

**架空送电线路
大跨越工程勘测技术规定**
**Technical regulation of exploration and surveying
for large crossing overhead transmission line**
DL/T5049-1996

主编单位：电力工业部中南电力设计院
批准部门：中华人民共和国电力工业部
施行日期：1996 年 7 月 1 日

**中华人民共和国电力工业部
关于发布《架空送电线路大跨越工程勘测技术规定》
电力行业标准的通知**
电技 [1996] 56 号

《架空送电线路大跨越工程勘测技术规定》电力行业标准，经审查通过，批准为推荐性标准，现予发布。

其编号为：DL/T5049—95

该标准自 1996 年 7 月 1 日起实施。

请将执行中的问题和意见告电力工业部电力规划设计总院，并抄送部标准化领导小组办公室。

1996 年 1 月 22 日

1 总则

1.0.1 为使架空送电线路大跨越工程勘测统一技术标准，做到技术先进，经济合理，保证大跨越耐张段的安全和正常运行，特制定本规定。

1.0.2 本规定适用于 220 ~ 500kV 架空送电线路大跨越的工程勘测。其它电压等级的架空送电线路大跨越工程勘测，可参照执行。

1.0.3 架空送电线路跨越通航大河流、湖泊或海峡等，因档距较大(一般在 1000m 以上)或塔的高度较高(一般在 100m 以上)，因此导线选型或塔的设计需予以特殊考虑，且发生故障时严重影响航运或修复特别困难的耐张段，应按大跨越工程进行勘测。

1.0.4 架空送电线路大跨越工程勘测包括工程测量、岩土工程勘测、工程水文勘测以及岩土工程监理等工作。

1.0.5 架空送电线路大跨越工程勘测应尽量采用先进技术，积极推广新技术和新设备。勘测成果的整理应推广使用计算机辅助设计(CAD)系统。技术标准应尽量和国际标准接轨。

1.0.6 架空送电线路大跨越工程勘测阶段的划分应与设计阶段相适应，可分为可行性研究阶段勘测、初步设计阶段勘测和施工图设计阶段勘测。当大跨越方案确定且条件简单时，可合并勘测阶段，但需同时满足各阶段设计的要求。

1.0.7 架空送电线路大跨越工程勘测除遵守本规定外，并应符合国家现行有关规范和行业标准的规定。

第一篇工程测量

2 可行性研究阶段测量

2.0.1 接受测量任务书后，应了解室内预选方案的概况及有关专业的配合要求。

2.0.2 根据室内预选的不同方案进行现场踏勘。当发现对路径有影响的地物(如建构筑物、重要交叉跨越物)、地貌(如冲沟、溶洞)与图面不符时，应进行补测、修改和调绘。

2.0.3 配合设计人员进行实地选线。当方案未确定时，可根据要求从图上量取跨越点间距离和高程。

2.0.4 对推荐方案，应进行实地定线或草测平断面图。必要时测定路径的磁方位角或坐标方位角。

2.0.5 对某些协议区或复杂地段，用仪器初步测量大跨越点、起迄点或测绘平面图。

3 初步设计阶段测量

3.1 一般规定

3.1.1 根据测量任务书的要求充分搜集和利用已有资料。搜集的平面控制点成果，应包括其名称、等级、平面坐标和系统、高程和系统。搜集的水准点成果数量不宜少于两个，应包括其名称、等级、高程和系统。

3.1.2 工程负责人应编写勘测大纲和做好技术方案设计，组织工程参加人员商讨分工和争创优秀工程措施，做好仪器工具选择、配套、检定等工作。

3.2 定线测量

3.2.1 定线测量时，应配合设计人员现场选定大跨越两岸的塔位中心桩和耐张塔位桩。

3.2.2 直线桩应设在便于距离测量、高差测量、平断面测量、交叉跨越测量、定位测量和能长期保存处。桩间距离视测图需要而定。

3.2.3 直线桩(Z)、转角或耐张塔位桩(J)、塔位桩(G)应分别按顺序编号。根据工程具体情况，应埋设半永久性或永久性标桩。测量标桩规格及埋设尺寸按照附录 A 选用。

3.2.4 直线定线测量方法宜采用直接定线，当路径遇有障碍物不通视时，则采用间接定线法定线。

3.2.5 直接定线应满足下列要求：

- (1)避免后视距离短、前视距离长，相差过大现象；
 - (2)以经纬仪正倒镜分中法定好前视桩桩位后，观测水平角一测回，其允许偏差为 $\pm 30''$ ；
 - (3)直接定线测角技术要求应符合表 3.2.5 规定。
- 照准的前、后视目标应竖直，宜瞄准目标的下部。

表 3.2.5 直接定线测角技术要求

仪 器 类 型	仪器对中允许偏差 (mm)	水平度盘气泡允许偏离值 (格)
DJ ₆	3	1
DJ ₂	2	1

当前、后视距离小于 30m 时，仪器应严格对中、整平，照准的目标应直、细(如测钎、铅笔尖等)。

3.2.6 采用前视法加定直线桩桩位时，应先用正倒镜分中法定好远视直线桩桩位，然后在其间加定直线桩。所加直线桩桩间距离，应力求均匀，且不宜过短。

3.2.7 采用间接定线法定线时，应根据实测条件进行精度估算。其所有过渡点均应钉立木桩，无闭合或附合条件时，应有重复测量作校核。

3.2.8 间接定线可采用矩形法、等腰三角形法、支导线法等，其技术要求应符合表 3.2.8-1、表 3.2.8-2 的规定。

表 3.2.8-1 间接定线量距技术要求

仪	仪器	水平	点位设置	钢 尺 量 距	光电测距仪测距
---	----	----	------	---------	---------

器 类 型	对中 允许 偏差 (mm)	度 盘气 泡 允许 偏 离 值 (格)	方 法	限差 (mm)	方 法	长 度 (m)	往返丈 量 允许较 差的相 对误 差	方 法	长 度 (mm)	对向测距允许 较差的相对误差	
DJ ₆	2	1	正 倒 镜 两 次 点 位 取 中	两 次 点 位 每 10m 允 许 相 差 为 2mm	往 返 丈 量	不 短 于 20 不 大 于 100	1/2000	对 向 观 测	垂 直 于 路 径 25~ 150	矩 形 法、 等 腰 三 角 形 法	支 导 线 法
DJ ₂	2	1								1/2000	1/5000

注 1.当采用支导线时，导线边数不得超过四条，边长力求均匀接近，不得相差过大。起始点与后视点边长宜大于 100m。

2.距离测量读至毫米，计算成果至毫米。

表 3.2.8-2 间接定线测角技术要求

仪器类型	观测方法	测回数	半测回差 ()	读 数 ()	成果取至 ()
DJ ₆	方向法	2	30	6	6
DJ ₂	方向法	1	10	1	1

3.3 平面与高程联系测量

3.3.1 大跨越线路通过城市规划区，人口稠密区，军事设施、港口、通信、航空等协议区，需取得统一的平面坐标系时，应进行坐标联系测量，并提供联测成果资料。联测方法，视需要可采用图解法、导线法、交会法等。联测精度的限差值，一般在城市规划区，塔位中心的点位误差应不大于该城市规划用图图面所示的 0.6mm；有特殊要求时，应按其要求确定平面联测精度的限差值。

3.3.2 大跨越塔位桩高程及洪(潮)水淹没区域、洪痕点及洪水位高程的联系测量，可采用三角高程测量或图根水准测量。联测的附合线路长度大于 10km 时，应采用四等水准测量。有特殊要求时，应按其要求确定高程测量精度。

3.3.3 高程联系测量的技术要求应按《火力发电厂工程测量技术规程》有关规定执行。

3.4 档距及高差测量

3.4.1 大跨越段各档距间的相对误差为 1〔档距(m)〕。

有特殊要求时，应按其要求精度执行。

3.4.2 大跨越档距，宜采用光电测距仪测量。一般为对向观测各一测回。当采用同向观测时，应变动仪器高或觇标高，共观测两测回。每测回成果取三次读数的平均值(可不考虑气象改正)，两测回的中数为最终成果。

3.4.3 档距亦可采用三角解析法测距。其技术要求应符合表 3.4.3 规定。

表 3.4.3 三角解析法测距技术要求

仪 器 类 型	测回数	测回间 允许较差 ()	基线边允许 相对误差	求距边的相对中误差		
				1 1000	1 1500	1 2000
				基线与求距边长度比(不小于)		

DJ ₆	4	30	1 2000	1 28	1 14	
	2			1 17	1 9	
DJ ₂	2	10	1 4000	1 33	1 21	1 14
	1			1 19	1 13	1 9

- 注 1.用检定过的钢尺丈量基线，需进行倾斜、尺长改正。
- 2.布设三角形时，基线与所求边夹角应在 70°~110°之间。
- 3.必须用两个图形求距，满足精度要求时，成果取中数。
- 4.表中测回数指对测小角而言，对测大角减半。
- 5.宜测三个角，小角不参与闭合差分配。当测两个角时，小角必测。

3.4.4 大跨越塔位桩桩间高差测量技术要求应符合表 3.4.4 规定。

表 3.4.4 大跨越塔位桩桩间高差测量技术要求

等 级	仪器 类型	施 测 方 法	测 回 数		指标差 互差	垂直角较 差()	两测回观 测高差较 差(m)
			三丝法	中丝法			
一级	DJ ₂	光电测距仪测 距、经纬仪测 垂直角	1	2	15	15	±0.2l
	DJ ₆		2	4		30	

- 注 1.1——塔位桩桩间距离(km)。
- 2.当边长超过 400m 时，应进行地球曲率和折光差改正。改正数参照附录 B 执行。
- 3.仪器高和照准目标高，量取至 0.5cm。
- 4.垂直角的角值算至秒，高差算至毫米，成果取至厘米。

3.4.5 直线桩桩间距离测量的相对精度应能满足该直线桩桩间 1 [档距(m)] 的要求，其高差测量应符合表 3.4.5 规定。

表 3.4.5 直线桩桩间高差测量技术要求

垂直角 (°)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
高差较差 (cm)	3	5	7	8	10	12	14	16	18	20

- 注 1.当桩间距离小于 100m 时，按 100m 计。
- 2.当垂直角小于 2° 时，按 2° 计。

3.5 平断面测量

3.5.1 应根据测量任务书要求，确定平断面测量的范围，应用仪器施测范围内的地物(建构筑物、道路、水系、架空物及地下电缆管道等)，并注记接近路径中心线的距离和高度。

3.5.2 对被交叉跨越的 35kV 以上送电线路，必要时测绘交叉跨越分图，并注明被交叉跨越线路相邻两杆塔的杆号、型式、杆塔高度。

3.5.3 大跨越线路与弱电线路(电报、电话、有线广播、铁路信号线等)平行接近，经设计估算有危险影响时，应测绘弱电线路危险影响相对位置图。

3.5.4 断面测量，可采用视距法或直接丈量的方法测定其距离和高差。

3.5.5 采用视距法施测时，断面点宜就近桩位施测，不得越站观测。需要临时加设测站时，应进行正倒镜对向观测，其距离较差允许相对误差为 1/150，高差较差允许为 ±0.2m，成果取中数。

3.5.6 选测的断面点，应能反映地形起伏变化和地貌特征。对于一般地形断面测量，应符合下列要求。

- (1)平面断面点间距一般不大于 50m，断面线应以实线连通。
- (2)导线对地距离可能有危险的地段，应适当加密施测断面点。对山脚、山谷、断崖深沟等无影响地段可不测，断面线可中断。

(3)导线边线下地面高出实测中心线 0.5m 时,应施测边线断面。其位置应以导线水平排列间距而定。对线路中心线与边线之间的突出地形、地物,应施测其平面位置及高程。

(4)线路通过缓坡、台地、沟渠等或与梯田斜交时,应选测正确的边线位置。

3.5.7 线路通过陡坡附近时,根据现场情况(一般坡度为 1/3)选测风偏横断面。风偏横断面图比例尺可采用纵、横均为 1/1000 或 1/500。

3.5.8 当测量任务书提出可能在江(或河、湖、海)中立塔时,应施测水下断面。

3.5.9 当水文人员要求测量河床纵断面、横断面时,测量人员应配合进行观测,并提供原始资料。

3.5.10 在平断面图跨越段内,应以虚线表示出 50 年一遇(对 500kV 线路)、30 年一遇(对 220 ~ 330kV 线路)的洪水位及设计最高通航水位、5 年一遇洪水位、历年最低水位,注明高程数据及年、月、日。

3.5.11 大跨越平断面图的绘制,必须根据现场所测数据,按照现行图式、图例的统一规格,准确真实地表示地物、地貌的平面位置和高度。文字符号应标注正确,图面应清晰美观。

平断面图比例尺,一般采用纵 1/500、横 1/5000 或纵 1/200、横 1/2000。图式按附录 C 执行。

3.5.12 大跨越线路为双回路且两个耐张塔位置与线路不垂直对称时,应提供两张平断面图。

3.6 交叉跨越测量

3.6.1 交叉跨越测量,可采用直接丈量、视距法和光电测距仪测距等方法,测定其距离和高差。

当采用视距法测量时,以直读视距与加读三丝进行比较;若只能读出二丝时,不得切整数。直读视距与上、下丝读数允许较差相对误差为 1/200。

对于有影响的交叉跨越,应就近桩位以正倒镜测定垂直角,其允许高差较差为 $\pm 0.2\text{m}$ 。

当距离和高差观测符合限差要求时,成果取中数。

3.6.2 若大跨越线路交叉已有电力线,应测量中线交叉点最高线的线高。当线路不是正交或左右不等高时,应测量左右边线有影响一侧交叉点的线高及风偏点的线高。交叉跨越杆塔时,应测量杆塔顶高及平面位置。

3.6.3 若大跨越线路跨越弱电线路,应测量交叉点的线高。当左右不等高时,应选测风偏点的线高。

对一、二级弱电线路,应施测其交叉角,并注明两侧杆号、杆型、材质及通向。当交叉跨越杆位时,应测量杆顶高,并在平断面图上加以注明。

3.6.4 当大跨越线路交叉跨越铁路或主要公路时,应测量交叉点轨顶或公路路面高程。注明铁路被交叉跨越的里程。当跨越电气化铁路时,尚应测绘交叉点电力线的高程,并注明数据。

3.6.5 当大跨越线路交叉跨越房屋时,应测量边导线外 15m 内的屋顶高。

3.6.6 当大跨越线路通过林区时,应选测、注记主要树种的名称和高度,并表明范围。

3.6.7 当大跨越线路交叉跨越电缆及油、气管道等地下管线时,应根据设计人员提供的实地位置,测量交叉点的交叉角及地面高程,并注记管线名称和通向。

3.6.8 当大跨越线路交叉跨越架空索道、特殊管道、渡槽等建构筑物时,应测量交叉点顶部的高程,并注记被交叉跨越物的名称、材料及通向。

3.6.9 当大跨越线路交叉跨越其他拟建或正在建设的设施时,应按设计要求和指定的位置进行测绘,并注明其名称、通向、交叉点累计距离、交叉角、地面高程、建构筑物标高等。

4 施工图设计阶段测量

4.1 一般规定

4.1.1 应根据设计确定的档距,以光电测距仪同向两测回或对向各一测回进行塔位放样。

对于耐张分塔中心点位的放样,应采用经纬仪正倒镜两次定向后取中。采用光电测距仪

进行同向两侧回或用钢尺往返丈量距离时，其距离允许相对误差为 1/500。两测回观测垂直
角求出的允许高差较差为 $\pm 0.05\text{m}$ ，成果取中数。

凡设计人员在现场确定的放样数据，均应有书面文字依据。

4.1.2 各塔位桩应埋设固定标桩。标桩规格按照附录 A 选用。

各塔位桩宜加定四个方向桩，并在现场向施工单位(或建设单位)人员移交各塔位桩、方
向桩等。

4.2 地形测量

4.2.1 测绘塔位地形图，其比例尺为 1:200 ~ 1:500。图面测点间距不应大于 3cm。

当设计人员只要求测量塔基断面时，应提供观测成果或塔基断面图。

4.2.2 测绘带状地形图，跨越水面部分可不测河床地形，图面可断开，但跨越两岸应为统一
平面坐标系统和高程系统。其比例尺一般为 1 1000 ~ 1 2000。

4.2.3 地形图的平面控制系统，宜采用任意直角坐标系统。其纵、横坐标假设数值宜为整数(不
得出现负值关系)。以线路的起始方向为 0°、终止方向为 180°为纵坐标 X 轴；以与线路
相垂直的方向为横坐标 Y 轴；高程系统不变。

4.2.4 地形图图面上应表明塔位、直线桩位和线路跨越方向。若平面坐标进行联测，需绘出
所联测坐标系统的方位角。

4.2.5 对需要进行护坡、护堤、岸边预防冲刷处理的地段，应根据测量任务书的要求测绘局
部地段地形图，其比例尺为 1:500 ~ 1:2000。

4.2.6 在江(或河、湖、海)中立塔时，应根据要求施测的范围进行水下地形测量，其比例尺
为 1:500 ~ 1:2000。

4.2.7 对水中立塔地段，应测绘 1:100 或 1:200 比例尺地形图。其面积为 100m × 100m。图面
上测点间距，平坦区域不得大于 3cm，高差变化较大区域不得大于 2cm。

4.2.8 勘探点定位测量，应根据岩土工程勘测人员提供的坐标或图上布置的孔位现场定出，
并提供实测坐标与高程成果。

4.3 检验测量

4.3.1 大跨越工程终勘检验测量的项目及技术要求应遵守表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 检验项目及技术要求

检验项目	角度或点 位 误 差	距 离 (m)	高差较 差 (m)	说 明
塔位桩 精度	± 1.5	$\frac{1}{\text{档距(m)}} \times 1.5$	高差精 度的 1.5 倍	直线塔位桩、耐张分塔桩复测一测回
间接定 线精度	点位横坐 标允许较 差为 4.5cm/km			对原过渡桩或再作间接定线测量而求 得间接定线的终点桩位横坐标较差
交叉跨 越		1/100	± 0.3	如复测超限，应在交叉点就近两个不 同测站施测
危险断 面点		1/150	± 0.3	一般情况很少出现，当出现时，应用 视距法复测一测回，复测点不少于两个

5 技术检验与测量成果

5.1 技术检验

5.1.1 技术检验分作业过程中检验、中间检验和最后成品资料校审。

作业过程中检验，由工程负责人组织进行。必须认真执行自检、互检、全面检验的制度，

所有的记录、计算、图纸均应有作业员和检验员签名。中间检验与最后成品资料校审应由测量队(或科)或勘测处(或室)指定技术负责工程师(或专人)负责进行,由队、处技术负责工程师签署。

5.1.2 被检验的所有原始记录,不得伪造、转抄、事后补记、室内更改。

5.1.3 检验工作应以测量任务书、技术指导书及批准的勘测大纲为依据。检验中发现的一般性差错应由工程负责人通知作业员及时更正。

5.1.4 成品技术检验验收后,应有检验登记表,其内容包括:

- (1)检验工作概况;
- (2)各项精度统计;
- (3)分析存在问题的原因及处理情况;
- (4)成品质量评定。

5.2 测量成果

5.2.1 提交的各项成果资料应项目齐全、数据准确、图面清晰、质量符合要求。

5.2.2 可行性研究阶段测量成果应包括下列项目:

- (1)可行性研究阶段测量技术报告;
- (2)经过补测、修改和调绘的地形图,草测的平断面图,协议区或复杂地段的平面图;
- (3)大跨越路径的磁方位角或坐标方位角、大跨越起迄点距离和高程。

5.2.3 初步设计阶段测量成果应包括下列项目:

- (1)初步设计阶段测量技术报告书;
- (2)大跨越平断面图;
- (3)各类平面图。

5.2.4 施工图设计阶段测量成果应包括下列项目:

- (1)施工图设计阶段测量技术报告书;
- (2)各类地形图;
- (3)塔位放样成果表;
- (4)勘探点定位测量的坐标和高程成果表。

5.2.5 各阶段测量技术报告书应包括下列项目。

(1)可行性研究阶段测量技术报告书应包括:各方案概况、测量工作概况及提交的资料项目等。

(2)初步设计阶段测量技术报告书应包括:工程概况,直线定线使用的仪器、观测方法及精度,平面联系测量起始点名称、坐标系统、等级、所在位置、起算数据、使用的仪器、联测方法及精度,大跨越洪痕高程联测使用的仪器、观测方法、计算方法、联测长度、往返测不符值、每公里高差中误差,档距、直线桩及高差测量使用的仪器、观测方法、计算方法及精度,平断面测量使用的仪器、观测方法、中线断面点、边线断面点、风偏横断面、风偏危险点等选测情况,交叉跨越施测情况。

(3)施工图设计阶段测量技术报告书应包括下列内容:工程概况,塔位放样使用的仪器、观测方法及精度,地形图图幅分幅情况、范围、面积,使用的仪器,观测方法,测图比例尺,等高距,地物、地貌取舍情况,巡视检查与仪器检测情况及地形图的精度,标桩规格、埋设情况及数量,检查测量及精度,提交的成果资料项目等。

5.2.6 所有测量成果资料、测量任务书、勘测大纲、技术指导书、搜集的资料、原始记录、计算书等应分类装订成册,统一编号,并附必要的文字说明,按《电力勘测设计科学技术文件材料立卷归档办法》进行归档。

第二篇岩土工程勘测

6 基本技术要求

6.0.1 架空送电线路大跨越岩土工程勘测应为设计、施工、运行提供以下资料:

- (1)场地的稳定性、适宜性,包括地形、地貌、地质构造、地震效应等;
- (2)塔基岩土条件,包括塔基上拔稳定计算、下压地基计算以及基础倾覆计算等所需的岩土技术参数;
- (3)针对场地地基存在的岩土工程问题,提出地基基础设计、地基处理及防治的建议,预估施工、运行可能出现的岩土工程问题及预防措施的建议。

6.0.2 大跨越岩土工程勘测的主要方法应包括:

- (1)搜集、整理、分析大跨越地段的有关资料;
- (2)现场踏勘、调查;
- (3)工程地质测绘;
- (4)物探;
- (5)钻探及山地工作;
- (6)原位测试;
- (7)室内土、水试验;
- (8)长期观测;
- (9)室内分析计算及整理资料、场地岩土工程地质条件的综合分析评价;
- (10)进行地基检验、监测和岩土工程监理。

6.0.3 大跨越岩土工程勘测工作应按不同的设计阶段所规定的工作内容和方法进行。每一勘测阶段必须取得勘测任务书、技术指导书,编写勘测工作计划大纲并经审批后方可开展工作。

6.0.4 搜集、整理、分析的资料应包括:

- (1)区域地质及水文地质、地震地质资料;
- (2)大跨越地段已有工程的勘测资料,包括水文地质、工程地质勘测成果及其它有关资料;
- (3)分析河床变迁有关资料及历史上不同时期的地形测量和航空摄影测量资料、调查访问记录等;
- (4)已有建筑的有关经验资料。

6.0.5 当勘测工作在堤防附近进行时,应事先得到水利堤防部门许可方能进入现场勘探。现场勘探工作结束后,应严格按照堤防部门的要求进行坑、孔的回填夯实处理。堤防工程的级别和防洪标准见附录 D。

6.0.6 大跨越场地的地震基本烈度,应按《中国地震烈度区划图(1990)》或按地震烈度复核结果确定。对抗震设防烈度等于或大于 7 度的场地,应判定饱和砂土及饱和粉土液化的可能性、软土震陷的可能性。

7 可行性研究阶段勘测

7.1 一般规定

7.1.1 岩土工程勘测人员应配合设计结合路径方案和岩土工程条件,通过技术经济比较后选择大跨越方案。

7.1.2 可行性研究阶段勘测的目的是调查搜集大跨越地段的岩土工程资料,配合路径方案,确定可能的大跨越点和推荐最优大跨越方案,并提供大跨越工程方案设计和概算所需的岩土工程资料。

7.1.3 可行性研究阶段勘测应搜集大跨越可能通过地段的地质、地震地质、地形地貌、不良地质现象、地层岩性及水文地质等方面的资料,并协助有关专业搜集附近资源开发、机场、港口、文物、旅游景点、水利设施等工程方面的资料。

7.1.4 选择大跨越宜避开下列部位:

(1)河流弯曲、主槽不固定、主流线不平顺、河流动力作用强烈、洪水平水期岸边遭受冲刷并可能对岸线变迁影响严重的地段；

(2)整体稳定性差的斜坡地段、黄土地区冲沟特别发育的地段；

(3)危堤河段；

(4)通过搜集分析研究资料证明对大跨越抗震不利的地段；

(5)古河道、断层破碎地带等；

(6)环境水对大跨越工程有不良影响的地段；

(7)过于靠近水利设施对立塔有影响的地段；

(8)有价值矿产赋存及开采地段、可能塌陷地段；

(9)具有文物保护意义的地段。

7.2 可行性研究阶段勘测

7.2.1 可行性研究阶段勘测应包括室内选择大跨越方案和现场勘测。

7.2.2 室内选择大跨越方案应根据 1/50000 地形图或有关航测照片在室内进行，岩土工程勘测人员应针对可能的大跨越方案搜集相应的地质资料。

7.2.3 现场勘测以对各大跨越方案踏勘调查为主。调查内容包括地形地貌、地质构造、地震地质、地层岩性、不良地质现象、水文地质条件、历史文物及环境条件。当需要了解深部岩土条件而又无资料时，宜进行适当的勘探、测试工作。

7.2.4 在河岸立塔时，主要应调查了解岸边冲刷、崩塌、坍滑等河岸稳定情况，断裂构造展布情况，冲沟、泥石流以及特殊性土等对塔位稳定性的影响。在塔位整体稳定的前提下，初步了解地层、岩性、地下水等塔基方案设计所需的岩土技术参数。

7.2.5 在山丘岗地立塔时，应着重调查了解不良地质现象的形成条件、规模、性质及发展趋势。

7.2.6 在河中、江心洲、河滩立塔时，应调查了解地层岩性、颗粒组成及基岩埋藏情况，并配合水文专业调查分析河道变迁历史、冲刷堆积速度。若在江心洲立塔，塔位应尽量选在下游堆积区及基岩埋藏浅的地段。

7.2.7 当跨越湖泊或海湾时，塔位选择应充分利用湖泊及海峡间的岛屿，并应考虑最高水位（即潮位）的影响、浪蚀作用及海岸再造对塔位的影响、海水的腐蚀性等。

7.2.8 当有几个不同的大跨越方案时，应根据其岩土工程条件，排出大跨越方案条件“优”“劣”顺序，提出各方案主要岩土技术参数及存在的问题，推荐最合理的大跨越方案。

8 初步设计阶段勘测

8.1 一般规定

8.1.1 初步设计阶段勘测应为查明大跨越耐张段各塔基提供岩土工程资料，为确定其地基基础方案提供岩土技术参数，应包括如下具体内容。

(1)查明滑坡、泥石流、岩溶等不良地质现象的分布、发展趋势、危害程度、成因等，初步评价场地稳定性、岸坡稳定性及其变化。滑坡的分类、泥石流工程分类及岩溶地基稳定性评价分别见附录 E、附录 F、附录 G。

(2)初步查明地层结构、岩土物理力学性质，对岩土工程条件进行初步评价，提出塔基基础类型或地基处理的建议。

(3)查明地下水类型、埋藏条件、水位变幅、对混凝土及金属的腐蚀性。

8.1.2 初步设计阶段勘测前应取得下列资料 and 文件。

(1)勘测任务书的内容应包括电压等级、档距、大跨越塔可能的塔高、塔型、荷载、基础型式以及对勘测的特殊要求等。

(2)大跨越耐张段 1/5000 ~ 1/10000 地形图、大跨越塔基 1/200 ~ 1/2000 地形图及塔基断面图。

(3)可行性研究阶段岩土工程勘测报告、有关的区域地质、地震地质、水文地质、工程地质资料。

8.1.3 根据上述资料编写技术指导书和勘测大纲。

8.1.4 岩、土试样采取，每主要土层岩、土样数量应不少于 5 件，可根据岩土层情况和经验，适当增加或减少采样数量。对于薄层但影响大的土层应取土样或作原位测试。

8.1.5 当地表水或地下水对塔基有影响时，应取水试样 1~2 件作腐蚀性分析并作出评价。

8.2 平原地区大跨越勘测

8.2.1 平原地区大跨越勘测应包括下列内容。

(1)了解有关河谷发育及平原河道变迁历史方面的资料。

(2)初步查明塔基地段土层分布、基岩埋藏情况，对岩土层的物理力学性质作出评价。

(3)对软土应着重查明其时代及成因类型、成层情况、层理特征、强度及变形特征、下伏硬土层或基岩的埋藏条件与岩性，对于砂土及碎石土应着重查明其颗粒组成、密实程度及含有物，中国软土主要分布地区的工程区划略图及特征见附录 H，用静力触探比贯入阻力和标准贯入试验锤击数评价砂土密实度和承载力标准值见附录 J。

(4)对于填土，应查明其类别、厚度、均匀性、填土年限、碾压方式、工程特性指标。

(5)查明地下水类型、埋藏条件及动态变化规律。

(6)查明堤防设施的级别及存在的主要岩土工程问题，如管涌、流土等。

8.2.2 在大跨越河曲上下游变化范围内进行 1/5000~1/10000 工程地质调查，着重了解河流地质作用形成的不良地质现象。

8.2.3 勘探工作应尽量布置在塔位处，当塔位难以确定时，应按不同的地貌单元布置勘探点。大跨越两岸应至少各布置两个勘探点，其深度一般为 25~40m。如遇硬质岩石，钻入强风化层应不少于 3m，软质岩石钻入强风化层应不少于 5m 或进入中等风化层不少于 1m。遇软弱土层，应适当加深或穿过该软弱土层。

