

贵州省采矿工程特色专业项目(黔教高发[2012]426号)  
采矿工程专业综合改革试点项目(黔教高发[2013]446号)

# 采矿工程 毕业设计指导

CAIKUANG GONGCHENG  
Biye Sheji Zhidao

刘洪洋 艾德春 杨军伟 主编



外借

中国矿业大学出版社

贵州省采矿工程特色专业项目(黔教高发[2012]426号)

采矿工程专业综合改革试点项目(黔教高发[2013]446号)

# 采矿工程毕业设计指导

主 编 刘洪洋 艾德春 杨军伟

中国矿业大学出版社

## 内 容 简 介

本书是在作者多年教学工作基础上,并参考全国各煤炭高校的设计指导经验编写而成的,内容符合《煤炭工业矿井设计规范》、《煤矿安全规程》等行业规范、标准的要求,内容包含采矿工程专业毕业的绝大部分内容。全书内容丰富、层次清晰、论述有据,实践性和可操作性强。

本书可供采矿工程专业本科生作为教材使用,也可供从事相关设计的人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

采矿工程毕业设计指导/刘洪洋,艾德春,杨军伟

主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2017.4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3521 - 3

I. ①采… II. ①刘… ②艾… ③杨… III. ①矿山  
开采—毕业实践—高等学校—教材 IV. ①TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 080699 号

书 名 采矿工程毕业设计指导

主 编 刘洪洋 艾德春 杨军伟

责任编辑 王美柱

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

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

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 7.75 字数 193 千字

版次印次 2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价 18.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

毕业设计是本科阶段最后一个教学环节,也是学生最重要的实践环节之一。通过毕业设计,使学生对所学的基础理论知识和专业理论知识进行一次系统的总结,并结合实际条件加以综合运用,以巩固和扩展学生所学的知识,巩固和发展学生的运算和绘图的工程技能,培养和提高学生分析和解决实际问题的能力和素质,丰富学生的生产实际知识,进一步培养和锻炼学生理论联系实际、尊重科学和实践的良好思想作风。

采矿工程毕业设计是按实习矿井的地质条件,或其他不同地区、不同条件下的矿井地质条件,进行一个新建矿井的初步设计,完成毕业设计大纲规定的全部工作量。学生进行毕业设计的原始条件不同,内容众多,涉及面广,需要考虑的问题很多。因此,学生进行毕业设计时,除了参阅相关的教材(例如《采矿学》、《井巷工程》)外,还需要参考大量的资料,例如《煤炭工业矿井设计规范》、《煤矿安全规程》、《综采综掘高档普采设备选型配套图集》、《煤炭矿井制图标准》等,资料比较分散。

编写本书的目的是为了指导学生在毕业设计时,理清设计思路,正确分析、思考设计中涉及的问题,正确选择技术参数和作出技术决定,使设计能够保证安全生产和尽可能采用最先进的技术,并做到合理可行。书中内容包含毕业设计的绝大部分内容,可以大大减少学生查找资料的时间。由于此书是供采矿工程专业毕业设计使用,因此,书中内容较煤炭企事业单位实际的使用内容有所简化。

本书是在作者多年教学工作基础上,并参考全国各煤炭高校的设计指导经验编写的,内容符合《煤炭工业矿井设计规范》、《煤矿安全规程》等行业规范、标准的要求。内容上的详略安排根据毕业设计各章节的重要性进行调整,在第2章保护煤柱留设、第4章井田开拓方案比较等设计当中比较困难的环节,均有相关的案例供学生参考。

本书在编写过程中得到了六盘水师范学院陈才贤副教授、张鹏副教授、谢小平实验员、梁华杰讲师、李志刚讲师、刘建刚讲师等各位同仁的支持和帮助,还得到了中国矿业大学张农教授、郑西贵教授的指导和帮助。在此,笔者表示

诚挚的感谢!

书中还引用了一些文献资料,未能完全标出,在此一并表示诚挚的感谢和歉意。

由于编写的时间仓促及编者水平所限,书中难免存在疏漏和缺点,恳请同行和读者批评指正。

编者

2017年2月



# 目 录

<b>1 矿区概况及井田地质特征</b> .....	1
1.1 矿区概述 .....	1
1.2 井田地质特征 .....	1
1.3 煤层特征 .....	2
<b>2 井田境界和储量</b> .....	3
2.1 井田境界 .....	3
2.2 储量计算 .....	4
2.3 保护煤柱留设的原则及方法 .....	5
2.4 保护煤柱留设示例 .....	11
<b>3 矿井设计生产能力和服务年限</b> .....	24
3.1 矿井设计生产能力 .....	24
3.2 矿井设计服务年限 .....	25
<b>4 井田开拓</b> .....	26
4.1 井田开拓的基本问题 .....	26
4.2 方案比较法 .....	30
4.3 矿井开拓设计方案比较内容 .....	35
4.4 矿井开拓设计方案比较示例 .....	38
<b>5 矿井准备方式</b> .....	45
5.1 准备方式概述 .....	45
5.2 准备巷道布置方案分析 .....	46
5.3 采区主要参数 .....	50
<b>6 采煤方法</b> .....	55
6.1 采煤方法的选择 .....	55
6.2 回采工艺的确定 .....	56
6.3 工作面设备选型 .....	59

