

淮河堤下采煤的

理论研究与技术实践

袁亮
吴侃 著

中国矿业大学出版社

3.83

92

淮河堤下采煤的 理论研究与技术实践

袁亮 吴侃 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

淮河与淮堤下采煤,在国内外采矿史上尚无先例。这一项目采用边实践边总结提高的技术路线,野外测试和室内模拟分析相结合,淮河下采煤与淮堤的治理相结合的研究方法,逐步攻克多项技术难题,取得了良好的经济、社会效益和丰富的科研成果。本书全面介绍了淮堤下采煤所获得的科研成果。主要内容有:淮堤下采用长壁垮落法采煤的导水裂缝带高度实测和分析研究;淮南矿区地表移动规律和地表裂缝规律;淮堤堤基和堤体的工程地质条件及土层的各种力学特性;开采对堤坝的损害规律及预测预报模型;受采动影响条件下的堤坝损害防治措施,包括:断面结构、防渗技术、裂缝处理、堤基液化区域处理,堤坝加固的施工工艺等,保证使处于采动影响的堤坝在各种不同水位差条件下的稳定性,包括静力稳定、动力稳定和渗流稳定;受采动影响堤坝的动态监测等安全保障系统,为淮堤加固维护工程及防汛抢险提供基础资料;矸石堤坡上环保植被的实验研究等。本书可供矿区采矿、测量、环境保护和土地复垦等专业的工程技术人员参考,可作为采矿工程、矿山测量和环境保护等专业本科、研究生的教学参考书,也可供从事开采沉陷及防护研究的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

淮河堤下采煤的理论与技术实践/袁亮,吴侃著.

徐州:中国矿业大学出版社,2003.9

ISBN 7-81070-791-4

I. 淮… II. ①袁…②吴… III. 淮河—河下采煤—研究 IV. TD823.83

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第085126号

书 名 淮河堤下采煤的理论与技术实践

著 者 袁亮 吴侃

责任编辑 姜志方

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

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

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 14 字数 350 千字

版次印次 2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷

印 数 1~1000 册

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



本书凝聚了淮南矿区及其合作单位 30 多年的研究成果,是数以百计的科技工作者的劳动结晶。曾参加过研究和技术实践的主要科技工作者有:

杨宗震 鲍焕祥 陆飞伟 吴纯江 王吉才

杜广森 张建瑞 黄乃斌 束一鸣 沈思良 章佩声 周 鸣 吴志红
张传森 朱克医 郭广礼 殷宗泽 于世信 程玉琴 于双忠 何国清
李文平 邹世成 李士玉 李火载 潘 江 蒋其云 杨学明 周 琼
戈建中 尹志成 徐 颖 侯明畅 李传颖 杨 威 汪茂智 毕昌海
张贵科 谭志祥 李子龙 唐立群 徐 进

前 言

淮河是中国的主要水系之一,干流流经淮南矿区的老区井田上方。河床和淮堤直接、间接压煤地质储量 3.9 亿 t,可采储量 2.14 亿 t。至 20 世纪 70 年代末,淮南矿区老区在淮河及淮堤外的煤炭资源趋于枯竭,受其影响,矿区煤炭产量每年要减少近 200 万 t;矿区 10 万名职工的就业和 30 万名职工家属的生活面临严重危机,也必将严重影响能源供应十分紧张的华东经济区的用煤。淮南煤具有高发热量、高灰熔点、高粘结性和低硫、低灰、低磷等特点,被誉为“工业粮食的富强粉”。长期以来,淮南煤的分配均由国家计委直接控制。客观形势要求淮南矿区不能减产,进行淮河及其淮堤下采煤势在必行。

淮南矿区段淮堤是国家十分重视的堤段之一,它的安全与淮南矿区和淮南市西部近百万人民生命财产生死攸关,是必须确保、死保的堤防。

为解决保堤与采煤的矛盾,矿区领导、工程技术人员提出了在淮堤下进行采煤的可行性汇报方案。原煤炭部先后数次邀请全国著名的采煤和土工专家座谈、论证,随后,同意先行试采。

淮南矿区本着积极稳妥、确保安全、先易后难和由点到面的原则,在充分分析了大量内涝积水区和隔堤下采煤资料的基础上,1974 年,在李嘴孜矿东翼,先河漫滩后河床和行洪堤下进行试采,获得了成功。从 20 世纪 80 年代起,新庄孜矿开始将大部分采场延深至淮河老应段确保堤煤柱内。

为解决淮南矿区维堤工程资金的困难,1989 年李鹏总理、姚依林副总理等领导指示,下拨 8000 万元总理专项基金用以维护加固淮堤,并指示该项工程列入国家基建计划。1990 年 5 月,国务委员陈俊生率全国防总检查团专程视察矿区段堤防工程,对堤防的安全渡汛作了重要指示,要求立项进行专门技术研究,以确保淮堤安全可靠。于 1993 年再度安排 4.49 亿元资金用于淮堤维护加固工程。

