学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

# 有趣的测量

BOOK

内部资料 非卖品

## 内 容 提 要

少年朋友，你能很快地测出你们学校的操场有多大吗？你能一眼看出你们校园的大树有多高吗？你能很快回答出你家门口那条小河有多宽吗？在这本书里，通过一个学测量小组的故事，教给你一些简易的测距离、测高度、测角度、辨方向和测地形图的方法。

# 有趣的测量

## 巧遇测量能手

已经是下午四点多钟了，一连工程兵战士乘车向沙岭河开去。

象是出了什么紧急情况，打头的车在河边刚刹住，连长抢先跳下来，小红旗一摆，三名战士唰地一声跟着跳下车，手里还提着一只小橡皮船。他们急步跑下河岸，将小船向水中一推，两名战士不知怎么已坐在船上了。双桨飞快地划着，轻捷地驶向对岸——江河测量在紧张地进行着——后面十几台卡车一辆跟一辆地在岸边停下。兵贵神速。战士们象同谁抢时间似的卸着架桥器材。车卸完了，一位叫申志远的测量员，已经将河川断面图和桥梁设计图绘制出来。连长向全连简短地下达了架桥命令，两颗红色信号弹腾空而起，架桥作业正式开始了。

一连人集中在百余米的架桥点上：打桩的，架桁〔héng〕的，运料的，铺板的……，一切力量都贯注在一条桥轴线上，步步有序，井然有条。而这条关系桥梁质量的桥轴线，却完全听从连长和几个测量员的校正。

经过一番紧张的战斗，只见两颗绿色信号弹划破夜空，照亮了横跨在沙岭河上的一座刚刚染起的桥梁。连长看看表，整个架桥时间用了不到三个小时。讲评的时候，连长特地表扬了测量员申志远，说他为架桥争取了时间。

沙岭中学初中三年级的王勇，象是看一场战斗故事影片，把这次架桥演习看了个够。其中申志远的熟练测量技术，使他敬佩得五体投地。虽说王勇的爷爷是队里有名的土测量专家，他也常去看爷爷搞测量，但是还从没见过象申志远那样神奇的本领。他心想，能跟这位叔叔学上一套该多好啊！可是，看样子他们不会久住，那不都在行军锅里做饭吃哩。

第二天一大早，王勇爬起来就去看这座新桥。他绕过一丛参天的白杨树，走上游泳场的河堤，忽听到嘹亮的歌声悠扬而起，顺着歌声方向遥望，发现对岸山坳〔ào〕里新搭起四座草绿色的帐篷，不禁高兴地叫起来：“没走啊！”

这时候，后边有人喊：“小同志，请让一让！”王勇回头一看，正是他钦慕的测量员申志远在打招呼。

申志远胸前平挂着一块绘图板，右手拿着一支铅笔向对岸瞄着；摆摆左手，示意王勇挡住了他的视线。而王勇却误认为是向他招手，马上跑过去尊敬地叫道：“申志远叔叔，您好！”

申志远惊奇地问王勇：“你怎么知道我的名字？”

“架桥的时候别人都那么叫你。叔叔，你们不走了吧？”

“我们野营来这里，要驻训一段时间。”

王勇的双眼早被申志远胸前图板上那张刚画好的地形图吸引住了，不禁疑惑地问：“申叔叔，你们还要架桥吗？”

申志远微笑着，手一指说：“那不早架好了。”

“那你还测量干什么？”王勇问。

“我这是天天练哩。”申志远亲切地说，“要有过硬的杀敌本领，就必须天天练。神枪手、神炮手、技术能手都是练出来的。”

王勇点着头，转而追问道：“当解放军都得有测量的本领吗？”

“对，解放军干部、战士都要掌握一些测量本领，才能更好地完成作战任务。象我们工程兵，在战场上遇水架桥，逢山开路，修工事，打坦克，炸敌堡，哪一样都要求用最熟练、最快速的办法进行测量。海军、空军、炮兵、装甲兵，不论什么军兵种，不论是战略、战役部署，还是具体的军事行动，

也都需要测量。”

王勇补充说：“当社员也要懂测量。我看他们平地和修水利，老来回测量。”

“不光是兴修水利要测量，在国民经济建设中，盖房子，开矿山，修公路，架桥梁，治山治水，发展农林牧副渔事业，样样都要靠测量提供资料，作为拟定施工计划，保证工程质量的根据。就是在科学研究上，象天文观测，地震预报，宇宙飞行等等方面，也都需要进行测量。”

王勇听得十分有兴趣，插嘴问：“那一定要用很多精确的仪器吧？”

“对，测高程有水准仪，测角度有经纬仪，测距离有测距仪，测图还有平板仪哩。现代科学技术的发展，使测量工作正在朝着电子化、自动化的方向发展。例如使用激光测距仪，测量地球到月球的距离，误差可以不超过几十厘米。”

“哎呀，那么准！我们有吗？”王勇惊讶地说。

“有。目前我国已经开始生产高精度的光学经纬仪、水准仪和激光测距仪。”

王勇听到这里反倒不明白起来：“叔叔，那么，你练测量怎么不带仪器来？”

“谁说没带！”申志远微笑着从口袋里掏出几件东西，“你看这指北针，这尺子，这铅笔，哪一样不是测量仪器？连我这条胳膊、五个手指、两只脚都是测量‘仪器’呐。”

王勇不相信地哈哈大笑起来。

“不信？你看，”申志远随即伸直胳膊，竖起拇指，瞄向远方山坡上的一座二层楼房，顺口讲，“我们到那楼房的距离是一千五百米。”

“真准！那是我们的学校，到这个游泳场的距离，我们练长跑时量过，正好一千五。”王勇十分羡慕地问，“你这方法怎么那么简单？”

“这叫简易测量，用处可大哩。”

“有了仪器还用这些土办法？”王勇问。

“用。你想仪器再多，能一人一套？再说很多场合，有仪器也用不上。象在战场上，敌人露出头来让我们看到的时间往往只有几秒钟，要在这样短短的时间把敌人揍倒，就得一眼测出距离，再迅速定好标尺，瞄准，射击，这样才能不失战机。”

申志远看王勇听得出了神，接着讲：“简易测量不仅是正规测量的重要补充，而且各行各业在日常生活和工作中都用得着。一位发生过撞车事故的司机对我说，他那次撞车就是因为把距离估计错了，没及时打方向盘，结果和对面来的车撞上了。就是当农民也得会测量，不然打不直田埂，整不平土地，搞不好，渠水还会倒流呢。”申志远正讲得带劲，从帐篷方向传来军号声，他象接到命令似的，收起东西，说了声“再见”，便朝着帐篷跑去。

王勇惋惜地紧追几步，喊道：“申叔叔，明天还来！”

在沙岭河上发生的这一切，使王勇越想越高兴。他要到学校去讲给同学们听听，还打算拉几个同学做伴，一起向申志远学习测量。他一边想着跨进了校门，被广告栏前的一堆人吸引了过去，一眼看见，在“好消息”下面写着：“为了丰富课外活动，确定成立学测量小组，由数学老师徐一新负责，聘请工程兵的测量能手申志远同志做辅导员。初中班除了已参加无线电、园艺、会计学习组的同学外，都可以自愿报名。”

王勇按捺〔nà〕不住兴奋的心情，回头就跑，“报名去了！”一些同学也跟随着，拥向课外活动办公室。

# 测 距 离

## 随身带的尺子

学测量小组的同学第一次跟申志远见面，是在沙岭中学的操场上。徐老师作了介绍之后，在热烈的掌声中，申志远大步走到队前，先简短地把为实现“四个现代化”学测量的意义讲了讲。接着开门见山地说：“长度是一个最基本的测量数据，不论干什么，都要有一个长度的概念。”他问道：“同学们，你们知道这个操场有多大面积吗？”

李小刚抢先说：“这还不简单，操场是长方形的，先量南北有多长，再量东西有多宽，长宽相乘就是面积呗！”

“对，这就是一个运用长度的简单例子。”

“那我这就去向体育老师借个皮卷尺来。”李小刚说着就要走。

申志远笑着说：“李小刚，你等等。我们先研究一下没有皮尺怎么测出距离来。”说着，他退到墙边，先南北走了一趟，又东西走了一趟，回到队前说：“这操场南北长 120 米，东西宽 50 米，面积是 6000 平方米。”

王勇一看明白了，“申叔叔，你这是用脚步量的吧？”

“对，这叫步测法。”申志远说，“脚步是我们随身带的尺子。跨出一步，叫做一单步；左右脚各跨一步，叫一复步。我每单步迈出 75 厘米，一复步长就是 1.5 米。刚才我南北走了 80 复步，东西走了 33 复步半。你们算算看对不对。”

“没有错。”这一次，是王勇抢先发了言。大家也跟着直点头，连声说：“对，对。”“大家都到百米跑道上走一走，数数看有多少复步？”

同学们按照申志远的要求，在百米跑道上来回走了两趟，求出平均数，并算出了自己一复步的长度。最长的有 1 米 6，最短的 1 米 2。根据体高来看，身高 1 米 7 左右的同学，一复步大致是 1 米 5，身高 1 米 6 左右的同学一复步大致是 1 米 4；身高 1 米 5 左右的同学一复步大致是 1 米 3。

这时候，个子最小的张杰着急了：“叔叔，我才 1 米 5 高，怎么一复步长 1 米 6？”

申志远让他再走走看。大家一看都笑了，原来张杰不象平常走路那样自然，而是跨大步，当然步幅就拉大了。

申志远说：“步测距离一定要不急不慢，不跨大步也不走碎步，稳步照直前进。没有经过严格训练的人，步幅大小往往不稳定。我开始步测也很不准，后来就在房后的道路上每隔 75 厘米画上一个记号，一有空就按着记号练习走步，经过一段时间的苦练，步子就迈得均匀了。步测法练好了，误差可以不超过百分之一，是简易测量距离中比较准的一种方法。”

这时候，徐老师插话说：“同学们知道吗？为我国地质科学做出重大贡献的卓越的科学家李四光同志，每迈出一步长度总是 85 厘米。这是他多年从事地质工作在野外考察养成的习惯。他的每一步，实际就成了测量大地、计算岩层距离的尺子。”

李小刚听了满怀信心地说：“好，我们一定好好学习。”接着他又提出了另一个问题，“在斜坡上走路，一复步的长度和在平地上的不会一样吧？”

“对，坡度越大，步长越小。”申志远从口袋里掏出一个封皮写着《经验积累》的小本本，翻出《坡度对步长影响参考》，给同学们看。

坡度对步长影响参考表

| 坡度 | 步长缩短比例 | |
|---|---|---|
| | 上坡 | 下坡 |
| 5 ° | 10 % | 5 % |
| 10 ° | 20 % | 10 % |
| 20 ° | 35 % | 15 % |
| 30 ° | 50 % | 35 % |

这时候，李小刚又问：“ 如果步测很长的距离，也一步一步地数啊？ ”

张杰噘着嘴说：“ 没见过那么个数法，跌一跤全忘了。 ”说得大家哈哈大笑。

苏一萍第一次开口了，她说：“ 用速度和时间计算距离不是现成的办法吗？ ”

申志远说：“ 对，部队长途行军就是这样按时间计算路程。

一般行军速度是每小时走 5 公里，只要记准走过的时间乘以行军速度就算出了里程。 ”

李小刚问：“ 遇到爬山怎么算法？ ”

申志远翻开了《坡度对行军速度影响参考表》：

坡度对行军速度影响参考表

| 坡　　度 | 轻装行军平均速度（公里/小时） | | 每天行军 8 小时的平均标准（公里） |
|---|---|---|---|
| | 上坡 | 下坡 | |
| 0 °～3 ° | | 5 | 35 |
| 3 °～5 ° | 4 | 4.5 | 32 |
| 5 °～10 ° | 3.5 | 4.5 | 28 |
| 10 °～15 ° | 3 | 4 | 25 |
| 15 °～20 ° | 2.5 | 3.5 | 20 |
| 20 °～25 ° | 2 | 3 | 15～18 |
| 25 °～30 ° | 1.5 | 2.5 | 10～12 |

申志远指着表说：“ 影响行军速度的因素很多，行军路线的坡度、土质以及季节、气候、行装等等，特别人的情绪，对行军速度影响都很大。所以要随时掌握行军速度，才能比较准确地计算出路程。在坡度为 0 °～3 ° 的平坦地形上，平均每小时行军速度为 5 公里；在坡度为 25 °～30 ° 的山坡上行军，平均每小时就只能走 1.5～2.5 公里。 ”

李小刚指着表又问：“ 坡度在 0 °～3 ° 的时候，每小时行军 5 公里，为什么 8 小时才走 35 公里？ ”

苏一萍说：“ 还能光走不休息，不吃饭？ ”

大家都乐了，李小刚吐吐舌头也笑了。

申志远说：“ 我们行军的时候，还利用一些现成的尺子，来测量距离。 ”

“ 什么现成的尺子？ ”李小刚急着问。

申志远说：“公路边上隔一段埋有一块小石碑，碑上刻着一些数字。这些石碑叫里程碑，上面的数字是表示多少公里。沿着公路走，只要记住起点和终点里程碑上的数字，两下一减，就知道走过的里程。还有公路两旁的电线杆，一般都是相隔 50 米，这也可以帮助我们算距离。”

## 最快的方法

学测量小组到校外一片开阔地上集合。同学们走来的时候一路上说说笑笑。张杰和李小刚却在认真地练习测距离。李小刚练着练着，忽然停下来提了一个问题：“申叔叔，你教的步测法测距离，好是好，可是如果不能到目标跟前，就不灵了。象天上的飞机有多远，能走上去量量？在战场上，敌人出来了，能说你等等，我走过去量量距离，再开枪？”李小刚的话，把大家都逗乐了。

申志远说：“这个问题提得好。咱们来学一种快的、不走动的、一看就知道距离的方法。你们想知道哪个距离？”

“山坡上那根电线杆有多远？”李小刚抢先问。

“大约 500 米。”申志远随口就答。

“那座古塔有多远？”苏一萍问。

“大约 1000 米。”

“哎呀，申叔叔你怎么老是大约大约啊？”李小刚有点不耐烦地问。

“我这是用的目估测距法，不能说估计的一点不差。不过，这估测的精度对射击还是够用的。”申志远说。

“申叔叔，就别讲这种猜距离的方法，把你的硬工夫快拿出来吧。”李小刚性急起来。

“唉，怎么说是猜呢？要说硬工夫，顶属目估法了。它一不要仪器，二不用计算，全凭一双眼，还要估计得八九不离十。”申志远说。

“怎么才能目估得准确呢？”苏一萍问。

申志远说：“这要靠经常练，不断地积累经验。刚才我说那根电线杆 500 米远，是根据我能看清上面的瓷瓶；说那座古塔 1000 米远，是根据能够看清塔上面的避雷针。”同学们一看，果然不错。

“嗬，还真有根据哩！”李小刚吐吐舌头又问，“申叔叔，我怎么看着那座塔倒比电线杆还近呢？”

“那是你的错觉。你看塔在山顶上，电线杆在半山腰；都在一条线上，山顶怎么会比山腰近呢？”申志远说。

李小刚信服地说：“瞧我这马大哈，错觉那么大！”

“错觉是常犯的毛病，不注意很容易上当。我就吃过错觉的大亏。那还是刚入伍不久，一次在修路中，我担任爆破手，因为把从炸点到安全位置的距离估计错了，留导火索的长度也短了 10 厘米，结果点了火还没跑到安全坑，就轰的一声爆炸了。说也巧，一块大石头直朝我飞来，就砸〔zá〕伤了一条腿。”

