

ICS27.100

P62

备案号：J149—2002

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5146-2001

35kV ~ 220kV架空送电线路
测量技术规程Technical code for the surveying of
35kV—220kV overhead transmission lines

主编单位：山西省电力勘测设计院

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

批准文号：国家经济贸易委员会公告二〇〇一第31号

2001-12-26发布

2002-05-01实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

前 言

本规程是根据国家经济贸易委员会电力〔2001〕44号文《关于下达2001年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》第26项的安排，对原水利电力部规划设计管理局颁发的《架空送电线路测量技术规定》(SDGJ3—1977)(试行)进行修订而编制的。

在编制过程中，根据技术先进、经济合理、满足设计要求的原则，保留了原《规定》中适用的条文，删除、修改了不适用或不完全适用的条文，调整了原章、节的内容，并增加了光电测距、CAD技术、GPS测量等广泛应用、行之有效的新技术的有关规定。

本规程共十三章，十二个附录。除保留了原《规定》的总则及选择路径方案测量两章两节外，调整了原章、节的内容，把原《规定》第三章中各节的内容：选线及定线测量、桩间距离及高差测量、交叉跨越测量分别按章编写，在桩间距离及高差测量中增加了光电测距仪测距一节，把平面测量、断面测量两节合并为一章，即平断面测量，把杆塔位桩的测量改为定位及检查测量，并增加了平面及高程联系测量、CAD技术和GPS测量三章内容。把原《规定》第四章资料检查和整理改为技术检查和资料整理、提交及归档。增加了送电线路平断面图图式等附录。

本规程发布后，SDGJ3—1977即行废止。

本规程中附录A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、L均为标准的附录，附录M为提示的附录。

本规程由电力行业电力规划设计标准化技术委员会提出并归口。

本规程主编单位为山西省电力勘测设计院，参编单位为西南电力设计院。

本规程主要起草人：王仲卿、刘文川、朱富华、胡仙良、王建津。

本规程由电力行业电力规划设计标准化技术委员会负责解释。

目 次

前 言

1 范围

2 引用标准

3 总则

4 选择路径方案

4.1 室内选择路径方案

4.2 现场选择路径方案

5 选线及定线测量

5.1 选线测量

5.2 定线测量

6 桩间距离及高差测量

6.1 视距法测距

6.2 光电测距

6.3 高差测量

7 平面及高程联系测量

7.1 平面联系测量

7.2 高程联系测量

8 平断面测量

8.1 平面测量

8.2 断面测量

9 交叉跨越测量

10 定位及检查测量

11 CAD技术

12 GPS测量

12.1 应用范围

12.2 技术要求

12.3 定线测量

12.4 定位测量

12.5 数据处理

13 技术检查和资料整理、提交及归档

13.1 技术检查

13.2 资料整理、提交及归档

附录A(标准的附录) DJ₆型光学经纬仪的检验

附录B(标准的附录) 光电测距仪的检验

附录C(标准的附录) 送电线路平断面图图式

附录D(标准的附录) 送电线路平断面图样图

附录E(标准的附录) 大跨越分图样图(见插页)

附录F(标准的附录) 拥挤地段平面图样图

附录G(标准的附录) 变电所进出线平面图样图

附录H(标准的附录) 通信线路危险影响相对位置图样图

附录J(标准的附录) 塔基断面图样图

附录K(标准的附录) 测量标桩规格

附录L(标准的附录) 测量报告提纲

附录M(提示的附录) 相关标准

条文说明

1 范 围

本规程适用于35kV～220kV架空送电线路的测量工作。35kV以下电压等级的架空送电线路测量工作可参照执行。

本规程不含大跨越及航空摄影测量的技术要求，遇有大跨越和航空摄影测量时，应执行现行的标准DL/T5049和DL/T5138。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示标准均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

| | |
|-----------------|---------------------|
| GB/T 5791—1993 | 1：5000 1：10000地形图图式 |
| GB/T 16818—1997 | 中、短程光电测距规范 |
| DL5001—1991 | 火力发电厂工程测量技术规程 |
| DL/T5026—1993 | 电力工程计算机辅助设计技术规定 |
| DL/T5049—1995 | 架空送电线路大跨越工程勘测技术规定 |
| DL/T5138—2001 | 架空送电线路航空摄影测量技术规程 |

3 总 则

3.0.1 为了统一架空送电线路(以下简称送电线路)工程中的测量技术要求，满足送电线路建设中设计的需要，及时、准确地为设计各阶段提供符合质量要求的测绘资料，特制订本规程。

3.0.2 送电线路的勘测阶段应与设计阶段相适应，分为初勘(初步设计)和终勘定位(施工图设计)两个阶段。

3.0.3 测量仪器工具必须做到及时检查校正，使其保持良好状态。检查项目可参照附录A或附录B。

3.0.4 外业采集的原始数据，必须做到真实、齐全。手工记录的原始数据严禁擦拭、涂改、转抄、事后补记。电子记录严禁随意修改。

3.0.5 送电线路的测量工作除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4 选择路径方案

4.1 室内选择路径方案

4.1.1 配合设计专业搜集沿线供室内选择路径的1：50000地形图。在规划区、拥挤地段、地形复杂区域、大跨越等特殊地段，宜搜集1：10000或大比例尺地形图。

4.1.2 根据需要搜集有关的平面和高程控制资料。

4.2 现场选择路径方案

4.2.1 配合设计专业将室内选择的路径方案经过现场踏勘比较，选出经济合理、施工方便、运行安全的路径方案。

4.2.2 当配合设计专业现场选择路径方案时，应沿线察看和重点踏勘相结合。对影响路径方案成立的有关协议区、拥挤地段、大跨越、重要交叉跨越及地形、地质、水文、气象条件复杂的地段应重点踏勘，必要时用仪器落实路径。对有特殊要求的通信线应实测交叉角。

- 4.2.3 当发现对路径有影响的地物(房屋、道路、工矿区、军事设施等)、地貌与图纸不符时，应进行补充调绘，并协助设计专业做好路径方案图。
- 4.2.4 当出现大跨越、大档距或路径通过拥挤地段、重要交叉跨越等情况时，视设计和水文气象专业的需要测绘平面及断面图。平面图的比例尺可采用1：2000或1：5000，断面图的比例尺可采用纵向1：200或1：500，横向1：2000或1：5000。
- 4.2.5 配合设计专业测绘(搜集)变电所或发电厂进出线平面图，比例尺可采用1：1000或1：2000。
- 4.2.6 当路径对通信线路有危险影响时，应按设计专业的要求施测或调绘通信线路的位置，并协助设计专业做好通信线路危险影响相对位置图，比例尺可采用1：10000或1：50000。
- 4.2.7 本节中的有关图式及样图见附录C～附录H。

5 选线及定线测量

5.1 选线测量

- 5.1.1 根据批准的路径方案进行实地选线。在地形条件复杂的地区，选线时应协助设计专业做到线、位结合，走向合理。
- 5.1.2 当线路通过有关协议区时，应按协议要求用仪器选定路径或进行坐标放线。
- 5.1.3 当线路跨越一、二级通信线及地下通信电缆，且交叉角较小可能影响路径成立时，应采用仪器定线并施测其交叉角。

5.2 定线测量

- 5.2.1 定线测量的方法可采用直接定线或间接定线。以相邻两直线桩中心为基准延伸直线，其偏离直线方向的水平角值不应大于 $\pm 1'$ 。
- 5.2.2 以相邻两直线桩中心直接延伸直线时，应采用经纬仪正倒镜分中法或角度分中法。直线延伸的长度平地不应大于800m，山区不宜大于1200m。
- 5.2.3 直线桩(Z)、转角桩(J)、杆塔位桩(G)应分别按顺序编号。标桩的规格、材料可参照附录K。视工程具体情况，宜适当埋设永久性或半永久性标桩。
- 5.2.4 直线桩应设在便于桩间距离及高差测量、平断面测量、交叉跨越测量、定位及检查测量和能较长期保存处。桩间距离不宜大于400m，当地形条件受限制时，桩间距离可适当放长。
- 5.2.5 直接定线测量的技术要求应符合表5.2.5规定。定线时照准的前后视目标必须立直，应尽量瞄准目标的下部。当前后视距离出现小于40m时，必须提高仪器对中、整平、照准的精度，目标应细、直，且直线延伸的距离不宜过长。

表 5.2.5 直接定线测量的技术要求

| 仪器 型号 | 仪器对中误差 mm | 水平气泡偏移 格 | 正倒镜二次点位之差 m |
|-----------------|--------------|-------------|----------------|
| DJ ₆ | 不大于3 | 不大于1 | 每百米不超过0.06 |

- 5.2.6 直接定线后，直线桩应施测水平角半测回，其精度应符合5.2.1的规定。
- 5.2.7 间接定线可采用钢尺量距的矩形法、等腰三角形法或光电测距的支导线等方法。测距技术要求应符合表5.2.7-1规定，测角技术要求应符合表5.2.7-2规定。

表5.2.7-1 间接定线测距技术要求仪器

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| 型 号 仪 器 | 对 中 误 差 mm | 水平 气泡 偏移 格 | 角度设置 | | 钢尺量距 | | | 光电测距 | | |
|--|------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|----------|--------------------|----------------------------|------------------|-------------|-----------------------------|
| | | | 方法 | 限差 mm | 方法 | 长度 m | 两次 丈量 较差 相对 误差 | 方 法 | 长 度 m | 对 向 测 距 较 差 相 对 误差 |
| DJ ₆ | 不大 于3 | 不大 于1 | 正倒镜 两次点 位取中 | 两次点 位之差 每10m 不大于 3 | 往返丈 量 | 不小于 20不大 于80 | 1 — 2000 | 对向观 测各一 测回 | 不小于 50 | 1/5000 |
| <p>注</p> <p>1 当量距边小于20m时，应采用DJ₂型经纬仪，严格对中整平，并照准远方目标。当量距边大于80m时，应相应地提高量距精度。</p> <p>2 当采用光电测距仪测距时，间接定线可采用支导线法，但边数不应超过4条，边长力求均匀接近。</p> <p>3 距离读至毫米，计算至毫米。</p> | | | | | | | | | | |

表 5.2.7-2 间接定线测角技术要求

| 仪器型号 | 观测方法 | 测回数 | 2C互差 , | 读数 , | 成果取至 |
|---------------------------------------|------|-----|-----------|---------|---------|
| DJ ₆ | 方向法 | 1 | 0.5 | 0.1 | (' ') |
| 注：当采用DJ ₂ 型经纬仪时，测角读数至(")。 | | | | | |

5.2.8 当采用前视法加定直线桩时，必须在正倒镜分中法定好前视直线桩后，才允许在其间加定直线桩。在标定完最后一个直线桩后，应施测水平角半测回，检查仪器是否变动。桩间距离应力求均匀，并在所加的直线桩位检测直线角。

5.2.9 转角测量技术要求应符合表5.2.9规定。

表 5.2.9 转角测量技术要求

| 仪器 型号 | 观测方法 | 测回数 | 2C互差 , | 读数 , | 成果取至 |
|-----------------|------|-----|-----------|---------|-------|
| DJ ₆ | 方向法 | 1 | 1 | 0.1 | (') |

6 桩间距离及高差测量

6.1 视距法测距

6.1.1 视距法测距应采用不低于DJ₆型精度的经纬仪。视距尺的衔接处应紧密、牢固，尺面刻划应清晰。观测时标尺必须立直。视距测量的桩间距离应是独立观测量并有多余观测，成果取中数。

6.1.2 视距法测距应采用对向观测，当不能作对向观测时可采用同向观测，并应注意不要立错桩号。

1 对向观测应往返各一测回。采用普通视距尺时，每测回正镜读视距尺两丝切尺数及中丝读天顶距，倒镜直读视距及中丝读天顶距。当采用视距、对数双面尺时，往返测各以正镜或倒镜读视距尺两丝切尺数及中丝读天顶距，倒镜或正镜读对数尺及中丝读天顶距。

2 同向观测应同向两测回。采用普通视距尺时，第一测回正镜读视距尺两丝切尺数(不宜切在整米或整分米上)及中丝读天顶距，倒镜直读视距及中丝读天顶距。第二测回应变动切尺数，读数要求同第一测回。当采用视距、对数双面尺时，视距尺观测一测回，对数尺观测一测回，操作要求同1。

6.1.3 视距法测距的技术要求应符合表6.1.3规定。

表 6.1.3 视距法测距技术要求

| 标 尺 | 测 回 数 | | 测距较差相对误差 | | 读 数 | 成果取至 |
|---|------------|------|----------|-------|-------|------|
| | 对向观测 | 同向观测 | 对向观测 | 同向观测 | | |
| 普通视距尺 | 往返各 一测回 | 二测回 | 1/150 | 1/200 | m | m |
| 直读对数尺 | | | | | 对数第三位 | |
| <div>注</div> <div>1 当对向观测边小于150m，同向观测边小于200m时，测距较差不应大于1m。</div> <div>2 当测距较差相对误差超限时，应补测一测回，并选用合格成果，否则应重新测量。</div> | | | | | | |

6.1.4 视距应采用宽面大分划标尺，视距长度平地不宜大于400m；丘陵不宜大于600m；山区不宜大于800m。

6.1.5 当空气不稳定和呈像模糊时，应适当缩短视距长度。因自然条件影响标尺立直和读数有困难时，应停止观测。

6.1.6 当垂直角和距离超过表6.1.6规定时，距离应进行倾斜改正。

表 6.1.6 倾斜改正要求

| 垂 直 角 ° | 距 离 m | 垂 直 角 ° | 距 离 m |
|------------|----------|------------|----------|
| 2 | 400 | 3 | 200 |

6.1.7 当视距较长或坡度较大视距法难以达到精度要求时，宜采用三角解析法。三角解析法测距的技术要求应符合表6.1.7规定。

表 6.1.7 三角解析法测距技术要求

| 仪器 型号 | 角度 测回 数 | 2C 互差 (″) | 测角 个数 | 基线 丈量 次数 | 基线丈量 较差相对 误差 | 所求边的精度 | | | | |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | 1/300 | 1/400 | 1/600 | 1/800 | 1/1000 |
| DJ ₆ | 1 | 30 | 2 (小角 必测) | 2 | 1/1000 | 基线与所求边长度之比不小于 | | | | |
| DJ ₂ | | 10 | | | | 1/50 | 1/30 | 1/20 | 1/10 | |
| DJ ₆ | | 30 | | | | | 1/50 | 1/30 | 1/20 | |
| DJ ₂ | | 10 | | | 1/2000 | 1/50 | 1/40 | 1/30 | 1/20 | 1/10 |
| | | | | | | | | 1/40 | 1/30 | 1/20 |
| 注 | | | | | | | | | | |

- 1 用钢尺进行基线丈量，并进行倾斜改正。

2 布设三角形时，基线与所求边的夹角应在 $70^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 之间，小角不小于 1° 。

3 宜用两个图形求距，所求边较差的相对误差不大于 $1/150$ ，成果取中数。

6.2 光电测距

6.2.1 用光电测距仪测距时，应进行对向观测。当不能作对向观测时可用同向观测，同时应采取防止粗差的有效措施。

- 1 对向观测时，测量距离应往返各一测回，每测回两次读数，各测回成果取两次读数的平均值(可不作气象改正)，并按垂直角及距离之大小作倾斜改正(见表6.1.6)，水平距计算至分米，成果取至米。
- 2 同向观测时，测距应两测回，每测回两次读数，作业要求同1。
- 3 对向或同向观测时，两次测距较差的相对误差不应大于 $1/1000$ 。两测回较差超限时，应补测一测回，并选用两组合格的成果，否则应重新观测两测回。当距离小于100m时，测距较差不应大于0.1m。

6.2.2 桩间距离应是独立观测值，非特殊情况，不应采用一测站连续测多段距离来求得桩间距。

6.2.3 测距注意事项：

- 1 在有电磁场影响的范围内，如在高电压物体附近，不宜架设光电测距仪或反光镜。测距时应暂停无线电通话。
- 2 架设仪器后，测站、镜站不得离人。
- 3 严禁将照准头对向太阳，测距时应避免有另外的反光体位于测线或其延长线上。
- 4 观测时棱镜面应对准测距仪的测距头。当倾角(高差)较大时，更应相互对准。
- 5 必须严格按仪器使用说明操作，发现异常应停止观测，分析原因，以保证成果正确和仪器安全。

