

中国煤矿采场围岩控制

STRATA CONTROL AROUND
COAL FACE IN CHINA

中国矿业大学出版社

Publishing House of China University
of Mining and Technology

中国煤矿采场围岩控制

陈炎光 钱鸣高 主编

中国矿业大学出版社
1994年

798636

(苏)新登字第 010 号

中国煤矿采场围岩控制

陈炎光 钱鸣高 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)

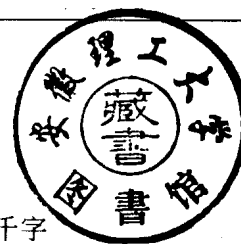
江苏省新华书店经销

中国科学院印刷厂印刷

开本 850×1168 1/16 印张 42.75 字数 1290 千字

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

印数 1~3000



ISBN 7-81040-255-2

TD·15

定价：95.00 元

798636

序 言

《中国煤矿采场围岩控制》汇集了近20年来我国煤矿采场矿山压力和围岩控制领域内所取得的主要研究成果和生产经验，是一部内容丰富、图文并茂的好书。对今后我国煤矿采场围岩控制工作既有理论指导意义，又有实用价值。本书的问世不仅是编写人员辛勤劳动的结果，而且是所有参加编审出版和关心此书工作的广大专家、教授、工程技术人员集体劳动的结晶。在此，我向为本书问世做出贡献的全体人员表示衷心感谢和热烈祝贺。

中国是一个产煤大国，全国原煤产量已超过11亿吨。但我国是一个以地下采煤为主的国家，煤炭产量中地下开采的比重占90%以上，矿山压力和围岩控制是地下开采过程中随时会遇到的涉及井下作业安全和煤矿企业经济效益的重大课题。

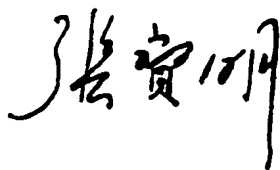
众所周知，矿山压力是采掘业的基础学科，而围岩控制则是矿山压力理论在地下开采工程实践中的应用。显然，矿山压力学科发展的成熟程度以及围岩控制实用技术的发展水平，是一个国家的采掘业是否发达和先进的重要标志之一。

据多年的统计，全世界地下开采因顶板事故造成的死亡人数约占井下事故死亡总数的40%左右，这种情况对我国也不例外。所以顶板事故一向是令人关注的重大问题，如何预防各种顶板事故，保证安全作业，也是长期以来摆在我国煤矿工作者面前的一个严峻课题。近10余年来，由于煤炭工业各级领导和广大职工的努力，我国煤矿顶板事故大幅度减少，这个成绩的取得虽然与煤矿机械化的发展特别是采煤综合机械化的发展有关，更与矿山压力和围岩控制研究工作广泛而深入的开展有着密切的关系。

建国以来，我国煤矿矿山压力与围岩控制研究的业绩卓著，其中某些研究成果受到国内外学者的重视和高度评价，并为世界矿业技术的进步作出了贡献。我国煤矿围岩控制技术发展的特点是从我国的国情出发，注意结合我国煤矿的地质条件，密切联系煤炭生产实践，发展多层次的适用技术，直接改善着我国煤矿顶板安全状况。

采场围岩控制不单纯是一个技术问题，许多控制技术的实施涉及到煤矿企业的生产组织和管理水平，因此在改善采场围岩控制技术的过程中，强调生产技术管理的科学化和制度化也是十分必要的。

为了使我国煤炭工业持续、稳定、快速的发展，我们必须认真贯彻依靠科技进步的方针，要在现有的基础上继续努力，注意采用先进的采场围岩控制技术，改善生产工艺和设备，提高技术管理水平，改变煤矿技术面貌，实现安全、高效，提高煤矿经济效益，为早日实现我国煤矿现代化而奋斗。



(中华人民共和国煤炭工业部副部长)

前 言

《中国煤矿采场围岩控制》是在原中国统配煤矿总公司生产局主持下由生产局与中国矿业大学共同负责编写的。参加编写的还有山东、西安、山西、黑龙江等矿业学院，河北煤炭建工学院、煤炭科学研究总院合肥研究所及开滦、大同、新汶、芙蓉等矿务局共 10 个单位的 25 位作者。

近 10 年来中国统配煤矿总公司生产局每年都召开顶板管理工作会议，指导各局矿深入总结交流顶板管理的先进技术和经验，有力地推进了煤炭生产发展，并积累了丰富资料。为了使近 20 年来我国在采场矿山压力与围岩控制方面的理论和经验用于指导生产实践，根据 1989 年召开的顶板管理工作会议的建议着手进行这本书的编写。

