



地球物理勘探方法小丛书

冰上电阻率法勘探

吕一文 孙兆熊 著

地质出版社

地球物理勘探方法小丛书
冰上电阻率法勘探

著 者 吕 一 文 孙 兆 熊
出 版 者 地 质 出 版 社

北京西四学市大街地质部内

北京市书刊出版业营业登记证出字第050号

发 行 者 新 华 书 店 科 技 发 行 所
经 售 者 各 地 新 华 书 店
印 刷 者 地 质 出 版 社 印 刷 厂

北京东直门外六铺炕40号

印数(京) 1—1000册	1959年12月北京第1版
开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$	1959年12月第1次印刷
字数28 000	印张1 ³ / ₁₆
定价(8) 0.15元	统一书号: 15038·784

目 录

一、緒言	1
二、冰上电探的工作条件和地質任务	3
三、工作布置和工作方法的选择	4
四、工具、木测站及劳保用品	9
五、野外工作的劳动組織及进行	13
六、几个常遇的問題	17
(一) 电极的型式和敷設	17
(二) 大气低溫对电测深曲綫的影响	25
(三) 双层冰	28
(四) 灵敏度	29
(五) 极化	30
(六) 漏电	30
(七) 无水	31
(八) 冰孔的收缩和电极的被冻结	33
(九) 卡鑽	34
七、室内解释, 成果实例及其他	34

水上电阻率法勘探

呂一文 孫兆熊

一. 緒 言

電法勘探以其自身的優越性，在水工建築地質勘探中獲得了日益廣泛的應用，尤其在編制河流利用規劃的初期工作（如普查階段和技術經濟報告階段）中，電法勘探更占有相當的地位。

攔河大壩是水工工程的主要建築物，因而它的地質勘探工作主要是在尋找壩軸綫，大壩直接建立在河床上，因而河床地質資料的獲得對於水電站工程來說十分重要。

在以往，這主要是依靠鑽探，但是由於在河水上進行鑽探工作設備繁複，費用昂貴，因而使地質勘探工作極不經濟，由於河上鑽探在河床砂卵石中進尺緩慢，這就必然影響地勘工作的速度，又由於鑽探的孔徑有限，工作量不可能太大，分布範圍也不可能太廣，鑽探的深度又不會太深，因而就難免使地勘工作帶有一定的局限性。與此相反，電法勘探的特點正好是效率高，速度快，範圍廣和費用省，在地電條件適合的情況下，它能解決許許多多的工程地質問題，因而盡量合理地利用電法勘探來獲得河床部分的地質資料是個十分重要的問題。

对于电探来说，河床地质资料的获得可以在水上进行，也可以在冰上进行，一般说来，水上工作需要庞大而笨重的，船只、钢缆、铁锚和校車等辅助设备，又需大量的劳动力。再则在水上行动不便，定点、跑极等都极为困难，费时费工，使工作效率大为降低，这就严重影响了电探的经济性，而且水上工作容易发生漏电，对设备的绝缘性能要求很高，同时由于水流的冲击，要使测点固定，极距精确都是极为麻烦的事，稍不注意，往往造成很大误差，降低了资料的准确性，严重时甚至造成废品。与此相反，冰上电探却完全避免了上述缺点，器材装备和陆上电探时大体一样，仅需增添一些简单的打孔设备，技术简单易于掌握，效果良好，生产效率很高，由此可见，冰上电探真是有百利而无一弊的。

在我国，黄河以及东北、内蒙、康藏等广大北方和高原地区的河流、湖泊都有较长的冰冻期，具有冰上电探的良好自然条件。

今天，在社会主义建设总路线的光辉照耀下，全国人民以空前未有的革命干劲，多、快、好、省地展开了社会主义大跃进，在万马奔腾的新形势下，积极推广和广泛地应用冰上电探将具有重大的意义和显著的实际价值。

水利电力部东北勘测设计院黑龙江勘测总队物探队在和苏联列宁格勒水电设计院阿穆尔河勘测队共同工作的过程中，不断学习苏联先进经验。于1957和1958年的冬季（也包括58年和59年的春季），分别在苏霍金诺、布拉戈维申斯克及别洛林钦等坝址进行了冰上电探，在中国来说这还是空前的第一次，取得了很大的成功和一定的实际经验，在此，我们愿