这时候，申志远同志又把他那个《经验积累》的本本拿出来，把《目估距离参考表》翻出来给同学们看：

目估距离参考表

| 距　离（米） | 能看清的物体特征 |
| --- | --- |
| 20 | 人的眼球 |
| 60 | 人的眼睛 |
| 100 | 人脸上的表情，步枪零件，空中飞机上的标志 |
| 200 | 人脸的各部分，树叶，房顶瓦片，铁丝网上的铁丝，空中飞机座舱框子 |

同学们高兴地议论开了。苏一萍说：“这下把它背熟，估计距离就不犯愁了。申叔叔你这个本真是个‘宝本本’。”

王勇却提了个问题：“申叔叔，这表是晴天测的吧？”

申志远回答说：“是指在正常的天气和视力较好的条件下测的。影响目估距离的因素很多，不注意容易发生错觉。同学们可以对照已知的几个距离试测一下，看有哪些情况会引起目估距离发生错觉。”

经过反复体会，大家提出了十几种影响准确目估距离的情况。申志远把大家讲的各种情况归纳为四句话：

看亮易误近，看暗易误远；
看大易误近，看小易误远；
看上易误近，看下易误远；
隔水易误近，隔山易误远。

他接着说：“总之一句话，目估明显突出的目标易误近；目估模糊不清的目标易误远。测量中，一方面要注意消除错觉，另一方面要注意同已知的距离作比较，使目估距离更有根据。”申志远环视着同学们继续说，“讲起来容易，做起来难。要有目估距离的硬工夫，还得靠勤学苦练。”

李小刚搔〔sāo〕着头为难地问：“目估法怎么练呢？”

“可以在你家附近选择几个有代表性的目标，先精确测出它的距离，以后天天观测，一面锻炼辨别距离的能力，一面总结在不同时间、不同天气、不同季节目估距离产生误差的原因，慢慢地就能摸索到一些规律，练出硬功夫。”

大家听完讲解，分别地练习起来。

好学上进的张杰闷闷不乐地站在一旁。申志远走到他身旁，他焦急地问道：“我是个近视眼，怎么练习呢？”

申志远笑着说：“没关系，你的耳朵好吧？”张杰说好。他说：“好！下次介绍一种听距离的方法。”

## “听”距离

申志远带领同学们来到沙岭河边，指着对岸山脚下笔直的峭〔qiào〕壁，问：“隔着一条河不能步测到峭壁的距离，那里又没有明显特征，不好目估，现在怎么办？”

王勇说：“我爷爷教我一种听距离的方法。”只见他两手合成个喇叭筒

的样子，罩在嘴上，向峭壁大声喊道：“我——来——了！”不一会传来粗犷的回声“我——来——了！”回声刚过，王勇说：“我们到峭壁大约 331 米。”

同学们都十分佩服，李小刚得意地说：“我知道！这是利用回声测距离。”

申志远转而问李小刚：“那你就讲讲怎么利用回声测距离吧。”

李小刚胸有成竹地回答：“把声音的速度乘以时间，就是距离呗。”

申志远转向王勇，问道：“刚才从你发声到听到回声一共有多少时间？”

“2 秒。”王勇答。

“李小刚，你算算距离是多少？”

李小刚说：“声音在空气中传播的速度，一秒钟 331 米，乘以 2，得 662 米。”

这时候，同学们异口同声地说：“错了！是 331 米。”

李小刚一听，懵〔měng〕了。申志远启发着对他说：“你再想想，喊声从我们这里传到峭壁上，又从那里反射回来，一来一回共用了两秒钟，那么声音走一趟用多少时间？”

“哦，我又犯了马大哈的毛病。”李小刚搔着脑袋写出了用回声求速度的公式：

$$\text{距离} = 331 \times \frac{\text{时间(秒)}}{2}$$

张杰噘着小嘴说：“这方法，没表，不知道时间就干瞪眼了。”

申志远笑着问：“王勇，讲讲你是怎么计算时间的？”

“我是用数数的方法。每念一个字，大约是一秒钟。”

“对。”申志远说，“还可以用摸脉搏的方法。一般成年人一分钟脉搏跳动 70～80 次，大约 6 秒钟跳动 7～8 次；少年脉搏跳的快些，有的达到一分钟 100 次。这都要靠平时练习，掌握了规律，才能计算得准。”

李小刚插嘴说：“拿跑表卡卡才准呢！”

申志远说：“也可以造个土秒摆计算时间。”他掏出一根细线绳，一头拴了个小石子，拉直平放在地上；掏出小钢卷尺，从石子中心顺着线绳量出 99 厘米长，做个记号；然后齐着记号将线绳拴在树杈上，手指轻轻一拨，小石子便象钟摆一样左右摆动起来。

“石子从最左边摆到最右边，是一秒钟。这个道理，以后你们上高中，物理课要讲。”申志远说。

李小刚调皮地说：“这办法叫绱〔shàng〕鞋不用锥〔zhuī〕子，针（真）好！”

申志远打断了同学们的笑声，继续讲：“利用回声测距离，最大的优点是快，要充分发挥这一特点，就要学会心算。我们说声速每秒 331 米，是指的在摄氏 0°的条件下。温度每升降 1℃，声速就加快或减慢 0.6 米。所以在简易测量中，可以把声速看作每 3 秒走 1 公里，这样心算起来就方便多了。例如，从看见敌人火炮阵地发光，到听见发射声有 6 秒钟，那么 6 除以 3，等于 2，即敌炮阵地距离我们有 2 公里远。”

王勇插嘴说：“我爷爷听听雷声，就能看出下雨的云有多远。一次他带知识青年去打场，我也会了。忽然闪电雷鸣，眼看黑压压的乌云就要过来，几个大哥哥慌了。这时候我爷爷不急不慢地说：‘小伙子别着慌，那雨至少

还有十里远，到我们头上，少说也得一袋烟工夫。’果然收拾好了场院，才落雨点。”

善于积累群众经验的申志远，欣喜地说：“再详细讲讲你爷爷是怎么听雷看云测距离的。”

“我爷爷有个顺口溜：雷走两里一、二、三；五十开外听不见。意思是说，每数三个数，雷声走两里，也就是 1000 米。这样从看见闪电开始数数就可以算出雷云的距离。五十开外听不见，是说 25 公里以外打雷，就听不见了。如果只见闪电，听不到雷声，就说明雨云离我们至少有 25 公里。”

申志远表扬了王勇，并要求大家，都注意收集蕴藏在群众中的宝贵经验。

另外，他提出：“还要锻炼夜间听距离。”

“夜间听距离？”同学们惊奇地问。

“对。”申志远说，“在夜间测距离，很难看清目标，但是只要有声响，就可以估计出距离。根据经验，正常的人，在 500 米内能听见平常说话声和脚步声；1000 米内，能听见汽车开动的声音和马蹄声；1500 米内，能听见人的呼喊声；2000 米
内，能听见汽车喇叭声和马叫声，……利用这些经验，可以帮助我们走夜路时判断到达的位置；在战场上可以帮助侦察敌人的行动、部署。不过要注意，声音的传播很容易受外界影响。例如，是顺着风还是顶着风；是黑夜还是白天；是干燥天气还是潮湿天气；是在开阔地形上还是在有障碍物的地形上，声音的传播都不相同。一般地讲，在前一种情况下听到的距离要远一些。所以要注意具体分析，灵活运用。”

申志远进一步告诉同学们，声测距离，在近代科学技术中也被广泛应用。象海军的声纳，就是利用每秒震动 16000 次以上的超声波产生的回声，来测量海底的深度，发现水中的目标。在工业上可以用超声波探测机器零件的内伤，还能测量出一只活猪的肉膘有多厚，等等。

## 帽檐划圈

申志远把大家引到河边，说：“假设我们需要立刻渡过河去，请同学们考虑一下，用什么最快的办法，可以把河的宽度测出来？”

王勇想了想，说：“我爷爷教给我一个办法。”只见他把帽檐向下一拉，刚好前缘与眼齐平。然后，视线通过帽檐边，瞄向对岸河边一棵大树，又来了个向左转，视线通过帽檐边，刚好瞄向我岸一块石头。随即王勇向这块石头数着复步走去，很快跑回来说：“我们到那棵大树的距离是帽檐下看距离 135 米。”

申志远问同学们：“大家看王勇是根据什么道理进行测量的？”

刚上初中的苏一萍，站在大哥哥大姐姐面前，毫不胆怯地说：“他是根据在同一个圆周上，所有点到圆心的距离都相等的道理进行的测量。”

王勇见有的同学好象还不大明白，又补充说：“我的身体好比圆规的一条腿，脚后跟好比圆心，通过帽檐的视线好比圆规的另一条腿。刚才，我先瞄准对岸大树根，等于把圆规的腿张开了，后来向左转，等于圆规划圈，由对岸划到我岸那块石头上。所以，从我站立点到石头的距离，等于到河对岸大树的距离。”

申志远称赞地说：“讲的很好，这叫帽檐法。”

李小刚听了，不客气地说：“这办法不怎么样。如果河岸一边高一边低，你也能划得准？”

申志远说：“任何一种测量方法，都有一定的局限性，万能的办法是没有的。帽檐法测距离的优点是，在平坦地形上比较准，也比较简单；但是在起伏不平的地形上，象李小刚同学讲的，就测不准了，不能用。”

“要是在战场上，对岸被敌人占着，这样走来走去的测量，早被敌人揍倒了。”李小刚说。

“可以趴下来瞄嘛！”几个同学不同意李小刚的看法。

王勇补充说：“我试过，趴下瞄和站着瞄一样准，就是不大方便。”

申志远笑了笑，说：“在战场上，可以站在堑〔qiàn〕壕或掩体里测量。总之，要因地制宜，要多掌握几手。”

“申叔叔，那天早晨，你用的那是一种什么方法？”王勇模仿着竖起拇指，比划着问。

## 竖起拇指测距离

“哦，那是跳眼法。”申志远边说边做着示范，并让大家学着他的样子体会一下。

他伸直右臂，竖起拇指，先闭上左眼，使右眼视线通过拇指的一侧瞄向河对岸的房子左角；然后，手臂不动，闭上右眼，睁开左眼，使视线仍旧通过拇指的同一侧瞄出去。大家反复地体会了几次，申志远问道：“同学们，左右眼两次瞄准的位置有什么变化？”

同学们异口同声地说：“拇指向右跳动了。”

“对。同学们再做一次，看拇指从房子的左角向右跳动到什么位置。”申志远说。

大家做完，都说拇指跳到了房子右边那棵大树根上。

申志远满意地说：“好。现在估计一下跳动的宽度有几米？那是一栋三间民房。北方乡村民房通常一间横宽 1 丈，三间大约横宽 10 米，再加上树与房子的间隔，大约是房宽的四分之一，这样拇指在目标上跳动的宽度总共约为 12 米。”

申志远看同学们都明白了他讲的意思，继续说：“用跳动的宽度 12 米乘 10，得 120 米，就是我们到房屋的距离。”

苏一萍却问：“为什么跳动的宽度乘 10 就是距离？”

“这是一个相似三角形的问题。”申志远拣起一根树枝弯下腰在地上画出了跳眼法测距离的示意图。然后讲道：“AB 为两眼瞳孔间隔，O 为拇指， CD 为拇指平行于 AB 在目标上跳动的宽度，EO 为胳膊伸出的长度， FO 为到目标的距离。因为△AOB 与△COD 相似，所以对应边成比例。”他在图边写着：

$$\frac{FO(\text{目标距离})}{CD(\text{拇指跳动宽度})}=\frac{EO(\text{手臂长度})}{AB(\text{两眼瞳孔间隔})}$$

$$FO=CD\times\frac{EO}{AB}$$

申志远写完继续讲：“一般人，手臂长度约为 60 厘米，两眼瞳孔间隔约为 6 厘米，就是手臂长约为两眼瞳孔间隔的 10 倍。所以拇指在目标上跳动的宽度乘以 10，便是目标的距离。”讲完随手写出：

目标距离＝拇指跳动宽度×10

申志远讲完，同学们便认真地练习起来，都说这办法既简单又准确。

可是张杰和几个小同学却纳闷地说：“申叔叔，不对呀，我们刚才量过，手臂长只等于两眼瞳孔间隔的 8 倍。”

申志远把同学招呼过来，说：“提出的这个问题很重要，小同学手臂短，只有两眼瞳孔间隔的 8 倍。”他又写出：

目标距离＝拇指跳动宽度×8

好长时间没说话的李小刚又发言了：“我体会这跳眼法要测准，关键有两条：第一条是，两次瞄准时手臂不能移动；第二条是，拇指跳动的宽度要算准，这个宽度差 1 米，距离就要差 10 米。”

“怎样才能把跳动的宽度算准呢？”申志远自问自答地说，“这又要求我们学会利用现成的尺子。”说着，又拿出他那个“宝本本”来：

| 目 标 名 称 | 尺 寸 （米） | | |
|---|---|---|---|
| | 长 | 宽 | 高 |
| 中等身材的人 | | | 1.68 |
| 自行车 | 2 | | |
| 载重汽车 | 5.5～7 | 2～2.2 | 2～2.5 |
| 中型坦克 | 6.9 | 3.4 | 2.3 |
| 单行公路 | | 6～6.5 | |
| 双行公路 | | 8～8.5 | |
| 电线杆 | | | 6～7 |
| 乡村民房 | 一间 3～3.5 | 4～5 | 3 |
| | 二间 3～3.5 | 10 | |
| | 三间 3～3.5 | 17 | |

“多记一些这样的常见物体的尺寸，测量的时候就可以用来做尺子，比较出各种目标的尺寸。”

## 笔杆的特殊用途

细心的苏一萍，看到申志远用的圆珠笔杆上还刻着分划，写着数码，便问道：“申叔叔，你这笔还有什么特殊用处吗？”

这话倒使王勇想起来了，忙说：“申叔叔，你不是说过这笔也是测量仪器吗？你就讲讲吧。”

“好。”申志远满口答应，并从上衣口袋抽出圆珠笔，右手握笔杆竖直伸向前方，朝着山坡上的电线杆一比说，“对岸河边那根电线杆，离我们 300 米远。”

“嘿！申叔叔的笔神了。”李小刚高兴地说。

申志远告诉大家，笔杆上的分划是按他自己胳臂长度百分之一刻出来的。他的臂长是 60 厘米，在笔杆上就每隔 6 毫米刻一个小分划。这就做成了一个臂长尺。测量的时候，右手将笔杆竖直握住，拇指掐〔qiā〕在分划上，

然后右胳臂平伸在眼前，视线通过拇指掐笔杆处，瞄准电线杆的根部，再慢慢向上或向下移动笔杆，直到视线通过笔杆头部，瞄准电线杆顶端为止。刚才他瞄准以后，拇指掐在第二个分划上，估计电线杆的高度为 6 米，接着写出一个公式：

$$\text{目标距离} = \frac{10}{\text{分划数}} \times \text{目标高(或宽)}$$

同学们利用公式很快就算出来：

$$\text{目标距离} = \frac{100}{2} \times 6\text{米} = 300\text{米}$$

李小刚自言自语地说：“我看这方法和跳眼法一个道理，也是利用的相似三角形，对应边成比例的关系。”

“说得对。你大声给同学们讲讲。”申志远鼓励地看着李小刚。

李小刚满面笑容地走了出来，调皮地说：“这次可别马大哈了。”

他在地上画了个大三角形套小三角形的图，讲道：“在大三角形里，O 是眼睛；OD 和 OC 分别是瞄向电线杆根部和顶端的视线；OD 就是要测的距离；CD 为电线杆高度。在小三角形里，OB 为臂长，AB 为两次视线间的铅笔长度。因为 AB 与 CD 都是垂直的，所以△ABO 与△CDO 相似。”他在图的下面写上了：

$$\because \triangle ABO \backsim \triangle CDO$$

$$\therefore \frac{OD}{CD} = \frac{OB}{AB}$$

$$OD = \frac{OB}{AB} \cdot CD \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