淮河的治理一直是党和国家十分关注的重大问题。由于淮堤的安全是关系到淮南市的近百万人民生命财产安全的头等大事,项目风险高、技术难度大;经开采沉陷的淮堤移动变形强度大(淮堤最大下沉已达 13 m)、速度快,容易产生堤体裂缝等致命的安全问题,维修加固工程必须及时到位,项目参与人员必须具有团队协作精神与良好的组织能力;鉴于这样的项目在国内外采矿史上尚无先例,采用边实践边总结提高的技术路线,野外测试和室内模拟分析相结合的研究方法,逐步攻克多项技术难题;淮河下采煤与淮堤的治理相结合,从而取得了良好的经济和社会效益。淮堤下采煤已累计采出煤炭 2900 多万吨(1972~1999),对确保华东经济发展区的煤炭供应(特别是 70 年代末至 90 年代中期)做出了重大贡献。

淮堤下采煤所获得的科研成果主要有:掌握了淮堤下采用长壁跨落法采煤的导水裂缝带高度,确保河床下回采工作的安全;掌握了淮南矿区地表移动规律和地表裂缝规律;查清堤基和堤体的工程地质条件,分析和测定土层的各种力学特性,在此基础上研究开采对堤坝

的损害规律及预测预报模型;研究设计出受采动影响条件下的堤坝损害防治措施,包括:断面结构、防渗技术、裂缝处理、堤基液化区域处理,堤坝加固的施工工艺等,保证使处于采动影响的堤坝在各种不同水位差条件下的稳定性,包括静力稳定、动力稳定和渗流稳定;建立受采动影响堤坝的动态监测等安全保障系统,为淮堤加固维护工程及防汛抢修提供基础资料;在矸石堤坡上进行了环保植被的实验研究,获得了明显的环保效果。这些成果已形成了一个完整的体系,本书就是对这些理论研究成果和技术实践的总结。

淮堤下采煤已经几十年,淮堤下采煤的成果凝聚了淮南矿区及其合作单位数以百计的科技工作者的勤劳和智慧。书中引用了一些单位和个人发表的文献资料,在此对所引文献的作者表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2003年6月于淮南

目 录

前言	(1)
1 概述	(1)
1.1 “三下”采煤概述	(1)
1.2 淮南矿区淮堤下采煤概况	(6)
2 井下开采引起的覆岩破坏规律	(14)
2.1 井下开采引起的覆岩破坏一般规律	(14)
2.2 影响覆岩破坏规律的因素	(21)
2.3 淮南矿区覆岩破坏监测成果	(29)
2.4 淮南矿区覆岩破坏监测成果查询分析系统	(40)
3 井下开采引起的地表沉陷规律	(50)
3.1 井下开采引起的地表沉陷和破坏	(50)
3.2 采动过程中的地表移动和变形的一般规律	(53)
3.3 淮南矿区地表沉陷规律及预计参数	(59)
3.4 矿区沉陷预测预报系统	(81)
3.5 淮南矿区断层对地表沉陷规律的影响	(89)
3.6 淮南矿区地表裂缝发育规律	(92)
4 淮南矿区淮堤下采煤的关键技术问题	(104)
4.1 水患问题	(104)
4.2 突然下沉(塌陷)问题	(107)
4.3 裂缝问题	(122)
4.4 淮堤下采煤可行性	(122)
5 受采动影响淮堤维护加固方法及措施	(123)
5.1 堤基及堤体工程地质特性测试及评价	(123)
5.2 开采对淮堤堤体的损害	(133)
5.3 受采动影响淮堤的维护加固基本原则和方案	(134)
5.4 堤坝加固施工工艺	(137)
6 采动影响下淮堤加固后的稳定性研究	(146)
6.1 受采动影响淮堤的变形与力学稳定性分析	(146)
6.2 受采动影响堤坝模型振动试验	(154)
6.3 受采动影响段堤坝稳定性离心模型试验	(155)
6.4 受采动影响堤坝二维渗流电模拟试验及渗流稳定性试验	(157)

6.5	受采动影响堤坝的裂缝渗流规律的试验	(158)
7	淮堤下采煤监测体系及监测成果综合分析	(160)
7.1	淮堤堤体内外动态监测体系	(160)
7.2	淮堤表面观测站实测资料分析	(164)
7.3	淮堤堤体移动变形预测模型	(169)
7.4	堤体内部移动规律及机理	(174)
7.5	开采引起的水下地形变化分析及对淮堤的影响	(193)
7.6	堤坝加固效果分析	(199)
8	淮堤矸石堤坡环保植被实验研究	(200)
8.1	煤矸石的环境影响	(200)
8.2	矸石堤坡环保措施的选择与设计	(202)
8.3	堤坡环保植被工程实施工艺	(207)
8.4	环保植被的管理	(210)
8.5	环保植被的效果	(211)
	参考文献	(213)

1 概述

淮河下采煤的研究属于“三下”采煤的研究领域,本章对“三下”采煤及矿区淮河、淮堤及淮河、淮堤下采煤的概况作一介绍。

1.1 “三下”采煤概述

1.1.1 建筑物下采煤

(一) 国外建筑物下采煤

波兰是建筑物下采煤搞得较好的国家之一。从1945年开始大规模地进行建筑物下采煤。从1954年开始大规模地进行城市下采煤,并且还开采了许多大型工厂的煤柱。

波兰建筑物下采煤的开采措施主要有:

① 密实充填。用水砂充填,砂的含泥率低于10%~20%,压缩率为5%~6%,此时下沉系数为0.1~0.15。

② 部分开采。即条带开采,回采率为50%~60%。当水砂充填采出条带时,下沉系数为0.015~0.02;当冒落条采时,下沉系数为0.05~0.1。

③ 顺序开采。第一分层开采后,间歇足够长的时间之后,再开采第二分层。

④ 分期开采。用条带法开采时,第一次未开采的条带第二次开采时开采掉,两次开采后均用水砂充填。下沉系数为0.12~0.15。

⑤ 合理布置各煤层或分层开采边界的位置。

⑥ 协调开采。使煤层之间或分层的工作面开采引起的动态移动变形互相抵消一部分。

⑦ 干净回采。在采空区中不残留煤柱。

波兰建筑物下开采的建筑物保护措施主要有:

① 设置变形缝。在建筑物上每12~15 m设置一道变形缝。

② 设钢筋混凝土锚固板。一般用于地表水平变形达12~15 mm/m时。

③ 钢筋混凝土锚固拉杆。

④ 钢锚固拉杆。

⑤ 挖变形补偿沟。

前苏联除了采用与波兰类似的开采措施和地面措施外,还重视合理布置工作面,使建筑物位于盆底区域。他们认为,在开采深度大时,应用长短工作面混合开采的方法是最有效的,即先采一个短工作面,再采一个长工作面,使其产生盆地平底。

英国建筑物下采用的开采措施有:风力充填、条带开采和协调开采。有关资料表明,风力充填应用于缓倾斜煤层时下沉系数为0.5。所采取的建筑物措施有:对新建的抗变形建筑采

用带滑缝的双板基础,以减小水平变形的影响;对已有的建筑物加设变形缝,在建筑物周围挖变形沟。英国还进行过供水管道下采煤,主要措施是在预计的高压缩变形点上设置风箱式接头。

德国对受损害房屋的修复及相应的预防措施主要有:利用液压千斤顶底撑偏斜房屋,成排房屋山墙切割变形缝,在地基上采取释压措施以减小已有建筑物的最大压缩变形值(主要是挖补偿沟、打释压钻孔)和对建筑物裂缝作强力封闭的注浆处理。

保加利亚采用过风力充填解决建筑物下采煤问题。

捷克在钢厂下进行过冒落开采,钢厂最大下沉 1.7 m,开采过程中钢厂生产正常。

法国曾用水砂充填开采。

日本用房柱式、风力充填采空区开采 2 m 的建筑物下压煤,建筑物未受任何破坏。

美国的建筑物下采煤处于引进、消化国外经验,逐步积累本国经验的阶段。

(二)我国建筑物下采煤

我国建筑物下采煤试验研究工作开始于 1962 年,已经在医院住院处、车辆修理厂、村庄、城镇(如奶子山镇)、县城(如沛城)、高压输电线铁塔、烟囱、铁路桥和石拱桥下采煤,都获得了成功。我国建筑物下压煤,以村庄下压煤量最大,问题最突出,其次为工业广场压煤,再次为其他工业、民用建筑物下压煤。下面以村庄下压煤开采为主综述我国建筑物下采煤的发展现状。

(1) 不搬迁村庄下全部开采。井下措施主要有多工作面联合开采、分层开采、间歇开采等。如峰峰辛寺庄下采煤,采用了多工作面联合开采。再如兖州北宿煤矿吴官庄村下采用双对拉、480 m 长工作面联合推进,使村庄仅受到动态变形的影响,获得了极为满意的效果。地面措施主要是,对受压的建筑物外围设置变形补偿沟,受拉区建筑物设置变形缝,基础外围增设钢筋混凝土圈梁,上部屋檐设钢拉杆等。例如,采用上述措施在鹤壁矿务局二矿工业厂房及公用建筑物下分四层采出 7.8 m 厚的煤层。

(2) 不搬迁村庄下条采。条带法开采在我国建筑物下采煤中采用是比较多的。迄今为止,已在我国 10 个省的 15 个矿务局、煤矿的近 40 个条带开采试验区进行了试验研究。因此,对条带开采的研究是比较深入的。1977 年北京开采所就总结了国内外条带开采的实例,讨论了条带计算方法,并用概率积分法计算下沉。采用有限元法分析方法,给出了概率积分法中条带开采参数与全部开采参数的关系。条带煤柱尺寸的计算除了采用英国的 A. H. 威尔逊提出的计算公式外,我国的许多学者也提出了一些经验的或理论的计算方法。运用弹性理论研究了条带开采的采留比等问题。利用有限元对条带开采采留宽度合理尺寸问题,对多煤层开采时条带煤柱的相互位置问题等进行了研究。认为多煤层对齐有利于减少岩层及地表移动变形,有利于建筑物的保护。在峰峰矿务局、沛城煤矿分别获得了条带开采后煤柱的变形和应力变化资料。沛城煤矿还专门作了巷探。这些资料的获得是十分宝贵的。应用上覆厚硬岩层托板控制理论和支撑煤柱屈服区极限平衡,提出了条带开采采留宽的设计方法。通过研究条带式开采的地质、采矿条件与地表沉陷的关系,提出了“条带开采沉陷预计的三维层状介质理论”。该理论设想用两个水平面在煤层顶底板处将岩体截为三个分离体:上覆岩体、矿柱和下伏岩体,则地表的下沉量由三部分组成:上覆岩体的下沉、矿柱的压缩和下伏岩体的沉陷。

