



测绘综合能力：工程测量

主讲：黄声享 教授
梅文胜 副教授

武汉大学测绘学院



工程测量考试基本要求



1. 根据工程**测量控制网**建立的分类，选择布设方案，确定施测方法。
2. 根据工程建设项目的需要，选择**测图**比例尺和基本等高(深)距，确定测图方法和生产流程。
3. 根据规划的法律法规文件和相关的技术标准，制定城镇规划**定线与拨地**测量的实施方案。
4. 根据**市政工程的**特点，确定测绘内容，选择测量方案。
5. 根据**精密工程**的特点，对项目设计书的控制测量方案的可行性、合理性进行分析和评估。
6. 根据**线路工程**的特点，确定工程初测和定测的方案。



工程测量考试基本要求



7. 根据**地下管线**工程项目要求，收集现状管线资料，实施现场调查程序，选择探测方法，确定探测仪器设备。
8. 根据施工项目对**施工测量**的要求，选择施工测量方案，确定施工测量的方法和仪器设备。
9. 根据**隧道测量**贯通精度，设计隧道测量的洞外和洞内控制测量方案。
10. 根据工程项目的要求和分类，选择**变形**和形变的观测方案，确定观测的方法与操作规程及所使用的仪器设备。
11. 根据**竣工测量**的要求，确定工程的测量技术方案。



工程测量考试基本要求



1. 布网
2. 测图
3. 定线与拨地测量
4. 市政工程施工测量
5. 精密工程测量
6. 线路工程测量
7. 地下管线探测
8. 施工测量
9. 隧道工程测量
10. 工程变形监测
11. 竣工测量



工程测量考试的复习



一、主要国家和行业的规范、标准

- GB 50026-2007 《工程测量规范》
- CJJ8-99 《城市测量规范》
- GB/T 15314-94 《精密工程测量规范》
- JGJ8-2007 《建筑变形测量规范》
- CJJ 61-2003 《城市地下管线探测技术规程》

二、要点

- 不同工程的特点、测量方案与作业流程



1. 工程测量控制网

- 根据工程测量控制网建立的分类，选择布设方案，确定施测方法



1. 工程测量控制网

□ 工程测量控制网是工程建设项目的空间位置参考框架，是针对某项具体工程建设的测图、施工及管理需要，在一定区域范围内布设的平面和高程控制网。工程测量控制网一般由工程建设单位或委托其它测绘单位来布设建立。



1. 工程测量控制网

一、工程测量控制网的分类

可以根据控制网的用途、性质、网形、施测方法、坐标系等的不同进行分类：

■ 按用途分类：

- ✓ 测图控制网
- ✓ 施工控制网（含安装控制网）
- ✓ 变形监测网

■ 按网点性质分类：

- ✓ 一维网（水准网、高程网）
- ✓ 二维网（平面网）
- ✓ 三维网



1. 工程测量控制网

一、工程测量控制网的分类

■ 按网形分类：

- ✓ 三角网
- ✓ 导线网
- ✓ 混合网
- ✓ 方格网

■ 按施测方法分类：

- ✓ 测角网
- ✓ 测边网
- ✓ 边角网
- ✓ GPS网
- ✓ 水准网



1. 工程测量控制网

一、工程测量控制网的分类

■ 按坐标系与基准分类：

- ✓ 约束网（附合网）
- ✓ 独立网
- ✓ 经典自由网
- ✓ 自由网

■ 按其他标准划分：

- ✓ 首级网
- ✓ 加密网
- ✓ 特殊网
- ✓ 专用网（如隧道控制网、建筑方格网、桥梁控制网等）



1. 工程测量控制网

二、布设方案

- 工程测量控制网的布设遵循大地测量学的一些基本原理，如要有坐标系和基准，要构成网，采用逐级布设方式等。根据工程的精度要求进行网的布设，建网步骤主要是：



1. 工程测量控制网

二、布设方案

- 1) 确定控制网的等级
- 2) 确定布网形式
- 3) 确定测量仪器和操作规程（国家或行业规范）
- 4) 在图上选点构网，到实地踏勘
- 5) 埋设标石、标志
- 6) 外业观测
- 7) 内业数据处理
- 8) 提交成果



1. 工程测量控制网

三、施测方法

□ 平面控制网的建立

- 卫星定位测量
- 导线测量
- 三角形网测量

□ 高程控制的建立

- 水准测量
- 电磁波测距三角高程测量：四等及以下等级
- GPS拟合高程测量：五等



1. 工程测量控制网

四、一般规定：参见《工程测量规范》

□ 平面控制测量的一般规定

1) 平面控制网精度等级的划分：

- 卫星定位测量控制网依次为二、三、四等和一、二级
- 导线及导线网依次为三、四等和一、二、三级
- 三角形网依次为二、三、四等和一、二级



1. 工程测量控制网

四、一般规定：参见《工程测量规范》

□ 平面控制测量的一般规定

2) 平面控制网的布设，应遵循下列原则：

- 首级控制网的布设，应因地制宜，且适当考虑发展；当与国家坐标系统联测时，应同时考虑联测方案。
- 首级控制网的等级，应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理确定。
- 加密控制网，可越级布设或同等级扩展。



