



# 330kV~750kV 架空输电线路勘测规范

Code for investigation and surveying  
of 330kV~750kV overhead transmission line

2010 - 05 - 31 发布

2010 - 12 - 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

# 330kV~750kV 架空输电线路勘测规范

Code for investigation and surveying  
of 330kV~750kV overhead transmission line

**GB 50548 - 2010**

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 0 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2010 北 京

中华人民共和国国家标准  
**330kV~750kV 架空输电线路勘测规范**

GB 50548-2010

☆

中国电力企业联合会 主编

中国计划出版社出版

(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:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

---

850×1168 毫米 1/32 9.5 印张 244 千字 2 插页

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—20100 册

☆

统一书号:1580177·460

定价:53.00 元

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 633 号

## 关于发布国家标准《330kV~750kV 架空输电线路勘测规范》的公告

现批准《330kV~750kV 架空输电线路勘测规范》为国家标准,编号为GB 50548—2010,自2010年12月1日起实施。其中,第1.0.4、3.3.2、3.4.6、12.1.1、12.2.1、12.5.1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

二〇一〇年五月三十一日

# 前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2006 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标[2006]136 号)的要求,由中国电力工程顾问集团中南电力设计院会同有关单位共同编制完成的。

本规范总结和吸收了近年来 330kV~750kV 架空输电线路工程勘测积累的成熟且行之有效的经验、应用的科技成果,反映了业主、设计、施工、运行对勘测工作的新要求,最后经审查定稿。

本规范共分 26 章和 15 个附录,主要技术内容包括: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、岩土工程勘察方法、特殊岩土分布区岩土工程勘察、特殊地质条件岩土工程勘察、原体试验、基坑检验、岩土工程勘察成果、可行性研究阶段工程水文勘测、初步设计阶段工程水文勘测、施工图设计阶段工程水文勘测、水文查勘、水文分析计算、河(海)床演变分析、可行性研究阶段工程气象勘测、初步设计阶段工程气象勘测、施工图设计阶段工程气象勘测、气象调查、气象分析计算等。

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,中国电力企业联合会负责日常管理,中国电力工程顾问集团中南电力设计院负责具体技术内容的解释。在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄交中国电力工程顾问集团中南电力设计院(地址:湖北省武汉市武昌区民主路 668 号,邮政编码 430071;电子信箱:wangshengzu

@csepd. com),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:** 中国电力工程顾问集团中南电力设计院

**参 编 单 位:** 中国电力工程顾问集团公司

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西北电力设计院

北京国电华北电力工程有限公司

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西南电力设计院

北京洛斯塔数字遥感技术有限公司

广东省电力设计研究院

山西省电力勘测设计院

**主要起草人:** 王圣祖 石克勤 艾传井 刘德平 熊海星  
王中平

(以下按姓氏笔画为序)

马领康 尹 亮 代宏柏 张小望 刘富亭

吴 刚 别传炎 李伟强 陈亚明 尚思良

胡长权 饶贞祥 胡昌盛 娄俊庆 姚 鹏

贾 剑 高福山 陶 李 曹卫东 梁水林

彭玉环 程正逢 曾伟雄

**主要审查人:** 吴军帅 王 骢 蔡永兰 宋 俊 方 锐

程小久 尹镇龙 王 力 刘厚健 史荣文

陈东乾 唐辉明 刘小青 郑勇锋 吕健春

李邱林 孔祥元 朱 伟 卢晓东 王爱平

王建民 李纪人 黄伟中 马志坚 傅春衡

姜 力 杨爱丽

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术语和符号 .....	( 2 )
2.1	术语 .....	( 2 )
2.2	符号 .....	( 5 )
3	基本规定 .....	( 7 )
3.1	测量 .....	( 7 )
3.2	岩土工程勘察 .....	( 8 )
3.3	工程水文勘测 .....	( 9 )
3.4	工程气象勘测 .....	( 10 )
4	可行性研究阶段测量 .....	( 11 )
4.1	一般规定 .....	( 11 )
4.2	室内工作 .....	( 11 )
4.3	现场工作 .....	( 12 )
4.4	提交的成品资料 .....	( 12 )
5	初步设计阶段测量 .....	( 14 )
5.1	一般规定 .....	( 14 )
5.2	室内选择路径方案 .....	( 14 )
5.3	现场选择路径方案 .....	( 14 )
5.4	航空摄影 .....	( 15 )
5.5	GPS 主控网的建立及 GPS 航测外控 .....	( 19 )
5.6	像片调绘 .....	( 25 )
5.7	航片扫描 .....	( 26 )
5.8	空中三角测量 .....	( 27 )
5.9	建立路径三维数字模型 .....	( 30 )

5.10	三维数字模型路径优化 .....	(30)
5.11	提交的成品资料 .....	(31)
6	施工图设计阶段测量 .....	(32)
6.1	一般规定 .....	(32)
6.2	选线测量 .....	(32)
6.3	定线测量 .....	(34)
6.4	桩间距离和高差测量 .....	(37)
6.5	平面及高程联系测量 .....	(38)
6.6	平面及断面测量 .....	(40)
6.7	交叉跨越测量 .....	(43)
6.8	定位与检验测量 .....	(45)
6.9	塔基断面及塔位地形测量 .....	(47)
6.10	房屋分布图测量 .....	(47)
6.11	塔位坐标测量 .....	(48)
6.12	林木分布测量 .....	(49)
6.13	接地极址测量 .....	(49)
6.14	提交的成品资料 .....	(50)
7	可行性研究阶段岩土工程勘察 .....	(52)
8	初步设计阶段岩土工程勘察 .....	(53)
9	施工图设计阶段岩土工程勘察 .....	(55)
9.1	一般规定 .....	(55)
9.2	平原与河谷地区勘察 .....	(56)
9.3	山地丘陵区勘察 .....	(57)
10	岩土工程勘察方法 .....	(58)
10.1	工程地质调查 .....	(58)
10.2	遥感解译 .....	(59)
10.3	工程物探 .....	(59)
10.4	勘探与测试 .....	(60)
11	特殊岩土分布区岩土工程勘察 .....	(62)



11.1	湿陷性黄土 .....	(62)
11.2	冻土 .....	(62)
11.3	软土 .....	(64)
11.4	膨胀岩土 .....	(64)
11.5	红黏土 .....	(66)
11.6	填土 .....	(67)
11.7	风化岩与残积土 .....	(68)
11.8	盐渍土 .....	(69)
11.9	混合土 .....	(70)
12	特殊地质条件岩土工程勘察 .....	(71)
12.1	岩溶与洞穴 .....	(71)
12.2	滑坡 .....	(72)
12.3	崩塌与倒石堆 .....	(73)
12.4	冲沟 .....	(74)
12.5	泥石流 .....	(75)
12.6	地震液化 .....	(75)
12.7	采空区 .....	(76)
13	原体试验 .....	(78)
13.1	一般规定 .....	(78)
13.2	基桩原体试验 .....	(78)
13.3	锚杆基础和原状土基础试验 .....	(79)
13.4	原体试验成果编制 .....	(79)
14	基坑检验 .....	(80)
15	岩土工程勘察成果 .....	(81)
15.1	一般规定 .....	(81)
15.2	可行性研究阶段 .....	(81)
15.3	初步设计阶段 .....	(82)
15.4	施工图设计阶段 .....	(82)
16	可行性研究阶段工程水文勘测 .....	(84)

16.1	一般规定 .....	(84)
16.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(85)
16.3	勘测成果 .....	(86)
17	初步设计阶段工程水文勘测 .....	(88)
17.1	一般规定 .....	(88)
17.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(88)
17.3	勘测成果 .....	(93)
18	施工图设计阶段工程水文勘测 .....	(94)
18.1	一般规定 .....	(94)
18.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(94)
18.3	勘测成果 .....	(96)
19	水文查勘 .....	(97)
19.1	一般规定 .....	(97)
19.2	人类活动影响调查 .....	(97)
19.3	洪涝调查 .....	(98)
19.4	河床演变调查 .....	(99)
19.5	冰情及河流漂浮物调查 .....	(100)
19.6	特殊地区水文调查 .....	(101)
19.7	水文测验 .....	(101)
20	水文分析计算 .....	(102)
20.1	一般规定 .....	(102)
20.2	天然河流设计洪水 .....	(103)
20.3	水库上下游设计洪水 .....	(104)
20.4	溃堤溃坝洪水 .....	(104)
20.5	冰情洪水 .....	(105)
20.6	特殊地区洪水 .....	(105)
20.7	设计洪水位 .....	(105)
20.8	设计流速 .....	(106)
20.9	滨海、河口水文分析计算 .....	(107)

21	河(海)床演变分析 .....	(114)
21.1	一般规定 .....	(114)
21.2	河床演变分析 .....	(114)
21.3	海床演变分析 .....	(115)
22	可行性研究阶段工程气象勘测 .....	(117)
22.1	一般规定 .....	(117)
22.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(117)
22.3	勘测成果 .....	(118)
23	初步设计阶段工程气象勘测 .....	(119)
23.1	一般规定 .....	(119)
23.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(119)
23.3	勘测成果 .....	(120)
24	施工图设计阶段工程气象勘测 .....	(122)
24.1	一般规定 .....	(122)
24.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(122)
24.3	勘测成果 .....	(122)
25	气象调查 .....	(123)
25.1	一般规定 .....	(123)
25.2	大风调查 .....	(123)
25.3	覆冰调查 .....	(124)
25.4	主导风向调查 .....	(126)
25.5	专用气象站与观测 .....	(126)
26	气象分析计算 .....	(128)
附录 A	拥挤地段平面图样图 .....	(130)
附录 B	通信线危险影响相对位置图样图 .....	(131)
附录 C	变电站或发电厂进出线平面图样图 .....	(132)
附录 D	测量标桩规格及埋设尺寸 .....	(133)
附录 E	平行接近线路相对位置平面图样图 .....	(134)
附录 F	输电线路平断面图 .....	(135)

附录 G	平面图、断面图符号表 .....	(136)
附录 H	交叉跨越断面分图样图 .....	(141)
附录 J	交叉跨越平面分图样图 .....	(142)
附录 K	塔基断面图样图 .....	(144)
附录 L	塔位地形图样图 .....	(145)
附录 M	房屋分布图样图 .....	(146)
附录 N	塔基水文条件一览表 .....	(147)
附录 P	设计风速计算 .....	(148)
附录 Q	设计冰厚计算 .....	(151)
本规范用词说明 .....		(154)
引用标准名录 .....		(155)
附:条文说明 .....		(157)

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Term and symbols .....	( 2 )
2.1	Terms .....	( 2 )
2.2	Symbols .....	( 5 )
3	Basical requirements .....	( 7 )
3.1	survey .....	( 7 )
3.2	geotechnical investigation .....	( 8 )
3.3	engineering hydrological investigation and surveying .....	( 9 )
3.4	engineering meteorological investigation and surveying .....	( 10 )
4	Survey of feasibility study stage .....	( 11 )
4.1	General requirements .....	( 11 )
4.2	Office work .....	( 11 )
4.3	Field work .....	( 12 )
4.4	Finished product submitted .....	( 12 )
5	Survey of preliminary design stage .....	( 14 )
5.1	General requirements .....	( 14 )
5.2	Route selection plan indoor .....	( 14 )
5.3	Route selection plan outdoor .....	( 14 )
5.4	Aerial photography .....	( 15 )
5.5	Establishment of GPS control network and GPS field control point .....	( 19 )
5.6	Photo annotation .....	( 25 )
5.7	Aerial photo scanning .....	( 26 )

5.8	Acrotriangulation .....	( 27 )
5.9	Establishment of 3D digital route model .....	( 30 )
5.10	Optimization of 3-D digital route model .....	( 30 )
5.11	Finished product submitted .....	( 31 )
6	Survey of working drawing design stage .....	( 32 )
6.1	General requirements .....	( 32 )
6.2	Route selection survey .....	( 32 )
6.3	Straight line location survey .....	( 34 )
6.4	Survey of distance between two stakes and difference of elevation .....	( 37 )
6.5	Plane and elevation connection survey .....	( 38 )
6.6	Plane and section survey .....	( 40 )
6.7	Cross survey .....	( 43 )
6.8	Positioning and test survey .....	( 45 )
6.9	Section survey of tower foundation and topographic survey of tower position .....	( 47 )
6.10	House distribution survey .....	( 47 )
6.11	Tower coordinate survey .....	( 48 )
6.12	Forest distribution survey .....	( 49 )
6.13	Grounding electrode positioning survey .....	( 49 )
6.14	Finished product submitted .....	( 50 )
7	Geotechnical investigation of feasibility study stage .....	( 52 )
8	Geotechnical investigation of preliminary design stage .....	( 53 )
9	Geotechnical investigation of working drawing design stage .....	( 55 )
9.1	General requirements .....	( 55 )
9.2	Investigation for plain and river valley .....	( 56 )

9.3	Investigation for mountain and hill .....	(57)
10	Method of geotechnical investigation .....	(58)
10.1	Engineering Geological Survey .....	(58)
10.2	Remote sensing .....	(59)
10.3	Geophysical exploration .....	(59)
10.4	Exploration and testing .....	(60)
11	Geotechnical investigation for special lithology .....	(62)
11.1	Collapsible loess .....	(62)
11.2	Frozen soil .....	(62)
11.3	Soft soil .....	(64)
11.4	Swelling soil and rock .....	(64)
11.5	Red clay .....	(66)
11.6	Filled ground .....	(67)
11.7	Weathered rock and residual soil .....	(68)
11.8	Saline soil .....	(69)
11.9	Mixed soil .....	(70)
12	Geotechnical investigation for special geologic condition .....	(71)
12.1	Karst and cave .....	(71)
12.2	Landslide .....	(72)
12.3	Avalanche and collapse heap .....	(73)
12.4	Gully .....	(74)
12.5	Debris flow .....	(75)
12.6	Seismic liquefaction .....	(75)
12.7	Mined out space .....	(76)
13	Prototype test .....	(78)
13.1	General requirements .....	(78)
13.2	Prototype test for pile foundation .....	(78)
13.3	Anchored foundation and shallow foundation test .....	(79)

13.4	Result reporting for prototype test .....	(79)
14	Foundaion pit proving .....	(80)
15	Result of geotechnical investigation .....	(81)
15.1	General requirements .....	(81)
15.2	Feasibility study stage .....	(81)
15.3	Preliminary design stage .....	(82)
15.4	Working drawing design stage .....	(82)
16	Engineering hydrological investigation and surveying of feasibility study stage .....	(84)
16.1	General requirements .....	(84)
16.2	Contents and technical requirement .....	(85)
16.3	Outcome .....	(86)
17	Engineering hydrological investigation and surveying of preliminary design stage .....	(88)
17.1	General requirements .....	(88)
17.2	Contents and technical requirement .....	(88)
17.3	Outcome .....	(93)
18	Engineering hydrological investigation and surveying of working drawing design stage .....	(94)
18.1	General requirements .....	(94)
18.2	Contents and technical requirement .....	(94)
18.3	Outcome .....	(96)
19	Hydrological investigation and surveying .....	(97)
19.1	General requirements .....	(97)
19.2	Impact of human activity .....	(97)
19.3	Flood and waterlogging .....	(98)
19.4	Riverbed evolution .....	(99)
19.5	Ice and river float .....	(100)
19.6	Specific areas .....	(101)



19.7	Hydrological survey .....	(101)
20	Hydrological analysis and calculation .....	(102)
20.1	General requirements .....	(102)
20.2	Natural river design flood .....	(103)
20.3	Design flood about the upper stream and downstream of the reservoir .....	(104)
20.4	The dike-breach and dam-break design flood .....	(104)
20.5	Ice flood .....	(105)
20.6	Special area design flood .....	(105)
20.7	The design flood stage .....	(105)
20.8	The design flow rate .....	(106)
20.9	The hydrological analysis about the coastal and river mouth area .....	(107)
21	The evolution analysis of the river (sea) bed .....	(114)
21.1	General requirements .....	(114)
21.2	Analysis of the evolution of the river bed .....	(114)
21.3	Analysis of the evolution of the seabed .....	(115)
22	Engineering meteorological investigation and surveying of feasibility study stage .....	(117)
22.1	General requirements .....	(117)
22.2	Content and technical requirement .....	(117)
22.3	Outcome .....	(118)
23	Engineering meteorological investigation and surveying of preliminary design stage .....	(119)
23.1	General requirements .....	(119)
23.2	Content and technical requirement .....	(119)
23.3	Outcome .....	(120)
24	Engineering meteorological investigation and surveying of working drawing design stage .....	(122)

24.1	General requirements	(122)
24.2	content and technical requirement	(122)
24.3	outcome	(122)
25	Meteorology survey	(123)
25.1	General requirements	(123)
25.2	Strong wind	(123)
25.3	Wire ice covering	(124)
25.4	Predominant wind direction	(126)
25.5	Meteorology special-purpose station and observation	(126)
26	Meteorological analysis and calculation	(128)
Appendix A	Planimetric map in crowded area	(130)
Appendix B	Relative position samples of communication line risk influence	(131)
Appendix C	Plan legend for substation or power plant lines in and out	(132)
Appendix D	Survey stake standard and embedding size	(133)
Appendix E	Relative position plan samples of parallel proximity line	(134)
Appendix F	Plan and section samples of transmission line	(135)
Appendix G	Symbol list of planimetric and section plan	(136)
Appendix H	Intersection and cross section plan	(141)
Appendix J	Intersection and crossing planimetric plan	(142)
Appendix K	Tower foundation section plan	(144)
Appendix L	Tower position topographic map	(145)
Appendix M	House distribution map	(146)

Appendix N	The schedule of hydrological condition about pole tower .....	(147)
Appendix P	The calculation about the design wind speed .....	(148)
Appendix Q	The calculation about the design wire ice covering thickness .....	(151)
Explanation of wording in this code	.....	(154)
List of quoted standards	.....	(155)
Addition; Explanation of provisions	.....	(157)

# 1 总 则

**1.0.1** 为使 330kV~750kV 架空输电线路工程勘测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,做到安全可靠、先进适用、经济合理、环境友好、提高投资效益,保证线路安全和正常运行,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于 330kV~750kV 架空输电线路新建、改建工程可行性研究阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段测量、岩土工程勘察、工程水文勘测、工程气象勘测。本规范不适用于架空输电线路大跨越工程勘测。

**1.0.3** 架空输电线路工程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阶段勘测、初步设计阶段勘测和施工图设计阶段勘测。

**1.0.4** 工程勘测所使用的计量仪器、设备,必须按国家计量法的规定定期检定;对所使用的专业应用软件,应经过鉴定或验证。

**1.0.5** 工程勘测原始记录必须真实和准确,所搜集的引用资料应经过验证。

**1.0.6** 本规范规定了 330kV~750kV 架空输电线路勘测的基本要求,当本规范与国家法律、行政法规的规定相抵触时,应按国家法律、行政法规的规定执行。

**1.0.7** 330kV~750kV 架空输电线路工程测量、岩土工程勘察、工程水文勘测、工程气象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 大跨越 large crossing

线路跨越通航江河、湖泊或海峡等,因档距较大(在 1000m 以上)或杆塔较高(在 100m 以上),导线选型或杆塔设计需特殊考虑,且发生故障时严重影响航运或修复特别困难的耐张段。

#### 2.1.2 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、定位测量工作而设置直线桩位置的测量。

#### 2.1.3 直线性 linearity

直线桩、两转角桩理论直线都投影在同一平面上,反映直线桩偏离两转角桩理论直线程度的描述。

#### 2.1.4 直线桩 the stake of straight line

设置于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的控制性桩位。

#### 2.1.5 方向桩 directional stake

定线或定位时在转角前后附近,设置在前后直线上的桩。其作用为指引直线方向。

#### 2.1.6 桩间距离 distance between two stakes

两相邻直线桩或直线桩与相邻转角桩之间的水平距离。

#### 2.1.7 桩间高差 difference of elevation between two stakes

两相邻直线桩或直线桩与相邻转角桩之间的高程之差。

#### 2.1.8 中心断面 central section

两转角桩连线的铅垂面与地表面相截的剖面线。

#### 2.1.9 边线 side line

两塔之间边导线的铅垂面与地形、地物相截的剖面线。

**2.1.10 风偏点** wind slanting point

边导线受最大风力作用产生摆动,可能接近的山脊、斜坡、陡岩等地形和建构筑物的需要测量的点。

**2.1.11 交叉跨越点** crossed point of two lines

中心导线或边导线铅垂面与被交叉线相交的点。

**2.1.12 横断面** cross section

与中心断面垂直的地形剖面线。

**2.1.13 树高线** height line of the trees

两塔位间导线(或边导线)的铅垂面与树木顶相截的点连成的剖面线。

**2.1.14 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。

**2.1.15 档距** distance between two poles

两个相邻塔位桩之间的水平距离。

**2.1.16 岩土工程勘察** geotechnical investigation

根据建设工程的要求,查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和工程地质条件,进行岩土工程分析与评价,并编制勘察文件的活动。