假设 AB 的分划数为 N

$$\because \text{一个分划长} = \frac{OB\text{（臂长）}}{100}$$

$$\therefore AB = \frac{OB}{100} \cdot N$$

代入①式

$$OD = \frac{OB}{\frac{OB}{100} \cdot N} \cdot CD$$

$$= \frac{100}{N} \cdot CD$$

即目标距离 $= \frac{100}{\text{分划数}} \times$ 目标高（或宽）

申志远看着李小刚的正确演算，满意地说：“这个方法叫臂长尺法。”

## 相似形里求河宽

王勇回忆起工程兵连架桥那天，几个人在岸上用标杆插成个三角形，就

把河宽测量出来了。一想到这里，他便问申志远：“申叔叔，那天架桥，你们测河宽是用的什么方法？”

“哦，那也是相似三角形法。这种方法多用来测量河宽和在不便通过的地形上测量距离。”

申志远从挎包里取出一个 20 厘米见方的硬纸板，平放在岸边一块石头上。纸板中央画着垂直相交的十字线；他又找了四根大头针，垂直插在十字线的四个头。他说：“这叫直角器，是专门用来标定直角的。如果要在这块石头 A 点与对岸红叶树 B 点之间架桥，就可以采取相似形法比较准确地测出 AB 两点间的河宽。”接着他和徐老师一起示范起来：

第一步，标定直角边：把直角器平放在 A 点石头上，慢慢转动，直到视线通过直角器上同一直线的两根针，瞄准 B 点红叶树根为止；再转过身，不动直角器，视线通过另两根针瞄向前方，在瞄准线上选两个标志或插两根标杆 O 与 C。

第二步，测量直角边长度：步测出 AO 为 60 复步，OC 为 30 复步。

第三步，标定另一直角边：把直角器平放在 C 点，慢慢转动，直到视线通过直角器上同一直线的两根针，瞄准 A 点为止（在测量上叫反觇〔chān〕）；然后，不动直角器，背向河流，视线通过另两根针瞄准前方，并在瞄准线上选择一个标志或插一根标杆 E。

第四步，测定直角三角形：沿 CE 方向线前进，同时注意观察 B 点，当走到通过 O 点瞄准 B 点时，停止前进，插下标杆 D，同时步测出 CD 为 40 复步。

第五步，计算。

还没等申志远讲计算的方法，同学们都看出了：△AOB 与△COD 相似。王勇首先写出：

$$\because \triangle AOB \backsim \triangle COD$$

$$\therefore \frac{AB}{AO}=\frac{CD}{CO}$$

$$AB=\frac{CD}{CO}\cdot AO$$

已知$AO=60+\frac{60}{2}=90$（米）

$$CO=30+\frac{30}{2}=45\text{（米）}$$

$$CD=40+\frac{40}{2}=60\text{（米）}$$

则$AB=\frac{60}{45}\times 90=120$（米）

其他同学也很快算了出来，都说这方法简单。

李小刚顽皮地说：“这叫狗撵〔niǎn〕鸭子，呱呱叫。”

王勇却提出：“测量河宽可以从 A 点直接瞄到 B 点，如果要测量的两点间隔着山，瞄不到目标，怎么测出距离？”

申志远和蔼地说：“这个问题提得好。大家回去都想想解决的办法，下一次活动咱们再来回答。”

# 三角测量法

学测量小组的同学，兴高采烈地来到一个小山脚下。今天是要解决在两点间不通视的情况下，怎样测距离的问题。

王勇说：“先选一点 O，从这一点要能同时看到 A、B 两点。测出 AO、BO 的长度和∠AOB 的度数，代入三角学的余弦定理公式，就可以算出 AB 的长度。”他熟练地在地上写出余弦定理的公式：

$$AB=\sqrt{AO^2+BO^2-2AO\cdot BO\cos\angle AOB}$$

王勇刚说完，苏一萍已经将 AO、BO 的长度步测出来，她说：“AO＝30 米，BO＝50.5 米”。

李小刚说：“可是那个∠AOB 怎么测法呢？”

“别着急，”王勇说，“我爷爷教我做了一个测角仪，测出的角度是比较准确的。”他接着把预先制作好的测角仪部件，从书包里一一取出，向大家介绍：

度盘，是用五合板制作的，直径 25 厘米，上面贴一张纸，依顺时针方向刻着度数分划；在度盘背面，用一根直径 0.3 厘米的螺杆，固定一个中等大小的罐头筒。

照准器，是用厚 1 厘米、宽 3 厘米、长 22 厘米的硬木制作的。中间钻个直径 0.4 厘米的螺杆孔。木条两头，用螺丝分别固定接目觇板和对物觇板。觇板用宽 3 厘米，长 13 厘米的铁皮制作。接目觇板中间钻上、中、下三个小觇孔，孔径不大于 0.2 厘米，对物觇板，中间挖一长方窗，用细马尾或细金属线拉一照准丝，觇板外侧对准照准丝刻一角度指标；觇孔与照准丝的连线准确地通过螺杆孔中心。

三角架，是用三根 2～3 厘米粗，130～150 厘米长的木棍作成的。三根木棍顶端 7 厘米处，都钻一小孔，用细铁丝串联起来。

王勇介绍完以后，说：“为了防止受潮和磨损，各个测角仪部件要涂一层清漆。”

“怎么用法呢？”李小刚着急地问。

王勇不慌不忙地边做边讲：“使用测角仪测量水平夹角的方法是：第一步，架设仪器。对准 O 点，撑开三角架，将度盘下面的罐头筒套在架头上，按紧，使度盘大致水平；把照准器套在螺杆上；最后拧上蝶形螺帽，但是不要拧得太紧，让照准器能转动自如。第二步，测角。按顺时针方向照准目标，首先视线通过接目觇板的觇孔和对物觇板的马尾丝，照准 A 点标杆中心，读出角度指标在度盘上指出的度数为 152°；然后转动照准器，以同样方法，照准 B 点标杆，读出度数为 82°；则水平角∠AOB＝152°-82°＝70°。第三步，计算距离。

已知 AO＝30 米　BO＝50.5 米

∠AOB＝70°

代入公式为：$AB=\sqrt{30^2+50.5^2-2\times30\times50.5\cos70^\circ}$

$=\sqrt{900+2550-2\times30\times50.5\times0.342}$

$=\sqrt{2414}=49.13$（米）

李小刚惊异地说：“嗬，连厘米都测出来啦！”

“如果在站立点 O 与山包之间有障碍，不便准确测量 AO、BO 的距离，怎么办？”申志远引导大家深一步思考。

## 基线交会法

同学们随申志远绕到山背后，一条小河割断了步测 A、B 标杆距离的道路。一个难题摆在了面前。

几个同学提出干脆用目估的方法。申志远说：“目估法误差大，用来测量输水隧洞的长度，满足不了要求。”

这时候申志远告诉大家一种基线测距法。做法是：

第一步，选基线。在河边道路上选定一条直线 CD，作为测量的基准线。基线要选择在平坦的地形上。

第二步，测量基线长度。经反复步测，求出 CD 的平均长度为 60 米。

第三步，测角度。分别在基线两端 C、D 两点，架设测角仪，测量出∠ACD＝70°，∠BCD＝40°，∠BDC＝100°，∠ADC＝50°。

第四步，作图。在纸的下边，画一条直线 MN。根据基线 CD 的实地长度，按一定的绘图比例尺（如1厘米代表实地10米，即为 $\frac{1}{1000}$ 的比例尺）缩小，在 MN 直线上定出 c、d 两点。已知 CD＝60 米，则 cd＝60÷10＝6 厘米；然后，利用量角器，以 cd 为基线，作∠acd＝∠ACD，∠bcd＝∠BCD，∠bdc＝∠BDC，∠adc＝∠ADC；四个角边分别交于 a、b 两点。

第五步，图上量距离。利用直尺量出图上 ab 长为 4.9 厘米；然后根据绘图比例尺，将 ab 换算为实地长为 4.9×l0 米＝49 米。

申志远告诉大家，这种基线交会法，在正规测量中也经常采用，只是精度要求更高。特别是基线长度要用尺量，角度要用经纬仪测量，而且交会角既不能大于 150°，又不能小于 30°。

## 视角的利用

铁路上，一列火车飞奔而过。路旁，学测量小组的同学被惊动了。列车已经走远，王勇还在遥望着，发愣〔lèng〕。

徐老师走过来问道：“王勇，你在想什么哪？”

王勇说：“老师，你看，为什么火车越往远处开，反而变得越小了呢？”

李小刚不以为然地说：“这算个啥问题？别钻牛角尖啦！”

王勇严肃地说：“不！这不是钻牛角尖。你说为什么顺着铁路向远处看，轨道渐渐变窄？为什么月亮的直径是地球直径的四分之一，可看上去和排球

差不多大？为什么太阳比月亮大六千万倍，看起来大小差不多？”

李小刚说：“那是眼睛的错觉呗！”

徐老师摇摇头说：“这不是错觉，是视角。我们所以能看见物体，就是因为物体在眼睛中形成了一个视角。物体的视角小于 1 分，就看不见了。”

“什么叫视角呢？”李小刚又性急起来。

徐老师画着图解释说：“由目标的边缘向眼睛里引两条视线，这两条视线之间的夹角就叫视角。视角大，目标看起来就大；视角小，看起来就小。不论两个物体大小差多少，只要视角相同，看起来就一样大。”

“这么说起来，月亮和排球的视角不就是差不多大啦？”李小刚说。

徐老师说：“对。月亮的视角是半度，排球距离我们 28 米时，视角也是半度，所以看起来差不多大。”

“到底视角 1°有多大？”李小刚追问。

这时候，徐老师谦逊地说：“关于这个问题和怎样用视角来测距离，还是请申志远同志给讲讲吧。”

申志远让一位同学，把一根高 1 米的竹竿插在 57 米的距离上。他说：“现在我们看竹竿两端的视角就是 1°。”

“为什么是 1°呢？”李小刚问。

“同学们学过三角函数，锐角三角形中α角 1°的时候，正切为 0.0175，也就是$\frac{1}{67}$。”

“这么说，当目标的视角为 1°的时候，把目标的高度或宽度乘以 57 就是目标的距离了。”王勇惊喜地说。

“很对！这种方法叫‘视角法’。”申志远进一步问，“同学们再想想，还是这根竹竿，如果要形成 2°的视角，是要前进还是后退？”

“要前进。”同学们异口同声回答。

“走到 57 米一半的距离上视角就是 2°了。”王勇补充说。

“对。”申志远又问，“如果要形成半度的视角，怎么办？”

“要再后退 57 米。”同学们回答。

申志远点点头说：“这就是说，同样大小的自标，距离与视角成反比例关系；同样视角的目标，距离与目标的大小成正比例关系。根据这一道理便可以得出利用视角测算距离的公式。”他写出：

$$\text{目标距离}=\frac{\text{目标高度（或宽度）}}{\text{目标视角}}\times 57$$

苏一萍高兴得跳了起来：“这下只要能测出目标的视角和高度，套进公式就求出距离来了。”

“你别高兴得太早了，你说那视角怎么能测出来？”李小刚问。

“有办法。”申志远张开手指诙谐地说，“我们的手就是测角器。当我向前平伸胳臂的时候，看手指的视角：拇指第一关节的视角是 3°；食指头部是 1.5°，第二关节是 2°；五指张开的时候，拇指尖与食指尖的视角是 15°～16°，食指尖与中指尖的视角是 7°～8°。”

申志远随即对着远方高压输电线塔架，平伸胳臂，张开五指，做起示范，刚好他的食指第二关节处，挡住塔架最下面的一节。申志远说：“所以那节铁塔架的视角也是 2°，估计塔架每节的高度大约是 2 米。大家按公式算算塔架的距离是多少？”

不一会，大家都算了出来。

$$目标距离=\frac{2\times57}{2}=57（米）$$

申志远补充说：“利用视角测距离，要注意测目标哪一部分的视角，就应乘哪一部分的高度或宽度，不能乘整个目标的高度或宽度。还要注意把利用作量角器的物体的视角测量准。”

“怎么测法？”苏一萍问。

王勇说：“把臂长和手指不同部位的宽度量出来，代入视角公式就求出来了。”

“对。不过要把视角公式变换一下形式。”申志远接着写出：

$$视角（度）=\frac{量角器高度（或宽度）}{臂长}\times57$$

## 密位的妙用

苏一萍翻着申志远记录的不同物件的视角度数，发现在度数旁边还写着另一种数字，便奇怪地问：“申叔叔，这是什么呀？”

“哦，这是密位数。军事上常利用密位数计算角度，更简单。”申志远说。

“什么叫密位？”苏一萍又问。

申志远说：“密位也是一种角度单位。把圆周分为 6000 等分，每一等分所对的圆心角，就叫一密位。向眼前平伸胳臂，手中 1 厘米大小的物体，视角约为 17.5 密位。17.3 密位大约等于 1 度。密位的符号是在百位数与十位数中间划一短横，没有百位数的用 0 顶位。”他接着写出 20 密位的表示方法为 0—20。

苏一萍又问：“那么把测出的视角度数乘以 17.3 就成密位数，代入视角公式，便求出距离了吧？”

“不要那样麻烦。记住手上不同部位的密位数，就可以直接测出视角的密位数。根据密位公式便可计算出距离。”他随即写出：

$$距离=\frac{目标宽度（或高度）\times1000}{密位}$$

“刚才我测出对面那座三间民房是 20 密位。”

“宽度是 10 米。”同学们说。

“对。”申志远高兴地笑着，写出：

$$距离=\frac{10米\times1000}{20}=500米$$

同学们异口同声地说：“和我们用视角法测的一样。”

李小刚问：“那密位公式是怎么来的呢？”

申志远说：“这个问题就留给同学们回去思考吧。”

第二天，上数学课时，王勇把推演密位公式的一张纸，交给了徐老师，纸上还画了个简图，图旁清清楚楚地写着：

$$\because 1\text{密位所对的圆弧长} = \frac{\text{圆周长}}{6000}$$

$$\text{圆周长} = 2\pi R \approx 6R$$

$$\text{则}1\text{密位所对的弧长} = \frac{6R}{6000} = \frac{R}{1000}$$

$$2\text{密位所对的弧长} = \frac{2R}{1000}$$

$$\text{即}R = \frac{\text{弧长} \times 1000}{\text{密位}}$$

∵R 为目标的距离

弧长为目标的宽度或高度

$$\therefore \text{目标距离} = \frac{\text{目标宽（高）} \times 1000}{\text{密位}}$$

老师看完笑盈盈地说：“演算得很好。”她接着告诉王勇，“密位公式，实质上是把弧长与所对应的切线长度看作是相等的，其实并不完全相等，角度越大，差别越大；只有圆心角不超过 18°的时候，才可以把它们看作是概略地相等。这就告诉我们，利用视角公式和密位公式求距离，角度不能超过 18°即 300 密位。”

## 骑车测距离

学校要开运动会了，徐老师要求学测量小组选择一种最简单的方法，沿环山渠堤测定出万米越野赛的起止点。

开始李小刚提出采取分段目估法。大家都不同意，说这方法误差太大。后来有的同学提出采取步测法，又觉得太慢，要来回走几十里，也太费劲。

这时候，王勇提出骑自行车测量。这个意见，一下把同学们吸引住了，大家聚精会神地倾听着他的说明。

他说：“自行车前进是靠轮子滚动，所以只要知道了轮子转一圈有多长，再数出轮子转的圈数，一乘就是距离。”他指着徐老师骑来的自行车说：“这车是 28 的，就是说，轮胎直径是 28 英寸。”他在地上演算起来：

