



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

工程测量实训

(建筑设备专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 李 莲

中国建筑工业出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

工程测量实训

(建筑设备专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 李 莲

主审 王根虎 王光遐

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量实训/本教材编审委员会组织编写; 李莲主编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2007
教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业教
育技能型紧缺人才教学用书. 建筑设备专业
ISBN 978-7-112-08601-6

I. 工... II. ①本...②李... III. 工程测量-
教材 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 153651 号

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

工程测量实训

(建筑设备专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 李 莲

主审 王根虎 王光遐

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9½ 字数: 227 千字

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 15.00 元

ISBN 978-7-112-08601-6

(15265)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本教材共分为九个单元，主要介绍了测量基本知识、误差基本理论、地形图基本知识和施工测量基本知识；测量基本技能：水准测量、角度测量、距离测量及其仪器的使用；直线定向与控制测量的基本理论知识；建筑工程施工测量及设备安装测量的基本内容；最后以南方 NES-320 为例，简单介绍了全站仪的基本功能与应用。

本书可供中职学校建筑设备专业的师生使用，也可供相关专业技术人员参考。

* * *

责任编辑：齐庆梅

责任设计：赵明霞

责任校对：王雪竹

本教材编审委员会名单

主 任：汤万龙

副主任：杜 渐 张建成

委 员：(按拼音排序)

陈光德	范松康	范维浩	高绍远	侯晓云	李静彬
李 莲	梁嘉强	刘复欣	刘 君	邱海霞	孙志杰
唐学华	王根虎	王光遐	王林根	王志伟	文桂萍
邢国清	邢玉林	薛树平	杨其富	余 宁	张 清
张毅敏	张忠旭				

出版说明

为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》精神，2004年10月，教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》，确定在建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业领域实施中等职业学校技能型紧缺人才培养培训工程，全国有94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地，通过构建校企合作培养培训人才的机制，优化教学与实训过程，探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施，充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念，有利于职业学校从建设行业人才市场的实际需要出发，以素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，加快培养建设行业一线迫切需要的技能型人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施，满足教学急需，中国建筑工业出版社在跟踪“中等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”（以下简称“方案”）的编审过程中，广泛征求有关专家对配套教材建设的意见，并与方案起草人以及建设部中等职业学校专业指导委员会共同组织编写了中等职业教育建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备、建筑智能化四个专业的技能型紧缺人才教学用书。

在组织编写过程中我们始终坚持优质、适用的原则。首先强调编审人员的工程背景，在组织编审力量时不仅要求学校的编写人员要有工程经历，而且为每本教材选定的两位审稿专家中有一位来自企业，从而使得教材内容更为符合职业教育的要求。编写内容是按照“方案”要求，弱化理论阐述，重点介绍工程一线所需要的知识和技能，内容精炼，符合建筑行业标准及职业技能的要求。同时采用项目教学法的编写形式，强化实训内容，以提高学生的技能水平。

我们希望这四个专业的教学用书对有关院校实施技能型紧缺人才的培养具有一定的指导作用。同时，也希望各校在使用本套书的过程中，有何意见及建议及时反馈给我们，联系方式：中国建筑工业出版社教材中心（E-mail: jiaocai@cabp.com.cn）。

中国建筑工业出版社

2006年6月

前 言

本书是根据教育部、建设部联合制定的“中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”编写的，内容上注意体现概念准确、方法正确、注重实训的特点，基本理念以必需、够用为度，着重介绍了建筑工程测量基本技能的培训与训练。

本书突出了技能型紧缺人才培养的特点，符合技能型人才培养培训的目标。本教材按照建筑工程设备技术专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案的要求，以岗位职业能力培训为重点，教材编写以项目为教学组织单元进行单元能力训练。

本书由新疆建设职业技术学院李莲担任主编。并承王根虎和王光遐先生审阅，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中存在某些不妥、缺点，敬请广大读者及同行不吝赐教。

