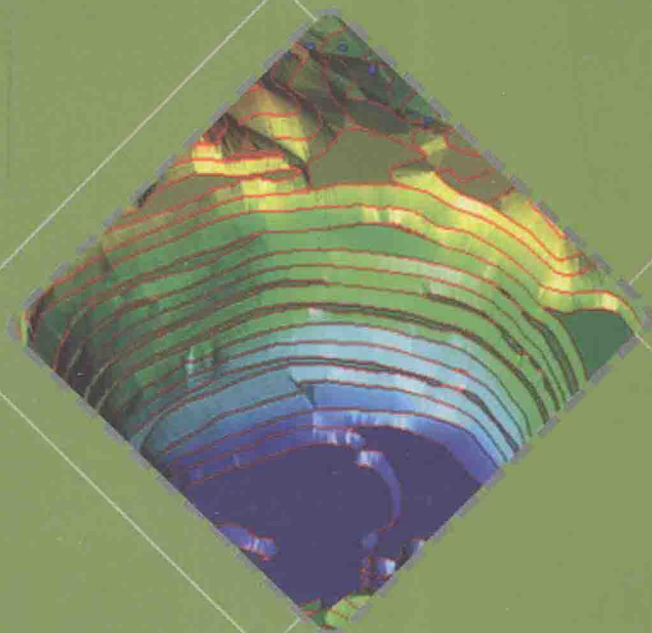


高等院校规划教材

采 矿 设 计

主 编 刘玉德



煤炭工业出版社

高等院校规划教材

采 矿 设 计

主 编 刘玉德

副主编 田 多 李红涛

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以煤矿开采设计的程序和内容为为主线,为采矿工程专业在校本科生的课程设计和毕业设计以及矿山实际采矿工程设计提供较为详细的设计内容、程序和方法,力求在阐明原理的基础上,密切结合矿井的主要技术问题而论述采矿设计的基本内容、安全措施及发展趋势,通过实例介绍,重点阐述采矿设计的核心内容及安全保障,突出新工艺、新设备、新方法的应用。

本书可供采矿工程专业本科学生和采矿工程师培养使用,同时也可作为采矿工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

采矿设计/刘玉德主编. --北京:煤炭工业出版社,
2013

高等院校规划教材

ISBN 978-7-5020-4174-8

I. ①采… II. ①刘… III. ①采矿工程—设计—高等
学校—教学参考资料 IV. ①TD802

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第010415号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居35号 100029)

网址:www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17³/₄

字数 421 千字 印数 1—3 000

2013年5月第1版 2013年5月第1次印刷

社内编号 6997 定价 22.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

矿井设计工作者要牢固树立安全思想、政策观念、环保观念、经济观念和法制观念，从实际出发，深入现场调查研究，加强同生产、科研、施工和设备制造等单位协作配合，吸取和运用国内外的先进经验，使设计做到切合实际、技术先进、经济合理、安全实用，符合时代发展的要求；使矿井设计方案及主要技术决定符合《煤炭工业技术政策》和《煤炭工业设计规范》的要求及《煤矿安全规程》（以下简称《规程》）的各项规定。同时，在设计中积极采用国内外的新技术、新工艺、新结构、新材料及新设备，以期做出技术水平高、经济效益好、具有现代化水平的设计。

一部完好的矿井设计，必须达到如下的要求：

(1) 设计中的全部决定必须符合国家的技术方针政策，同时要有科学的论证依据。

(2) 矿井建设并投产后，应在技术上优越，有利于先进技术、工艺装备的采用；在生产上安全，有利于防止灾害事故的发生；在经济上，应使矿井建设的投资少，生产成本低，效率高。

(3) 合理利用国家资源，使煤炭损失量达到最低限度。

(4) 力争建设时间短，出煤快。

矿井生产建设中影响技术决定的因素错综复杂，而且条件多变。要使所做出的设计决定都符合上述要求，就需要设计人员具有丰富的经验、掌握必备的理论知识。

本书是一部高等院校规划教材，同时也是培养“卓越采矿工程师”的系列教材之一。在编写过程中，根据本课程在采矿工程专业中的地位和性质，注意加强基本理论、基本方法和基本技能方面的内容，密切结合矿井生产的主要技术问题而重点阐述采矿设计的基本过程和基本内容，突出新工艺、新设备和新方法的应用。