1. 工程测量控制网

四、一般规定：参见《工程测量规范》

□ 平面控制测量的一般规定

3) 平面控制网的坐标系统，应在满足测区内投影长度变形不大于 2.5cm/km 的要求下，作下列选择：

- 采用统一的高斯投影 3° 带平面直角坐标系统。
- 采用高斯投影 3° 带，投影面为测区抵偿高程面或测区平均高程面的平面直角坐标系统；或任意带，投影面为1985 国家高程基准面的平面直角坐标系统。
- 小测区或有特殊精度要求的控制网，可采用独立坐标系统。
- 在已有平面控制网的地区，可沿用原有的坐标系统。
- 厂区内可采用建筑坐标系统。



1. 工程测量控制网

四、一般规定：参见《工程测量规范》

□ 高程控制测量的一般规定：

- 1) 高程控制测量精度等级的划分，依次为二、三、四、五等。各等级高程控制宜采用水准测量，四等及以下等级可采用电磁波测距三角高程测量，五等也可采用GPS拟合高程测量。
- 2) 首级高程控制网的等级，应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理选择。首级网应布设成环形网，加密网宜布设成附和路线或结点网。



1. 工程测量控制网

四、一般规定：参见《工程测量规范》

□ 高程控制测量的一般规定：

- 3) 测区的高程系统，宜采用1985国家高程基准。在已有高程控制网的地区测量时，可沿用原有的高程系统；当小测区联测有困难时，也可采用假定高程系统。
- 4) 高程控制点间的距离，一般地区应为1~3km，工业厂区、城镇建筑区宜小于1km。但一个测区及周围至少应有3 个高程控制点。



2. 工程测图

- 根据工程建设项目需要，选择测图比例尺和基本等高(深)距，确定测图方法和生产流程



2. 工程测图

- 工程建设项目的测图比例尺与设计阶段和设计要求有关。
- 工程规划设计阶段，所用的地形图一般比例尺较小，根据工程的规模可直接使用1:1万至1:10万比例尺的国家基本地形图。对于一些大型工程，往往还需要专门测绘1:2000到1:5000比例尺的区域性或带状性地形图，一般采用航空摄影测量的模拟法、解析法或全数字化法测图。而对于一般工程的地形图测绘，则大多采用地面测量方法用模拟的白纸成图或数字化机助成图法。



2. 工程测图

- 工程建设项目的测图比例尺与设计阶段和设计要求有关。
- 施工建设和运营管理阶段，往往需要用数字成图法测绘1:1000，1:500乃至更大比例尺的地形图或专题图。
- 工程测量中的地形测绘还包括水下（含江、河、库、湖、海等）地形测绘和各种纵横断面图测绘。



2. 工程测图

(1) 测图比例尺

- 地形图测图比例尺，根据工程的设计阶段、规模大小和运营管理需要，可按下表选用。
- 地形图可分为数字地形图和纸质地形图。

测图比例尺的选用

比例尺	用 途
1:5000	可行性研究、总体规划、厂址选择、初步设计等
1:2000	可行性研究、初步设计、矿山总图管理、城城镇详细规划等
1:1000	初步设计、施工图设计；城镇、工矿总图管理；竣工验收等
1:500	



2. 工程测图

(1) 测图比例尺

注：

- 1 对于精度要求较低的专用地形图，可按小一级比例尺地形图的规定进行测绘或利用小一级比例尺地形图放大成图。
- 2 对于局部施测大于1:500比例尺的地形图，除另有要求外，可按1:500地形图测量的要求执行。



2. 工程测图

(2) 地形图基本等高距的确定

□ 地形图的基本等高距，应按下表选用。

地形图的基本等高距 (m)

地形类别	比 例 尺			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平坦地	0.5	0.5	1	5
丘陵地	0.5	1	2	5
山地	1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

注：1 一个测区同一比例尺，宜采用一种基本等高距。

2 水域测图的基本等深距，可按水底地形倾角所比照地形类别和测图比例尺选择。



2. 工程测图

(3) 地形的类别划分

根据地面倾角(α)大小, 确定地形类别:

- 平坦地: $\alpha < 3^\circ$
- 丘陵地: $3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$
- 山地: $10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$
- 高山地: $\alpha \geq 25^\circ$



2. 工程测图

(4) 测图方法

□ 地形测图，可采用全站仪测图、GPS-RTK测图和平板测图等方法，也可采用各种方法的联合作业模式或其他作业模式。在网络RTK技术的有效服务区作业，宜采用该技术，但应满足《工程测量规范》地形测量的基本要求。



2. 工程测图

(5) 技术要求

- 全站仪测图、GPS-RTK测图、平板测图、数字地形图的编辑处理、纸质地形图的绘制等的测绘方法和具体技术要求见《工程测量规范》。



3. 定线与拨地测量

- 根据规划的法律法规文件和相关的技术标准，制定城镇规划定线与拨地测量的实施方案



3. 定线与拨地测量

- 定线：城镇规划道路定线
拨地：建筑用地界址拨定

(1) 一般规定

根据《城市测量规范》“7 城市工程测量”中的定线与拨地测量，其一般规定为：



3. 定线与拨地测量

- 1) 意义：该项工作是城市规划、建设具体实施的有效保障和进行设计、施工、管理的必要依据。
- 2) 坐标和高程系统：应按当地城市测绘行政主管部门的规定执行。若无明确规定的，应采用当地城市统一的坐标和高程系统；当面积较小，采用当地城市统一的坐标和高程系统有困难时，可采用假定坐标（包括建筑坐标）和假定高程系统。
- 3) 施测方法：应采用解析法作业。
- 4) 基础图比例尺：宜采用1:500~1:2000比例尺基本地形图或二底图作为展绘的基础图。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

