

中等专业学校教学用书

# 矿山测量

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

矿山测量

本溪钢铁学校 牛长旭 主编

\*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

787×1092 1/16 印张 18 1/4 字数 433 千字

1980年11月第一版 1980年11月第一次印刷

印数 00,001~6,000 册

统一书号: 15062·3612 定价 1.50 元

## 前 言

本书是根据1978年冶金工业部中等专业学校教材会议制订的矿山测量专业教学计划和《矿山测量》课程教学大纲编写的，是中等专业学校的教学用书，也可供矿山测量技术人员及工人参考。

本书内容包括：井下矿部分的矿井联系测量、井下控制测量、井巷施工测量和贯通测量、矿块施工和采场验收测量、井下与露天矿矿量和损失管理、矿区线路测量、露天矿的工作控制与采剥工程测量、矿山岩体移动观测、矿山测量资料等。

本书由本溪钢铁学校牛长旭（一、二、三、四、五、十章）、于海洋（六、九章）、李德明（十一章）、姜明玉（八章）、广东省冶金工业学校、郭盛刚（七章）等编写。由牛长旭同志主编。

在编写前曾征求部分冶金矿山有关同志对本教材编写的意见。本书力求结合冶金矿山生产的实际情况，加强基础理论，在文字上尽量做到通俗易懂，以便自学。

由于编者水平所限，编写时间仓促缺点错误在所难免，恳请读者批评指正。

在审稿过程中，昆明冶金工业学校、长沙冶金工业学校、广东省冶金工业学校及凡口铅锌矿、大宝山铁矿、多罗山钨矿的有关同志曾提出许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

编者 1979.10

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 绪论                  | 1   |
| 第一章 矿井联系测量          | 3   |
| 第一节 概述              | 3   |
| 第二节 投点和投向           | 6   |
| 第三节 一井定向            | 16  |
| 第四节 一井定向误差分析        | 20  |
| 第五节 两井定向            | 29  |
| 第六节 两井定向误差分析        | 35  |
| 第七节 一井定向向两井定向的过渡方法  | 44  |
| 第八节 陀螺仪定向           | 46  |
| 第九节 导入标高            | 59  |
| 第二章 井下控制测量          | 62  |
| 第一节 概述              | 62  |
| 第二节 井下经纬仪导线测量       | 62  |
| 第三节 井下高程测量          | 77  |
| 第三章 井巷施工测量          | 82  |
| 第一节 概述              | 82  |
| 第二节 标定工作的方法和精度分析    | 85  |
| 第三节 井筒中心和井筒中线的标定    | 95  |
| 第四节 提升设备的标定         | 100 |
| 第五节 井底车场的标定         | 102 |
| 第六节 巷道掘进测量          | 107 |
| 第四章 井巷贯通测量          | 116 |
| 第一节 概述              | 116 |
| 第二节 一个矿井内的巷道贯通      | 119 |
| 第三节 两矿井间的巷道贯通       | 126 |
| 第四节 竖井贯通            | 132 |
| 第五节 贯通后实际偏差的测定      | 135 |
| 第五章 矿块施工和采场验收测量     | 137 |
| 第一节 概述              | 137 |
| 第二节 悬挂罗盘仪测量         | 139 |
| 第三节 识图和审图           | 141 |
| 第四节 矿块采掘施工测量        | 146 |
| 第五节 缓倾斜矿体采场验收测量     | 149 |
| 第六节 急倾斜矿体采场验收测量     | 152 |
| 第七节 矿块测量资料编绘        | 157 |
| 第六章 井下矿三级矿量和损失贫化的管理 | 163 |

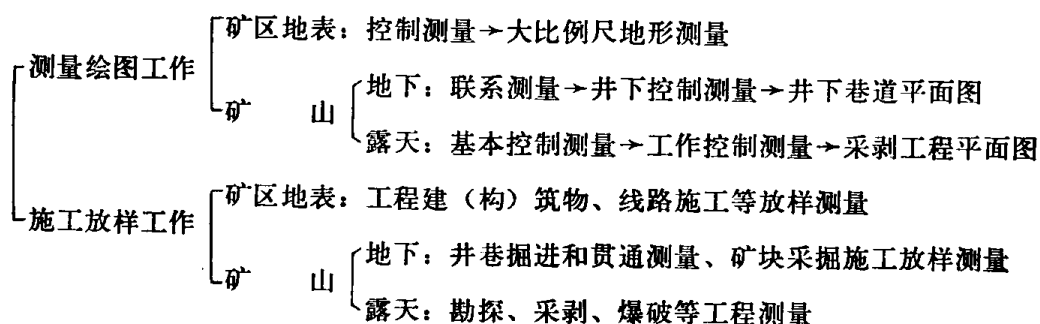
|      |                          |     |
|------|--------------------------|-----|
| 第一节  | 概述 .....                 | 163 |
| 第二节  | 三级矿量的管理 .....            | 164 |
| 第三节  | 损失与贫化的管理 .....           | 174 |
| 第七章  | 矿区线路测量 .....             | 185 |
| 第一节  | 概述 .....                 | 185 |
| 第二节  | 铁路线路测设的一般概念 .....        | 185 |
| 第三节  | 定测 .....                 | 188 |
| 第四节  | 纵横断面测量与土方量计算 .....       | 200 |
| 第五节  | 路基施工测量与竖曲线测设 .....       | 204 |
| 第六节  | 铁路站场内线路的放样工作 .....       | 209 |
| 第七节  | 回头曲线的测设 .....            | 212 |
| 第八节  | 架空高压输电线路的测量工作 .....      | 215 |
| 第八章  | 采剥工程测量 .....             | 220 |
| 第一节  | 露天矿工作控制与采剥工程平面图的编绘 ..... | 220 |
| 第二节  | 掘沟工程测量 .....             | 226 |
| 第三节  | 爆破工程测量 .....             | 228 |
| 第四节  | 生产勘探工程测量 .....           | 232 |
| 第五节  | 露天矿境界线的标定 .....          | 233 |
| 第六节  | 露天矿排土场的测量 .....          | 234 |
| 第九章  | 露天矿测量技术管理 .....          | 237 |
| 第一节  | 概述 .....                 | 237 |
| 第二节  | 露天矿验收测量 .....            | 237 |
| 第三节  | 露天矿损失与贫化的管理 .....        | 245 |
| 第四节  | 露天矿生产矿量的管理 .....         | 250 |
| 第十章  | 矿山岩体移动的观测 .....          | 259 |
| 第一节  | 概述 .....                 | 259 |
| 第二节  | 地下岩体移动的概念和观测 .....       | 261 |
| 第三节  | 露天矿岩体移动的概念和观测 .....      | 272 |
| 第十一章 | 矿山测量资料 .....             | 276 |
| 第一节  | 概述 .....                 | 276 |
| 第二节  | 矿山测量资料的编录与保管 .....       | 277 |
| 第三节  | 矿山测量图的分类与分幅编号 .....      | 277 |
| 第四节  | 介绍几种主要矿山测量图 .....        | 279 |
| 第五节  | 露天矿矿山测量资料 .....          | 282 |