∵1 英寸＝2.54 厘米

∴轮直径＝28×2.54 厘米＝71.12（厘米）

＝0.71（米）

轮胎周长＝0.71 米×3.14＝2.229（米）

在万米跑道上自行车轮应转的圈数＝10000÷2.229＝4486（圈）。

李小刚高兴地说：“好了，只要骑上车顺着水渠跑道蹬 4486 圈就行了。”

王勇摇摇头说：“脚蹬一圈，轮胎并不转一圈。但是它们之间有一定的关系，可以根据齿数换算出来。我问过自行车铺，自行车前面的 轮盘，大都

是 48 齿，只有那种新式 20 的矮车是 52 齿；后面的小飞轮，大都是 19 齿或 20 齿，少数是 18 齿或 22 齿。”

徐老师看几个同学要蹲下去数自行车的前后轮齿数，便告诉大家说：“我已经数了，轮盘 48 齿，飞轮 20 齿。”

王勇接着说：“这就有了。轮盘是随脚蹬转动的，脚蹬一圈轮盘转一圈。轮盘又通过链条带动飞轮转动，飞轮转一圈轮胎也转一圈。所以要根据齿数计算出轮盘转一圈带动飞轮转动的圈数。”他写出：

$$\text{脚蹬一圈飞轮转动圈数}=\frac{\text{轮盘齿数}}{\text{飞轮齿数}}=\frac{48}{20}$$

$$=2.4\text{（圈）}$$

$$\therefore\text{骑车跑 1 万米应蹬的圈数}=4486\div 2.4$$

$$=1869\text{（圈）}$$

申志远和徐老师会意地点点头。王勇接着写出：

$$\text{自行车跑的距离}=\text{轮胎周长}\times\frac{\text{轮盘齿数}}{\text{飞轮齿数}}\times\text{脚蹬次数}$$

申志远说：“在测长距离的时候，为了便于计算，可以预先换算出骑自行车每跑 1 公里需要蹬的圈数。那么把王勇写的公式变换一下就可以计算出骑车跑预定距离需要蹬的圈数。”他写出：

$$\text{脚蹬圈数}=\frac{\text{距离}\times\text{飞轮齿数}}{\text{轮胎周长}\times\text{轮盘齿数}}$$

最后申志远归纳说：“自行车是我们生活中最普通的交通工具，骑自行车测距离很简便。根据试验，用这种方法测距离，每公里的误差可以不超过 1 米。一般颠簸对测量结果也影响不大。但是运用这种方法应该注意四点：一是，下坡的时候，不能放空下滑，要轻轻刹车减速，继续蹬车；二是，要直线前进，不能左右摇摆走蛇形；三是脚蹬的圈数要数准，有条件还可在车上安装个计数器，就不必数数了；四是要注意修正误差，由于轮胎的粗细、气压和磨损等情况不同，造成计算出的距离会有误差，为便于修正误差可以先在一段经过准确测量的道路上，骑车试测一下距离，求出每公里的修正量。”

后来，同学们采用骑车测量的方法，没用两个小时就准确地测定出万米越野赛的跑道。

## 测高度

### 影子的利用

这是一个风和日暖的星期天。工程兵连和沙岭中学都来支援公社修建农机厂。休息的时候，学测量小组的同学，不约而同地找到申志远。大家感到跟他在一起，随时都可以学到些本领。

果然不出所料，申志远说了几句见面话以后，瞅着身旁的大杨树问："同学们，假若我们想伐倒这棵树作房梁，可是不知道它的高度合适不合适，谁能测出来？"

同学们上下打量着这棵参天大杨树，一时没人回答。

申志远指着拖得长长的树影说："想想看，能不能叫它帮帮忙？"

经这么一提醒，李小刚的屁股象装了个弹簧，豁〔huō〕地站起来说："有了。你们看，树有影子，我也有个影子。太阳离我们很远很远，射来的光线可以看作是平行的，所以我的身体和身影构成的三角形与杨树和树影构成的三角形是相似的。根据相似三角形对应边成比例的关系，便可以算出树的高度。"他一面说一面在地上画了个图，写出：

$$\frac{\text{树高}}{\text{树影长}}=\frac{\text{人高}}{\text{人影长}}$$

$$\text{树高}=\frac{\text{人高}}{\text{人影长}}\times\text{树影长}$$

写完，他先测出树影长是 14 复步。又走回来，站住不动，请同他步长相等的王勇，替他量出身影长是 2 复步。

李小刚说："王勇和我一复步长都是 1 米 4，我的身高是 1 米 6。"他演算着：

$$\text{树高}=\frac{1.6}{2\times1.4}\times14\times1.4=11.2\text{米}$$

申志远满意地表扬李小刚测得正确。接着讲道："利用影子测高度，要特别注意使两个影子落在同样平坦的地面上。地面坡度不一致，两个三角形也就不相似了。"

测量中，有几个同学正发愁不知道自己的身高，申志远告诉大家一个规律，一般人两臂左右平伸，两手中指尖之间的长度，就是身高。同学们用申志远带来的小钢卷尺，互相量着，果然不错。

练习了一阵，王勇觉得要让别人替自己量身影的长度太不方便，于是想出立竿见影的方法。只见他把一条扁担垂直插在地上，量出扁担的高度和扁担影子的长度，分别代入上面公式里的人高和人影长，同样求出了树高。

大家正测得热火，一片乌云慢悠悠地飘来，遮住了太阳，张杰叫喊起来："影子跑了，怎么办哪？"

### 镜子里面看高度

苏一萍说："我有个好办法。"她说着从口袋里掏出一面小镜子；从大

树跟前开始，向前走了 20 复步，把镜子平放在最后一个脚尖上，然后转过身来，面向大树，注视着镜面，慢慢后退，一直退到从镜子里看见大树的顶点停下来；又走回镜子跟前，是 2.5 复步，接着演算起来：

$$树高=\frac{20}{2.5}\times 1.4=11.2米$$

张杰一看和利用影子测出的结果完全一样，惊疑地问：“这是啥道理？”

在申志远的鼓励下，苏一萍作了回答。她先画了个图，然后有条有理地说，“根据物理学上讲的，入射角等于反射角的原理，光线射入镜面和从镜面反射出来的角度相等。所以：

$$\frac{树高}{镜子到树根距离}=\frac{眼高}{镜子到站立点距离}$$

$$树高=\frac{镜子到树根距离}{镜子到站立点距离}\times 眼高$$

张杰看着苏一萍写出的式子，不明白地问：“利用影子测量的公式里是乘身高，你为什么乘眼高？”

苏一萍明亮的眼珠一转说：“因为是树顶的光线，从镜面反射到我的眼睛里，形成了两个相似三角形，所以要用眼睛到地面的高度来计算。”

申志远满意地点点头说：“讲得很对。这个方法我也是第一次听说。”接着问，“如果没有镜子怎么办？”

苏一萍马上说：“可以把脸盆里倒上水代替镜子，也可以在地上挖个坑，倒上水，代替镜子。”

苏一萍的话音刚落，王勇说：“我看没有影子还可以插杆测高。”

王勇正要说下去，只听远处吹起了哨子，申志远说：“好，现在开始劳动啦。以后再讲。”他一挥手，大家都回到自己的劳动岗位上。

## 标杆也是好助手

同学们急切地想知道王勇是怎么插杆测高的，在工地上吃过午饭就把他围住了。

王勇面对杨树前垂直插起的扁担，慢慢地后退着，同时闭起左眼，用右眼瞄着扁担顶点，一直退到视线通过扁担顶瞄准树顶时停下来。然后，步测出站立点到扁担的距离是 2 复步，到树根的距离是 48 复步半。

王勇说：“扁担的高度是 1.9 米。我一复步长 1.4 米，眼高是 1.5 米。”

没等王勇讲完，李小刚就明白了，又是利用的相似三角形。他刷刷地演算起来：

$$树高=\frac{48.5}{2}\times(1.9-1.5)=9.7（米）$$

可是，算出的结果和利用影子测出的不一样。李小刚慌了神。他重新演算了一遍，没发现有什么错误。便说：“王勇，是不是你的复步数错了？”

王勇说：“一点没错。”

李小刚想，准是自己又犯了粗心的毛病，便仔细看了看图，这才恍然大

悟，忙说：“还得加上王勇的眼高 1.5 米，所以树高是 11.2 米。”

申志远笑着问道：“为什么要加眼高？”

“因为眼高没有包括在两个相似三角形里。”李小刚回答。

申志远对大家说：“同学们，利用插杆法测高度，最容易把眼睛到地面这段高度丢掉，千万要注意。”他转而对李小刚说，“请你把插杆法测高的公式写出来吧。”

李小刚在地上写了起来：

$$目标高度=\frac{眼到目标距离}{眼到插杆距离}\times（插杆高-眼高）+眼高$$

看完李小刚的演算，张杰举着铅笔比划了一阵，象发现了什么似地叫了起来：“我还有个更简单的方法。”

## 再请笔杆来帮忙

张杰举起刻有分划的铅笔说：“用臂长尺测距离是先知道了目标的高度；那么反过来，先知道了目标的距离，变换一下公式，不也可以算出目标的高度吗？”他接着写出：

$$目标距离=\frac{100}{分划}\times目标高度$$

$$目标高度=\frac{分划}{100}\times目标距离$$

张杰写完站起来，面对大树，右手握住笔杆，眯起左眼，慢慢移动手中的笔杆练习起来，大家也跟着练。

在练习中，苏一萍想测出高压电线塔架的高度，没想到，已经退到了河边，笔杆上的 10 个分划还不够长，她心急地问：“这可怎么办呀？”

申志远没有立即解答苏一萍的难题，而是让她想想为什么笔杆不够长？

苏一萍思考着，喃喃自语：“笔杆上的一个分划长度是胳臂长度的百分之一，笔杆有 10 个分划，也只是臂长的百分之十；所以测量的高度不能超过距离的百分之十。”

“现在塔架的高度大于距离的百分之十了，怎么办？”申志远启发苏一萍进一步思考。

苏一萍说：“一个办法是继续往后退，加大距离；另一个办法是加大臂长尺的长度。”

“后边是河，不能再退；臂长尺太长不便于携带。还有什么别的办法没有？”申志远启发着。

他看苏一萍一时答不上这个问题，便说：“用臂长尺测近距离高大目标的高度，是经常碰到的问题，遇到这种情况，把笔杆靠近眼睛些，改变臂长与臂长尺的比例关系。”

申志远从口袋里掏出刻有分划的圆珠笔和一个笔记本，说：“本子的宽度是 10 厘米；这笔杆上每小格是 0.5 厘米；两个小格是一大格，每大格等于

笔记本宽的几分之几？”

“十分之一。”苏一萍回答。

“对。你看，如果用笔记本的宽边来代替手臂长，只要走十分之一的距离就行了。”说着他将笔记本竖起，使后角靠在右眼角，笔杆靠在笔记本前边，垂直上下慢慢移动，直到视线通过笔记本上缘瞄准塔脚，通过笔杆顶点瞄准塔架顶点为止。这时候，笔杆正好露出 5 大格；步测站立点到塔架的距离是 30 复步，他一复步长 1.5 米。

申志远测完，苏一萍已经算了出来：

$$塔架高=\frac{5}{10}\times 45=22.5米$$

同学们都说这个方法好。有的还问：要不要加眼高？

申志远说：“瞄准时笔记本上缘保持水平，视线瞄在塔身，应加眼高。现在瞄在塔脚，可以不加眼高。但因瞄准时笔记本的上边不水平，所以测出的也不是水平距离。”

最后，申志远表扬同学们前后联系起来学习思考很好。他说：“我们在学习中，一定要在弄通道理的基础上，做到举一反三，触类旁通，绝不能把方法学死了。”

## 举一反三

“举一反三，触类旁通”，这句寓意深长的话，鞭策李小刚进一步想：既然臂长尺法能测高度，那么视角法不也可以用来测高度吗。

还没等李小刚想好，这边王勇已经讲开了：“数学课讲过，几种特殊直角三角形，边长有个特殊比例关系。”他说着从书包里掏出两个直角三角板表演起来。他两手捏住 45°三角板举在靠眼角的位置，使下面的一条直角边保持水平，前后走动，当视线沿着三角板的斜边瞄准塔架顶点时停止；然后，测量出从站立点到塔架的距离。他告诉大家这个距离就是塔架的高度。

申志远问：“如果用 30°的三角板（视角为 30°），高度是多少？”

“距离除以$\sqrt{3}$。”同学们齐声回答。

申志远又问：“如果视角是 60°呢？”

“距离乘以$\sqrt{3}$。”

王勇说：“这样算的是水平视线以上的塔架高度，整个塔架高还应加上眼高。”

申志远满意地点着头。

李小刚高兴地跳了起来，他说：“我请密位公式帮帮忙。”他写着：

$$目标距离=\frac{目标高度\times 1000}{密位}$$

$$目标高度=\frac{目标距离\times 密位}{1000}$$

李小刚很快测出大杨树是 2—00，到树根的距离是 56 米，代入公式求出：

$$树高=\frac{56\times200}{1000}=11.2米$$

申志远说：“密位公式反映了目标距离、高度（或宽度）和视角三者之间的关系，所以只要知道了公式中的任意两项，便可求出另一项。在测量上，通常把目标高度或宽度称为间隔。这样就可以用一个图形来表示密位公式。”

画好以后，申志远接着说：“我们根据这个图形编了个好记的口诀：就是上间隔，下一千，密位、距离分两边，要想知道哪一个，对面相乘比另边。”他停顿了一下，又解释说，“比，就是除以的意思。”

## 不知距离的高度怎么测

申志远讲了一个故事。在他刚参军的时候，有一次军事演习，派他去侦察山头上“敌人”的工事。他到了山头，其他情况都弄明白了，就是没有测出山有多高。

“那时候，你学过这些方法吗？”苏一萍问。

“学过啦，就是用不上。”

“为什么呢？”

“因为测不出距离来呀！”

“那么，到底能不能测出不知距离的目标高度来呢？”李小刚问。

“经过多次试验，终于找到了办法。”申志远说，“这办法也没什么奥妙，就是两次运用臂长尺法。”

说着，他将右臂伸直，举起臂长尺，眯起左眼，瞄准对面山顶。对大家讲：“这是第一次用臂长尺测量，是 18 个分划。”然后，他面向山走了 50 复步，停下来，又举起铅笔瞄准山顶，说：“这是第二次用臂长尺测量，是 20 个分划。我们用这两次测量的结果，代进公式里，就能求出山的高度。”他蹲在地上写出：

$$山高=\frac{20\times18\times75}{100\times(20-18)}+1.5=136.5米$$

“哪位同学讲讲两次臂长尺法测高的公式是怎么得来的？”申志远巡视着同学们。

好半天没人回答。李小刚捅〔tǒng〕了王勇一把说：“你这个数学迷还不快讲讲。”

王勇有些踌躇〔chóu chú〕地说：“我也没想好。反正是离不开臂长尺法测高的公式。”

他看申志远点着头，更有了些把握。先在地上画了个图，说：“假设水平视线以上的高度为 h，第一次测出的小分划数为 a，山顶铅垂线到站立点的水平距离为 L，第二次测出的大分划数为 b，前进的距离为 l。”接着他根据臂长尺法测高公式推算起来：

$$第一次测量结果：h=\frac{a}{100}\cdot L$$

$$第二次测量结果：h=\frac{b}{100}\cdot(L-l)$$

$$\therefore \frac{a}{100}\cdot L=\frac{b}{100}\cdot(L-l)$$

$$L=\frac{bl}{b-a}$$

代入第一次测量结果中：

$$h=\frac{a}{100}\cdot\frac{bl}{b-a}$$

$$=\frac{a\cdot b\cdot l}{100(b-a)}$$

∵H＝h＋眼高

$$\therefore H=\frac{\text{大分划}\times\text{小分划}\times\text{前进}}{100(\text{大分划}-\text{小分划})}+\text{眼高}$$