6.4	编制循环图表及劳动组织	85
<b>7</b>	<b>矿井通风与安全</b>	<b>87</b>
7.1	矿井通风系统的确定	87
7.2	局部通风设计	90
7.3	矿井风量计算及风量分配	94
7.4	矿井通风阻力计算	98
7.5	主要通风机选型	99
7.6	特殊灾害的预防措施	103
<b>8</b>	<b>毕业设计图纸制图标准</b>	<b>104</b>
8.1	毕业设计图纸技术标准	104
8.2	图纸幅面	106
8.3	比例	107
8.4	字体及符号	108
8.5	字母代号	109
8.6	图线及画法	110
8.7	剖面(断面)线的画法	111
8.8	尺寸注法	112
8.9	平面直角坐标点的注法	113
8.10	图例	113
	<b>参考文献</b>	<b>115</b>

# 1 矿区概况及井田地质特征

本章内容是后述各章的设计基础,主要是以实习矿井收集到的矿井地质报告书和开采后补充地质资料为基础,根据指导教师所给的设计题目及设计条件,有详有略、有目的性地归纳整理后进行编写。叙述文字力求简要明了,可尽量采用图表形式进行描述。

## 1.1 矿区概述

本节应说明矿区的地理位置、地形特征、交通情况、地面水源、气候条件、工农业发展情况等条件,并绘制必要的示意图,具体如下:

(1) 简述矿区行政区划、地理位置(经纬度可省去)、交通情况,地形地貌等主要地理特征。

(2) 简述矿区气候条件:气温(最高、最低、平均)、降水量(雨和雪的最大、最小、年降水量)、风情、冻结期等。

(3) 略述水文情况:矿区主要河流、湖泊的位置、流量、历年的最高洪水位、工业和居民用水的水源及供应情况。

(4) 简述矿区内地方小矿及小窑的分布及开采情况。

(5) 简述矿区及附近的工农业和其他企业情况,建材和电力供应条件。

(6) 插图:矿区交通位置图。尽量用实习矿井收集到的交通位置图,不一定按比例绘制,只需说明矿区位置与其他交通枢纽或主要城市的关系(铁路、公路及公里数)。

## 1.2 井田地质特征

本节应文字说明井田的勘探程度,综述井田地质构造及分布、井田水文地质情况,具体如下:

(1) 简述矿区所属煤田的区域地质情况,也可用小插图简介。

(2) 介绍煤系地层及勘探程度:以综合柱状图说明为主、文字叙述为辅。

(3) 介绍井田主要地质构造(断层、褶曲、陷落柱岩浆侵入等)。

(4) 简述井田水文地质特征:潜水位、含水层情况。岩层渗透性及渗透系数,矿井涌水量(正常和最大)、老窑积水、补给水来源、矿井水质及腐蚀性、邻近矿井的水情(摘其有关的)、涌水时对开采的影响。

绘制综合地质柱状图时,由于该图比较长,可按设计要求条件取可采煤层上下主要部分绘制,缩短其长度。可采煤层部分应详细按比例绘制,岩层按统一符号绘制,为今后设计提供准确资料。

矿井地层一览表格式见表 1-1。



表 1-1 矿井地层一览表

地质年代(地层单位)	岩层总厚度/m	岩层组成及特征	含煤层数及厚度/m	备注
代 纪 世				

主要断层一览表格式见表 1-2。

表 1-2 矿井主要断层一览表

序号	名称	性质	断层面走向	断层面倾向	倾角/(°)	落差/m	水平断距/m	其他

### 1.3 煤层特征

这一部分是重点描述的内容,应比较详细地叙述,主要参数不要漏掉,具体内容如下:

(1) 煤层埋藏条件及有关参数:煤层走向及变化、倾角倾向及变化、煤层厚度及变化(厚度变异系数)、层间距、可采性指数,夹矸情况,有无陷落柱及变质带等。

(2) 煤层围岩的特征:即煤层顶底板情况。主要有岩石类别、岩性、各种顶底板的厚度、坚固性、层理、节理、裂隙发育情况等。

(3) 煤层的其他特征:主要应描述物理机械性能、主要煤质指标等,应根据设计需要有选择地加以描述。

(4) 煤层瓦斯、自燃性、煤尘爆炸性及地温地热、突出性等特性。这部分内容与开采设计和安全生产有较密切的联系,其参数值往往是重要的设计依据,不能忽略。

煤层特征表格式见表 1-3。

表 1-3 可采煤层特征表

序号	煤层编号	煤层厚度/m		层间距/m	煤层结构及稳定性	煤层坚固性系数	煤层密度/(t/m <sup>3</sup> )	煤层倾角/(°)	煤层牌号	顶底板岩性		备注
		最小~最大	可采厚度							顶板	底板	
		平均										