# 绪 论

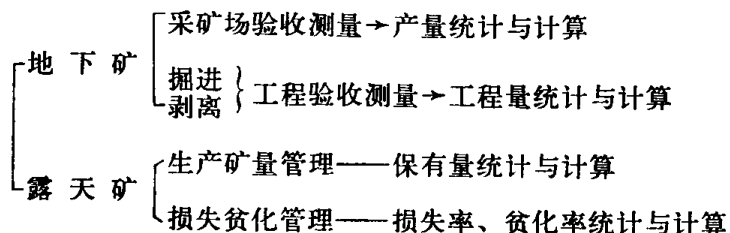
## 一、矿山测量在矿山企业中的任务和作用

矿山测量是冶金工业矿山系统的基建和生产过程中不可缺少的一项技术基础工作。它在矿山企业中的主要任务就其工作性质可归纳为以下三项。

1. 生产技术性工作 主要是为矿山基建和生产过程中的各种工程设计和施工服务。如，给各种工程设计提供可靠的测量资料和图纸；按设计进行施工和生产时，要进行各种工程的施工放样测量等。其具体内容如下。



2. 技术管理工作 这是为矿山生产管理服务的。如，为了执行国家采掘方针政策和促进矿山生产完成国家计划，要按月或季进行采矿场验收测量；为了促进矿山采、掘（剥）均衡地发展，保证矿山持续生产，要进行生产矿量的管理工作；为了使矿产充分地采出，使国家资源尽量减少不必要的损失，尽可能减少围岩混入率，保证合格的矿石质量，还要进行损失和贫化的管理工作。其具体内容如下。



3. 安全生产性工作 这是为矿山安全生产服务的。如，地下开采时，当某一矿体被采出后，在地下便形成采空区，其周围和上部岩石将受地压作用失去平衡而产生移动，其后果有可能对采空区上部地表的建筑物或其附近采区的人员和设备造成严重的损害和破坏；当进行露天开采时，如果边坡角选择不当，也会由于地压作用而引起边坡岩石的滑落，致使采场遭到破坏。因此矿山企业要作到安全生产，必须对地压的产生根源和岩体移动的规律进行调查研究。而矿山测量人员将进行岩体移动现象的观测，为岩移研究提供量变资料。

由上可见，矿山测量工作在矿山企业中，主要是起指导（指导采掘工程按设计进行施工）、保证（保证采矿设计人员对测量图纸的需求，使采矿生产不至陷入危险地区）、管理（矿量和损贫管理）、检查（对工程质量和产量的检查验收）作用。当然上述工作绝不是

单靠测量工作所能够完成的，而要和采矿、地质等工作密切配合。总之，矿山测量是矿山生产技术和生产管理工作中一个重要组成部分，同时又是生产过程中的一个重要工作程序。

## 二、矿山测量工作的特点

从矿山测量任务和内容可以看出，矿山测量除包括一般测量技术性质的工作（如测图和施工放样）外，还包括参加矿山生产管理（矿量管理和损贫管理）和为安全生产服务（岩体移动观测）等属于采矿生产性质的工作。这是与其它测量工作显著不同的一个特点。

就一般测量技术性质的工作来说，矿山测量也有一定特点。首先矿山测量的主要对象：井下的巷道或露天的台阶，将随着采矿工程的不断进展而在时间和空间上都不断发生变化，因此为采矿工程服务的测量工作也将定期的不断的进行，直至矿山采掘终了为止。其次对井下矿山测量，其工作的环境和条件（黑暗、狭窄、潮湿、有矿尘等）都比地表差得多，因此井下矿山测量往往需要采用一些特殊的仪器和方法，以适应这种困难的工作条件。再次，由于井下采掘工程都是由井底车场开始，沿矿体走向向两翼或一翼逐渐推进，因此随着采掘工程的进展而进行的矿山测量工作，其精度必将是距井底车场越远，精度越低，因而使井下各处的图纸精度也各不一致，不象地面测量的精度各处比较均匀。

各种测量工作总的可分为两类：一是将实地的地形地物等几何形体按适当的方法测绘到图纸上来（简称测图）；二是将工程设计图上设计的建（构）筑物等几何形体按适当方法标定到实地上去（简称放样）。任何几何形体都是由点和线所构成，所以不论什么测量技术性工作，都不外乎包括测定直线的方向（测角）、长度（量边）和点的坐标（ $x$ 、 $y$ ）、高程（ $H$ ）等基本内容。在所有测量工作中，又都要按先控制后碎部、高级控制低级、每项测量成果必须有检核、测量精度必须满足规程（或工程）要求等原则进行。

# 第一章 矿井联系测量

## 第一节 概 述

### 一、联系测量的意义和任务

在地下开采中，首先要由地表通过竖井或斜井、平硐深入地下，再利用各种巷道接近矿床，形成通路（运输、通风）后，再按适当的采矿方法将矿石采出来。在地下进行采掘施工时，必须通过测量工作来掌握预先设计好的巷道高度、位置、方向和长度，这样才能有目的、有计划地接近矿体，并形成各种通路和进行采矿。为了测定地下巷道、采空区等的方向、位置与地表的地形（山、河）、地物（厂房建筑物）之间的相对位置关系，为了测定相邻两个矿井内的巷道、采空区之间的相对位置关系，以及为了将两个相邻矿井内的巷道打通（称为巷道贯通）等，必须使各矿井井下的测量坐标系统与地面的测量坐标系统求得统一。这样就要将地面的坐标系统按一定测量方法传递到井下巷道，这种测量工作就叫联系测量。

为了将地面坐标系统传递到井下，需要预先根据现有矿区控制网在地面井口附近建立近井点（亦称定向基点）和水准基点，还要预先在井底车场巷道中埋设井下控制的起算点（包括导线点和水准点）。

联系测量的任务就是以近井点为依据，通过一定方法求得：

- 1) 井下经纬仪导线起算边的坐标方位角  $\alpha$ ；
- 2) 井下经纬仪导线起算边端点（起算点）的平面坐标  $x$  和  $y$ ；
- 3) 井下高程测量起算点的高程  $H$ 。