编写本书的目的主要是为煤矿现场工程技术人员提供一本既有理论指导意义又有实用价值、系统而又全面介绍采场矿山压力与围岩控制的重要参考书。其指导思想是：力求反映采场矿山压力与围岩控制领域中新的理论和先进科技成果，以事实和客观规律为依据阐明基本原理等问题的实质，根据我国煤矿生产中存在的实际问题，提出可行的技术措施和解决办法，同时又突出重点、难点，避免千篇一律和面面俱到；阐述便于应用的理论，经过研究得出的结论，可供设计应用的计算方法和行之有效的措施，适当地举出实例，供读者参考和借鉴，并做到深入浅出，便于阅读和理解；介绍较成熟的理论和经验，技术经济效果明显的措施，或有发展前途的方法和思路，以便对生产部门搞好围岩控制工作起到指导作用。

为了便于读者阅读，本书按专题形式编写，每个专题中又分若干条目，每个条目自成体系。全书采用彩色印制，使图形表达更为准确、鲜明、清晰。

为提高编写质量，从 1990 年拟就本书编写提纲，到初稿完成后又先后多次邀请各方面的有关专家、教授进行审阅，提出了许多宝贵意见和建议，直至 1993 年 11 月在北京矿务局进行了终审。在此对所有为本书编写提供图片、资料、经验总结和建议的单位、个人以及为本书审稿、编辑出版提供帮助的有关单位表示衷心感谢。

本书由陈炎光、钱鸣高、刘泽春负责制定全书结构体系、内容纲要及组织编写等工作。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，恳请读者和各方面专家批评、指正。

《中国煤矿采场围岩控制》编委会

1993 年 11 月

Preface

At its meeting on roof control in November 1989, the Production Department of the former China National Central Distribution Coal Mines Cooperation recognizing the importance of nearly twenty years of experience and technology on roof control concluded and transferred in improving its coal mining practice, led to the decision that the greatest service would be the preparation of a comprehensive, critical reference book basing vast experience and technology concluded and literature that has accumulated on roof control through recent ten years of the meetings on roof control sponsored and held once every year by the Production Department. Subsequently, the Editorial Committee on Strata Control of Coal Mines in China sponsored by the Production Department was appointed and the work of writing the book proposed was started collaborating with China University of Mining and Technology. In collaborating with this work are Shandong, Xian, Shanxi and Heiloonjiang Institutes of Mining, Hebei Institute of Coal Mine Structural Engineering, Central Research Institute of Coal Science and Kailuan, Datong, Xinwen and Furong Mining Administrations totally of 10 organizations and 25 contributing authors. And Committee members Mr. Chen Yan-guang, Professor Qian Ming-gao and Mr. Liu Zhai-chun were given the responsibility of preparing an outline giving the framework and contents of what it might be written in the book and organizing the authors writing the book, including the manuscripts unification and coordination.

One of the objectives of the Editorial Committee for the work is to fulfill the need for practical men in the field an important reference book which condenses both theoretical knowledge and practical experience, logically arranged and thoroughly described of the materials occurred in underground coal mines in China in the field of the structural behaviours of rocks and strata control around a coal face.

The book has been attempted to present factually and objectively the latest theories and advanced research results in this field, to explain substantially the basic principles and troublesome problems in current China's coal mining practices and to suggest technically feasible problem-solving methods in a manner of stressing difficult and main points avoiding stereotyped views as well as intending to each and every aspect of the matter. In addition, every effort has been made to explain theories easy to use and conclusions through well study, to give calculation methods and technical measures available and effective to design work and to list proper case histories as reference to the readers. For the benefits of reading and understanding easier, the book has eadeavoured to describe the profound in simple terms, the theories well-ripped, the experiences and measures having better technic-economic results and the methods and ideas in perspective which are promising that it would be beneficial to every coal mining operation and individual as a guidance in their work of strata control.

Most of the materials presented herein feature typically China-specific and the materials are logically arranged in special topics, each topic is further divided separately into different but closely related subjects and each subject is described independently one another in a system of its own. All the illustrations are color prints that it would give a more accurate, brighter and better eye-catching result.

The book has been written in a higher-echelon to prove its quality. In the course of preparing the manuscripts, each time manuscript has been sent to qualified reviewers for criticisms, and to return to the author with the criticisms for discussing for rejecting or accepting for alterations, through doing so for five times the final reviewing of the manuscripts was completed in November, 1993 at the Beijing Mining Administration.