- 1) 定线中（轴）线点、拨地界址点相对于邻近高级控制点的点位中误差不应大于**5cm**。
- 2) 定线、拨地导线测量的规定（略）



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

3) 定线、拨地的距离测量

可采用 II 级光电测距仪单程观测 1 测回；钢尺采用往返或单程双次丈量等方法，两次同精度丈量较差的相对误差：定线不应大于 $1/8000$ ，拨地不应大于 $1/5000$ 。距离测设也可采用光电测距与钢尺丈量相结合的方法，距离需进行尺长、温度和倾斜改正。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

4) 定线测量的技术规定:

➤ 规划道路定线测量主要为城市详细规划、各种市政工程的定线和拨地测量提供依据，起控制和保障作用。

➤ 定线测量的方法:

解析实钉法

解析拨定法



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

4) 定线测量的技术规定:

- 所定规划道路为已建道路，如已有等级导线点的，原则上不实定中线，只计算出各导线点至规划中线上各主要点和垂足的测设角、测设距（须注记于略图上或存贮于微机中），如无等级导线点的，原则上实定，其中线点位宜在以后与等级导线结合。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

4) 定线测量的技术规定:

- 定线需实测转角、交角，实量距离，以便与条件值校核（以条件值为准）。规划中线不能通视时，可在规划红线内能通视的地方用平行移轴法实定轴线，略图上注明轴线与中线的间距，也可直接定出红线。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

4) 定线测量的技术规定:

- 全线定完后，中（轴）线点须顺序编号，主要中（轴）线桩位应进行加固或换埋标石，并绘点之记。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

5) 拨地测量的技术规定:

- 拨地界桩主要用于标定用地的范围，并可作为建筑物定位、施工放线和验线的控制桩。
- 拨地测量的方法:

解析实钉法

解析拨定法



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

6) 规划行政主管部门下达的建筑物定位与验线测量任务，可按照拨地方法用经纬仪测定建筑物主轴线桩和对施工放线进行检验。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

7) 定线、拨地中的校核测量

- 在测量过程中，应进行校核测量，包括控制点校核、图形校核和坐标校核。施测前应检测所使用的等级导线和有关规划道路中线的转角、交角与检量边长，验直直线上相邻三点等，确保控制点无误后才使用。图形校核与坐标校核则要求有效和适当。定线、拨地测量的校核限差应符合下表的规定。



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

7) 定线、拨地中的校核测量

表 (7.2.8) 定线、拨地测量的校核限差

类 别		检测角与条件角 较差(")	实量边长与条件边 长较差的相对误差	校核坐标与条件坐 标计算的点位较差 (cm)
定 线	主干道	30	1/4000	5
	次干道、支路	50		
拨 地		60	1/2500	



3. 定线与拨地测量

(2) 具体技术规定要点

8) 内业计算与资料整理



4. 市政工程测量

- 根据市政工程的特点，确定测绘内容，选择测量方案



4. 市政工程测量

(1) 市政工程的特点

- 市政建设工程的定义：为新建、改建或扩建城市公用基础建设项目和附属建、构筑物设施所进行的规划、勘察、设计和施工、安装、维护和竣工等各项技术工作和完成的工程实体。
- 市政工程是指城市建设工程，主要是公路、街道、桥梁等的设计、施工。



4. 市政工程施工测量

(1) 市政工程的特点

- 同其他城市基础设施相比，市政工程有其独有的特点：一是由政府投资的公益性项目，其产品为公众使用；二是投资效益只能在其使用过程中显现。

正是由于市政工程具有这些特点，铸就了市政工程在城市建设中的特殊地位。市政工程主要服务于城市区域，政府的目标、交通的限制、便利市民的要求，市政工程的工期一般不会太长，属于“短、平、快”的建设性质。主要包括：道路、桥梁、园林、房建、给排水、照明 安装、工程装饰、各种水电气线路及管道。



4. 市政工程测量



(2) 测绘内容

- ❑ 工程准备阶段：地形测量和拨地测量，定、验线。
- ❑ 工程施工阶段：控制点、水准基点交接（控制测量）、施工放样及测量复核。
- ❑ 工程竣工阶段：竣工测量主要是竣工图测绘，包括：总平面图、纵（横）断面图。



4. 市政工程测量

(3) 测量方案：详见《城市测量规范》

- 1) 控制测量：平面控制和高程控制及图根加密：控制点选择、测量仪器与方法、精度要求；
- 2) 细部测量与现状图编绘：细部点选取、测定方法、精度要求；
- 3) 水下地形测量：方法、精度要求；
- 4) 测图比例尺：选用；
- 5) 线路带状地形图与工点地形图的测绘，线路中线测设：测设方法、精度要求；纵、横断面测量：测量仪器与方法。
- 6) 内业成图与资料整理。