前两项工作属于平面联系测量，简称为矿井定向；第三项工作属于高程联系测量，简称为导入标高。本章前部分介绍定向测量方法，最后介绍导入标高的方法。

### 二、矿井定向的方法与精度要求

1. 矿井定向的方法 矿井定向测量的方法总的分为两种：一种是物理的方法，其中包括磁性定向、光学投向和陀螺仪定向，本章只概括介绍陀螺仪定向；另一种是几何的方法，是本章介绍的重点。按矿体的开拓形式，几何法又分为以下三种方法：

- (1) 通过平硐或斜井的几何定向；
- (2) 通过一个竖井的几何定向（简称一井定向）；
- (3) 通过两个竖井的几何定向（简称两井定向）。

通过平硐或斜井定向时，可将地面近井点的平面坐标和坐标方位角用导线直接导入井下，不用特殊定向方法，因此一般所说的矿井定向不包括这一种，只是对通过竖井定向而言。

通过竖井作几何定向的实质是：在竖井井筒内，投放两根垂线，这两根垂线构成一个竖直面，在这个面上任意两点连线的方位角都是相等的，而垂线上任意一点的坐标也都是相等的，因此我们以这两根垂线构成一个从地面到井下的共同方向；然后将此方向分别与地



面和井下的导线控制点构成一定的几何图形，并测量出有关的几何要素，经过计算，就可以将地面的平面坐标和坐标方位角传递到井下。如果两根垂线同时放在一个井筒内进行定向，便是一井定向，如图1-1所示。如果两根垂线分别放在两个井筒内进行定向，便是两井定向，如图1-2所示。

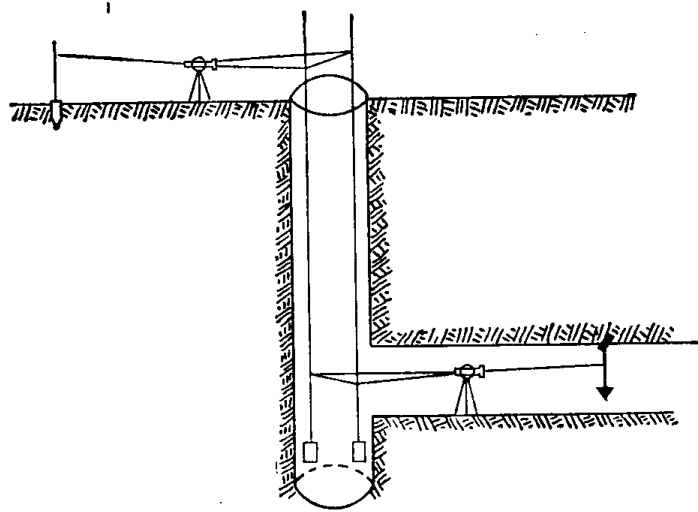


图 1-1 一井定向垂线的布设

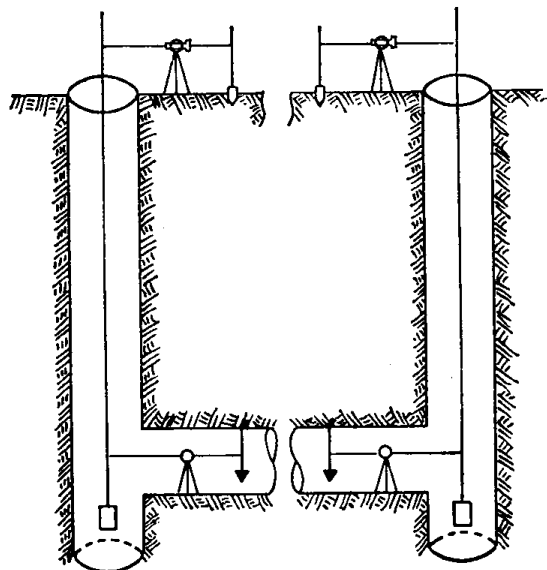
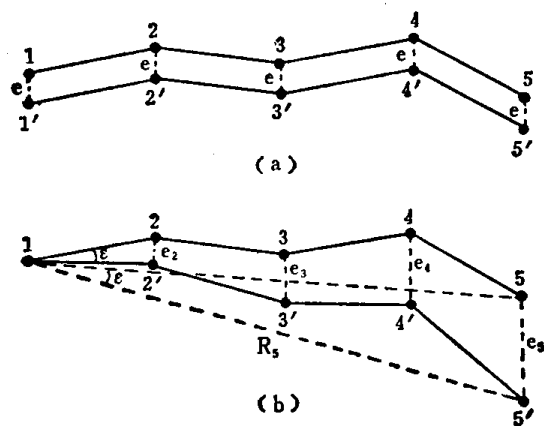


图 1-2 两井定向垂线的布设

2. 矿井定向的精度要求 在通过竖井将地面坐标和方位角传递到井下起算点和起算边的测量过程中，必然会有误差，而这种给井下起算数据带来的误差，又必然要影响井下其它测量成果的精度。现在来分析一下井下起算数据的误差对井下导线的影响。如图 1-3 a，1、2……5为由井底车场开始敷设的井下导线，由于定向测量使井下起算点 1 产生了坐标误差  $e$ ，当不考虑其它测量误差时，仅引起井下导线平行移动了一段距离  $e$ ，亦即其它各导线点都偏离原来位置一段距离  $e$ ，并不因导线的延长而增大。但是由于定向测量使

井下起算边 1-2 的坐标方位角所产生的误差  $\varepsilon$ ，却引起整个井下导线扭转了一个角度  $\varepsilon$  (如图 1-3 b 所示)，即使不考虑其它测量误差，也使离起算点越远的导线点，产生的误差越大。设图中最远点 5 与起算点 1 的距离为  $R_5$ ，则 5 点产生的误差  $e_5$  为



$$e_5 = R_5 \cdot \frac{\varepsilon}{\rho}$$

任意点  $i$  误差的公式为

$$e_i = R_i \cdot \frac{\varepsilon}{\rho} \tag{1-1}$$

图 1-3 投点误差与投向误差的影响

设  $\varepsilon = 1'$ ， $R = 3000$  米，则

$$e = 3000 \times \frac{1}{3438} \approx 0.9 \text{ 米}$$

这个例子充分说明了在矿井定向中精确地传递方位角的重要性。至于坐标误差，一般只在10~20毫米之间，这比起方位角误差以及井下导线的测量误差来说是微不足道的。这也就是我们把平面联系测量简称为矿井定向测量的原因。因此，为了衡量矿井定向的精度，只要对井下导线起算边坐标方位角的测量误差的大小提出要求就可以了。规程（本书均以煤炭部于1975年颁布的《煤矿测量试行规程》为例，以下都简写作规程）中规定，定向测量至少应独立进行两次，由两次独立定向所得的井下导线起算边坐标方位角之差，对一井定向不得超过2'，对两井定向不得超过1'。当一井定向测量的外界条件较差时，在满足采矿工程要求的前提下，两次独立定向结果之差可放宽至3'。使用陀螺经纬仪定向时，须用一次定向测量中误差小于 $\pm 60''$ 的仪器进行，井下陀螺定向边坐标方位角中误差，相对于测定仪器常数的已知边不应超过 $\pm 30''$ 。