意向全国广大的物探和地质工作人员作一介绍。

二、冰上电探的工作条件和地质任务

冰上电探并不要求任何特殊的条件，只要水面上有一层冰，冰下面有一层水，这层水的功用有二：（一）把供电电流导入地层；（二）使测量电极有一定的灵敏度，以进行度量（参看图1）。

经验告诉我们，一般冰厚只要0.1米时，即可走人，0.2米以上即可安全进行工作。当冰厚只有0.3米时，每野外组六人，每日可完成10个电测深点

以上（ $AB_{max}=300$ 米时）；当冰厚增至1.5米时，每天只能完成一个电测深点。不仅如此，更伤脑筋的是在浅水的地方，由于冰层冻到底而无法进行电法勘探。另外，到春季时，冰面积雪开始溶化，漏电极其严重，而且由于冰层上这一导电水层，通过冰孔将与冰下的水层联接起来，电极置于其间的时候，使供电电流形成一个分路，因而破坏了半无限空间的正常地电条件，致使电测深曲线前支畸变。这就说明了抓紧时机进行冰上工作是何等的重要。

冰上电探的工程地质任务是多种多样的，而目前在生产实践中大多是用来：

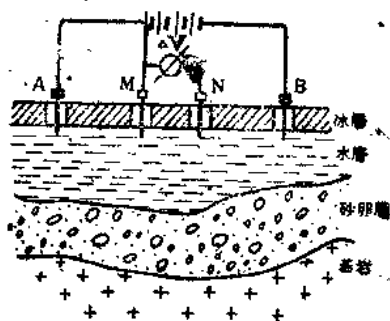


图1

(一) 求河床冲积层的厚度；

(二) 河床冲积层下各岩层的水平与垂直方向上的分界面、接触关系；

(三) 圈定基岩的风化带、破碎带和大裂隙，并查明它们的性质；

(四) 追踪岩脉，追踪断层，并详细地了解它们的产状；

(五) 了解古河床和埋藏深切谷等等。

可以满怀信心地说，随着科学和物探事业的发展，它的应用领域一定会一天比一天开阔。

三、工作布置和工作方法的选择

河道大多有狭长的外型，因而冰上电探大多是在河床的中间部分布置几条顺河的纵剖面；一般视精度要求采用 200×200 ， 200×100 和 100×100 的测网，参看图 2。电探测区的宽度受河宽的约束，长度则应稍大于地质勘探区，把坝区内所有的坝轴线均包括在电探范围内即可，当然，点距和测区范围也得视地质条件和具体需要而适当加密和延长。

事实告诉我们，各勘探工种的配合最理想是这样：首先进行工程地质工作，获得初步的地质概念，然后进行电探，根据电探的推断和初步成果再布置适量的鑽探，一面验证电探资料，一面补充电探的原始参数，其后又进一步进行电探，并作出更为详细、明确的成果，提交地质人员，视需要