申志远和同学们一齐向王勇投去了钦佩的目光。可是王勇并没有就此止步。他转身问申志远：“既然不知目标的距离能测出高度，那么如果是测距离，不知目标的高度也该能测出来啊？”

申志远说：“这个问题提得好。”他接着告诉大家，用两次臂长尺法也能测出不知目标高度（或宽度）的距离。公式是：

$$\text{目标距离}=\frac{\text{小分划}\times\text{前进距离}}{\text{大分划}-\text{小分划}}$$

他指着前面的河流说：“请同学们根据两次臂长尺法测高度的道理，讨论一下怎么测量这条河的宽度？我写的这个公式是怎么求出来的？”

经过一番热烈讨论以后，由李小刚给大家作了一次表演。只见他在 $O_1$ 点面向对岸，手横握臂长尺，伸直胳臂，瞄准对岸的 A、B 两个目标，臂长尺上为 7 个分划；然后前进了 50 米，到 $O_2$ 点，仍瞄准对岸的 A、B 两个目标，臂长尺上为 10 个分划。

这时候，他学着王勇证明公式的方法画着图，说：“假设第一次测出的小分划数为 a，第二次测出的大分划数为 b，$O_1O_2$ 的距离为 l，河宽为 L。”接着证明起来：

$$\because \text{目标距离}=\frac{100}{\text{分划}}\times\text{目标高度（或宽度）}$$

$$\therefore L+l=\frac{100}{a}\cdot AB$$

$$L=\frac{100}{b}\cdot AB$$

$$AB=\frac{bL}{100}$$

则 $L+l=\frac{100}{a}\cdot\frac{bL}{100}$

aL＋al＝bL

$$L=\frac{al}{b-a}$$

$$\text{即河宽}=\frac{\text{小分划}\times\text{前进距离}}{\text{大分划}-\text{小分划}}$$

$$\therefore\text{河宽}=\frac{7\times50}{10-7}=116.7\text{米}$$

李小刚演算得很正确，得到同学们的好评。申志远说：“运用两次臂长尺法测量高度和距离，都要注意，两次测量站立点之间的距离不能太小，要使两次测出的臂长尺分划数有明显的差别，才准确。”

同学们正在练习着，一位社员跑来找申志远，说队里找他有事，学测量小组的同学才依依不舍地散去。

## 高度和高程不是一回事

学测量小组来到翻山渠旁。申志远指着渠道上游的水库问：“看，那边水库大坝高，还是我们站的这个山头高？”

李小刚随即回答：“当然这边山头高啦！”

同学们一听哈哈大笑起来。王勇说：“你也不看看，水向哪里流？”

李小刚这才注意到，清清的库水正经过渠道流过山头。

申志远又问李小刚：“你为什么说这边高？”

“你看水库在山脚下，我们站在山头上，山头当然比山脚高啦，没想到在不同地势上的山头就不见得比山脚高。”

申志远看同学们已经有了感性的认识，便讲解说：“前边我们测树高是从树根算起，测山高是从山脚算起，这样测量的结果，只能说明单个目标有多高，在测量学上叫做高度。用那些方法测量一个区域就不行了。例如黄河发源于青海，全长 5464 公里都是绕着山脚流。如果都从山脚起算高低，那么黄河的上下游就一样高了，其实黄河上下游的落差有 4800 多米。所以人们就要给大地规定个统一的高程起算面，这样就不受地势的影响了。”

“统一的高程起算面在什么地方？”李小刚问。

申志远接着说：“经过长期的观测，海水面的常年平均位置，基本上是不变的。所以，平均的静止海水面就选定为基准面。测量上称为大地水准面。某点高出大地水准面的高度，叫做这个点的绝对高程，又叫真高或海拔……”

李小刚插嘴说：“噢！我们平时老听说‘海拔’多少米，原来是这么一回事！”

“但是因为各个海域的平均海水面也不完全一致，所以我国规定以青岛验潮站所测定的黄海的平均海水面为高程起算的标准，高程在这里是 0。”

王勇说：“我们说珠穆朗玛峰海拔 8848.13 米，就是说珠峰顶点比黄海平均海水面高 8848.13 米罗！”

“对！”申志远说，“为了测量中有所依据，国家的专门测量单位，在青岛测定了水准原点，设置了固定标志；并且根据水准原点在全国各地，相

隔一定的距离测设了一系列的水准点，记录了精确高程。如果要测量某点的高程，只要测出这个点与附近水准点的高差，就算出来了。例如水准点 N 的高程是 30 米，山顶与 N 点的高差是 50 米，那么，山顶的真高是：30 米加 50 米，等于 80 米。”

苏一萍问：“附近没有水准点怎么办？”

“那就测一些临时性的水准点。通常在建设一项工程的时候，就要预先在工地上测设一些永久性和临时性的水准点。这种水准点应设在坚固、稳定、不容易被损坏的大树根、岩石、墙壁、桥墩等物体上；也可以埋设木桩或混凝土桩作标志。水准点中心要用铁钉或油漆画十字作出明显的标志。这些测量标志是广大测绘工作者千辛万苦的劳动成果，是经济建设、国防建设和科学研究的重要依据，因此，人人都有保护的责测定在树桩上的水准点　任，绝不许损坏。”

## 测高程

李小刚问：“有了水准点，怎么测出其它点的高程？”

申志远说：“测高程的方法很多，也有各种测高程的仪器。近年来，电磁波、激光等先进科学技术也被运用到制造高精度的测高仪。在各种高程测量方法中，最常见的是水准测量。我给你们介绍一种最简便的吧！”

“申叔叔，你快讲讲吧！”苏一萍催促着。

“好。假设我的站立点 N 就是水准点，高程是 100 米。”申志远说着，两手水平端起一个硬皮本，靠在眼前，视线沿着本子的上表面，瞄准山坡的 A 点。他说，“我的眼高是 1.6 米，同学们想想，A 点的高程是多少？”

“100 米＋1.6 米＝101.6 米”同学们异口同声地回答。

申志远往前走到 A 点，以同样方法瞄准 B 点。没等问，同学们就报出了 B 点的高程是 100 米＋1.6 米×2＝103.2 米。

“对。”申志远说，“这就是平板水准测量方法。”

在练习中，王勇找到一种加快测量的方法。他请两位同学在水准点 N 和山坡上的 B 点，各立一根标杆。他站在 A 点，水平端起平板，先瞄准 N 点标杆 3.5 米高度处；再向后转，瞄准 B 点标杆 0.3 米高度处。这时候，王勇说：

N、B 两点高差＝3.5 米－0.3 米＝3.2 米

B 点高程＝100 米＋3.2 米＝103.2 米

申志远说：“王勇讲的实际就是水准测量的基本原理。”他接着归纳说，“水准测量，就是根据水平视线平行于水准面，而同一水平视线上的各点高程相等，直接测定出各点间的高差。然后根据其中已知点的高程推算出各点的高程。在测量中，观测点叫测站，立标杆的点叫测点，观测 N 点叫后视，观测 B 点叫前视。为了保证视线水平，用水平仪，比端平板的方法，当然就会更准确了。”

## 测角度

### 什么是坡度

经过学校批准，学测量小组利用假日组织一次挖药材、学测量、练登山的野游活动。老校长也兴致勃勃地参加了。同学们闪开大路，抄近攀登着巍峨〔wēié〕陡峻的青云岭。说着，笑着，采挖着各种药材，不觉累就登上了顶峰。极目遥望，周围群山起伏，山下流水潺潺〔chán〕，遍山的枫树和栎〔lì〕树经了霜，红一丛，黄一丛，斑斑驳驳，十分绚〔xuàn〕丽。一条玉带似的公路，顺着山坡，蜿蜒起伏伸入云端。满载支农物资的汽车沿着公路盘旋而上，给这大自然又增添了一层生气，真是美极了。

张杰看着那盘旋而上的汽车，却自言自语地问：“为什么人能抄近路上山，而汽车却绕那么大弯子呢？”

李小刚说：“近路坡太陡，汽车爬不上来；公路绕着弯，坡度减小了，汽车才能爬上来。”

“说得对。”申志远说，“什么车能爬多大的坡度，都有个限度。比如说：一般自行车能爬 3°～4°的坡，马车能爬 8°左右的坡，汽车能爬 15°左右的坡，坦克能爬 30°～40°的坡。所以修路必须根据要求设计坡度才能畅通无阻。按国家规定的公路纵坡度：一级公路不能大于 4%，二级公路不能大于 7%，三级公路不能大于 8%，四级公路不能大于 9%；一般乡村土路的纵坡度也不应超过 14%，否则就要妨碍车辆的通行。”

老校长听到这里，讲了一个利用坡度打败敌人的故事。那是一次诱敌深入的围歼战。我军边打边转移。敌人一个加强营，坐着卡车，顺着我军修筑的急造军路，长驱直入地尾追着；前边还派了一辆扫雷坦克和一个乘坐装甲车的前卫排。敌人十分得意，满以为可以制造个高速度进攻的奇迹。当敌军行进到一个峡谷的转弯处却真的碰上了“奇迹”。原来，在这里我军修了一条急造军路，坡度刚好超过汽车的爬坡能力。结果敌人的装甲车开过去了，大队的汽车都挤在路上进退不得。这时候，我军埋伏在两山树丛的两个排，一阵猛烈射击，敌人乱成一团。我军趁势包围上去，来了个瓮中捉鳖〔biē〕，十分钟解决了战斗。

听说坡度里面还有这样的奥妙，同学们都急切地要求申志远快些讲讲测坡度的方法。

申志远开玩笑地说：“心急吃不了热豆腐。我先问大家什么叫坡度？”

这么一个普通的问题，却把同学们问住了；似乎心里明白，可是，又说不出来。

申志远在地上边画着图边说：“不论学什么，都要从基础开始。”接着解释说，“坡度，就是斜面和水平面之间的夹角。坡度的大小可以用角度表示，也可以用高差和水平距离的比表示，也就是三角函数里 a 角的正切。”

张杰皱着眉头说：“坡度在地下面，那可难测了。”

“说难也难，说不难真简单。”申志远说。

## 正面测坡度

申志远象端平板进行水准测量那样，站在山坡上，将硬皮笔记本水平托在手里，举在眼前，视线通过本子的上表面瞄向山坡。随即，数着复步走到瞄准的小石头跟前，一共是 10 复步，立刻说：“这段斜坡的角度大约是 6°。”

同学们一听都惊奇地问：“申叔叔，你是怎么算出来的呀？”

申志远解释说：“刚才讲了，坡度可以用高差和水平距离的比表示。”他写出：

$$坡度=\frac{坡高CB}{坡距AB}$$

“在利用视角测距离的时候讲过，目标高是距离的五十七分之一时，视角是 1°。根据这个道理，当坡高是坡距的五十七分之一时，斜坡的角度也是 1°。因此，看看坡高与坡距的比值中有几个五十七分之一，斜坡的角度就有几度。”他又写出：

$$斜坡的角度=\frac{坡高}{坡距}\div\frac{1}{57}$$

$$即斜坡的角度=\frac{坡高}{坡距}\times 57$$

“坡距是指斜坡的水平距离，而步测的是斜面距离啊？”苏一萍问。

申志远解答说：“水平距离不如斜距离好量，所以就想办法用斜距离代替水平距离。几何学告诉我们，两点间的斜坡距要比水平距离大。但是当坡度不大于 20°时，两者之间相差并不太大，所以在简易测量中，用斜距代替坡距，同时把乘 57 改为乘 60，这样一增一减算出的结果误差不大。”他写出：

$$斜坡的角度=\frac{坡高}{斜坡距}\times 60°$$

“噢，我明白了。”李小刚恍然大悟地说，“因为申叔叔测的坡高就是眼高，而眼高又等于复步长，都是 1.4 米，所以坡度公式可以简化成 60 除以斜面复步数。”这么一说大家都明白了：

$$斜坡的角度=\frac{60°}{斜坡复步数}$$

“怪不得申叔叔算得那么快呢。”苏一萍说。

申志远微微一笑说：“简易测量第一条就是要求快，否则就不用简易测量了。”他停顿一下，接着说，“但是要明白，两点间的斜面距离总比水平距离长，所以用这个方法测出的坡度往往比实际坡度稍小一些。”

## 侧面测坡度

张杰遥望着对面的山坡，灵机一动提出一个使同学们奇怪的问题：“申叔叔，我想测出对面山坡的坡度怎么办？”

“死心眼，跑过去测测就得了呗！”李小刚瞅了张杰一眼，轻蔑［miè］

地说。

没等张杰反驳，王勇一本正经地说：“不，那天我看见公社主任和规划队，在现地勘察的时候，就是站在这山测量出对面山的坡度。象你那样来回跑着测，腿也得累断了。”

申志远同意地点着头，说：“在战场上，如果对面山被敌人占领着，我们要判断坦克能不能冲得上，也要站在这山遥望对山测量坡度。”

这么一说，李小刚明白了，同学们都急切地等着申志远讲怎么个测法。

申志远带领大家离开山顶，冲着对面山坡的侧方，取出笔记本和那支刻有臂长尺分划的笔。把笔靠在笔记本的侧棱上，举在眼前，使笔记本上边水平；然后上下移动笔杆，使笔杆顶端与笔记本上边的另一角连成的斜线，恰好与山的斜坡棱线重合。

申志远数了数笔杆突出本边以上的分划，说：“笔杆伸出 5 厘米，笔记本边长 15 厘米，同学们算算那斜坡的角度是几度？”

申志远的话音刚落，同学们就算好了；

$$斜坡的角度=\frac{5}{15}\times 57=19°$$

在这一方法的启发下，同学开动脑筋，又提出了一些别的方法。

苏一萍掏出量角器，说：“有了它，用不着算就能测出角度。”她把量角器的直边端成水平，然后慢慢左右移动，当透过圆心刚好落在斜坡棱线上的时候，读出棱线与量角器直边的夹角便是斜坡的角度。

张杰拿出两块三角板，说：“这上面有 30°、45°、60°、90°四种角度，也是个量角器。”他把三角板一边端成水平，透过一个角顶瞄准山坡棱线，便估测出坡度。

李小刚报告他有个生来随身带的量角器。只见他伸出左手，使劲张开拇指和食指，其余三指并拢，说：“拇指和中指的夹角是 90°，食指和中指的夹角是 40°～45°。”

同学们都说这个量角器真棒！申志远高兴地表扬了李小刚，从只知张口要办法，进步到了自己想办法，说这是可喜的飞跃。这么一说，倒使调皮的李小刚第一次显出了羞涩［sè］的笑容。

## 测 角 仪

同学们绕到青云岭山下，正巧碰上公社勘测队在进行地形测量。测量员熟练地操作着土造仪器，不停口地报告出测量数据。李小刚看到一位操纵着量角器式测坡仪的年轻叔叔停了下来，赶紧凑上去，以恳求的口吻说：“叔叔，教教我们这个仪器吧。”

测量员轻蔑地瞟了李小刚一眼，说：“你还是给我靠边稍息吧。”

“叔叔，您可别从门缝把人看扁了。我们是沙岭中学测量小组的。”

“喔！这么说我们还是同行。”测量员风趣地说。

老校长赶来说：“是给你送徒弟来了。”