目 录

单元 1 测量基本知识	1
课题 1 测量基本知识	1
课题 2 地面点位的确定	2
课题 3 地形图的基本知识与应用	4
课题 4 施工测量基本工作	14
课题 5 测量误差基本知识	16
思考题与习题	18
单元 2 水准测量与水准仪	19
课题 1 水准测量原理	19
课题 2 水准仪及其使用	20
课题 3 水准测量方法	25
课题 4 水准仪的检验	30
思考题与习题	31
单元 3 角度测量与经纬仪	33
课题 1 角度测量原理	33
课题 2 经纬仪及其使用	34
课题 3 水平角测量方法	42
课题 4 角度测量误差及经纬仪的检验	48
思考题与习题	53
单元 4 距离丈量与测距仪	55
课题 1 距离丈量基本概念	55
课题 2 测距工具及仪器	55
课题 3 距离丈量方法	57
思考题与习题	62
单元 5 直线定向与控制测量	64
课题 1 直线定向	64
课题 2 控制测量	65
思考题与习题	75
单元 6 民用建筑施工测量	77
课题 1 施工测量基本工作	77
课题 2 民用建筑物的定位放线	88
课题 3 建筑物基础施工测量	98
课题 4 墙体施工测量	99

课题 5 高层建筑施工测量	101
思考题与习题	105
单元 7 工业建筑施工测量	107
课题 1 厂房矩形控制网与柱列轴线的测设	107
课题 2 基础施工测量	107
课题 3 厂房构件安装测量	108
课题 4 暖通设备安装及管道施工测量	111
思考题与习题	124
单元 8 建筑物变形观测与竣工总平面图的编绘	125
课题 1 建筑物的变形观测	125
课题 2 竣工总平面图的编绘	129
思考题与习题	130
单元 9 全站仪及其应用	132
课题 1 全站仪的基本构造与功能	132
课题 2 全站仪的基本应用	134
思考题与习题	140
主要参考文献	141

单元 1 测量基本知识

知识点：测量基本知识，地形图基本知识，施工测量基本知识，误差基本知识。

教学目标：了解测量基本知识、地形图基本知识，熟悉施工测量基本知识、误差基本知识，掌握测量基本概念、施工测量基本概念、误差基本理论。

课题 1 测量基本知识

1.1 测量学的任务与作用

测量学是从不同的角度，用不同的方法研究地球的形状、大小以及地球表面地物和地貌形状、位置的一门科学。

建筑测量学是研究建设工程项目在设计、施工和管理阶段所需要进行的测量工作的基本理论和方法的学科。它的内容主要包括测定和测设两个部分。

测定是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算，得到一系列测量数据，再把地球表面的地物和地貌缩绘成地形图，供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。

测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来，作为施工的依据。

在工业或大型民用建筑竣工后，为了便于管理、维修和扩建，还需进行竣工测量，绘制竣工平面图。有些高大和特殊的建（构）筑物在施工期间和建成后还要定期进行变形观测，以便积累资料，掌握变形规律，为工程设计、维护和使用提供资料。

施工放样的进度与精度直接影响施工进度和施工质量。因此建筑物的施工放样必须遵循“由整体到局部”、“先控制后碎部”、“高精度控制低精度”的原则和工作程序。由此可见，测量工作贯穿于暖通工程的全过程，是工程质量的重要保证。

1.2 测量基本知识

（1）地球的形状和大小

测量工作是在地球表面进行的。要测量地球表面点的相对位置，必须首先确定一个共同的坐标系，以此为参照，各点间的相互位置关系就能确定了。如何确定这一共同的坐标系，则与地球的形状和大小有密切关系。