到目前为止,条带开采从实践到理论,前人作了大量的工作。但是,对大采宽、大留宽的

条带煤柱稳定性及地面沉陷预计问题研究不足,特别是对所留煤柱的进一步回收的可能性及回收条带煤柱对地面建筑物的影响等问题的研究更少。

(3)不迁村就地重建。不迁村就地重建是具有中国特色的建筑下采煤工作。对于我国质量差的村庄房屋及煤层开采强度较大时,开采后大部分建筑物将会遭到严重破坏,采用维修加固措施或条带开采在经济上不合算。因此,采用原地重建抗变形房屋。这一方法主要是在建筑物上采取措施。设计中一般采用水平滑动层的柔性措施与钢筋混凝土基础圈梁、立柱和檐口圈梁组成骨架系统的刚性措施。另外,还考虑平面布局,设置变形缝、缓冲沟等。许多学者通过实践研究认为:水平滑动层是吸收地表水平变形的最有效措施;提高抵抗地表曲率变形能力的最有效方法是减小建筑物的长高比;当地表为拉伸或压缩变形时,基础梁承受较大拉力或压力;当地表为正曲率或负曲率变形时,檐口梁承受拉力或压力;墙壁上倒、正八字裂缝是正、负曲率变形作用的结果;首层窗台下垂直裂缝是水平变形作用的结果。不迁村就地重建典型的实例有:湖南娄底地区资江煤矿进行了新建抗变形建筑群下多煤层多工作面的开采研究;平顶山矿务局大庄煤矿张二成沟村抗变形房屋村庄下采煤研究;阳泉矿务局农村住宅下采煤的试验研究;峰峰矿务局袁洼村抗变形房屋下采煤试验研究;还有阳泉百团大战纪念碑(采用了抗变形措施)这样特殊结构物下采煤等等。在这一方面今后的努力方向应当是:进一步研究抗变形房屋的优化设计方法,研究并采用新型的建筑材料(这类材料应具有重量轻、抗变形能力好和价格低等特点),以便降低抗变形房屋的造价。

(4)不搬迁充填开采。据报道不搬迁充填开采的建筑物下开采实例主要有:

地点	煤层条件	采煤方法和充填方法
抚顺胜利矿	倾斜特厚煤层	倾斜长壁上行水砂充填
鸡西滴道九井	缓倾斜薄煤层	走向长壁水砂充填
焦作演马庄矿	缓倾斜厚煤层	走向长壁风力充填
南京青龙山矿	急倾斜薄煤层	倾斜断壁自溜充填
四望嶂煤矿	急倾斜薄煤层	倒台阶长壁矸石自溜充填

充填开采无论是从减小地表移动变形保护建筑物方面还是从减少煤炭资源的浪费方面来考虑都是比较好的一种建筑物下采煤方法。但是,近年来,由于考虑经济方面的因素,使得该法在我国很少使用。将来,该法也许会被重新广泛地采用。

(5)矸石造地迁建新村。矸石造地迁建新村方面,煤科院唐山分院测量所、北京开采所等都作了一些研究。以岱河煤矿矸石地基试验楼及其地表沉降观测点的实测资料为依据,分析了矸石地基建建筑物的沉降所具有的特性,介绍了利用观测资料推算最终沉降量的方法,并对矸石地基建建筑物的沉降稳定性进行了分析。在实践的基础上,较为详细地分析了采动区预垫矸石地基的三种加固密实方法及各种方法所能达到的地基容许承载力。

(6)规划设计新矿区阶段考虑综合治理。应用地表移动规律、“三下”采煤和沉陷区综合治理的开采工程体系,在新矿区开拓布置、生产系统设计与村庄、铁路、桥涵及水体下压煤的开采等方面综合考虑,全面规划,采取相应的技术措施,从根本上消除将来可能形成的恶性循环。我国的永夏矿区考虑到了这一点,与中国矿业大学联合正在进行建筑物下采煤的规划研究。在新矿区建设阶段就着手进行建筑物下采煤规划,这在我国属于首例。

(7) 其他。注浆减沉是近几年来提出的一种新的方法。由于开采煤层的上覆岩层中上、下层位的移动不是同步的,存在一个时间差,即两组岩层间存在暂时的间隙。因此,在地面通过钻孔注浆充填这些暂时的离层间隙,可达到减少地表下沉的目的。但是,这一方法还存在一些问题:在什么条件下可采用注浆减沉?在具体的地质采矿条件下,通过注浆下沉量可减少多少?离层间隙产生的时间及在空间上的分布规律?还需要深入地研究。还有学者提出了基岩地基建筑物采用人工弱面、人工强面间接保护技术。

