

中国煤矿巷道围岩控制

ROCK CONTROL AROUND
SUBSIDIARY MINE ROADWAYS
IN CHINA

中国矿业大学出版社

Publishing House of China University
of Mining and Technology

中国煤矿巷道围岩控制

陈炎光 陆士良 主编

中国矿业大学出版社
1994年

(苏)新登字第 010 号

中国煤矿巷道围岩控制

陈炎光 陆士良 主编

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏省徐州市中国矿业大学内)

江苏省新华书店经销

中国科学院印刷厂印刷

开本 850×1168 1/16 印张 35.69 字数 1077 千字

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

印数 1~3000



ISBN 7-81040-254-4

TD·14

定价: 85.00 元

内 容 提 要

本书是近 20 年来我国煤矿巷道矿压研究及其围岩控制的系统总结。它是《中国煤矿采场围岩控制》一书的姊妹篇。全书按专题和条目的形式全面介绍巷道矿山压力与围岩控制的理论、行之有效的围岩控制措施、生产经验及工程实例。

书中主要内容有：巷道围岩压力及控制原理；巷道布置、护巷方法和卸压技术等围岩控制的主要措施；金属支架、锚喷支护、混凝土砌体等主要支护技术；软岩巷道的围岩压力及控制；以及巷道围岩和支护测试等 10 章，共 74 个条目。

本书内容丰富、图文并茂、叙述简练、阅读方便。

本书是煤矿工程技术人员、管理干部、科研和设计工作者及院校师生从事巷道围岩控制的重要参考文献，也可供冶金、交通、化工、建材、水工等部门参考。

ABSTRACT

This book is a systematic summary on the research achievements of rockstrata pressure around roadway and its control in Chinese coal mines in recent 20 years. It is the sister book of "Strata Control around Coal Mine Face in China". The full book comprehensively introduces the theories of rockstrata pressure around roadway and its control, the feasibility and effective control measures of surrounding rock, the production experience and the practical examples in the way of topics and entries.

The principal content of the book includes the principles of rockstrata pressure around roadway and its control, the main measures of rockstrata control like roadway layout, roadway maintenance method and destressing technique and so on, the chief support technique of steel support, bolting and shotcreting and concrete lining, etc., the rockstrata pressure around roadway in soft rocks and its control and the measurement of rock around roadway and support. All together 74 entries in 10 topics in the book.

The book is abundant in content, exuberant in both graphs and text, concise in narration and convenient in reading.

The book is an important reference literature on the topic of rockstrata pressure around roadway and its control for engineering technicians, administrative cadres, research and design workers of coal mines, and teachers and students in universities and colleges. Also it could be used for reference in metallurgy, transportation, chemical industry, building materials, water conservancy and other related departments.

责任编辑 刘泽春

总结巷道围岩控制经验，提高煤矿安全和现代化水平！

王森浩

一九九〇年九月

中华人民共和国煤炭工业部部长 王森浩 题词

巷道围岩控制理论
研究与实践之大成

郭育光
九三年十月

中国矿业大学校长 郭育光教授 题词

顾 问 范维唐 陈明和 赵全福 林开源 王焕文 邝 山
乌荣康 吴道荣 杨永仁 邬廷芳 张声涛

编委会

主 任 陈炎光
副主任 陆士良 孙忠志 刘听成 刘泽春

委 员 (按姓氏笔划排列)
丁 焜 王悦汉 史天生 刘少昆 孙永联 吕元鸮
陈志国 周楚良 郑雨天 姜耀东 郭育光 侯朝炯

主 编 陈炎光 陆士良
副主编 孙忠志 郭育光 侯朝炯
总审校 刘听成

编著者

总 论 陈炎光 孙忠志 刘听成 丁 焜
第一章 陆士良 姜耀东
第二章 陆士良 孙永联
第三章 陆士良 侯朝炯
第四章 王悦汉
第五章 侯朝炯 陆士良 邹熹正
第六章 侯朝炯
第七章 朱浮声 郑雨天
第八章 史天生
第九章 陆士良 郭育光 王悦汉 姜耀东
第十章 周楚良

三维图和实测图计算机绘制 孙永联 王彩根

英文翻译 孙永联 **审校** 李世平

审阅人 (按姓氏笔划排列, 顾问、编委参加审阅者不再重列)

王万宏 王吉才 田家裕 田荣林 包剑影 刘玉堂
成家钰 吕增深 肖自力 沈培久 何道清 何满潮
陈碧川 陈冀飞 李占英 李世平 吴绍倩 吴迪敬
周家铮 祝经康 姚葆华 贾宏文 钱立民 晏玉书
夏家腾 黄伯轩 黄声野 曾树槐 董方庭 穆智宏

