



开滦煤炭科学研究所编

铁路下采火

3.8

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书总结了我国部分主要矿区在铁路专用线、铁路支线及干线的有缝线路下采煤的实践经验，着重对铁路下采煤的可能性、岩体和地表的移动变形及具体预计方法等问题进行了理论分析与介绍，尤其对路基及线路的维修工作、安全措施及观测工作做了较详细的叙述。对于开展铁路下采煤工作很有参考价值。可供煤矿和设计、科研、教学等有关部门的工程技术人员学习与参考。

铁 路 下 采 煤

开滦煤炭科学研究所编

(限 国 内 发 行)

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₃₂ 印张8¹/₄插页 2

字数180千字 印数1—4,500

1978年7月第1版 1978年7月第1次印刷

书号15035·2146 定价0.95元

前 言

解放建筑物、铁路和水体下(简称三下)的压煤是煤矿生产过程中必须解决的一个重要问题。一般矿区内均有铁路专用线,有的矿区还有铁路干线通过。为了保护矿区内铁路线免遭地下开采的影响,按规定在铁路线下都留有保安煤柱,这些煤柱一般禁止开采。这样,不仅造成许多矿区积压了大量煤炭资源,而且给矿井的开拓和生产布局带来了不少困难。

建国以来,广大煤矿职工在各级党委领导下,在广大铁路职工的协助下,积极开展铁路下采煤的试验工作,已经从铁路下采出了大量煤炭,有力地支援了国家建设,同时积累了很多宝贵经验。为了总结和交流这些经验,我们根据鸡西、枣庄、焦作、峰峰、鹤岗、淮南和开滦等矿区在铁路下采煤过程中积累起来的有关资料编写了《铁路下采煤》这本书,为进一步开展铁路下采煤工作、挖掘老矿潜力、促进煤炭生产的发展,创造了有利条件。

本书在编写过程中,得到了许多参加过铁路下采煤的工人和工程技术人员的大力支持,对此我们表示衷心的感谢。

由于我们的思想水平和业务水平所限,实践经验不足,因此书中难免有许多不妥之处,恳请读者对本书提出宝贵意见,以便今后改进。

开滦煤炭科学研究所
一九七六年十二月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 铁路下采煤的重要意义.....	(1)
第二节 铁路下采煤的可能性.....	(3)
第三节 我国铁路下采煤概况.....	(5)
第四节 国外铁路下采煤概况.....	(9)
第二章 岩体和地表移动	(13)
第一节 岩体内部移动的概述.....	(13)
第二节 地表移动的一般概念.....	(21)
第三节 主断面上地表移动和变形的预计.....	(24)
第四节 非主断面上地表移动和变形的预计.....	(40)
第五节 预计例题.....	(52)
第三章 路基的移动及处理	(66)
第一节 路基的移动和变形特征.....	(66)
第二节 采动路基的处理.....	(73)
第四章 线路上部建筑的移动及其维修	(84)
第一节 线路的垂直移动及其维修.....	(84)
第二节 线路的横向水平移动及其维修.....	(96)
第三节 线路的纵向水平移动及其维修.....	(110)
第五章 安全措施	(115)
第一节 开采措施.....	(115)
第二节 开采前的准备工作.....	(122)
第三节 开采过程中的维护措施.....	(127)
第六章 铁路观测站	(128)
第一节 观测站的设置.....	(128)

第二节	高程观测·····	(130)
第三节	平面观测·····	(136)
第四节	其它观测·····	(153)
第七章	实例·····	(158)
第一节	鹤岗在铁路专用线下采煤·····	(158)
第二节	焦作焦西矿在铁路支线下采煤·····	(166)
第三节	鸡西麻山矿在铁路干线下采煤·····	(171)
第四节	峰峰在矿区铁路下采煤·····	(177)
第五节	枣庄山家林矿在铁路站线下采煤·····	(180)
第六节	北票台吉矿在铁路桥下采煤·····	(187)
第七节	南桐矿在铁路隧道下采煤·····	(191)
第八节	开滦唐家庄矿在铁路桥下采煤·····	(195)
附录一	用最小二乘法求经验公式中的系数·····	(206)
附录二	指数函数经验公式中函数 A 、 A' 、 A'' 的计算图表·····	(218)
参考文献	·····	(256)