一阵欢笑停下，测量员开始了介绍。他说：

“现在教你们制作一种量角器测角仪。”它由照准装置、量角器、支架三部分组成。照准装置，由水平板、对物觇板、接目觇板构成。水平板用长 60 厘米、宽 3.5 厘米、厚 1.5 厘米不易变形的木条制作，觇板固定在两头；靠近接目觇板处钻一螺杆孔，同支架结合。觇板是木质的，长 5 厘米、宽 3.5 厘米；接目觇板中央钻一直径 1 毫米的小觇孔，对物觇板开一长 3 厘米、宽 2 厘米的长方窗，窗上用马尾或金属丝安装一十字丝网。十字丝网由上中下三根水平横丝和一根垂直相交的竖丝组成；上下水平丝到中丝的距离要相等，上下丝的距离要准确地等于觇孔到中丝距离的百分之一；中丝与觇孔的连线与水平板要平行。量角器，用胶合板或普通木板做成直径 25 厘米的半圆，以圆弧中央为 0°向两边刻注角度分划，然后固定在水平板一侧；固定的时候，圆心与 0°分划的连线与水平板面要垂直，并在圆心钉一小钉，以便吊垂球。支架为直径 3 厘米、长 1.5 米左右的木杆，上端有一螺杆孔，用作固定照准装置。

介绍完仪器的结构，测量员接着示范起测坡度的方法。他将支架垂直插在测站，用螺杆将照准装置固定在支架上；在量角器圆心小钉上吊垂球；量出觇孔距地面的高度（叫仪器高）；然后，轻轻拧松固定螺杆，视线通过觇孔和中丝照准标杆上等于仪器高度处，拧紧固定螺杆；这时候，读出垂球线在量角器上指出的度数值，便是地面的坡度。当垂球线指 0°的时候，通过觇孔和中丝的视线便水平，测角仪也可以当作水准仪使用。

张杰看了半天，他不明白为什么垂球线指的是坡度？

徐老师象看出了他的疑问，启发说：“几何学上有个定理，两个角的边互相垂直，则两个角相等。”

张杰心中豁然开朗，深有感触地说：“数学真是一把打开科学大门的金钥匙！”

这时候，李小刚却在纳闷，为什么特别强调对物觇板的上下水平丝的距离，要等于觇孔到中丝距离的百分之一？

还是测量员帮他解开了疑团。他告诉大家，如果在测点垂直立一根刻有长度分划的标尺，观测的时候，就可以读出上下丝照准在标尺上的高度，那么，根据相似三角形的原理，测站到测点的距离便等于：

（上丝读数－下丝读数）×100

同学们听了高兴地说：“这种仪器可真有用啊！”

## 辨方向

### 指北针的用处

太阳绕过头顶，同学们准备下山了。申志远决定穿过山下的森林直插沙岭镇。

一路欢笑一路歌，他们逶迤〔wēi yí〕地走下洒满阳光的青云岭，进入密密的大森林。张杰看着这前不见边、上不见天的密林，心里直嘀咕：爷爷讲过，人穿密林驴趟〔tāng〕河，十有九个打磨磨。便对申志远说：“申叔叔，咱为啥放着山脚下那条大路不走？偏要穿这森林？”

申志远和蔼可亲地说：“张杰，我们正是有意让同学们走这条路，学会在密林中辨方向。你想，如果这森林里有宝藏，要不要进来找？如果这森林里空降了特务，要不要进来捉？就说挖药材吧，密林里有各种珍贵的药材，你要不要进来采？”

“当然要进！”张杰毫不犹豫地回答。

这时候，李小刚学着大人的腔调，拍拍张杰的肩膀，说：“小老弟，知难而进者无绝路。懂吗？”逗得大家直笑。

目标明确两腿轻。同学们劈开荆棘，正在挖药材，突然，眼前出现了一小片林中空地。申志远一声令下：“停止前进！”他紧皱眉头，环视四周，显出一副忧虑的样子，说：“在山上看这个森林，方圆不过一千来米，向正西穿出这森林很快就到沙岭镇。可是现在走了一个多小时，还没见边，搞不好咱们真是打磨磨了。”一席话说得同学们都紧张起来。

李小刚满有把握地说：“我们是顺青云岭西坡下来进的森林，现在青云岭在背后，当然前面就是西方，照直前进准能到沙岭镇。”

一些同学听了觉得有道理，可是，王勇反问道：“现在森林挡住了视线，看不见青云岭，你怎么肯定在背后？如果咱们打了转转，也许现在面朝青云岭了哪。”

同学们一听这话也有道理，谁也说不准沙岭镇到底在哪个方向。

老校长听着同学们的争论，笑眯眯地掏出指北针。李小刚一看，叫了起来：“老校长，你怎么不早拿出来？”

“早拿出来，你还知道辨方向的重要？”老校长说着把指北针交给了申志远。

申志远把指北针平放在地上，磁针摆动了一会儿停下来，涂有黑色的一端准确地指出了北方。申志远面朝磁针指出的北方，告诉大家，左边是西，右边是东，背后是正南。

大家按照申志远讲的方法，一下子就找出了去沙岭镇的方向。

申志远说：“有了指北针，行军走路就可以不迷失方向了。但是用起来还要学会按方位角运动的本领。”

李小刚急了：“什么叫方位角？”

申志远看了他一眼，意思是不让他着急，解释说：“从某点 0 的指北方向线起，依顺时针方向转到目标方向线形成的水平夹角，就叫方位角。”

他接着开始了表演，测量附近一棵大树的方位角：首先转动指北针的分划圈，使“0”分划对正注有“北”字的指标（叫做归“0”）；然后视线通

过指北针盒上的缺口、准星瞄准目标（大树）；读出磁针北端在分划圈上指出的度数（315°），即为目标的磁方位角。

王勇边看边想：如果先知道了目标的磁方位角和距离，不就可以找到目标的位置吗？他把想法说了出来。

申志远高兴地说：“按磁方位角行进，就是根据的这个道理。”这时候，徐老师把印好的按磁方位角行进路线略图发给同学们。申志远告诉大家，按照图上标示的路线，就可以穿越这个密林。他解释说，这个略图是示意性的，并不是按比例和实际方向画的。只是把各转弯的明显目标（测量上叫做方位物）画了出来。象②点方位物是一个水塘，③点方位物是独立房，④点是小亭子。还要把两个方位物之间的磁方位角写在路线旁边的分子上，距离写在分母上，括号外是换算成的复步数。

接着，申志远带领大家，按磁方位角图前进。

第一步，使指北针归“0”；第二步，将指北针端起与眼同高，使磁针北端指向 250°分划，这时通过缺口、准星向前方瞄准，瞄准线即为前进方向，因为看不到②点方位物，便在照准线上选了一个辅助方位物；第三步，沿照准线数着复步前进，走到辅助方位物前，仍按原方位角瞄准，仍看不到②点方位物，便又选了一个辅助方位物，照此一直走到 170 复步（255 米）距离时，果然有一个水塘。

申志远说：“倘若走到预定距离仍不见转弯点的方位物，应以站立点为圆心，以距离的十分之一为半径画圆，在这一范围内寻找，只要不是发生了错误，或地形有了变化，一般是可以找到预定方位物的。”他强调说，“必须找到了预定方位物的确实位置后，才可以继续向下一点前进。绝不要迷迷糊糊就转弯。”

在路上，老校长跟大家说：“在缺少方位物的沙漠、戈壁、草原、森林中行进，为了保持正确的行进方向，可以每走一定距离，在背后留个标志，象放一块石头，插一根树条或在树杆上作个记号等，只要同一段行进线上的所有标志都在一条直线上，就证明没有偏离原照准的方向线。这种掌握行进方向的方法，叫叠标线法。”这么一说大家都记起来了，《林海雪原》里的孙达得，就是利用这种方法侦察出了去威虎山的路线。

张杰问：“在行进路线上，要是碰到障碍物走不通，怎么办呢？”

李小刚忙说：“我也在想这个问题，有办法。”他指着身旁的水塘说：“在行进路线上碰上了这个障碍，只要顺着行进路线，在障碍物对面选一个辅助方位物，然后绕过障碍走到辅助方位物跟前，把绕过的这一段直线距离加到前面走过的距离上，便可继续照原方向前进，这样准能保持住方向。”

申志远说：“障碍物有两种，一种是象水塘这样的能从障碍物这边看到对面的，叫能通视障碍。遇到这种障碍，可以采取李小刚讲的方法绕过。还有一种是不能通视的障碍，无法在对面选出辅助方位物，就要采取走平行四边形法绕过障碍。”他画了个图，讲解着方法：

第一步，在障碍物近旁的 A 点选定迂回的方向（向左或右），并选择一个辅助方位物 B，测出 AB 线的方位角；第二步，步测走到 B 点后，按原行进路线的方位角照准，在照准线上选择辅助方位物 C；第三步，步测走到可以

绕过障碍的 C 点，按 AB 线的反向方位角（即 AB 线的方位角±180°）照准，然后沿照准线前进，当走到等于 AB 的复步数时停止前进，停止点 D 便回到了原行进方向线上。

申志远反问大家：“这样绕过了障碍应该把哪一段长度加到 A 点以前走过的距离上？”

“把 BC 的长度加上去。”同学们齐声回答。

大家都为自己不仅学会了测量方法，而且把数学知识也用上了很受鼓舞。李小刚滑稽地说：“叔叔的经验多又多，写成书来一大箩，叔叔的方法真叫好，理论实际记得牢；叔叔讲了我就会，就是没个指北针——嗨！光跟着跑。”他象撒了气的皮球似的，脑袋一耷拉。徐老师忍不住噗哧一声笑了。她说：“两千多年前，我们的祖先就能造指北针，今天你还不能自己动手造一个？明天下课以后，请申叔叔教你们每个人做一个指北针。”

在老校长的指北针的指引下，同学们没用多长时间，就穿出密林，到了沙岭镇。

## 土法造指北针

下课后，小组的同学们在操场上集合。大家把事先通知带来的缝衣针、软木瓶塞和水碗等东西拿出来了。

申志远说：“好，现在咱们就自己做个指北针。”说着，他拿出一块马蹄形磁铁，磁铁一端写着“N”，另一端写着“S”。同学们一看，就知道 N 代表北极，S 代表南极。申志远又从挎包边拔下一根大缝衣针，平放在木板上，用磁铁的 S 极，顺着针尖方向磨了十几下，然后横穿在一个小软木塞中央，说：“这就是一个磁针。”这时徐老师递过一碗水。申志远将做好的磁针轻轻放在碗里，磁针被软木托着在水面上，微微摆动了几下，停了下来。

申志远指着磁针问：“哪头指北？”

经过一番争论统一了看法：由于同性相斥，异性相吸的道理，用磁铁的 S 极磨针尖，针尖便被磁化产生 N 极特性，所以指向北方。拿过老校长的指北针一检验果然不错。大家不由得鼓起掌来。

“指北针为什么能够老是指向北方呢？”申志远提出问题，自己又接着回答，“因为地球是个大磁体，地球的南极和北极附近有两个大磁极。磁针也有南北两极。磁体的特性是同性相斥，异性相吸，所以指北针总是指着南北方向。不过严格地讲，地球磁极不在正南、正北，所以指北针指的也不是正北，而是稍稍偏东或偏西一点。”

同学们越听越有兴趣，还没等下命令，就都利用通知带来的工具，动手做了起来。不大会儿，每人的碗中都出现了一个指北针。大家欢快地互相比较着，看谁做得好。

不知为什么，苏一萍碗中的指北针，老是懒洋洋的，拨弄一下动一动，不拨就不动。申志远走过来一看，原来她把针插在一个暖水瓶的大塞子上。便对她说：“你想想，这么个小磁针，能有那么大力量带动这么重的东西？”苏一萍一听明白了，忙掏出小刀要把木塞切开。申志远赶忙制止她：“好好

的塞子，切坏了多可惜。”接着拣起一根枯草秆，折成三小段，并拢一起穿在针上，又放进水碗，这时磁针象仪表上的指示针，灵巧地摆动起来，正确地指出了北方。

刚刚为苏一萍排除了故障，这边张杰又告急了。他叫喊着：“我的磁针闹无政府主义了。你们看它老溜边，象被胶水粘在碗边上一样。”大家围拢一看，发现了问题的症结。因为他用的是搪瓷碗，瓷里包着铁，扰乱了磁针的指向。

张杰若有所悟地小声说，“哦！原来指北针也会迷失方向呀！”

申志远笑着说：“指北针也会失灵，它碰到其他带磁性的东西，就会失去作用。例如靠近磁铁矿、高压电线，或者碰上雷电，都会扰乱指北针的磁性，使它不能指南北。”

## 利用阴影辨方向

同学们都为自己不仅学会了使用指北针，还学会制作指北针而高兴。

可是，李小刚并不就此满足，问道：“申叔叔，如果不用指北针能辨别出方向吗？”

“自古就用指北针测方向，就你特别。”一个同学责怪地说。

苏一萍说：“申叔叔讲过，在有些场合就不能使用指北针，再说如果没有指北针怎么办？”

王勇接着说：“我爷爷就能看太阳识方向。他说：早晨六点太阳出东海，晚上六点太阳落西坡，正晌午时太阳南天坐。根据这个道理就可以利用影子测南北方向。”

“好，你就给大家讲讲怎么利用影子测方向吧。”申志远对王勇说。

王勇拿过一根高 1 米左右的直棍，垂直插在地上，又拣起一块小石子放在插杆影子的顶点 A 处。等了约摸一支烟工夫。又在插杆影子顶点 B 处放下一块小石子。他将两块小石子连成一条直线。

张杰抢先说：“我知道了 AB 直线指南北。”

李小刚哈哈大笑起来。他说：“你错了。太阳由东向西转，影子便由西向东移，所以两次影子顶点的连线指的是东西方向。作 AB 直线的垂直线，靠插杆的一端便指南，相反方向指北。”

大家都说李小刚讲的对。张杰哼了一声说：“不见得吧！太阳是恒星，怎么会转？应该说是地球由西向东自转。”

李小刚调皮地说：“老弟说的对，是地球自转。不过——相对运动嘛，也可以看作是太阳由东向西移动，对吧？”

大家在练习中发现，用这种方法测方向，等的时间越长，插杆越高，测得越准。李小刚说：“我看用这方法在不同季节测出的结果肯定不同。”

王勇说：“所以这是一种概略测方向的方法。我爷爷盖房子的时候测定南北方向，用的是另一种比较准的方法。”

## 测 真 北

王勇让李小刚帮忙，在地上以 0.5 米、1 米、1.5 米作半径画了三个同心圆，然后将木棍非常垂直地插在圆心。他让同学们坐下，观察影子的移动。当影子顶点刚好接触到内圆周的时候，他在接触点上作了个记号；过了一会儿，影子顶点又移到第二个圆周上，他又作了个记号。这时候王勇说：“我爷爷就是这样从上午观察到下午，在每个圆周上都作出两个记号（上午一个，下午一个）。把同一圆周上的两个记号连成一条直线，然后找出三条直线的中点，再把三个中点和圆心连成一条直线，这条直线就是南北方向线。因为太阳的方向和影子的方向总是相反的，所以立杆的方向是南方。”

“这个方法就叫真北测定法。”申志远说。

苏一萍不明白地问：“两点就可以连成一条直线，有了圆心，再加一个中点不就行了。干嘛还要画三个圆呢？”

王勇说：“如果测得很准的话，那么三个中点和圆心的连线应重合在一起，如果不重合，取它们的平均位置，这样就更准些。不过画三个圆还有个重要作用。”

“叫做有备无患。”没等王勇说完，李小刚抢先说，“用这个方法，要从上午测到下午，而且要在影子接触圆周的一瞬间准确作出标记，假若就在这一瞬间，乌云遮住了太阳，看不清影子，或者是因为疏忽影子走过了，遇到这些情况，如果只有一个圆的话，这一天就白等了。有了第二、第三个圆作预备，就免得误事。”

李小刚见大家都满意他的解释，说：“乖乖，用这个方法咱就别回家了，都瞪着两个大眼盯着这影子走一天吧。”

## 手表代替指北针

申志远笑着说：“方法要为人所用，人怎会被方法限制死。例如掌握了太阳和时间的关系，手表就可以代替指北针，作我们的向导。”