8.3 山丘岗地大跨越勘测

8.3.1 山丘岗地大跨越勘测应包括下列内容。

(1)地形地貌、河流地质作用对大跨越地段及塔位的影响。

(2)岩土特性、覆盖层厚度、岩石风化情况、基岩完整性及结构面的特征。

(3)边坡稳定性。

(4)冲沟、岩溶、泥石流等不良地质现象。

8.3.2 对大跨越耐张段各塔基的勘探应符合下列要求。

(1)一般各塔基均应布置 1~2 个勘探点，了解岩土分布及其工程特性。

(2)对于基岩裸露或覆盖层较薄的地段，应进行工程地质测绘，其比例尺为 1/200~1/2000，并沿纵横勘探线布置探坑、探槽或地质点，以查明覆盖层厚度、岩层结构及地下水情况。

(3)对于基岩强风化带或覆盖层较厚的地段，应布置钻孔，其深度应钻至中等风化基岩或者满足地基计算要求。

(4)当岩土层结构组合对边坡稳定不利时，应对边坡布置适量勘探试验工作，以查明可能的滑动面位置及边坡计算所需要的参数。岩质和土质边坡容许坡度值见附录 K。

8.4 湖泊、海湾大跨越勘测

8.4.1 湖泊、海湾大跨越勘测应包括下列内容。

(1)地形地貌、岸滩变迁及稳定性。

(2)岩土层结构及其工程特性、基岩埋深，对软土、填土及盐渍土，应分别按本规定有

关条款查明其特性指标，作出评价。

(3)塔位边坡稳定性及其它不良地质现象。

(4)湖泊、海中岛屿大跨越地段，应着重调查岛屿整体稳定性并作出评价。

(5)最高、最低水位(潮位)变化对塔基的影响。

(6)地表水及地下水的腐蚀性。

(7)应进行 1/5000 ~ 1/10000 岩土工程地质调查，了解地层岩性、湖(海)岸稳定性、岛屿变迁等情况。

8.4.2 塔基勘探点，不宜少于 2 个，勘探深度应按下列原则确定。

(1)软土地区应钻至基岩或桩端以下 3 ~ 5m 并满足塔基计算要求。可采用钻探、静力触探以及其它原位测试等方法。

(2)填土地区应钻至填土层以下持力层 3 ~ 8m，当填土地基需处理时，勘探深度应满足填土处理的要求，利用填土作天然地基时，勘探深度应满足塔基计算要求，勘探方法应根据填土类型选定。

(3)盐渍土地区的勘探深度应能控制其分布，并应根据盐渍土的特点选用适宜的勘探和原位测试方法。

8.4.3 湖泊、海湾岛屿大跨越且位于山丘岗地的勘测，则应符合 8.3 节的有关规定。

8.5 水中立塔勘测

8.5.1 水中立塔包括江河、湖泊、海湾水中、江心洲及河滩海滩地段立塔。水中立塔勘测应包括下列内容。

(1)搜集河床、湖泊、海湾有关地段的冲刷、淤积条件、岸滩、江心洲演变历史方面的资料。

(2)查明岩土性质及成层情况，着重查明新近沉积物等软弱土层的分布、厚度及特性。

(3)查明基岩面的埋深及其坡度。

8.5.2 水中立塔每基塔勘探点数不得少于 3 个，一般情况下应布置于塔位上。当塔位有可能移动或未定时，勘探点应能够控制可能移动的范围。勘探深度应至最大冲刷深度以下 3 ~ 5m，查明持力层，满足基础设计要求。当采用桩基时，孔深应至桩端下 3 ~ 5m。

9 施工图设计阶段勘测

9.1 一般规定

9.1.1 施工图设计阶段勘测前应取得下列资料 and 文件。

(1)勘测任务书，其内容应包括各大跨越塔的塔型、塔高、荷载、基础类型、尺寸和埋深、对勘测的具体要求等。

(2)塔位地段 1/200 ~ 1/2000 地形图。

(3)前期勘测资料及搜集资料。

9.1.2 根据上述资料编写技术指导书和勘测大纲。

9.1.3 施工图设计阶段勘测应为地基基础设计提供技术参数，对塔基处理及防护等进行岩土工程评价，勘测工作量应视基础型式、地基处理和防护方案等具体情况而定。

9.1.4 施工图设计阶段勘测应包括下列内容。

(1)查明塔基地段土层时代及成因类型、结构、岩性等，当利用基岩作持力层或当覆盖层很薄时，应查明基岩岩性、风化程度及其厚度、节理裂隙及其组合关系、基岩面的埋深及起伏情况等。

(2)测定岩土物理力学性质，确定塔基岩土承载力、抗剪强度等塔基设计所需的工程性质指标。

(3)查明地下水类型、水位变化规律、变幅、对混凝土的腐蚀性，预测施工运行期间地下水的可能变化及其对大跨越工程的影响，提出防护措施建议。

(4)提出对不良地质现象防治及地基处理的建议。

(5)对岩土工程条件复杂的塔基，可提出施工基坑检验或其它监测工作的建议。

9.2 天然地基塔基勘测

9.2.1 天然地基塔基勘测的主要内容应包括：

(1)查明岩土层的分布及其工程特性，确定地基持力层；

(2)查明特殊性土的厚度、工程特性，按有关专门规范、规程进行评价，提出处理方案的建议；

(3)查明影响塔基稳定性的问题，并提出处理措施。

9.2.2 勘探点根据塔基基础型式布置，应能控制混凝土筒式塔的环形基础及铁塔的四脚基础面积，勘探点布置可采用梅花形或正方形。

9.2.3 勘探深度应达到地基压缩层深度以下 1~3m，当用基岩作持力层或基岩埋藏较浅时，勘探深度应能控制覆盖层厚度，并进入基岩中等风化层一定深度。

9.2.4 应按土层分布及岩石风化程度在不同的层位各采取不少于 3 件试样进行室内试验，若作现场岩石点荷载试验，应不少于 30 个。对于特殊性土每层取样数量不应少于 6 件。当水文地质条件和初勘时比较有变化时，尚应取水样作腐蚀性分析。

9.2.5 当利用岩石作锚桩基础时，应进行工程地质测绘，比例尺一般为 1/500，详细进行岩层节理裂隙统计和破碎带调查，作出适宜性评价。必要时，尚应配合施工进行岩石基础试验。

9.3 桩基塔基勘测

9.3.1 桩基塔基勘测的主要目的是为桩基设计和施工提供技术参数，以确定桩的类型、桩端持力层，预估单桩承载力，分析桩可能的水平移动、沉桩可能性及挖孔成桩条件。沉管灌注桩摩阻力、端承力见附录 L。

9.3.2 应按设计提供的桩基布置方案图布置勘探点。对于铁塔应不少于 4 个勘探点。对于混凝土筒式塔的环形基础应不少于 5 个勘探点，并且宜按梅花形布置。

9.3.3 勘探点的深度应至设计桩端深度以下 3~5m 或 4~8 倍桩径。河流冲刷地段勘探深度应考虑最大冲刷深度并至桩端以下 3m。若桩端设计深度处为基岩时，应钻至中等风化基岩适当深度。对于群桩，可按实体基础考虑，并考虑最大冲刷深度，钻入设计桩端深度以下 1~2 倍基础宽度。

9.3.4 桩基勘探工作除应布置一定数量的钻孔外，尚应尽量采用静力触探和其它勘探试验方法。

9.3.5 土样或原位测试的数量，每一层土应不少于 5 个。

9.3.6 勘探期间除应测量地下水位和采取水样外，还应调查地下水承压水头的变化及其对施工运行的影响，提出处理措施的建议。

9.3.7 必要时可根据地质条件及工程情况提出进行现场试桩的建议。

10 现场检验、监测与监理

10.0.1 大跨越塔基础施工时，岩土工程勘测人员应根据需要与设计、施工紧密配合，进行岩土工程检验与监测，必要时应进行施工监理，在运行期间可继续进行长期监测。

10.0.2 现场检验、监测与监理应充分搜集分析有关地质资料、施工组织计划、施工记录等，必要时尚需补充勘。

10.0.3 对开挖基坑应进行基坑描述和地质鉴定，对异常情况进行分析，或补充勘探、试验工作，并提出处理措施的建议。

10.0.4 对桩基工程，应根据勘测资料处理施工中出现的有关地质问题，验证岩、土层条件，承载力等。检验工作应依据桩基施工的需要用动力测试方法或抽心方法检验成桩质量，用动测或静载荷试验实测单桩承载力。

10.0.5 对灌注桩和挖孔桩应监测成孔过程是否有缩径、堵管、塌孔、钢筋笼上浮现象；混凝土强度是否达到要求；孔斜是否超标；持力层是否与原建议相符；孔底沉渣和扰动厚度是否满足设计要求。

10.0.6 对边坡整治及冲刷防护处理工程，岩土工程勘测人员应深入现场鉴定施工处理质量，施工处理完毕后，应提交处理鉴定意见，并对施工成果进行鉴定验收，在向运行单位移交时，可提出运行管理注意事项及要求。

10.0.7 可对岩土形状及环境地质条件进行长期监测。根据需要，尚可进行塔基变形观测、地表水体对塔基冲刷侵蚀速度的观测、冲沟向源侵蚀速度的观测，并分析和预估其对塔基稳定性的影响及危害程度。

10.0.8 现场检验与监测工作结束后，应进行资料整编、提交相应报告及技术总结。

10.0.9 施工监理还应包括工序质量控制与工程质量预控，对施工过程中的质量检查和工程质量评定与验收等，可根据实际情况制定具体措施经批准后执行。

11 塔基稳定性勘测

11.1 河流地质作用勘测

11.1.1 对于跨江(河)大跨越应在着重研究河流地质作用预测其发展趋势的基础上，确定大跨越的位置。

11.1.2 河流地质作用勘测，应结合水文资料，进行实地测绘调查、访问和搜集资料，并应着重对河段古老地形图、河势图、航片、卫片等资料进行对比分析，研究河道演变情况。

11.1.3 河流地质作用调查访问内容应包括河段特性、洪水特性、河槽地质情况、构造物情况、侵蚀作用(包括冲刷深度和侧向冲刷侵蚀作用)和堆积作用。

11.1.4 应按水流泥沙运动、河道地质及构造物三者的相互关系综合评价河流的冲刷侵蚀作用，必要时可配合水文专业按本规定第 17.3 节计算冲刷深度。

11.1.5 防冲刷处理应根据洪水可能冲刷部位的工程地质条件，建议采用护坡、局部护坡或直立防波堤等防冲刷设施。防冲刷设施应设置在牢固可靠的地基上。

11.2 边坡稳定性勘测

11.2.1 大跨越塔位于斜坡地段时，应研究边坡的稳定性及其防护措施。

11.2.2 边坡稳定性勘测应进行比例尺为 1/500 ~ 1/1000 的工程地质调查或测绘，其范围应包括可能失稳的地段及相关的稳定地段。

11.2.3 对于粘性土、粉土组成的边坡，应研究土的密实度、湿化性及其饱和抗剪强度、地下水及地表水的活动；

对于碎石土组成的边坡，应调查碎石土的颗粒级配、大小、形状、密实度及胶结程度；

对于黄土、膨胀土组成的边坡，除应研究土的组成、孔隙裂隙情况外，尚应着重研究水文地质条件的变化、气象条件变化对边坡稳定性的影响；

对于岩石边坡，应研究层面和各种结构面的产状、力学性质、组合情况及其与自然坡面、临空面的关系、风化程度。

11.2.4 应对当地边坡进行实地考察，调查当地边坡失稳的原因及防治经验。

11.2.5 边坡稳定性勘探应沿可能滑动的方向布置勘探线，一般情况下不少于 3 条。每条勘探线上的勘探点应能控制滑体的前缘、后缘和可能的滑动体，包括塔位勘探点在内的勘探点数量应不少于 4 点。

勘探孔深度应钻至最低可能滑动面以下 1 ~ 3m，或钻至稳定基岩、或坚实稳定土层内 1 ~ 3m，并选取有代表性的土样进行常规物理力学性质试验及饱和快剪或不固结不排水三轴剪或重复剪试验。

应分析挖方、填方、整平、降水等对斜坡稳定性条件及地基土条件的影响和危害程度，并进行评价，提出相应的处理措施的建议。

11.2.6 应根据具体情况采用植草、护坡、抛石防护、设置挡土墙等边坡防护措施。各项措施的适用条件，按有关专门规定执行。

11.2.7 在斜坡整体稳定的条件下，开挖边坡的容许值应按照本规定附录 K 确定。当坡度超过上述规定时，应按坡体工程地质条件、勘探测试资料、稳定性验算结果，用工程地质类比等方法综合确定其容许坡度值或采取适当防护措施。

12 地基处理与不良地质现象防治

12.1 一般规定

12.1.1 当塔基不能满足设计要求或存在不良地质条件时，应进行地基处理和不良地质现象整治，使其达到安全可靠、经济合理。处理和整治应在查明工程地质条件的基础上进行，根据实际情况确定处理和整治方案。

12.1.2 大跨越塔地基处理和不良地质现象防治一般包括下列各项：

- (1)软土地基处理；
- (2)地基抗液化处理；
- (3)冲沟防护处理；
- (4)岩溶、土洞及地表塌陷处理；
- (5)特殊土地基处理。

12.2 软土地基处理

12.2.1 当塔基为淤泥、淤泥质土、新近冲填土及其它高压压缩的饱和软粘性土，不能满足上部荷载或抗拔要求时，应采取地基处理措施。处理方式宜采用钻孔灌注桩、钢筋混凝土预制桩，当采用其它方式进行处理时，需进行专题研究后确定。

12.2.2 软土地基勘测除应查明其成因类型、厚度、成层情况及物理力学性质、地下水情况外，还应根据软土地基处理和工程要求，增加相应的勘探、测试工作量。

12.2.3 软土地基勘探宜采用钻探与静力触探或其它原位测试相结合的方法。勘探深度应至桩端(或处理层)以下 3~5m，当遇到基岩时，应钻进基岩适当深度。

12.2.4 软土试验应以静力触探、十字板剪力试验、螺旋板载荷试验等原位测试为主，室内试验宜作直接快剪或不固结不排水三轴剪试验。

12.2.5 软土地基处理过程中，应进行现场施工监测，以保证处理工作的正常进行，根据监测情况，布置处理后的检验工作。

12.3 地基抗液化处理

12.3.1 对地震时可能液化的饱和砂土、饱和粉土塔基应进行抗液化处理。

12.3.2 地基抗液化处理应在地基勘测的基础上进行。可采用钻孔灌注桩、挤密砂桩或其它有效处理措施。处理深度应大于可液化层深度。

12.3.3 采用挤密砂桩处理后，应进行标准贯入试验或静力触探试验检验，检验指标应达到不液化的要求。

12.4 冲沟防护处理

12.4.1 若塔基附近有冲沟发育时，应对冲沟的形成、发育形态及水文工程地质条件进行详细调查，调查的内容包括发育阶段、沟深、沟宽、沟坡及冲沟的横断面形状、地层岩性、基岩风化程度、各种结构面组合情况及其与沟坡的关系等。

12.4.2 当冲沟发育可能危及塔基的稳定性时，应采取防止冲沟发育、保护塔基的措施。

12.4.3 当塔基附近有地表水流时，应引流或设置排水沟，阻止冲沟向塔基附近延伸。

12.4.4 塔位与沟坡间的距离，应视组成沟坡的岩性、坡度、植被发育情况及冲沟发育阶段而定。对于处于平稳和衰老阶段的冲沟，塔位与沟边间的安全距离一般情况下可按表 12.4.4 考虑。

处在最强发育阶段的冲沟附近不宜立塔，如必须立塔，应采取可靠的防护措施。

表 12.4.4 塔位与沟边间的安全距离

冲沟边坡岩土类别、植被、沟坡	中等风化，坡较缓，植被发育	岩石较破碎，坡较陡，植被不发育	第四系松散土层	黄土
塔位与沟边间的距离(m)	不宜小于 20	不宜小于 30	不宜小于 50	不宜小于 40

12.5 岩溶、土洞及地表塌陷处理

12.5.1 岩溶、土洞及地表塌陷的处理应建立在正确评价的基础上。当塔基属于不稳定岩溶、土洞地基，同时又不能避开时，应结合岩溶、土洞的具体情况，选择处理措施。

12.5.2 对于浅埋溶洞地基，宜清除覆土，揭开顶板，挖去充填物，分层回填反滤层；若溶洞无地下水活动时，亦可采用钻孔灌注桩等方法处理。

12.5.3 对于跨度较大、顶板完整但厚度较小、底板完整稳定的溶洞地基，宜采用石柱或钢筋混凝土柱支撑洞顶。

12.5.4 当塔基土洞及地表塌陷发育又难以避开时，应认真作好地表水的截流、防渗和堵漏工作，杜绝地表水渗入土层。在土洞、地表塌陷地段及其附近，不得人为改变地下水位。

12.5.5 对于地表水形成的浅埋土洞及地表塌陷，宜清除软土，回填块石、片石或毛石混凝土；对于地下水形成的浅埋土洞及地表塌陷，宜清除软土，抛填块石，作好反滤层，层面用粘土夯实。

12.5.6 对于深埋直径大的土洞，宜用水冲法，向土洞内灌砂、砾石；若土洞内有水，宜采用压力灌注碎石混凝土方法或洞壁衬砌加固方法。

12.6 特殊性土地基处理

12.6.1 本节特殊性土地基包括湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土及多年冻土等。

12.6.2 特殊性土地基处理应在岩土工程勘测的基础上进行，特殊性土勘测及地基处理除应遵守本规定外，还应符合国家及行业有关的标准。

12.6.3 当塔基位于湿陷性黄土分布区时，应查明塔基土的湿陷类型、湿陷等级、湿陷起始压力等。

12.6.4 湿陷性黄土地基处理的原则是消除黄土湿陷性，可采用强夯、土桩、灰土桩或钻孔灌注桩，处理深度应符合下列要求：对于自重湿陷性场地，应处理基础以下的全部湿陷性土层；对于非自重湿陷性黄土场地，应将基础下湿陷起始压力小于附加压力与上覆土的饱和自重压力之和的所有土层，进行处理或处理至基础下的压缩层下限为止。

12.6.5 当塔基位于膨胀土分布区时，应查明塔基土的胀缩性和胀缩等级及大气影响深度。

12.6.6 膨胀土地区塔基地基处理一般方法是基础埋深增大到大气影响急剧层深度以下，必要时可采用排水、支挡和护坡保湿措施进行边坡防护。

12.6.7 当塔基位于盐渍土分布区时，应查明盐渍土的类型、厚度、分布情况、物理力学性质、地下水和地表水的类型、埋深及水质。盐渍土的分类见附录 M。

当盐渍土具有溶陷性和盐胀性时，尚应按国家及行业现行有关标准进行判定和处理。

12.6.8 盐渍土地基基础可采取下列保护处理措施。

(1)做好竖向设计，防止大气降水、洪水、工业及生活用水淹没浸湿地基及附近场地。

(2)盐渍土地区的塔基应采取防腐措施。当采用桩基础时，桩的埋入深度应大于盐胀临界深度。盐渍土地基的腐蚀性等级见附录 N。

12.6.9 当塔基位于冻土分布区时，应查明热融沉陷、融冻泥流、融冻滑塌等不良地质现象，确定冻土类型、多年冻土层上限、受季节性影响的融冻层深度和垂向衔接情况，查明冻土地区的地下水类型。

12.6.10 位于多年冻土区的塔基，应按附录 P 多年冻土融陷性分类分别处理：Ⅰ类土是良好塔基土；Ⅱ类土一般直接作为塔基土，但热融深度较大或荷载较大时，基础埋深应增加；

类土一般需采用深基础；Ⅱ、Ⅲ类土一般宜采用桩基。

13 勘测成果

13.0.1 架空送电线路大跨越勘测成果属架空送电线路勘测成果的一部分，其勘测报告应单独成册出版。

13.0.2 大跨越勘测的原始资料(包括调查搜集的资料及野外工作的全部原始记录。勘探测试记录)经校核检验准确可靠后，方可作为内业资料整理的基本材料。

13.0.3 可行性研究阶段岩土工程勘测报告应根据搜集的区域地质、水文工程地质资料、地震地质以及现场踏勘调查的成果编写。

13.0.4 可行性研究阶段岩土工程勘测报告宜包括下列内容：

- (1)工程概况、工程名称、线路电压、各大跨越方案的情况等；
- (2)各大跨越方案的工程地质概况、区域地质、地震地质、地层分布、岩土工程性质指标范围值，不良地质现象评述等；
- (3)结论，指出各方案的优缺点，提出推荐意见和下步工作建议。

13.0.5 初步设计阶段应对大跨越的工程地质条件进行全面的分析，论证塔基的稳定性，并对各类塔基的地形地貌、地质构造、不良地质现象、岩土特性及水文地质条件进行全面评价，为地基基础设计及处理提供依据。

13.0.6 初步设计阶段的岩土工程勘测报告宜包括下列内容：

- (1)工程概况，工程名称，线路电压，大跨越概况；
- (2)区域地质，地震地质及稳定性概况；
- (3)河流地质作用详述；
- (4)各塔基工程地质条件，岩土工程初步评价；
- (5)结论及建议。

13.0.7 施工图设计阶段的勘测成果应着重提供地基设计计算、不良地质现象整治等所需的工程地质数据，应与与特殊防护地基处理等岩土工程设计相配合。

13.0.8 施工图设计阶段的岩土工程勘测报告宜包括下列内容：

- (1)前言；
- (2)各塔基工程地质条件；
- (3)岩土工程评价；
- (4)结论及建议。

13.0.9 现场检验、监测与监理成果宜包括以下内容：

- (1)施工现场检验报告；
- (2)监测成果报告；
- (3)监理报告。

13.0.10 现场检验报告应包括以下内容：

- (1)检验的目的、任务、方法、工作量及完成任务情况；
- (2)地基基础设计与处理意见；
- (3)检验结果与建议；
- (4)经验教训。

13.0.11 监测成果报告应包括以下内容：

- (1)目的和任务要求；
- (2)监测项目及其概况；
- (3)监测工作内容，监测仪器类型、精度及数据分析；
- (4)施工过程中发现的问题及处理结果；
- (5)结论及建议；

(6)经验与教训。

13.0.12 监理总结报告应包括以下内容：

- (1)目的和任务要求；
- (2)监理项目及其概况；
- (3)施工监理情况，施工中的质量检查意见及处理结果；
- (4)工程质量评定及验收意见；
- (5)对勘测、设计资料的反馈意见。

第三篇 工程水文勘测

14 可行性研究阶段勘测

14.1 一般规定

14.1.1 可行性研究阶段勘测的基本任务是配合设计专业，对各拟定的大跨越方案进行踏勘、搜资和初步调查，对大跨越方案的可行性从水文条件进行比较，并推荐两个以上可行方案。

14.1.2 选择大跨越方案的水文条件应符合下列基本要求：

- (1)跨越河流应选择河床较窄、河岸较稳定的河段，或选在较稳定的节点上。封冻河流尽可能避开经常发生冰坝或流冰危害较严重的河段；
- (2)跨越湖泊、水库、海湾、河口时，应选择水面较窄、岸滩稳定或坍塌影响较小的地段；
- (3)跨越行洪区或通航水域的大跨越工程，应不影响行洪与正常通航；
- (4)大跨越走向应尽量避免与冬季主导风向或结冰气流相垂直；
- (5)当各大跨越方案均难以满足上述条件时，必须选择整治工程量小、整治效果可靠的大跨越方案。

14.2 水文资料搜集与调查

14.2.1 对拟定的各跨越方案，必须搜集资料、进行现场初步调查，并作现场记录、草图描绘或摄影。

14.2.2 本阶段应搜集以下资料：

- (1)水利水电、防洪(潮、涝)工程的现状与整体规划，工程体系(堤、坝、闸、水泵站、分蓄洪区等)与设计标准；
- (2)通航水域的航道(或河道)治理工程规划与具体位置；
- (3)历史最高洪(潮、涝)水位或防洪最高控制水位以及洪水比降；
- (4)实测河道地形图、航空卫星照片、海湾地形图(或海图)；
- (5)跨越两岸堤防设计标准、防洪水位与相应频率，历年溃堤次数与溃堤口门位置；两岸若是分(蓄)洪区，其分洪口门位置，最高分(蓄)洪水位以及运用情况；
- (6)结冰河流、海湾与河口历年冰灾情况。

14.2.3 水文调查应包括下列内容：

- (1)跨越河段的河势、控制条件、河床边界条件、河工建筑物、堤防以及洪水等历史情况；
- (2)跨越湖泊、水库的两岸地形地貌特征，岸线变化以及最高水位；
- (3)跨越海湾(或河口)地带的自然地理特征、海域开阔程度、岸滩地质地貌、沙洲、汉道情况以及历史最高潮位，在水中立塔时应对波浪及漂浮物情况作初步查访；
- (4)跨越水域通航状况与航道位置；
- (5)防洪、航运与其他有关部门对大跨越工程的意见与要求。

14.3 勘测成果

14.3.1 对各拟定的大跨越方案应根据搜集和调查资料进行必要的分析计算，编写可行性研究

阶段的工程水文勘测报告。

14.3.2 可行性研究阶段工程水文勘测报告应包括下列内容：

- (1)工程所在地的人文地理特性和有关的水利水电、防洪(防潮)、河道治理工程规划；
- (2)各大跨越地段稳定条件的初步描述和分析；
- (3)各大跨越方案的最高洪(涝、潮)水位或防洪(涝)最高控制水位；
- (4)通航水域的航道等级、航运概况、以及航道整治工程规划；
- (5)河中立塔，应有防洪与航道部门的意见和建议文件。

14.3.3 对各大跨越方案必须从工程水文条件进行综合比较，推荐两个以上的可行方案。

15 初步设计阶段勘测

15.1 一般规定

15.1.1 本阶段工程水文勘测应在可行性研究阶段勘测的基础上，对大跨越设计的水文条件进行全面搜集、调查与深入分析计算，并提交工程水文勘测报告。

15.1.2 对大跨越地段一般应进行历史洪(潮)水位调查；有完整的防洪(潮)规划设计与工程体系的河流与地区，可根据具体情况采用规划设计成果。

15.1.3 必须对大跨越地段河床、海岸、湖岸、库岸或塔位处岸坡的历史演变进行调查，结合已有水文资料和现场条件，对跨越塔位的稳定与安全进行分析与论证，并预测其今后 30 ~ 50 年发展趋势和对塔位可能产生的影响。

15.1.4 在行洪或通航水域立塔，必要时应分析立塔对河势、行洪与航道的影响。

15.1.5 对勘测中引用的基础资料或成果的可靠性、代表性与一致性，应进行核查与分析；必要时应对基础资料进行转换与还原。

15.1.6 对提交的分析计算成果应作合理性分析论证。

15.2 水文资料搜集

15.2.1 跨越江河应搜集以下资料：

- (1)设计流域自然地理条件，水利水电工程、河道整治工程和防洪工程体系的现状与规划，以及防洪标准与防洪最高控制水位；
- (2)跨越河段上下游邻近站历年最高洪水位、最大流量与相应日期(或各种设计标准的设计洪水位与相应流量)，及历年大风期(或冬季)平均最低水位；
- (3)河中立塔还应搜集塔位处最大断面平均流速、垂线平均流速、水面最大流速、洪水期最大波浪高及漂浮物(含流冰)种类、大小、密度、相应最大流速及其发生时间；
- (4)大堤背水面立塔塔位邻近防洪堤设计标准、防洪水位、堤防质量、险工险段、历年溃口情况，大堤迎水面台(滩)地高程、宽度以及稳定程度；
- (5)通航河流的航道等级、航道宽度、主航道位置、最高通航水位与航道整治规划；
- (6)跨越河段历年水道地形图、固定大断面图、航道图，以及河床演变分析与总结资料等。

15.2.2 跨越内涝区、分(蓄)洪区应搜集以下资料：

- (1)内涝区自然地理特性、内涝成因、历年最高内涝水位与持续时间、排涝规划与工程措施，以及内涝最高控制水位与设计标准；
- (2)分(蓄)洪区自然地理特性、分(蓄)洪原因、分洪口门位置与宽度、最高分(蓄)洪水位、持续时间、运用情况以及治理规划。

15.2.3 跨越湖泊应搜集以下资料：

- (1)湖泊自然地理特性、流域水系、承雨面积、形态特征、湖底高程等历年的变化及历年灾害情况；
- (2)湖泊治理规划、防洪排涝工程体系、设计标准、最高控制水位、最低控制水位，以及防洪排涝工程(含堤防、闸、泵站与调蓄区等)运用情况；

(3)历年实测最高湖水位、发生原因及日期、持续时间、最低湖水位、面积曲线、容积曲线、最大波浪高，以及湖堤标准与质量；

(4)湖区航运现状与规划以及航运路线。

15.2.4 跨越水库应搜集以下资料：

(1)水利枢纽工程概况、工程等级、综合效益、兴建年代、设计标准与相应洪峰流量、校核标准与相应洪峰流量，水库的调节性能、设计洪水位、校核洪水位、汛前控制水位、正常高水位、死水位与相应库容，溢洪建筑物的型式、高程、尺寸、泄洪量、库容曲线与泄洪曲线；