收集的矿井资料中要包括主采煤层底板等高线图,如果没有,则要根据钻孔参数绘制,以备矿井开拓设计时使用。底板等高线图上应绘制坐标网格,标有坐标。该图比例一般为 1:5 000 或 1:10 000;如果矿区较小,也可使用 1:2 000。

## 2 井田境界和储量

本章主要设计内容是井田划分和储量计算,这是矿井设计的基础,要掌握井田划分的原则和储量计算的方法,以及煤柱留设的原则和方法,为下一步设计奠定好基础。

### 2.1 井田境界

井田境界的划分,一般是在矿区总体设计时进行,毕业设计是对矿井初步设计的主要部分的模拟,故本章的设计内容和方法主要是以使一个设计矿井取得较合理的开采技术条件为目的来进行的。

#### (1) 以自然条件划分境界

利用较大的地质构造作为井田边界,例如大断层、褶曲、岩浆侵入带等。

按地形地貌界线划分井田境界:常见的有河流、湖泊、水库、铁路、大城镇或重要保护建筑等。

按煤层赋存情况来划分井田边界:主要从赋存形态(深部、浅部,构造形态等),储量分布、煤质煤种要求,安全及环境条件(高瓦斯、地温、地热等)等角度。

#### (2) 人为划分境界

当井田不受或只有局部受自然条件限制时,井田边界的确定有较大的选择余地。这时,一般应从煤层的生产能力出发,确定合理的采煤方法,再据以确定恰当的井型和合理的服务年限,计算必需的储量,根据勘探报告提供的勘探深度,在考虑较合理的井筒位置和阶段划分的前提下,对照《煤炭工业矿井设计规范》有关规定,最后确定井田的走向边界。

可见,人为划定井田边界牵涉较多的设计参数,确定边界的过程可能要经过不止一次的反复,才能划定合理的边界。毕业设计时,不必把这一过程做得过细,有时也可以预先估计一个井型,然后再结合其他因素迅速地划出来。

人为划分境界应当以保证开采工作的方便为原则。一般情况下,沿煤田走向划分,以倾斜为界。沿煤田倾斜划分时,以煤层底板等高线(单煤层)或水平标高(煤层群)为界。具体的人为划分境界有垂直划分法、水平划分法、倾斜划分法,如图 2-1 至图 2-3 所示。

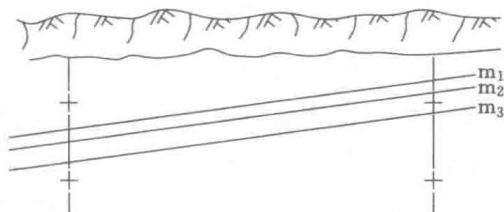


图 2-1 垂直划分井田

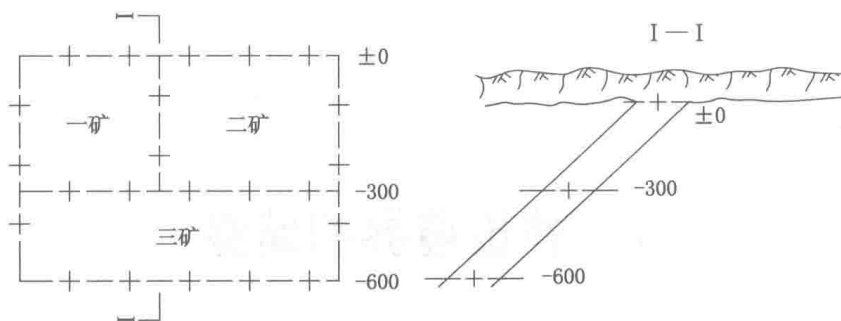


图 2-2 水平划分井田

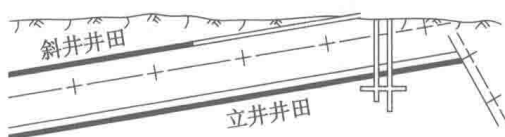


图 2-3 倾斜划分井田

垂直划分法一般适用于缓倾斜煤层；

水平划分法一般适用于急倾斜煤层；

倾斜划分法适用于煤层群煤组间距较大、无采动影响的煤层，只在个别矿区采用。

### (3) 其他划分方法

#### ① 按储量分布情况划分

煤层生产能力高、储量多而且集中的区域一般适合于建设大型或特大型矿井，煤层生产能力低、储量少而分散的区域一般适合于建设中小型矿井。根据储量的分布情况，即可考虑井田的划分。