6.3 高差测量

6.3.1 高差测量可采用视距高程、光电测距三角高程两种方法。高差测量应对向观测往返各一测回，条件困难时可采用同向观测两测回，第二测回观测时应变动切尺数(变动范围不宜小于0.5m)。采用视距高程时，两测回高差较差不应大于表6.3.1规定。

表 6.3.1 视距高程的高差较差(每百米距离)

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 垂 直 角 。 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 高 差 较 差 cm | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| <div>注</div> <div>1 当距离小于100m时，按100m计。</div> <div>2 当垂直角小于3° 时，按3° 时的较差要求。</div> | | | | | | | | | | | |

6.3.2 三角高程测量时，天顶距读至 $0.5'$ ，仪器高量至厘米，两测回高差取中数，计算至厘米，成果取至分米。

6.3.3 当采用三角解析法测距或光电测距仪测距时，其三角高程两测回的高差较差不应大于 $\pm 0.4Sm$ (S 为测距边长，以km为单位)。

6.3.4 距离超过400m时，高差应加地球曲率及折光差改正。地球曲率及折光差改正数计算公式为：

$$\gamma = \frac{1-K}{2R} \cdot S^2$$

(6.3.4)

式中： γ ——地球曲率及折光差改正数(m)；
 R ——地球平均曲率半径，当纬度为35° 时， $R = 6371000\text{m}$ ；
 S ——边长(m)；
 K ——折光系数，取0.13。

6.3.5 若高差较差超限时，应补测一测回，选用其中两测回合格的成果。否则应重新观测两测回。

7 平面及高程联系测量

7.1 平面联系测量

7.1.1 当送电线路通过城市规划区、工矿区、军事设施区及文物保护区等地段，并根据协议要求需要取得统一的平面坐标系统时，应进行平面坐标联系测量。

7.1.2 平面联系测量方法，视需要可采用图解、导线、交会等方法，有条件时可采用GPS测量。

7.1.3 联测精度的限差，在没有特殊要求的情况下，城市规划区要求转角塔中心的点位误差，不应大于该城市规划用图图面上的0.6mm。有特殊要求时，可按要求精度进行联测。

7.2 高程联系测量

7.2.1 当送电线路通过河流、湖泊、水库、河网地段及水淹区时，应视水文专业的需要进行高程联测及洪水痕迹的测量工作。

7.2.2 当线路跨越规划或正在施工的铁路、公路、架空管道等建筑物时，应根据设计需要进行高程联系测量。

7.2.3 送电线路高程联系测量应进行往返观测，其方法可采用视距高程测量，如有特殊要求，宜采用相应等级的光电测距三角高程测量。

7.2.4 视距高程应对向观测各一测回，高差较差应按表6.3.1的要求执行，高差闭合差不应大于式(7.2.4)规定：

$$f_h = \pm 0.1 \alpha L / \sqrt{n}$$

(7.2.4)

式中： f_h ——高差闭合差(m)；
 α ——平均垂直角(°)， α 小于3° 时按3° 计；
 L ——路线长度(km)；
 n ——测距边数。

7.2.5 光电测距三角高程的技术要求应符合表7.2.5规定。

表 7.2.5 光电测距三角高程测量技术要求

| 等级 | 仪器 型号 | 测回数 | 指标差互差 " | 垂直角测 回较差 " | 对向观测 高差较差 m | 附和或环 形闭合差 m |
|--|-----------------|------|------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 一级 | DJ ₂ | 中丝法2 | 15 | 15 | 0.2S | $\pm 0.07 \sqrt{n}$ |
| 二级 | DJ ₆ | 中丝法2 | | 30 | 0.4S | $\pm 0.1 \sqrt{n}$ |
| 注 1 S—测距边长(km)；n—测距边数(条)。 2 仪器高和照准目标高均量至0.5cm。 | | | | | | |

3 垂直角计算至1"，高程计算至毫米，成果取中数，取至厘米。

4 计算高差时应进行地球曲率与折光差改正。

8 平断面测量

8.1 平面测量

8.1.1 送电线路的起迄点应施测与变电所相对的平面关系。

8.1.2 送电线路中心线两侧各50m范围内的地物应测绘其平面位置。中心线两侧各20m范围内的建筑物、道路、管线、河流、水库、地下电缆、斜交或平行接近的梯田等，均应实测其平面位置。

8.1.3 当线路通过森林、果园、苗圃、农作物及经济作物时，平面应实测其边界并注明作物名称、树种及高度。

8.1.4 当送电线路平行接近通信线路时，应按设计专业的要求实测或调绘其相对位置。通信线路危险影响相对位置图的比例尺，应按平行接近线路的长短参照4.2.6执行。

8.2 断面测量

8.2.1 断面测量可采用视距法、光电测距法、直接丈量等方法测定距离和高差。

8.2.2 半测回测定断面点的高差时，垂直度盘的指标差不应大于 $\pm 0.5'$ ，大于时应进行改正。

8.2.3 断面点宜就近桩位施测，应遵守“看不清不测”的原则。视距长度不宜大于300m，大于时垂直角应进行正倒镜观测，距离应同向两次观测，其较差的相对误差不应大于1/200，成果取中数。也可加设测站进行施测，其距离和高差的技术要求，应按第6章的有关规定执行。

8.2.4 选测的断面点应能真实反映地形变化和地貌特征，防止漏测。平地断面点的间距不宜大于80m，独立山头不应少于3个断面点。在导线对地距离可能有危险影响的地段，断面点应适当加密。对山谷、深沟等不影响导线对地安全之处可不测绘。

8.2.5 当导线的边线地面比中线地面高出0.5m时，应施测边线断面，立尺时应按导线间距准确地立在边线位置。当线路通过高出中线和边线的陡坎或陡坡附近时，应根据需要施测风偏横断面或风偏点。风偏横断面的纵横比例尺相同，可采用1:500或1:1000。

8.2.6 当线路通过缓坡、斜交的梯田、沟渠、堤坝时，应特别注意对地有影响的边线断面的施测。

8.2.7 送电线路平断面图的比例尺，宜采用纵向1:500、横向1:5000。平断面图的图式及样图见附录C和附录D。

9 交叉跨越测量

9.0.1 交叉跨越测量可采用视距法、光电测距法或直接丈量等方法测定距离和高程。对一、二级通信线，10kV及以上的电力线，有影响的其他建(构)筑物，应就近桩位一测回施测。

9.0.2 送电线路交叉跨越通信线路时，应测量中线交叉点的上线高。中线或边线跨越电杆时，应施测杆顶高程。当左右杆不等高时，还应选测有影响侧边线和风偏点线高。对一、二级通信线还应加注其交叉角，并注明两侧杆号、杆型及材料。

9.0.3 送电线路交叉跨越或穿过已有电力线时，应测量中线交叉点最高或最低线的线高。当中线或边线跨越杆塔顶部时，应施测杆塔顶部高程。当已有电力线左右杆塔不等高又影响跨越或穿过时，还应测量有影响侧边线交叉点最高或最低线的线高及风偏点的线高。对跨越或穿过的电力线应注明杆(塔)型及电压等级。35kV及以上的电力线应在不同位置进行校测，其不符值应按表10.0.6要求执行。

9.0.4 送电线路跨越铁路和主要公路时，应施测交叉点轨顶及路面高，并注明道路通向、铁路被交叉处的里程。当跨越电气化铁路时，还应施测交叉点线高及交叉角。

- 9.0.5 送电线路交叉跨越河流、水库和水淹区时，应根据设计和水文专业的需要施测洪水位及水位高程，并注明施测日期。当河中立塔时，应根据需要进行河床断面测量。
- 9.0.6 送电线路跨越或接近房屋(边线外5m以内)时，应测量交叉点屋顶高或测量接近房屋的距离和屋顶高。
- 9.0.7 送电线路跨越架空索道、特殊(易燃、易爆)管道、渡槽等建筑物时，应施测交叉点顶部的高程，并注记被跨越物的名称、材料等。
- 9.0.8 送电线路跨越电缆，油、气管道等地下管线时，应根据设计提出的位置，施测其平面位置、交叉点地面高程及交叉角，并注记管线名称。
- 9.0.9 送电线路交叉跨越拟建或正在建设的设施时，应按设计指定的位置和要求进行测绘。

10 定位及检查测量

- 10.0.1 杆塔定位之前应在测站上对平断面图进行实地巡视检查，并检测直线、桩间距离及高差。当检测符合要求后方可进行定位测量。
- 10.0.2 杆塔位桩的直线方向可采用前视法或正倒镜分中法测定，其技术要求应按5.2节的有关规定执行。
- 10.0.3 杆塔位桩的距离和高差应在就近直线桩位测定，其技术要求应按第6章的有关规定执行。
- 10.0.4 应根据设计需要施测杆塔位的塔基断面或施工基面及拉线盘位置。塔基断面图可参照附录J绘制。
- 10.0.5 在定位的过程中应对以下项目进行检测：
- 杆塔位桩的距离和高差；
 - 有危险影响的被交叉跨越物位置和高程；
 - 有危险影响的断面点(包括风偏、横断面)；
 - 线路的直线和转角的角度；
 - 间接定线校测。
- 10.0.6 检查测量的技术要求应符合表10.0.6规定。

表 10.0.6 检查测量技术要求

| 序号 | 内 容 | 方 法 | 允许较差 | | |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|-------|-----------------|-----------|
| | | | 距离较差 | 高差较差 m | 角度较差 ' |
| 1 | 杆塔位、直线、转角桩的间距和高差 | 直接或分段半测回检测 | 1/100 | 0.3 | — |
| 2 | 被交叉跨越物的距离和高差 | 电力线宜采取不同方法半测回观测 | | 0.3 | |
| 3 | 危险断面点的距离和高差 | 近桩半测回观测 | | 平地0.3，山地、丘陵地0.5 | |
| 4 | 直线、转角桩角度 | 方向法半测回 | — | — | 1.5 |
| 注：危险断面点，系指图上导线对地安全曲线对断面的距离有危险影响的断面点。 | | | | | |

10.0.7 当检测超限或发现有漏测的断面点、交叉跨越物、地形地物时，应就近桩位进行补测，并修改原平断面图。

11 CAD 技 术

11.0.1 当采用CAD技术完成线路平断面图的测绘时,应按本章的规定执行。

11.0.2 使用CAD技术时,硬件平台应采用微机平台;软件平台的采用应符合DL/T 5026中的有关规定。

11.0.3 应用软件应符合下列基本技术要求:

- 1 数学模型正确,计算精度必须符合本规程的要求。
- 2 野外数据采集项目齐全,功能完备,仪器实测、丈量、目估等数据均能处理,应完全代替手工记录。
- 3 野外数据采集应具有检查实测数据是否超限的功能,并拒绝接受超限的实测数据。
- 4 在原始记录文件中必须存贮每一测点的观测值及点号。原始记录文件必须能显示打印,并便于阅读。
- 5 野外采集数据的存贮必须安全可靠,出现误操作或突然断电等外界干扰时,原有数据不会出错或丢失。
- 6 图式符号编码应齐全、易记。
- 7 非内外业一体化系统,除具有批处理图形操作功能外,应在图形支撑系统中提供交互式图形操作命令,能绘制平断面图中的所有图式符号。
- 8 输出的平断面图应符合本规程的图式要求。
- 9 与送电子系统交换的信息(非图形信息和图形信息)应与其遵循共同的技术约定。软件应在成图的全过程中自动保持非图形信息与图形信息的一致性。
- 10 整个系统应具有友好的用户界面。

11.0.4 作业宜采用下列方式之一:

- 1 野外常规手工记录,内业在微机上手工进行野外数据采集、成图。
- 2 野外电子记录手簿配合全站型经纬仪(或电子经纬仪配测距仪),自动采集实测数据,内业利用数据通信自动将电子记录手簿中的数据传入微机、成图。
- 3 便携式微机配合全站型经纬仪(或电子经纬仪配测距仪)使用内外业一体化软件,自动采集实测数据,现场编辑图形、成图。

11.0.5 当采用11.0.4条1款或2款的方法采集数据时,必须在现场绘制草图。

11.0.6 当采用11.0.4条2款或3款的方法采集数据时,记录员应随时监视记录器(或微机屏幕),及时发现并纠正由于误操作或外界干扰而引起的传输错误。对标杆高等需人工键入的数据,应进行回报。

11.0.7 微机中的原始记录文件,必须有磁介质备份及硬拷贝。当采用11.0.4条2款的方法采集数据时,当天的数据应当天传入微机。

11.0.8 应使用应用软件提供的命令编辑图面内容,不应直接使用图形支撑软件的命令。

12 GPS 测 量

12.1 应用范围

12.1.1 在选线及定线阶段确定方向与障碍物位置。

12.1.2 线路测量的坐标与高程联测:

- 对已有控制点的联测;
- 对转角点的联测。

12.1.3 通过协议区与影响范围内通信线位置测量。

12.1.4 对线路长度、方向、高程等方面的检核。

12.1.5 在定位阶段的应用。

12.2 技术要求

12.2.1 坐标系统：

1 送线路工程应采用统一的平面和高程系统，可直接采用WGS-84大地坐标系统，也可根据需要采用其他坐标系统。

2 当采用其他坐标系统时，应进行坐标联测和转换计算。

12.2.2 平面、高程控制的基本要求：

1 GPS网相邻点间弦长精度应按式计算，按 $a < 10\text{mm}$ ， $b < 20 \times 10^{-6}$ 的规定执行。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (12.2.2-1)$$

式中： σ ——标准差(mm)；

a ——固定误差(mm)；

b ——比例误差系数， $\times 10^{-6}$ ；

d ——相邻点间距离(km)。

2 野外数据检核：

1) 同一条边任意两个时段的成果互差，应小于接收机标称精度的 $2\sqrt{2}$ 倍；

2) 若干个独立观测边组成闭合环时，各坐标分量闭合差应符合下式规定：

$$\left. \begin{aligned} W_x &< 3\sqrt{n}\sigma \\ W_y &< 3\sqrt{n}\sigma \\ W_z &< 3\sqrt{n}\sigma \end{aligned} \right\} \quad (12.2.2-2)$$

式中： n ——闭合环中的边数；

σ ——标准差(按平均边长计算)；

W_x 、 W_y 、 W_z ——各坐标分量闭合差。

3) 当检核发现边观测数据或闭合环达不到精度要求时，经分析后，应对其中部分成果进行重测，直至满足要求。

3 线路GPS测量对点间距离可没限制，当点间距离小于5km，可直接使用计算得到的大地高差推求线路桩位高程。点间距离大于5km应进行高程异常值改正。

4 线路GPS控制网的建立可采用单一导线的形式，但应有检核条件。

5 当需要与已有控制点进行联测时，应先检测已有控制点是否可靠。

12.2.3 选点与埋桩：

1 建立线路GPS控制网。网点间距离可在5～10km内选择，点位应选在靠近线路、交通方便、视野开阔、符合GPS观测条件的位置。

2 当确定需要进行GPS测量的转角桩后，应在转角桩附近选定副桩。副桩与转角桩必须通视良好，且距转角桩的距离应大于拟定线路直线桩桩距的1/10。桩位还应便于安置GPS接收机和满足GPS观测条件。