第一章 概 述

第一节 铁路下采煤的重要意义

为了及时地把煤炭源源不断地运往祖国各地，在矿区附近往往都有铁路干线和铁路支线通过，其中有些铁路的下方就压有煤炭，尤其是矿区与这些铁路相联结的矿区铁路专用线则绝大部分是建在煤田上方。过去为了保护铁路运输的安全，在铁路下方都留设有保安煤柱，因此，可以说在各矿区基本上都存在有铁路下压煤的问题，其压煤量是相当大的。

根据有关规定，铁路下方保安煤柱的留设方法为：自铁路路基坡脚向外留 5~15 米宽的围护带，再按该剖面方向的岩层移动角留设煤柱（图 1-1）。由此可见，随着所采煤层深度的增加和倾角的增大，所留保安煤柱的尺寸亦增大。倘若煤层较厚或为多煤层，则保安煤柱的煤量将相当大。例如，在开滦唐山矿矿田上方京山铁路线所需保护的宽度仅为 12 米左右，而井下所留煤柱的宽度竟达 800~900 米，有六个可

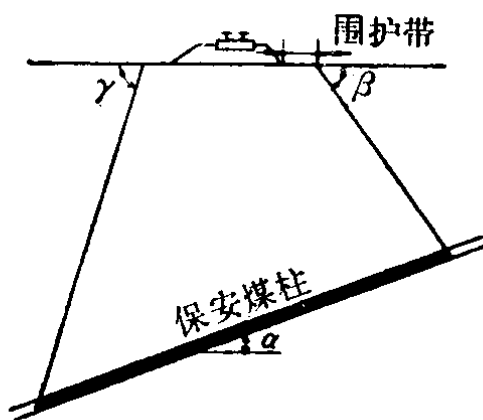


图 1-1 留设保安煤柱示意图

采煤层总厚度 14 米左右，总计被压煤柱的可采储量达七千多万吨。据我国主要矿区的不完全统计，单为铁路干线和支线所留设的保安煤柱的可采储量就达十几亿吨。留设保安煤柱，

给煤矿生产带来一系列的严重后果：

1. 增加呆滞煤量，影响了矿井挖掘潜力

在生产矿井留设的铁路保护煤柱中，有一部分已被相邻采区的巷道所圈定，而成为开拓煤量和准备煤量。这些煤量不能及时采出，成为呆滞煤量。例如，仅开滦唐山、林西和唐家庄三个生产矿井，在京山铁路下的被压可采储量就达一亿四千余万吨。这些铁路下压煤若不能及时采出，不仅浪费了大量的维修和重开巷道的资金，而且拖延了开采时间，不利于老矿挖潜和增加煤炭产量。

2. 减少矿井储量，缩短矿井寿命

在铁路煤柱四周煤层采完之后，周围巷道都将报废，即使以后铁路改线允许开采这部分煤炭，仍需重新开掘许多巷道。这在经济上是不合理的，在技术上有时也是不可行的，因此，有可能造成这部分煤炭永远采不出来，使矿井寿命缩短，例如，山东坊子煤矿由于胶济铁路线的煤柱不能开采，已经提前报废了一个矿井，如果这个问题近期不能解决，则该矿的服务年限就要缩短。

3. 有碍矿田布局，造成开拓不合理

例如本溪彩屯煤矿自1954年投产以来，由于矿田东部位处于沈丹线、溪田线、市区建筑物和太子河下，只能单翼开采，造成设备利用率低，产量长期达不到设计水平。又如，开滦唐山矿为了避开铁路煤柱，在开采铁路煤柱另一侧的煤层时，不得不开掘了近两公里岩石巷道，不仅增加了国家投资，延长了巷道的维修时间，而且使运输费用增加，推迟了煤炭的开采时间。