To all those, including both the individuals and the organizations, who have contributed so generously to this cooperative work, the Editorial Committee on "STRATA CONTROL AROUND COAL FACE IN CHINA" acknowledges its deep gratitude.

The Editorial Committee on
"STRATA CONTROL AROUND
COAL FACE IN CHINA"
November, 1993
Beijing, China

内 容 提 要

《中国煤矿采场围岩控制》是近 20 年来我国煤矿采场矿压研究与围岩控制的系统总结。它是《中国煤矿巷道围岩控制》一书的姊妹篇。全书按专题和条目的形式全面介绍采场矿山压力与围岩控制方面的基本理论、行之有效的围岩控制措施、生产经验及工程实例，也介绍了近年来发展的新理论、新技术、新方法、新设备和新的观测手段。

书中包括采场矿山压力及控制原理，采场顶板事故和冲击地压发生原因及其预防，综采工作面、单体液压支柱工作面和其他支架工作面顶板控制，最新发展的矿山压力监测与支护质量管理等 8 个专题，共 86 个条目，并附有大量彩色插图。本书编写力求内容严谨、充实，图文并茂，叙述简炼，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的重要参考书，也可供冶金化工工业矿山工程技术人员参考。

ABSTRACT

"STRATA CONTROL AROUND COAL FACE IN CHINA" is a book which logically concludes China's research work in recent twenty years on the structural behaviours of rocks and strata control around a coal face in underground coal mines in China. It is the companion volume of the book "STRATA CONTROL IN COAL MINE ROADWAYS IN CHINA". The book presents in such a manner as in special topics, dividing into different subjects, introducing comprehensively the theories and principles of the structural behaviours of rocks and strata control around a coal face, the control measures effective in strata control, the coal-producing experience and engineering practice; while the new theories, new techniques, new methods and the new instrumentation and measuring devices, especially those newly developed in recent years by China in itself, have also been introduced.

The main contents in this book include the principles of the structural behaviours of rocks and strata control around a coal face, the occurrence and prevention of roof fall accidents and pressure bumps; the roof control around the coal face of fully-mechanized mining, hydraulic individual props and miscellaneous supports, the monitoring systems of the structural behaviours and the management of strata control quality, totally of 8 special topics in 86 different subjects with a great number of color prints of illustrations.

The book is most informative in rich contents, excellent both in language and illustrations and readable in easy and simple terms of presentations.

The book is of great and important reference value to all practical mining men in the field, coal mining managing staff, mining research and design workers, and university students and faculty members. The book is also very useful to all metallurgical-mining and chemical-mining engineers.

责任编辑 刘泽春

掌握采场岩层控
制规律，为煤矿安
全生产及生产效
益。

王森浩

一九九〇年九月

采场围岩控制是工
作面安全生产的核心

郭育光

九三年十月

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 钱鸣高 尹士奎 刘泽春 刘听成

委员 (按姓氏笔划排列)

丁焜 马文诚 牛锡倬 刘少昆 刘明远 石平五

朱德仁 李鸿昌 吕元鸮 宋振骐 岑传鸿 陈培春

郭育光 靳仲铭

主编 陈炎光 钱鸣高

副主编 李鸿昌 尹士奎 岑传鸿

总审校 刘听成

编写人员名单

总论 陈炎光 尹士奎 刘听成 丁焜

第一章 钱鸣高

第二章 岑传鸿 钱鸣高

第三章 赵本钧

第四章 李鸿昌 徐林生

第五章 岑传鸿 宋扬 何国光 徐林生 李先才

第六章 靳仲铭 李先才 石平五 宋扬 李鸿昌

第七章 李先才 刘明远 洪允和

第八章 李鸿昌 岑传鸿 潘跃才 窦林名 高存宝 黎良杰

钱鸣高 王作棠 何富连

英文翻译 王定衡 吕家立 **校对** 王定衡

三维图计算机绘制 何满潮、陈宜金、蒋文彪、邹正盛、邹友峰

篇头插图设计绘制 李永树 王庆康 刘泽春

审阅人名单 (按姓氏笔划排列, 顾问、编委会成员参加审阅者不重列)