本教材由刘玉德任主编，田多、李红涛任副主编，具体编写分工为前言由刘玉德编写，第一章由田多、高文蛟编写，第二章由刘玉德、李见波、石建军、赵启峰、张凤岩、郭敬中编写，第三章由李红涛、卞春峰编写，第四章由李红涛、高文蛟、刘玉德、许海涛、李昊编写，第五章由何宁、张景钢

编写，第六章由师皓宇编写，第七章由何宁编写。全书由刘玉德统稿。
限于编者水平，书中难免存在不足，恳请读者批评指正。

编 者

2012年12月

目 次

第一章 采矿设计总则.....	1
第一节 采矿设计基础.....	1
第二节 采矿设计的准备.....	3
复习思考题	16
第二章 矿井开拓设计	17
第一节 井田开拓方案	17
第二节 工业广场位置设计	22
第三节 井筒(硐)设计	24
第四节 井底车场设计	34
第五节 水平大巷设计	63
第六节 矿井开拓方案比较	66
第七节 矿井开拓方案设计实例	71
复习思考题	80
第三章 矿井准备设计	81
第一节 盘区准备方式	81
第二节 带区准备方式	83
第三节 采区准备方式	92
复习思考题.....	154
第四章 煤层开采设计.....	155
第一节 煤层开采顺序设计.....	155
第二节 矿井采掘关系设计.....	158
第三节 壁式开采方法设计.....	162
第四节 柱式开采方法设计.....	179
第五节 掘进工作面作业规程编制.....	185
第六节 采煤工作面作业规程编制.....	197
复习思考题.....	208
第五章 矿井通风与安全设计.....	209
第一节 矿井通风设计的内容和要求.....	209

第二节	矿井通风系统设计	210
第三节	采(盘、带)区通风系统设计	216
第四节	矿井风量的计算和分配	220
第五节	矿井通风阻力计算	228
第六节	矿井通风设备的选型	230
	复习思考题	235
第六章	矿井提升与运输设计	237
第一节	矿井提升系统设计	237
第二节	矿井运输系统设计	246
	复习思考题	263
第七章	矿井灾害防治措施	264
	复习思考题	269
附表	典型井巷摩擦阻力系数	271
	参考文献	277

第一章 采矿设计总则

依据采矿设计基础，做好充分的准备工作（如计算储量和煤柱损失等），采用合理的方法来完成设计任务。

第一节 采矿设计基础

一、采矿设计依据

1. 地质资料

地质资料是矿井设计的基础资料，应具有高度的准确性和完整性。采矿设计是在井田精查地质报告的基础上进行，其主要内容要满足选择井筒、大巷位置和划分采区的需要，保证井田境界和矿井井型不因地质资料不准确而发生重大变化及影响煤炭资源既定的工业用途。具体要求如下：

- (1) 从资源条件上保证第一水平服务年限和初采区的正常生产。
- (2) 保证井田境界内地质构造清楚。
- (3) 保证井田内储量清楚。
- (4) 确定煤质牌号及其用途。
- (5) 为保证矿井建设初期生产正常进行提供准确的水文地质资料。

井田精查地质报告应做到井田境界内地质构造清楚，储量清楚，明确煤质牌号及其用途，并提供准确的水文地质资料。对地质条件特别复杂的小型煤矿及地方小煤矿，可用详查最终地质报告作为资源的依据。

2. 矿井可行性研究报告

矿井可行性研究是对矿井建设必要性、主要技术原则方案和技术经济合理性的全面论证和综合评价，是矿井立项决策的依据。

矿井可行性研究报告应在批准的矿区总体规划和矿井项目建议书的指导下进行编制，编制依据的基础资料必须是批准的矿井勘探（精查）地质报告。

3. 国家总的建设方针、政策及有关规程、规范

为使煤炭工业基本建设健康发展，必须遵循国家正式颁发的与建设项目有关的方针政策、规程、规范和技术方向，并作为设计依据。

二、采矿设计的步骤

矿井开采设计主要应解决井田开采的技术方案和确定各项开采参数，使所选用的方案技术先进、经济合理、安全可靠。

由于矿井地质条件的多样化和技术条件的复杂性，随着煤炭工业的发展，所解决问题的性质、影响范围各不相同，研究和确定的开采设计方案也可以采用不同的方法。在我国

目前条件下，通常采用如下的方法步骤。

1. 提出可行方案

首先要明确设计的内容、性质、要求，以及要达到的目标等；熟悉和掌握设计任务或设计所解决的总体或局部课题中的内、外部条件，如井田的地质地形条件、交通情况及与邻近井田的关系等；根据井田的自然地质条件和采矿技术条件，深入细致地分析和研究设计中的有关问题，提出若干个技术上可行的方案。