5. 精密工程测量

- 根据精密工程的特点，对项目设计书的控制测量方案的可行性、合理性进行分析和评估



5. 精密工程测量

(1) 典型的精密工程

- 高能粒子加速器工程、大型核电站、高速（磁悬浮）铁路、大型水利枢纽工程、大跨度桥梁、大型隧道工程、高大建筑物等。



5. 精密工程测量

(2) 精密工程的特点

□ 大型，稀有、独特、复杂，耗资巨大，施工难度大，安全性要求极高，精度达计量级。



5. 精密工程测量



(3) 控制测量方案的分析评估内容

- 精密工程的控制测量方案设计涉及到测量理论和测量技术的具体应用，如：坐标系统、测量仪器、测量方法、分析方法等的确定，主要是测量精度要求和可靠性的保障，应遵循控制测量优化设计准则。
- 以大型粒子加速器为例：大型粒子加速器工程可分为设计、建设和服务三个阶段，其中建设阶段一般又分工程施工和设备安装两部分。在不同的阶段有着不同的测量工作，这些测量工作涉及到大地测量学、工程测量学、工业计量学等。



5. 精密工程测量



(3) 控制测量方案的分析评估内容

1) 工程设计阶段（实质就是基准的确定）

- 参考椭球体的设计
- 大地水准面设计与模型的建立（大地水准面模型和离差模型）
- 工作水准面的测量与模型的建立（垂线偏差模型）
- 仪器检校实验室建立



5. 精密工程测量

(3) 控制测量方案的分析评估内容

2) 工程施工阶段

- 建立地面测量控制网：定义测量坐标系、地面平面控制和高程控制的设计。
- 建立地面与隧道的联测网：联系测量的设计。
- 建立地下测量控制网：地下导线、陀螺经纬仪定向、地下高程测量的设计。
- 建立隧道变形监测控制网：巷道变形监测控制的设计。
- 隧道掘进和质量控制的有关测量工作：掘进方向、巷道横断面测量的设计。



5. 精密工程测量

(3) 控制测量方案的分析评估内容

3) 设备安装阶段

- 建立地下精密测量控制网（平面和高程）
- 设备的定位测量（平面位置、高程位置和横向倾斜状态）
- 设备的预组装测量
- 设备的组装测量



5. 精密工程测量

(3) 控制测量方案的分析评估内容

4) 设备服务阶段

- 加速器状态的检查测量（平面和高程）
- 隧道的变形测量
- 其它日常的测量工作



6. 线路工程测量

- 根据线路工程的特点，确定工程初测和定测的方案



6. 线路工程测量



一、基本概念

线路：是管道、道路、渠道及输电线路等的总称。

线路工程测量：在线路工程的勘测设计、施工安装与运营管理阶段所进行的测量工作。



二、线路工程测量的主要内容

- 中线测量；
- 纵、横断面测量；
- 带状地形测量；
- 施工放样；
- 竣工测量和有关调查工作等。

其主要目的是为设计、施工、运营管理提供必要的基础资料。



6. 线路工程测量



三、铁路、公路工程测量的各个阶段

- 初步方案，它根据有关政治、经济、交通和自然条件进行室内选线和野外勘查，全面分析、比较、提出路线的初步方案；
- 初测，它是在前面工作的基础上进一步安排路线，落实路线局部方案；
- 定测，它是在初步设计基础上，将纸上定线的路线方案进行实地放线；
- 施工检查，在建设过程中进行施工检查；
- 竣工测量。



四、铁路、公路勘测的初测与定测

- 初测是为初步设计提供资料而进行的勘测工作，初步设计的主要任务是纸上定线，经过经济、技术比较提出一个推荐方案。初测对初步设计方案中认为有价值的线路进行实测，即进行实地选点，定出线路方向，沿线进行导线测量和水准测量，并测绘带状地形图。
- 定测是在初步设计批准后，结合现场的实际情况确定线路的位置，并为施工设计收集必要的资料。



