



# 1000kV架空输电线路勘测规范

Code for investigation and surveying  
of 1000kV overhead transmission line

012 – 06 – 11 发布

2013 – 01 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

# 1000kV 架空输电线路勘测规范

Code for investigation and surveying  
of 1000kV overhead transmission line

**GB 50741 - 2012**

主编部门:中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2 0 1 3 年 1 月 1 日

中国计划出版社

2012 北 京

中华人民共和国国家标准  
**1000kV 架空输电线路勘测规范**  
GB 50741-2012

☆

中国计划出版社出版

网址: [www.jhpress.com](http://www.jhpress.com)

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

北京世知印务有限公司印刷

---

850mm×1168mm 1/32 7.25 印张 184 千字 2 插页

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

☆

统一书号: 1580177·999

定价: 44.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1426 号

## 关于发布国家标准 《1000kV 架空输电线路勘测规范》的公告

现批准《1000kV 架空输电线路勘测规范》为国家标准,编号为 GB 50741—2012,自 2013 年 1 月 1 日起实施。其中,第 11.1.1、11.2.1、11.4.1 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一二年六月十一日

# 前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2008〕105 号)的要求,由中国电力工程顾问集团公司会同有关单位共同编制完成的。

本规范在编制过程中,编制组广泛调查研究,认真总结经验,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共分 25 章和 9 个附录,主要技术内容有:总则,术语和符号,基本规定,可行性研究阶段测量,初步设计阶段测量,施工图设计阶段测量,可行性研究阶段岩土工程勘察,初步设计阶段岩土工程勘察,施工图设计阶段岩土工程勘察,特殊性岩土,不良地质作用和地质灾害,地下水,岩土工程勘察方法,原位试验,现场检验,可行性研究阶段水文勘测,初步设计阶段水文勘测,施工图设计阶段水文勘测,水文调查,设计洪水分析计算,河(海)床演变分析,可行性研究阶段气象勘测,初步设计阶段气象勘测,施工图设计阶段气象勘测,气象调查等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国电力企业联合会标准化中心负责日常管理,由中国电力工程顾问集团公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,如有意见或建议,请寄送中国电力工程顾问集团公司(地址:北京市西城区安德路 65 号;邮政编码:100120),以供今后修订时参考。

**本规范主编单位:**中国电力工程顾问集团公司

**本规范参编单位:**国家电网公司

中国电力工程顾问集团东北电力设计院  
中国电力工程顾问集团华东电力设计院  
中国电力工程顾问集团中南电力设计院  
中国电力工程顾问集团西北电力设计院  
中国电力工程顾问集团西南电力设计院  
中国电力工程顾问集团华北电力设计院  
工程有限公司

北京洛斯达数字遥感技术有限公司

**本规范主要起草人员:** 于 刚 梁政平 孙 昕 王中平  
王圣祖 丁 扬 朱京兴 袁 骏  
陆武萍 戴有信 徐 健 余凤先  
姚 鹏 刘厚健 曹玉明 齐 迪  
熊海星 吕 铎 秦学林 邓南文  
殷金华 张良忠 陈亚明 李彦利  
桂红华 曹永生

**本规范主要审查人员:** 曹卫东 张国杰 饶贞祥 郑怀清  
刘小青 尹镇龙 蔡 上 段松涛  
胡红春 王曦辰 邓加娜 姚麒麟  
刘 颖 欧子春 李卫林 姜 典  
代宏柏 王基文 卢晓东 程小久  
梁水林 王 骢 吴军帅 汪岩松  
谭国铨 李文林 周美玉 贾 剑  
胡长权

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术语和符号 .....	( 2 )
2.1	术语 .....	( 2 )
2.2	符号 .....	( 3 )
3	基本规定 .....	( 5 )
3.1	测量 .....	( 5 )
3.2	岩土工程勘察 .....	( 5 )
3.3	水文勘测 .....	( 7 )
3.4	气象勘测 .....	( 7 )
4	可行性研究阶段测量 .....	( 9 )
4.1	一般规定 .....	( 9 )
4.2	室内工作 .....	( 9 )
4.3	现场工作和测量成果 .....	( 10 )
5	初步设计阶段测量 .....	( 12 )
5.1	一般规定 .....	( 12 )
5.2	航空摄影 .....	( 13 )
5.3	控制测量 .....	( 15 )
5.4	路径走廊调绘 .....	( 21 )
5.5	空中三角测量 .....	( 21 )
5.6	建立路径三维数字模型 .....	( 24 )
5.7	室内选择路径方案 .....	( 25 )
5.8	现场工作和测量成果 .....	( 25 )
6	施工图设计阶段测量 .....	( 27 )
6.1	一般规定 .....	( 27 )

6.2	现场落实路径 .....	(28)
6.3	定线测量、桩间距离测量、高差测量 .....	(28)
6.4	联系测量 .....	(32)
6.5	平面及断面测量 .....	(32)
6.6	交叉跨越测量 .....	(35)
6.7	定位测量 .....	(36)
6.8	塔基断面及塔位地形测量 .....	(38)
6.9	房屋分布图测量 .....	(38)
6.10	塔位坐标测量 .....	(39)
6.11	测量成果 .....	(39)
7	可行性研究阶段岩土工程勘察 .....	(41)
7.1	勘察技术要求 .....	(41)
7.2	勘察成果 .....	(41)
8	初步设计阶段岩土工程勘察 .....	(43)
8.1	勘察技术要求 .....	(43)
8.2	勘察成果 .....	(44)
9	施工图设计阶段岩土工程勘察 .....	(45)
9.1	一般规定 .....	(45)
9.2	平原河谷地区勘察 .....	(46)
9.3	山地丘陵地区勘察 .....	(47)
9.4	戈壁沙漠地区勘察 .....	(48)
9.5	勘察成果 .....	(49)
10	特殊性岩土 .....	(51)
10.1	湿陷性土 .....	(51)
10.2	软土 .....	(51)
10.3	膨胀土 .....	(52)
10.4	红黏土 .....	(53)
10.5	填土 .....	(54)
10.6	冻土 .....	(54)



10.7	风化岩与残积土 .....	(55)
10.8	盐渍岩土 .....	(56)
10.9	混合土 .....	(57)
11	不良地质作用和地质灾害 .....	(58)
11.1	岩溶 .....	(58)
11.2	滑坡 .....	(59)
11.3	崩塌 .....	(59)
11.4	泥石流 .....	(60)
11.5	采空区 .....	(61)
11.6	活动断裂、场地和地基的地震效应 .....	(62)
12	地下水 .....	(64)
13	岩土工程勘察方法 .....	(65)
13.1	工程地质调查与测绘 .....	(65)
13.2	坑探和钻探 .....	(66)
13.3	原位测试 .....	(67)
13.4	物探 .....	(67)
13.5	遥感 .....	(67)
14	原位试验 .....	(69)
15	现场检验 .....	(71)
16	可行性研究阶段水文勘测 .....	(72)
17	初步设计阶段水文勘测 .....	(75)
18	施工图设计阶段水文勘测 .....	(77)
19	水文调查 .....	(80)
19.1	一般规定 .....	(80)
19.2	人类活动影响调查 .....	(80)
19.3	洪水调查 .....	(81)
19.4	河(海)床演变调查 .....	(82)
19.5	冰情及河道漂浮物调查 .....	(83)
19.6	水文测验 .....	(83)

19.7	特殊地区调查 .....	(84)
20	设计洪水分析计算 .....	(85)
20.1	一般规定 .....	(85)
20.2	天然河流设计洪水 .....	(85)
20.3	水库上、下游设计洪水 .....	(86)
20.4	特殊地区洪水 .....	(86)
20.5	设计洪水要素 .....	(87)
20.6	人类活动对洪水的影响 .....	(87)
21	河(海)床演变分析 .....	(88)
21.1	一般规定 .....	(88)
21.2	河床演变 .....	(88)
21.3	海床演变 .....	(89)
21.4	人类活动对岸滩稳定性的影响 .....	(91)
21.5	塔基冲刷计算 .....	(91)
22	可行性研究阶段气象勘测 .....	(92)
22.1	勘测内容深度与技术要求 .....	(92)
22.2	勘测成果 .....	(93)
23	初步设计阶段气象勘测 .....	(94)
23.1	勘测内容深度与技术要求 .....	(94)
23.2	勘测成果 .....	(95)
24	施工图设计阶段气象勘测 .....	(97)
24.1	勘测内容深度与技术要求 .....	(97)
24.2	勘测成果 .....	(97)
25	气象调查 .....	(93)
25.1	一般规定 .....	(93)
25.2	大风调查 .....	(93)
25.3	覆冰调查 .....	(99)
25.4	气象专用站观测 .....	(100)
附录 A	测量标桩规格及埋设尺寸 .....	(102)

附录 B 输电线路平断面图样图 .....	(插页)
附录 C 平面图、断面图符号表 .....	(103)
附录 D 塔基断面图样图 .....	(109)
附录 E 塔位岩土工程条件综合成果表 .....	(110)
附录 F 河流稳定性分类表 .....	(111)
附录 G 塔基局部冲刷计算 .....	(115)
附录 H 设计风速分析计算 .....	(118)
附录 J 设计覆冰厚度分析计算 .....	(121)
本规范用词说明 .....	(125)
引用标准名录 .....	(126)
附:条文说明 .....	(127)

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms and symbols .....	( 2 )
2.1	Terms .....	( 2 )
2.2	Symbols .....	( 3 )
3	Basic requirement .....	( 5 )
3.1	Survey .....	( 5 )
3.2	Geotechnical investigations .....	( 5 )
3.3	Hydrological survey .....	( 7 )
3.4	Meteorological survey .....	( 7 )
4	Survey at feasibility study stage .....	( 9 )
4.1	General requirement .....	( 9 )
4.2	Office work .....	( 9 )
4.3	Field work and survey results .....	( 10 )
5	Survey at preliminary design stage .....	( 12 )
5.1	General requirement .....	( 12 )
5.2	Aerial photography .....	( 13 )
5.3	Control survey .....	( 15 )
5.4	Investigation and annotation of route zone .....	( 21 )
5.5	Aero triangulation .....	( 21 )
5.6	Establishment of 3D digital route model .....	( 24 )
5.7	Route plan selection indoor .....	( 25 )
5.8	Field work and survey results .....	( 25 )
6	Survey at detail design stage .....	( 27 )
6.1	General requirement .....	( 27 )

6.2	Fulfillment of route selection outdoor .....	(28)
6.3	Survey of straight line location, distance between two stakes and difference of elevation .....	(28)
6.4	Connection survey .....	(32)
6.5	Plane and section survey .....	(32)
6.6	Cross survey .....	(35)
6.7	Tower spotting survey .....	(36)
6.8	Section survey of tower foundation and topographic survey of tower position .....	(38)
6.9	House distribution survey .....	(38)
6.10	Tower coordinates survey .....	(39)
6.11	Survey results .....	(39)
7	Geotechnical investigations at feasibility study stage .....	(41)
7.1	Technical requirements of investigations .....	(41)
7.2	Investigations results .....	(41)
8	Geotechnical investigations at preliminary design stage .....	(43)
8.1	Technical requirements of investigations .....	(43)
8.2	Investigations results .....	(44)
9	Geotechnical investigations at detail design stage .....	(45)
9.1	General requirement .....	(45)
9.2	Investigations at plain area .....	(46)
9.3	Investigations at mountainous region .....	(47)
9.4	Investigations at desert area .....	(48)
9.5	Investigations results .....	(49)
10	Special rock and soil .....	(51)
10.1	Collapsible soil .....	(51)
10.2	Soft clay .....	(51)

10.3	Expansive rock and soil .....	(52)
10.4	Laterite .....	(53)
10.5	Fill .....	(54)
10.6	Frozen soil .....	(54)
10.7	Weathered rock and residual soil .....	(55)
10.8	Saline soil .....	(56)
10.9	Mixed soil .....	(57)
11	Adverse geologic action and geologic disaster .....	(58)
11.1	Karst .....	(58)
11.2	Landslide .....	(59)
11.3	Avalanche .....	(59)
11.4	Debris flow .....	(60)
11.5	Goaf .....	(61)
11.6	Seismic effect of site and subgrade .....	(62)
12	Ground water .....	(64)
13	Methods of geotechnical investigations .....	(65)
13.1	Engineering geological mapping and investigation .....	(65)
13.2	Exploring pit and drill .....	(66)
13.3	In-situ tests .....	(67)
13.4	Geophysical exploring .....	(67)
13.5	Remote sensing .....	(67)
14	In-situ tests .....	(69)
15	In-situ inspection .....	(71)
16	Hydrological survey in feasibility study stage .....	(72)
17	Hydrological survey in preliminary design stage .....	(75)
18	Hydrological survey in detail design stage .....	(77)
19	Hydrological investigation .....	(80)
19.1	General requirement .....	(80)
19.2	Human impact investigation .....	(80)

19.3	Flood investigation	(81)
19.4	Fluvial processes investigation	(82)
19.5	Ice-regime and floats investigation	(83)
19.6	Hydrometry	(83)
19.7	Hydrological investigation in special area	(84)
20	Design flood computation	(85)
20.1	General requirement	(85)
20.2	Design flood of natural river	(85)
20.3	Design flood at upstream/downstream of reservoir	(86)
20.4	Design flood of special area	(86)
20.5	Design flood level and velocity	(87)
20.6	Flood impact by human activities	(87)
21	Analysis of fluvial process and seabed evolution	(88)
21.1	General requirement	(88)
21.2	Fluvial process	(88)
21.3	Seabed evolution	(89)
21.4	Stability impact by human activities	(91)
21.5	Calculation of foundation scour	(91)
22	Meteorological survey in feasibility study stage	(92)
22.1	Content and technical requirements	(92)
22.2	Survey results	(93)
23	Meteorological survey in preliminary design stage	(94)
23.1	Content and technical requirements	(94)
23.2	Survey results	(95)
24	Meteorological survey in detail design stage	(97)
24.1	Content and technical requirements	(97)
24.2	Survey results	(97)
25	Meteorological investigation	(98)

25.1	General requirement .....	(98)
25.2	Strong wind investigation .....	(98)
25.3	Line icing investigation .....	(99)
25.4	Observation by special meteorological station .....	(100)
Appendix A	Specification and size of inbuilt survey stakes .....	(102)
Appendix B	Planar and sectional samples of transmission line .....	(插页)
Appendix C	Symbol list of planar and sectional plan .....	(103)
Appendix D	Tower foundation sectional plan .....	(109)
Appendix E	Results table for geotechnical investigation of towers .....	(110)
Appendix F	Classification of river stability .....	(111)
Appendix G	Calculation of partial scour of foundation .....	(115)
Appendix H	Calculation of designed wind velocity .....	(118)
Appendix J	Calculation of designed ice thickness .....	(121)
	Explanation of wording in this code .....	(125)
	List of quoted standards .....	(126)
	Addition: Explanation of provisions .....	(127)



# 1 总 则

**1.0.1** 为了在 1000kV 架空输电线路勘测工作中贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境,确保工程质量及其抵御自然灾害的能力,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于 1000kV 架空输电线路新建、改建工程的测量、岩土工程勘察、水文和气象勘测。本规范不适用于 1000kV 架空输电线路工程中的大跨越工程的测量、岩土工程、水文和气象勘测。

**1.0.3** 1000kV 架空输电线路勘测应按基本建设工作程序,分阶段进行。勘测阶段的划分应与设计阶段相适应,可划分为可行性研究勘测、初步设计勘测和施工图设计勘测,对自然条件复杂的 1000kV 架空输电线路工程,尚应作好施工期现场服务工作。

**1.0.4** 1000kV 架空输电线路勘测所使用的计量仪器、设备,应定期检定。

**1.0.5** 1000kV 架空输电线路勘测中所使用的专业应用软件,应经过鉴定或验证。

**1.0.6** 1000kV 架空输电线路工程勘测,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 定线测量 straight line location survey

在两转角连线方向为便于平断面、交叉跨越、定位等后续测量工作而设置直线桩位置的测量。

#### 2.1.2 定位测量 location survey

确定塔位位置,并测量塔位桩的累距或坐标、高程。

#### 2.1.3 现场检验 in-situ inspection

通过现场观察、勘探等方法,对勘察成果进行核查,对施工揭露情况进行检验活动。

#### 2.1.4 洪痕 flood marks

一次洪水的最高洪水位在岸边或浸水建筑物上所遗留的泥印、水迹、人工刻记,以及一切能够代表最高洪水到达位置的痕迹。

#### 2.1.5 设计洪水 design flood

为防洪等工程设计而拟定的工程正常运用条件下符合指定防洪设计标准的洪水。广义包括工程在非常运用条件下符合校核标准的设计洪水。

#### 2.1.6 溃坝洪水 dam-break flood

坝体失事、堤防决口或冰坝溃决所形成的洪水。

#### 2.1.7 河床演变 fluvial process

在水流与河床相互作用下,河道形态在不同时期的变化。

#### 2.1.8 设计风速 design wind speed

工程设计标准所要求的离地 10m 高 10min 平均最大风速。

#### 2.1.9 导线覆冰 wire ice covering

雨淞、雾淞、雨雾淞混合冻结物和湿雪凝附在导线上的天气

现象。

### 2.1.10 标准冰厚 standard ice thickness

将不同密度、不同形状的覆冰厚度统一换算为密度为  $0.9\text{g/cm}^3$  的均匀裹覆在导线周围的覆冰厚度。

### 2.1.11 设计冰厚 design ice thickness

工程设计标准所要求的离地 10m 高的标准冰厚。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 测量

$a$ ——固定误差；

$b$ ——比例误差系数；

$d$ ——相邻点间距离。

### 2.2.2 水文勘测

$A$ ——面积；

$D$ ——粒径；

$L$ ——河流长度；

$N$ ——重现期；

$P$ ——降水量, 湿周, 概率, 累积频率；

$Q$ ——流量；

$R$ ——水力半径；

$V$ ——流速；

$W$ ——水量, 洪水总量；

$Z$ ——水位；

$h$ ——冲刷深度；

$n$ ——糙率, 样本容量；

$q$ ——垂线流量；

$C_v$ ——变差系数；

$C_s$ ——偏态系数；

$D_{50}$ ——中值粒径。

### 2.2.3 气象勘测

$B$ ——设计冰厚；

$B_o$ ——标准冰厚；

$V_{10\min}$ ——10min 平均最大风速；

$V_{T\min}$ ——定时 2min 平均或瞬时最大风速；

$W_o$ ——基本风压。

### 3 基本规定

#### 3.1 测量

**3.1.1** 1000kV 架空输电线路测量应充分应用航空摄影测量技术、卫星定位测量技术,积极推广应用遥感、激光测量等新技术。采用测量新技术完成的测量产品,应满足本规范对产品精度的要求。

**3.1.2** 1000kV 架空输电线路测量应采用中误差作为精度的技术指标,并应以 2 倍中误差作为极限误差。

**3.1.3** 1000kV 架空输电线路测量宜采用国家统一的坐标和高程系统。可行性研究、初步设计、施工图设计各阶段的测量,应采用一致的坐标和高程系统,并应计及投影长度变形。

**3.1.4** 平断面图的平面测量范围应为中线两侧各 75m。局部大档距地段可根据设计要求加宽测量范围。

**3.1.5** 1000kV 架空输电线路测量应保留现场采集环境下的原始数据文件,所提交的各类成品资料应包括相应的电子文件。

**3.1.6** 使用卫星定位测量技术进行平面坐标的联系测量、控制网测量、像片控制点测量时,宜采用快速静态或静态作业模式。使用卫星定位测量技术进行平断面测量、交叉跨越平面测量、地形图测量、塔位桩和直线桩放样测量时,宜采用实时动态或准动态模式。卫星定位测量时选用的椭球基本参数,在同一工程各个设计阶段应保持一致。

**3.1.7** 控制点应选择在地势开阔、地面植被稀少、交通方便和符合卫星定位测量接收条件的位置。控制点坐标和高程的测定,应采用快速静态或静态作业模式。

#### 3.2 岩土工程勘察

**3.2.1** 1000kV 架空输电线路的岩土工程勘察应分阶段进行,并

应符合下列要求:

1 可行性研究阶段岩土工程勘察应初步查明拟选线路走廊的主要工程地质条件和岩土工程问题。

2 初步设计阶段岩土工程勘察应查明对拟选路径方案影响较大的工程地质条件和主要岩土工程问题。

3 施工图设计阶段岩土工程勘察应详细查明塔基及周围的岩土性能特征和相关参数,评价施工、运行中可能出现的岩土工程问题。

3.2.2 沿线工程地质条件复杂,且采用常规勘察工作无法查明塔基岩土条件时,应开展施工勘察工作。

3.2.3 1000kV 架空输电线路施工过程中应作好基槽检验工作,必要时尚应进行补充勘察。

3.2.4 1000kV 架空输电线路通过地区的地质条件复杂程度的分类,应符合下列要求:

1 地形地貌单一;地层岩体结构简单;岩土种类少,性质变化小;无特殊性岩土;地质灾害危险性小;地下水无不良影响,地震基本烈度小于Ⅶ度,应为简单地段。

2 地形地貌较复杂;地层岩体结构变化较大;岩土种类较多,性质变化较大;有小范围特殊性岩土问题;地质灾害危险性中等;地下水对地基基础有一定不良影响;地震基本烈度为Ⅶ度~Ⅷ度,应为中等复杂地段。

3 地形地貌复杂;通行困难的陡峭高山峡谷区;大范围分布的塌陷采空区;沙漠区;大范围水上与海上立塔区;地层岩体结构复杂,分布规律性差;岩土种类多,性质变化大;特殊性岩土分布广泛;地质灾害危险性大且难以整治,严重影响路径的区域;地下水对地基基础有明显不良影响;地震基本烈度大于Ⅷ度,应为复杂地段。

3.2.5 岩土工程勘察应视勘察阶段、线路复杂程度和勘察作业条件等因素采用综合性的勘察方法。

3.2.6 岩土工程勘察应对边坡整治、地质灾害治理与地基处理方

案进行分析论证,并应提出现场试验和检测工作建议。

**3.2.7** 当存在严重影响路径方案的岩土工程问题,采用常规勘察方法不能解决时,应进行专项勘察。专项勘察宜在初步设计岩土工程勘察阶段完成。

### **3.3 水文勘测**

**3.3.1** 1000kV 架空输电线路防洪标准应为重现期 100 年一遇洪水,河(海)床稳定性分析应预测未来 50 年内河(海)床演变趋势。

**3.3.2** 当采用常规水文勘测手段难以取得影响线路安全的水文条件时,应开展水文专题工作。

**3.3.3** 采用卫星像片或航摄像片选线时,宜对航卫片进行水文遥感信息提取和判释。

**3.3.4** 1000kV 架空输电线路工程经过水利、交通、海洋等行政主管部门管辖的区域时,应征求行政主管部门对路径的意见,并根据有关法律法规及行政主管部门的要求开展必要的相关专题论证工作,同时应取得或协助取得相关水域的跨越协议。

**3.3.5** 对分析计算中所采用的基础资料,应进行可靠性、代表性与一致性审查,对引用的成果资料应进行核查与分析,水位高程系统应与输电线路平断面图高程系统一致。

**3.3.6** 当遭遇罕见洪水等灾害时,应及时赴现场查明洪水灾害情况,对原设计水文条件应做进一步分析论证,必要时应复核原设计水文条件。

### **3.4 气象勘测**

**3.4.1** 气象条件分析计算采用的基础资料,应进行可靠性、代表性和一致性审查。

**3.4.2** 短缺资料地区的设计风速与冰厚的确定应采用多种方法,对各种方法的计算成果应进行综合分析、合理选定。

**3.4.3** 当 1000kV 架空输电线路通过偏僻山区、又无条件移用相

邻区域气象站资料时,应根据工程设计需要,建立专用气象观测站,观测项目可包括覆冰、风或其他气象要素。

**3.4.4** 1000kV 架空输电线路防御大风与覆冰的设计重现期标准应为 100 年一遇。设计风速分析计算应符合附录 H 的规定;设计覆冰厚度分析计算应符合附录 J 的规定。

**3.4.5** 1000kV 架空输电线路冰区应分为轻冰区、中冰区和重冰区。轻冰区标准冰厚不应大于 10mm,重冰区标准冰厚不应小于 20mm。

**3.4.6** 缺乏覆冰资料的重冰区,应开展覆冰专题论证工作。

**3.4.7** 覆冰专题论证工作应包括下列内容:

- 1 代表性地点的覆冰观测。
- 2 大覆冰期间沿线踏勘,查明微地形微气候重冰段。
- 3 区域历史覆冰灾害的调查搜资。
- 4 覆冰成因分析。
- 5 实测覆冰量与调查覆冰量的重现期分析考证。
- 6 设计冰厚分析计算与沿线冰区划分。
- 7 专题论证报告编写。

**3.4.8** 地形复杂、气候恶劣的微地形、微气候重冰区,应在分析计算值基础上增大 10%安全修正值。

**3.4.9** 缺乏实测大风资料、大风灾害频发地区,应开展大风专题论证工作。

**3.4.10** 当遭遇异常大风、覆冰等灾害事故时,应及时赴现场查明气象灾害情况,并应对设计气象条件做进一步分析论证,必要时应复核设计气象条件。



## 4 可行性研究阶段测量

### 4.1 一般规定

4.1.1 可行性研究阶段测量,宜提供 1000kV 架空输电线路工程设计所需的基础测绘成果资料。

4.1.2 可行性研究阶段测量应进行沿线调绘,对路径确定和工程造价有较大影响的地物应进行现场测量。

4.1.3 可行性研究阶段测量可采用手持全球定位系统测量、卫星定位测量或全站仪测量等方式。

### 4.2 室内工作

4.2.1 室内工作开始之前宜搜集沿线地形图、遥感卫星影像、数字高程模型等基础测绘成果资料。

4.2.2 搜集的地形图应符合下列要求:

- 1 比例尺应为 1:50000~1:250000。
- 2 相同比例尺地形图的坐标、高程系统宜保持一致。

4.2.3 搜集的遥感卫星影像应符合下列要求:

1 搜集工作区范围内全色和多光谱遥感卫星影像,多光谱影像的波段数不应少于 3 个。

- 2 影像地面分辨率不应低于 10m。
- 3 相邻影像间重叠不应小于图像宽度的 4%。
- 4 影像中云层覆盖应小于 5%,且不应覆盖重要地物。
- 5 影像应层次丰富、图像清晰、色调均匀、反差适中。

4.2.4 遥感卫星影像处理应符合下列要求:

- 1 应根据需要进行去噪声、辐射校正等预处理工作。
- 2 应选择适当的波段组合进行融合,并生成接近自然色彩的

彩色影像。

3 应选取均匀分布、在地形图和影像上均能正确识别和定位的点位,并应量取坐标,坐标量取误差应小于图上 0.5mm,每景影像宜选 10 个~20 个点。

4 使用纠正公式对影像逐像元进行纠正时,纠正误差应控制在 1 个~2 个像元之内。

5 地形起伏较大时,应利用数字高程模型进行地形纠正。

6 镶嵌过程中,应对接边线邻近区域进行辐射均衡处理。

4.2.5 遥感卫星影像成图应符合下列要求:

1 应标注公里网格、图例以及指北针等图廓整饰信息。

2 应注记工作区范围内乡镇以上地名、主要河流、道路等。

3 应标注对路径有影响的重要城镇规划区、气象区、军事区、林区、矿区、通讯及电力线路等。

4 比例尺宜为 1:25000~1:100000。

4.2.6 搜集的数字高程模型及其处理,应符合下列要求:

1 数字高程模型的格网间距不应大于 25m。

2 应根据需要进行数字高程模型格式的转换。

3 可根据数字高程模型生成拟选路径的地形断面数据或图形。

### 4.3 现场工作和测量成果

4.3.1 现场工作应了解沿线国家控制点分布和保存情况。

4.3.2 现场工作应调绘影响路径方案的输油管线、输气管线、平行接近路径的 110kV 及以上输电线、一级和二级通信线、高等级公路、铁路、城镇规划区、矿区、采石场等地物或区域,并应标绘在 1:50000 的地形图上。

4.3.3 对影响路径方案的主要经济作物及林木,应调绘分布范围、种类、现实生长高度。

4.3.4 对路径选择困难的局部房屋拥挤地段,应调绘房屋的面

积、层数,并应绘制 1 : 1000 房屋分布图。

4.3.5 当城镇规划区、矿区等的坐标系统与国家坐标系统不一致时,应进行坐标联系测量。

4.3.6 对影响路径方案的重要交叉跨越,应进行平断面图测量。

4.3.7 1000kV 架空输电线路跨越河流时,可根据要求采用假设的高程系统测量洪水位高程、河道断面。

4.3.8 对特殊地段,应根据设计要求进行定位测量,并应测绘平断面图。

4.3.9 变电站进出线资料不全时,宜测绘 1 : 2000 进出线平面图。

4.3.10 可行性研究阶段测量宜提交下列成果:

- 1 遥感卫星影像平面图。
- 2 标注各类调绘资料的 1 : 50000 地形图。
- 3 拥挤地段房屋分布图。
- 4 重要交叉跨越平断面图。
- 5 洪水位高程、河道断面图。
- 6 特殊地段定位测量平断面图。
- 7 变电站进出线平面图。
- 8 测量技术报告。

## 5 初步设计阶段测量

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 初步设计阶段测量工作可包括搜集资料、现场踏勘、参加选择路径、重要交叉跨越测量、拥挤地段测量、弱电线路危险影响相对位置测量、航空摄影、控制网测量、像片控制点测量、像片调绘、空中三角测量、概略平断面测量、三维数字模型路径优化等工作内容。

**5.1.2** 像片控制点测量宜与控制测量同期完成,但应分别进行平差计算。

**5.1.3** 控制网测量应符合下列要求:

1 平面测量应满足 E 级全球定位系统测量精度要求,主要技术要求宜符合现行国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314 的有关规定。

2 高程测量应满足一级全球定位系统高程测量精度要求,主要技术要求宜符合现行行业标准《火力发电厂工程测量技术规程》DL/T 5001 的有关规定。

**5.1.4** 像片控制点测量应符合下列要求:

1 平面测量应满足图根导线测量精度要求,主要技术要求宜符合现行国家标准《1:500,1:1000,1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 7931 的有关规定。

2 高程测量应满足图根三角高程测量精度要求,主要技术要求宜符合现行国家标准《1:500,1:1000,1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 7931 的有关规定。

**5.1.5** 室内选择路径方案时,应搜集和补充搜集可行性研究审查确定的路径方案、输电线路经过地区的地形图资料和相关坐标、高

程控制点成果。

## 5.2 航空摄影

5.2.1 航空摄影工作应在路径方案确定后进行。

5.2.2 1000kV 架空输电线路路径航空摄影宜采用单航线摄影方式进行。在路径方案选择困难区域、变电站和换流站线路密集区域,可采用区域网摄影方式。

5.2.3 航空摄影宜委托具有合格资质的专门航空摄影机构完成。航空摄影前应制订航空摄影计划、签订航摄合同,并应按国家规定办理航空摄影批准手续。

5.2.4 航空摄影计划应包括下列内容:

- 1 航空摄影区域或各航线的起终点经纬度值。
- 2 航带接合图。
- 3 航摄仪的型号、主距及像幅。
- 4 摄影比例尺、摄影类型。
- 5 对飞行质量及摄影质量的要求。
- 6 提交的全部资料名称和数量。

5.2.5 23cm×23cm 像幅的航摄仪,其镜头型号及主距所适用的地形类别,应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 航摄仪镜头型号及主距所适用的地形类别

镜头型号	主距 (mm)	适用的地形类别
特宽角	$87.5 \pm 3.5$	平地
宽角	$152.0 \pm 3.0$	平地丘陵
中角	$210.0 \pm 5.0$	山地
常角	$305.0 \pm 3.0$	山地或城建区

注:当摄影比例尺分母小于 15000 时,主距  $152.0\text{mm} \pm 3.0\text{mm}$  也适用于山区。

5.2.6 23cm×23cm 像幅航摄仪的物镜中心部分分解力应高于 50 线对/mm。

**5.2.7** 当采用胶片型航摄仪航空摄影时,航空摄影比例尺的选用,应符合表 5.2.7 的规定。当采用数字航摄仪进行航空摄影时,地面分辨率不应低于 0.3m。

**表 5.2.7 选用航摄像片比例尺的要求**

地 形	像片比例尺	主距 (mm)
平地丘陵	1 : 8000~1 : 14000	152
山区	1 : 12000~1 : 15000	152
	1 : 10000~1 : 12000	210
高山区	1 : 10000~1 : 14000	210

**5.2.8** 航线段划分应符合下列要求:

- 1 应按转角段划分航线,并应设计航线段的起终点。
- 2 带宽不应小于 2km。

3 航线段内,每一个转角点距离像片边缘,实地距离均应大于 400m。航线端点与最近的转角点的距离应大于一条像片基线的实地距离。

4 当线路测区范围内地形高差过大时,应采用分区摄影,摄影分区内的地形高差,不应大于相对航高的 1/4。

**5.2.9** 飞行质量和摄影质量,应符合现行国家标准《1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 地形图航空摄影规范》GB/T 6962 和《1 : 5000, 1 : 10000, 1 : 25000, 1 : 50000, 1 : 100000 地形图航空摄影规范》GB/T 15661 的有关规定。

**5.2.10** 航摄资料检查验收,可采用数据测定法、样片比较法和目视检查法。

**5.2.11** 航空摄影资料检查验收后,航空摄影执行单位向航摄委托单位提交的航摄资料,应包括下列内容:

- 1 全部底片及航摄底片登记表。
- 2 像片 2 套。
- 3 像片索引图 1 份。

- 4 航摄仪技术数据表和鉴定表。
- 5 航摄成果质量鉴定表。
- 6 航摄底片、像片和像片索引图等移交清单。
- 7 航空摄影技术及质量检查报告。

### 5.3 控制测量

5.3.1 控制网测量和像片控制点测量宜采用全球定位系统测量方法。

5.3.2 控制网应根据测区实际需要和交通情况进行布设,控制点间距离不应大于 10km。控制点应埋设固定桩,固定桩规格及埋设尺寸应符合本规范附录 A 的规定,并应绘制控制点之记。

5.3.3 全球定位系统测量控制网相邻点间技术要求应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 全球定位系统测量控制网相邻点间技术要求

级别	相邻点基线分量中误差		相邻点间平均 距离(km)
	水平分量(mm)	垂直分量(mm)	
D	20	40	5~8
E	20	40	3~5

5.3.4 控制网平面测量应检验起算坐标控制点成果的可靠性,宜联测 2 个国家或地方坐标系统的起算坐标控制点。

5.3.5 控制网高程测量应检验起算高程控制点成果的可靠性,宜联测不少于 3 个国家或地方高程系统的起算高程控制点。

5.3.6 控制网应由独立观测边构成闭合环或附合路线,不应单点联结。

5.3.7 全球定位系统控制网测量的基本技术要求应符合表 5.3.7 的规定。

表 5.3.7 全球定位系统控制网测量的基本技术要求

项 目	级 别	
	D	E
卫星截止高度角	15°	15°
同时观测有效卫星数	≥4	≥4
有效观测卫星总数	≥4	≥4
观测时段数	≥1.1	≥1.1
时段长度	≥60min	≥40min
采样间隔	5s~15s	5s~15s

5.3.8 像片控制点的选择,应符合下列要求:

1 像片控制点的目标影像应清晰,并应易于判别。

2 像片控制点距像片上的各类标志应大于 1mm。像片控制点距像片边缘应符合表 5.3.8 的规定。

3 像片控制点离开方位线的距离应符合表 5.3.8 的规定。当旁向重叠过大,不能满足要求时,应分别布点;旁向重叠较小使相邻航线的点不能公用时,可分别布点,且控制范围所裂开的垂直距离应小于 10mm,困难时不应大于 20mm。

表 5.3.8 像片控制点距像片边缘和离开方位线的距离

项 目	像 幅	
	23cm×23cm	16cm×9cm
像片控制点距像片边缘的距离	≥15mm	≥5mm
像片控制点离开方位线的距离	>45mm	>35mm

5.3.9 像片控制点在航线上的布置,应符合下列要求:

1 单航线布点,每条航带布设的平高点不应少于 6 个。在两条航线的接合处应布置公共像片控制点。每对像片控制点间的基线数宜符合表 5.3.9 的规定。



表 5.3.9 每对像片控制点、高程点间的基线数要求

项 目	像 幅	
	23cm×23cm	16cm×9cm
每对像片控制点间的基线数	≤5 条基线	≤8 条基线
每对高程点间的基线数	≤5 条基线	≤8 条基线

2 航线两端各对控制点,宜位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,其左右偏差不应大于 15mm。上下两个点间左右偏差不应大于半条基线,困难时也不应大于一条基线。

3 航线中部布设一对像片控制点时,其左右偏差不应大于半条基线,相互偏差不应大于一条基线,且不可向同一侧偏离。

5.3.10 区域网布点,应符合下列要求:

1 平高网的航线跨度应为 2 条~4 条。

2 当区域网(图 5.3.10)用于加密平高控制点时,可沿周边布设 6 个或 8 个平高点,航线方向每对高程点间的基线数应符合表 5.3.9 的规定。

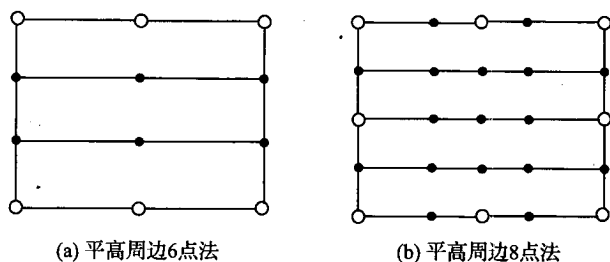


图 5.3.10 区域网布点方案

○—平高点;●—高程点

3 当像主点或标准点位于水域内,或被云影、阴影、雪影等覆盖以及其他原因使影像不清,或无明显地物时,23cm×23cm 像幅应按下列情况分别处理:

1)当落水范围的大小和位置不影响立体模型连接时,可按

正常航线布点；

- 2) 当像主点附近 30mm 范围内选不出明显目标,或航向三片重叠范围内选不出连接点时,落水像对应采用全野外布设像片控制点；
- 3) 当旁向标准点位落水,且在离开方位线 40mm 以外的航向三片重叠范围内选不出连接点时,落水像对应采用全野外布设像片控制点。

- 4 相邻航线公用的像片控制点,应布设在旁向重叠中线附近,离开上、下航线像片方位线的距离,均应大于 45mm。

#### 5.3.11 像片控制点的选刺,应符合下列要求：

- 1 平面控制点应选在影像清晰、交角良好的固定地物交角处或影像小于 0.2mm 的点状地物中心。高程控制点应选在高程不易变化且各相邻像片上影像清晰的目标点上。平高控制点的点位目标,应同时满足平面和高程控制点对刺点目标的要求。

- 2 像片控制点应选刺在便于联测的目标点上。点位实地的辨认精度,不应大于像片上 0.15mm。

- 3 刺点工作应借助立体镜或放大镜完成,平面点和平高点的刺点误差,不应大于像片上 0.1mm,应刺透且不得出现双孔。

- 4 当平高点选在围墙等垂直地物上时,高程点宜选在高处。

- 5 选择刺点目标有困难的位置,宜选刺点组。

- 6 等级三角点、水准点、导线点及其他埋石点宜刺在航片上,并应绘制点位略图。量注标志与地面的比高应精确至 10mm。

#### 5.3.12 控制片的整饰,应符合下列要求：

- 1 控制片的正面整饰,应包括点位标记和点号。航线间公用像片控制点应在相邻航线基本片上转标,并应注出刺点航线号和像片号。

- 2 控制片的反面整饰,应标出控制点的点位,并应绘出详细草图,大小宜为  $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ ,并宜配简要的说明文字,同时宜描述点位的准确位置。

### 5.3.13 全球定位系统测量测站作业,应符合下列要求:

1 每时段观测前后应分别量取天线高,两次天线高之差不应大于 3mm,并应取平均值作为天线高成果。

2 观测中,应避免在接收机附近使用无线电通讯工具。

3 同一观测时段内,不应进行自测试、改变卫星截止高度角、改变采样间隔、改变天线位置、按动关闭文件和删除文件等操作。

### 5.3.14 基线解算应符合下列要求:

1 起算点的单点定位观测时间,不宜少于 30min。

2 解算模式可采用单基线解算模式,也可采用多基线解算模式。

3 基线解算成果,应采用双差固定解。

### 5.3.15 全球定位系统测量数据,应进行同步环、异步环和复测基线校核,并应符合下列要求:

1 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差,应符合下列公式的要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \times \sigma \quad (5.3.15-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \times \sigma \quad (5.3.15-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \times \sigma \quad (5.3.15-3)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \times \sigma \quad (5.3.15-4)$$

式中: $n$ ——同步环中基线边的个数;

$W_x$ ——同步环纵向坐标闭合差(mm);

$W_y$ ——同步环横向坐标闭合差(mm);

$W_z$ ——同步环竖向坐标闭合差(mm);

$W_s$ ——同步环环线全长闭合差(mm);

$\sigma$ ——同步环弦长中误差(mm), $\sigma$ 采用外业测量时使用的全

球定位系统接收机的标称精度,按实际边长计算。

2 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差,应符合下列公式的要求:

$$W_x \leq 2\sqrt{n} \times \sigma \quad (5.3.15-5)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n} \times \sigma \quad (5.3.15-6)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n} \times \sigma \quad (5.3.15-7)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq 2\sqrt{3n} \times \sigma \quad (5.3.15-8)$$

式中:  $n$  ——异步环中基线边的个数;

$W_x$  ——异步环纵向坐标闭合差(mm);

$W_y$  ——异步环横向坐标闭合差(mm);

