掘进的巷道称为准备巷道；采区区段(分带)的划分和巷道布置方式称为准备方式。

采区准备是矿井生产建设的重要环节，做好采区准备对实现矿井持续生产、提高技术经济效果有重要意义。

91. 采区准备方式如何分类？采区式准备方式有哪几种？

采区准备方式分类如下。

① 按煤层赋存条件可分为采区式、盘区式与带区式准备。

② 按开采方式可分为上山采(盘)区与下山采(盘)区准备。

③ 按采区上(下)山布置可分为单翼采区和双翼采区。

④ 按煤层群开采的联系可分为单层准备和联合准备。

煤层群开采时，由开采水平大巷每隔一定距离(采区走向长)开掘采区石门，为各煤层服务。根据各煤层的间距不同，采区式准备方式有下列几种：

① 各煤层单层准备方式；

② 采区多煤层联合准备方式；

③ 煤层群分组集中采区联合准备方式。

92. 缓斜、倾斜煤层采区联合准备时有何优缺点？

采区准备方式的选择主要取决于煤层层间距大小、开采要求及技术条件。

联合准备的主要优点有。

① 在采区内可布置较多的工作面同时生产，有利于提高采区生产能力，减少矿井同时生产采区数目，生产集中，并可减少辅助生产环节、设备和人员，提高劳动生产率。

② 各煤层共用一组集中上山，比单煤层布置巷道要减少一组至几组上山。采区上山一般较多布置在煤层底板岩石中，掘进费高一些，但维护费用大量减少，并为生产创造了良好条件。当各煤层共用区段集中平巷时，工作面平巷超前工作面掘进，随掘随采，且采后报废，巷道的维护时间大大缩短，因而平巷的维护费用大量降低。

③ 可提高采出率、降低煤炭损失　联合准备的采区上山如布置在底板岩石中，则可不留保护煤柱，或者只在布置上山的下部一层煤中留设，煤炭损失少。

此外，在采用区段岩石集中平巷时，由于改善了区段巷道的维护条件，采区走向长度可以增加，相对地减少了采区边界煤柱损失，并且为取消区段煤柱、进行沿空掘巷创造了条件，这样又可以大量降低煤炭损失。

④ 联合准备时的集中上山和集中平巷可布置在比较坚固稳定的岩层中，可按设计的坡度和方向施工，巷道规格质量易于保证，也便于高效能运输设备的采用、安装和运转。

联合准备的缺点主要是，岩石巷道的掘进工程量大，准备新采区的时间较长，巷道之间的联系和通风系统比较复杂，并且要求又有较高的生产管理水平。

20 世纪 70 年代发展综采以来，采区准备又有单层化布置的趋



势，这是由于：

① 综采单产高，平均为普采的2～3倍以上，为炮采的4～5倍以上，采区内不需要多工作面回采，往往一个综采面就能保证采区生产能力；

② 综采推进速度快，而岩巷掘进技术发展较慢，掘进速度慢，掘进跟不上采煤，因此，要求尽量少开岩巷或不开岩巷；

③ 由于支护技术手段的改进，金属可伸缩性支架、锚杆支护等的使用，一般煤巷维护困难问题已逐步解决；

④ 由于综采生产能力大，平巷采用可伸缩带式输送机运输，输送能力大，铺设距离长。

所有这些，使得没有或很少有必要再来布置很多岩巷的联合准备。因此，一些地区开采及装备条件较好的矿井已成功地采用了单层的全煤巷采准巷道布置方式。但目前大多数矿井采区上山仍布置在底板岩石中，因此集中上山的联合准备方式无论综采、普采用得仍较多，而集中平巷的联合准备方式在综采或单产较高的普采中的应用已日趋减少。

当区段平巷采用无煤柱沿空留巷时，通常不采用区段集中平巷准备。

93. 急倾斜煤层采区式准备方式有何特点？

过去我国开采急倾斜煤层的矿井，采区巷道大多采用单层准备方式，采区上山眼大多布置在煤层内，沿底板按倾斜方向掘进。上山眼数目至少要有三条，分别为采区溜煤眼、采区运料眼和采区行人眼。采区内有矸石运出时，还需增设采区溜矸眼；涌水量大时，还应专门布置泄水眼。

生产实践表明，在煤层内布置上山眼的方式有较多缺点，如运料眼断面小，运送物料困难，不利于提高采区生产能力和运输机械化；行人眼中风速大，煤尘飞扬，工人上下班体力消耗大；溜煤眼、溜矸眼容易堵塞，处理较困难。在地质条件变化大，上山眼不易保证匀直时，这些缺点就更突出。特别在厚煤层，上山眼布置在

煤层中更难维护，不仅维修工程量大，还易影响正常生产，而且上山煤柱采出率低，煤损也将增大；另外，急倾斜煤层工作面单产低，同采工作面多，生产分散。为了克服上述缺点，近年来对近距煤层数目较多、总采厚较大的采区，采用了集中上山的联合准备方式。把运料上山眼改为轨道运输的伪倾斜，并布置在底板岩石中，除运料外，还兼作排矸、行人、通风之用；把溜煤眼也布置在底板岩石中。

根据开采急倾斜煤层矿井的经验，对于煤层数目较多，层间距不大、采区生产能力较大［大于（25～30）×10^4t/a］的联合准备采区，采用岩石轨道上山与煤层上山相结合的方式是比较适宜的。

94. 盘区式准备可分为哪几类？各自有何优缺点？

近水平煤层开采时，盘区式准备方式可分为上（下）山盘区式和石门盘区式。

石门盘区主要是改善了盘区上山的运输和维护条件，具有以下优点。

① 将盘区上山的倾斜运输变为盘区石门的水平运输，给使用电机车创造了条件，简化了运输系统，减少了运输环节，运输能力大，而且不受运输长度的限制，运输费用低。

② 采用盘区石门后，各工作面的煤运至溜煤眼，后又进入区段煤仓，可起到缓冲和调节运输的作用，加之石门中电机车运输又不易发生故障，几个煤仓即使同时装车也不互相干扰，有利于工作面连续生产。

③ 岩石巷道维护工作量小，维护费用低，有利于改善工作条件和降低煤柱损失。

石门盘区的主要问题是岩巷掘进工程量较大，掘进速度较慢，掘进费用较高。特别是在煤层倾角增大、盘区倾斜长度大时，上部区段溜煤眼（煤仓）的高度也要随之增加（高度较大的溜煤眼，仅在下部一段设煤仓）。因此，它仅适用于倾角很缓的近水平煤层。

盘区巷道布置方式和类型的选择，应根据煤层地质条件、盘区

生产能力大小和技术装备水平，通过方案比较分析加以确定。

根据生产实践中的经验，在工作面单产不高、技术装备水平较低、盘区生产能力不大的中小型矿井，通常采用无极绳运输的煤层上山布置方式；在煤层埋藏平稳、地质构造简单、储量丰富、技术装备水平较高、盘区生产能力较大的大中型矿井，宜采用胶带运输的岩石上山的布置方式；倾角很小时则采用盘区石门的布置方式。

采用石门盘区时，应特别注意溜煤眼的高度不宜过大。根据窑街、阳泉矿区的经验认为，溜煤眼的高度不宜超过50m；西山、大同矿区的经验认为，不宜超过100m。当煤层倾角变化比较大、采用石门盘区致使部分溜煤眼高度过大时，可采用石门与上山混合布置的方式。

必须指出，近几年来近水平煤层大力发展倾斜长壁采煤法，采用带区式准备，盘区式准备已日趋减少。但在开采区域走向断层较多或因留设各种煤柱，以及受地质构造等影响，使得倾斜长度偏短等条件下，仍宜采用这种准备方式。

95. 带区式准备方式如何布置？

一般煤层倾角为12°以下采用倾斜长壁采煤法时，相应用带区式准备。井田划分为阶段时，沿阶段走向划分带区；近水平煤层条件下，可直接在井田大巷两侧划分带区。

按带区准备巷道服务的范围不同，可有两种基本形式，即相邻两个分带组成的带区和两个以上的多分带组成的带区。

相邻分带带区式准备的特点是，由相邻两个分带组成一个采准系统，合用一个带区煤仓。各煤层（分层）可单独准备或采用集中斜巷联合准备。相邻分带的这两种准备方式的选择与采区式区段的单独或集中准备的选择原则相同。

多分带带区式准备的特点是，在该区域内布置多个分带，一般在4～6个或以上，并组成一个统一的采准系统。图4-27所示为二层煤，每层煤布置有6个分带的带区式准备方式。由一个带区煤仓、一条带区集中运料斜巷与大巷联系。各煤层分带内采用单层准

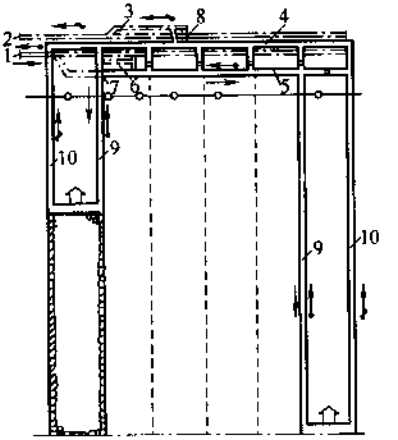


图 4-27　多分带带区式准备

1—运输大巷；2—回风大巷；3—运料斜巷；4—煤层运料平巷；5—煤层运煤平巷；6—进风行人斜巷；7—带区煤仓；8—绞车房风道；9　分带运输斜巷；10—分带回风运料斜巷

备，即煤层群不采用分带集中巷。这种方式要开掘为 6 个分带服务的带区运煤平巷与带区运料平巷，但少开了岩石巷道，提高了掘进速度，缩短了准备时间，特别在综采时，便于采掘衔接，但要留设煤层平巷保护煤柱，围岩松软时应加强煤层平巷的维护。

采煤工作面采出煤炭经分带运输斜巷 9、带区煤层运煤平巷 5、带区煤仓 7，由运输大巷 1 运至井底。新鲜风流由运输大巷 1 进风，经行人斜巷 6、带区煤层运煤平巷 5、分带运输斜巷 9 进入工作面；清洗工作面后，污风经过分带回风运料斜巷 10、带区煤层运料平巷 4、带区运料斜巷 3，由回风大巷 2 排出。材料设备通过带区运料斜巷 3、带区煤层运料平巷 4、分带回风运料斜巷 10，进入工作面。

带区内分带的数目，有时与井田内煤层的构造因素有关。

96. 采区上山的位置如何选择？

采区上山的位置有布置在煤层中或底板岩石中的问题，对于煤

层群联合布置的采区，还有布置在煤层群的上部、中部或下部的不同方案。

(1) 煤层上山 采区上山沿煤层布置掘进容易、费用低、速度快，联络巷道工程量少。其主要问题是煤层上山受工作面采动影响较大，生产期间上山的维护比较困难，特别是在缺乏先进支护手段的情况下。虽然用加大煤柱尺寸可以改善上山维护，但会增加煤炭损失。因此，一般在下列条件下，可考虑布置煤层上山。

① 开采薄或中厚煤层的单一煤层采区，采区服务年限短。

② 开采只有两个分层的单一厚煤层采区，煤层顶底板岩石比较稳固，煤质在中硬以上，上山不难维护。

③ 煤层群联合准备的采区，下部有维护条件较好的薄及中厚煤层。

④ 为部分煤层服务的、维护期限不长的专用于通风或运煤的上山。

采用煤层上山时，随着采煤工作面推进，采区上山将出现未受采动影响、受采动影响和采动影响已稳定三个围岩变形期，其受采动影响的程度与煤柱尺寸大小和处于一侧采动还是两侧采动有关。布置在厚煤层内的采区上山，由于受两侧采动影响，维护往往相当困难。

(2) 岩石上山 对单一厚煤层采区和联合准备采区，为改善维护条件，目前多将上山布置在煤层底板岩石中，其技术经济效果比较显著。例如，淮北张庄矿开采只有 5m 厚的煤层，仅在该具体条件下，采用普通的棚子支护，按采区上山每米掘进费与维护费之和相比较，采区服务年限超过 3 年时，采用岩石上山在经济上是有利的。开滦范各庄矿对煤层上山和岩石上山的实际统计资料也说明，在 5 年多的服务期间内，按掘进与维护总费用计算，岩石上山为煤层上山的 65%，总的来看，采用岩石上山还是经济合理的。

岩石上山与煤层上山相比，维护状况良好、维护费用低，原因是巷道围岩坚硬，同时上山离开了煤层一段距离，少受采动影响。为此要求岩石上山不仅要布置在比较硬的岩石中，还要与煤层底板

保持一定距离，距煤层愈远，受采动影响愈小，但也不宜太远，否则会增加过多的联络巷道工程量。一般条件下，视围岩性质，采区岩石上山与煤层底板间的法线距离取 10～15m 比较合适。随着支护技术发展，条件适宜可逐步发展应用煤层上山。

(3) 上山的层位与坡度　联合布置的采区集中上山，通常都布置在下部煤层或其底板岩石中。其主要考虑因素是适应煤层下行开采顺序，减少煤柱损失和便于维护。否则，为了保护上山巷道，必须在其下部的煤层中留设宽度较大的煤柱，并且距上山愈远的下部煤层中，所要保留的煤柱尺寸愈大。

在下部煤层的底板岩层距涌水量特别大的岩层很近，不能布置巷道时，例如在华北、华东的某些矿井，煤系底板距奥陶纪石灰岩很近，开掘巷道有透水淹井的危险，此时可将采区上山布置在煤层群的中部。

采区上山的倾角一般与煤层倾角一致，当煤层沿倾斜方向倾角有变化，为便于使用，应使上山尽可能保持适当的固定坡度。另外，在岩石中开掘的上山，有时为了适应带式输送机运煤（不大于 15°）或自溜运输的需要，可采取穿层布置。

97. 采区上山的数目和相对位置如何确定？

(1) 采区上山条数　采区上山至少要有两条，即一条运输上山，一条轨道上山。随着生产的发展需要增加上山数目，例如：

① 生产能力大的厚煤层采区，或煤层群集中联合准备采区；

② 生产能力较大、瓦斯涌出量也很大的采区，特别是下山采区；

③ 生产能力较大，经常出现上、下区段同时生产，需要简化通风系统的采区；

④ 运输上山和轨道上山均布置在底板岩石中，需要探清煤层情况，或为提前掘进其他的采区巷道的采区。

增设的采区上山一般专作通风用，也可兼作行人和辅助提升（临时）用。增设的上山特别是服务期不长的上山，多沿煤层布置，

以便减少掘进费用，并起到探清煤层情况的作用。

(2) 采区上山配置 按采区上山在煤层或岩石中的布置情况及数目，主要有以下四种方式。

① 一岩一煤上山 当煤层群最下一层为维护条件较好的薄及中厚煤层时，可将轨道上山布置在该煤层中，运输上山布置在底板岩石中，这种布置可减少一些岩石上山工程量，适用于产量不大，服务期不太长的采区。

② 两条岩石上山 在煤层底板岩石中布置两条岩石上山，它多用于煤层群最下一层为厚煤层，或开采单一厚煤层的采区，当煤层群的最下一层为薄煤层或煤线时，可将两条上山布置在该薄煤层中，两条岩石上山布置的应用，在瓦斯涌出量不大的联合准备采区中较为普遍。

③ 两岩一煤上山 为了进一步弄清地质构造和煤层情况，在煤层中增设一条通风、行人上山，它一般是先掘煤层上山，为两条岩石上山掘进导向。在生产中，煤层上山可用作通风、行人。

④ 三条岩石上山 在煤层底板中布置三条上山，它适用于开采煤层层数多、厚度大、储量丰富的采区，以及瓦斯大、通风系统复杂的采区。

(3) 采区上山的相互位置关系 采区上山之间在层面上需要保持一定的距离。当采用两条岩石上山布置时，其间距一般取 20～25m；采用三条岩石上山布置时，其间距可缩小到 10～15m。上山间距过大，使上山间联络巷长度增大，若是煤层上山，还要相应地增大煤柱宽度。若上山间距过小，则不利于保证施工质量和上山维护，也不便于利用上山间的联络巷作采区机电硐室，使中部车场的布置也会遇到困难。

采区上山之间在立面上的相互位置可以在同一层位上，也可使两条上山之间在层位上保持一定高差。为便于运煤，可把运输上山设在比轨道上山层位低 3～5m 处；如果采区涌水量较大，为使运输上山不流水，同时也便于布置中部车场，则可将轨道上山布置在低于运输上山层位的位置；若适于布置上山的稳固的岩层厚度不

大，使两条上山保持一定高差就会造成其中的一条处于软弱破碎的岩层中时，则需采用在同一层位布置上山的方式；当两条上山都布置在同一煤层中，而煤层厚度又大于上山断面高度时，一般都是轨道上山沿煤层机板、运输上山沿煤层底板布置，以便于处理区段平巷与上山的交叉关系。

(4) 设置采区边界上山　有的双翼采区除在中部设置一组上山外，还在采区两翼的边界设置 1～2 条边界上山。设置采区边界上山的主要作用有。

① 当采区瓦斯涌出量大，采煤工作面采用 Z 形、Y 形等通风方式时，两翼各需设一条边界回风上山。

② 当采用往复式开采又无条件应用沿空留巷时，则可采用区段有煤柱护巷的往复式开采，这种情况下一般要求在采区一翼开掘两条上山，工程量较大。

开滦范各庄矿将原来走向较短的相邻两个采区合并，进行综采。两个采区的两对上山互为边界上山，进行往复式开采，获得了较好的效果。

98. 采区运输上（下）山和轨道上（下）山是如何运输的？

采区运输上（下）山是为采区内工作面出煤服务的，其设备的生产能力应大于同时生产的工作面生产能力总和。在设计选择采区上（下）山的运输设备时，机采按工作面的设备能力计算，炮采按采区日产量乘以 1.5 的运输不均衡系数以及每班运煤时间为 5～6h 计算。

开采缓倾斜及倾斜煤层的矿井，其上（下）山的运输设备应根据采区运输量、上（下）山角度和运输设备的性能，选用带式输送机（常用吊挂式）、刮板输送机、自溜运输、绞车或无极绳运输。

带式输送机的生产能力大，运输可靠，运输费用较低。当采区生产能力大，上山倾斜角度在 15°（下山 17°）以下时可广泛采用。当煤层倾角稍大，采用岩石上（下）山时，可按带式输送机要求，调整上（下）山倾角。

自溜运输设备简单，运输费用低，生产能力较大，适于倾角大于30°的采区上山，多用于倾角大的煤层。对于开采倾角接近25°左右的煤层，采区上山布置在煤层底板岩石中时，也可以适当加大上山的倾角，而采用自溜运输，当自溜运输采用铁溜槽、铸石溜槽或混凝土溜槽（铁板衬底）时，采区上山的倾斜角度以30°～35°为宜。采用搪瓷溜槽时，上山角度可以采取下限，由于要考虑搪瓷磨损后摩擦系数增大，倾角不宜小于30°。但自溜上山运输要妥善考虑防堵、防尘及安全等问题。

采区生产能力不大、采区上山倾角较大、长度较小时，可采用铸石溜槽上链式刮板输送机。上链式输送机是将刮板输送机的回空链架在溜槽上面，使煤沿着刮板传动方向向下移动，向下运输的倾角一般为18°～28°，每台使用长度为150～300m。与一般的刮板输送机相比，它的优点是运输能力较大，阻力小，耗电量低；事故小，易维修，槽高不撒煤；比下链式刮板输送机的使用台数少，机头机尾也少；溜槽能用铸石代替，可节省钢材和资金。

采区上下山用绞车串车或无极绳牵引的矿车运煤，仅适用于工作面产量低、采区生产能力小、煤层倾角不大的采区。这时区段平巷也要相应地采用矿车运煤，即所谓“矿车进采区”的运输方式。由于其生产能力低、运输不连续，对工作面出煤的影响较大，故不适于机械化工作面生产的需要。

采区辅助运输量相对于煤炭的运输来说是比较小的，而且货流不同，运送设备也有所区别。矸石要用矿车装运，某些设备或材料要用平板车运送。采区辅助运输一般采用绞车串车的运输方式。

采区内各巷道铺轨的轨距应与大巷铺轨轨距一致，即都采用600mm轨距，或都采用900mm轨距，这样可使各运输环节的衔接方便、系统简单。特别应尽量避免大巷用900mm轨距而采区内用600mm轨距的情况，因为这时不论采取什么措施都会使运输系统复杂。

99. 区段集中平巷的布置方式有哪几种？

在联合准备的煤层群中，若有赋存条件较稳定、围岩条件较好

的薄及中厚煤层，且位于煤层群的下部时，则可将集中平巷布置在该煤层中，以减少岩石巷道的开掘和维护工程量。很多情况下是将区段集中运输平巷布置在底板岩石中，而将集中轨道平巷布置在煤层中。

根据煤层赋存条件和生产需要，煤层群区段集中平巷的布置方式大致有如下几种。

（1）机轨分煤岩巷布置　将运输集中平巷布置在煤层底板岩石内，轨道集中平巷布置在煤层内。

（2）机轨双岩巷布置　运输集中平巷和轨道集中平巷均布置在煤层底板岩石中。

（3）机轨合一巷布置　将胶带运输和轨道运输集中在一条断面较大的岩石巷内。

（4）机轨双煤巷布置　将运输集中平巷和轨道集中平巷都布置在煤层中。

100. 什么是采区车场？采区车场的作用是什么？采区车场的巷道包括哪些？

采区上（下）山和区段平巷或阶段大巷连接处的一组巷道和硐室称为采区车场。

采区车场的主要作用是在采区内运输方式改变或过渡的地方完成转载工作。

采区车场的巷道包括甩车道、存车线及一些联络巷道，另外还有一些硐室，如煤仓、绞车房、变电所等。

采区车场按地点分有上部车场、中部车场和下部车场。

101. 采区上部车场、中部车场和下部车场各有哪些形式？

（1）采区上部车场　按轨道上山与上部区段回风平巷（或回风石门）的连接方式不同，上部车场分为平车场和甩车场。

若轨道上山以水平的巷道与区段回风平巷（或石门）相连，绞车房布置在与回风巷同一水平的岩石中，则为上部平车场。若轨道上山以倾斜的甩车道与区段回风平巷（或石门）相连为采区上部甩

车场。

（2）采区中部车场　采区中部车场一般为甩车场，无极绳运输时采用平车场。

采区中部甩车场，根据所担负的任务不同有主提升甩车场和辅助提升甩车场两种。按甩车场的甩车方向，单钩提升甩车场可分为单向甩车场和双向甩车场。按甩入地点不同，又分为绕道式、石门式和平巷式三种。

采区辅助运输的中部车场一般采用单钩甩车场。双翼采区轨道上山和运输上山沿同一层位布置时，为避免车场与运输上山交叉，必须开掘绕道，可采用甩入绕道的形式。当两翼同时开采，轨道上山运输量较大时可采用双向甩车场（一侧甩入绕道，另一侧甩入平巷），这对采区内两翼区段平巷不能布置在同一标高时更为适宜。两侧甩车场间距应有利于交叉点支护。

当煤层群采用联合布置、轨道上山布置在下部煤层或底板岩石时，采区中部车场往往采用石门甩车形式。由轨道上山提升上来的矿车，通过甩车道甩入中部轨道石门中，再进到区段轨道平巷。而各区段运输平巷的煤，经运煤石门或溜煤眼和区段溜煤眼溜入运煤上山中。

（3）采区下部车场　采区下部车场由采区装车站和辅助提升下部车场组合而成。主要根据装车地点不同，采区下部车场可分为大巷装车式、石门装车式和绕道装车式三种。

102. 辅助运输方式有哪些？对车场巷道布置有什么要求？

矿井辅助运输系统过去一般都是在主要大巷采用电机车，上下山斜巷用绞车，其他地点多用小绞车或人拉肩扛的多段运输方式。随着矿井开采规模和深度的不断扩大，矿井生产集中化、机械化和设备重型化的发展，仅靠原来的辅助运输手段已不能很好地适应生产的需要。近年来发展起来的单轨吊车、卡轨车、齿轨车和无轨运输车等运输方式，均具有运输能力较大、可在起伏不平的巷道中实现连续运输、有一定的爬坡能力、并能实现自动化控制与集装化运

输等特点。

这些设备可按空间区分为架空式与落地式，按牵引方式区分为机车牵引和钢丝绳绞车牵引，按牵引动力可分为液压马达、内燃机和电动机三种，按运行方式可分为有轨运输和无轨运输。

在有底鼓现象或软底板的巷道中，宜选用单轨吊车。在需要重载运输的矿井中，只要底板条件允许，应优先考虑采用落地式的辅助运输方式。由于钢丝绳绞车牵引甩调车困难，运距不但受限制，而且不宜经常变化（需移动尾轮），因此一般多用在采区上、下山。对于倾角较小、需进行多点直达运输的矿井则宜采用机车牵引方式，例如柴油机为动力的单轨吊、卡轨车和齿轨车等。由于无轨运输机动灵活，它的车身一般为铰接，可在起伏不平的巷道中自由驾驶，转弯半径小（3～6m），运输品种不限，因此对于那些赋存较浅、倾角不大、采用平硐或12°以下斜井开拓的近水平煤层矿井，只要巷道及围岩条件具备，都可以考虑采用井上、井下一条龙的无轨运输方式。当巷道起伏变化比较大时，应优先考虑选用对巷道起伏适应性强的卡轨车和单轨吊车。齿轨机车在进入齿轨段时要有导入装置，因此机车在齿轨段要保证有一定的运行长度，所以齿轨车最适于煤层倾角变化不大、巷道底鼓量很小、需重载运输的盘区布置的大型矿井。由于胶轮机车的胶轮比压有限，磨损严重，尚难负担重载运输。因此，多用于采区巷道准备时的辅助运输。

上述几种辅助运输设备各有特点和适用范围，在选型时，应根据矿井具体条件、巷道布置特点、巷道顶底板及支护情况以及设备的供应情况，进行综合选型分析，讲求整体的经济效益。

103. 编制采区设计的依据是什么？

要做好采区设计，起到正确指导生产的作用，必须要有正确的设计指导思想和充分可靠的设计依据。采区设计的主要依据有。

（1）已批准的采区地质报告　地质报告主要包括地质说明书和附图两部分，采区地质说明书应有详细的采区地质特征、地质构造状况、煤层赋存条件和煤层稳定程度、矿井瓦斯等级、有否煤和瓦

斯突出危险、自然发火期、水文地质特征、煤种和煤质及储量等。

图纸包括采区井上下对照图、煤层底板等高线图、储量计算图、勘探线剖面图、钻孔柱状图。

(2) 根据矿井生产、接替和发展对所设计采区的要求　主要是生产矿井提出的对设计采区的生产能力、工艺方式、采准巷道布置及生产系统改革等要求，以适应生产技术不断发展的需要。

104. 采区设计的程序是什么?