2. 进行方案的技术比较

对提出的可行方案进行详细的技术分析和粗略的经济比较，否定一批技术经济上比较容易鉴别的不合理的方案；将剩余的2~3个方案取长补短，使其更加完善；如果能够明显地判定出哪一个方案最好，就可以确定其为最终采用的方案；如果不能明显地判定各方案在技术经济上的优劣，则必须对这2~3个方案进行详细的经济比较。

3. 进行方案的经济比较

将上述2~3个方案详细地进行经济费用的计算与比较。在进行开拓方案的经济比较时，要考虑基本建设费（包括井巷开凿费、建筑物及结构物的修建费及一些特殊的设备费等）和生产经营费（包括巷道维护费、运输提升费、排水费及通风费等）。

4. 方案的多目标综合评价优选

在方案比较后，应对技术分析比较的结果进行综合分析，权衡各方案的利弊，抓住关键问题，选择一个确实是各方案中能够较好地体现各项方针政策、技术上合理、经济效益高的方案。但是，应当指出，如将各方案的生产费用和基本建设费用简单相加后相比，以方案所需费用总额最小者确定为经济上最有利的方案，这无形之中就突出了生产经营费用的作用（因为这与基本建设费用相比，生产经营费用的比重很大），还不能够反映出方案的投资效果。因此，必须将有关因素都考虑进去，进行方案的多目标综合评价。

5. 编写方案说明，绘制设计图纸

最后按设计任务书的要求，对各方案作出详细的文字说明，并绘出设计图纸。

三、采矿设计所需资料

采矿设计的基础是详尽的地质资料，主要包括矿井地质说明书、煤层底板等高线图、煤层勘探剖面图、钻孔柱状图、矿区地质地形图和井上下对照图。

(1) 矿井地质说明书。弄清井田概况及地质特征。包括井田自然地理、交通、电源、水源、区域经济和建设材料的概述；井田地质构造、地层、煤层与煤质情况，水文地质、开采技术条件以及其他有益矿产的开采与利用评价的概述。

(2) 煤层底板等高线图。在底板等高线图上进行开拓、准备、回采巷道布置方案的设计。

(3) 煤层勘探剖面图。参考相关勘探剖面图优化水平划分、大巷层位的布置设计。

(4) 钻孔柱状图。根据钻孔柱状图，可绘制与设计相关的较为准确的剖面图，并可作为选择合理的开采工艺参数提供依据。

(5) 矿区地质地形图。了解矿区地质地形情况，为选择开拓方式、工业广场位置提供依据。

(6) 井上下对照图。了解井上下对照情况，为优化确定矿井开拓方式、准备方式、

回采巷道布置及工艺参数提供依据。

第二节 采矿设计的准备

一、设计储量

以精查地质报告和矿井地质说明书为基础，矿井设计资源/储量计算公式如下：

$$Q_s = Q_g - P_y \quad (1-1)$$

式中 Q_s ——矿井设计资源/储量；

Q_g ——矿井工业资源/储量；

P_y ——永久煤柱损失量。

矿井设计可采储量计算公式如下：

$$Q_k = (Q_s - P_k)C \quad (1-2)$$

式中 Q_k ——矿井设计可采储量；

P_k ——工业场地和主要井巷煤柱损失量之和；

C ——采区采出率。

二、永久性煤柱

1. 井田境界煤柱

一般为井田的边界留取 50 m 保安煤柱。如果遇到特殊情况，如相邻矿井或区域有水患、瓦斯突出、煤层自燃等情况，可适当加大煤柱尺寸。

2. 断层煤柱

断层煤柱的尺寸取决于断层的断距、性质、含水和导水情况。断层煤柱选取标准见表 1-1。

表 1-1 断层煤柱选取标准

m

序号	断层名称	落差	煤柱尺寸
1	大断层	>20	>30
2	中断层	5~20	10~15
3	小断层	<5	<10

3. 采区煤柱

为防止相邻采区之间灾害事故的蔓延或采空区的漏风，一般在采区边界留设 10 m 的煤柱。

三、工业场地及建筑物煤柱

(一) 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 $k = +0.2 \times 10^{-3}/\text{m}$ ；水平变形 $\varepsilon = +2 \text{ mm/m}$ 。