#### ② 按煤质、煤种分布规律划分

在煤质及煤种变化较大的矿区，为了减少同一矿井煤质及煤种的类别，应尽量考虑利用煤质、煤种分界线作为井田境界。

#### ③ 数学分析法确定井田的合理尺寸

此法是以生产建设和生产经营的总的经济效果来确定边界，毕业设计一般不要求用此法，如设计条件及时间允许，在指导教师的指导下可按此法进行。

除此之外，矿区开采技术条件（瓦斯、地温等）、伴生有益矿产富集带的分布等特征，也可以作为划分井田的一些因素加以考虑。

## 2.2 储量计算

《煤炭工业矿井设计规范》(GB 50215—2015)规定，矿井初步设计应根据井田详查和勘探地质报告提供的“探明的”资源量，按国家现行标准《固体矿产资源/储量分类》(GB/T 17766—1999)及《煤、泥炭地质勘查规范》(DZ/T 0215—2002)划分矿井资源/储量类型，计算“矿井地质资源量”、“矿井工业资源/储量”、“矿井设计资源/储量”和“矿井设计可采储量”。划分矿井资源/储量类型及计算矿井资源/储量，应符合《煤炭工业矿井设计规范》附录 A、附录 B 和附录 C 的规定。

计算矿井设计资源/储量时,应从工业资源/储量中减去断层、防水、井田境界、地面建(构)筑物等永久煤柱煤量及因法律、社会、环境保护等因素影响不得开采的煤柱煤量;计算设计可采储量时,应从设计资源/储量中减去工业场地、井筒、井下主要巷道等保护煤柱煤量,然后乘以采区回收率。

矿井采区的回收率,应符合下列规定:

(1) 特种和稀缺煤类

厚煤层不应小于 78%,其中采用一次采全高的厚煤层不应小于 83%;

中厚煤层不应小于 83%;

薄煤层不应小于 88%。

(2) 其他煤类

厚煤层不应小于 75%,其中采用一次采全高的厚煤层不应小于 80%;

中厚煤层不应小于 80%;

薄煤层不应小于 85%。

## 2.3 保护煤柱留设的原则及方法

### 2.3.1 保护煤柱留设原则

(1) 在一般情况下,保护煤柱应根据受护面积边界和移动角值进行圈定。移动角值按建筑物下列允许变形值确定:

倾斜: $i = \pm 3 \text{ mm/m}$ ;

曲率: $K = \pm 0.2 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ ;

水平变形: $\epsilon = \pm 2 \text{ mm/m}$ 。

(2) 地面受护面积包括受护对象及其周围的围护带宽度,可按表 2-1 确定。围护带宽度根据受护对象的保护等级而定,一般可按表 2-2 规定值选用。

表 2-1 建(构)筑物保护煤柱的围护带宽度

建(构)筑物保护等级	围护带宽度/m	建(构)筑物保护等级	围护带宽度/m
I	20	III	10
II	15	IV	5

表 2-2 矿区建(构)筑物保护等级划分

保护等级	主要建(构)筑物
I	国务院明令保护的文物和纪念性建筑物;一等火车站,发电厂主厂房,在同一跨度内有两台重型桥式吊车的大型厂房,平炉,水泥厂回转窑,大型选煤厂主厂房等特别重要或特别敏感的、采动后可能发生重大生产、伤亡事故的建(构)筑物;铸铁瓦斯管道干线,大、中型矿井主要通风机房,瓦斯抽放站,高速公路,机场跑道,高层住宅楼等

保护等级	主要建(构)筑物
II	高炉,焦化炉,220 kV 以上高压输电线路杆塔,矿区总变电站,立交桥;钢筋混凝土框架结构的工业厂房,设有桥式吊车的工业厂房,铁路煤仓、总机修厂等较重要的大型工业建(构)筑物;办公楼,医院,剧院,学校,百货大楼,二等火车站,长度大于 20 m 的二层楼房和三层以上多层住宅楼;输水管干线和铸铁瓦斯管道支线;架空索道,电视塔及其转播塔,一级公路
III	无吊车设备的砖木结构工业厂房,三、四等火车站,砖木、砖混结构平房或变形缝区段小于 20 m 的两层楼房,村庄砖瓦民房;高压输电线路杆塔,钢瓦斯管道等
IV	农村木结构承重房屋,简易仓库等

注:凡未列入表内的建(构)筑物,可依据其重要性、用途等类比其等级归属。对于不易确定者,可组织专门论证,并报省、直辖市、自治区煤炭主管部门审定。

(3) 当受护建筑物和构筑物面积较小时,应酌情加大其保护煤柱尺寸,使建筑物受护面积内地表变形值叠加后不超过允许地表变形值。

(4) 当受护边界与煤层走向斜交时,应根据基岩移动角求得垂直于受护边界线方向(即伪倾斜方向)的上山方向移动角  $\gamma'$  和下山方向移动角  $\beta'$ 。然后再确定保护煤柱。