### 三、地面近井点及井下起算点的设立

近井点是将地面坐标系统向井下传递的依据。其点位应设立在井口附近，并应设在能长期保存，不受井下采掘影响，而且利用起来又很方便的地方。近井点要埋设标石（在冻结地区要埋设在冻结线以下0.5米），其式样及构造如图1-4所示。

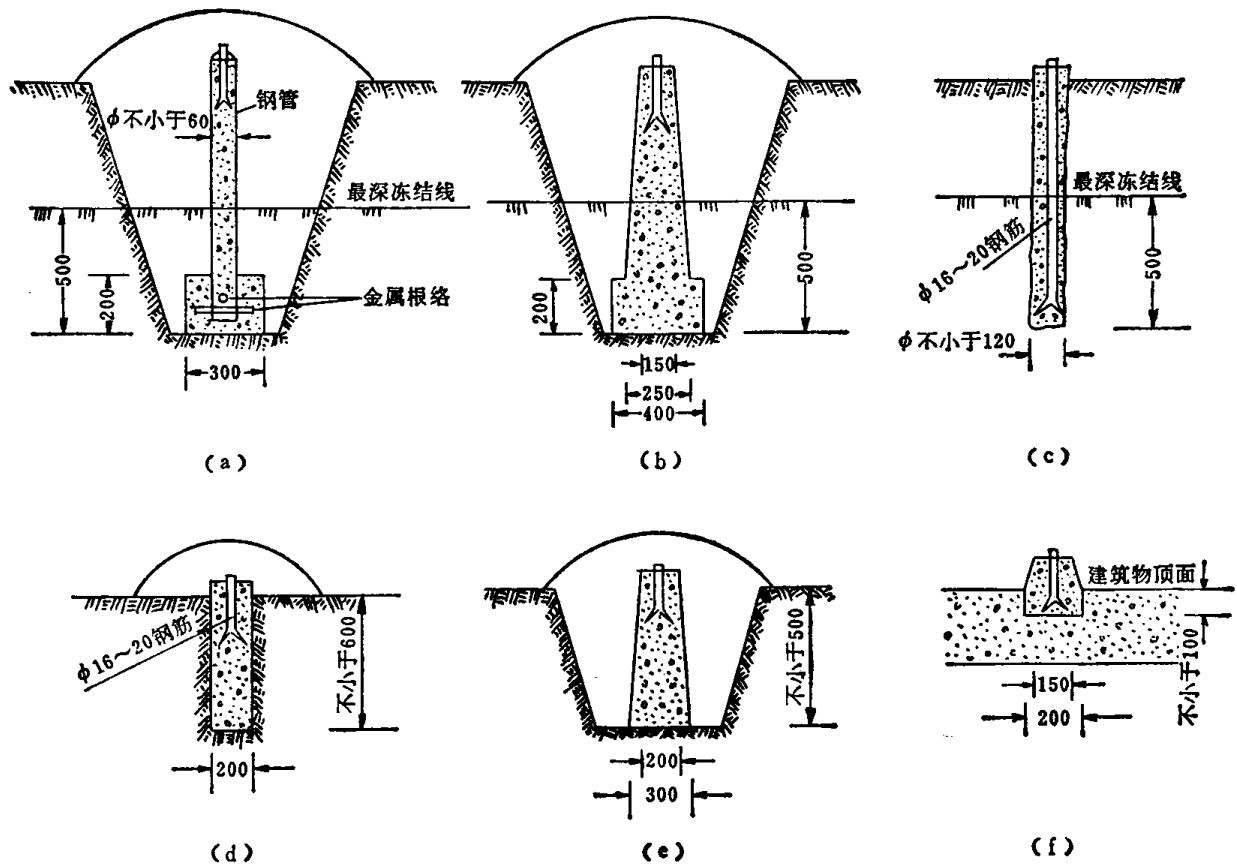


图 1-4 地面控制点的标志

a、b、c—冻结地区测点（浇注式、预制混凝土式、钢管混凝土式）；d、e—非冻结地区测点（浇注式、预制混凝土式）；f—建筑物顶面上的测点

如果井口附近有四等以上三角点或同等级的导线点，其位置符合近井点的要求时，便可作为近井点使用。否则必须另行测设。

测设近井点的方法，一般是在现有矿区三、四等三角网的基础上，用插网、插点（如

图1-5 a) 或敷设经纬仪导线(如图1-5 b)等方法测设,其精度对四等三角网来说,点位中误差应不超过 $\pm 7$ 厘米,方位角中误差应不超过 $\pm 10''$ 。

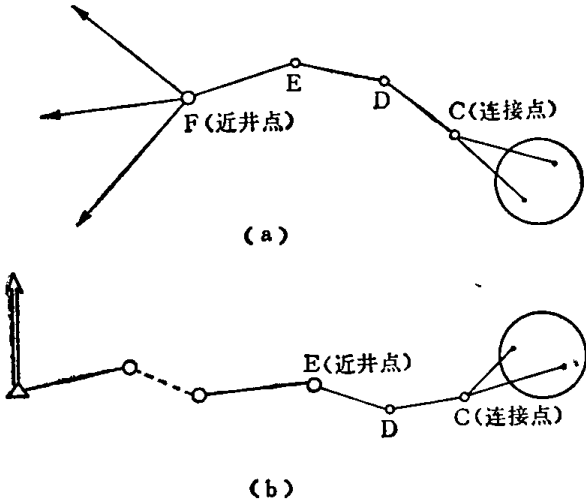


图 1-5 近井点与连接点的布设

除了需要在地面设立近井点外,还应在井下定向水平上的井底车场巷道内,设立作为井下经纬仪导线起算点和起算边的永久导线点,其数目不得少于三个。

### 第二节 投点和投向

用几何法定向时,要先在竖井井筒内投放两根垂线,也就是挂两根长钢丝,钢丝的一端固定在地面井架上,另一端系有定向专用的重锤,一直自由悬挂到定向水平。这两根垂线就相当于两个点的标志,因此投放垂线也简称投点。两根垂线连线便构成一个方向,因此也称为投向。然后在地面连接点处进行地面控制点(近井点或连接导线点)与垂线的连接测量,这样就可以求出两根垂线在地面坐标系中的坐标和方位角,这一工作简称为地面连接测量。同时,在井下定向水平的连接点处进行垂线与井下导线起算点、边之间的连测,从而根据垂线在地面测得的坐标及方位角,便可求出井下导线起算点、边在地面坐标系中的坐标和方位角,这一工作简称为井下连接测量。综上所述,通过竖井进行几何定向,有两大项工作:一是投点和投向;一是连接测量(包括地面连接测量和井下连接测量)。