(2) 地面受护面积包括受护对象及其周围的围护带宽度，围护带宽度的确定见表 1-2。

表 1-2 建筑物保护煤柱的围护带宽度 m

建筑物保护等级	围护带宽度	建筑物保护等级	围护带宽度
I	20	III	10
II	15	IV	5

围护带宽度根据受护对象的保护等级而定，一般可按表 1-3 规定值选用。

表 1-3 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
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、用途等类比其他等级归属。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）的上山方向移动角和下山方向移动角，然后再确定保护煤柱。

(5) 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 $0.5 \sim 1.0r$ (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 $0.2 \sim 0.5r$ 。

(6) 其下有落差大于 20 ~ 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（图 1-1）。

(7) 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

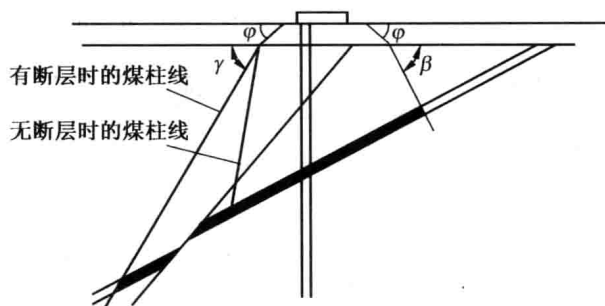


图 1-1 保护煤柱内有断层或立井穿过断层时保护煤柱留设方法

大于或等于 400 m 的，以边界角圈定；小于 400 m 的，以移动角圈定；穿过急倾斜煤层的，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。

(二) 保护煤柱设计方法

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，其重叠部分为受保护对象的最合理保护煤柱；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。

1. 垂直剖面法

1) 确定受护边界

在平面图上（图 1-2），通过被保护对象轮廓的交点分别作平行于煤层走向和倾向的 4 条直线，得到矩形 $abcd$ 。再按保护等级留设围护带，得受护边界 $a'b'c'd'$ 。

2) 确定保护煤柱

通过建筑物中心沿煤层倾向作剖面 I—I（图 1-2），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 φ ，与基岩面相交于 m_1 、 n_1 点。然后由 m_1 点作上山移动角 γ ，由 n_1 点作下山移动角 β 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 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。

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 φ ，与基岩面交于 k_1 、 l_1 点。再由 k_1 、 l_1 点作走向移动角 δ 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 4 点， $ABCD$ 即为所求的保护煤柱边界。