(2)塔位处库岸岩土性质、稳定程度与治理方案；

(3)跨越库段的回水曲线，以及淤积对回水的影响。

15.2.5 跨越海湾、河口应搜集以下资料：

(1)跨越(或邻近)海域历年最高潮位、最低潮位、最大波浪高；

(2)海岸带与河口区的地形地貌、岩土性质、有关调查研究成果、防洪与防潮规划设计、主要工程与设计标准；

(3)跨越地带的地形图、历年水下地形图与历次海图。

15.3 水文调查

15.3.1 洪水调查应包括以下内容：

(1)调查前对地方志、水利志等有关历史文献进行的考证；

(2)历史洪水调查点的选择(尽可能靠近工程地段的居民区，尽量避开河床变迁大或水情变化较复杂的地区)；

(3)历史洪水发生次数、发生时间(年、月、日)、洪水流态、洪痕具体位置，当时的雨情和灾情，以及河道冲淤情况；

(4)对洪痕与重现期进行的考证与评估，对洪痕点进行的测量或摄影。

15.3.2 河道调查应有一定的河道长度，一般是以跨越处上游控制性能较好的河段(较稳定的节点或弯道)为起点，下至工程地点以下的一段河长。河道调查应包括以下内容：

(1)河床地质条件、河道整治工程的型式、质量、兴建年代以及运用效果。

(2)跨越河段河势演变与控制条件与控制性能的变化，岸(滩)进退、心洲消长、汉道兴衰、主流(或深泓)线摆动的幅度、过程与原因，以及大洪水期河床变化。

(3)通航河流的航道等级、主航道位置、最高通航水位、航道整治工程现状。

(4)大堤背水面立塔处邻近防洪堤的堤防质量、险工险段、历年溃口次数、溃口口门大小与具体位置；溃口处冲刷坑的形状、平面尺寸与深度、土壤类别；堤迎水面台(滩)地高程与宽度，地质情况以及稳定程度。

(5)河中立塔尚应调查洪水期漂浮物种类、数量与大小；冬季结冰和解冰日期，有无连底洞、冰坝；流冰期最大流冰体积、密度及其相应水位与最大流速，以及一次洪水河床最大冲刷深度。

15.3.3 内涝与分(蓄)洪区水文调查应包括以下内容：

(1)内涝区自然地理环境特性，历史最大内涝灾情出现次数、发生日期与成因，历年最高内涝水位与持续时间，以及治涝工程规划、设计标准与实施情况。

(2)分(蓄)洪区的分洪原因、分洪口门位置、最高分(蓄)洪水位、持续时间、运用情况以及治理规划。

15.3.4 湖泊水文调查应包括以下内容：

(1)湖泊流域承雨面积、湖泊平面形态、水面面积，以及湖底高程等的历年变化；

(2)湖泊历年最高水位出现次数、发生原因及日期、持续时间与灾情；

(3)塔位处湖堤(或湖岸)的高度、坡度、土质以及历年溃堤次数或塌岸的情况；

(4)航运状况与最高航行水位。

15.3.5 水库水文调查应包括以下内容：

(1)水利枢纽工程概况，大坝防洪设计标准、质量、坝型、坝高，各种设计水位与相应库容，工程兴建年代与运用情况。

(2)塔位处库岸的高度、坡度、岩土性质、历年库岸崩塌原因、距离和治理方案。

(3)水库淹没区立塔尚应调查洪水期漂浮物种类、数量和大小，最大浪高；冬季结冰状况、解冰日期、流冰体积与相应流速。

(4)跨越水库下游时，应调查水库下游的河床演变与地形特征、水库大坝的防洪标准、非常防洪措施，以及坝下游工业区、居民区的交通状况。

15.3.6 海湾、河口水文调查应包括以下内容：

(1)历史最高潮位，发生时间，当时的风向与风力，以及灾害情况。

(2)跨越塔位地带的地形地貌、岸(滩)类型与历史变化，岩土特性，以及风浪对岸(滩)演变的影响；河口段的河床、河湾、汊道、沙洲与浅滩的历史演变过程、原因与速度。

(3)水中(或滩地)立塔尚应调查滩地或海床的历史演变情况；最大波浪高度、发生时间、当时的风况及灾情；河口段漂浮物的种类、数量与大小；结冰地区结冰起止时间、冰冻情况、流冰时间、流冰最大体积与流冰密度。

15.4 水文测验

15.4.1 凡遇下列情况之一者，应设立水文测验专用站：

(1)跨越水域实测资料短缺、大跨越点的水文条件不能参证长期测站资料来确定，需要根据同步水文观测资料建立相关关系再进行转移时；

(2)特殊水文分析计算项目需要时。

15.4.2 水文测验的主要内容应包括：

(1)水准点、洪痕点、高程控制点等水准测量及大断面测量；

(2)跨越河段无实测资料时，尚应通过测量洪痕点、水面比降、大断面和简易河道地形图等推算洪峰流量；

(3)水中立塔时，尚应进行水位、流速、流向、断面、含沙量与河床质等的观测。

15.4.3 水文测验专用站的观测要求以及资料整编应按《水文测验试行规范》执行。

15.5 水文分析计算

15.5.1 陆地水文分析计算内容应包括：设计洪峰流量计算，设计洪水位计算，设计流速计算，溃堤、溃坝洪水对塔位影响的分析计算，河床演变分析，天然冲刷深度的分析以及最高通航水位、设计低水位分析计算等。计算应符合本规定第 17 章要求。

15.5.2 海湾与河口水文计算主要内容应包括：设计潮位计算、设计最大波高与相应的周期和波长的分析计算、岸滩稳定性分析计算等。计算应符合本规定第 18 章要求。

15.6 勘测成果

15.6.1 本阶段勘测成果是根据大跨越方案、自然地理、设计要求，全面地提供各种水文要素，并对塔位稳定性作出明确结论。

15.6.2 水文勘测成果应包括下列内容。

(1)跨越水域的历史最高洪(潮、涝)水位、防洪(潮、涝)规划、最高控制水位、防洪(潮、涝)工程体系、防洪(潮、涝)标准以及运行情况。

(2)跨越通航水域的航道等级、航道宽度、航道位置、航道发展与整治规划，以及最高通航水位。

(3)跨越地段的河床、海岸(滩)、湖岸、库岸的历史演变调查与稳定性分析，并预测今后 30～50 年的发展趋势，以及对塔位的影响。必要时，应提出维护塔位安全的工程措施建议。

(4)跨越通航水域 50 年一遇洪(潮、涝)水位，跨越非通航水域 100 年一遇(或历史最高)

洪(潮、涝)水位；历年大风期(或冬季)平均最低水(潮)位。

15.6.3 水中立塔尚应提供下列成果：

(1)5 年一遇洪(潮)水位,最高设计洪(潮)水位相应的 30~50 年一遇累积频率为 5% 或 1% 的设计波浪高(或出现最大波浪高)。

(2)最高设计洪水位相应的最大断面平均流速、塔位处垂线平均流速。

(3)塔位处的天然冲刷深度或一次洪水最大冲刷深度。

(4)洪水期漂浮物的种类、大小与数量,以及设计洪水位下水面最大流速;结冰水域的结冰日期、解冻日期,冰期内有无连底冻、冰坝;流冰期流冰最大尺寸、最大密度、堆积高度、最大漂流速度与相应的水(潮)位和最大流速。

(5)水中含沙量与河床质的观测资料。

(6)必要时应分析立塔对河势与航道的影响。

15.6.4 跨越水库下游时,应对大坝安全进行分析;当水库防洪设计标准低于跨越工程防洪设计标准,且塔位处地势较低时,应作溃坝洪水演算,分析对塔位安全的影响。

15.6.5 在江(湖、海)堤外(背水面)立塔时,应对大堤安全进行分析;当大堤设计标准较低、或堤防质量较差、或属险工险段时,应分析溃堤洪水对塔位冲刷的影响。

15.6.6 在海湾、河口滩地或水中立塔时,尚应补充下列成果：

(1)最高潮位相应的最大潮流速度与流向;

(2)设计波高相应的波速与波向;

(3)初冰及终冰日期,固定冰初冰及终冰日期,固定冰冰期,固定冰宽度、厚度及最大堆积高度。

16 施工图设计阶段勘测

16.1 一般规定

16.1.1 本阶段勘测任务是在初步设计阶段工程水文勘测的基础上,根据工程需要,进一步补充、修改和完善塔位处的水文资料。

16.1.2 本阶段应对初步设计阶段遗留问题和客观条件的变化所引起的结论合理性问题,进行分析论证,全面复核塔位的安全。

16.2 水文资料补充搜集与调查

16.2.1 水文资料补充搜集与调查应包括下列各项：

(1)跨越水域(江河、湖泊、水库、海湾与河口)的水利水电工程、防洪(防潮、防涝)工程规划、防洪标准以及航道规划等设计条件变化情况;

(2)跨越地段的河势、海岸(滩)、湖岸、库岸以及塔位处岸坡与治理工程等初勘后的具体变化;

(3)跨越地段工程水文要素(如洪水、大冰、大潮等)特大值出现情况。

16.2.2 对初步设计阶段工程水文勘测的遗留问题,应进行专题搜资、调查与分析。

16.3 勘测成果

16.3.1 通过本阶段的补充调查、资料搜集,对大跨越塔位的工程水文条件作进一步分析论证,并编写施工图设计阶段的工程水文勘测报告。

16.3.2 跨越水域稳定性的补充分析,预测今后 30~50 年水域演变发展趋势对塔位安全的影响。

16.3.3 跨越地段水文要素特大值的出现和客观条件变化的分析论证,以及有关确保塔位安全的意见与建议。

17 陆地水文分析计算

17.1 设计洪水计算

17.1.1 设计洪峰流量计算按以下方法：

(1)当设计站(或断面)有实测流量资料 30 年以上,并有历史洪水调查资料时,可用数理统计的方法,求得不同频率的设计洪峰流量;

(2)当设计站(或断面)实测流量资料不足 30 年时,可用上下游邻近站的实测流量资料,插补延长设计站(或断面)的流量系列,并用频率统计的方法推求不同频率的设计洪峰流量;

(3)当设计站洪峰流量资料短缺,参证站有长系列洪峰流量资料时,可先计算参证站设计洪峰流量,再利用流域面积比拟法,将参证站的设计洪峰流量移用到设计站;

(4)当大跨越方案位于干支流汇合口以下或水库的下游时,可用洪水组合法或典型年法进行洪水组合与洪水演进计算,求得设计断面的设计洪峰流量。

17.1.2 设计洪水位计算按以下方法:

(1)设计站(或断面)有实测水位资料连续 30 年以上,水域变迁不大,并有历史洪水的调查资料时,可采用频率统计的办法推求设计洪水位;

(2)设计站实测水位资料不足 30 年,当水域变迁不大时,可用上下游邻近站长系列的水位资料通过相关分析,延长设计站(或断面)的实测水位系列,并用频率统计的办法推算设计洪水位;

(3)当设计站(或断面)有较稳定的水位流量关系时,可用已求得的设计洪峰流量,通过水位流量关系查得设计洪水位;

(4)当设计站(或断面)无实测流量资料时,可用上下游邻站的水位流量关系和流量资料,按上述途径求得参证站的设计洪峰流量和设计洪水位,通过设计站(或断面)与参证站的水位关系,推求设计站的设计洪水位;

(5)当设计站(或断面)无实测水位、流量资料时,可采用水力学公式,计算塔位断面处水位流量关系,并尽量结合历史洪水调查资料,延长其高水部分,利用设计洪峰流量确定设计洪水位,并进行临时观测以验证计算成果;

(6)当设计站(或断面)无实测资料,河段水面比降平缓时,可用参证站的设计洪水位和洪水比降推求设计站(或断面)的设计洪水位;

(7)有总体防洪规划和完整防洪工程体系的河流,应以大跨越工程的同等保证率的防洪规划资料为依据,推求设计站(或断面)的设计洪水位;

(8)大型水库回水区,设计洪水位应以回水曲线方法推算。

17.2 设计流速计算

17.2.1 在水中立塔,塔位处设计流速以设计洪水相应的垂线平均流速计,按以下方法确定:

(1)有实测资料时,可根据断面流速分布、深槽横向摆动范围及塔位处断面特性,确定塔位处的设计流速;

(2)无实测资料时,可根据设计洪峰流量与相应水位、塔位处河床断面或洪水比降、河床质,或临时实测断面流速分布等途径来确定设计流速。

17.2.2 在河滩上立塔,应根据滩地特性、河流主泓摆动范围,并结合河段实际情况分析确定塔位处的设计流速。

17.2.3 洪水期漂浮物水面最大流速,或流冰期水面最大流速,可根据大跨越处长期观测资料(或短期简易测验资料)分析确定。

17.3 河床演变与天然冲刷分析

17.3.1 河床演变分析,是在河床演变调查和河道观测资料的基础上,运用河流动力学的理论与方法进行的。

17.3.2 河床演变分析在一定的河长内进行,应包括以下主要内容:

- (1)统计分析河段泥沙特征值、水沙控制条件与变化。
- (2)分析河段河床演变控制的节点或稳定弯道的变化。
- (3)河势(含岸与洲滩)的历史变化与原因分析。

(4)主流线(或深泓线)的历史变化与原因分析。

(5)历年横断面的变化与原因分析。

(6)河床边界条件(含治河工程与其他河工工程)的历史变化与对河势变化影响的分析。

(7)大水、大沙年冲淤特征的分析。

(8)在上述分析的基础上,结合河道治理规划,预测今后 30~50 年河床的发展趋势与塔位的稳定性。

17.3.3 在水中立塔,应考虑天然冲刷深度。河床的天然冲刷深度是在河道调查、河床演变分析以及预测近 30~50 年河床发展趋势的基础上,确定的塔位处可能出现的横向冲刷幅度与最大纵向冲刷深度。其确定方法如下。

(1)搜集与调查跨越河段或上下游邻近河段一次洪水最大冲刷深度。

(2)根据上下游邻近河段水文站实测最不利断面,或特大洪水的冲刷断面与洪水前的断面资料比较,确定最大天然冲刷深度。

(3)上述调查与实测的河床天然冲刷深度,可根据河床演变分析与河道发展趋势的预测移用到大跨越处,求得大跨越处的天然冲刷深度。

(4)对冲淤变化定向发展的河段,应根据具体情况处理。

17.4 溃堤溃坝洪水对塔位影响的分析与计算

17.4.1 在防洪堤背水面立塔,应根据河势发展、堤内台地现状(含标高、宽度和土质)、堤防标准、堤防质量及堤高等分析判定溃堤的可能性。

17.4.2 溃堤洪水流速可参照实用堰水跃水力方法计算;冲刷坑尺寸可结合现场调查溃堤洪水冲刷坑资料与相应水力条件分析确定。

17.4.3 如大跨越工程位于水库下游,需分析溃坝洪水对塔位的影响时,应根据水库大坝的具体情况,研究分析溃坝方式、主要计算参数,选用适当的方法计算溃坝最大洪水流量与过程,并演算到工程地点。有较大的区间洪水加入时,可采用洪水组合方法,推求塔位处的设计洪水位。

18 海湾、河口水文分析计算

18.1 潮位计算

18.1.1 潮汐类型与特征潮位统计应符合下列要求:

(1)应根据大跨越附近海区验潮资料判别潮汐类型;

(2)对工程设计使用的高程基准面与潮位基面、海图基面等各种基准面间的关系应作考证并换算为同一高程系统;

(3)根据实测资料或延长后的系列,分析与统计大跨越点潮汐性质、特性潮位、潮差、涨落潮历时等特征值。

18.1.2 设计潮位的分析与计算应符合下列要求:

(1)对使用的潮位资料系列的可靠性、代表性与一致性,应进行考证、审查与分析。

(2)设计潮位的计算,要求有连续 20 年以上的潮位系列,并应有历史最高潮位的调查资料,按年极值法选样,以极值型分布或皮尔逊型分布进行统计。

(3)若潮位资料年限不足或仅具有短期实测资料,其设计最高潮位应采用“相关分析法”或“极值同步差比法”与附近有不少于连续 20 年资料的验潮站或港口,进行同步相关分析计算。

用“极值同步差比法”分析计算时,两站应符合下列要求:潮汐性质相似、地理位置相近、受河流径流(包括汛期)的影响相似、风暴潮增减水影响相似。

(4)当大跨越处附近海域无实测潮位资料时,除利用邻近海域的验潮站或港口的 50 年或 100 年一遇的最高潮位值,结合潮位调查确定跨越断面的设计最高潮位外,尚应建立短期潮位站,积累不少于一个月的资料,用以修正潮位值。

(5)对设计潮位计算成果，应通过潮波传播特性、风暴潮增减水幅度与历史最高潮位比较等进行地区性合理性分析。

(6)设计潮位过程线的拟定，应根据潮位资料系列的长短，分别选用频率计算法或典型潮位法。当潮位资料短缺时，可将参证站的潮位过程线移用于大跨越工程地点，并应进行比测验证和必要的修正。

18.2 波浪要素的分析与计算

18.2.1 实测波浪资料系列的审定应符合下列要求：

(1)若跨越断面附近有较长期波浪观测资料时，应对测波站与工程点的地理环境、地形与水深等进行比较，分方向检验测波站资料的适用程度；

(2)对引用的波浪要素系列的一致性与可靠性应进行考证与审定。

18.2.2 波浪特性的分析应符合下列要求：

(1)根据实测资料与调查成果判定波浪的性质与成因；若当地缺乏测波资料，可选择与大跨越塔位附近地形与海域开阔程度相似、水深接近的邻近海域参证站作分析。

(2)当大跨越附近无测波资料，且无法选用参证站时，可按当地强风向、常风向与大跨越塔位位置和地形，分析主要来波方向，并结合现场调查资料判定波浪性质。

18.2.3 设计波高计算应按以下方法采用：

(1)当大跨越工程附近海域有连续 15 年以上实测资料时，可取年最大值系列，用皮尔逊型分布，并结合历史特大波高调查资料作频率分析，确定设计波高数值。

当确定某一波向的设计波高时，年最大波高一般在该方向左右各一个方位的范围内选取；若需每隔 45° 的方位角都进行统计时，则对每一波向均只归并相邻一个方位内的数据。

(2)当资料系列年限较短，不足以直接进行频率分析时，应视已有资料情况与海域波浪特征，分别选用：

1)分方向建立波高与相应风速相关关系，以风速资料延长波高系列，并进行频率统计；

2)与邻近海域有长期波浪观测资料的参证站建立波高相关关系，延长短期波高系列，并作频率统计；

3)当有不少于一整年的短期测波资料时，可用经验频率分析法计算所需设计频率的波高数值。

(3)若大跨越处及其附近海域无实测波浪资料时，其设计波高数值可视海域宽度、水深与波浪特性等自然地理条件与气象资料，用图解法和地区性经验公式法进行计算。

(4)凡用第 18.2.3(2)与第 18.2.3(3)两款计算设计波高时，除应采用两种以上方法作计算外，尚应结合历史最大波高调查资料进行分析比较，确定合理的设计波高数值。

18.2.4 设计波浪周期的计算应采用以下方法：

(1)当大跨越处附近海域的波浪主要是风浪时，可按风浪要素计算图直接查出与设计波高相对应的平均周期；

(2)若大跨越处附近海域的波浪主要为涌浪或混合浪时，可将与年波高最大值相对应的周期数值所组成的系列作频率分析，采用与设计波高同一重现期的平均周期数值；

(3)由以上两款计算所得平均周期，均应结合调查资料和类似地区经验，通过比较分析，确定合理的数值。

18.2.5 设计波长的数值，可根据设计波浪周期、设计潮位时相应水深按规则波公式计算或查有关图表确定。

18.2.6 当由 18.2.3 条确定的具有一定重现期的某一累积频率的设计波高与设计人员要求的累积频率不同时，应根据计算的某一累积频率的波高数值、相应水深等查有关图表，换算为设计人员所要求的累积频率的波高数值。

18.2.7 由以上各条计算出的设计波高数值用于塔位处时，应根据测波站或计算点与塔位处水

深、地形、底摩擦、水流、障碍物影响程度等的差别情况，进行浅水波浪变形、波浪折射、波浪破碎、波浪绕射等计算与分析。当大跨越工程处推算的波高大于浅水极限波高时，设计波高应按极限波高采用。

18.3 岸滩稳定性分析

18.3.1 海岸上立塔时，应通过历次地形图，海图的岸线、地形、地貌变化情况，海堤走向与位置的变迁，结合调查资料分析海岸线的变化速度与距离，并根据海岸带的自然地理、岩土特性、海域水文条件等，对塔位处的岸线稳定性作出预测。

18.3.2 海湾水中立塔时，塔位处的稳定性可按下述要求分析：

- (1)通过对历次海图等深线对比，确定塔位处及其附近水域滩槽历年冲淤变化幅度、速度与过程；
- (2)根据实测资料统计不同季节、不同潮型的泥沙来源，悬沙与床沙的颗粒级配及进出跨越水域的泥沙数量，判定塔位处海床冲、淤情况；
- (3)大跨越处附近沿岸和水域的建、构筑物对动力因素、泥沙来源与运移及海湾滩槽发展的影响；
- (4)综合前述分析，判断塔位处冲淤发展趋势，必要时，应通过理论分析、公式计算、数模计算与模型试验等途径，对塔位处的稳定性进行分析与判断。

18.3.3 河口段水中立塔时，应根据潮汐强弱、河口发育特点、沙滩与沙洲外形、边界条件及变化情况、来水与来沙条件、风浪特性等资料进行塔位的稳定性分析。

附录 A 测量标桩规格及埋设尺寸

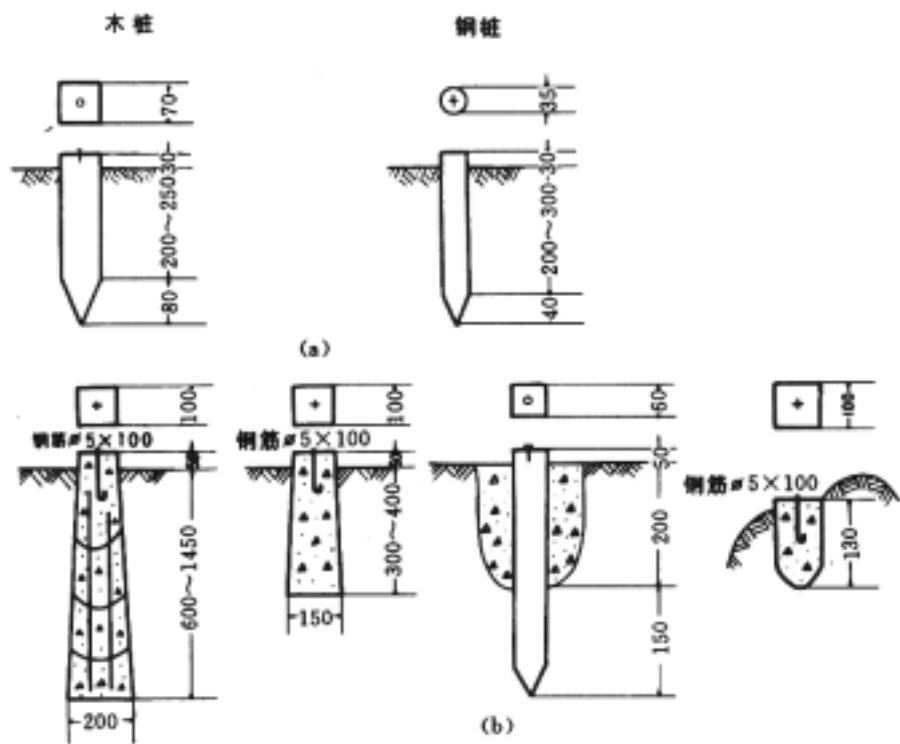


图 A 测量标桩规格及埋设尺寸(mm)
(a)一般标桩；(b)固定标桩

附录 B 地球曲率及折光差改正数

表 B 地球曲率及折光差改正数

S (m)	00	100	200	300	400	500	600	700	800	900
----------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

图 C 送电线路大跨越工程平断面图示例

注：出图时另加图标。

附录 D 堤防工程的级别及防洪标准

表 D1 堤防工程的级别

防护对象	项 目	堤 防 工 程 的 级 别				
		1	2	3	4	5
城 镇	重要程度	特别重要城市	重要城市	中等城市	一般城镇	-
	非农业人口 (万人)	150	150 ~ 50	50 ~ 20	20	-
乡 村	防护区耕地面积 ($\times 666.6 \text{ 万 m}^2$)	500	500 ~ 300	300 ~ 100	100 ~ 30	30
	防护区人口 (万人)	250	250 ~ 150	150 ~ 50	50 ~ 20	20
工矿 企业	主要厂区(车间)	特大型	大型	中型	中型	小型
	辅助厂区 (车间)生活区	-	-	特大型	大型	中、小型

表 D2 堤防工程的防洪标准

堤防工程的级别	1	2	3	4	5
防洪标准(重现)(年)	100	100 ~ 50	50 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 10

附录 E 滑坡的分类

表 E 滑坡的分类

划分依据	名称类别	特 征 说 明
按滑坡物质 组成成分分	堆积层滑坡	各种不同性质的堆积层(包括坡积、洪积和残积),体内滑动,或沿基岩面的滑动。其中坡积层的滑动可能性较大
	黄土滑坡	不同时期的黄土层中的滑坡,并多群集出现,常见于高阶地前缘斜坡上,或黄土层沿下伏第三纪岩层滑动
	粘性土滑坡	粘性土本身变形滑动,或与其他土层的接触面或沿基岩接触面而滑动
	岩层滑坡	软弱岩层组合物的滑坡,或沿同类基岩面,或沿不同岩层接触面以及较完整的基岩面滑动
按滑动面 通过各岩 层情况分	同类土滑坡	发生在层理不明显的均质粘性土或黄土中,滑动面均匀光滑
	顺层滑坡	沿岩层面或裂隙面滑动,或沿坡积体与基岩交界面及基岩间不整合面等滑动,大都分布在顺倾向的山坡上
	切层滑坡	滑动面与岩层面相切,常沿倾向山外的一组断裂面发生,滑坡床多呈折线状,多分布在逆倾向岩层的山坡上
按滑动体 厚度分	浅层滑坡	滑坡体厚度在 6m 以内
	中层滑坡	滑坡体厚度在 6 ~ 20m
	深层滑坡	滑坡体厚度超过 20m
按引起滑 动的力学 性质分	推移式滑坡	上部岩层滑动挤压下部产生变形,滑动速度较快,多具楔形环谷外貌,滑体表面波状起伏,多见于有堆积物分布的斜坡地段
	牵引式滑坡	下部先滑使上部失去支撑而变形滑动,一般速度较慢,多具上小下大的塔式外貌,横向张性裂隙发育,表面多呈阶梯状或陡坎状,常形成沼泽地

按形成原因分	工程滑坡	由于施工开挖山体引起的滑坡。此类滑坡还可细分为： 1.工程新滑坡：由于开挖山体所形成的滑坡 2.工程复活古滑坡：久已存在的滑坡，由于开挖山体引起重新活动的滑坡
	自然滑坡	由于自然地质作用产生的滑坡。按其发生相对时代早晚又可分为： 1.老滑坡：坡体上有高大树木、残留部分环谷、断壁擦痕 2.新滑坡：外貌清晰，断壁新鲜
按发生后的活动性分	活滑坡	发生后仍在继续活动的滑坡。后壁及两侧有新鲜擦痕，体内有开裂、鼓起或前缘有挤出等变形迹象，其上偶有旧房遗址、幼小树木歪斜生长等
	死滑坡	发生后已停止发展，一般情况下不可能重新活动，坡体上植被较盛，常有居民点
按滑体体积分(m ³)	小型滑坡	< 5000
	中型滑坡	5000 ~ 50000
	大型滑坡	50000 ~ 100000
	巨型滑坡	> 100000

附录 F 泥石流工程分类

表 F 泥石流工程分类

类	泥石流特征	流域特征	亚类	严重程度	流域面积(km ²)	固体物质一次冲出量(×10 ⁴ m ³)	流量(m ³ /s)	堆积区面积(km ²)
高频率泥石流沟谷	基本上每年均有泥石流发生，固体物质主要来源于沟谷的滑坡，崩塌。泥石流暴发雨强小于2~4mm/10min。除岩性因素外，滑坡、崩塌严重的沟谷多发生粘性泥石流，规模大；反之，多发生稀性泥石流，规模小	多位于强烈抬升区。岩层破碎，风化强烈，山体稳定性差，滑坡、崩塌发育，植被差。沟床和扇形地上泥石流堆积新鲜，无植被或仅有稀疏草丛。粘性泥石流沟中、下游沟床坡度大于4%	1	严重	> 5	> 5	> 100	> 1
			2	中等	1 ~ 5	1 ~ 5	30 ~ 100	< 1
			3	轻微	< 1	< 1	< 30	
低频率泥石流沟	泥石流暴发周期一般在10年以上。固体物质主要来于沟床，泥石流发生时“揭床”现象明显。暴雨时坡面产生的浅层滑坡，往往是	分布于各地构造区的山地。山体稳定性相对较好，无大型活动性滑坡、崩塌。中、下游沟谷往往	1	严重	> 10	> 5	> 100	> 1
			2	中等	1 ~ 10	1 ~ 5	30 ~ 100	< 1

谷	激发泥石流形成的重要因素。泥石流爆发雨强，一般大于 4mm/10min。泥石流规模一般较大，性质有粘有稀	切于老台地和扇形地内，沟床和扇形地上巨砾遍布。植被较好，常常是“山青水秀”，沟床内灌木丛密布，扇形地多已辟为农田。粘性泥石流沟中、下游沟床坡度小于 4%	3	轻微	< 1	< 1	< 30	
---	--	--	---	----	-----	-----	------	--