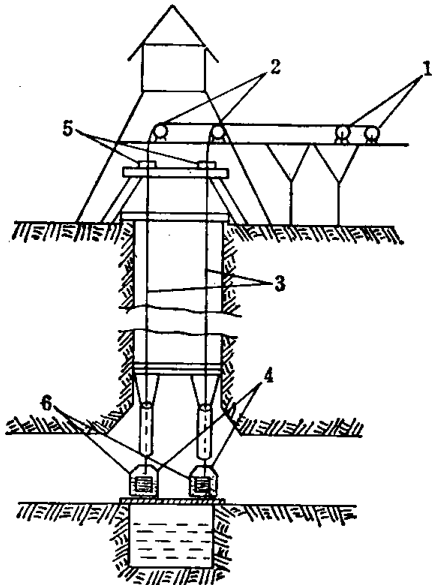


图 1-6 投点设备的布置  
1—手摇绞车; 2—导向滑轮; 3—钢丝;  
4—重锤; 5—定点板; 6—稳定液

投点的方法,有稳定投点和摆动投点。稳定投点就是采取措施使垂线保持稳定后进行连接测量。摆动投点是让垂线自由摆动,并用专门设备和方法观测其摆动,从而求出其静止位置,然后将垂线固定到所求静止的位置后再进行连接测量。在实践中多采用稳定投点,现将这种方法介绍如下。

#### 一、投点的设备及用具

主要设备及用具具有:手摇绞车、导向滑轮、钢丝、重锤、定点板及稳定液等。这些设备在投点当中的布置参看图1-6。下面分别详细介绍。

(1) 手摇绞车 手摇绞车是缠绕和升降钢丝用

的。应符合下列要求：

- 1) 绞车的全部零件的强度应是工作负荷的三倍；
- 2) 绞车必须有两个闸，以防止卷筒向两边自由转动；
- 3) 绞车卷筒的直径不应小于250毫米，其目的是为了避免钢丝的折曲和防止形成弹性圈。

我国目前在矿井定向中常用的手摇绞车如图1-7形式。

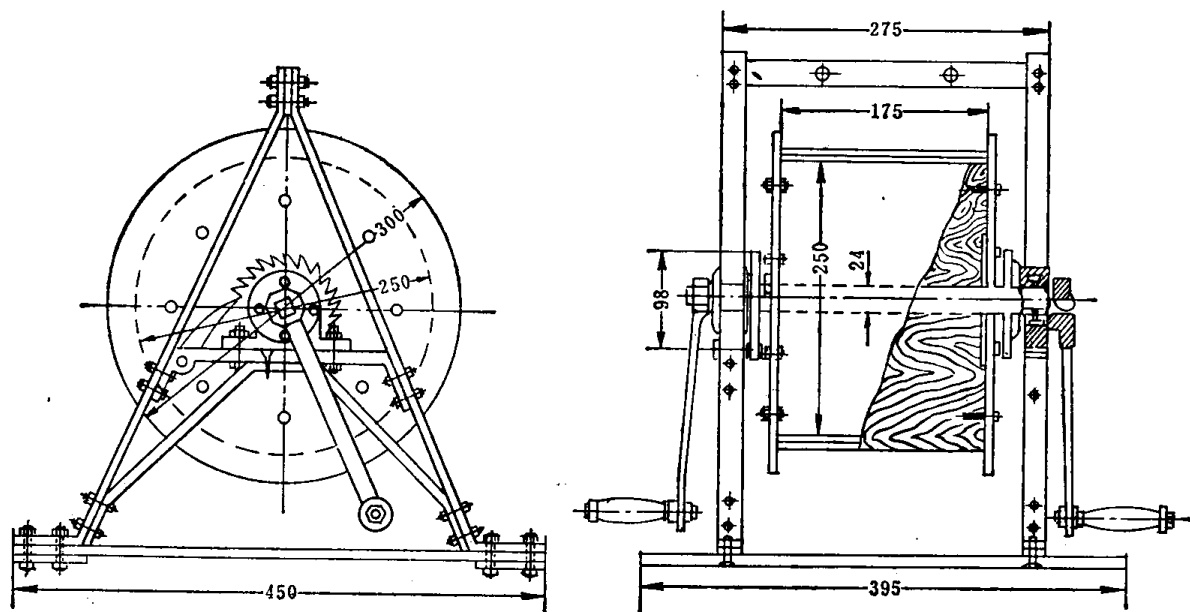


图 1-7 手摇绞车

(2) 导向滑轮 导向滑轮是将钢丝导入井内用的。其直径不应小于 150 毫米，轮缘要具有锐角的轮槽，以防止钢丝脱落，安装后应坚固稳定。构造形式如图1-8。

(3) 钢丝 钢丝是几何法定向的主要设备。定向用的钢丝应尽可能细而又具有足够的抗拉强度。要求细是为了减少气流对其表面的压力，同时也是为了避免加大弹性圈（弹性圈的半径与钢丝直径的四次方成正比）的影响，从而提高投点的精度。钢丝直径一般为0.5~2.0毫米。要求足够的抗拉强度是为了安全。一般要求安全系数约为1.7，也就是钢丝上悬挂的重锤重量应接近该钢丝极限抗拉强度值的60%。各种不同直径的炭素弹簧钢丝的极限抗拉强度值及其相应的容许最大悬锤重量见表1-1。

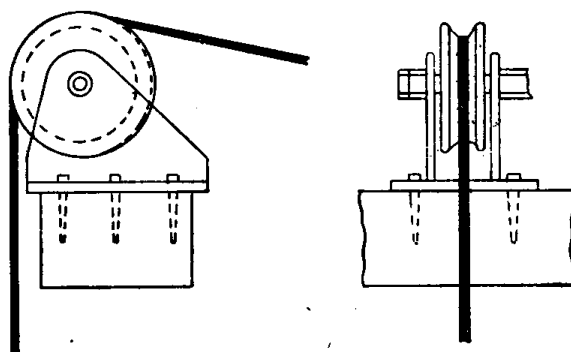


图 1-8 导向滑轮

在定向之前，必须对所选用的钢丝进行脆性和断裂性试验。钢丝的脆性试验是把钢丝弯成直角，若重复几次还不折断的钢丝，则可以用来进行定向。钢丝的断裂性试验，可以用材料力学试验的方法，也可以用下述简便的方法进行，即把长3~4米的一段钢丝一端固定，然后挂上重锤，逐渐增加其重量到所需要的强度极限，如果钢丝仍不被拉断，则可以用来定向。