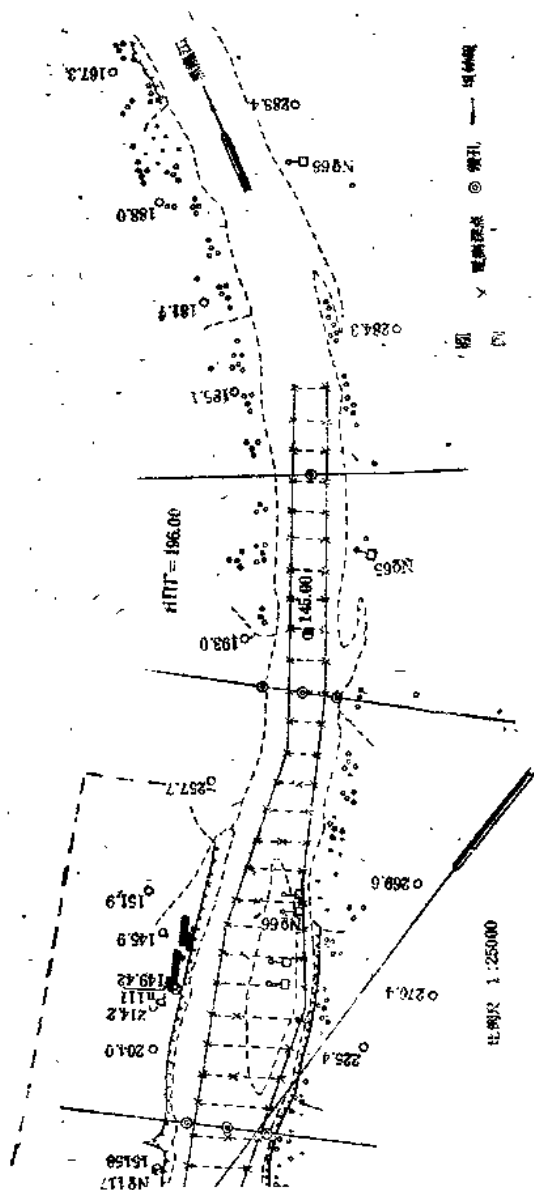


图 2. 电测工作平面布置图

再布置一些鑽探，最后，就汇总編制地質报告。

电阻率法勘探工作一般分为二个阶段：首先进行电测深法，根据它来了解测区的地电断面、电性稳定条件，使物探人員建立起测区的地質地电概念，并根据这些原始資料来求得河床冲积层的厚度及各地質层的水平界綫，发现和初步确定构造异常区域。其次是用电测剖面法——根据它来查明异常，解决垂直方向的分界，进行地質填图。

电测深主要是以AMNB四极对称的为主，然而在浅水的地方往往是测点的一边沒有水，这样就有必要使用三极电测深或偶极测深来代替。

常用的电测剖面型式有下列几种：

AMNB	四极对称剖面
AMN→B (α)	三极电测剖面
ABMN	軸向偶极剖面
→	
AMNB	中間梯度剖面

从实践中我們就能看到，当确定靠近无水的地方的岩层分界面时，四极对称剖面是无能为力的，这时我們就不得不巧妙地依靠其他几种剖面法来解决这种困难（如图3）。

其次，是作电测剖面时，后面的电极要繼續使用前面的电极所使用过的冰孔（这是人为的，为了节省鑽打冰孔的时间），因而每一冰孔的使用時間等于从开孔起一直到最后面的一根电极通过該孔时为止。沿剖面前进方向來說，四极剖面最前面的一根电极为A，而最后面的为电极B，而对三极剖面來說，則相应为M极和B极，因为 $AB=2AO$ ，所以采用

四极剖面时，冰孔使用时间相应地要长一倍，这样就往往会因使用时间过长而发生冰孔重新冰结或把电极封在孔中。在 AB 固定的中间梯度剖面中的测量电极则很少有这种现象，因为当点距等于 MN 时，冰孔被连续地应用二次后就不再用它了。

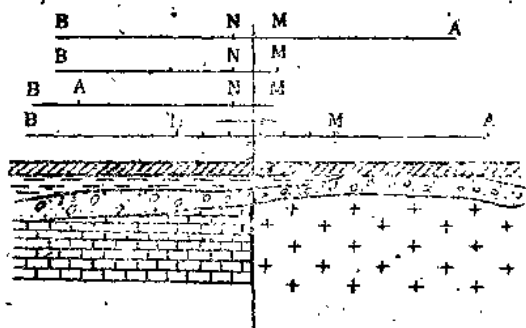


图 3

另外，当一电测剖面在当日不能结束而次日继续作时，四极剖面重打的冰孔数目要比三极和偶极的多一倍。

然而，我们也不能不看到三极剖面的无穷远极电极冗长，无论放线、收线、搬站、携带等等都极为不便，同时，无穷远极的冰孔使用时间特别长，当剖面测完时，它早已冻结，取电极非常费时间，而且困难。当然，中间梯度法中面定的 A, B 二电极也有这种情况。

与此相反，轴向偶极剖面则完全没有这些缺点，而且更可贵的是它对异常的反映最为明显，最为清晰（图 4），至于它对表层不均匀性非常敏感的缺点在冰上电探时则不复存在，因为这时的表层已是电阻率惊人稳定和均匀的江水了。