$W_z$  ——异步环竖向坐标闭合差(mm);

$W_s$  ——异步环环线全长闭合差(mm);

$\sigma$  ——异步环弦长中误差(mm)。

3 复测基线的长度较差,应符合下式的要求:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (5.3.15-9)$$

5.3.16 当观测数据不能满足检核要求时,应全面分析测量成果,并应舍弃不合格基线。

5.3.17 控制测量的无约束平差,应符合下列要求:

1 三维无约束平差应在 WGS-84 坐标系中进行,并应检核基线向量网的内符合精度、基线向量间有无明显的系统误差,同时应剔除含有粗差的基线。

2 无约束平差的基线向量改正数的绝对值,不应超过基线长度中误差的 3 倍。

3 无约束平差后,宜输出控制点在 WGS-84 坐标系中的三维坐标、基线长度及相关精度信息等成果。

5.3.18 控制测量的约束平差,应符合下列要求:

1 二维或三维约束平差应在国家或地方坐标系中进行。

2 已知坐标、距离或方位,可强制约束,也可加权约束。

3 约束平差后,宜输出控制点的二维或三维坐标、边长、方位角及相关的精度信息等平差成果。

## 5.4 路径走廊调绘

5.4.1 路径走廊航测像片的调绘工作,宜采用室内判绘、野外调绘和实测相结合的方式进行。调绘范围应为路径左右各 300m。

5.4.2 室内判绘应采用立体观察、影像识别等方法进行,无法准确判读的微地物、微地貌等,应到现场调绘。交叉跨越、平行接近、新增地物和变化地形的调绘,宜采用仪器实测。

5.4.3 像片调绘应判读准确、描绘清楚、图式符号运用恰当、位置正确、各种注记准确无误,并应做到清晰易读。

5.4.4 交叉跨越的调绘,应符合下列要求:

1 电力线,应在像片上标注电压等级和杆塔型式,并应标出杆塔高度。35kV 及以上电压等级的电力线,应实测邻近路径的杆塔高度。

2 通讯线,应在像片上标注其类型、等级、杆型和杆高。

3 地下电缆、地下光缆和地下管线,应在像片上标注其类别及位置。

4 架空索道、渡槽等地物,应在像片上标注其位置及高度。

5 公路和铁路,应标注路名、通向及跨越点的里程。

6 江河,应标注出江河名称、通向及流向。

5.4.5 路径走廊范围内的经济作物和林木,应在像片上标出范围、类别及高度等信息。

5.4.6 对路径有影响的工矿区、军事设施、无线电发射塔、飞机导航台、地震监测站、规划设施等,应进行调绘。

## 5.5 空中三角测量

5.5.1 空中三角测量应使用数字摄影测量系统。对所取得各类资料,应进行检查、分析,并应在确认能满足模型连接、平差计算和

测图要求时再使用。空中三角测量前应取得下列资料：

- 1 航摄仪技术数据表及鉴定表。
- 2 航空摄影技术及质量检查报告。
- 3 数字影像。
- 4 像片索引图。
- 5 外业控制报告。
- 6 控制像片。
- 7 地形图资料。
- 8 航带接合表。

5.5.2 底片扫描分辨率不应低于  $25\mu\text{m}$ 。扫描影像应曝光正确、影像清晰、层次丰富、反差适中、色调柔和，光标影像应清晰、齐全。

5.5.3 扫描的影像应进行内定向，框标坐标量测误差不得大于  $\pm 0.01\text{mm}$ 。

5.5.4 空中三角测量加密本身需要的连接点位置应按图 5.5.4 所示布设。每个位置不宜少于 2 个，且上、下排点应成对出现，上、下排点的数量应均匀。23cm $\times$ 23cm 像幅点位的选择，应符合下列要求：

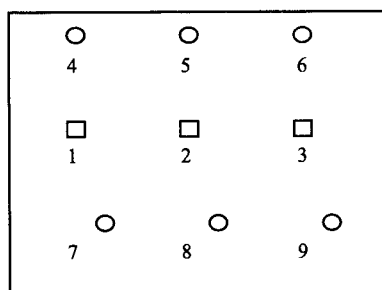


图 5.5.4 加密点点位布置

□—像主点；○—加密点

1 连接点应选在本片和相邻片影像均清晰，且易于量测的地面明显点上，不应选在阴影和变形过大的地方，并应避免选在土堤、洼地、房顶上。

2 1、2、3 点应选在距离像主点 10mm 范围内的明显点上,个别选点困难时,亦应在 15mm 范围内选点,其余点位应位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,左右偏离不应超过 15mm,上下两点离方位线的距离宜相等,且宜大于 50mm。

3 当旁向重叠过小时,应在两航线上分别选点,但其两点至重叠中线的距离之和不应大于 20mm;当旁向重叠过大,且所选点至方位线的距离小于 20mm 时,则相邻两条航线应分别选点,并应互相量测。

4 点位离各类标志应大于 1mm,点位距离像片边缘不得小于 15mm。

#### 5.5.5 像片量测应符合下列要求:

1 像点的量测宜先采用自动相关,后采用手工相关。

2 量测外业控制点,应对照控制像片上的刺孔位置、点位略图及点位说明。

#### 5.5.6 平差计算应符合下列要求:

1 平差计算程序,应具有数据管理、航带构网、区域网预处理、整体平差、粗差检测和系统误差改正等功能。打印的资料应含起始数据、观测数据、定向残差和平差成果等。

2 相对定向残余上下视差和模型连接较差,应符合表 5.5.6-1 的规定。

表 5.5.6-1 相对定向残余上下视差及模型连接较差要求

地形	残余上下视差 $\Delta q$ (mm)		模型连接较差 (m)	
	标准点	检查点	平面 $\Delta s$	高程 $\Delta z$
平丘	0.005	0.008	$0.06M \times 10^{-3}$	$0.04 \frac{Mf}{b} \times 10^{-3}$
山地	0.008	0.010		

注:  $\Delta q$ —残余上下视差(mm);  $\Delta s$ —平面位置较差(m);  $\Delta z$ —高程较差(m);  $M$ —像片比例尺分母;  $f$ —航摄影主距(mm);  $b$ —像片基线长度(mm)。

3 绝对定向外业控制点限差要求,应符合表 5.5.6-2 规定。

表 5.5.6-2 绝对定向外业控制点限差要求

地形	定向点残差(m)		多余控制点不符值(m)		相邻航线公共点较差(m)	
地形	平面	高程	平面	高程	平面	高程
平地	1.0	0.3	1.5	0.4	2.5	0.8
丘陵	1.0	0.5	1.5	0.6	2.5	1.2
山地	1.5	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0
高山地	2.0	1.5	3.0	3.0	4.5	6.0

4 计算过程中出现超限和错误时,应利用各种资料,根据各类误差产生的规律及超限误差的大小和方向,对相对定向和绝对定向的计算成果进行分析和处理。

5 加密点的中误差,应按下列公式计算确定:

$$m_{kz} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad (5.5.6-1)$$

$$m_{gg} = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (5.5.6-2)$$

式中:  $m_{kz}$ ——控制点中误差(m);

$m_{gg}$ ——公共点中误差(m);

$\Delta$ ——多余野外控制点的不符值(m);

$d$ ——相邻航线公共点的较差(m);

$n$ ——评定精度的点数。

## 5.6 建立路径三维数字模型

5.6.1 正射影像图的分辨率不应低于 1m。

5.6.2 调绘资料的录入应采用立体观察和影像识别的方法,并形成电子文档。录入资料应包括电力线、通讯线、管线、规划区、矿区、树种、树高等。

5.6.3 数字高程模型格网间距不应大于 10m。



## 5.7 室内选择路径方案

5.7.1 室内选择路径方案时,应使用正射影像图、数字高程模型,在可视化的三维环境下,并应由设计与勘测人员共同完成。室内选择输电线路路径方案时,应根据杆塔使用条件、减少拆迁、利于环保和便于立塔等原则,在正射影像图上初步调整路径。在可视化的三维环境中,应使用选线工具精确调整路径,并应在立体像对中逐基查看塔位地形,同时应检查风偏、危险点等。

5.7.2 正射影像路径图应包括正射影像、等高线、村庄、河流等笔记、调绘资料、优化路径、全球定位系统控制点、公里格网等信息。

5.7.3 室内选择路径提交的测量成果应包括转角坐标、数字化航片影像、空三数据、正射影像路径图、路径优化报告。

5.7.4 全路径平断面图宜采用数字摄影测量系统测绘。

5.7.5 利用数字摄影测量系统测绘房屋面积和层数时,范围应为路径两侧各 60m。成图比例尺宜为 1:1000。

5.7.6 利用数字摄影测量系统测绘林区范围分布图时,成图比例尺宜为 1:10000。

## 5.8 现场工作和测量成果

5.8.1 现场选择输电线路路径时,对影响路径方案的规划区、协议区、拥挤地段、大档距、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,必要时应实测落实路径。

对输电线路路径方案有影响的地段,应配合设计人员对重要交叉跨越进行测量。

跨越主要铁路、高速公路、重要管线、城市规划区域、矿藏区域、国家和地方重点保护区域等协议区的相关塔位,应实测塔位坐标。

输电线路接近或经过规划区、工矿区、军事设施区、收发信号台及文物保护区等地段,当协议要求取得统一的坐标系统时,应进

行坐标联系测量。

**5.8.2** 变电站或发电厂进出线平面图测绘,宜采用与线路相同的坐标系统。

**5.8.3** 当输电线路对邻近的低压线路构成影响时,应测绘低压线路危险影响相对位置图。

**5.8.4** 关键塔位,应配合设计人员现场定位,并宜测量塔基断面图和塔位地形图。

**5.8.5** 影响输电线路路径方案的房屋拥挤地段应测绘其范围,并应合理选择路径方案。

**5.8.6** 线路通过江河、湖泊、水库、河网地段及水淹区域,应根据水文专业的要求测量水文断面。

**5.8.7** 初步设计阶段测量成果,宜包括下列内容:

- 1 航测平断面图。
- 2 航测房屋面积图。
- 3 拥挤地段平面图。
- 4 变电所进出线平面图。
- 5 拥挤地段房屋面积图。
- 6 低压线路影响相对位置图。
- 7 输电线路与相关设施的相对位置图。
- 8 平断面图、塔基断面图和塔位地形图。
- 9 水文断面测量成果。
- 10 标注测量调绘成果的 1:50000 地形图。
- 11 正射影像图。
- 12 测量技术报告。

## 6 施工图设计阶段测量

### 6.1 一般规定

6.1.1 施工图设计阶段测量可分为选线测量、定线测量、桩间距离测量、高差测量、平断面测量、定位测量及检验测量等多道工序,环境条件简单时,可合并工序。

6.1.2 转角桩、直线桩、塔位桩应分别按顺序编号,不得重号,宜埋设固定标桩,标桩类型可根据工程具体情况确定。测量标桩规格及埋设尺寸应符合本规范附录 A 的规定。

6.1.3 使用全站仪或经纬仪直接定线时,直线桩位的直线限差应为  $1'$ 。使用全球定位系统定线时,直线桩位垂直线路方向偏差不应大于  $0.05\text{m}$ ;相邻直线桩的高差误差不应大于  $0.3\text{m}$ ;桩间距离测量的相对误差不应大于  $1/1000$ 。

6.1.4 测量交叉跨越点相对邻近直线桩高程误差限差应为  $0.3\text{m}$ ,断面点、风偏点相对邻近直线桩高程误差限差应为  $0.5\text{m}$ 。

6.1.5 使用实时动态定位模式测量时,应符合下列要求:

- 1 移动站与基准站之间的距离不宜大于  $8\text{km}$ 。
- 2 同步观测卫星数不应少于 5 颗,显示的坐标和高程精度指标应在  $\pm 30\text{mm}$  范围内时再记录。
- 3 进行直线桩、塔位桩放样时,允许偏距为  $\pm 15\text{mm}$ 。
- 4 同一直线段内的直线桩、塔位桩宜采用同一基准站进行实时动态定位模式放样。当更换基准站时,应对上一基准站放样的直线桩或塔桩进行重复测量。

5 对转角桩、直线桩、塔位桩进行检查测量时,测量的坐标较差应小于  $\pm 0.07\text{m}$ ,高程较差应小于  $\pm 0.1\text{m}$ 。

6 控制点应利用全球定位系统控制网点,使用前应确认其可

靠性。控制网点的密度、观测条件不能满足要求时,应以全球定位系统控制网点为起算点,采用全球定位系统静态或快速静态观测模式进行加密。

**6.1.6** 平断面图上档距、桩距、累距注记应取位至米,直线桩、塔位桩、水位高程、交叉跨越点高程注记应取位至分米。

## **6.2 现场落实路径**

**6.2.1** 现场落实输电线路路径应根据批准的初步设计路径方案,配合设计专业实地确定输电线路路径转角位置,并应获取转角值。

**6.2.2** 对转角间影响路径的地形、地物,应配合设计人员进行测量,并应实地调整转角位置。

**6.2.3** 当路径方案调整较大时,宜在数字摄影测量系统上配合设计人员进行路径优化。

**6.2.4** 转角位置确定后,可使用实时动态定位模式测量或快速静态模式测量转角坐标和高程。坐标中误差不应大于 5cm。高程中误差不应大于 7cm。

**6.2.5** 当后续定线测量工作采用全站仪施测时,转角附近应设置方向桩,方向桩和转角桩间应通视良好,且桩间距离不宜小于 200m。方向桩坐标和高程应使用实时动态定位模式或快速静态模式测量。

## **6.3 定线测量、桩间距离测量、高差测量**

### **I 全站仪测量**

**6.3.1** 全站仪测量直接定线可采用距离分中法或角度分中法。距离分中法的前视点,应取经纬仪正倒镜不同位置的中点。角度分中法的前视点,应取经纬仪正倒镜两水平角的平分点。当采用的全站仪不能倒镜时,应逆时针加测水平角半测回。直接定线后,应检测水平角半测回,并应作记录,其角值允许偏差为  $\pm 1'$ 。

**6.3.2** 直接定线可采用逐站观测或跳站观测。当采用跳站观测时,其最远点与测站间距离,平地不宜大于 800m,山区不宜大于 1200m。所加直线桩桩间距离宜均匀,且不宜过短。

**6.3.3** 直线桩应设在便于桩间距离测量、高差测量、平断面测量、交叉跨越测量,以及检查测量和能长期保存的位置。桩间距离在平丘地区不宜大于 400m,在山区可根据地形条件适当增加。

**6.3.4** 定线时照准的前、后视目标应立直,且宜瞄准目标的下部。当照准目标在平地 100m 以内无遮挡物时,应以细小标志指在桩顶铁钉位置。当照准目标距离小于 40m 时,应照准标桩的点位或细直目标的下部。

**6.3.5** 直接定线测量技术要求应符合表 6.3.5 的规定。

**表 6.3.5 直接定线测量技术要求**

仪器对中误差(mm)	水平气泡偏移(格)	正倒镜前视点两次点位之差(m)
$\leq 3$	$\leq 1$	每百米 $\leq 0.06$

**6.3.6** 直接定线测量转角桩水平角测量技术要求,应符合表 6.3.6 的规定。

**表 6.3.6 转角桩水平角测量技术要求**

仪器型号	观测方法	测回数	2C 互差	读数	成果取值
DJ6	方向法	1	1'	6"	1'
DJ2	方向法	1	18"	1"	1"

**6.3.7** 当遇障碍物且地形较平坦时,可布设矩形、等腰三角形,并应采用全站仪或钢尺量距结合经纬仪间接定线。间接定线测角、量距技术要求应符合表 6.3.7-1 和表 6.3.7-2 的规定。

**表 6.3.7-1 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	成果取值
DJ2	全圆方向法	1	18"	1"	1"

表 6.3.7-2 间接定线量距技术要求

仪器型号	仪器对中允许偏差 (mm)	水平度盘气泡允许偏差格	点位设置		光电测距仪测距			钢尺量距		
			方法	限差 (mm)	方法	垂直于路径长度最短距离 (m)	对向测距较差相对误差	方法	垂直于路径长度 (m)	往返丈量较差相对误差
DJ2	≤3	≤1	正倒镜两次点位取中	两次点位之差每 10m <3	对向观测各一测回	≥20	≤1/4000	往返丈量	20~80	≤1/2000

注:1 作任意形状支导线时,边长宜均匀。

2 当测距边小于 20m 或大于 80m 时,应提高测量精度。

3 距离读至毫米,计算至毫米。

### 6.3.8 导线法间接定线测量,应符合下列要求:

1 导线法间接定线中的距离测量应使用不低于 II 类光电测距仪器,并应对向观测各一测回,边长相对中误差不应低于 1/14000。

2 导线的水平角测量应使用不低于 DJ2 等级仪器,应观测左、右角各一测回,并应取平均值。圆周角允许闭合差为  $\pm 20''$ ,测角允许中误差为  $\pm 10''$ 。

3 导线的坐标系,宜以起始端直线桩点为原点,宜以路径直线方向为  $x$  轴方向、过原点垂直于路径直线方向为  $y$  轴方向。

4 现场应实时计算出导线点坐标及方位角,角度应取位至秒;边长、坐标应取位至毫米。

5 末端两个直线桩点的标定,应采用放样和定测进行。放样之后进行定测的计算结果,其回归至直线上横向偏距值应小于 5mm。

6 中间的导线点不宜超过 5 个,导线长度不宜超过 2km。

7 导线法间接定线中的高差测量应采用不低于二级的光电测距三角高程测量。

6.3.9 桩间距离采用全站仪测量时,宜进行对向观测各一测回。条件困难时可同向观测两测回,两测回间应变动仪器高,两测回间仪器高之差应大于 0.1m。两测回距离较差相对误差不应大于 1/1000,超限时,应补测一测回,并应选用其中合格的两测回成果。补测一测回仍超限时,应重新施测两测回。

6.3.10 高差测量应符合下列规定:

1 高差测量应与测距同时进行,应采用三角高程测量两测回。两测回的高差较差不应大于 0.4S,单位应为 m,S 应为测距边长,应以 km 计。当测距边长小于 0.1km 时,应按 0.1km 计。当高差较差超限时,应补测一测回,选用其中两测回合格的成果,补测一测回仍超限时,应重新施测两测回。

2 仪器高和棱镜高均应量至厘米,高差应计算至厘米,成果应采用两测回高差的中数,并应取至分米。

3 当距离超过 400m 时,高差应按式(6.3.10)进行地球曲率和大气折光差改正:

$$r = \frac{1-K}{2R} S^2 \quad (6.3.10)$$

式中:  $r$ ——地球曲率和大气折光差改正数(m);

$R$ ——地球平均曲率半径(m),当纬度为  $35^\circ$  时,  $R = 6371\text{km}$ ;

$S$ ——测距边长(m);

$K$ ——大气折光差系数,取 0.13。

## II 卫星定位测量

6.3.11 采用实时动态定位模式进行定线测量、桩间距离测量、高差测量时,直线定线应依据实地选定的转角实测坐标,直线定线前应校核转角桩,校核结果应符合本规范第 6.1.5 条的规定。

6.3.12 每个直线桩应至少有一个方向通视,桩位选择除应符合

本规范第 6.3.3 条的规定外,还应符合下列要求:

1 桩间距不宜小于 200m,山区可根据地形条件适当放宽。

2 桩位应满足全球定位系统测量观测条件。

**6.3.13** 采用实时动态定位模式进行直线桩放样应符合本规范第 6.1.5 条的规定。当显示的偏距小于 $\pm 15\text{mm}$ 时,可确定直线桩,并应记录实测的数据、桩号。

## 6.4 联系测量

**6.4.1** 输电线路接近或经过规划区、工矿区、军事设施区、收发信号台及文物保护区等地段,且协议要求取得统一的平面坐标系时,应进行平面坐标联系测量。

**6.4.2** 平面联系测量中,转角塔中心点位误差,不应大于协议区用图图面上 0.6mm。有特殊要求时,应按其精度要求执行。

**6.4.3** 进出变电所或电厂的线路起讫点,应采用与变电所或电厂相一致的坐标系进行放样。定位测量后的坐标应转换为与输电线路工程一致的坐标系。

**6.4.4** 输电线路通过河流、湖泊、水库、河网地段及水淹区域,应根据水文专业的需要进行洪痕点及洪水位高程的联系测量。

**6.4.5** 高程联系测量的路线长度小于 5km 时,高程联系测量应采用不低于二级三角高程测量或实时动态定位模式测量方法;路线长度为 5km~10km 时,应采用不低于一级三角高程测量或图根水准测量方法;路线长度大于 10km 时,应采用四等水准测量或四等三角高程测量。水准测量和三角高程测量应符合现行行业标准《火力发电厂工程测量技术规程》DL/T 5001 的有关规定。

## 6.5 平面及断面测量

### I 一般要求

**6.5.1** 输电线路平断面图应采用数字摄影测量系统测绘,现场应采用全站仪、全球定位系统校测和补测平断面。



**6.5.2** 输电线路平断面图的比例尺,宜采用水平 1 : 5000、垂直 1 : 500。线路平断面图应符合本规范附录 B 的规定。

**6.5.3** 现场平断面测量,应绘制草图。

**6.5.4** 平断面图从变电站起始或终止时,应注记构架中心地面高程,并应根据设计需要,测量已有导线悬挂点横担高程并注明高程系统。凡分段测量时,相邻两段均应在图纸上注明接合处桩位的相对高程值,并应加以说明。

**6.5.5** 对输电线路中心线两侧各 75m 范围内有影响的建构筑物、道路、管线、河流、水库、水塘、沟渠、坟墓、悬岩、陡壁等,应测绘于平面图上。

**6.5.6** 输电线路通过林区、果园、苗圃、农作物及经济作物分布区时,应测绘其边界,并应注明作物名称、种类、林木现实生长高度及密度。

**6.5.7** 输电线路平行接近通信线、地下光缆时,应按设计要求测绘相对位置平面图,成图比例尺宜为 1 : 1000 或 1 : 2000。

**6.5.8** 当线路路径经过拥挤地段时,可根据设计专业需要测绘比例尺为 1:1000 或 1:2000 的平面图。

**6.5.9** 选测的断面点应能真实地反映地形变化和地貌特征。断面点的间距,平地不宜大于 50m。独立山头不得少于 5 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。

**6.5.10** 当边线地形比中心断面高出 0.5m 时,应加测边线断面。路径通过缓坡、梯田、沟渠、堤坝时,应选测有影响的边线断面点。当两边导线之间有高出中心断面和边线 0.5m 的危险点时,应施测并标于图上。

**6.5.11** 当边线外存在高宽比为 1 : 3 以上边坡时,应测绘风偏横断面图或风偏点。风偏横断面的长度或风偏点的位置,应根据其对边导线的危险影响确定,风偏横断面图的水平与垂直比例尺宜相同,可采用 1 : 500 或 1 : 1000,宜以中心断面为起画基点,当中心断面点处于深凹处不需测绘时,可以边线断面为起画基点。当

路径与山脊斜交时,应选测两个以上的风偏点。

## II 数字摄影测量系统测图

**6.5.12** 采用框标定向进行内定向时,框标坐标量测允许误差为 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

**6.5.13** 相对定向,定向点上的允许残余上下视差为 $\pm 0.005\text{mm}$ ,特殊情况为 $\pm 0.008\text{mm}$ 。

**6.5.14** 绝对定向平面坐标允许误差应符合下列要求:

1 平地、丘陵地区为 $\pm 0.0002M$ ,其中单位为 $\text{m}$ , $M$ 为成图比例尺分母,特殊情况为 $\pm 0.0003M$ 。

2 山地、高山地区为 $\pm 0.0003M$ ,特殊情况为 $\pm 0.0004M$ 。

**6.5.15** 绝对定向高程允许定向误差应符合下列要求:

1 平地、丘陵地为 $\pm 0.3\text{m}$ 。

2 山地、高山地为 $\pm 0.5\text{m}$ 。

**6.5.16** 像机参数、图幅参数、边线距离应正确设置,并应保证转角坐标导入或输入正确。

**6.5.17** 采集断面数据时,步距宜为 $5\text{m}\sim 10\text{m}$ ,并能正确反映现场地形,高程宜手动切准地面。

**6.5.18** 调绘信息应全面转绘到平断面图上。

**6.5.19** 一个耐张段内不应更换作业员。

## III 全站仪测量

**6.5.20** 平断面测量应选用DJ6级及以上全站仪进行测量,仪器垂直度盘的指标差不应超过 $1'$ ,光电测距的棱镜常数应作改正。

**6.5.21** 平断面测量,直线路径后视方向应为 $0^\circ$ ,前视方向应为 $180^\circ$ 。当在转角桩设站测量前视方向断面点时,应将水平度盘置于 $180^\circ$ ,并应对准前视桩方向。前后视断面点施测范围,应以转角角平分线为分界线。

**6.5.22** 断面点宜就近桩位观测。测距长度不宜超过 $500\text{m}$ ,测距长度超过 $500\text{m}$ 时,应进行正倒镜观测一测回,其距离较差的相对误差不应大于 $1/200$ ,垂直角较差不应大于 $1'$ ,成果应取中数。

**6.5.23** 当桩间距离较大或地形与地物条件复杂时,应加设临时测站。加设临时测站的技术要求,应符合本规范第 6.3.9 条和第 6.3.10 条的规定。

#### IV 卫星定位测量

**6.5.24** 同一耐张段内的平断面测量宜采用同一基准站进行实时动态定位方法测量。当更换基准站时,应对上一基准站放样的直线桩进行重复测量,测量结果应符合本规范第 6.1.5 条的规定。

**6.5.25** 实时动态定位模式测量的原始三维坐标数据中宜保留平面、高程精度指标。

#### V 平断面图汇编

**6.5.26** 对使用摄影测量系统所测的平断面图,应根据现场所测数据和调查的地物属性信息进行补充、修正,并应编辑绘制平断面图。

**6.5.27** 平断面图图式应符合本规范附录 C 的规定。

### 6.6 交叉跨越测量

**6.6.1** 交叉跨越测量可采用全站仪、全球定位系统及直接丈量等方法测定距离和高差。

**6.6.2** 对于一、二级通信线,10kV 及以上电压等级的电力线,有危险影响的建(构)筑物,宜就近桩位观测一测回。

**6.6.3** 1000kV 架空输电线路交叉跨越 10kV 及以下电压等级电力线和弱电线路时,应测量中线交叉点线高。当已有电力线左右杆不等高时,还应施测有影响一侧边线交叉点的线高及风偏点的线高,并应注明其电压等级。当中线或边线跨越杆塔顶部时,应施测杆塔顶部高程。对一级、二级通信线,应施测交叉角。

**6.6.4** 1000kV 架空输电线路交叉跨越 35kV 及以上电压等级的电力线时,除应测量中线与地线交叉点的线高外,还应测量本工程线路两侧边线处被交叉地线的高度,以及有影响一侧风偏点的线高,应注明其电压等级、两侧杆塔号及通向。当需要进行低电压线

反向风偏校验时,应测量被跨越线路的弧垂、挂点等。

**6.6.5** 1000kV 架空输电线路平行接近边导线外 30m 范围内的已建 35kV 及以上电压等级的电力线,应测绘其位置、高程和杆高。

**6.6.6** 与铁路和主要公路交叉时,应测绘交叉点轨顶或路面高程,并应注明通向和交叉处的里程。

**6.6.7** 1000kV 架空输电线路交叉跨越一般河流、水库和水淹区,应根据水文人员要求测绘洪水位及积水位高程,并应注明由水文人员提供的发生时间及施测日期。当在塘、河中立塔时,应根据设计需要,测量塘、河地形图及水下地形图,水下地形图的比例可为 1:500。

**6.6.8** 1000kV 架空输电线路交叉跨越或接近距中心线 60m 以内的房屋时,应测绘屋顶高程及接近线路中心线的距离。对风偏有影响的房屋应予以绘示。在断面图上应区分房屋平顶与尖顶型式。

**6.6.9** 1000kV 架空输电线路交叉跨越电缆、油气管道等地下管线时,应根据设计人员提出的位置,测绘其平面位置、交叉点的交叉角及地面高程,并应注明管线名称、交叉点两侧桩号及通向。

**6.6.10** 1000kV 架空输电线路交叉跨越索道、易燃易爆管道、渡槽等建(构)筑物时,应测绘中心线交叉点顶部高程和左右边线交叉点的高程,并应注明其名称、材料、通向等。

**6.6.11** 1000kV 架空输电线路交叉跨越拟建或正在建设的设施时,应根据设计人员现场指定的位置和要求进行测绘或根据设计人员提供的相关资料标注在平断面图上。

## **6.7 定位测量**

### **I 一般要求**

**6.7.1** 定位测量前应取得下列资料:

#### **1 塔位明细表。**

2 具有导线对地安全线的平断面图。

3 设计定位手册。

6.7.2 定位测量前应对照平断面图进行实地巡视检查,发现重要地形地物漏测或与实地不符时,应进行补测修改。

6.7.3 因现场条件不能打塔位桩时,应实测和提供塔位里程和高程,并宜在塔位附近直线方向可保存处打副桩。

6.7.4 定位测量前和定位中应进行检查测量,其技术要求应符合表 6.7.4 的规定。

表 6.7.4 检查测量技术要求

内 容	方 法	允 许 较 差		
		距离较差 相对误差	高差较差 (m)	角度 较差
直线桩间方向、 距离、高差	判定桩位未被碰动 或未移位可不作检测。 否则应重新测量	1/500	±0.3	—
被交叉跨越物的 距离、高差	10kV 及以上电力线 半测回检测	1/200	±0.3	
危险断面点的 距离、高差	在邻近桩半测回 检测		平地±0.3, 山地、丘陵 ±0.5	
转角桩角度	方向法半测回检测	—	—	±1'30"
间接定线的桩间 距离、高差	判定桩位未被碰动 或移位,可不作检测。 否则应重新测量	点位横 坐标较差 2.5cm/百米	±0.3	—

## II 全站仪测量

6.7.5 塔腿(勘探点)定位测量应符合现行行业标准《火力发电厂工程测量技术规程》DL/T 5001 的有关规定。

**6.7.6** 采用全站仪定位测量时宜逐基进行,直接定线地段的塔位桩,可用前视法或正倒镜分中法测定,其技术要求应符合本规范第 6.3.1 条的规定。间接定线地段的塔位桩,其技术要求应符合本规范第 6.3.7 条和第 6.3.8 条的规定。

**6.7.7** 塔位桩间的距离和高差,应在就近直线桩测定,其技术要求应符合本规范第 6.3.9 条和第 6.3.10 条的规定。

### III 卫星定位测量

**6.7.8** 采用实时动态定位模式进行定位测量,直线定线依据定线测量时实测的转角坐标,定位测量前应校核直线桩或转角桩。塔位放样应符合本规范第 6.1.5 条的规定,直线偏差小于 $\pm 15\text{mm}$ 时,可确定塔位桩,并应记录数据、桩号。

**6.7.9** 当利用全球定位系统塔位坐标计算转角角度时,应使用转角桩及转角桩前后的塔位坐标进行计算。转角桩及转角桩前后的塔位坐标应利用同一基准站测量。

## 6.8 塔基断面及塔位地形测量

**6.8.1** 塔基断面图测量应逐基测绘塔基对角线的 4 个方向。塔基断面图的纵横比例尺宜为 1:200。塔基断面应反映塔腿方向的高程变化。测量范围应满足勘测任务书的要求或根据塔型由设计人员确定。塔基断面图图式应符合本规范附录 D 的规定。

**6.8.2** 当塔腿间高差超过 1.5m 时,应测绘塔位地形图,塔位地形图的比例尺宜为 1:200,等高距宜为 0.5m。塔位地形图宜采用独立坐标系,高程系统宜与输电线路高程系统保持一致,也可采用相对高程。塔位地形图测量应符合现行行业标准《火力发电厂工程测量技术规程》DL/T 5001 的有关规定。

## 6.9 房屋分布图测量

**6.9.1** 对 1000kV 架空输电线路中心线两侧各 60m 范围内的房

屋及其他建(构)筑物,应测量其长、宽、高,并应标注建筑物材料、用途、层数及户主等信息,测量距输电线路中心线距离、地面高程等,对局部大档距的地段可根据设计要求加宽测量范围。房屋调查工作应配合技经专业进行。

**6.9.2** 房屋分布图可采用全站仪极坐标法、丈量法和航测法测量,并宜与平断面测量同时进行。房屋边长丈量精度不应低于 $0.04S$ ,其中 $S$ 为房屋边长,单位为 $m$ ,房屋层数应注记至 $0.5$ 层。

**6.9.3** 房屋分布图比例尺宜为 $1:1000$ 。房屋分布图绘制应采用统一符号格式,每幅起点、终点应注明线路累距。每处房屋分布图应附有面向线路侧的影像资料。

## **6.10 塔位坐标测量**

**6.10.1** 塔位坐标测量应逐基进行,坐标系统应在塔位坐标成果表中注明。

**6.10.2** 塔位坐标测量可采用实时动态定位模式或全站仪极坐标法测量。

**6.10.3** 塔位坐标测量精度应满足输电线路直线度不大于 $1'$ 、线路方向距离相对误差不大于 $1/1000$ 的要求。塔位直角坐标成果应取位至厘米。

## **6.11 测量成果**

**6.11.1** 施工图设计阶段测量成品资料,宜包括下列内容:

- 1 测量技术报告。
- 2 平断面图。
- 3 重要交叉跨越平断面分图。
- 4 拥挤地段平面图。
- 5 通信线路危险影响相对位置图。

6 塔位坐标成果表,当使用卫星定位测量技术定位时,还应包括控制点成果。

7 包含影像资料的房屋分布图。

8 塔基断面图。

9 塔位地形图。

**6.11.2** 测量技术报告应对测量工作进行全面记述,对测量方法、测量精度做重点说明,并宜包括下列内容:

1 任务来源及要求。

2 测量范围与测区情况描述。

3 测量工作依据的技术标准。

4 测量中使用的仪器设备及人员组织。

5 完成的工作量。

6 测量技术工作的全面介绍。

7 提交的测量成果目录。

8 存在问题的说明。



## 7 可行性研究阶段岩土工程勘察

### 7.1 勘察技术要求

7.1.1 可行性研究阶段岩土工程勘察前,应搜集和取得下列资料:

- 1 勘察任务书及路径方案。
- 2 1:50000~1:500000 区域地质图。
- 3 沿线工程地质、水文地质及矿产资源资料。
- 4 地质灾害的分布及评估资料。
- 5 地震地质资料。

7.1.2 可行性研究阶段岩土工程勘察,应符合下列要求:

1 应通过现场调查及搜集资料,初步查明并分析沿线的区域地形地貌、地层岩性、地质构造、地震、不良地质作用和地质灾害、地下水等条件,以及矿产资源的分布情况。

2 沿线区域岩土条件复杂且不良地质作用和地质灾害发育时,应对拟选输电线路区域进行地质遥感调查。

3 沿线位于高烈度地震区时,应重点调查区域活动性断裂的展布及性质,并应分析断裂活动性及地震地质灾害对路径的影响。

4 沿线不良地质作用发育、特殊性岩土及矿产资源分布范围广泛时,应分析对工程建设的影响,并应提出避让或岩土工程处理的建议。

### 7.2 勘察成果

7.2.1 可行性研究阶段岩土工程勘察报告,应包括下列主要内容:

- 1 工程概况、任务依据和执行的技术标准。

- 2 区域地质、地震背景。
  - 3 各路径方案沿线的地形地貌特征、地层岩性、地下水条件、不良地质作用及矿产资源分布等。
  - 4 各路径方案的岩土工程条件分析与评价。
  - 5 各路径方案的岩土工程条件比选与推荐结果。
  - 6 下阶段工作建议。
- 7.2.2 可研勘察报告中应提供综合工程地质图。

## 8 初步设计阶段岩土工程勘察

### 8.1 勘察技术要求

8.1.1 初步设计阶段岩土工程勘察前,应搜集和取得下列资料:

- 1 勘察任务书。
- 2 标有路径方案的 1:10000~1:50000 地形图和其他地形资料。

3 可行性研究阶段岩土工程勘察报告和其他专题研究报告,前期取得的有关区域地质、地震地质、矿产地质、水文地质、工程地质、环境地质等资料。

4 可行性研究阶段相关工作的审查意见、政府部门的相关批复文件和有关协议。

8.1.2 初步设计阶段岩土工程勘察,应符合下列要求:

1 应在已有资料的基础上,进一步补充搜集拟选路径的区域地质、矿产资源分布与开发情况等,并应做出分析评价。

2 应查明沿线的工程地质条件,对各路径方案应分区段做出岩土工程分析评价,并应为选择塔基基础类型提供必要的岩土工程勘测资料。

3 应搜集沿线地震地质资料。

4 应初步评价水、土的腐蚀性。

5 应查明对确定路径影响较大的不良地质作用和地质灾害,特殊性岩土的种类、范围、性质,评价其对工程的危害程度,并提出避让或处理建议。

8.1.3 初步设计阶段岩土工程勘察应以搜集资料结合现场踏勘调查为主要方法。采用航片或卫片进行遥感地质解译时,比例尺可为 1:5000~1:50000,并宜在沿线的不同工程地质区段布置

适量的勘探工作。

**8.1.4 路径选择时应避开下列地段：**

- 1 大范围的采空区、塌陷区、矿产资源分布区。
- 2 流动性沙漠区。
- 3 滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害多发、易发区及其他不良地质作用严重发育地区。

**8.1.5 当存在对路径方案具有严重影响的滑坡、泥石流、采空塌陷区时，应进行专项勘察。**

## **8.2 勘察成果**

**8.2.1 初步设计阶段的岩土工程勘察成果应在分析与研究所搜集沿线有关资料的基础上，结合重点地段、主要跨越段、主要塔基的勘察结果进行编制。**

**8.2.2 初步设计阶段岩土工程勘察报告，应包括下列主要内容：**

- 1 工程概况、任务依据、执行的技术标准、勘察方法及工作量。
- 2 沿线的地形地貌、地质构造、地震地质、地层岩性、水文地质、不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土、矿产分布及开采情况等。
- 3 沿线主要不良地质作用的发育特征及其评价。
- 4 各路径方案的岩土工程条件综合比较与评价，地基基础方案的推荐意见。
- 5 推荐岩土工程条件相对较优的路径方案。
- 6 结论与建议。
- 7 勘察成果附图和表。

## 9 施工图设计阶段岩土工程勘察

### 9.1 一般规定

9.1.1 施工图设计阶段岩土工程勘察前,应取得下列资料:

- 1 勘察任务书。
- 2 标有路径方案的 1:5000~1:10000 地形图或其他地形资料。
- 3 定位手册。
- 4 初步设计阶段的勘察报告、专题研究报告。
- 5 初步设计审查意见、相关专项研究的评审结果、政府职能部门的批复文件和协议。

9.1.2 施工图设计阶段岩土工程勘察,应符合下列要求:

- 1 应查明沿线的地形地貌、岩土层的分布与性质、地质灾害、水文地质、矿产开采等条件。
- 2 应采用适宜的勘察方法进行逐基或逐腿勘察,查明塔基岩土条件,并应选定地基稳定或岩土整治相对容易的塔位。
- 3 对塔位及其附近特殊性岩土、不良地质作用和地质灾害应进行勘察,并应分析和评价其影响。
- 4 应分析和评价水、土的腐蚀性。
- 5 对适宜的基础型式和岩土整治方案应进行分析并提出建议。
- 6 对施工和运行中可能出现的岩土工程问题应进行预测分析;并应提出相应建议。

9.1.3 施工图设计阶段岩土工程勘察应进行大地导电率和土壤电阻率测量,并应符合下列要求:

- 1 大地导电率测量应提供 50、800 周波参数条件下的大地导

电率数据。

2 土壤电阻率参数应逐基提供,测量解释深度不应小于地面下 5m。

## 9.2 平原河谷地区勘察

9.2.1 平原与河谷地区岩土工程勘察,应采用工程地质调查与现场勘探相结合的方法,并应包括下列内容:

- 1 塔位的地形地貌、岩土层的分布和性质。
- 2 暗浜、河(湖)和塘的分布。
- 3 地下水类型、变化规律及其腐蚀性。
- 4 不良地质作用。

9.2.2 勘探点布置应根据沿线各地段的地质条件复杂程度、塔型及其重要性确定,并应符合下列要求:

1 直线塔和直线转角塔,简单地段应布置 1 个勘探点,并宜布置在塔基的中心或塔腿位置;中等复杂地段应布置 2 个勘探点,并宜布置在呈对角线的两个塔腿位置;复杂地段应逐腿布置勘探点。

2 转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔或其他有特殊设计要求的塔位,应多腿或逐腿勘探,并应布置 2 个~4 个勘探点。

3 地质条件特别复杂的塔位宜增加勘探点。

9.2.3 勘探深度应根据塔型、基础型式、基础尺寸与埋深、荷载、塔位地质条件等因素综合确定,并应符合下列规定:

1 直线塔或直线转角塔,勘探深度不应小于 8m,并应满足变形验算要求。

2 转角塔、耐张塔、一般跨越塔和终端塔,勘探深度不应小于 12m,并应满足变形验算要求。

3 在本条第 1 款和第 2 款勘探深度内,如遇有软弱土层或地震基本烈度大于等于Ⅶ度地区遇有饱和砂土、粉土时,勘探深度应加深。

4 在本条第 1 款和第 2 款勘探深度内,如遇基岩或厚层碎石土等稳定的强度高、压缩性低的岩土层时,勘探深度可根据具体情况进行调整。

5 采用桩基的塔位,勘探深度应根据勘察任务书要求,以及桩基设计条件和塔基岩土条件综合确定,并应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

9.2.4 当塔基位于阶地边缘时,应选择在下部部位立塔:

- 1 河岸平直稳定、河谷狭窄、跨越距离较短。
- 2 地势较高,不受地下水和地表水影响。
- 3 塔位地基岩土性质较好。

9.2.5 塔位应避免设在山区河流的出口部位;当杆塔位于较窄的山区河流阶地后缘部位时,应调查并评价环境地质条件对塔位稳定性影响。

### 9.3 山地丘陵地区勘察

9.3.1 山地丘陵区岩土工程勘察,应以工程地质调查或测绘为主要方法,并应辅以适量的勘探工作,勘察内容应符合下列要求:

- 1 岩土体成因、类型、分布,岩土节理裂隙发育情况和风化程度等。
- 2 碳酸岩地区的岩溶发育特征。
- 3 冲沟的现状以及发展趋势。
- 4 滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害的发育情况及其危害程度。
- 5 地下水类型、变化规律及其腐蚀性。

9.3.2 山地丘陵区岩土工程勘察工作,应符合下列要求:

- 1 基岩裸露的塔位,应逐基进行工程地质调查。
- 2 第四系覆盖的塔位,应逐基或多腿勘探,必要时逐腿勘探,查明第四系覆盖层厚度与性质,勘探深度应至基岩面,并应准确判定下伏岩体的工程特性,当基岩面埋藏较深时,勘探深度可按本规范第 9.2 节的规定执行。

### 9.3.3 选择塔位时宜避开下列地段：

- 1 深切冲沟的边缘及其向源侵蚀的源头地段。
- 2 松散堆积的高陡边坡。
- 3 水土流失严重的坡地或高陡狭窄的山脊。
- 4 滑坡、崩塌、泥石流及其他地质灾害强烈发育地段。

## 9.4 戈壁沙漠地区勘察

9.4.1 戈壁和沙漠地区岩土工程勘察，应调查区域地质地貌成因、形态特征和演变条件，并应分析评价塔位地质环境稳定性和地基稳定性。

9.4.2 戈壁和沙漠地区勘察可采用地面调查、遥感调查方法，并结合钻探、物探、坑探、取样分析等多种勘察方法。

9.4.3 戈壁区岩土工程勘察，应包括下列内容：

- 1 地形地貌特点，地质成因及沉积方向，风蚀及冲蚀稳定性、地表水流主流线摆动性。

- 2 戈壁土物质成分、级配、密实度、可溶盐类型与含量，土层的平面与竖向分布情况，季节变化特点、受水稳定性。

- 3 坎儿井、沙井、沙巷、暗渠分布，井渠结构及使用情况。

- 4 地下水分布与动态变化情况。

9.4.4 沙漠区岩土工程勘察，应包括下列内容：

- 1 沙漠成因，沙丘形态、规模、起伏程度、结构类型、密实度、含盐量，地层岩性沿深度分布及变化情况。

- 2 沙漠区主导风向，沙漠活动特点、分布规律，风蚀沙埋特点及移动速率。

- 3 植被生态类型、分布和覆盖度，地面设施分布与使用情况，地表形态演化情况，地表水、地下水分布及水质分析指标。

- 4 当地防风固沙及地基处理经验。

9.4.5 戈壁沙漠区岩土工程勘察应逐基勘探，戈壁区勘探深度不宜小于 8m，沙漠区勘探深度应达到基础底面以下 1 倍 ~ 1.5 倍



的基础宽度,并应至稳定坚实地层。

#### 9.4.6 选择塔位宜避开下列地段:

- 1 流动沙丘的下风侧。
- 2 风蚀沙埋严重发育地段。
- 3 坎儿井、沙巷、暗渠临近地带。
- 4 地面盐渍化迹象严重的地带。
- 5 靠山、沟口地面水流变迁的地带。

### 9.5 勘察成果

9.5.1 施工图设计阶段岩土工程勘察报告应对各塔位、塔腿的岩土条件进行详细评价,应提供地基设计计算、地基处理、不良地质作用的整治与防护等所需的岩土参数,并提供各塔位岩土工程条件综合成果表。

9.5.2 施工图设计阶段岩土工程勘察报告,应包括下列主要内容:

- 1 工程概况、任务依据、主要工作目的和依据的技术标准。
- 2 勘察方法和实际完成的工作量。
- 3 沿线地形地貌特征,地质构造条件,岩土的工程性质。
- 4 沿线不良地质作用的发育特点、地质灾害及其对工程的危害程度。
- 5 沿线的地下水埋藏条件及其对基础和施工的影响。
- 6 土、水的腐蚀性。
- 7 原位测试与土工试验成果。
- 8 地震动参数、地震基本烈度及场地和地基的地震效应。
- 9 沿线岩土工程分析与评价。
- 10 结论与建议。

9.5.3 塔位岩土工程条件综合成果表格式应符合本规范附录 E 的规定,并应包括下列内容:

- 1 塔位、塔腿编号。

- 2 微地貌特征。
- 3 岩土层的工程性质及其主要指标。
- 4 勘察期间地下水位及其预计的变动幅度。
- 5 不良地质作用及处理建议。
- 6 图件及影像资料。
- 7 其他相关的重要事项说明。

## 10 特殊性岩土

### 10.1 湿陷性土

**10.1.1** 1000kV 架空输电线路经过湿陷性黄土区时,应主要查明下列内容:

- 1 黄土地貌单元与成因。
- 2 黄土时代与厚度。
- 3 黄土结构与湿陷特性。
- 4 地下水类型、水位和分布变化规律。
- 5 冲沟、水渠等地表水赋存条件及其变化趋势。

**10.1.2** 在不同黄土地貌单元均应布置适量探井,应采取一级土样进行物理力学性质试验,湿陷类型和湿陷等级的计算,应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的有关规定,并应判定湿陷下限;探井深度与取样试验数量应满足湿陷性评价的需要。

**10.1.3** 在黄土梁峁及斜坡地带立塔时,应对边坡结构、地质构造、窑洞坑穴、裂缝、冲沟、水文地质和地面汇水条件进行分析,应判定塔位环境的适宜性和塔基受水稳定性,并应提出路径和塔位选择、地基处理、地面防水措施的建议。

**10.1.4** 1000kV 架空输电线路经过具有湿陷性的粗粒土分布区时,应主要湿陷性粗粒土层的成因、颗粒成分、密实度、可溶盐类型与含量等岩土条件,并应评价其腐蚀性、膨胀性和浸水稳定性。湿陷性粗粒土的勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

### 10.2 软 土

**10.2.1** 1000kV 架空输电线路经过软土分布区时,应主要查明

下列内容:

- 1 软土的成因、类别、层理特征及分布规律。
- 2 地表硬壳层的分布与厚度,下伏岩土层的埋藏条件。
- 3 微地貌形态和暗埋塘、浜、沟、坑、穴的分布及埋深情况。
- 4 地震基本烈度为Ⅶ度及以上地区厚层软土的震陷与灵敏度。
- 5 当地建筑经验。

**10.2.2** 软土勘察宜采用静力触探等原位测试方法,并宜辅以适量的钻探、十字板剪切试验与室内土工试验方法。

**10.2.3** 软土地区勘探点的布置与勘探深度,应根据基础型式和地基复杂程度确定,当有暗埋的塘、浜、沟、坑、穴时,应加密或逐腿勘探,勘探点深度的确定应符合下列要求:

- 1 采用浅基础时,转角塔、耐张塔、终端塔、一般跨越塔的勘探深度,不宜小于地基压缩层计算深度,一般直线塔可按本规范第9.2节的规定适当加深确定。

- 2 采用桩基础时,转角塔、终端塔及大跨越塔等勘探深度,应按桩端平面下地基压缩层计算要求确定,亦可取桩端平面以下8m~10m;一般直线塔可取桩端平面以下3m~5m。

**10.2.4** 软土分布区岩土工程评价,应包括下列内容:

- 1 判断地基产生失稳和不均匀变形的可能性。
- 2 提出地基处理方案建议,对可能采用桩基的塔位提出桩基设计参数和相关的建议。

### 10.3 膨 胀 土

**10.3.1** 1000kV 架空输电线路经过膨胀土分布区时,应主要查明下列内容:

- 1 地形地貌特征。
- 2 膨胀土的成因、时代、分布以及颜色、裂隙等外观特征。
- 3 膨胀土的结构特征、胀缩潜势及胀缩等级。

- 4 大气影响深度及大气影响急剧层深度。
- 5 地表水排泄与积聚情况。
- 6 浅层滑坡、地裂等不良地质作用的发育特征。
- 7 当地建筑经验。

**10.3.2** 勘探点深度应满足地基压缩层计算深度要求,且应超过大气影响深度。膨胀土的勘察尚应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的有关规定。

**10.3.3** 塔位不宜选定在浅层滑坡及地表胀缩变形发育地带、易受地表径流影响及地下水位频繁变化地带。

## 10.4 红 黏 土

**10.4.1** 1000kV 架空输电线路经过红黏土分布地区时,应主要查明下列内容:

- 1 红黏土的成因、类别、分布特征及其岩土工程特性。
- 2 土洞、地裂的分布和发育特点。
- 3 地表水及地下水条件。
- 4 下伏岩体的岩溶发育特点。
- 5 大气影响急剧层深度。
- 6 当地建筑经验。

**10.4.2** 红黏土地区勘探与测试应符合下列规定:

1 当压缩层范围内为红黏土组成的均匀地基时,应逐基勘探,勘探深度应按本规范第 9.2 节的规定执行。

2 当压缩层范围内为红黏土与岩石共同组成的不均匀地基时,应逐腿勘探,勘探深度应至基岩面,并应准确判定下伏岩体的工程特性。

3 在地区经验缺乏的地段应采取代表性原状土试样进行室内试验。

**10.4.3** 红黏土地区岩土工程分析评价,应包括下列内容:

- 1 红黏土的状态、结构和裂隙发育特征。

- 2 地基的均匀性,地基处理建议。
- 3 地表水和地下水对土体干湿循环的影响。
- 4 地表裂缝密集带或裂缝深长地段岩土条件的分析评价,避让与处理建议。

## 10.5 填 土

**10.5.1** 1000kV 架空输电线路经过填土区时,应查明沿线地形地物变迁,填土的类别、物质组成、堆积年代、堆填方式、分布特征及其工程特性。

**10.5.2** 填土区勘探与测试应符合下列要求:

- 1 填土地区塔基应进行逐基勘探。当填土成分及分布变化较复杂时,应逐腿勘探,勘探深度宜穿透填土层。当填土下分布软弱土层时,勘探深度应增加。

- 2 勘探方法应根据填土的类别和工程性质确定,宜以钻探和井探为主。

- 3 评价填土的均匀性和密实度宜采用动力触探法,并应辅以室内试验。

**10.5.3** 填土地区岩土工程评价宜符合下列要求:

- 1 应分析判定地基的均匀性、密实度、压缩性和湿陷性。

- 2 堆积年代较长的素填土、冲填土和由建筑垃圾或性能稳定的工业废料组成的杂填土,当其性质均匀、结构密实时,可推荐作为塔基的天然地基持力层。

- 3 新近回填尚未稳定的填土、有机物质含量较高的生活垃圾填土、对基础材料有腐蚀性的工业废料组成的填土和回填于斜坡之上,且可能滑动失稳的填土,未经处理不应作为塔基持力层。

- 4 填土地基的承载力应采用原位测试并结合地区经验综合确定。

## 10.6 冻 土

**10.6.1** 1000kV 架空输电线路经过冻土区时,应主要查明下列

内容:

1 季节冻土应查明其冻胀性,并应搜集沿线多年最大冻结深度资料;多年冻土应查明其上限深度、冻土类别、融陷性、季节冻结与季节融化深度,以及季节融化层土的冻胀性等。

2 丘陵和山区应查明多年冻土的分布、地下冰埋藏条件及冻土现象等,其他地区应查明塔基及其附近地下冰埋藏条件、水文地质和地表水情况,并应进行冻土的物理力学特性试验。

#### 10.6.2 冻土区勘探工作应符合下列要求:

1 季节冻土,勘探点的布置和勘探深度应符合本规范第9.2节的规定。

2 多年冻土,转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔等重要塔位,以及冻土工程地质条件复杂的塔位,应逐腿勘探,勘探深度除应满足本规范第9.2节的规定外,尚应超过冻融深度。

3 冻土的钻探、取样及测试,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《冻土工程地质勘察规范》GB 50324 的有关规定。

#### 10.6.3 冻土区的岩土工程评价,应符合下列要求:

1 多年冻土的地基承载力,应区别保持冻结地基和容许融化地基,并结合当地经验用载荷试验或其他原位测试方法综合确定。

2 多年冻土区塔位宜避开饱冰冻土、含土冰层地段和冰锥、冰丘、热融湖、厚层地下冰,以及融区与多年冻土区之间的过渡带,塔位宜选择在坚硬岩层、少冰冻土地段、地下水位或冻土层上水位低的地段和地形平缓的高地。

3 对季节冻土应提出标准冻结深度及冻胀类别,对多年冻土应分析评价冻土的工程地质条件、提出冻土地基的利用原则,推荐基础方案和施工时应采取的必要措施。

### 10.7 风化岩与残积土

#### 10.7.1 1000kV 架空输电线路经过风化岩与残积土分布区时,

应重点查明下列内容：

- 1 母岩岩性及形成时代。
- 2 岩石的风化程度。
- 3 岩性及风化差异造成的孤石分布。
- 4 岩土的统一性。
- 5 地下水条件。

**10.7.2 风化岩与残积土的勘探与测试，应符合下列要求：**

1 塔基勘察宜采用或综合采用工程地质调查、井探、钻探、物探等方法，原位测试宜采用动力触探、标准贯入试验。

2 塔基勘察应逐基进行，当岩土分布与性质差异较大时，应逐腿勘察。

3 上覆残积土厚度较小时，勘探深度应深至下伏基岩强（全）风化带适当深度；上覆残积土厚度较大时，勘探深度应符合本规范第 9.2 节的规定。

**10.7.3 残积土与风化岩的岩土工程评价，应符合下列要求：**

- 1 厚层残积土应根据其颗粒成分和状态分层分析。
- 2 应根据风化特征划分风化带，并应分带进行评价。
- 3 斜坡地带应分析风化带分界面对塔基稳定性的影响。
- 4 应重点分析评价风化岩与残积土的不均匀性及其对塔基的影响，并应提出工程处理措施和建议。

## **10.8 盐渍岩土**

**10.8.1 输电线路经过盐渍岩土分布区时，应主要查明下列内容：**

- 1 盐渍岩土类型、成分、来源及成因。
- 2 地表水水质、径流、排泄和汇集条件。
- 3 地下水类型、水位、水质及季节性变化规律。
- 4 当地盐渍岩土工程危害特点与防治经验。

**10.8.2 盐渍岩土分布区勘察应实地调查了解盐渍岩土发育分布的地域性规律，对不同区段的塔位，应采用探井（探坑）取样，分析**



盐渍岩土的物质组成、密实程度、可溶盐类型、形态与含量,并应判明沿深度的变化情况和不同季节的变化情况。

**10.8.3** 盐渍岩土的岩土工程评价应根据勘测季节代表性,分别评价盐渍岩土的腐蚀性、溶陷性和盐胀性,并应提出工程防治措施。必要时尚应分析评价利用当地砂石及水源的适宜性和可行性。

**10.8.4** 当塔基位于盐渍岩土分布区的沟口地带、地表干湿交替频繁地带、地下水浅埋,且变幅较大的地带立塔时,应进行专题研究。

## **10.9 混 合 土**

**10.9.1** 1000kV 架空输电线路沿线存在混合土时,应查明地形地貌特征,混合土的成因类型、物质组成、均匀性、分布变化规律,以及下伏基岩的埋藏条件等。

**10.9.2** 混合土的勘察方法应以工程地质调查、测绘及井探为主,辅以钻探、动力触探及物探等勘察方法。

**10.9.3** 混合土的岩土工程评价应符合下列要求:

- 1 应分析混合土地基的均匀性。
- 2 应分析判断地基的整体稳定性,对可能失稳的混合土地基,应跨越或避让。
- 3 混合土的地基承载力及边坡容许坡度值,宜根据现场勘察并结合当地经验确定。

## 11 不良地质作用和地质灾害

### 11.1 岩 溶

**11.1.1** 1000kV 架空输电线路经过对塔位安全有影响的岩溶强烈发育区时,应进行岩溶专项勘察。

**11.1.2** 岩溶与洞穴区勘察应查明地层时代、岩土特性、岩溶发育特征、洞穴的形态规模,洞穴的充填情况及充填物密实程度,岩土层的富水性及地下水的动态变化,评价其对路径和塔位的影响,并提出处理建议。

**11.1.3** 岩溶与洞穴发育地区的岩土工程勘察,宜综合采用物探、钻探、井探等方法。

**11.1.4** 下列地段不宜设立塔位:

- 1 洞穴埋藏浅、密度大。
- 2 洞穴规模大,上覆顶板岩体不稳定。
- 3 土洞、人工洞穴或塌陷发育地段。
- 4 洞穴围岩为易溶岩土且存在继续溶蚀的可能性。
- 5 埋藏型岩溶土洞上部覆盖层有软弱土或易受地表水冲蚀的部位。

**11.1.5** 当满足下列条件时,可不评价洞穴对塔位稳定性的影响:

- 1 洞穴顶板围岩坚硬完整,节理裂隙不发育,且厚度大于洞穴跨度。
- 2 洞穴充填密实,充填物具较高强度,且无流失可能。
- 3 洞穴较小,基础底面尺寸大于洞体平面尺寸,且有足够支撑长度。
- 4 基础底面以下岩土层厚度大于独立基础宽度的 8 倍或整

板基础边长的 3 倍,且不具备形成土洞或地面变形的条件。

## 11.2 滑 坡

**11.2.1** 1000kV 架空输电线路经过滑坡严重地段时,应进行滑坡专项勘察。

**11.2.2** 滑坡勘察应符合下列要求:

- 1 应查明滑坡的主滑动方向、滑动面的位置、滑坡体形态等要素,并应确定滑坡的类型及性质,同时应分析滑坡原因。
- 2 应确定稳定性验算和滑坡整治工程所需岩土参数。
- 3 对滑坡应进行稳定性验算与评价。
- 4 应提出滑坡防治、处理及监测的建议。

**11.2.3** 滑坡的勘察应采用搜集区域地质资料、地质调查及测绘、遥感地质调查、勘探等多种方法。

**11.2.4** 下列地段不宜设立塔位:

- 1 滑坡发育的地段。
- 2 潜在滑坡最大影响范围区域内。
- 3 松散堆积层较厚,由于外部条件改变可能沿下部松散堆积层与基岩接触面产生滑动的地段。
- 4 由于人类活动可能影响塔位稳定的地段。

**11.2.5** 1000kV 架空输电线路经过滑坡易发地区或斜坡岩土条件复杂的地段,选定塔位时,应进行详细的工程地质调查及测绘,必要时应辅以勘探方法,并应评价塔位场地的稳定性。滑坡勘察尚应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

## 11.3 崩 塌

**11.3.1** 1000kV 架空输电线路沿线存在崩塌地质灾害时,应调查崩塌产生的条件、规模、类型及影响范围,应分析评价输电线路路径方案通过崩塌地段的可行性,并应提出处理措施。

**11.3.2** 规模大、破坏力强及处理难度大的崩塌地段,不应选定塔位。

**11.3.3** 崩塌规模较小时,应在查明崩塌体岩性、风化程度、岩体结构面特征及发育影响范围的基础上选定塔位,并应提出清除、锚固及拦截等工程处理措施。

**11.3.4** 输电线路经过崩塌形成的倒石堆时,应采用地质调查为主的方法,必要时应辅以适量的勘探工作,并应查明堆积体的堆积方式、厚度及物质组成,应区别新倒石堆与老倒石堆,并应评价其稳定性。

**11.3.5** 新倒石堆不宜设立塔位。处于稳定状态的老倒石堆上可选定塔位,但应对塔基施工、人类活动等对其稳定性的影响进行预测,并应提出设计及施工建议。

## **11.4 泥 石 流**

**11.4.1** 1000kV 架空输电线路路径或其附近存在对塔基安全有影响的泥石流时,应进行泥石流专项勘察。

**11.4.2** 泥石流勘察宜在可行性研究阶段或初步设计阶段进行。当路径上存在上游汇水面积较大、坡度较陡、植被稀少,且存在大量松散堆积物的沟谷时,应对区域地质、地形地貌、地层岩性条件,水文气象条件,泥石流分布及活动特征,人类活动和当地防治泥石流的工程经验进行调查。

**11.4.3** 泥石流勘察应以工程地质调查、遥感解译为主要方法。

**11.4.4** 1000kV 架空输电线路经过泥石流分布区时,应对路径通过的适宜性进行评价,并应提出跨越或避让泥石流发育地段的建议。

**11.4.5** 下列地段不宜设立塔位:

- 1 不稳定的泥石流河谷岸坡。
- 2 泥石流河谷中松散堆积物分布地段。
- 3 泥石流经过地段。

## 11.5 采 空 区

**11.5.1** 1000kV 架空输电线路路径应避让大范围矿产分布区。当条件复杂且路径必须经过规模较大、尚未稳定的采空区时,应进行采空区专项勘察。

**11.5.2** 采空区勘察应充分利用矿区现有资料,勘察方法应以搜集资料和现场调查为主,必要时可辅以适量的勘探工作,并应查明下列内容:

1 地形地貌、地层岩性、地质构造和水文地质条件。

2 矿层的分布、层数、厚度、倾角、埋藏特征和上覆岩层的厚度和性质。

3 开采深度、厚度、开采方法、开采时间、顶板管理方法、开采边界、工作面推进方向和速度。

4 地表变形特征和分布规律。

5 采空区的塌落、密实程度、空穴和积水情况。

6 采空区附近的抽排水情况及对采空区的影响。

7 地基土的物理力学性质。

8 塔基的类型及其对地表变形的适应性。

9 当地建筑经验、采空区已有输电线路的运行情况等。

**11.5.3** 1000kV 架空输电线路经过矿区时,应采取不压矿或少压矿的原则,减少采空区对工程的不利影响。路径宜选择在下列地段:

1 可开采或计划近期开采矿区的边缘地段。

2 地表变形已稳定或相对稳定的老采空区。

3 地表破坏不严重或预测地表破坏不严重的地段。

4 各矿区的交界地带。

5 预计未来 30 年内不开采的矿藏分布区。

6 地质构造简单,覆盖层岩体厚度较大且岩体完整,岩质坚硬,地表无变形的地段。

7 矿区的无矿带或有矿柱的地段。

8 已充分采动,且无重复开采可能的地表移动盆地的中间区。

9 穿越采空区最短或采矿分布稀疏处。

10 地形相对平坦、无临空面、距离冲沟有一定安全距离的地段。

**11.5.4** 采空区的岩土工程评价应分析采空区对工程的影响,应评价在采空区设立塔位的适宜性,并应提出对采空区、塔基地基和基础进行处理或变形监测的建议。

**11.5.5** 对需要设立塔位的小窑采空区,应在搜集资料的基础上,进行现场调查和工程地质测绘,必要时应辅以适量的勘探工作,并应查清采空区和巷道的分布范围,埋藏深度,开采时间,回填、塌落、支撑情况,地下水条件,同时应查明由采空区引起的陷坑、地表裂缝的分布、规模与采空区和地质构造的关系。塔位距地表裂缝和塌陷区的安全距离,应根据具体技术条件分析确定。

## **11.6 活动断裂、场地和地基的地震效应**

**11.6.1** 1000kV 架空输电线路勘察应调查沿线全新活动断裂分布情况,当需穿越活动断裂时,应采用大角度穿越方案。断裂的地震工程分类和全新活动断裂分级,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

**11.6.2** 抗震设防烈度等于大于 7 度地区的输电线路,当塔基下分布有饱和砂土和粉土(不含黄土)时,应进行液化判别。当地基存在液化土层时,应根据塔位的重要性、地基的液化等级,提出处理措施。

**11.6.3** 地震液化判别方法和要求,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定,也可采用其他成熟方法进行综合判别。

**11.6.4** 1000kV 架空输电线路经过抗震设防烈度等于或大于 7 度的厚层软土分布区,宜判别软土震陷的可能性,并宜估算震陷量。

**11.6.5** 沿线附近存在滑坡、崩塌等地震地质灾害时,应专题研究地震作用时的稳定性,并应分析其对工程的影响。

## 12 地 下 水

**12.0.1** 地下水勘察应以调查和搜集资料为主,并结合现场勘察工作,查明沿线的地下水条件,同时应分析评价其影响。地下水勘察,应包括下列主要内容:

- 1 地下水的类型与埋藏条件。
- 2 地下水水位的变化幅度。
- 3 地下水与地表水的水力联系。
- 4 地下水的腐蚀性。

**12.0.2** 地下水勘察应评价地下水对塔基基础的影响,并提出处理建议。地下水对塔基影响的评价内容,应符合下列要求:

1 塔基基础位于地下水水位以下或其影响范围以内时,应评价地下水的腐蚀性。

2 特殊岩土分布区,应评价地下水水位变化对特殊性岩土工程特性的影响。

3 地下水影响塔基基坑开挖时,应根据岩土的渗透性、地下水补给条件等,评价施工降水的可行性和对基坑稳定的影响。

**12.0.3** 地下水的测量、取样和分析,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。



## 13 岩土工程勘察方法

### 13.1 工程地质调查与测绘

**13.1.1** 沿线的工程地质调查和测绘在可行性研究阶段和初步设计阶段,宜以现场踏勘和调查为主;在施工图设计阶段宜采用调查和测绘相结合的方法,对不良地质作用与地质灾害发育地段、特殊性岩土分布地段进行测绘。

**13.1.2** 可行性研究阶段工程地质调查应以矿产分布与开采、地质灾害分布为重点,调查工作的深度应满足路径方案比选的需要。

**13.1.3** 初步设计阶段输电线路沿线工程地质调查的宽度,不宜小于 200m,所用地形图的比例尺不宜小于 1:10000。工程地质调查应包括下列内容:

- 1 沿线地貌形态与特征、地貌单元。
- 2 沿线岩土层的类别、地质时代、成因类型、结构和构造、物理力学性质及其分布与变化规律。
- 3 滑坡、泥石流、崩塌、岩溶等不良地质作用和地质灾害的分布及其影响。
- 4 沿线植被发育特点与水土流失情况;砂丘的稳定性和当地治砂、固沙经验;最高洪水位及其淹没的范围;岸边岩土体的冲刷、淘蚀、滩涂淤积、岸坡稳定性与岸坡再造等情况。
- 5 矿山采空区、计划开采区、剥离区或矿渣堆积区的范围及其对工程的影响。

**13.1.4** 施工图设计阶段应对塔位及周边地段进行工程地质调查或测绘,工作范围不宜小于 100m×100m。调查或测绘应包括下列主要内容:

- 1 塔位所在场地的稳定性、不良地质作用及地质灾害的

影响。

2 塔位及其周边范围地表岩土构成。基岩裸露的塔位,应描述岩性、产状、结构构造、风化程度,并应对岩体结构进行分类。

### 13.2 坑探和钻探

13.2.1 当需查明塔基岩土性质和分布,采取岩土试样时,可采用坑探或钻探等勘察方法,并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

13.2.2 钻探的孔位、数量、深度等应满足勘察任务书的要求,并应符合下列规定:

1 钻探孔位应布置在塔腿位置或塔基中心位置。

2 钻孔数量应根据塔基岩土条件复杂程度、塔的类型和勘察阶段综合确定。

3 代表性岩土层应采取试样,取样数量应根据岩土条件的复杂程度确定。

4 钻探岩土层芯样的采取率,应符合现行行业标准《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87 的有关规定。

5 岩土芯样宜拍摄照片,并宜纳入勘察成果报告。

13.2.3 探坑的布置、数量、深度等应满足勘察任务书的要求,并应符合下列规定:

1 探坑应布置在塔腿位置或不影响后续基础施工的位置。

2 坑探开挖完成,应及时进行地质描述、编录和取样工作,对典型的岩土特征应拍摄照片。

3 技术工作完成后,探坑应及时回填。

13.2.4 岩土室内试验方法和具体操作,应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。试验项目和试验方法应根据工程要求和地基岩土体的特性确定。

### 13.3 原位测试

**13.3.1** 1000kV 架空输电线路岩土工程勘察中常用的原位测试方法,应包括标准贯入试验、圆锥动力触探试验、静力触探试验和十字板剪切试验等。原位测试方法的选择应根据岩土特性和地区经验综合分析确定。

**13.3.2** 标准贯入试验、圆锥动力触探试验作为勘探手段时,应与钻探取样方法配合使用。静力触探试验宜与钻探方法配合使用。

**13.3.3** 原位测试记录应清晰、真实、完整。利用原位测试成果确定岩土工程特性参数时,应检验其可靠性。

**13.3.4** 1000kV 架空输电线路岩土工程勘察中的原位测试,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

### 13.4 物探

**13.4.1** 岩土工程勘察中需对隐伏岩溶、洞穴、基岩面、风化带、断裂及破碎带、滑动面、地层结构面等地质界面进行探测,以及获取岩土物理特性参数时,宜选择适宜的物探方法。

**13.4.2** 选择物探方法和解译探测数据时,应对探测对象与周围介质的物性差异、探测场所的赋水状态、地形变化和其他屏蔽干扰等工作环境条件进行分析。

**13.4.3** 采用物探方法进行现场探查时,应进行重复观测或检查观测,必要时可采用多种物探方法进行比较验证。物探方法应与钻探、坑探方法配合使用。

### 13.5 遥感

**13.5.1** 遥感解译工作应根据 1000kV 架空输电线路经过地区的环境条件和主要地质问题,选择适宜的遥感数据种类、时相、分辨率和波谱组合。

**13.5.2** 用于地质解译的基础遥感图像,应进行专门的光学图像

处理、数字图像处理和几何图像处理,并应加载坐标、高程等测绘信息。

**13.5.3** 配合路径规划的遥感解译工作,可选择中低分辨率卫片,并结合所搜集到的区域地质资料和现场调研结果,对地层岩性、矿产资源分布、区域性特殊岩土、不良地质作用和地质灾害分布等条件进行解译判定。

**13.5.4** 配合路径选择的遥感工作,可选择中高分辨率卫片,对推荐路径及比选路径沿线的地形地貌条件、地层岩性、不良地质作用和地质灾害类型与规模等进行解译。解译成果应进行工程地质条件区段划分,并应对关键塔位和区段的稳定性作出评价。

**13.5.5** 局部复杂区段和具体塔位的遥感解译,宜选择航片或高分辨率卫片,对相关岩土工程技术条件进行详细解译,并提出选线和设立塔位的意见,同时应对现场定位岩土工程勘察提出建议。

**13.5.6** 遥感解译的初步成果应采用卫星定位方法进行现场调查验证,并应对复杂区段和复杂问题加密验证。

## 14 原位试验

**14.0.1** 1000kV 架空输电线路原位试验宜包括基桩载荷试验,锚杆基础载荷试验和掏挖基础等原状土基础的载荷试验,原位试验项目应根据塔基岩土条件、拟采用的基础类型及其技术要求综合分析确定。

**14.0.2** 1000kV 架空输电线路岩土工程勘察应提出是否进行原位试验的建议。当符合下列条件时,宜进行原位试验:

1 跨越塔、终端塔和转角塔拟采用桩基础、锚杆基础或原状土基础。

2 同一工程地质单元或地貌单元,桩基础、锚杆基础或原状土基础较多。

3 塔位岩土条件复杂,采用经验公式计算不能满足要求。

**14.0.3** 原位试验应以专题研究的方式进行,主要工作内容应包括试验设计、现场施工、试验与检测、试验成果报告编制。

**14.0.4** 原位试验宜在施工图设计阶段勘察前进行,试验位置应在充分分析初步设计阶段岩土工程勘察资料的基础上确定,原位试验场地岩土条件的代表性应通过勘探进行验证。

**14.0.5** 基桩原位试验宜包括单桩竖向抗压、抗拔和水平静载荷试验,钻芯法、声波透射法桩身完整性检测,基桩高应变法和低应变法检测。同一条件下试桩数量不宜少于总桩数的 1%,且不应少于 3 根。具体试验技术要求尚应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定。

**14.0.6** 锚杆基础和原状土基础原位试验应以抗拔静载荷试验为主,必要时可进行竖向抗压静载试验和水平静载试验。锚杆基础,同一条件下的试验数量不宜少于锚杆总数的 5%,且不应少于 6

根;原状土基础,同一条件下的试验数量不宜少于总基础数的1%,且不应少于3基。具体试验技术要求尚应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

**14.0.7** 原位试验报告应对试验场地的代表性和适宜性作出评价,并应对桩基、锚杆基础或原状土基础在技术上的可行性、经济性进行分析,同时应提供各项试验结果,并应推荐适宜的基础型式、设计参数和施工工艺。原位试验报告宜包括下列内容:

- 1 工程概况,试验依据、试验工作量。
- 2 试验场地岩土工程条件。
- 3 原位试验设计方案。
- 4 施工工艺的适宜性及施工质量分析。
- 5 试验方法与设备。
- 6 试验成果及分析。
- 7 结论及建议。
- 8 施工竣工报告、检测报告等。

## 15 现场检验

**15.0.1** 1000kV 架空输电线路塔基基础施工时,岩土工程专业人员应与设计、施工、监理紧密配合,并根据塔位勘察资料、施工组织设计及施工记录等,进行基槽检验工作。

**15.0.2** 基槽检验应符合下列要求:

1 应检验核对地层岩性、岩土体结构及其性质、地下水等地基条件是否与岩土工程勘察资料一致。

2 应检查是否存在由于施工降水、晾晒、冰冻及浸泡等对基底岩土扰动导致的不利影响,以及是否存在超挖问题。

3 应对施工中出现岩土工程问题进行分析,并提出处理措施或修改建议。

**15.0.3** 天然地基的基槽检验方法宜以目视检验为主,必要时可辅以钎探、麻花钻、触探、井探及钻探等勘察方法。

**15.0.4** 在基槽检验工作中,当出现与岩土工程勘察资料不符或施工中出现地质异常或新的岩土工程问题时,应采取补充勘察予以查清,并提出分析处理建议。

## 16 可行性研究阶段水文勘测

**16.0.1** 可行性研究阶段工程水文勘测的任务应从水文条件对线路路径可行性进行论证,并应为路径方案选择和技术经济分析提供基础水文资料。

**16.0.2** 可行性研究阶段应对线路全线进行初步踏勘,并应对线路重要区段及水文条件复杂路径段进行重点查勘;应在广泛收集有关水文基本资料和水利、航道规划设计资料的基础上,通过初步分析计算,提供设计所需的水文参数设计值。

**16.0.3** 选择路径方案时水文条件应符合下列要求:

1 跨越河流宜选择河床较窄,河岸较顺直、稳定的河段或选在受节点控制的河段。

2 跨越湖泊、水库、海湾、河口宜选择水面较窄、岸滩稳定的地段。

3 跨越通航河流宜避开码头和泊船地区。

4 跨越封冻河流宜避开易发生冰坝或流冰危害较严重的河段。

5 跨越河流不宜选在支流入口处及河流弯曲段,宜避免与一条河流多次交叉。

6 水中立塔不应影响行洪、通航,塔位宜选择在冲刷幅度较小的位置。

7 线路经过分(蓄)洪区时,塔位应远离分洪口门;跨越河流两岸有堤防时,塔位应避开易溃决的堤(坝)段;线路宜避免在易受溃决洪水影响的区域立塔。

8 线路宜避开严重内涝区。

**16.0.4** 可行性研究阶段水文勘测应搜集下列资料:



1 水利工程图、水系图、地方水利史志及有关自然地理特性资料。

2 水利水电、防洪(潮、涝)工程的现状与规划,以及相应的工程体系〔水库、堤、坝、闸、水泵站、分(蓄)洪区等〕与设计标准,堤防等级及其相应的设计洪水标准。

3 水位、流量、泥沙等水文特征值。

4 河(海)床地形图(水下地形图、海图)。

5 河道整治现状与规划。

6 通航水域的航道治理工程规划;通航水域现状及规划的航道等级、通航设计水位。

#### 16.0.5 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、水工建(构)筑物、堤防,以及历史大洪水等情况。

2 跨越湖泊、水库的两岸地形地貌特征,岸线变化以及水库回水淹没范围、特征水位。

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、汊道情况,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。

5 水利、航运与其他有关部门对线路工程的意见与要求。

6 内涝积水区调查的内容应包括内涝积水区的范围、原因、内涝水位(或水深)、持续历时、除涝措施及规划等。

#### 16.0.6 可行性研究阶段水文分析计算,应符合下列要求:

1 应估算线路与河流交叉跨越设计所需的设计水位。

2 应初步分析跨越河段河道变迁情况,跨越海湾或河口岸滩稳定性,并应初步预测未来 50 年内河(海)床演变趋势。

3 可能水中立塔的河段或海域,应初步分析对防洪和通航的影响,并应估算最大天然冲刷深度及设计流速。

4 应初步分析线路受溃坝、溃堤的影响。

5 应初步分析线路受内涝积水的影响。

**16.0.7** 可行性研究阶段工程水文勘测报告,应包括下列内容:

1 工程所在地的流域水文特性和有关的水利水电、防洪(潮)、河道治理工程规划。

2 线路路径重要水域岸滩稳定性的初步描述和分析。

3 线路路径重要水域的最高洪(涝、潮)水位、防洪(涝)控制水位、通航水域的最高通航水位、冬季平均枯水位及其他有关特征水位。

4 通航水域现状及规划的航道等级、航运概况,以及航道整治工程规划。

5 内涝积水的影响。

6 水利、航道等行政主管部门的意见或建议。

7 各路径方案应从工程水文条件角度进行可行性分析,并应推荐可行的方案。

## 17 初步设计阶段水文勘测

**17.0.1** 初步设计阶段工程水文勘测应在可行性研究阶段水文勘测的基础上,对全线进行进一步的水文查勘,从水文条件对各路径方案进行比较,并应为路径方案优化和技术经济分析提供基础水文资料。

**17.0.2** 初步设计阶段工程水文勘测应广泛收集有关水文基本资料和水利、航道规划设计资料,并应通过分析计算,提供设计所需的水文参数。水文条件特别复杂的路段应开展水文专题研究。

**17.0.3** 初步设计阶段应对线路全线进行踏勘,并应对水文条件全面搜资和调查,资料搜集范围应包括全线水域的实测洪水资料、工程防洪设计和运行情况,以及现状和规划通航、河道治理情况等。

**17.0.4** 初步设计阶段应分析计算跨越水域的设计水位、通航水域的最高通航水位等。

**17.0.5** 初步设计阶段应分析跨越河段河道变迁情况,以及拟设塔位附近河段的岸滩稳定性。

**17.0.6** 可能在设计标准洪水淹没区内立塔的河段或海域,还应计算设计流速和冲刷,应调查洪水期漂浮物种类和大小,并应分析立塔对防洪和通航的影响。

**17.0.7** 初步设计阶段应分析线路受溃坝、溃堤的影响,并应分析线路受内涝积水的影响。

**17.0.8** 初步设计阶段工程水文勘测报告,应包括下列内容:

- 1 沿线所跨越水体的自然地理和水文特性。
- 2 沿线堤防、水库、分(蓄)洪区、航道现状及规划情况。
- 3 各设计频率洪水位、通航特征水位、通航净空高度、大风季

节平均最低水位、冬季冰面高程。

- 4 岸滩演变分析成果。
- 5 其他水文条件,包括内涝、漂浮物、流冰、溃坝、溃堤等。
- 6 立塔对防洪、通航的影响分析成果。
- 7 对线路方案的优化意见及下阶段水文工作建议。
- 8 分析计算可能立塔河流断面的水文特征值,包括冲刷深度、设计流速、淹没深度和淹没时间等。

## 18 施工图设计阶段水文勘测

**18.0.1** 施工图设计阶段水文勘测应在初步设计阶段水文勘测的基础上,通过进一步的水文查勘、资料搜集、分析计算,提供立塔定位设计所需的各项水文基础资料,从水文条件角度提出立塔定位的意见与建议。

**18.0.2** 施工图设计阶段应对线路全线逐基塔位进行查勘,并应重点查勘水文条件复杂或受水文条件影响较大的塔位。

**18.0.3** 水文资料补充搜集与调查,应包括下列内容:

1 跨越水域的水利水电工程、防洪(潮、涝)规划和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,以及塔位处岸坡等在初步设计阶段勘测后的具体变化。

3 跨越地段水文要素特大值出现情况,高程系统和换算关系。

**18.0.4** 线路跨越分(蓄)洪区,应对终勘路径和逐基塔位进行水文工作,并应逐基分析分(蓄)洪水、通航与线路工程设施的相互影响。

**18.0.5** 线路经过水库下游,且水库设计洪水标准低于 100 年一遇或水库设计洪水标准虽高于 100 年一遇但水库为病险库时,应分析溃坝洪水对塔位的可能影响。

**18.0.6** 在防洪堤背水面立塔时,应根据河势发展、堤防质量、堤防标准等情况,并结合汛期堤防有无险情可能,分析判定发生 100 年一遇洪水时溃堤的可能性。存在溃堤可能时,应进行溃堤洪水计算,并应分析计算塔位处垂线平均流速及冲刷深度,提出有关塔位安全性意见。

**18.0.7** 水中立塔时应查勘与分析各塔位处设计洪水位,最高设计洪水位相应的 50 年一遇波浪高或出现最大波浪高、最高通航水位、最高内涝水位、流冰时最高水位、冬季冰面高程、历年大风季节平均最低水位,以及基础设计要求相应频率洪水位及按工程特点设计要求的其他频率洪水位、河床稳定性、设计流速、库区回水影响、漂浮物、流冰尺寸等有关水文资料。