3 网点坐标应埋设能长期保存的固定桩。副桩可采用木桩或刻石。

12.2.4 GPS控制测量采用相对定位方式，依距离长短采用静态或快速静态作业方式。接收机数量不应少于2台，测量观测量为载波相位。

12.2.5 接收机观测采集压缩格式数据时，数据采集率间隔宜采用10s～30s。最短观测时间应满足正确解算出整周模糊度的要求。

12.2.6 作业要求：

1 作业前应在地形图上设计网点位置，并根据测区星历预报、交通情况、车辆和人员情况制定观测计划表。

2 观测前应对GPS设备开箱检验并进行初始化。

3 在观测站上必须确认电源、电缆和接收控制设备连接无误，接收机各项预置状态正确，方能启动接收机进行观测。

4 在卫星图形几何因子达到各GPS接收机规定的数值,同步观测4颗及以上卫星信号时,可开始记录观测数据。GPS测量作业截止高度角不宜低于 15° 。

5 观测前后应各量取天线高一次,量至毫米,两次量高之差不应大于3mm,取平均值作为最后天线高。

12.3 定线测量

12.3.1 应选择就近的网点为参考站,测量转角桩和副桩。当测定一个转角点之后,可再以测定的转角点为参考站测量其他的线路桩点,逐段附合到另外的网点上。

12.3.2 可采用极坐标法测定副桩及直线桩,但应避免连续支导线的测量方法。

12.4 定位测量

12.4.1 对于具有实时动态作业(RTK)功能的GPS设备可直接放样塔位桩,参考站应选在靠近放样位置的控制网点上。仪器的坐标和高程精度指标应在 $\pm 0.05\text{m}$ 范围内。

12.4.2 不具有RTK功能的GPS接收机只宜在常规定位困难的地方部分采用。这类定位测量应分为测量和放位两个阶段。宜按下列要求操作:

1 参考站设置数量在一个耐张段内不宜超过两个。

2 在实地确认的塔位范围内,尽量选择位于线路异侧各设立一个GPS观测点,两点距离应便于光电测距或钢尺直接量距。

3 在选定的观测点上进行GPS测量,并校测两点距离,对测点进行编号。

4 解算求得各GPS观测点的成果,应根据已有资料计算得到放样数据,编绘放样图。

5 现场放样,确定塔位桩。

12.5 数据处理

12.5.1 一个测区中必须采用完全相同的数据处理方法。

12.5.2 数据处理完成后,应编写数据处理及结果分析报告;编绘GPS网点图及GPS测量点示意图。

13 技术检查和资料整理、提交及归档

13.1 技术检查

13.1.1 技术检查的项目应包括:作业者的自检、作业组的互检、工程队的全校、测量队(组)和勘测处(室)的过程检查及成品校审。

13.1.2 测量的记录、计算、成果、图纸应认真自检、互检和专人检查,且作业员和检查员均应签名。

13.1.3 作业过程中的检查应由作业组长、专业负责人或专职技术检查人随时组织进行。

13.1.4 最后成品应由测量队(组)和勘测处(室)进行成品校审。各级成品校审的程序和内容,应按现行的《电力勘测设计技术管理制度》中的有关规定执行。

13.2 资料整理、提交及归档

13.2.1 提交的各项资料应数据正确,符合质量要求。所有资料应由专业负责人按文档资料和工程技术资料分类归档。

13.2.2 送电线路测量应按初勘(初步设计)阶段、终勘定位(施工图设计)阶段提交资料。测量报告提纲可参照附录L。

1 初勘(初步设计)阶段应提交的资料:

- 路径方案图(配合设计);
- 重要交叉跨越平断面分图;
- 变电所进出线平面图(配合设计);
- 通信线路危险影响相对位置图(配合设计);
- 拥挤地段平面图;
- 测量(初勘)报告。

2 终勘定位(施工图设计)阶段应提交的资料:

- 线路路径图(配合设计);
- 线路平断面图(或磁介质);
- 大跨越平断面分图及塔位地形图;
- 重要交叉跨越平断面分图;
- 变电所进出线平面图(配合设计);
- 通信线路危险影响相对位置图(配合设计);
- 拥挤地段平面图;
- 规划协议区杆塔位坐标和高程成果表及带状地形图;
- 塔基断面图或施工基面成果表;
- 测量(终勘)报告。

13.2.3 资料归档内容

1 文档资料:

- 测量任务书;
- 技术指示书;
- 勘测大纲;
- 现场检查及各级成品校审单;
- 创优措施;
- 工程总结。

2 工程技术资料:

- 各类原始手簿(或磁介质及硬拷贝);
- 各种计算资料;
- 线路桩间距离和高程成果表;
- 杆塔位成果表;
- GPS测量成果表;
- 工程中搜集的平面及高程控制资料;
- 测量报告。

附录A(标准的附录)

DJ₆型光学经纬仪的检验

A.0.1 DJ₆型光学经纬仪应对以下项目进行检验:

- 1 检验照准部的水准轴是否与垂直轴垂直。水准气泡变动应在半格以内。
- 2 检验十字丝是否正确。纵丝应垂直,横丝应水平。
- 3 检验视准轴是否垂直于水平轴。2C的绝对值不应超过1'。
- 4 检验水平轴是否与垂直轴垂直。*i*角不应大于30"。
- 5 检验垂直度盘指标差,其不应大于30"。

- 6 检验光学对中器是否正确。仪器旋转至任何位置时，对中器中心应始终对准目标中心。
- 7 视距乘常数的检查测定。视距乘常数应在99.9 ~ 100.1之间。

A.0.2 各项校正及计算方法可参照DL5001的附录五。

附录B(标准的附录)

光电测距仪的检验

- B.0.1 光电测距仪应进行以下项目的检验：
- 1 对中杆和棱镜杆圆气泡的检验与校正。
 - 2 发射、接收、照准三轴关系正确性的检验。
 - 3 周期误差的检验。
 - 4 加常数和乘常数的检验。

B.0.2 各项检验的方法可参照GB/T16818。

附录C(标准的附录)

送电线路平断面图图式

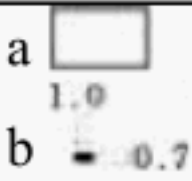
C.1 总 则

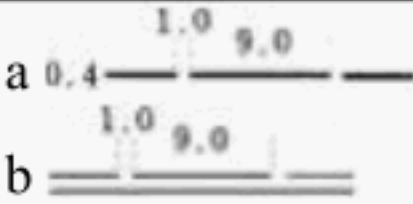
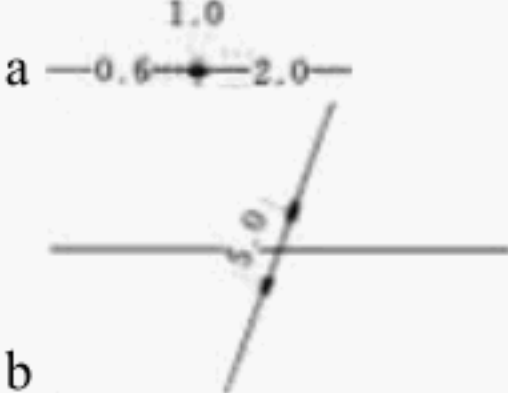
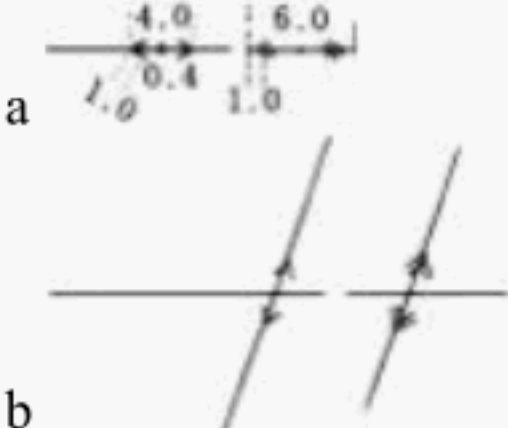
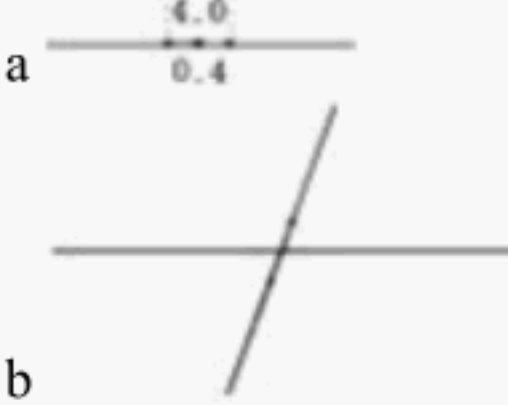
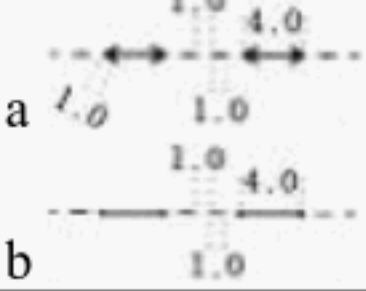
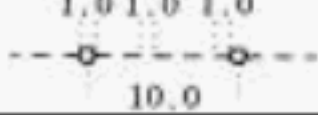

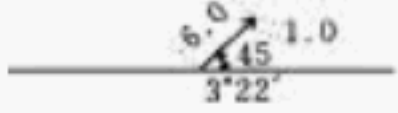
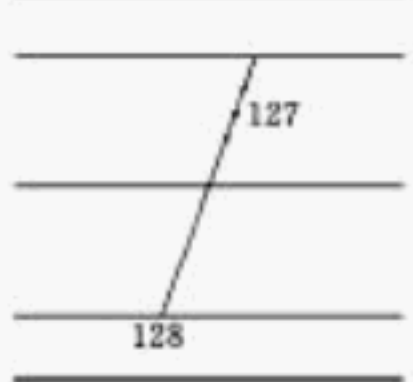
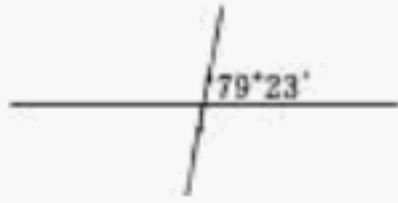
- C.1.1 图幅、图标和图号应按现行的《电力工程勘测设计图纸管理办法》执行。
- C.1.2 一个工程平断面的起迄点应为送电线路(以下简称“线路”)两端的门型架。一幅图的起迄点应为门型架、转角或直线桩。
- C.1.3 线路中心线平行于平断面图的上下图框，图纸左边为线路的起始方向，右边为线路的前进方向。
- C.1.4 平面图的符号一般情况下应按GB/T5791执行。对改动和增加的符号，应按本图式执行。
- C.1.5 符号旁以数字标注的尺寸，长度以毫米为单位，角度以度为单位。凡未注明尺寸的，线划粗为0.18mm，点大为0.25mm。多边形符号，如果只注明一个边长，则为正多边形。本图式中的注记，汉字宽高比为1：1，数字、字母宽高比为0.6：1；凡未注明字高的，均为2.0mm；凡未说明字列字向的，均为水平字列，字头朝上。
- C.1.6 几何图形点状符号(圆形、矩形、三角形等)，凡未说明的，符号定位在其几何图形的中心。线状符号定位在符号的中心线。
- C.1.7 图中的高程(或高度)注记以米为单位，注至0.1m；累距(或距离)注记以米为单位，注至整米；角度注记注至分。

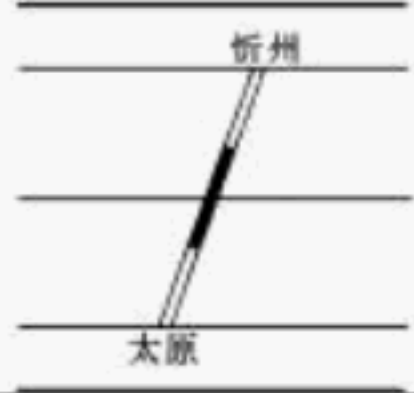
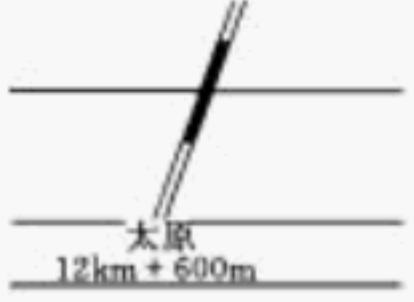
C.2 图形符号

C.2.1 平面图补充符号见表C.2.1。

表 C.2.1 平面图补充符号

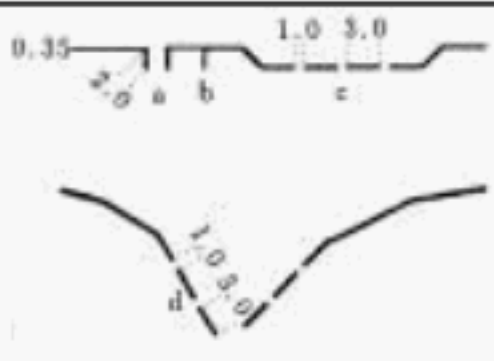
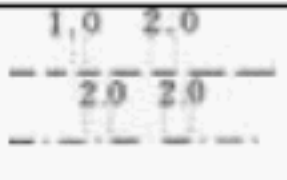
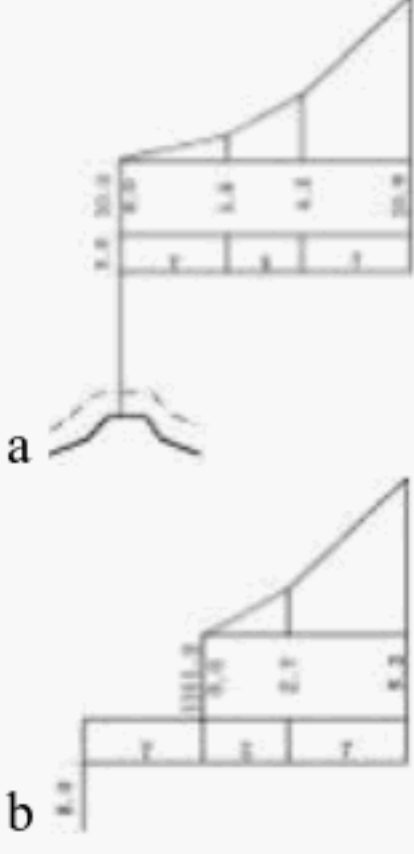

| 编号 | 符号名称 | 图形及尺寸 | 简 要 说 明 |
|----|---------------|---|----------------------|
| 1 | 房屋 a.依比例尺的 |  | 图b按真方向绘出，当房屋长度超过符号长度 |