我们已经知道，地球的自然表面是非常不规则的，有陆地和海洋，陆地上有平原、高山和盆地。其中陆地上最高的珠穆朗玛峰，于 2005 年 10 月 10 日上午 10 点，由国务院新闻办公室刚刚公布了最新测得珠峰的高度 8844.43m。位于太平洋中西部马里亚纳群岛东侧的马里亚纳海沟是一条非常著名的海沟，最大水深在斐查兹海渊，为 11034m，是地球的最深点。但是这样的高低起伏，相对于地球的近似半径 6371km 来说是非常小的。在工

程项目建设领域, 建筑工程的场地内的地面点间的高度变化, 相对于地球的近似半径而言, 更是微不足道的, 同时由于海洋约占地球表面的 71%, 所以人们通常把地球总的形状看成是被海水所包围的圆球体。

(2) 测量工作的基准线和基准面

由于地球的自转运动, 地球上任意一点都要受到离心力和地心吸引力的双重作用, 这两个力的合力称为重力, 重力的方向线称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线, 可用悬挂垂球的细线方向来表示。

假设某一个静止的海水面延伸穿越陆地, 包围整个地球, 形成一个闭合的曲面, 称为水准面。由于水准面是流动的水体受地球重力的作用而形成的, 其物理特性是在同一曲面上的任何一点具有相等的重力势能, 因此水准面是重力等势面, 它的特点是该面上的任意一点的铅垂线 (与重力的方向线一致) 都垂直于该点所在曲面的切面。与水准面相切的平面是水平面, 水平面内的任意方向的直线均为水平线。任何自由静止的水面都是水准面, 因高度不同, 水准面有无数多个。

由于受到风浪和潮汐的影响, 完全静止的海水面是不易求得的。因此, 人们通过在海岸设立一系列验潮站, 求得一个平均的海水面来代替假想的静止的海水面, 称为大地水准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体, 通常大地水准面是地面点高程的起始面。

课题 2 地面点位的确定

地面点与大地水准面的相对位置, 一般由三个量来完全确定, 它们是地面点在大地水准面上的垂直投影位置 (平面位置) 和地面点到大地水准面的铅垂距离 (高程)。

2.1 高 程

地面点到高程基准面间的铅垂距离称为该点的高程, 工程上通常称为标高。高程基准面分为国家统一的高程起算面和根据工程实际需要, 为方便计算和工作而假设的高程起算面。国家统一的高程起算面是大地水准面, 是指在标准状况下, 即没有风浪与潮汐的状况下, 地球表面上自由静止的包围地球的海水面, 实际上是指平均海水面, 它是一个封闭的曲面。因此大地水准面是惟一的。

地面点到大地水准面间的铅垂距离称为绝对高程, 又称“海拔”, 用 H 表示。

我国目前采用的大地水准面是“1985 国家高程基准”, 由国家测绘局 1987 年发布的, 根据青岛验潮站 1952~1979 年验潮资料计算, 确定的黄海平均海水面作为全国统一的高程起算面, 并由该起算面精确测量推算得青岛水准原点高程为 72.260m, 如图 1-1 所示, 全国各地的高程则以它为基准进行测算。

如果某项建筑工程远离已知高程的国家控制点, 也可指定工地上某个固定点所在的水准面为假定水准面, 则该点的相对高程为零, 该工区各工程部位的高度均以这个水准面为起算面, 即地面点到假定水准面间的铅垂距离, 称为该点的相对高程——标高, 这样所测的各点高程都是以同一假定水准面为起算面, 用 H' 表示, 将来如有需要, 只需与国家高程控制点联测, 再经换算成绝对高程就可以了。