采区设计一般是根据矿井设计和矿井改扩建设计以及生产技术要求，由矿主管单位提出设计任务书，报上级批准，而后由矿或上级的有关部门、单位根据批准的设计任务书进行设计。采区设计通常分为两个阶段进行，即确定采区主要技术特征的采区方案设计和根据批准的方案设计而进行的采区单项工程施工图设计。

采区方案设计除了需要阐述采区范围、地质条件、煤层赋存状况、采区生产能力、采区储量及服务年限等基本情况外，应着重论证和确定以下问题：采准巷道的布置方式及生产系统、采煤方法选择、采煤工作面的工艺及装备、采区参数、采区机电设备的选型与布置、安全技术措施等。

在进行具体方案设计时，应根据煤炭工业技术政策、地质和生产技术条件、设备供应状况，拟定数个技术上可行方案，然后计算各方案相应的技术经济指标，通过对这些方案进行技术经济比较，选择出技术上和经济上合理的方案，为进一步进行采区施工图设计打下基础。

采区施工图设计是在采区方案设计被批准后进行的。在施工图设计中，主要是根据采区方案设计的要求，对采区某些单项工程，如采区巷道断面，采区上、中、下部车场，巷道交叉点及采区硐室等进行具体的设计，求出有关尺寸、工程量和材料消耗量，绘制出图纸和表格，以便施工前的准备工作及施工。

应该指出，采区方案设计和施工图设计是紧密相连的整体和局部的关系。采区方案设计中技术方案要通过单项工程来实现，在进

行采区方案设计时应考虑施工图设计的可能性和合理性；但施工图设计要以批准的方案设计为依据，体现方案设计的技术要求。必要时，应根据实际情况的变化和施工的具体要求，进行适当的修改，使设计更加完善、更加符合施工和生产的要求。

105. 采区设计的步骤是什么？

采区设计应按下列步骤进行。

① 认真学习党和国家有关煤矿生产、建设的方针政策，明确煤矿开采技术的发展方向，并了解局、矿对采区设计的具体要求和规定。

要按照具体条件，因地制宜同时又积极地创造条件，提高采、掘、运机械化水平，提高工作面单产。积极推广无煤柱护巷技术及巷旁支护技术，降低掘进率和降低煤炭损失。实现合理集中生产，提高劳动生产率。

② 明确设计任务，掌握设计依据　根据矿井生产技术发展及生产衔接的需要，明确采区设计中重大问题的设计任务，如采准巷道布置及采煤工艺的改革、采区生产能力确定等主要技术原则。矿井地质部门应提出采区的地质说明书及附图，并应有分煤层的储量计算。必要时设计人员对储量进行核算，设计人员真正掌握设计依据，使设计建立在可靠的基础上。

③ 深入现场，调查研究　根据采区设计所需要解决的问题，确定调查的课题、内容、范围和方法。例如，调查原有采区的部署、巷道布置及生产系统、车场形式等，作为巷道布置方案设计时的借鉴；调查采煤、掘进、运输、提引等的生产能力，煤仓容量等数据，作为设备选型的参考；搜集巷道掘进、运输、提升、排水、通风和巷道维护等方面的技术经济指标，以便进行不同方案的技术经济比较。充分掌握第一手资料，使设计建立在客观实际的基础上。

④ 研究方案，编制设计　在进行实际调查研究的过程中，一定要注意汇集各有关单位对设计的具体要求及设想，根据设计提出

几个可行方案，广泛征求意见，认真研究修改和充实设计方案内容，在此基础上集中为2～3个较合理方案，进行技术经济比较，确定出采用的方案，正式编制设计。

⑤ 审批方案设计　将已完成的方案设计经有关单位会同审查后，由有关上级部门批准。

⑥ 进行施工图设计　根据已批准的方案设计，进行各单项工程的施工图设计。

106. 采区设计的内容有哪些?

采区设计编制的内容包括采区设计说明书、采区设计图纸。

(1) 采区设计说明书

① 说明采区位置、境界、开采范围及与邻近采区的关系；可采煤层埋藏的最大垂深，有无小窑和采空区积水；与邻近采区有无压茬关系等。

② 采区所采煤层的赋存情况（走向、倾斜、倾角、煤层厚度、层数、层间距）、地质构造、顶底板岩性及厚度、煤尘爆炸性、煤层自燃发火性及其发火期、地温、水文地质情况、煤质及采区储量等。

③ 确定采区生产能力和采区服务年限。

④ 确定采区准备方式　区段和工作面划分、开采顺序，采区生产系统（包括运煤、通风、运料、供电、排水、压气、充填和灌浆等）的确定。

⑤ 选择采煤方法和采煤工作面的机械装备。

⑥ 进行采区所需机电设备的选型计算，确定所需设备型号及数量等。

⑦ 采区风量的计算与分配。

⑧ 安全技术措施　预防水、火、瓦斯、煤尘等事故。

⑨ 编制采区设计的主要技术经济指标　采区走向长度和倾斜长度、区段数目、可采煤层数目及煤层总厚度、煤层倾角、煤的密度、采煤方法、主采煤层顶板管理方法、采区储量、采区生产能

力、采区服务年限、采区采出率和掘进率，巷道工程量。

(2) 采区设计图纸　设计图一般包括地质柱状图、采区井上下对照图、煤层底板等高线图、储量计算图及剖面图等，作为采区设计的一部分。此外，还需有以下一些项目：

① 采区巷道布置平面及剖面图（比例：1∶1000 或 1∶2000）；

② 采区采掘机械配备平面图（比例：1∶1000 或 1∶2000）；也可以与 (1) 合并；

③ 采煤工作面布置图（比例：1∶50 或 1∶200）；

④ 采区通风系统（最大、最小负压）示意图；

⑤ 瓦斯抽放系统图（低瓦斯矿井不要此图）；

⑥ 采区管线布置图（包括防尘、洒水、灌浆管路布置等）；

⑦ 采区轨道运输系统图（比例：1∶1000 或 1∶2000）；

⑧ 采区供电系统图（比例：1∶1000 或 1∶2000）；

⑨ 避灾路线图；

⑩ 采区车场图（比例：1∶200 或 1∶500）；

⑪ 采区巷道断面图（比例：1∶50 或 1∶20）；

⑫ 采区巷道交叉点图（比例：1∶50 或 1∶100）；

⑬ 采区硐室布置图（比例：1∶200）。

前 9 张图属方案设计附图，后 4 张图是施工图。以上仅是一般情况，具体设计时应根据情况适当增删。

随着系统工程及计算机在采矿设计中的应用及发展，一些部门对采区技术方案进行了优化设计、计算机辅助设计，取得了较好的效果。

107. 采区参数包括哪些？煤层群的开采顺序有哪几种？合理的煤层开采顺序应考虑哪些因素？

采区参数一般包括采区倾斜长度、采区走向长度、采区生产能力、采区采出率及采区煤柱尺寸。

开采煤层群时，各煤层的开采顺序有下行式和上行式两种。先采上煤层（组）后采下煤层（组）称为下行式开采顺序。反之，称

为上行式开采顺序。

合理的煤层开采顺序应该是，在考虑煤层采动影响关系的前提下，保证开采水平、采区、工作面的正常接替，保证矿井持续稳产高产，最大限度地采出煤炭资源；减少巷道掘进及维护工作量，合理集中生产，充分发挥设备能力，提高技术经济效益；便于防治灾害，保证生产安全可靠。

108. 缓倾斜及倾斜煤层群下行式开采，上下两层煤开采时的最小距离如何确定？

煤层群开采时，上煤层开采时应尽量不留煤柱。必须留煤柱时，也要使下煤层的巷道布置在上煤层煤柱之外，躲开应力增高区。当煤层间距较小时，若上下煤层的采煤工作面错距过小，上煤层顶板冒落对底板产生的动力冲击，影响到下煤层的回采工作。同时也不要使下煤层回采后顶板岩石移动波及上煤层的工作面，两工作面最小距离可按下式确定：

$$X_{min}=H\mathrm{ctg}\delta+L+b$$

式中 H——煤层间距，m；

δ——岩石移动角，坚硬岩石为60°～70°，软弱岩石为45°～55°；

L——考虑上层工作面顶板岩石冒落基本稳定及上、下煤层工作面推进速度不均衡的安全距离，一般不小于20～25m；

b——上部煤层工作面的最大控顶距，m。

109. 上行式开采如何判定？

在特定的地质和开采条件下，由于某种原因，缓倾斜及倾斜煤层不得不采用上行式开采顺序。上下煤层层间距大小及下煤层的采厚（高）是影响上行开采的主要因素。判定安全合理的上行开采的层间距是上行开采的前提，目前已有多种判定方法。

（1）比值判别法 当下部开采一个厚 M 的煤层时，用比值 K 的大小判别

$$K=\frac{H}{M}$$

式中 H——上下煤层之间的垂距，m。

我国上行开采的实践表明，当比值 $K>7.5$ 时，先采下部煤层一般可以不影响在上煤层内进行正常准备和回采。

当下部开采多个煤层时，用综合比值 K' 来判别

$$K'=\frac{1}{\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}+\cdots+\frac{1}{K_n}}$$

式中 $K_1=\frac{H_1}{M_2}$，$K_2=\frac{H_2}{M_3}$，$K_n=\frac{H_n}{M_{n+1}}$；

H_1，H_2，…，H_n——分别为 M_2，M_3，…，M_{n+1} 煤层至其上一煤层的垂距，m；

M_2，M_3，…，M_{n+1}——分别为下部各煤层的采高，m。

我国上行开采的实践及研究成果证明，综合比值 $K'>6.3$ 时，可正常进行上行式开采。

(2)“三带”判别法 当上下煤层的间距小于或等于下煤层的冒落带高度时，上煤层结构将遭到严重破坏，不能实行上行开采；当上下煤层的层间距小于或等于裂隙带高度时，上煤层结构只发生中等程度的破坏，可正常进行上行外采；上煤层开采应在下煤层开采引起岩层移动稳定之后进行。

不同倾角、不同岩性的岩层及其不同组合的覆岩，其移动及破坏规律不同。

(3) 围岩平衡法 上行开采破坏了采场上覆岩（煤）层的原始应力平衡状态，必然引起上覆岩（煤）层的横向及纵向变形与破坏。上覆岩（煤）层的横向及纵向离层变形产生大量采动裂隙，破坏煤层，但随时间延长，采动裂隙会重新闭合压实。而纵向剪切变形则表现为煤层发生台阶错动，破坏煤层结构。后者是影响上行开采的最大障碍。采场上覆岩体在垂直方向上可分为冒落带、裂隙带及弯曲下沉带。从围岩平衡的观点，可以分为非平衡带（即冒落带）、部分平衡带（相当于裂隙带的下位岩层）、平衡带（相当于裂

隙的下位岩层之上的岩层)。裂隙带的上位岩层一般不发生台阶错动，在回采过程中，能够形成不发生台阶错动的平衡岩层结构的岩层称为平衡岩层。上行开采的必要条件是：当采场上覆岩层中有坚硬岩层时，上煤层应位于距下煤层最近的平衡岩层之上；当采场上覆岩层均为软岩时，上煤层可位于裂隙带内，上煤层的开采应在下煤层开采引起的岩层移动稳定之后进行；上行开采必要的层间距 H 可按下式估算：

$$H>\frac{M}{K_1-1}+h$$

式中 M——煤层采高，m；

K_1——岩石碎胀系数，$K_1=1.15\sim2.0$；

h——平衡岩层本身厚度，按岩（煤）层柱状图确定。

(4) 上行开采的技术措施及应用条件 上行开采的一般技术措施：上煤层的开采必须在下煤层开采引起的岩层移动稳定之后进行，当层间距较小时，下煤层宜采用无煤柱护巷，应合理布置开采边界，同时应避免先在上煤层开掘巷道。

上行式开采为非正常开采顺序，只有在下列情况下，才采用上行式开采：

① 当上煤层顶板极坚硬，有发生冲击地压危险时，可先采下解放层，实行上行开采；

② 当上煤层含水量大时，先采下煤层可疏干上煤层的含水；

③ 当上部为煤与瓦斯突出煤层时，下部又有可作为保护层开采的煤层，采用上行开采，可减轻或消除上煤层的煤与瓦斯突出的危险；

④ 建筑物下、水体下、铁路下采煤，有时需要先采下煤层，后采上煤层，以减轻对地表的影响；

⑤ 复采采空区上部遗留的煤炭资源。

110. 采区准备方式的发展方向如何？

我国煤矿地质、开采技术条件的多样性、复杂性，技术结构及管理体制的多层次性，决定了在不同类型矿井中，准备方式的多样

性和发展的不平衡性。准备方式的改革与发展，可以归纳为准备方式的多样化、采（盘、带）区的大型化、采区布置的单层化和全煤巷化等。

（1）准备方式多样化　国有重点煤矿中，主要采用采区、盘区式和带区式准备，其产量分别约占65%、20%和15%。分段式准备仅在个别矿井中采用。

20世纪70年代及以前，除近水平煤层外，均采用采区式准备。20世纪80年代以来，我国在倾角12°以下煤层推广发展倾斜长壁开采的带区式准备。由于多种原因，12°以下煤层采用采区式准备仍有相当的比重。从今后发展来看，采区式仍然是我国主要采用的一种准备方式。采区式准备的系统及参数在不同时期、不同类型矿井中有着不同的发展，其主要方向有：a. 扩大采区尺寸及生产能力，增大采煤工作面连续推进长度；b. 普采采区发展多种形式的联合布置，减少矿井同采采区数，生产集中化；c. 综采采区及单产较高的普采采区，在区段、采区范围内发展单层化布置，减少岩石巷道及大量联络巷，简化生产系统。

20世纪70年代及以前，近水平煤层均采用盘区式准备。20世纪80年代以来，在倾角为12°以下煤层推广应用倾斜长壁带区式准备后，盘区式准备产量比重呈下降趋势，但目前仍占一定的比重，这是因为：a. 过去设计的大型盘区服务年限有的达15～20年或以上，目前正在继续生产；b. 开采块段内走向断层较多，采用倾斜分带布置较困难；c. 开采块段受地质构造或为保护地面建筑物等设施需留设煤柱的限制，倾斜长度较短，采用分带布置易造成工作面搬迁频繁；d. 倾角很小的煤层，从工作面推进方向上，沿走向与沿倾斜推进已无明显区别。主要依据区内是否设有上、下山进行判别，同时倾角很小时，大巷布置可成“T”、“Y”、“E”字型等，较难区别是石门盘区或带区；但盘区式准备方式今后发展呈下降趋势是不可避免的。

20世纪80年代以来，带区式准备迅速获得较大推广，产量比重逐年上升，我国倾角12°以下煤层可采储量占55%，今后发展潜

力仍很大，主要方向有：a. 12°以下煤层，进一步发展各种形式的带区式布置；b. 扩大分带、带区尺寸，增加采煤工作面连续推进长度；c. 适应不同地质、开采技术条件，分别采用仰斜开采、俯斜开采、伪斜开采；d. 我国煤层倾角在10°～15°的矿区也很多，在井田内因地制宜地采用采区式、带区式混合布置方式，以适应不同地质、开采技术条件，特别是井田构造较复杂时，为适应沿断层布置回采巷道，工作面小角度旋转调斜，在开采块段内出现了不同回采方向、不同倾角的开采单元（区段或分带）。

（2）采区大型化　采区大型化含义包括采（盘、带）区尺寸增大、可采储量增多、生产能力增大等几个方面。

20世纪50年代初期，采（盘）区走向长度一般不超过500～600m（双翼），而到20世纪70年代末，大中型矿井采区走向长度在1000m左右。20世纪50年代制定的煤矿矿井设计技术方向主要是参考国外的数据，尚缺乏我国实际经验；自20世纪60年代起，历次制订“规范”、“技术方向”和“技术政策”时都经过实际的调查研究，基本上反映了当时较为合理的参数。

20世纪80年代以来，我国开始推广带区式布置，系统大为简化与集中，效果显著。1994年制定的设计规范明确指出，在倾角12°以下煤层推广采用，上山部分分带斜长为1000～1500m，下山部分分带斜长为700～1200m。

随着煤矿生产和开采技术的发展，新设备、新工艺及机械化程度不断提高，生产日益集中，致使采区参数不断发生阶段性变化。其发展主要方向有：a. 新设计采区（双翼），炮采、普采采区走向长度应取为1000～1500m，综采采区一般在2000m以上；b. 大型煤层上山采区，为了达到投产快及避免煤的长距离折返运输，后上山的单翼采区呈发展趋势，走向长为1000～2000m，有的达3000m或以上；c. 分带斜长一般在700～1500m，有的达到2000～3000m或以上；d. 改造合并采区，扩大采（盘）区尺寸，普采采区联合布置等；e. 采区生产能力不断加大。

采区联合准备的发展促进了采区的大型化。联合布置采区加大

采区尺寸，增多了可采储量和服务年限，可适当多布置工作面，提高采区生产能力，减少矿井同采采区数，有利于矿井集中生产；集中巷布置改善了巷道维护条件，促进了采区尺寸进一步加大；提高了采出率。

随着综采、综掘配套设备发展，布置大量岩石巷道已不适应，综采采区、单产较高的普采采区在区段乃至采区范围内出现了单层化布置的趋势，由于煤层赋存及生产技术条件的不平衡性，单层布置采区目前仅占少数，我国大量综采采区仍以集中上山联合准备为主，上山大多布置在底板岩石中，实现跨上山开采，取消上山煤柱。集中平巷（分带集中斜巷）的联合准备在综采采区已日趋减少。

采（盘）区生产能力不断提高，20 世纪 80 年代的国有重点煤矿采区平均生产能力约 23×10^4 t/a，20 世纪 90 年代中期已提高到 29.24×10^4 t/a。综采采区一般一区一面，目前不少矿井综采采区能力达 100×10^4 t/a 以上，少数已达 $(200\sim300)\times10^4$ t/a，个别达 500×10^4 t/a 以上。

（3）单层化和全煤巷化　20 世纪 60 年代及其以前，我国一些矿区按单煤层布置采区并采用全煤巷布置，在煤层群中分煤层布置采区上山，煤层巷道维护十分困难，特别是在厚煤层，加上工作面单产低，同产工作面数目多，生产分散。有鉴于此，自 20 世纪 60 年代起，逐步改用多层联合布置，取得了显著的效果。20 世纪 80 年代以来出现的高层次的新的单层开采全煤巷布置系统，其基本的布置方式似与早期并没有特殊区别，但在采掘运装备、支护手段、布置参数、机械化水平及新技术应用，单产、效率指标等提高到一个新的水平，发生了质的飞跃。

随着高产高效综采的发展，工作面单产大幅度提高，为采区单层化和全煤巷化创造了条件，在单一煤层中，进行集中准备、集中回采及采用全煤巷布置，出现了高效、简单、连续的布置方式，是煤矿准备方式发展的重要方向。

我国单层化全煤巷布置可以在不同范围内发展应用，首先实现

区段（分带）范围内单层开采，取消岩石集中巷，我国大多数综采采区已经实现。其次，逐步实现采区范围内单层化、全煤巷化开采。全煤巷布置的优点有：

① 大幅度或全部取消岩石巷道，最大限度利用综掘设备，加快进度，降低成本，减少辅助工作量，我国目前掘进综合机械化程度仅占13%左右，与综合机械化采煤发展不相适应；

② 可减少大量联络巷道的工程量及费用，这些巷道大多为岩石巷，施工不便，增加了矿井的生产环节，系统复杂，增加人员及生产成本，减少这些巷道可提高矿井技术效果和经济效益；

③ 为实现运煤系统连续化创造了条件，可简化运输系统，便于实现自动化集中控制，大幅度提高运输效率；

④ 辅助运输一直是我国煤矿的薄弱环节，采用单层化全煤巷布置，减少了联络巷，便于实现辅助运输的机械化、连续化。

111. 中国煤矿矿井开拓的发展方向如何？

矿井开拓的基本任务是切合煤层赋存特征和开采条件的特点，满足井田合理开采的要求，运用采矿原理及相适合的技术手段与装备，建立简单、高效、安全、经济、可靠的生产系统和开拓巷道布置，确定并实施合理、集中、持续发展的开采部署。由于煤层赋存条件和矿井开采条件千差万别，具体矿井的开拓问题带有更多的个案处理性质。总体上，不同层次的矿井有不同的侧重点。对部分开采条件十分优越的矿井可采用先进、强力、高效、可靠的现代化采、掘、运、提装备，创建强力、高效、简单、连续、安全可靠的生产系统，合理集中的开拓布置，是矿井开拓突破性发展的新任务。对大多数国有重点煤矿和大部分国有地方煤矿，主要任务是结合矿井具体条件与采、掘、运、提相关技术和矿山设备的改进，因地制宜、灵活运用已有的成功经验，解决矿井开拓的系列问题；对于部分地方煤矿和点多面广的乡镇煤矿，主要任务是建立功能齐备、系统配套、安全可靠的生产系统和开拓布置，为正规、安全生产创造条件。

结合我国煤矿矿井开拓的发展进程与现状，展望未来，其发展方向可归为以下几点。

（1）生产集中化　以提高工作面单产水平为基础，减少同时生产的工作面数目，实现井下生产区域的相对集中，以减少开拓准备巷道工程量和井下设备的占用与维护量，延缓部分工程及建设资金的投入，达到提高矿井生产效率和经济效益的目的，是矿井开拓的重要发展方向。对煤层开采条件十分优越的矿井，淡化采区概念，凸现分区要求，根据煤层条件和井型大小的不同，分别发展一矿一面，一层一面，一翼一面或一区一面的开采模式，实现生产高度集中。对煤层开采条件一般的矿井，在提高工作面单产的基础上，加大采区的开采强度，减少同时生产的采区数和开采水平数目，对矿区内的相邻矿井或乡镇煤矿的小井群，在条件适宜时，实行矿井的合并与联合，也是一个发展方向。

（2）矿井大型化　矿井大型化的实质是井田开采的强化，主要表现为矿井生产能力和开采参数不断增大的趋势，是以采煤工艺为核心、各生产环节相匹配、矿井开采技术总体协同发展的结果。1995 年，我国国有重点煤矿平均每矿的生产能力已达 0.84Mt/a，最大矿井的生产能力达到 6Mt/a，2000 年，神华大柳塔煤矿产煤达 9.2Mt，随着大型、特大型矿井建设和生产矿井改扩建的增多，平均每矿的年产量和最大矿井的生产能力还会提高。与工作面单产提高和井型增大相适应，工作面长度、推进方向长度、采区和井田尺寸都在不断加大，有的工作面推进方向长度已超过 2500m。矿井大型化有利于提高矿井生产效率、降低巷道掘进率、提高矿井生产的经济效益。分区域开拓及分期建设特大型矿井，可取得更好的技术经济效果。预期这一趋势还将继续向前发展。乡镇煤矿在改造、整顿、联合、提高的过程中，会提高单井的产量，这也可看做是这一趋势的延展。

（3）运输连续化　实现井下煤流连续运输是减少煤炭装卸环节、简化煤流运输系统、提高运输效率的需要。强力、长距离带式输送机的研制和使用，使更多的矿井在斜井、大巷和采区使用带式

输送机，实行了井下煤流的连续运输，也促进了主-副立井开拓方式和暗斜井延深方式的应用，今后也会更多地采用这种方式。我国井下辅助运输还是一个薄弱环节，分段倒运环节多，占用设备和人力多，效率低，已成为限制矿井效率提高的主要问题；一些矿井已经开始了单轨吊、卡轨车、齿轨车及胶输车的研制和初步应用，今后将会有新的进展。

(4) 系统简单化　简单化是矿井生产系统、环节组合和开采布置发展的趋势。对于受多种随机因素影响的矿井开采作业，简化系统可减少环节故障发生的交互影响，提高系统运行的可靠性和效率。许多矿井以强力带式输送机代替多段串联的输送机，采取技术措施，减少井下运输分段数目，减少井下生产线串并联的分支数，简化通风系统等是这一发展趋势的体现，仍将是今后的发展方向。

(5) 布置合理化　巷道布置合理是矿井开拓历来企业要达到的目标，也是重要的发展方向。从我国丰富的矿井开拓实践和理论研究中已总结出了不同条件下各种开拓巷道布置的设计原则、合理方式和技术方向，将继续指导今后的发展。新的发展方向主要侧重在以下三方面：a. 新技术、新装备的应用与布置方式的改进，如巷道支护的改进及水平煤仓的应用，将促进煤层大巷的应用及其布置方式的改革，胶轮车、大倾角带式输送机的应用将推动巷道布置方式的改进，后者还有利于上下山开采的应用；b. 经济因素更多地影响技术方案的选择，在市场经济条件下，将更重视技术方案的资金占用和投资效果，完善评价因素体系，改进评价方法，并在应用中促进布置方式的改革；c. 设计和技术决策的科学化会有新的进展，对巷道布置方案的设计和确定，在传统技术经济分析、方案比较的基础上，将应用新开发的设计优化方法、决策支持系统和CAD系统，使布置方案的确定更科学合理。

(6) 管理现代化　迄今为止，矿井开拓管理的实际工作，如有关开拓技术与经济数据的采集与处理、工程图的绘制、采掘接替方案的安排、生产系统的检测与分析等几乎全都是靠人力进行，随着

电子技术、系统工程与计算机在煤矿中应用的发展，将会开发出更多的采矿实用软件，逐步实现矿井开拓开采技术管理的现代化。

112. 矿井开拓包括哪些内容？

矿井开拓要对井田各部分煤层的开采做出原则性的安排，并对矿井开拓巷道布置和生产系统的技术方式做出抉择，主要内容包括。

① 进行井田内的再划分，正确划分开采水平、阶段、分区、采区，合理确定开采水平的高度、数目及所在位置的标高。

② 正确选择井筒（平硐硐口）和地面工业场地的位置。

③ 合理确定井筒（平硐）的形式、数目、功能、装备、断面和深度（长度），以及主、副井和风井的配置关系。

④ 合理布置和开掘井筒（平硐）、井底车场及硐室、主要石门、运输大巷、采区石门、总回风道、总回风石门及风井等为全矿或开采水平服务的开拓巷道，建立全矿井开拓系统，对采用水砂充填的矿井，还要确定充填井巷的位置及主要参数。

⑤ 合理确定矿井的提升方式、井下煤流运输方式和运输系统、辅助运输方式和系统、通风方式和通风系统及排水方式和排水系统，对采用水砂充填或水力采煤的矿井，还要确定充填系统或高压供水系统及其布置。

⑥ 合理确定各煤层、各采区的配采方式与接替关系及开采顺序，处理好日常的采掘关系，及时做好工作面、采区和开采水平的开拓准备与接替。

⑦ 合理确定矿井开拓延深方案，及时进行矿井的开拓延深，做好新水平延深的工程布置，安排好生产水平过渡时期内提升、运输、通风、排水等系统的调整。

⑧ 正确分析生产矿井剩余储量、生产建设及经营状况，规划未来发展的前景，进行矿井的技术改造或改扩建。

113. 矿井开拓应遵循什么原则？

矿井开拓关系到矿井的基建工程量、建设投资、建设速度和经

济效益，并将长期决定矿井的生产、安全条件和技术面貌。矿井开拓问题确定不当，会对矿井开采造成不利影响，并且要想改变已造成的不合理状况，需要重新进行较多的工程建设，增加建设投资，还要耽误较长的时间。因此，确定矿井开拓问题时要遵循以下原则：

① 深入分析井田的地形、地质、水文、煤层赋存特征和开采条件，对煤层的开采工艺性和经济性做出正确的评价；

② 贯彻执行党的方针政策，国家和行业有关煤矿开采、安全生产的法规及技术规范；

③ 矿井开拓方案要以高产、高效、安全、持续稳产、投资少、经济效益好为目标，寻求地质条件、技术装备和开拓方案的完好结合；

④ 建立功能有效、结构简单、运行可靠、保证安全、技术及能力相互匹配的各项生产系统，井下煤流尽可能采用连续运输，减少辅助运输的转折环节及矿井排水的段数，有条件时实现生产系统的监测和监控；

⑤ 合理布置开拓系统，在保证生产系统需要和安全生产的条件下减少开拓工程量，尤其是初期建井工程量，在巷道维护条件允许时多掘煤巷，少掘岩巷；

⑥ 合理集中开拓布置，在采用机械化、尽可能提高工作面单产水平的基础上，减少矿井同采的工作面个数及采区个数，一般以一个开采水平保证全矿产量；

⑦ 合理确定开采水平高度、采区和工作面的尺寸，减少矿井巷道掘进率及巷道占用长度，降低巷道掘进费用及维护费；

⑧ 适应国内技术水平和设备供应情况，并为采用新技术、新工艺，发展机械化和自动化创造条件；

⑨ 合理开发资源，提高煤炭采出率，当井田内赋存有其他有益矿物时，要考虑其综合开采；

⑩ 提高原煤质量，根据有户要求，有条件时应照顾到不同煤质、煤种的煤层分别开采。

114. 影响矿井开拓的因素有哪些?