注 表中流量对高频率泥石流沟指百年一遇流量 ;对低频率泥石流沟指调查历史最大流量。

泥石流的工程分类宜采用野外特征与定量指标相结合的原则定量指标满足其中一项即可。

附录 G 岩溶地基稳定性评价

表 G 岩溶地基稳定性评价

评价因素	对 稳 定 有 利	对 稳 定 不 利
地质构造	无断裂、褶曲，裂隙不发育或胶结良好	有断裂、褶曲，裂隙发育，有两组以上张开裂隙切割岩体，呈干砌状
评价因素	对 稳 定 有 利	对 稳 定 不 利
岩层产状	走向与洞轴线正交或斜交，倾角平缓	走向与洞轴线平行，倾角陡
岩性和层厚	厚层块状，纯质灰岩，强度高	薄层石灰岩、泥灰岩、白云质灰岩，有互层，岩体强度低
洞体形态及埋藏条件	埋藏深、覆盖层厚、洞体小(与基础尺寸比较)，溶洞呈竖井状或裂隙状，单体分布	埋藏浅，在基底附近，洞径大，呈扁平状，复体相连
顶板情况	顶板厚度与跨度比值大，平板状，或呈拱状，有钙质胶结	顶板厚度与洞跨比值小，有切割的悬挂岩块，未胶结
充填情况	为密实沉积物填满，且无被水冲蚀的可能性	未充填、半充填或水流冲蚀充填物
地下水	无地下水	有水流或间歇性水流
地震基本烈度	地震基本烈度小于 7 度	地震基本烈度等于或大于 7 度
建筑荷载及重要性	建筑物荷载小，为一般建筑物	建筑物荷载大，为重要建筑物

附录 H 中国软土主要分布地区的工程地质区划略图及特征

表 H 中国软土主要分布地区工程地质区划特征

区	海	陆	沉 积	土 层 埋 深	物 理 力 学 指 标(平 均 值)										渗透系数 垂直方向 k	抗
					天然	重力 密度	孔隙	饱和	液 限	塑 限	塑性	液性	有机 质	压缩系 数		

别	别	相	深 (m)	含 水 量 (%)	(kN/M ³)	比 e	度 r (%)	L (%)	P (%)	指 数 I_P	指 数 I_L	含 量 (%)	(0.1 ~ 0.2) (MPa ⁻¹)	(cm/s)	内 摩 擦 角 φ (°)
北方地区	沿海	滨海	0 ~ 34	45	17.8	1.23	93	42	22	19	1.25	7.5	0.87	1.5×10^{-7}	10
		三角洲	5 ~ 9	40	17.9	1.11	97	35	19	16	1.35		0.67		
中部地区	沿海	滨海	2 ~ 32	52	17.1	1.41	98	46	24	24			1.04	3.7×10^{-8}	10
		泻湖	1 ~ 35	51	16.7	1.61	98	47	25	24	1.34	6.5	1.58	7.5×10^{-8}	12
		溺谷	1 ~ 25	58	16.3	1.74	95	52	31	26	1.90	11	1.63	2×10^{-7}	16
		三角洲	2 ~ 19	43	17.6	1.24	98	40	23	17	1.11		0.98	1.3×10^{-6}	17
中部地区	内陆	高原湖泊		77	15.4	1.93		70		28	1.28	18.4	1.60		6
		平原湖泊		47	17.4	1.31		43	23	19		9.9		2×10^{-7}	
		河漫滩		47	17.5	1.22		39		17	1.44		0.87		6
南方地区	沿海	滨海	0 ~ 9	61	16.3	1.65	95	53	27	26	1.94		1.30		11
		三角洲	1 ~ 10	66	15.8	1.67		54	37	24			1.18		

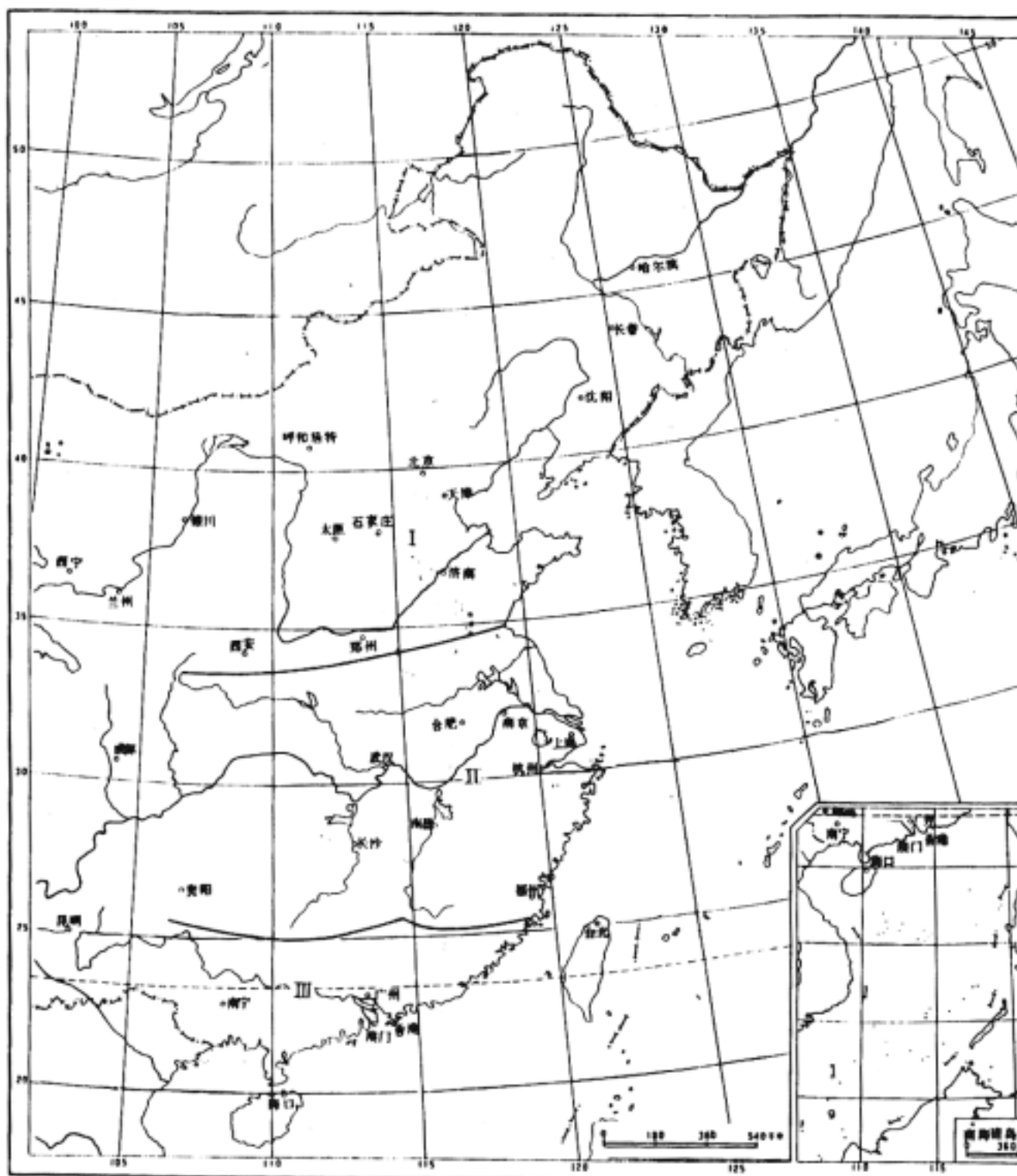


图 H 中国软土主要分布地区的工程地质区划略图

—北方地区； —中部地区； —南方地区

注：本图中国国界线系按照中国地图出版社 1989 年出版的《中华人民共和国地形图》
绘制

附录 J 用静力触探比贯入阻力评价砂土
密实度，用标准贯入试验锤击数评价砂土

密实度、确定砂土承载力标准值

表 J1 用静力触探比贯入阻力 P_s 评价砂土密实度($\times 10^2\text{kPa}$)

砂土名称	密实度			
	松 散	稍 密	中 密	密 实
粗、中砂	$P_s < 15$	15 $P_s < 30$	30 $P_s < 80$	$P_s > 80$
细、粉砂	$P_s < 30$	30 $P_s < 60$	60 $P_s < 120$	$P_s > 120$

表 J2 用标准贯入试验锤击数 N 评价砂土密实度

密 实 度	N	密 实 度	N
松 散	$N < 10$	中 密	15 $< N < 30$
稍 密	10 $< N < 15$	密 实	$N > 30$

注： N 为实测锤击数，不作深度修正。

地下水位以下的中砂， N 可按实测锤击数值增加 5 击计。

试验过程中(包括试验前钻孔的钻进)宜用泥浆护壁，以免砂土松动或出现翻砂。

表 J3 用标准贯入试验锤击数 N 确定砂土承载力标准值(kPa)

土 类	N			
	10	15	30	50
中、粗砂	180	250	340	500
粉、细砂	140	180	250	340

附录 K 岩质和土质边坡容许坡度值

表 K 岩质和土质边坡容许坡度值

岩土类别	风化程度	容 许 边 坡 值 (高 宽 比)			
		坡高在 8m 以内	坡高在 8 ~ 15m	坡高在 15 ~ 30m	坡高在 30 ~ 40m
硬质岩石	微风化 中等风化 强风化	1 0.10 ~ 1 0.20	1 0.20 ~ 1 0.35	1 0.30 ~ 1 0.50	1 0.45 ~ 1 0.75
		1 0.20 ~ 1 0.35	1 0.35 ~ 1 0.50	1 0.50 ~ 1 0.75	1 0.75 ~ 1 1.00
		1 0.35 ~ 1 0.50	1 0.50 ~ 1 0.75	1 0.75 ~ 1 1.00	1 1.00 ~ 1 1.50
软质岩石	微风化 中等风化 强风化	1 0.35 ~ 1 0.50	1 0.50 ~ 1 0.75	1 0.75 ~ 1 1.00	
		1 0.50 ~ 1 0.75	1 0.75 ~ 1 1.00	1 1.00 ~ 1 1.50	
		1 0.75 ~ 1 1.00	1 1.00 ~ 1 1.25		
碎石土	密 实 中 稍 密	坡高在 5m 以内		坡高在 5 ~ 10m	
		1 0.35 ~ 1	0.50	1 0.50 ~ 1	0.75
		1 0.50 ~ 1	0.75	1 0.75 ~ 1	1.00
		1 0.75 ~ 1	1.00	1 1.00 ~ 1	1.25
老粘性土及粉土	坚硬 硬塑	1 0.35 ~ 1	0.50	1 0.50 ~ 1	0.75
		1 0.50 ~ 1	0.75	1 0.75 ~ 1	1.00
一般粘性土及粉土	坚硬 硬塑	1 0.75 ~ 1	1.00	1 1.00 ~ 1	1.25
		1 1.00 ~ 1	1.25	1 1.25 ~ 1	1.50
黄	地质时代	坡高在 5m 以内	坡高在 5 ~ 10m	坡高在 10 ~ 15m	

土	次生黄土	1	0.50 ~ 1	0.75	1	0.75 ~ 1	1.00	1	1.00 ~ 1	1.25
	Q ₄	1	0.30 ~ 1	0.50	1	0.50 ~ 1	0.75	1	0.75 ~ 1	1.00
	马兰黄土	1	0.20 ~ 1	0.30	1	0.30 ~ 1	0.50	1	0.50 ~ 1	0.75
	Q ₃	1	0.10 ~ 1	0.20	1	0.20 ~ 1	0.30	1	0.30 ~ 1	0.50
	离石黄土									
	Q ₂									
	午城黄土									
	Q ₁									

注 使用本表时,应考虑地区性的水文、气象等条件,结合具体情况予以校正。
 本表不适用于岩层面或主要节理面有顺坡向滑动可能的边坡。
 本表不适用于新近堆积黄土;混合土可参照表中相近的土执行。
 表中碎石土的充填物为坚硬或硬塑状的粘性土、粉土,对于砂土或充填物为砂土的碎石土,其边坡坡度容许值均按自然休止角确定。

附录 L 沉管灌注桩桩周土摩阻力和
 桩端土承载力标准值

表 L1 沉管灌注桩桩周土摩阻力标准值 q_s (kPa)

土层类别	静探比贯入阻力 P_s (MPa)	土层平均埋深(m)				
		3	5	10	15	20
淤泥及 淤泥质土	0.3	4	4	4	5	6
	0.4	5	5	6	7	7
	0.5	6	6	7	8	9
	0.6	7	7	8	9	10
	0.7	8	9	10	11	12
	0.8	9	10	11	13	14
粘 性 土	0.9	11	12	13	14	16
	1.0	13	13	15	17	19
	1.5	16	17	19	21	23
	2.0	21	22	23	25	27
	3.0	25	26	27	29	31
	4.0	29	30	32	34	35
	5.0	33	34	36	37	39
粉 土	1.0	12	13	14	15	16
	2.0	17	18	19	20	21
	3.0	21	21	22	24	25
	4.0	23	24	25	26	27
	5.0	25	26	27	28	29
	6.0	28	29	30	31	32
砂 土	3.0	17	18	19	21	23
	4.0	20	20	22	24	26
	5.0	22	23	25	27	28
	6.0	25	26	28	29	31
	7.0	28	29	31	32	34
	8.0	31	32	34	35	37
	9.0	34	34	36	38	40
	10.0	37	37	39	41	42
	11.0	40	40	42	44	45

注 除尚未完成自重固结的填土,主要成分为生活垃圾的杂填土可不计其摩阻力外,其他填土可按勘察报告提供的 P_s 值,并乘以 0.8 系数后按表列淤泥质土选取值,但不小于 10kPa。
 单打沉管灌注桩应将表列 P_q 、 P_s 值乘以 0.7 ~ 0.8 系数。

表 L2 沉管灌注桩桩端土承载力标准值 q_p

土 层 类 别	桩端处静探比贯入阻力计算值 $P_{so}(\text{MPa})$	桩端土承载力标准值 q_p (kPa)
粘性土	1.5	550
	2.0	700
	2.5	825
	3.0	975
	4.0	1125
	5.0	1300
粉 土	2.0	1000
	3.0	1200
	4.0	1400
	5.0	1600
	6.0	1775
砂 土	4.0	1125
	5.0	1325
	6.0	1500
	7.0	1675
	8.0	1875
	9.0	2025
	10.0	2200
	11.0	2350

附录 M 盐渍土的分类

表 M1 盐渍土按含盐性质分类

盐渍土名称	$C(\text{Cl}^-)/2C(\text{SO}_4^{2-})$	$2C(\text{CO}_3^{2-}) + C(\text{HCO}_3^-)/C(\text{Cl}^-) + 2C(\text{SO}_4^{2-})$
氯盐渍土	> 2	—
亚氯盐渍土	$2 \sim 1$	—
亚硫酸盐渍土	$1 \sim 0.3$	—
硫酸盐渍土	< 0.3	—
碱性盐渍土	—	> 0.3

注 表中 $\frac{C(\text{Cl}^-)}{2C(\text{SO}_4^{2-})} \times \frac{2C(\text{CO}_3^{2-}) + C(\text{HCO}_3^-)}{C(\text{Cl}^-) + 2C(\text{SO}_4^{2-})}$ 是指这些离子在 100g 土中所含毫摩数的比值。

表 M2 盐渍土按含盐量分类

盐渍土名称	平 均 含 盐 量 (%)		
	氯及亚氯盐	硫酸及亚硫酸盐	碱性盐
弱盐渍土	$0.5 \sim 1.0$	—	—
中盐渍土	$1 \sim 5$	$0.5 \sim 2.0$	$0.5 \sim 1.0$
强盐渍土	$5 \sim 8$	$2 \sim 5$	$1 \sim 2$
超盐渍土	> 8	> 5	> 2

附录 N 盐渍土地基的腐蚀性等级

表 N 盐渍土地基的腐蚀性等级

地 基 介 质	离 子 种 类	埋 设 条 件	腐 蚀 性 等 级			
			无	弱	中	强
地下水中 盐	NH_4^+	—	< 100	$100 \sim 500$	$500 \sim 800$	> 800
	Mg^{2+}	—	< 1000	$1000 \sim 2000$	$2000 \sim 3000$	> 3000

离子含量 (mg/L)	SO ₄ ²⁻	—	< 250	250 ~ 500	500 ~ 1000	> 1000
	Cl ⁻	全浸	< 5000	—	—	—
		间浸	-	< 500	500 ~ 5000	> 5000
	pH		> 6.5	6.5 ~ 5.0	5.0 ~ 4.0	< 4.0
土中盐 离子含量 (mg/kg)	SO ₄ ²⁻	干燥	< 500	500 ~ 1000	1000 ~ 1500	> 1500
		潮湿	< 250	250 ~ 500	500 ~ 1000	> 1000
	Cl ⁻	干燥	< 400	400 ~ 750	750 ~ 7500	> 7500
		潮湿	< 250	250 ~ 500	500 ~ 5000	> 5000
	总盐量 (mg/kg)	有蒸发量	< 3000	3000 ~ 5000	5000 ~ 10000	> 10000
		无蒸发量	< 10000	10000 ~ 20000	20000 ~ 50000	> 50000
	pH		> 6.5	6.5 ~ 5.0	5.0 ~ 4.0	< 4.0

注 盐渍土地基应按所含盐离子含量和总盐量中腐蚀性最高者定级。

当地基以含氧盐为主，同时含硫酸盐时，表中氧离子总含量按式(N1)计算：

$$\text{Cl}^{-}(\text{总量}) = \text{Cl}^{-} + 0.25 \times \text{SO}_4^{2-} \quad (\text{N1})$$

当地基以含硫酸盐为主，同时含氧盐时，表中硫酸根离子总含量按式(N2)计算：

$$\text{SO}_4^{2-}(\text{总量}) = \text{SO}_4^{2-} + 0.075 \times \text{Cl}^{-} \quad (\text{N2})$$

总盐量系指正负离子的总和。

该表适用于普通硅酸盐水泥，采用其它种类的水泥时，应按照该类水泥实际抗盐腐蚀性能进行评价。

附录 P 多年冻土融陷性分类

表 P 多年冻土融陷性分类

多年冻土名称	土的类别	总含水量 W _n (%)	融化后的潮湿程度	融陷性分类
少冰冻土	粉粘粒含量 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒 25%)的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)	10	潮湿	() 不融陷
	粉粘粒含量 > 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒含量 > 25%)的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)细砂、粉砂	12	稍湿	
	粘性土、粘土	W _p	半干硬	
多冰冻土	粉粘粒含量 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒含量 25%)的粗颗粒土(包括碎石、砾砂、粗砂、中砂)	10 < W _n 16	饱和	() 弱融陷
	粉粘粒含量 > 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒含量 > 25%)的粗颗粒土(包括碎石、砾砂、粗砂、中砂)细砂、粉砂	12 < W _n 18	潮湿	
	粘性土、粉土	W _p < W _n W _p +7	硬塑	

富冰冻土	粉粘粒含量 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒 25%)的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)	$16 < W_n \leq 25$	饱和出水 (出水量 小于 10%)	() 中 融 陷
	粉粘粒含量 > 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒含量 > 25%)的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)细砂、粉砂	$18 < W_n \leq 25$	饱和	
	粘性土、粉土	$W_p+7 < W_n \leq W_p+15$	软塑	
饱冰冻土	粉粘粒含量 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒 25%)的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)	$25 < W_n \leq 44$	饱和大量出水(出水量为 10% ~ 20%)	() 强 融 陷
	粉粘粒含量 > 15%(或粒径小于 0.1mm 的颗粒含量 > 25%)的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)细砂、粉砂	$25 < W_n \leq 44$	饱和出水 (出水量 小于 10%)	
	粘性土、粘土	$(W_p+15) < W_n \leq (W_p+35)$	流 塑	
含土冰层	碎石土、砂土	$W_n > 44$	饱和大量出水(出水量为 10% ~ 20%)	() 极 融 陷
	粘性土、粉土	$W_n > (W_p+35)$	流 塑	

注 W_p ——塑限含水量。

碎石土及砂土的总含水量界限为该两类土的中间值。含粉粘粒少的粗颗粒土比表列数值小；细砂、粉砂比表列数值大。

粘性土、粉土总含水量界限中的+7、+15、+35 为不同类别粘性土的中间值。粉土比该值小，粘土比该值大。

附录 Q 本规定用词说明

一、对执行本规定严格程度的用词，说明如下：

- 1.表示很严格，非这样作不可的：正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
- 2.表示严格，在正常情况下均应这样作的：正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
- 3.表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的：正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。

二、条文中指明必须按其它有关标准和规范执行时的写法为“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”，非必须按所指定的标准和规范执行的写法为“可参照……的要求(或规定)”。

附加说明：

主编单位：电力工业部中南电力设计院

主要起草人：袁积德、戴玉松、雷淑贤、汪德润、陈才胜、胡桂润、姚林修

大跨越工程勘测技术规定

DL/T5049—95

条文说明

1 总则

1.0.1 本条规定制定本规定的目的是统一技术标准，做到技术先进、经济合理，保证大跨越耐张段的安全和正常运行。

1.0.2 本规定是电力行业标准，是架空送电线路大跨越工程勘测的专门规定。到目前为止，建设最多的是220~500kV送电线路大跨越工程，积累了大量的工程资料和丰富的建设经验。本规定中的条文，主要是以上述资料和经验为依据编写的。因此，条文中强调本规定适用于220~500kV架空送电线路大跨越工程勘测，其它等级的大跨越工程勘测，可参照执行。

1.0.3 架空送电线路大跨越的定义引自局标《送电线路大跨越设计技术规定(试行)》(以下简称“设计技术规定”)，即“跨越通航大河流、湖泊或海峡等，因档距较大(一般在1000m以上)或塔的高度较高(一般在100m以上)的线路(导线选型或塔的设计需予以特殊考虑)且发生故障时严重影响航运或修复特别困难的耐张段。”“设计技术规定”还强调必须同时满足上述四条才算大跨越工程。由于我国幅员辽阔，东西南北中自然条件千差万别，为有利于大跨越工程项目的开展，凡是按大跨越设计的工程均按大跨越工程勘测。

1.0.4 架空送电线路大跨越工程勘测包括工程测量、岩土工程勘测、工程水文勘测等。各地、各工程应尊重客观实际，根据具体情况，有“的”放“矢”地确定勘测工作项目和工作内容，以满足设计要求，为设计、施工、运行服务。岩土工程监理是指对岩土工程治理进行监督检查，控制施工质量，及时解决治理过程中出现的岩土工程问题。

1.0.5 本条规定架空送电线路大跨越工程勘测应尽量使用新技术和新设备，以提高工程勘测的效率和质量。随着改革开放的深入发展，技术标准应尽量和国际标准接轨，以便进入国际市场，进行交流和服务。

1.0.6 大跨越工程勘测阶段的划分应与设计阶段相适应。各院大跨越工程设计都分为可行性研究、初步设计、施工图设计三个设计阶段。因此，本规定也相应地规定了三个勘测阶段。当自然条件简单，通过搜资调查即可掌握基本情况，而且研究程度较高，有一定的勘测、设计、施工、运行经验可供借鉴时，也可以合并勘测阶段。但必须能满足各阶段设计对勘测资料的要求。

1.0.7 大跨越工程勘测除遵守本规定外，一般还应遵守、符合以下国家现行规范和有关行业标准。

- (1)中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》；
- (2)中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》；
- (3)电力部电力规划设计总院标准《500kV架空送电线路勘测技术规定》(试行)；
- (4)电力部电力规划设计总院标准《架空送电线路航空摄影测量技术规定》(试行)；
- (5)电力部电力规划设计总院标准《架空送电线路测量技术规定》(试行)；
- (6)电力部电力规划设计总院标准《电力工程水文勘测技术规定》(试行)；
- (7)电力部电力规划设计总院标准《220kV架空送电线路工程地质勘测技术规定》(试行)；
- (8)电力部电力规划设计总院标准《火力发电厂工程地质内业资料整理规定》(试行)；
- (9)其它有关规范、规程和规定。

第一篇 工程测量

2 可行性研究阶段测量

2.0.1 选择大跨越比较方案时，测量人员应了解室内预选方案的概况及配合要求，做到心中有数，以便携带必要的仪器和工具等。

2.0.2 对路径有影响的地物、地貌与图面不符时，只进行相对位置补测、修改和调绘。

2.0.3 实地选线过程中，设计人员往往会随时提出多个方案作一般性比较，此时，可从图中量取设计需要的任何点间距离和高程。

2.0.4 对推荐方案中的草测平断面图，只初步设定大跨越塔位桩和耐张塔位桩，中间加设测站点不受距离限制。

对突出的地物、跨越房屋、有影响的交叉跨越、突出特点的地形地貌等加以测绘。其余部分可作概括表示。

必要时测定路径的磁方位角或坐标方位角，以满足设计人员考虑跳线的舞动问题。

2.0.5 对某些协议区或复杂地段，应用仪器初步测量大跨越点、起迄点或测绘平面图。一方面满足设计人员签订协议与预设计构想的要求，另一方面为设计人员选择最佳方案提供资料依据。

3 初步设计阶段测量

3.1 一般规定

3.1.1 大跨越工程既是单独立项的工程，又从属于该送电线路中的一段。设计人员为能全面掌握整条线路路径和签订协议需要，大面积小比例尺地形图由设计人员搜集，其中包括大跨越部分。大比例尺地形图、测量平面和高程成果资料，应由测量人员搜集。

当设计无特殊要求时，平面控制也可采用任意直角坐标系统。鉴于高程控制的重要性，搜集水准点成果不宜少于两个点，以资校核。

3.1.2 勘测大纲所制定的测量项目、内容和深度应能满足任务书、技术指导书的要求，工程负责人应组织工程参加人员做好准备工作。

3.2 定线测量

3.2.1 大跨越工程的主体部位是跨越塔，首先要确定好直线跨越塔的位置，然后在此基础上再定出耐张塔位置。当塔位位置在较低处不能直接通视时，以两岸大堤的直线桩替代，作过渡点传递定线。

3.2.2 根据所测地形图比例尺确定视距长度，由此考虑桩间距离。

3.2.3 根据国家关于编制技术标准的规定，各种不同桩以该桩名称汉语拼音字母的第一个字母作代字。

施工单位对测量标桩存在的问题有较强要求，应引起测量人员重视。因为测量成果一是反映在图纸上，供设计使用；二是反映在地面标桩位置上，是施工实地检核和放样的依据。如果测量标桩不合格、损坏或丢失，则需予以恢复，既造成人力物力的浪费，甚至延误工期，又易发生质量问题。作为一个大跨越工程，应埋设半永久性或永久性标桩。

3.2.4 直接定线简捷易行，能减少误差机遇，在直线定线中应首先采用。

3.2.5、3.2.6 直接定线的直线横向位移中误差按下式计算(见图 3.2.5)

$$m_{AG} = \frac{m''_{\beta}}{\rho} \sqrt{\sum l_{iG}^2} \quad (3.2.5)$$

式中 m_{AG} ——由 AB 传递 n 次定出 AG 直线的横向位移中误差(m)；

l_{iG} ——由 i(B、C...)至 G 点的距离(m)；

ρ ——206265 ；

m ——导线测角中误差()。



图 3.2.5 直接传递直线横向位移影响图

需要指出的是应根据大跨越定线方法及前后视长度悬殊等特点,以实际数据代入有关公式计算测角误差。

观测水平角一测回的角值误差不得大于 $\pm 30''$ 。

3.2.7 间接定线的直线横向位移中误差按下式计算(见图 3.2.7-1、图 3.2.7-2)

$$m = \pm \sqrt{m_{y\beta}^2 + m_{y1}^2}$$

$$= \pm \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \sum R_x^2 + \left(\frac{m_l}{l}\right)^2 \sum d_y^2} \quad (3.2.7)$$

式中 m ——导线测角的中误差() ;

R_x^2 ——测角的各导线点至间接定线终点垂直面的垂直距离的平方和 ;

——206265 ;

$\frac{m_l}{l}$ ——导线边长的相对中误差 ;

d_y^2 ——导线边在间接定线终点垂直面上投影长度平方的总和 ;

m_y ——导线测角误差引起的横向位移误差(m) ;

m_{y1} ——导线测距误差引起的横向位移误差(m)。

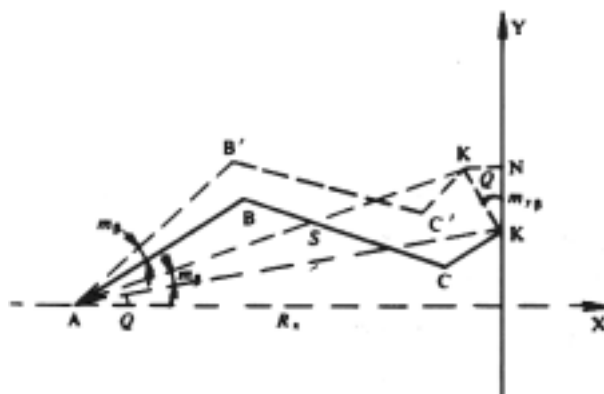


图 3.2.7-1 间接传递直线导线测角误差对横向位移影响图

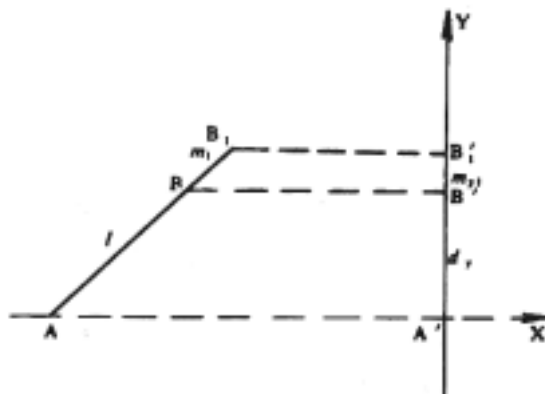


图 3.2.7-2 间接传递直线导线边长测量误差对横向位移影响图

通常将间接定线视为支导线,式(3.2.7)适用于任意形式导线,而矩形或等腰三角形的导

线，则是其特例。

间接定线若无闭合或附合条件，应有重复测量作验证。

3.2.8 用任意多边形支导线进行间接定线，测角误差比测距误差对直线横向误差影响要大。近年来各单位使用的多为进口的光电测距仪，测距精度高。测距仪按测距精度(以 1km 测距中误差表示)分为三级：Ⅰ级 5mm，Ⅱ级 5~10mm，Ⅲ级 11~20mm。