马登寿 王铁藩 王乃朋 王庆康 冯震海

史元伟 田荣林 田建胜 平寿康 艾宝光

刘正修 刘德璋 刘达启 包震泓 李福绥

李凤堂 李凤义 李世昌 李传芳 毕华照

伍贵文 吴迪敬 吴健 宋宏伟 严志祥

陆宝琛 陈志清 罗寿丹 苗毓林 张可生

张希九 张兆平 张世民 杨宝山 南岳

赵日峰 赵宏珠 赵启山 钟亚平 夏家腾
徐永圻 黄国刚 黄敬 董志端 彭传业
穆志宏

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 陈训雄 白海新 刘泽春 赵棣荃

目 录

总论	1
一、采场矿山压力及控制原理	17
1. 矿山压力基本概念	21
2. 围岩基本力学性质	23
2.1 煤系岩层岩块的力学性质	23
2.2 岩石的强度理论	25
2.3 岩体强度	27
2.4 岩石的变形性质	29
2.5 煤矿软岩	33
3. 顶板分类	34
3.1 直接顶分类方案及其指标	35
3.2 顶板分类与支架选型及参数选择	36
3.3 国内顶板分类实践	37
3.4 国外顶板分类方案	42
4. 底板特征	47
5. 采场周围应力分布及支承压力的分布	53
5.1 采场周围应力分布	54
5.2 回采工作面前后支承压力的分布	56
5.3 支承压力的极限平衡区宽度	58
6. 采场矿山压力假说	60
6.1 压力拱假说	60
6.2 悬臂梁假说	60
6.3 铰接岩块假说	61
预成裂隙假说	61
我国学者在岩体结构力学模型上的发展	62
6.6 国外有关工作面顶板压力计算的力学模型	67
7. 老顶的断裂形式	70
7.1 老顶“板”内的应力分析	70
7.2 老顶岩层的破断	71
8. 老顶的初次断裂步距	77
9. 老顶稳定性分析	83
10. 采场的初次来压与周期来压	87
11. 采空区处理技术	90
11.1 垮落法	90
11.2 充填法	91
12. 直接顶及其稳定性分析	95

13. 采场顶板下沉量的估算	98
14. 采场顶板压力与支架工作阻力的估算	101
14.1 经验估算法	101
14.2 从老顶形成结构的平衡关系估算	102
14.3 威尔逊估算法	104
14.4 实测法	104
15. 采场支护原理及支架力学特性	109
15.1 采场支护原理	109
15.2 采场支柱的力学特性	110
16. 单体支架工作特性分析	118
17. 采场支架的临界阻力及合理支护强度	121
17.1 采场支架的临界阻力	121
17.2 采场合理支护强度	123
18. 采场支架与围岩的相互作用	125
18.1 液压支架受力及适应性分析	125
18.2 老顶运动对支架围岩关系的影响	128
二、采场顶板事故及其预防	133
19. 采场顶板事故分类	137
20. 压垮型冒顶的机理及预防	139
20.1 老顶来压时的压垮型冒顶	139
20.2 厚层难垮顶板大面积冒顶	141
20.3 直接顶导致的压垮型冒顶	142
20.4 综采工作面压坏支架问题	142
21. 漏冒型冒顶的机理及预防	143
21.1 大面积漏垮型冒顶	143
21.2 局部漏冒型冒顶	143
22. 复合顶板推垮型冒顶的机理及预防	145
22.1 复合顶板的概念	145
22.2 复合顶板推垮型冒顶的特点	145
22.3 复合顶板推垮型冒顶的机理	146
22.4 采场中容易发生复合顶板推垮型冒顶的地点	147
22.5 预防复合顶板推垮型冒顶的措施	147
23. 金属网下推垮型冒顶的机理及预防	150
23.1 顶板条件	150
23.2 金属网下推垮型冒顶的特点	150
23.3 金属网下推垮型冒顶的机理	151
23.4 预防金属网下推垮型冒顶的措施	151
24. 其他类型推垮型冒顶的机理及预防	152
24.1 大块孤立顶板旋转推垮型冒顶	152
24.2 冲击推垮型冒顶	153

24.3	采空区冒矸冲入采场推垮型冒顶	153
24.4	综采工作面推倒支架问题	154
25	综采工作面直接顶的端面冒落及其防治	155
25.1	直接顶端面冒落的现场观测	155
25.2	端面顶板冒落的机理	156
25.3	“支架-围岩”关系与端面冒落	157
25.4	端面顶板冒顶的防治原则	157
三、冲击地压及其预防		161
26	冲击地压现象及机理	165
27	冲击地压发生的判别准则	167
28	冲击地压的预测方法	170
28.1	经验类比法	172
28.2	钻屑法	172
28.3	地音流动检测法	176
28.4	煤层围岩压力-变形观测法	177
28.5	地音和微震系统监测	179
28.6	综合预测方法	182
29	冲击地压的防范措施	185
29.1	采用合理的开拓布置和开采方式	185
29.2	开采解放层	187
29.3	煤层预注水	188
29.4	厚层坚硬顶板的预处理	193
30	冲击地压的解危措施	196
30.1	爆破卸压	196
30.2	钻孔卸压	199
30.3	诱发爆破	203
四、综采工作面顶板控制		205
31	液压支架架型	209
31.1	液压支架的结构	209
31.2	液压支架的架型	211
32	液压支架参数	216
32.1	液压支架工作阻力	216
32.2	初撑力	220
33	支撑式液压支架受力分析	222
33.1	顶梁载荷分布及计算	222
33.2	工作面矿压特点及适用条件	225
34	掩护式液压支架受力分析	227
34.1	掩护式支架受力分析	227
34.2	支架外载观测结果	230