出版工作人员

技术设计 褚庆军 陈训雄

责任校对 褚庆军

插图美工 赵湘龄 陈训雄 白海新 赵棣荃

序

《中国煤矿巷道围岩控制》一书的出版,是我国煤炭工业生产技术工作的基础建设之一,也是煤炭工业依靠科技进步发展生产,改变煤炭工业技术面貌的重要体现。

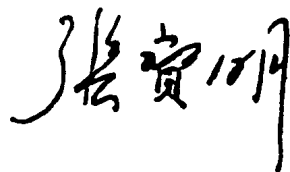
煤矿巷道是井下生产的脉络,保持其畅通和完好状态对改善井下的劳动条件和作业环境,以及防止巷道顶板事故,保证安全生产,有极其重大的作用。此外,煤炭工业每年掘进和维护的巷道近千万米,要耗费大量支护材料和劳动力,巷道掘进和维护费在采煤成本中占有很大比重,对煤矿生产建设效益有重要影响。

建国以来,特别是近20年,随着巷道布置改革、无煤柱护巷方法、卸压技术和巷道支护改革的深入发展,煤矿巷道维护状况有了明显改善。近10年来,据国有重点煤矿不完全统计,巷道非木支护的比重已由1982年的71%提高到1992年的84%,在巷道围岩控制领域内取得了丰硕的研究成果,采用了许多新技术、新方法、新工艺和新装备,使煤矿巷道维护状况和技术面貌有很大进步。《中国煤矿巷道围岩控制》系统总结了我国煤矿巷道围岩控制的研究成果和支护先进技术,可以认为,它是集我国煤矿巷道围岩控制研究和实践的大成。

《中国煤矿巷道围岩控制》既深入浅出地阐述了有关巷道矿山压力和围岩控制的基本原理,又结合我国现场情况和工程应用实例,反映了我国特色,具有先进性、科学性、针对性和实用性,它对改善我国煤矿巷道围岩控制必将起到重要的指导作用。

我国煤矿巷道围岩控制工作必须进一步依靠科技进步,注意吸收世界上可供借鉴的先进技术,并加强科学管理,使巷道围岩控制技术达到一个新的水平,井下巷道维护状况得到进一步改善,为提高我国煤炭工业经济效益和社会效益作出新的贡献。

最后,向为我国煤矿巷道维护 and 支护改革作出突出贡献的广大职工,向为《中国煤矿巷道围岩控制》一书付出辛勤劳动的作者、编审和出版人员表示衷心感谢。



(中华人民共和国煤炭工业部副部长)

前 言

本书是在煤炭工业部生产司主持下，由生产司与中国矿业大学为主编写的。近十年来生产司历年召开顶板管理工作会议，指导各局矿深入总结并交流煤矿围岩控制的先进技术和经验。为了使这些先进技术及我国在巷道矿山压力与围岩控制方面的研究成果用于指导生产，为我国煤矿工程技术人员提供一本既有理论指导作用又有实用价值，系统介绍巷道矿山压力与围岩控制的著作，生产司于1989年就着手组织本书的编写工作，并广泛邀请院校、科研和生产单位的教授和专家，反复审议和修改，先后多次易稿，于1993年11月在北京终审和定稿。