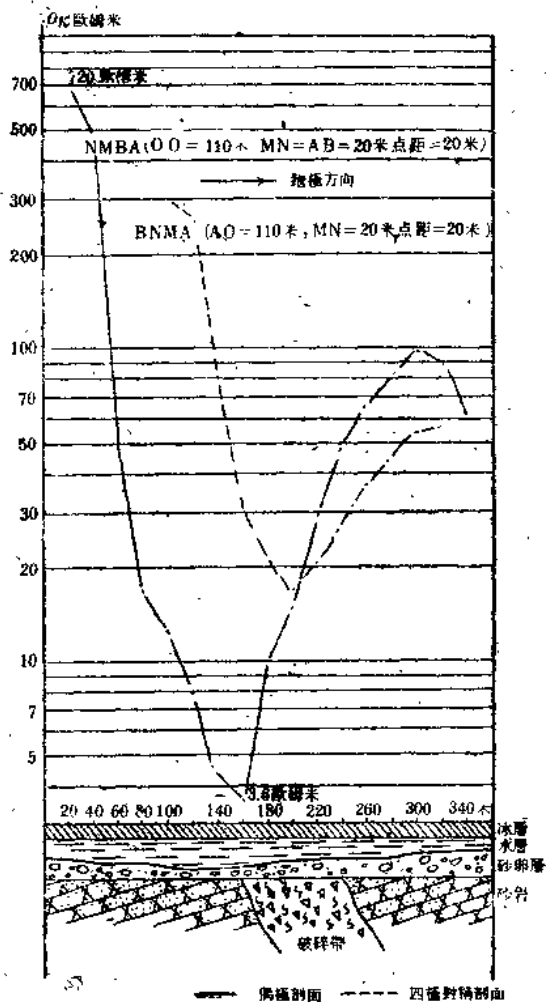


图 4

因而，無論是从生产效率或地質效果等观点来看，我們都有充分的理由認為軸向偶極法是最佳的剖面型式。

四、工具 木測站及劳保用品

較之陆地上的电探工作，冰上所需增加的工具并不多：

(一) 打冰孔工具：

1. 仿苏“BYP-72型”手搖式冰鑽，由加壓把手、手搖回轉杆、麻花鑽杆和魚尾型鑽頭四部分組成，用它能直接鑽通1.25米厚的冰層，冰孔孔徑為72毫米（圖5）。

2. 冰穿：作開孔和沖穿薄冰層用（圖6）。

3 其他尚需配備若干鑽，鏟工具。

(二) 修理用工具：冰鑽和冰穿在使用過程中刃口極易損壞和磨鈍，因而在野外時需攜帶一些平板銼（以粗牙的為宜）和鍛打設備。

(三) 冰孔清理工具：冰孔打穿後，往往在孔面浮有許多冰屑，需用小勺將其掏盡。

(四) 測冰厚及水深的工具：冰厚通常用一木質細杆制的標尺來測量，其一端有一小釘以勾住冰層的底部（圖7）。

測水深的工具大致有二：當水淺時就直接用花杆。水深時可用一端垂有重物的測繩（上有刻度）。