**2.1.17 岩土工程勘探** geotechnical exploration

岩土工程勘察的一种手段,包括钻探、井探、槽探、坑探以及物探、触探等。

**2.1.18 逐基勘探** exploration according to single tower sub-ground one by one

在施工图设计阶段的岩土工程勘察过程中,根据具体的杆塔位置,对每一基杆塔的地基均进行勘探的活动。

**2.1.19 施工勘察** exploration during construction

在施工期间,针对具体的杆塔,为查明施工图设计阶段难以查明的工程地质条件,或者为满足某些特殊要求而进行的勘探、监

测、分析、评价和编制勘察文件的活动。

**2.1.20 原体试验**      prototype test

在地基岩土中以等同工程作用的条件,在一定的有代表性场地范围内进行的工程实体试验。

**2.1.21 岩土工程勘察成果**      result of geotechnical investigation

在原始资料的基础上进行整理、统计、归纳、计算、分析、评价,提出工程建议,形成系统的为工程建设服务的勘察技术文件。

**2.1.22 设计洪水**      design flood

符合设计标准要求的以洪峰流量或水位、洪水总量和洪水过程线等特征表示的洪水。

**2.1.23 设计洪水标准**      standard of design flood

工程设计中不同等级的建筑物所采用的洪水频率或某种洪水标准。

**2.1.24 防洪标准**      flood control standard

根据防洪保护对象的重要性和经济合理性而由国家确定的防御洪水的标准。

**2.1.25 防洪规划**      flood control planning

为防治洪水灾害而制定的总体计划。

**2.1.26 河床演变**      fluvial process

河道在自然情况下或受人工干扰时水流和河床相互作用所发生的冲淤变化过程。

**2.1.27 海床演变**      seabed evolvement

海床及岸、滩在自然情况下或受人工干扰时水流和海床相互作用所发生的冲淤变化过程。

**2.1.28 水文计算**      hydrological computation

按一定目的对水文资料进行整理、分析、计算,以提供工程规划、设计、施工和管理所需的水文数据的工作。

**2.1.29 最高通航水位**      maximum stage of waterway

保证标准载重船舶正常航行所允许的航道的最高水位。

**2.1.30 通航标准** navigation standard

由国家规定的航道规划和建设所必须遵循的基本技术规定。

**2.1.31 航道等级** grade of waterway

按国家规定的航道定级标准为航道划定的级别。

**2.1.32 通航净空** navigation clearance

跨河建筑物下保证船舶安全通过所必需的无障碍空间的高度和跨度。

**2.1.33 设计风速** design wind speed

工程设计标准所要求的设计频率的风速。

**2.1.34 导线覆冰** wire ice covering

雨凇、雾凇、雨雾凇混合冻结物和湿雪凝附在导线上的天气现象。

**2.1.35 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。

**2.1.36 设计冰厚** design ice thickness

将标准冰厚经过导线高度、线径、地形、档距、线路走向订正和重现期换算等分析计算以后得到的覆冰厚度。

## 2.2 符 号

**2.2.1 测量应遵守下列符号规定：**

$a$ ——固定误差；

$b$ ——比例误差系数；

$D$ ——相邻点间距离；

$d$ ——相邻直线桩间距离或塔位桩间距离；

DEM——数字高程模型；

DJ6、DJ2、DJ1——光学经纬仪系列的等级；

DS10、DS3、DS1——水准仪系列的等级；



$f_k$ ——航摄仪的主距；

GPS——卫星定位测量；

$n$ ——测距边数、点数、测站数；

RTK GPS——实时动态卫星定位测量；

$S$ ——边长、测距边长、路线长度、房屋边长；

WGS84——世界大地坐标系；

$W_s$ ——全长闭合差；

$W_x, W_y, W_z$ ——坐标分量闭合差；

$\sigma$ ——基线标准差；

$\Delta d$ ——横向偏距值。

#### 2.2.2 岩土工程勘察应遵守下列符号规定：

$b$ ——基础宽度；

$d$ ——桩的直径或边长；

$g$ ——重力加速度；

$p$ ——土体自重应力；

$\delta_z$ ——地基中  $\sigma_z$  深度处的附加应力。

#### 2.2.3 工程水文勘测应遵守下列符号规定：

$C_v$ ——变差系数；

$C_s$ ——偏态系数；

$n$ ——糙率。

#### 2.2.4 工程气象勘测应遵守下列符号规定：

$B$ ——设计冰厚；

$B_o$ ——标准冰厚；

$V_{10min}$ ——10min 平均最大风速；

$V_{Tmin}$ ——定时 2min 平均或瞬时最大风速。

### 3 基本规定

#### 3.1 测量

**3.1.1** 测量应充分应用航空摄影测量、卫星定位测量技术,积极推广应用测量新技术。采用测量新技术完成的测量产品应满足本规范相应的产品精度要求。

**3.1.2** 测量的坐标系统宜采用 2000 国家大地坐标系、1980 西安坐标系或 1954 年北京坐标系。高程系统宜采用 1956 年黄海高程系或 1985 国家高程基准。在可行性研究、初步设计、施工图设计各阶段的测量应采用一致的平面和高程系统。中央子午线的选择应考虑投影变形,投影变形值的允许偏差应不大于 5cm/km。

**3.1.3** 330kV、 $\pm 400$ kV、500kV 和  $\pm 500$ kV 架空输电线路工程平面图测量范围应为中线两侧各 50m。 $\pm 660$ kV、750kV 架空输电线路工程平面图测量范围应为中线两侧各 75m。

**3.1.4** 测量提交的各类成品应包括图纸和相应的电子文件。所使用的软件宜与线路设计软件有数据接口。数据文件应保留现场采集环境下的原始数据文件。

**3.1.5** 使用全站仪或经纬仪直接定线,各传递直线桩位连成的水平角允许偏差为  $180^\circ \pm 1'$ 。两测回距离较差的相对误差不应大于 1/1000。GPS 定线、定位相邻直线桩或相邻塔位桩的相对坐标中误差不应大于 0.05m。相邻直线桩或相邻塔位桩的相对高差误差不应大于 0.3m。

**3.1.6** 使用 GPS 进行平面坐标联测、像片控制点测量时宜采用快速静态或静态作业模式。使用 GPS 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。GPS 测量时选用的椭球基本参数应在同

一工程各个阶段保持一致。

**3.1.7** GPS 测量直线桩的基准站应选择在地势开阔、地面植被稀少、交通方便、符合 GPS 接收条件的位置。基准站应以快速静态或静态作业模式测定坐标和高程。GPS 基准站应埋设固定桩。

**3.1.8** 一条线路应明确唯一的线路前进方向。各种“左”、“右”关系以线路前进方向为基准。累距、各桩编号都应是顺线路前进方向递增。

**3.1.9** 应根据不同的地形、地貌、植被状况选择测量方法、测量仪器和工序。

**3.1.10** 测距仪分 I、II、III 等级的精度要求应符合现行国家标准《中、短程光电测距规范》GB/T 16818 精度分级的规定。经纬仪系列分 DJ1、DJ2、DJ6 等级及基本技术参数应符合现行国家标准《经纬仪系列及基本参数》GB 3161 的规定。水准仪系列分 DS1、DS3、DS10 等级及基本技术参数应符合现行国家标准《水准仪系列及基本参数》GB 3160 的规定。

## **3.2 岩土工程勘察**

**3.2.1** 岩土工程勘察应按照工程建设各勘察阶段的要求,精心勘察、精心分析,提出资料完整、评价正确的勘察报告。

**3.2.2** 岩土工程勘察应分阶段进行,在下列场地建设杆塔时宜进行施工勘察:

- 1 岩溶发育场地;
- 2 矿产采空区;
- 3 人工填土分布场地;
- 4 地下工程布置场地;
- 5 岩脉和花岗岩中球状风化体分布区;
- 6 其他需要进行施工勘察的场地。

**3.2.3** 当线路经过下列地带时,应根据工程建设的需要进行专项勘察:

- 1 采空区移动盆地活动地带；
- 2 岩溶强烈发育地带；
- 3 滑坡地带；
- 4 缺少建设经验的沙漠地带；
- 5 泥石流发育地带；
- 6 多年冻土分布地带；
- 7 其他需要进行专项勘察的地带。

3.2.4 线路杆塔所在场地复杂程度和杆塔地基复杂程度的划分应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

3.2.5 岩土的分类和鉴定应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

### 3.3 工程水文勘测

3.3.1 工程水文勘测的任务是在设计条件下为架空输电线路工程的设计、施工和运行提供合理可靠的水文勘测成果。

3.3.2 330kV~750kV 架空输电线路工程的防洪设计标准不得低于 100 年一遇设计洪水标准。

3.3.3 当架空输电线路工程跨越通航河流或运河、水库、湖泊时，设计最高通航水位的洪水重现期应按现行国家标准《内河通航标准》GB 50139 的规定执行；跨越海湾时应执行国家有关海域通航标准。

3.3.4 当架空输电线路工程经过重要的水利、交通、海洋等区域时，应根据相关法律、法规的要求开展专题论证工作。

3.3.5 线路水文勘测宜积极慎重地采用新技术和新方法。

3.3.6 对水文分析计算中引用的基础资料应进行可靠性、一致性和代表性分析，对计算成果应进行合理性分析。

3.3.7 设计水位的高程系统应与线路平断面图高程系统一致。

3.3.8 当遭遇特大洪水或发生暴雨、岸滩发生较大演变等突发事件时，应及时进行现场查勘，对设计阶段所提供的水文成果进行复

核,并提出处理事件的对策措施。

### 3.4 工程气象勘测

3.4.1 对气象条件分析计算引用的基础资料应进行可靠性、一致性和代表性审查。

3.4.2 计算确定短缺资料地区的设计风速与冰厚时,宜采用多种方法,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,开展覆冰、风及其他气象要素的观测。

3.4.4 330kV 架空输电线路防御大风与覆冰的设计重现期应为 30 年一遇,500kV~750kV 架空输电线路防御大风与覆冰的设计重现期应为 50 年一遇。设计重现期标准,也可按具体线路的重要性由主管部门确定,但不应低于本条规定的标准。

3.4.5 架空输电线路冰区宜分为三类。轻冰区设计冰厚不应大于 10mm;中冰区设计冰厚应大于 10mm 且小于 20mm;重冰区设计冰厚不应小于 20mm。

3.4.6 当线路通过重冰区时,应开展覆冰专题论证工作。

3.4.7 对于地形复杂、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。

3.4.8 当遭遇异常大风、覆冰等灾害事件时,应及时赴现场查勘,对设计气象条件做进一步分析论证,必要时修正设计气象条件,并提出应采取的工程措施。

## 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应提供工程所需的基础测绘资料。

4.1.2 测量应配合设计进行路径方案选择。在现场踏勘过程中,应了解工程沿线情况,对路径成立和工程造价有较大影响的重要交叉跨越应进行测量。

### 4.2 室内工作

4.2.1 根据工程规划,宜搜集线路拟经过地区 1:50000 和 1:100000 地形图,对复杂地段应搜集 1:10000 地形图。线路较长时,可搜集小比例尺地形图。所搜集同一比例尺地形图的坐标、高程系统宜保持一致。

4.2.2 当有卫星遥感影像、航摄像片以及数字高程模型等可利用时,视工程需要应搜集利用。

4.2.3 卫星遥感影像的搜集处理应符合以下要求:

1 宜选择地面分辨率不大于 15m 的卫星遥感影像,光谱波段数不宜少于 3 个。

2 卫星遥感影像应能满足 1:50000 或 1:100000 影像成图需要。

3 宜选择利用近期摄取、现势性较好的影像。

4 影像的清晰度、云量、色调、反差等各要素应满足相应影像的质量验收要求。

5 对影像数据的预处理、纠正、融合等各种处理应采用专业遥感处理软件进行。

6 卫星影像成果图的比例尺宜为 1:50000 或 1:100000。

图中宜标注坐标格网、主要居民地、道路、水系、规划区等各种地理信息。

#### 4.2.4 航摄像片搜集处理应符合以下要求:

1 航摄像片的比例尺,平丘地区不应小于 1:30000,山区不应小于 1:40000。

2 选择航摄立体相对时,应同时获得摄影参数、原始成果验收资料。

3 航摄数据处理应在数字摄影测量软件系统中进行。

4 航摄处理的成果应包括路径正射影像图、数字高程模型、立体模型等。

4.2.5 搜集的数字高程模型,其格网间距不应大于 25m,格式应满足后续软件处理的要求。

4.2.6 可利用搜集的数字高程模型生成拟选路径的概略断面数据或图形文件,满足杆塔规划需要。

### 4.3 现场工作

4.3.1 应了解线路沿线的地形地貌、交通、水系、植被、城镇分布等自然地理状况。

4.3.2 对影响线路路径方案的规划区、协议区、拥挤区、林区、采石场、弹药库、油库、微波塔、通信设施等重点地段应进行现场踏勘。对重要交叉跨越、平行接近通信线等应进行现场调绘,必要时应用仪器实测。

4.3.3 当发现对路径有影响的地物、地貌与现有资料不符时,应进行调绘和补测。

4.3.4 对线路所涉及的变电站、发电厂应配合设计搜集进出线平面图。

### 4.4 提交的成品资料

4.4.1 可行性研究阶段测量宜提交工程测量报告、地形图、现场

测绘的拥挤地段平面图、通信线危险影响相对位置图、变电站或发电厂进出线平面图。拥挤地段平面图应符合本规范附录 A 的规定,通信线危险影响相对位置图应符合本规范附录 B 的规定,变电站或发电厂进出线平面图图式应符合本规范附录 C 的规定。

**4.4.2** 当利用了卫星遥感影像、航摄像片或数字高程模型等其他测绘资料时,应提供正射影像图和概略平断面图。



## 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的主要内容包括搜集资料、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、像片控制测量、像片调绘、空中三角测量、概略平面断面测量、三维数字模型路径优化等工作。

### 5.2 室内选择路径方案

5.2.1 室内选择路径方案应了解可行性研究设计阶段审查所确定的路径方案。

5.2.2 初步设计阶段路径方案与可行性研究阶段的路径方案偏离较大时,宜补充搜集 1:50000、1:10000 比例尺地形图。室内选择路径方案应配合设计人员进行路径方案比选。

5.2.3 室内选择路径方案时,应分析路径沿线国家平面、高程控制点分布情况,拟定利用方案。

### 5.3 现场选择路径方案

5.3.1 在现场选择路径方案时,宜核实线路沿线国家控制点的保存和分布情况。

5.3.2 初步设计阶段路径方案与可行性研究阶段的路径方案偏离较大时,应补充踏勘和测绘,重点踏勘和补充测绘影响线路路径方案的规划区、协议区、拥挤区、林区、工程建设条件复杂区地段、重要交叉跨越、平行接近通信线等。

5.3.3 线路经过或靠近规划区、协议区,当要求取得统一的平面坐标系统时,应进行平面坐标联系测量。

**5.3.4** 拥挤地段可能影响路径成立时,应测绘拥挤地段平面图,比例尺不应小于 1:5000。

**5.3.5** 对可能影响路径成立的 35kV 及以上电压等级电力线,应用仪器实测电力线位置、跨越点及其两端杆位高度。

**5.3.6** 当线路对两侧平行接近的通信线构成影响时,应进行调绘或施测,并将测量结果标绘于地形图上或制作通信线路危险影响相对位置图。接近距离小于 100m 时,成图比例尺宜为 1:10000。

**5.3.7** 线路通过江河、湖泊、水库等地段,必要时,应配合水文专业进行水文断面、比降点、洪痕点测量。

**5.3.8** 当在江河、湖泊中立塔时,应根据设计需要,测量水下地形图或水下断面图,水下地形图的比例尺不应小于 1:2000。水下地形测量的方法和精度指标应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定执行。

## 5.4 航空摄影

**5.4.1** 航空摄影工作应在初步设计阶段开展,宜在初步设计对路径方案确定后进行航空摄影。

**5.4.2** 线路路径航空摄影,宜采用单航线摄影方式进行。当有比选方案时,主方案与比选方案可采用单航线摄影方式分别进行摄影,也可采用区域网摄影方式一并进行摄影;在路径方案选择困难和变电站、换流站线路密集区域也可采用区域网摄影方式一并进行。

**5.4.3** 航空摄影应委托具有相应资质的专门航空摄影机构完成。

**5.4.4** 航摄仪物镜中心部分的分解力不应低于 100 线对/mm。

**5.4.5** 航线摄影带宽不应小于 2km。

**5.4.6** 航空摄影应制定技术计划,技术计划宜包括如下内容:

1 选择航摄飞机。

2 编制航线敷设计划,航摄区域或各航线段的起终点经纬度值。

3 飞行所需小时数,当采用光学摄影仪时需要的摄影胶片数量。

4 航带接合图。

5 航摄仪的型号、主距及像幅。

6 摄影比例尺、摄影类型。

7 对飞行质量及摄影质量的要求。

8 确定航摄季节和航摄时间。

9 曝光时间和摄影间隔,当采用光学摄影仪时选择的摄影材料及滤光片。

10 要求移交的全部资料名称和数量。

#### 5.4.7 航线段划分应符合下列要求:

1 在 1:50000 地形图上,按转角段划分航线,并设计航线段的起终点。

2 航线段内,每一个转角点距离航带边缘的实地距离均应大于 400m。航线端点与最近的转角点的实地距离应大于 1000m。

3 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。

5.4.8 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 5.4.8 的规定。

表 5.4.8 航摄低度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	$f_k = 87.5 \pm 3.5$	平地
宽角	$f_k = 152.0 \pm 3.0$	平地丘陵
中角	$f_k = 210.0 \pm 5.0$	山地
常角	$f_k = 305.0 \pm 3.0$	山地或城建区

注:当摄影比例尺分母  $m < 15000$  时,  $f_k = 152.0 \pm 3.0$  也适用于山区。

5.4.9 当采用数码航摄仪进行航空摄影时,地面分辨率不应小于

0.3m。当采用光学航摄影航空摄影时,航空摄影比例尺的选用,应符合表 5.4.9 的规定。

表 5.4.9 选用航摄像片比例尺的要求

地 形	像片比例尺
平地丘陵	1 : 8000 ~ 1 : 14000 ( $f_k = 152\text{mm}$ )
山区	1 : 12000 ~ 1 : 15000 ( $f_k = 152\text{mm}$ )
	1 : 10000 ~ 1 : 12000 ( $f_k = 210\text{mm}$ )
高山区	1 : 10000 ~ 1 : 14000 ( $f_k = 210\text{mm}$ )

#### 5.4.10 航空摄影的飞行质量应符合下列规定:

- 1 航摄像片的倾角不宜大于  $2^\circ$ , 个别最大不宜大于  $4^\circ$ 。
- 2 航摄像片的旋偏角不应大于  $10^\circ$ 。在航线段内达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过 3 片。
- 3 航摄像片的航向重叠应为  $60\% \sim 65\%$ , 个别最大不应大于  $75\%$ , 最小不得小于  $56\%$ 。
- 4 航摄像片的旁向重叠应为  $30\% \sim 35\%$ , 个别最小不应小于  $15\%$ 。摄影区内应无绝对漏洞。
- 5 航线的弯曲度不应大于  $3\%$ 。
- 6 摄影后的路径中心线离开像片边缘应大于  $4\text{cm}$ 。
- 7 同一航线上相邻像片的航高之差应小于  $20\text{m}$ ; 同一航线上最大航高与最小航高之差应小于  $30\text{m}$ ; 摄影分区内实际航高与设计航高之差应小于  $50\text{m}$ , 当航高大于  $1000\text{m}$  时, 则两者之差应小于设计航高的  $5\%$ 。

#### 5.4.11 航空摄影的摄影质量应符合下列要求:

- 1 用目视法检查底片, 应影像清晰, 色调正常, 层次丰富, 反差适中; 不应有明显的阴影、云影、光斑、划痕、静电斑痕、折伤、脱胶、砂粒等缺陷; 应能辨认与摄影比例尺相适应的细小地物的影像。
- 2 光学框标影像应清晰、齐全; 其密度应与像幅内地面上大部分明亮地物影像的密度一致。
- 3 航摄底片的不均匀变形不应大于  $3/10000$ 。

4 航摄底片的压平误差,宜采用立体坐标量测检查。检查时,应测定标准配置点和至少 9 个检查点的坐标和视差,按 6 点法相对定向进行解析计算,输出结果检查点上的残余上下视差不应大于 0.02mm。

5 底片的灰雾密度不应大于 0.2;对光亮较小的地物最大密度宜为 1.4;对光亮较大的地物最大密度宜为 1.8;地物密度差,最大不应大于 1.4,最小不应小于 0.6。

5.4.12 透明正片、像片等航摄复制品的摄影处理质量,应符合下列要求:

1 感光材料的型号和药液配方,应根据航摄底片的反差情况正确选择。显影液温度宜为  $18^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C}$ ,定影液与显影液温差不宜超过  $5^{\circ}\text{C}$ 。

2 晒印时,晒像材料的机械方向应与底片的机械方向垂直;供调绘用的放大片,其邻片间的影像应有适当重叠。

3 定影和水洗的时间应充分,并应防止药膜变软、影像漂移。流动水洗时间宜为 30min。

4 晒印片应整片感光均匀,层次丰富;影像灰雾密度应小于 0.2,反差允许偏差为  $0.9 \pm 0.3$ ;药膜表面不平度应小于 0.02mm;框标的影像应清晰、完整、齐全。