本书系统地反映我国煤矿巷道围岩控制的理论研究和技術成就，全面地阐述护巷方法、卸压技术以及巷道支护等巷道围岩控制的主要措施，它的基本特点有：

(1) 先进性：书中反映了巷道矿山压力与围岩控制领域中新的理论和先进科技成果；

(2) 科学性：以事实和客观规律为依据，阐明巷道围岩控制的原理和实质，提供了分析和解决工程实际问题的思路；

(3) 针对性：密切联系我国煤矿生产中普遍存在的实际问题，突出重点和难点，提出了解决问题的途径和方法；

(4) 实用性：列举了诸多的工程实例，行之有效的技术措施，广泛应用的先进经验和计算设计方法。

为了便于阅读，本书按专题形式编写，每个专题又分若干条目，每个条目均自成体系。全书采用彩色印刷，使插图更加清晰鲜明。

本书的编写出版对我国煤矿巷道围岩控制将会起到重要的指导作用。我们对参加本书编写和审稿的专家和教授，为本书提供资料的单位和个人，以及编辑出版人员等表示衷心感谢。

由陈炎光、陆士良、刘泽春负责制定全书的结构体系、内容纲要及组织编写工作。由于编者水平所限，书中不当之处在所难免，恳请读者和各方面专家批评指正。

《中国煤矿巷道围岩控制》编委会

1993年11月

目 录

总论	1
一、巷道围岩压力及围岩控制原理	15
1. 受采动影响巷道的围岩应力	19
1.1 掘进巷道引起的围岩应力	19
1.2 回采引起的支承压力分布	20
1.3 回采空间周围的应力分布	24
2. 采动引起的底板岩层应力分布	28
2.1 载荷作用下半平面体的应力状态	28
2.2 煤柱作用下底板岩层内的应力分布	29
2.3 煤柱下底板岩层的稳定性	30
2.4 用有限元计算上部煤层采动引起的底板岩层应力	31
3. 相邻巷道或硐室的应力分布及巷间岩柱宽度的选择	33
3.1 影响井下巷道或硐室群稳定的因素	33
3.2 弹性岩体中巷道群之间的应力分布和影响带	33
3.3 岩柱强度与其高度和宽度的关系	37
3.4 相邻巷道或硐室间岩柱宽度的选择	38
4. 构造应力对巷道稳定性的影响	40
4.1 地层内的应力场	40
4.2 构造应力与巷道稳定性的关系	41
4.3 构造应力区域的巷道维护	42
5. 未受采动影响巷道的围岩变形	45
5.1 巷道围岩变形量的构成	45
5.2 巷道围岩的流变	47
5.3 巷道围岩变形类型	47
6. 受采动影响巷道的围岩变形	51
6.1 巷道围岩变形规律	51
6.2 巷道围岩变形类型	52
7. 巷道围岩压力及其影响因素	55
7.1 围岩压力类别	55
7.2 影响围岩压力的地质因素	56
7.3 支护性能与围岩压力的关系	57
8. 巷道围岩控制原理和方法	61
8.1 巷道围岩控制的主要方法	61
8.2 巷道布置	63
8.3 巷道保护	63
8.4 巷道卸压	64

8.5 巷道支护	64
二、巷道位置与矿压显现	67
9. 区段巷道的位置和矿压显现规律	71
9.1 区段巷道类别	71
9.2 采动对区段巷道围岩变形的影响	72
9.3 区段巷道的围岩变形规律	74
10. 厚煤层主要巷道的矿压显现和维护技术	77
10.1 厚煤层区段集中平巷的矿压显现规律	77
10.2 厚煤层大巷的矿压显现规律	78
10.3 厚煤层上(下)山的矿压显现规律	79
10.4 厚煤层内布置主要巷道的维护技术	80
11. 厚煤层中、下分层巷道布置和矿压显现规律	83
11.1 中、下分层巷道位置和围岩应力	83
11.2 中、下分层巷道的围岩变形规律	84
12. 底板岩巷和邻近煤层巷道位置及跨采矿压显现规律	89
12.1 巷道的位置和应力分布	89
12.2 跨采对下方巷道围岩变形影响	94
12.3 底板岩巷和邻近煤层巷道的围岩变形规律	96
12.4 底板岩巷和邻近煤层巷道围岩变形量预测	97
13. 上(下)山的位置和矿压显现规律	100
13.1 上(下)山的位置和应力分布	100
13.2 跨采方式及区段煤柱对上(下)山围岩应力的影响	106
13.3 采动对上(下)山围岩变形的影响	108
13.4 上(下)山的围岩变形规律	110
13.5 上(下)山围岩变形量预测	112
14. 巷道与上部煤层间垂距 z 的选择	114
14.1 上部煤层采动影响与 z 值的关系	114
14.2 围岩性质对巷道稳定性影响与 z 值的关系	115
14.3 按围岩性质和采动状况选择 z 值	116
15. 巷道与上部煤柱边缘间水平距离 x 的选择	118
15.1 x 值对巷道围岩应力和维护的影响	118
15.2 上部煤层采动影响与 x 值的关系	119
15.3 围岩性质对巷道稳定性影响及与 x 值的关系	120
15.4 按围岩性质和采动状况及 z 值选择 x 值	122
16. 急斜煤层巷道的矿压显现	124
16.1 开采急斜煤层的岩层运动和应力分布	124
16.2 急斜煤层巷道的矿压显现特征	125
三、煤柱和无煤柱护巷	129
17. 护巷煤柱的稳定性	133