在同一高程系统内, 两点间的高程差称为高差, 用 h 表示, 如图 1-2 所示。A、B 两

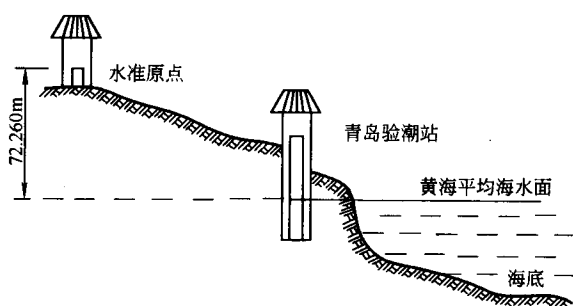


图 1-1 中国 1985 黄海高程系统示意图

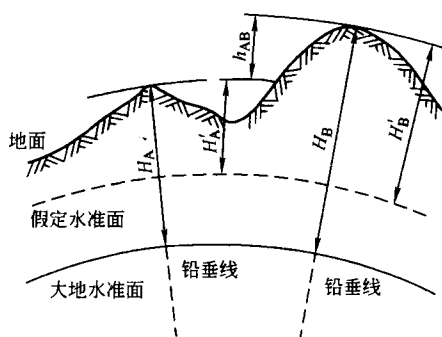


图 1-2 地面点的高程

点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B ，两点的相对高程为 H'_A 、 H'_B ，则 AB 两点间的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-1)$$

如果已知其中一点高程，通过测量的方法测出两点间高差，那么我们很容易确定另外一点的高程，具体的测量方法我们将在水准测量单元里详细介绍。

2.2 点的平面位置

根据计算结果，在半径不超过 10km 的圆范围内，可以认为地球曲率对测量地球表面上的水平距离的影响不大。尤其是建筑施工，场地相对来说不大，在施工过程中，可以用水平面代替水准面，而不考虑地球曲率对水平距离的影响，这样我们就可以用平面直角坐标来确定地面点的平面位置。

测量平面直角坐标系如图 1-3 所示，规定：在水平面上，两相互垂直的轴相交于原点，以南北方向轴为纵轴，指北为正，定义为 x 轴，指南为负；以东西方向轴为横轴，定义为 y 轴，指东为正，指西为负。测量平面直角坐标系与数学平面直角坐标系比较有所不同，主要有以下特点：

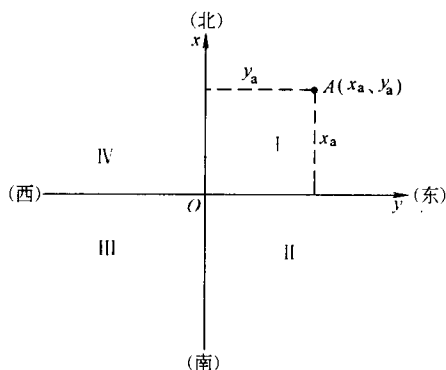


图 1-3 测量平面直角坐标系

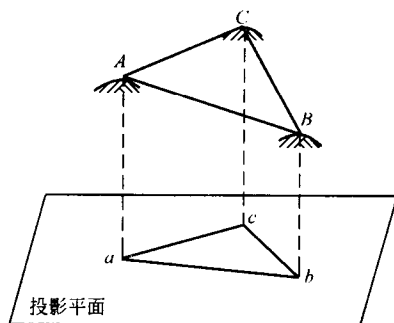


图 1-4 投影平面图

(1) 纵坐标轴为 x 轴，以北为正向；横坐标轴为 y 轴，以东为正向；

(2) 自 x 轴正向起顺时针旋转分别定义为 I、II、III、IV 象限。

坐标轴的变换，以及象限号的改变，使得数学上的所有三角函数在测量上均可用。随

着我们学习的深入，后面将具体讲解怎样通过测量角度、距离来计算地面点位坐标。

为工作方便，建筑工程中常常选用自由坐标系——相对坐标系进行平面位置的控制：在测区的左下角建立平面直角坐标系，使得测区内所有的点的坐标均为正，且点的坐标数值不大，工作、计算起来比较方便。

2.3 确定地面点位的三个基本要素

(1) 在实际测量工作中，一般不能直接测出未知点的坐标和高程，而是通过求得未知点与已知点之间的几何关系，然后再推算出未知点的坐标和高程。

如图 1-4，A、B 为已知坐标和高程的点，C 为待测点，三点在投影平面上的位置分别为 a 、 b 、 c 。在 $\triangle abc$ 中，只要测出一条未知边和一个角（或两个角或两条未知边），就可以推算出 C 点的坐标。由此可见，测定地面点的坐标主要是测量水平距离和水平角。