5.4.13 航空摄影资料检查验收,可采用目视检查法、数据测定法和样片比较法相结合的方式。

5.4.14 对航空摄影资料的飞行质量、摄影质量及摄影处理质量等检查验收的要求,应符合本规范第 5.4.9 条~第 5.4.12 条的规定。

5.4.15 航空摄影资料检查验收后,宜提交下列资料:

- 1 全部底片或数字影像及航摄底片登记表;
- 2 像片 3 套;
- 3 像片索引图底片及索引图像片 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。

## 5.5 GPS 主控网的建立及 GPS 航测外控

5.5.1 GPS 主控网应根据测区实际需要和交通情况进行布置，主控网控制点间距离不应大于 10km。主控网控制点应埋设固定桩。

5.5.2 GPS 主控网测量精度，最弱边相对中误差不应大于 1/20000，主控网相邻点间弦长和大地高差精度，应符合下列要求：

1 GPS 主控网相邻点间弦长精度按式(5.5.2)计算确定，并应符合表 5.5.2-1 对点间弦长精度要求的规定。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (5.5.2)$$

式中： $\sigma$ ——标准差(mm)；

$a$ ——固定误差(mm)；

$b$ ——比例误差系数( $10^{-6}$ )；

$d$ ——相邻点间距离(km)。

表 5.5.2-1 点间弦长精度要求

弦长类别	固定误差 $a$ (mm)	比例误差系数 $b(10^{-6})$
主控网网点间弦长	$\leq 10$	$\leq 20$

2 GPS 主控网测量大地高差的精度，应按(5.5.2)式计算确定，并应符合表 5.5.2-2 对点间大地高差精度要求的规定。

表 5.5.2-2 点间大地高差精度要求

大地高差类别	固定误差 $a$ (mm)	比例误差系数 $b(10^{-6})$
主控网网点间大地高差	$\leq 15$	$\leq 30$

5.5.3 GPS 主控网应与国家平面控制网相互联测和转换，联测点数不应少于 3 个点，同一线路工程项目的 GPS 主控网可分为多个投影带。

5.5.4 GPS 主控网进行高程联测时，联测点数不应少于 3 个高程点，并应均匀分布且能控制全网。

5.5.5 GPS 主控网控制点周围宜设置明显的指向标志，宜实地

绘制 GPS 点点之记。

**5.5.6** 像片控制点在像片上的布点位置,应符合下列要求:

1  $23\text{cm} \times 23\text{cm}$  像幅的像片控制点距像片边缘应大于  $1.5\text{cm}$ ,  $16\text{cm} \times 9\text{cm}$  像幅的像片控制点距像片边缘应大于  $0.5\text{cm}$ , 距像片上的各类标志应大于  $1\text{mm}$ 。

2 像片控制点离开方位线的距离应大于  $4.5\text{cm}$ 。

**5.5.7** 像片控制点在航线上的布置,应符合下列要求:

1 航线首末上下两端点的上下两控制点宜位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,困难时互相偏离应小于半条基线。上下对点应布在同一立体像对内。

2 单航线布点时,  $23\text{cm} \times 23\text{cm}$  像幅每 5 条基线应布设一对控制点,  $16\text{cm} \times 9\text{cm}$  像幅至少每 8 条基线应布设一对控制点, 每条航带的像片控制点个数不应少于 6 个。在两条航线的结合处应布置公共像片控制点。

3 当航向重叠小于  $56\%$  时,应以漏洞为界分别布点;漏洞部分应采用野外测图方法补测。

**5.5.8** 区域网布点应符合下列规定:

1 区域网用于加密平高控制点时,  $23\text{cm} \times 23\text{cm}$  像幅每 5 条基线应布设一对控制点,  $16\text{cm} \times 9\text{cm}$  像幅至少每 8 条基线应布设一对控制点,宜按周边 6 点法(图 5.5.8a)或周边 8 点法(图 5.5.8b)布设,航线方向每对高程点间隔数的基线数宜为 3 条~5 条。

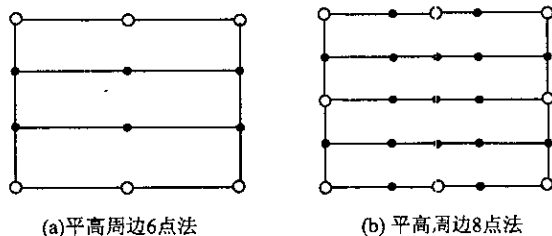


图 5.5.8 区域网布点方案

○ 平高点; ● 高程点

2 当像主点或标准点位处于水域内,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,应按下列情况分别处理:

1)当落水范围的大小和位置尚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 3cm 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 4cm 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 4.5cm。

**5.5.9** 像片控制点以判点为主,刺点为辅。宜在室内做出选点方案,野外落实点位选刺。

**5.5.10** 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且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。

2 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。

3 平高控制点的点位目标,应同时满足平面和高程控制点刺点目标的要求。

4 像片控制点应选刺在便于 GPS 架站、观测的点位上;点位实地的辨认精度不应大于 0.1mm。

**5.5.11** 刺点应在立体镜或放大镜下进行,必须刺透,平面点和平高点的刺点误差,不应大于像片上 0.1mm,不应出现双孔。同时应符合下列要求:

1 如果平高点选在围墙等垂直地物上,高程点宜选在高处。

2 对于选择刺点目标有困难的位置,宜选刺点组。



**5.5.12** 三角点、水准点、导线点及其他埋石点宜刺在航片上,应绘制点位略图、量注标志与地面的比高精确至厘米。

**5.5.13** 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,应注出刺点航线号和像片号。

**5.5.14** 控制片的反面整饰,应以相应的符号标出控制点的点位,并绘出详细、准确的草图,大小宜为  $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ ,并配简要的文字说明,描述点位的准确位置。描述平面位置时,以像片编号字头方向为上,使用上下左右说明,应使用灰度、色彩来说明;在没有明显地物的山地,可绘出等高线地貌略图或断面图来表示。应签署刺点者、检查者姓名和日期。

**5.5.15** 像片控制点应统一编号,编号宜含有航带号和顺序号内容。

**5.5.16** 像片控制点测量宜与 GPS 主控网控制点测量同期完成,但 GPS 主控制网应单独进行平差。GPS 控制网应由一个或若干个独立观测环构成,GPS 控制网应采用网连式、边连式、附和导线式布网,网中不应出现自由基线。

**5.5.17** GPS 测量时,应随时注意 GPS 接收机卫星信号和信息存储情况,应填写 GPS 外业观测手簿。当接收和存储出现异常时,应随时进行调整,必要时应及时通知其他接收机以调整观测计划。同时应符合下列要求:

1 每时段观测宜在观测前后分别量取天线高,精确至毫米,两次量取的天线高之差不应大于  $3\text{mm}$ ,并取平均值作为天线高。

2 观测期间,不得在接收机附近  $50\text{m}$  内使用电台、 $10\text{m}$  内使用对讲机或接通手机。

3 在 GPS 快速静态或静态作业模式测量中,同一观测单元期间各个 GPS 接收机的采样间隔应相同,不能变更。

4 同一观测时段过程中不应进行自测试、改变卫星截止高度角、改变数据采样间隔、改变天线位置。

5 每日观测结束后,应将接收机内存的数据文件传送到计算机内或转录到外存介质上。外业观测数据文件应拷贝,一式两份,不应进行任何剔除和删改。

5.5.18 GPS 主控网测量基本技术规定应符合表 5.5.18 的要求。

表 5.5.18 GPS 主控网测量基本技术要求

项 目		级 别	GPS 主控网
卫星截止高度角( $^{\circ}$ )			15
同步观测有效卫星数			$\geq 4$
有效观测卫星总数			$\geq 4$
时段长度(min)	静态		$\geq 40$
	快速 静态	双频+P(Y)码	$\geq 2$
		双频全波	$\geq 10$
		单频或双频半波	$\geq 15$
采样间隔(s)	静态		10~30
	快速静态		5~15
时段中任一卫星有效 观测时间(min)	静态		$\geq 15$
	快速 静态	双频+P(Y)码	$\geq 1$
		双频全波	$\geq 3$
		单频或双频半波	$\geq 5$

5.5.19 外业结束后应及时进行观测数据处理和质量分析。每个时段应进行同步环和异步环闭合差校核,校核时应符合下列要求:

1 多台接收机同步观测会产生三边同步环,在处理各边观测值后,应检查一切可能的三边同步环闭合差。其三边同步环坐标差分量闭合差,应小于下列指标:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \quad (5.5.19-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \quad (5.5.19-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \quad (5.5.19-3)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq \frac{3}{5} \sigma \quad (5.5.19-4)$$

式中:  $W_x$ ——三边同步环纵向坐标闭合差;

$W_y$ ——三边同步环横向坐标闭合差;

$W_z$ ——三边同步环竖向坐标闭合差;

$W_s$ ——三边同步环全长闭合差;

$\sigma$ ——取同步闭合环平均弦长值按式(5.5.2)计算的弦长中误差。

2 当由若干个独立观测边组成异步环闭合环时,应进行校核。各坐标差分量闭合差应小于下列指标:

$$W_x \leq 3\sqrt{n} \sigma \quad (5.5.19-5)$$

$$W_y \leq 3\sqrt{n} \sigma \quad (5.5.19-6)$$

$$W_z \leq 3\sqrt{n} \sigma \quad (5.5.19-7)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq 3\sqrt{3n} \sigma \quad (5.5.19-8)$$

式中:  $W_x$ ——异步闭合环纵向坐标闭合差;

$W_y$ ——异步闭合环横向坐标闭合差;

$W_z$ ——异步闭合环竖向坐标闭合差;

$W_s$ ——异步闭合环全长闭合差;

$n$ ——组成异步闭合环中的边数;

$\sigma$ ——取异步闭合环平均弦长值按式(5.5.2)计算的弦长中误差。

**5.5.20** 同一条边任意两个时段的成果互差应小于 GPS 接收机标称精度的  $2\sqrt{2}$  倍。

**5.5.21** 当发现观测数据不能满足要求时应对应 GPS 成果进行全面分析,对不满足要求的数据进行补测或重测。

**5.5.22** 进行 GPS 控制网平差前,应根据实际需要选定起算数据,并对起算数据的可靠性及精度进行检查分析。

**5.5.23** 一个测区内数据处理过程中,选用的起始点单点定位坐标中误差应小于 25m。

**5.5.24** 平差时应首先进行无约束平差,检查 GPS 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,剔除含有粗差的基线边。

**5.5.25** GPS 控制网可采用三维约束平差、二维约束平差法,应符合下列要求:

1 约束平差时,可约束控制点的坐标、距离或方位角作为强约束的固定值。

2 当采用三维约束平差时,可只假定一个点的大地高作为高程起算数据。

3 当采用二维约束平差时,应先将三维 GPS 向量转换为二维基线向量。

**5.5.26** 计算结束后,应对所处理的数据结果进行分析,并输出 GPS 平差成果。GPS 平差成果中应包括 GPS 测量成果、精度评定、平差软件名称和版本号、采用的 GPS 设备型号和编号、计算日期、观测者和计算者等内容。

**5.5.27** GPS 主控网、GPS 航测外控应提交下列资料:

- 1 像片控制片资料;
- 2 GPS 主控网航测外控点测量记录手簿;
- 3 平差成果资料;
- 4 GPS 外控成果报告。

## 5.6 像片调绘

**5.6.1** 像片调绘工作,宜分为路径调绘和详细调绘,所有调绘

工作宜采用室内判绘与野外调绘及仪器实测相结合的方式  
进行。

**5.6.2** 室内判绘应采用立体观察、影像识别等手段进行,对难于判读准确的微地物、微地貌及影响路径的其他地物,应到现场进行调绘。对于交叉跨越、平行接近的地物、新增地物和变化地形的调绘,宜采用仪器实测。

**5.6.3** 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、清晰易读。地物、地貌的类别和性质,应由调绘确定。

**5.6.4** 对交叉跨越的电力线应在像片上标明电压等级和杆型或塔型、杆高;对 35kV 及以上电压等级的电力线,应现场实测路径附近的杆高。根据设计要求,应测量路径所跨越的电力线弧垂点的导线高度。

**5.6.5** 对交叉跨越的通信线、架空电缆、架空光缆应在像片上标注其类型、等级、杆型、杆高。

**5.6.6** 对交叉跨越的架空索道、架空水渠等地物应在像片上标注其位置及高度。

**5.6.7** 对交叉跨越的地下电缆、地下光缆和地下管线应在像片上标注其类别及位置。

**5.6.8** 对交叉跨越的公路和铁路应标注名称、通向及跨越点的里程;对交叉跨越的江河应标注名称、通向及流向。

**5.6.9** 对沿线走廊范围内的经济作物和森林应在像片上标出范围、高度。

**5.6.10** 调绘者应在航摄调绘片上签署姓名和日期。

## **5.7 航片扫描**

**5.7.1** 像片扫描分辨率不应小于  $25\mu\text{m}$ 。

**5.7.2** 扫描影像应曝光正确,色调、灰度层次、反差均适中,柱状图良好。光标影像应清晰、齐全。扫描影像的灰度值在 0~255 之

间呈正态分布。

5.7.3 扫描框标影像应清晰,框标应完整。

5.7.4 影像数据的文件格式宜采用 TIF 格式。

## 5.8 空中三角测量

5.8.1 空中三角测量应使用数字摄影测量系统。

5.8.2 空中三角测量加密前宜取得下列资料:

- 1 航摄仪技术数据表及鉴定表;
- 2 航摄技术及质量检查报告;
- 3 底片或影像数据文件;
- 4 像片索引图;
- 5 航带镶嵌图;
- 6 像片控制资料;
- 7 像片调绘资料;
- 8 地形图资料及测区有关的控制成果资料。

5.8.3 对各类资料,应进行检查、分析。应确认能满足内业加密和测图要求时方可使用。

5.8.4 每张像片的加密点的位置宜按图 5.8.4 布设,宜不少于 2 个加密点,上、下排点应均匀分布。其点位的选择应符合下列规定:

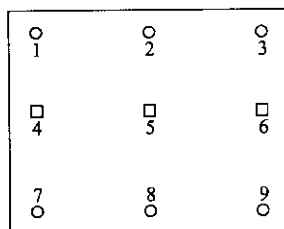


图 5.8.4 加密点点位布置图

□—像主点;○—加密点

1 加密点应选在本片和邻片的影像都清晰、明显,易于量测的目标点上,不应选在阴影和变形过大的地方。

2 点位应位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,左右偏离不应大于 1.5cm,上下两点离方位线的距离宜相近;点位偏离标准位置不宜大于 1cm;点与点之间的高差不宜过大。

3 当旁向重叠较小时,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 2cm;当旁向重叠较大,所选加密点至方位线的距离小于 2cm 时,则相邻两条航线应分别选点并互相量测。

4 加密点应选在像片控制点连线附近,超出控制连线的垂距不应大于 1cm。

5.8.5 像点量测宜采用自动匹配,手工调整。

5.8.6 像片定向在使用光学摄影仪航摄时应采用解析框标定向,在使用数码摄影仪航摄时应采用角标定向。

5.8.7 应对照外业控制片上的点位略图、点位说明及刺孔位置量测外业控制点。

5.8.8 空中三角测量加密程序应具有数据管理、航带构网、区域网预处理、整体平差、粗差检验和系统误差改正等功能。打印的资料应含起始数据、定向残差和平差成果等。

5.8.9 对像点坐标进行系统误差改正时,可逐点改正,按下列公式计算:

$$x' = x + a_1 + a_2 x + a_3 y \quad (5.8.9-1)$$

$$y' = y + b_1 + b_2 x + b_3 y \quad (5.8.9-2)$$

式中:  $x', y'$ ——摄影仪框标坐标理论值(mm);

$x, y$ ——量测片上框标坐标理论值(mm);

$a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ ——变换参数。

5.8.10 相对定向残余上下视差和模型连接较差,应符合表 5.8.10 的规定。

表 5.8.10 相对定向及模型连接限差要求

地形 \ 项目	残余上下视差 $\Delta q(\text{mm})$		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;

$f$ ——航摄仪主距(mm);

$b$ ——像片基线长度(mm)。

### 5.8.11 绝对定向应符合表 5.8.11 的规定:

表 5.8.11 绝对定向外业控制点限差要求(m)

项目	定向点残差		多余控制点不符值		相邻航线公共点较差	
	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

5.8.12 当空中三角测量加密各项限差超限时,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认真分析并进行处理。

5.8.13 加密点的中误差应按照下列公式计算。

$$m_{\text{控}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad (5.8.13-1)$$

$$m_{\text{公}} = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (5.8.13-2)$$

式中:  $m_{\text{控}}$ ——控制点中误差(m);

$m_{\text{公}}$ ——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。

## 5.9 建立路径三维数字模型

**5.9.1** 应采用立体观察、影像识别等手段输入调绘资料,确保数据录入判读准确、描绘清楚。主要录入内容应包括外业调绘的电力线、通信线、独立地物、管线及附属设施等地物,形成电子文档。

**5.9.2** 制作数字地面高程模型应符合下列要求:

1 数字地面高程模型应通过影像立体模型配准,进行人机交互编辑,改正自动匹配造成的误差以及植被、建(构)筑物高度。

2 数字地面高程模型格网间距不应小于 10m。

3 航带内 DEM 拼接和航带间的拼接至少应有 2 个格网的重叠带。

4 数据元文件内容应正确、无遗漏。

## 5.10 三维数字模型路径优化

**5.10.1** 正射影像路径图应包括正射影像、等高线、村庄、河流等注记、调绘资料、初步设计路径、GPS 控制点、公里格网等内容。

**5.10.2** 测量应配合设计专业精确调整路径,在可视化的三维环境使用正射影像图、数字地面高程模型优化路径方案。

**5.10.3** 应根据数字地面高程模型生成概略平断面图。

**5.10.4** 优化路径方案应逐基检查塔位地形,量测塔基坡度。

**5.10.5** 优化路径方案应量测线路两侧房屋偏距和面积。

**5.10.6** 路径优化后宜提交下列资料:

1 转角坐标;

2 航测房屋面积图;

3 概略平断面图;

4 路径影像图;

## 5 路径优化报告。

### 5.11 提交的成品资料

#### 5.11.1 初步设计阶段提交的成品资料宜包括以下内容：

- 1 重要交叉跨越平断面图；
- 2 拥挤地段平面图；
- 3 变电所进出线平面图；
- 4 水文断面测量成果；
- 5 GPS 外控成果及路径调绘报告；
- 6 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 施工图设计阶段完成测量成品资料应满足施工图设计任务要求,实地测设的桩位应满足施工放样的要求。

6.1.2 施工图设计阶段测量可分为选线、定线、桩间距离和高差、平断面测量、定位及检验测量等多道工序,在条件不复杂的环境下,可合并工序。采用 GPS 直接定位应满足成品资料精度和可靠性的要求。

6.1.3 平断面图为测量的主线图件,房屋分分图、塔基断面图和塔位地形图等为分部放大图件,反应相同内容的数据应一致。带状平面图反应的树高值应与断面上的树高线相一致。

6.1.4 测量交叉跨越点相对邻近直线桩高程误差限差不应大于 0.3m,断面点、风偏点相对相近直线桩高程误差限差不应大于 0.5m。平断面图上档距、桩距、累距注记精确至米,直线桩、塔位桩、水位高程、交叉跨越点注记高程精确至 0.1m。

6.1.5 RTK GPS 测量同步观测卫星数不应少于 5 颗,显示的坐标和高程允许偏差应小于  $\pm 30\text{mm}$ ,当显示的偏距小于  $\pm 15\text{mm}$  时,即可确定直线桩、塔位桩,并应记录实测的数据、桩号和仪器高。

6.1.6 同一直线段内的直线桩、塔位桩宜采用同一基准站进行 RTK GPS 放样。当更换基准站时,应对上一基准站放样的直线桩或塔位桩进行重复测量。两次测量的坐标较差应不大于 7cm,高程较差应不大于 10cm。

### 6.2 选线测量

6.2.1 选线测量应符合以下规定:

1 测量应配合设计人员根据批准的初步设计路径方案,实地落实确定的路径,选定路径转角位置,获取转角值。

2 当线路跨越一级、二级通信线、光缆及地下通信电缆且交叉角小于或接近设计限值时,应用仪器测定线路与交叉跨越物相对位置关系,获取交叉角值。

6.2.2 选线所使用的全站仪或经纬仪测角精度不应低于 DJ6 等级要求,全站仪测距精度不应低于Ⅲ类测距仪要求。

6.2.3 全站仪或经纬仪选线应采用距离分中法或角度分中法。当采用电子经纬仪不能倒镜时,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,并作记录,其角度允许偏差范围 $\pm 1'$ 。

6.2.4 采用全站仪或经纬仪选线时,转角前后应设置引线桩。转角至前后的引线桩距离不宜小于 400m。

6.2.5 采用全站仪或经纬仪选线应适时给定线或定位提供标注了选定的转角桩、引线桩位置后的路径图,提供转角桩转角度值。

6.2.6 当已采用数字摄影测量系统室内选定路径,有转角坐标成果和正射影像图时,选线时应采用 GPS 现场落实路径方法。

6.2.7 GPS 落实路径首先应选择符合精度要求、桩位可靠的 GPS 外控阶段的 GPS 控制点的坐标和高程作为起始数据。

6.2.8 测量应配合设计人员对转角间影响线路的地形、地物,使用 GPS 进行坐标测量,实地调整转角位置。

6.2.9 转角位置确定后,宜埋设固定标桩。使用 GPS 实时动态或快速静态模式测量转角坐标和高程。坐标精度中误差不应大于 5cm、高程精度中误差不应大于 7cm。