2. 垂线法

1) 确定受护边界

在平面图上（图 1-3）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，

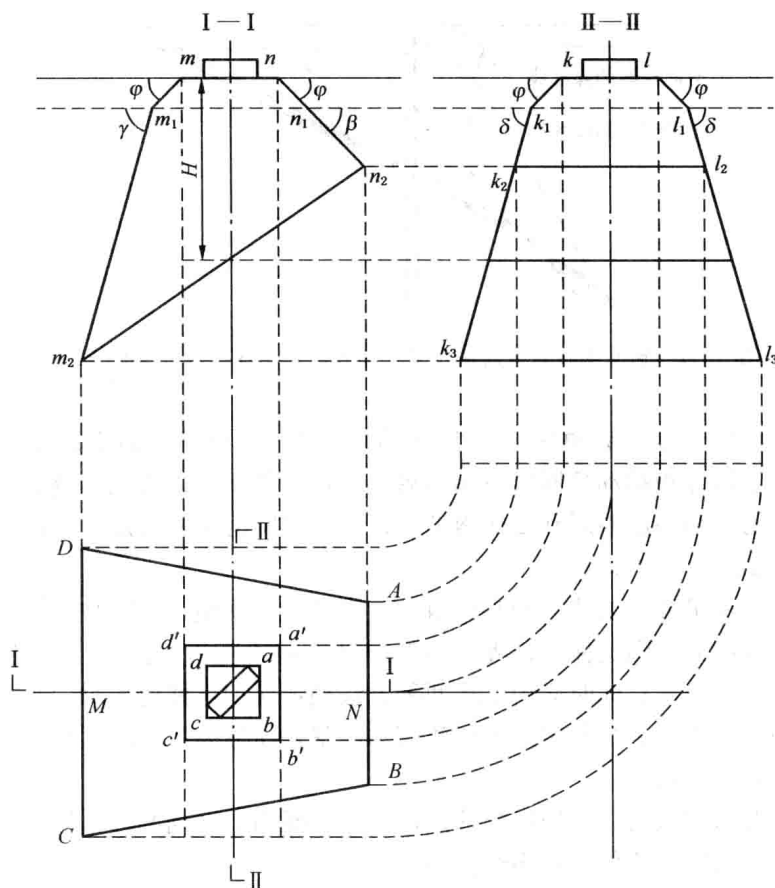


图 1-2 垂直剖面法确定建筑物下保护煤柱

可得受护边界 $abcd$ 。

2) 确定保护煤柱

将受护边界 $abcd$ 绘在煤层底板等高线图上 (图 1-3), 由受护边界向外量出距离 $S = hcot\varphi$ (式中 h 为冲积层厚度; φ 为冲积层移动角), 得在基岩面上的受护边界 $a'b'c'd'$ 。再从 a' 、 b' 、 c' 、 d' 4 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 分别计算如下:

$$\left. \begin{aligned} q_i &= \frac{H_i \cot \beta'_i}{1 + \cot \beta'_i \cos \theta_i \tan \alpha} \\ l_i &= \frac{H_i \cot \gamma'_i}{1 - \cot \gamma'_i \cos \theta_i \tan \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

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;

θ_i ——受护边界 $a'b'c'd'$ 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, θ_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, θ_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 θ_i 角的方法同上；

β'_i 、 γ'_i ——所作各垂线方向的下山和上山移动角，可根据 θ_i 角值按式 (1-3) 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 、 $C'D$ 、 $D'B'$ 各线，并使其延长相交于 1、2、3、4 这四点，则 1234 即为所求保护煤柱边界。在确定 θ 角值时，如果煤层走向变化较大，则应根据所求点，如图 1-3 中的 A 、 A' 、 B 、 B' 等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 1-3 中粗实线所示。

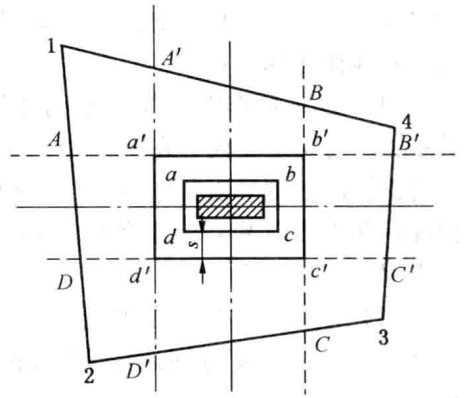


图 1-3 垂线法确定建筑物下保护煤柱

3. 数字标高投影法

1) 确定受护边界

在平面图 (图 1-4) 上，按保护对象保护等级，平行于保护对象的轮廓线留设围护带，得受护边界 $abcd$ 。

2) 确定保护煤柱

用数字标高投影法确定保护煤柱是根据煤柱空间体的侧平面 (倾角分别为 φ 、 β' 、 γ')