6. 线路工程测量

1 线路初测

初测在线路的全部勘测工作中占有重要的位置，它决定着线路的基本方向。

- 1) 选点插旗
- 2) 导线测量
- 3) 高程测量
 - 基平测量
 - 中平测量
 - 带状地形图测绘



6. 线路工程测量



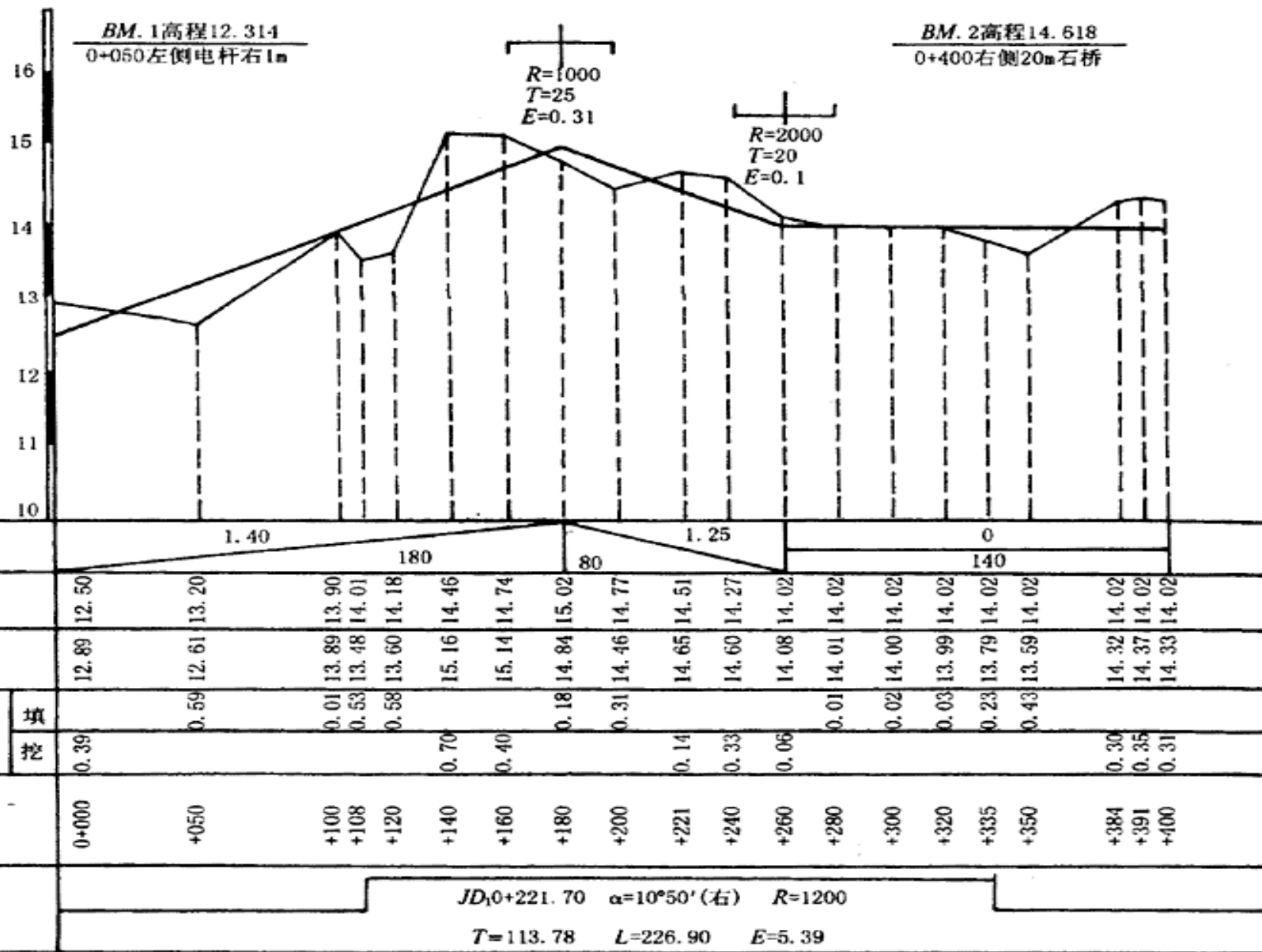
2 线路定测

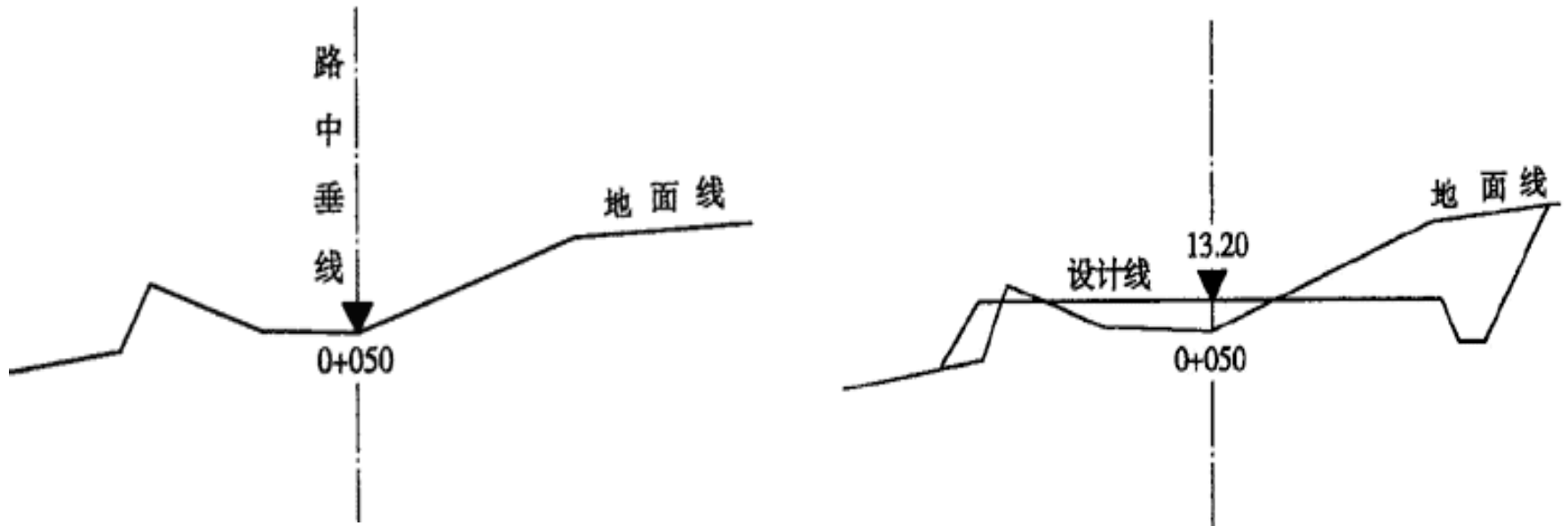
1) 中线测量

- 拨角放线法
- 支距放线法
- 全站仪极坐标法
- GPS RTK法

2) 中桩测量及曲线测设

3) 水准测量及纵横断面测绘





横断面图



7. 地下管线探测

- 根据地下管线工程项目要求，收集现状管线资料，实施现场调查程序，选择探测方法，确定探测仪器设备



7. 地下管线探测

一、 基本概念

- ❑ 确定地下管线属性、空间位置的全过程，统称为地下管线探测。
- ❑ 地下管线探测包括地下管线探查和地下管线测绘两个基本内容。
- ❑ 地下管线探查是通过现场实地调查和采用不同的仪器探测方法探寻各种管线的埋设位置和深度以及相关属性，并在地面设立测点—管线点。
- ❑ 地下管线测绘是对已查明的地下管线位置即管线点的平面位置和高程进行测量，并编绘地下管线图。