总之，留设保安煤柱有有利的一面，也有不利的一面，对于保安煤柱，既不能完全肯定，也不能完全否定。在实践

中，应该根据铁路状况、运输量、行车速度，以及井下开采条件等多种因素，综合考虑，分别对待。未来的发展趋势，是在井上下采取一定的措施，确保铁路运输安全的条件下，尽可能地把铁路下压煤采出来。

第二节 铁路下采煤的可能性

铁路担负着繁重的运输任务，尤其是国家铁路干线是国民经济的大动脉，对工农业生产和国防都具有重大意义。因此，在铁路下采煤时，必须了解铁路线路的性质、岩层与地表的移动规律以及它们之间的关联，以便采取必要的措施，达到既采出地下煤炭资源又保证铁路运输安全的目的。铁路线路承受着列车的动荷载，并引导列车前进的方向，所以，它不仅在重量大、速度高的列车的错综复杂的动力作用下，发生多种多样的移动和变形，而且由于暴露于大气中，还会不断地遭受风雨日晒，产生各种移动和变形，若不及时维修，消除这些移动和变形，当其超过一定限度时，便危害列车的安全运行。但线路具有一个特点，即在线路上产生上述移动和变形时，可以在不间断线路营运的条件下，用起道、拨道、调整轨缝等一系列维修方法消除。在《铁路工务规则》中已规定了一系列线路容许偏差值，只要线路上的残余变形不超过这些规定值，则线路就能够保证列车的安全运行。这些规定如：两股钢轨的水平允许差4毫米；轨距允许窄2毫米、宽6毫米；在10米范围轨面前后高低和方向均允许差4毫米等。实践表明，线路发生突然的、局部（小范围）的下沉，对列车安全运行的危害最大，因为这种突然下沉不仅是无法预防的，而且也不易在列车通过之前消除。倘若在列车通过时发生突然的下沉，就不可避免地造成重大事故。小范围的

下沉，即使其下沉量较小，也会造成相邻区段的较大的相对变形，这样就容易使线路的水平、轨距、方向和前后高低等超过允许偏差值。若线路的下沉是大范围的，平缓的和连续的，即使下沉值较大，相邻区段的相对变形值也不会很大，故仍可保持线路的水平、轨距、方向和前后高低等不超过允许偏差值，对列车安全运行不构成危害。认识并利用铁路线路的上述这些性质，对实现铁路下采煤具有十分重要的意义。

在井下采煤影响下，其上覆岩层和地表必然发生移动，从而导致线路发生移动和变形。而线路发生移动和变形的形式和程度则取决于地质采煤条件、采煤方法和顶板管理方法等。如果采煤方法使用不当，例如用陷落法开采浅部煤层或在某些特殊地质构造的条件下，地表有可能发生突然的或不规则的移动。因此，在铁路下采煤时，必须采取相应的采煤措施，防止铁路下方出现突然下沉。

我国各矿区多年来实际观测的大量资料证明，除了一些特殊情况以外，煤炭采出后，地表下沉一般均是大范围、连续、平缓的，而在时间上是渐变的。这种性质是由于我国使用的采煤方法大都是大面积、连续开采的方法所决定的。在这种下沉形式下，路基下部有整体岩层支托，不会发生松动、破碎现象，表现为整体移动，因而不会失去其坚固性。实践还证明，采动路基因列车动压力作用而发生的变形仍然保持在弹性范围之内。由于上述原因，上部建筑的变化也是大范围、连续、渐变的，即线路的坡度、水平、轨距、方向、高低、轨缝和曲线正矢等每昼夜的变化量甚小。在这种条件下，只要对线路进行及时的检查和维修，消除局部变形，即可保持线路质量良好，保证列车安全运行。