**18.0.8** 应用当地防洪规划资料时,应搜集工程点附近的水准点资料,并应进行高程联测。

**18.0.9** 输电线路跨越河流时,应搜集有关线路塔位处的河道开挖拓宽、航道等级现状,与规划、拟建水库等资料。

**18.0.10** 在河槽及河滩上立塔时,应查勘、搜集洪水期间跨越断面流速分布,漂浮物的种类、数量与大小,流冰尺寸与相应最高水位及最大流速,滩槽的冲淤变化,一次洪水最大冲刷深度,并应分析计算塔位处与设计洪水相应的垂线平均流速、天然冲刷深度与局部冲刷深度。

**18.0.11** 当输电线路跨越海湾或河口时,应查勘、搜集海湾或河口的水动力条件、历史最高潮位及其发生时间,并应调查分析沿线地形地貌、岸滩类型与历史变化、岩土特性,以及波浪对岸滩演变的影响,或河口段的河床汉道、沙洲与浅滩的历史演变过程、原因与速度等。

**18.0.12** 塔位宜避开冲沟、岸滩不稳定、可能发生泥石流的地段,必要时应进行塔位小流域洪水计算,提出截洪排洪措施的建议。

**18.0.13** 施工图设计阶段工程水文勘测报告,应包括下列内容:

- 1 详细描述全线各跨越河流、湖泊、分(蓄)洪区、海滩等的水文特征情况。

- 2 根据设计要求,提供跨越水体各种频率的设计洪水位分析计算成果。

- 3 提供内涝区 100 年一遇内涝水位或历史最高内涝水位、5 年一遇内涝水位或常年内涝水位及持续时间。

4 水中或滩地立塔时,应提供塔位处垂线平均流速、最大冲刷深度、漂浮物种类和大小等水文分析计算和调查成果。

5 通航河流的最高通航水位及对线路跨越的其他要求。

6 输电线路跨越水域时,对岸滩稳定性的分析成果,并预测今后 50 年水域岸滩演变发展趋势对塔位安全的影响。

7 线路与所跨越水体及水工建(构)筑物的相互影响分析,塔位离堤防堤脚及水工建(构)筑物的距离要求。

8 提供受水文因素影响的塔位明细表,逐基描述水文因素的影响并提出防护建议。

## 19 水 文 调 查

### 19.1 一 般 规 定

**19.1.1** 1000kV 架空输电线路工程水文调查应根据工程特点、沿线水文条件和水文分析计算的需要,制订详细的调查计划,并应按计划深入现场开展相关调查工作,调查内容应包括人类活动影响、洪水、河床演变、冰情及漂浮物等方面。

**19.1.2** 调查资料应在现场整理,发现问题应及时复查。重要路径段现场查勘应至少由 2 人进行,可通过拍照、录音、摄像等手段搜集资料,调查成果与计算成果应相互验证,并应论证其合理性。

### 19.2 人类活动影响调查

**19.2.1** 沿线重要水利工程,应调查水工建(构)筑物的型式、作用、修建年份、规模、主要技术指标、运行控制原则、实际运行记录、水位流量资料、有关水文分析计算成果、运行效果与存在问题、近远期规划、对线路塔位的影响,并应将其位置标注在路径图上。

**19.2.2** 1000kV 架空输电线路跨越河流或堤防时,应调查沿线河流、海域堤防型式、防洪标准及相应防洪水位、河道水面比降、堤防质量、险工险段、历史溃堤破坏次数、原因、位置,近期、远期防洪规划及对塔位的影响程度。

**19.2.3** 1000kV 架空输电线路跨越通航水域时,应调查沿线通航河流的航道等级、断面尺寸、主航道位置、航道设计水位与最高通航水位、航道整治规划、现状及规划的通航情况及船型尺度。



## 19.3 洪水调查

**19.3.1** 洪水调查应在跨越断面上下游河段进行,两岸宜有较多的洪痕点,各洪痕点的现场指认者不得少于2人,并应标注各洪痕点的位置。

**19.3.2** 洪水调查应包括下列内容:

- 1 各次大洪水发生的时间、大小、重现期和排序、洪痕位置。
- 2 洪水时的雨情、水情与灾情。
- 3 洪水来源、成因、断面冲淤变化。
- 4 洪水时的主流方向及有无漫流、分流、死水。
- 5 流域自然条件的变化和人类活动的影响状况。

**19.3.3** 当工程点附近曾发生水库溃坝、河堤决口、分洪滞洪等情况时,应重点调查下列内容:

1 溃坝洪水应调查坝型与水库主要技术指标,溃坝前库内及上下游水文条件、水库运用调度情况,溃坝发生时间及过程、溃口尺寸,溃坝洪水向下游演进的水位、冲刷特征,线路断面附近受溃坝洪水的影响程度等。

2 河堤决口应调查堤防标准与尺寸、决堤原因、具体位置、决堤前后的水情变化、决堤发生时间与相应河道的水位与流量、决堤断面的估测、决口洪量估算、冲刷坑形状、深度与平面尺寸、最大冲深点距大堤的距离,以及对塔位稳定性的影响。

3 1000kV 架空输电线路经过分(滞)洪区时,应调查其范围、洪区有无控制、起讫时间、河道水位的变化、分洪滞洪设计流量与水位或水深、口门位置、运用原则与运用情况等,以及对塔位稳定性的影响。

**19.3.4** 1000kV 架空输电线路经过内涝积水区时,应调查沿线内涝的分布范围、内涝区水文地理环境特性;历史最高内涝水位(或水深)、发生日期与成因、持续时间;排涝措施现状与规划,排涝工程标准等。

**19.3.5** 1000kV 架空输电线路经过海湾或河口区时,应调查历史最高潮位、最大波浪高度、发生时间、当时的风况及灾害情况。

**19.3.6** 跨河断面测量范围应包括水下和水上部分,其中水上部分可测至历史最高洪水位以上 0.5m~1.0m,平原河流漫滩较远时,可测至历史最高洪水边界或至堤顶高程。

## **19.4 河(海)床演变调查**

**19.4.1** 1000kV 架空输电线路工程河(海)床演变查勘的范围,应根据水域的冲淤变化与人类活动影响的特点确定。

**19.4.2** 河床演变调查内容应包括两岸地质地貌特征、流域内土壤植被、泥沙来源、河床质组成,跨越河段的河势近 50 年的变化及上下游河势改变对跨越河段的影响,历史上边滩和沙洲的移动、支汊分流的变化,漫溢泛滥的宽度、主流改道的原因、航道的变化,设计河段的稳定性、河道险工段位置与治理方案,护坡护岸、航道整治等工程措施。

**19.4.3** 岸滩冲刷调查应按河(海)槽、河(海)滩及沙洲等不同特点,按下列要求进行纵向冲刷与横向冲刷的调查:

1 纵向冲刷应调查跨越断面附近河床历年淤高、下切情况及海湾凹岸的平均水深与最大水深,以及河床历年最大一次冲刷深度、附近水工构筑物基础的冲刷特点、发生年代、冲刷原因与相应洪水特性。

2 横向冲刷应调查两岸河床边界条件,洪枯水时主流摆动范围、主流顶冲点位置的变化、坍塌现象,岸线后退的距离与相应水面宽度的变化,历史上出现的最大一次坍岸宽度、平均速度、坍岸原因与发生年代以及当时的洪水特性等,并应根据河道的冲淤情况判断河床的变化趋势。

**19.4.4** 河床质的取样宜结合地质勘探进行。取样地点可在塔位处、跨越断面或有代表性的其他断面上,并应分层取土样进行颗粒级配曲线与粒径统计分析。

**19.4.5** 当采用上下游或邻近流域河道变化及泥沙资料时,应结合两地现场调查分析确定。

**19.4.6** 跨越的湖泊、水库、海湾或河口的两岸及水域调查内容,可按本规范第 19.4.2 条~第 19.4.4 条的规定执行。

### **19.5 冰情及河道漂浮物调查**

**19.5.1** 有冰冻发生的地区,应进行沿线跨越河流、海域冰情调查,应调查历年结冰与融冰时间、最大冰厚、开河方式、流冰天数、流冰期最大流冰尺寸、最大流速及其相应最高水位、冬季冰面高程。发生冰塞、冰坝的河段,应调查其形成条件、发生范围、起止日期及历史上冰塞、冰坝最大堆高、危害程度与影响距离,历史上凌汛洪水造成的危害及其范围,对已有建筑物的破坏程度,以及对塔位安全的影响。

**19.5.2** 河(海)中立塔河段,应进行河道漂浮物调查,应调查漂浮物种类、来源、大小与数量,水面分布情况,漂浮物出现季节及延续时间、水面最大流速,漂浮物对河岸和建筑物的破坏情况,以及当地筏运资料等。

### **19.6 水文测验**

**19.6.1** 遇下列情况之一,应进行专项水文测验:

- 1 跨越水域实测资料短缺且跨越点的水文条件无法参证长期测站资料确定时。
- 2 需根据同步水文观测资料建立相关关系再进行转移时。
- 3 防洪影响评价、河床演变或岸滩演变分析需要时。
- 4 水中立塔时。
- 5 为满足模型试验要求时。

**19.6.2** 水文测验宜包括下列主要内容:

- 1 水准点、洪痕点、高程控制点等水准测量及大断面测量。
- 2 跨越河段无实测水文资料时,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 根据工程需要可进行水位、流速、流向、大断面、含沙量与河床质等的测验与分析。

## 19.7 特殊地区调查

**19.7.1** 泥石流调查应调查泥石流性质、发生频度、形成原因、规模与影响范围,泥石流泥痕与龙头高度,河床比降及河床冲淤变化及其灾害程度,并应综合判断今后是否会发生泥石流。

**19.7.2** 岩溶地区应调查汇水区封闭洼地、消水洞的位置、深度及其控制的面积、积水高度和消水能力等,当线路通过消水溶洞的边缘,消水溶洞承接上游明河水流时,应查明该地区最大积水高度。

## 20 设计洪水分析计算

### 20.1 一般规定

**20.1.1** 设计洪水分析计算所采用的原始资料系列,应进行可靠性、一致性和代表性检查。

**20.1.2** 设计洪水分析计算所选用的计算方法,应进行适用性分析,计算参数和计算成果应进行合理性分析。

### 20.2 天然河流设计洪水

**20.2.1** 天然河流设计洪水应以实测资料为基础,并结合历史洪水调查资料和防洪规划成果等合理确定。

**20.2.2** 进行跨越断面设计洪水地区组合计算时,应根据线路跨越断面以上流域的暴雨洪水特性确定洪水组合方式,并应通过上下游水量平衡法检查组合洪水的合理性。因溃堤、破圩造成相邻流域或各汇水区的串通时,应各串通流域进行统一的洪涝分析计算。

**20.2.3** 线路经过平原内涝区时,应确定设计频率相应的内涝区范围、积水深度和相应积水历时。采用当地排涝公式推算塔位处设计洪水流量时,应分析塔位处设计洪水与防洪排涝设计洪水在汇流及槽蓄方面的差异。当差异较大时,应分析流域或引洪滩地蓄洪、滞洪以及分洪的影响。

**20.2.4** 当两岸堤防低于 100 年一遇设计洪水标准时,设计洪水位应符合下列要求:

1 应根据溃堤后历史洪水位的调查资料并结合目前河道治理情况,分析确定塔位处设计洪水位。

2 当溃堤后的两岸洪水泛滥区边界难以确定时,可根据堤防

标高、上下游行洪、历史溃堤等情况,并结合暴雨重现期调查,综合分析确定跨越断面设计洪水位。

### 20.3 水库上、下游设计洪水

**20.3.1** 当 1000kV 架空输电线路位于坝址上游时,可通过 100 年一遇洪水调算成果和水面线等途径,结合库区泥沙淤积的影响情况,合理确定跨越断面 100 年一遇洪水位。

**20.3.2** 当 1000kV 架空输电线路位于水库下游,且水库设计洪水标准达到或高于 100 年一遇设计洪水标准,并且水库是安全达标水库时,可采用 100 年一遇设计下泄流量并与区间洪水进行组合的方式,计算确定塔位处设计洪水。

**20.3.3** 当 1000kV 架空输电线路位于水库下游、水库设计洪水标准低于 100 年一遇或水库设计洪水标准虽达到或高于 100 年一遇,但水库为病险库时,应分析计算溃坝洪水对线路的影响。溃坝洪水分析计算时,应根据上游水库的设计资料,确定合适的溃决方式,应计算出坝址处溃坝流量,并应将溃坝流量演进至线路断面。

### 20.4 特殊地区洪水

**20.4.1** 1000kV 架空输电线路经过泥石流地区时,应提出设计泥位,设计年限内巨大石块超出设计泥位的高度(直接冲击除外),高大树木随山体土块运动超出高度、泥石流遇阻冲高值。

**20.4.2** 1000kV 架空输电线路经过岩溶地区,且塔位附近具有长系列实测洪水位资料时,可直接计算设计洪水位;资料短缺时,可通过积水位调查确定设计洪水位。

**20.4.3** 1000kV 架空输电线路跨越湖泊,且湖泊排洪有控制时,可按水库洪水计算方法确定湖泊洪水。

**20.4.4** 1000kV 架空输电线路经过滨海或潮汐河口地区时,应分析计设计潮位、设计波浪和设计潮流等水文要素。

**20.4.5** 1000kV 架空输电线路通过北方结冰河流时,应在调查

最大冰塞壅水的基础上,合理确定跨越断面最大壅冰高度、最大流冰尺寸和流冰速度。

## **20.5 设计洪水要素**

**20.5.1** 跨河断面设计洪峰流量或设计洪水位,应根据流域资料情况和河段特点,选用合适的方法进行分析计算,并应对计算成果进行合理性检查。

**20.5.2** 在设计洪峰流量或设计洪水位的基础上,应根据实测断面资料和河段特点,计算确定塔位处的垂线平均流速和最大流速。水文情势复杂时,可进行跨越断面洪水期水面流速简易观测。

## **20.6 人类活动对洪水的影响**

**20.6.1** 流域内的水利工程建设对流域产流和汇流条件产生重大影响,导致水文资料系列出现明显分段时,可采用资料还原的方法将水文系列改正到同一基础上,也可对两段数据分段使用。

**20.6.2** 流域人类活动的现状及规划对设计洪水特征值有显著影响时,应作论证分析或予以修正。

## 21 河(海)床演变分析

### 21.1 一般规定

**21.1.1** 1000kV 架空输电线路跨越河段(海域)的河(海)床演变分析,应在现场查勘基础上,根据河(海)床演变规律,判定塔位河(海)岸、床稳定性,当河(海)床冲淤变化显著并可能影响到塔基安全时,应对岸滩稳定性和冲刷深度进行分析。

**21.1.2** 塔基位于河(海)岸上或堤内侧时,应根据冲刷情况提出塔基避让范围,无法避让时,应在冲刷防护复核的基础上提出防治冲刷措施建议。塔基位于水中时,应选择冲刷幅度小的水域,并应进行冲刷计算。水中立塔塔基冲刷应包括自然演变冲刷和局部冲刷。

**21.1.3** 历史水下地形图等有关测绘资料,应核实测量年代、测量精度,坐标和高程系统等。地形图对比分析时应采用统一比例尺和基面。

### 21.2 河床演变

**21.2.1** 河岸上或河堤内侧立塔时,塔位稳定性应按下列要求进行分析:

1 塔位附近河段的河岸稳定性分析,应在塔位附近河段水文查勘基础上,根据河段自然冲刷特性,从河型发展、河流动力地貌特性、水流泥沙运动强度、河岸边界物质组成等方面进行分析。塔位稳定性判断可按本规范附录 F 的规定执行。

2 当塔位附近河岸、河堤所在河床存在冲刷,并可能影响塔位安全时,可采用历次地形图、航卫片对比等方法,分析岸线、地形、地貌变化情况,以及河堤走向与位置的变迁等,并应分析计算



岸线的变化速率。

3 当资料缺乏时,可利用条件相似河段的冲淤实测资料进行类比分析冲刷影响。

**21.2.2** 在河滩、江心洲(浅滩)上立塔时,塔位稳定性可按下列要求进行分析:

1 滩地稳定性分析,应在塔位附近河段现场踏勘与调查基础上,根据滩地、江心洲(浅滩)河段成因特性、河型发展、水流泥沙运动强度、河岸边界物质组成等方面分析塔位稳定性。塔位稳定性判断可按本规范附录 F 的规定执行。

2 滩地冲淤分析,应通过历年河势图、水下地形图、航道图、航卫片、横断面图或局部地形要素进行套绘对比,并应分析河流深泓摆动范围和冲淤变化幅度。

**21.2.3** 在主槽中立塔时,河床演变应从纵向变形与平面横向变形进行分析,可按下列要求分析塔位稳定性:

1 设计河段横向演变可利用历年河势图、水下地形图、航道图、航卫片、横断面图进行套绘对比。

2 设计河段的河道纵向变化,可根据套绘历年河道深泓线或河床平均高程变化图、点绘测站历年水位~流量关系图、历年同流量下水位过程线图、冲淤等值线图、历年沿程断面冲淤变化过程图等多种途径进行分析。

3 当塔位处无地形资料时,可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;可将河床演变分析与河道发展趋势的预测结果移用到塔位处,确定自然演变冲刷深度。

**21.2.4** 水中立塔可采用经验公式计算局部冲刷深度,河势及水流条件特别复杂时,可采用水工模型试验确定。

## **21.3 海床演变**

**21.3.1** 海岸上或海堤内侧立塔时,塔位稳定性应按下列要求进行

行分析:

1 应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判断。

2 当塔位附近海岸、海堤海床存在侵蚀,冲刷变化可能影响安全时,应通过历次地形图、海图、航卫片对比等方法,分析岸线、地形、地貌变化情况,以及海堤走向与位置的变迁等,并应分析计算海岸线的变化速率。

3 当资料缺乏时,可利用条件相似海岸的侵蚀资料进行类比分析侵蚀影响。

**21.3.2 海湾水域中立塔时,塔位稳定性应按下列要求进行分析:**

1 应根据潮流、余流和波浪等水文条件、海底沉积物的分布、以及沿岸组成物质的粒径变化等资料,分析判断泥沙来源和运移方向,并应判断海床稳定性。

2 应通过对历次水下地形图等高(深)线对比,确定塔位处及其附近水域海床历年冲淤变化趋势、幅度和速率。

3 当缺乏实测资料时,应进行水文测验,可通过水流波浪泥沙数学模型计算等途径,对塔位处的冲刷趋势和幅度进行分析计算。

4 塔基局部冲刷计算,应分析最大可能潮流,可采用河流冲刷计算方法。

**21.3.3 潮汐河口水域中立塔时,塔位稳定性应按下列要求进行分析:**

1 应根据潮汐和径流强弱、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附近河床稳定性分析。

2 应通过对历次水下地形图等高(深)线对比,确定塔位处及其附近水域滩槽历年冲淤变化趋势、幅度和速率。

3 当缺乏实测资料时,应进行水文测验,可通过水流泥沙数学模型计算等途径,对塔位处的冲刷趋势和幅度进行分析计算。

**4 塔基局部冲刷计算**,应分析最大可能流速,可采用河流冲刷计算方法计算冲刷深度。

### **21.4 人类活动对岸滩稳定性的影响**

**21.4.1** 塔位附近已建和规划建设的水库、水闸、围垦、疏浚采砂、束窄河身、丁坝、码头、取排水建(构)筑物等工程措施对塔位附近岸滩稳定性的影响,应按其不同的形式与作用,从对水流波浪干扰强度、局部泥沙运动方向等综合分析其各种可能冲刷影响。

**21.4.2** 当人类活动影响对塔位安全影响大时,应通过经验公式对冲刷进行定量计算。必要时可采用水流波浪泥沙数学模型计算水流泥沙和泥沙冲淤变化。

### **21.5 塔基冲刷计算**

**21.5.1** 水中立塔时,应计算塔基冲刷。塔基冲刷应包括河(海)床自然演变冲刷和局部冲刷。

**21.5.2** 河(海)床自然演变冲刷应按本规范第 21.1 节~第 21.4 节的规定进行计算。

**21.5.3** 局部冲刷应根据河(海)床演变特性、水文泥沙特征、河(海)床地质等情况按本规范附录 G 的规定计算,并可利用实测、调查资料验证,应分析论证后选用合理的计算成果。

**21.5.4** 水文与泥沙条件复杂或基础型式复杂时,冲刷深度可通过水工模型试验确定。

## 22 可行性研究阶段气象勘测

### 22.1 勘测内容深度与技术要求

**22.1.1** 可行性研究阶段气象勘测的基本任务应从气象条件对线路路径方案的可行性提出意见,并应提供满足路径方案比较和技术经济分析的基本气象资料。

**22.1.2** 可行性研究阶段应搜集下列主要气象资料:

1 沿线邻近气象站的覆冰、大风、气温、雷暴日数等资料,以及气象站沿革、观测情况、观测场地形地貌特征。

2 路径地区已建输电线路的设计气象条件及运行情况,输电线路冰灾、风灾舞动等事故情况及线路改造的相关资料。

3 气象、通信、交通、农林部门的风灾、冰灾的相关记录资料与调查报告。

**22.1.3** 可能存在覆冰的地段应进行实地踏勘与覆冰情况调查核实。

**22.1.4** 重冰区应进行专项踏勘与调查,并应查明微地形微气候重冰段,同时应落实覆冰量级与分布。

**22.1.5** 1000kV 架空输电线路经过大风区,应根据搜集的路径区域大风资料与必要的踏勘调查资料,可选用频率统计、重现期调查、风压图等方法,应初步估算 100 年一遇、离地 10m 高、10min 平均最大风速,并应初步划分风区。

**22.1.6** 1000kV 架空输电线路经过重冰区,应根据搜集的路径区域覆冰资料与专项踏勘调查资料,可选用调查法或频率统计法,分析计算 100 年一遇、离地 10m 高的最大标准冰厚,并应经分析论证后确定各级冰区。

**22.1.7** 资料缺乏的重冰区,宜开展覆冰观测的相关工作。

## 22.2 勘测成果

**22.2.1** 可行性研究阶段的气象勘测成果主要为气象搜资踏勘报告,应在充分分析研究搜集、调查、踏勘资料的基础上编制。

**22.2.2** 可行性研究阶段的气象勘测成果应包括下列主要内容:

1 100 年一遇、离地 10m 高、10min 平均最大风速与风区划分。

2 100 年一遇、离地 10m 高的最大标准冰厚与冰区划分。

3 累年平均气温、极端最高与极端最低气温及其出现时间。

4 累年最大冻土深度。

5 累年年平均与年最多天气日数。

**22.2.3** 可行性研究阶段的气象搜资踏勘报告应包括下列主要内容:

1 路径概况,勘测任务依据,主要勘测工作内容,工作过程简述。

2 路径地形地貌与气候概况,沿线气象站概况以及观测资料对线路的代表性评价。

3 沿线覆冰搜资调查结果,分析计算各路径方案的覆冰量级与冰区分布。

4 沿线大风搜资调查结果,初定各路径方案设计风速与风区。

5 设计所需的气象特征参数。

6 各路径方案气象条件综合比较与评价,推荐气象条件优越的路径方案。

7 结论与建议。

## 23 初步设计阶段气象勘测

### 23.1 勘测内容深度与技术要求

**23.1.1** 初步设计阶段气象勘测应在可行性研究气象勘测基础上,对推荐方案进行补充搜资和全线查勘,优化风区和冰区,并提供线路路径优化与设计需要的全部气象资料。

**23.1.2** 初步设计阶段应搜集下列主要气象资料:

1 沿线邻近代表性气象站的覆冰、风、气温、冻土、天气日数等资料,以及气象站沿革、观测情况、观测场地形地貌特征。

2 路径地区已建输电线路的设计气象条件及运行情况,输电线路冰灾、风灾舞动等事故情况及线路改造的相关资料。

3 气象、通信、交通、农林部门的风灾、冰灾的相关记录资料与调查报告。

**23.1.3** 对搜集到的资料,应注明搜集时间、编制单位、资料年代、整编方法,并应对资料进行可靠性、一致性、代表性审查与实用性评价。

**23.1.4** 重冰区应进行复查,并应对风口、迎风坡、突出山脊(岭)等微地形微气候区的覆冰分布特点做深入查勘。

**23.1.5** 设计风速的确定,应根据路径区域搜集的大风资料与踏勘调查资料,可选用频率统计、重现期调查、风压图等方法,分析计算 100 年一遇、离地 10m 高、10min 平均最大风速,并应经充分分析论证与优化后推荐可供设计使用的风区。

**23.1.6** 设计覆冰厚度的确定,应根据路径区域实测覆冰资料、沿线搜集覆冰资料与踏勘调查资料,可选用调查法或频率统计法,分析计算 100 年一遇、离地 10m 高的最大标准冰厚,并应经分析论证与优化后推荐可供设计使用的冰区。

## 23.2 勘测成果

**23.2.1** 初步设计阶段的气象勘测成果主要为气象报告,必要时还应有覆冰、大风专题论证报告。报告应在充分分析研究实测、搜集、调查、踏勘资料的基础上编制。

**23.2.2** 初步设计阶段的气象勘测成果应包括下列主要内容:

- 1 100 年一遇、离地 10m 高、10min 平均最大风速与风区划分。
- 2 100 年一遇、离地 10m 高的最大标准冰厚与冰区划分。
- 3 累年平均气温、极端最高与极端最低气温及其出现时间,最大风速月的平均气温,覆冰同时气温。
- 4 累年最大冻土深度。
- 5 累年年平均与年最多雷暴日数,累年年平均与年最多雾日数。

**23.2.3** 初步设计阶段的气象报告应包括下列主要内容:

- 1 路径概况,勘测任务依据,主要勘测工作内容,工作过程简述。
- 2 路径地形地貌与气候概况,沿线气象站概况以及观测资料对线路的代表性评价。
- 3 沿线覆冰搜资调查结果,线路路径设计冰厚与冰区。
- 4 沿线大风搜资调查结果,线路路径设计风速与风区。
- 5 线路设计所需的气象特征参数。
- 6 结论与建议。
- 7 相关附图,应包括重冰区线路路径冰区图、路径断面冰区图、线路路径风区图等。

**23.2.4** 覆冰专题论证报告应包括下列主要内容:

- 1 工程路径概况,工作过程简述。
- 2 路径地形地貌与气候概况,覆冰成因,冰区分布及其覆冰特点。

3 观冰站及资料情况,气象参证站及覆冰气象资料情况,覆冰调查资料,各区段标准冰厚计算结果。

4 覆冰重现期分析,设计冰厚与冰区划分成果,各重冰段说明。

5 结论与建议。

6 相关附图,应包括线路路径冰区图、重冰区路径断面冰区图、相关的覆冰照片与冰灾线路照片等。

**23.2.5 大风专题论证报告应包括下列主要内容:**

1 工程路径概况,工作过程描述。

2 区域大风特性。

3 实测风速资料分析计算结果,大风调查及分析结果,成果合理性分析。

4 附近区域已建线路设计风速及运行情况。

5 微地形大风分析结果。

6 设计风速与风区划分成果。

7 结论与建议;相关附图。



## 24 施工图设计阶段气象勘测

### 24.1 勘测内容深度与技术要求

**24.1.1** 施工图设计阶段气象勘测应在初步设计阶段气象勘测基础上,复核初步设计阶段确定的气象条件。

**24.1.2** 施工图设计阶段应对重冰区进行复查,并应对风口、迎风坡、突出山脊(岭)等微地形做深入查勘,应合理可靠地确定不同冰区分界塔位,并应提出线路抗冰措施建议。

**24.1.3** 施工图设计阶段应对特殊大风地段进行复查,并应对风口等微地形进行深入查勘,应合理可靠地确定不同风区分界塔位。

### 24.2 勘测成果

**24.2.1** 施工图设计阶段的气象勘测成果主要为气象报告,应在复核初步设计阶段成果和充分分析现场复查资料的基础上编制。

**24.2.2** 施工图设计阶段的气象勘测成果应包括下列主要内容:

- 1 100 年一遇、离地 10m 高的最大标准冰厚与冰区划分。
- 2 100 年一遇、离地 10m 高、10min 平均最大风速与风区划分。

**24.2.3** 施工图设计阶段气象报告应包括下列主要内容:

- 1 路径概况,勘测任务依据,主要勘测工作内容,工作过程简述。
- 2 沿线微地形重冰区复查结果,线路塔位设计冰厚。
- 3 沿线微地形大风复查结果,线路塔位设计风速。
- 4 结论与建议。
- 5 相关附图。

## 25 气象调查

### 25.1 一般规定

**25.1.1** 气象调查应包括大风调查和覆冰调查等。调查前应先拟定调查提纲,并应确定调查范围和调查点,以及调查单位和内容。

**25.1.2** 气象调查应全面、真实、清楚、可靠。对设计冰厚为20mm及以上重冰区和设计风速为27m/s及以上特殊大风区,应进行重点调查、逐段查勘,并应判明冰区、风区分界点。

**25.1.3** 气象调查应当场记录、现场整理,应及时编写调查报告,并应进行合理性审查和可靠性评价,发现问题应及时复查。重要路径段或气象条件复杂路径段的现场查勘,应由至少2名气象技术人员参加,并宜进行录音、拍照和摄像等。

### 25.2 大风调查

**25.2.1** 大风调查纵向范围应包括路径全线。横向范围应为线路附近3km~5km范围。山顶、风口、海岸等特殊地形点应进行微地形、微气候调查,并应了解风速的增大影响;情况复杂时可进行简易对比观测。区域性大风灾和电力工程风灾事故,应组织专项调查。

**25.2.2** 大风调查对象可为电力、邮电通信线路设计、运行维护和事故抢修人员,长期从事气象、勘测、巡线和供电安全检查人员,林区、景区、保护区及公路道班管理人员,以及民政救灾人员和当地居民等。

**25.2.3** 大风调查内容应包括下列内容:

1 大风发生时间、持续时间、风向、风力、同时天气现象(雷

雨、冰雹、寒潮、热带风暴)、主要路径、影响范围、重现期。

2 大风对电力、通信线路、房舍、树木、农作物和其他建筑物的损毁情况。

3 风灾事故现场的地形、高程、气候、植被等情况。

#### 25.2.4 大风调查应搜集下列资料:

1 县志等史料记载的历史风灾情况和气象站、民政局、档案馆等有关单位保存的风灾报告、影像资料。

2 沿线附近已建电力、通信工程和有关建筑物的设计风速、运行维护情况,以及发生风灾的灾情报告和事故修复标准。

3 区域建筑、气象部门对风速风压的研究成果和地区风压图。

### 25.3 覆冰调查

25.3.1 1000kV 架空输电线路可能受覆冰影响的路径段,应进行覆冰调查。调查范围应为线路附近地区。调查点应选紧靠线路或与线路地形相似的村镇居民点、工厂、矿山、高山建筑物管理处,并应将其标注在线路路径图上。中、重冰区线路宜1km~2km布设一个调查点,轻冰区线路宜3km~5km布设一个调查点。

25.3.2 覆冰调查对象应是电力、邮电通信、交通等部门的运行、管理、维护人员及当地知情人,特别是高山公用移动通信基站、气象站和道班的冬季值班者。

#### 25.3.3 覆冰调查应包括下列内容:

1 覆冰地点、海拔、地形、覆冰附着物种类、型号及直径、离地高度、走向。

2 覆冰发生时间和持续日数,当时的天气情况,包括气温、湿度、风向、风力、降雨、降雪、起雾等。

3 覆冰种类可根据实际情况分析判断,有雨淞、雾淞、雨雾淞混合冻结等。

4 覆冰的形状、直径、冰重。

5 覆冰的密度,包括颜色、透明程度、坚硬程度、附着力。

6 覆冰重现期,包括历史上大覆冰出现的次数和时间,以及冰害情况。

#### **25.3.4 覆冰调查应搜集下列资料:**

1 沿线附近已建输电线路的设计冰厚,投运时间,运行中的实测、目测覆冰资料,以及冰害事故记录、报告和事故后的修复标准。

2 通信线路的设计冰厚、线径、杆高和运行情况,以及冬季打冰措施、实测覆冰围长、厚度。

3 高山气象站、电视塔、微波站、道班的冰害事故记录和报告。

4 气象台站实测覆冰资料和大覆冰的起止时间与同时气象条件,以及天气系统过程。

5 地区冰区划分图。

**25.3.5** 山顶、风口、迎风坡等特殊地区,应作微地形、微气候调查和实地踏勘,并应了解对覆冰增大的影响。

### **25.4 气象专用站观测**

**25.4.1** 1000kV 架空输电送电线路的重冰区段和山区地形起伏变化大的地段,应根据实际情况建立观冰站和测风站。

**25.4.2** 观冰站应选择沿线附近重冰区内有代表性的典型地点建立,有条件的地方还可在一个山岭的两侧分设几个站点进行不同海拔、不同地形条件的对比观测;测风站应按不同地形、不同海拔建站观测。

**25.4.3** 建站时间应根据需要确定,观冰站可观测一个冬季或数个冬季,测风站可观测一年至数年。

**25.4.4** 观冰站观测内容应包括导线覆冰的长径、短径、重量(1m 导线长度)、种类、起止时间、覆冰过程,覆冰期的气温、相对湿度、

风向、风速、积雪深度和雨、雪、雾天气现象。测风站观测内容应包括各高度上的风向、风速。

**25.4.5** 观冰站、测风站资料在观测后应及时进行统计整理,应编制月报表和年报表,并应逐级校审,成果资料应准确可靠。

## 附录 A 测量标桩规格及埋设尺寸

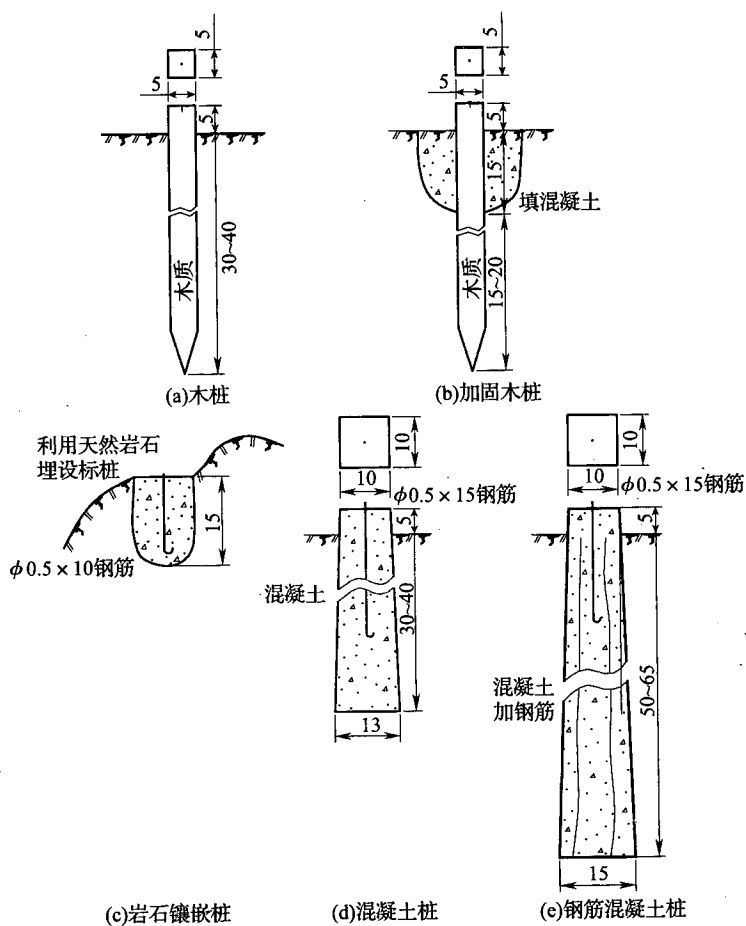


图 A 测量标桩

# 附录 B 输电线路平面断面图样图

B.0.1 平地区输电线路平面断面图样见图 B.0.1。

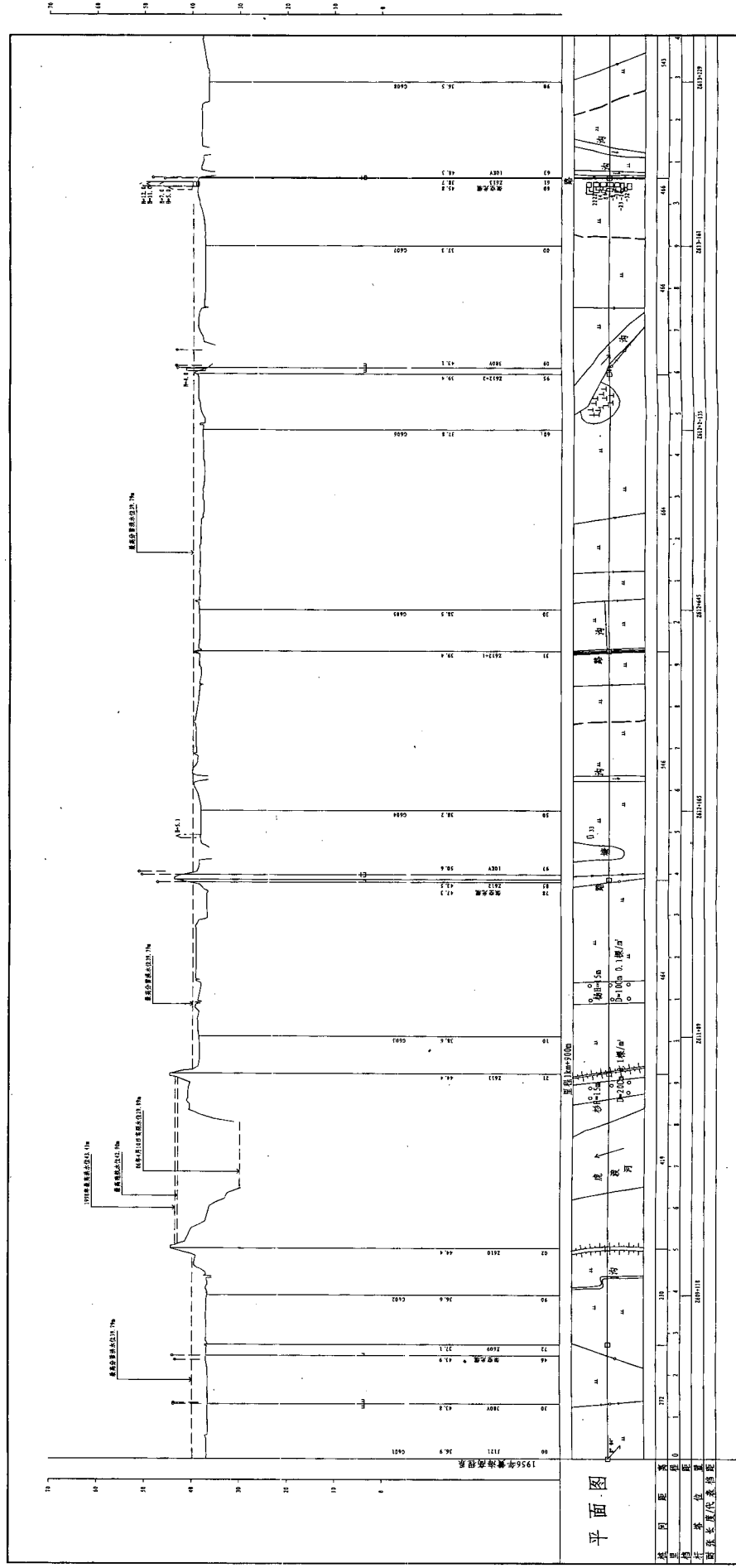


图 B.0.1 平地区输电线路平面断面图样

B.0.2 平丘区输电线路平面断面图样见图 B.0.2。

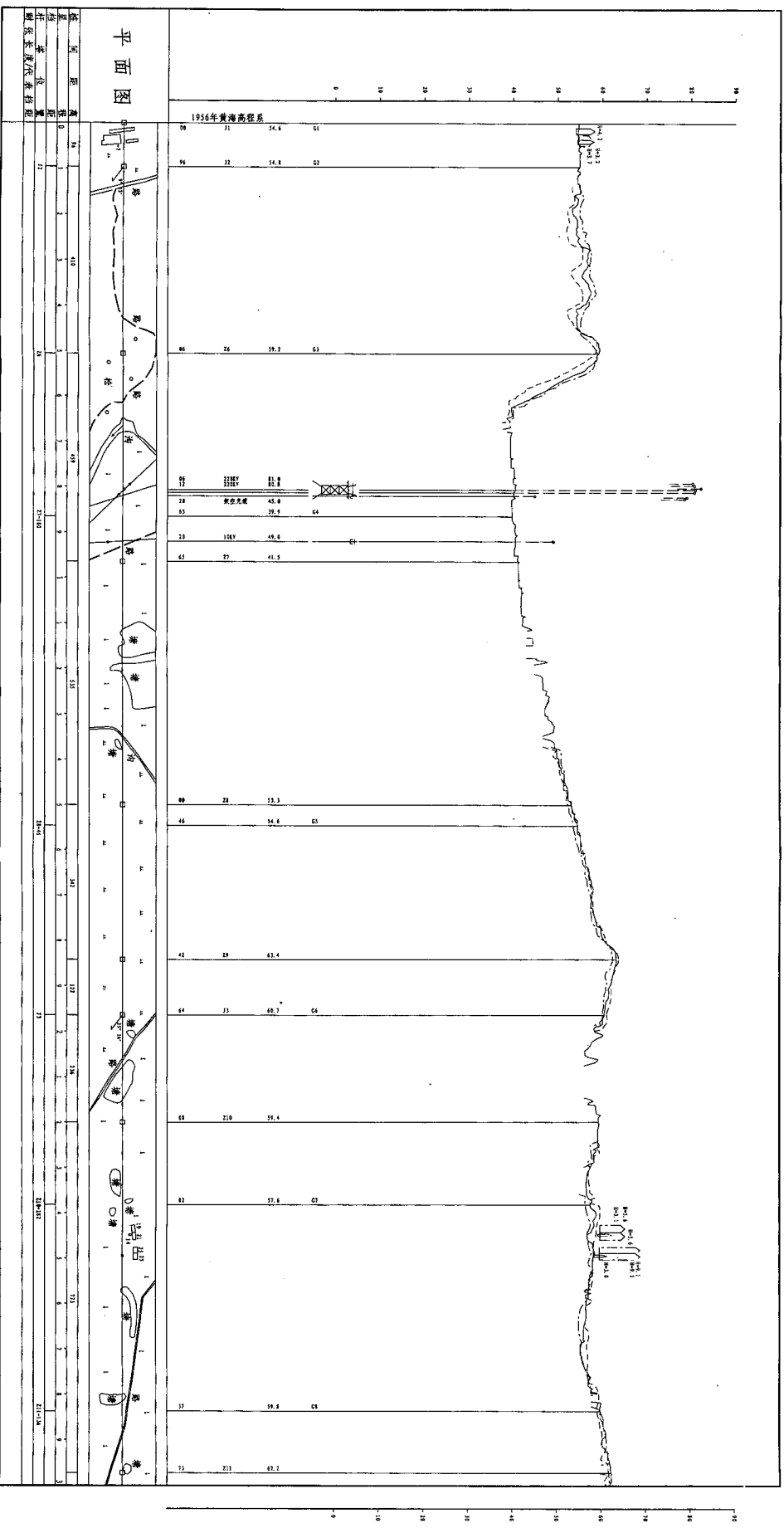
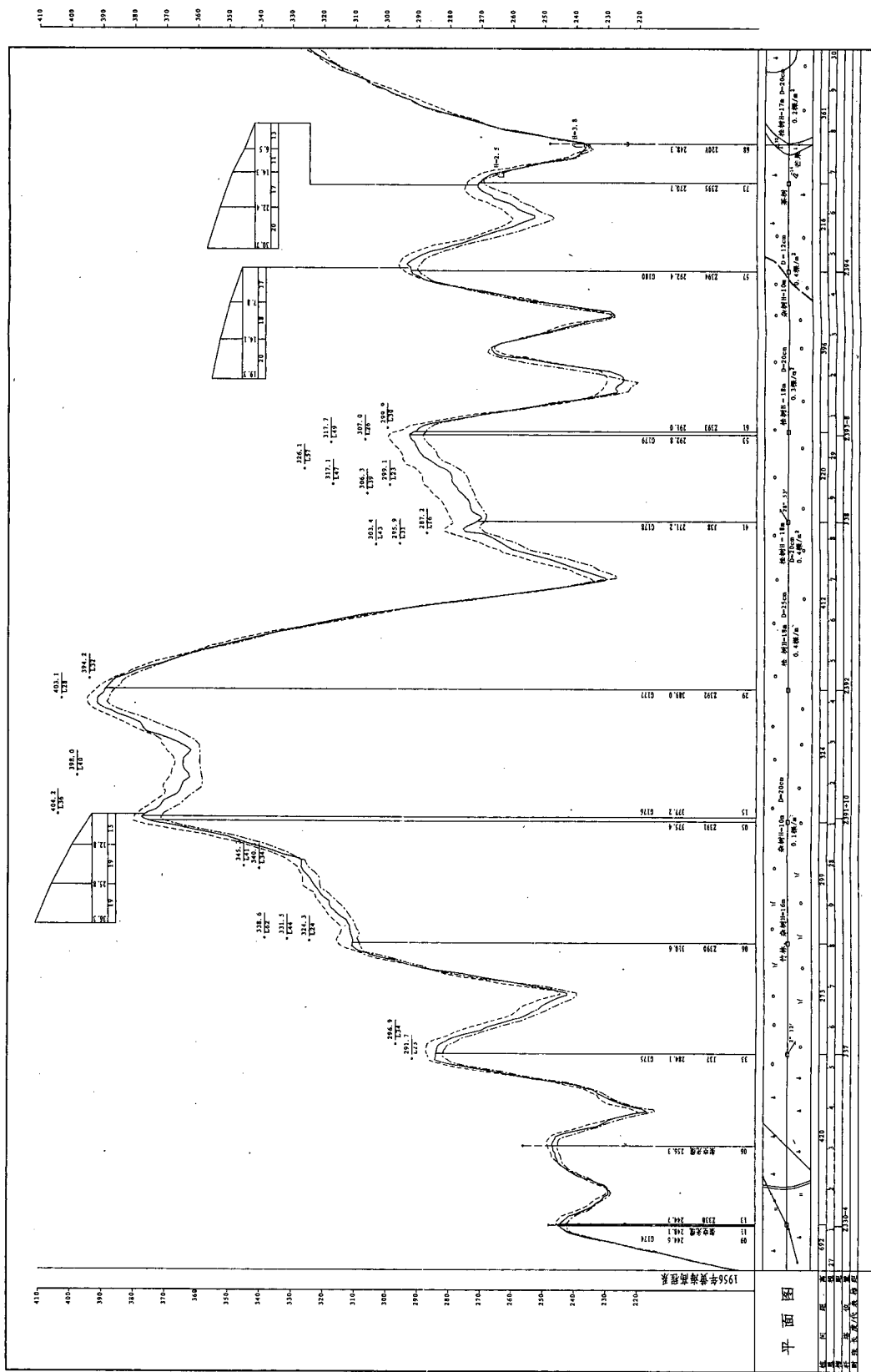