目前对光电测距仪测距精度的评定及估算方法的看法虽尚不统一，但一致认为厂方给出的仪器标称精度，只能代表某厂同类仪器所规定达到的精度，而不是每台仪器的实际精度或测边精度，因而对每台仪器的精度有必要通过检验加以具体地评定或估算测边精度。

对于新购置的光电测距仪，为了全面地了解仪器的性能、精度指标，应对仪器进行全部项目的检验。一般应送技术监督局仪器检验中心检验；对刚修理过的仪器，应进行较多项目的检验。具体检验项目，依修理情况而定。对生产中使用的仪器，由用户对仪器的系统误差进行经常性的检验，以判断仪器常数是否发生变化以保证测距精度可靠。

3.3 平面与高程联系测量

3.3.1 大跨越工程联测精度的限差值，塔位中心的点位误差不大于城市规划用图图面的 0.6mm，这和《火力发电厂工程测量技术规程》中主要细部点对邻近测站点坐标测量误差的限差值要求是一致的，也能满足城市规划红线控制的实际需要。当有特殊要求时，可视具体情况拟定相应的技术措施。

大跨越工程建在偏僻地区没有联测协议要求的，可不作平面联系测量。

3.3.2、3.3.3 高程联系测量，是为设计考虑导线最大弧垂对最高航行水位的安全距离及塔位承台(塔基基面)高出洪水位，确保航运安全及供电正常运行的需要。凡涉及洪水位问题，应进行大跨越塔塔位桩高程及洪痕水位的联系测量。

本规定中的三角高程测量是指以 DJ2 型经纬仪测取垂直角及用光电测距仪测距而言，其计算高差 h 的公式为

$$h = l \operatorname{tg} \alpha + i - l + f \quad (3.3.2-1)$$

式中 l ——两点间水平距离；

a ——两点间垂直角；

i ——仪器高；

l ——觇标高；

f ——地球曲率与大气折光联合影响。

在高程联系测量中，每一边的 h 值一般系在往返观测条件下所求的平均值， f 值的误差在某种程度上能互相抵消，所以以下推算不考虑 f 值的误差。

对式(3.3.2-1)微分并经整理转换成对向观测高差的中误差 m_h 公式为

$$m_h = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(m_s \operatorname{tg} \alpha)^2 + \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 + m_i^2 + m_l^2} \quad (3.3.2-2)$$

式中 l ——两点间水平距离；

m_s ——测距误差；

m_a ——三角测高中误差；

m_i 、 m_l ——分别为量取仪器高与觇标高的误差，一般不大于 0.5cm。

由式(3.3.2-2)推导三角测高垂直角测角中误差的公式为

$$m_\alpha = \pm \frac{\cos^2 \alpha \cdot \rho}{S} \sqrt{2m_h^2 - \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot m_s^2 - m_i^2 - m_l^2} \quad (3.3.2-3)$$

当用光电测距仪测距时,由测距误差引起的高差影响很小,若测距相对精度达到万分之一以上,垂直角观测误差在 10 以内,设两点间水平距离 2500m,倾角 $2^{\circ}17'26''$,代入式(3.3.2-2),得对向观测高差的中误差为 0.086m,按惯例,取两倍中误差为两测回观测(对向观测各一测回或同向两测回)高差较差的极限误差,即将两塔位间高差较差的限差为 $0.086 \times 1 \times 2$,1 档距以千米计。

当水文人员确认搜集到的大跨越段洪水位高程资料可靠时,由其直接提供书面数据注于平断图上,不必联测。从《水文测验手册》中得知,洪痕的测量及水标尺的测量一般是能满足图根水准测量要求的。图根水准的精度为测图基本等高距的 1/10,在平原地段,1/1000 地形图的等高距为 0.5m,洪水位标高的精度可视为 $\pm 0.05\text{m}$;在山区地段,1/1000 地形图的等高距为 1.0m,洪水位标高的精度可视为 $\pm 0.1\text{m}$ 。

对需要进行洪水位高程的联测以及对大跨越塔位高程的联测,按 3.3.3 条文规定执行,联测高程中误差不大于 $\pm 0.1\text{m}$ 。

3.4 档距及高差测量

3.4.1 测量误差对大跨越导线弧垂的影响,主要是指档距、高差和洪水位高程联测三项误差,如图 3.4.1 所示。

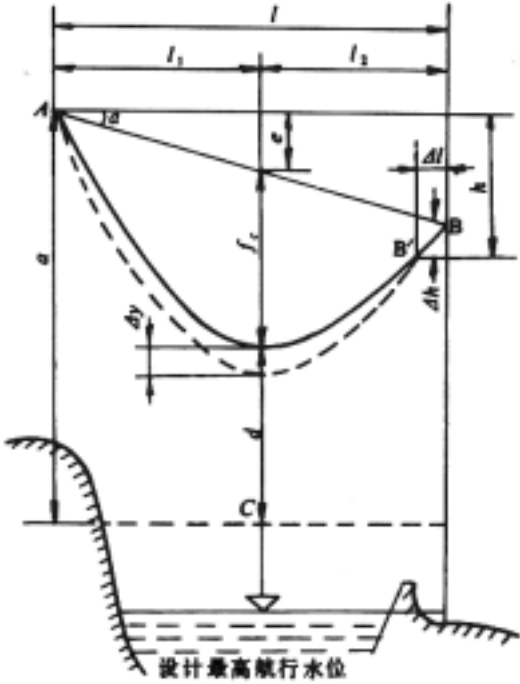


图 3.4.1 档距、高差和洪水位高程联测三项测量误差
对大跨越导线弧垂的影响图

h —A、B 两塔高差+误差 Δh ; a —塔 A 至跨越物 C 之高差;

l —档距; f_c —跨越物处最低弧垂;

d —跨越物处导线对跨越物在设计最高航行水位时净空距离

由图可知

$$e = h \times \frac{l_1}{l} \quad (3.4.1-1)$$

$$d = a - f - e \quad (3.4.1-2)$$

$$m_d^2 = m_a^2 + m_{fc}^2 + \left(\frac{l_1}{l}\right)^2 \cdot m_h^2 \quad (3.4.1-3)$$

式中 m_d ——档距和高差测量误差引起的总误差(m)；

m_a ——塔位和最高洪水位高程联测误差(m)；

m_{fc} ——档距和塔位间高差误差引起导线弧垂的误差(m)。

按导线应力弧垂的曲线方程(即悬链线公式)推算或按斜抛物线不等高公式代替，当导线点位置对应于 $\frac{1}{3}l$ 时，塔位间相对中误差公式为

$$m'_y = \pm \sqrt{\left[\frac{1}{3} \times \frac{8klh}{9\sqrt{l^2 + h^2}} \right]^2 m_h^2 + \left[\frac{8k(2l^2 + h^2)}{9\sqrt{l^2 + h^2}} \right]^2 m_l^2} \quad (3.4.1-4)$$

根据实际经验弧垂系数 k 值和档距 l 、导线截面有关，档距越大，导线截面积越大， k 值越小。大跨越导线的 k 值一般在 $4 \times 10^{-5} \sim 8 \times 10^{-5}$ 之间。设 $l=2500\text{m}$ ， $h=100\text{m}$ ， $m_l = 1\text{m}$ ， $m_h = 0.1\text{m}$ ，取 k 值为 4×10^{-5} 代入式(3.4.1-4)，得 $m'_y = \pm 0.142\text{m}$ 。同理，当等效档距为 $\frac{1}{2}l$ 时， $m'_y = \pm 0.166\text{m}$ 。以上为档距和两塔位高差测量误差对导线弧垂的误差值，其中 m_h 系两塔位高差中误差，当采用三角测高时，对向观测中误差中数为： $m_h = 0.2 \times 2 \times \frac{1}{4} = \pm 0.1\text{m}$ ；塔

位桩高程联测，当采用四等水准时，往返测较差为 $\pm 0.02 \times \sqrt{20} = \pm 0.09\text{m}$ ，当采用图根水准

时，往返测较差为 $\pm 0.04 \times \sqrt{10} = \pm 0.126\text{m}$ 。我们取塔位高程联测中误差为 $\pm 0.1\text{m}$ ；取洪水位

高程联测中误差亦为 $\pm 0.1\text{m}$ 。根据误差传播定律得： $m_d = \pm \sqrt{0.166^2 + 0.1^2 + 0.1^2} = \pm 0.2\text{m}$ ，取

两倍中误差为最大误差，则 $2m_d = \pm 0.4\text{m}$ 。因此取测距相对误差为 1 大跨越档距(m)是完全可以满足设计对测量要求的。

3.4.2 由于光电测距仪测距精度高出跨越档距精度两个数量级，操作方便、速度快，故有条件时，宜采用光电测距仪测距。

3.4.3 在大跨越档距测量中，如果没有光电测距仪或其测程达不到要求时，也可用钢尺量距或光电测距仪作基线测量，再测取三角形内角进行三角解析，以达到求出档距的目的。如图 3.4.3-1 所示，计算公式为

$$l = a \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} \quad (3.4.3-1)$$

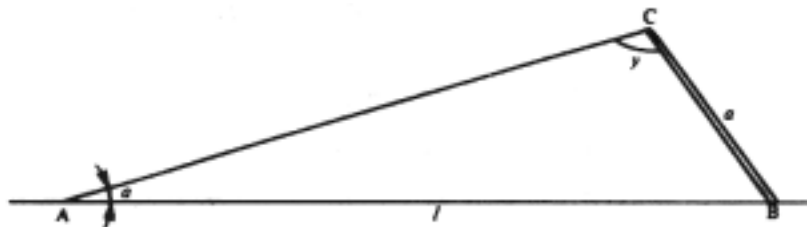


图 3.4.3-1 间接量距三角解析求距图

求距边相对精度估算公式为

$$\frac{m_l}{l} = \pm \sqrt{\left(\frac{m_a}{a}\right)^2 + ctg^2 \gamma \left(\frac{m_\gamma}{\rho}\right)^2 + ctg^2 \alpha \left(\frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2}$$

(3.4.3-2)

式中 $\frac{m_a}{a}$ ——基线边相对误差；
 m_γ 、 m_α ——测角误差；

$\frac{m_l}{l}$ ——求距边相对误差。

由式(3.4.3-2)得知，求距边的相对误差不仅取决于基线边相对误差和测角误差，而且与小角 α 的大小关系也很大。现根据不同的基线边相对误差、求距边相对误差、测角误差和小角角值关系列出表 3.4.3-1。

为便于图形条件的选择，求出不同 α 角下基线与求距边长度的比值关系，见表 3.4.3-2。

表 3.4.3-1 基线边相对误差、求距边相对误差、测角误差和小角角值关系

m_a/a		1/1000		1/2000		1/4000	
m_l/l	m_a (")	± 6	± 10	± 6	± 10	± 6	± 10
2		1/768	1/584	1/1029	1/768	1/1150	1/709
3		1/874	1/734	1/1338	1/951	1/1642	1/1043
4		1/923	1/822	1/1537	1/1170	1/2060	1/1356
5		1/949	1/875	1/1665	1/1339	1/2403	1/1644
6		1/964	1/908	1/1750	1/1470	1/2680	1/1905
7		1/973	1/930	1/1807	1/1569	1/2092	1/2138
8		1/979	1/945	1/1848	1/1646	1/3079	1/2345
9		1/984	1/956	1/1877	1/1706	1/2334	1/2530
10		1/987	1/964	1/1899	1/1752	1/3339	1/2691

表 3.4.3-2 不同 α 角下基线与求距边长比值

角度 (°)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
比值	1/29	1/19	1/14	1/11	1/10	1/8	1/7	1/6	1/5.7

由于基线不可能完全垂直于求距边，一般要求在 70° ~ 110° 之间，故在考虑选用比值时，需较表中的数据稍高。

关于测角精度的较差，按 DJ2 型经纬仪一测回方向中误差为 2″，则半测回角值较差为 $2 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} \times 2'' = 8''$ ，取其值为 $\pm 10''$ 。同理 DJ6 型经纬仪半测回角值较差为 $2 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} \times 6'' = 24''$ 。

将上述各项数据归纳综合，得出条文 3.4.3 规定。当测三个角时为保证档距精度要求，闭合差应不大于 1 mm。

小角角值小，正弦函数变化快，而测大角两边长相差悬殊，观测中要调焦，所以在测三个角时，小角不参加平差，测两个角时，小角必测。

为保证大跨越档距的准确性，应敷设两个图形，而且要求不共基线，以形成两个独立条件，如图 3.4.3-2 所示。

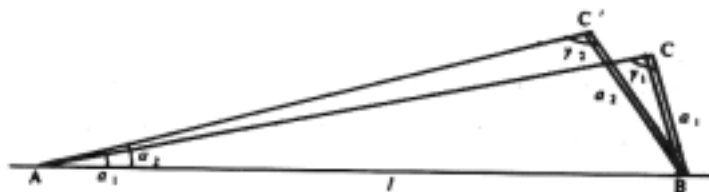


图 3.4.3-2 用两个图形作三角解析求距图

用两个图形求距，可提高求距边精度 $\sqrt{2}$ 倍。若要求求距边相对精度为 $\frac{m_1}{l}$ ，则一个图形的求距边精度为 $\frac{\sqrt{2}m_1}{l}$ ，大跨越档距的精度为 $1/\text{大跨越档距}$ ，即档距绝对误差为 $\pm 1\text{m}$ 时，一

个图形求距边误差为 m ，两个图形求距边误差为 $\frac{m_1}{\sqrt{2}}$ ，要求 $\frac{m_1}{\sqrt{2}} \leq 1\text{m}$ ，则 $m_1 \leq \sqrt{2}m$ ，由此

可得两个图形较差限差为 $2 \times \sqrt{2} \cdot m_1 = \pm 4m$ 。

3.4.5 直线桩的距离与高差测量，只有符合条文 3.4.5 规定，才能满足设计施工的精度要求。

3.5 平面测量

3.5.1 平面测量的范围由设计专业人员根据杆塔结构形式、导线水平排列宽度和电气的影响而定的，故条文中不作具体规定。

3.5.4 ~ 3.5.7 断面测量包括中线断面、边线断面、风偏横断面、风偏危险点的测量。

(1) 断面测量的设站要求：据以往资料结论和很多单位试验结果，视距一次测量中误差为 $1/200$ ，视距测高的高差精度估算公式为

$$m_h = \sqrt{\left(\frac{1}{2} S_0 \sin^2 \alpha \frac{m_s}{S}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} S_0 \cos^2 \alpha \frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2} \quad (3.5.1)$$

式中 S_0 ——两点间斜距；

α ——两点间连线的倾角；

$\frac{m_s}{S}$

——测距相对误差；

$\frac{m_\alpha}{\rho}$

——测角误差。

因为一般断面测量不作正倒镜观测，为保证质量，要求就近设站施测。

(2) 中线断面点的选测：断面点位的选取正确与否，不仅关系到地形断面是否得到正确反映，而且直接与设计排位有关。断面点的选取，应从导线弧垂变化对地面的相互关系中，以及使用杆塔的条件需要考虑，应能反映地形变化特征和地物的位置，防止漏测现象发生。

(3) 边线断面的测量：我国 220 ~ 500kV 大跨越线路一般为双回路，其下导线一排为四条平行排列，边线离中线距离一般较大，边导线对地净空安全距离的要求和中线同等重要，必须注意准确施测边线断面。测量的方法可根据现场情况和各单位作业习惯而定。

(4)风偏横断面的施测：当大跨越线路通过和接近山脊、斜坡、陡岸或建构筑物时，导线由于受风力作用产生风偏。为保证电气对地有一定的安全距离，应施测风偏横断面(或风偏危险点)，其施测风偏距离可按下式估算

$$S = d + (\lambda + f)a \sin \eta \quad (3.5.2)$$

式中 S ——风偏距离；

d ——导线间距；

λ ——绝缘子串长度；

f ——设计最大风偏时风偏处的弧垂；

η ——导线最大风偏角；

a ——安全距离。

作为线路大跨越工程，塔位间的档距是可以预计的。在实际作业中，一般可按 1 : 3 的坡度考虑。

3.5.8、3.5.9 水下断面虽对于导线弧垂没有影响，但在水中立塔时，应测量水下河床断面。即使不在河中立塔，当水文人员需计算河床坡降和掌握河床变化等时，亦应按其要求给以施测，其技术要求和允许限差相互协商。

3.6 交叉跨越测量

3.6.1 近年来由于光电测距仪的普及与推广，用光电测距仪施测平断面和交叉跨越，其测距精度无疑是相当高的。在测取垂直角时，是否要用正倒镜一测回问题：因为光电测距仪安装了测距镜头后不能倒镜，如果对测每一个交叉跨越都进行倒镜，则太麻烦，也没有必要，所以在作业中应根据个人判断，只对大跨越导线弧垂有影响的重要交叉物才作正倒镜观测，对其它被交叉跨越物垂直角只作半测回观测，但施测的内容不能遗漏，特别是要拆迁的居民房屋、构筑物等。

4 施工图设计阶段测量

4.1 一般规定

4.1.1 线路大跨越工程耐张塔为两个分塔，其位置是由设计人员在初设阶段室内确定的，需要测量人员在施勘时进行放样。

根据以往情况，主设人有时会在现场根据地形条件更改任务书要求的放样数据，故条文规定对主设人临时更改的放样数据，应有书面文字记载，以便查考。

4.1.2 埋设的标桩必须向接受单位人员当面交待清楚，并取得质量认可文件。

4.2 地形测量

4.2.1 塔位地形图面积较小，要求比例尺较大，其主要目的是放大图面便于设计使用，而并不要求提高相应的测图精度。

4.2.2 较大规模的线路大跨越工程，需要与城市土地规划管理等部门签订协议时，必须具备基本比例尺的地形图。

水中河床不立塔时，不必测绘水下地形。为连接两岸通览整个工程地形概况，跨越河流两岸应有统一平面坐标系统和高程系统。

4.2.3 平面控制系统，宜采用任意直角坐标系统，从计算到掌握测图范围以及用图等都比较方便。在需要提供联测平面关系时，可附注换算公式或在图中注明。对于直接用联测的平面坐标系统变换一个角度与路径方向一致，可以划成斜方格网绘图。

4.3 检验测量

4.3.1 实地检测是重要环节，必须抓住重点。检测时的容许差值为原允许值的 1.5 倍。

当通过实地检测,发现检测数据与原成果数据的差值超限时,应及时纠正,并按照要求在平断面图上进行勘误改正,加以说明,及时通知设计人员。对所有发生的问题必须慎重对待,认真分析原因,确保工程测绘质量。

5 技术检验和测量成果

5.1 技术检验

5.1.1 为保证产品质量,必须首先立足于工作质量。作业员除要提高技术素质外,还要加强对工作的责任感,必须认真执行自检、互检、全面检验的制度。

成品验收负责人,一般应深入现场进行技术检验。

5.1.2 为保证外业原始记录的可靠性和正确性,条文对原始记录要求作了具体规定,应遵照执行。

5.2 测量成果

5.2.1~5.2.4 由于各单位专业配合分工及各工程自身特点不尽相同,因此,设计对测量要求提交的资料有所增减。

5.2.5 工程测量技术报告书是对整个工程测量工作全面阐述,重点是说明测量的方法、精度和工效以及尚待深化研究的问题,总结经验,使线路大跨越工程测量水平不断地提高。

第二篇 岩土工程勘测

6 基本技术要求

6.0.1 勘测资料不单是提供给设计使用,还包括施工、运行单位,体现了架空送电线路大跨越勘测由传统的工程地质勘测向岩土工程勘测过渡这一指导思想。提供的资料应包括:

- (1)地质基础资料,如地形地貌、地震地质等。
- (2)地基土工程性质资料,抗剪指标 c 、 φ 值,地基承载力 f_k 值,压缩模量 E_s 等。
- (3)岩土工程、地基设计及防护的建议。

6.0.2 本条是在总结过去国内 20 余个架空送电线路大跨越工程岩土工程勘测方法的基础上提出来的。我国已建大跨越工程分布于长江及其支流、黄河、珠江、淮河、松花江、鸭绿江两岸或三角洲、河中,以及厦门海湾地段。

大跨越工程一般具有塔体高、重心高、荷重大的特点,承受风力等水平荷载,故对地基的要求比一般送电线路杆塔严格,对地基不均匀沉降比较敏感。经调研得知,大跨越勘测的方法基本上与发电工程中烟囱勘测相似。

勘探、测试手段有钻探、物探、山地工作及原位测试。由意大利 SAE 公司设计的大跨越更重视静力触探资料。

对已运行的大跨越进行过沉降变形观测的,仅长江沌口大跨越一例。观测结果表明,塔身沉降与长江水位的涨落有关。水涨时,塔基回升;水落时,塔基下降。塔基升降值均不大,且在测量误差允许范围之内。

滑坡观测资料虽暂未搜集到,但就某些大跨越发生过小型滑坡的事实来看,尽早对滑坡进行观测并采取适当的处理措施是非常必要的。这可以防患于未然,确保大跨越的安全运行。

室内土工试验是一项极为重要的基础工作,应按有关规程规定执行。欧共体国家为我国设计的大跨越工程,若塔基存在粉土,一般都进行颗分、阿太堡界限测定和沉降法颗粒分析,以便进一步定出是粘质粉土还是砂质粉土。对复合土中的细粒部分,测定其塑性,对粗粒部分则进行颗分。国内设计的大跨越工程,大多先通过目测、手感等鉴定,进行现场描述,然后取代表性砂土样或粉土样作颗粒分析,以便进一步分类定名。应强调的是,当评价饱和粉土的液化时,必须作沉降法颗粒分析。

本条所规定的现场踏勘、调查是必须进行的,通过调查,可以了解河流地质作用、冲刷、崩塌等对塔位稳定性的影响。

6.0.3 本条旨在强调要与设计密切合作，设计(1983)1477 号《基本建设勘察工作管理暂行办法》指出：“各阶段勘察工作一般要按下列程序进行：承接勘察任务，搜集已有资料，现场踏勘，编制勘察纲要。”由此可见，把握各勘测阶段的工作内容和深度，结合设计的具体要求开展勘测工作是非常必要的。

6.0.4 本条所指应搜集的资料分三方面：一是区域地质、地震地质、区域水文工程地质资料，这类资料涉及面颇广，不可能自行完成，但对论证塔基地段区域稳定性是必要的；二是大跨越工程附近已运行工程的勘测资料，借助于这些资料可缩短工期，节省工程开支，使设计更为合理；三是其它有关资料，如访问资料等，长江吉阳大跨越塔邻近有一月亮山，其侵(剥)蚀速度的推断依据之一便是访问资料。

6.0.5 在江堤、海(湖)堤附近勘探时，必须向堤防部门取得协议，获准后再进入现场。“千里金堤，毁于蚁穴”，应将封孔(坑)质量和土堤的安全联系起来考虑，任何封孔上的质量问题将给大堤安全留下隐患，在江堤、湖(海)堤附近勘探均需遵守此条。

6.0.6 因为《中国地震烈度区划图(1990)》上所示的地震烈度值系指在 50 年期限内，一般场地条件下，可能遭受超越概率为 10% 的地震烈度值，仍称为“地震基本烈度。”是国家标准抗震规范使用的抗震设防烈度所规定的风险水平，也是目前国际上普遍采用大多数建筑物的抗震设防标准，故大跨越工程均按此确定地震基本烈度。

根据 GBJ11—89《建筑物抗震设计规范》，液化判别分初步判别和标准贯入试验判别，对存在液化土层的塔基，应查明各液化土层的深度及厚度，计算液化指数，划分液化等级。

国标《岩土工程勘察规范》规定，当地基承载力标准值 f_k 或平均剪切波速 v_{sm} 大于表 6.0.6 所列数值时，各类建筑可不考虑震陷影响，否则应采取合理的方法进行综合评价。大跨越塔软弱塔基土的震陷影响，应按表 6.0.6 判别考虑。

表 6.0.6 临界承载力标准值与平均剪切波速值

抗震设防烈度(度)	7	8	9
承载力标准值 f_k (kPa)	> 80	> 130	> 160
平均剪切波速 v_{sm}	> 90	> 140	> 200

7 可行性研究阶段勘测

7.1 一般规定

7.1.1 本条强调选择大跨越点应由岩土工程勘测人员配合设计进行。《500kV 送电线路设计内容深度规定》对此已有明确要求，工程实践也证明，采取这种方式投资可得到事半功倍的效果，并减少重复搜集的弊病，提高工作效率和质量。

7.1.2、7.1.3 岩土工程资料关系着整个大跨越工程方案的概算，也是投标的主要基础材料之一，本阶段调查搜集的资料是否齐全，关系重大。为了不漏掉应该搜集到的大跨越附近的资料，列出本阶段建议的投资单位及内容，见表 7.1.3。

表 7.1.3 可行性研究阶段建议投资单位及内容

投资的单位	搜集资料内容
地矿局、地震局	抗震设防烈度、区域地质资料、矿产分布及储量、品位、开采情况
测绘局、港务局	地形图(1:50000 等)、航片、卫片，已建拟建军港、民港、码头情况
水利局	水库、电站、排灌系统分布、淹没、浸没范围，百年一遇洪水位，河道变迁，水坝堤防防洪标准及可靠性，溢洪道位置
矿务局、油库、采石场、砂石管理所	矿产开采情况、采空区范围、深度，有无采排地下水引起的塌陷，开采爆破影响范围，火药库位置、贮量、库房规格、事故爆炸时影响范围

石化管理局、油田、炼油厂、卫生防疫站	已开发拟开发范围,地上、地下管线、设备等建设位置,化工炼油厂“三废”扩散范围及其对大跨越地段地表水、地下水污染情况
民航局	已建拟建民用及农用机场等级、起降方向、导航台位置等
文化局	文物点及其等级
园林局	已建拟建旅游景点
地方行政机构	不良地质现象、岸边线演变情况、有无疫区等

7.1.4 本条列举 9 种大跨越不利部位,基本原则是避开,倘若无法避开,则应专题研究处理。

7.2 可行性研究阶段勘测

7.2.1 本条室内选点是指根据地形图、航卫片结合路径方案,在室内初步拟定大跨越点方案。根据实践第一的观点,必须在室内选点的基础上进行现场勘测,才能初步掌握拟选方案的岩土工程条件。

7.2.2 根据以往情况,室内选点所用地形图比例尺为 1/50000,有的文献认为,1/100000 地形图也可采用。

航测照片比例尺较大,不仅能清晰地显示地貌及不良地质现象,还可提供断裂及其它深部透视信息,是地壳表层景观的综合表征。利用航测照片并配合地形图选择大跨越点,能更好地保证选点质量。

7.2.3 现场勘测前,宜根据搜集到的地质、地震地质背景资料,有重点地到现场调查、记录,找出主要岩土工程问题。当大跨越地段地质研究程度较低,且地区条件复杂,需了解深部岩土条件时,宜进行适当的勘深、测试工作。此处所谓深部是指地表以下塔基可能影响深度以内,一般为 25~40m。

7.2.4 本条强调河岸选择大跨越方案,应特别重视塔位的整体稳定性。有时候,就一个小范围(例如,一个河曲中的局部地段)而言,看起来是稳定的,但若将它置于一个较大的背景上观察,也可能同属河流的冲刷岸,即不稳定地段。在华北,就曾经有过这样的例子,因此,必须重视其整体稳定问题。

7.2.5 在山丘岗地选择大跨越方案时,强调对不良地质现象的调查。对于规模大、发展趋势严重、处理困难的不良地质现象,一般应予避开,以免造成处理工程量过大、经济上不合理的现象。

7.2.6 在河中、江心洲、河滩等地段选择大跨越方案时,调查地层岩性情况的目的是尽量使所选的大跨越点落在土层相对均匀、无软土、无饱和砂土及饱和粉土的地段。

了解土的颗粒组成,是为了配合水文专业解决最大冲刷深度问题。

了解基岩埋藏情况有助于预估桩长。

江心洲选择大跨越方案主要是调查其是否存在向下游推移的现象,塔位选在下游堆积区,是为了保证塔位不受冲刷而失稳。

7.2.7 选择跨海湾、湖泊大跨越方案时,应尽量利用最高水(潮)位以上的岛屿。这些岛屿不仅应稳定性好,而且要有足够的面积。要充分估计浪蚀及海岸再造对岛屿本身稳定性的影响。

目前正在运行的厦门东坑——东渡 220kV 跨海大跨越工程塔立在稳定性良好的火烧屿岛上,其运行情况良好。

对海水的腐蚀性主要借助于搜资、访问、调查,作出初步判定,以便采用相应的防腐蚀措施。

7.2.8 本条是根据已有大跨越工程的实际情况提出的。主要是强调从岩土工程条件评价大跨越方案的“优”、“劣”顺序。

8 初步设计阶段勘测

8.1 一般规定

8.1.1 初步设计阶段勘测是在可行性研究阶段勘测基础上进行的,本阶段应为确定地基基础

方案提供岩土技术参数。

由于不良地质现象直接影响塔基稳定性,防治工程耗资较大,还可能影响概算,因此在此阶段应按有关专门规定查明情况,作出正确评价。

滑坡是大跨越工程中遇到较多的不良地质现象,勘测中借助孔隙水压力静力触探探查滑动面是行之有效的方法之一,一般常被采用。

当用钻探手段查明滑面时,应采取滑面土样进行重复剪求取残余强度。

选择滑坡推力计算参数,宜采用试验和反算相结合的方法。反算时,当滑面上下主要为粘性土时,可固(给)定 φ 值反求 c 值;当主要为砂土或碎石土时,可固(给)定 c 值,反求 φ 值。