6.2.10 当后续定线测量工作采用全站仪施测,转角附近应设置方位桩,方位桩和转角桩间应通视良好,桩间距离不宜小于 80m。使用 GPS 实时动态或快速静态模式测量方位桩坐标和高程。

6.2.11 GPS 落实路径选线为给定线测量、定位测量提供标注了选定转角位置后的正射影像图,提供测定的参考站、转角桩、方位

桩坐标和高程值。

### 6.3 定线测量

#### 6.3.1 定线测量应符合下列基本技术要求：

1 定线测量的方法可采用全站仪或经纬仪直接定线、全站仪间接定线、GPS 结合全站仪定线、RTKGPS 定线。

2 当采用全站仪定线与 GPS 定线交替时，应用 GPS 分别测定交接两头 2 个全站仪定线的直线桩或转角桩。

3 直线桩应埋设在便于桩间距离测量、高差测量、平断面测量、交叉跨越测量及定位、检验测量，并能长期保存处。桩间距离不宜大于 500m，当山区出现大档距地形条件受限制时，直线桩间距不应大于档距。

4 直线桩、转角桩应分别按顺序编号，严禁重号。固定标桩的埋设，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 D 的规定。

5 GPS 测量布设直线桩应满足平断面测量、交叉跨越测量及定位检验测量的需要，应保证至少与一个相邻直线桩通视。

6.3.2 定线测量可采用全站仪或经纬仪距离分中法或角度分中法直接定线。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。当采用电子经纬仪不能倒镜时，应加测水平角半测回。

6.3.3 当利用选线阶段 GPS 测量的转角点、方位桩坐标反算方位角进行定线测量，应符合下列规定：

1 根据始端转角桩及方位桩和末端转角桩 3 个桩点的 GPS 坐标反算始端转角桩至方位桩的方位角和该转角段直线的方位角，并依此为准视线方向采用全站仪（经纬仪）进行定线测量；

2 量取末端 GPS 转角桩点与标定直线之间的横向偏距值  $\Delta d$  应符合下列规定：

1) 当  $\Delta d$  小于或等于 0.1m 时，可调整就近 1 个或 2 个直

线桩的横向位置,在满足  $180^{\circ} \pm 1'$  前提下,使直线附合到 GPS 转角桩点上。

- 2) 当  $\Delta d$  大于 0.1m 时,应以定线测量所标定的新转角为准,并根据原转角及其辅助桩测定新转角点的坐标。

**6.3.4** 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。

**6.3.5** 直接定线测量精度应符合表 6.3.5 的规定。

**表 6.3.5 直接定线测量精度**

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

**6.3.6** 直接定线时照准的前、后视目标必须立直,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钉位置。当照准目标距离小于 40m 时,应照准桩子的点位或细直目标的下部。

**6.3.7** 直接定线测量转角水平角技术要求应符合表 6.3.7 的规定。

**表 6.3.7 转角桩水平角测量精度**

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	$18''$	$1''$	$1'$

**6.3.8** 当遇障碍物且地形较平坦时,可布设矩形、等腰三角形,采用全站仪或钢尺量距结合经纬仪间接定线。测角、量距技术要求应符合表 6.3.8-1、表 6.3.8-2 的规定。

表 6.3.8-1 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 6.3.8-2 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)	对向观测较差相对误差	方法	垂直于路径长度 (m)
DJ2	≤3	≤1	正倒镜两次点位取中	两次点位每 10m 之差 ≤3	对向观测各一测回	≥20	≤ 1/4000	往返丈量	20~80
									往返丈量较差相对误差 ≤ 1/2000

注:1 作任意形状导线时,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。

### 6.3.9 导线法间接定线测量,应符合下列规定:

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,对向观测各一测回,边长相对中误差不低于 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,并取平均值。圆周角闭合差不应大于  $\pm 20''$ ,测角中误差不应大于  $\pm 10''$ 。

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

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

5 末端两个直线桩点的标定,应采用放样和定测两步骤进行。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光电测距三角高程

测量,测量精度应符合本规范表 6.5.6-1 中二级光电测距三角高程测量的要求。

**6.3.10** 可采用 RTK GPS 方法进行定线测量,直线定线依据为实地选定转角的实测坐标,直线定线前应校核转角坐标数据,校核坐标较差不应大于 7cm,高程较差不应大于 10cm。

**6.3.11** 采用 RTK GPS 测定直线桩时,直线桩可预先在图上布设,每个直线桩宜至少有一个方向通视,直线桩间距不宜小于 100m,山区可根据地形条件适当放宽。

**6.3.12** 采用 RTK GPS 测定直线桩时,用一台 GPS 作基准点,配一台或多台 GPS 作流动站进行作业,宜采用双频接收机。直线桩平面与高程精度应符合本规范第 3.1.5 条的规定。流动站作业应符合本规范第 6.1.5 条的规定。

## **6.4 桩间距离和高差测量**

**6.4.1** 桩间距离和高差测量可与定线测量合并工序同时开展。可采用光电测距仪和 GPS 两种方法进行桩间距离和高差测量。

**6.4.2** 采用光电测距仪测量桩间距离和高差时,宜进行对向观测各一测回,或变换觇标高或变换仪器高同向观测两测回。测距应符合下列要求:

1 每测站应绘桩位关系草图。

2 对向观测时应各一测回。每测回测量两次数据。每个数据应做好仪器自动记录或手工记录,读、记应及时校核。

3 同向观测时应施测两测回,每测回两次测量数据,作业要求与对向观测相同,但第二测回应变动棱镜高或仪器高。

4 两测回距离较差的相对误差应小于  $1/1000$ 。超限时,应补测一测回,选用其中合格的两测回成果,否则应重新施测两测回。

**6.4.3** 光电测距应符合下列规定:

1 应执行仪器使用说明书的规定和操作步骤。

2 测距时宜暂停对讲机通话。



3 架设仪器后,测站、镜站不得离人。

4 当两镜站处于同一视准线高度时,应测定一站后,再安置另一站的棱镜,不得将棱镜同时对准测距仪。

5 严禁将照准头对向太阳。

6.4.4 高差测量应与测距同时进行。高差测量应采用三角高程测量两测回。两测回的高差较差不应大于  $0.4S(m)$ ,  $S$  为测距边长,以 km 计,小于 0.1km 时按 0.1km 计。仪器高和棱镜高均量至厘米,高差计算至厘米,成果采用两测回高差的中数,取至分米。

6.4.5 当距离超过 400m 时,高差应按下列公式进行地球曲率和大气折光差改正。

$$r = (1 - K) / 2R \cdot S^2 \quad (6.4.5)$$

式中:  $R$ ——地球平均曲率半径(m);

$S$ ——边长(m);

$K$ ——大气折光差系数。

6.4.6 当高差较差超限时,应补测垂直角测回数,选用其中两测回合格的成果。

6.4.7 当采用 GPS 测量桩间高差时,流动站离基准站距离不应超过 8km,并应进行桩间高差检验。

## 6.5 平面及高程联系测量

6.5.1 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平面坐标系统时,应进行平面坐标联系测量。

6.5.2 平面联系测量中,转角塔中心点位中误差的精度限差不应大于协议区用图图面的 0.6mm。

6.5.3 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统放样。定位测量后的坐标应转换为与线路工程相一致的坐标系统。

6.5.4 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。

**6.5.5** 高程联系测量的路线长度在 0~5km 范围应采用不低于二级光电测距三角高程测量进行高程联系测量;高程联系测量的路线长度在 5km~10km 范围应采用不低于一级光电测距三角高程测量或图根水准测量进行高程联系测量;高程联系测量的路线长度大于 10km 时,应采用四等水准测量或四等光电测距三角高程测量进行高程联系测量。

**6.5.6** 一级、二级光电测距三角高程测量的仪器高和照准目标高量测精度不应大于 5mm。垂直角计算至秒,高程计算至毫米,成果取中数,取位至厘米。计算高差时应进行地球曲率和大气折光差改正。一级、二级光电测距三角高程测量精度要求应符合表 6.5.6-1 的规定。图根水准测量技术要求应符合表 6.5.6-2 的规定。

表 6.5.6-1 光电测距三角高程测量精度要求

等级	仪器型号	测回数	指标差较差 (")	垂直角测回较差 (")	对向观测高差较差 (m)	附合或 环形闭合差 (m)
一级	DJ2	中丝法 2	±15	±15	±0.2S	±0.07√n
二级	DJ2	中丝法 1	—	±30	±0.4S	±0.1√n
	DJ6	中丝法 2	±30			

注:S—测距边长(km);n—测距边条数。

表 6.5.6-2 图根水准测量精度要求

每千米高差 中误差 (mm)	附合路线 长度 (km)	水准仪 型号	水准尺	观测 次数	往返测较差(mm)	
					平地	山地
±20	≤10	S10	普通	往返 各一次	±40√S	±12√n

注:S—路线长度(km);n—测站个数。

**6.5.7** 四等光电测距三角高程测量的仪器高和照准目标高量测精度不应大于 1mm,垂直角计算至秒,高程计算至毫米,成果取中数,取位至毫米。计算高差时应进行地球曲率和大气折光差改正。

四等光电测距三角高程测量主要技术要求应符合表 6.5.7-1 和表 6.5.7-2 的规定。四等水准测量主要技术要求应符合表 6.5.7-3 和表 6.5.7-4 的规定。

表 6.5.7-1 四等光电测距三角高程测量精度要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	边长 (km)	对向观测高差较差 (mm)	附和或环形闭合差 (mm)
四等	10	$\leq 1$	$40\sqrt{S}$	$20\sqrt{\sum S}$

注: S—测距边长(km)。

表 6.5.7-2 四等光电测距三角高程测量精度要求

垂直角观测				边长测量	
仪器 型号	测回数	指标差较差(")	测回较差(")	仪器精度	观测次数
DJ2 级	3	$\leq 7''$	$\leq 7''$	不低于 II 类	往返各一次

表 6.5.7-3 四等水准测量精度要求

等级	每千米 高差全 中误差 (mm)	路线 长度 (km)	水准尺	观测次数		往返较差、附和或 环线闭合差	
				与已知 点联测	附和或 环线	平地 (mm)	山地 (mm)
四等	10	$\leq 20$	双面	往返各一次	往一次	$\pm 20\sqrt{S}$	$\pm 6\sqrt{n}$

注: S—路线长度(km); n—测站个数。

表 6.5.7-4 四等水准观测精度要求

水准仪 型号	视线 长度 (m)	前后视 较差 (m)	前后视 累积差 (m)	视线离 地面最 低度(m)	黑、红面 读数较差 (mm)	黑、红面 所测高差 较差(mm)
DS3	100	5	10	0.2	3.0	5.0

## 6.6 平面及断面测量

6.6.1 当设计需要时,应搜集或施测线路的进出变电所相对位置的平面图。当需要测绘变电站或发电厂进出线平面图时,成图比例尺可为 1:1000 或 1:2000。进出线平面图与变电站或发电厂应采用同一坐标系统。变电站或发电厂进出线平面图图式见

## 附录 C。

**6.6.2** 平面及断面测量前应有所测断面的转角资料、设计专业要求施测的线路中心至边线间距离、平面测量宽度、最大风偏距离、成图比例尺等相关基础资料。

**6.6.3** 平断面测量,直线路径应以后视方向为  $0^\circ$ 、前视方向为  $180^\circ$ 。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  $180^\circ$ ,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。

**6.6.4** 平断面图从变电所起始或终止时,应注记构架中心地面高程,并根据设计需要,施测并注明已有导线悬挂点横担高程。

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加以说明。

**6.6.5** 平断面测量可采用全站仪、GPS 或航测方法进行。

**6.6.6** 采用全站仪进行平面及断面测量时应符合下列要求:

1 平面及断面测量应选用 DJ6 级或 DJ6 级以上全站仪进行,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做改正。

2 施测平断面应现场绘制草图。

3 断面点宜就近桩位观测。测量地物点时,测距长度不宜大于 800m,测量地形点时,测距长度不宜大于 1000m,否则应正倒镜观测一测回,其距离较差的相对误差不应大于  $1/500$ ,垂直角较差不应大于  $1'$ ,成果取中数。

4 当桩间距离较大或地形、地物条件复杂时,应加设临时测站。采用全站仪加设临时测站应同向观测两测回或对向各观测一测回,距离较差相对误差不应大于  $1/1000$ ,高差较差限差为 0.3m。

**6.6.7** 采用 RTK GPS 进行平面及断面测量时应符合下列要求:

1 RTK GPS 仪器精度不应低于 5cm。

2 利用 RTK GPS 进行平断面测量时,应现场绘制草图。

3 RTK GPS 原始三维坐标数据中宜保留平面、高程精度指标。

**6.6.8** 采用航测方法测绘平面及断面应符合下列要求:

1 进行平面及断面测量前应有空三加密平差计算数据,像片参数数据等相关资料,测绘平断面时应以现场落实路径后转角坐标值作为直线断面的起止点数据依据。

2 应正确设置相机参数、图幅参数、边线距离并保证转角坐标导入或输入正确。

3 采集断面数据可采用自动扫描方式或手动方式。对于平丘地区宜采用自动扫描方式。自动扫描时,应人工跟踪立体。扫描步距宜为实地距离 5m~10m;行距为边线至中线的垂距,行数为中线和左、右边线。对于山地宜采用手动方式。

4 断面编辑宜采用在线编辑,提交的数据文件和图形文件应保持一致。图面修饰、文字注记和图幅接边等宜采用离线编辑。

5 一个直线段内不应更换作业员。

6 格式转换应保证信息不丢失。

**6.6.9** 对线路中心线两侧规定范围内有影响的建构筑物、道路、管线、河流、水库、水塘、水沟、渠道、坟地、悬岩、陡壁等应用仪器实测并绘于平面图上。

**6.6.10** 线路通过林区、果园、苗圃、农作物及经济作物区时应实测其边界和树高,并在平面图和断面图上表示出来。

**6.6.11** 线路平行接近通信线、地下光缆时应按设计要求实测或调绘其相对位置,成图比例尺宜为 1:1000 或 1:2000。平行接近线路相对位置平面图样图见本规范附录 E。

**6.6.12** 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 3 个断面点。在导线对地距离可能有危险影响的地段,断面点应适当加密。对山谷、深沟等不影响导线对地距离安全之处可不测,图面作中断处理。

**6.6.13** 当遇边线外高宽比为 1:3 以上边坡时,应测绘风偏横断面图或风偏点。风偏横断面图的水平与垂直比例尺应相同,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。

**6.6.14** 当两边导线之间有高出中心断面和边线 0.5m 的地形地物时应施测并标于图上。

**6.6.15** 当边线地形比中心断面高出 0.5m 时,应加测边线断面,施测位置应按设计人员确定的边线间距而定,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。

**6.6.16** 根据设计需要,当线路路径经过拥挤地段时,可测绘比例尺为 1:1000 或 1:2000 的平面图。拥挤地段平面图样图见本规范附录 A。

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

**6.6.18** 绘制平断面图,应根据现场所测数据和草图,按本规范附录 G 的规定准确真实地表示地物、地形特征点的位置和高程。图面应清晰、美观。

**6.6.19** 航测平断面图编辑时应利用现场实测的直线桩桩间距离,转角桩、直线桩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,将调绘信息全面转绘到平断面图上。

## **6.7 交叉跨越测量**

**6.7.1** 交叉跨越点相对于邻近直线桩测量允许偏差为:高程误差限差不应大于 0.3m,距离相对误差为 1/200。

**6.7.2** 交叉跨越测量可采用全站仪、GPS 及直接丈量等方法测定距离和高差。

**6.7.3** 对于一级、二级通信线、10kV 及以上的电力线、有危险影响的建构筑物,应就近桩位观测一测回。

**6.7.4** 线路交叉跨越 10kV 以下等级电力线和弱电线路时应测量中线交叉点线高。中线或边线跨越电杆时,应施测杆顶高程。当已有电力线左右杆不等高时,还应施测有影响侧边线交叉点的

线高及风偏点的线高,注明其电压等级、杆型及通向。对重要的一级、二级通信线,应标注交叉角,图面应注记锐角值。

**6.7.5** 线路从已有超高压及双地线高压电力线上方交叉跨越,除应测量本工程线路中线与被跨越地线两个交叉点的线高外,还应测量本工程线路两侧边线处被跨越地线的高度及有影响侧风偏点的地线高。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。

**6.7.6** 线路从已有电力线下方交叉穿越,除应测量本工程线路与被穿越线路下导线线高外,还应测量本工程线路两侧边线处被穿越线路下导线线高及有影响侧风偏点的下导线线高。当交叉点与已有电力线塔位距离较近时,应测量塔位及挂线点高。应注明其电压等级、两侧杆塔号及通向。

**6.7.7** 对有影响的平行接近电力线,应测绘其位置、高程和杆高,必要时宜施测 1:1000 或 1:2000 的平行接近线路相对位置平面图。平行接近线路相对位置平面图样图见本规范附录 E。

**6.7.8** 当跨越多条互相交叉的电力线或通信线又不能正确判断哪条受控制影响时,应测绘各交叉跨越的交叉点、线高或杆高等。

**6.7.9** 线路交叉跨越铁路和主要公路时,应测绘交叉点轨顶及路面高程,注明通向和被交叉处的里程。当交叉跨越电气化铁路时,还应测绘机车电力线交叉点线高。

**6.7.10** 线路交叉跨越一般河流、水库和水淹区,应配合水文人员测绘洪水位及积水位高程,并应注明由水文人员提供的水位发生年月日时间以及现实水位施测日期。当在水中立塔时,应根据设计需要,测量塔位附近水下地形图,水下地形图的比例宜为 1:500,测点间距不应大于 10m。

**6.7.11** 对线路中心线平面图范围内的房屋,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。在断面上应区分房屋的平顶与尖顶型式,平面上宜注明房屋结构和地名。

**6.7.12** 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。当左右边线交叉点不等高时,应测绘有影响侧交叉点的高程,并注明其名称、材料、通向等。

**6.7.13** 线路交叉跨越光缆、油气管道等地下管线时,应配合设计人员测绘其平面位置、交叉点的交叉角及地面高程,并注明管线名称、交叉点两侧桩号及通向。

**6.7.14** 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。

**6.7.15** 对重要交叉跨越线路宜施测交叉跨越断面分图和平面分图,图上应注明交叉档两侧塔位高程、地线高、导线悬点高、中线和边线与被跨越导线交叉点高程、交叉点和测量桩相对关系以及被跨越电力线的相对位置、交叉角和档距。交叉跨越断面分图样图见本规范附录 H,交叉跨越平面分图样图见本规范附录 J。

**6.7.16** 含有交叉跨越内容的平断面图样图见本规范附录 F。

## **6.8 定位与检验测量**

**6.8.1** 定位前应向设计取得下列资料:

- 1 预排位成果表;
- 2 具有导线对地安全线的平断面图;
- 3 设计定位手册。

**6.8.2** 定位前和定位中应对照平断面图对沿线的地形、地物巡视检查,发现漏测地形地物或与实地不符时,应进行补测、修测。

**6.8.3** 应对测站桩点的位置及编号进行确认后放样塔位。

**6.8.4** 当现场条件限制不能打塔位桩时,应实测和提供塔位的累距和高程,宜在塔位附近直线方向可保存处测设副桩。

**6.8.5** 定位测量可采用全站仪或 GPS 仪器。

**6.8.6** 采用全站仪定位测量应符合下列要求:

1 定位测量宜逐基进行。直接定线地段的塔位桩,可用前视法或正倒镜分中法测定,测量应符合本规范第 6.3.5 条和第 6.3.6



条的规定。间接定线地段的塔位桩测量,应符合本规范第 6.3.8 条和第 6.3.9 条的规定。

2 塔位桩间的距离和高差应在就近直线桩测定,测量应符合本规范第 6.4 节的规定。

6.8.7 采用 RTK GPS 测量时应符合下列要求:

1 采用 RTK GPS 方法进行定位测量,直线定线依据定线测量时实测的转角坐标。定位测量前应校核转角坐标数据,校核直线桩或转角桩,坐标较差不应大于 7cm、高程较差不应大于 10cm。

2 当利用 GPS 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在同一基准站上测量。

6.8.8 检验测量包括的内容和技术要求应符合表 6.8.8 的规定。

表 6.8.8 检验测量内容及技术要求

序号	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
1	直线桩间方向、距离、高差	判定桩位未被碰动或未移位可不检测。否则应重新测量	1/500	±0.3	—
2	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	
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	
4	转角桩角度	方向法半测回检测	—	—	±1'30"
5	间接定线的桩间距离、高差	判定桩位未被碰动或移位,可不检测。否则应重新测量	点位横坐标每百米较差 2.5cm	±0.3	—
6	第三个直线塔位桩偏离前两个相邻直线塔位桩延长线的横向距离	采用 RTK GPS 判定耐张段的直线性	±5cm	—	—