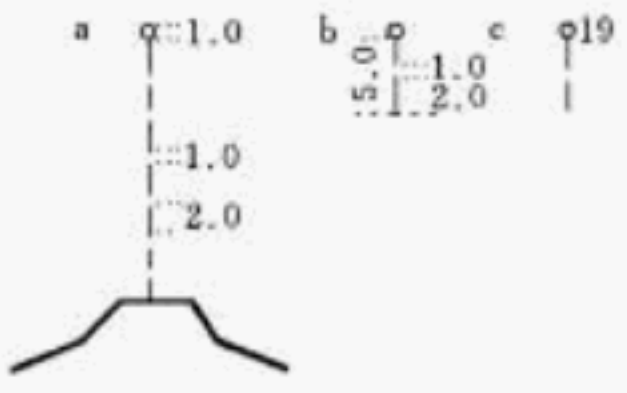
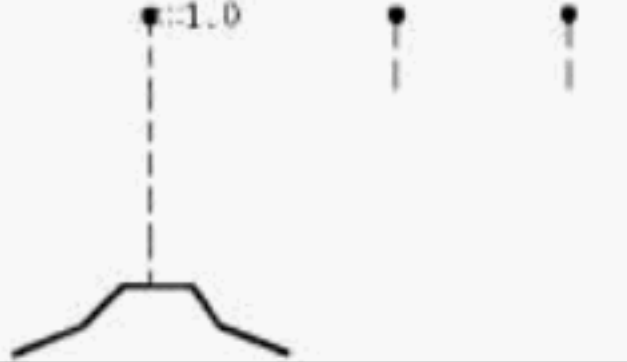
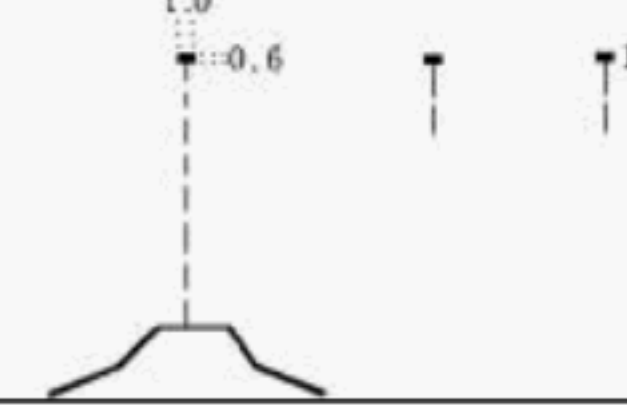
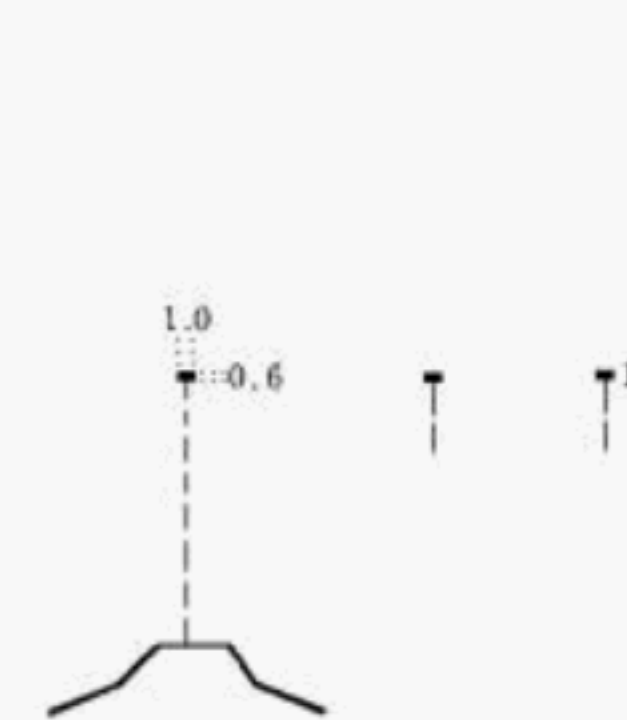
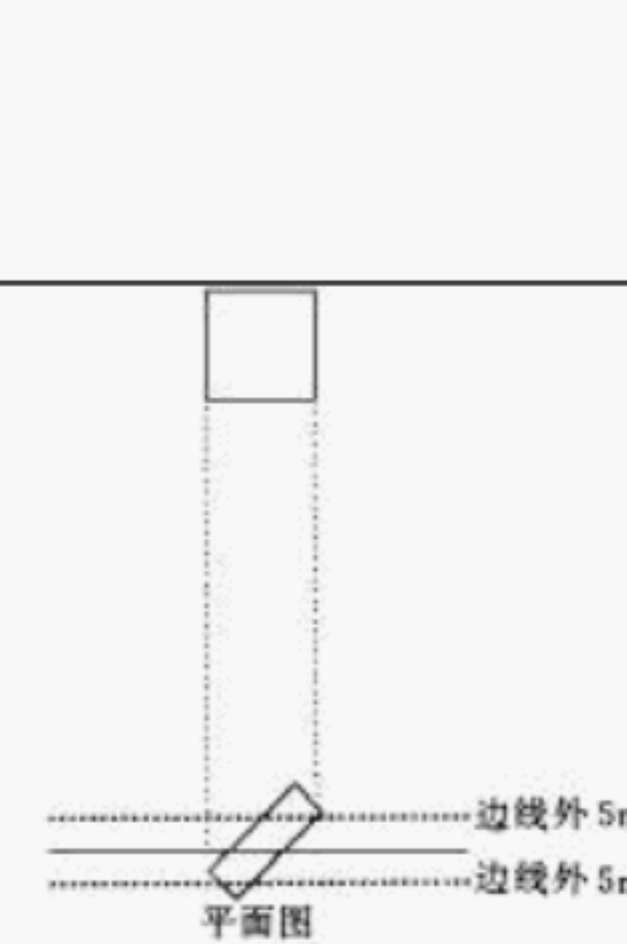
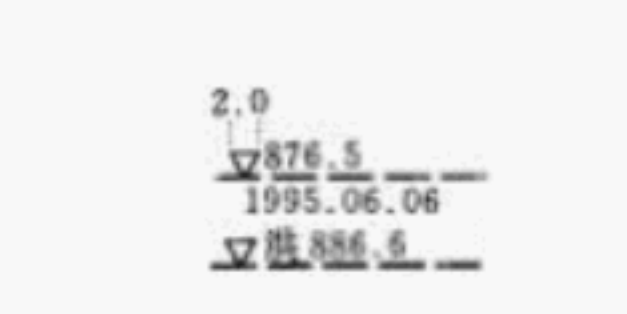
| | | | |
|----|------------------------------|---|---|
| | b.不依比例尺的 | | 时, 房屋长度依比例尺表示 |
| 2 | 大车路 a.不依比例尺的 b.依比例尺的 |  | |
| 3 | 架空索道 a.图内有支架的 b.图内无支架的 |  | 架空索道支架位置实测表示。图内无支架时, 用图b表示, 符号绘在线路中心线处 |
| 4 | 电力线 a.图内有杆塔的 b.图内无杆塔的 |  | 电力线按电压等级, 380V 以内用单箭头, 10kV 以上用双箭头, 无论杆上的或塔上的, 均用此符号表示。杆塔位置实测表示。图内无杆塔时, 用图b表示, 符号绘在线路中心线处 |
| 5 | 5通信线 a.图内有线杆的 b.图内无线杆的 |  | 通信线线杆位置实测表示。图内无线杆时, 用图b表示, 符号绘在线路中心线处 |
| 6 | 地下电缆 a.地下电力线 b.地下通信线 |  | 地下电力线不分电压等级均用此符号表示 |
| 7 | 地下管道 |  | |
| 8 | 埋设标桩 |  | 埋设的永久性和半永久性的直线桩用此符号表示 |
| 9 | 转角 3° 22' —转角度数 |  | 符号在线路中心线之上表示路径左转, 符号在线路中心线之下表示路径右转 |
| 10 | 杆号注记 |  | 通信线应注记与线路交叉处线路两侧的杆号。线杆不在图内时, 注记在平面图内外栏线之间 |
| 11 | 交叉角注记 |  | 通信线和地下通信线应注记与线路交叉的锐角或直角 |
| 12 | 通向注记 | | 铁路和主要公路应当注明通向, 注记在平面 |

| | | | |
|----|------|---|--|
| | |  | 图内外栏线之间。铁路通向可记大的客站，公路通向可记大的居民点 |
| 13 | 里程注记 |  | 铁路应注记与线路交叉处的里程，精确到10m。注记注在平面图下部的内外栏线之间 |

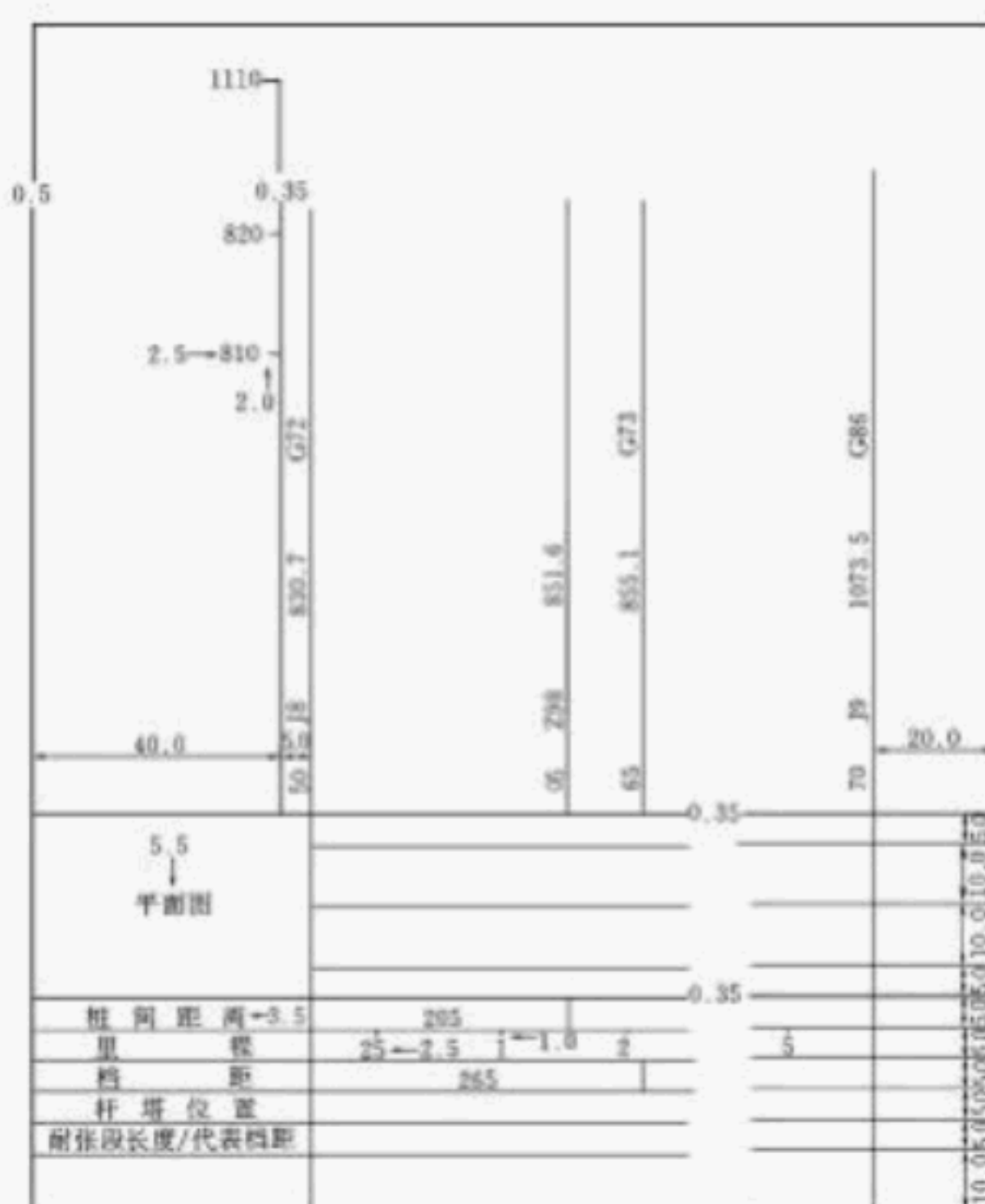
C.2.2 断面图符号见表C.2.2。

表 C.2.2 断面图符号

| 编号 | 符号名称 | 图形及尺寸 | 简 要 说 明 |
|----|---|--|---|
| 1 | 中心断面线 a—依比例尺的深渠或小沟； b—不依比例尺的深渠或小沟； c—河流水位线； d—深沟或山谷 |  | 反映线路中心地面起伏实状的地面线，叫做中心断面线。对未测深度的渠或宽度不大未测深度的小沟用符号a或b表示。河流现有的水位线用符号c表示，洪水位线也用此符号表示。对山谷、深沟等未实测之处用符号d表示，虚线的长度和角度依实际情况而定 |
| 2 | 边线断面线 a.左边线 b.右边线 |  | 反映线路边导线地面起伏实状的地面线，叫做边线断面线。边线位置根据实际的导线间距而定 |
| 3 | 风偏横断面 a.中线有测点的 b.中 线 无 测 点 的 1111.2—起测点高程 |  | 横断面图以线路中心线为起点，图形底部下面一栏注记距离，上面一栏注记高差。高差注记为垂直字列，字头朝左。左横断面绘在起点的左侧，右横断面绘在起点的右侧。当中线有测点时，图的起点与中线测点相连；当中线无测点时，用图b表示，距离栏的第一个数字表示第一个测点至中线的距离。横断面图宜布置在中心断面线之上，起点线向下画；当断面线上比较拥挤布置有困难时，也可绘于中心断面线之下，起点线向上画 |
| 4 | 风偏点 L—一点在中线左侧 20—点至中线距离 |  | 风偏点是指有风偏影响的孤立点。需要注明点在线路中心线的左右侧以及点至线路中心线的距离。“L”表示该点在中线的左侧，“R”表示该点在中线的右侧 |
| 5 | 架空交叉跨越高度点 19—点至中线距离 | | 电力线、通信线、架空索道、架空管道、渡槽等架空地物应绘制交 |

| | | | |
|----|--|--|---|
| 1) | 最高线高度点 a.点在中线 b.点在边线 c.点不在中线也不在边线 |  | 又跨越高度点。当高度点在中线上时，与中线地面测点相连。当高度点既不在中线也不在边线上时，标注该点到中线的距离，但杆高点不需要标注。电力线、通信线依不同情况选用1)、2)、3)表示。架空索道的索道线高用1)表示，支架高用2)表示。架空管道、渡槽等有宽度的架空地物的交叉高度点用4)表示，交叉宽度超过符号尺寸时，依比例尺表示 |
| 2) | 杆高点 |  | |
| 3) | 最低线高度点 |  | |
| 4) | 其他高度点 |  | 电力线、通信线、架空索道、架空管道、渡槽等架空地物应绘制交叉跨越高度点。当高度点在中线上时，与中线地面测点相连。当高度点既不在中线也不在边线上时，标注该点到中线的距离，但杆高点不需要标注。电力线、通信线依不同情况选用1)、2)、3)表示。架空索道的索道线高用1)表示，支架高用2)表示。架空管道、渡槽等有宽度的架空地物的交叉高度点用4)表示，交叉宽度超过符号尺寸时，依比例尺表示 |
| 6 | 房屋断面 |  | 边线外5m以内的房屋应绘制房屋断面。边线外5m以内，房屋在线路中心线上最宽的投影作为符号的宽度 |
| 7 | 水位注记 a.现有水位 1995.06.06 —施测日期 b.洪水位 |  | 符号中倒三角形的顶点定位在水位线上。 实测的现有水位应标注施测日期 |
| | | | 中心断面线上的点至断面图高程起点线的垂线，叫做投影线。在桩位、杆塔位及门型架，线路交叉跨越的架空地物、主要公路及铁路、地下电缆、地面及地下管道的 |

| | | |
|---|---|--|
| 8 | <p>投影线</p> <p>a—桩位；</p> <p>b—杆塔位或门型架；</p> <p>c—电力线或通信线；</p> <p>d—其他交叉跨越</p> | |
|---|---|--|

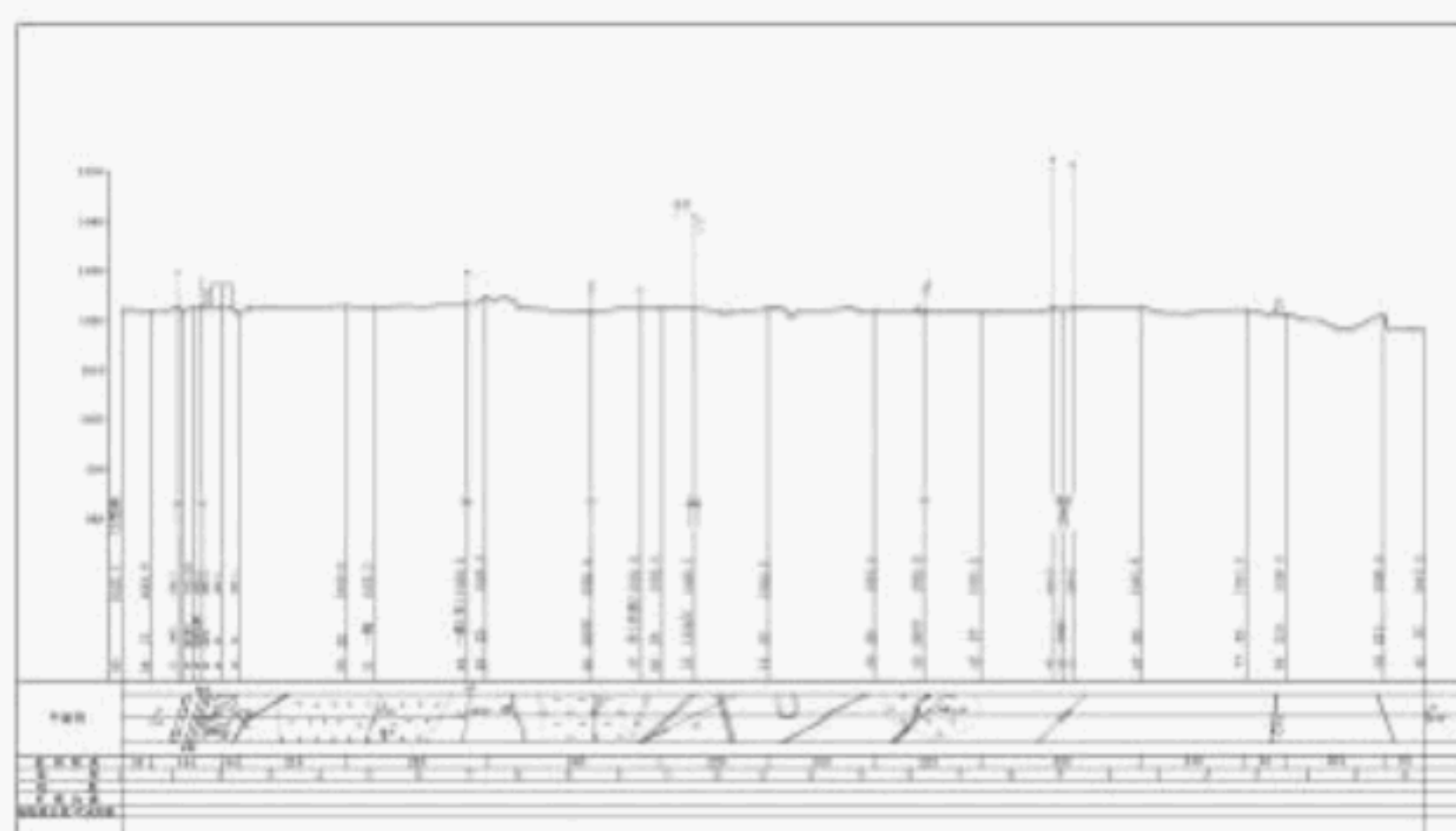


图C.3.7 图面格式

附录D(标准的附录)