$\gamma'$  和  $\beta'$  角值按式(2-1)计算:

$$\begin{cases} \cot \gamma' = \sqrt{\cot^2 \gamma \cos^2 \theta + \cot^2 \delta \sin^2 \theta} \\ \cot \beta' = \sqrt{\cot^2 \beta \cos^2 \theta + \cot^2 \delta \sin^2 \theta} \end{cases} \quad (2-1)$$

式中  $\theta$ ——受护边界与煤层倾向线之间所夹的锐角;

$\delta, \gamma, \beta$ ——分别为走向方向、上山方向和下山方向的基岩移动角。

(5) 受护对象的外侧边界,可以在平面图上通过受护对象角点作矩形,使矩形各边分别平行于煤层倾斜方向和走向方向,在矩形四周作围护带,或在平面图上作各边平行于受护对象总轮廓的多边形(或四边形),在多边形(或四边形)各边外侧作围护带,该围护带外边界即为受护面积边界。

(6) 有滑坡危险的山区建筑物留设保护煤柱时,为了防止山体滑移,在建筑物上坡方向,移动角应减小  $20^\circ \sim 25^\circ$ ,或者加大保护煤柱尺寸  $0.5r \sim 1.0r$  ( $r$  为主要影响半径);在建筑物下坡方向,移动角应减小  $5^\circ \sim 10^\circ$ ,或者加大保护煤柱尺寸  $0.2r \sim 0.5r$ 。

(7) 其下有落差大于  $20 \sim 30$  m 断层的建筑物留设保护煤柱时,应考虑沿断层面滑移的可能性,适当加大煤柱尺寸,使断层两翼均包括在保护煤柱范围之内,如图 2-4 所示。

(8) 立井保护煤柱应按其深度、用途、煤层赋存条件以及地形特点留设。立井深度大于或等于 400 m 时,以边界角圈定;小于 400 m 时,以移动角圈定;穿过急倾斜煤层时,在倾向剖面上以底板移动角圈定下山边界,在走向剖面上以移动角圈定。当穿过有滑移危险的软弱岩层、高角度断层和山区斜坡时,需考虑防滑煤柱和加大煤柱尺寸。

### 2.3.2 保护煤柱留设方法

对于必须留设保护煤柱的建筑物和构筑物,当其形状规整且长轴与煤层走向或倾向平行时,宜用垂直剖面法圈定保护边界;当保护对象形状复杂,且又与煤层走向斜交时,宜用垂线法圈定保护边界;同时应用上述两种方法确定保护煤柱边界时,其重叠部分为受护对象的

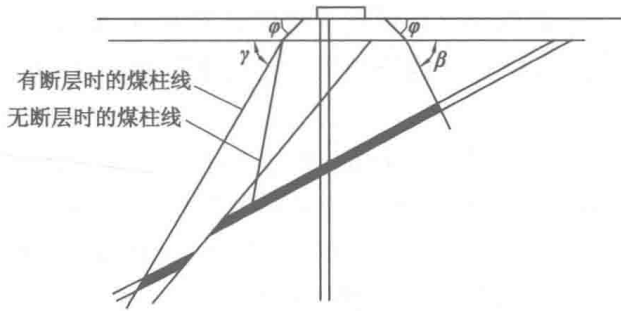


图 2-4 保护煤柱内有断层或立井穿过断层时保护煤柱留设方法

最合理保护煤柱；当圈定延伸形建筑物或基岩面标高变化较大情况下的保护煤柱时，宜用数字标高投影法。

煤层为向、背斜构造时，保护煤柱的留设方法一般用垂直剖面法，但保护边界的圈定要根据保护对象所在的构造位置和构造性质而定。

### 2.3.2.1 垂直剖面法

#### (1) 确定受护边界

在平面图(图 2-5)上通过被保护对象轮廓的角点分别作平行于煤层走向和倾向的四条直线，得到矩形  $abcd$ 。再按保护等级留设围护带，得受护边界  $a'b'd'c'$ 。