“那太妙了！”李小刚高兴地叫了起来。

申志远接过徐老师的手表，看了看正好是下午两点。然后，将表平放在笔记本上，拣起一根细草棍，讲道：“现在是下午两点，按一天 24 小时计算，也就是 14 点。”他将草棍垂直立在表盘上 7 点（14 点除以 2 得 7 点）的分划上，接着慢慢转动表的位置，使草棍的影子通过表盘中心。他问同学们：“表盘上的‘12’字指什么方向？”

大家仔细一看，惊奇地回答说：“‘12’字指北方。”不知是谁喊了一声：“嘿！真巧。”

“巧是巧，不过可不是巧合，这是有科学道理的。大家想想看，是什么道理？”申志远启发着同学们。

王勇心想：早晨 6 点，太阳在东，影子指西，这时候将时针指向太阳，那么表盘上的“12”字便指西，如果将表盘转动 90°，也就是把 6 点折一半，使表盘上的“3”字对太阳，那么表盘上的“12”字不就指北了吗。同样道理，中午 12 点，太阳在南，影子在北，将 12 点折半使“6”字对向太阳，表盘上的“12”字便指北方。他想了想，在其它时间也都刚好把时间数折半对向太阳，表盘上的“12”字指北方。可是为什么时针总比太阳走的快一倍呢？

申志远启发他从地球的自转上再想想。这么轻轻一点，王勇思路豁然开

朗：“哦！原来地球一昼夜自转一周，而时针在表盘上转动两周，因此，时针走的角度总比太阳走的角度快一倍。”

申志远称赞王勇的独立思考精神。接着他把利用太阳和时表测定方向的方法，归纳成一个便于记忆的口诀：

时数折半对太阳，

“12”字指北方。

申志远说：“利用太阳和时表测定方向既简单又好记，但是，也有个缺点，就是不那么准确。越靠赤道，误差越大。在我国北回归线即北纬23°30′以南的地区，象广州、南宁、海南岛和西沙、东沙、南沙群岛，夏季的中午，太阳偏北方，所以不能采用这种方法，也不能利用影子测方向。”

## 照片上面有方向

申志远突然掏出了一样东西，那是前几天他和同学们在学校后山宝塔下的合影照片。这张有意义的照片同学们都珍爱如宝，几乎人人随身带。可是，此时此地申志远把它拿出来干什么呢？

同学们正在诧异，申志远风趣地说：“老校长真是手艺高，不仅为我们摄了影，还把南北方向也照上了。”这话把同学们说得更疑惑不解了，一齐掏出了那张合影，可怎么也看不出画面上有南北方向。顿时，大家领悟到，很可能又是一个新课题。

张杰皱着眉头说：“申叔叔，你就快讲讲吧，别急我们了。”

李小刚急忙打断他的话，说：“等一等，让我再想一想，好吗？”他紧盯着照片上宝塔的阴影，心想，立竿见影能辨方向，根据这个影子能不能呢？可是利用影子辨方向至少要记下同一个目标的两个影子才行啊，而照片上只留下一个影子能行吗？

与此同时，王勇双眼也集中在宝塔的阴影上。但是，他的思路更开阔一些，联想到运用时表测定方向的道理：中午12点，太阳在正南方，影子指正北；地球一天转360°，所以每小时转动15°，好比太阳绕地球转动了15°，因此影子也就每小时转动15°的偏角……

想到这里，王勇一阵心喜，说：“有了！”接着问徐老师，那天拍照是几点钟？

“下午两点。”徐老师说。

王勇在照片上轻轻标出了宝塔阴影的中心线，将量角器的圆心对正宝塔底部的中心点，以阴影中心线方向为准向西量取30°，画出方向线。同学们一看明白了，这条方向线指的是南北方向。

为什么向西量 30°正好是南北方向呢？有些同学还不大懂得这个道理。

王勇把自己的想法讲了一遍。他说：“影子自西向东每小时移动 15°，这里和北京是一个时区，所以，下午两点阴影向东偏离正北方的角度应该是：15°×2＝30°，因此，将阴影向西（顺着阴影看，向左）反回 30°，便是北方。”

申志远非常满意地听完了王勇的回答，又补充说：“如果是在上午，就应该以阴影中心线为准，向东（顺着阴影看，向右）量取阴影的偏角；同时，

计算偏角的方法也有些不同。”他写出计算阴影偏角的公式：

上午：阴影偏角＝15°×（12 时－摄影时间）

下午：阴影偏角＝15°×（摄影时间－12 时）

老校长说，他过去当侦察兵就曾用过这种方法测定敌后目标的方位。

申志远还告诉同学们，由于科学技术的高度发展，航空摄影测量已广泛地运用于经济建设和军事侦察上。懂得了上面的道理，将来拿到航空照片，就可以在上面辨明目标的方位，还能分析出飞机的航向哩！

同学们听得心花怒放。

## 万物生长靠太阳

在回家的路上，王勇讲了一个稀罕的事儿，说他爷爷看看树头，摸摸树皮，就能知道南北方向。

李小刚一听俏皮地说：“你爷爷可真神啦。”

“这是真的。”王勇指着路旁的一棵大树说，“你看那棵树，南面的枝叶长得多茂密，树皮也光滑，而朝北的一面恰好相反。”

“这是啥原因呢？”张杰问。

王勇说：“万物生长靠太阳。南面向阳，树就长得快，枝叶茂密，树皮也光滑。”

“很对。”申志远说，“万物生长靠太阳，这是一个非常普通的规律，根据这一规律就可以找出许许多多辨别南北方向的方法。即使没有指北针、手表，甚至看不见太阳也不致迷失方向。”

经申志远这么一启发，同学们再看周围，似乎满目景物都在指方向。

李小刚看着墙边的一棵树桩叫了起来：“你们看，这年轮朝南的一面稀，朝北的一面密。这一定是因为朝南的一面长得快。”

张杰看着一片果实累累的柿子、山楂园说：“朝南的果子熟得早，皮色也鲜艳。”

徐老师补充说：“这种现象在北方的苹果园、红枣坡和南方的桔子园、荔枝林里更明显。”

细心的苏一萍指着一片蚂蚁窝，说：“蚂蚁为了使自己家里暖和些，洞口都朝南开，还在洞口堆个挡风墙哩！”大家再仔细一看，这蚂蚁洞口还有名堂：挡风墙的南面平缓北面陡，一定是为了好晒太阳。

紧接着，同学们议论开了，联想到平时的所见所闻，提出了许许多多根据物体受阳光、气候等自然条件的影响而形成的可作为辨别方向的特征。例如：

农村正房，门朝南开；庙宇、宝塔大都坐北朝南；

松树、杉树朝南的树干上树脂多、结块大；

突出地面的物体，南面干燥、青草多，冬季积雪先融化，北面潮湿、青苔多，冬季积雪难融化；凹下的物体情况正相反；

成群的大雁春末从南向北飞，到了中秋又从北向南飞。

同学们，你一条我一条，条条都是好经验。最后申志远归纳说：“在运

用这些经验的时候，要特别注意对具体事物作具体分析，不能犯形而上学的毛病。例如说，树木朝南的一面枝叶茂密、树皮光滑、年轮较稀，这是指的独立树，而森林里的树木，由于互相遮挡阳光的缘故，这种现象很不明显，甚至会完全相反。另外，由于我国土地辽阔，各地区的自然条件差异很大，在掌握共同规律的基础上，要特别注意总结当地的特殊规律。例如，在华北地区，冬季多刮西北风，夏季多刮东南风；在辽西丘陵地区，松柏树大都生长在北坡。掌握了辨别方向的一般规律又掌握了特殊规律，才能行走千里不迷向。辨别方向的时候，还要注意多种方法结合运用，以互相补充、互相验证，得出正确的答案。”

## 星星亮晶晶

这是一个伸手不见五指的夜晚。学测量小组的同学们正在夜行军。

同学们按照出发前申志远提出的要求，个个精神抖擞，如同战场上的小侦察员，腰束皮带，臂扎白毛巾，不打手电，不说话，一个跟一个地前进着。约摸走了个把小时，从队前传来向申志远靠拢的口令。同学们摸黑围住申志远。旷野里寂静得悄然无声。

当同学们靠拢来以后，申志远说：“现在利用休息时间，大家谈谈体会。”

愿打头阵的李小刚首先开了腔：“我体会走夜路一定要高抬脚掌轻落地。”

“为什么？”一个同学问。

“高抬脚可以避免被石头、树根等绊倒，轻落脚可以防止踩到凹坑里闪着腰。”

“还可以减小响声。”张杰补充说。

苏一萍说：“出发前应研究好行军路线，记住路途上的明显目标，行进中好辨别走的路线对不对。”

张杰又补充说：“我体会，夜间从低处向高处看目标清楚些。”

“对。这叫透空观察。还可以采取听流水声、看灯光等方法判明到达的位置。”申志远说。

李小刚接着说：“我看最重要的是，必须随时辨明方向，不要闭着眼睛打转转。”

“夜间到处漆黑，怎么辨方向？”几个同学小声议论着。

李小刚仰望着繁星密布的天空问：“常听说北斗星亮晶晶，仰望北斗不迷向。书上也那么写，歌里也那么唱，可我怎么就是找不着它。”

“哦，那是说的根据北极星辨别方向。”申志远说，“北斗星并不指北，北极星才指北。人们常常把北极星叫成了北斗星，那是个大误会。”

“哪个是北极星？”同学们问。

申志远指着天空说：“找北极星倒是常常要请北斗星帮帮忙。”他指着东北方向的天空说，“那里有七颗比较明亮的星星，连起来好象一把舀〔yǎo〕水的勺子，所以土名叫它勺子星，也就是常说的北斗星，学名叫大熊星座。”

这么一说，同学们很快就找到了。申志远又说：“把大熊星座勺边上的两颗星星连成一条直线，并向勺口方向延长，在大约等于两颗星星间隔五倍的地方，有一颗比较明亮的星星就是北极星。它是小熊星座勺把上最后一颗

星，是个恒星，位于北方的上空。找到了北极星，东西南北的方向就可以辨别出来了。”

“申叔叔，大熊星座老是在那个位置吗？”张杰问。

“不。”申志远说，“大熊星座不停地环绕北极星旋转着，所以有时会转到地平线以下，看不到。”

李小刚说：“那找北极星又麻烦了。”

申志远笑笑说：“没关系。在大熊星座的对门有个仙后星座，也可以根据它找到北极星。”

同学们顺申志远手指的方向看去：仙后星座是由五颗星星组成，亮度与大熊星座差不多，形状象英文字母“W”。申志远说：“所以仙后星座又叫W星。顺着‘W’字缺口方向看去，约为整个缺口宽度两倍处，也可以找到北极星。”

徐老师说：“在北回归线以南的地区，夜间可以利用南十字星座辨别方向。南十字星座主要由四颗明亮的星星组成，形状象‘十’字。将A、B两星连线向下延长，约为两星距离四倍半处，就是正南方。”

李小刚看着冉冉〔rǎn〕升起的月亮，灵机一动问王勇：“你说能看月亮辨方向吗？”

王勇对这个问题想过很久，但一直没搞清，便对申志远说：“叔叔，你说呢？”

## 月亮也能指方向

申志远说：“利用月亮测定方向，方法类似利用时表和太阳。”

“叔叔，月亮升起的时间可不象太阳那么固定，对吗？”李小刚说。

“对。”申志远说，“不仅月亮升起的时间不固定，而且也不象太阳那样老是圆圆的。它有时候圆，有的时候缺；有时候左边亮，有时右边亮；有时候一天天圆起来，有时候一天天缺下去。可是，这一切变化都是有规律的。掌握了它的奥妙，就可以任我所用。”

他接着画了当晚的月形，并用虚线把月亮缺的部分连成了圆形，从中央画了一条直径；又把直径分为12等分，光亮的部分占了9等分。他看看表说：“现在的时间是23点；23－9＝14； 这个计算出来的14，是白天14点的时候，太阳刚好升到现在月亮的位置上。”

“这么说，把计算出来的时数14折半，用表盘上的7字对向月亮，‘12’字就指向北方啦？”李小刚听完了以后赶忙问。

“很对。”申志远说，“如果是农历下半月，应把观测的时数加上月亮光亮部分的等分数，然后折半对月亮。”接着他把利用月亮、时表测定方向的方法归纳成一个口诀：

先把圆月分作12分，
再看亮的占几等分；
时数加（减）等分数，
得数折半对月亮，

“12”字指北方。

“为什么观测时数加或减月亮光亮部分的等分数，就是白天太阳走到月亮位置的时刻呢？”大家一齐提出这个问题。

申志远没有解答，反倒问大家：“你们想过吗，为什么有时候月亮会缺一部分？”

“缺的部分被遮住了呗。”几个同学随口回答。

李小刚认真地思考着说：“月亮是地球的卫星，离地球最近，没有别的星球能挡住月亮。再说，只有恒星才发光。月亮只有太阳照射它才反射光亮，所以缺的部分一定是太阳没照着，我们看不见。”

这时候，申志远指着画好的图进一步解释说：“月亮出现圆缺现象，是由于它不停地绕着地球转动，地球又带着它绕太阳转；太阳、地球、月亮三个星球的位置不断变化，月亮被太阳照亮的一面，就以不同的角度对着地球。有时候，光亮的一面全部对着地球；有时候，部分对着地球，所以站在地球上看月亮，有时候圆，有时候缺。在农历初一那天，月亮走在 A 的位置，正好和太阳在同一方向上，月亮被太阳照亮的一面背着地球，所以我们看不见月亮。假设看得见的话，就可以把月亮当作太阳测定方向。”

让同学们思考了一下，他继续说：“因为月亮从西向东绕地球转动，过了初一，被太阳照亮的一面逐渐转向地球，便露出月牙；随后，慢慢加大朝向地球的光亮面，月牙也就逐渐加大，直到农历十五，月亮走到 B 的位置，被太阳照射的一面，全部朝向了地球，我们看到的便是全圆月亮。过了十五，月亮又慢慢偏离 B 的位置，朝向地球的光亮部分又逐渐缩小，直到月底重新回到 A 的位置，又看不见了。这样周而复始，就是月亮出现圆缺的道理。”

“为什么要把整个圆月分为 12 等分,观测的时数加或减光亮部分的等分数，得出的时数便是白天太阳走在夜晚月亮位置的时刻呢？”

申志远说：“月亮自西向东绕地球转，每天约向前移 13°2′。地球由西向东自转，每天必须多转 13°2′，约 50 分钟时间，月亮才能升到前一天的位置。所以，农历上半月，月亮越来越圆，升起的时间越来越晚。从初一看不见月亮到看到圆月，中间约需 14 天半时间；月亮升起的时间共推迟 14.5×50′＝725′=12（小时）。所以，把整个圆月直径分为 12 等分，每一等分代表 1 小时，光亮部分占几等分就说明月亮又比初一晚升起几小时。因此在上半月，把观测的时数减去月亮光亮部分的等分数，便是白天太阳升到月亮位置的时间。”

“为什么下半月要加光亮部分的等分数呢？”

“这和两个人在环形跑道上赛跑一样，开始两人的距离逐渐拉开；当第一名把第二名拉下半圈以后，跑道上两人的距离反而逐渐缩小；如果第一名让第二名一圈的话，那么第二名就跑在了前面。同样道理，在月亮比太阳晚升起 12 小时以后，反而相当于提前一天升起。所以，下半月光亮部分的等分数就代表它提早在太阳之前升起的小时数；把观测的时数加上光亮部分的等分数，便是太阳出现在月亮位置的时间。”申志远这深入浅出的解释，使同学们仿佛进入了科学的宫殿，是那样的迷人。

## 画张简略的地形图

同学们早就把学画地形图要用的东西准备齐全了。铅笔、直尺、三角板、橡皮、白纸，都是平时用的文具，不必去买。只是还需要一块“测图板”，要想办法解决。有两个同学用旧木板做了一块，有的用纸夹子、硬纸板或石板代替。