## 6.9 塔基断面及塔位地形测量

**6.9.1** 应根据设计需要测量塔位中心至塔腿基础中心 4 个方向的塔基断面,绘制塔基断面图。塔基断面图宜装订成册,在封面上标明“塔基断面图”。塔基断面成图,纵横比例尺宜为 1:200。塔基断面图样图见本规范附录 K。

**6.9.2** 660kV、750kV 架空输电线路可根据设计需要测量塔位地形,绘制塔位地形图。塔位地形图宜装订成册,在封面上标明“塔位地形图”。应说明地形图的坐标、高程系统、等高距、测绘时间。塔位地形图成图比例尺宜为 1:200。塔位地形图样图见本规范附录 L。

**6.9.3** 塔基断面图和塔位地形图的测量可采用全站仪测量或 RTK GPS 测量。

**6.9.4** 塔基断面图的测量应反映塔腿方向的高程变化,断面点位高程精度限差为 0.3m。测量范围应满足勘测任务书的要求或由设计人员确定。

**6.9.5** 塔位地形测量应反映塔位的地形地貌,测量排水沟、陡坎、房屋、水塘等重要地物,测量范围应满足勘测任务书的要求或由设计人员确定。地形点位高程精度限差为 0.3m,测点间距不应大于图上 3cm,等高距可为 0.5m 或 1.0m。

**6.9.6** 塔位地形图应选择塔位独立坐标系统或与线路采用的坐标系统一致,高程系统宜与线路高程系统一致,可采用相对高程。

## 6.10 房屋分布图测量

**6.10.1** 应对线路中心线两侧的房屋和其他厂、矿建筑物进行测量。房屋测量的范围应根据电压等级和设计需要确定。

**6.10.2** 测量规定范围内的房屋和其他厂、矿建筑物的长、宽、高测量房屋与线路相对位置、屋顶形式、房屋建筑面积等。

**6.10.3** 房屋属性调查的范围应满足定位手册对房屋拆迁距离的

要求,房屋调查的内容应包括房屋的建筑材料、屋顶情况、楼层数、用途、属地和户主姓名等信息。房屋调查工作应配合技经专业一起进行。

**6.10.4** 将测量数据和调查数据录入,生成房屋分布图。房屋分布图的成图比例尺宜为 1:1000,房屋分布图应注明每幅图的起点、止点的线路累距、以线路中线为基准的垂直宽度。房屋分布图应注明每间房屋的最小偏距、每层面积和总面积。房屋分布图宜装订成册,在封面上标明“房屋分布图”。房屋分布图样图见本规范附录 M。

**6.10.5** 房屋边界和房顶高程可使用航测方法测量,也可使用 RTK GPS 或全站仪实测,房屋边长可使用丈量法丈量。采用航测方法测量房屋时,应采用现场巡视的方法核对房屋形状、偏距,必要时应使用 RTK GPS 或全站仪进行校测。

**6.10.6** 房屋边长测量精度不应低于  $0.04S$ ,  $S$  为房屋边长,单位为 m。房屋楼层标注到 0.5 层。

## **6.11 塔位坐标测量**

**6.11.1** 业主要求提供塔位空间直角坐标或大地坐标时,应进行塔位坐标专项测量。

**6.11.2** 塔位坐标的平面坐标系宜采用 2000 国家大地坐标系、1980 西安坐标系或 1954 年北京坐标系,也可根据业主要求使用 WGS84 坐标系或地方坐标系。高程系统宜使用国家统一的高程系统,也可使用地方高程系统。坐标系应在塔位坐标成果表中注明。

**6.11.3** 塔位坐标的测量宜与定位测量同步进行,可采用 RTK GPS 或全站仪极坐标法测量。

**6.11.4** RTK GPS 进行塔位坐标测量时,塔位坐标精度应满足直线偏移不大于 5cm,线路方向距离相对误差不大于 1/1000 的要求。

## 6.12 林木分布测量

- 6.12.1 线路跨越林区时,应进行林木分布专项测量。
- 6.12.2 线路跨越林木时,应测量其边界并注明名称、种类、密度、现时胸径、现时生长高度等。
- 6.12.3 林木边界和树高断面线宜采用航测方法测量,树高应使用全站仪校测。
- 6.12.4 林木名称、种类、密度、现时平均胸径、现时生长高度和范围等信息应现场调查和测量,调查方法可使用抽样调查取平均的方法。将调查和测量的数据标注在平断面图上。
- 6.12.5 林木的密度单位可为“棵/ $\text{m}^2$ ”,现时生长高度可用  $H$  表示,单位为“m”;胸径可用  $D$  表示,单位为“cm”。

## 6.13 接地极极址测量

- 6.13.1 接地极极址测量宜包括平面和高程控制测量、陆域和水域地形测量、勘探点线测量、极环平断面图测量等内容。
- 6.13.2 极址测量宜采用全国统一的平面坐标和高程系统或当地城市规划坐标和高程系统。
- 6.13.3 首级平面控制精度不应低于一级导线。平面控制测量方法和精度指标应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。首级高程控制精度不应低于图根水准或一级光电测距三角高程。高程控制测量方法和精度指标应符合本规范第 6.5.6 条的规定。
- 6.13.4 极址地形图的测量方法和技术要求应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。陆域和水域地形图的测量比例尺宜为 1:1000 或 1:2000。
- 6.13.5 极环中心点、电极外环及内环的平断面图起点位置宜实地埋设固定标志并编号,实测其坐标和高程。
- 6.13.6 内、外极环和入地分流电缆敷设路径应实地测量平断面

图,有特殊需要时可测量 1:500 或 1:1000 带状地形图。

**6.13.7** 极环和电缆敷设路径纵断面测量,选测的断面点应能准确反映路径走向上的地形变化和地貌特征,相邻断面点间距不应大于 20m。断面点高程中误差不应大于  $\pm 0.3\text{m}$ 。

**6.13.8** 环形路径按直线形展开绘制极环平断面图,成图比例尺宜采用横向 1:2000、纵向 1:200,其表示方法应符合本规范附录 F 的规定。

**6.13.9** 极址两分塔与环形中心间的平断面图,应分别绘制。

**6.13.10** 工程物探点、勘探点和剖面线的测设,宜从附近控制点采用全站仪极坐标测量或 GPS 定位测量方法测定,实地设置有对应编号测量标志。

**6.13.11** 工程物探点、勘探点和剖面线的高程,宜采用光电测距三角高程测量或 GPS 拟合高程测量方法测定。

**6.13.12** 工程物探点、勘探点和剖面线的平面坐标成果可取位至 0.1m,高程成果可取位至 0.01m。

## **6.14 提交的成品资料**

**6.14.1** 施工图设计阶段测量的成品资料宜包括下列内容:

- 1 测量技术报告;
- 2 平断面图;
- 3 塔基断面图;
- 4 塔位地形图;
- 5 房屋分布图;
- 6 拥挤地段平面图;
- 7 重要交叉跨越分图;
- 8 通信线路危险影响相对位置图;
- 9 塔位坐标成果表;
- 10 水文断面测量成果。

**6.14.2** 施工图设计阶段的测量技术报告宜包括下列内容:

- 1 任务来源及要求;
  - 2 测量范围及测区情况;
  - 3 已有测量资料;
  - 4 技术依据;
  - 5 参加工程人员;
  - 6 使用的仪器设备;
  - 7 完成的工作量;
  - 8 控制测量;
  - 9 选线测量;
  - 10 数字摄影测量;
  - 11 定线、桩间距离、高差、平断面、交叉跨越、坐标高程联系测量;
  - 12 定位及检查测量;
  - 13 塔基断面和塔位地形测量;
  - 14 房屋分布图测量、林木调查测量;
  - 15 采用新技术或用特殊方法解决问题的情况及其效果;
  - 16 提交的成果资料目录;
  - 17 需要说明的其他问题;
  - 18 控制测量成果表、点之记;
  - 19 塔位桩成果表。
- 6.14.3 提交的电子文件应包括:平断面图、塔基断面图、房屋分布图、塔位地形图、交叉跨越分图、塔位坐标成果等内容。
- 6.14.4 提交电子产品转换为设计排位接口数据时应确保数据的全面和准确。

## 7 可行性研究阶段岩土工程勘察

7.0.1 可行性研究阶段岩土工程勘察应为论证拟选线路路径的可行性与适宜性提供所需的岩土工程勘察资料。

7.0.2 可行性研究阶段岩土工程勘察应进行下列主要工作：

1 搜集各路径沿线已有的相关资料，宜包括区域地质、地震地质、矿产、水文地质、工程地质、岩土工程及遥感资料。

2 调查了解沿线地形地貌特征、地层岩性及其分布特征，特殊性岩土和不良地质作用的分布、发育状况及其危害性。

3 调查了解沿线地下水的埋藏条件及腐蚀性。

4 调查了解沿线矿产资源的分布与开采情况。

5 对各路径进行初步的岩土工程评价。

7.0.3 可行性研究阶段岩土工程勘察应符合下列要求：

1 勘察方法以搜集资料为主。

2 在充分研究已有资料的基础上，针对影响拟选线路路径的工程地质条件进行踏勘调查。

3 对拟选线路路径中有特殊性岩土分布的地段，应调查特殊性岩土的分布情况及物理力学特性，并应搜集当地建筑经验。

4 当拟选线路路径存在严重的不良地质作用时，宜建议予以避让。当无法避让时，应针对不良地质作用进行专门调查，提出初步的分析评价与治理建议。

5 论述拟选线路路径的适宜性，并对各路径进行比选分析，提出各路径存在的主要岩土工程问题，提出初步设计阶段岩土工程勘察的工作建议。

6 根据线路路径的具体情况，提出开展地质灾害危险性评估、压覆矿产评估、地震安全性评价和压覆文物评估等工作的建议。

## 8 初步设计阶段岩土工程勘察

**8.0.1** 初步设计阶段岩土工程勘察应为选定线路路径方案、确定重要跨越段及地基基础初步方案提供所需的岩土工程勘察资料,符合初步设计的要求。

**8.0.2** 初步设计阶段岩土工程勘察应进行下列主要工作:

1 搜集标有线路路径各方案的 1:10000 ~ 1:50000 地形图。

2 进一步搜集沿线相关资料,宜包括区域地质、矿产、地震地质、水文地质、工程地质、环境地质和遥感资料,应包括地质灾害危险性评估报告等专题报告。

3 踏勘调查沿线地形地貌特征、地层岩性及其分布特征,特殊性岩土和不良地质作用的分布、发育状况及其危害性。

4 提供沿线设计基本地震加速度、设计特征周期等地震动参数。

5 初步查明沿线矿产资源的分布与开采情况。

6 进一步调查沿线地下水的埋藏条件及对建筑材料的腐蚀性。

7 对路径各方案进行岩土工程分析与评价。

8 根据工程需要,测量线路沿线大地电导率。

**8.0.3** 初步设计阶段岩土工程勘察应符合下列要求:

1 勘察方法以搜集资料结合现场踏勘调查为主,对工程地质条件特别复杂或缺少资料的地段宜布置适量的勘探工作。

2 可采用遥感技术对拟选线路沿线的地质条件进行解译分析,为线路路径方案的优化提供依据。

3 岩土工程分析与评价应包括对沿线地形地貌特征、不良地



质作用的发育状况及其危害性进行初步评价,对沿线重要转角塔位的地质条件进行概述,按水文地质和地质、地貌单元分区段对各路径方案作出具体岩土工程评价和汇总评价。

**8.0.4** 对确定线路路径方案起控制作用的不良地质作用、特殊性岩土、特殊地质条件,应描述其类别、范围、性质,并评价其对工程的危害程度,提出避让或治理措施的建议;当利用本规范第 8.0.3 条所述方法不能满足要求时,应提出进行专项勘察的建议。

## 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应为定线和杆塔定位、并针对具体杆塔的基础设计及其环境整治提供岩土工程勘察资料；为设计、施工提出岩土工程建议。

9.1.2 施工图设计阶段岩土工程勘察应取得以下资料：

1 勘察任务书，内容宜包括杆塔档距、塔高、塔型以及对勘察的特殊要求等；

2 标有路径方案的 1:10000~1:50000 地形图或其他地形资料；

3 设计部门编制的定位手册或有关文件；

4 前期勘察报告、相关的专题研究报告和其他相关资料。

9.1.3 施工图设计阶段岩土工程勘察应包括下列内容：

1 推荐场地稳定或岩土整治相对容易的杆塔位置。

2 查明各塔位的地形地貌、岩土特性、不良地质作用等条件。

3 对影响杆塔地基和基础的特殊性岩土和特殊地质问题进行勘察、分析和评价，对可能造成的环境地质问题分析其危害，并提出相应的治理与处理意见。

4 查明塔位处地下水的类型、埋藏条件，提出地下水位及其变化幅度。

5 评价水、土对建筑材料的腐蚀性。

6 对杆塔基础型式提出建议。

7 对施工和运行中可能出现的岩土工程问题进行预测分析，并提出相应建议。

8 测量杆塔地基岩土的电阻率。

## 9.2 平原与河谷地区勘察

9.2.1 平原与河谷地区勘察应采用工程地质调查,并结合岩土工程勘探逐基进行。

9.2.2 勘探点的布置应根据杆塔场地和地基的复杂程度、塔型及其重要性按下列要求确定:

1 转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔及其他设计有特殊要求的塔位应逐基勘探。

2 位于复杂场地或复杂地基的直线塔和直线转角塔,应逐基勘探。

3 位于复杂场地和复杂地基的杆塔,或者设计有特殊要求的杆塔,每基塔应按塔腿位置布置 2 个~4 个勘探点。

9.2.3 勘探深度应根据塔型及杆塔基础型式、基础尺寸与埋深、荷载情况、塔位工程地质条件等因素综合确定,并应符合下列规定:

1 对于直线塔与直线转角塔,勘探深度应达到基础底面以下 0.5 倍 ~ 1.0 倍的基础宽度,且不应小于 5m。

2 对于转角、耐张、跨越和终端塔,勘探深度应达到基础底面以下 1.0 倍 ~ 1.5 倍的基础宽度,且不应小于 8m。

3 在上述勘探深度内如遇软弱土层或遇可液化的饱和砂土、粉土层,勘探深度应适当加深。

4 在上述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,勘探深度可根据具体情况适当减小。

5 对于采用桩基等深基础型式的杆塔,勘探深度应符合国家现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定。

9.2.4 当塔基位于河床或河谷边缘时,应充分考虑塔基地段的工程地质、水文地质条件,并宜选择在下列部位立塔:

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 塔位地基岩土性质相对较好;

4 当需要在河(湖)中立塔时,塔位宜选在河(湖)心岛或高漫滩,或流速缓、冲刷深度小的部位。

### 9.3 山地丘陵区勘察

9.3.1 山地丘陵区选线勘察应重点对影响塔基稳定的因素进行调查,并宜避开下列地段:

1 未稳定的采空区、崩塌区、沉陷区,计划的矿产开采区、剥离区或矿渣堆积区;

2 溶洞、土洞或人工洞穴发育,并可能影响塔基稳定的地段;

3 深切冲沟的边缘及其向源侵蚀的源头地带;

4 松散堆积的高陡边坡地带;

5 水土流失严重的坡地或高陡狭窄的山脊;

6 滑坡、崩塌、泥石流及其他各种不良地质作用强烈发育地段。

9.3.2 山地丘陵区定位勘察应逐基进行,以工程地质调查为主,当工程地质调查不能满足要求时,应布置适量的勘探工作。

9.3.3 勘探工作应符合下列要求:

1 对基岩裸露的塔位,应查明基岩的岩性、产状、结构构造,并对岩石风化程度与岩体结构进行分类。

2 对基岩埋藏较浅的塔位,可采用钻探、坑探、槽探等方法,查明覆盖层厚度与性质,并查明下伏基岩的岩性、岩石风化程度。

3 对覆盖层较厚且性质较复杂的塔位,应布置适量的勘探与测试工作,查明岩土类别与工程特性;勘探工作量的布置与勘探深度要求应符合本规范第 9.2 节的规定。

## 10 岩土工程勘察方法

### 10.1 工程地质调查

**10.1.1** 工程地质调查包括相关资料搜集、现场调查和调查成果等内容。

**10.1.2** 线路岩土工程勘察的各阶段均应进行工程地质调查。

**10.1.3** 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,调查的范围应满足线路方案比选的需要。

**10.1.4** 初步设计阶段工程地质调查宜包括下列主要内容:

1 沿线地貌的形态与特征,并划分其单元。

2 沿线岩土层的类别、地质时代、成因类型、物理力学性质、分层结构及其分布与变化规律。

3 沿线滑坡、泥石流、崩塌、岩溶等不良地质作用的分布规律及其对工程建设的影响。

4 沿线植被发育与水土流失情况,当线路通过沙丘地区时,尚应调查沙丘的稳定性和当地治沙、固沙经验;当线路邻近江、河、湖、海时,尚应调查最高洪水位及其淹没的范围,岸边岩土体的冲刷、淘蚀、滩涂淤积及岸边的稳定性与岸坡再造等情况。

5 当线路邻近矿区时,应调查矿区未稳定的采空区、计划的开采区、剥离区或矿渣堆积区与线路的关系。

**10.1.5** 施工图设计阶段工程地质调查应针对塔位开展,宜包括下列主要内容:

1 塔位所在场地的稳定性,是否受不良地质作用及地质灾害的影响。

2 塔位及其附近地表岩土构成,对于基岩裸露的塔位,应描述其岩性、产状、结构构造,并应对岩体风化程度与岩体结构进行

分类。

**10.1.6** 工程地质调查成果宜包括现场素描图、照片、文字说明和其他适用的图表。

## **10.2 遥感解译**

**10.2.1** 岩土工程勘察可采用遥感技术,对拟选线路沿线的工程地质条件进行解译分析,为线路路径的优化和塔位的选择提供依据。

**10.2.2** 遥感解译应与工程地质调查和其他勘察方法密切配合,综合对比分析,以取得可靠的解译成果。

**10.2.3** 遥感解译工作应符合下列要求:

1 遥感解译工作应根据线路所经过地区的具体特点和条件,选择适当遥感数据种类、时相和分辨率。

2 遥感解译的素材应以航片为主、卫片为辅,进行综合解译;航片成图比例尺宜为  $1:5000 \sim 1:20000$ ,卫片成图比例尺宜为  $1:50000 \sim 1:100000$ ;对地质灾害易发的地区,宜选择分辨率高的遥感数据。

3 可行性研究阶段,遥感解译成果应结合区域地质资料和现场调查结果,初步确定线路拟经过地区的地层岩性分布、矿产资源开采现状与地质灾害易发区,必要时提出解译图件和解译报告。

4 初步设计阶段,遥感解译的重点是对塔位稳定影响较大的滑坡、泥石流、崩塌、岩溶等不良地质作用,宜判明其分布位置、规模及发展趋势。

5 对解译成果中的重要工程地质问题应进行现场实地验证,根据现场实地资料补充和修正解译成果。

## **10.3 工程物探**

**10.3.1** 岩土工程勘察可采用工程物探,对拟选线路沿线的工程地质条件进行探查、解译、分析,为线路路径的优化和塔位的选择

提供依据。

**10.3.2** 应用工程物探方法时,应具备下列条件:

- 1 岩土体之间有明显的物理性质差异;
- 2 岩土体具有一定的埋藏深度和规模;
- 3 能抑制干扰,区分有用信号和干扰信号;
- 4 应在有代表性地段进行方法的有效性试验;
- 5 应有足够的有代表性的其他勘探方法进行对比验证。

**10.3.3** 工程物探应用范围宜符合表 10.3.3 的规定。

**表 10.3.3 工程物探应用范围**

探测方法		适用条件	应用范围
地质雷达		地下水位较深,工作区域内铁磁物质较少	探测覆盖层厚度、隐伏构造破碎带、岩溶,划分风化带等
电法	电测深法	场地较平坦,接地条件较好	探测覆盖层厚度、隐伏构造破碎带、滑坡体、岩溶,测量岩土壤电阻率,划分风化带等
	高密度电法		
	自然电场法		
声波法		有钻孔或探井配合	探测覆盖层厚度、软弱夹层、隐伏构造破碎带、滑坡体、岩溶发育状况等
面波法		场地较平坦,无扰动源存在	探测覆盖层厚度、岩溶,划分风化带等

## **10.4 勘探与测试**

**10.4.1** 输电线路岩土工程勘察勘探、取样与原位测试应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

**10.4.2** 勘探方法应根据地形地貌、岩土特性和现场工作条件合理选择。

**10.4.3** 原位测试方法应根据岩土特性、设计要求及地区经验合理选择,根据原位测试结果估算岩土参数时应考虑地区经验。

**10.4.4** 室内试验应符合下列要求:

1 岩土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 的规定。

2 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。

3 水和土的腐蚀性分析应满足对建筑材料的腐蚀性评价的要求,水和土的腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。



## 11 特殊岩土分布区岩土工程勘察

### 11.1 湿陷性黄土

11.1.1 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的湿陷性黄土进行鉴别,调查了解湿陷性黄土的时代、成因和分布特征。

11.1.2 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区湿陷性黄土的时代、成因、分布特征及其工程特性。