7. 地下管线探测

二、地下管线探查的一般要求

- 地下管线探查应在现场查明各种地下管线的敷设状况，即管线在地面上的投影位置和埋深，同时应查明管线类别、材质、规格、载体特征、电缆根数、孔数及附属设施等，绘制探查草图并在地面上设置管线点标志。
- 地下管线探查应在充分搜集和分析已有资料的基础上，采用实地调查与仪器探查相结合的方法进行。
- 地下管线隐蔽管线点的探查精度：

平面位置限差： $0.10h$ ；埋深限差： $0.15h$ 。

（式中 h 为地下管线的中心埋深，单位为 cm ，当 $h < 100\text{cm}$ 时则以 100cm 代入计算），特殊工程精度要求可由委托方与承接方商定，并以合同形式书面确定。



7. 地下管线探测



➤ 探查地下管线应遵循以下原则：

- ① 从已知到未知；
- ② 由简单到复杂；
- ③ 方法有效、快捷、轻便；
- ④ 相对复杂条件下，根据复杂程度宜采用相应综合方法



三、地下管线探查的物探方法

- 目前国内外用于地下管线探查的物探方法主要为**电磁法**。通过多年来大量的工程实践，证明电磁法在地下管线探查中应用最广泛，效果较好，速度快、成本低，是一种比较经济实惠的方法。
- 探查金属管道和电缆应根据管线的类型、材质、管径、埋深、出露情况、地电环境等因素选择探查方法：
 - ① 金属管道根据条件宜采用直接法、夹钳法及电磁感应法；



7. 地下管线探测

- ② 接头为高阻体的金属管道，宜采用频率较高的电磁感应法或夹钳法，亦可采用电磁波法，当探查区内铁磁性干扰小时，可采用磁场强度法或磁梯度法；
- ③ 管径（相对埋深）较大的金属管道，宜采用直接法或电磁感应法，也可采用电磁波法、磁法或地震波法；
- ④ 埋深（相对管径）较大的金属管道，宜采用功率（或磁矩）大、频率低的直接法或电磁感应法；
- ⑤ 电力电缆宜先采用被动源工频法进行搜索，初步定位，然后以主动源法精确定位、定深，当电缆有出露端时，宜采用夹钳法；
- ⑥ 电信电缆和照明电缆宜采用主动源电磁法，有条件时可施加断续发射信号。



7. 地下管线探测

□ 非金属管道的探查方法宜采用电磁波法或地震波法，亦可按下列原则进行选择：

- ① 有出入口的非金属管道宜采用示踪电磁法；
- ② 钢筋混凝土管道可采用磁偶极感应法，但需加大发射功率（或磁矩）、缩短收发距离(应注意近场源影响)；
- ③ 管径较大的非金属管道，宜采用电磁波法、地震波法，当具备接地条件时，可采用直流电阻率法(含高密度电阻率法)；
- ④ 热力管道或高温输油管道宜采用主动源电磁法和红外辐射法。



7. 地下管线探测

四、地下管线测绘

- ❑ 地下管线测量一般包括以下内容：控制测量、已有地下管线测量、地下管线定线与竣工测量、测量成果的检查验收。地下管线图的测绘，采用常规测图法，内外业一体化成图和其他数字测绘的方法进行。
- ❑ 地下管线点的测量精度：平面位置中误差不得大于 $\pm 5\text{cm}$ （相对于邻近控制点），高程测量中误差不得大于 $\pm 3\text{cm}$ （相对于邻近控制点）；
- ❑ 地下管线图测绘精度：地下管线与邻近的建筑物、相邻管线以及规划道路中心线的间距中误差不得大于图上 $\pm 0.5\text{mm}$ 。



8. 施工测量

- 根据施工项目对施工测量的要求，选择施工测量方案，确定施工测量的方法和仪器设备



8. 施工测量



一、基本概念

- **放样（测设）**：在施工期间，将图纸上的建（构）筑物、管线等的平面位置和高程，按设计和施工的要求放样到相应的地面上或不同的施工部位，并设置明显的标志，以此作为施工的依据。
- **放样与测量的区别与联系。**



8. 施工测量

二、施工测量的原则

□ 为保证各种建（构）筑物、管线等的相对位置能满足设计要求，以便于分期分批地进行测设和施工，施工测量必须遵循“**从整体到局部、先控制后碎部**”的原则，即首先在施工场地上，以原勘测设计阶段所建立的测图控制网为基础，建立统一的施工控制网，然后根据施工控制网来测设建（构）筑物的轴线，再根据轴线测设建筑物的细部（基础、墙体、门窗等）。施工控制网不单是施工放样的依据，也是变形观测，以及将来建筑物改、扩建的依据。