(三) 井柱开采

井柱与工业广场煤柱开采的试验,早在30多年前德国和比利时就进行过。20世纪的60年代以来,波兰、前苏联、德国和英国等进一步地发展了这一开采技术,获得了许多成功的经验。

国外的井柱开采经验表明,井柱开采需分为如下三种情况来讨论。

(1) 竖井穿过开采煤层。在这种情况下,须遵守以下原则:全柱开采、对称开采、连续开采、控制回采强度和协调开采。实例有:波兰哈伦巴副矿副井开采,普斯特洛夫斯基煤矿主井开采,捷克红十月一矿风井开采和德国埃·马利斯矿一号井开采等。

(2) 竖井在开采煤层上方。在这种情况下,其开采方法有下面几种:由井筒中心的正下方处,用两工作面背向开采;两个工作面一前一后地跟随开采;井筒煤柱中央和两侧的工作面,分别采用两个相反开采方向。实例有:波兰卡托维茨矿南风井、前苏联9~15号矿北风井等。

(3) 井筒在开采煤柱的一侧。在这种情况下,只有通过对称开采方法,才能防止井筒在采动影响过程中产生较大的扭曲变形。

国外井柱开采有如下特点:井柱开采的实例大多为缓倾斜煤层,地质条件简单;大多为风井或辅助井筒的煤柱,少数为主、副井煤柱开采。

我国井柱开采试验研究工作,同国外先进国家相比较起步较晚,在20世纪70年代的中期才开始。但起点的技术难度较大,个别开采实例的技术难度,至今在国际上也是少见的。例如:淮南大通矿七号井筒煤柱开采,急倾斜煤层,累计采厚达9.3 m,且地质条件复杂,有大断层切割井筒。该矿用柔性掩护支架全冒落开采方法成功地采出了井柱。淮南九龙岗煤矿采用急倾斜条带开采法成功地开采了主、副井与工业广场煤柱。1980~1984年在江西丰城矿务局的建新二井,成功地开采了反斜井与工业广场煤柱。1986年,在湖南牛马司矿的麻园村矿井,也成功地开采了倾斜煤层条件下的井柱。

1.1.2 水体下采煤

国内外在水体下采煤的历史大约有100年了,各产煤国家在海下、河流下、湖泊下、含水的松散层(流砂层,砾石层)和含水的岩层(灰岩,砂岩)下、人工修建的蓄水工业建筑物下、充水的巷道与采场下进行了大量的试验开采工作。英国、日本和加拿大等国海下采煤搞得比较成功。

日本:海下采煤时,一般从海底至开采煤层留100 m作为防水煤柱不予开采,在浅部利用风力充填。

英国:海下采煤时,浅部用房柱法(个别地方用条带法开采),深部用长壁采煤。规定用长壁采煤时,上覆岩层最小厚度为105 m,煤层容许的最大采厚为1.7 m,海底最大拉伸变形

不应超过 10 mm/m;用房柱法等部分开采时,容许的最小采深为 61 m。

前苏联:根据前苏联的规程和指南,水体下开采应在安全深度下进行,安全深度=(20~75)×开采厚度。

综合国外情况,他们对导水裂缝带发育规律研究不足,对覆岩结构的分析研究不如我国。西方国家所规定的临界拉伸变形值与水体下安全开采有关,但不是主要因素,更重要的是有无有效的第四纪粘土存在及基岩中风化带的性质,隔水岩层的性质、位置及厚度;其次是煤层的产状和导水裂缝带的发育高度。他们所规定的临界变形值并不是导水裂缝带处的实际变形值。

我国在广大科技工作者的努力下,在各类水体下开采试验规模非常大,已安全采出大约 2 亿多吨煤炭。在开采过程中积累了大量宝贵的经验和大量科研数据。我国的水体下采煤技术在世界上已处于领先的地位。主要成果有:

(1)基本上搞清了缓倾斜及倾斜煤层条件下,用长壁冒采方法开采的覆岩破坏规律和防水煤岩柱尺寸的合理确定。在水体下开采急倾斜煤层也进行了一些开采试验工作。这些成果已编入了我国“三下”采煤的规程中。

(2)采用长壁分层间歇开采,各层间歇的时间间隔为活跃期,这样在第一层采动后,下层开采时可以抑制导水裂缝带的发展。如果覆岩岩性比较软,各层采动后的导水裂隙带上界面位置变化不大。

(3)为了减小边界处上覆岩层变形的叠加,各煤层之间可用协调开采的方法。如在湖南资江正河床下开采三层煤,把起推和收作位置有意错开进行协调开采。

(4)急倾斜煤层采用长走向小阶段的采煤法。严禁超限出煤,对坚硬顶底板采取人工放顶充填采空区,以防止防水煤柱抽冒和导水裂隙带的扩展。

(5)在水体下不具备全部开采条件时,采用充填采煤法。

(6)在弱含水层下开采,可以在掘采过程中进行疏干,先疏后采。

(7)在导水裂隙带观测方面,成功有效地采用了简易水文方法通过地面或井下巷道打钻孔观测采动覆岩破坏后的漏失参数等,测定导水裂隙带及冒落带的发育高度。最近,又试验了在井下打反斜钻测定导水裂隙带高度的方法。导水裂隙带高度还可以通过物探的手段进行探测,但还处于试验阶段。