影响矿井开拓的因素很多，主要有以下几方面。

(1) 煤层赋存及地质特征　矿井煤层赋存及地质特征决定矿井开采的难易程度，影响矿井开采的技术选择、生产效果和经济效益。其主要因素有开采煤层的层数、厚度、倾角、层间距、赋存深度、地形、地貌、地质构造、煤层的稳定性、煤层的结构、煤层的硬度、顶底板岩石的性质、矿井水文、瓦斯条件、煤的种类及煤质等。具体矿井的煤层赋存及地质特征是客观存在的，其实际存在的本身是不变的，但人们对它的探知则是不完全的、渐进的，是逐步接近于实际的。在从井田勘探、矿井设计、建设、生产到开采结束的整个过程中，随勘探和采掘工作的进展，矿井地质信息是在不断地充实、印证和修正，原定的技术决定和开采部署会被反复研究、审核、修改和调整，因而进行矿井地质工作和审核研究地质资料是相当重要的。对于同样的矿井煤层赋存与地质特征，在不同时空领域下的评价也可能是不一样的，随着开采技术的进步，某些地质因素及其特殊条件对开采的制约可能减轻，从而改变人们对它们的认识和评价，进而影响到矿井开拓方案的选择。

(2) 采矿技术　作为矿井开拓要应用的技术手段和关联的影响因素，采矿技术包括极广泛的内容，主要的有采煤工艺与装备、采煤方法、井巷掘进与支护、矿山机械、矿山运输、矿井提升、矿井通风、排水、矿山机电、矿井安全技术等。在诸因素中，采煤工艺与装备是主导的影响因素，它决定开采强度、生产集中化程度，对矿井生产系统和开采参数提出了技术和安全要求；其他因素要与矿井开采强度相匹配，并在各自环节和方面满足矿井开拓和生产系统的需要。在注意个别因素影响的基础上，更应注意各项技术的匹配关系及综合作用，查明薄弱环节及改进方向。新技术、新工艺、新设备的研创和应用对矿井开拓的改进有重要作用。在分析影响矿井开拓的技术因素时，既要全面深入研究现有各项技术应用的可能性、合理性及它们的优化组合，又要分析预见未来采矿及相关技术的发展和可能应用的前景。对于从决策-实施-使用-废止全过程前后

周期长的矿井开拓决策问题（如开拓方式的选择、水平高度的确定等），这样的全面分析可提高正确决策的可靠性和长期的技术先进性。

（3）矿山经济、环境 影响矿井开拓的经济因素主要有矿井建设的投资与还贷、煤炭生产成本、质量和销售价格、矿井生产效率和经济效益、矿井技术装备和矿山工程费用、生产费用的构成及其消长关系等。它们作为煤矿开采的目标和约束，或作为方案的评价指标，对矿井开拓方案的选择、技术原则的确定起着越来越重要的作用。由于经济因素随国民经济的发展和国家经济政策的调整而变化，因而要在遵循国家、行业有关规定的框架内，恰当地计算和评价经济因素指标。矿山环境包括地理环境、经济环境和开采环境，涉及多方面的问题，它主要是制约矿井的开采，普遍突出的矛盾是开采沉陷与环境保护的关系，矿井开拓要有利于这方面问题的合理解决。

上述三方面的因素是相互联系的。对于具体的矿井开拓问题，要综合考虑主要因素及多因素的综合影响，寻求满意的方案。

115. 矿井开拓系统的参数包括哪些？

矿井开拓系统的参数是表征矿井开拓系统性质上和数量上特征的可控变量，矿井开拓系统参数包括定性参数和定量参数。

矿井开拓系统的定性参数主要列举如下。

① 井田尺寸及储量 包括井田的走向长度、倾斜宽度、井田面积及上下边界的标高、可采的煤层数、煤层地质储量、工业储量及可采储量。

② 井田划分的分区个数、开采水平数目、阶段数及采区数。

③ 井田的开采强度 包括矿井的井型（矿井设计生产能力和核定生产能力），同时生产的采煤工作面个数、采区个数、煤层数、翼数、开采水平数及分区数。

④ 开采水平的尺寸 开采水平的高度、上山（下山）斜长及开采水平各翼的长度。

⑤ 井筒（平硐）的数目、深度（长度）及断面尺寸、大巷的条数、长度及断面尺寸等。

116. 矿井储量如何分类？

矿井储量是划定的矿井开采范围内经过勘探的煤炭储量。按勘探程度、能否利用的性质和可能性的差异，矿井储量又可分为如下几类。

（1）矿井地质储量（Z） 是按勘探（精查）地质报告计算提供的煤炭储量。它包括“能利用储量”（平衡表内储量）和“暂不能利用储量”（平衡表外储量）。前者是指在目前技术条件下煤层的主要质量指标（如灰分含量、含油率、发热量等）和经济技术指标（如煤层厚度和赋存条件等）都符合工业要求、可供开采的储量，后者是指煤层的质量指标或经济技术指标不能满足当前的工业要求、目前暂不能利用、但今后可能利用和开采的储量。

（2）矿井工业储量（Z_g） 为矿井地质储量 Z 内“能利用储量”中的 A、B、C 三级储量的总量，不包括作为远景储量的 D 级储量。对于一些煤层赋存不稳定、煤田地质构造较复杂、要求达到高级储量（A、B 级）的勘探工程量过大而井型又较小（≤0.3Mt/a）的矿井，计算矿井工业储量时，可包括一部分 D 级储量，可取 D 级储量系数为 1/2。

（3）矿井设计储量（Z_s） 矿井设计时能利用的煤炭储量，是电矿井工业储量减去永久性煤柱损失量后的储量，即

$$Z_s = Z_g - Z_y$$

式中，Z_y 为设计计算的断层煤柱、防水煤柱、井田境界煤柱及保护地面建筑场、结构物留设的永久性煤柱的损失量。

（4）矿井设计可采储量（Z_k） 矿井设计时预期可以采出的煤炭储量，即

$$Z_k = (Z_s - Z_x)\,C$$

式中 Z_x——矿井工业场地、井筒、大巷、主要上（下）山等保护煤柱的煤量；

C——采区采出率。厚煤层不低于0.75，中厚煤层不低于0.8，薄煤层不低于0.85，地方小煤矿不低于0.7。

(5) 矿井保有储量（Z_b） 生产矿井当前时刻（某一年度，通常指年末）尚保有的地质储量，包括能利用储量和暂不能利用储量。与设计的矿井地质储量相比，经过井巷揭露、补勘和开采，动用并报废注销了部分储量，按修正的地质信息计算又核增或核减（多数情况是核减）少量储量，因而矿井保有储量是一个动态值，要逐年进行计算。

(6) 矿井保有可采储量（Z_{bk}） 生产矿井某一年度尚保有的可采储量，是矿井保有储量中预期可以采出的部分，其计算办法与矿井设计可采储量的计算相同。

117. 井田的尺寸有哪些要求?

井田尺寸由矿区总体设计的井田划分确定。从井田内部开拓布置的角度，影响井田走向长度、倾斜宽度（斜长）和井田面积和形状的因素及确定原则如下。

(1) 井田走向长度 井田走向长度是表征矿井开采范围的重要参数。井田走向长度增大，可以增加开采水平内划分的采区个数，或在采区个数不变的条件下加大采区走向长度，有利于加大采区和矿井的开采强度；在开采水平垂高不变的条件下，可以增加开采水平的储量，延长水平服务年限，有利于开采水平的接替；还可以更充分地利用工业场地、井筒、井底车场等设施，减少其分摊于开采吨煤的费用。但过长的井田走向长度将增加井下煤和物料的运输距离和运输工作量，加长通风线路长度、增大通风阻力、增加工作人员井下行走距离和时间、降低工作效率，因而，恰当地权衡这两方面的得失消长关系，对正确确定井田走向长度有重要意义。

除煤层赋存和地质构造及矿区开发条件外，影响井田走向长度最重要的因素是矿井的开采强度和矿山设备的技术水平与能力。20世纪70年代以前，采煤机械化水平低，工作面推进速度慢，单产水平低，采区走向长度短，采用小容量矿车和轻型机车运输，矿井

井型普遍较小，又有加大矿区开发强度的客观需要，使相当多矿井的井田走向长度偏短。有鉴于此，20 世纪 70 年代的煤炭工业设计规范规定了走向长度的下限：小型矿井不小于 1.5km，中型矿井不小于 4.0km，大型矿井不小于 7.0km。近 20 多年来，综采的应用和发展，大大加快了工作面推进速度，要求加大推进方向的长度，加大采区走向长度，国标 50215—94 煤炭工业矿井设计规范规定，综采采区一翼长度应不小于 1.0km，实践中少数高产高效矿井的工作面连续推进长度已超过 2.0km（国外有的已超过 3.0km），与此相适应，也要加大井田走向长度，而大容量矿车、重型机车及强力带式输送机的应用，又为加大井田走向长度提供了技术保障，使井田走向长度还有加大的趋势。

我国煤矿矿井的井田走向长度一般为数公里至十多公里不等，集体小煤矿的井田走向长度多数小于 1km，新设计建设的特大型矿井的井田走向长度最大的可超过 20km（黄陵一号井最大处为 22km），合理的井田走向长度应能使开采水平划分出足够数量的采区个数，便于工作面生产和采区接替；使开采水平有足够的储量，满足水平服务年限的要求，有利于水平接替；还要有利于提高经济效益，使吨煤成本为最低。

井田走向长度是一个先期决定并服务于全井田开采的参数，从设计决定到矿井生产、报废，数十年间随着技术发展与合理参数的改变，往往会使当初确定为“合理的”井田走向长度转变为“不合理”，因而在确定井田走向长度时要考虑技术发展的趋势和合理的参数匹配。我国煤矿生产建设的实践表明，井田走向长度是一个极难改动的参数，在绝大多数情况下，矿井建设投产后，伴随相邻矿井的建设，矿井的井田走向长度即被限定，极难进行有效的调整。正是由于这样的原因，一些井田走向短的矿井，长期处于开采布置局促的被动局面，限制了矿井开采的发展。

（2）井田倾斜宽度（倾斜长度） 井田倾斜宽度是井田沿煤层倾斜方向的水平宽度。对具体矿井，对应井田倾斜宽度有井田上下界的垂直高度和开采煤层的倾斜长度。

井田倾斜宽度是表征矿井开采深度及沿深度方向进行开采广阔程度的重要参数，它制约着开采水平垂直高度与数目、上（下）山长度与段数的划分。井田倾斜宽度与煤层赋存特征、矿区开发及矿井开采特点有密切关系，更多地受矿区开发的动态发展影响，存在着不同的情况。

对开采近水平煤层的矿井，煤层倾角平缓，盘区、工作面可以沿走向、倾斜或伪倾斜布置，沿倾斜与沿走向的开采布置具有相同或相似性质的问题，合理的井田宽度应能保证盘区的工作面划分时有足够的尺寸。

对开采缓倾斜、倾斜煤层的矿井，又有多种情况。当煤田内煤层沿倾斜方向延展不很大时，通常只能沿煤层走向布置一排矿井（不计浅部露头可能有的小煤窑），井田倾斜宽度就对应于该矿井所在位置矿井开采可能达到的深度，一些浅部开采的小煤窑经过改扩建或多次改扩建，也能达到相应的深度，最终也能具有较大的井田倾斜宽度。当煤田内煤层沿倾斜方向延展很宽时，可沿深浅部布置两排井，浅部为小型井，井田斜长应保证矿井有足够的储量，满足该矿最低服务年限的要求；深部为大型井，井田倾斜宽度直达煤层延展的最深部，并按开采技术的可行性划定深部边界。

对开采急倾斜煤层的矿井，煤层倾角大、水平宽度小，煤田内沿煤层走向只布置一排矿井（不计露头附近可能有的小煤窑）。井田倾斜宽度取决于该矿井可能达到的开采深度。

井田倾斜宽度与矿井井型有密切关系，我国煤矿矿井的井田倾斜宽度一般为数公里，开采近水平煤层矿井的井田宽度最大可达10km，集体小煤矿的井田倾斜宽度多为数十米到数百米。

与井田走向长度不同，井田倾斜宽度是可能动态变化的参数。随着矿井开采向深部发展，可能变更原定的井田下部边界，扩大井田范围。一些浅部井（如片盘斜井）囿于已形成的矿井开采布局，从一段向二段、甚至三段延深；一些浅部生产矿井为延长矿井服务年限而向下部扩展开采范围，将深部邻井第一水平储量划归浅部井，以加大浅部井的井田倾斜长度，这种由规划决策认识的局限性

和开采历史条件造成的井田倾斜长度改变，有时是不得不采取的措施，今后在规划设计时应有充分的考虑，注意防止。

（3）井田面积和形状　井田面积是表征矿井开采范围的重要参数。井田面积与矿井井型大小密切相关，我国煤矿矿井的井田面积一般为数平方公里到数十平方公里，集体小煤矿的井田面积多小于1km²，联合矿井及新建特大型矿井的井田面积可达到或超过100km²。由于井田深部边界可能随开采的发展而扩展，井田面积也是可能变动的参数，在矿井生产过程中进行调整。

井田形状受煤田地质构造、煤层赋存特征、地形、地貌、开采技术及经济条件等因素影响，由矿区总体设计（矿区建设规划）划定，具有各种不规则的形状，比较多的是长轴（边）沿煤层走向的四边形、扇形、多边形或更复杂的组合形状。从矿井开采的内部的技术经济分析，沿走向方向运输比较方便，沿倾斜运输（特别是辅助运输）较为复杂，矿井水沿走向可以自流汇集，沿倾斜需排水管路及设备；加大井田走向长度可以降低地面建筑、井筒、井底车场等分摊于吨煤的建设费用，减少工业场地、井筒、边界保护煤柱所占矿井储量的比重，提高矿井煤炭资源的采出率；加大井田倾斜长度要增加开采深度和开采水平数目及相应的建设费用。因而，为满足矿井井田面积和储量的需要，增大井田走向长度较加大井田倾斜宽度有利，使井田主要方向——长轴（边）沿走向是合理的。在一些生产矿区，矿井布置过密，井田两翼被限定，走向长度短，只能向下发展，形成斜长大于走向长度的井田形状，虽不合理，却有必要，是在具体条件下被迫采取对策形成的。有条件时，要在矿井扩建或矿井合并时研究调整。

118. 影响矿井生产能力的因素有哪些？

矿井生产能力是矿井生产建设全局性的重要参数，与矿井主要技术决策密切相关，受多种复杂因素影响，主要有以下几个方面。

（1）矿井储量　矿井储量是进行矿井建设的依据，矿井储量多，才能满足建设大型矿井的需要。一般认为，矿井生产能力与矿

井储量的平方根成正比关系。矿井储量决定于煤层赋存的丰度（可采煤层数及总厚度）和井田面积。井田面积由矿区总体设计或发展规划的井田划分确定，而井田划分则要综合考虑煤田的地质构造、矿区的地形和地貌、矿区开发环境和条件等诸多因素。

（2）煤层地质条件的开采工艺性　即煤层地质条件适于开采的程度，要全面考虑煤层地质条件多因素的综合影响。煤层倾角小、厚度大、赋存稳定、构造简单、顶底板岩性较好、瓦斯水文条件简单、开采工艺性好，适于采用机械化采煤，并能获得较高的单产水平，相应地可建设大型矿井；反之煤层地质条件开采工艺性差，即使有足够的矿井储量，但工作面单产低，矿井生产能力也要受到严格限制。江南一些煤层地质条件差的矿井，原按小型矿井设计建设投产后，长期达不到生产能力，没有正确认识具体矿井煤层地质条件的开采工艺性是重要的原因。

（3）采煤工艺与矿井技术装备水平　开采技术对矿井生产能力的影响是全面而直接的，采煤工艺与装备水平则是其中最重要而活跃的因素。采煤工艺的技术层次和装备水平及其合理应用程度，决定着工作面单产的高低和矿井的开采强度。矿井井型的扩大是以提高工作面单产为基础的。一方面，采煤工艺和装备的选择要与具体矿井煤层地质条件的开采工艺性相适应，在很大的程度上反映了技术与地质因素的综合影响；另一方面，具体矿井条件下，矿井技术装备水平要与矿井开采强度相适应，由此确定矿井总体的技术装备水平。在近代煤矿发展阶段，矿井提升、运输、通风等主要设备能力不强，曾是提高矿井生产能力的主要障碍，但随着各种现代矿山设备的发展，它们已不再成为技术上的限制因素。

（4）矿山经济及社会因素　大型矿井的产量大、装备水平高、生产集中、效率高、成本低、服务年限长，能较长期地、稳定地供应煤炭，是我国煤炭行业的骨干。但大型井的初期工程量较大、施工技术要求较高、建井工期较长，需要比较昂贵的设备，要求较高的管理水平。小型井的初期工程量和基建投资较少，建井期短，能较快地达到设计能力。但其生产比较分散，效率比较低，矿井服务

年限较短，要求较快的矿井接替，此外，单位生产能力与占地的面积较大。在市场经济条件下，投入与产出、投资与报酬的关系和提高经济效益的要求，将会更多地影响矿井生产能力的确定。

应该指出，上述几方面的因素是相互联系而协同起作用的，对于储量丰富、煤层地质条件开采工艺性好的矿井，宜建设大型矿井。煤层赋存深、表土层很厚、冲积层含水丰富、井筒需用特殊法施工时，为扩大井田范围，减少开凿井筒数目以节约建井工程量和吨煤生产能力投资，矿井生产能力宜定得大些。地形地貌复杂的矿区，工业场地布置和选址不易，为避免过多的地面工程建设，井田范围可划得大些，井型也可大些。对于储量不很丰富，煤层产出能力不大，或储量虽较丰富但多为薄煤层，或地质构造比较复杂，或煤层有煤与瓦斯突出危险，煤层地质条件的开采工艺性差的，宜建设中小型矿井。对于煤层赋存不稳定、地质构造特别复杂的矿区，宜先建设生产勘探矿井，待摸清地质变化规律后，再适当改建或扩建矿井。

119. 什么是矿井开采能力？矿井开采能力受哪些条件限制？

矿井开采能力是具体矿井煤层条件下，一定的开采布置和采掘工艺所能保证的平稳的采煤能力。矿井开采能力决定于工作面生产能力、采区内同采的工作面个数、开采水平内同时生产的采区个数和矿井内同时生产的开采水平数目，它还涉及到矿井煤层的配采和生产接替关系。

(1) 采煤工作面生产能力　新井设计时，通常是由开采布置确定工作面长度 L，按所选用的采煤工艺和设备及相应的技术标准规定工作面的年进度 v，因而在煤层厚度为 M、密度为 γ 的条件下，工作面生产能力 A 为：

$$A=LvM\gamma C_0$$

式中，C_0为工作面的采出率，薄煤层不应小于 97%，中厚煤层不应小于 95%，厚煤层不应小于 93%，放顶煤开采时为 75%～85%。



对生产矿井，在一定的矿山地质、技术和管理水平的条件下，寻求推进速度 v 与工作面长度 L 的统计规律 $v=f(L)$，仍用上式预测工作面的单产水平。对于 v-L 关系的描述，有指数函数、双曲函数及其修正型等不同的形式。

考虑到煤层地质条件对工作面生产的影响，近年来发展了用煤层地质条件评价结合统计分析预测工作面单产的方法，工作面单产的预测公式有二次函数和对数函数的形式。

(2) 采区生产能力　采区生产能力决定于工作面生产能力及采区内同采的工作面个数。在采煤机械化程度和单产水平较低时，以增加采区内同采工作面个数来提高矿井开采强度，规定采区内同采工作面个数不少于2～3个。在目前采煤工艺发展的条件下，采区内同采工作面个数：综采采区工作面宜为1个，普采采区工作面不能多于2个，炮采采区同采工作面个数必要时可适当增加。

(3) 矿井同采的采区数和水平数　对新建矿井，一般以开采一个水平来保证矿井设计生产能力，因此矿井同时生产的采区个数实际上就是一个开采水平内同时生产的采区个数。

矿井一般分为两翼，每翼有若干个采区，两翼采区依次投产，逐步接替，一个正常生产的采区开始减产，便要有另一个采区开始接替，接替期间就形成2个采区同时生产。如有2个采区同时正常生产，便至少要有一个采区准备接替，还可能有正在收尾的采区和新开拓的采区，这样，正在回采和掘进的采区就在三、四个以上。如要3个采区同时正常生产，则同时回采和开拓准备的采区就更多，运输、通风管理复杂，采掘相互干扰多，对矿井集中生产不利，故矿井每翼同时正常生产的采区数目，一般不宜超过2个，两翼不宜超过4个。对分区开拓的矿井，分区内同采的采区个数一般也不宜超过2个。开采急倾斜煤层的矿井，采区走向短，采区内工作面个数少、单产低，沿走向划分的采区数目比较多，矿井一翼同采的采区个数可适当多些。我国不同井型矿井的同采采区个数可参照表4-10选取。

表 4-10　不同井型矿井的同采采区个数

井　型 /(Mt/a)	采区个数/个	井　型 /(Mt/a)	采区个数/个	井　型 /(Mt/a)	采区个数/个
≤1.2	1～2	2.4,3.0	3～4	≥6.0	6～7
1.5,1.8	2～3	4.0,5.0	4～6		

对开采急倾斜煤层的矿井、有煤及瓦斯突出危险的矿井，可以取其较大值；对高产高效的现代化大型矿井，还要减少同采的采区和工作面个数。

生产矿井一般也以一个水平生产保证全矿产量为好，并尽可能减少同时生产的采区个数。对矿井同时生产的采区个数，要考虑已经形成的开采布局，按合理的开采顺序接替关系，合理确定。

(4) 同采工作面的匹配（配采）与矿井开采能力　对新井设计，考虑开采顺序及接替要求，可按同时生产的采区个数 N 及采区生产能力粗略地计算矿井开采能力 A_c：

$$A_c = \sum_{i}^{N} A_{qi} (i = 1, \cdots, N)$$

式中　A_{qi}——第 i 采区的生产能力，包括采区内同采的工作面生产能力及掘进出煤能力。

(5) 高产高效矿井的开采能力　近 10 多年来，在极大地提高工作面单产水平的基础上，能以极少的同采工作面个数保证大型、特大型矿井的全矿产量，由此建成了一矿一面（或二面、三面）的高产高效矿井。对这类矿井，采区生产能力的概念已淡化，直接以工作面的生产能力（a_i）、同采个数（n）及掘进出煤能力（a_j）计算矿井开采能力 A_c：

$$A_c = \sum_{i}^{n} a_i + a_j \quad (i = 1 \sim n)$$

按上式计算的是矿井最大的开采能力，是一个技术能力标定值，实际采用的可低于此值。根据我国实践，对 a_i、n、a_j 的安排有多种形式，诸如：a. 按不同煤层、块段情况，以 1.5 个工作面保证全矿产量，即以一个高产高效的主采工作面全年生产，配以一

个条件较差的工作面非全年生产，再加掘进出煤保证矿井产量；b. 以一个主采工作面全年生产，提前接替（生产工作面未结束前即先开始接替工作面的生产，在此期间即为两工作面同采），再配以小块段回采、煤柱回收、掘进出煤等；c. 有的矿井高速推进的综采工作面日进度可超过 30m/d，巷道准备掘进速度应更快，用连续采煤机掘进大断面回采巷道（煤巷），大体相当于一个房式采煤工作面，矿井用一个综采、两个连续采煤机掘采保证矿井产量，形成了高产高效开采的新模式。此外，根据不同矿井情况，还可有其他多种方式。

（6）生产矿井的开采能力　对生产矿井，更强调实际可行性和可操作性，比较合理的做法是在具体划分出待采的采煤工作面、进行地质条件评价、选样采煤工艺及预测其单产水平的基础上，按开采布置和配采要求，提出同采工作面个数、类型的若干组合与接替方案，进行不同方案的模拟计算，得出不同配采与接替方案的结果，按总产量的变化动态及稳产期长短，选择配采接替方案，而后得出矿井的开采能力。