钢丝的抗拉强度和规定悬挂重锤重量值

表 1-1

| 钢丝直径<br>(毫米) | 碳 素 弹 簧 钢 丝 (YB248—64) |              |              |              |              |              | 重要用途的弹簧钢丝<br>(YB550—65) |              |
|--------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|
|              | I 组                    |              | II 组         |              | III 组        |              | 抗拉强度<br>(公斤)            | 悬挂锤重<br>(公斤) |
|              | 抗拉强度<br>(公斤)           | 悬挂锤重<br>(公斤) | 抗拉强度<br>(公斤) | 悬挂锤重<br>(公斤) | 抗拉强度<br>(公斤) | 悬挂锤重<br>(公斤) |                         |              |
| 0.5          | 53~61                  | 35           | 44~53        | 30           | 34~44        | 25           | —                       | —            |
| 0.8          | 130~150                | 90           | 107~130      | 70~75        | 85~107       | 60           | —                       | —            |
| 1.0          | 195~222                | 130~135      | 160~195      | 110~115      | 129~164      | 90~95        | 140~168                 | 95~100       |
| 1.2          | 271~305                | 180~190      | 220~271      | 150~160      | 175~226      | 120~130      | 203~243                 | 135~145      |
| 1.4          | 354~401                | 235~245      | 292~354      | 200~210      | 231~292      | 160~170      | 270~318                 | 180~190      |
| 1.6          | 443~503                | 300~310      | 372~443      | 255~265      | 292~372      | 200~210      | 353~412                 | 235~245      |
| 1.8          | 534~610                | 360~370      | 457~534      | 310~320      | 356~458      | 250~260      | 432~508                 | 300~310      |
| 2.0          | 628~723                | 430~440      | 565~660      | 380~390      | 440~565      | 300~310      | 534~628                 | 360~370      |

实际上钢丝最容易断裂的地方是它与重锤连接的地方，因此一般多用专做的铁环来连接（如图1-9a）。无铁环时，也可将胶皮电线抽出铜芯，而将钢丝插入，然后弯成环形，将钢丝尾端平顺地扭紧，再用铁丝缠固（如图1-9b）。在定向完毕后应将钢丝擦净上油，整齐地绕在手摇绞车的卷筒上。

（4）重锤 重锤也叫垂球，定向时把它挂在钢丝的下端，以使钢丝在井筒内处于铅垂状态，并尽量保持稳定。正确地选择重锤的重量在投点当中是很重要的。一般情况下，重锤重量越大越好。但过重的重锤，必然要用较粗的钢丝，这样就增加了受气流压力的表面和它的弹性圈，这对投点精度是不利的。因而要适当地选择重锤的重量。当风速在

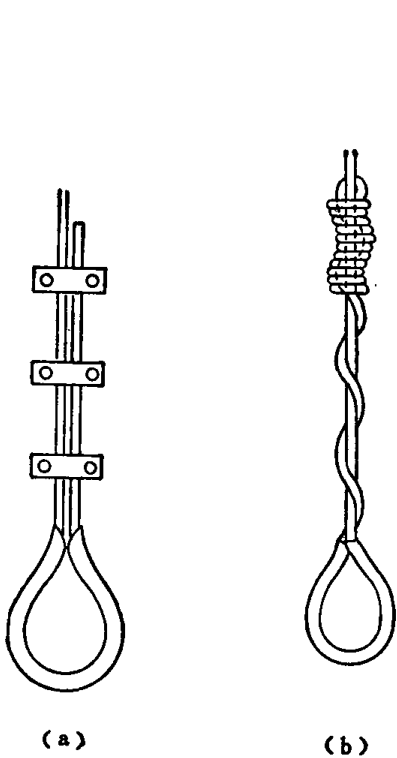


图 1-9 铁环的制做

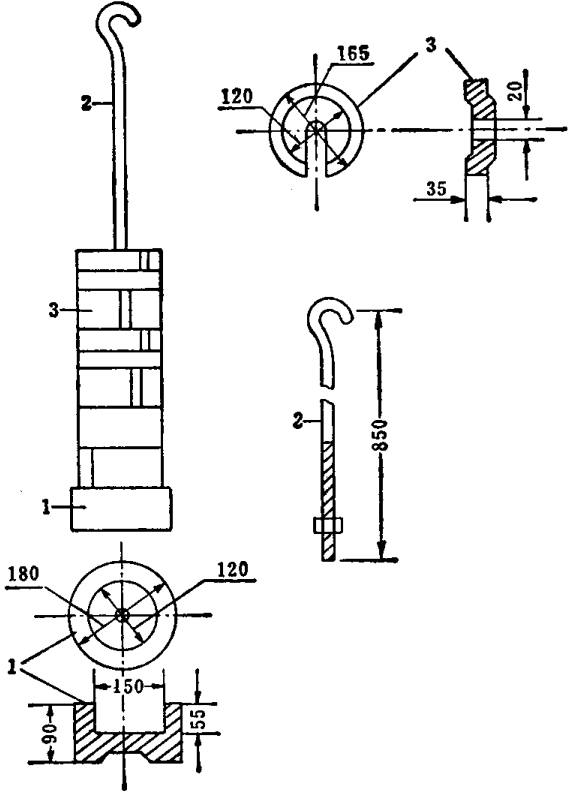


图 1-10 重锤

1—圆盘；2—中心轴；3—开口圆盘

0.8米/秒时，可参考表1-2选择重锤。

V = 0.8米/秒时重锤的重量

表 1-2

| 井筒深度 (米)  | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 重锤重量 (公斤) | 50  | 80  | 100 | 150 | 200 |

重锤的构造一般采用“砝码”的形式。如图1-10所示，整个重锤是由许多互相重叠的单个圆盘套在中心轴上所组成的。最下面的圆盘1用螺母固定在中心轴2上，然后将具有沿半径方向开口的圆盘3放在圆盘1上。每个圆盘的重量最好为10公斤或20公斤。中心轴的上端作成弯钩，使用时挂在钢丝下端的铁环上。

(5) 定点板 用铁片或结实的木板做成，其形状如图1-11所示。定向时将它固定在井口预先做好的木架上。其作用是使钢丝不受井架和绞车等所发生的一切震动的影响。

(6) 稳定液 在定向水平上，井筒内气流及滴水对钢丝的稳定影响很大，因此当采用稳定投点的方法时，应采取有效措施使钢丝稳定下来。一般是采用稳定液，即准备一个比重锤大些的水桶，桶内盛水或重油，工作时将重锤放入桶内即可。要注意重锤不能碰到桶底和桶壁上。为了防止滴水的冲击，要在水桶上加盖，并在高出水桶1~2米的井筒罐道梁上，铺上小块的胶皮雨布。为了减少风流对钢丝的影响，还可用防风套筒套在钢丝上，如图1-12所示。