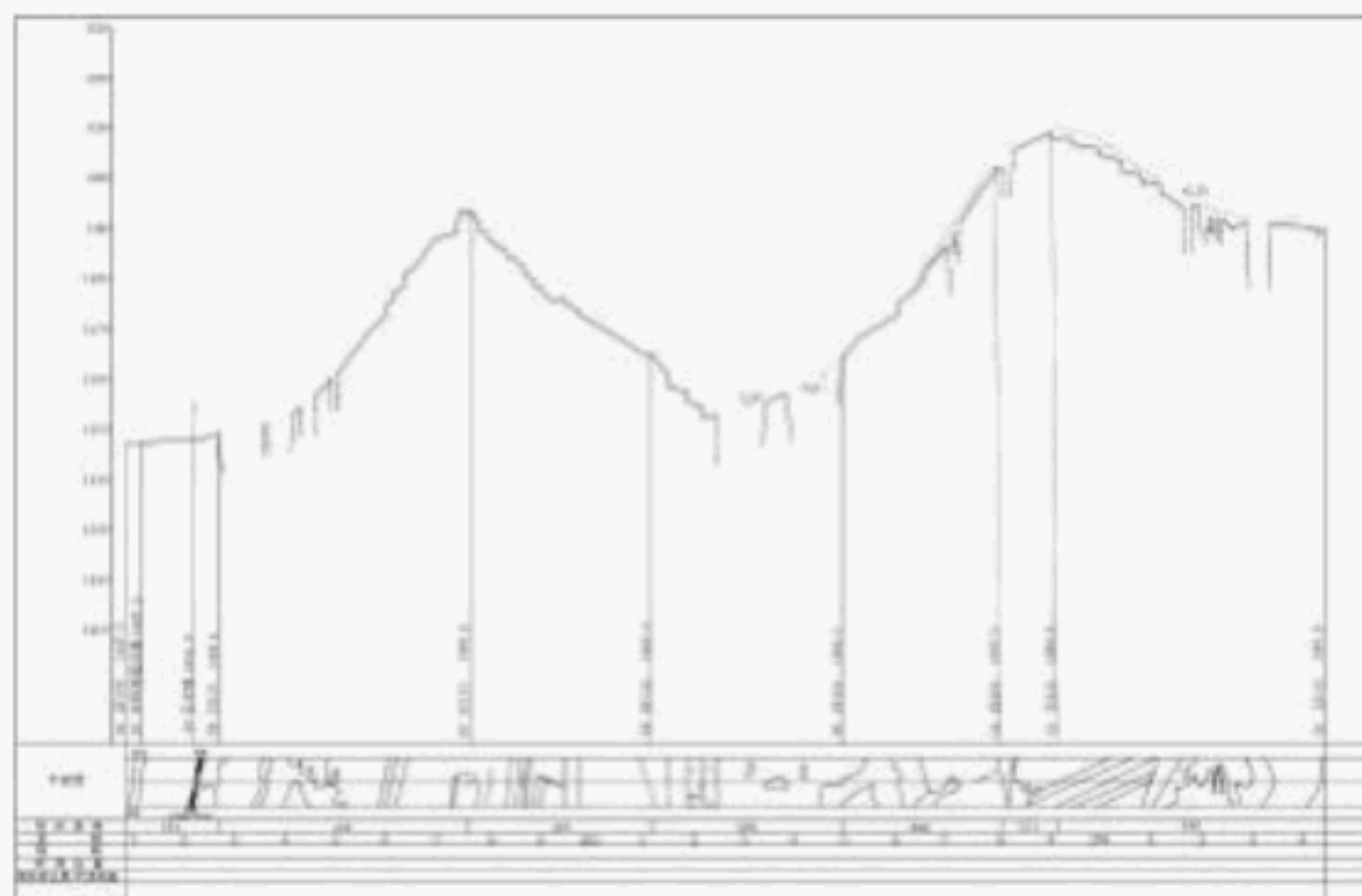
送电线路平断面图样图

D.0.1 平地区送电线路平断面图样图见图D.0.1。(见文末插页)



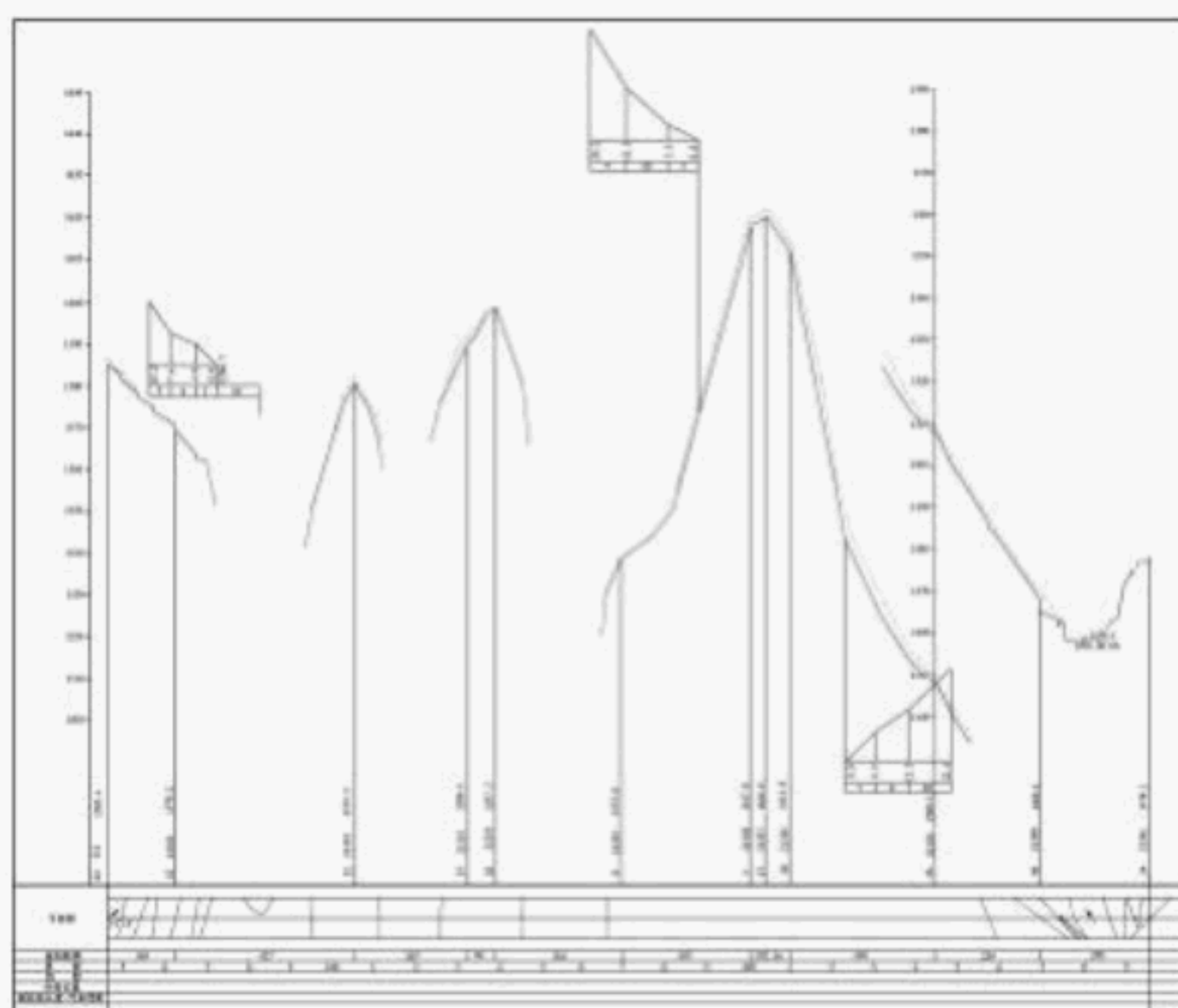
图D.0.1 平地区送电线路平断面图样图

D.0.2 丘陵区送电线路平断面图样图见图D.0.2。(见文末插页)



图D.0.2 丘陵区送电线路平断面图样图

D.0.3 山区送电线路平断面图样图见图D.0.3。(见文末插页)

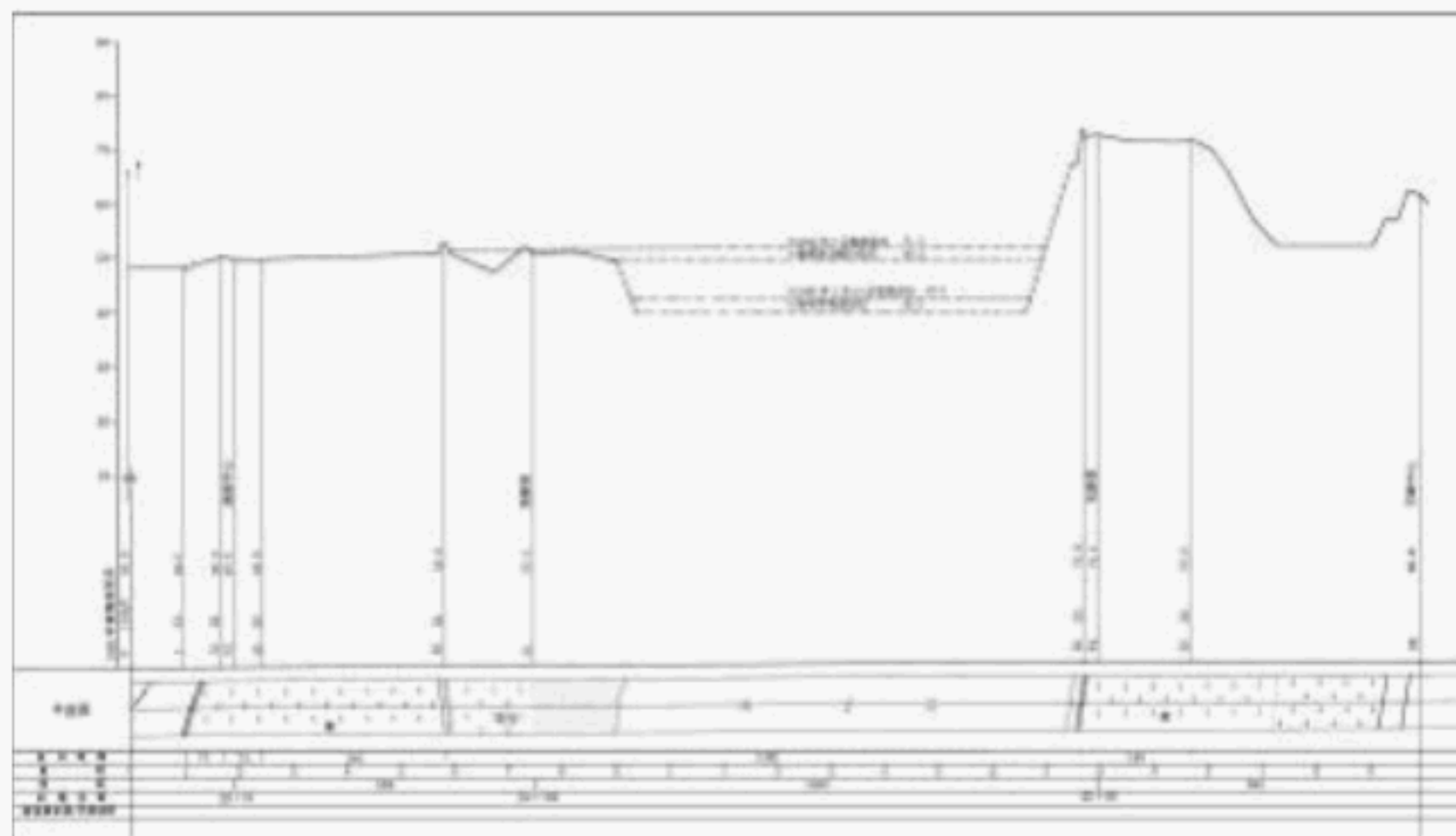


图D.0.3 山区送电线路平断面图样图

附录E(标准的附录)

大跨越分图样图

见文末插页



图E 大跨越分图样图

附录F(标准的附录)

拥挤地段平面图样图



图 F 拥挤地段平面图样图

附录G(标准的附录)

变电所进出线平面图样图

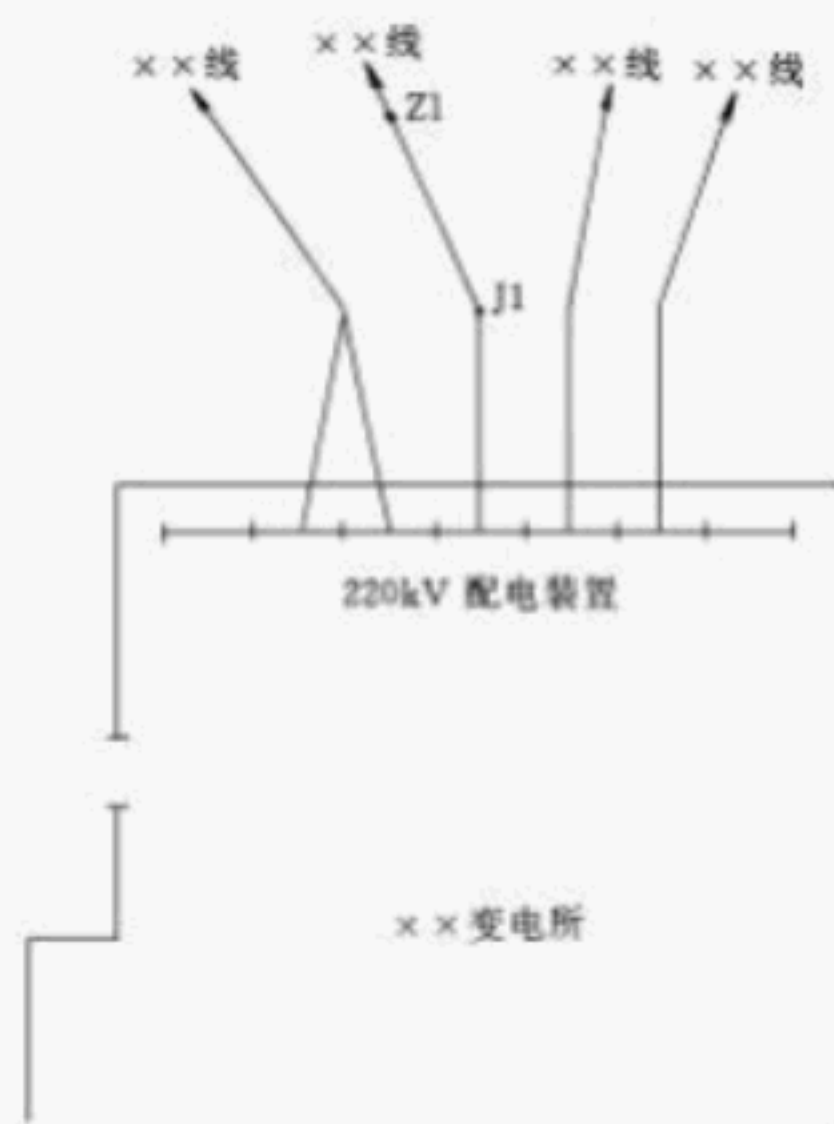


图 G 变电所进出线平面图样图

附录H(标准的附录)