图 B.0.2 平丘区输电线路平面断面图样



B.0.3 山区输电线路断面图样见图 B.0.3。



B.0.4 交叉跨越地区输电线路平面断面图样见图 B.0.4。

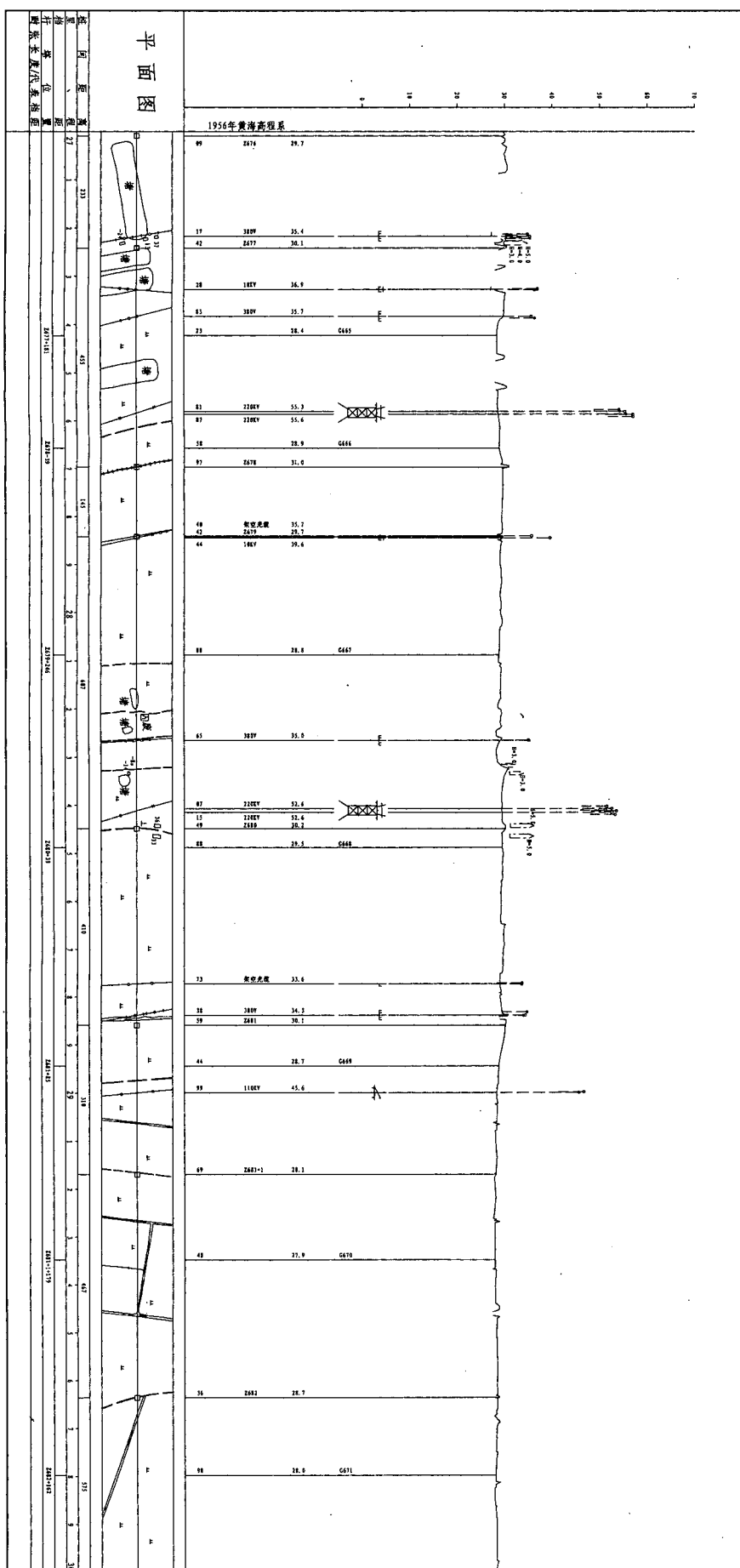


图 B.0.4 交叉跨越地区输电线路平面断面图样

## 附录 C 平面图、断面图符号表

### C.1 一般规定

**C.1.1** 图幅、图标和图号应符合现行行业标准《电力工程勘测制图》DL/T 5156.1~5156.5 的有关规定。

**C.1.2** 平面图的符号应按现行国家标准《1:5000, 1:10000 地形图图示》GB/T 20257.2 的有关规定执行。对改动和增加的符号,应按现行国家标准《1:5000, 1:10000 地形图图示》GB/T 20257.2 的有关规定执行。

**C.1.3** 符号旁以数字标注的尺寸,长度应以“毫米”为单位,角度应以“度”、“分”为单位。凡未注明尺寸时,线划粗应为 0.18mm,点大应为 0.25mm。多边形符号,只注明一个边长时,应为正多边形。本图式中的注记、名称、说明注记宽高比应为 1:1,数值注记宽高比应为 0.6:1;凡未注明字高时,均应为 2.0mm;凡未说明字列字向时,均应为水平字列,字头应朝上。

**C.1.4** 几何图形点状符号,凡未说明时,符号应定位在其几何图形的中心。线状符号应定位在符号的中心线。



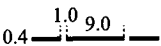
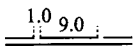
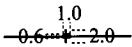

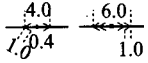
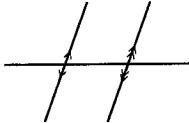
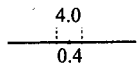

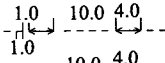
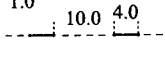
**C.1.5** 图中的高程(或高度)注记应以“米”为单位,应注至 0.1m;累距(或距离)注记应以“米”为单位,应注至整米;角度注记应注至“分”。

### C.2 图形符号

**C.2.1** 平面图补充符号应符合表 C.2.1 的规定。

**C.2.2** 断面图符号应符合表 C.2.2 的规定。

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 b. 不依比例尺的	<p>a </p> <p>b </p>	符号按真方向绘出,并 注记房屋的结构和层数
2	大车路 a. 不依比例尺的 b. 依比例尺的	<p>a </p> <p>b </p>	路宽超过 5m 时,依比 例尺绘制
3	架空索道 a. 图内有支架的 b. 图内无支架的	<p>a </p> <p>b </p>	架空索道支架位置实 测表示,图内无支架时, 用符号 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	<p>a </p> <p>b </p>	电力线按电压等级, 380V 以内用单箭头, 10kV 以上用双箭头,杆 塔位置实测表示。图内 无杆塔时,用符号 b 表 示,绘在线路中心线处
5	通信线 a. 图内有线杆的 b. 图内无线杆的	<p>a </p> <p>b </p>	通信线线杆位置实测 表示。图内无线杆时,用 符号 b 表示,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	<p>a </p> <p>b </p>	地下电力线按电压等 级,380V 以内用单箭头, 10kV 以上用双箭头

续表 C. 2. 1

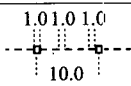

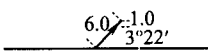
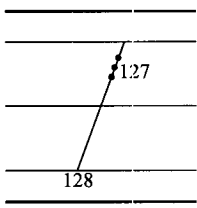
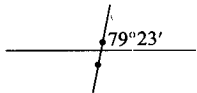
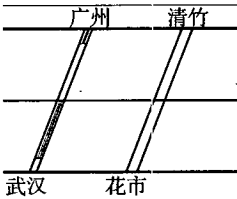
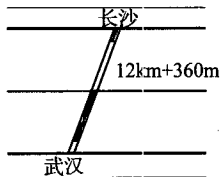

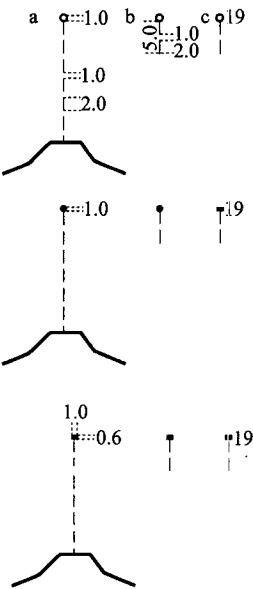
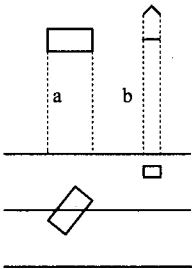
编号	符号名称	图形及尺寸	简要说明
7	地下管道		
8	埋设标桩		埋设的永久性和半永久性的桩位用此符号表示
9	转角 3°22'—转角度数		符号在线路中心线之上表示路径左转, 符号在线路中心线之下表示路径右转
10	杆塔号注记		一二级通信线、35kV 以上等级的电力线应注记与线路交叉处线路两侧的杆塔号。杆塔不在图内时, 注记在平面图内外栏线之间
11	交叉角注记		通信线、地下通信线、铁路、高速公路应注记与线路交叉的锐角或直角
12	通向注记		铁路、高速公路和等级公路应当注明通向, 注记在平面图内外栏线之间。铁路通向可注记大的客站, 高速公路通向可注记出入口, 等级公路通向可注记大的居民点
13	里程注记		铁路、高速公路等应注记与线路交叉处的里程, 精确到 10m。注记注在平面图中心线交叉空白处

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	<p>中心断面线</p> <p>a. 依比例尺的深渠或小沟</p> <p>b. 不依比例尺的深渠或小沟</p> <p>c. 河流水位线</p> <p>d. 深沟或山谷</p>		<p>反映线路中心地面起伏形状的地面线叫作中心断面线。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</p>
2	<p>边线断面线</p> <p>a. 左边线</p> <p>b. 右边线</p>		<p>反映线路边导线地面起伏形状的地面线,叫作边线断面线。边线位置根据实际的导线间距离而定</p>
3	<p>风偏横断面</p> <p>a. 中线有测点的</p> <p>b. 中线无测点的</p> <p>1111.2—起测点高程</p>		<p>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</p>

续表 C.2.2

编号	符号名称	图形及尺寸	简要说明
4	风偏点 L—一点在中 线左侧 20—一点至中 线距离		风偏点是指有风偏影响的地形点。需要注明点在线路中心线的哪一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,35.0 为高程
5	架空交叉跨越 高度点 19—一点至中 线距离 1)最高线高 度点 a. 点在中线 b. 点在边线 以内(含边线) c. 点在边线 以外 2)杆高点 3)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。 1)当高度点在中线上时,与中线地面测点相连。当高度点在边线以外时,标注该点到中线的距离。 2)杆高以实心圆表示。 3)架空管道、渡槽等架空地物的交叉高度点表示方法
6	房屋断面		中心线 60m 以内的房屋应绘制房屋断面。房屋在线路中心线上最宽的投影作为符号的宽度。a 为边线内平顶房屋,b 为边线外尖顶房屋

续表 C.2.2

编号	符号名称	图形及尺寸	简要说明
7	投影线 a. 桩位 b. 杆塔位或门型架 c. 电力线或通信线 d. 其他交叉跨越	<p>杆型</p> <p>塔号</p> <p>高程</p> <p>桩号</p> <p>累距</p>	<p>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、地面及地下管道的中线交叉点位置绘制投影线。投影线上的注记为垂直字列，字头朝左，宜放在投影线的左侧。当投影线过于密集放在左侧有困难时，也可放在右侧，或断开投影线放在中心。</p> <p>累距一栏注记累距百米后的零头，高程一栏架空地物注记中线交叉点的高程，其他地物注记地面高程。</p> <p>电力线及地下电力线注记电压等级。一二级通信线注记等级、杆的材料。材料注记跟在等级之后用括号括起来，如：一级（木）。电力线和通信线还要绘制杆塔型。杆塔型符号根据需要自行设计，但高度统一为13mm，宽度不得超过6mm。</p> <p>主要公路及铁路注记专有名称。电气化铁路注记接触网线高。</p> <p>管道注记输送物名称，架空和地面管道还要注记管道材料。材料注记跟在名称之后用括号括起来，如：水（水泥）</p>



## 附录 D 塔基断面图样图

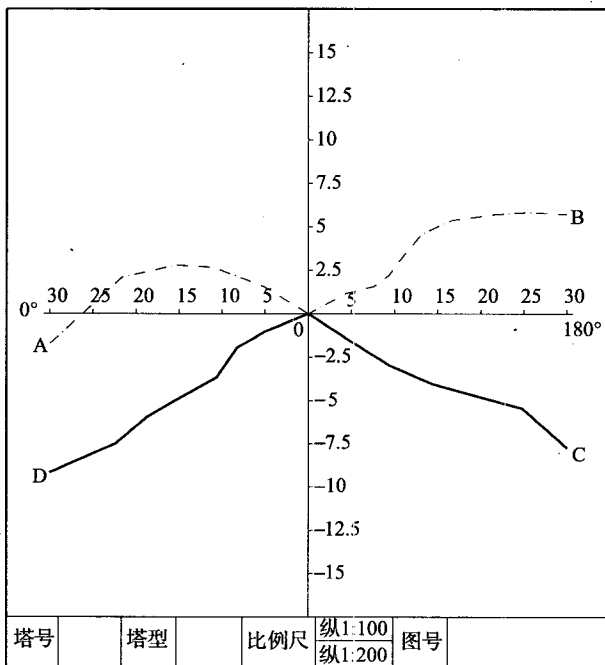


图 D 塔基断面图样

附录 E 塔位岩土工程条件综合成果表

表 E 塔位岩土工程条件综合成果

杆塔(腿) 编号		微地貌 特征			地下水位埋深/ 变幅(m)			
岩土 名称	层底 深度 (m)	岩土特征描述	重度 (kN/m³)	黏聚力 (kPa)	内摩 擦角 (°)	地基承 载力特 征值 (kPa)	钻孔灌注桩	
							极限 侧阻 (kPa)	极限 端阻 (kPa)
主要岩土工程问题及建议：								
塔位照片								

## 附录 F 河流稳定性分类表

表 F 河流稳定性分类

河流类型	河段类型	稳定程度		河流特性及河床演变特点			
		序号	分类	形态特征	水文泥沙特征	河床演变特征	河段区别要点
山区河流	峡谷河段	I	稳定	1. 在平面上多急弯卡口, 宽窄相间, 河床为 V 形或 U 形 2. 河流纵断面多呈凸型, 比降平缓相连 3. 峡谷河段, 河床狭窄, 河岸陡峭多石质, 中、枯水河槽无明显区别 4. 开阔河段, 河面较宽, 有边滩, 有时也有不大的河漫滩和明显阶地, 有的地方也会出现心滩和沙洲, 比降较缓, 河床泥沙较细	1. 河床比降陡, 一般大于 2‰ 2. 流速大, 洪水时河槽平均流速可达到 5m/s~8m/s 3. 水位变幅大, 个别达到 50m 4. 含沙量小, 河床泥沙颗粒较大; 由于流速大, 搬运能力强, 故洪水时河床上有卵石运动	1. 河流稳定, 变形多为单向的切蚀作用, 速度相当缓慢 2. 峡谷河段的进口或窄口的上游, 受壅水的影响, 洪淤、枯冲 3. 开阔河段有时有较厚的颗粒较细的沉积物, 且多呈洪冲, 枯淤变化 4. 两岸对河流的约束和钳制作用大	峡谷河段, 河床窄深, 床面岩石裸露或为大漂石覆盖, 河床比降大, 多急弯、卡口, 断面呈 V 形或 U 形。 开阔河段和顺直微弯河段, 岸线整齐, 河槽稳定, 断面多呈 U 形, 滩、槽分明, 各级洪水流向基本一致
	开阔河段	II III					

续表 F

河流类型	河段类型	稳定程度		河流特性及河床演变特点			
		序号	分类	形态特征	水文泥沙特征	河床演变特征	河段区别要点
平原区河流	顺直微弯河段	Ⅲ	稳定	1. 平原区河流, 平面外形可分为顺直微弯型、分汊型、弯曲型、宽滩型和游荡型		1. 顺直微弯河段, 中水河槽顺直微弯, 边滩呈犬牙交错分布; 洪水时边滩向下游平移, 对岸深槽亦向下游平移	
	分汊河段	Ⅲ Ⅳ		2. 河谷开阔, 有时河槽高出地面, 靠两侧堤防束水	1. 河床比降平缓, 一般小于 1‰, 有时不到 0.1‰	2. 分汊河段, 中高水河槽分汊, 两汊可能有周期性交替变迁趋势	稳定性和次稳定性河段的区别, 前者河槽岸线、河槽、洪水主流均基本稳定; 后者河湾发展下移, 主流在河槽内摆动。 分汊河段, 两汊有交替变迁的趋势; 宽滩河段泛滥宽度很宽, 达几公里、十几公里, 滩槽宽度比、流量比都较大, 滩流速小, 槽流速大
	弯曲河段	Ⅲ Ⅳ	次稳定	3. 河床横断面多呈宽浅矩形, 通常横断面上滩槽分明, 在河湾处横断面呈斜三角形, 凹岸侧窄深, 凸岸侧为宽且高的边滩, 过渡段有浅滩、沙洲	2. 流速小, 洪水时河槽平均流速多为 2m/s ~ 4m/s	3. 弯曲型河段, 凹冲凸淤。自由弯曲型河段, 由于周而复始的凹冲凸淤, 随着凹岸侧冲刷下切和侵蚀, 弯顶横移下行, 凸岸侧成鬃岗地形并扭曲弯向下游; 与此同时弯曲路径加长, 阻力加大, 颈口缩短, 洪水时发生裁弯取直	
	宽滩河段	Ⅲ Ⅳ		4. 枯水期河槽中露出多种形态的泥沙堆积体	3. 洪峰持续时间, 水位和流量变幅小于山区河流	4. 宽滩蜿蜒型河段, 河床演变与弯曲型河段类似	
	游荡河段	Ⅳ Ⅴ	不稳定	5. 由于平原区河流多河弯、浅滩连续分布, 因此, 河床纵断面亦深浅相间	4. 河床泥沙颗粒较细; 水流输送泥沙以悬移质为主, 多为沙、粉沙和粘粒	5. 游荡型河段, 河槽宽浅, 沙洲众多, 且变化迅速, 主流、支汊变化无常	

续表 F

河流类型	河段类型	稳定程度		河流特性及河床演变特点			
		序号	分类	形态特征	水文泥沙特征	河床演变特征	河段区别要点
山前区河流	山前变迁河段	V	不稳定	1. 山前变迁河段,多出现在较开阔的地面、坡度较平缓的山前平原地带,河段距山口较远,其下多是比较稳定的平原河流,水流多支汉,主流迁徙不定,河槽岸线不稳,洪水时主流有滚动可能	1. 河床比降介于山区和平原区之间,一般为1‰~10‰;但冲积漫流河段有时大于20‰~50‰ 2. 流速介于山区与平原区之间,洪水时河槽平均流速可达到3m/s~5m/s 3. 水流宽浅;水深变幅不大,既小于山区亦小于平原区 4. 泥沙中等或较大;在干旱、半干旱地区,洪水时往往携带大量细颗粒泥沙(既有移质又有推移质),是淤积的主要材料	1. 山前变迁河段,泥沙与河床演变特点有类似平原游荡型河段之处,但其比降和泥沙颗粒皆大于平原游荡型河段;主要还是山前河流的特点,夺流改道之势更为凶猛迅速 2. 冲积漫流河段,通常无固定河槽,夹带大量粗颗粒泥沙的水流淤积冲刷;加以坡陡、流急造成水沙混合体奔突冲击,有很大的破坏力。洪水后,河床支汉纵横,支离破碎,没有固定河漫滩,是最不稳定的河段;河床有可能淤高	不稳定河段与次稳定河段的区别,前者主流在整个河床内摆动,幅度大,变化快,河床有可能扩宽;后者主流在河槽内摆动,幅度小。游荡性河段与山前变迁性河段的区别,前者土质颗粒细,冲刷深,回淤快,主流不仅在河床内摆动,甚至可能造成河道改道;后者颗粒粗,冲刷浅,由于河床淤高扩宽和主流摆动,造成主槽变迁,河岸傍切扩宽幅度小。冲积漫流河段地貌大致具有冲积扇体特征,床面逐年淤高,较游荡性河段明显,洪水主流在高沟槽中通过
	冲积漫流河段			2. 冲积漫流河段,距山口较近,河床坡度较陡;因为地势单调平坦,水流出山口后成喇叭形散开,流速、水深骤减,水流挟带大量泥沙落淤在山口形成冲积扇			

续表 F

河流类型	河段类型	稳定程度		河流特性及河床演变特点			
		序号	分类	形态特征	水文泥沙特征	河床演变特征	河段区别要点
河口	三角港河口	V	不稳定	1. 三角港河口段为凹向大陆的海湾型河口段 2. 三角洲河口段为凸出海岸伸向大海的冲积型河口;河口段沙洲林立,支汊纵横交错	比降一般小于 0.1‰,流速也小;由于受潮汐影响,流速呈周期性正负变化;泥沙颗粒极细,多为悬移质	河口除受波浪和海流作用外,河流下泄的部分泥沙(进入河口后),由于受潮流和径流的相互作用,常形成拦门沙,加之咸、淡水交汇造成泥沙颗粒的絮凝现象,促进了泥沙的淤积,洪水期山水占控制的河段,可能有河床冲刷。因此很多河口段河床的冲淤变化很明显	区别要点同形态特征
	三角洲河口	VI.					

注:1 表列河段为一般情况,山区河段为稳定性河段,但也有例外的情况。有的山区河流有次稳定的甚至有不安定的河段,遇到这类场合,应根据具体河段的实际情况,分析其稳定性,决定采用何种勘测设计方法。

2 表中序号表示河段的稳定程度,序号越小,河段越稳定;序号越大,河段越不稳定。

## 附录 G 塔基局部冲刷计算

**G.0.1** 非黏性土河(海)床桥墩局部冲、刷,可选用下列公式计算:

**1** 局部冲刷 65-1 公式:

当  $V \leq V_0$  时:

$$h_b = K_\xi K_{\eta_1} b_1^{0.6} (V - V'_0) \quad (\text{G.0.1-1})$$

当  $V > V_0$  时:

$$h_b = K_\xi K_{\eta_1} b_1^{0.6} (V_0 - V'_0) \left( \frac{V - V'_0}{V_0 - V'_0} \right)^{n_1} \quad (\text{G.0.1-2})$$

$$K_{\eta_1} = 0.8 \left( \frac{1}{\bar{d}^{0.45}} + \frac{1}{\bar{d}^{0.15}} \right) \quad (\text{G.0.1-3})$$

$$V_0 = 0.0246 \left( \frac{h}{\bar{d}} \right)^{0.14} \sqrt{332\bar{d} + \frac{10+h}{\bar{d}^{0.72}}} \quad (\text{G.0.1-4})$$

$$V'_0 = 0.462 \left( \frac{\bar{d}}{b_1} \right)^{0.06} V_0 \quad (\text{G.0.1-5})$$

$$n_1 = \left( \frac{V_0}{V} \right)^{0.25 \bar{d}^{0.19}} \quad (\text{G.0.1-6})$$

式中:  $h_b$ ——局部冲刷深度(m);

$K_\xi$ ——墩型系数,可按表 G.0.1 选用;

$K_{\eta_1}$ ——河(海)床土壤粒径影响系数;

$\bar{d}$ ——河(海)床土平均粒径(mm);

$b_1$ ——基础计算宽度(m);

$V_0$ ——河床泥沙起动流速(m/s);

$h$ ——一般冲刷后的水深,不发生一般冲刷时,为原河道水深(m);

$V'_0$ ——基础前始冲流速(m/s);

$V$ ——一般冲刷后的垂线平均流速(m/s);

$n_1$ ——指数。

## 2 局部冲刷 65-2 公式:

当  $V \leq V_0$  时:

$$h_b = K_\xi K_{\eta_2} b_1^{0.6} h_{pm}^{0.15} \left( \frac{V - V'_0}{V_0} \right) \quad (G. 0.1-7)$$

当  $V > V_0$  时:

$$h_b = K_\xi K_{\eta_2} b_1^{0.6} h_{pm}^{0.15} \left( \frac{V - V'_0}{V_0} \right)^{n_2} \quad (G. 0.1-8)$$

$$K_{\eta_2} = \frac{0.0023}{\bar{d}^{2.2}} + 0.375 \bar{d}^{0.24} \quad (G. 0.1-9)$$

$$V_0 = 0.28 (\bar{d} + 0.7)^{0.5} \quad (G. 0.1-10)$$

$$V'_0 = 0.12 (\bar{d} + 0.5)^{0.55} \quad (G. 0.1-11)$$

$$n_2 = (V/V_0)^{-0.23-0.19I_g \bar{d}} \quad (G. 0.1-12)$$

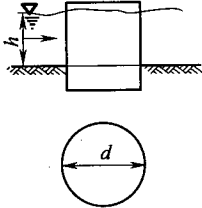
式中:  $K_{\eta_2}$ ——墩型系数,可按表 G. 0.1 选用;

$V_0$ ——泥沙起动流速(m/s);

$V'_0$ ——始冲流速(m/s);

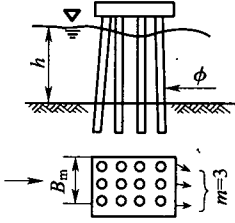
$n_2$ ——指数。

表 G. 0.1 墩形系数及墩宽计算

编号	墩形示意图	墩形系数 $K_\xi$	基础计算 宽度 $b_1$
1		1.00	$b_1 = d$



续表 G. 0. 1

编号	墩形示意图	墩形系数 $K_{\xi}$	基础计算 宽度 $b_1$
2		$K_{\xi} = K_{m\phi}$ $K_{m\phi} = 1 + 5 \left[ \frac{(m-1)\phi}{B_m} \right]^2$ $K_{m\phi}$ ——桩群系数; $B_m$ ——桩群垂直水流方向的 分布宽度; $m$ ——桩的排数	$b_1 = \phi$

**G. 0. 2** 黏性土河(海)床桥墩局部冲、刷,可按下列公式计算:

当  $h_p/b_1 \geq 2.5$  时:

$$h_b = 0.83K_{\xi}b_1^{0.6}I_L^{1.25}V \quad (\text{G. 0. 2-1})$$

当  $h_p/b_1 < 2.5$  时:

$$h_b = 0.55K_{\xi}b_1^{0.6}I_L^{1.0}V \quad (\text{G. 0. 2-2})$$

式中:  $I_L$ ——冲刷范围内黏性土壤的液性指数,为 0.16~1.48。

**G. 0. 3** 当河(海)床由多层成分不同的土质组成时,分层土冲刷可采用逐层渐近算法进行。

## 附录 H 设计风速分析计算

**H.0.1** 架空输电线路设计风速应通过气象站设计风速计算、大风调查资料、沿线地形气候特征、已建线路设计风速,以及运行情况、地区风压图等综合分析确定。

**H.0.2** 气象站设计风速计算应对气象站实测大风资料进行代表性、一致性、可靠性审定,对突出的特大值可通过大型天气过程分析、资料系列的不均一性分析、地区比审、气象要素相关、查阅史籍记载等方法进行审查。

**H.0.3** 气象站有 25 年以上的年最大风速资料时,可直接进行频率计算推求气象站设计风速;当气象站资料短缺时,可选择邻近地区地形、气候条件相似,有长期实测资料的气象站进行相关分析,展延资料序列后应进行频率计算。

**H.0.4** 气象站设计风速应经过下列步骤进行计算:

1 风速高度订正可按下列公式进行:

$$V_z = V_1 \left( \frac{Z}{Z_1} \right)^\alpha \quad (\text{H.0.4-1})$$

式中:  $V_z$ ——高度为  $Z$  处的风速(m/s);

$V_1$ —— $Z_1$  高度处的风速(m/s);

$Z$ ——设计高度(m);

$Z_1$ ——风速器离地高度(m);

$\alpha$ ——地面粗糙度系数,可按表 H.0.4-1 选用。气象台站在开阔平坦地区时,地面粗糙度可按 B 类确定。

2 气象站风速资料为定时观测 2min 平均或瞬时极大值时,应进行观测次数和风速时距的换算,并应统一订正至国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 所要求的自记 10min 平均风

速。次时换算可按下列公式进行：

$$V_{10min} = aV_{Tmin} + b \quad (H. 0. 4-2)$$

式中： $V_{10min}$ ——10min 平均最大风速(m/s)；

$V_{Tmin}$ ——定时 2min 平均或瞬时最大风速(m/s)；

$a、b$ ——系数，可通过搜集当地分析成果或根据资料计算确定，也可按表 H. 0. 4-2 采用。

表 H. 0. 4-1 地面粗糙度系数

类别	$\alpha$	地 面 特 征
A	0. 12	近海海面、海岛、海岸、湖岸及沙漠地区
B	0. 16	田野、乡村、丛林、丘陵及房屋比较稀疏的中小城镇和大城市郊区
C	0. 22	有密集建筑群的城市市区
D	0. 30	有密集建筑群且房屋较高的大城市市区

表 H. 0. 4-2 风速次时换算公式系数

时距	地区	$a$	$b$	时距	地 区	$a$	$b$
瞬时与 10min 平均 风速	华北 西北 东北	0.65	0.50	4 次 定 时 与 10min 平 均 风 速	东北	0.97	3.96
					华北	0.88	7.82
					西北	0.85	5.21
					西南	0.75	6.17
	西南	0.66	0.80		云南	0.625	8.04
					四川	1.25	—
	云南 贵州	0.70	—1.60		山东	0.855	5.44
					山西南、北部	0.834	7.40
					山西中部	0.749	8.56
					华东及安徽长江以南	0.78	8.41
	华南	0.73	—2.80		安徽长江以北	1.03	3.76
					江苏	1.184	1.49
	华东 华中	0.69	—1.38		华中	0.73	7.00
					广东	1.00	3.11

续表 H. 0. 4-2

时距	地区	a	b	时距	地 区	a	b
瞬时 与 10min 平均 风速	渤海 海面	0.75	1.00	4 次 定 时 与 10min 平 均 风 速	福建	0.91	4.96
					广西	0.793	4.71
					河北、北京	0.81	4.72
					天津	0.864	4.64
					北海	0.904	2.79

3 频率计算方法可采用 P—Ⅲ型分布或 I 型极值分布。

**H. 0. 5** 山区风速应按工程实际情况通过大风调查和对比观测, 并应分析移用附近气象站设计风速, 可用山区风速调整系数。山区风速调整系数, 宜采用实测资料分析成果; 无实测资料时, 山区闭塞地形可为 0.87~0.92; 谷口、山口可为 1.10~1.23。

**H. 0. 6** 滨海线路的设计风速, 由陆地上气象站风速计算确定时, 应作陆地与海面的调整换算, 调整系数应按表 H. 0. 6 选用。滨海线路工程设计风速取值, 应作单站风速计算, 并应作线路附近各站 (包括海岛、海岸) 的风速计算分析和大风调查, 同时应计及线路与台站的地形差异等影响风速的因素, 并应经综合分析后确定设计风速。

表 H. 0. 6 滨海风速调整系数

距海岸距离(km)	调 整 系 数
<40	1.00
40~60	1.00~1.05
60~100	1.05~1.10

**H. 0. 7** 确定设计风速, 应重点对微地形微气候区段分析研究。风区划分应依据充分、划区合理, 并应客观反映工程沿线的真实情况。

## 附录 J 设计覆冰厚度分析计算

**J.0.1** 架空输电线路设计覆冰厚度应通过实测与调查覆冰资料计算、沿线地形气候特征、已建线路设计冰厚,以及运行情况、地区冰区划分图等综合分析确定。

**J.0.2** 导线覆冰计算,可根据实际情况和设计要求,采用实测资料与调查资料相结合的方式进行。选用计算公式和参数应符合当地的覆冰情况,计算结果应进行合理性分析。

**J.0.3** 观冰站有 10 年以上的年最大覆冰厚度资料时,可直接进行频率计算推求观冰站设计冰厚。计算方法可采用 P—Ⅲ型分布或Ⅰ型极值分布。当沿线覆冰资料短缺时,可通过调查历史最大覆冰厚度进行标准冰厚计算,并应估算其重现期。

**J.0.4** 设计冰厚计算,应根据任务要求,结合影响设计冰厚的因素和沿线覆冰特征,以及资料情况进行,可按下列公式计算:

1 有实测覆冰资料时,可采用单导线设计冰厚计算公式计算:

$$B = K_h K_T K_g K_f K_d K_J B_0 \quad (\text{J.0.4-1})$$

式中:  $B$ ——设计冰厚(mm);

$K_h$ ——高度订正系数,应由实测覆冰资料计算分析确定;

$K_T$ ——重现期换算系数,应由实测覆冰资料计算分析确定;

$K_g$ ——线径订正系数,应由实测覆冰资料计算分析确定;

$K_f$ ——线路走向订正系数,应由实测覆冰资料计算分析确定;

$K_d$ ——地形订正系数,应由实测覆冰资料计算分析确定;

$K_J$ ——档距订正系数,应由实测覆冰资料计算分析确定;

$B_0$ ——标准冰厚(mm)。

2 不具备资料条件的地区,可采用下式计算:

$$B = K_h K_T K_\phi B_0 \quad (\text{J. 0. 4-2})$$

3 公式(J. 0. 4-2)中各订正系数可按下列计算方法确定,或按经验系数选用:

1)高度订正系数  $K_h$  可采用下式计算:

$$K_h = \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^\alpha \quad (\text{J. 0. 4-3})$$

式中:  $Z$ ——设计导线离地高度(m);

$Z_0$ ——实测或调查覆冰附着物高度(m);

$\alpha$ ——指数,应由实测覆冰资料计算分析确定,无资料地区可采用 0.22。

2)重现期换算系数  $K_T$ ,调查最大覆冰厚度的估算重现期与设计重现期不同时,可按表 J. 0. 4 订正。

表 J. 0. 4 重现期换算系数

设计重现期(年)	调查重现期(年)							
	100	50	30	20	15	10	5	2
100	1.00	1.10	1.16	1.28	1.32	1.43	1.75	2.42

3)线径订正系数  $K_\phi$  应根据实测资料分析确定,无实测资料地区可按下式计算订正:

$$K_\phi = 1 - 0.126 \ln \left( \frac{\phi}{\phi_0} \right) \quad (\text{J. 0. 4-4})$$

式中:  $K_\phi$ ——线径订正系数;

$\phi$ ——设计导线直径(mm),  $\phi \leq 30\text{mm}$ ;

$\phi_0$ ——覆冰导线直径(mm)。

J. 0. 5 标准冰厚计算可根据实测或调查覆冰资料,按下列公式计算:

1 据实测冰重的公式:

$$B_0 = \left( \frac{G}{0.9\pi L} + r^2 \right)^{0.5} - r \quad (\text{J. 0. 5-1})$$

2 据实测覆冰长短径的公式:

$$B_o = \left[ \frac{\rho}{3.6} (ab - 4r^2) + r^2 \right]^{0.5} - r \quad (\text{J. 0.5-2})$$

3 据调查或实测覆冰直径的公式:

$$B_o = \left[ \frac{\rho}{0.9} (K_s R^2 - r^2) + r^2 \right]^{0.5} - r \quad (\text{J. 0.5-3})$$

式中:  $B_o$ ——标准冰厚(mm);

$G$ ——冰重(g);

$\pi$ ——圆周率;

$L$ ——覆冰长度(m);

$a$ ——覆冰长径(包括导线)(mm);

$b$ ——覆冰短径(包括导线)(mm);

$r$ ——导线半径(mm);

$R$ ——覆冰半径(包括导线)(mm);

$K_s$ ——覆冰形状系数( $K_s = b/a$ );

$\rho$ ——实测或调查覆冰密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

导线覆冰形状系数应由当地实测覆冰资料计算分析确定, 无实测资料地区可按表 J. 0.5 选用。

表 J. 0.5 覆冰形状系数

覆冰种类	覆冰附着物名称	$K_s$
雨淞、雾淞	电力线、通信线	0.80~0.90
雨雾淞混合冻结	树枝、杆件	0.30~0.70
湿雪	电力线、通信线、树枝、杆件	0.80~0.95

注: 小覆冰  $K_s$  选用下限; 大覆冰  $K_s$  应选用上限。

J. 0.6 覆冰密度可根据资料条件采用不同的方法确定, 并应符合下列要求:

1 有实测覆冰资料地区, 可根据资料情况选用下列公式计算确定:

1) 长短径法公式:

$$\rho = \frac{4G}{\pi L(ab - 4r^2)} \quad (\text{J. 0.6-1})$$

2) 周长法公式:

$$\rho = \frac{4\pi G}{L(I^2 - 4\pi^2 r^2)} \quad (\text{J. 0. 6-2})$$

3) 横截面积法公式:

$$\rho = \frac{G}{L(A - \pi r^2)} \quad (\text{J. 0. 6-3})$$

式中:  $\rho$ ——覆冰密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$I$ ——覆冰周长(mm);

$A$ ——覆冰横截面积(包括导线)( $\text{mm}^2$ )。

2 无实测资料的地区,可分析借用邻近地区实测导线覆冰密度资料。借用时应注意下列事项:

1) 工程地与借用资料地应在同一气候区内,覆冰种类相同,海拔大致相当。

2) 雾凇和雨雾凇混合冻结覆冰的密度随海拔升高而减小。

3 无实测覆冰资料,借用覆冰密度又有困难的地区,覆冰密度可按表 J. 0. 6 选用。

表 J. 0. 6 覆冰密度

覆冰种类	雨 凇	雾 凇	雨雾凇混合冻结	湿 雪
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.7~0.9	0.1~0.3	0.2~0.6	0.2~0.4

注:高海拔地区选用下限,低海拔地区选用上限。



## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

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做的:

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做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007  
《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001  
《建筑抗震设计规范》GB 50011  
《岩土工程勘察规范》GB 50021  
《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025  
《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112  
《土工试验方法标准》GB/T 50123  
《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266  
《冻土工程地质勘察规范》GB 50324  
《1:500,1:1000,1:2000 地形图航空摄影规范》GB/T 6962  
《1:500,1:1000,1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》  
GB/T 7931  
《1:5000,1:10000,1:25000,1:50000,1:100000 地形图航  
空摄影规范》GB/T 15661  
《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314  
《国家基本比例尺地图图式第2部分:1:5000,1:10000 地形  
图图式》GB/T 20257.2  
《火力发电厂工程测量技术规程》DL/T 5001  
《电力工程勘测制图》DL/T 5156.1—5156.5  
《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87  
《建筑桩基技术规范》JGJ 94  
《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

中华人民共和国国家标准

1000kV 架空输电线路勘测规范

**GB 50741 - 2012**

条文说明

## 制 订 说 明

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2008〕105号)的要求,由中国电力工程顾问集团公司会同有关单位编制而成的。

本规范编制中主要遵循如下原则:

1. 坚持技术上的先进性、经济上的合理性、安全上的可靠性、实施上的可操作性原则。

2. 认真贯彻执行国家的有关法律、法规和方针、政策,密切结合工程自然条件,充分考虑设计、施工和运行的要求,为 1000kV 架空输电线路工程的安全和正常运行创造条件。

3. 全面总结多年来架空输电线路工程积累的丰富勘测经验和成果,特别是近期特高压输变电工程勘测工作经验。

4. 充分体现特高压输电线路勘测技术特点。

5. 按照目前国家基本建设工作程序,与设计阶段的划分相协调,分阶段编写各专业内容。

6. 注意与现行相关技术标准相协调。

7. 积极、稳妥地采用新技术、新工艺、新设备、新方法。

8. 注意标准的通用性和可操作性。

9. 对直接涉及工程质量、安全、卫生、环境保护等方面的要求,编制强制性条款。

10. 开展必要的现场调研和专题研究,为标准条文的制订奠定基础。

11. 标准编写的体例应符合《工程建设标准编写管理规定》中的相关要求。

本规范的编制中充分总结了近年来我国特高压 1000kV 交流、±800kV 直流架空输电线路工程勘测的实践经验,同时借鉴了大量在 330kV、500kV、750kV 输电线路工程勘测中积累的丰富和成熟经验,并充分考虑了设计、施工、运行等方面的相关要求。编制组对新技术在输电线路勘测中的应用情况给予了特别的关注。

为充分了解近年来自然灾害对电力设施的影响,对有关经验教训予以总结,并给本标准的编制提供有力的支撑,编制组确定了“采空区架空输电线路勘测评价现状调查”、“地震地质灾害对架空输电线路影响的调查与分析”、“导线覆冰灾害对架空输电线路影响的调查与分析”3 个调研专题。

按照工程建设标准的编制工作程序,编制组在经过前期准备工作之后,首先编制了本规范的编制大纲,并邀请有关专家对编制大纲进行了评审,确定了本标准的主要框架。之后编制组转入征求意见稿的编制工作,2009 年 9 月规范征求意见稿完成。2009 年 10 月规范征求意见稿面向社会和部分单位正式公开征求意见,2009 年 12 月征求意见结束。2010 年 3 月编制组完成了征询意见的处理工作,转入送审稿编制工作。2010 年 4 月下旬,编制组完成本规范送审稿和送审文件的编制,送交中电联标准化中心。

为做好本规范的编制工作,编制组召开了多次会议,针对关键问题进行交流和讨论。2009 年 2 月编制组第 1 次工作会议对编制大纲进一步完善细化;2009 年 7 月编制组第 2 次工作会议对征求意见稿的初稿进行了内部讨论修改;2010 年 3 月编制组第 3 次工作会议对规范征求意见稿公开征询得到的意见进行了集中处理与回复。

为了广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能理解和执行条文规定,《1000kV 架空输电线路勘测规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的

目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总 则 .....	(137)
3	基本规定 .....	(138)
3.1	测量 .....	(138)
3.2	岩土工程勘察 .....	(139)
3.3	水文勘测 .....	(140)
3.4	气象勘测 .....	(141)
4	可行性研究阶段测量 .....	(143)
4.1	一般规定 .....	(143)
4.2	室内工作 .....	(143)
5	初步设计阶段测量 .....	(145)
5.1	一般规定 .....	(145)
5.2	航空摄影 .....	(145)
5.3	控制测量 .....	(150)
5.4	路径走廊调绘 .....	(153)
5.5	空中三角测量 .....	(155)
5.7	室内选择路径方案 .....	(156)
5.8	现场工作和测量成果 .....	(156)
6	施工图设计阶段测量 .....	(158)
6.1	一般规定 .....	(158)
6.2	现场落实路径 .....	(159)
6.3	定线测量、桩间距离测量、高差测量 .....	(159)
6.4	联系测量 .....	(160)
6.5	平面及断面测量 .....	(160)
6.6	交叉跨越测量 .....	(163)
6.7	定位测量 .....	(163)

6.8	塔基断面及塔位地形测量 .....	(165)
6.9	房屋分布图测量 .....	(166)
6.10	塔位坐标测量 .....	(166)
6.11	测量成果 .....	(166)
7	可行性研究阶段岩土工程勘察 .....	(167)
7.1	勘察技术要求 .....	(167)
7.2	勘察成果 .....	(167)
8	初步设计阶段岩土工程勘察 .....	(168)
8.1	勘察技术要求 .....	(168)
8.2	勘察成果 .....	(168)
9	施工图设计阶段岩土工程勘察 .....	(170)
9.1	一般规定 .....	(170)
9.2	平原河谷地区勘察 .....	(170)
9.3	山地丘陵地区勘察 .....	(172)
9.4	戈壁沙漠地区勘察 .....	(172)
9.5	勘察成果 .....	(173)
10	特殊性岩土 .....	(175)
10.1	湿陷性土 .....	(175)
10.2	软土 .....	(175)
10.3	膨胀土 .....	(176)
10.4	红黏土 .....	(177)
10.5	填土 .....	(178)
10.6	冻土 .....	(178)
10.7	风化岩与残积土 .....	(178)
10.8	盐渍岩土 .....	(179)
10.9	混合土 .....	(179)
11	不良地质作用和地质灾害 .....	(181)
11.1	岩溶 .....	(181)
11.2	滑坡 .....	(182)



11.3	崩塌 .....	(183)
11.4	泥石流 .....	(184)
11.5	采空区 .....	(184)
11.6	活动断裂、场地和地基的地震效应 .....	(186)
12	地下水 .....	(188)
13	岩土工程勘察方法 .....	(189)
13.1	工程地质调查与测绘 .....	(189)
13.2	坑探和钻探 .....	(189)
13.3	原位测试 .....	(190)
13.4	物探 .....	(191)
13.5	遥感 .....	(191)
14	原位试验 .....	(193)
15	现场检验 .....	(195)
16	可行性研究阶段水文勘测 .....	(196)
17	初步设计阶段水文勘测 .....	(197)
18	施工图设计阶段水文勘测 .....	(199)
19	水文调查 .....	(201)
19.1	一般规定 .....	(201)
19.2	人类活动影响调查 .....	(201)
19.3	洪水调查 .....	(201)
19.4	河(海)床演变调查 .....	(202)
19.5	冰情及河道漂浮物调查 .....	(202)
19.7	特殊地区调查 .....	(202)
20	设计洪水分析计算 .....	(204)
20.2	天然河流设计洪水 .....	(204)
20.3	水库上、下游设计洪水 .....	(204)
20.4	特殊地区洪水 .....	(205)
20.5	设计洪水要素 .....	(205)
20.6	人类活动对洪水的影响 .....	(205)

21	河(海)床演变分析 .....	(206)
21.1	一般规定 .....	(206)
21.2	河床演变 .....	(206)
21.3	海床演变 .....	(206)
21.4	人类活动对岸滩稳定性的影响 .....	(207)
22	可行性研究阶段气象勘测 .....	(208)
22.1	勘测内容深度与技术要求 .....	(208)
22.2	勘测成果 .....	(208)
23	初步设计阶段气象勘测 .....	(209)
23.1	勘测内容深度与技术要求 .....	(209)
23.2	勘测成果 .....	(209)
24	施工图设计阶段气象勘测 .....	(210)
24.1	勘测内容深度与技术要求 .....	(210)
24.2	勘测成果 .....	(210)
25	气象调查 .....	(211)
25.1	一般规定 .....	(211)
25.2	大风调查 .....	(211)
25.3	覆冰调查 .....	(212)
25.4	气象专用站观测 .....	(213)

# 1 总 则

**1.0.1** 目前在国际上还没有投入商业运行的特高压输电线路工程,我国特高压交流试验示范项目已经在 2009 年 1 月投产,因此,对于特高压架空输电线路工程勘测工作的技术要求、工作深度、技术和质量控制标准等方面,可供借鉴的国内外经验不多。随着特高压输变电工程项目勘测设计工作的逐步深入,迫切需要制定相关的技术标准来规范、统一和指导相关勘测工作。本标准的编制充分借鉴了近期特高压输电线路工程勘测工作成果。

## 3 基本规定

### 3.1 测量

**3.1.1** 航空摄影测量技术、遥感技术、卫星定位测量、激光测量技术都是应用于 1000kV 架空送电线路工程测量的技术和方法,不同的技术和方法生产产品的精度要求在本规范中应是一致的,只是表述的方式有差别。测量规范除对产品精度规定外,还对采用不同技术的工序、图形、操作方法都有要求。激光测量技术完成的测量产品理论上能满足本规范的要求,但目前在应用的工序、操作方法、过程控制上还不成熟,所以只能在通过精度检验,满足本规范相应的产品精度要求条件下采用。

卫星定位测量是利用多台接收机同时接收多颗定位卫星信号,确定地面点三维坐标的技术。卫星定位测量概念是导航卫星定位系统领域多元化或多极化的格局总体概括。本规范“卫星定位测量”涉及的定位系统包括美国的卫星定位系统——The Global Position System、俄罗斯的 GLONASS 卫星定位系统、欧盟委员会 GALILEO 卫星定位系统和我国北斗一号卫星导航定位系统。

**3.1.2** 现行国家标准《国家大地测量基本技术规定》GB 22021—2008 中规定:测量采用中误差作为精度的技术指标,以 2 倍中误差作为限差。本规范予以采纳。

**3.1.3** 在可行性研究、初步设计、施工图设计各阶段的控制测量采用统一的坐标和高程系统既方便测量专业本身在一个工程中的数据利用,也使用户(电气、水文、岩土等专业、施工单位)使用方便。很多线路工程长达几百公里甚至几千公里,导致高斯投影变形很大(特别是东西方向的线路),对外控平差、航测内业

断面、量距、定位、施工放样都有很大影响,所以为了控制投影变形,一个工程可选择多个中央子午线,虽保证了变形影响小,但会使各投影带交接处坐标数据接洽麻烦,所以要综合考虑选择多个投影带及投影带的合理中央子午线。本规范对投影变形做出了“应计及投影长度变形”的原则规定。现行国家标准《工程测量规范》规定投影长度变形不大于 $2.5\text{cm/km}$ ;《 $330\text{kV}\sim 750\text{kV}$  架空输电线路勘测规范》规定投影变形值的允许偏差为 $5\text{cm/km}$ 。

**3.1.4** 平断面图的平面测量范围主要根据工程的具体情况按照电气设计专业的要求确定。

**3.1.5** 测量原始数据文件和工程管理文件为测量专业需要保留的文件。工作中应避免交互式手工输入,修改原数据时应联动修改用此数据生成的相关数据和图形文件。校审重点应放在数据输入和交互式编辑内容上。测量提交的各类成品应包括相应的电子文件,主要为满足用户的要求。

**3.1.6** 对使用卫星定位测量技术进行平面坐标的联系测量、控制点测量、像片控制点测量、平断面测量、交叉跨越平面测量、地形图测量、塔位桩和直线桩测量的作业模式进行了规定。椭球基本参数一般包括主要几何和物理常数,即长半径、短半径、扁率、第一偏心率平方、第二偏心率平方、地球引力常数等。

**3.1.7** 本条对控制点的选择、观测方法提出了要求。

## **3.2 岩土工程勘察**

**3.2.1** 本条对输电线路工程可行性研究、初步设计和施工图设计阶段岩土工程勘察的主要任务提出了基本要求。

可行性研究阶段主要是对线路走廊的岩土条件进行查勘,为路径方案的比选提供岩土依据。初步设计阶段岩土工程勘察的重点是线路路径,特别是对路径走向影响较大的路段、严重不良地质作用发育路段的岩土工程条件应重点查明,避免出现因这些原因

而在下阶段大规模改线的不利局面。施工图设计阶段岩土工程勘察的重点是塔基地基岩土特征,威胁塔基稳定的不良地质作用和地质灾害等,并对各塔基岩土工程条件进行论证、分析和评价,提出解决岩土工程问题的建议,为工程设计和施工提供依据,具有很强的针对性。

**3.2.2** 施工勘察不包括在施工图设计阶段勘察之内,一般在输电线路工程施工过程中进行。施工勘察不是一个固定的勘察阶段,是否进行施工勘察应视工程地质条件的复杂程度和工程需要而定。

对于岩溶强烈发育场地、采空区、人工填土分布地段、地下设施布置地段等,由于条件复杂,在施工图设计阶段勘察期间按照常规勘探不能查明其具体的岩土工程技术条件,宜在施工过程中根据具体的基础型式、基础位置和尺寸,结合基坑开挖情况,有针对性地进行勘探、分析和评价,并提出勘察报告。

对于某些有特殊要求的杆塔,例如需要对基桩进行长期应力应变监测的杆塔等,施工图设计阶段勘察成果也难以满足特殊需要,在施工期间,应针对具体的要求进行勘探、监测、分析、评价。

**3.2.4** 输电线路工程地质条件复杂程度的划分,主要依据地形地貌、地层岩性、不良地质作用、地下水、地震烈度和线路通过的可能性等方面。条文中每一类别均平行给出了若干条件,使用中应结合各项条件综合判断后确定复杂程度类别。

### **3.3 水文勘测**

**3.3.1** 本条明确规定了特高压线路工程的水文要素设计标准。塔位冲刷计算时的洪水标准应为 100 年一遇。本条规定的防洪标准包括线路塔基冲刷分析计算时所采用的洪水标准。

**3.3.2** 为保证水文条件复杂路径段的水文要素的准确可靠,特制定本条款。

### 3.4 气象勘测

**3.4.1** 气象条件是输电线路工程设计的基础资料,直接影响工程的经济合理性与运行安全性,必须真实、客观地反映,使之能经受输电线路工程长期运行的考验。

**3.4.2** 我国的气象观测站,除少数高山站外,均设立在各县(市)所在地,气象观测场一般位于平原或山间平坝,观测的气象资料与远离气象站的山区、特别是高山大岭的输电线路的差别较大。线路设计风速与冰厚,一般要经多个中间环节计算,且在计算中存在多种因素影响,存在一定的误差。因此,短缺资料地区设计风速与冰厚的分析确定应尽可能采用几种方法,通过对成果的综合比较,合理选用数据。

**3.4.4** 在现行行业标准《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》DL/T 5092—1999 和《电力工程气象勘测技术规程》DL/T 5158—2002 中,输电线路防御气象灾害的设计重现期标准,330kV 及以下等级输电线路为 15 年一遇,500kV 输电线路为 30 年一遇。已建的 750kV 输电线路也为 30 年一遇。根据我国已建输电线路的实际运行情况,特别是 2008 年我国南方发生的 100 年一遇的大雪冰冻灾害给该地区的电力系统造成严重破坏,不少杆塔倒塌、扭曲,导线断裂,后国家相关部门对电力工程的设防标准进行了调整,中国电力工程顾问集团系统多次组织专家对电力线路工程的设防标准进行了研讨,综合以上成果,本规范对 1000kV 架空输电线路设防气象灾害的标准规定为 100 年一遇。

**3.4.6** 大覆冰一般出现在山区,覆冰随地形变化复杂,一般缺乏实测资料,要准确定量线路设计覆冰参数,技术难度较大。覆冰对线路安全运行影响极大,覆冰量级的增加对线路造价增高影响十分显著。因此,要求对重冰区线路的覆冰条件开展专题论证。

**3.4.8** 大量的冰害输电线路事故与测冰数据证明,导线覆冰受微地形、微气候的影响较大,覆冰量级分布复杂,一般线路冰害事故

多发生在局部微地形、微气候点。这种微地形、微气候点主要分布在山区;一般气候恶劣,交通条件极差,输电线路经过类似地形段,运行维护困难,一旦出现冰害事故,难以及时抢修。当线路必须经过微地形、微气候重冰区时,为了提高线路运行抗冰安全性,应在分析计算值基础上增大 10% 以上安全修正值。覆冰受地形与气候影响非常复杂,目前总结的覆冰计算方法,仍需在进一步的实践应用中不断总结完善,因此,对微地形、微气候重冰区的冰厚取值,应十分慎重,宜考虑必要的安全裕度。

**3.4.9** 在缺乏实测资料的情况下,难以准确确定风速设计参数。大风对输电线路工程的安全运行和工程投资具有较大影响,因此对于缺乏资料的风灾频发地区,应开展专题研究。



## 4 可行性研究阶段测量

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 《中华人民共和国测绘成果管理条例》中界定的基础测绘成果有五类:为建立全国统一的测绘基准和测绘系统进行的天文测量、三角测量、水准测量、卫星大地测量、重力测量所获取的数据、图件;基础航空摄影所获取的数据、影像资料;遥感卫星和其他航天飞行器对地观测所获取的基础地理信息遥感资料;国家基本比例尺地图、影像图及其数字化产品;基础地理信息系统的数据、信息等。其中的基本比例尺地形图、影像图及数字高程模型等是输电线路可行性研究阶段较为常用的资料。

### 4.2 室内工作

**4.2.1** 输电线路沿线基础测绘成果资料包括地形图、遥感卫星影像、数字高程模型等。

**4.2.2** 我国国家基本比例尺地形图共有七种:1:1000000、1:500000、1:250000、1:100000、1:50000、1:25000和1:10000。其中1:50000~1:250000地形图在本设计阶段最为常用。由于成图年代不同,地形图的内容以及其所采用的坐标系统、高程系统、图式等会有所不同,所以要求相同比例尺地形图的坐标系统、高程系统、成图年代等尽量一致,以利于地形图的处理和使用。

**4.2.3** 要求多光谱波段数不少于3个,便于选取波段组合与较高地面分辨率的全色影像进行融合,生成尽量接近自然色彩的彩色影像平面图。遥感卫星影像地面分辨率不大于10m,可满足1:25000~1:100000影像平面图成图需要。

**4.2.6** 目前,网格间距为25m的数字高程模型已覆盖我国大部

分区域。此种数据按 1:50000 地形图图幅分幅,有着多种存储格式,使用时应根据需要进行格式转换。利用数字高程模型可进行断面分析,辅助线路杆塔规划。但由于数据为固定间隔,没有地形特征点,且数据生成时间可能已久,不能十分准确地反映实际的地形起伏状况。所以仅能获得概略断面数据,满足本阶段设计需要。表 1 为根据国家基础地理信息中心资料整理的数字高程模型精度情况。

表 1 国家基础地理信息中心资料整理的数字高程模型精度情况

地形类别	基本等高距 (m)	地面坡度 (°)	高差 (m)	格网点高程 中误差(m)	内插点高程 中误差(m)
平地	10(5)	2 以下	80 以下	4	$4 \times 1.2$
丘陵	10	2~6	80~300	7	$7 \times 1.2$
山地	20	6~25	300~600	11	$11 \times 1.2$
高山	20	25 以上	600 以上	19	$19 \times 1.2$

## 5 初步设计阶段测量

### 5.1 一般规定

5.1.1 本条对初步设计阶段测量工作的主要内容进行了阐述。

5.1.2 像片控制点测量应以控制网为基准,但是可以与控制网测量同期进行。由于像片控制点测量精度普遍低于控制网测量精度,为了减少像片控制点测量误差对控制网测量精度的影响,应先进行控制网测量平差,然后以控制网为基准进行像片控制点测量平差。

5.1.3 本条规定了控制网测量应满足的测量精度要求。由于现行测量标准对同一等级测量的精度规定有所差异,因此本标准列举了输电线路测量宜执行的测量标准。

5.1.4 本条规定了像片控制点测量应满足的测量精度要求。

5.1.5 室内选择路径方案时,测量人员应了解可行性研究审查所确定的路径方案,基于对可行性研究阶段线路沿线情况的了解和掌握,通过补充搜集线路经过地区的地形图资料和线路沿线的已知坐标、高程控制点成果,为后续测量工作打好基础。

### 5.2 航空摄影

5.2.1 本条规定航空摄影应在路径确定后进行,可避免由于路径的更改而进行补飞的现象,一般在初步设计路径方案审查后进行。输电线路测量采用航空摄影测量技术,主要是为了提高工作效率和工作质量,优化路径和设计,降低工程造价。

5.2.2 航空摄影时,通常是对线路走廊进行单航带摄影,按转角段划分航带,并考虑到选线时路径调整的裕度。航带设计时应保证转角点离航带边缘至少大于500m,离航带两端至少大于一条像

片基线的实地距离。当在路径选择困难、有比选方案或变电站、换流站线路密集区域,可采取多航带摄影或区域摄影。

**5.2.3** 航摄任务由委托单位提出,并和航摄执行单位共同商定有关具体事宜,制定航摄计划,签订航摄合同。航摄计划制订后,由航摄单位按国家规定向主管部门履行飞行申请手续,经批准后执行。

**5.2.5** 条文中只对  $23\text{cm} \times 23\text{cm}$  像幅的航摄仪作出规定。由于不同型号的航摄仪镜头,所摄像片具有的特性不同,并且能适用于作业的地形类别也有所不同。因此,必须根据测区地形类别来选择航摄仪镜头型号及其主距。

(1)常角或中角像片(即长主距像片)的特点是:由高差引起的像点投影差较小;对同样高差的两个像点,其左右视差较差要小。这两个特点,对具有大高差的山区或高山区及楼房高耸的城区非常有利,它可缩小投影差并使左右视差较差符合正常立体观察的要求。通常当左右视差较差超过  $15\text{mm}$  时,会使立体观察感到困难。

(2)宽角或特宽角像片(即短主距像片)的特点是投影差和左右视差较差都大。因此,它不利于山区而适合于平丘地区。

1)山区、高山区,若采用短主距像片,会使左右视差较差过于增大,造成立体观察感到困难,并可能存在着许多摄影“死角”而无法看成立体。另外过大的投影差,会给像片选线带来诸多不方便。所以,在山区、高山区及城建区,不宜采用宽角或特宽角摄影。

2)平丘地区,若采用短主距像片,由于增大了投影差、阴影和左右视差较差,则有利于像片的立体观察和判读调绘。所以,平丘地区应当采用宽角或特宽角摄影。

**5.2.7** 摄影比例尺与摄影航高。

(1)摄影比例尺(即像片比例尺)的选定。确定摄影比例尺主要是考虑航测的精度问题。由于航测的距离精度高于高差精度要

求,所以,这里只考虑线路航测的高差精度问题。

一个像对内两点高差精度近似估算公式为:

$$m_h = \pm 1.22 \frac{H}{b} m_q \quad (1)$$

式中:  $H$ ——摄影航高;

$b$ ——像片基线,分别取值为 90mm(平地)、80mm(丘陵)、74mm(山区)和 69mm(高山区);

$m_q$ ——残余上下视差中误差,取值为  $\pm 0.015\text{mm}$ 。

将  $m_q$  和  $b$  各种取值代入式(1),可得  $m_h$  估值如下:

$$m_{h\text{平地}} = \pm H/4918 \approx \pm H/4900$$

$$m_{h\text{丘陵}} = \pm H/4372 \approx \pm H/4400$$

$$m_{h\text{山区}} = \pm H/4044 \approx \pm H/4000$$

$$m_{h\text{高山}} = \pm H/3770 \approx \pm H/3800$$

平丘地区,通常采用宽角摄影,其  $f_k = 152\text{mm}$ 。当摄影比例尺分母  $M \leq 15000$  时,  $f_k = 152\text{mm}$  也适用于山区。山区、高山区,通常采用中角摄影,其  $f_k = 210\text{mm}$ 。

1) 平地丘陵区,采用宽角摄影( $f_k = 152\text{mm}$ ),其比例尺范围为  $1:8000 \sim 1:14000$  是合适的。其相应的高差中误差  $m_h$  最大值为  $\pm 0.48\text{m}$ ,满足平丘地区高差精度指标  $\pm 0.5\text{m}$  的要求。

2) 山区,当采用宽角摄影( $f_k = 152\text{mm}$ )时,其摄影比例尺范围为  $1:12000 \sim 1:15000$ ,  $m_h$  最大值为  $\pm 0.57\text{m}$ ;当采用中角摄影( $f_k = 210\text{mm}$ )时,其摄影比例尺范围为  $1:10000 \sim 1:12000$ ,相应航高为  $2100\text{m} \sim 2520\text{m}$ ,  $m_h$  最大值为  $\pm 0.63\text{m}$ 。这两种情况,其航高均符合山区飞行航高的要求,其高差精度也均满足山区高差精度指标  $\pm 0.6\text{m}$  的要求。

3) 高山区,采用中角摄影( $f_k = 210\text{mm}$ ),其摄影比例尺范围为  $1:10000 \sim 1:14000$  是合适的。其相应的摄影航高为  $2100\text{m} \sim 2940\text{m}$ ,符合高山区飞行航高的要求;其相应的高差中误差  $m_h$  的最大值为  $\pm 0.77\text{m}$ ,满足高山区高差精度指标  $\pm 0.8\text{m}$  的要求。

## (2) 摄影航高的选定。

我国飞机飞行的最低安全高度为离地面 600m, 飞机航高在 1000m~4000m 时飞行稳定性较好。考虑到线路摄影的经济适用性和选线时的调整裕度, 一般要求航带宽度不小于 2km。

由像片比例尺(1:M)计算公式:

$$\frac{1}{M} = \frac{f_k}{H} \quad (2)$$

可知, 摄影主距  $f_k$  和摄影航高  $H$  决定了像片比例尺(1:M)。当选定了摄影仪主距, 由像幅和带宽决定了像片比例尺, 可计算出摄影航高。如 23cm×23cm 像幅的航摄影, 选择 152mm 主距, 带宽 2.3km(像片比例尺 1:10000), 可计算出航高为 1520m。

(3) 当使用数码像机时, 一般取地面分辨率 0.2m。当地面分辨率取 0.2m, 带宽为 2.3km, 国内主要使用的数码像机对应的航高和比例尺见表 2。

表 2 国内主要相机参数与对应的航高比例尺

航摄影类型	DMC	UCX	UCD	SWC-4
焦距(mm)	120	100.5	101.4	35/50/80
像素	13824×7680	14430×9420	11500×7500	13000×11000
像素大小 ( $\mu\text{m}$ )	12	7.2	9	6.8
物理像幅 (mm×mm)	165.888× 92.16	103.896× 67.824	103.5×67.5	88.4×74.8
航高(m)	1668	2231	2261	2080
比例尺	1:13900	1:22200	1:22300	1:26000
备注				以 80mm 焦距为例

注: 表中航高与比例尺按地面分辨率 0.2m、带宽 2.3km 设计。

### 5.2.10 航摄成果检查验收的方法有如下三种:

(1) 数据测定法: 就是采用人工量测和仪器测定, 并以数据表示所测定的指标。如用解析法检查航摄底片的压平质量, 就是一

种数据测定的方法。它是应用解析空中三角测量的原理,将要检查的两个连续立体像对,在精密立体坐标量测仪上进行方位线定向后,测定每个像对的标准配置点及检查点的坐标和视差,并应用连续像对相对定向计算程序进行解算。如果在航摄过程中,底片没有得到严格压平,则地物点的构象就会产生移位,也就满足不了相对定向的几何条件。因此,可在解算相对定向元素的逐渐趋近过程中,检查模型定向点及多余检查点上的剩余上下视差 $\Delta q$ 是否为零或小于某一限定值作为评定底片压平质量的标准。

(2)样片比较法:就是在底片摄影质量检查抽样测定数据的基础上,根据有关航空摄影规范所规定的质量指标,制作出不同地区和不同景物特征的标准样片,如城市密集区、一般平地、丘陵地、山地、高山地等。在实际检查验收工作中,要通过对照同类样片进行比较的方法,鉴别摄影质量的优劣。

(3)目视检查法:该法是检查验收工作中经常采用的主要方法。对规范、合同条款的正确理解及应用摄影测量的实践经验,是目视检查者必须具备的基本条件。

#### 5.2.11 对航摄底片、航摄像片和像片索引图的有关要求如下:

(1)底片编号应以反体字在乳剂面上注记,号码与航线前进方向一致,字大小为 $4\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。片号应标注在像片左上角,片号应尽量靠近像幅边缘,但又不得压盖框标。同一摄区内不得出现重号。

(2)底片应进行装筒包装,每筒内装一卷或两卷底片。每卷底片应填写登记卡片一式两份,一份置于筒内,一份贴在筒外,卡片上注明项目名称、筒号、起止号码等。每卷底片的两端分别作出如下内容相同的注记:航摄日期、机组号、底片卷号、航摄仪类型及号码、主距、框标距、暗盒号、起止片号、总片数等。

(3)由于数码摄影没有底片,应移交电子影像一份。资料移交后,航摄单位应保留航摄原始数据至少3个月。

(4)像片应按航线段整理装盒,填写像片登记卡片一式两份,

一份置于盒内,一份贴在盒上。卡片的内容应包括:项目名称、航线序号和每条航线的起止片号、片数及总片数。

(5)像片索引图应标明航摄年月、航摄比例尺、制作者和检查者等有关内容。像片索引图应能如实反映所含范围内全部像片资料的情况。索引图的比例尺应尽量大些,要确保能够判读每条航线的像片号码。

### 5.3 控制测量

**5.3.1** 控制测量包含控制网测量和像片控制点测量两部分工作,控制网是沿线路布设的基准网。采用卫星定位测量方法可以明显提高测量作业效率,并可保证测量精度要求,因此建议采用卫星定位测量进行控制测量工作。

**5.3.2** 控制点应选在靠近路径、交通方便、视野开阔、适合接收机工作的位置。在  $15^\circ$  截止高度角以上空间不宜有障碍物。

控制点间距离不应大于 10km,是综合考虑了 GPS-RTK 电台覆盖范围等因素而确定的。

**5.3.3** GPS 控制网相邻点间技术要求引自现行国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314 的相关规定,GPS 测量大地高差的精度不应低于本规范表 5.3.3 规定的相邻点基线垂直分量的要求。对于线路控制网而言,E 级 GPS 测量精度已经可以满足工程需要,但顾及相邻点间平均距离的要求,故将 D、E 级均列于表中。各级 GPS 控制网点位应均匀分布,相邻点间最大距离不宜超过该网平均点间距的 2 倍。

**5.3.4** 为了计算控制点在国家或地方坐标系中的坐标,应与国家或地方坐标系中的高等级坐标控制点进行联测,联测的点数不得少于 2 点。起算坐标成果应进行检验,检验合格后方可参与平差计算。

**5.3.5** 起算高程成果应进行检验,检验合格后方可参与平差计算。在水文测量精度要求较高的区域,当距离传递大于 10km 时,



应采用 GPS 尽量多联测已知高程的控制点或水准点,逐段改正或建立高程异常数学模型,全线进行高程拟合改正。在线路较短且对高程测量精度要求较低的山区、丘陵区域,可采用高程拟合方法,但固定高程控制点的个数不得少于 3 个。

**5.3.6** 为了保证控制测量成果的可靠性,控制网应采用边联结形成闭合环或附和路线,而不应采用点联结。

**5.3.8** 像片控制点的选点条件的规定与国家标准的規定基本一致。像幅尺寸选择目前普遍使用的  $23\text{cm} \times 23\text{cm}$  像幅的像片和  $16\text{cm} \times 9\text{cm}$  像幅的数码像片。

**5.3.9** 单航线布点通常采用平高 6 点法,当航线段长度超过 6 个平高点要求的基线数范围时,则按每 5 条基线( $23\text{cm} \times 23\text{cm}$  像幅)或每 8 条基线( $16\text{cm} \times 9\text{cm}$  像幅)布设一对控制点的原则执行。

**5.3.10** 区域网内航线数的多少,应从工作量上考虑。航线数越多,将越增加航空摄影、外业控制和内业加密等方面的工作量。另外,区域网主要用于路径方案比选时的摄影,当主方案与比选方案相距较远时,应各自分别采用单航线摄影方式进行摄影;当主方案与比选方案相距小于  $10\text{km}$  时,才可考虑采用区域摄影方式一并进行摄影。

区域网平高点的布点,通常采用周边布点法进行。当区域网内的航线数不超过 5 条时,可按周边 6 点法或周边 8 点法布设平高点。

区域网航线方向每对高程点布点要求,与单航线布点相同。

**5.3.11** 有关选刺像片控制点和整饰控制片的要求,应与国家标准的规定相一致。

**5.3.13** 对卫星定位测量天线高量取的规定,主要是为了减少人为误差对测量精度的影响,确保高程测量成果的可靠性。本条仅提出了量取天线高的限差要求,由于接收机天线类型的多样化,天线高的量取部位各不相同,因此,作业前应熟悉所使用的接收机的

操作说明,并严格按照要求量取。

卫星定位测量是通过接收卫星发射信号来实现的,外界的其他无线电信号(如无线电通讯信号、微波信号等)会影响测量成果的精度,因此,在卫星定位测量过程中,接收机附近应避免使用无线电通讯工具。

由于卫星定位测量数据采集的高度自动化,其记录载体不同于常规测量,作业人员容易忽视数据采集过程的操作。如果不严格执行操作规定,如在同一观测时段内修改输入数据或配置文件,将造成测量成果超限而返工。

**5.3.14** 基线解算时,起算点在 WGS-84 坐标系中的坐标精度,将会影响基线解算结果的精度。单点定位是直接获取已知点在 WGS-84 坐标系中已知坐标的方法,实践表明,用 30min 单点定位结果的平均值作为起算数据,可以满足  $1 \times 10^{-6}$  相对定位测量精度要求。

多基线解算模式顾及了同步环中独立基线间的误差相关性,而单基线解算模式则没有顾及这些。大多数商业化软件基线解算只提供单基线解算模式,在精度上也能满足工程测量的精度要求,因此,两种基线解算模式都是可以采用的。

**5.3.15** 由同步观测基线组成的闭合环为同步环。理论上同步环闭合差应为零,但由于观测时同步环基线间不能做到完全同步,以及基线解算模型的误差,从而引起同步环闭合差不为零。因此,应对同步环闭合差进行检验。

由独立基线组成的闭合环为异步环。异步环闭合差的检验是卫星定位测量质量检验的重要指标。其检验公式是按误差传播规律确定的,并取 2 倍测量中误差作为异步环闭合差的限差。

重复测量的基线称为复测基线。其长度较差是按误差传播规律确定的,并取 2 倍测量中误差作为复测基线的限差。

**5.3.16** 在异步环检核和复测基线比较检核中,允许舍弃超限基线而不予重测或补测。

**5.3.17** 无约束平差是为了提供平差后的 WGS-84 三维坐标,同时也是为了检验网内部精度及基线向量间有无明显的系统误差和粗差。

基线向量改正数的绝对值限差是为了对基线观测量进行粗差检验。因此要求基线向量各坐标分量改正数的绝对值,不应超过相应等级基线长度中误差的 3 倍,否则认为该基线或附近基线含有粗差,应采用软件提供的自动或人工方法剔除含有粗差的基线。

**5.3.18** 约束平差是为了获取卫星定位控制测量成果在国家或地方坐标系中的坐标成果。约束平差是以国家或地方坐标系的控制点坐标、边长和坐标方位角作为约束条件进行平差计算。

强制约束是指所有已知条件均作为固定值参与平差计算,不需要考虑起算数据的误差。此时要求起算数据应有很好的精度且精度比较均匀,否则,将引起卫星定位控制网发生扭曲变形,显著降低控制网的精度。

加权约束是指考虑所有或部分已知约束数据的起始误差,按其不同的精度加权约束,并在平差时进行适当修正。定权时,应使权的大小与约束值精度相匹配,否则,会引起卫星定位测量控制网的变形,从而失去约束的意义。

对已知条件的约束,有三维约束和二维约束两种模式。三维约束平差的约束条件是控制点的平面和高程三维坐标,而二维约束平差的约束条件是控制点的平面坐标、水平距离和坐标方位角。

## **5.4 路径走廊调绘**

**5.4.1** 像片判读即在航摄像片上根据成像规律和影像特征(影像的形状、大小、色调、阴影、纹理、图案、相关位置和人类活动规律等),对地物地貌的内容、性质、特征及名称等进行辨认,并确定影像所代表的内容,识别出地表面上相应物体的性质和境界。依据像片判读技术,补充和完善航摄像片信息内容的工作称之为像片调绘。像片调绘主要是确定地物、地貌的类别和性质,可采用室内

判绘、野外调绘和实测的方法进行。调绘范围为输电线路路径中心左右各 300m。

**5.4.2** 像片调绘应以室内判调为主,只将遗留的难点放到野外调绘去解决。野外调绘重点是交叉跨越、平行接近、新增地物、变化地形和微地物、微地貌等。

调绘内容主要归结为确定平面位置和高度两项。一般只采用简单工具(立体镜、刺点针、皮尺、小钢卷尺、花杆或带分划的长竹杆等),特别需要时才采用仪器实测(如处于临界值的交叉角、转角;较高的跨越高度;变化地形和新增地物的补测等)。

**5.4.3** 像片调绘主要是为了确定地物、地貌的类别和性质,因此,调绘时应地对地物、地貌类别和性质判读准确,若能搜集到相关的图文资料,将更有利于像片判读的可靠性。

**5.4.4** 重要交叉跨越的高度,是指一、二级通讯线、10kV 及以上电力线的跨越点线高及杆高。对于 10kV 及以下电力线,等级通信线、架空光缆、架空索道等架空地物,一般其线高及杆高在 10m 以下,可以采用花杆或竹杆直接量取。对于 10kV 以上电力线,考虑到安全因素应采用仪器实测。一、二级通讯线及地下电缆与线路的交叉角接近临界值时,应采用仪器实测。当线路与交叉跨越物的交叉角较小时,其中线与边线的跨越点可能相距较远。因此,边线的跨越以及风偏影响可能会被疏忽。所以,调绘时要特别注意这些问题。

35kV 及以上电压等级的电力线的跨越位置,还需通过调绘将杆塔平面位置准确刺出。杆塔高度应采用仪器实测,如设计有要求时,尚需测量路径跨越电力线的弧垂点的高度。

**5.4.5** 在进行平面调绘时,经济作物种类要予以区分,如甘蔗、果树和茶树等;森林的调查调绘工作,应在像片上相应位置标出树木的种类和高度等。

**5.4.6** 调绘应实测工矿区、无线电发射塔、飞机导航台、地震监测站、规划设施等地物,建(构)筑物的用途要区分住人、仓库或是牲

口圈;道路含公路和铁路,公路路面材料应区分水泥、沥青或砾石;水系含河流、湖泊和水库等。调绘片上应有调绘者的签署和调绘日期,便于对信息的追溯和资料完整性的要求。

## 5.5 空中三角测量

**5.5.1** 空中三角测量应使用数字化摄影测量系统。空中三角测量所需的资料应包括:航空摄影资料、外业资料和搜集的资料三大部分。

(1)航摄资料包括航摄仪技术数据表及鉴定表和航摄质量鉴定表等文件,扫描的数据影像文件或数字影像等。

(2)外业资料包括外业控制成果和控制片。控制成果是空中三角测量的配准依据。控制观测及计算手簿、控制片等,是供空中三角测量成果分析及差错处理的备查资料。

(3)搜集资料包括地形图及测区已有的控制成果资料。

空中三角测量作业员在接受上述三方面资料之后,应检查资料项目与内容是否齐全,并分析这些资料是否能满足内业加密和测图的要求。

**5.5.2** 航片扫描首先按技术分析,确定扫描分辨率。扫描仪应定期检校,或在大型工程开始前进行检校。检校内容包括:辐射校准、平台校准、几何校准。扫描时应保证标志清晰,无漏扫框标现象。扫描时应保证同一航线或整个摄区的影像色调基本一致。可采用首、尾片及中间一片进行测试,如果结果相近,则取中数作为统一的扫描参数使用。否则应分区、分段甚至分片调整。