11.1.3 施工图设计阶段勘察应针对具体的塔位查明下列内容,并应结合杆塔的特点和设计要求,对场地、地基作出评价,对地基处理措施提出建议:

- 1 黄土地层的时代、成因;
- 2 湿陷系数、自重湿陷系数和湿陷起始压力;
- 3 场地湿陷类型和地基湿陷等级;
- 4 变形和承载力参数;
- 5 地下水等环境水的变化趋势;
- 6 其他工程地质条件。

11.1.4 施工图设计阶段黄土台或黄土塬区的勘察宜以工程地质调查为主要方法。对缺乏岩土资料的地区应布置勘探点,勘探点宜优先考虑探井,同一地貌单元不宜少于2个~3个探井,勘探点的深度、取样要求、测定黄土湿陷性的试验等应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025的规定。

### 11.2 冻土

11.2.1 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的冻土进行鉴别,调查了解冻土的类型和分布特征。

11.2.2 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区冻土的

类型、分布特征及其工程特性。

### 11.2.3 施工图设计阶段勘察应包括下列内容：

1 查明冻土的类型；对于季节冻土应查明其冻胀性，并搜集沿线多年最大冻结深度资料；对于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及季节融化层土的冻胀性等。

2 对于多年冻土，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，并进行冻土的物理力学特性试验。

### 11.2.4 施工图设计阶段冻土区勘探应符合下列要求：

1 对于季节冻土，勘探点的布置和勘探深度宜符合本规范第9.2节的规定。

2 对于多年冻土，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，应逐基勘探、原位测试、定位观测，勘探深度除应符合本规范第9.2节的规定外，尚应超过冻融深度。

### 11.2.5 施工图设计阶段冻土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，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；融区与多年冻土区之间的过渡带，塔位宜选择坚硬岩层、少冰冻土和多冰冻土地段、地下水位或冻土层上水位低的地段和地形平缓的高地。

3 岩土工程评价应对季节冻土提出标准冻结深度及冻胀类别，对多年冻土论述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。

### 11.2.6 多年冻土的勘察与评价尚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

规定。

### 11.3 软 土

**11.3.1** 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的软土进行鉴别,调查了解软土的时代、成因和分布特征。

**11.3.2** 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区软土的时代、成因、分布特征及其工程特性。

**11.3.3** 施工图设计阶段勘察应针对具体的塔位,查明软土的成因、类别、分布及其主要物理力学性质,评价软土地基的稳定性及所采用的天然或人工地基的适宜性,为塔基设计、地基处理等提供岩土工程勘察资料。

**11.3.4** 施工图设计阶段勘察应针对具体的塔位进行,并宜进行逐基勘探,可采用静力触探方法,辅以适量的钻探、十字板剪切试验与室内土工试验。

**11.3.5** 施工图设计阶段勘探深度的确定应符合下列要求:

1 当采用浅基础时,转角塔、耐张塔、终端塔、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节有关要求适当加深确定。

2 当采用桩基时,勘探深度宜按预估桩端平面以下  $3d \sim 5d$  深度确定。

**11.3.6** 施工图设计阶段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 对可能采用桩基的塔位需提出桩基设计参数和持力层的建议。

### 11.4 膨 胀 岩 土

**11.4.1** 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,膨胀土的判定可参照现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定。

11.4.2 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的膨胀岩土进行鉴别,调查了解膨胀岩土的时代、成因和分布特征。

11.4.3 初步设计阶段勘察应对拟建线路经过地区的膨胀岩土进行鉴别,并初步查明膨胀岩土的时代、成因和分布特征及其工程特性。

11.4.4 施工图设计阶段勘察应包括下列内容:

- 1 查明塔位所在地膨胀岩土的时代、成因、分布及胀缩特征;
- 2 查明塔位所在地地形和地貌特征;
- 3 查明塔位所在地的地表水排泄与积聚情况;
- 4 查明当地的大气影响深度;
- 5 调查当地建筑经验;
- 6 确定地基的岩土设计参数;
- 7 对塔位所在地的稳定性进行评价;
- 8 提出设计、施工和运行方面的岩土工程建议。

11.4.5 施工图设计阶段勘察应符合下列规定:

1 塔位不宜选择在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。

2 勘察深度除应超过大气影响深度外,尚应满足基础埋深和附加应力的影响深度的要求。

3 现场试验、膨胀岩土试样的室内试验宜符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定。

11.4.6 施工图设计阶段岩土工程评价应符合下列要求:

1 杆塔位置的确定,杆塔基础埋深、施工和维护等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。

2 确定岩土层的承载力、抗剪强度等设计参数时,应考虑膨胀岩土的结构特征、矿物特性、施工和运行影响等因素。

3 当需要进行地基计算时,其计算宜符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定。

## 11.5 红 黏 土

**11.5.1** 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的红黏土进行鉴别,调查了解红黏土的成因和分布特征。

**11.5.2** 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区红黏土的成因、分布特征及其工程特性。

**11.5.3** 施工图设计阶段勘察宜包括下列内容:

- 1 查明塔位区红黏土的分布、垂直分带及其岩土工程特性;
- 2 查明土洞、地裂缝等的分布、发育特征;
- 3 查明地表水与地下水特征;
- 4 查明下伏基岩与岩溶发育特征;
- 5 搜集当地勘察、设计与施工经验。

**11.5.4** 施工图设计阶段勘探与测试应符合下列规定:

1 当压缩层范围内全部为由红黏土组成的均匀地基时,应进行逐基勘探,并宜采取一定数量的原状土试样进行室内试验;当压缩层范围内为由红黏土与岩石共同组成的不均匀地基时,对杆塔的每个塔腿均宜进行勘探,勘探孔或探井应进入基岩一定深度,并宜采取适量的原状土试样进行室内试验。

2 对于不均匀地基、土洞较发育的地基,或者拟采用大直径嵌岩桩的地基,宜进行施工勘察。

**11.5.5** 施工图设计阶段岩土工程评价应符合下列要求:

1 确定红黏土的地基承载力时,应考虑红黏土的结构和裂隙发育特征等影响因素。

2 当压缩层范围内全部为由红黏土组成的均匀地基时,基础宜浅埋;当地基土体不能满足浅基础对承载力和变形要求时,应进行地基处理或采用桩基。

3 塔基基础埋深应大于大气影响急剧层的深度,当存在地表水或有管沟渗漏可能时应考虑土体干湿循环的影响,在石芽出露的地段应考虑地表水下渗形成的地面变形。

- 4 塔基基础应避免跨越地表裂缝密集带或裂缝深长地段。
- 5 基坑开挖时宜采取保湿措施,边坡应及时维护,防止失水干缩。

## 11.6 填 土

11.6.1 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的填土进行鉴别,调查了解填土的年代、物质组成和分布特征。

11.6.2 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过区填土的年代、物质组成、堆填方式、分布特征及其工程特性。

11.6.3 施工图设计阶段勘察应针对具体塔位进行,宜包括下列内容:

- 1 调查填土区原始地表形态,填土的来源、分布、堆积年限及堆积方式。

- 2 查明塔位区填土的厚度、分布、物质组成、颗粒级配及其均匀性、密实度、压缩性和湿陷性。

11.6.4 施工图设计阶段勘探与测试应符合下列要求:

- 1 填土区应进行逐基勘探,填土成分及分布变化较复杂时,宜对杆塔的每个塔腿均进行勘探,勘探深度宜穿透填土层,填土下为软弱土层时勘探点宜适当加深。

- 2 勘探方法应根据填土的种类和性质确定,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触探法,并辅以室内试验。

- 4 填土的压缩性和湿陷性宜采用室内试验确定。

11.6.5 施工图设计阶段岩土工程评价宜符合下列要求:

- 1 阐明填土的成分、厚度和堆积年代,判定地基的均匀性、压缩性和密实度。

- 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,当其成分均匀、结构密实时,可推荐作

为天然地基。

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,不宜作为杆塔地基。

4 填土地基承载力应采用原位测试并结合地区经验综合确定。

11.6.6 填土塔基基坑开挖后应进行基坑检验,当填土作为基础持力层时宜进行施工勘察。

## 11.7 风化岩与残积土

11.7.1 岩石风化程度的划分应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

11.7.2 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的风化岩和残积土进行鉴别,调查了解其母岩类别、物质组成和分布特征。

11.7.3 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区风化岩和残积土的类别、物质组成、分布特征及其工程特性。

11.7.4 施工图设计阶段勘察应针对具体塔位进行,应包括下列主要内容:

- 1 母岩地质年代和岩石名称;
- 2 岩石的风化程度;
- 3 岩脉和风化岩中球状风化体或孤石的分布;
- 4 岩石的均匀性、破碎带和软弱夹层的分布;
- 5 地下水赋存条件。

11.7.5 施工图设计阶段勘探应符合下列要求:

1 风化岩和残积土区应逐基勘探,对于孤石、软弱夹层等不良地质体发育、且拟采用嵌岩桩或锚杆基础的杆塔,每基杆塔宜按塔腿位置布置 2 个~4 个勘探点。

2 勘探深度应符合本规范第 9 章的规定。

11.7.6 施工图设计阶段岩土工程评价应符合下列要求:

1 对于厚层残积土可进一步划分为硬塑残积土和可塑残积土,花岗岩残积土也可根据含砾或含砂量划分为黏性土、砂质黏性土和砾质黏性土。

2 风化岩和其残积土的地基承载力及变形模量宜根据当地经验确定,必要时可通过原位测试并结合当地经验综合确定。

3 当在软硬互层或风化程度不同地基上立塔时,应分析不均匀沉降对杆塔的影响。

4 塔基基坑开挖后应及时进行基坑检验,对于易风化的岩类,应建议及时砌筑基础垫层或采取其他措施,防止风化发展。

5 对岩脉和球状风化体或孤石,应分析评价其对地基和基础的影响,并提出相应的建议。

11.7.7 当杆塔基础置于岩脉和球状风化体或孤石分布带内时,宜进行施工勘察。

## 11.8 盐 渍 土

11.8.1 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的盐渍土进行鉴别,调查了解其类型和分布特征。

11.8.2 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区盐渍土的类型、分布特征及其工程特性。

11.8.3 施工图设计阶段勘察应针对具体塔位进行,除应符合本规范第9章的规定外,尚宜包括以下内容:

- 1 盐渍土的类型、厚度及其分布规律;
- 2 含盐的定性、定量分析及其在岩土中的分布状况;
- 3 地下水和地表水的类型、埋深、水质及其季节性变化;
- 4 盐渍土的物理力学指标;
- 5 盐渍土的溶陷性和溶陷等级的评价;
- 6 盐渍土地基的盐胀性评价;
- 7 盐渍土对基础材料的腐蚀性评价;
- 8 溶蚀洞穴发育程度和分布;



- 9 搜集气象和水文资料;
- 10 调查植物生长状况;
- 11 调查当地建筑经验;
- 12 天然状态和浸水条件下的地基承载力。

#### 11.8.4 施工图设计阶段勘探应符合下列要求:

- 1 勘探点应根据线路的杆塔类型、杆塔所处的地貌单元及盐渍土的分布状况布置,每2基~3基杆塔不宜少于1个勘探点。
- 2 取样勘探点数量不应少于勘探点总数的1/2。
- 3 勘探点深度视盐渍土的厚度、地下水位和杆塔条件确定,宜穿透盐渍土或至地下水位以下2m~3m。
- 4 取样勘探点中应有一定数量的探井。

#### 11.8.5 施工图设计阶段岩土工程评价应重点评价盐渍土的溶陷性、溶陷等级、盐胀性、腐蚀性等。

### 11.9 混 合 土

11.9.1 可行性研究阶段勘察应对拟建线路经过地区的混合土进行鉴别,调查了解其成因类型、物质组成和分布特征。

11.9.2 初步设计阶段勘察应初步查明拟建线路经过地区混合土的成因类型、物质组成、分布特征及其工程特性。

11.9.3 施工图设计阶段勘察应针对具体塔位,查明地形地貌特征,查明混合土的组成、成因类型、均匀性及其变化规律,了解下卧土层或基岩的埋藏条件。

11.9.4 施工图设计阶段勘察应以搜集区域地质资料和工程地质调查为主,必要时可进行井探、钻探、动力触探、物探和颗粒分析等。

#### 11.9.5 施工图设计阶段岩土工程评价应包括下列内容:

- 1 分析判断地基的整体稳定性,对可能产生不稳定的混合土地基,线路应跨越或避开;
- 2 混合土的地基承载力宜根据当地经验确定,边坡容许坡度值可根据现场调查或当地经验确定。

## 12 特殊地质条件岩土工程勘察

### 12.1 岩溶与洞穴

12.1.1 拟建线路经过对线路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。

12.1.2 岩溶区勘察宜以资料搜集、工程地质调查为主要方法,必要时布置适量的物探和钻探工作,并应符合下列要求:

1 可行性研究阶段和初步设计阶段勘察应调查了解拟建线路所经地段地表及地下岩溶的发育特征,并对其危害程度和发展趋势做出初步判断,对场地的稳定性和线路通过的适宜性做出初步评价。

2 施工图设计阶段勘察应查明塔基下基岩顶面的起伏、塔基岩体的完整性与风化特征、溶洞与土洞的发育情况,提出基础设计和地基处理、环境整治所需的岩土工程勘察资料。

3 施工过程中宜进行施工勘察。

12.1.3 施工图设计阶段勘探应符合下列规定:

1 当存在红黏土覆盖层时,勘探工作应符合本规范第 11.5 节的规定。

2 勘探深度应至稳定的岩体。

3 当勘探深度内有洞体存在、且可能影响地基稳定时,宜圈定洞体范围。

4 在土洞和塌陷发育地段,宜采用静力触探、轻型动力触探、钻探等方法,详细查明其分布。

5 由物探解释的、可能影响塔基稳定的洞体,宜采用钻探验证。

12.1.4 下列地段不宜设立塔位:

1 溶沟、溶槽、石芽等地表岩溶发育,在塔基范围内表面起伏剧烈且难于处理的地段。

2 浅埋溶洞、土洞及塌陷密集发育地段。

3 地表及地下水的动态变化将导致上覆土层被侵蚀的潜在土洞塌陷发育地段。

**12.1.5** 下列情况可不考虑岩溶对塔位的影响:

1 塔基下溶洞顶板岩体坚硬完整,节理裂隙不发育,且厚度大于洞的跨度。

2 塔基下溶洞充填密实,充填物强度较高,无再次冲蚀的可能。

3 溶洞、溶蚀裂隙的尺寸较小,基础底面大于洞体尺寸,并有足够的支撑长度。

**12.1.6** 岩溶与土洞的岩土工程评价应符合下列要求:

1 对塔基稳定性有影响的溶洞、土洞和地面塌陷,应根据其位置、大小、埋深、充填状态、围岩稳定性和水文地质条件进行分析与评价,评价塔基的稳定性与适宜性。

2 对于无法避开且可能对塔基稳定产生影响的溶洞、土洞,应根据其发育特点提出处理措施的建议。

## **12.2 滑 坡**

**12.2.1** 拟建线路路径上或其附近存在对线路塔位安全有影响的滑坡或有滑坡可能时,应进行滑坡专项勘察。

**12.2.2** 滑坡勘察可在初步设计阶段进行,也可在施工图设计阶段杆塔定位之前进行,应包括下列内容:

1 搜集区域地质、水文气象、地震活动和人类活动等资料;

2 查明滑坡的地形地貌特征、岩土构成、形成条件及发展趋势,确定滑坡边界和最大可能的影响范围,分析滑坡稳定性影响因素;

3 调查树木异常情况,当地民房和工程设施变形情况等;

4 调查地下水、地表水和泉的分布情况；

5 搜集当地滑坡防治的经验。

12.2.3 滑坡勘察应采用搜集分析资料、遥感解译、工程地质调查、走访当地政府和居民等多种方法，必要时可进行适量勘探工作。

12.2.4 下列地段不宜设立塔位：

1 滑坡发育的地段；

2 在滑坡最大影响范围内的地段；

3 松散堆积层较厚，由于外部改变可能沿下部基岩面产生滑动的地段；

4 由于人类活动可能影响塔位稳定的地段。

12.2.5 在滑坡易发地区或斜坡地质条件复杂的地段设立塔位，应适当扩大工程地质调查的范围，综合评价场地的稳定性，必要时应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中有关规定进行勘察。

### 12.3 崩塌与倒石堆

12.3.1 可行性研究阶段和初步设计阶段崩塌与倒石堆区勘察，应通过资料搜集和工程地质调查，对拟建线路经过地区发育的崩塌进行识别，初步调查其分布范围，初步评价对线路的影响，评价线路通过的适宜性。

12.3.2 施工图设计阶段崩塌勘察，应调查崩塌的产生条件、规模、类型、影响范围，并评价其发展趋势和对杆塔可能的影响程度。

12.3.3 对于规模大、破坏力强的崩塌，在其影响范围内不宜设立塔位。

12.3.4 对局部发育的小规模崩塌，应在查明崩塌岩体岩性、风化程度、岩体结构面发育特征的基础上，提出处理措施的建议。

12.3.5 施工图设计阶段倒石堆勘察，应通过调查辅以适量的勘探，查明堆积体堆积方式、堆积物组成、堆积物的稳定性。

**12.3.6** 当倒石堆作为杆塔地基时,应分析其稳定性,并对由于杆塔基础施工而影响倒石堆稳定性的程度进行预测。

## **12.4 冲 沟**

**12.4.1** 拟建线路经过冲沟地段时,勘察工作宜以工程地质调查为主,必要时进行勘探。

**12.4.2** 可行性研究阶段和初步设计阶段勘察,应调查了解冲沟的发育特征,初步预测进一步发展的趋势,分析冲沟可能对拟建线路的影响,评价线路通过的适宜性,并提出防护措施的建议。

**12.4.3** 施工图设计阶段勘察应重点查明下列内容:

- 1 冲沟的深度、宽度、沟壁坡度、横断面形态及发育阶段;
- 2 沟壁的岩性特征、风化程度、结构面及坡面产状与组合关系;
- 3 沟壁的水土流失与坍塌滑落情况;
- 4 冲沟内堆积物特征及地表植被发育情况;
- 5 冲沟上游沟坡坡度、松散物质的堆积情况、植被发育状况,判断其是否有发生泥石流的可能;
- 6 必要时应会同水文专业查明当地的降雨情况、冲沟的汇水面积、水量大小、最高洪水位、水流对沟底的下切侵蚀作用和对沟壁的冲刷程度。

**12.4.4** 发育阶段冲沟的边缘、向源侵蚀冲沟的可能延伸部位和有发生泥石流的冲沟沟口部位不宜设立塔位,当需要立塔时应进行塔位稳定性分析与评价,并采取有效的防护措施。

**12.4.5** 塔位与冲沟沟坡间的距离,应视组成沟坡的岩性、坡度、植被发育情况及冲沟发育阶段而定。对于处于衰老阶段的冲沟,塔位保护范围与距冲沟边缘的安全距离不宜小于 20m。

**12.4.6** 施工图设计阶段冲沟勘察的岩土工程评价应符合下列要求:

- 1 预测冲沟进一步发展的趋势,分析其可能对杆塔基础稳定

性的影响;

2 提出塔位保护范围与冲沟边缘的安全距离;

3 当冲沟发育可能危及塔基的稳定性或塔基附近有地表水流时,提出塔基保护措施的建议。

## 12.5 泥 石 流

12.5.1 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,应进行泥石流专项勘察。

12.5.2 泥石流勘察宜在可行性研究或初步设计阶段进行,应查明泥石流的形成条件、类型、规模、发育阶段和活动规律,并对线路通过的适宜性进行评价,提出跨越或避开泥石流发育地段路径的建议。

12.5.3 泥石流勘察以工程地质调查、遥感解译为主,调查的主要内容包括区域地质、地形地貌和水文气象条件,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等。

12.5.4 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。

## 12.6 地 震 液 化

12.6.1 对于 50 年期限超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小于  $0.10g$  或地震基本烈度大于或等于 7 度地区的跨越塔、终端塔,或者 50 年期限超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小于  $0.20g$  或地震基本烈度大于或等于 8 度地区的转角塔,当塔基下分布有饱和砂土和粉土时,应进行地震液化判别。

12.6.2 地震液化判别应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

12.6.3 对存在液化土层的塔基,应根据抗震设防等级、地基的液

化等级,结合杆塔具体情况提出处理措施的建议。

## 12.7 采 空 区

**12.7.1** 拟建线路经过规模较大的、尚未稳定的采空区时,宜进行采空区专项勘察。

**12.7.2** 采空区的勘察应查明沿线采空区的分布范围、上覆岩层的稳定性,分析由于矿层开采在未来形成的采空区对线路的影响,评价在采空区立塔的适宜性,提出对采空区、杆塔地基和基础进行处理或变形监测的建议。

**12.7.3** 采空区勘察应以搜资和现场调查为主,必要时辅以适量的勘探工作,宜查明以下内容:

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、埋藏深度、埋藏特征和上覆岩层的厚度和性质。

3 采空区开采的深度、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 地表变形的特征和分布规律,包括地表移动盆地、陷坑、台阶、裂缝逢位置、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。

5 采空区的塌落、密实程度、空穴和积水等。

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 建筑物的类型、结构及其对地表变形的适应程度,当地建筑经验、采空区已有电力线路的运行情况等。