我国在淮河堤下采煤已取得了很大的成功。淮堤最大下沉处,确保堤累计已达 6 m 多,行洪堤累计已达 13 m 多。通过对堤体的加高、加宽,注浆充填堤体及表面裂缝,迎水坡铺设土工织物防渗等有效措施,使淮堤的安全得到了保证。

今后,水体下采煤需要在以下几个方面作进一步深入研究:

- (1)覆岩破坏与采动后岩体渗透性变化规律的研究;
- (2)部分开采法采留参数变化与导水裂隙带的发育高度之间的关系及其规律研究;
- (3)水工设施的有效维修措施的研究;
- (4)导水断层防水煤柱尺寸的合理确定;
- (5)经济有效的观测方法研究;
- (6)急倾斜煤层在坚硬围岩条件下的水体下安全采煤技术。

1.1.3 铁路下采煤

我国铁路下采煤与国外主要产煤国家一样,除了国家主要干线下采煤有待进一步研究外,其他类型的铁路(国家干线、支线和专用线)下采煤均获得了成功。值得一提的几个实例有:峰峰矿务局通二矿和村火车站下采煤,具有站房、铁道线路、道岔、高路堤等建(构)筑物。采深 270~423 m,采厚 2.4~2.6 m,从 1978~1983 年,采出原煤 117 万 t,车站和线路运行正常。淮南矿务局在水张铁路支线望李段高路堤下进行了近 30 a 的开采,到目前,路基最大累计下沉 13 m 多,路基高度 20 多米,共采出煤炭 850 万 t。原有的黄粘土路基(高 6.5 m),经过近 30 a 来的充填加固,现已形成高 20 m 的煤矸石路基。积累了大量的科学技术数据以及线路维修、安全措施、技术管理等方面的实践经验。兖州矿务局唐村矿在矿区支线大型铁路桥下采出压煤。该铁路桥全长 123.6 m,共七孔,每孔跨度 16 m。兖州矿务局兴隆庄煤矿铁路下综放工作面高强度采煤,淮南谢桥煤矿铁路及铁路桥下综放工作面高强度采煤。

1.2 淮南矿区淮堤下采煤概况

淮河是中国的重要河流之一。干流流经淮南矿区的孔集、李嘴孜、新庄孜和谢李深部井井田上方。河床和堤下直接或间接压煤地质储量 3.9 亿 t,可采储量 2.14 亿 t。大量压煤严重制约了淮南矿区的正常生产发展。为了充分利用煤炭资源,延长矿井服务年限,进行淮河及其堤下采煤势在必行。

淮南矿区本着积极稳妥、确保安全、先易后难和由点到面的原则,在充分分析了大量内涝积水区和隔堤下采煤资料的基础上,于 1974 年,在李嘴孜矿东翼,先河漫滩后河床和行洪堤下进行试采,获得了成功。

从 20 世纪 80 年代起,新庄孜矿开始将大部分采场延深至淮河老应段确保堤煤柱内。至今,淮堤下已累计采出煤炭 2300 多万 t。影响堤段长度为:确保堤 4.53 km,行洪堤 5.2 km。淮堤最大下沉:确保堤 6 m 多,行洪堤 13 m 多。原堤顶已分别在保证水位线以下 4 m 和行洪水位以下 12 m。近期,李嘴孜和新庄孜两矿每年采出煤炭 200 万 t。

1.2.1 矿区淮河及淮堤概况

(一) 矿区淮河及淮堤

淮河是我国七大水系之一,源出河南省桐柏山,向东流经河南、安徽,到江苏入洪泽湖后,分流入江、入海,干流全长约 1000 km,总落差 200 m,流域面积 18.7 万 km²。

淮河干流淮南段流经凤台县后,河道分成南北两支,其中南支主河道进入矿区,自西向东经孔集、李嘴孜、新庄孜和谢李深部井井田上方,与煤系地层走向斜交约 20°,如图 1.1。

矿区内淮河,其宽度一般在 400 m 左右,丰水期可达 700~800 m,汛期若洪水位超过 +23.5 m 而行洪后,二道河地区的河面宽度可达 3.5~4.0 km。淮河常见洪水位 +20~+23 m,历史最高洪水位 +24.53 m,最低水位 +12.36 m;蚌埠闸于 1961 年建成后,闸上水位控制在 +16.5~+18 m。最大流量(1954 年)为 10800 m³/s,最小流量为(1978 年)58.7 m³/s。年平均流速 11.7 m/s;最小流速 0.2 m/s。汛期洪水退水速率一般为 0.28 m/d,最大为 2.4 m/d。河床底的高程一般为 +10~12 m,开采沉陷后最低为 +6 m 以下。两岸地坪高程一般