长期以来，广大铁路职工为了保证列车安全运行，在处理线路的各式各样的变形中，积累了丰富的经验。例如线路上常见的路基反浆冒泥、道碴陷槽、冻害、滑坡……等，经常威胁着列车的安全运行。有时由此而引起的线路移动和变形是相当大的，其移动速度每昼夜可达几十毫米。但在广大铁路工人的精心维护下，与煤矿工人共同努力、相互协作，及时消除了由铁路下采煤而引起的各种移动和变形，始终保持了线路良好状态，保证了列车正常、安全运行。二十几年来，已从铁路下方采出了数千万吨煤炭，有力地支援了社会主义革命和社会主义建设。

综上所述，在铁路下采煤时，根据地质采煤条件，采用适当的采煤方法，可以杜绝地表的突然下沉，而使线路仅发生大范围、连续、平缓下沉。在这种情况下，路基成整体下沉，在下沉过程中不影响其稳固性，而上部建筑的变形，通过加强维修的方法，使其不超过容许偏差界限，从而就解决了线路移动和坚固完好的矛盾，使铁路下采煤成为现实。

第三节 我国铁路下采煤概况

我国在铁路下采煤的试验工作是从1951年峰峰矿区在铁路专用线下采煤开始的，1956年焦作矿区在焦李铁路支线下进行了试采。在上述试验取得成功的基础上，各主要矿区相继得到推广。1970年以来，鸡西矿区在林密铁路干线下又先后进行了采煤试验，均取得了显著效果。

在矿区专用线下采煤，由于线路的运输量较小，行车速度较慢，技术标准要求较低，相对来说开采比较容易，因而这些年来发展较快。目前，如鹤岗、开滦、峰峰、阜新、北票、平顶山等矿务局都在矿区专用线下安全地采出了大量煤

炭。有的矿区在铁路下采出的煤炭占的比重很大。例如1973年峰峰矿区铁路下采煤量占其产量的四分之一。有些矿区在难度较大的条件下都做到了安全开采。例如鹤岗矿区在铁路专用线下采煤时，有的采区最小采深仅21米，有的采区最大开采厚度达16米，有的线路最大下沉为10米，有的线路最大下沉速度每昼夜约100多毫米。这些说明虽然开采难度较大，线路移动很剧烈，但由于采取了一系列措施，一直保持列车正常运行。此外，在煤层群（如开滦、平顶山）、急倾斜煤层（如北票）、车站（如枣庄）和桥梁（如平顶山、北票、开滦）等条件下也都进行了安全采煤。因此，可以认为除了一些特殊地质构造及特殊条件以外，我国在缓倾斜煤层条件下的专用铁路线下采煤的问题已经基本解决，在我国大多数矿区已经不再考虑留设专用铁路线的保安煤柱问题。

铁路支线的技术标准和重要程度都比铁路专用线高。但与铁路干线相比，它的行车速度较慢、车次亦较少。在铁路专用线下采煤有经验的矿区，大部分已将这些经验推广到铁路支线上去了。到目前为止，我国已经在铁路支线下采出了许多煤炭。如焦作矿务局在焦李线下、枣庄矿务局在薛枣线下（薛城至枣庄）、峰峰矿务局在马磁线下（马头至磁山）、涟邵矿务局在娄邵线下（娄底至邵阳）的采煤工作，均达到了既采出被压煤炭，又保证列车安全运行的目的。在一般采矿地质条件下，我国铁路支线下采煤的问题，在技术上已经基本解决，目前的主要任务是如何组织推广，或在某些特殊条件下继续试采，取得新的开采经验。

铁路干线下采煤，目前还是处于扩大试验开采的阶段。因为铁路干线是国家运输的动脉，列车运行速度快，运输量大，相应的线路技术标准较高。由于车次多，列车运行密度

大，给线路维护工作带来一定的困难。我国在铁路干线下采煤是于1971年鸡西矿务局和牡丹江铁路分局在林密铁路干线下开始的，四年多的时间，在线路的不同区段开采了六个工作面，从铁路煤柱中采出了四十六万吨主焦煤，而列车始终按原速度、原牵引重量安全运行，给铁路干线下采煤积累了实践经验。