8.1.2、8.1.3 这两条是沿袭实践经验制定的。设计提供的基础资料和图件,应在提出勘测任务书时同时提出,作为编写勘测技术指导书和勘测大纲的依据。

由于各勘测阶段是既分开又有联系的,因此,初勘前要认真搜集并研究利用可行性阶段资料。

8.1.4、8.1.5 水、土试料采取的数量应能满足试验室试验要求。土样数应能满足指标统计的最低要求,每主要土层岩土样数量应不少于 5 件。

8.2 平原地区大跨越勘测

8.2.1 本条中提到的河谷系指侵蚀河谷,即由地表水流切割而成的河谷。

河流中下游的大跨越,多处于老年期河谷,其特点是垂直下切侵蚀作用几乎停止,堆积作用十分显著,牛轭湖和蛇曲特别发育并伴随软土分布。由此可见,河谷类型与土层结构的关系是很密切的。

由于河曲的发育,常形成弧形内侧朝向河床的凹岸和弧形内侧反向河床的凸岸,这些凹岸和凸岸分别进行着堆积和侵蚀作用,其工程地质条件是截然不同的。

查明软土的成因类型十分重要,因为它和岩性有一定关系,例如河滩沉积软土常呈砂和泥炭互层,沼泽沉积则以泥炭为主。

应结合搜集到的堤防资料,实地调查了解大跨越工程附近堤防的级别和防洪标准,遵照堤防部门的意见,选择好勘探季节,所有的勘探坑孔均应回填夯实,确保封孔质量。

8.2.2 适当扩大工程地质调查范围,使之包括一个完整的河曲,有助于使塔位落在总体上稳定的地段。

一些大江大河两岸,存在着间歇性的古滑坡、古冲沟以及陡峻的岸坡。当条件具备时,可导致古滑坡复活或产生新滑坡,致使塔基失稳,因此,本条强调了解河流地质作用形成的不良地质现象。

8.2.3 勘探孔应尽量布于塔位处。但若因设计综合考虑多种因素不能确定塔位时,则只能按地貌单元控制。黄河大跨越就是按地貌单元布置钻孔的,整个耐张段全长 4.07km,按河流阶地、漫滩、河床三个单元,共布置 10 个钻孔,满足了设计要求。

8.3 山丘岗地大跨越勘测

8.3.1 本条是在总结现有大跨越工程初设勘测的基础上提出的。

处于临江山丘岗地的大跨越塔,其塔基稳定性与河流地质作用关系密切,当受档距等因素的制约塔基靠近岸边时,应通过搜资、访问、实地踏勘、分析研究风浪掏蚀(尤其是侵蚀岸)速度,正确评价岸坡稳定性,确保塔基安全,吉阳大跨越工程在这方面进行了有益的尝试。

其次是塔基附近是否存在冲沟、岩溶、土洞及泥石流等不良地质现象,这也是山丘岗地常常遇到的工程地质问题,应查明其形态特征,预估其发展趋势及其对塔基稳定性的影响。

8.3.2 在初勘阶段大跨越塔的位置尚未最后确定,每基塔布置 1~2 个勘探点,以初步查明塔基岩土类别和分布。勘探深度按经验定为 25~40m,当遇到软层或硬层,则应适当增减勘探

深度，以满足地基计算的深度要求。

经工程地质测绘、结构面性质及产状统计、赤平极射投影图分析，其岩层结构面组合对边坡稳定性不利时，沿结构面的抗剪强度便成为控制边坡稳定性的重要因素。为便于分析问题，勘探时应保证岩芯采取率，确保岩样的质量。

8.4 湖泊、海湾大跨越勘测

8.4.1 本条所指地形地貌包括湖泊及海岸地形地貌。

海岸的稳定性与人类工程活动有关。例如，在塔基附近修筑防波堤等设施，就会改变岩土边界条件，在适宜的结构面组合条件下，可能形成滑坡或崩塌。资料表明，在广东湛江，埋藏于 16m 深处的老粘性土，曾因港池开挖、扰动，使地基土应力释放，遇水软化，导致土层蠕变，使海海岸线长期发生潜移。因此，在海港附近的大跨越工程勘测不能忽视人类工程活动这一因素。

经调查，位于海港附近的大跨越工程一般是稳定的。例如，厦门东坑——东渡 220kV 海湾大跨越工程。

在跨海工程中，软土地基常常成为主要的工程地质问题。

沿海地区软土的孔隙比大、含水量高、压缩性大、强度低。按沉积相分为滨海软土、三角洲软土等。三角洲相软土为砂和粘性土交互沉积，可见交错层理。广东江沙线 500kV 珠江大跨越便遇到这类软土。

勘测时还应注意查明泻湖、低洼地的存在，这类地区作为大跨越塔基时，应进行必要的处理。

当塔基位于潮汐急剧变化带时，可能存在盐渍土，这时应按有关规定进行勘测和评价。海湾地带地下水多与海水有水力联系，故应同时测定地下水与地表水的腐蚀性。

8.4.2 本条规定了湖泊、海湾大跨越地表工程地质调查的比例尺和勘探工作量。

1/5000、1/10000 两种比例尺的地形图易于搜集，以此为底图的工程地质图也能够满足初步设计阶段勘测的精度要求，但并不限制更大比例尺的工程地质测绘。

8.5 水中立塔勘测

8.5.1 本条规定水中立塔初步设计阶段的勘测工作内容。应在可行性研究阶段搜集资料的基础上，进一步搜集有关冲刷、淤积及江心洲、河(海)滩、洲、岛演变历史资料，以判定其稳定性并提出防护工程措施的建议。

8.5.2 本条是依据国内有关经验规定的。孔深的规定考虑了最大冲刷深度和地基压缩层厚度两个因素，一般应钻至最大冲刷深度以下 3~5m，或桩端以下 3~5m。500kV 焦郑线黄河大跨越经试验确定的最大冲刷深度为 25m，桩基持力层顶板埋深 30m 左右(岩性为中砂)，桩径 2.2m，该工程实际孔深 62~90m。

9 施工图设计阶段勘测

9.1 一般规定

9.1.1、9.1.2 施工图设计阶段勘测是大跨越塔的终勘，应取得有关塔基设计资料和对勘测具体要求的勘测任务书，并应对前期有关资料进行研究分析，找出本次勘测应查明的主要工程地质问题，有的放矢地编写技术指导书和勘测大纲。

9.1.3、9.1.4 施工图设计阶段所提供的资料不仅应满足塔基设计的需要，还要考虑地基处理及防护的需要。当地基压缩层深度范围有可能液化土层时，塔基一般采用桩基处理，当条件具备时，也可采用强夯法处理，因此，应分别提供相应的勘测资料和地基土参数。

外国设计的工程，例如中意合作的镇江大跨越工程，要求的试验指标较多，现列于表 9.1.3 供参考。

500kV 江沙线珠江大跨越用了四种原位测试方法评价软土承载力，如表 9.1.4 所示。

500kV 葛武线汉江平原软土，通过大平板试验，确定采用大平板基础，取得了技术、经

济两方面效果。

由于大跨越工程勘测工期短,对地下水位的观测常常比较粗略,实际上它关系到塔基上拔、下压、倾覆计算的结果,应引起足够的重视。

对不良地质现象及其它地基问题,不仅应该查明,还要以岩土工程的观点,提出具体处理的建议。镇江大跨越可液化砂层,意大利 SAE 公司要求排水固结处理,最后采用华东院(中方)建议的挤密砂桩处理方案,节约投资约 100 万元。

现场检验和监测也是必要的,500kV 焦郑线黄河大跨越工程、葛上直流吉阳大跨越工程、南京大跨越工程、天广线九水江大跨越工程都有岩土工程师在现场进行检验和监测,取得了很好的效果。

表 9.1.3 镇江大跨越参数类别

地基类别		塔 基 设 计 所 需 参 数												
		塑性指数 I_p	液限 W_L	颗分资料	不排水抗剪强度 C_u	静探锥尖阻力 q_c	内摩擦角	相对密度 D_r	侧压力系数 K_0	桩、土粘着力		桩、土间摩擦角	极限承载力	
										受拉 I	受压 I		塔基土	桩端土
天然地基	粘性土													
打入式灌注桩基础	粘性土													
	砂土													

注打 者表示提供了此参数。

表 9.1.4 珠江大跨越淤泥原位测试特征值及对应的承载力 [f_k]

孔位 (塔位)	平板载荷试验		螺旋板载荷试验		十字板剪切试验		静 力 触 探	
	特征值 $P_0(\text{kPa})$	对应的承载力 $f_k(\text{kPa})$	特征值 $P_0(\text{kPa})$	对应的承载力 $f_k(\text{kPa})$	特征值 $C_u(\text{kPa})$	对应的承载力 $f_k(\text{kPa})$	比贯入阻力 $P_s(\text{kPa})$	对应的承载力 $f_k(\text{kPa})$
N_{60}	40	40	130	65	12	42	0.2	48
N_{63}			39	20	8	37	0.14	41

9.2 天然地基塔基勘测

9.2.1 天然地基塔基勘测,应是常规勘测,如遇特殊土则按有关规范、规程评价处理。根据大跨越塔基的特点,强调查明影响塔基稳定性问题,并提出处理措施的建议。

9.2.2 由于大跨越塔根开大,仅布置一个勘探孔往往查不清地质问题。根据实践经验,混凝土筒式塔环形基础按梅花形布孔,铁塔按四个塔腿布孔。

9.2.3 考虑到大跨越塔塔体高、重心高、荷重大、对变形要求严格,因此对孔深的考虑,既

要满足强度要求,又要满足变形验算的要求,孔深要至地基压缩层深度以下 1~3m,如遇基岩,则应进入中等风化层一定深度。

9.2.4 本条规定是对天然地基塔基勘测土试样的基本要求。由于点荷载试验指标比较离散,数理统计保证概率为 97%时的试验子样应不少于 29 个,故规定岩石点荷载试验应不少于 30 个。

9.2.5 岩石的节理裂隙发育程度直接影响锚桩与周边岩石的抗剪强度,故应进行大比例尺测绘,并作详细的节理裂隙统计、破碎带调查,具体方法和统计数量参考有关规范。

为了充分发挥锚桩基础的技术和经济效益,必要时,应配合施工作岩石锚桩基础试验。

9.3 桩基塔基勘测

9.3.1 桩的类型的确定和土层条件有密切的关系。当土层中含有漂石、大块坚硬工业垃圾时,预制桩型施工就会遇到极大的困难,这时选用钻孔灌注桩、挖孔桩比较适合。所以查明土层结构和性质十分必要。

桩端持力层的位置是确定桩长的关键,同时也直接影响桩的承载力和沉降。通常,进行桩长设计时,不仅对桩端进入坚实土层的深度有一定要求,而且对桩端下剩余的坚实土层的厚度也有一定的要求。对于碎石土,桩进入的深度应不少于一倍桩径,桩端下坚实土层的厚度不应少于五倍桩径。因此,勘探孔应钻至桩端持力层并有一定深度。

一般情况下,若桩周土较好且桩有一定入土深度,则桩的水平承载力较高,反之亦然。塔基水平荷载一般是存在的,如地震水平力(当抗震设防烈度等于或高于 7 度时)、风荷、导线牵动荷载等。

确定桩水平承载力以分析桩是否可能发生水平移动的最可靠方法是进行桩的水平载荷试验。

预制桩和沉管灌注桩的沉桩(管)可能性一般可借助于搜资和试桩来确定,也可由静力、动力触探来测定。

9.3.2、9.3.3 河、湖、海岸堆积岸大跨越塔基地层往往比较复杂,由于岸线变迁,水陆交替沉积,垂直或平行岸边的地层都有可能变化较大,有的还有朽木、掩埋体等,长江阳逻大跨越、大胜关大跨越都曾在 30m 深度以下发现大根朽木。因此,这类塔基勘探点数量应不少于 4~5 个,才能查清塔基地层。和水中立塔一样,勘探深度必须考虑最大冲刷深度,一般为单桩端以下 3~5m,群桩端以下 1.5~2.0 倍基础宽度。

9.3.4 用静力触探测量锥尖阻力 q_c 和侧壁摩阻力 f_s 是评价桩端阻力和桩周摩阻力行之有效的方法之一。该方法效率高,非常直观,已被广泛应用。在中方勘测、意大利设计的大跨越工程中,静力触探资料受到特别重视。因此,本条规定除钻孔之外,应大量采用静力触探。

9.3.5 本条是参考 SDJ24—88《火力发电厂工程地质勘测技术规程》桩基勘测部分内容制定的。同时,不少大跨越工程桩基勘测取土试样的数量都不少于 5 个。

9.3.6 地下水的类型、水位和水质对塔基设计、施工都是重要的影响因素。施工单位反映某大跨越工程施工中有承压水,灌注桩成孔缓慢,护壁必须用泥浆,仅此就增加费用数十万元。该工程南岸还用了化学灌浆处理,更增加了施工的困难和费用,故要求工程地质勘测必须查明地下水情况及其对环境可能的影响。

9.3.7 本条提出根据情况决定进行压桩、拔桩或桩水平荷载试验。广东珠江大跨越作过桩抗拔试验,该试验按意大利规定,采用维持荷载法,分三个循环加卸荷载。第一循环为总荷载的 1/6(200kN),第二循环为总荷载的 2/3 或 3/4,第三循环为总荷载;稳定标准为变化速率不大于 0.05mm/10min。

10 现场检验、监测与监理

10.0.1 大跨越塔基础施工时,岩土工程人员一般应参加现场检验、监测与施工监理。吉阳大跨越、沙洋大跨越、南京大跨越以及一些其它大跨越工程,施工时,岩土工程人员均参加了

施工监理。这一方面可以验证勘测资料的准确性，另一方面可以及时与施工配合，现场解决施工过程中所发现的问题。因此，在大跨越基础施工时，岩土工程人员必须与设计、施工人员紧密配合，与设计人员同时作为施工时的工地代表是很有必要的。

在工程施工中应对施工质量、计划实施情况进行监理，并采用一定的手段对其施工质量进行控制，监测其施工质量是否达到岩土工程设计的要求。

通过岩土工程监理和检测，还可为运行维护提供可靠的指导意见。

10.0.2 岩土工程监理和检测工作是在原有勘测成果及工程设计的基础上进行的，因此，现场检测、监理时应充分搜集分析原有勘测资料、施工记录。当发现施工与原有资料不符时，应及时处理，必要时应补做勘探或测试工作。

10.0.3 施工基坑开挖能最清楚地反映地基的岩土工程条件，开挖时应进行鉴定、描述、记录，以正确地反映塔基岩土工程条件。当开挖所见工程地质条件与原勘测资料有出入，可进行补充勘探和测试，如不能满足设计要求时，应及时提出处理措施的建议。

10.0.4 桩基工程施工后，一般可采用动力测试手段进行桩的质量检测及单桩承载力的测定。若动力测桩发现有异常情况，可采用钻孔抽心和桩静载荷试验检验桩的施工质量。

10.0.5 钻孔灌注桩和挖孔桩施工时，岩土工程人员应到施工现场了解成孔、缩孔、塌孔情况，测定孔底沉渣和扰动厚度，随时掌握施工质量。如施工质量不能满足设计要求，应及时提出补救措施的建议。

10.0.6 对于冲刷防护处理、边坡整治，岩土工程人员必须在现场检验施工质量。处理完工后，应对处理质量进行鉴定，根据用户需要，配合进行验收工作。

10.0.7 塔基变形观测应在变形计算的基础上进行。岩土工程人员应提出观测的技术要求，列入长期观测计划，由测量人员观测。水浪侵蚀冲刷观测，应由岩土工程人员配合水文人员提出观测技术要求，并定期检查观测报表，分析规律，以确保塔基安全运行。

10.0.8 岩土工程检验、监测与监理工作结束后，应对资料进行整理，编写报告和技术总结。其内容应该全面、说明问题，使施工运行安全可靠。

11 塔稳定性勘测

11.1 河流地质作用勘测

11.1.1 河流地质作用包括侵蚀作用和堆积作用，其中侵蚀作用有河床冲刷及侧向侵蚀冲刷。对大跨越选择来说，应更重视侧向侵蚀冲刷作用，因此，必须从河流地质作用的发展过程，预测其发展趋势，以确定大跨越点的安全位置及防护措施。

河流地质作用的发展速度、河道变迁历史一般应以近百年来的变化范围为研究对象，以推测工程使用期限内的安全情况。

11.1.2 河流地质作用的研究方法一般应以实地调查、搜资、访问为主，同时应与水文专业密切配合，分析不同时期地形图、河道图、航片、卫片等资料，从而分析出河道变迁情况。例如，从江汉平原卫片上可以看出掩埋的古河床、长江、汉水的变迁情况。又如，根据汉江不同时期的河道测量资料，可以推测出汉江大跨越处沙洲变迁速度，从而推算出大跨越工程使用期内的稳定性。

11.1.3 河流地质作用调查访问应包括大跨越河段上游控制性能较好的节点或河曲及下游一定河长范围。了解该河段特性、最高洪水位及最低水位变化特性、河床及河岸地质构造、新近沉积情况、河床沿岸水工建筑物情况等。

11.1.4 冲刷计算一般根据水流特性结合地质条件进行，岩土工程人员进行河中立塔勘测时，必须与水文专业人员密切配合，共同评价冲刷深度。在冲刷计算之前，必须对河槽摆动特性进行分析，确定冲刷及淤积的变化趋势，再根据最大冲刷深度计算资料，确定处理意见。

11.1.5 塔基防冲刷处理包括垂直下切冲刷与岸边侧向冲刷。垂直下切冲刷按最大冲刷深度考虑，设计桩长均应超过此深度进入以下稳定层，岸边侧面冲刷应以最高洪水位与最低洪水位

差值范围为重点进行防护，一般可采用护坡措施处理。

11.2 边坡稳定性勘测

11.2.1 大跨越塔位于斜坡地带时，应研究斜坡的稳定性，当大跨越塔位于岗丘、阶地、山脚地带时，应对其 30~50m 范围内有可能影响大跨越塔的斜坡的稳定性进行研究。

11.2.2 边坡稳定性勘测，一般应先进行地面工程地质测绘或调查，其范围应包括与之有关的适当地段。

11.2.3 对不同类型的土层组成的边坡，应查明影响其边坡稳定性的主要因素。因此，粘性土、碎石土、湿陷性黄土和膨胀土以及岩石组成的边坡，应有不同的研究内容。

11.2.4 对于已有边坡的调查及边坡防治经验，以及边坡坡度经验数值都是非常重要的资料。当条件适合时，还可用工程地质比拟法，对研究边坡进行评价，提出相应的处理方案的建议。

11.2.5 施工图设计阶段勘测，应对边坡进行勘探、测试及必要的边坡稳定计算，以评价边坡的稳定性。勘探应按以塔位点为圆心的扇形布置，控制可能的滑动体。勘探孔的深度应至滑动面以下稳定土(岩)层 1~3m。

11.2.6 边坡坡面防护措施较多，例如，对于易风化的土(岩)和易受流水冲刷的坡面，常采用植被铺盖、浆砌片石覆盖、砂浆抹面、挂钢丝喷水泥砂浆等。

为改变边坡外形，以减小滑动力，常用削坡压脚等方法。

对于抗滑稳定性差的岩土，用灌浆、加筋、锚固等方法，改变岩土成分结构。

为排除地表、地下水流、防渗、减小水压力，常用导流沟、排水沟、盲沟、排水孔等措施。

为防止边坡塌滑加挡土墙、抗滑桩、锚固式挡土墙、抗滑桩等。

当采用综合处理时，可取得较好的效果。

11.2.7 开挖边坡的容许值可采用附录 K 推荐值，施工图设计阶段，应按工程地质条件、勘探测试资料进行验算。

12 地基处理与不良地质现象防治

12.1 一般规定

12.1.1 地基处理与不良地质现象防治是岩土工程勘测人员根据勘测成果，对不良岩土工程条件进行改造工作的全过程。因此必须在岩土工程勘测的基础上进行，做到安全、可靠、经济合理，以满足国家电力建设的要求。

12.1.2 地基处理与不良地质现象防治的范围很广。大跨越工程遇到较多的不良地基及不良地质现象有软土地基、液化地基、特殊性土地基、冲沟、岩溶、土洞等。本章只规定其处理与防治原则，处理与防治工作可参照有关专门规定进行。

12.1.3 岩土工程人员应参加处理与防治方案的确定，必要时，还可与施工单位配合，承担处理与防治质量检验。

12.2 软土地基处理

12.2.1 钻孔灌注桩是大跨越中常用的一种软土地基处理方法，因其施工工艺成熟、工艺简单、安全可靠，所以使用较为普遍，在条件适合时也可采用预制桩。当采用其它的方式进行处理时，应结合工程进行专题研究。

12.2.2 软土地基的岩土工程勘测工作，除按常规进行外，还应兼顾地基处理的要求。

12.2.3 软土地基勘探应采用钻探与原位测试相结合的方法。勘探孔的布置和深度按本规定 9.3 节要求执行。

12.2.5 软土地基处理施工过程中，岩土工程人员应到现场进行监测、检验。如采用钻孔灌注桩，应按灌注桩规程验收标准验收，并进行必要的测桩试验。

12.3 地基抗液化处理

12.3.1 饱和砂土与饱和粉土地基有可能液化时，对其液化深度、液化范围确定后，应进行抗

液化处理。

12.3.2、12.3.3 当采用钻孔灌注桩时，液化土层的摩擦阻力应不予考虑($\varphi=0$)，桩长应穿过液化土层一定厚度，满足桩基计算要求。挤密砂桩可以改变地基条件，其投资可能比钻孔灌注桩节省，但处理质量必须经过检测。检测方法可用标准贯入试验或静力触探，也可将处理后的指标与处理前的指标进行对比。

12.4 冲沟防护处理

12.4.1 塔基附近有冲沟时，应进行塔基 1/100 ~ 1/200 工程地质测绘或调查，并对冲沟的形态、要素、水文、工程地质条件进行详细的测绘、编录，分析其发育阶段、发展趋势，以确定处理方案。

12.4.2 一般塔位应避免大型冲沟发育地带。当塔位附近有冲沟存在但可以防护处理时，应及时处理，以免继续发展进而影响塔基安全。

12.4.3 应避免塔基附近地表水流流经塔基而影响塔基安全，一般可作排水沟引流，或其它防护设施。

12.4.4 处于衰老阶段的冲沟，一般沟底有沉积，无继续切割的可能，因此，此种塔位的安全距离可参考表 12.4.4 确定。

12.5 岩溶、土洞及地表塌陷的处理

12.5.1 在岩溶、土洞及地表塌陷区选择大跨越方案时，应慎重对待，大跨越点应尽量避免岩溶、土洞和塌陷地段。

在岩溶、土洞、塌陷地段勘测时，初步设计阶段勘测应对塔基作详细的工程地质调查与测绘。除塔基附近要进行调查测绘外，还应扩大范围，调查小区域内岩溶、土洞、塌陷发育规律及水力联系，以推测塔基是否存在隐伏岩溶。在施工图设计阶段，为查明隐伏岩溶、土洞，要对基础四周布置钻孔逐基钻探。钻探深度视岩溶、土洞发育情况而定。当岩溶不太发育、岩心完整、无溶蚀现象时，宜钻进基岩 5 ~ 10m；当岩溶发育、岩性破碎、勘探深度按桩基勘探深度考虑。应在综合分析上述资料、对其稳定性作出评价的基础上选择处理措施。

12.5.2 ~ 12.5.7 岩溶、土洞的处理应视实际情况具体分析而定。处理方案可按有关条文确定。

12.6 特殊性土地基处理

12.6.1 本规定所指常见的特殊性土包括湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土及多年冻土等，其它特殊性土，如红粘土、填土、混合土等可按有关的岩土工程勘察规范执行，评价其工程特性，采取相应的处理措施。

12.6.2 特殊性土地基处理，必须按本规定及有关的专门规定进行详细的岩土工程勘测，查明其成因、特性，提供设计和地基处理所需的参数。

12.6.3 湿陷性黄土地区勘探工作，应布置探坑或钻孔，取样进行室内试验，确定湿陷类型、湿陷等级及湿陷起始压力，按湿陷性黄土地区建筑规范进行湿陷性评价。

12.6.4 湿陷性黄土地区大跨越塔基处理的原则是消除其湿陷性，宜采用桩基处理。对于其它处理方式，如强夯、灰土桩、土质改良等，需结合工程进行专门研究。

12.6.5、12.6.6 在膨胀土地区进行大跨越工程勘测时，应着重查明边坡、冲沟等不良地质条件的影响，现场调查地形地貌、附近建筑经验、搜集必要的膨胀性试验成果。

当塔基位于膨胀土地区时，应注意护坡，防止干湿循环变化对边坡的影响，应考虑土体“抗剪强度”在干燥与浸水条件下的差异，宜作两种条件下的大型剪力试验，其值一般为土块抗剪强度的 2/3。葛武线曾作自然状态与浸水饱和条件下的现场直剪试验，取得了满意成果。

12.6.7、12.6.8 这两条编写的依据是国标《岩土工程勘察规范》和行业标准《盐渍土地区建筑规定》。盐渍土的工程特性因含盐性质和含盐量的多少而异，地域性强。盐渍土地基承载力、变形模量宜采用现场动载荷试验方法确定。

盐渍土地基处理原则是隔水,应防止大气降水、洪水、工业废水淹没浸湿地基及附近场地。大跨越塔基宜采用桩基,桩应穿过盐渍土溶陷性、盐胀性土层下限一定深度。

12.6.9、12.6.10 大跨越塔基位于冻土地区时,岩土工程勘测应查明冻土类型、多年冻土上限、季节性冻土深度和垂向衔接情况,查明冻土地区地下水类型及其影响。

对于季节性冻土,大跨越塔基础应大于标准冻深。

13 勘测成果

13.0.1 大跨越岩土工程勘测报告应单独成册出版,它是线路工程成品的一个分册。

13.0.2 勘测原始资料是整编勘测报告的基本素材,应按火力发电厂岩土工程勘测同样的要求进行校核、整编、归档。

13.0.3 可行性研究阶段勘测以搜集资料、现场踏勘为主,按可行性研究阶段的要求,编写岩土工程勘测报告。报告中应根据工程地质条件,论证跨越点的可行性及推荐意见,并指出重要工程地质问题。

13.0.4 可行性研究阶段岩土工程勘测报告,除按本规定内容编写外,还应附相应的工程地质图件。

13.0.5 初步设计阶段勘测应对塔基地形地貌单元、地质构造、岩土工程性质、水文地质条件以及物理地质作用进行全面地分析评价,为确定塔基类型和基础设计以及地基处理方案提供依据。

13.0.6 初步设计阶段的勘测报告除按本条规定编写外,尚应附河段工程地质图、勘探点平面布置图、工程地质剖面图、柱状图,以及各种测试成果。

13.0.7 施工图设计阶段的勘测报告重点是为施工处理提供依据,因此,岩土工程报告应与岩土工程设计相配合。

13.0.8 施工图设计勘测报告除按本条规定编写外,所附图件包括勘探点平面布置图、平面、剖面图及其它必要图件。

第三篇 工程水文勘测

14 可行性研究阶段勘测

14.1 一般规定

14.1.1 大跨越可行性研究阶段水文勘测工作应对各拟定的跨越方案进行初步搜资、踏勘和调查。其工作深度应达到方案选择的要求,即在拟选的多个跨越方案中,能够对其水文特点,特别是河床的稳定性,有一定的了解,如跨越河岸有无控制条件、两岸有无治河工程、河岸岩土地质特性、跨越地带河泓是否靠岸、两岸历年坍塌情况、是否有险情出现以及历年河势变化等。能论证拟定的跨越方案是否能满足跨越条件与满足程度,以便进行方案比较。为了使现场实地踏勘达到上述要求,必须在去现场之前搜集河道地形图,最好是相隔一段时间的两套以上河道图,以便对各方案进行分析比较。

经过初步搜资、现场踏勘和调查,从水文条件的角度,按条件的优劣顺序排队,从中推荐两个以上水文条件较好、跨距短、安全、经济、交通方便的可行方案,以满足大跨越工程可行性研究阶段设计的要求。

14.1.2 本条是大跨越方案选择中的限制性条款,即跨越江河、湖泊、水库、海湾河口等水文条件的要求。是概括了国内大跨越工程勘测、设计与运行经验提出的。

(1)大跨越应选在稳定的河段或稳定的节点上,以保证塔位的安全、可靠。如长江的金口大跨越、阳逻大跨越、吉阳大跨越以及汉江的中山口、沙洋、沿山头大跨越工程等均是选在稳定节点上。实践证明稳定的节点是大跨越方案选择的主要对象,长江、汉江中下游的大跨越工程,以及其它大多数大跨越工程也是选在较稳定的节点上。

结冰河流主要在我国北方。北方河流大跨越工程可行性研究阶段水文勘测除应遵循上述

要求外,还要求塔位尽可能避开经常发生冰坝或流冰严重的河段,以保证塔位的安全。如黄河下游河道,根据统计资料,在 1950~1983 年的 33 年中,有 29 年封冻,其冰情变化幅度大,某些河段造成严重冰害。在这样的河段中选择大跨越方案时,应谨慎对待,并根据冰情提出安全措施的意见和建议。

(2)跨越湖泊、水库、海湾和河口时,应着重考虑两岸的稳定性,以保证大跨越工程的安全运行。

(3)跨越行洪区或通航水域的大跨越工程,应不影响行洪和正常通航,应遵循我国已颁布水法和航道管理条例等法规。以何种方式跨越行洪区与通航水域,必须与防洪、航运主管部门协商,并取得协议。

湖北省双汉线汉江某大跨越工程,在初步设计阶段,提出了河中立塔方案。大跨越处河段江面较窄,是一个节点,同时也是本河段的卡口,洪水时上下游水位差明显;而且该河段深泓摆动频繁,航道随深泓摆动而改变,有“一日三变”之说。在这样一个卡口河段上河中立塔,不仅影响洪水宣泄,增加跨越工程以上两岸的防洪负担,也会给该河段的航运事业造成危害,是水法和航道管理条例所不容许的,最后被否定。