8. 施工测量

三、施工测量的主要内容

□ 施工测量贯穿于整个施工过程中，其主要内容包括：

- (1) 施工前建立施工测量控制网；
- (2) 建（构）筑物的放样（测设）；
- (3) 检查、验收工作；
- (4) 变形观测工作。



四、施工放样的常用方法

- 施工放样是施工测量的基本工作，在放样前，测量人员首先要熟悉建筑物的总体布置图和细部结构设计图，找出主要轴线和主要点的设计位置，以及各部件之间的几何关系，再结合现场条件、控制点的分布和现有的仪器设备，确定放样的方法。



8. 施工测量

常用施工放样方法有：

1) 直接放样方法

- ① 高程放样（水准仪，三角高程）
- ② 角度放样（经纬仪）
- ③ 距离放样（钢尺，测距仪）
- ④ 点位放样（极坐标法、全站仪坐标法、交会法、GPS RTK法等，采用经纬仪、全站仪、钢尺和GPS接收机进行）
- ⑤ 铅垂线放样（经纬仪+弯管目镜，光学铅垂仪法，激光铅垂仪）

2) 归化法放样

- ① 归化法放样角度
- ② 归化法放样距离
- ③ 归化法放样点位
- ④ 归化法放样直线



9. 隧道测量

- 根据隧道测量贯通精度，设计隧道测量的洞外和洞内控制测量方案



一、基本概念

- ❑ **贯通误差**：相向开挖的隧道中线在贯通面处错开的距离。其又分为纵向贯通误差、横向贯通误差和高程贯通误差。
- ❑ **纵向贯通误差**：贯通误差在中线方向上的投影长度。其影响隧道的长度。
- ❑ **横向贯通误差**：贯通误差在垂直于中线方向上的投影长度。其影响贯通处的几何形状，甚至侵入规定限界。
- ❑ **高程贯通误差**：贯通误差在高程方向上的投影长度。其影响贯通面处的坡度。



9. 隧道测量

二、隧道贯通误差及其分配

- 对于隧道而言，纵向误差不会影响隧道的贯通质量，而横向误差和高程误差将影响隧道的贯通质量。因此应采取措施严格控制横向误差和高程误差，以保证工程质量。
- 对于横向贯通误差和高程贯通误差的限差，按《铁路测量技术规则》根据两开挖洞口间的长度确定见下表。

两洞口开挖长度(km)	<4	4-8	8-10	10-13	13-17	17-20
横向贯通限差 (mm)	100	150	200	300	400	500
高程贯通限差 (mm)	50					



9. 隧道测量

贯通误差的来源及分配
来源：

{ 洞外控制测量
洞内控制测量
联系测量

$$\left. \begin{array}{l} (m_q)_{\text{控}} \\ (m_q)_{\text{导}} \\ (m_q)_{\text{竖}} \end{array} \right\} M_q = \frac{\Delta}{2}$$

分配：

等影响原则

$$(m_q)_{\text{控}} = (m_q)_{\text{导}} = (m_q)_{\text{竖}} = m$$



9. 隧道测量

1) 无竖井

①一个贯通面 $M_q^2 = (m_q)_{\text{控}}^2 + 2(m_q)_{\text{导}}^2 = 3m^2$

$$(m_q)_{\text{控}} = (m_q)_{\text{导}} = \frac{M_q}{\sqrt{3}} = \pm 0.58M_q$$

②n个贯通面 $(m_q)_{\text{控}} = \frac{M_q}{\sqrt{3}} = \pm 0.58M_q$

洞内若每个贯通面都允许 M_q ，则隧道中线形状零乱，因此

$$(m_q)_{\text{洞内}} = \sqrt{2} \frac{M_q}{\sqrt{3}} = \pm 0.82M_q \quad m_k = \frac{\pm 0.82M_q}{\sqrt{n}}$$



9. 隧道测量



2) 有竖井

① 一个竖井

$$M_q^2 = (m_q)_{\text{控}}^2 + 2(m_q)_{\text{导}}^2 + (m_q)_{\text{竖}}^2$$

$$(m_q)_{\text{控}} = (m_q)_{\text{导}} = (m_q)_{\text{竖}} = \frac{M_q}{\sqrt{4}} = \pm 0.5M_q$$

② 两个以上竖井

$$M_q^2 = (m_q)_{\text{控}}^2 + 2(m_q)_{\text{导}}^2 + 2(m_q)_{\text{竖}}^2$$

$$(m_q)_{\text{控}} = (m_q)_{\text{导}} = (m_q)_{\text{竖}} = \frac{M_q}{\sqrt{5}} = \pm 0.45M_q$$



9. 隧道测量

3) 高程贯通误差的分配

$$(m_h)_{\text{控}} = (m_h)_{\text{下}} = \frac{M_h}{\sqrt{2}} = \pm 0.71M_h$$

例：某隧道洞外水准线路长度为24公里，需用何种等级的水准测量才能保证正确贯通？

$$(m_h)_{\text{控}} = \frac{M_h}{\sqrt{2}} = \pm 0.71M_h = \pm 17.8\text{mm}$$

$$m_h = \pm m_{\Delta} \sqrt{L}$$

$$m_{\Delta} = \pm 3.6\text{mm}$$

三等水准 $\pm 3\text{mm/km}$

四等水准 $\pm 5\text{mm/km}$



三、洞外和洞内控制测量方法

- 洞外平面控制测量可采用精密导线、三角测量及GPS技术进行。高程控制测量可采用精密水准测量或光电测距三角高程测量进行。
- 洞内控制测量可采用导线测量、水准测量和三角高程测量。