铁路下采煤包括铁路线路、桥涵、隧道以及车站等下面采煤的问题，其中线路下采煤最为常见，条件最简单，采煤引起的变形也容易消除。目前，我国铁路下采煤大部分还多属于线路下采煤。

桥涵也是铁路下采煤时遇到比较多的一种建筑物，但与线路相比，它的长度较小，压煤量也较少。由于涵洞能承受较大的变形和变形后便于用起垫和加宽的办法加以维护，因此，到目前为止，在涵洞下采煤的实践中还没有发现涵洞发生较大破坏的例子。例如，自1959年以来，平顶山矿区已在二十座涵洞下进行了开采。其中有拱涵，也有盖板涵；有单孔涵洞，也有双孔涵洞，开采后只是伸缩缝变大了一点，个别地方出现裂缝，但均未影响通车。

至于桥梁，由于它承受变形的能力较小，产生变形后也不易消除，因此，到目前为止，铁路桥梁下采煤还是刚刚开始。如北票台吉矿在双孔（每孔跨度为10米）钢板桥梁下采煤，桥梁最大下沉达789毫米，取得了初步安全开采的经验。开滦唐家庄矿在全长为43米的四孔钢筋混凝土桥下采煤，桥梁最大下沉达1208毫米，最大下沉速度达23.4毫米/日的条件下，也进行了安全开采。平顶山矿区从1965年开始已在十处桥梁下进行了采煤。

车站是铁路运输的枢纽，车站内的建筑和设备类型比较

多，除了线路以外，还有道岔、信号、电气设备、站房等。因此，车站下采煤比正线下采煤增加很多维护工作量，难度比较大。但有利的方面是：车站内线路多，在维修时可以短时间封锁一条线路而不至影响整个线路的运输；车站内除了正线和到发线以外，其它站线的技术标准要求较低；除了通过的列车之外，一般列车在进出站时车速较低等。这些因素对维修工作是有利的。因此在车站下采煤时，只要有足够的维修力量和材料，保证列车安全运输是完全可能的。例如，阜新矿区在海州露天矿剥离站区（属于专用铁路线）、枣庄矿区在邹坞车站（属于铁路支线）下都进行了安全开采。他们在维护车站各种设备和建筑方面积累了许多宝贵的经验。

目前在铁路隧道下采煤遇到得比较少，实践经验也不多。南桐矿区曾在三万（三江至万盛）铁路支线的一条隧道下开采了两个煤层。第一个煤层厚0.6米，用走向长壁陷落法开采。开采后隧道下沉153~172毫米，仅隧道南口料石砌拱被挤裂；第二个煤层厚1.5米，用条带法开采，开采后隧道下沉仅27毫米，原有裂缝略有发展，未发现新裂缝，列车始终安全正常运行。

总之，二十几年来，我国在铁路下采煤方面已进行了大量的工作，积累了许多宝贵的经验。但由于各种原因在开采过程中也曾出现过一些问题，例如：有的由于维护材料（如道碴等）供应不及时，线路下沉后未及时起垫，线路质量降低，为了保证安全，而减速运行一段时间；有的由于生产和维护部门之间没有配合好，线路没有及时维修，迫使行车减速甚至暂时封闭线路，影响了生产。这些问题都属于重视不够，组织措施不落实造成的。目前对铁路干线下采煤时如何进行维修还缺乏足够的实践经验，对于铁路桥梁、隧道以及

车站内一些重要建筑物下开采时还缺乏完善的维护措施。因此，关于今后的工作，我们认为：除了在桥梁、隧道及车站等建筑物下和在某些特殊地质条件下采煤需要进一步试验和积累经验外，对于铁路专用线和支线线路下的采煤问题应该大力推广。同时利用已有的经验扩大铁路干线下的开采，并创造新的经验，以便解放更多的铁路下的压煤。