通信线路危险影响相对位置图样图

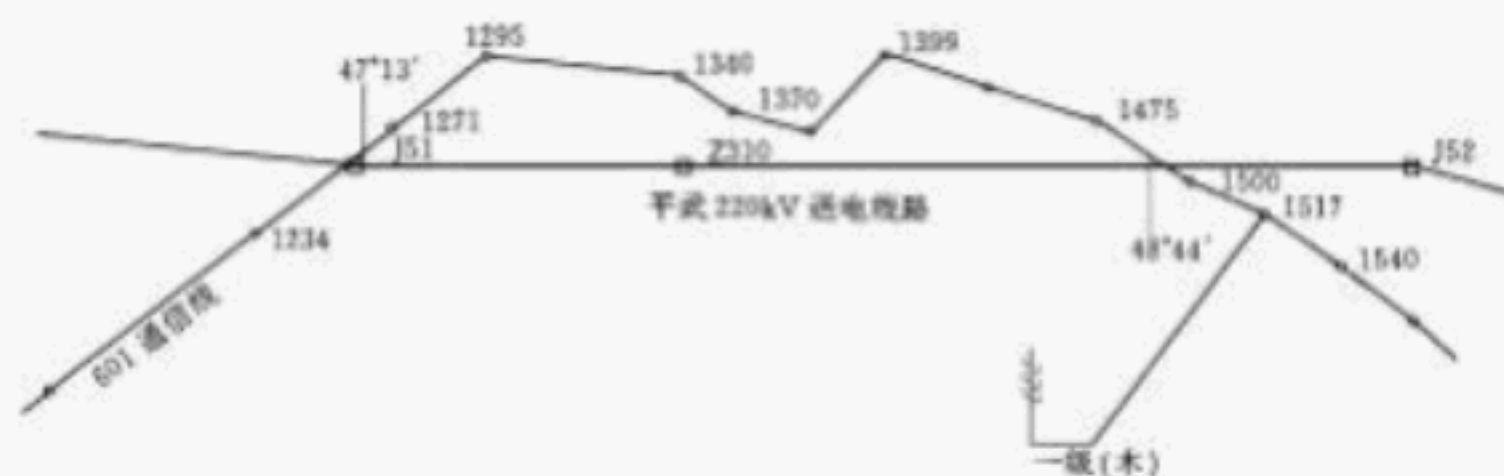


图 H 通信线路危险影响相对位置图样图

附录J(标准的附录)

塔基断面图样图

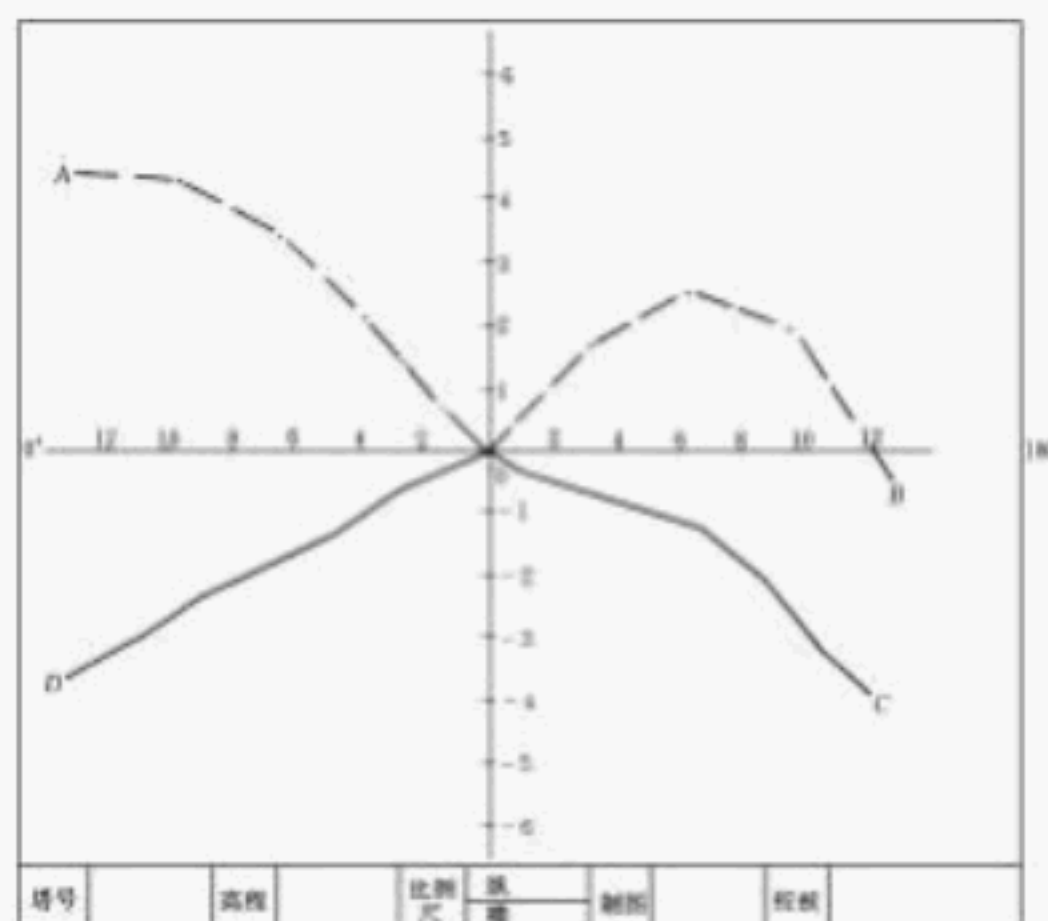


图 J 塔基断面图样图

- 注：1.竖轴线代表高差两根线交点为塔位桩原点。高差正值为上、负值为下。距离向左向右均为正值。
- 2.A、B、C、D为塔脚方向线，其角值大小由塔型或转角角度而定，以线路各起始方向(小号侧)为零度，顺时针分别代表所在的四个象限内，但根据高差情况，在具体点位上下移动。
- 3.塔基断面图施测范围应满足《设计定位手册》的要求或与设计专业现场协商确定。
- 4.塔基断面图的比例尺，垂直和水平分别为1：100、1：200，当塔位地形高差起伏较大时，可均为1：100或1：200。

附录K(标准的附录)

测量标桩规格

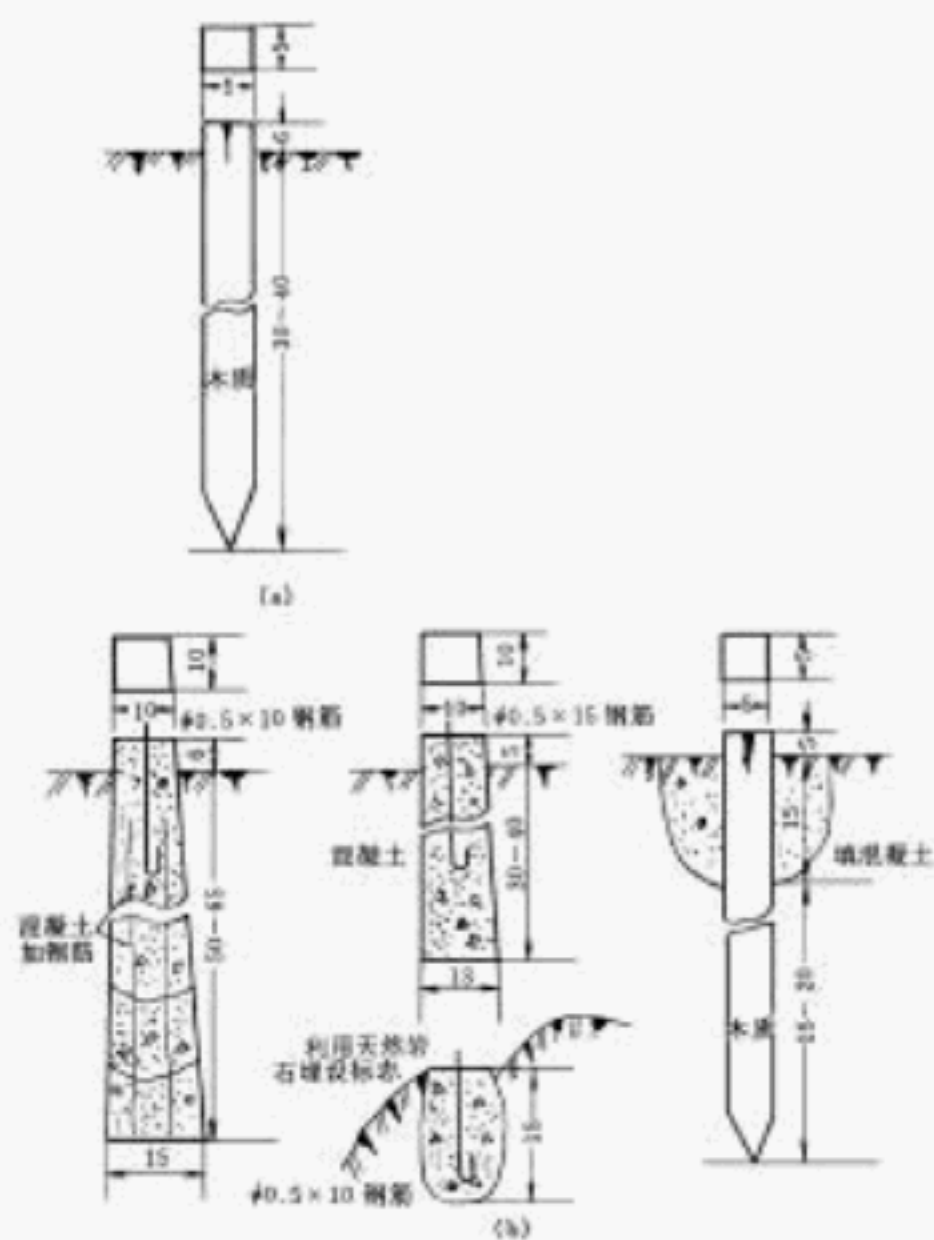


图 K 测量标桩规格

(a)一般标桩；(b)固定标桩

- 注：1.本图注记尺寸以cm为单位。
- 2.标桩长度与埋设深度可视土质而定。

附录L(标准的附录)

测量报告提纲

- L.0.1 概述：任务来源，工程名称，电压等级，起迄点，实际长度，沿途地形地貌，交通条件，平地、丘陵、山区所占比例，参加人员，工程负责人，起止时间，平均日进度，完成的工作量及工效统计(折合标准工作量以平方千米计算)。
- L.0.2 人员分工、测量方法、精度要求。
- L.0.3 采用新技术或用特殊方法解决问题的情况及其效果。
- L.0.4 提交资料项目。
- L.0.5 存在问题及建议。
- L.0.6 检查验收情况。

附录M(提示的附录)

相关标准

GB50026—1993 工程测量规范
 GB/T18314—2001 全球定位系统(GPS)测量规范
 GB50061—1997 66kV及以下架空电力线路设计规范
 DL/T5092—1999 110 ~ 500kV架空送电线路设计技术规程
 GBJ233—1990 110 ~ 500kV架空电力线路施工及验收规范

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5146-2001

35kV ~ 220kV架空送电线路 测量技术规程

条文说明

主编单位：山西省电力勘测设计院
 批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

目 次

- 3 总则
- 4 选择路径方案
 - 4.1 室内选择路径方案
 - 4.2 现场选择路径方案
- 5 选线及定线测量
 - 5.2 定线测量
- 6 桩间距离及高差测量
 - 6.1 视距法测距
 - 6.2 光电测距
 - 6.3 高差测量
- 7 平面及高程联系测量
 - 7.1 平面联系测量
 - 7.2 高程联系测量
- 10 定位及检查测量
- 11 CAD技术
- 12 GPS测量
 - 12.1 应用范围
 - 12.2 技术要求

12.3 定线测量

12.4 定位测量

3 总 则

3.0.1 随着我国的改革开放，各项建设迅猛发展，对用电的需求也日益增加。作为输送电力的主要手段架空送电线路的勘测设计工作在全国各地也发展迅速。担当此项任务的不仅是各直属院及各省院，各省的地区设计室也承担着大量的35kV～110kV线路的勘测设计工作。为了规范架空送电线路中测量技术工作的要求，使之更好地为设计服务，特制定本规程。

3.0.2 架空送电线路的勘测阶段分为初勘和终勘定位阶段，鉴于目前各单位各地区在各阶段的工作内容不够统一——比如有些单位在初勘中就全线定线，有些单位在定线时就测量桩间距离及高差，有些单位在平断面测量的过程中就现场定了杆(塔)位桩，而有些35kV的线路往往进行一次终勘定位——这些内容又不好在各阶段强求统一，本规程没有按初勘和终勘定位阶段来划分章节，而是按架空送电线路测量工作的工序来划分章节，在本条中只提出与设计阶段相适应。

4 选择路径方案

4.1 室内选择路径方案

4.1.1 在室内选择路径方案之前，线路电气人员要对沿途的军事设施、通信干扰等有关情况进行搜资，根据掌握的资料再结合地形图在图上选择路径方案。从调研情况看，绝大多数单位的测量人员不参加搜资工作，而有的单位地形图也是设计专业搜集，不参加室内选择路径方案的工作。综合上述情况，故本条规定“配合设计专业搜集沿线供室内选择路径的地形图”。

4.2 现场选择路径方案

4.2.1 现场选择路径方案是验证室内选择的路径方案是否可行。在现场踏勘的过程中，路径方案能否成立不仅取决于地形、地质、水文、气象、重要交叉跨越、军事设施等外部条件，还取决于有关协议和设计本身的一些技术要求，所有条件由设计专业进行综合比较后，选出技术可行、经济合理、施工方便、运行安全的路径方案。所以现场选择路径方案时，是以设计专业为主，测量人员配合工作。

4.2.3 当发现对路径有影响的地物、地貌与图纸不符时，测量人员应进行补充调绘。但初步设计中的路径方案图由哪个专业来完成，目前很不统一。有的单位由设计专业完成，有的单位由测量专业完成，多数单位为设计、测量专业共同完成。故本条规定为协助设计专业做好路径方案图。

5 选线及定线测量

5.2 定线测量

5.2.1 正倒镜分中后点位精度的误差来源主要有瞄准误差、目标倾斜误差、仪器对中误差及仪器整平误差四种。

1 瞄准误差 m_1 的影响：

设一次瞄准的中误差为 m_1 ，前后视瞄准两次决定一个点位，其瞄准误差的影响为 $\sqrt{2}m_1$ 。两次点位之差的中误差为 $\sqrt{2} \times \sqrt{2}m_1$ ，取中后瞄准误差的影响为：

$$\frac{\sqrt{2} \times \sqrt{2}m_1}{2} = m_1$$

由此可知, 瞄准误差对分中后点位的影响等于一次瞄准的中误差。

2 目标倾斜误差 m_2 的影响:

在前后视四次瞄准中属偶然误差性质, 故与瞄准误差一样, 目标倾斜误差对分中后点位的影响等于一次瞄准时目标倾斜的影响 m_2 。

3 仪器对中误差 m_3 的影响:

本项影响在两前视点之差中反映不出来, 所以对分中后点位的影响为 m_3 。

4 仪器整平误差 m_4 的影响:

仪器一经整平, 仪器的纵轴位置即已固定, 故在正倒镜两次前视点之差中反映不出来。所以对分中后点位的影响为 m_4 。

综上所述, 分中后点位误差的影响为:

$$m_{\Sigma} = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2} \quad (1)$$

DJ₆型仪器, 望远镜的放大倍率为25, 分辨率5", 方向中误差6", 水准管格值30"。

根据理论分析和试验数据, 分别取值为:

$$m_1 = 0.08', m_2 = 0.1', m_3 = 0.1', m_4 = 0.2'$$

代入(1)式, 则 $m_{\Sigma} = \pm 0.26'$, 最大误差为0.52'。

平地定线时, 因前后视垂直角不大且相近, 整平误差很小, 可忽略不计, 则

$$m_{\Sigma} = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}, \text{ 代入相应的数据, } m_{\Sigma} = \pm 0.16', \text{ 最大误差为0.32'。}$$

从以上数据可以看出, 正倒镜分中后点位偏离直线, 山区不超过0.52', 平地不超过0.32'。考虑到实际作业时受外界各种影响较大, 前后视距离也不一定相等, 故本条规定直线桩中心偏离直线方向不应大于 $\pm 1'$, 采用这种定线方法测量是可以做到的。从设计要求看, 当直线杆(塔)偏离直线3'~4'时, 对杆(塔)所引起的垂直于直线方向的水平荷重、放电间隙的改变, 绝缘子串歪斜等是允许的。从施工工艺的要求看, 当直线精度满足1'时, 杆(塔)偏离直线或绝缘子串的歪斜肉眼是觉察不出的, 可以满足工艺要求。综上所述, 认为定线精度规定为 $\pm 1'$ 是合理的。

5.2.2 DJ₆型经纬仪望远镜的分辨率为5", 花杆的直径为3cm, 当距离为800m时, 照准目标宽度的视角为7.7"; 当距离为1200m时, 照准目标宽度的视角为5.1", 已接近望远镜的分辨率。平地受气流及折光的影响较大, 再加上十字丝的遮盖, 因此规定直线延伸平地不宜大于800m, 山区不宜大于1200m。

5.2.4 由于地面折光及气流的影响, 平地距离在500m时, 尺面分划已很模糊, 同时, 对于220kV送电线路, 杆塔档距平地一般在400m左右, 因此认为直线桩间距在350m~400m之间, 对定位工作最为有利, 故规定直线桩的桩间距离不大于400m。

5.2.5 对中误差的影响与偏心距的大小、前后视距离的比值、前后视距离的长短有关。当偏距固定时, 后视距离与前视距离的比值越小影响越大, 前后视距离相等时, 距离越短影响越大, 因此短距离的定线对中误差就成为直线延伸的主要误差来源。如图1所示, A、B为直线桩, 为在A、B的延长线上定出另一直线桩C, 仪器设置于B, 因对中误差仪器偏心至B', 定出C', CC'为对中误差引起的位移。 e 为偏心距, 当 e 在顺线路方向时, 对中误差影响为零; 当 e 垂直于线路方向时 $e' = e$, 对中误差影响最大。为分析方便, 取 e 在直线上的垂直分量 $e' = e/\sqrt{2}$, 则

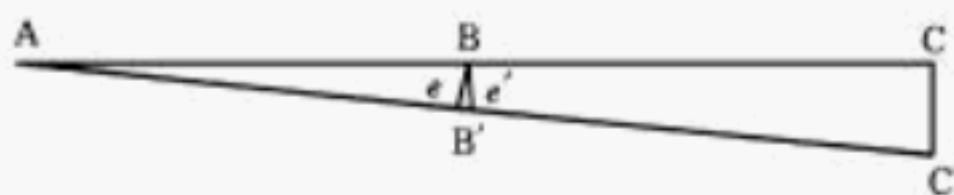


图 1 仪器对中误差引起的直线误差

$$CC' = \frac{e}{\sqrt{2}} \left(1 + \frac{S_2}{S_1} \right)$$

式中: S_1 ——AB的距离;

S_2 ——BC的距离。

对角值的影响为： $m_3 = \frac{CC'}{S_2} \cdot \rho$ ，令 $S_1 = S_2 = S$ ，则 $m_3 = \frac{e \cdot \rho}{S} \sqrt{2}$ ，按 $e = 3\text{mm}$ ，当后视距离为40m时， $m_3 = \pm 0.36'$ ，定线的总误差 $m_\Sigma = 0.44'$ ，最大误差为0.88'，接近直线精度1'的要求。当后视距离为30m时， $m_3 = \pm 0.49'$ ， $m_\Sigma = 0.55'$ ，最大误差为1.1'，超过定线1'的要求。因此本条中规定当后视距离小于40m时，必须提高仪器对中、整平、照准的精度，目标应细、直。

后视距离较短时，直线延伸的距离不宜过长。因为分中和测角时短边的照准误差较大，长短边长相差太大，还需要来回调焦，所以影响了前视点位的精度。

按允许误差等于1'的要求计算出规程中的表5.2.5的正倒镜二次点位之差每百米不超过0.06m。

5.2.7 间接定线影响直线精度主要是横向误差，现以矩形法为例，分析间接定线时设置角度及量距的精度要求。

如图2所示，E、F、G为直线桩，在AD间有一障碍物，使FG不通视。为定出G点使其在EF的延长线上，置仪器于F，后视E，正倒镜分中定出A点，再置仪器于A，后视F，正倒镜设置直角、量距取中后定出B点，同法置仪器于B、C、D，分别定出C、D、G。

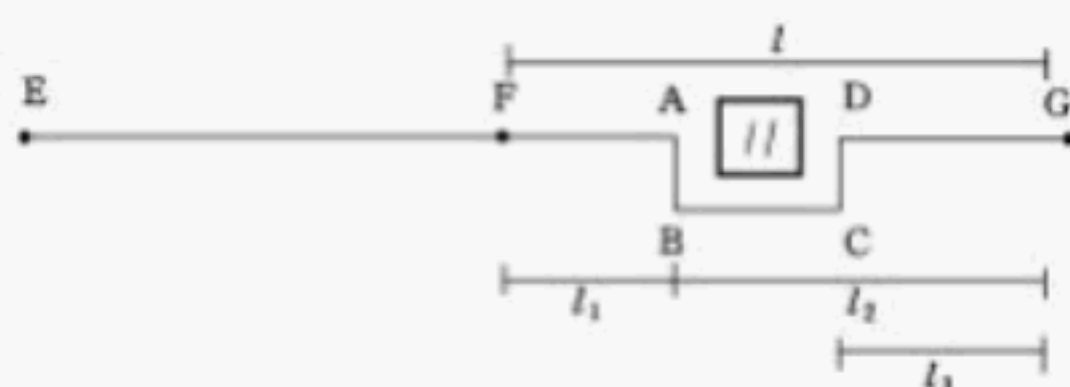


图 2 矩形法间接定线

1 G点的横向位移：根据直线桩偏离直线不超过 $\pm 1'$ 的要求可知，G点的横向位移容许值 ΔG_1 为：

$$\Delta G_1 = \frac{l \times 1'}{\rho} \quad (2)$$

式中： l ——FG间的距离。

取 $l = 300\text{m}$ ，则 $\Delta G_1 = \pm \frac{300 \times 1'}{3438'} = \pm 0.087(\text{m})$ ，中误差 $m_G = \pm 0.043\text{m}$ 。

2 G点横向位移的误差来源及估算公式：把FABCDG看成是一条导线，导线端点G的横向位移量是由量距和设置直角引起的，现分别讨论如下：

1) A点横向位移的影响。该项影响是由正倒镜分中A点的精度决定的，由5.2.1的分析可知，在平地分中后点位中误差为 $\pm 0.16'$ ，故A点的横向位移影响为：

$$m_A = \frac{0.16' \times l_1}{\rho}$$

式中： l_1 ——FA的距离。

取 $l_1 = 50\text{m}$ ，则 $m_A = \frac{0.16' \times 50}{3438'} \pm 0.002\text{m}$ 。

2) A点上设置直角的影响。假定设置直角的中误差为 m_β ，它对G点横向位移的影响为：

$$m_{GA} = \frac{m_\beta \cdot l_2}{\rho} \quad (3)$$

3) 同理，可分别写出B点、C点、D点上设置直角误差对G点的影响如下：

$$m_{GB} = \frac{m_\beta \cdot l_2}{\rho} \quad (4)$$

$$m_{GC} = \frac{m_\beta \cdot l_3}{\rho} \quad (5)$$

$$m_{GD} = \frac{m_\beta \cdot l_3}{\rho} \quad (6)$$

式中： l_2 ——AG的距离，取 $l_2 = 250\text{m}$ ；

l_3 ——DG的距离，取 $l_3 = 200\text{m}$ 。

4) AB、CD边量距的影响：

设量距的中误差为 m_L ，则两者对G点横向位移的影响为 m_b ：

$$m_b = \sqrt{2}m_L \quad (7)$$

根据误差传播定律可知，G点横向位移 m_G 可用下式计算：

$$m_G^2 = m_A^2 + m_{GA}^2 + m_{GB}^2 + m_{GC}^2 + m_{GD}^2 + m_b^2 \quad (8)$$

将式(3)~式(7)代入式(8)，经整理后得：

$$\frac{m_G^2 - m_A^2}{2} = m_\beta^2 \left(\frac{l_2^2 + l_3^2}{\rho^2} \right) + m_L^2 \quad (9)$$

根据测角、量距误差相等的原则，则分别有：

$$m_L = \pm \frac{1}{2} \sqrt{m_G^2 - m_A^2} \quad (10)$$

$$m_\beta = \pm \frac{\rho}{2} \sqrt{\frac{m_G^2 - m_A^2}{l_2^2 + l_3^2}} \quad (11)$$

将 $m_G = 0.043\text{m}$ ， $m_A = 0.002\text{m}$ 代入式(10)可得：

$$m_L = \pm 0.02\text{m}$$

各种不同距离所要求的相对精度见表1。

表 1 距离相对精度

| $L \text{ m}$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| m_L/L | 1/500 | 1/1000 | 1/1500 | 1/2000 | 1/2500 | 1/3000 | 1/3500 | 1/4000 |

将 m_G 、 m_A 的值代入式(11)，则：

$$m_\beta = \pm 0.23'$$

等腰三角形法根据不同图形综合分析，认为边长不超过80m，往返丈量之差不超过1/2000，即可满足要求。短边的量距精度要求不高，但仪器对中误差，照准误差，目标倾斜误差影响很大。所以规程中的表5.2.7-1规定钢尺丈量的长度不小于20m，不大于80m。当量距边短于20m时，应严格对中、整平，测角时应照准远方目标。当大于80m时，应提高测距精度。

对于DJ₆型经纬仪的方向中误差 m_γ ，不大于 $\pm 6''$ ，2C互差的最大值为 $2 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} m_\gamma = 0.4'$ ， $(10\text{m} \times 0.4') \div \rho = 1.2(\text{mm})$ 。考虑到外界条件及水平轴误差的影响，故规程中的表5.2.7-1规定设置角度时两点位之差每10m不大于3mm。如上所述，2C互差的最大值为 $0.4' = 24''$ ，分析中设置角度的误差为 $2 \times 0.23' = 0.46'$ ，即 $27.6''$ ，故规程中的表5.2.7-2规定2C互差为 $0.5'$ 。

5.2.9 规程中的表5.2.9转角测量技术要求的测回数及2C互差按DL5001中的加密图根导线的要求定出。

6 桩间距离及高差测量

6.1 视距法测距

6.1.3 视距测量的误差来源有很多, 鉴于视距测量的成果取至米, 有些误差可忽略不计, 主要误差有以下几种, 并写出各项误差的最后计算公式。

1 照准误差:

1) 全丝视距的照准中误差 m_c :

$$m_c = 0.0274 \frac{D}{V} \quad (12)$$

2) 半丝视距的照准中误差:

$$m_c = 0.0137 \frac{D}{V} \quad (13)$$

2 视距常数的检定误差 m_d :

$$m_d = \frac{D}{910} \quad (14)$$

3 视距尺倾斜的误差 m_e :

$$m_e = D \frac{\delta}{\rho} \operatorname{tg} \alpha \quad (15)$$

4 凑整误差 m_f :

$$m_f = 0.29m \quad (16)$$

5 估读误差 m_g :

$$m_g = 0.5 \frac{\gamma}{\varepsilon} t$$

当 $t = 2\text{cm}$ 时, 则:

$$m_g = \frac{\gamma}{\varepsilon} \quad (17)$$

6 外界影响, 空气对流和竖直折光此二项属于外界气候条件, 据原建工部非金属矿地质公司华北分公司所做的试验, 认为此类误差具有系统性, 在不利条件下为 $1/200$, 有利条件下为 $1/400$ 。山区不考虑此类误差影响。

取:

$$m_h = D/400 \quad (18)$$

以上公式中: D ——视距长度;

V ——望远镜放大倍率;

δ ——视距尺倾斜角;

γ ——十字丝遮盖尺面的角值;

ε ——尺面最小分划的角值;

t ——视距尺最小分划值;

α ——视线倾斜角;

ρ ——弧度系数。

$$m_{\Sigma} = \sqrt{m_c^2 + m_d^2 + m_e^2 + m_f^2 + m_g^2 + m_h^2}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{m_{\Sigma}}{D}$$

相对中误差

取 $V = 25$, 视距尺最小分划 $t = 2\text{cm}$, $\delta = 1^\circ$, 据一机部勘测公司和原武汉测绘科技大学的研究, 认为一

$$\gamma = \frac{1.5}{100 \times 1000} \rho'' = 3''$$

般的视距丝在距离为100m时，丝宽遮盖尺面1.5~2mm，取1.5mm，其角值 $\frac{100 \times 1000}{1.5}$ 。根据不同距离，超过400m时读半丝，平地视线倾斜至3°，山区根据不同的视线倾角，可得出相对中误差，见表2。

表 2 视距相对中误差

| D_m | | 100 | 200 | 300 | 400* | 500* | 600 | 700 | 800 |
|----------|-----|-------|-------|-------|----------------|----------------|-------|-------|-------|
| α | | | | | | | | | |
| 平地 | 3° | 1/233 | 1/286 | 1/300 | 1/224 1/308 | 1/230 1/311 | — | — | — |
| 山区 | 5° | 1/263 | 1/364 | 1/400 | 1/317 1/412 | 1/325 1/420 | 1/326 | 1/330 | 1/330 |
| | 10° | 1/217 | 1/260 | 1/273 | 1/200 1/278 | 1/200 1/279 | 1/200 | 1/200 | 1/200 |
| | 15° | 1/172 | 1/194 | 1/197 | 1/140 1/199 | 1/140 1/199 | 1/140 | 1/140 | 1/140 |
| | 20° | 1/137 | 1/148 | 1/150 | 1/100 1/150 | 1/100 1/150 | 1/100 | 1/100 | 1/100 |
| | 25° | 1/114 | 1/118 | 1/120 | 1/80 1/120 | 1/80 1/120 | 1/80 | 1/80 | 1/80 |

*上面数字为半丝法，下面数字为全丝法。

在平地不超过400m，山区垂直角小于或等于 10° ，测距精度是能够达到1/200~1/300的。至于垂直角大于 10° 的长距离，通常都是深山沟，因此认为此精度是能够满足送电线路需要的。

从大量试验数据可知,在呈像清晰、尺倾不大于 1° 的情况下,平地视距不超过400m,山区视距不超过800m, $\alpha \leq 10^\circ$ 时,其视距一次观测值相对中误差也可达到 $1/200 \sim 1/300$ 。取一次观测值相对中误差

为1/250，则一测回相对中误差为 $\frac{1}{250\sqrt{2}}$ ，对向观测较差的极限相对误差为 $\frac{2 \times \sqrt{2}}{250 \times \sqrt{2}} = 1/125$ ，取1/150。二测回同向观测较差的极限相对误差也为1/150，但同向观测二测回因时间间隔较小，条件极其相近，有些误差不能反映出来。一般认为同向观测误差是对向观测的1/2，故二测回同向观测较差的极限相对

误差为 $\frac{1}{150 \times \sqrt{2}} = 1/210$ ，取1/200。因此本条规定对向观测视距较差相对误差为1/150，同向观测视距较差相对误差为1/200。