120. 矿井辅助生产环节对矿井生产能力制约和影响主要从哪几方面考虑？

对新建矿井，一般是由矿井开采能力确定矿井生产能力，矿井辅助生产能力起着保证矿井生产的作用，它要满足矿井生产能力的要求。矿井辅助生产环节很多，但影响、制约矿井生产能力的主要有以下几个方面。

（1）矿井提升能力　主提升能力按年工作日 300d、每天提煤 14h，并考虑提升不均衡系数（有井底煤仓时为 1.10，无井底煤仓时为 1.20）计算。对多水平开采的矿井，还要保证第一水平有 20%的富余能力。

副井提升能力应同时保证最大班工人下井时间，立井时不超过 40min、斜井时不超过 60min，最大班设计作业时间（包括升降人员、提升矸石、下放物料及其他作业的时间）不超过 5h，并且能

运送井下设备的最大、最重部件（如整架液压支架）。

主、副井混合提升时，提升能力应同时满足以下要求：最大班作业时间不超过 7h；提煤提矸应计入 1.25 的不均衡系数；最大班工人下井时间，立井不超过 40min、斜井不超过 60min；能运送井下设备的最大、最重部件。

(2) 井底车场及大巷通过能力　井底车场通过能力包括井底煤车卸载能力和井底车场线路通过能力。井底车场通过能力按年工作日 300d、每天 14h，再考虑 1.15 的运输不均衡系数计算，并要大于矿井生产能力，有 30%的富余能力。

大巷运输能力一般能够充分满足矿井生产能力的需要，当大巷为单轨线路布置时，要有 30%的富余通过能力。

(3) 其他辅助生产环节能力　矿井通风能力要满足矿井生产能力的需要，一般矿井设计时按最困难通风时期计算矿井风量和风压及选择通风设备，能够满足矿井通风要求。

地面生产系统及煤炭装储能力也应满足矿井生产能力的需要。

对于生产矿井，矿井各项辅助生产系统已经形成，要按已有的系统和设备计算其所能保证的矿井生产能力。计算提升能力、井底车场通过能力时可按年工作日 300d、每天 18h 计算。

121. 矿井设计服务年限如何计算？矿井及第一水平下限有哪些要求？

矿井设计服务年限是矿井设计时计算得出的设计矿井的可采年限。如无特殊说明，通常所说的矿井服务年限即是矿井设计服务年限。

(1) 矿井设计服务年限的计算　矿井设计服务年限 T 决定于矿井设计可采储量 Z 及矿井设计生产能力 A，有

$$T=\frac{Z}{AK}$$

式中，K 是储量备用系数，是根据我国煤矿生产建设的经验而特设的。设置储量备用系数的依据主要是：a. 矿井精查地质报告一般只能查找出落差大于 20m 的断层，矿井投产后会陆续发现



影响开采的小断层，断层煤柱损失会增多；b. 有些矿井煤层经井巷揭露，实际的煤层露头风化带、小煤窑开采深度较设计依据的资料报告为深，可采储量会减少；c. 受地质构造和采矿技术等多因素的影响，矿井实际采出率达不到原设计的要求；d. 矿井各生产环节有一定的储备能力，随开采技术进步及管理水平的提高，矿井可超设计能力生产，最多可达30%或更多。

考虑到实际可采储量的可能减少及实际年产量的可能提高，我国从20世纪60年代起，为保证矿井、特别是其第一水平有可靠、足够的服务年限，设置了储量备用系数，储量备用系数一般为1.3～1.5。

(2) 矿井设计服务年限及第一水平设计服务年限的下限值　为保证稳定地供煤，并能充分利用矿井建设的设施，我国各时期都规定了设计矿井及其第一水平服务年限的下限值，表4-11是煤炭工业矿井设计规范（1994年颁发）对0.45Mt/a及以上不同井型和煤层条件矿井及其第一水平服务年限下限值的规定。

表4-11　矿井及第一水平设计服务年限的下限值

矿井设计生产能力/(Mt/a)	矿井设计服务年限/a	第一水平服务年限/a		
		煤层倾角(<25°)	煤层倾角(25°～45°)	煤层倾角(>45°)
≥6.0	80	40	—	—
3.0～5.0	70	35	—	—
1.2～2.4	60	30	25	20
0.45～0.9	50	25	20	15
0.3①	30	15	15	12
0.09～0.21①	15～25	10	8～10	8

① 引自1978年煤炭设计规范。

对于生产矿井改扩建的服务年限，改建矿井的服务年限不得低于同类型新建矿井服务年限的50%，扩建矿井的服务年限应不低于表4-12内的数值。

表 4-12 扩建矿井服务年限下限值

扩建后井型/(Mt/a)	扩建后服务年限/a	扩建后井型/(Mt/a)	扩建后服务年限/a	扩建后井型/(Mt/a)	扩建后服务年限/a
≥6.0	60	1.2～2.4	40	0.21～0.3	15
3.0～5.0	50	0.45～0.9	30		

122. 矿井服务期的阶段如何划分?

按矿井开采工作进展的特点，大致可将矿井实际服务年限分为达产期、均衡生产期和衰减期三个阶段。

(1) 达产期　达产期又称产量递增期，为矿井从投产至达到设计生产能力的时期。矿井投产后，设计规定的保证矿井达产的采区和工作面陆续移交，逐步熟悉煤层地质特征，逐渐积累具体条件下的生产经验，产量逐步提高，达到矿井设计生产能力。这段时间的长短，决定于设计同采的采区和工作面个数，投产时的工程标准和移交的采区和工作面个数，首采区的煤层地质条件，接产人员的操作和管理水平。根据我国新建矿井达产的实际情况，这段时间一般为 1～7 年。一般井型大、保产的工作面和采区个数多时，达产的时间长；首采区地质条件复杂或村庄压煤，工作面不易布置，单产不高时，达产的时间长；工程质量差、移交标准低时，达产的时间也长。

少数矿井因煤层地质条件恶劣，长期达不到设计能力，如果核减了生产能力，可按达到核减后生产能力的年度计算达产期。

(2) 均衡生产期　均衡生产期是矿井达产后以高于或略高于矿井设计生产能力生产的时期，是矿井主要的生产时期。由于矿井设计工作制度上留有余地，矿井实际年工作日、日工作时较设计工作制度规定的为多，各辅助生产环节生产能力的计算和确定都考虑了不均衡系数及富余能力，更主要的是，随着开采技术的进步，工作面单产和矿井生产集中化大大高于设计时规定的水平，因而均衡生产期内矿井的年产量一般高于设计年产量；煤层地质条件较好、生产技术管理水平高的矿井可超设计能力 30%～50%。一些储量丰富或有后备储量划入的矿井还可经过环节改造（改建）或扩建，提

高矿井生产能力，在更高的水平上维持均衡生产。在这种情况下，可按矿井生产能力的变更次数，进一步将均衡生产期划分为一期、二期、……。分期建设的矿井也具有这种特点。均衡生产期是矿井发挥效益最好的时期，要充分加长均衡生产的服务年限及其占矿井服务年限的比重。

（3）衰减期　衰减期又称产量递减期，是矿井开始减产直至报废的时期。矿井经充分开采至最终水平后，煤层储量趋于枯竭，余下的煤层块段的地质条件较差，还可能有一些煤层的边角块段，已难以安排正常的工作面接替，同时运输、通风线路长，转运环节多，矿井产量开始下降。我国20世纪50年代曾规定矿井产量递减时间按2～5年计算。由于矿井开采多按先优后劣顺序安排接替，一些矿井又加大了前期的开采强度，因而有些矿井会过早地进入衰减期，从而加长了衰减期的年限，因井型大小不同，有的矿可达8～10年以上。

123. 什么是井田开拓方式？井田开拓方式如何分类？

井田开拓方式是矿井开拓井巷和开采水平布置的基本形式。

按所用的井硐形式划分有立井开拓、斜井开拓、平硐开拓和综合开拓；按井田内的划分和结构区分有单一井田开拓和分区域开拓；按开采水平数目划分，有单水平和多水平开拓；按开采方式划分有上山开采、下山开采和上下山开采；大巷布置及层（组）间的联系还有多种布置方式，由这些多种划分的交叉组合，构成更多类型的井田开拓方式。

中国煤田地质条件和开采技术的多样性，促进了各种井田开拓方式的应用和发展。

124. 立井开拓的井筒如何配置？

采用立井开拓时，一般在井田中部开凿一对圆形立井，装备两个井筒。井筒断面根据提升容器的类型、数量、外形尺寸、井筒装备及通风要求确定。按技术标准化的要求，井筒断面直径按0.5m进级，直径为6.5m以上的井筒和用钻井法、沉井法施工的井筒可

不受此限制。按共筒内的提升设备和功能，立井开拓一般有一个主井和一个副井，少数情况下也有多立井和单立井的应用。

（1）主立井　主立井为担负提煤任务的立井，小型矿井的主立井装备一对罐笼，大中型矿井的主立井装备一对或两对箕斗。主立井为罐笼井时可作为进风井或回风井，主立井为箕斗井时一般不应作风井。箕斗井兼作回风井时，井上下装卸装备和井塔必须有完善的封闭措施，并应有可靠的降尘措施；箕斗井兼作进风井时，井筒中的风速不得超过 6m/s，并应有可靠的降尘措施。

（2）副立井　副立井为担负提升矸石、下放物料、升降人员等任务的立井，在井筒中装备罐笼、敷设管缆和装设梯子间。井型不大的矿井副立井只装备一对罐笼，现代化的大型矿井装备两套提升设备，一套为一对双层双车罐笼，另一套为双层单车罐笼带重锤。近年来，为满足综采液压支架整架不解体下井的要求，在副井装备的罐笼中，要设一个宽罐笼，副立井一般为进风井。

（3）混合提升井　混合提升井是兼有主副井功能的立井，主要用于两种特殊情况，并有不同的形式：a. 对井型小于 0.21Mt/a 的单水平开采的小型井，采用单立井开拓时，在井筒内装备一对罐笼，敷设管缆，担负煤、矸石提升，物料下放，人员升降的全部任务，是降低建井费用，但也降低生产安全性和可靠性的做法；b. 生产矿井改扩建时，要同时提高主、辅提升能力，新开一对立井不经济或无条件时，可在原工业场地内新打一个立井，装备一对箕斗和一对罐笼，同时担负提煤和辅助提升任务，兖州南屯、开滦范各庄矿、鹤岗兴安矿等采用了这种方式。

（4）中央风井　为加快特大型矿井的建设，并为矿井通风创造良好条件，近年来发展了工业场地内布置 3 个井筒的三井式布置，即在主副井筒之外，再布置一个中央风井。中央风井断面较小，掘凿成井速度快，不设提升设备，建井时期担负临时提升任务，中央风井提前到底后能加快井底车场及大巷的施工。加快采区的准备，缩短矿井建设工期。对于用特殊凿井法施工的井筒，可同时使用特凿设备和设施，淮南潘一、潘三，枣庄田陈、蒋庄等矿采用了这种

方式。

125. 立井开拓的特点有哪些？其应用与选择的原则是什么？

立井井筒到开采水平和煤层的距离短，立井提升速度快、提升能力大、升降人员快、能下放外形尺寸较大的材料、设备，对辅助提升特别有利，立井井筒的断面大、支护好且易于维护，井筒的通风阻力小，允许通过风量大，有利于矿井通风。

立井开拓的主要缺点是立井井筒的施工技术和装备要求比较高，成井速度较慢，开凿费用较高。由于立井开拓不受煤层倾角、深度、瓦斯、水文等地质条件的限制，故在世界主要采煤国家应用广泛，德国、英国、波兰的全部或绝大多数煤矿采用立井开拓，前苏联也以立井开拓为主。美国开采煤层赋存浅，立井开拓很少应用。我国国有重点煤矿采用立井开拓的矿井较多，主要分布在华东、河北、辽宁、河南省区内冲积层较厚、煤层赋存较深的矿区，国有地方煤矿立井开拓应用较少，但山东、河南、陕西的国有地方煤矿仍以立井开拓为主。

立井开拓的应用与选择的一般原则如下。

① 对冲积层厚、水文地质条件复杂的矿井，多水平开采急斜煤层的矿井，以及煤层赋存深的矿井，一般应采用立井开拓。

② 对开采近水平煤层的矿井，采用立井开拓可减少保护井筒煤柱的损失。视煤层间距的大小不同，可分煤组设开采水平或辅助水平，辅助水平与开采水平之间用暗立井或暗斜井联系。

③ 一般是在靠近井田中部的工业场地内开凿一对立井，对特大型矿井，经技术经济论证合理，也可增开井筒。生产矿井改扩建或开拓延深有必要时，也可在工业场地内或工业场地外的适当位置，新开立井井筒。

④ 为满足矿井通风的需要，可在井田浅部边界的中部、两翼或其他适当位置开凿立井，除作通风外，还可作为安全出口，根据需要也可安装提升设备，担负部分辅助提升任务。20 世纪 70 年代

以来，随着钻井技术的发展，一些生产矿井用大钻孔（800mm 以上）自地表通至井下，用于局部区域通风或敷设管缆排水、供电，起着小立井的作用，条件适宜时可以采用。

⑤ 对于具体矿井，井田各部分煤层赋存及地质构造可能具有不同的特征。如煤层褶曲起伏、倾角有缓有急、块段受断层切割、落差大小不一等情况，就要切合井田煤层赋存的特点，结合开采水平和采区的合理划分，灵活、综合地运用各种成功的经验，合理地确定该井田的开拓方案。

126. 斜井开拓的井筒如何配置？

采用斜井开拓时，一般开掘的井筒数目较多，在配置上有其特点。

（1）井筒的数目和断面　采用斜井开拓的新建矿井，一般在井田中部开凿一对斜井作为主井和副井，新建的特大型或大型斜井，根据需要可以开掘两个副斜井。用斜井开拓的生产矿井，随生产的发展及开采向深部扩展，可以增开副斜井或主斜井。据 1995 年对 210 处国有重点煤矿斜井开拓矿井的统计，主井井筒为 247 个，平均每矿为 1.18 个，副井井筒为 302 个，平均每矿为 1.44 个。斜井井筒的断面为拱形或梯形（小型矿井），断面大小应根据提运设备类型、下井设备外形最大尺寸、管缆布置、人行道宽度、操作维修要求及所需通过风量确定。装有带式输送机的斜井井筒不得兼作回风井，有特殊需要经批准兼作回风井时，井筒中的风速不得超过 6m/s，作进风井时，井筒中的风速不得超过 4m/s，并应采取必要的安全技术措施。

（2）井筒的功能和装备　斜井井筒提升有多种运提设备可供选用，随井型大小及开采条件不同，井筒的功能和装备也有所不同。

① 主斜井担负提煤任务　大型矿井和部分中型矿井的主斜井装备带式输送机，并设检修用的提绞设备，装备已由能力小、长度短、多段接力式的带式输送机换代为运输能力和铺设长度大的强力带式输送机或钢丝绳牵引带式输送机。带宽为 0.8m 以上、带速为

1.8m/s以下的钢丝绳牵引带式输送机还可用于运送人员。井型不大的中型矿井的主斜井可采用箕斗提升（井筒倾角较大时）或双钩串车提升（井筒倾角不大时）或无极绳运输（井筒倾角较小时）。小型矿井的主斜井可采用双钩或单钩串车提升。

② 副斜井兼具辅助提升、敷设管缆等功能　我国各类井型矿井的副斜井绝大多数采用串车提升，大型斜井采用双钩串车提升，特大型斜井可掘进和装备两个副斜井，中小型矿井的副斜井可采用单钩串车提升。副斜井采用无极绳运输的只有少数几个井筒倾角小的斜井，用单轨吊车运输的斜井还很少。随技术的发展，副斜井还可能采用卡轨车、齿轨车、胶轮车等设备。

③ 混合提升井　井型小的小型矿井可以只装备一个井筒，采用单钩串车提升，兼负提煤与辅助提升任务。

④ 风井与行人井　小型矿井的风井可作为行人井，装设较简易的架空乘人装置。

(3) 井筒的倾角与方向　井筒的倾角由井巷布置和提升设备的要求确定。对带式输送机运输的斜井，为防止原煤沿胶带下滑，井筒倾角一般不超过16°，如井筒无淋水，且粉煤较多，井筒倾角亦可达18°；近年来研制并试用了大倾角（21°～25°）带式输送机，在技术经济合理时，有可能扩大带式输送机斜井井筒倾角的上限。对采用箕斗提升的斜井，井筒倾角小，箕斗装煤不满，倾角过大，井筒施工困难，且道床结构也较复杂，故其倾角一般取25°～35°。对采用串车提升的斜井，井筒倾角超过22°，满载重车沿井筒运行即易抛撒煤矸，倾角愈大，抛撒愈严重，煤矸堵塞轨道，易导致矿车掉道，经常的井筒清理工作量也较大，影响正常提升，此外，流水飞溅，不利于行人及井筒检修，故井筒的倾角不宜大于25°。井筒倾角又不宜过小，小于6°时带绳空车下放不易调节到位，当井筒斜长小于300m、空车牵引钢丝绳阻力不大时，井筒倾角最小可到14°。对采用无极绳运输的斜井，井筒倾角超过10°，矿车绳卡即易滑脱、且摘挂钩操作不便，为确保生产安全，井筒倾角一般不大于10°，为便于井口工业场地及井底车场的布置及建井时的通

风，主副井筒的倾角宜大体一致。

井筒的方向以煤（岩）层为参照系，有沿层、顺斜（穿岩）和反斜三类。沿层斜井包括煤层斜井和岩层斜井，一般沿煤（岩）层的正倾斜方向开掘，煤层斜井的开拓联络巷道及建井岩巷工程量少，岩层斜井可将井筒布置在稳定的岩层内并与煤层保持一定的距离，在特殊情况下，为减缓井筒倾角及照顾井底位置，岩层斜井也可沿伪斜方向布置。穿岩斜井的井筒倾斜方向与煤层倾斜方向一致，可分为顶板穿岩斜井和底板穿岩斜井，前者是斜井井筒从顶板岩层穿向煤层，井筒倾角大于煤层倾角，主要用于开采倾角小的缓斜煤层及近水平煤层的矿井，后者是斜井井筒从底板岩层穿向煤层，井筒倾角小于煤层倾角，主要是用于煤层倾角较大、井口位置受限制的条件。反斜井的井筒倾斜方向与煤层倾斜方向相反，它也是从顶板岩层穿向煤层，由于井筒与煤层倾向相反，井筒穿过煤层后再继续延深，将会远离煤层，主要用于井位受限制的情况，其长度上将受到严格限制。

127. 斜井开拓有何特点，其应用与选择的原则是什么？

斜井开拓的井筒掘进技术和施工设备比较简单，掘进速度较快，地面工业建筑、井筒装备、井底车场也比较简单，因而初期投资较少，建井期较短；斜井的井筒延深施工比较方便，对生产的干扰少；采用带式输送机的斜井可实现井下煤流到地面的连续运输，并可接受多点来煤，对生产水平过渡期的提煤有利；当矿井需增产而要求加大提升能力时，更换或改造带式输送机也是比较容易的。

斜井开拓的主要缺点是斜井的井筒长，围岩不稳固时，井筒维护费用高；采用绞车提升时，提升速度和提升能力较低，对辅助提升不利；井田斜长大时，采用多段绞车提升的转载环节多，效率低；由于斜井的井筒长，使通风线路、下井的管缆长度也较长；对瓦斯涌出量大的大型斜井，为满足矿井通风的要求，有时需增开风井。由于斜井开拓在开采煤层赋存不深的条件下技术经济效果显著，在我国得到广泛应用，国有重点煤矿中，以斜井开拓为主的省

区有山西、内蒙古、江西、贵州等省区，国有地方煤矿应用斜井开拓更为广泛，乡镇煤矿主要采用斜井开拓。总结我国煤矿开采经验，斜井开拓的应用与选择要注意以下主要原则。

① 对井田内煤层赋存不深、表土层不厚、无流砂层、水文地质条件简单、开采缓斜和倾斜煤层的矿井，一般可采用斜井开拓。

② 片盘斜井开拓具有地面工业建筑和技术装备简单、井巷工程量少、初期投资省、建井期短、达产快等优点，开采浅部煤时生产系统简单，技术经济效果较好。其适用的条件是：煤田浅部、煤层露头发育良好、表土层不厚、水文地质条件简单、开采倾角不大（不大于35°）的薄及中厚煤层的矿井。当煤层赋存不稳定、地质构造复杂、又有建井（生产勘探井）必要时，也可采用片盘斜井开拓。片盘斜井开拓以一段开采有利；一些生产矿井受已形成的开采格局制约，采用两段开采，需进行论证并研究其改造；不宜采用三段开采。

③ 在集中斜井开拓中，采用沿层斜井开拓时，斜井井筒与开采煤层在空间上保持稳定而相近的邻近或连接关系，能方便地适应不同开采水平数目、位置标高、巷道布置各种方案的需要，有利于井田的合理开拓布置。由于井筒倾角与煤层倾角一致，这种开拓方式适于开采缓斜煤层及倾角不超过35°的倾斜煤层的矿井。

底板岩层斜井开拓的斜井井筒设在稳定的岩层中，便于维护，能长期发挥井筒保证矿井生产的功能，且维护费用低；可减少或不留保护井筒煤柱；多水平开采时，各开采水平主石门的总长度短，可节约岩巷工程量；采用带式输送机运煤时，可直接利用斜井井筒为中央采区服务，少开或不开中央采区的上山，减少矿井的初期工程量。主要缺点是建井时的井筒掘进岩石工程量较大，对井型较大、服务年限较长、开采水平多、井筒装备和要求较高的矿井，采用底板岩层斜井是适宜的。

煤层斜井开拓建井工程量少，井筒施工技术和装备简单，掘进速度快，建井期短，初期投资少。但井筒维护比较困难，不利于井下防火，还要多留井筒保护煤柱。这种方式的适用条件是煤层埋藏

浅，冲积层薄，地质构造简单，沿煤层倾斜方向无大的褶曲和断层，煤层无自燃倾向的矿井。井筒宜设在煤系下部、围岩稳定的薄或中厚煤层中，并应加强井筒的支护。

④ 采用穿岩斜井开拓时，斜井井筒要穿过（顶板穿岩斜井时）或穿向（底板穿岩斜井时）煤层，井筒延伸与煤层层位的关系是由远及近、交会、又由近及远，井口和井底位置确定合理是成功应用这种开拓方式的关键。对单水平开拓的矿井，能按合理井底位置要求布置斜井，方便地应用这种方式；对多水平开拓的矿井，要使斜井井筒能兼顾上、下水平井底的合理位置，便须有合适的煤层条件。

顶板穿岩斜井开拓的井筒开凿和装备费不高，井筒维护条件好，能方便地选用合适的提升设备，但井筒斜长大，井筒保护煤柱损失较多。其适用的矿井煤层条件是冲积层薄、煤层埋藏较浅（其水平垂深不大于 300m）的近水平煤层或井田斜长不大的缓斜煤层。

底板穿岩斜井开拓的井筒维护条件好，可不留、少留保护井筒煤柱，但井筒长度较沿层斜井开拓时长，适于井口位置受限制、开采煤层倾角较大的矿井。

⑤ 从本质上看，反斜井开拓也是一种顶板穿岩斜井开拓，具有与后者相同和相近的性质。由于反斜井的共筒方向与煤层倾斜方向相反，井筒穿过煤层后继续延伸，将以更大的幅度远离煤层，难以适应多水平开拓井底位置合理的要求，故用于井口位置受限制的单水平开拓的矿井较为合理。当用于多水平开拓时，要采用暗斜井延深，形成多段提升，增加转折环节，不是特殊条件限制一般不宜采用。

⑥ 带式输送机斜井的运煤能力大，转载方便，接长输送机长度和改造提高运输能力比较方便，能多点受煤，对生产水平过渡的提煤有利，且可实现井下到地面煤流的连续运输，是斜井开拓的发展方向。在 1995 年国有重点煤矿 210 处斜井开拓的 247 个主井中，占井数的 36.8%，提煤能力为 116Mt/a，占总能力的 71.8%，今

后在大中型矿井的斜井开拓中将更多地得到应用。随着设备的改进，可进一步扩大斜井长度和井筒倾角的应用范围。

⑦ 辅助提升运输的线路长、转运环节多、提升能力和效率低是斜井开拓的薄弱环节。我国除极个别矿井外，斜井开拓的副井都采用串车提升，在可预见的将来，绝大多数斜井辅助提升仍将是这种方式，解决这一问题的主要方向是增加副井个数。对大型生产矿井，增开新立作副井，将转而采用综合开拓方式。

⑧ 与井筒长度大相一致，通风线路长、敷设管缆长也是斜井开拓的缺点。为解决此问题，在浅部可开凿采区风井。斜井开采转入深部后可开分区风井或深部风井，还可结合大直径钻孔的应用、敷设管缆，解决局部性的矿井通风、排水、供电问题。

128. 平硐开拓的井硐如何布置？

采用平硐开拓时，一般以一条主平硐井配以合适的辅助及通风井硐开拓井田。

（1）主平硐　平硐断面应根据运输设备的类型、下井设备最大外形尺寸、管路和电缆布置、人行道宽度、操作维修要求及所需通过的风量确定。在南方一些矿区，平硐穿过富含岩溶水的石灰岩层时，为防夏季暴雨、井下涌水量突然暴涨造成井下水灾，平硐的水沟断面应能满足暴雨时矿井最大涌水量时的泄水要求。为利于流水和行车，平硐的坡度一般取3‰～5‰。一些地方小煤矿采用非标准矿车，矿车运行阻力系数较大，为便于重车外行，平硐的坡度可取更大的数值。主平硐一般铺设双轨，采用矿车轨道运输，一些采用平硐开拓的小型矿井为减小平硐断面，也可只铺单轨，必要时应在平硐中设错车线，局部线段仍需扩大平硐断面。一些现代化的大型矿井，在主平硐中铺设带式输送机，实现了井下与地面煤流的连续运输，大大提高了运煤效率和生产的连续性，但要求另开担负辅助运输任务的副平硐。

（2）副平硐　副平硐的断面和坡度确定与主平硐相同。为便于施工及生产，主、副平硐的标高位置也相等。我国绝大多数副平硐

铺设轨道，采用矿车轨道运输，并有轨道线路与主平硐的轨道（或检修道）相连接，构成平硐内外的运输系统。开采煤层倾角平缓时，也可采用其他辅助运输方式，如大柳塔矿井的副平硐不铺轨道，采用无轨胶轮车运输，全矿使用胶轮车 13 台，配职工 34 人，还兼管地面运输车辆 13 台，达到了高效率和高效益。当矿井生产能力不太大（1.8Mt/a 以下）、平硐至煤层长度较长时，也可不开副平硐。