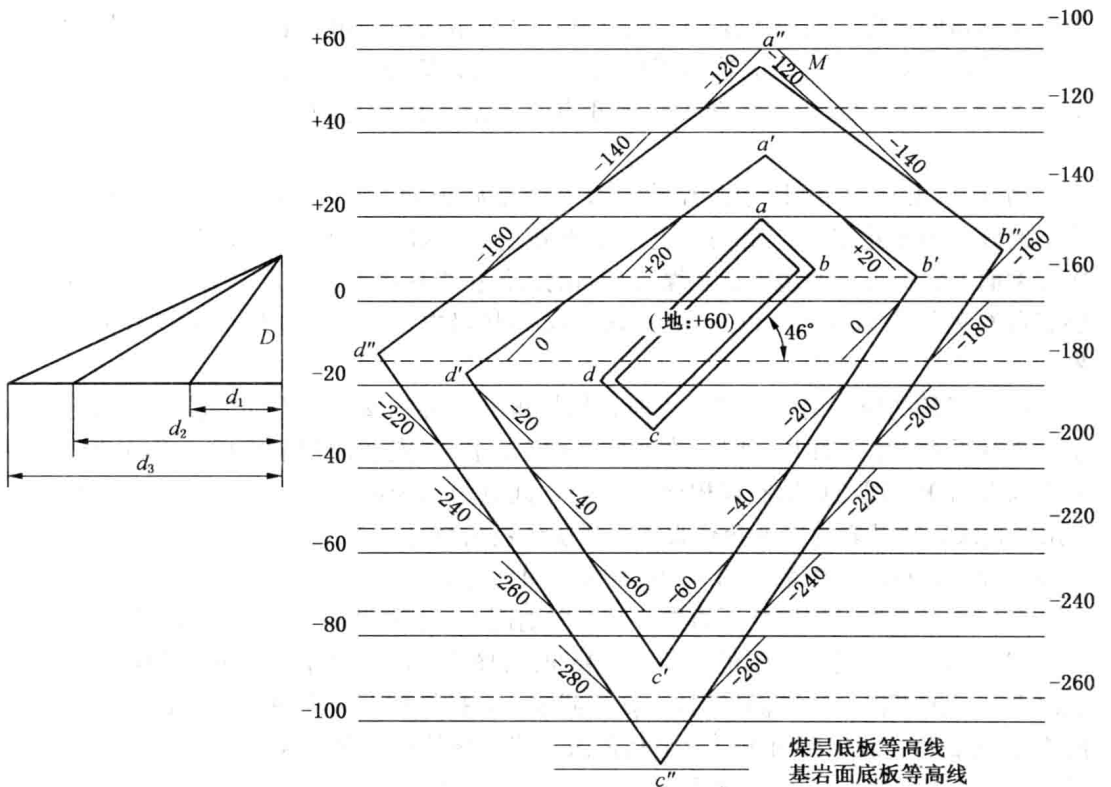


图 1-4 用数字标高投影法确定保护煤柱

的平面) 上等高线的等高距应与煤层底板等高线 (或基岩面等高线) 的等高距相同的原则。具体做法如下:

(1) 以 φ 角作保护煤柱空间体侧面。相邻两等高线之间的水平距离 $d_3 = D \cot \varphi$, 其中, D 为煤层底板等高距。按平面图比例尺绘出倾角为 φ 的保护煤柱侧平面的等高线, 此时保护煤柱侧平面的走向线与受护边界一致, 故所作等高线平行于受护边界。连接保护煤柱侧平面与基岩面上各同值等高线交点, 得工业场地在基岩面上的保护煤柱边界 $a'b'c'd'$ 。

(2) 以 $a'b'c'd'$ 为受护边界线, 在基岩内以 β' 和 γ' 角作煤柱侧面, 并按 $d_1 = D \cot \beta'$ 和 $d_2 = D \cot \gamma'$ 分别计算各侧面的保护煤柱侧平面上相邻两等高线之间水平距离 d_1 和 d_2 。

(3) 作 NM 垂直 $a'b'$, 取 $NM = d_1$, 若 M 点高程为 H , 则 N 点高程为 $H - D$ 。连接与 N 点同值高程的点 M' , 则 $M'N$ 为 $a'b'$ 一侧保护煤柱侧平面的走向线。根据该走向线和 d_1 , 可以绘出该侧保护煤柱侧面等高线, 连接保护煤柱侧平面与煤层层面上同值等高线的交点, 即得该侧保护煤柱边界 $a''b''$ 。

同理。可在 $b'c'$ 、 $c'd'$ 和众 $d'a'$ 各侧面分别求出保护煤柱边界 $b''c''$ 、 $c''d''$ 和 $d''a''$, 则 $a''b''c''d''$ 即为用数字标高投影法圈定的保护煤柱边界。

4. 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 1-5a), 保护煤柱边界的圈定。在煤层倾向剖面上由受护面积边界点 M 、 N , 以 φ 角作直线至基岩面 I 、 I' 点。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 δ 为走向移动角, α 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 A 值。为计算方便, 按倾角相差 10° 为间隔, 用 α_1 求出 β_1 , 由 I 点以 β_1 作直线交于 II 点 (II 点处的煤层倾角 α_{II} , 较 I 点处 α_1 相差 10°)。

用 α_{II} 求出 β_{II} , 由 II 点以 β_{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 等直至煤层底板。 m 、 n 即为倾向剖面上保护煤柱的边界点。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 φ 、 δ 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小于或等于 45° 时 (图 1-5b), 在倾向剖面上, 由 M 点在冲积层内以 φ 角作直线, 在基岩内以 β 角作直线与煤层底板相交得 m 点, 此点为保护煤柱边界。由 N 点在冲积层内以 φ 角作直线, 在基岩内以 γ 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 (图 1-5b 中交点 A), 则由交点以 β 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。在走向剖面上, 保护煤柱边界圈定方法同前。