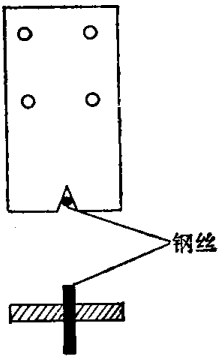


图 1-11 定点板

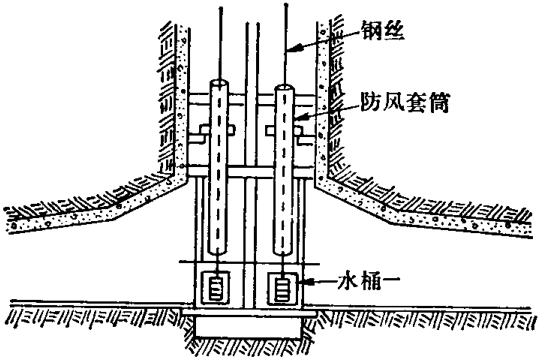


图 1-12 钢丝稳定措施

此外，还需准备下放和提升钢丝时所用的小垂球（3~6公斤），井上下联系用的电话，检查钢丝自由悬挂用的信号圈等。

二、投点前的准备工作

定向测量工作环节多，精度要求高，同时又需占用井筒生产时间。为了保证定向精度，尽量少占用井筒生产时间，并能安全、紧张而有秩序地工作，要求在投点前，一定要做好准备工作。其中包括定向测量所用的各种设备和用具，以及工作期间的安全防护等。对大型定向，最好预先作出定向测量技术设计。在设计中详细说明下列几个方面的问题：

1. 投点方面 包括所选用的钢丝牌号，重锤重量，钢丝在井筒内的悬挂位置，投点设备（绞车、滑轮、定点板）安装地点图，稳定钢丝的措施等。
2. 观测方面 井上下与垂线连测时所用的仪器和工具，测角量边方法和精度要求（必要时要通过定向测量误差预计加以确定）等。

3. 工作组织 包括对各种仪器、设备与用具的准备与检查, 各项安全防护措施 (如安装井盖、工作人员进入井筒的规定等), 井上下的人员配备, 联络信号, 各项工作的顺序和时间分配计划等。

有了定向测量技术设计, 各项准备工作, 以及定向测量各项工作的实施, 都可以按设计要求进行。这对投点和定向工作的顺利进行, 会起到很大作用。当各项准备工作都做好后, 便可开始投点。

三、投点步骤及方法

1. 下放钢丝 在下放之前必须通知定向水平上的人员离开井筒, 钢丝通过滑轮并挂上小垂球, 下放时, 为了检查钢丝是否弯曲并减少钢丝的摆动, 钢丝应通过握成拳状的手慢慢下放, 下放速度要均匀, 每秒不应超过1~2米, 每下放约50米稍停留一下, 待钢丝稍稳定后再继续下放, 当下放到定向水平时, 井下人员发出信号便停止下放, 闸住绞车卷筒, 把钢丝卡入定点板内, 在定向水平上取下小垂球, 挂上工作重锤, 并使重锤放在稳定液中。

当挂上工作重锤时, 钢丝必将伸长一定长度  $\Delta L$ , 其数值与重锤重量  $Q$ 、钢丝长度  $L$  及钢丝伸长系数  $K$  (受力一公斤时钢丝每米的伸长, 厘米/公斤·米) 有关。 $\Delta L$  可按下式

表 1-3 计算:

| 钢 丝 直 径 (毫 米) | 系 数 K  |
|---------------|--------|
| 0.5           | 0.0255 |
| 0.8           | 0.0100 |
| 1.0           | 0.0064 |
| 1.5           | 0.0028 |
| 2.0           | 0.0016 |

$$\Delta L = K \cdot Q \cdot L \text{ (厘米)} \quad (1-2)$$

伸长系数  $K$  可由表1-3中查取。

例 钢丝直径  $d=1$  毫米, 钢丝悬挂长度  $L=272$  米, 工作重锤  $Q=80$  公斤, 先由表1-3查出  $K=0.0064$ , 再按公式 (1-2) 求钢丝伸长数值, 即

$$\Delta L = 0.0064 \times 80 \times 272 = 139 \text{ 厘米} = 1.39 \text{ 米}$$

此例说明钢丝的伸长数值是很大的, 必须加以考虑。为此, 定向时应先算出  $\Delta L$ , 当钢丝下放到定向水平, 并使小垂球到水桶底的距离尚保持稍大于  $\Delta L$  值时, 便向井口发出停止下放的信号, 以免挂重锤后与桶底接触。

2. 检查钢丝是否自由悬挂 钢丝下放后, 要求不得与井壁或井筒中设备有接触, 必须保持自由悬挂。其检查方法有如下两种。

(1) 信号圈法 在地面上把用金属丝做成的直径为2~3厘米的小圆圈 (即信号圈) 套在钢丝上, 沿钢丝下放, 看它是否到达井下定向水平。当钢丝与井壁或其它物体有接触时, 信号圈就被挡住, 不能到达井下。在下放信号圈时, 应尽量避免钢丝摆动, 否则在钢丝有接触的地方, 信号圈便有可能乘隙通过而到达定向水平。此外, 信号圈也不能太重, 以免可能在钢丝有接触的地方, 冲动钢丝继续下落, 这样就失去了检查的真实性。为了可靠起见, 应沿每根钢丝相隔一定时间放下2~3个圈。

(2) 比距法 一井定向时, 一个井筒内同时投放两根钢丝, 若钢丝与井壁或其它物体没有接触, 则两垂线间的距离在井上下应相等。据此, 在钢丝摆动静止后, 分别在地面和定向水平量出两垂线之间的距离, 若此两值之差不超过 2 毫米, 便可认为是自由悬挂的。

除上述外, 还应检查重锤在稳定液中是否与桶壁或桶底有接触。当确认钢丝是自由悬

挂井已稳定了，投点工作即告完成，便可以开始进行井上下的连接测量。

#### 四、投点误差与投向误差

井下导线起算点、边的坐标和方位角，是通过悬挂在井筒内的两根钢丝从地面传递下来的。这就要求两根钢丝投到井下的位置应与其在地面的悬挂位置完全一致，即要求两根钢丝在井筒中必须保持铅垂状态。如果因某种原因投到定向水平的点位相对其在地面的位置产生偏离，则此偏离的线量误差叫投点误差。由投点误差而引起的两根钢丝联线的方向误差叫投向误差。如图1-13所示，A和B是两根钢丝在地面的位置，而A'和B'为两根钢丝投到定向水平的位置， $e_A$ 和 $e_B$ 分别是A和B点的投点误差， $\theta$ 便是由投点误差引起的投向误差。