17.1	煤柱的载荷	133
17.2	煤柱的应力分布	136
17.3	护巷煤柱的稳定性	140
18.	按巷道围岩变形选择护巷煤柱宽度	143
18.1	护巷煤柱宽度合理性的指标	143
18.2	采动对选择护巷煤柱宽度的影响	143
18.3	煤层开采厚度对选择护巷煤柱宽度的影响	146
18.4	煤柱和围岩的力学性质对选择煤柱宽度的影响	146
18.5	巷道采动及其稳定期间的围岩变形与护巷煤柱宽度的关系	147
18.6	巷道服务期间围岩变形总量与护巷煤柱宽度的关系	148
19.	沿空掘巷的矿压显现	152
19.1	沿已稳定的采空区边缘掘巷	152
19.2	窄煤柱沿空掘巷	154
19.3	沿尚未稳定的采空区边缘掘巷	156
19.4	沿空掘巷与沿空留巷的技术经济评价	157
20.	沿空留巷的矿压显现	158
20.1	沿空留巷的围岩应力和顶板下沉规律	158
20.2	沿空留巷的矿压显现	161
20.3	顶板岩层性质对沿空留巷矿压显现的影响	164
20.4	沿空留巷矿压显现的基本特征	165
21.	沿空留巷的支护性能和参数	166
21.1	沿空留巷对支架可缩量的要求	166
21.2	沿空留巷支架的增阻速度	166
21.3	沿空留巷支架的合理工作阻力	169
22.	整体浇注巷旁充填技术	171
22.1	巷旁充填的作用	171
22.2	低水材料巷旁充填	171
22.3	高水材料巷旁充填	173
四、巷道卸压		183
23.	利用跨采进行巷道卸压	186
23.1	利用跨采进行巷道卸压的机理	186
23.2	跨采的应用及其矿压显现规律	187
24.	巷道围岩开槽卸压及松动卸压	191
24.1	巷道周边开槽(孔)对围岩应力分布的影响	191
24.2	巷道周边开槽(孔)对围岩变形的影响	193
24.3	巷道围岩开槽(孔)及松动爆破卸压法的应用	194
25.	利用卸压巷硐进行巷道卸压	197
25.1	在巷道两侧布置卸压巷硐	197
25.2	在巷道顶部布置卸压巷硐进行卸压	198
25.3	卸压巷硐卸压法的应用	200

五、巷道支护原理	205
26. 工程岩体分级	208
26.1 国内外岩体分类概况	208
26.2 我国工程岩体分级标准	208
27. 巷道围岩稳定性分类及支护选择	211
27.1 中国回采巷道围岩稳定性分类	211
27.2 国外巷道围岩稳定性分类	217
28. 巷道支护原理与支护原则	221
28.1 巷道开挖后围岩应力与变形	221
28.2 支架与围岩的相互作用原理	222
28.3 巷道支护原则	223
29. 巷道断面形状的选择	226
29.1 断面形状对巷道围岩稳定性的影响	226
29.2 断面形状与巷道支护方式和材料的关系	227
29.3 巷道断面形状与巷道用途和服务年限的关系	227
30. 巷道断面设计方法	228
30.1 巷道断面设计的原则	228
30.2 设计的方法和步骤	228
31. 新奥法及其应用	234
31.1 新奥法的实质	234
31.2 新奥法的应用	236
六、巷道金属支架	239
32. 矿用支护型钢	243
32.1 对矿用支护型钢性能的要求	243
32.2 矿用工字钢	243
32.3 U 型钢	244
32.4 支护型钢的材质及其改善途径	246
33. U 型钢可缩性支架的连接件	248
33.1 可缩性金属支架工作原理	248
33.2 螺栓连接件的种类和结构	249
33.3 螺栓连接件的力学计算	252
33.4 楔式连接件的种类和结构	253
34. U 型钢拱形可缩性支架	255
34.1 拱形可缩性支架结构	255
34.2 拱形支架分类	255
34.3 不同载荷分布对支架承载能力的影响	257
34.4 支架断面参数的合理确定	258
34.5 拱形可缩性支架使用实例	259
34.6 多铰摩擦可缩 U 型钢支架	259