为+19~21.0 m,开采沉陷后最低为+12 m 以下。

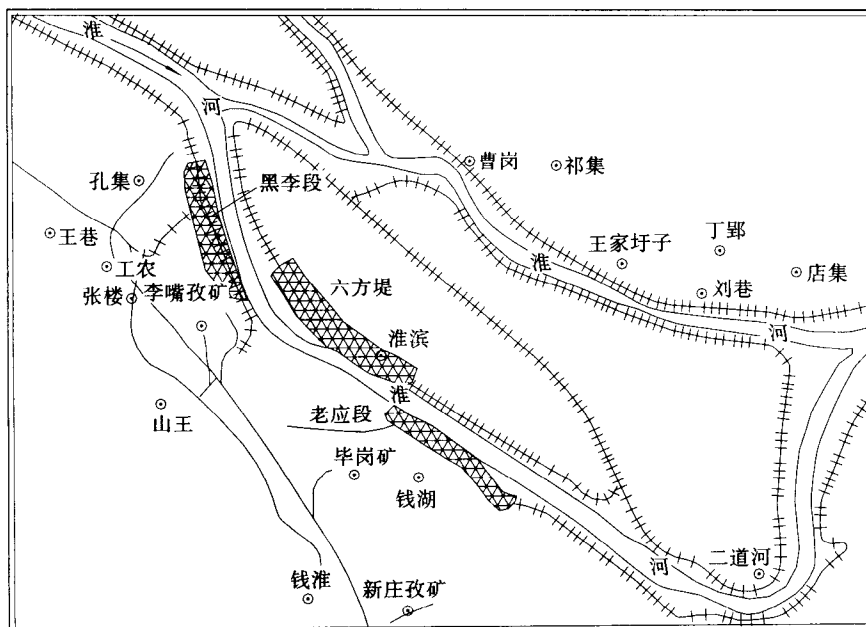


图 1.1 淮河与矿区分布对照图

为免受汛期水患威胁,自 20 世纪 50 年代起,两岸筑堤防洪。在矿区范围内现已筑有三段确保堤和一段行洪堤,其概况如表 1.1(维护加固前)。

表 1.1 矿区淮堤情况表

堤段	起始、终止地点	长度/km	堤顶高程/m		堤脚高程/m		堤身断面		
			设计	实际	临水面	背水面	顶宽	临水面	背水面
黑李段	黑龙潭~李嘴孜	12.7	28.0~27.0	28.86~27.10	22.6~19.0	22.8~18.5	10	1:3	1:3~1:5
老应段	老龙头~应台孜	4.38	27.54~27.45	27.8~27.5	21.0~19.0	19.0	10	1:3	1:3~1:5
耿石段	耿皇寺~石头埠	2.73	27.45~27.3	27.7~27.5	24.5~20.0	24.9~17.0	6~10	1:3	1:3
六方堤		22.8	23.5~24.0	23.5~23.0	19.5~20.4	19.4~21.0	3~3.5	1:3	1:3

(二) 淮堤下煤系地层

(1) 淮堤下煤系地层

受采动影响的淮堤,其下的煤系地层为石炭二叠系,总厚约 400 m,含可采煤层 13~15 层,总可采厚度 28~32 m。地层岩性为砂岩、粉砂岩、粘土岩和煤组成。煤层倾角自南向北逐渐增大,由新庄孜矿南翼的 20°左右,到孔集、李嘴孜两矿交界处的 65°左右。煤系地层柱状见图 1.2,煤层情况见表 1.2。