6.1.4 由于地面折光、气流的影响，平地距离在500m时尺面分划已很模糊，丘陵和山区受地面折光和气流的影响较小，特别是山区，由于受地形的限制，往往是在山头与山头之间或山头对山坡进行测量。尺面最小分划为2cm，当800m时尺面分划角值为5"，DJ₆型仪器望远镜的分辨率为5"，也就是说在通视条件好的情况下，800m时望远镜还可以分辨出尺面分划，再远时望远镜就不太容易分辨尺面分划了。丘陵地相对于山区受地形限制较小，故该条规定平地视距长度不大于400m，丘陵不大于600m，山区不大于800m。

6.1.7 在山区用视距法进行送电线路测量时，当视距较长或坡度较大视距法难以达到精度要求时，一般采用三角形解析法测距，如图3所示。

$$AB = S(\text{所求边})$$

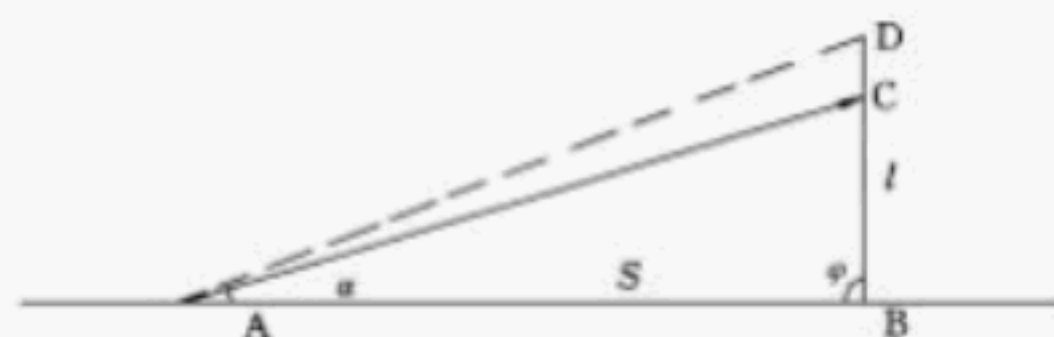


图 3 三角形解析法测距

$$S = \frac{l \cdot \sin [180^\circ - (\alpha + \varphi)]}{\sin \alpha} = \frac{l \cdot \sin (\alpha + \varphi)}{\sin \alpha} \quad (19)$$

式中： l ——直接丈量的基线；

α ， φ ——所求边两端的内角。

所求边的相对精度按式(20)估算：

$$\frac{m_s}{S} = \sqrt{\left(\frac{m_l}{l}\right)^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha \left(\frac{m_\varphi}{\rho}\right)^2 + (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha)^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2} \quad (20)$$

式中： $\frac{m_s}{S}$ ——所求边的相对中误差；

$\frac{m_l}{l}$ ——基线边的相对中误差；

m_α 、 m_φ ——测角中误差。

从式(20)中可以看出，所求边的精度不仅取决于基线丈量的精度，而且与小角 α 的大小关系很大。 α 角越大越好，但它又与基线的长度有关，在山区要选择较长的基线比较困难，这就使 α 角的增大受到限制。当 α 角较小，测角精度较低时，提高基线丈量精度对所求边的精度不会产生多大作用。从线路测量所需的精度出发，基线相对误差不低于1/1000已足够用。在实际工作中，选择基线时是不知道小角 α 的大小，必须求出 α 的不同角度时基线长度与所求边长度的比值，以便在工作中只要知道所求边的概略长度，便可适当的布置基线。若三角解析中只测两个大角，小角由 180° 减两个大角求得，大角的误差就全部反映到小角中去，而且大角两相邻边长度相差较大，测角时短边的照准误差大，同时还必须调整焦距，使测角的精度较低，因此实测角时应实测小角和其中一个大角。

为了能有多余观测，以校核所求边的精度，如图3所示，在基线BC的延长线上再设一点D，BC和BD为两条基线，利用ABC和ABD两个三角形计算AB的长度。

综上所述，在送电线路测量中，当采用三角解析法求距时，若欲使所求边的精度达到1/300左右，角度以DJ₆型经纬仪测一个测回(小角必须实测)，基线与所求边的比值不小于1/50，即小角不小于1°，基线丈量精度不低于1/1000即可，并按式(20)根据所求边的不同精度要求制订出规程中的表6.1.7。

6.2 光电测距

6.2.1 本条为防止粗差，保证测距成果正确而提出的。

当采用同向观测时，应采用二人各测一测回，与视距比较或手工计算值与仪器显示值进行比较等有效措施，防止粗差发生。

本条规定对向或同向观测两测回测距较差的相对误差不大于1/1000，比6.1.3的规定要求高，是基于测距仪自身的测距精度高而提出的。

6.2.2 根据多年的生产实践，为减少错误发生的几率，保证成果准确而提出的。

6.2.3 为维护仪器运行正常、测距可靠而要求的。

6.3 高差测量

6.3.1 视距高差的精度 m_h 按下式估算：

$$m_h = \sqrt{\left(\frac{1}{2}S \cdot \sin 2\alpha \frac{m_s}{S}\right)^2 + \left(S \cdot \cos 2\alpha \frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2} \tag{21}$$

式中： S ——视距；
 α ——垂直角；
 $\frac{m_s}{S}$ ——视距的相对中误差；
 m_α ——垂直角的测角中误差。

m_h 为视距高差一次测量的中误差，取 $m_\alpha = 0.5'$ ， $\frac{m_s}{S}$ 为 1/250，则每百米距离的高差中误差为：

$$m_h = \sqrt{(0.20\sin 2\alpha)^2 + (0.015\cos 2\alpha)^2} \tag{22}$$

以不同的垂直角代入式(22)，可算出每百米距离的视距高差一次测量中误差，见表3。

表 3 每百米距离的视距高差一次测量中误差

| α ° | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| m_h cm | 2.6 | 3.2 | 3.8 | 4.4 | 5.7 | 7.0 | 8.2 | 9.5 | 10.7 | 11.8 | 12.9 |

当采取对向观测时，一测回的高差中误差为 $m_h / \sqrt{2}$ ，对向观测两个高差的较差为 $\sqrt{2}m_h / \sqrt{2}$ ，取2倍中误差作为极限误差， $\Delta h = 2 \times \sqrt{2}m_h / \sqrt{2} = 2m_h$ 。

当采用同向两测回观测时，高差的极限误差也和对向观测时一样， $\Delta h = 2m_h$ ，但同向观测二测回因时间间隔较小，条件极其相近，有些误差不能反映出来，一般是对向观测误差的 $1/\sqrt{2}$ ，故二测回同向观测的极限误差 $\Delta h = 2 / \sqrt{2}m_h = 1.4m_h$ 。

从式(22)中可以看出，高差精度主要受视距精度的影响，特别是当垂直角较大时，影响更为显著。为了外业使用方便，对向和同向观测的高差极限误差取同一标准，使 $\Delta h = 1.5m_h$ 。按不同的垂直角计算稍加凑整即得出高差较差的允许限差，即规程中的表6.3.1所列值。

调研中普遍反映，在平地垂直角较小的情况下，原每百米2° 较差2cm不易达到，根据GB50026中4.1.2条规定，平地的地面倾角 $\alpha < 3^\circ$ ，将原规定中2° 起算的较差改为3°，垂直角小于3° 时，按3° 的较差要求。

6.3.3 该条高差较差是引用DL5001中表3.3.6二级三角高程的规定。

7 平面及高程联系测量

7.1 平面联系测量

7.1.3 该条转角塔中心的点位误差是引用DL5001中表1.0.6的主要地物点位置的中误差。

7.2 高程联系测量

7.2.4 高程联系测量视距高程的技术要求引用GB50026的5.4.2。

7.2.5 三角高程测量的技术要求引用DL5001中的3.3.6。

10 定位及检查测量

10.0.3 国标GBJ233中3.0.3条第一款中规定：“以设计勘测钉立的两个相邻直线桩为基准，其横线路方向偏差不大于50mm”。定位时若跳桩或远距离定塔位，按直线精度1'要求，满足不了上述规定，故该条要求在就近直线桩位测定杆塔位置。

11 CAD 技 术

11.0.1 线路平断面图是架空送电线路测量中最重要最复杂的图件，也是其特有的，因此，本章只对测绘线路平断面图时使用的硬件、软件及工作方法作出规定。

11.0.2 DL/T 5026中的4.1.1.3款规定“微机平台应支持设计制图、工程计算和专业一体化设计”。微机平台已能满足线路测量的需要，而且价格便宜，便于携带，对环境要求低。因此，规定采用微机平台。

11.0.3 本条为鉴定和选用应用软件提供了一个标准。本条是DL/T 5026中5.2.2的具体化，同时也对影响软件可靠性、实用性、完备性及高效性的关键性的性能和功能作出规定。

平断面图中的相当一部分点并非通过实测直接得到，而是通过丈量、目估等方法间接得到。如果软件没有处理这方面数据的能力，势必影响外业进度，也给内业带来麻烦，从而不能体现CAD技术的高效性。该条2款对此进行了规定。

原始记录文件指的是野外数据采集得到的数据文件，是生成平断面图的基础。该条4款强调原始记录的完整性，以备检查校审。

批处理图形操作是指用户必须在软件运行前输入与图形处理有关的全部数据，之后软件才进行计算绘图。在图形生成的过程中，用户无法对图形进行操作和控制。交互式图形操作则允许用户以人机对话方式控制和操纵图形的生成过程。软件给用户提供一个图形显示操作区，使用户能直接操作图形，计算机则根据来自输入设备的信号实时地修改显示的图形。内外业一体化软件是一个交互式图形系统，数据采集与图形处理在同一图形界面下完成。软件能把采集的数据实时地转换成图形在屏幕上显示，也能把用户对图形直接编辑的结果转换成数据存入原始记录文件。该条7款中对非内外业一体化系统的要求，主要是出于不增加外业工作量的考虑。由于线路测量的特点，常规测图时，平面图中的有些地物往往只测控制性的几个点，内业则结合草图绘制出形态正确的图形。使用CAD技术后，面临的一个问题就是如何把草图所反映的形态信息输入计算机中。用批处理方式解决这个问题，使用起来相当繁琐，用交互方式则很简单。如果应用软件没有交互式图形操作功能或功能不完备，就要求外业测得细致一些，以缓解内业的压力。这样外业工作量就比常规测图增加了许多，往往得不偿失。因此，在以批处理图形操作为主导的非内外业一体化系统中，增加交互式图形操作功能是非常必要的。另外，在编辑图形时，应用软件的交互式图形操作命令也是保证达到该条9款要求的根本手段。

DL/T5026的8.3.2关于专业间设计一体化的规定中要求测量专业与送电线路专业实现设计一体化，这就存在一个接口问题。DL/T5026的3.4.1对子系统间的接口作了规定：“子系统间交换的信息应分为图形信息 and 非图形信息两类，通过接口软件和技术约定来实现。”测量专业与送电系统交换的图形信息就是线路平断面图，非图形信息就是由线路平断面图转换成的数据文件。两者反映的是同一内容，测量专业可以给送电专业只提供其中一方面的信息，也可以两者都提供，这由送电专业所使用的软件决定。无论采用哪种接口方式，都要保证交换的信息遵循共同的技术约定，这样才能在两专业间实现设计一体化。

11.0.4 本条的原则：如果不是自动记录，外业就不要使用电子记录。外业使用电子记录手簿进行野外数据采集，需要同时画草图。如果不是自动记录，不能提高工效，反而容易出错。由于没有记录本的一览性，出了错还不好修改。内外业一体化系统则只有采用自动记录的方式才能体现其先进性。

11.0.7 电子记录手簿容量有限，往往只能满足一天的工作量，所以当天的数据应当当天传入微机，以免在第二天工作时数据被覆盖。

11.0.8 在编辑图形时，有些内容也可以用CAD支撑软件的命令绘制，但用应用软件的命令绘制，可以保证

与送电子系统交换信息的正确性。

12 GPS 测 量

12.1 应用范围

本节仅列出GPS在架空送电线路测量中的主要应用内容，理论上线路测量的外业工作都可以使用GPS来完成，但是从经济效益来考虑，有些工作使用常规方法来完成还便利些。GPS测量不可能完全取代常规测量方法，仅在列出的应用内容方面作用较明显。

12.2 技术要求

12.2.1 要求建立统一的控制系统是从两方面来考虑：一方面是从统一线路测量资料来要求；另一方面是建立线路GPS首级控制网以后，GPS测量资料可以长久使用，只要点位不被破坏，以后的控制扩展和其他工程都能继续应用。GPS测量的特点之一是不要求通视，所以扩展控制非常容易，只需在其中的一个点上再次安置GPS接收机即可实现。

12.2.2 因为线路测量对于平面及高程的精度要求不是很高，所以采用GPS测量的较低精度指标，既可以减少野外作业时间，又很容易满足线路精度指标要求。

考虑到线路坐标联测的边长一般都比较长，而测定转角与副桩的边长和定位选择的放样点间边长都较短，故不限制GPS测量时的点间距离。

在短距离内，只要高程变化不是很大，则这些点的高程异常值变化不会很大。即使有大的变化，对于线路仅要求相邻档的高程精度，直接采用大地高高差来计算桩位高程是完全可以满足的，无需进行高程异常值改正，这已经经过多次试验进行总结，点间距离规定在5km以内是恰当的。

野外数据检核主要是利用多余观测成果进行检核，可以发现受较大误差影响的成果。一般说来，多路径效应对基线成果的精度影响较大，对测站(特别是参考站)的选择是很重要的一项任务。

对单一导线附和差及精度评定本规定不再列出，可参考其他有关规程执行。

GPS测量本身对控制网的形状没有要求，网形的设计主要是根据建网目的和任务要求精度来考虑。线路控制网应是一种线形网，所以允许采用单一导线的形式。但是为了保证控制网的正确和具有一定的精度指标，要求增加检核条件，除了起、中、终点要有检核之外，还可以在适当的位置增加一些闭合条件。对于超过5km的边长，高程异常值的影响增大，当传递距离达数十千米时，高程差异将达到数十米。长距离的控制又不可直接去测量点的高程，简单的办法就是多联测已知高程的控制点或水准点逐段进行改正。或者利用数学模型，全线进行拟合、改化。

12.2.3 网点间距选择在5km ~ 10km内的原因是：

- 1.一般的GPS测量当边长超过10km后，应增加较多的观测时间。
- 2.当边长超过10km后通信联系成问题。
- 3.这个长度对于线路控制加密是适宜的。

转角桩到副桩的距离应大于拟定线路直线桩桩距的1/10。当经纬仪架在转角、后视副桩，根据解析的水平角定出线路直线桩时，如果距离太短将影响测直线精度。但太长又增加了GPS测量的难度，故取1/10是恰当的，例如定桩的桩距为400m，则转角桩到副桩的距离应大于40m。

12.3 定线测量

12.3.1 GPS测量时如果两点距离越近则需要观测的时间就越短。受外界环境的影响减少，计算的成功率就高，所以参考站应靠近需测量点为宜。

12.3.2 GPS测量时，大量采用极坐标法。这种方法，对于一个点来说缺少检核条件，但是速度快，计算简单，通过计算分析也可以进行检核，所以在此条中对这种方法允许采用。所谓连续支导线的测量方法是指

从已知点起，经过两个以上的参考站传递计算坐标高程，这种方法更缺少检核条件，且计算工作要相应增加，所以应避免采用。如果受地形、交通限制，必须采用此方式作业，建议在结束前附合到已知点上去。

12.4 定位测量

12.4.1 RTK仪器精度达 $\pm 0.05\text{m}$ 级时，一般情况下坐标横向误差能满足直线偏差 $\pm 1'$ 的要求。

当塔间距离太短时，应提高观测精度。

12.4.2 没有RTK功能的设备要完成定塔位的工作，必须采取两个步骤才能达到目的，故在一次终勘定位的线路工程中没有应用价值。所以本规定只建议在常规定位困难的地方部分采用，例如在森林隐蔽地区，直线没有贯通，为了少砍树，可以考虑GPS定位。