第四节 国外铁路下采煤概况

在世界各主要产煤国家都有大量的铁路压煤问题。过去铁路下采煤也均用留设保安煤柱的方法解决。自十九世纪末叶，尤其是近二十年来，有许多国家先后进行了铁路下采煤及研究工作，根据现有资料，简述如下：

据文献记载，早在1879~1890年间德国开始了铁路下采煤。图1-2为采区剖面图。在铁路修筑之前，于1857~1860年间开采了“厚”煤层，采厚3.8米，采深101米。1862年在采空区上部地表修筑铁路，建成后最初几年铁路下沉很小，不久便完全停止。1879~1880年间，在铁路下深117米处开采了厚1.1米的煤层，后来又在深127米处开采了厚0.8米的煤层。几个星期后，开采影响达到地面，线路下沉达1.1米，未危害到铁路的安全运行，仅在1879年填高路基0.35米，1880年再次填高0.45米。此外，在煤层倾角为 31° ，采深为54~85米的条件下还开采了3.8米厚的煤层，也没有影响铁路运输。

1956年，西德在一条通过快车的铁路下用充填法开采了铁矿，采厚为4.3米，采深为68米，线路总的移动时间达两年九个月，最大下沉值800毫米。但主要移动量集中在开采后的第二年，这一年下沉量占总下沉量的90%。其中有十一天的下沉量占总下沉量的20%，有两天，下沉速度最快，达25毫

米/日。由于采取了安全措施和列车降速行驶（正线为 60 公里/时，通过道岔时为 40 公里/时）达到了安全行车。

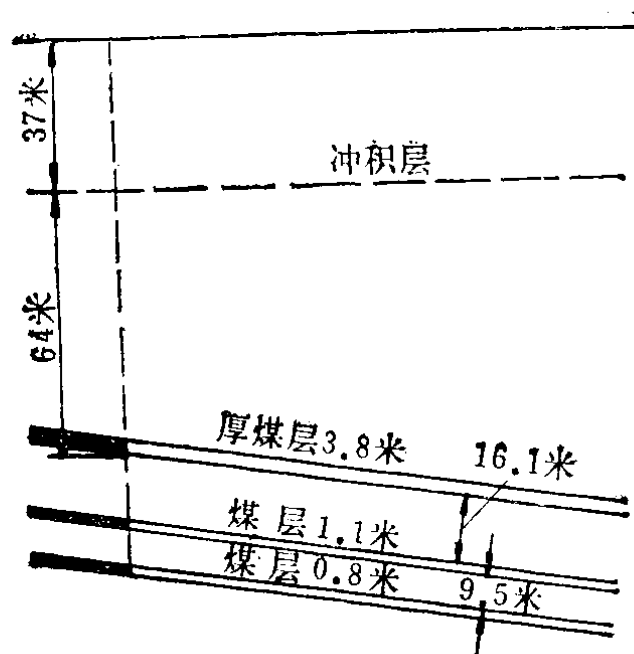


图 1-2 德国铁路下采煤剖面

苏联的铁路下采煤规程最早见于1939年。当时规定在铁路下留设保安煤柱时留到安全开采深度为止。在安全开采深度以下的煤层是允许开采的。所谓安全开采深度，是指在此深度以下开采时，地面建筑物产生轻微的变形，也就是说，这种变形不致威胁人的生命安全，也不需要停产维修。安全开采深度按下式计算：

$$H = KM$$

式中 H ——安全开采深度，米；

M ——煤层采出厚度，米；

K ——安全系数。

1960年顿巴斯的保护规程对安全系数规定列于表 1-1。

表 1-1 顿巴斯煤田铁路线路安全系数值

煤层倾角	安 全 系 数		
	铁路干线	铁路支线	铁 路 专 用 线
≤45°	150	100	不留保安煤柱。在采取检查(在活跃期每天检查和对路基下沉进行定期观测)和及时维修措施时,可以在采深大于25米的条件下开采。
>45°	200	150	