四、联系测量

- 通过平峒、斜井及竖井将地面的平面坐标系统及高程系统传递到地下的工作称为联系测量。通过平峒、斜井的联系测量可由导线测量、水准测量、三角高程常规测量方法完成。通过竖井来传递坐标、方向和高程的工作称为竖井联系测量。竖井联系测量工作分为平面联系测量和高程联系测量。
- 平面联系测量又分为几何定向（包括一井定向和两井定向）和陀螺定向。



10. 变形测量

- 根据工程项目的要求和分类，选择变形和形变的观测方案，确定观测的方法与操作规程及所使用的仪器设备



10. 变形测量

- ❑ 在工程测量领域，涉及工程项目变形监测的主要包括：工业与民用建(构)筑物、建筑场地、地基基础、土工建筑物、地下工程建(构)筑物、桥梁、滑坡等变形体。
- ❑ 根据工程项目变形的敏感程度和监测要求，有不同精度级别（四级）划分和适用范围。



10. 变形测量



- 制定变形监测方案应考虑的重要内容：
 - 监测内容的确定
 - 监测方法、仪器和监测精度的确定
 - 监测部位和测点布置的确定
 - 监测周期（频率）的确定



10. 变形测量



□ 一般规定：

- (1) 变形监测网的网点，宜分为基准点、工作基点和变形观测点。其点位选择、埋标等均有相应的技术要求。
- (2) 监测基准网，应由基准点和部分工作基点构成。监测基准网应每半年复测一次；当对变形监测成果发生怀疑时，应随时检核监测基准网。
- (3) 变形监测网，应由部分基准点、工作基点和变形观测点构成。监测周期，应根据监测体的变形特征、变形速率、观测精度和工程地质条件等因素综合确定。监测期间，应根据变形量的变化情况适当调整。



10. 变形测量

□ 一般规定:

(4) 各期的变形监测, 应满足下列要求:

- 在较短的时间内完成
- 采用相同的图形(观测路线)和观测方法
- 使用同一仪器和设备
- 观测人员相对固定
- 记录相关的环境因素, 包括荷载、温度、降水、水位等
- 采用统一基准处理数据



10. 变形测量



□ 一般规定:

- (5) 变形监测作业前，应收集相关水文地质、岩土工程资料和设计图纸，并根据岩土工程地质条件、工程类型、工程规模、基础埋深、建筑结构和施工方法等因素，进行变形监测方案设计。

方案设计，应包括监测的目的、精度等级、监测方法、监测基准网的精度估算和布设、观测周期、项目预警值、使用的仪器设备等内容。

- (6) 每期观测前，应对所使用的仪器和设备进行检查、校正，并做好记录。



10. 变形测量

□ 一般规定:

(7) 每期观测结束后, 应及时处理观测数据。当数据处理结果出现下列情况之一时, 必须即刻通知建设单位和施工单位采取相应措施:

- 变形量达到预警值或接近允许值
- 变形量出现异常变化
- 建(构)筑物的裂缝或地表的裂缝快速扩大



11. 竣工测量

- 根据竣工测量的要求，确定工程的测量技术方案



一、竣工测量的目的

- 在新建或扩建的工程时，为了检验设计的正确性，阐明工程竣工的最终成果，作为竣工后的技术资料，就必须提交出竣工图。如为阶段施工时，则每一期工程竣工后，就应作出该期工程的竣工图，以便作为下期工程设计的依据。



二、竣工测量的特点与原则

➤ 竣工图的特点

- ✓ 竣工图的施测精度则是以解析数据为依据进行计算的，故精度应以细部坐标点的测量中误差来确定
- ✓ 测图内容繁杂
- ✓ 根据不同用途而采取不同的技术措施

➤ 施测竣工图的原则

- ✓ 控制测量系统应与原有系统保持一致
- ✓ 测量控制网必须有一定的精度标准
- ✓ 充分利用已有的测量和设计的资料



三、竣工测量的内容和要求

- 竣工测量的内容
 - ✓ 厂区现状标准图
 - ✓ 辅助图
 - ✓ 剖面图
 - ✓ 专业分图
 - ✓ 技术总结报告和成果表



11. 竣工测量



➤ 施测竣工图的要求

- ✓ 图幅
- ✓ 比例尺
- ✓ 坐标和高程系统
- ✓ 竣工图测量的精度要求
- ✓ 控制网的建立及精度要求



工程测量考试基本要求



1. 布网
2. 测图
3. 定线与拨地测量
4. 市政工程施工测量
5. 精密工程施工测量
6. 线路工程施工测量
7. 地下管线探测
8. 施工测量
9. 隧道工程施工测量
10. 工程变形监测
11. 竣工测量



工程测量考试的复习



一、主要国家和行业的规范、标准

- GB 50026-2007 《工程测量规范》
- CJJ8-99 《城市测量规范》
- GB/T 15314-94 《精密工程测量规范》
- JGJ8-2007 《建筑变形测量规范》
- CJJ 61-2003 《城市地下管线探测技术规程》

二、要点

- 不同工程的特点、测量方案与作业流程



谢 谢 大 家 !