(2) 淮河堤坝下压煤

淮河流经孔集、李嘴孜、新庄孜和谢李深部井四个井田上方,直接和间接压煤地质储量

1 概述

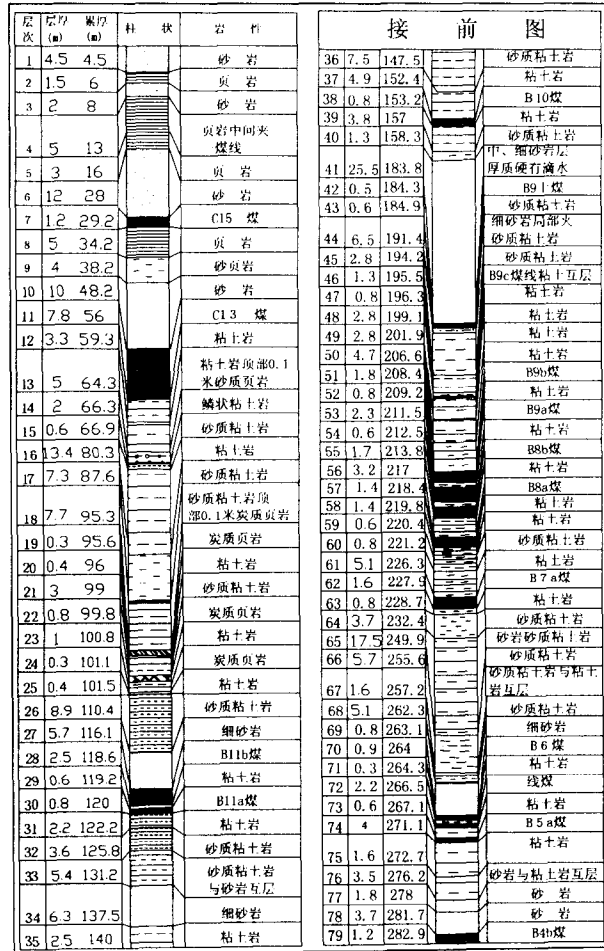


图 1.2 李嘴孜矿东石门-90 m 水平煤系柱状图

3.9 亿 t, 可采储量 2.14 亿 t, 压煤占四个矿总可采储量的 42.3%, 分矿压煤情况如表 1.3。

(三) 受采动影响淮堤的第四系地层

本区煤系地层上方不整合覆盖有第四系新地层。在新庄孜井田, 其厚度约 20 m, 在李嘴孜井田, 其厚度约 40 m。新地层的地质结构及各层土的物理力学性质已基本查明, 堤基土主要由粘土、亚粘土、轻亚粘土及亚砂土层组成, 堤基分布着一层冲洪积形成的硬~坚硬状粘土层, 新近沉积的河漫滩地层及湖相泥灰岩, 地层结构较复杂。

水文地质条件: 河漫滩区第四系为河流冲积的双层结构, 其中砂层为中密饱水中细砂层, 据抽水资料, $q=690\sim3420\text{ mL/s}\cdot\text{m}$, $K=3.093\sim17.728\text{ m/d}$ 。由于其上覆河漫滩相地层为弱透水地层, 砂层中的水具承压性。河漫滩相地层为弱透水潜水含水层, 粉质亚粘土层的渗透系数 $K=(0.89\sim8.99)\times 10^{-3}\text{ m/d}$, 粉砂土层渗透性稍高, $K=(5.3\sim9.68)\times 10^{-2}\text{ m/d}$ 。冲积层地下水的补给来源主要是大气降水和汛期河流侧向补给, 排泄途经是枯水季节向河流侧向排泄。由于河漫滩相地层的相对隔水作用, 砂层中的地下水主要受河流侧向补

1.2 淮南矿区淮堤下采煤概况

给,河水与砂层含水层有直接的水力联系,砂层中的水位随河水位上涨而上升,水位升幅可达数米。

表 1.2 煤层情况表

煤层名称	煤层厚度(最小~最大/平均)/m	层间距/m
C ₁₅	0~2.3/0.96	
C ₁₃	1.45~12.25/5.95	C ₁₅ ~C ₁₃ 14~20
B _{11b}	0.81~6.40/3.0	C ₁₃ ~B _{11b} 59~62
B _{11a}	0~1.16/0.70	B _{11b} ~B _{11a} 2~3.5
B ₁₀	0~1.39/0.70	B _{11a} ~B ₁₀ 24~36
B _{9b}	0.30~4.60/1.50	B ₁₀ ~B _{9b} 15~28
B _{9a}	0~1.46/0.65	B _{9b} ~B _{9a} 2.5~4
B _{8b}	0~3.53/1.91	B _{9a} ~B _{8b} 4~13.5
B _{8a}	0~1.70/0.23	B _{8b} ~B _{8a} 5~6
B ₇	0.36~5.40/3.42	B _{8a} ~B ₇ 5~9
B ₆	0~4.0/2.94	B ₇ ~B ₆ 4~12
B _{5a}	0~1.90/0.46	B ₆ ~B _{5a} 32~48
B _{4b}	0~4.07/1.37	B _{5a} ~B _{4b} 12~18
A ₃	0~4.68/3.22	B _{4b} ~A ₃ 75~87
A ₁	0.23~5.09/2.07	A ₃ ~A ₁ 4~8

表 1.3 淮河堤坝下压煤情况表

矿 别	总可采储量/万 t	压煤量/万 t			压煤占总可采储量的比例
		煤柱	间接	小计	
合 计	50559	11676.4	9590.0	21366.4	42.3
新庄孜	18254	8467.0	9087.9	17554.9	96.2
孔 集	3346	860.5	462.0	1322.5	39.5
李嘴孜	290	150.3	140.1	290.4	100
谢李深部井	28669	2198.6	/	2198.6	7.7

(四) 淮堤堤基及堤体工程地质条件

(1) 堤基土层结构

1) 老应堤堤基土层结构

从水文地质和工程地质条件来划分,明显可划分为两个区段。

一区为阶地区,该段堤基土层为较均一的红黄粘土和亚粘土。① 粘土层,稍湿,硬塑,含大量铁、锰结核及灰白色粘土条带,局部缺失,上部网状微裂隙发育, $e=0.63\sim0.71$, $I_p=17.3\sim21.1$ 。② 亚粘土层,稍湿,坚硬,含大量铁锰结核及灰白色粘土,底部混有砾石和钙结核,微裂隙发育, $e=0.64\sim0.73$, $I_p=14.8\sim19.7$ 。③ 下伏地层为较厚的泥灰岩,上部裂隙