（3）通风井硐　根据矿井通风需要和煤层与地形条件，在适当位置开掘为全矿或若干个采区服务的风井或通风平硐。当只开一条主平硐而无副平硐时，一般在回风水平开回风平硐或回风斜井。在山岭地区，宜充分利用地形有利条件，开掘平硐。在丘陵地带，可开掘回风井。

129. 平硐开拓的特点有哪些？其应用与选择的原则是什么？

平硐的施工技术和装备简单、掘进速度快，通过平硐联系井上下方便、安全、可靠，平硐运输能力大、效率高，平硐水平以上的矿井涌水可自流排出，不用开掘工程量大的井底车场和硐室，地面不建井架和绞车房，生产系统中的转载环节较少，简单可靠，是最有利的井田开拓方式，作为倡导的技术方向，在我国得到优先发展。20 世纪 50 年代中后期，我国重点煤矿中采用平硐开拓的矿井占矿井总数的 8%，占总生产能力的 9%。1990 年国有重点煤矿矿井中，平硐开拓比重占井数的 16.7%，占生产能力的 13.8%，国有地方煤矿中平硐开拓占其总井数的 24.4%。平硐开拓的应用主要取决于煤层赋存及地形条件，近年来，新建平硐开拓的矿井虽有所增加，但平硐开拓矿井所占处数和生产能力的比重均有所降低。

平硐开拓的合理选择与应用要注意以下原则。

① 采用平硐开拓应有合适的煤层赋存和地形条件　最主要的是平硐水平以上要有足够的煤炭储量（上下山开采时包括下山部分的储量），使平硐水平的开采年限不低于相应井型矿井的水平服务

年限的规定。少数平硐开拓的矿井平硐水平以上的煤量甚少，不得不用暗井（暗斜井）开采井田的主要部分煤层，不能发挥平硐开拓的优势，陡然增加转折，不是特殊需要，不宜采用平硐开拓。合适的地形条件和平硐长度（平硐口到煤层的距离）是能否使用平硐开拓的重要条件，平硐见煤距离过大，建井工程量过大，不利于平硐的使用。具体矿井条件下是否采用平硐开拓，要由技术经济比较确定。

② 平硐的数目和主副平硐的配置　平硐的运输通过能力大，一般只掘进一条主平硐，阶梯平硐的每一阶梯（开采水平）也只布置一条主平硐。主副平硐的配置基本上有两种类型。在地形起伏高差不大的丘陵地带，如晋、陕、蒙的一些矿区，煤层倾角平缓，根据井型大小、辅助运输和通风需要，配合主平硐，开掘1～2条副平硐，主、副平硐的标高一致，为平面式配合。在地形高差大、煤层上下界高差大的地区，如川、云、贵、闽的一些山岭地区，主平硐有兼负主、辅运输的能力，又有上部回风的要求，故只布置一条主平硐，而在上部回风水平适当位置，掘回风平硐和风井，是上下式相结合。

③ 走向平硐与垂直平硐的选择与应用决定于煤层及地形条件，在硐口及矿井工业场地选定后，也就确定了二者中的取舍。阶梯平硐适用的条件是上部煤层垂高大、平硐到煤层的距离不太大，并要有合适的地形条件，能使上下阶梯平硐的硐口相距较近，便于布置共用的工业场地及地面运输系统与外运设施。

④ 平硐硐口和矿井工业场地可能设在山坡下、沟谷旁，地形多属山岭、丘陵地带　要避开有滑坡、崩岩地段及不受暴雨季节山洪骤发的威胁，并要估计到邻近地区工农业建设后地形地貌可能的改变及由此而带来的影响。如山谷下游建水库可能导致水位升高，沟谷淤积可能导致过水断面缩小，堤坝、路基建成后可能阻碍洪水宣泄等，都会增加对平硐防水的要求，影响平硐位置及标高的确定。

⑤ 深入分析矿井地形特点及其与煤层的空间位态关系，对用好平硐开拓有重要作用　除确定主副平硐位置外，可在有利的地形

和煤层条件下，灵活地利用煤层靠近山坡、沟谷等复杂地形条件，就近开掘为开采水平、采区或局部块段服务的回风平硐、施工平硐、排矸平硐或风井，并可利用沟谷就地排矸，方便施工，节约掘进费用。

⑥ 平硐内一般不设井底车场（硐口车场） 当硐口受地形限制，工业场地狭窄，硐外不便布置煤的卸载、存储、外运系统和设施时，或矿井有某种特殊需要（如矿井用压入式通风，防止主平硐漏风，避免列车频繁进出主平硐），可在平硐内适当位置设硐口车场，开掘调车、卸煤、存储及转运煤的巷道和硐室，如攀枝花的大宝顶平硐。设置硐口车场要增加建井工程量和基建投资，是否采用此种方式，要经过全面的技术经济比较后确定。

⑦ 对于煤田被断层、沟谷剧烈切割，煤层被分割、侵蚀成不连续的块段的矿井，有合适的地形和煤层条件时，可用平硐连通各块段，即开采甲块段煤层的平硐，可以穿出地表，再进入乙块段煤层井下，开采乙煤层块段。此时平硐成为一条隧道，称为隧道平硐，又称渡道平硐。

⑧ 位于山岭地区的平硐，一般地形复杂，工业场地、工业和民用建筑布置及地面运输的合理解决是特殊的重要问题。例如，山岭地区地形复杂，用铁路运输则桥涵隧道多，建设工程量大，基建费用多，采用索道结合公路运输，投资较省，但运输能力较低，具体矿区条件下采用什么方案，要经过多方案比较确定。

⑨ 平硐开拓矿井的后期，为开采平硐水平以下的煤层（近水平煤层及单水平上下山开采的平硐除外），要开凿暗井或暗斜井，或者另开立井或斜井，形成平硐与立井（斜井）相结合的开拓方式，发展成综合开拓。这两种情况是大多数平硐开拓矿井后期发展的基本模式。

130. 什么是综合开拓？综合开拓应用与选择的原则是什么？

综合开拓是采用立井、斜井、平硐三种井硐中任两种或两种以

上的井田开拓方式。综合开拓的实质是结合具体矿井煤层开采条件、不同井硐形式的优势组合。

综合开拓的实质是根据具体矿井开采的要求，切合井田煤层赋存和开采技术特点，充分发挥不同井硐形式的优越性，扬长避短，做好主、副井的优势组合。综合开拓是在矿井生产发展和开采技术进步的过程中形成和发展的，首先是在生产矿井改扩建中实施了具体改造方案，形成了新的方式，而后在新建的矿井中进一步完善设计和发展。20世纪50年代，我国只有淮南、平顶山、天府、中梁山等矿区的少数矿井采用了综合开拓，20世纪60年代以后的大规模矿井改扩建和新井建设，使采用综合开拓的矿井逐渐增多。据统计，我国国有重点煤矿中采用综合开拓的矿井有126处，设计生产能力为133.23Mt/a，其中，采用斜井-立井开拓的矿井有78处，能力为89.64Mt/a；平硐-斜井开拓的矿井有40处，能力为37.89Mt/a；平硐-立井开拓的矿井有8处、能力为5.7Mt/a。预期今后采用综合开拓的矿井还会增加。

矿井选择和应用综合开拓应注意以下主要原则。

① 切合矿井煤层赋存特征和开采要求，发挥不同井硐形式的优越性，建立简单、有效、安全可靠的开拓系统，以取得良好的技术效果和经济效益，是采用综合开拓的基本出发点和根本原则。采用综合开拓要统筹全井田的开采，做好主、副井的选择和配合，前、后期生产的协调和结合。对于新建矿井，井硐形式选择是开拓系统确定的重要内容，要经过全井田开采的多方案技术经济论证后，优化确定。生产矿井改用综合开拓，总是要在原有井硐之外，新开主井或副井及车场、联络巷道，增建井口地面设施，追加建设投资。我国矿井改扩建的实践表明，具体矿井综合开拓方式的形成有其历史条件和原因，总体上反映了生产发展和技术进步的要求和趋势，也取得了良好的效果和成功的经验。在以往基建投资由国家拨款、不计投资效益的体制下，有些经验和结论有一定的局限性，还有些是表现了矿井生产建设的曲折，不是成功的范例。在市场经济条件下，更要注重经济效益和投资效果，生产矿井改用综合开拓

更要经过技术经济论证确定。

② 应用综合开拓的技术关键是做好不同形式井硐的井上下的联系和配合。对斜井-立井开拓的矿井，如果斜井、立井的井口相近，共处一个工业场地，则地面可合理布置，但井底相距较远，井底车场、井下巷道联系就不太方便，要增加井下联络巷道长度；如果斜井与立井的井底相近，共同布置井底车场，井下联系方便，则井口相距较远，地面工业场地布置比较分散，生产调度及联系不太方便，且占地较多，相应增加煤柱损失及地面建设投资；具体矿井选择立、斜井配合方式主要决定于上述两方面因素的消长关系。一般矿井采深不大时，多采用井口相近的布置，此时井底相距亦不远，如燕子山矿、平顶山一矿（前期）、西曲矿等；当矿井采深大、倾斜延展宽时，井口相近布置不可行或不合理，多采用分设井口的方式，如新庄孜矿、七星矿和平顶山一矿的后期。对于平硐与斜井、立井综合开拓的矿井，关键是充分利用特殊的地形和煤层条件，做出特殊条件下的合理安排。

③ 主斜井-副立井开拓是大型矿井比较理想的开拓方式，可用于开采赋存不很深、近水平煤层的矿井，或井田斜长大、下部煤层深的矿井。对于井田倾斜延展宽、下部采深大、用斜井开拓的矿井，当其转入深部开采时，在井田深部适当位置增打立井，以改善矿井辅助提升和通风，是首选的改造方案，由此形成的主斜井-副立井开拓是必然的、合理的。

④ 主立井-副斜井开拓是简易的、经济的开拓方式，只适于井田斜长不大，能以一个水平开采（包括上下山开采）的小型矿井。具体矿井是否采用这种方式，还要结合矿井周边条件考虑，如矿井有可能扩界延深或扩大井型增产，就不宜采用这种方式，以免造成矿井开采布置的不合理。

⑤ 应用平硐与斜井（立井）的综合开拓，要深入研究煤层赋存特征和地形条件；选择合适的工业场地及井（硐）口位置，做好平硐水平上山部分和下山部分开采的工程布置和生产过渡，使井上下工程能协调、衔接，地面设施能充分利用，处理好矿井前后期的

生产建设关系。

131. 井田开拓方式的比较及选用要遵循哪些原则？

各种井田开拓方式有其特点，要在合适的煤层和开采技术条件下合理选用，主要有下述应注意的主要原则。

① 开拓方式是井田开拓的重要问题，应根据井田地质、地形、地貌、水文、煤层赋存特征，结合井型大小、开采技术和装备及经济条件，详细研究多个可行技术方案，按生产安全可靠、技术经济合理等要求，通过全面的方案比较或优化设计确定。

② 平硐开拓是最简单而有利的开拓方式。采用平硐开拓时，井下出煤由平硐直接外运，不需提升转载，因而运输环节少、系统简单、运输设备少、费用低；平硐的地面工业建筑较简单，不需结构复杂的井架和绞车房；平硐井下（硐口）一般不设井底车场、平硐水平以上的矿井涌水可自流排水，不用排水设备，并可不掘水泵房、水仓等硐室，井巷工程量较少；平硐掘进技术和装备较简单，施工条件较好，可加快矿井建设。因此，对煤层和地形条件合适的矿井，只要平硐水平以上煤的储量大致能满足同类井型水平服务年限的要求，应优先采用平硐开拓。

③ 斜井与立井相比，井筒掘进技术和施工设备比较简单，掘进速度快；地面工业建筑、井底车场及硐室都比立井简单；斜井一般无需大型提升设备，同类井型的斜井矿井提升机也较立井需用的矿井提升机型号小，因而初期投资较少，建井期较短；多水平开拓时，斜井到煤层的石门总长度较用立井开拓时为短，因而掘进石门的工程量和沿石门的运输工作量较少；延深斜井的井筒施工比较方便、对生产的干扰少；装备带式输送机的斜井运输能力大，可实现井下煤流的连续运输，运输效率高，还可以多点受煤，对上下开采水平生产过渡时期的提煤及多水平生产都是有利的，当矿井有必要扩大提升能力时，更换带式输送机也比改造立井提升容易。

与立井相比，斜井的缺点是：在相同的煤层条件下，斜井井筒长度比立井井筒长；围岩不稳固时，斜井井筒维护费用高；采用缠

绕式提升时，提升速度慢、能力小、钢丝绳磨损严重、动力消耗多、提升费用高；井田斜长大时，要采用多段接力式提升，转载环节多、系统复杂，要多占用设备和人力；由于斜井井筒长，沿井筒敷设管路、电缆的管缆长度大，通风风路长；斜井井筒的断面较立井的断面小，对瓦斯涌出量大的矿井，可能满足不了通风的要求，需增开专用的进、回风井；当表土为富含水的冲积层或流砂层时，斜井井筒掘进技术复杂，有时难以通过。

综上所述，对井田内煤层赋存不深（<400m）、表土层不厚、水文地质条件简单、井筒不需特殊法施工、开采缓斜和倾斜煤层的矿井，一般可采用斜井开拓。对采用串车或箕斗提煤的斜井，一般一段提升有利，也可采用两段提升，不宜采用三段提升。

片盘斜井开拓的地面工业建筑和技术装备简单，井巷工程量少，初期投资省，建井期短，投产和达产时间快，一段开采时生产系统简单。缺点是井型小，井口分散，占地较多，转入两段开采后，生产环节增多，技术经济效果较差。片盘斜井开拓的适用条件是煤田浅部、煤层露头发育良好，沿煤层倾斜方向的褶曲和断层较少，倾角较小的薄及中厚煤层，表土层和煤层风化带的垂深不大于20～30m，水文地质条件简单，采煤机械化水平较低的小型矿井。对地质勘探程度低的井田，或煤层赋存不稳定、地质构造复杂、地区需煤紧迫，也可采用片盘斜井开拓。

④ 立井通达井下煤层的距离近，井筒短、提升速度快、提升能力大，能满足主、辅提升的要求，立井井筒断面大且易维护，可满足大风量的要求，风路短、通风阻力小，对深井通风有利，立井开拓的适应性很强，不受煤层倾角、厚度、瓦斯、水文等自然条件的限制。因此，当井田的地质、地形条件不利于平硐或斜井的合理应用时，都可考虑采用立井开拓，对于煤层赋存较深、表土层厚，或水文条件比较复杂、井筒需用特殊凿井法施工，或多水平开拓急斜煤层的矿井，一般应采用立井开拓。对倾斜长度大、开采缓斜、倾斜煤层的矿井，采用立井多水平开拓能较好地兼顾浅部和深部的开采，也是较为有利的。

⑤ 综合开拓可充分发扬不同方式井硐的优点，要妥善解决主、副井（硐）的井上下的联系和配合问题。主斜井-副立井开拓是主、副井的强力组合，是大型矿井比较理想的开拓方式。适于煤层赋存不很深、倾角平缓、构造简单、储量丰富、开采条件好的大型矿井。对煤层赋存由浅到深、沿倾斜延展广、构造简单、储量丰富、开采缓斜煤层的矿井，采用主斜井-副立井开拓也是有利的。主立井-副斜井开拓体现的是经济型组合，只适于单水平开拓的小型矿井，并且对具体矿井而言，只有当它优于该条件下的斜井开拓时，才宜采用这种方式。

平硐-斜井、平硐-立井开拓都以开拓平硐为前提，只适于具有平硐开拓条件的井田。这两种开拓方式的本质是做好主、副井（硐）的配合及平硐水平上下煤层开采的合理安排，关键是深入掌握和合理利用煤层与地形的相对位态关系，恰当地确定井硐布置及开采部署。

⑥ 分区域开拓是随着生产集中化、井型和井田尺寸大型化而发展起来的，分区域开拓要开凿各分区的井筒及相应的车场、巷道，井巷工程量较大，只适于井型大、井田面积大或瓦斯涌出量大的矿井。对煤层赋存不深、倾角平缓、有便于开掘分区井筒条件的大型矿井，采用分区域开拓也是适宜的。

⑦ 为适应现代矿井向生产集中化、采掘综合机械化、运输连续化和技术经济合理化的发展要求，连续运输和斜井开拓方式、辅助提升用立井的开拓方式、分期建设的分区域开拓，以及简单可靠、适于煤层高强度开采的井田开拓方式将会得到更多的应用和发展。

⑧ 更多的生产矿井转而采用综合开拓将是一个重要的发展趋势。大型斜井转入深部开采时，为解决辅助提升和通风能力不足的困难，可能在井田深部另凿副立井；原用立井开拓的大型矿井，井筒延深不方便或不经济时，可能新开带式输送机主斜井；用平硐开拓的矿井，后期开采平硐水平以下的煤层时，往往要另开立井或斜井；生产矿井的改扩建与合并改造，可能利用原有的井筒或新开井

筒，从而形成多种不同组合形式的综合开拓方式。

132. 开采水平的垂高如何确定？

合理的开采水平垂高应以合理的阶段斜长为前提，并能使开采水平有必需的储量和合理的服务年限，井田开采有较好的技术经济效果。

(1) 合理的阶段斜长　合理的阶段斜长是在具体矿井条件下，采用合理的采煤工作面参数、采区巷道布置和生产系统及设备所能达到的阶段斜长。

① 合理的区段数　合理的阶段斜长应保证在采煤工作面长度合理的前提下，能划分出足够的区段数。为保证采煤工作面和采区的正常接替，采区内要有足够的区段数，对缓倾斜煤层的阶段，区段数可取 3～5，倾斜和急斜煤层矿井的区段数可取为 2～3。由此可计算出阶段斜长的合理下限值。

② 煤的运输　对开采缓斜和倾斜煤层的大中型矿井，上山用输送机或溜槽运煤时，上山斜长一般不因运煤而受限制。对急斜煤层，过高的溜煤眼掘进和维护都比较困难，并且大高度溜煤容易冲毁溜煤眼支架或发生堵眼事故，故溜煤眼高度不宜超过 70～100m。对于上山用矿车运煤的小型矿井，上山斜长受绞车能力限制，要根据所要求的采区生产能力及采用的绞车型号验算所能达到的最大阶段斜长。

③ 辅助提升　一般均采用一段单卷筒绞车提升。绞车太大时，在井下运输、安装都不方便，故井下用提升绞车的卷筒直径一般不大于 1.6m，这样缠绳 4 层时可达 880m。对生产能力大的采区，可采用直径为 2.0m 的提升绞车，卷筒容绳量缠 4 层时最大可能达 1130m。但实际允许上山斜长还要低于此数值。

(2) 开采水平的储量及服务年限　开拓一个水平要掘进许多巷道，井型越大，开拓工程量越大，耗费的投资也越多，为了充分发挥这些工程和投资的作用，要有必需的水平服务年限。从有利于矿井生产和水平接替考虑，开拓一个新水平一般需要 3～5 年或更多



的时间，生产水平的过渡时间一般不少于2～3年，故水平接替的生产建设交互影响的时间一般需5～8年。为使矿井生产少受开拓延深与生产水平过渡工作的影响，也应有最低的水平服务年限。“煤炭工业矿井设计规范”规定了不同井型及开采煤层条件矿井第一水平的服务年限下限值（见表4-10）。在矿井井田走向长度一定的条件下，作为一种约束，要求有与最低水平服务年限相应的开采水平垂高的下限值。

(3) 技术经济合理的水平垂高　技术经济合理的水平垂高受两方面相互矛盾的因素影响和制约。一方面，开采水平要开掘井底车场及硐室、大巷、采区车场和硐室，配备必需的设备，这些开拓工程量和装备费是不因水平垂高的大小变化而增减的，水平垂高越大，可采煤量越多，分摊于吨煤可采储量的工程费和装备费就越小。另一方面，水平垂高越大，阶段斜长也越大，对上山开采的阶段而言，要增加沿上山的运输费和从上山向下运、再从开采水平提升的折返运输工作量，增加采区上山的巷道维护工作量，加大开采水平的排水高度和排水费，从而使每吨煤的生产费用增加；另外，过大的阶段斜长可能需要较大的上山运输设备，并增加生产管理的复杂性。合理的水平垂高就是要在具体矿井条件下，研究两方面因素的消长关系，寻求其最佳的平衡点。

具体矿井在确定水平垂高时常采用方案比较法，一般是针对具体矿井条件提出几个方案，进行技术分析和经济比较，经济比较的项目通常包括开采水平范围内的开拓工程量和掘进费、井巷维护费、煤炭运提费、排水费等。如果还涉及到不同的采区巷道布置类型及参数，还应该比较与水平垂高确定有关的巷道掘进费、维护费和煤的运输费等。根据比较结果，综合考虑技术、经济、安全管理等因素，再确定选用的方案。

对合理水平垂高的研究，国内外曾采用过数学分析法，建立以水平垂高为变量，以吨煤费用最低为目标，以生产和基建费用为内容的数学模型，由于其难以适应不同的矿井煤层实际开采条件，未获得实际应用。近年来发展的矿井设计方案优化，将水平高度作为

决策参数之一，配合其他参数的确定，实行多目标、多因素、多方案的整体优化，已获成果，是今后的发展方向。

(4) 开采水平垂高的发展趋势　开采水平垂高受煤层地质条件和开采技术多因素的影响，其取值的变化是开采技术水平和生产集中化程度的综合反映。20 世纪 50 年代，我国矿井的采区、采煤工作面尺寸小，开采强度低，当时规定的阶段斜长为：缓斜和倾斜煤层为 250～450m，急斜煤层时不小于 100m；实际矿井的开采水平垂高一般不大于 100m。随着矿井开采强度的加大，特别是 20 世纪 70 年代后，采煤机械化水平的提高，采煤速度加快、水平服务年限缩短，开采水平接替紧张，生产矿井普遍有加大水平垂高的要求，而新型运输设备的应用，巷道布置与巷道支护的改进，又为加大水平垂高提供了技术保证，矿井开采水平垂高逐渐加大。20 世纪 90 年代的煤炭工业矿井设计规范（国标）规定（对于大中型矿井），缓斜、倾斜煤层的阶段垂高为 150～250m，急斜煤层的阶段垂高为 100～150m。实际矿井的开采水平垂高受各种因素影响，上下数值相差甚大。

133. 上、下山开采有何特点？如何应用？

井田划分为阶段时，一般采用上山开采，对开采倾角不大的缓斜煤层的矿井，为扩大开采水平的垂高、增加水平可采储量，有时采用上、下山开采。

(1) 上、下山开采的比较　上山开采和下山开采在采煤工作面生产方面没有多大差别，但在上、下山掘进、运输、通风、排水等方面却有不同的特点。上山开采时，煤矸向下运输，运输能力大，耗费动力少，但从全矿看，它有折返运输。下山开采时向上运煤，没有折返运输，总的运输工作量较少，但用输送机运煤时，下山的倾角不得大于 17°，用矿车运煤时，运输能力小。

上山开采时矿井涌水可自流流入井底水仓，集中排出井外，排水系统简单，管路设施较少。下山开采时各采区都要处理采区内的排水，要将采区下山一次掘至终深，在下部掘水仓和排水硐室，安

装排水设备和管路，或者在某些区段下部掘临时排水硐室及水窝（涌水量小时），安装临时排水设备及管路，将下山涌水排至开采水平，再由井底排水泵房排至地面；但无论采用哪一种方法，都要多掘排水硐室、增加排水设备和管路及相关的费用。此外，如下山排水系统发生故障，就将影响下山采区的生产。

上山开采时新鲜风流由上山进入采区，污风经回风上山、回风大巷流往风井，新风和污风都是向上流动，沿倾斜方向的风路较短。下山开采时新鲜风流由进风下山进入采区，清洗工作面的污风要经回风下山流入配风巷，再经过其他通风巷道、流向风井，沿下山的往返通风线路长；加之进风和回风下山相距较近，有若干联络巷连通，中间用风门控制，而进风下山和回风下山内风流的流动方向相反，两下山之间的风压差较大，易于漏风，通风管理比较复杂，当瓦斯涌出量大时，下山通风更为困难，往往还要多开一条通风下山。

下山巷道掘进的装岩（煤）、运输、排水等工序比较复杂，因而掘进速度较慢，效率较低、成本较高，尤其当下山巷道坡度大、涌水量大时，掘进施工更为困难。而上山掘进则方便得多。

下山开采的主要优点是能充分利用原有开采水平的井巷和设施，节省开拓工程量和建设费用，增加开采水平储量，延长水平服务年限。

总体看来，上山开采在生产技术方面较下山开采优越得多，故一般多用上山开采。当开采煤层倾角不大时，下山开采的弊病就不那么严重，在一定的条件下，实行上、下山开采也是有利的。

(2) 下山开采　下山开采一般是与上山开采配合应用，并且一般是先采上山部分，而后再转入下山开采。应用下山开采有不同情况和条件，要采取相适应的措施。

① 缓斜煤层下山开采　对开采倾角小于16°的煤层的矿井，采用上、下山开采是合理的选择。此时下山开采的缺点不严重，而其节约开拓工程量、加大开采水平垂高的优点则十分突出。平顶山煤业集团在9个矿推广了下山开采，取得了良好的技术经济效果。采

用上、下山开采时，根据井田斜长和开采煤系的不同，可采用单水平上、下山开采或多水平上、下山开采。采用上、下山开采时，上、下山的采区划分尽可能一致，合理布置采区巷道，尽可能使下山采区能利用上山采区的车场巷道和煤仓，以节约巷道工程量。

下山采区回风有不同的方式。对单水平开采的矿井或多水平开采矿井的第一水平，可维护上山采区的上山，作为下山采区的回风道，并利用上山开采的总回风道为下山采区回风。如采区上山不易维护，或维护采区上山不经济时，可利用运输大巷的配风巷（或副巷）回风。为此要开掘或维护一些巷道，使配风巷与风井连通。对多水平开采矿井的第二水平，其上山部分的回风可采用不同的方式，或在第二水平上部边界开总回风道，利用回风石门、回风上山通至第一水平，再经一水平巷道回风。如技术经济合理，也可在一、二水平之间设辅助水平，直接与井筒连通，担负一水平下山的进风、排水，并为二水平回风。