14.2 水文资料搜集与调查

14.2.1 本阶段水文勘测的重点是搜集资料与现场调查。现场调查侧重于河势与河岸稳定性。对跨越湖泊、水库、海湾等水域也应侧重岸滩稳定性和坍塌调查,使水文勘测工作深度达到可以进行方案比较的程度。现场调查时必须作好踏勘记录和草图描述,尽可能进行摄影、录音,以保证资料的可靠性。

14.2.2 水文资料由于涉及面广、历时长,现时观测、试验资料仅仅是水文资料的一部分,更主要的是对有关观测站及其管理机构累积的系列资料、历史图籍(河道地形图、航道图、河势图、海湾地形图或海图等)的搜集。本条强调搜资,并列出了搜资内容,实践中可根据具体情况有所侧重。

14.2.3 本条规定了水文调查的内容。

(1)河道调查方面的内容,分以下几个方面:

1)河势变化,应注意调查跨越河段深泓线、心洲和边滩、汊道以及河岸等方面的历史变化幅度、速度及变化原因和发生的年代;

2)控制条件,分上游来水来沙的控制条件(如大型水库兴建),下游对跨越河段泥沙运行规律的控制条件(回水顶托影响)及该河段河床演变控制条件(如节点或较稳定的弯道)等,应调查这些控制条件的变化年代、变化程度(或幅度)以及变化的原因;

3)河床边界条件的变化,应调查河床的自然岩土性质、人工护岸工程、治河工程和具体位置、兴建规模和年代,以及实施后的效果;

4)堤防的变化,它包含堤防走向、堤防标准(高度、宽度与坡度)、堤身土质和质量、险情险段以及溃决等方面的历史变化情况;

5)河工建筑物历史变化,即取排水工程、道路、桥梁、码头等工程兴建规模、年代、具体位置,以及兴建后对河势的影响;

6)洪水情况,是指本河段历史特大洪水发生次数、最大洪峰流量、最高洪水位、洪水灾情,以及洪水期对河床、堤防的影响。

(2)跨越湖泊、水库时,首先要对大跨越两岸位置、形态特征、岸坡地质条件、岸坡高度、坡度及稳定性等情况进行现场踏勘,除一般了解外,并对大跨越方案最高洪水位痕迹及淹没范围作初步调查访问工作。

(3)海湾、河口地带的自然地理特性包括地理位置、地形、海岸轮廓、海岸地质地貌、海岸类型、海岸演变趋势,以及附近水系特征;在最高潮位的调查中,还应注意风暴潮的影响。

(4)跨越水域应了解有无通航、航道等级,最高通航水位、通航时间、航道稳定性,船体吨位、吃水深、最大船体高度,以及通航的宽度、主航道位置。

(5)向水利、航运交通主管单位了解跨越河段有无水利水电工程规划、治河工程规划与航道整治工程规划,并应了解工程具体位置、工程类别、工程规模。大跨越工程应避免有影响的地段,同时还要征求主管部门对大跨越方案的意见和建议。

14.3 勘测成果

14.3.1~14.3.3 通过本阶段的勘测工作,从水文条件进行初步分析,提出各方案的主要有利条件及存在问题,对所选方案按优劣顺序推荐两个以上的可行方案。

15 初步设计阶段勘测

15.1 一般规定

15.1.1 本阶段工程水文勘测是在可行性研究阶段勘测的基础上,全面、系统地搜集大跨越河段历史与实测的水文资料和各种工程规划设计资料;对河床演变与有关的水文要素进行详细、深入地调查,必要时对某些水文要素进行测验,并通过适当的途径和方法进行分析、计算与研究,提供大跨越工程设计所需的各种水文要素。

15.1.2 本条规定一般应进行历史洪(潮)水位调查,未规定必须进行洪(潮)水位调查,是基于下述原因:

(1)从我国的实际情况出发,大江大河都有长期的实测资料,包含了不同标准的特大洪水,各流域机构对各自的主管流域进行了系统的洪水分析,编制了完整的防洪规划,并得到了各主管部门的审查和认可。同时,各流域自建国以来,在全面规划的基础上,建立了完整的防洪工程体系和控制洪水措施,在这样一些河段兴建大跨越工程,可以利用主管单位的规划资料。例如汉口站最高防洪控制水位可以代表 20~100 年一遇的最高洪水位,可以不再做历史洪水的考证和研究。大的湖泊或已有工程设施的海湾也分别有防洪防潮规划或历史最高洪(潮)水位成果资料,也可不再做系统的历史洪(潮)水位调查。

(2)在无防洪规划的河流、中小湖泊,以及无资料的海湾地段兴建大跨越工程时,必须进行历史洪(潮)水位的调查和考证。

15.1.3 进行河床演变或其它水域稳定性分析,必须深入现场调查。因为在跨越地段附近往往缺乏实测资料,无法对塔位稳定性和安全性进行分析;在有实测资料的情况下,现场调查可以检验和补充已有资料,所以现场调查是河床演变或其它水域岸滩稳定分析的重要手段和途径。

在分析河床或其它水域稳定性时,应通过历史图籍对比,综合分析其设计河段河床的历史演变与近期演变,推断今后的发展趋势。近期演变应是河床演变的重点,通过实测的河道图籍结合现场调查成果、河床的现状、河工建筑物以及河道整治规划等进行综合研究,分析大跨越塔位的稳定和安全。

在河床演变分析中,应注意研究影响河床演变的主要因素和相应的演变规律,从而预测跨越河段今后 30~50 年内的发展趋势和对塔位的影响,并对跨越河段立塔的可靠性,提出明确的意见与建议。

预测河床演变发展趋势的年限,架空送电线路大跨越工程通常以 30~50 年作为标准。其中,220kV 线路的跨越考虑 30 年,500kV 线路的跨越考虑 50 年。在此期间内,应保证塔位稳定。

15.1.5 本条强调引用的基础资料或成果的可靠性、代表性与一致性,对原始资料的精度和正确性进行审查。必要时,应实地调查和考证,并与有关单位研讨改正。

如在实测或调查考证期内的洪水计算系列中,因流域内影响洪水条件发生重大变化而明显分段时,应将资料改正到同一基础上或分段使用。

对资料系列中大洪水出现次数有无偏多偏少,量级有无偏大偏小的情况也应分析,并应

特别注意系列中是否包括特大洪水。

在河床演变分析中所引用的河道地形图，其坐标与高程系统也应保持一致。

15.2 水文资料搜集

15.2.1 ~ 15.2.5 初步设计阶段应全面搜集与大跨越有关的水利水电工程和水文资料，包括历史文献、实测资料和调查资料、已有工程勘测设计成果资料和工程规划设计资料。

(1)对于跨越河段的水文资料，除设计河段流域概况外，还应着重搜集 100 年一遇洪水(或历史最高洪水位)、历年河道图、河道演变的分析与总结资料。

(2)河中立交塔应注意搜集塔位处 5 年一遇洪水位及历时，30 年或 50 年一遇洪水位，设计洪水下最大断面平均流速、垂线平均流速、水面最大流速及漂浮物种类、大小；对结冰河流还应搜集流冰期最大流冰体积、密度、相应的最高水位与流速等资料。

(3)还应注意搜集有关地方志、碑文、民谚、民谣资料，以便分析历史洪水、溃堤、内涝、分(蓄)洪情况。

15.3 水文调查

15.3.1 本条规定了洪水调查应包括的内容。

(1)大跨越河段在水文资料短缺情况下，应进行洪水调查。同时还应根据搜集的有关历史文献档案、水利河道专著、碑文等文献资料，以及民谚、民谣等，分析考证历史洪水发生的年份、大小、次数及重现期。在汇编成果时，应注意不同河段或同一河段不同年份洪峰流量的精度，必要时对洪水整编情况进行全面了解，对重大的历史洪水，应作进一步检查核实。

(2)历史洪水调查应在大跨越河段两岸或其上下游进行，应选择在老居民点，房屋位置高低适当和洪痕较多的河段。尽量避开弯道、滑坡、塌岸等改变水流条件的地段，还应结合雨情、水情、灾情及河道变迁情况，分析洪水的形成。

(3)洪痕是确定最高洪水位、绘制洪水水面线和计算洪水流量最直接的依据。如果调查的洪痕不准，对计算成果影响很大，调查洪水时应慎重进行。对每一洪痕点都应由群众指认，并注意弄清指认的洪痕位置是否变动，是否把波浪冲击高度说成最高水位，洪水题刻记载的内容与洪峰水位的标志是否一致等。要对每个洪痕点的可靠程度详加考证分析，确定洪痕高程。洪痕经查访确定后，作好标记以便测量。洪痕点高程一般采用四等水准测量，有特殊要求的可按水文测验的三等水准观测。在测量洪痕高程后，再通过对各个痕迹的比较，对其可靠性作出最后评定。洪痕的可靠性，可分为“可靠”、“较可靠”、“供参考”三级，各级可靠程度条件，见表 15.3.1。

表 15.3.1 洪水痕迹可靠程度评定表

项 目	等 级		
	可 靠	较 可 靠	供 参 考
指 认 人 印 象 和 旁 证 情 况	亲眼所见，印象深刻，所讲情况逼真，旁证确凿	亲眼所见，印象较深刻，所述情况较逼真，旁证材料较少	听传说，印象不深，所述情况不够具体，缺乏旁证
标 志 物 和 洪 痕	标志物固定，洪痕位置具体或有明显的洪痕	标志物变化不大，洪痕位置较具体	标志物已有较大变化，洪痕位置不够具体
估 计 误 差 范 围(m) ¹⁾	小于 0.2	0.2 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0

1)在平原地区或宽浅河道，水位涨落变幅小，洪痕估计允许误差范围可适当从严，在山区或窄深河道可适当放宽，具体由有关主管单位自定。

应对调查到的历史洪水重现期作出必要的考证与评定，首先，在确定历史洪水重现期时，要通过几个方面进行调查或考证：

1)根据当地老人的记述来确定历史洪水的重现期；

2)按历史洪水发生时间距今的年数来作为重现期；

3)通过历史文献考证向前追溯，并作出必要分析评估，确定重现期。

15.3.2 本条规定河道调查应有一定的河道长度，即应能反映河床演变的特点和规律、大跨越河段的河床演变和河流整体演变的关系，使调查与分析有一定的范围。在河道调查过程中应注意节点在河床演变过程中所起到的控制作用，特别注意它对水的流态、河道摆动方向与范围的控制。如长江武汉河段的龟、蛇二山，马鞍山河段的东、西梁山，均为各河段的节点，控制了相应河段的河床演变发展趋势和规律。

(1)大跨越河段河岸和河床稳定性分析是大跨越工程勘测的重要环节，河道调查是河床演变分析的重要依据，必须认真进行。

河道调查不仅要调查变化的现象，还要调查变化的原因，不仅要调查近期的变化而且要调查历史的变化，不仅要了解过去的变化规律，而且要对今后发展趋势作出预估。除调查河段两岸岸线冲淤、深槽位移、主流摆动、洲滩消长、汉道兴衰，以及大洪水期河床变化等情况外，还应调查人类活动，如丁坝、护岸护坡、河道整治、围垦、疏浚、桥渡等对河床演变的影响。

(2)在大堤背水面立塔，若大堤防洪标准低于大跨越设计防洪标准时，河道洪水可能出现超设计标准，超过河道本身的防洪能力，在堤防薄弱处则可能发生堤防溃决、洪水漫溢等情况，大跨越塔将受水流冲刷的影响。因此，调查防洪堤的设计标准、防洪水位等具有很重要的作用。此外还应进行溃堤可能性和溃堤冲刷坑情况的调查，包括堤防质量、险工险段、历年溃堤位置、溃口大小与次数、溃口冲刷坑形状、尺寸与深度等。大堤迎水面台(滩)地高程、宽度与土质，包括冲刷情况及洲(滩)坍塌的可能性。

15.3.4 湖泊水文调查应包括湖泊的成因、形态、冲淤情况、水位、水量的变化及历时、通航情况，并调查湖岸坍塌的规模、次数、坍塌体的大小，特别注意湖岸土质松散、陡峻处风浪冲淘情况的调查，对湖中或湖岸塔位的稳定性作出判断或预估其发展趋势。

15.3.5 跨越水库下游时，若水库防洪设计标准低于大跨越工程防洪设计标准，需调查水库修建情况和大坝质量与安全程度，决定大跨越工程是否需考虑溃坝的影响，同时，跨越工程尽量选在大坝下游集中冲刷影响范围以外，避免坝下局部冲刷的影响。在水库回水末端跨越时，尚应调查塔位处库岸坡度、高度、岩土性质、库岸崩塌原因、崩塌距离等。

15.4 水文测验

15.4.1 水文测验专用站是为了解决大跨越工程水文资料系列短缺、项目不全或者某些水文情况变化等问题而设立。本条根据大跨越工程特点，详细规定了设站条件，以便对有关项目进行观测和测验。

15.4.2、15.4.3 水文测验内容应根据大跨越工程的具体条件和需要而定。水文测验的精度要求应按《水文测验试行规范》执行。

15.5 水文分析计算

15.5.1、15.5.2 本阶段水文分析计算是在搜集资料与水文调查的基础上进行的，应明确分析计算的必要条件，选择合适的计算边界和参数，客观地反映本工程的水文条件。计算方法与要求，分别按第 17 章和第 18 章有关条款执行。

15.6 勘测成果

15.6.1 本阶段勘测成果是在全面调查搜资的基础上，对确认的大跨越方案，全面论证水文条件，并对塔位的安全作出明确结论。

15.6.4 跨越水库下游塔位安全性论证，特别是当水库防洪设计标准低于跨越工程的设计标准，或者当水库实际未达到设计标准时，应搜集水库设计资料，掌握水库竣工的验收意见，对坝体质量、结构性能、基础稳定性因素等，应会同有关专业人员去现场作深入调查研究。在此基础上论证溃坝可能性、溃坝方式，以及溃坝对塔位的影响。具体作法应按本规定的

17.4.3 条进行。

16 施工图设计阶段勘测

16.1 一般规定

16.1.1、16.1.2 本阶段勘测是大跨越工程的终勘。在初步设计阶段勘测基础上，根据设计方案的变更与修改、设计条件的变化、自然条件的变化，以及初步设计阶段勘测遗留问题进行补充勘测，使大跨越塔位所需的水文资料进一步完善。

本阶段勘测应对初勘以来水文要素进行必要的补充，对大跨越水域的稳定性进行复核，以保证塔位的安全。

16.2 水文资料补充搜集与调查

16.2.1、16.2.2 补充搜资与调查重点是查明设计条件及自然条件变化的情况。水利水电或治理工程的兴建将引起控制条件的变化，可能导致冲刷侵蚀加剧。因此，应注意对有关水域环境、水文条件、地质资料的调查搜资和对比分析，论证塔位在新条件下的稳定性。水中立塔塔基冲刷的评价要建立在天然冲刷进一步勘测的基础上；大堤背水面立塔要考虑溃堤可能性及溃堤洪水对塔位的影响；有些整治工程规划，当时尚未审定，均作为遗留问题在终勘阶段解决。

16.3 勘测成果

16.3.1 ~ 16.3.4 针对初步设计阶段勘测以来，客观条件的变化或设计方案的变更、水文要素特大值的出现，以及其它遗留问题等进行补充调查、搜资与分析，提供塔位安全的论证与相应保证措施的建议和意见。

17 陆地水文分析计算

17.1 设计洪水计算

17.1.1 本条规定了设计洪峰流量计算方法。

(1)天然河流上设计洪峰流量可根据工程特点、设计要求和资料情况等确定。在可能条件下尽量采用多种方法进行分析与计算，经过综合比较，选取较合理的数值。对大水年的插补数据，应尽量根据调查资料进行校核。

(2)洪峰流量资料的移用可采用流域面积比拟的方法，一般按下列条件进行：

1)当在塔位断面(或设计站)与参证站控制流域面积相差不到 3%，其间无分洪(或滞洪)情况时，可直接移用参证站的洪峰流量。

2)若两站流域面积相差超过 3% 而不大于 20%，且暴雨分布较均匀，区间河道无特殊调蓄作用时，可用面积比例法推算设计洪峰流量，其计算公式如下

$$Q_x = \left(\frac{F_x}{F_n} \right)^n Q_n \quad (17.1.1-1)$$

式中 Q_x 、 Q_n ——塔位断面与参证站的流量(m^3/s)；

F_x 、 F_n ——塔位断面与参证站的控制流域面积(km^2)；

n ——指数，有资料时，用本河流上(下)游或邻近河流实测资料分析确定，无资料时，可按经验数据取值(大中河流取 $n = 0.5 \sim 0.7$ ，较小河流取 $n = 0.7 \sim 1.0$)。

3)如果在塔位断面(或设计站)的上(下)游站均有实测流量资料，则可按流域面积直线内插，即

$$Q_x = Q_a + (Q_b - Q_a) \frac{F_x - F_a}{F_b - F_a} \quad (17.1.1-2)$$

式中 Q_x 、 Q_a 、 Q_b ——分别表示塔位断面，上、下游站洪峰流量(m^3/s)；

F_x 、 F_a 、 F_b ——分别表示塔位断面，上、下游站控制流域面积(km^2)。

4)利用两站流量相关关系，移用参证站的洪峰流量。当设计站(或断面)的上(或下)游有

较长实测系列的水文站，可作为参证站，建立两站同期流量的相关关系。若区间面积不大，且无较大支流加入或分(蓄)洪区，两站相关关系较好，可利用此关系将参证站的洪峰流量转移到设计站，以延长设计站的洪水系列。

(3)设计洪水的地区组成计算有两种情况，若大跨越位于水库下游，跨越处设计洪水组成应为区间洪水与水库下泄洪水组合后的设计洪水；若大跨越处在干支流汇合下游地区，其洪水组成应为支流洪水与干流洪水组合的设计洪水。

跨越断面的设计洪水计算，一般是通过典型年法与同频率组合法确定。

典型年法是工程设计中常用的一种方法，尤其适合于上游分支较多、洪水组成较复杂的情况。它是从实测资料中选出若干个具有代表性的、对防洪不利的大洪水作为典型，按设计断面某一时段洪量为控制同倍比放大典型年洪水过程，计算干支流(区间)设计洪水。

同频率组合法，即根据设计断面设计频率的洪水与上游洪水的比较。当上游干流发生同频率的洪水，而区间则发生相应洪水的组合，或区间发生同频率洪水，上游干流为相应洪水的组合时，各分区段的设计洪水过程线，可采用同一典型年的实测洪水过程线进行放大，并演算到设计断面后分析确定设计洪峰流量。

17.1.2 本条规定设计洪水位可以采用以下几种途径进行计算：

(1)直接利用实测水位资料和历史洪水位资料，用数理统计方法，推求设计洪水位。其中规定实测水位系列要连续 30 年以上，这是根据我国水文资料的实际情况确定的；不足 30 年者可采用相关方法延长实测系列。

(2)设计站有较稳定的水位流量关系和实测水位、流量资料，可用流量资料计算设计洪峰流量，利用水位—流量关系查得设计洪水位；反之亦然。

(3)设计站(或断面)无实测的流量资料，或只有短期水位资料情况下，可借用上下游长系列站作为参证站。先求出参证站的设计洪水位，再利用设计站(或断面)与参证站的水位关系或洪水比降，将参证站的设计洪水位转移到设计站，得出设计站(或断面)的设计洪水位。若利用洪水比降转移设计洪水位时，则要求河流水流平顺通畅，洪水比降平缓。

(4)17.1.2(7)款说明我国大江大河的设计洪水位可直接利用防洪规划资料详见 15.1.2 条。

17.2 设计流速计算

17.2.1 本条规定在水中立塔，塔位处设计流速的确定方法。

(1)有实测资料时，根据测站断面垂线平均流速分布和大跨越断面特性比照分析确定；

(2)无实测资料时，根据推求的设计洪峰流量及大跨越断面处洪水比降、河床糙率，用曼宁公式估算断面平均流速和垂线平均流速。

17.2.2 在河滩上立塔，无资料情况下确定河滩流速时，应采用多种方法互相印证核对，尤其需注意地形、植被、土壤、水位、流向及滩地冲淤变化等滩地特性，河流主泓摆动范围，结合河段实际情况分析确定。

17.2.3 洪水期漂浮物水面最大流速计算，当大跨越附近有长期观测资料，可根据已有资料分析确定。或者在大跨越处进行短期简易测验后，作适当修正。其值可采用断面平均流速和漂浮物水面最大流速的经验关系直接推导。计算公式

$$v_{\max} = v_{\text{cp}} / K \quad (17.2.3-1)$$

其中

$$K = \frac{C}{C+14} \quad (17.2.3-2)$$

$$C = \frac{1}{N} R^{\frac{1}{6}}$$

式中 v_{cp} ——断面平均流速(m/s)；

v_{max} ——漂浮物水面最大流速(m/s)；

K ——系数，可从实测资料中求得，在无实测资料时可采用式(17.2.3-2)计算；

C ——流速系数；

N ——糙率；

R ——水力半径。

17.3 河床演变与天然冲刷的分析

17.3.1 一定形态的河床是在一定的水流条件下形成的，河床形态能反映河段水流特性。河床演变分析的目的，是要查明影响河道冲淤变化的主要因素，找出河道冲淤变化的客观规律，从而推论河道的发展趋势和发展速度。在实际工程中应详尽搜集资料和实地调查，借助于经验的、半经验的方法作定性判断和估算。

17.3.2 本条规定了河床演变分析的内容，其中：

(1)跨越河段泥沙特征值和水沙控制条件的统计分析按以下方法进行。

1)泥沙特征值应有悬移质历年逐日平均含沙量、一次洪水最大含沙量、最小含沙量，在此基础上，可统计历年逐月含沙量。悬移质与推移质泥沙颗粒级配等的统计资料。

2)应弄清跨越河段上游水库、下游支流汇合口等，对跨越河段来水来沙或泥沙运动的控制。如跨越河段上游兴建了水库工程，泥沙多沉积于水库，清水下泄，跨越河段发生冲刷，使河床质逐渐粗化。若跨越段是两河汇合口的上游，则跨越河段的冲淤变化除上游来水来沙以外，还与汇合口处水位有关。查清了本河段的水沙控制条件与变化，为河床演变提供了分析基础。

(2)河道演变控制既有节点，也有边界条件较好的稳定弯道。河道中较难冲刷的硬质土层和坚实的人工建筑物，在河床演变过程中也能起控制作用。某些河段，控制条件若有明显的控制作用，下游河势、主流线的摆动方向和幅度就受到制约，有利于工程点的选定。无论是天然或人工节点，它的束水作用都能调整水流方向、集中水流能量、控制河床演变。而稳定弯道使出弯水流受到弯道的制约，使水流与动力轴线的方向比较稳定，对弯道下游河床演变也能起到控制作用。

(3)河势变化通过泥沙运动来体现。它包括历史演变与近期演变。河道的历史演变过程，主要是通过搜集历史图籍(河道地形图、河势图及航道图等)对比分析来确定。近期演变是河床演变分析的重点，主要通过实测河道地形图，结合调查，综合分析河势变化及其原因。通过河势变化可以分析河岸进退、洲滩消长、深槽位移、汊道兴衰的过程，找出河岸比较稳定、深槽、边滩、沙洲变化小，易于治理的河段。

(4)主流线所经之处往往由于冲刷而形成深槽，套绘主流线图，可以分析主流线的走向、路径的变化及其原因。例如大水时由于水流的惯性作用，它走直不坐弯；节点控制作用发生改变，主流线将随之改变；分析主流线变化及其规律，是判定塔位稳定性的重要手段。

(5)将各年或同一年的同一断面分别点绘在两张图上，就可得到断面年际变化图和断面年内变化图。利用断面变化图可以分析，深槽横向摆动距离、深槽升降幅度、深槽高程变化幅度、河岸进退速度、判断河岸稳定性。但是应注意河段划分和典型断面的确定，应根据河段形态特性而定，重点河段及河床形态和河床组成变化复杂的河段应分得短些，典型断面应能控制河段的河床演变特点。

(6)河床边界条件，包含河床自然的岩土特性和人类活动兴建的治河工程，如桥梁、取排水建筑物及码头等。不仅可以抑制河势的发展，在某种条件下(如挑流丁坝)，它可以促使

河势向另一方向发展，它们对局部河床的改变是不可忽视的因素。应该看到这些边界条件的历史变化，及其对河势的历史演变的影响，这对下一步的河床演变分析是必要的。

(7)设计河段来水来沙的变化是影响河床演变的主要因素，根据实测的年径流量和输沙量资料，统计其多年平均值，逐年偏离平均值和累积离均值，绘制年径流量和输沙量离均值及累积离均值历年变化图，如图 17.3.2 所示。

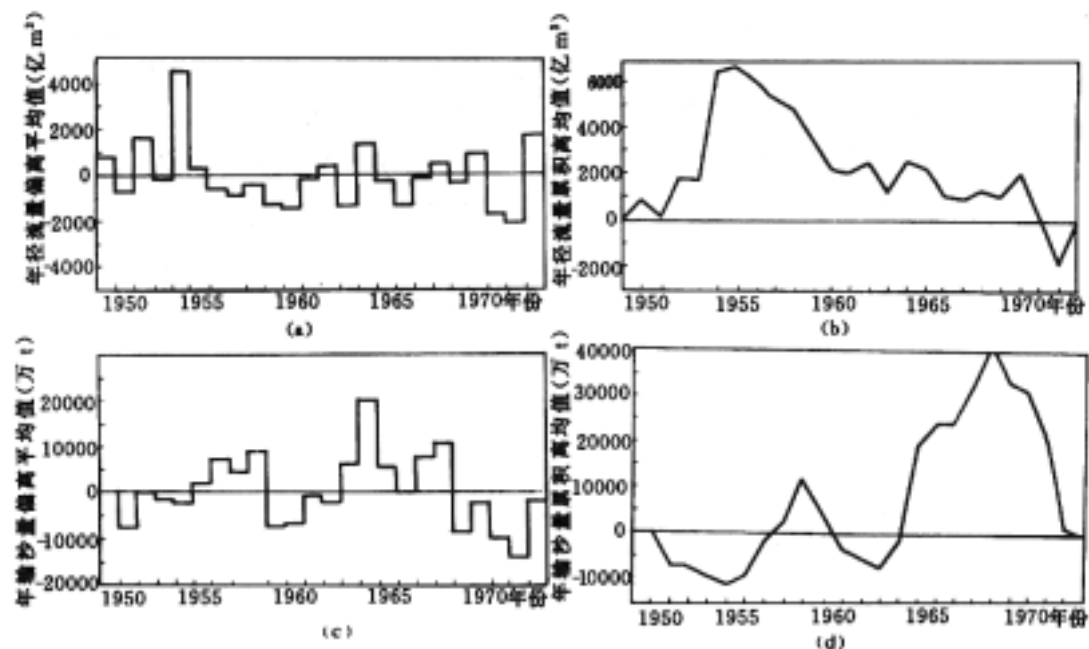


图 17.3.2 历年水沙量离均值及累积离均值的变化图

(a)年径流量偏离平均值；(b)年径流量累积离均值；

(c)年输沙量偏离平均值；(d)年输沙量累积离均值

从图中可以了解水沙量逐年变化特征、各种典型水文年、水文要素变化周期。河道冲刷变化特性与来水来沙的组合特性密切相关，沙峰落后于洪峰则产生淤积，洪峰落后于沙峰则产生冲刷，丰水少沙年有利于河道冲刷，小水多沙年有利于河道淤积，中水中沙年有利于河道稳定。如 1954 年长江出现特大洪水，含沙量又特别小，在顺直微弯河段产生强烈冲刷，边滩冲失、深槽刷深、浅滩改善；在江心洲河段则产生较大淤积，使浅滩恶化。但在随后 1955 ~ 1961 年的连续枯水年份内河床又逐渐调整恢复到原来状态。

(8)本项是河床演变分析的综合性条款，对其要求作如下分析说明：

1)预测河床未来发展趋势，应在河床演变分析的基础上进行。

2)河床演变分析，应考虑河道治理工程及规划。因为河道治理工程及规划是在研究河势发展的基础上，采取一定的工程措施来抑制或改善河道发展的趋势。因此，河床演变分析既要考虑河道自然发展趋势，又要考虑河道治理工程的影响，以保证分析更具可靠性。

3)预测 30 ~ 50 年河床演变的发展趋势，是根据大跨越工程设计要求提出的。首先要分析历史演变趋势，然后结合近期的演变情况综合分析。这些综合性的分析工作，具有较强的理论性和实践性，必须认真的进行。

4)根据预测今后 30 ~ 50 年河床演变发展趋势对塔位安全的影响，提出维护河势或局部保护措施的建议，确保跨越工程的安全。

17.3.3 河床的天然冲刷深度应在河床演变调查与分析的基础上，预测 30 ~ 50 年河床可能出现的横向摆动幅度和纵向冲刷深度来确定的。

天然冲刷可分为三种类型，其一是河流定向变形，如水库下游河道河床下切，入海的河口段河床淤积；其二是河槽或深泓线横向移动引起的集中冲刷变形，如滩槽演变，河弯发展；

其三是在一个水文周期内，河床随水位、流量的变化而发生周期性变形，如有的河段“涨淤落冲”，有的河段“涨冲落淤”，还有大洪水冲刷，洪水后淤积，均属于周期性变形。

天然冲刷的确定应按 17.3.3 条(1)和(2)项执行。对于北方季节性河流，一次洪水冲刷深度，可通过调查查明；南方长流水的大江大河，可以通过上下游邻近河段水文站的测流断面，分析一次洪水的最大冲刷深度和不同部位的冲刷深度(例如汉江 1983 年洪水，沙洋河段河底高程平均下切 2.5m)，然后再根据跨越河段的具体情况，酌情移用到跨越断面处。