**12.7.4** 采空区线路路径选择宜符合下列规定:

1 应首先考虑避开采空区可能塌陷的地段,选择地表变形已稳定或相对稳定的老采空区、地表破坏不严重或预测地表破坏不严重的地段通过。

2 选择跨越采空区最短或采矿分布稀疏处通过。

3 选择留设矿柱的地段、主巷道上有安全带的地带通过。

**12.7.5 采空区塔位的选择宜符合下列规定：**

1 选择已充分采动，且无重复开采可能的地表移动盆地的中间区。

2 选择地质构造简单，采空区顶板岩体厚度较大、坚硬完整，地表无变形的场地。

3 选择矿区的无矿带或有矿柱的场地。

4 选择地形相对平坦、无临空面、距离冲沟有一定安全距离的场地。

**12.7.6** 对需设立塔位的小窑采空区，应在搜集资料的基础上，重点进行现场调查，必要时辅以工程地质测绘或适量的勘探工作，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；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应有一定的安全距离。



## 13 原体试验

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 原体试验应主要包括桩基载荷试验与检测、锚杆基础载荷试验、原状土基础载荷试验和复合地基载荷试验等。

**13.1.2** 原体试验应包括下列主要内容：

- 1 原体试验设计；
- 2 试验体施工；
- 3 现场试验与检测；
- 4 原体试验成果报告编制。

**13.1.3** 下列情况宜进行原体试验：

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，并且缺乏经验、采用经验公式计算不能满足要求。

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，并且缺乏经验、采用经验公式计算不能满足要求。

**13.1.4** 原体试验宜在施工图设计阶段勘察之前进行，试验位置应具有代表性，应在充分分析已有勘测资料的基础上确定，必要时应对试验场地进行适量的勘探与测试。

**13.1.5** 进行原体试验设计前应搜集当地建筑经验、技术标准及相关文件。

### 13.2 桩基原体试验

**13.2.1** 桩基原体试验宜包括桩体竖向抗压、抗拔试验和水平试验，钻芯检测、超声波完整性检测，桩身高应变和低应变动力检测。

**13.2.2** 同一条件下进行原体试验的桩数不宜少于 3 根，且不宜少于设计工程桩总桩数的 1%；当工程桩总数小于 50 根时，不宜

少于 2 根。

**13.2.3** 选择竖向静载抗压试验反力装置时,对于大吨位试验宜采用锚桩法、自平衡法,小吨位试验可采用堆载法。

### **13.3 锚杆基础和原状土基础试验**

**13.3.1** 锚杆基础、原状土基础试验主要为抗拔试验,必要时还应包括竖向抗压静载试验和水平试验。

**13.3.2** 对于锚杆基础,同一条件下试验锚杆的数量不应少于 6 根,且不宜少于锚杆总数的 5%;对于原状土基础,同一条件下试验数量不宜少于 3 基,且不宜少于总基础数的 1%。

### **13.4 原体试验成果编制**

**13.4.1** 原体试验成果宜以报告的形式反映。原体试验报告应对所试验的桩型、原状土基础或锚杆基础对试验场地的适应性作出评价,对桩基、原状土基础和锚杆基础的实际效果予以说明,对试验基础的经济性及施工难易程度进行分析。

**13.4.2** 原体试验报告应提供所试验的基桩、原状土基础或锚杆基础的各项试验结果,确定施工工艺,推荐工程基础型式、设计参数等,并对施工参数提出建议。

**13.4.3** 原体试验报告宜包括以下内容:

- 1 工程概况,试验依据、目的、要求及内容,完成的试验工作量等;
- 2 场地岩土工程条件;
- 3 原体试验设计;
- 4 施工工艺、施工机具、施工适宜性及施工质量分析;
- 5 试验检测方法及设备,试验检测结果及其分析与评价;
- 6 结论与建议;
- 7 试验图表和附件。

## 14 基 坑 检 验

**14.0.1** 基坑检验应充分搜集、分析相关的工程地质、水文地质和岩土工程资料、施工资料及设计资料等,并应根据需要与设计、施工紧密配合。

**14.0.2** 下列情况应进行基坑检验:

- 1 基础施工揭露的地质条件与原勘察资料差别较大的塔基;
- 2 场地或地基条件复杂,并且岩土工程勘察报告中明确提出需要进行基坑检验的塔基;
- 3 存在可能影响塔基稳定的不良地质问题的塔基;
- 4 采用岩石锚杆基础的塔基。

**14.0.3** 基坑检验应在基坑开挖后、基础施工前进行。

**14.0.4** 基坑检验应以实地调查鉴定为主,可采用钎探、钻探等方法进行勘探。必要时应进行施工勘察。

## 15 岩土工程勘察成果

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 输电线路岩土工程勘察成果宜以岩土工程勘察报告的形式反映。

**15.1.2** 岩土工程勘察报告应在综合分析研究全部勘察资料的基础上,根据任务要求,结合工程特点、勘察阶段和工程地质条件等具体情况进行编制。

**15.1.3** 岩土工程勘察报告所依据的各项原始资料和搜集成果,应进行整理、检查、分析,确认无误后方可使用。

**15.1.4** 岩土工程勘察报告应资料完整、真实准确、图表清晰、结论有据、建议合理,并应有明确的工程针对性。

### 15.2 可行性研究阶段

**15.2.1** 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 拟建工程概况,勘察工作目的与任务。
- 2 工作过程、勘察方法及完成的工作量。
- 3 各路径沿线的区域地貌特征、区域地质构造、区域稳定性和地震地质概况。
- 4 各路径沿线的主要地基岩土、各类特殊岩土分布、矿产压覆、地下水条件、主要不良地质作用等工程地质条件及环境地质问题。
- 5 各拟选线路路径和大跨越方案、重要转角点的主要优缺点的分析比较。
- 6 路径的初步推荐意见以及后续工作建议。

## 15.3 初步设计阶段

**15.3.1** 初步设计阶段岩土工程勘察报告应包括下列主要内容:

- 1 拟建工程概况,勘察工作目的与任务。
- 2 工作过程、勘察方法及完成的工作量,报告编制所使用的参考资料。
- 3 线路路径各方案沿线的区域地质构造、地震地质背景、地震活动性及区域稳定性。
- 4 线路路径各方案沿线的地形地貌特征、地基主要岩土构成、各类特殊岩土分布、矿产分布与开采、地下水条件、不良地质作用等工程地质条件及环境地质问题。
- 5 分区段对路径各方案作出具体岩土工程评价和汇总评价,提出主要地基基础方案的建议,必要时提出线路避让或治理措施的建议。
- 6 对路径各方案进行综合比较,推荐岩土工程特性相对较优的路径方案。
- 7 对后续工作提出建议。

## 15.4 施工图设计阶段

**15.4.1** 施工图设计阶段岩土工程勘察报告应对各具体塔位的相关岩土条件进行详细评述,提供完整的地基设计计算、地基处理、不良地质作用的整治与防护等所需的岩土参数,并提供各塔位的工程地质条件明细表。

**15.4.2** 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 拟建工程概况,勘察工作目的与任务,依据的技术标准;
- 2 勘察方法和实际完成的工作量、工作时间等;
- 3 沿线地形地貌特征、地质构造、地层岩性等;
- 4 沿线不良地质作用;

- 5 沿线地下水埋藏条件及其对基础和施工的影响；
- 6 土、水对建筑材料的腐蚀性；
- 7 原位测试与土工试验成果分析；
- 8 沿线地震动参数及场地的地震效应；
- 9 沿线主要岩土问题的分析与评价，地基基础方案建议、边坡处理和施工方面的岩土工程建议；

10 必要的图表。

**15.4.3 施工图设计阶段岩土工程勘察报告应附塔位工程地质条件明细表，其内容宜包括：**

- 1 勘探点位置；
- 2 塔位编号；
- 3 塔位处的地形地貌；
- 4 各岩土层地质描述及其主要工程特性指标；
- 5 勘察期间地下水位，预计的最高和最低地下水位；
- 6 不良地质作用及处理建议。

## 16 可行性研究阶段工程水文勘测

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 可行性研究阶段工程水文勘测的任务是对线路路径方案的可行性从水文条件角度进行比较,为路径方案选择提供水文资料。

**16.1.2** 选择路径方案应符合下列要求:

1 跨越河流应选择河床较窄、河岸较顺直和稳定的河段。

2 跨越湖泊、水库、海湾、河口应选择水面较窄,岸滩稳定的地段。

3 跨越通航河流应避开码头和泊船地区。

4 跨越封冻河流应避开易发生冰坝或流冰危害较严重的河段。

5 跨越河流不应选在支流入口处及河流弯曲段,线路路径应避免与一条河流多次交叉跨越。

6 水中立塔应减小对行洪、通航的影响,应选择滩地立塔;若确需在主槽内立塔,塔位应避开主槽在河床内横向摆动较大的河段。

7 海湾水域立塔应避开主航道、急流区、强浪区及海床冲淤变化剧烈区。

8 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,塔位应避开可能溃决的堤段;避免在可能受溃坝影响的水库下游低洼地段立塔。

9 线路应避开严重内涝区。

**16.1.3** 可行性研究阶段宜对线路全线进行初步踏勘,对可能受水文条件制约的线路路径段及水文条件复杂的路径段进行重点查

勘,广泛搜集有关水文气象基本资料和水利、航道等规划设计资料,通过初步搜资、调查分析,提供路径选择所需的初步水文成果。

## 16.2 勘测内容深度与技术要求

### 16.2.1 可行性研究阶段应搜集以下资料:

1 水利工程图、水系图、地方水利史志及有关流域水文特性资料。

2 水利水电工程和防洪、防涝、防潮工程的现状与规划,以及相应的水库、堤、坝、闸、水泵站、分蓄洪区等工程的基本资料与设计标准。

3 历史最高洪水位、最高内涝水位、最高潮位、防洪控制水位和洪水比降。

4 跨越堤防设计标准、设计洪水位与相应频率;历年溃堤次数与溃堤口门位置、溃堤水位等。

5 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和最高通航水位。

6 结冰河流、海湾与河口历年冰灾情况。

### 16.2.2 可行性研究阶段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、常年平均水位和最高洪水位。

3 跨越海湾、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、交通与其他有关部门对线路工程的意见与要求。

6 分蓄洪区调查的内容应包括分蓄洪区的调度运用程序、范围、分洪口门位置及尺寸、最高分蓄洪水位、持续时间、最大流速、



漂浮物种类和尺寸,分蓄洪区运用时所发生的灾害情况,产生的冲刷坑的大小等情况。

7 内涝积水区调查的内容应包括内涝积水区形成的原因、范围、内涝水位或者水深、持续时间、排涝措施及规划等。

**16.2.3 可行性研究阶段水文条件初步分析应符合下列要求:**

1 初步估算线路与河流、湖泊、海湾等水体跨越所需的设计水位。

2 初步分析跨越河道、湖泊、海湾等水体的岸滩稳定性,预测未来河床、海岸的演变趋势,确定线路路径方案的可行性。

3 对于可能水中立塔的河段或海域等地段应初步分析线路工程对防洪和通航的影响,调查水域的最大天然冲刷深度。

4 初步分析判断线路是否受溃坝、溃堤的影响,对存在影响的路径段提出调整方案或可能需要采取的工程措施。

5 初步分析线路受大范围内涝积水影响的路径长度、水深和持续时间。

## **16.3 勘测成果**

**16.3.1 可行性研究阶段工程水文勘测报告应包括下列内容:**

1 工程所在地区的流域水文特性和有关的水利水电以及防洪、防涝、防潮和河道治理工程的规划情况。

2 重要跨越河流或其他水体的最高洪水位或最高内涝水位、最高潮位以及防洪控制水位、通航水域的最高通航水位和冬季平均枯水位。

3 初步描述或分析重要跨越河流河岸、滩地、或湖岸、库岸和海岸的稳定条件。

4 通航水域规划的航道等级和航道整治工程规划。

5 说明是否存在大范围内涝积水影响路径方案的情况。

6 其他影响路径方案的水文条件的描述。

7 水利、交通等行业行政主管部门对线路路径的意见或

建议。

8 从水文条件角度推荐可行的方案。

9 指出路径方案存在的水文问题,并对下阶段水文勘测工作提出建议。

16.3.2 对影响路径方案的水文条件,可提供专项水文调查报告。

## 17 初步设计阶段工程水文勘测

### 17.1 一般规定

17.1.1 初步设计阶段工程水文勘测的任务是在可行性研究阶段勘测的基础上,从水文条件角度对各路径方案进行比较,为路径方案优化提供水文资料。

17.1.2 跨越河、海堤防的路径方案应符合防洪法、河道管理条例和当地河道管理部门对塔基与堤脚距离的要求。

17.1.3 线路跨越分蓄洪区,应分析分蓄洪洪水与线路工程的相互影响。

17.1.4 初步设计阶段宜对线路全线进行踏勘,全面搜集有关水文基础资料和水利、航道规划设计、航片等资料;对水文条件复杂的地段应进行现场水文调查和搜资,通过分析计算,提供设计所需的水文成果。对水文条件特别复杂的路径段应开展水文专题工作。

### 17.2 勘测内容深度与技术要求

17.2.1 初步设计阶段水文资料搜集应符合下列要求:

1 跨越江河应搜集以下资料:

- 1) 跨越河段所在流域的水文特性,水利水电工程、河道整治工程和防洪工程体系的现状与规划,包括防洪标准与防洪最高控制水位等;
- 2) 跨越河段上下游邻近水文站历年最高洪水位、最大流量与相应日期,或各种设计标准的设计洪水位与相应流量以及历年大风期或冬季平均最低水位等;
- 3) 河中立塔应搜集塔位处最大断面平均流速、最大垂线平

均流速、水面最大流速、洪水期最大波浪高、漂浮物种类和流冰尺寸、密度和相应的最大流速及其发生时间；

4) 大堤背水面立塔时塔位所在河段防洪堤现状及规划的防洪设计标准、设计洪水位、堤防质量、险工险段和历年溃口情况，堤顶高程、堤面宽和堤身坡度，大堤迎水面台滩地高程、宽度及其稳定程度；堤防管理部门要求的最小对堤脚距离；

5) 通航河流的航道等级、航道宽度、主航道位置、通航净空高度、最高通航水位与航道整治规划；

6) 水中立塔时应搜集跨越河段、海湾的历年河床和海床的地形图、航道图和固定大断面图，有关的河床、海床演变分析报告与总结资料等。

2 跨越内涝区、分蓄洪区应搜集以下资料：

1) 内涝区自然地理特性、内涝范围与成因、历年最高内涝水位与持续时间、排涝工程的现状与规划，以及最高内涝控制水位与设计标准等；

2) 分蓄洪区自然地理特性、分蓄洪范围与原因、分洪口门位置与尺寸、最高分蓄洪水位、持续时间、最大流速、漂浮物、分蓄洪调度方案、运用情况以及治理规划；

3) 防洪主管部门对分蓄洪区立塔的意见与要求。

3 跨越湖泊应搜集以下资料：

1) 湖泊自然地理特性、流域水系图、集水面积、形态特征以及历年灾害情况等；

2) 湖泊治理规划、防洪排涝调度方案及相关工程体系的设计标准、最高控制水位、最低控制水位以及防洪排涝工程的运用情况；

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

4)湖区航运现状与规划的航道等级以及航运路线。

4 跨越水库应搜集以下资料:

1)水利枢纽工程概况、工程等级、综合效益、兴建年代、设计标准与设计洪水位、校核标准与校核洪水位;水库的调节性能、各种控制水位及相应库容;溢洪建筑物的型式、高程和尺寸,泄洪能力、库容曲线与泄洪曲线;水库运行及规划情况;水库存在的主要安全问题等;

2)塔位处库岸岩土性质和稳定程度;

3)库区的回水范围、回水曲线以及淤积对回水位的影响。

5 跨越海湾、河口应搜集以下资料:

1)跨越海域或邻近海域的历年最高潮位、最低潮位、最大波浪高;

2)海岸带与河口区的地形地貌、岩土性质、有关调查研究成果、防洪、防涝和防潮规划设计、相关工程的基本情况和设计标准;

3)水中立塔还应搜集历年水下地形图或海图。

17.2.2 初步设计阶段水文调查应符合下列要求:

1 洪水调查前应对地方志、水利志、防洪手册和流域防洪规划等资料进行搜集和考证。

2 历史洪水调查点的选择宜靠近工程地段的居民区,宜避开河床变迁大或水情变化较复杂的地区。

3 洪水调查应包括以下内容:

1)历史洪水发生次数、发生的具体时间、洪水流态、洪痕具体位置,当时的雨情和灾情,以及河道冲淤情况;

2)对洪痕点进行测量和摄影;

3)对洪痕与洪水重现期进行考证与评估。

4 河道调查范围应以跨越处上游控制性能较好的河段为起点,下至工程地点以下的一段河长。

5 河道调查应包括以下内容:

- 1)河床岩土性质、河道整治工程的型式、质量、兴建年代以及运用效果;
  - 2)跨越河段河势演变的控制条件,岸滩进退、心洲消长、汊道兴衰、主流或深泓线摆动的幅度、过程与原因以及大洪水期河床变化情况;
  - 3)通航河流的航道等级、主航道位置、最高通航水位、航道整治工程现状及规划;
  - 4)大堤背水面立塔处邻近防洪堤的堤防质量、险工险段、历年溃口次数、溃口口门大小与具体位置;溃口处冲刷坑的形状、平面尺寸与深度以及土壤类别;大堤迎水面台滩地高程与宽度、岩土性质以及稳定程度;
  - 5)河中立塔应调查洪水期漂浮物种类、数量与大小;特大洪水时河床最大自然冲刷深度;冬季封冻和解冻日期、有无连底冻、冰塞和冰坝;流冰期最大流冰体积、密度及其相应水位与最大流速。
- 6 内涝与分蓄洪区水文调查应包括以下内容:
- 1)内涝区自然地理环境特性,历史最大内涝灾情出现次数、发生日期与成因,历年最高内涝水位与持续时间,以及治涝工程现状及规划、设计标准与运行情况;
  - 2)分蓄洪区的分洪原因、分洪口门位置及尺寸、最高分蓄洪水位、持续时间、最大流速、漂浮物,分蓄洪区的调度规程及运用情况和治理规划。
- 7 湖泊水文调查应包括以下内容:
- 1)湖泊流域集水面积、湖泊平面形态、水面面积以及湖底高程等的变化;
  - 2)湖泊逐年年最高水位、日期、持续时间与灾情;
  - 3)塔位处湖堤或湖岸的高度、坡度、土质以及历年溃堤次数或塌岸情况;
  - 4)通航湖泊的航道等级、航运路线与最高通航水位。

8 水库水文调查应包括以下内容:

- 1) 水利水电枢纽工程防洪标准, 大坝质量、坝型、坝高, 各种设计水位及相应库容, 工程兴建年代与运用情况;
- 2) 塔位处库岸的高度、坡度、岩土性质, 历年库岸崩塌原因、崩塌长度和宽度以及治理方案;
- 3) 水库淹没区立塔应调查洪水期漂浮物种类、数量和大小, 最大浪高; 冬季结冰状况、解冰日期、流冰体积与相应流速;
- 4) 跨越水库下游时, 应调查水库下游的河床演变与地形特征; 水库防洪标准和非常防洪措施, 以及坝下游工业区、居民区的交通状况。

9 海湾、河口水文调查应包括以下内容:

- 1) 历史最高潮位、发生时间、当时的风况及灾害情况;
- 2) 跨越塔位地段的地形地貌、岩土特性, 岸滩类型与历史变化, 以及风浪对岸滩演变的影响;
- 3) 河口段的河床、河湾、汊道和洲滩的历史演变过程、原因与速度;
- 4) 水中或滩地立塔应调查滩地或海床的历史演变情况, 最大波浪高度、发生时间、当时的风况及灾情, 河口段漂浮物的种类、数量与尺寸; 结冰地区封冻起止时间、冰冻情况、流冰时间、流冰最大体积与流冰密度。

17.2.3 初步设计阶段水文分析计算应符合下列要求:

1 采用合理的水文分析论证方法初步分析计算重要跨越水域的各种设计频率的洪水位。

2 初步分析论证重要跨越水域的河床、海床演变现状与趋势。

3 对于重要的水中或滩地立塔, 初步判定有无冲刷影响, 宜估算最大天然冲刷深度。

4 分析线路是否受溃坝、溃堤洪水的影响。

## 17.3 勘测成果

**17.3.1** 初步设计阶段工程水文勘测报告应包括下列内容：

1 论述沿线水文基本条件及水利水电规划等对线路路径的影响；提供跨越水域设计洪水位、最高通航水位和要求的通航净空高度；初步分析重要跨越的河床、海床演变现状以及趋势。

2 分析大范围严重内涝区洪水位及持续时间，提供分蓄洪区范围、口门位置及尺寸、最高分洪水位、持续时间及最大流速。

3 分析水库、堤防质量安全性对线路路径是否存在影响。

4 简述防洪评价专题的主要结论。

5 提出水文专业对线路路径方案优化的意见，指出路径方案中存在的主要水文问题，提出相应的处理措施建议，并就下阶段水文工作的重点提出建议。

**17.3.2** 对于水文条件复杂的路径段，宜提供水文专题论证报告。



## 18 施工图设计阶段工程水文勘测

### 18.1 一般规定

**18.1.1** 施工图设计阶段工程水文勘测的任务是在初步设计阶段水文勘测成果的基础上,通过进一步的水文查勘、资料搜集和分析计算,提供杆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对杆塔位置的要求与建议。