这一天天气很好，蔚蓝色的天空，金灿灿的阳光映照着祖国的山河。申志远领着大家来到了东山坡。同学们曾经在这里测量过许多次，今天要学习画地形图了。大家都很兴奋，画地形图是多么重要啊！打仗的时候有用，平时在建设中也有用，人类生活在地球上，怎么能少得了地形图哩！

申志远给大家讲了一个小侦察兵的故事。他说，抗日战争时期，有一个小侦察兵，他机智地通过了敌人三四道封锁线，把敌人阵地的火力部署摸得清清楚楚，哪里有暗堡，哪里有机枪，哪里兵力多，哪里兵力少，他全记在心里。但是，他那时既不会量距离，也不会测图，没法把这些情况准确地汇报，结果只好重新派人去侦察，使这次出击推迟了两天。这位小侦察兵难过极了，知道光有打敌人的愿望还不行，要下决心学习测量和测图，后来他练出一身硬功夫，成为一名出色的侦察兵。

这个故事激起了同学们学测图的热切愿望。在开始画图以前，申志远对大家说：“今天教同学们测绘地形略图。测绘的地区，是对面那两个小山包，从左边山脚的那棵独立树起，直到右边山脚的那座小屋为止；还要把我们站立的这座小山测绘下来。测绘的时候，按着一选、二标、三定、四测、五整这五个步骤进行。现在我们就开始测绘。”

## 选定测绘目标和测站

“第一步，”申志远说，“我们测绘的是简略地形图，不能把什么都测绘下来，所以要选好需要测绘的目标。另外，还要选定测绘时候站立的地点，叫测站。”

申志远接着告诉大家，测地形略图就是要根据测图目的，把主要的地形资料测绘下来。地形，包括地物和地貌两部分。地物就是地上的固定物体，例如江河、道路、森林、房屋等等；地貌就是地球表面高低起伏的面貌，例如高山、凹地、平原、丘陵等等。他转而问大家，在这张地形图上，主要应测哪些东西？

经过一番议论，大家一致同意要测出前面两座山，山上的两棵独立树、房子，山顶上的三角点（三脚架），山下的公路、池塘，还有大家站立的这个山及山脚上的独立房、坟墓。这些东西都是这个测区的主要地形资料，不论对经济建设还是对作战都有意义。

在确定测站位置时，申志远说：“要选择一个合适的地点，在那里可以把需要测绘的目标都测绘下来。所以测站位置，既要便于观察测区，又要便于测绘作业，在战场上还应注意隐蔽。测绘地形略图应尽量在一个测站完成，如果测区范围大，地形复杂，就需要几个测站。”这时李小刚插嘴说：“我看咱们站的这个山顶，居高临下，在这一点就可以测完这张图。”他的意见，

得到了大家的赞同。

## 标定图纸的方位

申志远说：“第二步，是标定图纸的位置。先把图纸的一边和图板的边对齐，用夹子夹好。图板可以放在石头、土坎等稳固的物体上。放的时候，注意定好图板的方向。我们要测绘的地区是东西长南北短的长方形，因此图纸的长边应该顺着东西方向放好。还要注意使图纸的边和要绘的地边平行。”他检查了一下大家放图板的方向，接着说，“图板放好以后，测绘时就不能再移动了。为了让别人知道地形略图的方向，应在图纸的一角用箭头标出南北方向来。”

## 定测站的图上位置

申志远看大家都按要求做好了，接着说：“测图的人站在测绘地区的什么部位，应该先在图纸上定出来。这叫确定测站点在图纸上的位置。现在大家看看我们站立的这点，在整个测区的什么部位？”

张杰说：“我们站的这点，以东西来说，在测区的中央；以南北来说，在测区的南边。”

申志远问：“那么在图上应定在哪里呢？”

靠近申叔叔的李小刚，拿起铅笔在图纸下面中央的地方点了个点，说：“定在这里。”

大家凑过来看，都说定得挺准。申志远也满意地点了点头，让大家都把图上测站点定出来，插上测针。测针就是一根大缝衣针，只是在针鼻上插着一个笔杆粗、约 1 厘米长的木柄，便于手捏。

## 测绘地物和地貌

申志远看大家都定好了，接着说：“测站点标好以后，准备工作就算完成了。现在开始讲测绘目标的方法。这一回，我们先从左边山顶上的三角点测，大家看好。”他将三棱尺（或用直尺），靠在测针的左边，右手垂直拉起拴在尺一头的细线，左手按住尺身，眯起左眼，右眼视线通过细线瞄向三角点的木架

中央，这时左手轻轻绕着测针转动三棱尺，一直转到三棱尺的上棱与视线重合（也就是对准了三角点）为止。他贴着尺右边在图纸上画了一条线，这条线正好通过测站点直指三角点。申志远说：“你们看，三角点是不是应该在这条直线上面呢？”

大家都说那三角点就应该画在图上的这条直线上，只是还不知道应该在直线的哪一点上。

申志远说：“这根直线叫做方向线，在图纸上用来指示目标的方向。但是要知道目标在方向线的哪一点上，还需要知道目标和自己的距离，大家测

测看。”

同学们忙着测量三角点和自己的距离，他们有的用跳眼法，有的用臂长尺法，也有的用视角法，测得的结果都在 250 米上下。申志远说：“反正我们用的都是概略的方法，就取平均数 250 米吧！250 米远的三角点，要是按这个实地距离画在图纸上，别说没有那么大的图纸，就算有那么大的图纸，看图的时候，还得骑着摩托车在图上跑哩！”这句话说得大家都笑了。

王勇说：“应该把距离按比例缩小。”

“对。”申志远说，“地图上写的比例尺是什么意思，你们知道吗？”

“知道，如果那上面写 1：10000，那就是说，地图上画的一厘米长的距离，实地的距离是 10000 厘米，也就是 100 米。”苏一萍回答。

“对。测图比例尺应根据测图要求和图纸大小确定。根据多数同学用的十六开图纸，要测绘下整个测区，只能采取
1：2500 的比例尺。250 米在二千五百分之一的图上只有 10 厘米，就是在方向线上取距离测站点 10 厘米的那一点。有的同学的图纸大些，可以采用 1：1000 的比例尺。250 米的千分之一，就在图纸上取 25 厘米长的距离。不过大家要记住，

在同一张图纸上，千万不能用两个比例尺，否则就要乱套了。那个三角点在图纸上又应该怎样表现呢？”

“就画一个三角架在上面。”李小刚回答。

“如果在图纸上你这样画，他那样画，测出的图，谁都看不懂。所以，要有统一的地物符号。在规定地物符号的图形时，有的按照地物的平面图形，例如居民区、河流；有的是按照地物的侧面图形，例如水塔、独立树；也有的是根据地物的有关意义制定的，例如矿井、气象站。”申志远归结说，“地物符号就象象形文字一样，和实际地物形状总有相似之处或内容的联系。”他打开地物符号本，大家传看起来。同学们按照申志远讲的方法，在自己的图纸上画出了第一个目标。

画好了左边山顶上的三角点，同学们继续测绘左边山脚上的那棵树。当他们把方向线画好，正准备量距离的时候，申志远告诉大家，不需要每一个目标都测量，只要把山顶上那个三角点和山坡上那棵树比较一下，就可以大致确定在图上了。他说：“山顶上的三角点比山坡上的那棵树大约远五分之一，在图纸上，取比山顶上的三角点大约近五分之一的距离就行。其它的目标也同样可以这样比较。用这种比较法测绘，速度会大大加快。”

同学们按照申志远的要求，自左至右，或自右至左有次序地把房屋、树木等都测画好了。申志远开始教大家画山前那条弯曲的公路。他说：“公路、铁路、河流、电线等叫做线状地物，在图纸上需要按比例测画出它的长度，它们的宽度不需要按比例画。这么长的公路怎么定方向线呢？可以把公路上的主要转弯点：房屋、三叉路口和小树等，先测定在图纸上，再根据公路弯曲的情况，把三个点依次连接起来，就把公路画在图纸上面了。”

同学们照着这个方法，把公路画在图纸上了。根据同样的道理，把池塘的几个角点先测定在图上，然后勾画出池塘的符号。现在只剩下山没有画了。有个同学问，在那张地物符号图表上，表示山的符号是一圈套一圈的曲线，这是什么意思呢？

申志远说：“在地形图上，山用等高线表示。等高线就是假设把一座山从山脚到山顶，按照相等的厚度，水平地一层层切开；把这些切口线垂直投影在图纸上，就变成了一圈套一圈的曲线。因为每圈曲线表示的高度相等，所以叫做等高线。现在让我们测量一下对面两座山各有多高。”大家量了一下，对面东边山高约 30 米，西边山高约 40 米，现在站的这座山约高 50 米。

申志远说：“在地形略图上，只要表示各个山的高低比例就可以了，不需要画太多的等高线。所以，我们可以把东边那座山画三根等高线，西边那座山画四根等高线，我们站的这个南山画五根等高线。可是，这些山画在图纸的什么地方呢？”

王勇说：“在山上选一些点，测出在图纸上的位置和高程，然后把相等高程的点连成曲线，就是等高线。”

申志远说：“画地形略图，还有更简便的方法。你们看，针叶独立树和三角点都在山顶上，阔叶独立树、房屋和山前的道路，基本上都在山脚，根据这些点，就可以估计着把等高线画出来。”接着，申志远给大家示范了测绘等高线的方法。第一步，测定山顶、山脚、鞍部等地貌控制点的位置；第二步，连分水线（山背上的凸棱线）、合水线（山谷中最低凹的线）；第三步，根据山的等高线数量，在分水线、合水线上确定每条等高线的通过点；第四步，根据地貌的弯曲形状，将同高的等高线通过点，用圆滑曲线连接起来，便成为等高线图。

申志远还说，在标准的地形图上，等高线是按一定的高程来画的，所以图上要注明等高距和高程起算的水准点。

大家边说边画，把三座山的等高线都画好了。申志远说：“在等高线的外面，要加上几根短线，表示这是高山。凹地在图上也用等高线表示，但每加一圈等高线就表示它比地平面低多少米。画凹地等高线时，要在等高线的里面加几根短线。短线与曲线垂直，指着斜坡下降的方向。”

## 整饰检查

等高线也画完了，同学们都急着请申叔叔检查。申志远说：“别着急，这张图还没有完成，还需要整理修饰一下。图纸上画的那些方向线要擦去；画得不够清楚的地方，要描清楚，符号不准的要画准；最后再写上图名、测图人的姓名、测图日期，这样才算完成。”

当同学们看到这一大片景物被自己画在一张小小的图纸上的时候，心里的高兴劲儿真没法形容。申志远说：“这是第一次测图，大家学会了测地形图的基本方法，以后多练习练习，就会测绘得更快、更准确。使用地形图时，首先要找出自己站立的地点在地形图上的位置，然后转动地形图，和实地的方向一致，这样就能把地形图上标记的符号和实物一一对照起来，大地上的山山水水，在地形图上都能一目了然。”

同学们看着自己生平第一次测出的地形图，心中真有说不出的高兴。大地被搬到了图纸上，李小刚陶醉地朗诵起诗来。

# 记忆测图

在回校的路上，申志远给大家讲了一个侦察兵小王同志的故事。

那次，我军准备派小分队潜入敌后炸毁一个大型弹药库。侦察兵小王接受了行动前的侦察任务。他化装成放羊娃，靠近了仓库地区。仓库座落在三个山包中间的山岙〔ào〕里，敌*人警戒森严，不准上山顶，小王无法侦察到库区情况。他急中生智，掏出小刀，朝两只羊屁股上猛刺两刀，被刺的羊怪叫着撒腿飞跑，整个羊群都乱了。小王紧跟着跑上山顶的两只羊，敌人流动哨急忙赶来，揪住小王的头发，巴掌、皮靴上下夹攻，打得他满脸是血，十冬腊月被扒了个净光，衣服抖了三遍，折腾了足有半小时。最后，敌人没有从他身上发现疑点才放他走。当时小王是又冷又疼，但是心里可乐开了花。他乘机将库区的几个目标看得清清楚楚，凭着他平时勤学苦练学下的本领，把各个目标硬记下来，到了安全地带画了一个简图，圆满地完成了任务。后来，我爆破组将炸药分开捆在羊肚皮下带到敌人仓库区山下，一举将敌人主要库房炸上了天。

“申叔叔，小王叔叔是怎么记下来的？”同学们都急着知道这个奥妙。

申志远说：“他是用的分片记忆法。这种方法最重要的是要将自己所要侦察的地区看成一个整体，然后分作几部分，联系起来记。不仅记清目标数量和单个目标的特点，而且要搞清楚整个侦察区的方位和各目标的关系位置。这样才不至于记乱了。”

“哎哟！既要记单个目标，又要记关系位置，还要靠记忆画出来，我看不长个高级脑瓜别想干！”李小刚俏皮地说。

“世上无难事，只怕有心人。这就靠平时苦练了。”申志远画着示意图讲解，“小王是根据侦察区里明显的目标——道路，按南北、东西方向画出纵横轴，把整个库区分成了东北、西北、东南、西南四小片；再分别记住每个片里的目标和关系位置，这样就记得一清二楚了。”

“哦，我懂了。这是运用数学的坐标原理。东西与南北轴线相当于 X 、Y 轴，四小片相当于四个象限。”李小刚恍然大悟地说。

“对！”

大家说着说着到了校门口，老校长从里面迎了出来。同学们争先恐后地将自己画好的图拿给老校长看。老校长看到同学们的成绩，乐得合不拢嘴。最后，他说：“好，就让实践考考你们吧。”

## 第一次做贡献

老校长告诉大家，水寨子大队正在进行水利规划，要求学测量小组为他们测绘一张地形图。

同学们一听，又是高兴又是担心。高兴的是刚学了测图就能为“四化”建设做贡献；担心的是完不成任务，辜负了贫下中农的期望。

李小刚却毫不在乎地说：“有申叔叔保驾，我们不怕完不成测绘任务。”

老校长浓眉一皱，说：“还要告诉大家，申志远同志今天晚上就要随部队返回驻地去了。他留下一本《实用水利测量学》，希望大家在徐老师的指导下认真学习，提高测绘本领，巩固文化知识，好为四个现代化服务。”

一席话说得同学们心里热呼呼的。

同学们象准备奔赴战场的战士那样，紧张地进行应急训练——学习《实用水利测量学》。大家还根据书上写的方法，自己制作了二、三十种测量工具和仪器：有测高程的水准仪，测角度的经纬仪，测图用的小平板仪，还有测尺、测钎、定规、标杆……，真是应有尽有，琳琅满目。谁看了都相信他们准能打胜仗。

经过一个星期的周密准备，学测量小组开赴考场了。他们分成两个小组，一组由王勇带领，一组由李小刚带领，两个小组暗暗地进行竞赛，废寝忘食、一丝不苟地测绘着。满山遍野，龙腾虎跃，水寨子的每一寸山山水水几乎都留下了他们的足迹。

没用一星期的课余时间，整个水寨子大队就被搬到了图纸上。经县水利局鉴定，测出的图完全符合要求。生产大队长高兴地当晚就召集社员大会，讨论水利规划方案。

水寨子地形图，端端正正地挂在会场正面墙壁中央。社员们争先恐后地围上来，看了又看。一位老大爷，特意戴上老花镜，手在图上摸摸这，摸摸那，象是摸出了山河的高低，激动地说：“这就是俺世世代代住的水寨子啊！看那山，那河，那不连北山沟里的两个泉眼都画上啦！”

一位小青年，激情满怀地朗诵起来：

“啊！
清泉流水哗啦啦，
水库电站来安家；
今日感谢测量组，
明日四化再戴花。”

欢笑、鼓舞，整个水寨子大队都沸腾起来了。