欲求 C 点的高程，则要测量出 A、C 或 B、C 之间的高差，然后推算出 C 点的高程。

所以测定未知点高程的主要工作是测量高差。

综上所述，高差测量、水平角测量、水平距离测量是测量工作的基本内容。高程、水平角、水平距离是确定地面点位的三个基本要素。

(2) 测量工作的原则和程序

测量工作的主要目的是确定地面点的坐标和高程。地球表面的形态复杂多样，但可看成是由许多特征点组成的。在实际测量工作中，如果从一个特征点开始逐点进行施测，虽可得到各点的位置，但由于测量工作中不可避免地存在误差，会导致前一点的误差传递到下一点。这样累积起来，可能会使点位误差达到不可容许的程度。因此，测量工作必须按照一定的原则和程序来进行。

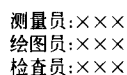
测量工作的原则和程序是“从整体到局部，先控制后碎部”。也就是先在测区内选择一些有控制意义的点（称为控制点），把它们的平面位置和高程精确地测定出来，然后再根据这些控制点测定出附近碎部点的位置。这种测量方法可以减少误差积累，而且可以同时在几个控制点上同时进行测量，加快工作进度。因此，“从整体到局部，先控制后碎部”是测量工作应遵循的一个原则，而先控制测量，后碎部测量是测量的工作程序。

此外，测量工作必须重视检核，防止发生错误，避免错误的结果对后续测量工作的影响。因此，“前一步工作未做检核不能进行下一步工作”是测量工作应遵循的又一个原则。

课题 3 地形图的基本知识与应用

3.1 地形图的基本知识

地形图是通过一定的测量、计算和制图工作，将地面上的地物、地貌的平面位置和高程，按一定的比例尺和规定的符号缩绘在图纸上形成的正射投影图。它是工程设计阶段进行平面布置、景观设计以及面积量算的依据，是施工阶段进行三通一平、现场布置以及布设施工控制网的依据。因此，施工技术人员不但必须掌握测量高程、水平角度和水平距离的基本方法，还必须了解地形图的基本知识，并在这个基础上正确地识读和应用地形图。地形图如图 1-5 所示。



地貌的起伏形状，如图 1-5 所示，而平面图只能反映地物的平面位置关系。

(2) 地形图的比例尺

地形图上某一线段的长度 d 与它所代表的实地相应水平距离 D 之比，称为地形图的比例尺，用 $\frac{1}{M}$ 的形式表示，即 $\frac{1}{500}$ 、 $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{5000}$ 、 $\frac{1}{10000}$ 等，也可记作 1 : 500、1 : 1000、1 : 5000、1 : 10000 等。 M 值越大，比例尺就越小。如比例尺 1 : 500 大于比例尺 1 : 1000，比例尺 1 : 2000 小于比例尺 1 : 500。

(3) 比例尺精度

在正常情况下，人眼直接在图上能分辨出来的最小长度为 0.1mm。我们将地形图上 0.1mm 所代表的实地水平距离称为比例尺精度，它可以反映出各种比例尺地形图的精确程度。

由表 1-1 可知，地形图的比例尺越大，它的精度就越高；比例尺越小，它的精度就越低。比如在工程设计中，为了能反应地面上 0.1m 的精度，所选地形图的比例尺就不能小于 1 : 1000。

比例尺与比例尺精度

表 1-1

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
比例尺精度 (m)	0.05	0.10	0.20	0.50