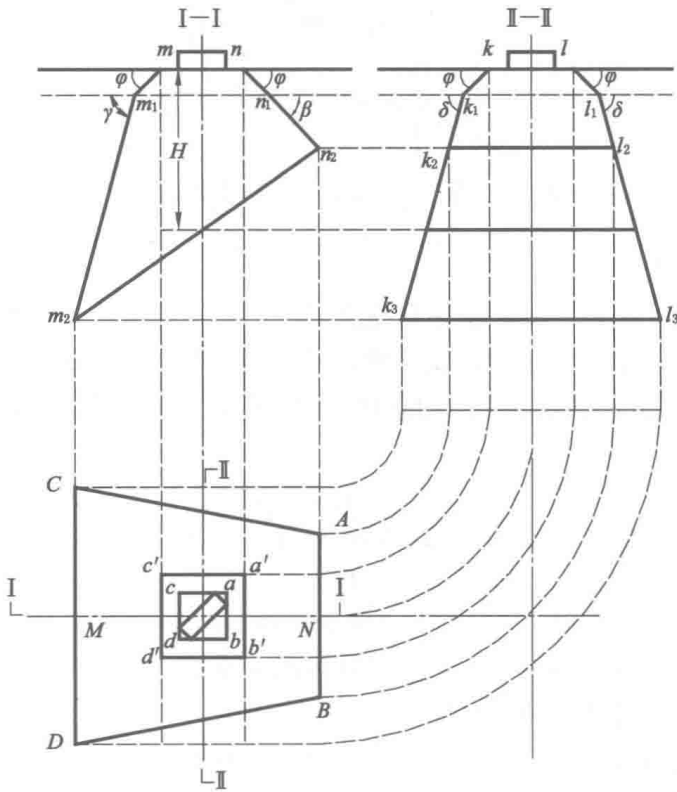


图 2-5 用垂直剖面法确定建筑物下保护煤柱

#### (2) 确定保护煤柱

① 通过建筑物中心，沿煤层倾向作剖面 I—I(图 2-5)，把建筑物及围护带投影到剖面图上，由围护带边缘点  $m, n$  作冲积层移动角  $\varphi$ ，与基岩面相交于  $m_1, n_1$  点。然后由  $m_1$  点上



山移动角  $\gamma$ ，由  $n_1$  点作下山移动角  $\beta$  分别交于煤层底板的  $m_2$  及  $n_2$  点。再将  $m_2, n_2$  点投到平面图上，得  $M, N$  点，通过  $M, N$  点分别作与煤层走向平行的直线，此即保护煤柱在下山方向和上山方向的边界线。

② 通过建筑物中心，沿煤层走向作剖面 II—II，把建筑物及围护带投影到剖面 II—II 上得  $k, l$  两点。由  $k, l$  点作表土层移动角  $\varphi$ ，与基岩面交于  $k_1, l_1$  点。再由  $k_1, l_1$  点作走向移动角  $\delta$  分别交煤柱上边界线  $k_2, l_2$  点和下边界线  $k_3, l_3$  点。再将  $k_2, l_2$  及  $k_3, l_3$  点转投到平面图上，与由剖面 I—I 所确定的煤柱边界线投影相交于  $A, B, C, D$  四点， $ABDC$  即为所求的保护煤柱边界。

### 2.3.2.2 垂线法

#### (1) 确定受护边界

在平面图(图 2-6)上按保护对象的保护等级平行于保护对象的轮廓线留设围护带，可得受护边界  $abcd$ 。

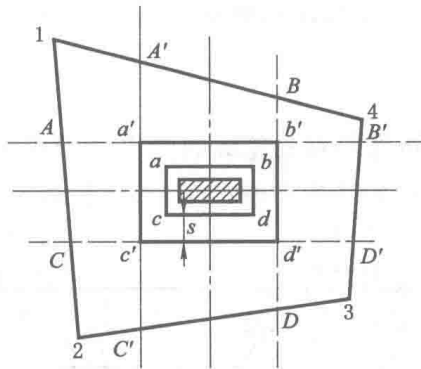


图 2-6 用垂线法确定建筑物下保护煤柱

#### (2) 确定保护煤柱

将受护边界  $abcd$  绘在煤层底板等高线图(图 2-6)上，由受护边界向外量出距离  $s = h \cot \varphi$  (式中， $h$  为冲积层厚度； $\varphi$  为冲积层移动角)，得在基岩面上的受护边界  $a'b'd'c'$ 。再从  $a', b', c', d'$  四点向外作受护边界各边的垂线，各垂线在上山和下山方向的长度  $q_i$  和  $l_i$  分别按式(2-2)计算：

$$\begin{cases} q_i = \frac{H_i \cot \beta_i'}{1 + \cot \beta_i' \cos \theta_i \tan \alpha} \\ l_i = \frac{H_i \cot \gamma_i'}{1 - \cot \gamma_i' \cos \theta_i \tan \alpha} \end{cases} \quad (2-2)$$

式中  $H_i$ —— $a', b', c', d'$  各点位置的埋藏深度减去该点的冲积层厚度  $h$ ，此值可在煤层底板等高线图上分别确定；

$\theta_i$ ——受护边界  $a'b'd'c'$  各边与煤层走向之间所夹的锐角；当求垂直于受护边界  $a'b'$  的垂线长度时， $\theta_i$  角为  $a'b'$  与煤层走向线间所夹的锐角；当求垂直于受护边界  $b'd'$  的垂线长度时， $\theta_i$  角为  $b'd'$  与煤层走向线间所夹的锐角；求其余各垂线长度确定  $\theta_i$  角的方法同上；