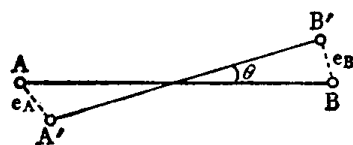


图 1-13 投点误差与投向误差

##### 1. 投点误差

(1) 产生投点误差的原因 引起投点误差的因素很多，根据各种实验和研究得知，其中最主要的影响因素是井筒中尤其在马头门处的气流对钢丝所产生的侧压力的影响，其次有井筒中滴水的影响和钢丝的弹性作用的影响等。现分述如下。

##### 1) 井筒中气流对钢丝所产生的侧压力的影响。

根据研究一般认为，气体在井筒内部的流动，其总的方向是沿着井筒轴线的方向，但在风速大于0.007米/秒，且在井筒中有罐道梁、水管等物阻碍时，气体各质点的运动是无秩序的，紊乱的，并不断产生旋涡。这种紊乱的气流（称为紊流）对悬挂在井筒内的钢丝产生侧压力。这种侧压力无论按大小或方向都是混乱的，它们对钢丝的撞击力大部分可互相抵消，因此对投点的影响是很微小的。唯有处于马头门的钢丝部分（如图1-14中长度为 $h$ 的一段），因受到由井底车场转入井筒或由井筒转入井底车场的气流压力，使这一段钢丝所发生的偏斜便成为产生投点误差的主要根源。下面介绍的垂线偏差值的估算方法，就是以垂线在马头门处所受的气流压力作为依据的。

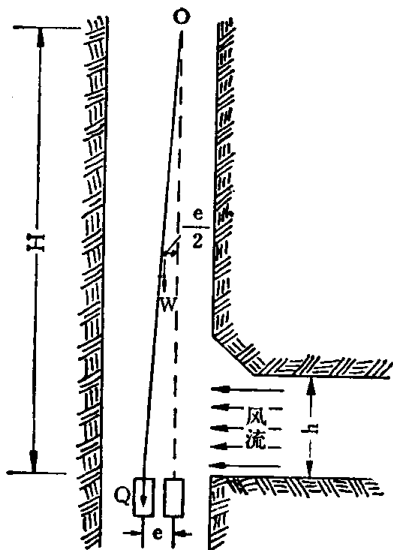


图 1-14 气流对投点误差的影响

设 $H$ 为钢丝悬挂长度（即定向部分的井深）， $h$ 为钢丝在马头门处承受气流压力部分的长度（见图1-14）， $P$ 为单位长度钢丝所受气流的侧压力，则钢丝在马头门处所受气流侧压力为 $P \cdot h$ 。又设此压力集中作用在 $h$ 的中点即 $\frac{h}{2}$ 处，则气流压力对钢丝悬挂点 $O$ 的力矩 $M_1$ 为

$$M_1 = P \cdot h \cdot \left( H - \frac{h}{2} \right)$$

因 $\frac{h}{2}$ 比 $H$ 小得多，如将它略去则得

$$M_1 = P \cdot h \cdot H$$



设  $Q$  为重锤的重量,  $e$  为钢丝的偏斜值 (即因气流影响而产生的投点误差), 则重锤对  $O$  点的重力力矩  $M_2$  为

$$M_2 = eQ$$

设  $W$  为悬挂的钢丝全重, 并把钢丝看作绝对刚体, 则其重力力矩  $M_3$  为

$$M_3 = \frac{e}{2} \cdot W$$

上述三个力矩应平衡, 即

$$M_1 = M_2 + M_3$$

亦即

$$P \cdot h \cdot H = e \left( Q + \frac{W}{2} \right)$$

令  $Q_0 = Q + \frac{W}{2}$ , 则可得钢丝的偏斜值为

$$e = \frac{P \cdot h \cdot H}{Q_0} \tag{1-3}$$

当矿井中有几个中间水平, 且这些中间水平的气流都对垂线有影响时, 则在每个水平上都有公式 (1-3) 的关系, 故钢丝总的偏斜值为

$$e = \frac{\sum P \cdot h \cdot H}{Q_0} \tag{1-4}$$

在运用公式 (1-3) 和 (1-4) 时, 应先计算出气流对钢丝的压力  $P$ 。

由流体力学得知, 不动物体对于气流运动的阻力为

$$P = c \cdot q \cdot s \tag{1-5}$$

式中  $c$  —— 空气的动力系数;

$s$  —— 单位长度钢丝投影在与气流方向相垂直的平面上的面积;

$q$  —— 气流对钢丝单位面积上的动压力, 公斤/平方米。 $q$  值可按下式计算

$$q = \frac{\gamma}{2g} \cdot v^2 \tag{1-6}$$

式中  $\gamma$  —— 每立方米空气的平均重量, 采用  $\gamma = 1.226$  公斤/立方米;

$g$  —— 重力加速度, 即  $g = 9.81$  米/秒<sup>2</sup>;

$v$  —— 气流的速度, 米/秒。

空气的动力系数  $c$  可根据与雷诺数  $Re$  有关的试验曲线 (如图 1-15) 求得。求  $c$  值前, 先按下式计算  $Re$  值:

$$Re = \frac{v \cdot d}{f} \tag{1-7}$$

式中  $v$  —— 气流的速度, 厘米/秒;

$d$  —— 钢丝的直径, 厘米;

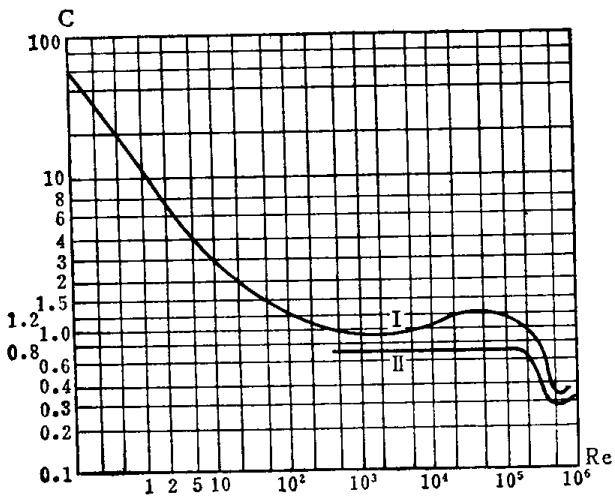


图 1-15 求  $c$  值的试验曲线  
I — 用于钢丝; II — 用于重锤