**5.5.4** 根据数字摄影测量系统的要求,按照本标准布置加密点的位置,不允许上、下排点的数量不均匀。外业控制点选刺目标为明显地物点,量测必须依据外业控制片上的说明、点位略图及刺孔进行综合判断,然后采用立体量测。

**5.5.6** 有关空中三角测量成果分析及处理的问题说明如下:

(1)当内业方面的观测点,外业成果转抄与输入和摄影参数数

值(如主距、框标值、摄影比例尺)等出错时,必须更正并重新用仪器量测和计算。

(2)当外业控制点刺错,应根据点位说明与略图结合像片上目标影像进行重新量测计算。外业控制点计算错或成果转抄错的,应更正并重新计算。

(3)错点改刺应在排除了内、外业观测和计算的错误之后进行。改刺时应按误差的方向、大小所提供的范围进行改刺;改刺后的点位应与外业刺孔略图及说明基本相符;经重新观测、计算以后,平面和高程的不符值应在限差以内。

## 5.7 室内选择路径方案

**5.7.1** 室内路径方案选择应由勘测、设计人员共同完成。应充分利用已建立的三维数字模型、勘测设计人员搜集和现场取得地形地貌资料、规划区、军事区、矿区、植被等情况,合理选择路径。三维可视环境除包括三维数字模型外,还应具备提取断面、电子模板排位、量算等选线工具。

**5.7.5** 选择路径后,应量测线路两侧房屋偏距和面积,根据设计要求统计房屋面积等情况,绘制房屋面积图。

## 5.8 现场工作和测量成果

**5.8.1** 在初步设计阶段,重点应放在对影响路径方案的规划区、协议区、拥挤地段、大档距、重要交叉跨越及地形、地质、水文、气象条件复杂地段的踏勘。对于关键塔位需实测塔位坐标。

由于特高压输电线路影响范围较大,因此,平断面图的测量范围扩大为线路中线两端各75m,对于局部大档距可根据设计需要适当扩大测量范围。

对于协议要求取得统一坐标的区域,需要进行坐标联系测量。

**5.8.2** 对于变电站或发电厂待建架构,应依据变电站或发电厂的控制点予以放样。但为了确保架构测量成果与线路坐标系统的一

致性,还需要与输电线路坐标系统进行联测。

**5.8.3** 特高压输电线路对附近的低压线路和通讯线路会产生较大的影响,尤其是在与低压线路形成较小夹角的情况,影响更大,因此,需要测绘低压线路危险影响相对位置图。

**5.8.4** 在山区关键塔位,且地质条件十分复杂的情况下,应根据设计人员的要求,测量塔基断面图和塔位地形图。

**5.8.7** 由于各单位专业配合分工及各工程自身特点不尽相同,设计人员对测量专业要求提交的资料有所不同,但应以满足工程测量任务书要求为原则。条文中规定了提交资料的内容及要求,可作为初步设计阶段重要的输入性文件和资料。测量技术报告是对整个工程测量工作的全面阐述,重点是说明测量的方法、精度、工效以及尚待深化研究的问题。

## 6 施工图设计阶段测量

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 工序的设置和优化应在满足成品资料精度和可靠性前提下进行。

**6.1.3** 输电线路本身要求的测距相对误差为  $1/200$ ，目前全站仪的测距精度远超上述指标，本条规定的两测回测距较差的相对误差不大于  $1/1000$ ，是为了控制全站仪测距的粗差，以提高可靠性。

**6.1.4** 本条规定了测量交叉跨越点、断面点、风偏点高程中误差。

**6.1.5** 本条第 2 款对采用 RTK GPS 进行各类测量的观测条件、测量精度和记录内容进行了统一规定。理论分析表明同步观测到 4 颗卫星就能满足 RTK GPS 的要求，实际上由于各种接收机性能不一样，RTK GPS 受瞬间各种因素干扰的影响较大，往往精度指标难以达到要求。所以强调要起码同步接收到 5 颗卫星以上。

第 4 款 RTK GPS 放样直线桩、塔位桩宜在同一直线段内的采用同一基准站进行主要是为了减弱更换基准站时，不同的观测条件对不同基准站放样的两相邻直线桩或塔位桩带来的多种误差对其相对坐标精度影响。强调了更换基准站时的检测要求和精度指标。

第 5 款坐标较差应小于  $\pm 0.07\text{m}$ ，高程较差应小于  $\pm 0.1\text{m}$ ，上述指标考虑两方面因素确定：每个直线段的直线桩、塔位桩偏离直线小于  $0.05\text{m}$ ，且桩间距为  $200\text{m}$  时相邻桩位角度偏差小于  $\pm 1'$ ；RTK GPS 双差固定解精度指标一般小于  $0.05\text{m}$ ，规定上述指标可以保证 RTK GPS 观测的可靠性。



第6款作为RTK GPS基准站的控制点应符合基准站的相应要求,如网点密度、覆盖范围、交通条件、接受卫星信号条件、发射信号条件、抗干扰条件等,主控网点多数不能满足作为基准站要求,应予以加密。

## 6.2 现场落实路径

**6.2.2** 现场落实路径,就是确认像片路径在实地是否成立。通常在像片上经过权衡比较、反复优选结果,像片路径基本上在实地是可以成立的。但是,有一些微地物、微地貌和不良地质现象等,在室内判读时被遗漏或者难于判读准确。另外,在摄影之后还可能新增一些建(构)筑物和人工地貌等。因此,在室内像片选线之后,还需到现场落实地面路径,确保路径既经济合理又安全可靠。

**6.2.4** 本条规定了选线测量时转角测量精度指标。转角放样精度主要是满足内业选线成果放到实地的精度、保证内业平断面图数据精度要求。不强调满足定线的精度要求,因定线时会重新测量转角坐标值。

**6.2.5** 设置方向桩的目的是为后续采用全站仪,利用这些点坐标值反算坐标方位角就可直接进行定线测量。要求桩间距离不宜小于200m,是为了控制反算的坐标方位角中误差小于 $1'$ 。方向桩可不在直线上。

## 6.3 定线测量、桩间距离测量、高差测量

### I 全站仪测量

**6.3.2** 跳站观测是指架设一站,往前延伸两个以上直线桩,而在这些桩位上有不设测站的情况。特别要避免在很远处布设两个距离较短的直线桩。

**6.3.3** 直线桩是用来控制线路的直线方向、距离、高程的,是测量平断面图、交叉跨越、杆塔定位等工作的控制点,因此设置直线桩应坚持综合考虑、力求兼顾的原则。

**6.3.7** 本条规定的测量方法在植被茂密,通视条件差,GPS 信号遮蔽严重的地区经常使用。间接定线可以是以直线桩为起算点的导线形式,也可以结合 RTK-GPS 在线路附近灵活布设。间接定线的桩位的精度指标应与直接定线一致,定线前后宜进行精度估算或评定。

## II 卫星定位测量

**6.3.12** 规定了直线桩间距离不宜过短,当距离较短时,GPS 测量的相邻桩位相对坐标中误差虽可满足精度要求。但依此延伸的直线桩或塔位桩难保证直线性要求。

## 6.4 联系测量

**6.4.2** 引用现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中的主要地物点位置的中误差要求。

## 6.5 平面及断面测量

### I 一般要求

**6.5.1** 总体测量方法的规定,采用数字摄影测量系统测绘线路平断面图具有效率高、信息完整的优点,经现场测量补充、修正后满足设计要求。现场测量工作主要是测量隐蔽地物、交叉跨越测量、调查地物属性。

**6.5.5** 规定平面图测量的范围和内容,线路中心线两侧各 75m 内为测量范围,是由电力行业电气设计专家根据 1000kV 导线的影响范围及 500kV 输电线路设计经验确定。

**6.5.9~6.5.11** 规定了断面测量内容,依据 500kV 输电线路勘测设计经验及 1000kV 输电线路设计需要,条文内容可以满足设计要求。考虑导线受最大风力作用产生风偏位移,对接近的山脊、斜坡、陡岩和建构筑物安全距离不够而构成危险影响。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式估算:

$$S = d + (\lambda + f)\alpha \sin \eta \quad (3)$$

式中:  $S$ ——风偏距离;

$d$ ——导线间距;

$\lambda$ ——绝缘子串长度;

$f$ ——设计最大风偏时风偏处的弧垂;

$\eta$ ——导线最大风偏角;

$\alpha$ ——安全距离。

在等效档距导线弧垂最低点,风偏影响施测的参考最大宽度见表 3。

表 3 等效档距时风偏影响施测的最大宽度

档 距(m)	300	400	500	600	700
离线路中心线的水平距离(m)	24	28	32.5	38.5	46

对于悬崖峭壁,应考虑导线最大风偏,凡在危险风偏影响内,应在断面图上标注出危险点。标注方式如下:

$$\frac{\text{测点高程(m)}}{L(R) \text{ 测点垂直于线路中心线的水平距离(m)}}$$

其中:  $L$ ——表示左边;

$R$ ——表示右边。

因考虑导线最大风偏和电场场强影响,应测示屋顶,屋顶材料标注于断面图上,并标注出危险点,标注方式如下:

$$\frac{\text{测点高程(m)}}{L(R) \text{ 测点垂直于线路中心线的水平距离(m)}}$$

在断面图下的平面图内,应相应给出示意图。对于房屋是尖顶或平顶应在纵断面图上加以区别。

风偏横断面各点连线应是垂直于输电线路的纵向,见图 1。而在山区,输电线路的纵向多数与山脊呈斜交,见图 2。

对于第一种情况应按本规程有关规定及图示测绘,对于第二种情况根据电气影响范围适当选测点位,以风偏点形式表示。

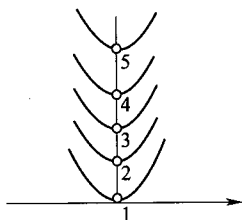


图1 线路纵向与山脊垂直

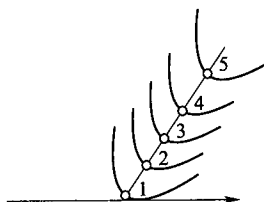


图2 线路纵向与山脊斜交

## II 数字摄影测量系统测图

**6.5.12~6.5.19** 有关测绘平断面的作业步骤及内容说明如下:

(1) 输入的参数应包括转角点坐标。当采用自动扫描时,应根据地形情况,输入扫描步距、边线及边线数量等。扫描步距宜为实地距离 5m~10m。边线位置离中线的距离应由设计人员确定。

(2) 平面数据采集时,地物及交叉跨越物的类别、数量应以测绘数据为准,位置、形状应以模型为准。

(3) 采集断面数据的方式,可采用自动扫描方式,也可采用手动方式。高程宜采用手动方式。

(4) 中线断面扫描时,应以输入的转角桩点坐标为扫描的起始点。转角桩点坐标宜采用 GPS 测量的成果。

(5) 当进行断面编辑时,宜采用在线编辑,并使提交的数据文件和图形文件达到一致。离线编辑,宜用于图面修饰、文字注记、图幅接边及拼装等。

(6) 在平断面图编辑时,应以现场实测的直线桩的桩间距离,转角桩、直线桩的桩位高程及交叉跨越测量成果资料修正编辑航测平断面图。

(7) 当需要对数据进行转换时,应保证信息不丢失。

## III 全站仪测量

**6.5.21** 平断面的测量,以后视方向为 0,前视方向为 180°。当需对准前视时,仪器度盘和记录上应统一为 180°。当遇见转角设站测绘前视方向平断面、边线、风偏横断面、风偏点,必须注意以度

盘  $180^{\circ}$  对准前视桩位。

**6.5.22** 实测断面点主要用于对航测断面的修正,精度和可靠性要求较高,因此规定就近桩位观测。测距长度不宜超过 500m。

## V 平断面图汇编

**6.5.26** 现场所测数据包括转角桩、直线桩、平断面、交叉跨越测量成果,属性信息包括植被(名称、高度、密度)、房屋(层数、材质等)、铁路公路(名称、通向、里程)、通信线(名称、杆号)、电力线(名称、杆号)等。

## 6.6 交叉跨越测量

**6.6.3** 10kV 及以下电压等级电力线和弱电线路,一般杆塔间距较短,导线弧垂很小,现场容易判断高度及对本线路的影响,因此线路交叉跨越 10kV 及以下等级电力线和弱电线路,仅施测有影响一侧边线交叉点的线高及风偏点的线高。

**6.6.4** 35kV 及以上电压等级的电力线杆塔间距较长,导线弧垂较大,现场难以准确判断与本线路的相互影响,因此需测量本工程线路两侧边线处被交叉地线的高度,及有影响一侧风偏点的线高。

## 6.7 定位测量

### I 一般要求

**6.7.1** 定位测量前必须向设计人员取得塔位明细表、具有导线对地安全线的平断面图、设计定位手册,依据上述资料判断危险点位置,判断塔基测量范围及复杂程度,以便合理安排定位测量作业计划。

**6.7.2** 巡视检查十分重要,对于平原地带主要查看重要地物和交叉跨越物是否遗漏。对于山区地形主要查看风偏点是否漏测。如发现遗漏或与实地不符应及时补测修改,同时通知设计专业人员以便现场排位检核。

**6.7.4** 为保证线路测量成果的可靠性,必须在定位阶段进行检查

测量。

(1)危险断面点的检查测定(包括边线、风偏横断面):经设计专业在断面模型排位之后,从导线对地安全曲线中可以直观看出什么位置切地,何处裕度比较大。经现场巡视对照,从中可以发现实地是否有影响。我们把受控制的断面点视为危险断面点,而用仪器进行检测。在编制本规范时为给危险断面点一个定义,我们从断面点的测定误差、图纸上高程的概括误差的综合影响分析,认为图上定位地面安全曲线离断面点的距离(包括边线点、横断面点、风偏点等)在山区 1m 以内,平地 0.5m 以内,均属危险断面点范围。

(2)档距的检查测量:由于地形条件的不一样,对于档距的检查测量的检测方法也各不相同。在平地多数直接测定档距与直线桩闭合,山区则仍借助直线桩测定为多数,下面就检测距离的限值值进行分述。

检测档距的较差中误差  $m$ :

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_{1_1}^2 + m_{1_2}^2 + m_j^2} \quad (4)$$

式中:  $m_1$ ——直线桩间距离中误差;

$m_{1_1}$ 、 $m_{1_2}$ ——测定塔位桩距离中误差;

$m_j$ ——检查时距离中误差。

按照近桩观测时的情况,使用全站仪则检测档距为 1/1000,取两倍中误差为允许误差,则最大较差为 1/500。

同理,分析塔位的高差较差值,仍然以近桩观测为依据,按照误差传播定律求得,检测时的允许高差值为原视距测量每百米高差允许值的 $\sqrt{2}$ 倍,此数则为检核标准。

(3)检查测量中发现问题的处理:当通过实地的施测发现检测数与原成果数的差数出现超限时,应进行现场及时纠正,除图面进行修正外,还要同时通知设计人员在现场核实排位。所有发现的问题必须慎重对待,认真分析原因,确保工程质量。

## 6.8 塔基断面及塔位地形测量

**6.8.1 塔基断面和塔位地形图的测量**主要适用于山区线路的测量。为减少土石方开挖量,减低塔高,降低造价,保护环境,以便于确定施工基面、选择合适的接腿和基础型式,故自立塔塔位除平地外,应按结构设计人员现场要求的范围进行施测塔基断面或塔位地形图。

自立式铁塔塔基断面塔腿方向的确定主要有以下几种:

(1)方形直线塔:塔腿间夹角为  $90^\circ$ , A、B、C、D 腿与线路后退方向夹角依次为  $45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $225^\circ$  和  $315^\circ$ 。见图 3。

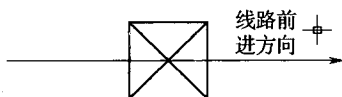


图 3 方形直线塔

(2)矩形直线塔:矩形塔的塔腿间夹角根据不同塔形在一定范围内变化, A、B、C、D 腿的方向通常由设计现场提供。见图 4。

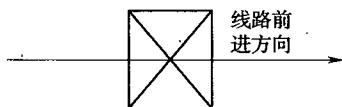


图 4 矩形直线塔

(3)方形转角塔:塔腿间夹角为  $90^\circ$ , 转角塔转角度为  $\alpha$ , 线路左转时  $\alpha$  取正值, 线路右转时  $\alpha$  取负值, A、B、C、D 腿与后退方向夹角依次为  $45^\circ - \alpha/2$ 、 $135^\circ - \alpha/2$ 、 $225^\circ - \alpha/2$  和  $315^\circ - \alpha/2$ 。见图 5。

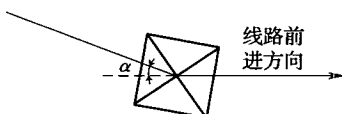


图 5 方形转角塔

## **6.9 房屋分布图测量**

**6.9.1** 为准确确定拆迁量,减少纠纷,房屋面积统计时应力求准确,楼层应统计到0.5层。

## **6.10 塔位坐标测量**

**6.10.1** 塔位坐标测量的目的,是为工程规划建设数字化电网和报批等提供基础地理信息,其测量要求和坐标系统应满足业主要求。

## **6.11 测量成果**

**6.11.1** 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,这里只规定主要提交的资料。当采用卫星定位测量技术定位时,提交的成品应包括控制点点之记及成果,以满足施工单位复测验收的需要。

**6.11.2** 工程测量技术报告是对整个工程测量工作的全面阐述,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,使线路工程测量水平不断提高。



## 7 可行性研究阶段岩土工程勘察

### 7.1 勘察技术要求

**7.1.1、7.1.2** 本节对可行性研究岩土工程勘察的目的、应搜集的资料及勘察方法作了规定。既有资料的搜集分析和现场的踏勘调查是可研工作的两个重要环节,规范中对常见并且有实用价值的资料搜集作了较为细致的交代,提倡采用地质遥感调查对全线做宏观的了解,同时对影响路径方案的主要地质条件和研究深度作了规定。

### 7.2 勘察成果

**7.2.1** 规定了可行性阶段岩土工程勘察报告的主要章节及内容。勘察报告应根据岩土工程条件,分析各路径的可行性及推荐意见,并对主要的岩土工程问题进行初步分析。

**7.2.2** 勘察成果除按本规定内容编写外,一般还应提供相应的综合工程地质图,反映地层岩性、地质构造、地震动参数、滑坡、采空塌陷区及矿产与输电线路路径方案的关系等。

## 8 初步设计阶段岩土工程勘察

### 8.1 勘察技术要求

**8.1.1** 目前在输电线路工程中,初步设计阶段勘察工作与项目的初步设计同步进行,以满足初步设计文件的编制和编制概算投资的需要。

本条所列几款内容主要针对初步设计阶段勘察所需调查、搜集的资料和工作内容、范围作出规定。其中地震地质资料指地震动参数资料,可直接查阅现行中国地震动参数区划图,如果线路所经区域已经经过地震安全性评价工作,则一般应按其结果执行。

**8.1.2** 初步设计阶段的勘察,一般通过调查和搜集资料大多可以满足要求,不需进行现场勘探工作。当线路沿线条件比较复杂,积累的资料较少,一般调查无法满足初步设计和编制概算需要时,布置适量的勘探工作是必要的。

**8.1.3** 遥感技术在线路勘察工程中应用越来越多,特别是山区线路工程中。厂址勘察中遥感技术多用来解决区域稳定性问题,在线路勘察中则主要用来查明不良地质作用和地质灾害的发育情况。遥感解译是一种间接的方法,因此,需要有一定的野外实地检验工作,提高遥感解译精度。

**8.1.5** 对不良地质作用、特殊性岩土进行评价是指充分利用地质灾害危险性评估的成果,必要时进行搜资和现场踏勘,据此对其发育状况、影响程度进行评价。当不能满足要求时,应提出进行专项勘察的建议。

### 8.2 勘察成果

**8.2.2** 本条规定了初步设计阶段岩土工程勘察报告的基本内容。

初步设计阶段岩土工程勘察报告要侧重于对影响拟建线路路径方案的稳定性问题和其他主要岩土工程问题做出具体的分析和评价。

## 9 施工图设计阶段岩土工程勘察

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 施工图勘察任务书和标有线路路径方案的地形图是开展勘察工作的基本依据,应事先取得。终勘定位手册中包含对勘察和设计的有关技术要求,通过它可以了解杆塔及其基础的型式等情况,是确定勘探工作量及勘探深度的主要依据。初步设计阶段勘察报告、地质灾害危险性评估报告、压覆矿产评估报告,对开展施工图设计阶段的勘察具有重要意义。

**9.1.2** 本条明确了施工图设计阶段勘察工作的重点,提出了勘察应开展的工作以及要求提交的资料。

**9.1.3** 大地导电率测量一般应每 10km 布置一点,当相邻两点的大地导电率数据相差 3 倍以上时,中间应加密测量至不超过 3 倍;测量放线方向应沿线路路径或近距离平行(偏离距离不得超过 300m),放线长度 AB 为 1500m。

当塔位岩土含水状态存在极端干燥与极端潮湿的双向变化可能时,宜在不同时段分别测量土壤电阻率。

### 9.2 平原河谷地区勘察

**9.2.1** 平原与河谷地区的勘察一般均需动用勘探手段,必须逐基、逐腿勘探;这样才能掌握每基塔的基本条件。勘探方法的选择原则以轻便、快捷和满足设计要求为原则。

**9.2.2** 本条依据塔型和沿线工程地质条件的复杂程度对勘探点的布置作出规定。

转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔等往往塔型高大,或承受较大的水平荷载,是定位勘察中的重点内容,勘探工作应逐基、逐腿进

行,在有成熟经验地区可以多采用静力触探试验。直线塔勘探点的规定,在实际应用时,要考虑地形地貌及地层岩性的变化情况,灵活采用。一般情况下,直线塔基下布置1个勘探点就可以满足要求,只有在地质条件特别复杂的情况下,才会出现各塔腿条件不一致的情形,此时,各塔腿的岩土工程特性必须分别鉴定。

另外,如果勘探点为钻探孔,还需考虑取土试样的要求,线路工程中勘探点的间距较大,每基塔下的勘探点也少,取样无法达到一般建筑场地的要求,因此,勘察中按地基岩土层的变化,合理安排勘探点,获得适量、可靠的土试样,一方面验证野外鉴定的准确性,另一方面为设计提供必要的参数。

**9.2.3** 本条对勘探深度作出了规定,适用于一般的现浇混凝土基础、钢筋混凝土基础、装配式基础、掏挖基础等。

这些深度要求是依据已完成的1000kV线路勘探点的情况,并结合塔基的类型、埋深、荷载大小、受力特点等因素综合确定。

在大多数情况下,一般杆塔地基只要在强度上满足承载力的要求,就可不进行地基的变形验算,只是对某些有特殊要求的重要杆塔地基才需要进行地基的变形验算。根据非均质地基中附加应力 Westergaard 解,  $\sigma_z = 0.2p$  时的影响深度约为  $1.2b$ ,耐张塔、转角塔、一般跨越塔和终端塔等较为重要杆塔的勘探深度为基底下基础底面宽度的1倍~2倍,且规定不小于12m,而一般直线塔的勘探深度略为减小。

第3款的规定是指在软土区勘探深度一般应满足附加压力等于上覆土层有效自重压力10%的深度。而在高烈度区遇有饱和砂土、粉土层其勘探深度必须大于等于15m或20m。

第5款采用桩基等深基础型式时,勘探深度应依据具体设计要求和桩基及地基基础设计规范来确定。

**9.2.4** 当塔基位于河谷、河床边缘时,从岩土工程方面主要考虑岸坡的稳定、塔基岩土特性等,一般都是与水文及设计等专业配合,并综合确定。

### 9.3 山地丘陵地区勘察

**9.3.1** 对于山地丘陵区,就目前运行的高压输电线路地基破坏形式最主要的是以基础整体失稳导致的,因此本条要求勘测重点围绕影响塔位稳定的因素进行。山地丘陵多为岩石裸露或埋藏较浅,勘测以地质调查、地质测绘为主,查明对塔基稳定性直接构成影响的岩体成因、产状、岩性、厚度、节理裂隙发育情况和风化程度等,以及冲沟、岩溶、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用和地质灾害的发育、危害程度等。当调查与测绘不能满足要求时要求辅以适量的勘探工作。

**9.3.2** 当基岩出露较好和覆盖层厚度较薄时,均需对出露的基岩和下伏基岩进行鉴定,一方面是为了满足杆塔基础设计的需要,另一方面也是为了满足编制施工开挖工程量预算的需要。

对位于地质条件为中等复杂、复杂地段、特殊路段要求逐基或多腿进行勘探。对于岩溶发育、较大的岩体差异和风化差异等复杂条件下要求进行逐腿勘探。

当覆盖层厚度较厚时,宜按照平原区的勘察和评价方法执行,但当采用深基础时,例如嵌岩桩,也应对基岩进行鉴定和评价。

**9.3.3** 山地丘陵区不良地质作用和地质灾害发育,进行治理往往需要较大代价,而输电线路属于以点连线的线状工程,因此在选线及定位过程均有条件进行合理避让,故本条要求以能避开尽量避开为原则。

### 9.4 戈壁沙漠地区勘察

**9.4.1** 戈壁、沙漠是北方干旱、半干旱地区(尤其是西北)与风力作用密切相关的区域性地质地貌形态,其地质环境的特殊性与变化性是岩土工程勘察必须重视的核心技术问题之一,地面调查和历史演变追踪是基础性工作,在此基础上再结合开展勘探测试工作才能具有针对性。

**9.4.3** 戈壁地貌一般都较开阔平坦,或有不规则的波状起伏,在遭遇难得一见的暴雨洪水冲积作用下或靠近山口地带会有一定的微地貌形态改变,物质结构多为粗粒土,受干旱气候影响,往往含有可溶盐,并随季节和雨洪发生动态变化,在新疆等一些地方还普遍分布有千百年来人工开掘的地下暗渠,这些都可能影响到输电线路的稳定性。

**9.4.4** 沙漠形态与流动性具有关联性。在我国,不同地域的沙漠具有不同的形态结构特点和流动性规律,也探索出了多种防风固沙经验,这是要认真加以调查了解的。沙漠对于输电线路的直接影响除了常规的地基稳定性外,还有动态的风力吹蚀和流动掩埋问题,而后者需要历史调查和长期观测资料结合才能得到较准确的预测评价意见,但条文中所要求的现状调查仍是最基本的工作,掌握了这些情况才可进行正确的评价建议。

**9.4.6** 条文中列出的几款不利地段在可选择的情况下应尽量绕避,但如确需立塔,往往需要进行深入勘察甚至是专门的研究论证,而且地基处理或环境整治的代价比较大,因而在选线排位初期要有定性的判断和权衡,避免后期出现大的返工,当然,不利地段不限于这几种情形,需要从地质环境与成因来类比考虑。

## **9.5 勘察成果**

**9.5.1** 施工图设计阶段岩土工程勘察是针对具体塔基或具体的地质问题进行工作。因此,其勘察成果除岩土工程勘察报告外,还应附塔位岩土工程综合成果表。

**9.5.2、9.5.3** 该两条规定了施设阶段岩土工程勘察成果的主要内容。

岩土工程勘察报告一般放在勘察成果的前面,它是对沿线岩土工程条件的综合性评价和沿线重大岩土工程问题的分析成果。

塔位岩土工程条件综合成果表是每一杆塔中各塔腿的岩土工

程条件的具体反映,其基本内容必须全面、准确,例如岩土类别、黏性土的状态、砂类土与碎石类土的密实度、岩体的风化等级与结构类型分类、地下水位、不良地质作用等,必要时,应辅以相应的图件、影像资料进行说明。



## 10 特殊性岩土

### 10.1 湿陷性土

**10.1.1** 黄土是我国北方大面积分布的一种特殊土,它在一定压力下受水浸湿其土体结构迅速破坏,并产生显著附加沉降从而危害建筑设施,通过几十年的建设实践和经验积累,我国黄土在工程属性上可划分为 7 个区块,在地质时代上可分为新近堆积黄土( $Q_1^2$ )、一般湿陷性黄土( $Q_3$ )、湿陷性老黄土( $Q_2$ )3 种类别,不同区块不同时代的黄土在地貌分布、湿陷程度与敏感性、灾害类型、危害程度等方面都有自己的特点,在输电线路的宏观评价和决策上应有总体把握。

**10.1.2** 对黄土区地质调查内容和勘探测试布置提出了原则性的要求。

**10.1.3** 对黄土湿陷性技术评价内容作出了明确规定,其中梁坡地段往往塔位条件不够理想,需要认真比选论证。有效截防周边来水、汇水、过水,将在很大程度上降低湿陷几率,所以受水条件分析及其防治措施建议需要格外重视。

**10.1.4** 经过近几十年的工程建设,发现在西北(主要是新疆)地区的一些山前、戈壁地段,部分角砾、碎石土或砂土也具有相当程度的湿陷性,有的还同时具有溶陷性,本条文对勘测工作所应侧重关注的技术问题作出了要求,其变形计算评价目前还只能借鉴黄土或盐渍土的一些技术规定,随着更多工程经验的积累,将逐步完善湿陷性粗粒土的评价体系。

### 10.2 软 土

**10.2.1** 软土地区的勘察宜通过调查来了解沿线软土的成因、类

别和分布等特征,充分了解当地的软土处理经验,地区经验是软土勘察的一个重点。

**10.2.2** 由于静力触探试验被证明在软土地区是行之有效的一种勘察手段,它不仅可以缩短工作周期,还可提高勘察工作质量,故本规范建议以静力触探试验为主要勘察方法,辅以钻探取样、室内土工试验等手段。

**10.2.3** 由于软土中压缩层厚度要达到附加应力等于上覆土自重应力的 10% 处,根据 Boussinesq 解,约为 2 倍基础宽度。故采用浅基础时,对转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔,勘察深度不宜小于地基压缩层深度,而一般直线塔可略为减少。

根据 Mindlin 解, $\sigma_z/\sigma_c=0.2$  时的影响深度约为 2 倍桩长,显然其影响深度较实际深度偏大,根据实际工程经验,当勘探深度在桩端平面以下 8m~10m 时可满足计算要求,故规定当采用桩基础时,对转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔的勘探深度亦可取桩端平面以下 8m~10m;一般直线塔可取桩端平面以下 3m~5m。

**10.2.4** 软土地基岩土工程分析和评价应重点考虑如下问题:

(1) 分析软土地基的均匀性,评价其可能对塔基设计、施工产生的影响,特别要注意边坡的稳定性。

(2) 软土地区一般塔基主要采用桩基,因此应提供所需的桩基设计参数和合适的桩基持力层。

## 10.3 膨 胀 土

**10.3.1** 膨胀土指含有大量亲水矿物,湿度变化时有较大体积变化,变形受约束时产生较大内应力的土,膨胀土的判定应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定。本条规定了膨胀土勘察的主要内容。

**10.3.2** 本条规定了膨胀土地区输电线路勘察的勘探深度。现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 对工业与民用建筑的其总平面设计、基础埋深、建筑和结构措施、施工和维护作了具

体规定,这些规定对建在膨胀土上的线路铁塔也是适用的,应遵照执行。此外对坡地、地基处理也作了具体规定,工程需要时应遵照执行。

**10.3.3** 在膨胀土地区,浅层滑坡及其他地表胀缩变形发育地带、易受地表径流影响及地下水位频繁变化地带、岩土体的后期改造作用比较强烈等地段,其地基易失稳及变形,对线路的安全运行有影响,因此在选定塔位应重点考虑避让或进行有效的工程处理。

## **10.4 红 黏 土**

**10.4.1** 本条列出了红黏土区勘察应包括的主要内容。一般情况下,红黏土地段塔位的勘察可与岩溶勘察结合进行。

**10.4.2** 由于红黏土具有垂直方向状态变化大、水平方向厚度变化大的特点,而且底部常有软弱土层或土洞分布,基岩面的起伏也较大,应通过勘探予以查明。对于岩土组合的不均匀地基,勘探孔深度应进入稳定的基岩一定深度,以便进行地基的不均匀性和稳定性评价。

当地基不均匀、岩土体内有洞穴发育时,施工图设计阶段勘察难以查明地基各岩土层的分布和土洞的发育情况,为确保工程安全和经济合理,进行施工勘察是必要的。基岩面起伏不平、基岩面倾斜或有临空面时,嵌岩桩容易失稳,当采用嵌岩桩时进行施工勘察也是必要的。

**10.4.3** 确定红黏土承载力时,应特别注意的是红黏土中裂隙的影响,裂隙的存在可能使地基承载力明显降低;地表裂缝也是红黏土地区的一种特有现象,其规模不等,长度可达数百米,深度可延伸至地表下数米,所经之处地面建筑无一不受损坏,故评价时应建议塔基避免跨越地表裂缝密集带或伸长地段。红黏土地基中塔基埋置深度的确定可能面临矛盾,从充分利用硬层和减轻下伏软弱地层附加压力的角度而言,宜尽量浅埋。但从避免地面不利因素

而言,又必须深于大气影响急剧层的深度,评价时应根据塔基的具体情况当地的气象条件,提出合理的建议。如果不能满足承载力和变形要求,应建议进行地基处理或采用桩基础。

## 10.5 填 土

**10.5.2** 填土勘察中应特别注意调查填土的主要成分、回填方式及原始地表形态。在大多数情况下,未经压实或未进行回填质量控制的填土不宜作为建筑地基使用。因此,填土区(特别是原始地形变化较大的区域)应逐基勘探,必要时宜按塔腿位置逐腿进行钻探,并穿透填土层。

## 10.6 冻 土

**10.6.1** 根据东北地区及青藏高原输电线路工程经验,季节冻土主要是冻胀性对线路工程危害较大,具体表现为冻胀力产生的上拔作用将铁塔基础拔起,使基础埋深逐年减小,甚至将基础拔断/拉断,最终基础失稳而发生倒塔。对于多年冻土主要是融沉问题而导致基础变形,尤其丘陵山地地下冰层分布区应值得注意,并重点予以查明。

**10.6.2** 对于特高压输电线路来说,无论是高纬度还是高海拔地区均无实际工程勘测经验,其勘探工作量参照非冻土地区勘测经验,结合需要查明的冻土有关特性综合考虑。

**10.6.3** 岩土工程评价应重点围绕季节动土的冻胀性及多年冻土的融沉性进行,对于饱冰冻土、含土冰层地段和冰锥、冰丘、热融湖、厚层地下冰等地段,应采取避让原则。

## 10.7 风化岩与残积土

**10.7.1** 风化岩与残积土一般是较好的地基。风化岩与残积土地段岩土工程勘察应重点关注岩性差异、风化差异所引起的不均匀地基的分析与评价。

## 10.8 盐渍岩土

**10.8.1** 盐渍土在我国北方干旱半干旱地区往往因区域性气候因素而有片状连续分布,在其他地区因某些地域性因素(如采矿、盐场等)而有局部不连续分布,其易溶盐含量大于 0.3%时就容易因温度、湿度的变化而引起盐分形态、含量、位置等方面的变化,进而影响到工程的安全,盐分不均匀性、位置分异性、类型多样性、动态变化性是盐渍土地经常出现的几个重要特性,如果勘测、设计、施工、运行某些环节认识不到位,则往往会带来无尽的后患,而一些内陆湖相沉积岩石因含有一定数量的可溶盐而被划为盐渍岩,也具有类似于盐渍土的不良性质,故该条文在总体上提出了勘察要求。

**10.8.2、10.8.3** 盐渍土主要有腐蚀、膨胀(盐胀)和溶陷三大危害,在具体工程中可能因盐分类型或环境变化而以某一种危害为主,也可能兼而有之。要进行正确评价就首先要查明盐渍土类型、盐分来源、分布和变化规律。西北干旱区某电厂灰水沟为素混凝土砌筑,勘测时专门进行了砂石材料和地下水调查测试,均满足要求,但施工时因运水困难,施工单位砌筑露天水塘蓄积雨洪,因长期蒸发而成高含盐水,用于混凝土拌和而导致盐胀和腐蚀破坏,给人教训深刻。

**10.8.4** 条文所列几种地段,属于盐分丰富、性质复杂、变化频繁的特殊地质部位,通常不是一次性勘测取样就能分析把握到位的,如无法轻易绕避,就需要进行深入的、专门的或多次的测试研究方可避免失误。

## 10.9 混 合 土

**10.9.1** 混合土指由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土。当碎石土中粒径小于 0.075mm 的细粒土质量超过总质量的 25%时,应定名为粗粒混合土;当粉土或黏性土中粒径大于 2mm 的粗

粒土质量超过总质量的 25% 时,应定名为细粒混合土。混合土的成因类型往往比较复杂,一般主要有坡积、洪积、冰水堆积、湖积及滑塌堆积等类型。

混合土是山区输电线路工程中常见的地基土,由于其颗粒粒径相差较大,根据粒径组成可进一步分为粗粒混合土和细粒混合土。

**10.9.2** 野外勘察时,往往可以利用冲沟、陡坎等天然剖面,观察混合土的类型、厚度及下伏基岩的性状,如需要较准确的定名和查明混合土厚度则需要采用钻探、井探、取样颗粒分析等手段。

**10.9.3** 混合土作为地基时,应考虑成因类型、均匀性、下伏岩土层性质和产状,分析判断地基的整体稳定性。混合土的地基承载力和边坡容许坡度值可按现场调查或当地经验确定,现场调查主要对象是当地已有建筑物和工程建设情况。

## 11 不良地质作用和地质灾害

### 11.1 岩 溶

**11.1.1** 本条为强制性条文,必须严格执行。岩溶与洞穴是线路工程中最常见的不良地质作用,我国的超高压线路因为岩溶与洞穴问题造成地基处理费用过高、处理难度大甚至导致改线而影响工期、浪费资源的事例比较多。为了节约资源、节省投资,提高工程建设效率,保证工程建设和运行期间的安全,当线路经过对塔位安全有影响的岩溶强烈发育区时,进行岩溶专项勘察是必要的。

**11.1.2** 在岩溶发育区进行勘察,首先应重视工程地质条件的研究,在输电线路路径选择和方案优化阶段勘察主要是对已有资料的搜集和利用,对沿线岩溶发育程度作基本评价。施工图设计勘测阶段则要求逐基或逐腿查明岩土特性、岩溶洞穴的形态规模与发育特征,洞穴的充填及密实程度,岩土层的富水性及地下水的动态变化,评价其对立塔的影响。

**11.1.3** 在岩溶地区采用多种方法的综合勘探效果较好,各种方法可以互为补充。在岩溶洞穴发育地区或路段,必须逐腿布置勘察工作。查明岩溶性质钻探方法最为直接有效。但当山区立塔钻探设备无法到达塔位情况下,可选择使用物探、井探等方法逐腿探查。

**11.1.4** 本条列出几种不适合立塔的岩溶地质条件。

浅埋溶洞往往顶部岩体没有足够的支撑厚度,不足以承受塔基传递的荷重;土洞及塌陷密集区的地质条件短时间内很难查清,而且对塔基的危害往往是灾难性的,这些地段不宜设立塔位。

有些地段,勘察时可能没有明显的土洞和塌陷发育,但是,条

件一旦变化,例如地下水位的波动等,也可能造成岩溶进一步发展或上覆土层侵蚀而产生塌陷,也属于不宜立塔的地段。

## 11.2 滑 坡

**11.2.1** 本条是强制性条文,必须严格执行。滑坡是山区输电线路工程中常见的地质灾害类型,对输电线路安全运行造成的危害较大,工程处理措施的费用高昂。滑坡勘察应在加强地质调查和分析研究的基础上进行,主要采取“避让、跨越”为主的处理原则。

大型滑坡对输电线路路径走向具有较大影响,由于路径方案及塔位选择限制而难以避让时,需要进一步查明滑坡的规模、性质及其物理力学参数,此时应进行滑坡专项勘察,提供滑坡的岩土工程勘察报告及有关滑坡治理的参数及岩土工程建议。

**11.2.2** 本条列出了滑坡勘察应重点了解和查明的内容。

**11.2.3** 本条根据输电线路勘察特点,确定了以工程地质调查测绘为主,并结合搜集地质资料、访问当地居民及遥感地质调查等多种滑坡勘察方法。由于滑坡类型的复杂性,特别是在进行路径方案和塔位选定时,只有加强宏观判断与微观调查,并预测滑坡最大可能的影响范围,才能确保线路和塔位安全。

地质灾害危险性评估报告、国土部门进行的地质灾害普查成果、航片等资料是搜集地质资料的重要内容。山区输电线路勘察经验表明,走访当地政府和居民是调查的重要手段,对了解和掌握路径方案上是否存在滑坡很有帮助。必要时应进行少量勘探工作对调查结果进行验证。

**11.2.4** 本条列出了对输电线路塔位安全有影响的典型滑坡情况,在这些地段选定塔位的安全性得不到保障,而滑坡的防治和处理往往花费巨大,因此选定塔位时应避开这些地段。

人类活动通常是指开挖边坡、弃土(渣)堆放、新修道路、水利设施及破坏植被等,这些工程活动发生在山区线路塔位附近时,往往随着时间的推移导致环境地质条件的变化,容易导致塔位地段