$\beta_i', \gamma_i'$ ——所作各垂线方向的下山和上山移动角，可根据  $\theta_i$  角值按式(2-1)计算。

然后，按计算结果分别在各垂线上量取  $q_i, l_i$  值，得  $A, A', B, B', C, C', D, D'$  各点，分别

连接  $A'B$ ,  $AC$ ,  $CD'$ ,  $D'B'$  各线, 并使其延长相交于 1, 2, 3, 4 四点, 则 1234 即为所求保护煤柱边界。

在确定  $\theta$  角值时, 如果煤层走向变化较大, 则应根据所求点, 如图 2-6 中的  $A, A', B, B' \dots$  各点附近的煤层走向线和受护边界线确定。

同时应用垂直剖面法和垂线法确定保护煤柱时, 其重叠部分为受护对象的最合理保护煤柱, 如图 2-7 中粗实线所示。

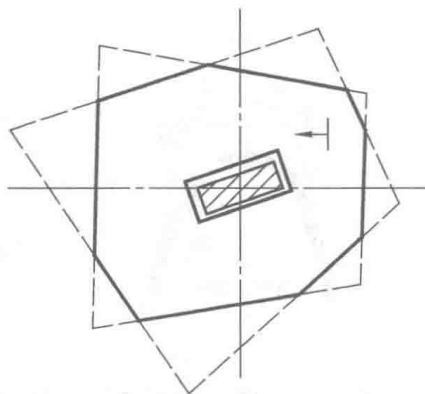


图 2-7 合理保护煤柱留法图

### 2.3.2.3 煤层为向、背斜构造时建筑物保护煤柱的留设方法

(1) 建筑物位于向斜轴部上方时[图 2-8(a)]保护煤柱边界的圈定

① 在煤层倾向剖面上由受护面积边界点  $M, N$ , 以  $\varphi$  角作直线至基岩面  $I, I'$  点。

② 在基岩内, 由于向斜翼上煤层倾角的变化, 在采用  $\beta = \delta - k\alpha$  (式中,  $\delta$  为走向移动角,  $\alpha$  为煤层倾角,  $k$  为系数) 确定保护煤柱上边界时, 应选用不同的  $\beta$  值。为计算方便, 按倾角相差  $10^\circ$  为间隔, 用  $\alpha_1$  求出  $\beta_1$ , 由  $I$  点以  $\beta_1$  作直线交于  $II$  点 ( $II$  点处的煤层倾角  $\alpha_{II}$ , 较  $I$  点处  $\alpha_I$  相差  $10^\circ$ )。

③ 用  $\alpha_{II}$  求出  $\beta_{II}$ , 由  $II$  点以  $\beta_{II}$  作直线至煤层底板  $m, n$  点。如果在  $II$  点至煤层之间, 岩层的倾角仍变化很大, 则仍按上述原则确定出点  $III, IV \dots$  直至煤层底板。 $m, n$  即为倾向剖面上保护煤柱的边界点。

④ 煤层走向剖面保护煤柱边界的圈定方法是过向斜轴面与煤层交点  $O$  处作走向剖面, 以  $\varphi, \delta$  角在松散层和基岩内作直线, 得出保护煤柱的上、下边界。

(2) 建筑物位于向斜一翼上方时保护煤柱边界的圈定

当向斜构造煤岩层的倾角  $\alpha \leq 45^\circ$  时[图 2-8(b)]:

① 在倾向剖面上, 由  $M$  点在冲积层内以  $\varphi$  角作直线, 在基岩内以  $\beta$  角作直线与煤层底板相交得  $m$  点, 此点为保护煤柱上边界。

② 由  $N$  点在冲积层内以  $\varphi$  角作直线, 在基岩内以  $\gamma$  角作直线与煤层底板相交得  $n$  点, 此点为保护煤柱下边界。如果该直线与向斜轴面相交[如图 2-8(b)中交点  $A$ ], 则由交点以  $\beta$  角作直线与煤层底板相交于  $n$  点, 此点即为保护煤柱下边界。

③ 在走向剖面上, 保护煤柱边界圈定方法同前。

当向斜构造煤岩层的倾角  $\alpha > 45^\circ$  时[图 2-8(c)]:

① 在倾向剖面上, 保护煤柱上边界仍采用  $\varphi, \beta$  角圈定。

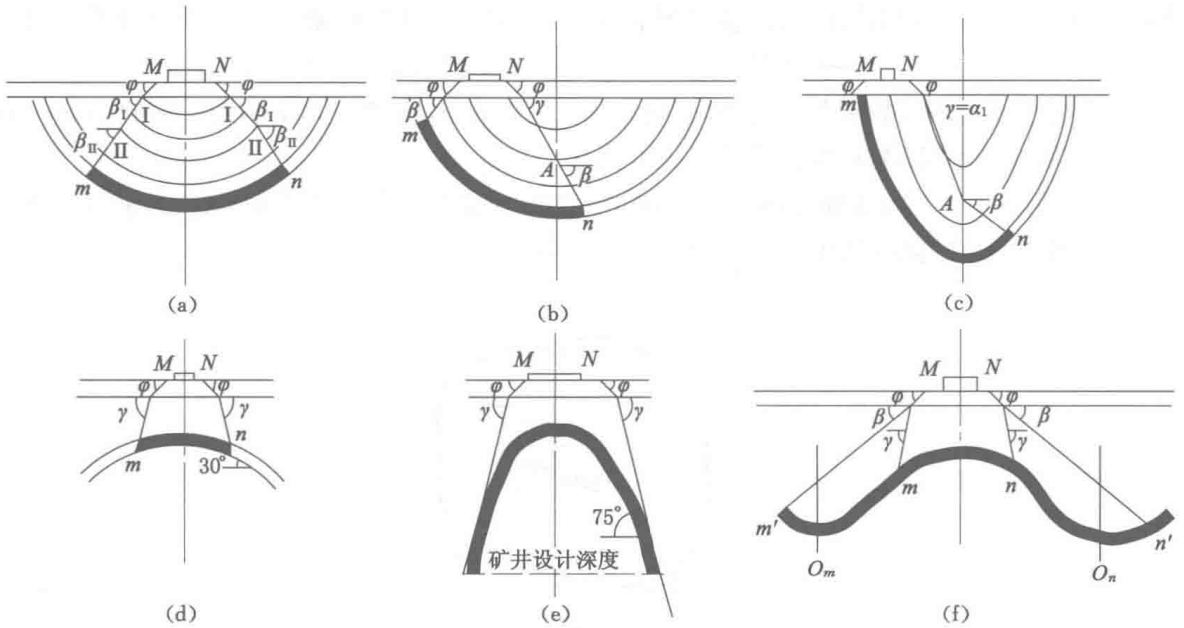


图 2-8 煤层为向、背斜构造时建筑物保护煤柱的留设方法  
 (a) 建筑物位于向斜轴部上方; (b) 建筑物位于向斜一翼上方( $\alpha \leq 45^\circ$ );  
 (c) 建筑物位于向斜一翼上方( $\alpha > 45^\circ$ ); (d) 建筑物位于背斜轴部上方( $\alpha \leq 55^\circ$ );  
 (e) 建筑物位于背斜轴部上方( $\alpha > 55^\circ$ ); (f) 背斜、向斜构造相连时

② 保护煤柱下边界圈定方法如图 2-8(c)所示,由 N 点以  $\varphi$  角在表土层内作直线至基岩面。若建筑物一翼的煤层平均倾角为  $\alpha_1$ ,则在基岩内以  $\alpha_1$  角作直线至向斜轴面交于 A 点。由 A 点以  $\beta$  角作直线与煤层底板相交于 n 点,此点即为保护煤柱下边界。

③ 为了防止保护煤柱在大倾角条件下出现滑移现象,保护煤柱应具有一定的平面尺寸,要求自保护煤柱下边界(n 点)至向斜轴面的水平距离小于 d 值。d 值按式(2-3)计算:

$$d = H_B \frac{(\sin \alpha_3 - \cos \alpha_2 \tan \rho') \cot \alpha_3}{2(\cos \alpha_2 \tan \rho' + \sin \alpha_2)} = KH_B \quad (2-3)$$

式中  $\rho'$ ——软弱面(有时为岩层与煤层的接触面)上的内摩擦角,当无实测值时,取  $\rho' = 13^\circ$ ;

$\alpha_3$ ——煤层露头至  $\alpha = \rho'$  的点其间煤层的平均倾角, ( $^\circ$ );

$\alpha_2$ ——向斜无建筑物一翼的煤层倾角, ( $^\circ$ );

$H_B$ —— $\alpha = \rho'$  点处的煤层埋藏深度, m;

K——系数,可按表 2-3 确定。

表 2-3 系数 K 值(当  $\rho' = 13^\circ$  时)

$\alpha_2 / (^\circ)$	$\alpha_3 / (^\circ)$							
	14	16	20	25	30	39	45	51
1	0.145	0.377	0.692	0.922	1.047	1.119	1.095	1.030
5	0.113	0.295	0.542	0.721	0.819	0.876	0.857	0.807
10	0.090	0.234	0.428	0.571	0.648	0.693	0.678	0.638
15	0.075	0.194	0.357	0.475	0.539	0.577	0.564	0.531