② 矿井最终水平的下山开采　当矿井深部受自然条件限制、可采储量不多、深部境界高低不一、设置开采水平有困难或不经济时，可在最终水平以下采一部分下山采区。例如，井田深部境界以斜交断层划分，就不可避免地要采部分下山煤，可考虑采用下山开采。多水平开拓的深井，深部开采的条件比较恶劣，如煤层倾角不大，最终水平可采用上、下山开采。

③ 过渡式下山开采（剃头下山开采）　对一些多水平开拓的矿井，原有开采水平将减产时，为加快下水平的开拓延深，可在井田内靠近井筒部分布置一个或几个下山采区，开采其上部的几个区段，担负一部分产量任务。同时通过采区下山掘进下水平的大巷、水仓、水泵房等硐室，此时上几个区段开采的煤流、新风为上行，涌水为下流，具有上山开采的特点。待矿井转入下水平生产时，利用下水平的巷道和系统，将这几个下山采区又改为上山采区，余下几个区段的出煤由下水平运输。这种方式对开拓延深有利，但会减少下水平的可采储量，缩短下水平的服务年限。从增加上水平的可采储量着眼，这只是一个非常的应急方法，使用时应慎重。

应该指出，下山开采与利用主要下山开采水平是不同的，在后一情况下，要在主要下山部分设开采水平，主要下山即为暗斜井，各采区仍为上山开采。

134. 辅助水平如何应用？

辅助水平是开采水平内，因生产需要而增设的有阶段或分层运输大巷的水平位置及所服务的开采范围。辅助水平也要布置大巷及车场，有上山或下山与开采水平连通，承担辅助水平开采的运输、通风等任务，但不直接向井底运煤，一般也不直接与井（硐）相通。与开采水平相比，辅助水平的车场、硐室及设施等均较简单。应用辅助水平要针对不同情况，采取合理的方式和恰当的措施。

（1）阶段辅助水平　当矿井水平垂高有必要而又划分的很大时，开采水平以上的煤层如划分为一个阶段，则阶段斜长过大，上山辅助运输设备选型困难、安全不可靠，可将开采水平以上的煤层划分为两个阶段，在两个阶段间设辅助水平，利用辅助水平开采上一阶段。

（2）中间辅助水平　采用多水平上、下山开采的矿井，上水平下山采区的排水、通风及辅助提升比较困难，下水平的回风问题也需要妥善解决，于是可在两个开采水平之间设辅助水平（中间水平），使这些问题得到较合理的解决。

（3）开采急斜煤层矿井的辅助水平　对开采急斜煤层的矿井，由于受溜煤、运料、人员上下等技术和安全条件的限制，阶段垂高较小，水平可采储量少，水平服务年限短；如果井田走向长度短，则水平接替将更为紧张，频繁的水平延深和生产过渡将给生产技术管理增加许多困难。为此，一些矿井加大了开采水平的垂高、一次延深两个阶段的高度，在两个阶段间设辅助水平，上阶段出煤用设在井筒附近的溜煤眼下放到下阶段，再从下阶段提至地面。很明显，这种方式增加了上阶段出煤的运输环节和总的提升工作量，长距离溜煤使煤破碎，并有堵溜煤眼的危险，而节约的工程量不多，如非必不得已，一般不宜采用。

(4) 单层辅助水平　一些开采近水平煤层的矿井，采用分煤层开拓，即在主采层设开采水平，布置为全井田服务的大巷、井底车场及设施，而在主采层以上或以下的煤层设辅助水平，开掘为该层开采服务的辅助水平巷道，并用暗井或暗斜井与开采水平连通，煤经溜井下放或暗井提升，并利用暗井或暗斜井进行提升。这种方式井下运输转载环节多，生产比较分散，对矿井集中生产不利，随盘区联合布置的发展，这种方式已很少使用。但如煤层间距较远、储量不甚丰富，既不能联合布置开采，又不宜单设开采水平时，这种方式仍是可以考虑的。

综上所述，辅助水平的设置是以加大水平垂高为前提，而辅助水平的应用又可以加大水平垂高，但设置辅助水平毕竟是增加了矿井的运输环节，使生产系统趋于复杂，在具体矿井条件下，如果没有明显的技术经济优越性，一般不宜采用。

135. 开采水平的划分及位置选择应遵循什么原则？

划分开采水平要以合理的水平垂高为基本依据，结合上、下山开采和辅助水平的正确选用，并且要适合具体矿井地质和开采条件。

(1) 近水平煤层矿井开采水平的划分及位置选择　对开采近水平煤层的矿井，主要考虑开采水平在煤组内的合理位置及标高。对上下可采煤层相距不远的矿井，可以只设一个开采水平，采用单水平开拓，一般将开采水平设在煤组的底部；布置集中运输大巷及联合布置的盘区（带区），应合理确定开采水平的标高位置，防止水平大巷穿越开采煤层的顶板，使煤层开采困难。如井田内可采煤层数目较多、上下可采煤层相距较远，就要划分煤组，分煤组设开采水平。首先，应研究各煤层的赋存状态、开采特点、联合布置盘区（带区）的可能性，作为分煤组设开采水平的基本依据；其次，应保证开采水平有足够的储量，能满足规定水平服务年限的要求；第三，还应使分煤组内有稳定的、开采条件较好的中厚或厚煤层，以利于工作面生产。分煤组开采水平一般设在分煤组的底部。为了合

理集中生产，根据矿井煤层条件，可上下相距百米左右设一个开采水平。

（2）缓斜、倾斜煤层矿井开采水平的划分 首先应研究煤层赋存特点，进行煤层地质条件的开采工艺性评价，并结合井型大小、采煤机械化要求，从保证采煤工作面、采区有合理的尺寸出发，研究合理的阶段斜长及垂高。由于矿井地质条件的多样性和复杂性，井田各部分煤层的倾角可能不同，一定的阶段垂高对应不同的阶级斜长，这就要以储量的主要部分（一般是倾角较小的部分）来确定合理的阶段斜长与垂高；再结合上、下山开采及辅助水平的应用，确定合理的开采水平垂高。对开采倾角在16°以下的缓斜煤层的矿井，宜按上、下山开采考虑。

以合理的水平垂高划分开采水平时，还必须结合井田的地质构造特点适当地进行调整。例如，煤层沿倾斜方向的倾角变化较大，或者有较大落差的走向断层切割时，就可在基本满足合理水平垂高的基础上，以这些自然条件划分开采水平，以便为各煤层块段的开采创造良好的条件。确定矿井开采水平的标高位置还应考虑相邻矿井的关系，如相邻矿井有合并的前景，则宜使两矿的开采水平标高相一致，以便为未来可能的矿井合并或原有井巷利用创造条件。

（3）急斜煤层开采水平划分 对开采急斜煤层的矿井，通常每个开采水平只采一个上山阶段，而急斜煤层的阶段垂高主要决定于煤层的赋存条件、所采用的采煤方法及采区巷道布置。一般急斜煤层的采区只划分为2～3个区段，相应的阶段垂高为100～150m，再考虑开采水平可采用储量的要求划分开采水平，其可供选择的范围较小。

136. 主、副井筒如何布置？

主、副井筒布置包括主、副井的配置，井筒的倾角和层位选择及井筒与工业场地位置的选择。有关井（硐）配置和层位选择已在井田开拓方式的分析中详细论述，在此着重讨论井筒（硐）及工业场地位置的选择。

(1) 沿井田走向的有利井筒位置　沿井田走向的有利井筒位置是在井田中央。当井田两翼储量分布不均时，井筒位置宜设在储量分布的中央，使井田两翼储量分布比较均衡，尽可能避免井筒偏于一翼，形成单翼开采。井筒设在中央的双翼开采较单翼开采有显著的优点。

① 井筒设在井田走向中央（储量分布中心）时，可使井下沿井田走向的运输工作量最小。而当井筒偏在井田边界单翼开采时，其沿走向的井下运输工作量要较前者大一倍。

② 井筒设在井田中央时，两翼的产量、配风量比较均衡，通风网路较短，通风阻力较小；井筒偏于一翼时，通风路线长，风压大；当产量集中于一翼时，一翼配风量要成倍增加，风压更大，要降低风压，就要加大巷道断面，增加巷道工程量。

③ 井筒设在井田中央时，以两翼配采保证矿井产量，两翼产量比较均衡，开采的年限和结束的时间均较接近，有利于水平接替。井筒偏于一翼，一翼过早采完，然后产量集中于另一翼，风量也要集中于一翼，可能造成通风上的困难，并加大配采和水平过渡的难度。

使井筒靠近井田走向中央只是考虑煤层储量开采的一般原则，从煤层地质条件的开采工艺性考虑，宜将井筒布置在靠近高级储量的地段，使首采区和初期开采的地段具有较好的地质条件，以便矿井投产后能迅速达到设计能力，及早取得良好的技术经济效益。在实际工作中，还要考虑其他因素的综合影响。

(2) 沿井田倾斜方向的有利井筒位置　对不同开拓方式的矿井，沿井田倾斜方向的有利井筒位置有不同情况。平硐开拓主要取次于地形条件；斜井开拓时，斜井井筒沿倾斜方向的位置主要是选择合适的层位、倾角井口和井底位置。

立井开拓时，井筒沿井田倾斜方向的位置原则上有浅部（A）、中部（B）和深部（C）三种方案，如图 4-28 所示。井筒设在中部时，石门总长度及沿石门的运输工作量最小；井筒设在浅部时，石门总长度及沿石门的运输工作量虽然较大，但初期工程量及投资较

少，建井期较短；井筒设在深部时，初期工程量大，石门总长度及沿石门的运输工作量也较大，但如煤系基底有富含水岩层、不允许井筒穿过时，深部的井位可使井筒向下延深，对井田深部开采及向下扩展有利。从保护井筒及工业场地煤柱损失看，愈靠近浅部，煤柱尺寸越小，愈近深部，煤柱损失愈大。有利的井位就要在相互矛盾的因素综合影响下选优。

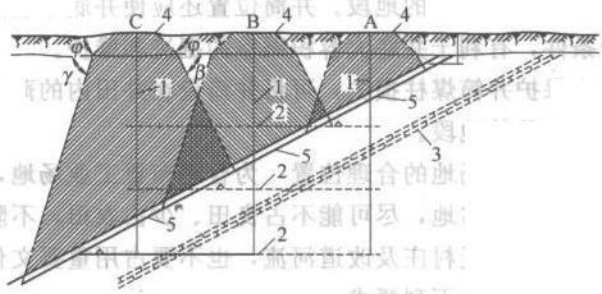


图 4-28 立井井筒位置

φ—松散层移动角；γ—上山方向移动角；β—下山方向移动角

1—井筒；2—石门；3—富含水岩层；4—工业场地；5—井筒保护煤柱

上述井位在浅、深部利弊的消长关系随矿井煤层条件而异。对单水平开采缓斜煤层的矿井。从井下运输及开采有利出发，井筒应坐落在井田中部，使上山部分略大于下山部分。对多水平开采缓斜、倾斜煤层的矿井，如煤层的可采总厚度大，为减少保护井筒和工业场地煤柱损失及减少初期工程量，可使井筒靠近井田浅部的适当位置，并应使保护井筒煤柱不占初期投产采区。对开采急斜煤层的矿井，井筒位置变化引起的石门长度变化较小，而对保护井筒煤柱尺寸变化幅度影响很大，尤其是可采煤层总厚度大的矿井，大量煤柱损失就成为严重的问题，故井筒宜靠近井田浅部。开采特厚煤层时，井筒还可设在煤系底板。开采近水平煤层的矿井，使井筒靠近储量中央是一般原则，要结合地质构造、地形地貌等因素考虑。

(3) 井筒穿过地层的合理位置 为便于井筒的开凿施工，减少掘进的困难及费用，应使井筒通过的表土和岩层具有较好的水文、

围岩和地质条件，虽然用特殊凿井法可以在水文地质情况复杂的条件下掘砌井筒，但所需的施工设备多，工艺复杂，掘进速度慢，掘进费用高，因此井筒应尽可能不通过流砂层、较厚的冲积层及较大的含水层。当必须通过巨厚含水冲积层时，宜在其厚度较薄处通过。

为便于井筒的掘进和维护，井筒应避开受地质破坏比较剧烈的地带及可能受采动影响的地段。井筒位置还应使井底车场附近有较好的围岩条件，有利于井底大容积硐室的掘进和维护。

为减少保护井筒煤柱损失，可将井筒设在井田内的薄煤带、无煤带或煤质较差的地段。

(4) 地面工业场地的合理位置　为合理布置工业场地，应充分利用荒山、坡地、劣地，尽可能不占良田、少占农田，不防碍农田水利建设，避免拆迁村庄及改道河流，也不要占用重要文化古迹和园林，还应注意符合下列要求。

① 要有足够的场地，便于布置矿井地面生产系统及工业建筑物和构筑物，如主、副井提升机房、井口车场、受煤仓、装车站等。根据矿井条件及需要，还要考虑是否为以后的发展留必要的余地。

② 要有较好的工程地质和水文地质条件，尽可能避开滑坡、崩岩、溶洞、流砂、采空区等不良地段，既是便于施工的需要，也是为了防止自然灾害的侵袭。

③ 要便于矿井供电、供水及与外部的运输联系，附近有便于建设居住区、排矸场的地点。

④ 要避免井筒和工业场地遭受水患，井筒位置应高于当地最高洪水位，并且其位置经附近工农业基本建设（如水库堤坝、铁路路基等）、改变地形地貌和泄水条件后，仍能不受洪水威胁。在平原地区还应考虑工业场地内雨水、污水排出是否便利。在森林地区，工业场地与森林之间应有足够的防火距离。

⑤ 要充分利用地形，使工业场地布置及地面运输合理，并使平整场地的工程量较少。



(5) 井筒及工业场地位置的选择 综上所述，选择井筒及工业场地位置既要力求做到对井下开采有利，又要注意使地面布置合理，还要便于井筒的开凿和维护，能否、如何达到这些要求，又与矿井的地质、地形、水文、煤层赋存情况等因素密切联系，在具体条件下，要同时满足这些要求往往是很困难的，这就必须深入调查研究，综合分析影响因素，分清主次矛盾，寻求较合理的方案。

在一般情况下，如地面工业场地选择不太困难，应首先考虑井下开采有利的位置，如矿井地面为山峦起伏、地形复杂的山区，就应首先考虑地面运输和工业场地有利位置，并结合考虑井下开采有利的位置；如表土为很厚的冲积层、水文地质条件复杂，就应结合井下开采有利及冲积层较薄的地点综合考虑。各矿井的条件千差万别，能提出的可行、合理方案各不相同，都应作为个案处理，没有统一的模式和规范的方法。具体矿井井筒位置的确定，往往是结合开拓方式的选择，提出若干个方案，由方案比较法确定。

137. 风井如何布置?

风井是担负矿井通风任务的井硐，有进风井和出风井，通常主、副井兼具风井功能，根据矿井通风需要，可开掘专用的通风井。风井布置应根据矿井煤层赋存特征、井田范围和井型大小及瓦斯等条件，结合矿井开拓和通风方式的要求合理确定。通风方式不同，风井布置也不相同。

(1) 中央并列式布置 中央并列式是进风井和出风井并列在工业场地内的布置方式。根据不同矿井条件又有不同方式。对以罐笼或串车提煤的中小型矿井，一般是主井进风、副井出风。对以带式输送机提煤的斜井，一般由副井进风，另外掘一个风井。采用立井开拓时，对以箕斗提煤的立井，一般以副井进风，可以用箕斗井出风，此时要在井田上部边界设置安全出口；或者不用箕斗井出风，而在工业场地内另掘一个中央风井，采用中央风井可以加快矿井建设，减少风井漏风，改善箕斗井的运行条件，已在一些立井开拓的矿井应用并取得了良好效果。

中央并列式的优点是工业场地布置集中，管理方便，保护井筒的煤柱损失较少，构成矿井通风系统的时间短。其缺点是通风线路长，通风阻力大，井下漏风多，故这种方式适于井田范围和井型不大、瓦斯涌出量不大的矿井。对井田尺寸和瓦斯都大的大型矿井，其投产初期开采范围不大，也可采用这种方式。

(2) 中央分列式布置　即进风井和出风井分设在工业场地和井田上部或下部边界的布置方式。采用这种布置方式时，一般由设在工业场地内的主井或副井进风，由边界风井出风。中央分列式的通风线路短、通风阻力较小，井下漏风较少。由于风井设在井田中央上部边界，矿井转入下部开采后，如仍由边界风井出风，要维护较长的回风巷道，另外，要为风井建设必要的工业设施，还要留设保护风井的煤柱，故这种方式适于井田走向长度较大、煤层赋存不深、倾角不大的矿井。当井田下部开采范围大，矿井转入下部开采时，也可在井田下部设边界风井，形成中央分列式布置。

(3) 对角式布置　即进风井和出风井分别设在工业场地和两翼的布置方式。这种方式的通风线路长度变化小，矿井通风的风压变动小，通风机工作稳定，当矿井一翼通风机发生故障或井下发生灾害时，另一翼通风机还可运转。这种方式的缺点是出风井和通风设备较多，工业场地分散，占地和保护煤柱损失较多，建井时主、副井与风井贯通的距离长，需要较长的施工时间。这种方式适于对通风要求很严格的大型矿井。一些井田尺寸大、原有风井采用其他布置的矿井，后期可改用这种方式。

(4) 分区式布置　采用分区域开拓时，各分区分别设进风井和出风井的布置方式。这种方式各分区通风系统基本独立，安全性好，但占用风井和通风机较多，适于分区域开拓的矿井。为保证矿井通风安全，要求各分区共用风路的风压较小，使其不超过任一通风机风压的30%。

(5) 采区式布置　采用分区通风、进风井和出风井分设在工业场地和采区上部边界的布置方式。可以由中央进风，在采区风井设通风机抽风；也有的矿采用中央压入式通风，各采区风井自然排

出。这种方式的通风线路更短，各采区通风方便、灵活，通风阻力小，建井时可以几个采区同时施工，加快矿井建设。其缺点是风井及所需通风设备较多，故只适于煤层赋存浅的矿井。

(6) 混合式布置　采用混合式通风，在井田中央和两翼边界均设进、出风井的布置方式。这种方式的风井多，系统复杂，大多是生产矿井扩大井田开采范围、进行改扩建或生产矿井合并所形成的，其应用也应根据具体矿井条件确定。

上述几种方式的选用要针对具体矿井条件，结合矿井开拓方式进行分析和设计，多方案优化确定。应该强调指出，与主、副井布置相比较，风井布置更具时限性和局部性，在矿井长达数十年的服务期内，阶段性地改变通风系统是正常的，如井田走向长的矿井，投产初期采用中央并列式布置，随开采范围的扩展，中后期可改为中央分列式或对角式，因而风井的布置比较灵活。

风井井筒位置选择的原则及应注意的问题与前述主、副井筒位置的选择基本相同。

138. 大巷类型及布置原则是什么?

大巷的主要功能是担负煤、矸、物料和人员的运输，进行通风、泄水和敷设管线。对大巷的基本要求是开采布置合理，保证井下运输畅通，利于掘进和维护，能满足矿井通风安全的需要。根据矿井煤层赋存特征、井型大小和开拓方式的不同，大巷有不同类型，采用的运输方式和设备不同，但要遵从相应的技术、安全规定。

(1) 大巷的类型　按大巷在矿井开拓系统中的作用，大巷可分为运输大巷和回风大巷。由于运输大巷最为重要，起着主导和定向的作用，回风大巷要配合运输大巷布置。对多水平开采的矿井，上水平的运输大巷常作为下水平的回风巷，故通常在不另加说明时，大巷即指运输大巷。

按担负的运输功能划分，大巷可分为主要运输（运煤）大巷和辅助运输大巷。大多数矿井大巷采用矿车轨道运输，运煤和辅助运

输由同一条大巷承担。大巷用带式输送机运煤时，要另设辅助运输大巷（采用轨道运输时又称轨道大巷），如矿井生产能力不很大，辅助运输工作量较小时，也可设机轨合一的一条大巷。

按大巷所在的层位划分，有岩层大巷和煤层大巷。按大巷在开采水平的布置划分有单层大巷、集中大巷、分组集中大巷及平行多大巷。不同类型的大巷在布置上有不同的要求。

（2）大巷的运输方式和设备　我国各类井型矿井大巷一般采用矿车轨道运输，少数矿井（1995 年为 57 处）的大巷用带式输送机运煤，而矸石、物料仍采用矿车轨道运输。

采用矿车轨道运输时，按照我国煤矿装备标准化、系列化和定型化的要求，矿车类型可按表 4-13 选取。牵引机车选取主要决定于矿井的瓦斯等级和运量、运距等因素。低瓦斯矿井大巷运输可选用架线电机车；高瓦斯矿井大巷运输应使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车，如要使用架线电机车，大巷必须砌碹或锚喷支护，并采取符合安全规定的措施。

表 4-13　不同井型矿井的矿车选型

井型/(Mt/a)	运　煤	辅助运输	矿车轨距/mm
≥3.0	5t 底卸式矿车、5t 侧卸式矿车，带式输送机	1.5t 固定车厢式矿车	600900
0.9～2.4	3t 底卸式矿车、3t 侧卸式矿车，带式输送机	1.5t 或 1t 固定车厢式矿车	600900
≤0.6	1t 固定车厢式矿车	1t 固定车厢式矿车	600

采用带式输送机运煤时，一般要另设一条辅助运输大巷，绝大多数此类矿井仍采用矿车轨道运输，个别矿井采用了单轨吊或无轨胶轮车运输，实现了从大巷到采区、工作面辅助运输的连续化，这是今后的发展方向。

大巷运煤采用矿车轨道运输或带式输送机运输各有利弊。采用矿车轨道运输可同时一并解决煤、矸、物料和人员的运输问题，能适应两翼生产不均衡的变化，可满足井下不同煤种的煤层分采分运的要求，对巷道弯曲转折没有多大限制，运煤过程中产生的煤尘较



少，对矿井通风安全有利，另外，长距离运输时费用较低。采用带式输送机运煤时运输能力大、效率高，易于实现自动化，可与采区运输衔接，组成井下的煤流连续运输，当矿井采用斜井开拓、且用带式输送机提煤时，可实现由井下工作面到地面的连续运输，对矿井高产高效建设有利；但当井田走向长度大、生产采区和装煤点多时，要求铺设的带式输送机长度大，可能使运煤设备能力利用不够充分，还需要另开一条辅助运输大巷解决辅助运输问题。因此，矿车轨道运输适于运距长、拐弯多、不同煤种分运、巷道围岩变形量小、巷道断面大的大巷，带式输送机运输则适于运量大、运距较短、煤种单一、装载点少、巷道直的大巷。具体矿井大巷选用何种方式，要根据矿井煤层赋存特征、开拓巷道布置、运距及运量等因素，经技术经济论证后合理确定。

(3) 大巷的断面和支护　大巷断面要能满足运输、通风、行人、检修和管缆敷设的需要，符合《煤矿安全规程》的规定。

采用矿车轨道运输的大巷一般取双轨巷道断面；对于生产能力不大的中小型矿井，根据实际需要和可能，也可以取单轨巷道断面。大巷铺单轨时，要在井底车场和采区车场之间设双轨错车场，加宽该处巷道断面，错车线长度要大于一个列车的长度，大巷线路应有30%的富余通过能力。

大巷用带式输送机运煤时，巷道断面要随运煤与辅助运输的配合方式而定。新建矿井要平行布置带式输送机大巷和轨道大巷（或其他辅助运输大巷）2条大巷，每隔一定距离用联络巷连接。为便于处理两条大巷的交叉关系，并便于带式输送机大巷的泄水，带式输送机大巷可略高于轨道大巷。带式输送机大巷的断面要能满足检修要求，当设检修道时，检修道与带式输送机间应留适当的安全距离，轨道大巷可取单轨或双轨断面；当带式输送机大巷不设检修道时，轨道大巷应取双轨断面。一些生产矿井将带式输送机和轨道安排在同一条大巷中，即所谓的机轨合一，这种方式布置紧凑，少掘一条大巷，但一条巷道的断面大，特别是在巷道交叉处施工较困难，且为便于带式输送机跨越轨道及架线，要抬高带式输送机及巷

道高度，更不利于施工，同时一条巷道布置2套运输系统，难免互相干扰，另外，大巷进风则使煤尘飞扬，不利于矿井安全，不是特殊情况，一般不宜采用。

大巷断面要满足通过风量和风速限制的要求。大巷最大允许风速，当采用矿车轨道运输时为8m/s，但设计时要留有余地，一般取6m/s。当采用带式输送机时为6m/s，设计时可取4m/s。

大巷服务期限很长，对巷道支护要求高，一般宜采用锚喷、砌碹或金属支架，当大巷布置在有自燃倾向的煤层时，大巷必须锚喷或砌碹。

(4) 大巷的方向和坡度　对井田划分为阶段开采的矿井，大巷的方向与煤层的走向大体一致。当煤层因褶曲、断层等地质构造影响，局部地段走向变化、转折多时，为缩短线路和巷道长度、并便于运输，可将大巷按取直布置，但此时要注意取直后对开采的影响，以使大巷通过该处能有较好的围岩条件，并便于采区布置。

对开采近水平煤层的矿井，煤层走向的方向变化大，往往还有小的波状起伏、局部隆起或低洼，井田划分为盘区或带区，为便于布置工作面并使其有合理的推进长度，大巷应与煤层的主要延展方向相一致。当井田内开采煤层数目较多，上下煤层（组）分别布置大巷时，上下煤层（组）大巷的方向应一致，平面位置宜重叠，以便少留保护大巷的安全煤柱，也便于上下煤层的配采。

大巷的坡度以有利于运输和泄水为原则。采用电机车运输的矿井，一般采用等阻力坡度，使大巷向井底车场方向有3‰的下坡。对井下涌水量很大的矿井、采用水砂充填采煤法的矿井、大巷流水含泥量较多的矿井，为利于疏水及防止流水中泥分沉淀、淤塞水沟，大巷坡度亦可取为5‰。带式输送机大巷的方向和坡度应尽可能与平行的轨道大巷相一致，为便于带式输送机大巷和轨道大巷在井底车场内的布置，避免巷道交叉跨越上的困难，带式输送机大巷靠近井底车场方向的一段要逐步抬高，以便与煤仓上的配合巷连接，带式输送机大巷此段抬高的长度和坡度，要根据井底车场箕斗装载硐室煤仓的上部标高及抬高的范围来确定。