稳定性变差,甚至发生大面积滑坡现象。

### 11.3 崩 塌

**11.3.1** 崩塌是斜坡岩土体的一种破坏形式,当线路经过崩塌易发区时,应对其通过的适宜性与对塔位的危害性进行评价。当遇到下列条件时,容易产生崩塌现象:

(1)陡峻的斜坡地段,一般坡度大于  $55^{\circ}$ ,高度大于 30m,坡面不平整,上陡下缓。

(2)陡坡多由硬质岩石构成,节理裂隙发育,岩体中的结构裂隙面与坡面的空间组合对稳定不利,陡坡的坡脚常出现易风化的软质岩石。

(3)当地的昼夜与季节温差较大,物理风化作用强烈。

(4)不合理的爆破开挖等人为活动使岩体失稳。

**11.3.2、11.3.3** 这两条依据崩塌规模对勘察工作进行了原则性规定:由于大规模崩塌的处理费用高,应优先采取避让处理的方法;对于规模较小的小型崩塌,应通过工程地质调查测绘,查清崩塌特征与类型、崩塌规模与危石的分布、岩体结构面的发育特征与组合关系,以及崩塌的影响范围,提出适宜立塔的位置,并采取的 necessary 工程措施。

**11.3.4** 倒石堆是崩塌等斜坡破坏的产物。倒石堆的勘察应查明其堆积方式、厚度、堆积物组成等特征,区别是新倒石堆还是老倒石堆,并应判定是否可以立塔。

新倒石堆一般具有下列特点:堆积体上无植被或植被稀少;堆积物结构松散,颗粒间无充填物或充填物稀少,常常为架空状态;堆积体上分布有新崩塌的块体,上方陡壁具有新近崩塌的痕迹。

老倒石堆一般具有下列特点:堆积体上植被覆盖较好,并有粗大的植物分布;堆积体结构致密,孔隙充填较好;崩塌堆积体的地形较平缓,堆积体及附近未见新近崩塌的岩块,上方陡壁未见新近崩塌的痕迹或发育的危石。

**11.3.5** 一般情况下,新倒石堆发育地段不宜选定塔位,如果受方案限制必须立塔且崩塌规模较小时,应对上方危岩采取清除、锚固及拦截等工程处理措施,消除其对塔位的安全威胁;塔基宜尽量放置在下部老土层上。

## **11.4 泥 石 流**

**11.4.1** 本条为强制性条文,必须严格执行。泥石流是山区线路常见的不良地质作用,对工程建设具有强烈的破坏作用,可能造成财产重大损失,其对线路塔位安全影响很大,因此拟建线路路径上或其附近存在对线路塔位安全有影响的泥石流时,进行泥石流专项勘察是必需的。

**11.4.2** 在可行性研究或初步设计阶段进行泥石流勘察,更能为路径方案的确定提供合理的建议。泥石流的工程分类应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定执行。

**11.4.3** 本条规定了泥石流勘察的主要方法。通常情况下开展专门的泥石流工程地质调查结合遥感解译就能满足线路泥石流勘察的需要。例如,西南电力设计院和成都理工大学联合采用上述方法进行专题泥石流调查和勘察,有效解决了四川九龙—石棉 500kV 线路冕宁—拖乌山段泥石流群发育区线路路径方案和塔位选择问题。

**11.4.4** 本条规定了泥石流评价的重点内容。

**11.4.5** 本条列出的 3 类地段都是泥石流破坏作用最强烈的地段,因此在选择塔位时应避开。

## **11.5 采 空 区**

**11.5.1** 采空区是矿产分布区常见的不良现象,对工程建设影响比较大,尤其是规模较大、尚未稳定的采空区,对线路塔位安全影响很大,当缺乏建设经验时应进行专门勘察。

**11.5.2** 本条规定了采空区勘察的勘察方法和主要工作内容。对

大规模采空区,勘察手段主要是搜集调查有关资料。在施工图设计阶段定位勘察时,有些塔位通过搜资调查不能查明采空区情况,塔位位置又不能调整,这时可辅以工程地质测绘或适量的勘探工作,勘探手段可选择物探或钻探。本条列出的工作内容对分析地表变形特征及评价其对线路的影响很有意义。

地表变形特征是采空区调查的主要内容,它包括地表移动盆地、陷坑、台阶、裂缝的位置、形状、大小、深度、延伸方向等,及其与采空区、地质构造、开采边界、工作面推进方向等的关系。

采空区已有输电线路运行情况及相关问题的处理经验应重点调查。

**11.5.3** 本条规定了在线路路径选择时应考虑的几种情况,目的是最大限度地减少采空区对线路的影响。如:选择穿越采空区最短或采矿分布稀疏处通过的线路,可采用大档距跨越的方式避让或通过采空区;选择留设矿柱的地段、主巷道上带有安全带的地带通过的线路,可大幅度减小或消除地表变形对输电线路的不利影响。

**11.5.4** 采空区勘察包括对现有采空区和规划采空区的勘察,规划采空区指在线路运行寿命内计划开采的矿区。

可行性研究阶段,应通过搜集资料了解采空区的范围,提出避让建议。对必经的采空区,则应经过详细的搜集资料与调查,分析其对线路路径的影响,作出客观评价。

初步设计阶段勘测应在可行性研究基础上,进一步查清输电线路沿线采空区情况。对已确定的转角塔,勘察深度要满足施工图设计的要求。

施工图设计阶段定位勘察时,应逐基查明采空区情况,分析采空区对塔位的影响,提出对采空区、塔位地基、基础处理或变形监测的建议。

**11.5.5** 小窑采空区一般情况下资料缺乏,而且难于搜集,必要时辅以适量的勘探工作。根据情况可以选择钻探、物探等一种或者多种勘探方法。

由于小窑采空区开采范围小,且往往开采深度浅,顶板自由垮落,造成地表变形强烈,多形成较宽的裂缝和局部塌陷。应根据现场勘察评价裂缝和塌陷可能的影响范围,将塔位立于影响范围之外,一般距裂缝和塌陷边缘的保护距离宜大于 20m。

## **11.6 活动断裂、场地和地基的地震效应**

**11.6.1** 特高压输电线路作为长距离大容量输电的一种手段,沿线经过地震活动水平较高地区和活动断裂分布地段的可能性是很大的。大角度穿越断裂带的意图就是要使输电线路以尽量短的距离通过活动断裂分布区。活动断裂直接错动造成的破坏是不能通过工程措施来解决的,属于抗震危险地段,根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定,不应在危险地段建造甲、乙、丙类建筑,因此活动断裂破碎带也不应设立输电线路塔位。

目前,输电线路工程勘察一般不进行专门的断裂勘察,活动断裂的资料应尽量利用地震和国土部门的现有资料。实际勘察中,可通过搜集资料,了解全新世活动断裂的分布。

**11.6.2** 本条规定了输电线路地震液化判别的要求。现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 中规定:“大跨越杆塔、微波塔的基础或 8 度、9 度的 220kV 及以上耐张型转角塔和微波塔的基础,应对其地基进行液化鉴定”,该规范的适用范围为 110kV~500kV 输电线路杆塔及基础,目前该规范已经开始修订,其适用范围的调整情况尚不确定。本规范规定抗震设防烈度等于大于 7 度地区进行液化评价,与正在制订的《1000kV 架空输电线路设计规范》的要求是一致的,比目前超高压输电线路勘测中的地震液化的评定范围大许多。

**11.6.3** 现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中地震液化判别的方法广为人知,此外,静力触探判别法、剪切波速判别法也曾列入相关技术标准中,实际勘察中可根据所采用的勘察方法选择适宜的方法进行综合判别,提高液化评价的准确性。

**11.6.4** 目前对震陷的评价方法尚不成熟,难以进行准确可靠的计算。实际工作中可参考现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的有关规定执行。

**11.6.5** 输电线路经过地震活动强烈地区,并伴有滑坡、崩塌等地震地质灾害时,常规的勘察方法和工作深度已经难以满足要求,因此应开展相关专题研究。

## 12 地 下 水

**12.0.1** 输电线路岩土工程勘察常遭遇多种地形地貌和地质条件,水文地质条件变化也较大,要想准确地查明地下水的埋藏条件及其变化一般较困难,因此通常是采用调查和搜资的方法,结合现场勘探情况,提出勘探期间的地下水位埋深及可能的水位变动范围。

**12.0.2** 地下水对岩土体和基础的作用往往是一个缓慢和渐变的过程,开始可能不为人们所知,一旦危害明显就难以处理。由于环境,地下水位和水质还可能发生变化,所以在线路勘察中要注意调查研究,在充分了解地下水赋存环境和岩土条件的前提下给出合理的预测和评价。

在线路勘察中,往往可分段控制性地采取地下水样进行分析,当地下水对建筑材料存在腐蚀性时,应在勘察报告中明确其在输电线路沿线的影响范围。

对于地下水位以下开挖基坑需采取降低地下水位 measures 时,需考虑疏干基坑内地下水的可行性,基坑壁和底部土体的稳定性和作业面的安全性等。

## 13 岩土工程勘察方法

### 13.1 工程地质调查与测绘

**13.1.1~13.1.3** 输电线路可行性研究阶段和初步设计阶段主要围绕路径的可行性、合理性进行,路径没有最终敲定,进行测绘工作无实际意义,因此要求调查、搜集资料为主。搜集沿线水文地质与工程地质普查报告、地质灾害普查报告、矿产分布与开采资料、当地特殊岩土与特殊地质条件方面的资料,当地工程勘察与建设方面的经验等;调查工作重点为与输电线路相关的矿产分布与开采区、地质灾害发育区,调查的宽度应满足线路路径比选和工程设计的需要。

**13.1.4** 施工图设计阶段,主要是针对塔位开展调查测绘工作,在实际工作中应根据场地的地质条件,有所侧重地进行调查测绘。

### 13.2 坑探和钻探

**13.2.1** 由于1000kV特高压输电线路工程往往跨越区域范围较大,勘察作业条件较差,因此选择勘探方法应遵循以轻便、适宜和快捷的原则。勘探方法的选择可根据地形地貌、岩土条件和塔位类型等确定,钻探和坑探在线路工程是一个主要的勘探手段。

**13.2.2** 钻探是线路勘察的重要手段,在平原河谷地区输电线路勘察中广泛采用。当山区丘陵地区覆盖层较厚、岩土性质复杂的重要塔位,也应采用钻探方法查明岩土性质。

钻孔的布置主要根据塔位性质、基础根开等确定,对于简单地段可布置在塔基的中心位置。根据目前已完成的1000kV晋东南—南阳—荆门特高压输变电试验示范工程等多条特高压输电线路野外勘察情况,钻孔一般布置在塔位的塔腿位置,每基塔按地基

复杂程度和塔基性质布置 1 个~4 个钻孔,其他塔腿一般可采用轻便钻探、钎探等勘探方法对每条塔腿的岩土分布进行勘探。

输电线路勘察中一般可按土层分段分区适当采取土样,主要针对野外判别存在困难或岩土性质复杂的岩土采取试样,送回试验室进行土工试验,以确定其岩土性质,复核野外鉴定结果。

提高岩土取芯率和拍摄岩土芯照片,主要是考虑到线路工程一般采用一次性定位终勘,每基塔位的勘探点数量有限制,因此需要每个钻孔以更高的精度对地层进行鉴别,取得更准确的资料,避免因现场疏漏而导致资料失准,影响设计和施工。

**13.2.3** 探坑若直接布置在塔腿位置,势必对地基岩土造成较大的扰动,降低岩土体的强度,对塔基设计和施工造成隐患。因此在实际作业时探坑可选择在地形地貌与塔腿位置相似的附近位置,距离一般控制在 5m~10m 范围内。

探坑开挖形状可按当地经验确定,竖向开挖应保持垂直,可一坡到底,也可分级开挖,底宽不宜小于 0.6m,坡面可有适当的坡度。坑探开挖作业应有安全措施。开挖宜连续、尽快完成。当存在坍塌危险时,应采取有效支护措施。坑探开挖弃土应堆放在坑壁边沿 1.5m 以外,堆土点外围应设置安全围护设施,并有安全警示标识。雨季开挖时应在探坑四周采取防水措施。

坑探可能造成对自然环境的破坏,因此在技术工作完成后应及时回填。大多数情况可采用原土回填,密实度一般不低于原土。如需作加固回填的,可掺和石灰、水泥等材料。

### 13.3 原位测试

**13.3.1** 在线路岩土工程勘察中,原位测试是十分重要的手段,在探测地层分布,测定岩土特性,确定地基承载力等方面,具有突出的优点。

我国地域辽阔,在选择原位测试项目和方法时,除应考虑勘察目的、岩土特性和工程要求等因素外,主要还应考虑地区经验的成



熟程度,在有成熟地区经验的地区,可以原位测试为主。

**13.3.2** 由于线路工程中钻探取样较少,因此一般需在钻探过程中对重要土层进行标准贯入试验、动力触探试验等,评价岩土的工程特性。

静力触探试验的使用,同一地貌单元路段内可在不同塔基之间与钻探等交叉使用,重要的塔基,如耐张转角塔、跨越塔等,可以在同一塔位的不同塔腿与钻探配合布置,一方面可以提高资料的准确性,资料可以相互验证,另一方面可以提高工效。

**13.3.3** 各种原位测试所得的试验数据,造成误差的因素也是较为复杂的,分析原位测试成果资料,应注意仪器设备、试验条件、试验方法、操作技能、土层差异性对试验结果的影响,剔除异常数据,提高测试数据精度。静力触探和圆锥动力触探,在软硬地层的界面上有超前和滞后效应,应予以注意。

## **13.4 物 探**

**13.4.1** 近些年来工程物探技术取得了很大的进步,许多新的方法用于输电线路取得了比较理想的效果,物探在山区输电线路勘察中的优势更为突出,值得积极推广应用。

**13.4.2、13.4.3** 具体物探方法的采用,要考虑所要探查的地质条件的特性、环境条件以及与该方法的原理是否具有吻合性,同时要考虑场地作业条件、干扰条件和地形起伏的影响,鉴于物探是一种间接性的勘探方法,与井孔勘探资料的对比分析和自身的重复检查观测也是必需的,具体的作业要点和资料解释可按相关专业技术标准执行。

## **13.5 遥 感**

**13.5.1** 遥感技术在输电线路、铁路、高等级公路等线性工程中得到越来越多地采用,随着更多的商业卫星和高分辨率遥感数据进入民用领域,遥感技术更深入地服务于工程建设是势在必行,本条

提出了采用遥感技术所应宏观控制的技术要点。

**13.5.2** 原始的遥感片可以是数据,也可以是影像,都需要先经过专门的图像处理和测绘信息加载处理,才可开展地质解译。直接用原始影像解译,将可能出现误判、失真问题,难于同工程图纸匹配。

**13.5.3~13.5.5** 对在工程勘测各阶段、各区段采用遥感技术所应解决的重点问题和分辨率选用、技术路径提出了规定和要求。在以往的工程中,采用卫片遥感相对较多,采用航片进行地质解译则不是太多,没有同步利用航片排位的现存条件,有待于今后加强。

**13.5.6** 遥感解译初步成果要进行现场验证是不言自明的规则,但实际工作中,可能因种种原因而严重轻视,本条专门作了强调并进行了重点提示。

## 14 原位试验

**14.0.1** 条文中列举的原位试验是输电线路工程中常见的原位试验项目。由于岩土条件的复杂性,桩基、原状土基础、锚杆基础的承载力通过理论计算方法较难准确确定,需要进行现场原位试验确定相关设计和施工参数。试验的目的是检验拟采用的地基处理方案对场地岩土工程条件的适应性及效果,优化基础设计方案,为选择合适的施工机具、施工工艺及原材料,制订施工组织措施、施工管理,确定基础设计、施工、检测所需的参数等提供依据。

**14.0.2** 本条对进行原位试验的范围作了限定,主要考虑了杆塔重要性、经济性和可靠性三个因素。

**14.0.3** 原位试验是输电线路岩土工程的一项较重要的工作,是优化地基基础设计方案的重要手段,它不仅可以为岩土工程设计提供准确的参数,还可以发现施工中的岩土工程问题,为制订基础施工和质量检测方案提供依据。

**14.0.4** 本条对原位试验的时间、位置作了界定,在试验场地确定后进行适量勘探与测试主要是对拟定的试验方案进行校对,确保试验方案在落实过程中的准确性。

**14.0.5** 桩基试验应为多试验项目的综合试验,因为输电线路塔基不仅承受竖向抗压荷载,而且还承受较大的上拔和水平荷载。试验桩的数量规定与国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基检测技术规范》JGJ 106 基本一致,考虑到线路工程在同一个地质单元内有多种规格桩型,因此本条规定的试桩数量仅仅是下限,若实际中由于某些原因不足以为设计提供可靠的依据或设计另有要求时,可根据实际情况增加试桩数量。

**14.0.6** 锚杆基础、原状土基础试验必要时还进行竖向抗压静载

试验或水平试验,主要是考虑线路基础承受的抗压及水平承载力较大,当按经验估算值难以满足塔基基础设计要求或缺乏经验时应进行这方面试验。

**14.0.7** 原位试验成果编制应按规定内容进行编写,除应提供试验有关参数外,应对原位试验与场地的适应性做出评价和说明,并提出建议。

## 15 现场检验

**15.0.1** 特高压输电线路工程塔基基础施工时,岩土工程人员一般应参与基槽检验。目前完成的 1000kV 晋东南—南阳—荆门特高压输变电试验示范工程、云广特高压输电线路工程、汉江大跨越工程等,岩土工程技术人员均参与了现场的基槽检验,取得了较好的效果。

基槽检验可以验证勘察资料的准确性,如果基坑开挖时所见的地质条件与原勘察资料有出入,可进行补充勘探与测试,并及时提出处理建议;另一方面基槽检验可以及时与施工配合,现场解决施工过程中发现的问题。因此输电线路工程塔基基础施工时,派驻岩土工程专业工地代表是很有必要的。

**15.0.2** 本条规定了输电线路工程基础施工中对岩土工程人员基槽检验的主要任务及要求。

**15.0.3、15.0.4** 这两条对输电线路工程中常用的基槽检验的方法作了一般规定,天然地基基槽检验时,岩土工程条件与勘察报告出入较大或设计有较大变动时,应有针对性地进行补充勘察。

## 16 可行性研究阶段水文勘测

**16.0.1~16.0.3** 在可行性研究阶段,水文专业应在搜资调查和必要的分析计算的基础上,初步掌握全线水文条件,配合设计专业对线路路径选择、方案优化提出专业意见或必要的水文基础资料。

**16.0.4~16.0.6** 特高压工程安全要求相对较高,因此搜资范围应尽量广泛,调查内容应深入细致,以避免水文条件较复杂地段的路径方案在初步设计阶段出现原则性变化。

## 17 初步设计阶段水文勘测

**17.0.1** 在初步设计阶段,对较为特殊的河流跨越方案或特殊的路径段,一般选择两个以上方案进行比较,水文专业在该阶段应提供较为详细的水文资料,为路径方案比较提供依据。

在可行性研究阶段水文资料收集的基础上,通过实测跨越河段的水文数据,计算线路跨越河流所需要的水位、流速、冲刷、河道演变等数据。避免施工图阶段出现颠覆性的水文因素。

**17.0.2** 对于水文条件特别复杂且对线路工程影响较大的水体,应开展专题研究。

**17.0.3** 对于线路附近水利工程收资,除收集水利工程的设计特征值外,还应注意调查了解其建成后实际洪水调度运用情况、水利工程的运行管理情况,以及防洪规划的实施情况。

**17.0.4** 设计水位一般包括 100 年一遇洪水位、50 年一遇洪水位。最高通航水位可以采用 20 年一遇洪水推算,也可以通过向航道管理部门收资取得。在使用航道管理部门提供的最高通航水位时,应注意高程系统的转换,以及采用合适方法将水位推算至线路跨越断面。

**17.0.5** 河道跨越塔一般应避开河道未来可能的变迁范围内,如却不能有效避开时,则应通过分析岸滩稳定性,从塔位安全角度提出是否需要采取护岸等工程措施。

**17.0.6** 对于水中立塔,应提供塔位处的淹没水深、洪水最大流速和最大冲刷深度等塔位安全设计所需考虑的水文条件。本阶段应与河道和航道管理部门充分沟通,取得河道和航道管理部门对线路跨越和立塔的初步同意性意见,确保所推荐方案的成立,避免施工图阶段出现颠覆性的水文因素。

**17.0.7** 对于设计标准低于 100 年一遇洪水设计标准的水利工程,均应计算溃决洪水对基础安全的影响。

**17.0.8** 水文勘测报告各部分内容的编制应对如下方面予以关注:

1 这里所说的水文特性,是指按照线路走向,依次介绍线路路径沿途所跨越的河流,及其流域概况,对河流(水域)的历史洪水情况进行概述。河流跨越断面和拟设跨越塔位基本情况描述。各河流设计洪水计算成果等。

2 包括线路沿线所经的堤防、水库、分蓄洪区、航道的建设时间、建设标准、历史洪水运用情况、设计洪水计算成果等。

3 包括各种设计水位的计算原始数据、计算方法和计算成果图表等。

4 应详细列出河(海)床演变分析所依据的原始图表,明确提出河(海)床演变对线路跨越河段及拟建塔位安全的影响情况。

5 既要分析河道防洪和通航对线路安全运行的影响,同时也应分析线路建成后对河道防洪和通航是否存在影响因素。

6 从水文专业角度说明各方案的优缺点,为设计路径的比较提供依据。

7 以水文成果表的形式详细列出各河流拟建跨越塔位处的水文特征,包括:设计洪水位、淹没水深、淹没历时、最大流速、最大冲刷深度、漂浮物种类和大小、是否通航以及最高通航水位、冬季冰面高程等数据。



## 18 施工图设计阶段水文勘测

**18.0.1** 本阶段水文勘测工作的重点是对初步设计阶段的水文勘测资料进行全面复核,并补充查勘初步设计中未勘测的小河、冲沟、小水库、局部内涝点等,对受水文条件影响的塔基进行详细水文勘测,提供定位所需的水文勘测成果。由于存在线路高程系统和水位高程系统不一致的可能,因此要求对水文分析计算的水位成果及其高程系统转换关系进行核算,提供与线路高程系统一致的水位计算成果。

**18.0.3** 本阶段水文勘测工作的重点是针对初步设计阶段勘测以来流域水文条件的变化或设计方案的变更、水文要素特大值的出现,以及其他遗留问题等进行补充调查、搜资与分析,提供塔位勘测设计的水文成果。

**18.0.5** 若线路工程塔位位于水库下游且地势较低时,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、基础稳定性因素结合现场调查进行分析,如果水库遭遇 100 年一遇洪水时可能溃坝,则必须分析计算溃坝洪水对线路的影响。有些水库设计洪水标准达到或高于线路工程防洪设计标准(100 年一遇洪水),但实际上未达到原定设计标准,甚至是坝体质量差的险库,则该水库存在有溃坝可能,必须分析计算溃坝洪水对线路的影响。

**18.0.6** 堤防工程的级别及设计标准按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 确定。堤防质量的判断除了参考其设计标准之外,还应考虑其实际达标与否,历史上是否存在因堤防质量问题产生过险情、堤防部门的意见并通过现场调查查勘等途径综合判断。当塔位对堤脚的距离大于防洪堤高度的 20 倍时,溃堤洪水一

般对塔位无冲刷影响。

**18.0.7** 可根据设计要求提供相应频率的洪水位,如频率为1%、2%、3.3%、5%、10%、20%等,通航河流的最高通航水位洪水频率标准必须按照现行国家标准《内河通航标准》GB 50139 相关规定执行。

**18.0.10** 在水中(或河滩)立塔时,一方面由于水流对河床(含岸滩)的作用,使得河床发生冲淤变化,产生天然冲刷,这是立塔之前就会发生的河床变化问题;另一方面,立塔后塔基周围的河床会因塔基对水流的阻力在其周围产生局部冲刷,必须认真分析天然冲刷及局部冲刷对塔基的安全稳定的影响。

**18.0.13** 本阶段工程水文勘测报告侧重于塔位水文条件分析计算成果的论述(可配合图、表、照片等)。本条规定了水文报告中应重点论述的几个方面,由于沿线水文条件的复杂性,宜根据具体水文问题具体分析,特别是对影响塔位安全的水文事件要充分论证,对影响塔位安全的水文问题可提出相应的工程治理措施的意见或建议。

## 19 水文调查

### 19.1 一般规定

**19.1.2** 强调水文调查资料应在现场整理,以便发现问题及时复核。根据水文调查规范,为减少水文勘测人员认知上的差异造成水文调查成果的主观误差,水文调查时应至少有 2 名水文技术人员参加。

### 19.2 人类活动影响调查

**19.2.1** 人类活动的方式多种多样,如兴修水库、堤防、涵闸等,其对流域环境改变的影响可能是长期的,这种改变的趋势可能是单一的,也有可能是复杂的,故其调查要针对具体问题(工程设施)的特性考察其影响特征,并分析其变化对塔基安全性的影响。

### 19.3 洪水调查

**19.3.1** 洪水调查内容主要是河段选择、洪痕可靠程度评价、测量精度要求等。除掌握调查洪水资料外,还应当通过历史文献、文物资料的考证,进一步了解更长历史时期内大洪水发生的情况和次数,可以分析各次洪水的量级范围与大小序位,以便合理确定历史洪水的重现期。

**19.3.3** 本条对溃堤、溃坝、分蓄洪等异常洪水发生时的洪水调查内容与方法进行了说明。

**19.3.4** 内涝问题是线路工程水文勘测过程中经常要调查的内容之一。调查内容是根据线路杆塔基础设计的洪水标准要求来确定的。通常要调查历史(或 100 年一遇)最高内涝水位、常年(或 5 年

一遇)内涝水位及持续时间。

## **19.4 河(海)床演变调查**

**19.4.1** 河床演变调查应有一定的河道长度,其范围一般根据跨越河段的冲淤变化与人类活动影响的特点确定,一般可从塔位上下游相对稳定的控制点划分,太长增加太多工作量,太短不满足调查要求,调查的范围需恰当反映河段冲淤变化特点。

**19.4.2、19.4.3** 这两条是对河床演变调查的内容与方法的要求。河床演变调查是河床演变分析工作中最基本的途径,对于有资料地区应结合河床地形图与现场查勘成果综合分析。对流域开发与整治工程对河床演变的影响,应结合调查与模型试验或相关研究成果的手段,对河床的现阶段以及未来 50 年的影响趋势作出分析判断。

**19.4.4** 水文勘测工作河床质取样的目的是为塔基局部冲刷分析计算提供土壤岩性和颗粒等地质资料。

## **19.5 冰情及河道漂浮物调查**

**19.5.2** 根据线路塔位基础设计的要求,除承受塔基荷载外,尚需考虑水动压力、流冰和漂浮物的撞击力、冰冻胀力和波浪冲击力等荷载,故此方面的调查对塔基稳定性分析有意义。

## **19.7 特殊地区调查**

**19.7.1** 泥石流是在暴雨(融雪、冰川、水体溃决)激发下发生的。形成泥石流必须同时具备陡峻的地形、丰富松散的固体物质和足够的水源三个条件,而三者发生、发展、转换和组合,则是构成各种不同类型泥石流的重要因素。今后是否发生泥石流,应从泥石流形成的三个条件,结合历史上发生泥石流的情况与地质专业共同综合分析判断。

**19.7.2** 岩溶地区地表与地下流域面积不一致,伏流暗河区具有

明显控泄、滞洪作用,重点查明最大积水高度。

用流量资料计算设计洪水时,应了解伏流暗河区无压、有压出流特征和不同量级洪水的滞洪总量,滞洪时间,峰现滞时和入流、出流差异及其对设计断面峰、量组成的影响。

## 20 设计洪水分析计算

### 20.2 天然河流设计洪水

**20.2.1** 所依据的洪水系列应包括各次历史大洪水的调查成果；当实测洪水系列较短且没有历史洪水调查数据时，不宜直接用来进行使用频率计算法推算设计洪水。所采用的洪水系列应包括丰、平、枯各种水平年的洪峰数据。对于受水利工程影响的系列，应进行还原改正，统一改正到工程前的系列。对于收集到的流域洪水参数，如河道比降、糙率等参数，应分析是否受到上下游水利工程的影响而发生了改变。宜采用多种途径计算工程断面设计洪水要素，相互验证，最终提出技术合理、安全可靠的洪水设计成果。将上、下游已有洪峰流量移用至跨越断面时，应对移用的条件进行分析判定，确保移用方法的适用性和移用成果的合理性。

**20.2.2** 线路跨越断面设计洪水可采取以下途径：

(1)用实测资料(流量、水位、暴雨等)，调查资料或结合地区综合资料作统计或推算确定。

(2)直接通过调查多次历史洪水确定。

(3)直接引用水利等有关部门的规划设计成果或统计基础资料并进行高程系统统一，结合本工程特点加以修正应用。

### 20.3 水库上、下游设计洪水

**20.3.1** 当工程点位于水库变动回水区时，可直接采用相应于100年一遇设计洪水标准的天然条件设计洪水流量；当位于北方结冰河流时，应考虑冰坝和冰塞可能造成水位抬高的影响。

**20.3.3** 本条中水库100年一遇设计标准，是指水库的设计标准，不应按校核标准考虑。溃坝洪水的计算一般采用经验公式法。一

般情况下,线路跨越塔位应避开溃坝洪水淹没区内。如实在无法避开时,应尽可能地避开主行洪通道,并计算最大可能冲刷深度、洪水流速、淹深等资料,为基础防洪提供依据。

## **20.4 特殊地区洪水**

**20.4.5** 冰对高压线塔基础的影响主要体现在冰体的膨胀变形对塔杆的破坏上。金属塔材易随冰变形,所以塔基础应高于最高冰面。同时,还应调查开冰期冰的最大壅高,流冰对塔材也具有破坏作用。

北方水文站一般都有冰的观测资料,包括冰期(初冰、终冰)、流冰尺寸、流冰速度等。

## **20.5 设计洪水要素**

**20.5.1** 设计洪水位的计算方法,一般采用洪峰流量通过曼宁公式推算水位,应实测河道参数作为计算依据;对于上下游有可依据的设计洪水水位资料时,可通过水面线推算至线路跨越点;对于无实测流量资料的河流,可用历史最高洪水位加 0.5m 作为 100 年一遇洪水位。

**20.5.2** 洪水期或流冰期漂浮物水面最大流速,可根据跨越河段长期水文观测资料或短期简易测验资料分析确定。无资料时,可根据断面平均流速结合断面形状特性比照分析确定。

## **20.6 人类活动对洪水的影响**

**20.6.1** 在分析人类活动对设计洪水的影响时,应按其不同类型与作用,从工程实际出发,多做调查研究,充分了解各项工程措施影响特点,搜集各种资料(包括相似流域),结合基本分析,采用多种方法比较,作出分析估算或判断。

## 21 河(海)床演变分析

### 21.1 一般规定

**21.1.1** 线路跨越河段(海域)的河(海)床演变分析涉及塔基安全,是线路勘测中的重点。河(海)岸滩稳定性判定和塔基处最大冲刷深度计算应以未来 50 年为预测年限,主要考虑到线路工程使用寿命一般为 50 年。

**21.1.2** 冲刷防护复核即计算基底埋置深度应位于最大冲刷线以下。线路工程占用河道过水面积很小,可以不考虑一般冲刷。

### 21.2 河床演变

**21.2.1** 河岸上或河堤内侧立塔时应先根据河流动力地貌特性进行分析判断。塔位处于弯曲型河道凹岸时应注意河道崩岸危及塔位安全。存在冲刷影响时,应收集资料进行定量分析。本规范附录 F“河流稳定性分类表”反映了河床演变基本规律。

**21.2.2** 滩地上立塔应排除滩地演变成主槽的可能性。对于游荡性河道尤其应注意分析主槽摆动范围是否可能影响到塔位。

**21.2.4** 局部冲刷深度有比较多的经验公式,主要是公路和铁路部门研究提出的,应注意经验公式的适用范围。由于跨越塔的基础型式比较复杂,有条件时可采用水工模型试验确定。

### 21.3 海床演变

**21.3.1** 判定塔位稳定性应首先进行海岸动力地貌调查,包括海滩、水下沙堤和海蚀崖等地貌类型的形态、组成物质和结构,近岸带波浪、潮流及余流方向,泥沙来源和泥沙运移途径等。

收集资料分析岸线变化除地形图、海图外,必要时可以收集海



岸航卫片遥感解译资料帮助分析。

**21.3.2** 海湾水域中立塔应根据实测的水文测验资料或附近水文测验资料计算最大可能潮流,以此作为计算塔基局部冲刷深度。

## **21.4 人类活动对岸滩稳定性的影响**

**21.4.2** 水流波浪泥沙数学模型,是定量分析人类活动影响的比较可靠的方法,近年来运用很多。早期则经验公式发展得比较多。一般水利、港航工程修建都会进行有关数学物理模型试验,可以在收集试验成果基础上结合线路工程开展进一步分析计算。

## 22 可行性研究阶段气象勘测

### 22.1 勘测内容深度与技术要求

**22.1.1** 可行性研究阶段气象勘测,主要针对线路区域自然环境特点,提出对各候选路径方案有较大影响的气象条件,为路径方案的经济技术比选提供依据。

**22.1.2** 可行性研究阶段应搜集规划路径区域有关气象资料,对所搜集资料,应视其来源、年代、精度及代表性合理选用。

**22.1.4** 线路工程中有无重冰区勘测工作量差异很大。因此,线路工程可行性研究气象勘测首先要确认其是否存在重冰区以及重冰区出现的区域,以便确定勘测手段与工作量。

**22.1.6** 山区重冰线路,设计冰厚对线路的技术经济指标有显著影响,要求可行性研究阶段的工程设计限额造价在后续设计阶段基本保持稳定。因此,要求存在重冰区的线路,应在可行性研究阶段开展设计冰厚与冰区分布的专项调查。

### 22.2 勘测成果

**22.2.1~22.2.3** 可行性研究阶段的气象勘测成果,要着重体现对各路径方案有重大影响的气象条件,明确各路径方案气象条件分析比较结论,提出各路径方案存在的问题与进一步工作的建议。

## 23 初步设计阶段气象勘测

### 23.1 勘测内容深度与技术要求

**23.1.1** 本阶段的工程气象勘测是在可行性研究阶段勘测的基础上,全面、系统搜集路径区域的气象资料,对路径全线进行实地踏勘,通过多种方法分析计算,优化路径设计冰厚与冰区,优化路径设计风速与风区,全面提供线路设计所需的气象资料。

**23.1.2、23.1.3** 初步设计阶段需搜集线路推荐方案路径区域的有关气象资料,资料的搜集应全面、系统、准确,为线路设计气象参数的分析统计提供可靠依据。

**23.1.4** 风口、迎风坡、突出山脊(岭)地形是重冰易于形成的地方,在这些微地形点,应开展山脉(岭)走向及植被分布特点、水汽来源、覆冰气流路径、云雾高度、覆冰风速风向的实地踏勘调查,综合分析、合理确定同一微地形区域不同地段的覆冰分布。

### 23.2 勘测成果

**23.2.1~23.2.3** 初步设计阶段的气象勘测成果报告的编制应视线路工程的气候特点,重点论述对线路设计影响较大的气象项目,兼顾其他项目。

## **24 施工图设计阶段气象勘测**

### **24.1 勘测内容深度与技术要求**

**24.1.1** 施工图设计阶段对初步设计气象资料复核重点是设计冰厚与风速,落实不同量级的冰区和风区分界塔位。

**24.1.2** 对山区重冰地段塔位,应逐基踏勘,查明微地形微气候对覆冰的影响作用,提出逐基塔位的设计冰厚与抗冰措施建议。

**24.1.3** 对特殊大风地段的线路,应深入进行现场地形、风况复查,落实特殊大风段的分界塔,提出必要的抗风措施建议。

### **24.2 勘测成果**

**24.2.1~24.2.3** 施工图设计阶段的气象勘测报告的编制应重点论述沿线设计冰厚与大风的复查情况及其成果。

## 25 气象调查

### 25.1 一般规定

**25.1.1** 气象调查是对气象站资料的补充和完善,特别是线路距气象站较远,地形情况又与站址不一致时尤为重要。气象调查内容系根据线路工程任务确定,除大风调查和覆冰调查外,还有塔位主导风向调查、雷暴调查等。为使调查有序进行,要求先拟定调查提纲,根据提纲内容开展调查。

**25.1.2** 最新研究资料表明,大量风害、冰害事故发生在特殊大风区和轻、中、重冰区分界处,因此对其进行重点调查是必要的,可根据地形、海拔、植被、风向等特征与调查资料综合分析确定。另外还要求进行沿线附近地区的气象调查搜集工作,使之点、线、面结合。

**25.1.3** 为使调查资料真实可靠,要求当场记录,并进行录音、拍照、摄像。冰灾和风灾照片是判定覆冰和风力大小的重要依据,除结合工程拍摄照片外,还要搜集各种冰风灾害照片,用以判定冰风灾害范围、方向、大小等,供分析确定设计冰厚和风速使用。现场汇总整理调查资料是防止漏项的有力措施;现场评审和编写报告中若发现资料不足或存在疑问,还可以补充调查并进行合理性审定。气象调查多为定性资料,定量资料也大部分为目测数据,误差较大,因此要进行可靠性和合理性审查。要通过区域性气象资料和灾害情况审查其发生时间及其可能性与可靠性。

### 25.2 大风调查

**25.2.1** 大风调查要求的范围和调查点数是长期工程实践中积累的经验总结,一般情况下,在沿线附近 3km~5km 范围进行大风

调查是可行的,资料也有代表性;对于特殊地区,如峡谷、海岸可适当增大调查范围,使调查资料更具代表性。

**25.2.2** 大风调查主要是搜集沿线附近的风灾资料,根据灾情定出风力,再换算成相应风速;其次是搜集当地气象、工程建设部门对风速、风压的研究成果和建(构)筑物的设计风速以及使用运行情况。这些资料可参与设计风速的取值分析。

### **25.3 覆冰调查**

**25.3.1** 我国实测覆冰资料较少,故覆冰调查十分必要。调查可以提供当地覆冰的定性情况和定量资料,并通过沿线地形、气候特征与当地气象资料综合分析,以及与邻近地区的实测覆冰资料进行地形、气候条件的类比分析,从而估算沿线覆冰标准冰厚。送电线路覆冰调查一般在沿线附近村镇居民点、厂矿、高山电视台、微波站等进行,同时还要收集相关省、市、县的低温、冰凌、大雪等有关覆冰资料,做到点、线、面结合。调查范围是规划线路的整个冰区段。调查点应选择能代表沿线地形、特征的地点,如山间盆地、山脊、山腰、垭口等。此外,特别要注意布设不同高程的调查点,以了解不同高程的覆冰情况。

**25.3.2** 覆冰搜集的重点是搜集覆冰的定量资料,除了收集气象台站、长途通信线务站和电力观冰站的实测覆冰资料外,还要注意搜集一些有心人记录的覆冰资料。

**25.3.5** 对特殊地形点,如风口、分水岭、山顶、迎风坡等除进行覆冰调查外,还应作实地踏勘,绘制地形草图,辨明冬季主导风向,观察气候、植被情况,简测高程,初步估计该地的寒冷程度和降水量,以及覆冰的大小。实测资料表明,风口等微地形、微气候区对覆冰增大的影响比较显著。根据贵州贵水线、贵六线、水盘线,湖南柘乡线、欧盐线、四川南九线、灌映线、二自线、冷蓉线、三万线的覆冰资料和黄茅埂、二郎山等高山观冰站的覆冰资料分析,风口覆冰是风口两侧覆冰的1.5倍~2.5倍。

通常海拔越高,温度越低,风速越大,如果湿度条件适宜,过冷却水滴和冰晶数量多,覆冰就大,据云南一些资料表明,山顶覆冰比山腰覆冰大1倍~2倍。但在一些特定的地形、气候条件下,对于一次具体的覆冰过程,就不一定是覆冰随海拔高度增大,如滇东北河谷区和四川西南山区,海拔3000m以上,水汽条件稍差,云雾滞留时间较短,不易形成大覆冰。而海拔2500m~2800m的山腰地段,为云雾滞留地带,冰凌持续时间长,强度大,易形成较大覆冰,俗称“腰凌”。

迎风坡比背风坡覆冰大,根据安徽、云南、四川、贵州几条线路和黄茅埂观冰站的实测资料分析,迎风坡覆冰厚度比背风坡大1.2倍~2.2倍。

## 25.4 气象专用站观测

**25.4.1、25.4.2** 本规范所指的建立观冰站和测风站为临时短期型,其目的是实测工程地在建站期间的覆冰、大风和基本气象资料,并与邻近气象站资料进行对比分析和相关计算,将短期实测资料展延为长期系列资料。

若工程需要建立长期的、大型观冰站和测风站,除了参照执行中国气象局编订的现行行业规范《地面气象观测规范》外,还应根据工程特点、研究目的和内容,结合国内外建站经验制订一套完整的观测方法。

观冰站站址选择首先要有冰可观,即每年冬季覆冰期均有较大覆冰出现,覆冰极值及覆冰过程出现几率较多;其次站址代表性好,对覆冰天气成因及重冰区地形条件有代表性,如将站址选在四周空旷、地势开阔平坦处,或山顶、山口、迎风坡等特殊微地形对覆冰影响较突出的地点;再次要求观冰站附近具备基本交通与生活条件,有利于长期覆冰观测。

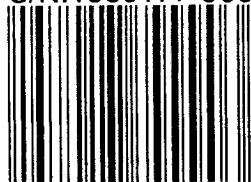
简易覆冰观测站应选在送电线路路径典型地形处,从国内已建过的观冰站看,大多数设在山顶和垭口,如四川的白龙山、鲁南

山、黄茅埂、蓑衣岭垭口、娘子岭垭口观冰站，云南的太华山、大山包、海子头观冰站，江西梅岭、陕西秦岭的观冰站，贵州的八担山垭口观冰站等。有条件的地方还可在一个山岭的两侧分设几个观冰点，进行不同海拔、不同地形条件的对比观测。

测风站应选择在风口和沿线代表地形段。有条件的可在不同地形、不同高度处建站观测。



S/N:1580177-999



9 158017 799903 >



统一书号: 1580177-999

定 价: 44.00元