(3) 当向斜构造煤岩层的倾角 $\alpha > 45^\circ$ 时 (图 1-5c), 保护煤柱边界的圈定。在倾向剖面上, 保护煤柱上边界仍采用 φ 、 β 角圈定。保护煤柱上边界圈定方法如图 1-5c 所示, 由 N 点以 φ 角在表土层内作直线至基岩面。若有建筑物一翼的煤层平均倾角为 α_1 , 则在基岩内以 α_1 角作直线至向斜轴面交于 A 点。由 A 点以 β 角作直线与煤层底板相交于 n 点, 此点即为煤柱下边界。为了防止保护煤柱在大倾角条件下出现滑坡现象, 保护煤柱应具有

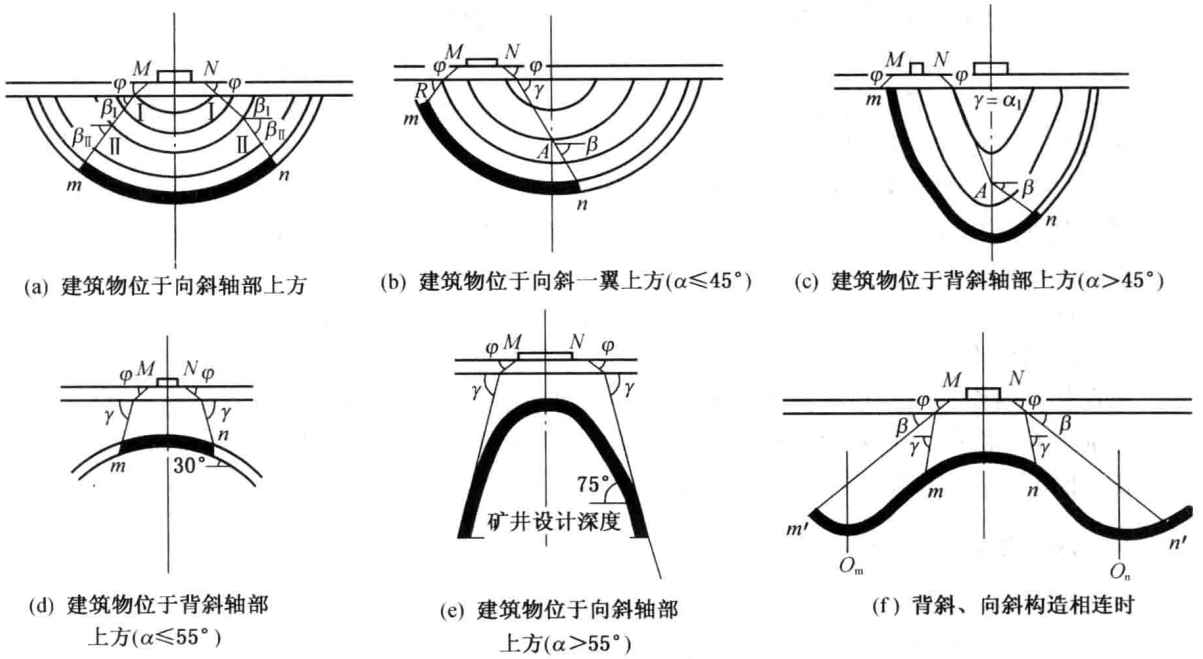


图 1-5 煤层为向、背斜构造时建筑物保护煤柱的留设方法

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 值按下式计算：

$$d = H_B \frac{(\sin \alpha_3 - \cos \alpha_2 \tan \rho') \cot \alpha_3}{2(\tan \rho' \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2)} = KH_B \quad (1-4)$$

式中 ρ' ——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

$$\rho' = 13^\circ;$$

α_3 ——煤层露头至 $\alpha = \rho'$ 点间煤层的平均倾角；

α_2 ——向斜无建筑物一翼的煤层倾角；

H_B —— $\alpha = \rho'$ 点处的煤层埋藏深度；

K ——系数，可按表 1-4 确定。

表 1-4 系数 K 值（当 $\rho' = 13^\circ$ 时）

(°)

α_2	α_3							
	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
25	0.057	0.148	0.272	0.362	0.411	0.440	0.430	0.405
35	0.047	0.123	0.225	0.300	0.341	0.364	0.357	0.335
45	0.041	0.108	0.197	0.263	0.299	0.319	0.321	0.294