(4) 地形图的图幅尺寸及相应面积

为了统一开展测图工作和便于地形图的检索使用与保管，地形图均按一定的规则划分图幅并编号。一幅地形图其比例尺越大，对应地面面积越小；比例尺越小，对应地面面积越大。

(5) 地物在图上的表示方法

为了测图和用图的方便，地物要按统一规定的图式符号在地形图上表示出来，这种符号叫做地物符号。地物符号可分为比例符号、非比例符号、半比例符号和注记符号，图 1-6 (1)、图 1-6 (2)、图 1-6 (3) 是国家测绘局颁布的《地形图图式》(GB/T 7929—1995) 的部分内容。

1) 比例符号

按照测图比例尺将地物缩绘到图纸上，即表示地物的位置，又表示地物的大小和形状的符号称为比例符号。如房屋、体育场地、果园、湖泊等本身轮廓较大的地物都是用比例符号表示的。

2) 非比例尺符号

一些本身轮廓较小，无法按测图比例尺将其缩绘到图纸上的地物，但其却具有很重要的方位、地理作用时，则采用规定的符号将其中心位置测绘到图纸上，而不管其实际尺寸，这种符号称为非比例符号。如测量控制点、电线杆、地下管道的检查井、独立树等，都是用非比例符号表示的。

3) 半比例符号

一些本身轮廓呈带状延伸的地物，其长度可以按测图比例尺缩绘，而宽度无法按测图比例尺缩绘，我们采用长度按比例、宽度不按比例的符号来表示它们，称为半比例符号（亦称线形符号）。如铁路、通讯线路、围墙、栅栏和各种管道等，都是用半比例符号表示的。

GB/T 7929—1995

编 号	符 号 名 称	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
4.3.3	台阶			
4.3.4	室外楼梯 a. 上楼方向			
4.3.5	地下建筑物的天窗 a. 地下室 b. 其他通风口			
4.3.6	院门 a. 围墙门 b. 有门房的			
4.3.7	门墩 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的			
4.3.8	门顶			
4.3.9	支柱(架)、墩 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的			
4.4	垣墙			
4.4.1	长城及砖石城墙			
4.4.1.1	完整的 a. 城门和城楼 b. 台阶			
4.4.1.2	破坏的 b. 地面下的 c. 电缆标 d. 入地口			
7.3	管道			
7.3.1	架空的 a. 依比例尺的墩架 b. 不依比例尺的墩架			
7.3.2	地面上的			
7.3.3	地面下的			
7.3.4	有管堤的			

图 1-6 (1) 地形图图式

GB/T 7929—1995

编 号	符 号 名 称	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
7.4	地下检修井			
7.4.1	上水检修井		⊗ 2.0	
7.4.2	下水(污水)、雨水检修井		⊕ 2.0	
7.4.3	下水暗井		⊙ 2.0	
7.4.4	煤气、天然气检修井		⊗ 2.0	
7.4.5	热力检修井		⊕ 2.0	
7.4.6	电信检修井		⊗ 2.0	
	a. 电信人孔	a	⊗ 2.0	
	b. 电信手孔	b	2.0 ⊗ 2.0	
7.4.7	电力检修井		⊗ 2.0	
6.2.8	转车盘			
6.3	公路			
6.3.1	高速公路			
	a. 收费站			
	0——技术等级代码			0.4
6.3.2	等级公路			
	2——技术等级代码			0.7
	(G301)——国道路线编号		2(G301)	0.4
6.3.3	等外公路			
	9——技术等级代码		9	0.2
6.3.4	建筑中的高速公路			
	0——技术等级代码	8.0	2.0	0.4
6.3.5	建筑中的等级公路			
	2——技术等级代码	4.0	1.0	0.4
6.3.6	建筑中的等外公路			
	9——技术等级代码	4.0	1.0	0.2
6.4	其他道路			
6.4.1	大车路、机耕路	8.0	2.0	0.2
6.4.2	乡村路			
	a. 依比例尺的	a	4.0	1.0
	b. 不依比例尺的	b	8.0	2.0
10.3	崩塌残蚀地貌			

图 1-6 (2) 地形图图式