在水库下游为定向冲刷河段。因悬移质和推移质泥沙绝大部分被拦截在水库内，清水下泄，使下游河床发生冲刷。这种冲刷使河床质粗化，逐渐达到平衡。这类河床冲刷逐步下移，影响很长的距离，跨越这类河段要考虑冲刷的影响。例如汉江沙洋河段距丹江口水库(1968 年建成运行)300 多千米，从其横断面图(图 17.3.3)可看出，建库前河底高程高与建库后河底高程低，河床明显下切，因此，在类似这种河段中立塔时，天然冲刷断面应该是河床质粗化后的断面。

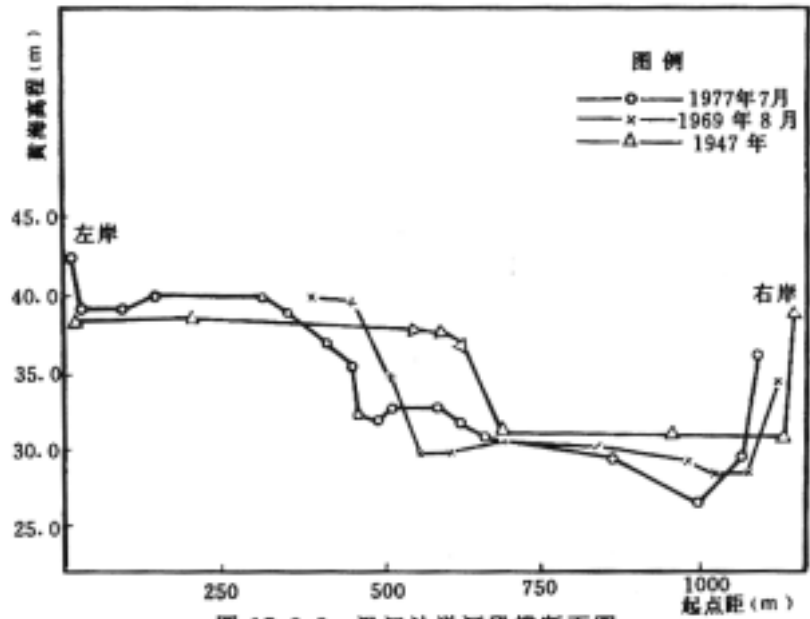


图 17.3.3 汉江沙洋河段横断面图

图 17.3.3 汉江沙洋河段横断面图

17.4 溃堤、溃坝洪水对塔位影响的分析与计算

17.4.1 当在堤背水面立塔时，应分析塔位附近堤段是否有溃堤的可能。根据实践经验，从以下两方面考虑：

1)堤防的标准和质量，即堤防的等级。凡防洪标准不高，土质较差，堤身单薄处，有溃堤的可能。

2)堤迎水面有无台地、台地高程和宽度。若台地高程较高，且有一定的宽度，土质抗冲性能良好，可不考虑溃堤的可能；若堤迎水面无台地，河泓逼近堤脚，或堤迎水面台地较窄、土质差，难以抗拒河床的横向冲刷时，则应考虑溃堤的可能。

17.4.2 关于溃堤洪水对塔基的影响，主要按下述方法进行分析估算确定。

(1)溃堤下泄水流的流速与冲刷。根据以往在水文勘测中所遇到的情况，山前平原区河道的百年一遇超标准洪水位，大多数平堤顶。因此，选定溃堤水位与堤顶标高相同。当决口位置无法确定时，为安全计，假定决口位置在杆塔等工程建筑物附近。

溃堤初始，由于河水位高于堤背水面地面，具有较大的落差 z ，水体蓄存着巨大的势能。在重力的作用下，下泄水流转化为巨大的动能，即下泄水流到达地面时，动能表现为巨大的

流速(实测资料见表 17.4.2-1)，且紊动强度较大，形成水流湍急的旋涡流，远大于泥沙的起动流速。在下游产生水跃，掀动并带走地面泥沙，产生局部消能冲刷坑。溃堤初始呈非淹没流，以堰流的形式下泄，堤一旦溃决后，缺口将很快扩宽、冲深，至使地面形成类似平底堰式的分洪口门，水流则演变为淹没流。由于这种溃堤局部消能冲刷坑对塔基的安全威胁甚大，因此，在大跨越工程中需要正确估计冲刷坑的尺寸，以便制定设计方案。

表 17.4.2-1 河南省南阳地区自溃坝历次试验实测流速表

试 验 坝 名 称	试验坝高 (m)	实测溃口最大 流速(m/s)	实测溃口后收缩 断面处最大流速 (m/s)
1 1 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	1.4	2.93	(5.37)
1 1 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	2.8	6.10	(7.60)
1 1 斜率斜墙砂壳坝 (永久引冲槽)	2.8	5.86	(7.60)
1 0.143 斜率心墙砂壳坝 (简易引冲槽)	2.8	5.01	(7.60)
1 2 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	2.8	5.65	(7.60)
1 1 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	5.6	5.74	8.52
1 0.17 斜率心墙砂壳坝 (原型)(本次试验)	5.6	7.25	10.75

(2)由于溃堤下泄水流局部消能冲刷坑在形成的过程中，先后受到了跌落水流和淹没流两种性质不同水流的冲刷作用，建议按下式计算

$$h = \frac{0.78q\sqrt{2a}}{\sqrt{\left(\frac{G_1}{G} - 1\right)gd} \left(\frac{h_k}{d}\right)^{\frac{1}{6}}} - h_k \tag{17.4.2-1}$$

或

$$h = \frac{1.157q}{\sqrt{\left(\frac{G_1}{G} - 1\right)gd} \left[\frac{h_k}{d}\right]^{\frac{1}{6}}} - h_k \tag{17.4.2-2}$$

式中 h ——冲刷坑最大深度(m)；
 q ——溃口最大单宽流量(m³/s)；
 a ——下泄水流流速分布的动量的修正系数，采用 $a=1.10$ ；
 G_1 ——冲刷坑范围内泥沙的比重，取 $G_1 = 2.7$ ；
 G ——溃泄水体的比重，若含沙量不大时，取 $G=1.0$ ；
 g ——重力加速度 9.81；
 \bar{d} ——被冲刷地区土壤的平均粒径，若为粘性土，可采用其换算当量直径，见表 17.4.2-2；
 h_k ——冲刷坑地面以上的水流深度(m)。

表 17.4.2-2 粘性土壤抗冲刷能力换算当量直径

土 壤 特 性	粘性土壤的当量直径(m)
---------	--------------

	粘土及重 粘壤土	轻粘壤土	黄土及 森林土
密实度小的土壤(换算的孔隙度 0.9 ~ 1.2), 土壤骨架的容重在 1.2t/m ³ 以下	0.01	0.005	0.005
中等密实土壤(换算的孔隙度 0.6 ~ 0.9), 土壤骨架的容重在 1.2 ~ 1.6t/m ³ 以下	0.04	0.02	0.02
密实土壤(换算的孔隙度 0.3 ~ 0.6), 土壤骨架的容重在 1.6 ~ 2.0t/m ³ 以下	0.08	0.08	0.03
极密实的土壤(换算的孔隙度 0.2 ~ 0.3), 土壤骨架的容重在 2.0 ~ 2.15t/m ³ 以下	0.10	0.10	0.06

(3)由于溃堤洪水下泄冲刷坑对大跨越塔基的安全威胁很大,因此在工程设计中需慎重对待。对计算成果要结合工程实际情况,通过现场实地调查及搜资进行验证。

17.4.3 若大跨越塔立于水库下游,且水库设计洪水标准低于大跨越塔设计标准时,应考虑溃坝洪水对塔位的影响,并应进行溃坝计算。有些水库设计洪水标准达到或高于大跨越塔设计标准(频率 1%),但实际上未达到原定设计标准,甚至是坝体质量差的险库,因此有溃坝可能。一般需根据发生溃坝主要原因,结合现场调查进行分析判断。

溃坝流量计算方法的选择,主要取决于水库大坝的溃决方式,因此在进行水库溃坝洪水计算之前,应在充分调查研究的基础上合理确定溃决方式(全溃、局部溃、瞬时溃、逐渐溃),采用哪种溃决方式计算,涉及坝体质量、结构性能、基础条件等因素,应会同有关专业人员拟定。

目前溃坝流量计算方法很多,常用的主要计算方法如下:

(1)坝址断面溃坝最大流量计算。根据水库溃决条件可采用下列公式之一进行计算,或分别按下列两公式计算,经分析比较后,确定采用值。

1)理论公式:适用于坝体全溃或横向局部溃决($b_g < B_g$),计算公式如下

$$Q_g = K_0 \sqrt{g b_g} \cdot h_s^{\frac{3}{2}} \quad (17.4.3-1)$$

式中 Q_g ——坝址断面溃坝最大流量(m³/s);

h_s ——溃坝时坝体上游水深(m),对未溃水库检算时,可采用坝高值;

K_0 ——系数,见表 17.4.2-3;

b_g ——坝体溃决口门平均宽度(m),对一般土坝和堆石坝:当水库库容大于 10⁶m³ 时,按

$b_g = K_1 \cdot K_2 \cdot (W^{\frac{1}{4}} \cdot b_g^{\frac{1}{7}} \cdot H_g^{\frac{1}{2}})$ 计算,当水库库容小于 10⁶m³ 时,按 $b_g = K_1 \cdot K_3 \cdot (W \cdot H_g)^{\frac{1}{4}}$ 计算,如计算

得的 b_g 值大于坝长 B_g 时,则按 $b_g = B_g$ 计算,混凝土重力坝溃坝口门宽等于坝长;

K_1 ——安全系数,取 $K_1 = 1.1 \sim 1.3$,按线路等级及坝体质量选定;

K_2 ——坝体建材系数,对粘土类、粘土心墙或斜墙和土、石、混凝土 $K_2 = 1.2$,对均质壤土 $K_2 = 2.0$;

K_3 ——材质系数,质量好的用 6.6,质量差的用 9.1;

W ——水库库容(m³);

B_g ——坝长或坝址断面附近库区宽度(m);

H_g ——坝高(m);

其余符号意义同前。

2)经验公式:适用于坝体全溃($b_g = B_g, h'_b = 0$)、横向局部溃决($b_g < B_g, h'_b = 0$)、竖向局部溃决($b_g = B_g, h'_b > 0$);横、竖向都局部溃决($b_g < B_g, h'_b > 0$)等各种情况,计算公式如下

$$Q_g = 0.27 \sqrt{g} \left(\frac{L_k}{B_g} \right)^{\frac{1}{10}} \cdot \left(\frac{B_g}{b_g} \right)^{\frac{1}{3}} b_g (h_s - K' h'_b)^{\frac{3}{2}} \quad (17.4.3-2)$$

式中 L_K ——水库库区长(m)，可采用坝址断面至库区上游端部淹没宽度突然缩小处的距离，

或近似地按 $L_k = \frac{W}{h_s B_g}$ 计算，当 $\frac{L_k}{B_g} > 5$ 时，则按 $\frac{L_k}{B_g} = 5$ 计算；

h'_b ——溃坝后坝体残留高度，(m)，由于坝体系分层建筑，当某一高程以下坝体质量好，该高程以上质量较差并有可能沿该高程溃决时，则取质量良好部分之高度为 h'_b ，当无法确切估算时，可假定 $h'_b=0$ ，以策安全；

K'_0 ——修正系数，可按 $K'_0 = 1.4 \left(\frac{b_g h_b}{B_g h_g} \right)^{\frac{1}{3}}$ 式计算，当 $\frac{b_g h_b}{B_g h_g} > 0.3$ 时，则按 $K'_0=0.92$ 计算；

其余符号意义同前。

表 17.4.2-3 K_0 值

$\frac{B_g}{b_g}$	$\frac{b_g}{B_g}$	K_0	$\frac{B_g}{b_g}$	$\frac{b_g}{B_g}$	K_0	$\frac{B_g}{b_g}$	$\frac{b_g}{B_g}$	K_0
1	1.000	0.2963	10	0.100	0.5206	19	0.053	0.5660
2	0.500	0.3687	11	0.091	0.5266	20	0.050	0.5692
3	0.333	0.4101	12	0.083	0.5331	21	0.048	0.5726
4	0.250	0.4382	13	0.077	0.5410	22	0.045	0.5750
5	0.200	0.4603	14	0.071	0.5445	24	0.042	0.5810
6	0.167	0.4759	15	0.067	0.5498	26	0.038	0.5874
7	0.143	0.4895	16	0.063	0.5541	28	0.036	0.5924
8	0.125	0.5008	17	0.059	0.5584	30	0.033	0.5960
9	0.111	0.5101	18	0.056	0.5625			

(2)溃坝最大流量向下游演进计算。跨越点距坝址下游较远时溃坝最大流量可按下式计算

$$Q'_g = \frac{W_C}{\frac{W_C}{Q_g} + \frac{L_{oM}}{U \cdot K''_0}} \quad (17.4.3-3)$$

式中 Q'_g ——跨越点断面溃坝最大流量(m^3/s)；

L_{oM} ——坝址至跨越点间距离(m)；

\bar{U} ——断面平均流速(m/s)，在有资料地区，可采用实测最大值，无资料地区，山区用 3~5m/s，山前用 2~3m/s，平原用 1~2m/s；

W_C ——水库溃坝后下泄的水量体积(m^3)，如无资料时可按 $W_C = \frac{B_g(h_s - h'_b)L_K}{4}$ 式估算；

K''_0 ——调整系数，山区用 1.1~1.5，山前用 1.0，平原用 0.8~0.9；

其余符号意义同前。

(3)溃坝洪水与区间洪水组合，可根据设计要求与资料情况采用近似组合方法，即当区间洪水相对较大时，将上游水库的溃坝洪水与区间洪水进行洪水演进计算到跨越地点后，按时序叠加。

18.1 潮位计算

18.1.1 本条规定了潮汐类型与特征潮位统计的要求，包括：

(1)对大跨越塔附近潮汐类型的分析，可用工程地点或附近海区一个太阴月内逐时潮位过程的形态特征判别，如判别有困难，可将该资料及测站地理坐标进行潮汐的调合分析，得出潮汐形态系数 K 的计算式

$$K = \frac{H_{K1} - H_{01}}{H_{m2}} \quad (18.1.1)$$

式中 H_{K1} 、 H_{01} 、 H_{m2} ——分别为太阴太阳赤纬日分潮位、主太阴日分潮位及主太阴半日分潮位。

按以下标准判别潮汐类型：

- $0 < K \leq 0.5$ 规则半日潮；
- $0.5 < K \leq 2.0$ 不规则半日潮；
- $2.0 < K \leq 4.0$ 不规则日潮；
- $4.0 < K$ 规则日潮。

如大跨越塔附近海区无验潮站时，可搜集水利、交通等部门短期测验与分析成果。

(2)滨海工程常遇到的基面有平均海平面、理论深度基面、潮高基面与工程所用基准面等。对它们间的关系应考证清楚，列出其间关系，并将潮位换算为工程所用的基面。

(3)累年最高与最低等特征潮位的统计，其所依据的资料，不论是实测或延长的系列，均应经过可靠性、代表性与一致性审查与合理性分析后，换算为工程所用高程系统的系列。

18.1.2 本条规定了设计潮位的分析与计算要求，其内容包括：

(1)对潮位资料系列的可靠性、代表性与一致性审查与合理性分析，一般应着重以下几个方面：

1)了解资料的测验方法与情况、缺测数据插补方法与精度，以及整编成果的评价。

2)历年水准基面是否一致与统一水准基面改正情况。

3)对特高潮位应从发生日期(阴历)、台风情况进行分析，有条件时可从邻近各站资料是否协调等作区域性合理检查。河口区可根据发生日期(阴历)，上游来水情况、附近雨量及风的资料作上下游潮位变化的合理性检查。

4)人类活动(如挡潮建筑物等)对历年潮位一致性影响。

(2)对最高潮位频率分析所需资料系列长度，交通部门对我国沿海有 50 年以上验潮资料的几个港口，分别采用 15 年、20 年、30 年的资料进行分组计算，并与按全部资料年数计算的结果进行对比，用 30 年资料计算的结果与全部年数的结果很接近。重现期 50 年一遇的高潮位相差一般为 10cm 左右；用 20 年资料计算结果对比，相差一般在 20cm 范围内，但用 15 年的资料计算结果对比，相差可达 30cm 以上。由于我国有 30 年以上潮位资料的测站较少，故交通部门规定频率计算时，资料年数一般不少于 20 年。天文潮与气象因子变化周期，大体也是 20 年，频率统计方法本身要求系列长度最少也应有连续 20 年以上，所以本条文中规定一般要求有连续 20 年以上潮位系列。

规定中还要求加入历史上出现的调查资料，是为提高系列的代表性。

关于潮位频率计算的线型问题，《港口工程技术规范》规定一般采用第Ⅰ型极值分布律。但在水利等部门实际工程计算中也有采用皮尔逊Ⅲ型、随机组合频率等方法的。实际工程中应以点群与线型配合情况而定。

(3)据港工设计部门分析，我国沿海两站潮位相关关系：日潮型与半日潮型之间关系不好；潮差相差太大时关系不好；不受河川影响与受河川影响的测站间关系不好；而同属半日潮的测站间关系较好；同一河系一般关系较好等特点。

极值同步差比法的计算公式如下

$$H_{SY} = A_{NY} + \frac{R_Y}{R_X} (H_{SX} - A_{NX}) \quad (18.1.2)$$

式中 H_{SX} 、 H_{SY} ——原有验潮站和拟建工程地区的设计潮位(m)；

R_X 、 R_Y ——分别为原有验潮站和拟建工程地区的同期各年年最高潮位的平均值与平均海平面的差值(m)；

A_{NX} 、 A_{NY} ——分别为原有验潮站和拟建工程地区的年平均海平面。

(4)当跨越处附近无实测潮位资料时,可以参证站附近港口 50 年或 100 年一遇最高潮位值,结合历史高潮位调查资料,分析确定设计最高潮位。必要时,可进行短期对比观测。

18.2 波浪要素的分析与计算

18.2.1 本条规定了实测波浪资料系列审定的要求：

(1)测波站所测的波浪要素,代表着测波点附近海域特定的地形、水深、风况等地理环境特征所形成的波浪,而工程地点的地形、水深等与测波点附近的情况有许多差异,尤其是风浪受地形和水深影响较大,即使两地距离很近,波浪在传播过程中也要受到各种因素影响,使得两地波浪要素产生相当大的差别,在滨海地带往往在某些方向上产生较大差别。所以,在使用测波站实测资料时,应分方向,从地形、水深等方面检验其适用程度。

一般在地形不很复杂、相近两地风浪成因基本接近、同一水深处的波浪可看作基本一致。此时可将附近测波站的某一水深观测的波浪作为工程处相应水深处的波浪,再根据波浪的浅水变形计算,得出工程地点所在水深处的设计波浪要素。

当测波站与工程处地形条件相差显著而不能直接移用时,宜先将测波站设计波浪要素向深水处推算,得出深水处的设计波浪要素,直接移至工程点的深水区,再按地形条件进行浅水变形计算,得出工程处所在水深处的设计波浪要素。

(2)对波浪要素系列一致性与可靠性审查,主要包括考核测验方法、精度与各年波列累积频率的统计标准是否一致等。

按《海滨水文观测规范》规定,波浪观测为每日 8、11、14 时及 17 时共四次定时观测(冬季 17 时的观测时间可适当提前),没有夜晚的数据。在台风等恶劣天气状况下,可能造成缺测。因此要根据风与波浪的增长与衰减情况来判断有无遗漏最大波浪,若有明显缺测情况,可根据调查或天气图进行计算,以补充已有的观测数据。

对测波站所用仪器的类型、观测方法及测波浮筒位置等前后是否一致,应进行检查和考

证,对可疑资料要进行核查。例如,观测方法的改变使有的年份测得的波高值接近有效高 $H_{\frac{1}{3}}$,而另一些年份则接近十分之一大波平均值 $H_{\frac{1}{10}}$ 。如不予区别对待,所得最大值系列就不能满

足一致性要求。我国沿海各台站,从 1964 年开始按《海滨水文观测规范》所得的资料,平均波高相当于十分之一大波的平均波高 $H_{\frac{1}{10}}$,最大波高相当于累积频率为 1% 的波高 $H_{1\%}$ 。作

频率计算的波列,各年必须为同一累积频率。

18.2.2 在作设计波浪要素计算前,应进行跨越海域波浪特性的分析,以选用恰当的计算方法。本条所指波浪特性,主要是指由风而产生的海水波浪,即风浪及涌浪、混合浪与最大波高、周期等特征数值。

18.2.3 规定了设计波高计算方法。

(1)据交通部门对青岛站 1955 ~ 1972 年实测资料分组计算结果表明,用 10 年与用 18 年两个样本计算,其结果差值可达 40%。由此可见 10 年的波浪系列的代表性太差,不能使用。

但我国海滨水文台站实测波浪资料一般多为 10~20 年，从实际情况出发定为设计波浪频率计算最短系列为 15 年。从概率统计角度考虑，15 年的样本还太短，参数误差较大，所以应结合历史最大波高的调查成果进行分析，以提高系列的代表性。

关于波浪要素的长期分布线型问题，国内外各家持论不一，常见的有皮尔逊 Ⅲ 型、极值型、对数正态分布、泊松—耿倍尔与二项—对数正态两种复合极值分布等十多种分布型式，各种分布均有其特点和应用条件。我国交通部门对沿海十三个港口或台站不同方向的波浪资料进行分析与比较，结果建议采用皮尔逊 Ⅲ 型。水利部门在滨海工程波浪计算中也多使用皮尔逊 Ⅲ 型、《电力工程水文技术规程》(送审稿)中也规定使用皮尔逊 Ⅲ 型、因此本条也规定使用皮尔逊 Ⅲ 型。但在某些情况下，也可使用其它线型。

(2)本款中规定了当实测资料系列较短，不能直接进行频率分析时，采用相关分析法以风速资料或以附近海域有长期观测资料的测站的波浪资料延长波浪系列，或用经验频率分析法计算设计波高数值。

以风速资料延长波高系列时，可分方向建立月或日最大波高与相应风速关系，所用风速一般为距水面 10m 高的 2min 平均最大风速。

当以计算站与参证站的波高相关关系延长计算站波高系列时，可根据两站自然地理特征、波浪特性等差异情况、可建立分方向的波高关系，也可建立不分方向的波高关系。选择何种波高作相关关系变量，对相关关系的密切程度影响很大。实际工作中常视两站间距离远近与资料情况而定。一般有用同步资料相关、延时资料相关、日极值相关与过程极值相关等。在掌握资料不多的情况下，也可用年或月的特征值进行相关。在选择样本时，尚应尽量选择风向和风速稳定、风浪要素尺度较大的资料以减小计算误差及随机因素造成的假象。

当有一年以上连续波浪观测资料时，可利用不同的坐标转换，直线外延推求多年一遇的设计波高。计算时一般采用不分方向的全部实测波高数值(某一累积频率的波高)或采用日最大值进行经验频率的直线外延。具体作法上有三种不同的形式：一是将波高以均匀坐标为纵坐标，大于或等于某波高的经验频率 P 以对数坐标为横坐标时，频率曲线可近似直线外延推求多年一遇设计波高；二是经验频率 P 用正态机率坐标，波高 H 采用对数坐标；第三种

为 $\frac{1}{P}$ 采用二次对数坐标，波高 H 采用对数坐标，按经验外延。我国《海港水文规范》中采用第一种方法：若观测 a 年中最大值的频率为 P_a ，则重现期为 b 年一遇的频率为

$$P_b = \frac{a}{b} P_a \quad (18.2.3-1)$$

使用这些直线外延的方法推求多年一遇设计波高，其任意性很大，不同的定线方法可能得到差异较大的结果。天津大学刘德甫等在《海洋石油工程环境水文分析计算》中建议用复合极值分布解决这种只有短期资料情况下的设计波高计算问题。

(3)当工程点附近无实测波浪资料时，一般根据大跨越处海湾地形、水深与大风等资料，确定所需的波浪要素。计算的方法很多，对推算内海或海湾内的波浪，原则上使用浅水波的推算法，常见的有布雷特施耐德法、坂本法、井岛法等。我国《港口工程技术规范》也给出了用会战法理论绘出的 5、10...40m 不同深度的计算图解。同时给出了不超过 20km 的小风区，可不考虑风时和水深的影响的波浪要素计算图，可供工程中使用。

计算波浪要素的经验公式种类繁多，目前近岸浅水风浪要素计算常用蒲田公式，其式如下

$$\frac{g\bar{H}}{v^2} = 0.13 \text{th} \left[0.7 \left(\frac{gh}{v^2} \right)^{0.7} \right] \text{th} \left\{ \frac{0.0018 \left(\frac{gF}{v^2} \right)^{0.45}}{0.13 \left[0.7 \left(\frac{gh}{v^2} \right)^{0.7} \right]} \right\} \quad (18.2.3-2)$$

$$\frac{g\bar{T}}{v} = 12.5 \left(\frac{g\bar{H}}{v^2} \right)^{0.5} \quad (18.2.3-3)$$

$$\frac{gt_{\min}}{v} = 272 \left(\frac{g\bar{T}}{v} \right)^{3.45} \quad (18.2.3-4)$$

式中 g ——重力加速度(m/s^2) ;

——设计风速(m/s) ;

h ——风区平均计算水深(m) ;

F ——风区长度(m) ;

\bar{H} ——平均波高(m) ;

\bar{T} ——平均周期(s) ;

t_{\min} ——最小风时(s)。

对面临大海，风区长度难以确定时，风区平均水深 d 按 15m 计算，此时波高按浅水定常波计算，其式为

$$\frac{g\bar{H}}{v^2} = 0.13 \text{th} \left[0.7 \left(\frac{gh}{v^2} \right)^{0.7} \right] \quad (18.2.3-5)$$

其它近岸波的经验公式，如山东海洋学院等单位分析北方某海域的结果；南海海洋研究所李少英对南海近岸海域小风区风浪资料统计结果，以及布雷特施耐德等公式均可表达为

$$\frac{gh_{\frac{1}{10}}}{v^2} = K_1 \left(\frac{gF}{v^2} \right)^{\alpha} \quad (18.2.3-6)$$

$$\frac{gT_{\frac{1}{10}}}{v} = K_2 \left(\frac{gH_{\frac{1}{10}}}{v^2} \right)^{\beta} \quad (18.2.3-7)$$

式中 $H_{\frac{1}{10}}$ 、 $gT_{\frac{1}{10}}$ ——分别为十分之一大波平均波长和相应周期；

K_1 、 K_2 、 α 、 β ——系数，见表 18.2.3。

其它符号意义同前。

表 18.2.3 各公式系数

公 式 名 称	K_1	K_2		
山东海洋学院公式	0.0023	10.03	0.563	0.518
南海所李少美公式	0.0022	10.7	0.53	0.45
布雷特施耐德公式	0.0031	10.38	0.50	0.50

以上各式计算结果,除布氏公式给出的结果稍偏大外,其它各式计算结果与港工规范中的小风区风浪要素计算图所得结果基本一致。

目前所用各种推求无实测波浪要素的方法都是根据某种理论推导,或据某些海区测验资料综合出来的,其精度受到一定限制。由于各海域近岸风浪情况不一,有的方法不一定适用,所以由上述各法推算的结果,应与调查资料分析比较,并应尽量作短期波浪观测,以兹校验,最后确定设计波高数值。

18.2.4 波浪周期推算方法(2)项的结果约为(1)项结果的 1.1 ~ 1.4 倍。对于海湾或内海中的大波浪主要为风浪时,方法(1)项的结果比较合理,(2)项的结果偏大。但是对于面对开敞海域,其波浪受涌浪影响较大时,则只考虑纯风浪情况所得的周期将偏低,在具体工程中宜用(2)项的方法。在方法 1 和 2 的结果相差较大时,还应结合调查情况和类似地区的经验,通过比较分析,确定合理的数值。

18.2.5 波长与对应周期的关系目前有两种换算模式,其一是经典流体力学中规则波公式;其二是用波谱理论。由于波压力计算中多使用规则波公式,国内模型试验中也主要为规则波,《港口工程技术规范》也规定使用此式,故大跨越工程波长计算也规定用规则公式计算,其计算式为

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (18.2.5)$$

式中 g ——重力加速度(m/s^2);

h ——水深(m);

T ——平均周期(s)。

当 $d \geq L/2$ 时, $\tanh 2\pi d/L \approx 1.0$ 称为深水波,其波长用 L_0 表示。

18.3 岸滩稳定性分析

18.3.1 这里所指海岸是位于历史最高潮位以上,其底质(基部)处于波浪、潮汐、海流或风等因素作用而运动着的滨海地带。

海岸地貌从其形态特征与对其演变过程调查资料的分析,可以推论今后演变趋势,配合地质专业预估工程建设后可能产生的冲淤变化,采取必要的防护措施。

调查海蚀地貌时,应注意观测海蚀崖、海蚀平台和海蚀阶地的分布、形态特征、高程、组成物质和发育阶段,对侵蚀物质的去向进行分析判断。调查海积地貌时,应注意海滩、沙咀、滨海沙埂和水下沙埂的分布,形态特征、组成物质及变化发育阶段,目前动态与水动力因素之间的关系。同时要观察海蚀地貌和海积地貌间的物质联系,进行沿岸取样颗粒分析和矿物分析。

18.3.2、18.3.3 海湾或河口水域中立塔时塔位稳定性分析。

条文中水域是指在海岸线以下,低于历史最高潮位,包括海滩及其以下能够或经常受到潮汐、海流、波浪等动力因素影响的地方。在滩地或水中立塔时,必须查明岸段海域泥沙运动基本特征。海岸带泥沙主要是从邻近海滩运移而来,或由河流挟带而来,或岸段受动力因素侵蚀后就地形成。海岸泥沙去路主要有自岸段两侧向邻近水域运动;离岸向深水运动,沉积在水底沟谷中。对每个具体工程岸段,应具体分析泥沙来源与组成及主要去路。