按上述规定,苏联在铁路支线、专用线和干线下进行了采煤。现将顿巴斯和契良宾两个煤田在铁路干线下采煤的概况列于表1-2。

表 1-2 顿巴斯和契良宾煤田在铁路干线下采煤实例

矿 井 名 称	开采年份	地质采矿条件			地表最大移动值			
		煤层 倾角 (度)	煤层 厚度 (米)	开采 深度 (米)	下沉 (米)	倾斜 (毫米 /米)	水平 变形 (毫米 /米)	下沉 速度 (毫米 /日)
顿 巴 斯 煤 田								
许米特矿	1926~1936	6	0.8	240	0.37	—	—	—
九 号 矿	1936	6	0.9	110	0.45	2.5	—	7.0
契留斯金采夫矿	1937~1938	10	1.0	200	0.70	7.0	—	—
彼德十号矿	1952~1953	20	1.1	260				
	1952~1953	22	0.9	260	1.20	5.0	5.0	4.0
13 号 矿	1952~1955	20	1.25	178	0.66	6.0	5.0	4.0
29 号 矿	1958	27	2.1	473	0.50	3.0	2.0	4.0
契留斯金采夫 一号矿	1961~1962	9	1.0	116	0.50	13.0	6.0	20.0
同 上	1964~1965	11	2.0	530	0.70	6.0	3.0	4.0
东方5~6号矿	1965~1966	60	1.2	330	0.1	3.0	3.0	1.0
北布托夫卡矿	1967	40	1.2	260	0.4	5.0	5.0	2.5
契 良 宾 煤 田								
204 矿	1946~1949	11	2.7	64~ 110	1.70	—	—	—
42 付 矿	1946~1949	16	1.6	50	1.10	—	—	—

波兰建筑物(包括铁路)下压煤量达50亿吨以上。1945年开始在城市建筑物、铁路下的采煤工作,到1971年从建筑物保安煤柱中采出的煤量达五千万吨以上。其中从铁路和铁路设施的煤柱中采出的煤炭约为八百万吨。

1961年,波兰在西里西亚煤田建筑物保护规程中规定,对于国家铁路干线,预计路基纵向的最终水平变形值在不大于3毫米/米时,允许开采铁路煤柱;对于铁路支线,预计上述变形不大于6毫米/米时,允许开采。但从实际开采情况来看,在大于上述规定时,也进行了开采,并且保证了列车的安全运行。

波兰在铁路干线下采煤时,采用的顶板管理方法有水砂充填法,有全部陷落法,也有两者兼用的(表1-3)。在维修采动后的线路时,一般没有恢复到原始纵断面,而是采用起垫和顺坡相结合的方法保证列车安全运行,因而表1-3中线路最大起垫高度都小于路基的最大下沉值。

表 1-3 波兰在铁路干线下采煤的实例

序号	开采煤层数	开采总厚度(米)	开采深度(米)	顶板管理方法	开采期间(年)	采动线路长度(公里)	路基最大下沉(米)	路基最大起垫高度(米)
1	1	10.0	250	水砂充填	1953~1963	0.3	2.0	—
2	8	13.4	200~300	陷落	1952~1968	1.3	10.0	—
3	2	3.0	250~360	陷落	1965~1968	1.0	2.0	1.0
4	5	4.8	300~500	陷落	1964~1969	1.9	3.1	1.5
5	6	5.0	380~540	陷落	1964~1969	1.8	3.8	0.7
6	1	3.6	300~450	水砂充填	1950~1969	2.3	4.7	4.0
	5	8.4		陷落				
7	1	2.5	340~370	水砂充填	1966~1969	1.9	4.3	2.2
	3	6.5		陷落				