对开采近水平煤层，大巷采用带式输送机运煤且辅助运输采用无轨胶轮车（或单轨吊车、卡轨车、齿轨车和胶带轮机车）的矿井，根据煤层延展方向及井田地质构造情况，大巷宜按有利于各带区、工作面开采有利的方向布置（不限于沿走向倾斜及伪斜）。大巷坡度则主要由所采用的运输设备的技术特征确定，并可随煤层的起伏而变化，甚至布置成为一条坡度不大的斜大巷。

139. 大巷布置方式有哪些？

根据矿井开采煤层数目、层间距离及准备方式的不同，运输大巷可单煤层布置，称为单层大巷；也可全煤组集中布置，称为集中大巷；或分煤组布置，称为分组集中大巷。不同方式的大巷布置要与对应的煤层采区联系方式相配合，采用单层大巷或分组集中大巷时，各大巷之间、大巷与井底车场之间用主石门连接；采用集中大巷时，各煤层用采区石门（组）直接与集中大巷相连接。因而大巷布置方式也就决定着层间联系方式。

140. 单层、分组与集中大巷如何应用？

我国矿井大巷布置方式有一个演变过程，并且表现出明显的趋势。20世纪50年代初期主要采用单层布置方式，“一五”时期后，随生产发展和采掘技术的提高及进一步集中生产的要求，许多矿井加大了新采区的开采范围，新开拓的水平采用了分组集中或集中大巷布置方式，总的趋势是向集中方向发展。

大巷是采用单层、还是采用集中或分组集中布置方式，主要决定于矿井开采的煤层层数、层间距、倾角、开采强度及安全要求等因素。煤层间距大、倾角缓、石门长度大，可用单层大巷布置；煤层层间距小、倾角较大、石门长度短，宜用集中大巷布置。由于我国煤矿一般是开采近距煤层群，故以集中大巷布置和分组集中大巷布置居多。实际矿井应用的情况，层间距小于50m的煤层一般采用集中布置，分组集中布置的分层间距一般大于70m。在具体矿井条件下选用何种大巷布置方式，通常是结合矿井煤层条件和开拓布置情况，提出若干个可行方案，进行技术、经济和安全等方面的综

合比较。比较的项目主要有各方案的开拓工程量和巷道掘进费、巷道维护费、运输费、煤柱损失、安全生产条件等。在某些情况下，虽有集中布置的条件，但从煤层开采有利考虑，有时仍然采用分组集中布置。

① 多水平开采的矿井，上下两个水平同时生产，上水平要保证该水平的运输和进风，又要保证下水平的回风，使上下水平的进风与回风互不干扰，就必须分别布置大巷。采用分组集中布置大巷，可较为方便地解决这一问题。

② 对可采煤层多、煤层总厚度大的矿井，当井筒落在开采水平的位置在煤组的上部或顶板方向时，如要在煤系底板岩层中设大巷，再掘采区石门进行上煤层的采区准备，将开掘主石门、采区石门，初期工程量较大，建井时间长，且要增加反向运输工作量。为此，可在上部煤层设分组集中大巷，先期开采上部煤层，使矿井提前投产，待开采转入下部煤层后，或改用集中大巷布置，或仍然采用分组集中布置，再根据后期发展及采区联合布置等因素确定。

③ 在某些特定条件下使用分组集中大巷时，可以将采区石门贯通两条或更多的分组集中大巷，形成多个闭合的环形巷道网，称为环形大巷。采用这种大巷布置方式时，每个采区均经环形线路与井底车场连接，此时为便于行车调度，分组大巷与采区石门可采用单向行车，以提高线路通过能力，大巷也可只铺单轨，采用较小的巷道断面。这种布置方式掘进的大巷和石门的数目较多。

141. 高产高效矿井大巷布置发展的新方向是什么？

近 10 多年来，国内外大力进行了高产高效矿井建设，出现了一批以现代科学技术手段和技术装备武装的、以同采 1～2 个工作面保证全矿产量的大型和特大型矿井。这些矿井具有显著的经济效益和鲜明的技术特点。从影响和推动矿井开采部署和大巷布置改革考虑，可举出其主要技术特征。

① 采掘推进的高速度　采煤工作面日进度在 10m/d 以上，最高可达 30m/d 以上，相应地要求加快工作面准备，在采取配套的



综掘或掘进机械化作业线后，掘进速度更快，综掘月进度可达2000m/月。

② 采运煤流的高强度 工作面采出、输送机巷运出煤流的强度高达1000t/h以上，日产可达10kt/d以上。

③ 矿井生产的高度集中 以1～2个工作面保产，同期只在一层煤或其一翼开采，生产区域高度集中。

④ 开采布置的参数大 工作面长度可超过200～250m，工作面推进方向长度可超过3000～4000m，一个工作面回采的块段（区段）煤炭储量可达数百万吨，从回采面积和储量看，大体上相当于以往的一个采区。此外，回采巷道的断面大，所通过的煤流、风流强度大，就其功效而言，相当于以往一个大型矿井的大巷水平。

上述高产高效矿井的特点还在继续向深度和广度上发展，这些发展又对新型矿井的大巷布置提出了新的要求，从技术分析及改革要求出发，可举出以下的发展方向。

① 从影响大巷布置的主要因素及其重要程度分析，矿井开采煤层的厚度、层数、层间距、倾角和构造等地质条件仍是各类矿井开拓部署和大巷布置的最重要的基本依据。对于高产高效矿井，要更多地考虑高速度、高强度、高度集中开采新技术的影响，适应技术进步后的变化与要求，谋取更好的技术效果和经济效益。

② 对我国多层次、多类型、不同条件的高产高效矿井，前述关于大巷布置方式、层位选择的基本原则仍是适用的。对于开采缓斜、倾斜和急斜近距离煤层群、开采强度不是很大的矿井，仍将以集中或分组集中大巷方式为主，主要为岩石大巷、少数情况下也可采用煤层大巷，其取舍主要决定于技术要求及巷道掘进与维护费用的相对消长关系。对于开采近水平煤层和倾角不大的缓斜煤层、开采强度大的矿井，煤层大巷单层布置方式可取得良好的技术经济效果，是主要的发展方向。

③ 对以1～2个工作面同采保证全矿产量的大型、特大型现代高产高效矿井，采用全矿逐层开采、同期只采一层的方式具有显著的优越性：同期只在一个煤层内进行采掘工作，采掘设备技术特性

和要求及应用条件一致，可简化设备类型，减少同期拥有的设备套数，降低设备购置及维修费用，提高设备利用率；便于实施煤层内的连续运输，简化运输系统，提高运输效率和自动化程度；减少层间联络岩巷及同期维护巷道的总长度、降低巷道掘进和维护费用；对新建矿井，还可减少初期工程量（尤其是岩巷工程量）和初期投资，缩短建井工期，及早发挥投资效果。基于此，对于这类矿井，逐层开采是重要的发展趋势，与此相适应，以现代采煤技术支撑的新的煤层大巷单层布置方式是重要的发展方向。

④ 与以往的大型特大型矿井相比较，一矿一面（或一层一面、一翼一面）的高产高效矿井的生产系统结构有了重大的改变，从全矿（开采水平）-同采的多采区-采区的多工作面多级树状结构，改变为全矿（开采水平）、采区、工作面功能统一的一条龙结构。这种序贯结构的系统更简单，并且以高可靠性的开采技术和装备为保证，系统可靠性和能效度（利用率）大大提高。对于这类矿井，以往严格划分和独立的采区概念在这里趋于模糊和淡化，随着它的进一步发展，出现了取消采区这一中间环节，发展为更简单的矿井（开采水平）、工作面生产系统结构的新方向。在新的生产结构条件下，由于井田范围的限定、回采块段参数的增大及单条回采巷道加长的总趋势，有可能精心设计，缩短开采水平大巷的长度。

⑤ 采掘速度的加快，回采块段参数的增大及煤流生产系统结构的改变，使矿井全局与工作面的联结更密切，井田开采的时空领域缩短了，变小了。对应这些变化，在技术原则和观念上也应有所改进，更要强调从矿井设计开始到以后矿井的生产建设工作中，把矿井大巷布置与工作面布置联系起来，当作一个整体来研究，以寻求具体矿井条件下的合理布置方式，并研究解决新出现的问题。

142. 什么是井底车场？井底车场有哪些形式？井底车场的调车方式有哪些？

井底车场是连接井筒和大巷或主石门的一组巷道及井底附近各种硐室的总称。井底车场担负井上下煤矸、物料、人员的转运，是

联结井下运输和矿井提升的枢纽，并为矿井的通风、排水、动力供应、通讯、调度服务，对保证矿井正常生产起重要作用。

车底车场的类型繁多，按连接的井筒不同，有立井井底车场、斜井井底车场和立井-斜井井底车场；按联结的大巷运输方式不同，有用固定式矿车运煤的井底车场、底卸式（侧卸式）矿车运煤的井底车场和带式输送机运煤的井底车场；从井底车场内列车调运方式划分，有环行式和折返式两大类，它又可以进一步再分为若干种次一级的方式。对于具体矿井，其井底车场更可带有本矿的特点。

井底车场的调车方式随大巷运输方式和设备及井底车场形式不同而异，分固定式矿车与底卸式矿车列车两类调车方式。固定式矿车的列车调车方式主要有：顶推调车、甩车调车、专用设备调车和顶推拉调车四种。

143. 井底车场形式的选择原则是什么？

井底车场形式应根据井田地质条件、井型大小、井筒提升和大巷运输方式、井筒与大巷的相对位置及地面生产系统布置等因素合理确定。应使选定的井底车场调车方便，操作安全，施工较易，工程量较省，能满足矿井生产的需要，并有不小于30%的富余通过能力。根据具体矿井的发展前景，还要考虑留有扩建的可能性。

井底车场形式选择涉及多方面的因素，以下是进行选择的主要原则。

① 井底车场形式应与煤层赋存条件和开拓方式相适应，按矿井采用的开拓方式选用立井或斜井井底车场。对开采缓斜和倾斜煤层的矿井（立井和穿层斜井），根据主、副井筒与大巷的相对位置来选择井底车场形式：当井底距大巷近时，可选用卧式环行式或梭式车场；井底距大巷较远时，可选用立式环行式车场；井底距大巷远时，可选用刀式（立式的一种）环行式车场或尽头式车场；如井筒距大巷较近、井筒出车方向与大巷走向斜交时，可采用斜式环行式车场。对多水平开拓的矿井，主、副井相对位置、提升方位角、井上下出车方向是同一的，各水平的井底车场都要适应这些共同的

条件，但各水平井底至大巷的距离不同，要结合具体矿井条件选择合适的井底车场形式。对开采急斜煤层的矿井，各水平的井底车场基本相同，可采用刀式环行式车场或尽头式车场。对开采近水平煤层的矿井，井下条件对井底车场布置的限制较少，可结合井上下的条件选择合适的井底车场形式。

② 井底车场形式应与矿井井型相适应　大中型矿井要求井底车场通过能力较大，宜选用环行式或折返式车场。对特大型矿井，可用增设主井复线、卸载站的方法提高井底车场的通过能力。小型矿井对井底车场通过能力的要求不难满足，应尽可能利用大巷或主石门作为车场的存车线，根据井底距大巷的远近，选用简单的刀式环行式、梭式或尽头式井底车场。

③ 井底车场形式应与大巷运输和井筒提升方式相适应　根据矿井大巷运输方式和设备，选用适于固定式矿车、底卸式矿车、侧卸式矿车或带式输送机运输的井底车场。固定式矿车运输的井底车场宜选用环行式或多巷折返式，底卸式矿车运输的井底车场宜选用折返式。大巷用带式输送机运煤、立井箕斗提升的井底车场可用上装式煤仓或下装式煤仓，要结合矿井具体条件，经技术经济比较确定。采用带式输送机提煤的斜井井底车场形式选择与立井井底车场选择基本相同。采用串车提升的斜井可采用甩车场或平车场，前者多用于井筒倾角较大、多水平开采、需要延深井筒的斜井，后者宜用于倾角较小、井筒不延深的矿井。

④ 对于开采不同煤种煤层、要求分采分运的矿井，井底车场应分别设置不同煤种的存车线路和卸载与箕斗装煤系统，可采用多巷环行式或多巷折返式车场。

⑤ 选择井底车场形式还应考虑地面和井下条件。矿井工业场地设在地形复杂地区时，地形限制地面生产系统布置及井口出车方向，要据此确定井底出车方向及与大巷连接，采用与之相适应的井底车场形式。如井底车场附近围岩条件不太好，就不宜采用巷道断面太大的车场。井下需风量很大时，采用立式环行式或多巷折返式可增大巷道通风断面，是有利的。

一般而言，井底车场形式选择是井田开拓中带局部性的问题，是在主、副井筒位置、大巷布置、井筒提升和大巷运输方式等已经原则确定的基础上进行的，因而受这些原则技术决定的制约。具体选择和设计时，先绘出主副井筒位置及其提升方位角、大巷（或主石门）位置，然后拟定井底车场的形式和方案，通过对不同井底车场方案的技术经济比较，而后择优选用。

第5章
煤炭露天开采

1. 什么是露天开采？露天开采与地下开采相比有哪些优、缺点？

露天开采是直接从地表揭露开采出煤炭或其他有用矿物的方法。

在适宜于进行露天开采的地区，露天开采与地下开采相比有以下优点。

① 生产能力大　在“七五”至“九五”期间，新建的露天煤矿年生产能力达 10～15Mt/a，“九五”及其后计划兴建的露天煤矿亦以千万吨级为主。德国、俄罗斯已有规模达 50Mt/a 的露天煤矿，年剥离量可达 $(1\sim3)\times10^8 m^3$。

② 建设周期短　一座千万吨级的露天矿建设周期仅需 3～4 年，移交至达产期仅需 1～3 年，而特大型矿井建设从开工、投产到达产一般需时 5～10 年以上不等。

③ 开采成本低　中国露天煤矿吨煤成本约比井工矿低 1/3～1/2。

④ 劳动生产率高　以综采技术为主的井工矿全员劳动生产率近期可达 8～10t/工，露天煤矿全员劳动生产率达 12～25t/工。

⑤ 吨煤投资低　露天煤矿吨煤投资比井工矿的资源回收率低 20%～30%。

⑥ 煤炭资源回收率高　国有重点煤矿平均约为 50%，地方煤矿为 30%，乡镇煤矿为 10%左右；露天煤矿资源回收率一般在 95%以上。

⑦ 作业安全性好　露天煤矿作业环境较好，百万吨死亡率低。

露天开采的缺点是：占用土地多，恶化生态环境，露天开采后

的复田作业需花费较多的时间与费用；作业效率受气候影响大；对煤层赋存条件要求严格，覆盖层太厚或埋藏较深的煤层均不宜用露天开采。

2. 什么是露天开采工艺？

露天开采时，剥离及采矿作业中使用的设备、设施及作业方法的总体构成露天开采工艺。露天开采工艺可由工艺环节和工艺系统表达其特征。

工艺环节是构成露天开采工艺的煤岩预先松碎、采装、运输、排卸等作业的总称。工艺系统则是从各工艺环节间的联系角度表达开采工艺。从研究内容区分，工艺环节侧重于研究各环节设备的作业方式（方法）、工作规格与工作面参数、设备生产能力、环节内部各作业工序间的联系等；工艺系统则研究系统内各环节间设备类型、工作规格、数量及能力的匹配，系统综合参数的确定，系统运行管理等。

3. 什么是露天开采工艺环节？

煤岩预先松碎、采装、运输、排土作业组成露天开采工艺的主要生产环节。

（1）煤岩预先松碎　不能直接从整体采出的煤岩要采用不同方法进行预先松碎作业。软岩、砂质岩石和破碎的岩石，一般可用采掘设备直接挖掘；中硬岩、硬岩、已冻结的含水土岩一般需预先松碎后采掘。

（2）采装　采装是利用一定的采掘设备挖掘自然状态或经预先松碎后的矿岩并装载于运输容器中（或直接卸在指定地点）的工序。

（3）运输　露天矿运输是将采场采出的毛煤运送到选煤厂、破碎站或储煤场，把剥离土岩运送到排土场，将生产过程中所需的人员、设备和材料运送到作业地点。

（4）排土　排土任务是选择合理的排土工艺、参数和设备，组织排土环节内部各工序的紧密配合，充分发挥排土场的能力，保证

采场持续均衡生产。

4. 什么是露天开采工艺系统?

露天开采工艺系统是完成采掘、运输和排卸这三个工艺环节的机械设备和作业方法的总称。

(1) 间断开采工艺　间断开采工艺是由间断式作业环节组成的开采工艺，所产生的煤岩物料流为间断流。按工艺系统中采掘、运输、排卸诸环节所用的设备类型，间断开采工艺可进一步分为不同工艺方式。

(2) 连续式开采工艺　开采工艺系统中各工艺环节均为连续作业式，产生的煤岩物料流为连续流。连续开采工艺的优点是系统生产能力大、效率高、作业成本低以及过程易实现自动控制。缺点是设备投资高及仅宜用于松软物料且非严寒地区。

(3) 半连续开采工艺　开采工艺系统中，一部分为连续开采工艺环节，另一部分为间断工艺环节所组成的工艺系统。产生的煤岩物料流也是部分为连续流，部分为间断流。

(4) 综合开采工艺　又称联合开采工艺，是两种或以上的开采工艺在露天采场内的组合。

5. 影响露天开采工艺选择的因素有哪些?

影响露天开采工艺选择的因素基本上可概括为两大类，即矿床赋存（开发）条件和社会经济条件，其中以矿床条件对开采工艺的选择影响最甚。

(1) 矿床开采条件　对开采工艺选择有重大影响的矿床开采条件主要为以下三方面的因素。

① 剥离物赋存特征

a. 剥离物挖掘特征。包括剥离物挖掘阻力（硬度）、黏结性、可运输性等。其中以剥离物挖掘阻力（硬度）对开采工艺选择影响最大。开采矿岩的硬度是连续与间断工艺应用的分界指标以及选择挖掘设备工作机构的依据。

b. 矿田内剥离物类型。指矿田内剥离物组成是否同一，剥离

物类型单一时可采用同型采装设备；剥离物类型多样时，可考虑采用不同型采装设备，以改善开采效益。

c. 剥采比及覆盖层厚度。前者通过采掘规模影响开采工艺选择，后者则影响到矿建工程量及基建时间。

d. 矿床含水特征。

② 煤层赋存特征　主要因素有煤层厚度、煤层组成特征（单一或复合煤层、夹矸特征）、煤层倾角及其变化特征，煤层倾角对剥采比、新水平降深速度、分层开采及能否实现剥离物内排土有重大影响。一般认为，当煤层倾角小于8°时，允许在同一采区内实现剥离物内排土。

③ 矿田特征　主要包括矿田的开采范围及深度，矿田及其周围地区地形特征，矿田的外排土场位置，地理位置、交通、环境、气候等条件。

（2）社会经济条件　现阶段一些因素对矿业开发有较大制约，表现于以下诸方面。

① 资金　矿业开发是一项建设周期长、投资巨大的建设项目，而当前煤炭开发效益较差，自我发展能力弱，矿业开发常受资金条件制约。

② 设备、备配件及动力供应条件　由于受资源及设备制造水平的限制，现阶段我国在柴油、千万吨级露天设备自给率、备配件供应条件等方面均有所制约，影响开采工艺的选择。

③ 产量规模　我国可供露天开采的储量集中于为数不多的矿区，从社会需求及矿区自身开发效益考虑，宜于建设千万吨级以上的露天煤矿，而这又与资金、设备供应条件等有矛盾，增加了开采工艺选择的难度。

④ 占地及对生态环境的影响　我国可供露天开发的储量基本位于地理位置偏僻、经济不发达的蒙西、陕北、雁北、新疆等地区，故矿区开发占地及对生态环境的影响均较小。

6. 露天矿山工程包括哪些工作？其任务是什么？

露天矿山工程包括剥离工程和采矿工程。露天矿山工程的任务

是建立采场开拓运输系统，即实现自地面至采场各水平间的运输联系。在符合矿岩采出顺序的前提下应力求减少运距，确定采场内土岩剥离和采出矿石在空间和时间上的程序，即采场剥采工程发展程序，合理确定不同生产时期的生产剥采比并进行控制。

7. 什么是露天矿开采程序？开采程序的主要研究内容有哪些？

露天矿的开采程序是指在既定的开采境界内采剥工程在时间和空间上的发展顺序。

开采程序的主要研究内容为：开采台阶的划分，采剥工程初始位置的确定，采剥工程的水平扩展及垂直降深方式，倾斜、急倾斜矿层分期、分区开采方式，近水平、缓斜矿层的条区划分及接续方式以及组合台阶开采方式。

8. 什么是自然剥采比？什么是生产剥采比？

露天矿山以最大工作帮坡角作业时，矿山工程延深一个单位深度时剥离量与矿石量之比称为自然剥采比。

生产剥采比指露天矿在某一定生产时期内（一般以年为单位）必须剥离的岩石量与所采出的矿石量之比。

第6章
煤炭特殊开采

1. 什么是“三下一上采煤”？建筑物下采煤的开采方法有哪些？

通常将建筑物下采煤、水体下采煤、铁路下采煤和承压水上采煤称为“三下一上采煤”。

建筑物下采煤的防护措施主要为两方面：一方面是在井下采取采矿措施，尽量减少建筑物所在地表的移动和变形值，另一方面是对建筑物采取结构保护措施，以提高建筑物承受地表变形的能力。这两方面措施常常联合使用，只有在进行综合经济技术比较后，才能确定着重采取哪方面的措施。

（1）长壁开采时保护地面建筑物的开采措施

① 全柱开采　全柱开采是在建筑物下煤柱的整个范围内，用一个或多个工作面组成的回采线同时推进的开采方法。它可以最大限度地减少开采对受护建筑物的有害影响。为了实现全柱开采，最根本的是要求柱内不出现永久性开采边界和不造成各煤层变形值的累加。为此，必须实现长工作面开采和逐层（或逐分层）间歇开采。

长工作面开采就是利用长工作面形成的地表下沉盆地中央区稳定后变形值很小的特点，使建筑物位于稳定后地表下沉盆地的中央区。这时要求动态变形值小于建筑物允许变形值，还要求开采后潜水位的变化不影响建筑物的正常使用。长工作面布置有两种方式：一是单一长工作面，即在煤柱范围内只布置一个工作面，一般在煤柱面积较小时采用；二是台阶状长工作面，即在煤柱范围内布置几个互相错开的台阶状工作面，一般是在煤柱面积较大时采用这种

方式。

间歇开采是在煤柱内一次只开采一个煤层（或分层）。第二个煤层（或分层）的回采要在第一个煤层（或分层）回采结束、地表移动基本稳定后才能进行，以消除或减少多个煤层开采影响的累加。

② 择优开采　当煤柱范围内有几个煤层时，不一定严格按照由上而下的开采顺序，可以根据煤层的间距、预计的地表变形值和建筑物的抗变形能力等因素，选择采深较大和深厚较小的煤层首先开采，待取得必要的数据和经验后，继续开采其他煤层。

③ 协调开采　协调开采就是利用两个或多个相邻采煤工作面，在时间上和空间上保持一定关系向前推进，以部分抵消所导致的地表拉伸和压缩变形的开采方式。协调开采大体上有两种做法，一种是两个煤层（或分层）的协调开采，另一种是同一个煤层（或分层）内的协调开采。

④ 连续开采　在开采面积大的煤柱时，一般连续开采不允许过久的停顿，因为每过久地停顿一次就会形成一个永久性的开采边界，使本来只承受动态变形值的地方发展为承受静态变形值。

⑤ 适当安排工作面与建筑物长轴的关系　建筑物抗变形能力与它的平面形状有一定的关系。矩形建筑物长轴方向抗变形能力较小，短轴方向抗变形能力较大，可以利用这一特点来布置工作面。

⑥ 对称背向开采　在建筑物下开采时，如果建筑物抵抗压缩变形的能力较大，而倾斜和拉伸变形十分敏感，则可以采用对称背向开采方式，在受护建筑物正下方布置两个背向开采的工作面。这种情况下，建筑物一开始就处于下沉盆地中央的压缩变形区内，不承受拉缩变形，不产生倾斜。这种方法一般只是在回采十分重要的单个建筑物煤柱时才采用。

⑦ 回采干净，不残留煤柱　理论分析及实测资料表明，残留在采空区内的煤柱宽度超过一定尺寸后，其上方地表会出现变形值的累加现象。因此，在建筑物下采煤并采用全部垮落法管理顶板时，应尽量回采干净，不残留煤柱，尤其不能残留 0.8 倍的影响半

径宽的煤柱。

(2) 保护地面建筑物的条带开采法 条带开采法（简称“条采”）是保护地面建筑物的一种有效开采措施。条带开采法是将被开采的煤层划分成比较正规的条带形状，采出一条（采宽 b），留一条（采宽 a），使留下的条带煤柱足以支撑上覆岩层的质量，而地表只产生较小的移动和变形。采宽和留宽之比 b/a 称为“采留比”。

2. 水体下采煤的特点是什么？

进行水体下采煤首先要分析开采引起的覆岩中的裂缝是否互相连通以及相连通的裂缝是否波及到水体。因此，研究覆岩破坏规律，特别是能够导水的冒落带和裂缝带的高度及其分布形态至关重要。在许多情况下，尽管地表产生较大的波动和变形，甚至出现裂缝，但只要这些裂缝在某个深度上自行闭合而不构成井下涌水的通道，就不会发生透水事故。

水体下采煤时的保护对象主要是矿井本身，即保证在水体下开采时矿井的安全。只有在必要时（如水体为地面灌溉用的水库）才考虑水体及其附属设施的保护。因此，在进行水体下采煤时应着重研究如何防止水体和采区之间形成透水的通道、造成井下突水事故；在水体与采区之间构成水力联系无法避免时，如何使其引起的矿井涌水量小于矿井排水能力。

3. 水体下采煤的技术措施有哪些？

解决水体下采煤问题可以采取三种技术措施：留设安全煤柱、处理水体和采取开采措施。有时单独选用其中的一种，有时则需要其中的两种或三种措施配合使用，这要视具体条件而定。

(1) 留设安全煤岩柱 在煤层至水体底面垂直距离很近的条件下，必须在水体和煤层开采上限之间留设一定垂深的岩层块段和煤层，称为安全煤岩柱。根据防水、防砂和防塌的不同要求，安全煤岩柱可分为防水安全煤岩柱、防砂安全煤岩柱和防塌煤岩柱。留设安全煤岩柱的实质是确定合理的开采上限，保证导水断裂带或垮落带不波及水体。这个开采上限对水平的煤层群来说是某一煤层，对

于倾斜煤层来说是煤层的某一标高。

（2）保护层厚度的选取　除了防塌煤岩柱以外，留设防水安全煤岩柱和防砂安全煤岩柱时都要考虑保护层问题。考虑保护层实际上是增大安全煤岩柱的安全系数。根据有关岩层隔水性的分析，对坚硬的岩层，保护层要留得厚些，对软弱岩层可以薄些。

（3）水体处理措施　处理水体是水体下采煤的一项有效而又常常是迫不得已的措施。例如，在巨厚松散层下开采急倾斜煤层时，必须将松散层中的水疏干，使残余水位达到某一标准以下后才允许开采。水体处理措施主要包括两个方面：疏降水体和处理水体补给来源。

（4）地下开采的技术措施　在开采技术方面采取措施减轻覆岩破坏的影响，并与留设安全煤岩柱措施相配合，有利于实现水体下安全采煤。具体有分层（分阶段）间歇开采、充填开采和分区开采。

4. 铁路下采煤的特点有哪些？

铁路是一种特殊结构的建筑物，铁路下采煤具有以下特点。

① 铁路是延伸性建筑物，相互之间联系密切，某一区段出了故障必然会影响全线正常通车。在处理某区段线路时，必须考虑到该区段与相邻段之间在平面和纵断面之间的衔接问题。

② 铁路可以在不中断线路营运条件下，用起道、拨道、调整轨缝等维修方法最大限度地消除线路的移动和变形。只要残余变形不超过有关规定值，线路就能保证列车安全运行。另外，在一般情况下，线路的下沉在空间上是大范围的、平缓的，在时间上是连续的、渐变的。即使其一点下沉较大，相邻区段的相对变形也不会很大，可以保持线路的水平、轨距、方向不超过允许偏差值。

③ 线路突然的、局部的陷落，对列车运行危害极大。因为这种突然的陷落，既难以预测，又不能在列车通过之前消除，应特别注意防止其发生。

④ 铁路线路是在承受列车的动荷载作用下工作的。列车速度快、质量大、线路受力复杂。同时，线路暴露于大气中，不断受到温度和光照等自然条件的影响，加之铁路下采煤的影响，线路的移动和变形较为复杂。

5. 铁路下采煤的安全开采措施有哪些?