(五) 運輸工具：這主要是一架用人力拉曳的小爬犁（雪橇），在出工、收工和搬站時用它來運輸工具和器材，免却人工背負（圖8）。

(六) 取暖設備：

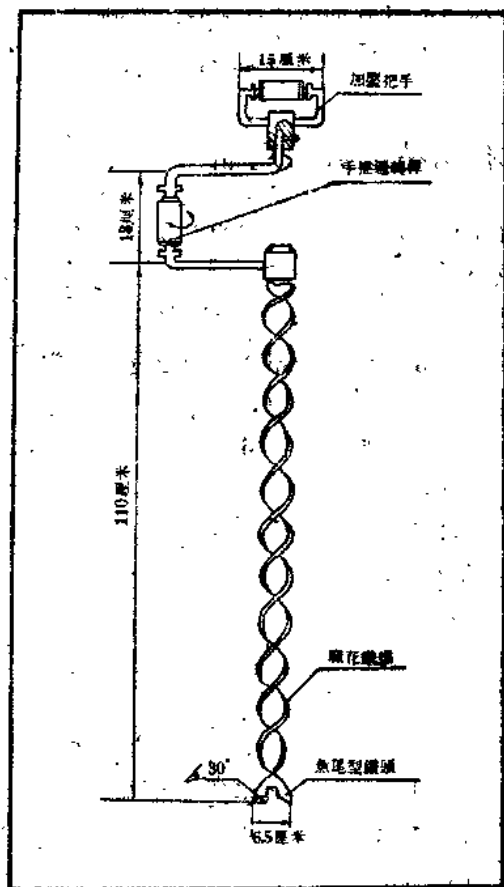


图 5. BVP-72型冰鑽

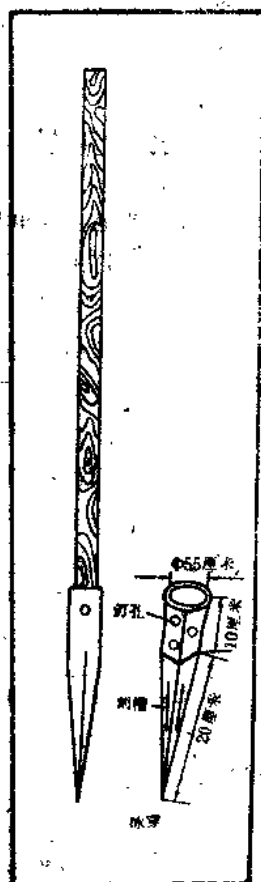


图 6

野外組需攜帶一直徑25厘米，高約35厘米的小木炭爐，它的功用有三，第一是供工作人員取暖，其次是用來溶化附着在工具上的冰臘，另外，它也用來給野外人員烤干糧。

冰上野外工作时，工具零散件数较多。同时冰面又滑不能携带过多的东西，因而常使收站、搬站和布站时显得零乱。

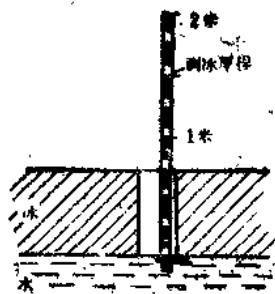


图 7

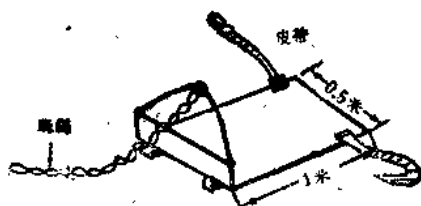


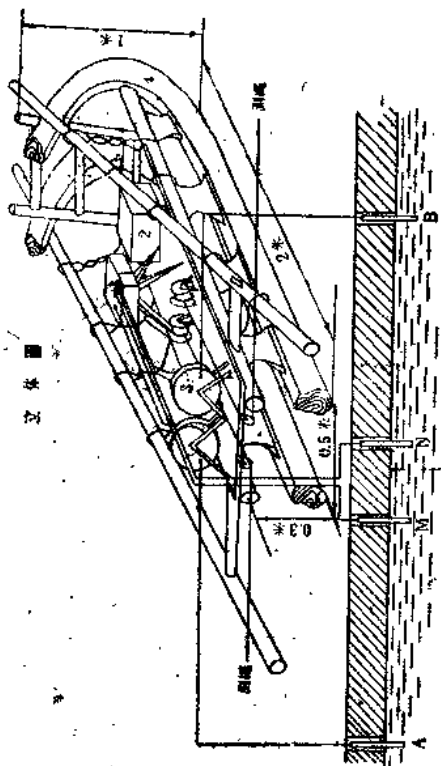
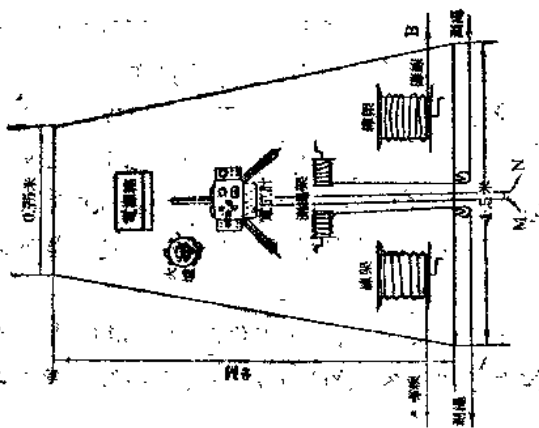
图 8