34.3	掩护式支架掩护梁受力	233
34.4	掩护式支架底座对底板的压力	234
34.5	各种掩护支架工作面矿压显现特点及适用条件	236
35.	支撑掩护式液压支架	238
35.1	支撑掩护式支架受力分析	238
35.2	支撑掩护式支架外载观测结果	240
35.3	支撑掩护式支架掩护梁受载	243
35.4	支撑掩护式支架底座对底板的压力	243
35.5	支撑掩护式支架的特点及适用条件	244
36.	液压支架选型	246
36.1	液压自移支架的选型顺序	246
36.2	分析比较法	247
36.3	综合评分法	247
36.4	支架评分法选型计算举例	249
37.	破碎顶板控制	250
37.1	影响端面顶板冒落的因素	250
37.2	破碎顶板的控制技术	256
38.	坚硬顶板控制	260
38.1	坚硬顶板工作面矿压显现规律	260
38.2	坚硬顶板与支架相互作用	262
38.3	坚硬顶板的控制	263
39.	大采高工作面顶板控制	272
39.1	大采高综采支架	272
39.2	大采高支架的合理阻力及架型	274
39.3	大采高综采面煤壁片帮及防治	278
40.	分层开采综采工作面顶板控制	281
40.1	分层开采的矿压显现规律	281
40.2	人工顶板	284
40.3	关于顶网管理	286
40.4	分层联网支架	286
41.	综采工作面端头顶板控制	292
41.1	端头顶板破断规律	292
41.2	综采工作面端头支护的要求与形式	293
41.3	液压端头支架	294
42.	放顶煤开采顶板控制	299
42.1	放顶煤液压支架	299
42.2	煤、岩移动及垮放规律	304
42.3	放顶煤工作面支架与围岩关系	309
43.	倾斜煤层综采工作面顶板控制	312
43.1	倾斜煤层矿压特点	312
43.2	液压支架的稳定性及技术要求	313

43.3	支架的防倒防滑	316
43.4	长壁工作面的顶板控制	318
44	急斜综采工作面围岩控制	321
44.1	急斜综采面支架与围岩关系特点	321
44.2	开采急斜煤层的液压支架	322
45	急斜特厚煤层放顶煤开采围岩控制	326
45.1	急斜放顶煤工作面围岩控制特点	327
45.2	顶煤破碎及放煤参数	328
45.3	支架架型与工作阻力	330
45.4	覆岩破坏及治理	331
46	综采工作面始采时顶板控制	333
46.1	开切巷支护	333
46.2	工作面设备的安装方式	335
46.3	工作面始采时的顶板控制	337
47	综采工作面末采时顶板控制	340
47.1	末采撤架时的顶板控制	340
47.2	大倾角综采工作面末采时的顶板控制	342
47.3	利用撤架辅助巷控制顶板	343
47.4	分层开采时下分层的终采线位置	344
48	综采工作面特殊条件下顶板控制	346
48.1	过断层时的顶板控制	346
48.2	过陷落柱时的顶板控制	348
48.3	旋转工作面顶板的控制	350
49	煤帮与顶板的固化技术	355
49.1	注浆材料	355
49.2	注浆设备和系统	358
49.3	注浆工艺	360
49.4	固化效果及评价	362
49.5	发泡水泥充填冒顶空洞	362
50	锚杆加固围岩技术	365
50.1	利用木锚杆加固煤壁	365
50.2	利用聚氨脂药包加锚杆加固法	366
50.3	水力膨胀长式锚杆加固煤壁	367
50.4	快硬水泥锚杆加固煤岩	367
50.5	锚杆加固煤岩法的适用条件	368
五、单体液压支柱工作面顶板控制		371
51	单体液压支柱工作面顶板控制原理及目标	374
51.1	顶板控制原理	374
51.2	顶板控制目标	375
51.3	单体液压支柱工作面顶板控制设计的基础	375