铁路下采煤的技术措施有地面线路维修措施和井下安全开采措施。井下安全开采措施的目的是减小地表下沉值和防止铁路极敏感的地表突然下沉。

(1) 减小地表下沉值　地表下沉值的大小决定线路在竖直方向上的移动和变形的大小。减小地表下沉是减少线路危害的重要途径。充填法是减小地表下沉的最有效的顶板管理方法。水砂充填效果最好，风力充填和自溜充填较差。减小地表下沉值的开采措施，或者成本太高，或者回采率太低，必须在进行综合经济技术对比以后，认为这些措施是可行的、合理的，才能最后采用。

(2) 防止地表突然下沉　在缓倾斜和厚煤层浅部开采时，应尽量采用倾斜分层采煤法，并适当减小第一、二分层的开采厚度。这样可以抑制覆岩冒落带高度的发展，从而减小地表突然下沉的危险性。

开采急倾斜煤层时，不要使用沿倾斜方向一次暴露较大空间的落垛式或倒台阶式采煤法。这样可以阻止上山方向煤层与岩体的抽冒，防止地表突然下沉。

煤层顶板坚硬，不易冒落时，应采用人工放顶，防止因空顶面积过大而突然垮落。特别是在铁路通过的煤层露头下方的工作面有此类坚硬顶板时，必须强制放顶。

老采空区、废巷和岩溶等是铁路下采煤的隐患。需调查它们是否已被充填满，并应防止井下采煤时其中的积水流空而造成地表突然陷落。

(3) 合理布置采区　有条件时，应尽量将采空区布置在线路的

正下方，人为地使线路位于下沉盆地的主断面上，并与工作面推进方向平行。这时线路横向移动量最小。

在铁路下方不要留设孤立的残存煤柱，尤其是在浅部开采时更应注意，以便使线路平缓下沉。

采用协调开采方法可以减小采动过程中地表和线路的变形。为了达到此目的，两个工作面的错开距离要适当，以便使其中一个煤层开采引起的地表压缩与另一个煤层开采引起的地表拉伸相抵消。协调开采虽然可以最终减小地表变形，但使地表下沉速度增大，最终下沉值不会减小。所以，在开采影响只限于线路本身而没有其他建筑物时，要全面考虑协调开采的利弊。在铁路桥梁、隧道等对变形比较敏感的建筑物下采煤时，采用协调开采方法是一种较为有利的措施。

采用分层间歇开采可以明显降低地表下沉速度，因此也可以作为减小采动过程中变形的措施之一。

6. 承压水上开采，底板突水的机理是什么？

承压强含水层上采煤的底板突水事故是具有颇高水压的底板含水突发性地穿越了位于开采煤层与含水层之间的隔水岩层，并进入开采空间所造成的突水事故。此种突水是一种复杂的地质、开采现象，既有地质、构造的原因，也有开采工作的原因。分析表明，造成底板突水的原因与含水层上方原始导升带的高度，开采形成的底板裂隙带深度以及两带之间隔水岩层的抵抗下部承压水水压破坏的能力紧密相关。原始导升带和底板裂隙带的岩体已失去隔水性能，若开采空间通过该两带直接导通了承压水体，或者虽未直接导通，但在承压水水压的作用下，介于该两带之间的隔水保护层将遭到破坏，进而发展成为导通承压水的岩体，则开采空间将发生突水事故。

7. 立井煤柱回采技术措施有哪些？

回收立井煤柱时，可以采取地下开采措施和井壁防护措施。

(1) 开采措施　回收井筒煤柱的最佳开采方案是先回采井筒周



围的方块煤柱，并使回采方块煤柱在井筒内引起的变形能被后期的回采抵消一部分。立井煤柱回采一般分为三个阶段。

① 准备阶段　将穿过开采煤层的一段井壁截去，代之以可缩性木垛，使井壁不出现应力集中。

② 先期回采　回采井筒附近的小方块煤柱，使井壁形成不超过井壁材料抗拉极限的初始拉伸变形，并把井筒与后期回采的工作面隔开，以免采区自燃发火漫延到井筒内。方块煤柱的尺寸可取40m×40m，开采后要充填采空区。

③ 后期回采　方块煤柱开采后即回采整个煤柱，用数个工作面构成一个主工作面。主工作面的推进方向根据具体情况确定，可从煤柱中央向边界背向推进，亦可从煤柱一侧边界向另一侧向单向推进，或从煤柱边界两侧向中央相向推进。

(2) 井壁防护措施　在开采措施无法消除对井筒的破坏性影响，或者采取开采措施技术上不可行、经济上不合理时，应考虑采取井壁防护措施，以保证井筒的正常使用。

① 设置可缩性井壁　在井柱开采过程中，井壁竖向应力集中是极其危险的。如果设法在井壁应力可能集中的地方将原来的刚性井壁更换为可缩性井壁，就能有效地减小井壁的破坏。可缩性井壁的材料可选用杨木、桦木等比较松软的木料，并需做防腐处理。在可缩性木砖层的施工过程中，一次开挖井壁宽度为1.5m，拆挖高度与木砖层厚度相适应，挖好一处砌一处。开挖井壁时要切断壁后充填物，见到围岩为止，使整个断面内不形成应力集中。木砖层应能均匀承受上方井壁传递过来的压应力。

② 用锚杆连接井壁和围岩　用锚杆将井壁与围岩固定在一起，也是对井壁的保护措施之一。水平的锚杆可以阻止井壁和围岩的相对移动，但锚杆要受到很大的剪切力。当围岩变形较大时，锚杆难以承受。

③ 挂金属井圈　要阻止井壁破坏或防止破坏范围继续扩大，可采用金属井圈，金属井圈有钢轨井圈、U型钢井圈等。钢轨井圈接头处用弧形夹板及螺栓连接。第一圈与罐道梁固定在一起，以

下各圈均用Z形持钩固定。圈后用防腐木楔背紧，因其具有一定的可缩性，也可增加井壁径向承载能力。U型钢井圈用卡子卡紧，这种井圈既允许井壁有一定的变形，又具有一定的刚度，以抑制井壁破坏范围的继续扩大。第一圈与罐道梁固定，以下各圈也用Z形铁钩连接。其优点是可缩性强，缺点是承载能力小，在水平应力场较大的情况下，不能保证井筒有足够的使用断面。

④ 挖补井壁　挖补井壁是井柱回采过程中经常性的维修工作，也是目前井壁维修的主要措施。它特别适用于井壁局部破坏的情况。这种方法主要是将已经破坏的刚性砌块挖出，补上可缩性的木砖块。

⑤ 切割罐道梁　罐道梁的变形与井筒径向变形是一致的。当井筒截面变为椭圆形时，罐道梁也发生变形。在提升容器的动荷作用下，罐道要发生窜动，从而使提升容器摆动，这就增大了对罐道的撞击。为使罐道梁能适应拉伸与压缩变形，可将其切开，用滑夹板连接，使之能伸又能缩。

⑥ 调整罐道　调整罐道的目的就是消除井筒轴向应力。为此，可在罐道接头处预留出伸缩缝，在压缩区留出60～80mm，其他部位留20～40mm，并分段设置可缩接头。有时因井筒偏斜而引起罐道磨损甚至被切割，处理的办法主要是进行长距离的顺坡，保证其偏斜率在3‰以下。

⑦ 调整排水管、压风管　在井筒偏斜和变形较小的情况下，可在管路上安装刚性伸缩接头。如果井筒变形较大，可在受压部位分段安装高压软管。

8. 什么是充填法采煤？充填法采煤如何分类？

充填法是一种采空区岩层控制方法。其特点用取自采场外部的砂、石、矿渣或炉灰等充填材料（简称填料），填满采空区并靠填料的支撑作用减少顶板下沉和垮落。采用充填法控制顶板的采煤方法统称为充填采煤法。

充填方式视其输送填料所用动力的不同，可分为水力充填、风

力充填、机械充填、自溜充填和人力充填五种。

9. 什么是水力采煤?

水力采煤（简称水采）是利用水力或水力机械来完成采煤、运煤工作的水力机械化采煤技术。

第7章
煤炭技术经济与管理

1. 煤炭技术经济的主要任务是什么？开展煤炭经济工作有什么重要意义？

煤炭技术经济的主要任务对矿山建设项目、开采技术方案进行评价、比较和选优，为煤矿开发建设的正确决策提供依据。

煤炭经济工作的基本内容是煤炭经济效果评价。矿山建设、开采方案都涉及到技术经济效果问题，加强技术经济工作，就会减少项目建设、开采方案选择的盲目性，避免因此造成的经济损失，对充分利用国家资源，有效地发挥人力、物力、财力的作用，促进煤炭工业的健康发展有重要的意义。

2. 矿井建设方案技术经济比较应具备的条件是什么？如何进行技术经济比较？

方案比较必须具备以下基本条件：a. 参加建设方案技术经济比较的方案所采用的生产工艺、设备必须在技术上可行，否则技术上不成立，无法参与经济比较；b. 参加比较各方案应具有可比性，其经济效果应以货币形式表示；c. 参加比较各方案研究的深度应相同。

技术经济比较的一般程序如下：a. 为实现建设预期目标，选择技术上可行的若干个可比方案；b. 确定各方案基本经济参数，并用货币单位明确算出各方案差异部分的经济效果；c. 对各方案进行可比性检查，对不具备可比条件的因素等进行可比性调整计算；d. 利用经济效果各指标对各方案进行经济分析、综合论证，选出最优方案。

3. 矿井建设项目比较常用的方法有哪些?

矿井建设项目经济效果比较的方法较多，常用的方法有。

(1) 净现值法（*NPV* 法） 净现值是按照某一特定的折现率将各年的净现金流量进行折现到建设起点的累加值。

其计算公式为：

$$NPV = \frac{F}{b - V - V_s} \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

式中 NPV——净现值；

CF_t——第 t 年净现金流量；

i——基准收益率；

t——计算年份；

n——计算期。

当方案比较时，净现金流量也可只计算差异部分。

(2) 差额投资收益率法 两方案进行比较时，差额投资回收率是两方案净现金流量差额折现值之和等于零时的收益率值，如果其大于基准收益率，则投资大的方案优，如果其小于基准收益率，则投资小的方案优。计算中，一般把超额投资按负值而把节约的经营费按正值代入计算。

(3) 差额投资回收期法 投资回收期是指选定了基准收益率后，将年收益净值折现后能收回全部投资现值的年限时间。如果两方案比较时，甲方投资较乙方案高，乙方案经营费较甲方案高，如果差额投资能在预期的年限内回收，则投资高的方案优，否则，投资低的方案优。

4. 如何进行盈亏平衡分析?

为了使矿山投产后能保证必需的盈利，必须分析研究生产与销售之间的关系，利用其测定矿山盈亏平衡点，当矿山投产后按此点进行生产，则其经营正好不盈不亏。盈亏平衡点一般用年产量和生产能力利用率表示。

进行盈亏平衡点分析，必须假定：a. 矿山投产后正常生产年

份作为计算数据的来源；b. 矿山生产的产品全部销售，无积压、库存；c. 年固定成本、单位成本不变，与销售量无关，可变成本与产量成正比关系；d. 矿山产品单一，如不单一，需折算成一种产品计算。

矿山盈亏平衡产量可按下式计算：

$$Q_0=\frac{F}{b-V-V_s} \tag{7-1}$$

式中 Q_0——矿山盈亏平衡产量；

F——年固定费用；

b——单位产品销售价格；

V——单位产品可变成本；

V_s——单位产品销售税金。

$$V_s=bL \tag{7-2}$$

式中 L——产品税率，%。

将式（7-2）代入式（7-1）可得：

$$Q_0=\frac{F}{b(1-L)-V}$$

矿山生产能力利用率 η 可由下式求得：

$$\eta=\frac{Q_0}{Q}\times 100\%$$

式中 Q——设计生产能力。

盈亏平衡分析是不确定性分析中一种简单的方法，它能够反映矿山在一定时期内生产、销售、成本、收益等的相互关系。由于盈亏平衡分析要求假定较多，实际中这些条件将发生变化，就影响了盈亏平衡分析结果的准确性，因此，一般只把它作为一种辅助手段。

5. 什么叫成本核算？什么是固定资产？固定资产有哪些类型？

成本核算是对企业生产、销售的各项费用支出进行审核与控制，并按其用途和发生地点进行汇总和分配，最后计算出产品总成本和单位成本的工作。

企业机械设备、房屋建筑、运输工具等实物形态的劳动资料称为固定资产。列为固定资产应具有以下条件。

① 使用期限在一年以上。

② 单位价值在规定的限额以上（小型企业为200元，大型为800元，中型为500元）。

以上两条件必须同时具备，凡不具备以上条件或仅具备一个条件的，列为低值易耗品，归属流动资金。固定资产分为。

① 工业用固定资产　指直接参加生产过程或直接服务生产过程的固定资产，如厂房、构筑物、设备、仪器、管理设备等。

② 非工业用固定资产　指矿山住宅、公共设施、文化生活设施、卫生保健等辅助设施。

③ 土地。

④ 其他固定资产　指封存、未使用的固定资产、出租的固定资产等。

6. 什么是固定资产折旧？什么是大修费？什么是维简费？

固定资产折旧是指固定资产因磨损而转移到产品中去的那部分价值。

固定资产折旧额＝固定资产原值×该固定资产折旧率

为了维持固定资产正常的生产能力，进行大修理的费用叫大修费，大修费要采用预提的方法计入产品成本，从销售收入中回收形成大修理基金。

维简费是用于补充消失的生产能力、维持简单再生产的必需的井巷工程、生产设备和设施的更新补充的费用。

7. 什么叫流动资金？流动资金分哪些类型？

流动资金是指用于购买原材料、辅助材料，支付工资和其他生产周转需要的资金。

流动资金分生产领域流动资金和流通领域流动资金两类。生产领域流动资金包括生产前准备的储备资金、生产资金两部分，流通领域资金分库存成品占用的成品资金、销售结算资金和库存资金三

部分。

8. 什么叫专项资金？专项资金有哪些种类？

专项资金是指有特定来源，供专门用途的资金。专项资金种类有。

① 更新改造资金　这部分资金包括折旧、维简费，出租固定资产收入等内容，是用于更新设备和重建建筑物的资金，技术改造、三废治理、综合利用、劳保等的资金。

② 大修基金　根据一定大修率提取的费用，用于固定资产大修。

③ 生产发展基金　是企业从利润中提取用于生产发展的资金。

④ 储备基金　企业发展中遇到特殊情况时用于补偿生产发展和奖励的基金。

⑤ 福利基金　用于职工各项福利待遇和设施的基金。

⑥ 科研基金　用于企业科研试验、生产试验等的基金。

9. 什么叫利润？利润指标有哪些？

利润是指企业销售产品或提供服务的总收入，扣除成本和营业外净支出后所余的金额。利润指标可分利润额和利润率。

利润额是指企业在一定时期内的利润总额。利润总额是产品销售利润上营业外收支额的总和。产品销售利润是指产品销售收入扣除销售成本、销售税金、资源税、城市维护建设税、教育附加等费用的利润。

利润率是表示一定时期内的利润水平的相对指标。

① 成本利润率＝产品销售利润/产品销售成本×100%。

② 产品利润率＝产品销售利润/产品产值×100%。

③ 资金利用率＝产品销售利润/（固定资金年平均占用值＋流动资金年平均占用值）×100%。

④ 销售利润率＝产品销售利润总额/产品销售收入×100%。

10. 矿山企业管理工作有什么特点？

矿山企业与一般企业相比，有以下特点。

① 矿山企业作业对象是矿产资源，由于矿产资源大多埋藏于地下，矿体复杂多变，造成了管理工作比较复杂，因此矿山管理应具有适当的灵活性。

② 矿山作业条件艰苦，生产环节众多，工序、工种多、作业地点分散，生产条件多变，因此矿山管理上应加强计划调度、生产组织、劳动组织，加强劳动保护，保证生产安全。

③ 矿产资源是不可再生资源，要注意资源的合理开发利用，随着开采的进行、储量的不断消失，应加强生产探矿和矿山地质工作，以延长企业存在年限，因此矿山计划管理工作比较复杂。

矿山企业管理就是在国家宏观的指导下，根据矿山企业特点，对生产经营进行计划、组织、指挥、协调、控制，最有效地发挥人力、物力、财力等企业资源和矿产资源，以尽可能少的消耗取得尽可能大的经济效益。

11. 什么是矿长负责制？矿长有哪些职权和责任？

矿长负责制是指矿山企业的生产指挥、经营管理由矿长统一领导，全面负责。矿长在企业中处于中心位置，矿长受国家委托，担任企业生产、经营的总指挥，并作为企业的法人代表，承担应负的责任。矿长的责任有以下几项。

① 贯彻执行党的方针政策和国家的法律法规，全面完成国家下达的各项计划，及时缴纳税金，对国家负责。

② 履行经济合同，保证产品质量、降低产品成本，改善环保工作，对社会负责。

③ 改善企业劳动条件，做好安全生产，提高职工生活福利水平，对职工负责。

④ 认真履行矿长任期目标责任制，结合生产做好职工思想工作，正确处理好国家、企业和职工个人三者的关系。

12. 矿山安全管理内容包括哪些？什么是安全生产责任制？

传统的安全管理包括：矿山安全生产责任制、安全组织建设、安全教育及培训、安全检查、伤亡事故管理、安全技术措施计

划等。

所谓安全生产责任制，就是明确企事业单位各级领导对安全工作负全面的组织领导责任。各职能处、科领导都应对本职责范围内的安全技术工作负相应的责任，生产技术科室在设计新产品、检查生产进度和编制生产作业计划时，均应认真地考虑安全技术措施计划，机械动力部门在进行机械设备设计、安装、检修时均应遵照安全卫生标准及规程的要求予以实施。安全处、科是企业主管安全技术工作的职能部门，是矿山企业领导抓好安全技术工作的助手，其具体职责是。

① 组织贯彻实施国家安全生产的方针、政策、法令以及上级的有关决议指示等，并负责监督检查。

② 组织职工的安全教育与培训。

③ 编制安全措施计划，检查并督促按期完成；组织经常性的、定期的、季节性或专业性的安全大检查，对检查发现的问题应限期解决，对一时难以解决的重大问题，可列入年度或月度计划，按照轻重缓急定期完成。

负责伤亡事故管理并参加重大伤亡事故的调查处理等。

13. 矿山安全检查的内容有哪些？

矿山安全检查的内容包括：安全生产方针贯彻落实情况；安全机构与人员编制及人员素质情况；安全制度制定情况；安全教育与技术培训考核；安全检查制度与整改台账；安全生产计划与经费；事故管理；与矿山安全有关的各种图纸；施工组织与作业规程编制；安全出口与路标；人行道的规格；地压与采空区的管理；井巷检查与维修；井筒防坠措施；通风系统；有效风量、风速与风质；局部通风；温湿度与有毒有害气体测定；防灭火措施；防治水措施；斜井安全设施；竖井及提升设备的安全装置；机车架线与轨道规格；机车安全装置；电气及供电安全；机电设备完好率；火工品管理制度；井下、地面炸药库安全设施；雷管、炸药存放状况；爆破操作规程；现场火工品管理；爆破设计；现场爆炸施工组织；文

明生产；工伤死亡事故率；重大未遂事故。

14. 什么是矿山事故？矿山事故有哪些分类？

矿山事故是指矿山企业生产过程中，由于不安全因素的影响，突然发生的伤害人身、损坏财物、影响正常生产的意外事件。

根据矿山事故的后果不同，有生产事故、设备事故、人身事故和未遂事故四种。

按事故发生原因的分类有以下两种。

① 自然界因素　包括地震、山崩、海啸、台风等因素所引起的事故。

② 非自然界因素　包括人的不安全行为、物的不安全状态、环境的恶劣、管理的缺陷以及对异常状态的处置不当等因素所引起的事故。

按事故性质分类有以下几种。

① 物体打击（指落物、滚石、锤击、碎裂、崩块等伤害、不包括因爆炸而引起的物体打击）。

② 车辆伤害（包括挤、压、撞、倾覆等）。

③ 机械伤害（包括机械工具等的绞、碾、碰、割、戳等）。

④ 起重伤害（指起动设备或其操作过程中所引起的伤害）。

⑤ 触电（包括雷击伤害）。

⑥ 淹溺。

⑦ 灼烫。

⑧ 火灾。

⑨ 高处坠落（包括从架子上、屋顶坠落以及地上坠入地坑等）。

⑩ 坍塌（包括建筑物、堆置物、土石方等的倒塌）。

⑪ 冒顶片帮。

⑫ 透水。

⑬ 放炮。

⑭ 火药爆炸（指生产、运输、储藏过程中发生的爆炸）。

⑮ 瓦斯爆炸（包括煤粉爆炸）。

⑯ 锅炉爆炸。

⑰ 容器爆炸。

⑱ 其他爆炸（包括化学物爆炸、炉膛、钢水包爆炸等）。

⑲ 中毒（煤气、油气、沥青、化学、一氧化碳中毒等）和窒息。

⑳ 其他伤害（扭伤、跌伤、冻伤、野兽咬伤等）。

按伤害程度分。

① 轻伤　是损失工作日低于 105 天的失能伤害。损失工作日系指被伤害者失能的工作时间。

② 重伤　是指上述表中规定损失工作日等于和超过 105 天的失能伤害。

③ 死亡。

按事故严重程度分。

① 轻伤事故　指只有轻伤的事故。

② 重伤事故　指负伤者中有人重伤、轻伤而无人死亡的事故。

③ 死亡事故　指发生人员死亡的事故，又可分为两类，即重大伤亡事故，指一次事故死亡 1～2 人的事故；特大伤亡事故，指一次伤亡事故死亡 3 人或 3 人以上的事故。

按事故责任性质分。

① 责任事故　系指由于有关人员的过失所造成的伤害事故。

② 破坏事故　系指为了达到某种目的而蓄意制造出来的事故。

③ 自然事故　系指由于自然界的因素或属于未知领域的因素所引的事故。它指在当前人力尚不可抗拒的伤害事故。

参 考 文 献

1 徐永圻．煤矿开采学（修订本）．徐州：中国矿业大学出版社，1999
2 陈炎光，徐永圻．中国采煤方法．徐州：中国矿业大学出版社，1991
3 徐永圻．采矿学．徐州：中国矿业大学出版社，2003
4 张先尘等．中国采煤学．北京：煤炭工业出版社，2002
5 杨锡禄等．中国煤炭工业百科全书（地质测量卷）．北京：煤炭工业出版社，1996
6 中华人民共和国能源部制定．煤矿测量规程．北京：煤炭工业出版社，1989
7 张国良．矿山测量学．徐州：中国矿业大学出版社，2001
8 中国近代煤矿史编写组．中国近代煤矿史．北京：煤炭工业出版社，1990
9 耿献文．矿山压力测控技术．徐州：中国矿业大学出版社，2002
10 谢明荣，林东才．矿压测控技术．徐州：中国矿业大学出版社，1997
11 沈天良，何富贤．煤矿壁式开采及矿图基础知识．徐州：中国矿业大学出版社，2003
12 国家煤矿安全监察局．煤矿安全规程．北京：煤炭工业出版社，2001
13 徐忠义．采矿知识问答．北京：冶金工业出版社，2005
14 钱鸣高．矿山压力与岩层控制．徐州：中国矿业大学出版社，2003
15 钱鸣高．岩层控制的关键层理论．徐州：中国矿业大学出版社，2000
16 魏同等．煤矿总工程师工作指南（上册）．北京：煤炭工业出版社，1988
17 岑传鸿．采场顶板控制及监测技术．徐州：中国矿业大学出版社，1998
18 李世平等．岩石力学简明教程．北京：煤炭工业出版社，1996
19 侯朝炯．煤巷锚杆支护．徐州：中国矿业大学出版社，1999
20 孙文华．三下采煤技术实用手册．北京：煤炭工业出版社，2005
21 吴继銮．煤矿技术经济学．青岛：青岛海洋大学出版社，1995

www.cip.com.cn
读科技图书　上化工社网

本书以问答的形式深入浅出地介绍了：

- 煤炭开采基础知识
- 煤矿地质与测量
- 煤矿爆破
- 煤炭地下开采
- 煤炭露天开采
- 煤炭特殊开采
- 煤炭技术经济与管理

本书图文并茂、内容丰富，可供煤矿生产的现场干部和技术工人以及有关院校的开采等专业的学生参考阅读。

ISBN 7-5025-8933-3
9 787502 589332 >

销售分类建议：能源/煤炭

ISBN 7-5025-8933-3
定价：18.00元