35.U型钢梯形可缩性支架	260
35.1 支架结构	260
35.2 井下应用实例	262
35.3 提高支架承载能力的主要措施	263
35.4 拱梯形金属支架	263
36.U型钢封闭形可缩性支架	265
36.1 封闭形支架的主要架型及结构	265
36.2 圆形支架的应用实例	268
36.3 方(长)环形支架的发展	269
37.矿用工字钢刚性支架	272
37.1 梯形刚性金属支架	272
37.2 拱形刚性金属支架	274
38.矿用工字钢梯形可缩性支架	276
38.1 结构原理及主要类型	276
38.2 支架的主要力学性能	278
38.3 井下应用实例	280
39.巷道支架选型	281
39.1 可缩性金属支架主要架型的特点及其选择原则	281
39.2 金属支架架型的选择	281
40.金属支架的承载能力	283
40.1 承载能力的确定方法	283
40.2 影响支架承载能力的因素	283
40.3 支架承载能力的计算	284
41.金属支架的拉杆与背板	287
41.1 拉杆	287
41.2 背板	289
42.金属支架的配套设备	292
42.1 支架成形机	292
42.2 型钢切割设备	293
42.3 支架整形机	293
42.4 动力扳手	295
42.5 架栅机	295
42.6 支架回收设备	295
七.巷道锚杆及锚喷支护	297
43.锚杆	301
43.1 概述	301
43.2 机械式锚杆	302
43.3 粘结式锚杆	305
43.4 摩擦式锚杆	309
43.5 可伸缩锚杆	310

44. 预应力锚索	312
44.1 胀壳式钢绞线预应力锚索	312
44.2 砂浆粘结式预应力锚索	313
44.3 预应力锚索应用实例	314
45. 组合锚杆支护	316
45.1 锚网与锚网梁支护应用实例	316
45.2 组合锚杆支护的辅助构件	318
45.3 锚杆桁架	319
46. 喷射混凝土	323
46.1 喷射混凝土原料与配合比	323
46.2 喷射混凝土的工程特性	324
46.3 喷射混凝土的施工	325
46.4 钢纤维和水泥裹砂喷射混凝土	326
47. 锚杆支护机理	328
47.1 锚杆悬吊作用	328
47.2 锚杆组合梁作用	329
47.3 锚杆组合拱作用	330
47.4 锚杆楔固作用	330
47.5 锚杆桁架支护机理	331
48. 锚杆支护设计经验法	333
48.1 锚喷支护设计工程类比法	333
48.2 围岩松动圈分类法与支护设计建议	337
49. 锚喷支护设计解析法	338
49.1 围岩-支护静不定结构	338
49.2 组合圆筒弹塑性理论分析	338
49.3 承压拱理论分析	342
49.4 组合梁理论稳定性校核	345
49.5 锚杆悬吊作用计算	347
50. 锚喷支护监测	349
50.1 锚喷支护监测项目	349
50.2 位移量测及应用	350
50.3 围岩内部位移量测	351
50.4 锚杆量测	351
50.5 喷层应力量测	353
50.6 巷道围岩特性曲线实测	353
51. 锚喷支护机具	356
51.1 锚杆钻机	356
51.2 混凝土喷射机	362
51.3 其他机具	366

八、硐室、巷道交岔点及其它支护	369
52.大断面硐室支护	373
52.1 硐室的特点	373
52.2 硐室围岩的稳定性	373
52.3 硐室支护型式及参数	375
53.巷道交岔点的型式及围岩变形规律	379
53.1 巷道交岔点的型式	379
53.2 巷道交岔点的支架与施工	380
53.3 巷道交岔点处的围岩变形规律及支架的计算方法	381
54.巷道交岔点混凝土支架	385
54.1 巷道交岔点混凝土支架的类型及结构	385
54.2 巷道交岔点混凝土支架的计算方法	389
55.巷道交岔点金属支架	392
55.1 巷道交岔点金属支架的型式	392
55.2 巷道交岔点金属支架的结构及参数	393
55.3 巷道交岔点金属支架的计算	395
56.巷道交岔点锚杆及其组合支架	398
56.1 巷道交岔点锚杆及其组合支架的型式及结构	398
56.2 巷道交岔点锚杆及其组合支架的参数计算	401
57.混凝土支架	405
57.1 混凝土支架类型及材料	405
57.2 混凝土的主要技术性质	405
57.3 混凝土配比设计原则	406
57.4 现浇混凝土支架的结构及参数	407
57.5 混凝土砌块支架的结构及参数	408
57.6 混凝土拱形(拱顶直墙)支架的计算原则	409
58.钢筋(或型钢)混凝土支架	412
58.1 钢筋(或型钢)混凝土支架的材料及类型	412
58.2 现浇整体式钢筋(或型钢)混凝土支架的结构及参数	412
58.3 装配式钢筋混凝土弧板支架的结构及参数	413
58.4 装配式钢筋混凝土梯形支架	415
58.5 钢筋混凝土支架的计算要点	415
59.石材支架	417
59.1 石材支架的材料	417
59.2 石材支架的受力分析及参数	417
59.3 料石支架的结构及使用	419
59.4 石材支架的施工要点	420
60.木材支架	421
60.1 木材支架的材料及型式	421
60.2 木材支架的结构	421