(4) 建筑物位于背斜轴部上方时, 保护煤柱边界的圈定。背斜两翼煤层倾角 $\alpha \leq 55^\circ$ 时 (图 1-5d), 在倾向剖面上, 由受护面积边界以 φ 角在冲积层内作直线, 以 γ 角在基岩内作直线, 与煤层底板相交于 m 、 n 点, 此两点即为保护煤柱边界。在走向剖面上, 保护煤柱边界圈定方法同前。

(5) 背斜两翼煤层倾角 $\alpha > 55^\circ$ 时 (图 1-5e), 在倾向剖面上, 如果以 φ 、 γ 所作直线不与煤层相交, 则以矿井设计深度作为保护煤柱下边界。在走向剖面上, 保护煤柱边界圈定方法同前。

(6) 背斜、向斜构造相连时 (图 1-5f), 在倾向剖面上, 由受护面积边界以 φ 角在表土层内作直线, 以 γ 角在基岩内作直线, 与背斜部分煤层底板相交于 m 、 n 点。再以 β 角在基岩内作直线, 与向斜部分煤层底板分别相交于 m' 、 n' 点。若向斜轴面与煤层交点分别为 O_m 和 O_n , 则 $m'O_m$ 和 $n'O_n$ 为向斜部分的保护煤柱, mn 为背斜部分的保护煤柱。在走向剖面上, 保护煤柱边界圈定方法同前。

四、井筒及大巷煤柱

1. 立井煤柱的设计

立井井筒保护煤柱的设计过程如图 1-6 所示。

(1) 通过立井井筒中心沿煤层倾向和走向分别作剖面 I—I 和 II—II, 按 I 级保护建筑物在井筒周围留 20 m 宽的围护带, 在剖面图上得 m 、 n 及 k 、 l 各点。

(2) 根据冲积层和基岩的移动角值, 绘出保护煤柱的边界线, 在剖面 I—I 上得 m_1 、 n_1 点, 在剖面 II—II 上得 g 、 h 、 k_1 、 l_1 点。

(3) 将 m_1 、 n_1 各点投影到平面图上, 得 m_2 、 n_2 点。过 m_2 、 n_2 点分别作走向平行线, 并截取线段 $k'_1l'_1$ 和 $g'h'$ 分别等于 k_1l_1 和 gh , 得到梯形 $k'_1l'_1h'g'$ 。连接对角线 Ok'_1 、 Og' 、 Ol'_1 和 Oh' 。

(4) 以井筒中心 O 为原点, 作走向平行线, 交梯形腰 k'_1g' 、 l'_1h' 于 k_2 、 l_2 两点, 分别以 Om_2 、 Ok_2 、 On_2 、 Ol_2 为半径画圆弧, 并交于对角线上; 在对角线上取两圆弧与之相交线段的中点, 得 P 、 Q 、 R 、 S 。

(5) 用圆滑曲线连接 m_2 、 P 、 k_2 、 Q 、 n_2 、 R 、 l_2 、 S 各点, 即为立井井筒保护煤柱的边界。

2. 斜井保护煤柱的设计

斜井保护煤柱的设计过程如图 1-7 所示。

(1) 在倾向剖面上, 自斜井 AB 的井底车场留 20 m 宽的围护带, 延长至 C 点, 自 C 点按 $\gamma = 70^\circ$ 作直线交煤层于 C' 点。

(2) 自斜井井口 A 向外, 留 20 m 围护带得 D 点, 由 D 点以 $\beta = 50^\circ$ 作直线交于煤层 D' 点。

(3) 由 A 点以 $\gamma = 70^\circ$ 作直线, 交煤层于 A' 点。

(4) 在走向剖面上, 由围护带的边界 a 、 b 点以 $\delta = 70^\circ$ 作直线, 与 D' 点投影线相交于 a' 、 b' , 与 A' 点投影线相交于 a'_1 、 b'_1 。由井底车场围护带的边界 c'_1 、 c'_2 以 $\delta = 70^\circ$ 作直线, 与 C' 点投影线相交于 c''_1 、 c''_2 。

(5) 将倾向剖面上的 C' 、 A' 、 D' 点和走向剖面上的 $c''_1c''_2$ 、 $a'_1b'_1$ 和 $a'b'$ 投影到平面图