和费时，每测完一处，都得把仪器从脚架上取下、收起和装箱，而至下一处时，又得重新开箱，取出和架设，手續麻煩费时也多，而且极易在冰面滑倒摔伤仪器。

木测站就是把仪器、电池箱和线架等等全部固定在爬犁上的设备（图 9）。操作人员可以坐在电池箱上操作，在搬站时拖着爬犁就可以走，无需花费其他时间和手續。冰上光滑，拉动轻快，迅速，大大减轻了劳动强度。导线、仪器和电源的联接插头可以按次序固定在最方便的位置，这样，操作员的准备时间就大为减少。特别是作电测剖面时，搬站很频繁，木测站也就更加显示出它的优点。爬犁的四周可以装一些备用工具。另外，如果在侧面加上活动的帆布蓬可以在乱风时挡住风雪，继续工作。

现在，我们再来谈谈冰上工作时的劳保用品，在恶劣的严寒气候中工作（冬季的黑龙江上气温一般为零下三十度

平面图



立体图

图9. 木测站仪器设备布置图

1—电位计, 2—电源, 3—支架, 4—爬犁

左右，最冷时达零下五十度）。防寒装备的好坏，适宜与否不仅关系着职工的健康，同时也和生产率有着密切的关系。皮帽当然是必需的；身上穿的以皮裤和短皮襖最为适宜，皮大衣太笨重，行动不便，工作不灵。操作員和計算員因長時間站在冰上工作，活动机会較少，所以应有护膝，膝盖部分如保护不好易生关节炎。在直接裸露于大气中的脸部应涂以防冻油膏。操作員和計算員的皮手套应采用鄂伦春族所制用的“皮手閂子”，这种手套在手心处开口，里面可以加戴綫手套，在按同步开关，調节补偿和拉計算尺时，可以将手指从該处伸出，这样既保护了手又便于工作。厚底光皮的皮鞋并不适合于野外穿用，因为它保温效能不高，笨重而又易滑倒。最好我們也使用鄂伦春人所制用的“奇克米”，它是用獾或狍的毛皮縫制的軟底齐膝皮鞋，里面再加穿狍皮袜子，保温效能极高，同时行走輕便，总重量仅二斤左右。在冰面行走，为防摔滑，可在鞋掌中部綁上一条帶刺的铁片。河面空旷，在晴朗的日子里，雪冰的反光尤为强烈，因而野外人員佩帶有色眼鏡以防雪盲也是十分必要的。

五、野外工作的劳动組織及进行

冰上工作的特点就是需打冰孔，因而它的劳动組織視冰厚情况而异，但其根本原則是要尽最大可能保証操作員不间断地工作，冰上工作中，打孔組与操作員的时差配合极为重要，如果打孔的人数过多，速度过快，操作赶不上，那末已打穿的冰孔会重新封冻，在用时，又得另行重打，形成浪

費。反之，如果打孔過慢，那必然會造成由於冰孔未打穿無法跑板而使操作停頓，一個板距的讀數（測量）時間僅需2—3分鐘即可，但打一個冰孔則依冰厚不同而需幾分到幾十分鐘，因而野外工作需充分估計到這一時差，妥善安排。現分述如下：

（一）當冰厚為0.2~0.5米時，每野外組由4~6人組成，其中操作員、計算員各一人，臨時工人2~4人。

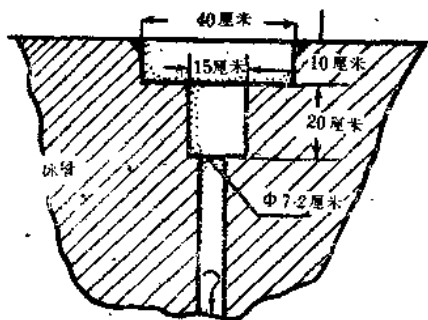


圖 10

這時不需用冰鑽，只用冰穿直接開孔即可，工作方法和生產效率應和在陸地上工作時一樣。

（二）當冰厚為0.5~1.2米時，另需增添工人二名，這時的打孔方法是這樣的，先用

冰穿穿一直徑40厘米，深10厘米的坑，並在其圓心上穿一小坑，直徑為15厘米，深15~20厘米，然後用冰鑽從小坑中開始下鑽，這樣的優點是：（一）不使鑽頭在平面上有活動的余地，因而使板距準確，方向固定；（二）效率高，冰穿穿20厘米深的孔不要一分鐘（圖10）。

工作的程序如下：

電測深點已預先由測量隊根據地形圖上的測網布置訂到實地上，立一30厘米的木桩或小紅旗以示位置。電探人員到站後，二名工人各拉測繩背向而走，二名工人則根據測繩上