**18.1.2** 确定塔位应符合下列水文条件的要求:

- 1 塔位应避开可能受溃坝、溃堤洪水影响的地段。
- 2 塔位应避开冲沟、岸滩不稳定、有可能发生泥石流的地段。
- 3 塔位离堤防距离应满足河道管理部门的要求,宜远离堤脚。
- 4 水中立塔应选择在流速较小、冲刷较小、稳定性好的洲滩立塔,并减少对行洪、通航的影响。

5 跨越分蓄洪区时,塔位应远离分洪口门,并应考虑分蓄洪水流对塔基的冲刷和抢险船只的航行要求。

**18.1.3** 施工图设计阶段应对线路全线进行查勘,对水文条件复杂或受水文条件影响较大的塔位应进行重点查勘;对水文条件特别复杂的路径段应开展水文专题工作。

### 18.2 勘测内容深度与技术要求

**18.2.1** 施工图设计阶段水文资料补充搜集与调查应符合下列要求:

- 1 跨越江河、湖泊、水库、河口与海湾的水利水电工程、防洪、防涝、防潮工程的规划、防洪标准以及航道规划等在初步设计阶段勘测后的设计条件变化情况。

2 跨越地段的河势、洲滩、海岸、湖岸、库岸等在初步设计阶段勘测后的变化情况。

3 跨越地段新出现的特大洪水及影响情况。

18.2.2 应查勘与分析塔位处各种频率的设计洪水位和最高通航水位,必要时分析最高设计洪水位相应的设计波浪高或出现的最大波浪高;历年或频率为1%的最高内涝水位,常年或频率为20%最高内涝水位及持续时间,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或冬季平均最低水位等。

18.2.3 在防洪堤背水侧立塔时,应对大堤质量安全进行分析判断。当大堤标准较低或堤防质量较差,应分析论证溃堤洪水对塔位的冲刷影响。

18.2.4 在水中或河滩立塔时,还应搜集、查勘设计条件下河道断面最大流速及分布、塔位处垂线平均流速,漂浮物的种类、数量与尺寸,流冰尺寸与相应最高水位及最大流速,洲滩的冲淤变化、一次最大天然冲刷深度,河道整治现状以及有关的水利规划资料;分析计算100年一遇最高洪水位下塔基处的最大局部冲刷深度。

18.2.5 当线路在水库下游跨越且塔位处地势较低时,应符合下列要求:

1 搜集水库防洪设计和校核标准、水库的运行方式、设计下泄流量及其相应洪水位和坝下河床的冲刷资料,并对水库的坝体安全进行分析判断。

2 当水库防洪校核标准低于线路工程防洪标准时,必须作溃坝洪水演算。

3 当水库防洪设计标准低于线路工程防洪标准,而校核标准高于线路工程防洪标准时,应根据水库大坝质量和运行方式等实际情况,分析确定是否需要进行溃坝洪水演算。

18.2.6 当线路跨越海湾、河口时,应查勘与搜集历史最高潮位及其发生时间,塔基附近的地形地貌、岸滩类型与历史变化、岩土特

性以及风浪对岸滩演变的影响等。

### 18.3 勘测成果

18.3.1 施工图设计阶段工程水文勘测报告应包括下列内容:

1 论述沿线各跨越河流、湖泊、内涝区、分蓄洪区、海湾河口等的水文特性,分析洪水对杆塔是否存在影响。提供塔基水文条件一览表,其样式可按本规范附录 N 的规定采用。

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 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、漂浮物种类及大小等水文分析计算和调查成果。

4 提供内涝区 100 年一遇最高内涝水位或历史最高内涝水位,5 年一遇最高内涝水位或常年最高内涝水位及持续时间。

5 提供分蓄洪区范围,口门位置及尺寸,最高分蓄洪水位与持续时间。

6 对跨越水域岸滩进行稳定性分析,预测今后 30 年~50 年岸滩演变发展趋势对塔位安全的影响;简述水利堤防管理部门要求的塔位离堤防堤脚的最小距离等。

7 简述防洪评价专题的主要结论。

8 当跨越处防洪堤标准较低或堤防质量较差,应提交溃堤洪水对塔位的冲刷影响成果。

9 线路在水库下游跨越且塔位处地势较低时,分析确定是否需要进行溃坝洪水演算;如存在溃坝可能,应提交水库溃坝洪水分析计算成果。

10 对存在防洪安全影响的塔位,应提出防护建议。

18.3.2 提供给测绘专业平断面图上的各种设计水位成果的高程系统应转换为与线路平断面图一致的高程系统。

## 19 水文查勘

### 19.1 一般规定

**19.1.1** 架空输电线路工程水文查勘应开展水文调查,无资料地区宜进行水文测验。

**19.1.2** 水文调查可包括人类活动影响调查、洪涝调查、河床演变调查、冰情及河道流漂浮物调查和特殊地区调查等。

**19.1.3** 架空输电线路工程的水文测验宜包括水位、流速及流向、泥沙等水文要素。

**19.1.4** 调查资料应在现场整理,及时编写调查记录,并进行合理性分析检查,如发现问题及时复查。水文条件复杂地区的现场查勘应由至少 2 名水文技术人员共同进行。

**19.1.5** 水文测验宜符合现行国家标准《河流流量测验规范》GB 50179和《水位观测标准》GB/T 50138 的规定。

### 19.2 人类活动影响调查

**19.2.1** 调查沿线有关河流上的水利水电或航道治理工程及其规划对塔位的可能影响。

**19.2.2** 调查沿线重要水工建筑物的工程技术特性,宜包括以下内容:

- 1 水工建筑物的型式、功能、修建年份、规模和主要技术指标;
- 2 水工建筑物的运行控制原则、实际运行记录、水位流量资料和相关水文分析计算成果;
- 3 水工建筑物的运行效果与存在的问题、近远期规划;
- 4 分析水工建筑物对线路塔位的影响,并将其位置标注在路径图上。

**19.2.3** 调查沿线河段堤防等级、堤防质量、险工险段、历史溃堤破坏次数、溃堤原因和位置,近期和远期防洪规划;堤防的防洪标准及相应防洪设计水位、河道水面比降或设计洪水比降。

**19.2.4** 线路于水库下游地区通过时,应调查分析水库溃坝可能性及对塔位安全的影响;大坝下游河床的最大冲刷深度及冲刷向下游扩展的情况和可能对塔位的影响。

**19.2.5** 调查沿线通航河流的现状与规划的航道等级、断面尺寸、主航道位置、最高通航水位、通航净空高度以及航道整治规划。

### **19.3 洪 涝 调 查**

**19.3.1** 洪水调查应在跨越河段两岸进行,调查河段宜选在顺直而稳定、断面较规整且控制条件良好的河段,避免在流态急剧变化的河段进行;调查河段两岸宜有较多的洪痕点,在同一次洪水调查中塔位处或水文断面附近应有可靠或较可靠的洪痕点不得少于3个,并对各洪痕点的位置进行标注。

**19.3.2** 调查典型大洪水发生的时间、大小、重现期和排序以及洪水发生时的雨情、水情与灾情;调查洪水来源、成因、断面冲淤变化,洪水时的主流方向及有无漫流、分流、死水;调查流域自然条件有无变化和人类活动的影响状况;对重要的跨越河段应进行专门的洪水水文测验。

**19.3.3** 当跨越河段发生水库溃坝时,应调查以下内容:

- 1 调查水库坝型与水库主要技术指标。
- 2 调查溃坝前库内水情、溃坝发生的时间及相应的库水位与蓄水量、同时的河道水位和当时的水库控制运用情况。
- 3 对溃坝断面进行估测。
- 4 调查溃坝洪峰与沿程变化情况、洪水走向、积水深度、沿河决口等对下游和塔位安全稳定性的影响。

**19.3.4** 当跨越河段发生堤防溃口时,应调查以下内容:

- 1 调查堤防等级、防洪标准以及防洪设计水位。

2 调查溃堤原因、并对溃堤断面进行估测。

3 调查溃堤前后的水情变化、溃堤发生时间与相应河道的水位和流量。

4 调查溃口处洪峰流量及洪量,调查冲刷坑形状、深度与平面尺寸和最大冲深点距大堤的距离,判断冲刷对塔位稳定性的影响。

19.3.5 当跨越河段发生分洪滞洪时,应调查以下内容:

1 调查分蓄洪区的范围、分洪口门位置与尺寸、分蓄洪起讫时间,进退洪口有无控制。

2 调查分蓄洪前后河道水位的变化,分蓄洪设计流量、分洪后的水位或水深以及分洪时的最大流速。

3 搜集分蓄洪运用原则与运用情况。

4 判断分蓄洪对塔位安全性的影响。

19.3.6 内涝积水区调查包括内涝区水文地理环境特性及其分布范围,历史最高内涝水位、常年最高内涝水位或水深、发生日期、持续时间与成因,排涝措施与规划。

19.3.7 调查的洪痕与重现期应通过历史文献与文物资料进行考证、摄影与可靠性评估。

19.3.8 洪痕点和大断面测量高程误差限差不大于 0.3m。

19.3.9 大断面测量包括水下和水上部分,水上部分应测至历年最高洪水位以上 0.5m~1.0m,对于漫滩大的河流可只测至洪水边;有堤防的河流,应测至堤防背水面的地面,无堤防而洪水漫溢至与河流平行的铁路、公路、围圩时,则测至其外侧,水下部分宜加密测深。

## 19.4 河床演变调查

19.4.1 线路工程河床演变查勘的河段范围应根据河段的冲淤变化与人类活动影响的特点来确定。

19.4.2 河床演变调查内容应包括以下内容:

1 河道两岸地质地貌特征和河床质组成。

2 跨越河段的河势;跨越河段的稳定性、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。

3 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、主流改道的原因和航道的变化。

4 沿线跨越的湖泊、水库、海湾或河口相关水域也应调查上述相关内容。

**19.4.3 岸滩冲刷调查**应按河槽、边滩及江心洲等不同位置进行纵向冲刷与横向冲刷的调查,应包括以下内容:

1 纵向冲刷调查内容包括跨越断面附近河床历年淤高、下切情况以及河湾凹岸的平均水深与最大水深;河床历年最大一次冲刷深度,附近水工构筑物基础的冲刷原因、冲刷特点和发生年代与相应洪水特性。

2 横向冲刷调查内容包括两岸河床边界条件,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。

**19.4.4 河床质的取样**宜结合地质勘探进行。取样地点一般在塔位处及跨越断面和有代表性的其他断面上,分层取土样进行颗粒级配曲线与粒径统计分析。

## **19.5 冰情及河流漂浮物调查**

**19.5.1 冰冻地区调查**应包括以下内容:

1 历年封冻与融冰时间、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。

2 对发生冰塞、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、冰坝最大堆高与影响距离及范围。

3 调查冰冻时积水区成因、历时、最大积水深。

4 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。

**19.5.2 海湾、水库、湖泊等水域的冰情调查**可按本规范第19.5.1

条的规定执行。

**19.5.3** 河中立塔河段应调查河道漂浮物情况,包括漂浮物种类、来源、大小与数量,水面分布情况,出现季节及延续时间、漂浮物流速以及对河岸和建筑物的破坏情况、筏运资料等。

## **19.6 特殊地区水文调查**

**19.6.1** 泥石流调查应包括以下内容:

- 1 调查泥石流性质、形成原因、发生频度、规模与影响范围。
- 2 调查泥石流泥痕与龙头高度。
- 3 调查河床比降及河床冲淤变化及其灾害程度。

**19.6.2** 岩溶地区的水文调查应包括以下内容:

- 1 调查汇水区封闭洼地、消水洞的位置、深度及其控制的面积、积水深度和消水能力等。
- 2 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。

## **19.7 水文测验**

**19.7.1** 凡遇下列情况之一者,宜进行专项水文测验:

- 1 重要跨越水域实测资料短缺、跨越点的水文条件不能参证长期测站资料来确定,需要根据同步水文观测资料建立相关关系再进行转移时。
- 2 防洪影响评价、河床演变或岸滩演变分析需要时。
- 3 在对安全、投资 and 环境影响较大的水中立塔时。

**19.7.2** 水文测验宜包括以下内容:

- 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 水中立塔时,应进行水位、流速、流向、大断面、含沙量与河床质等的测验与分析。



## 20 水文分析计算

### 20.1 一般规定

**20.1.1** 输电线路设计洪水的计算,可根据资料条件、流域大小以及工程所处河段特点等,采用以下方法:

1 当设计站或断面具有实测洪水资料 30 年以上时,可用频率分析法推求不同频率的设计洪峰流量;频率分析计算时,宜加入历史洪水调查资料参与实测资料系列的频率分析。

2 当设计站或断面实测流量资料不足 30 年时,可用上下游邻近站的实测流量资料结合历史调查洪峰流量,插补延长设计站或断面的流量系列,采用频率分析法推求设计洪峰流量。

3 资料短缺时,可利用流域面积比拟法,将参证站的设计洪峰流量移用到设计站。

4 所在地区具有 30 年以上的暴雨资料,并有暴雨洪水对应关系时,可采用频率分析法计算设计暴雨,再通过汇流途径推算设计洪峰流量。

5 暴雨洪水资料短缺时,可采用小流域暴雨洪水公式法、地区经验公式法或调查洪水经验频率曲线法等推算设计洪峰流量。

6 当线路位于干支流汇合口以下或水库下游时,可用典型年法进行洪水组合与洪水演进计算,推求断面设计洪峰流量。

**20.1.2** 洪峰流量资料的移用可按下列要求进行:

1 当线路跨越处与上、下游站控制面积相差不超过 3%,区间无较大支流加入又无分洪或滞洪情况时,可直接移用上、下游站的资料。

2 当线路跨越处与上、下游站控制面积相差超过 3%而不大于 20%,且流域暴雨分布比较均匀,区间又无调蓄作用时,可按面

积法移用,推算设计洪水。

3 当线路跨越处与上、下游站均有实测流量,且暴雨分布较均匀,区间无较大支流汇入,可用面积内插法移用,推算设计洪水。

**20.1.3** 设计洪水分析计算可根据资料条件及河段特点,采用多种方法计算,对计算的参数应进行合理性分析,经分析论证后选用合理的计算结果。

## **20.2 天然河流设计洪水**

**20.2.1** 天然河流设计洪水可根据资料条件、流域大小和工程所处河段特点采用下列途径计算:

1 根据实测流量、水位、暴雨资料和调查资料,结合工程地段实际情况进行统计分析确定。

2 直接通过多次历史洪水调查确定。

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,结合本工程特点加以修正应用,但应注意统一高程系统。

**20.2.2** 若因溃堤、破圩造成相邻流域和各汇水区的串通时,应将洪水时各串通流域进行统一的洪涝分析计算。

**20.2.3** 应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。当此项差异较大时,应考虑流域或引洪滩地蓄洪、滞洪以及分洪的影响。

**20.2.4** 在两岸堤防设计标准较低,易于溃堤的平原地区,其设计洪水位可按下列情况分别确定:

1 根据溃堤后历史洪水位的调查,结合现状河道治理情况进行分析确定设计洪水位。

2 若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、上下游行洪情况、历史溃堤情况等结合暴雨重现期调查经分析确定,并适当考虑超高。

## 20.3 水库上下游设计洪水

**20.3.1** 当工程位于坝址上游时,其设计洪水可根据下列情况确定:

1 当水库的实际防洪标准高于工程所需设计洪水标准时,设计洪水可采用与线路工程设计洪水标准相同的库水位与洪水流量,通过水面曲线法推算工程点的设计洪水位。

2 当水库的设计洪水标准低于工程设计洪水标准时,可根据水库的设计资料按工程所需设计洪水标准进行调洪计算,然后通过水面曲线法计算工程点处的设计洪水位。

3 当工程位于水库变动回水区时,可直接采用相应于工程所需设计洪水标准的天然条件下的设计洪水流量;当工程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。

**20.3.2** 确定库区内线路工程的设计洪水位时,应考虑水库淤积抬高水位的影响;水库淤积后的回水曲线可向有关部门搜集,也可应用能量平衡方程式或简易方法推求确定。

**20.3.3** 当工程位于水库下游,且水库的实际设计洪水标准高于工程所需设计洪水标准时,可按上游水库的工程规模、实际坝体质量、溢洪能力以及距塔位点的远近等情况,计算确定塔位处设计洪水。

## 20.4 溃堤溃坝洪水

**20.4.1** 在防洪堤背水面立塔时,必须根据河势发展、背水面台地现状、堤防边滩、堤防标准、堤防质量及堤防三度指标等结合汛期堤防有无险情等来分析判定溃堤的可能性。

**20.4.2** 溃堤口门处洪水流速可按实用堰水力学方法计算;塔位处的洪水流速则需要根据溃口处的流速和塔位与溃口口门的距离等水文及地形资料推算;塔位处冲刷深度可根据塔位处水力条件和塔基型式、尺寸进行分析计算,并结合溃堤洪水冲刷坑调查资料综合确定。

**20.4.3** 线路在水库下游跨越且塔位处地势较低时,应符合以下

要求:

1 当水库防洪校核标准低于线路工程防洪标准时,必须作溃坝洪水演算。

2 当水库防洪设计标准低于线路工程防洪标准,而校核标准高于线路工程防洪标准时,应根据水库大坝质量和运行方式等实际情况,分析确定是否需要进行溃坝洪水演算。

20.4.4 分析溃坝洪水对塔位的影响时,应根据水库大坝的具体情况,研究分析溃坝方式和主要计算参数,选用适当的方法计算溃坝最大洪水流量与过程,并演算至工程地点。有较大的区间洪水加入时,可采用洪水组合方法推求塔位处的设计洪水位。当塔位无法避开溃坝影响时,应推求流速、冲刷深度等水文设计参数。

## 20.5 冰情洪水

20.5.1 北方结冰河流应考虑冰塞壅水对塔位影响,可通过经验关系法结合调查推算。

20.5.2 考虑冰坝壅水对塔位影响,可通过类比分析法结合调查估算。

## 20.6 特殊地区洪水

20.6.1 泥石流地区洪水分析计算应考虑泥石流发生对洪水的影响。

20.6.2 泥石流地区在调查泥石流的泥痕基础上,分析设计泥位、提供巨大石块超出设计泥位的高度、高大树木随山体土块运动超出的高度、泥石流遇阻后的冲高值。

20.6.3 在岩溶地区塔位邻近测站有符合统计年限的实测洪水位资料时,可直接计算设计洪水位;缺乏资料时,可通过积水位调查确定。

## 20.7 设计洪水位

20.7.1 输电线路设计洪水水位的设计频率应满足防洪设计要求。

**20.7.2 塔位设计洪水位按资料情况及河段特点,可按下列情况分别确定:**

1 设计站或断面有连续实测水位资料 30 年以上,水域变迁不大或受人类活动影响较小,并有历史洪水调查资料时,可采用频率统计法推求。

2 设计站实测水位资料不足 30 年,当水域变迁不大或受人类活动影响较小时,可用上下游邻近站长系列的水位资料通过相关分析,插补延长设计站的实测水位系列,可采用频率统计法推求。

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

4 当设计站有实测流量资料时,可用上下游邻近站的水位流量关系和流量资料,按上述途径求得参证站的设计洪水位,通过设计站与参证站的水位关系,推求设计站的设计洪水位。

5 当设计站无实测水位、流量资料时,可采用水力学方法,计算塔位处水位流量关系,并尽量结合历史洪水调查资料,延长其高水部分,利用设计洪峰流量确定设计洪水位。

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

7 当塔位附近水域有水行政主管部门颁布的流域防洪规划或水利水电工程设计成果时,应针对工程具体情况和水文条件经分析后采用,并尽量与审批的规划设计成果相协调。

## **20.8 设计流速**

**20.8.1** 对于水中立塔应提供塔位处设计洪水相应的垂线平均流速,根据资料情况可按下列方法确定:

1 有实测资料时,可根据断面流速分布、深泓横向摆动范围及塔位处断面形状特性,分析确定。

2 无实测资料时,可根据设计洪峰流量与相应水位、塔位处

断面形状特性或洪水比降、河床推移质粒径或临时实测断面流速分布等途径分析确定。

**20.8.2** 在河滩上立塔,应根据滩地特性,河流深泓摆动范围,实测断面流速分布,并结合河段实际情况比照分析确定设计流速。

**20.8.3** 洪水期或流冰期漂移物水面最大流速,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。

## **20.9 滨海、河口水文分析计算**

**20.9.1** 潮位分析计算应符合下列要求:

**1** 潮汐类型与特征潮位统计应符合下列要求:

- 1) 应根据输电线路附近海湾、河口验潮资料判别潮汐类型,感潮河口段应分析径流、潮汐对潮位的影响程度。
- 2) 根据实测资料或插补延长后的系列,分析与统计输电线路工程点潮汐性质、特征潮位、潮差、涨落潮历时等特征值。
- 3) 对工程设计使用的高程基准面与潮位基面、海图基面等各种基准面间的关系应作考证并换算为工程所用的基面,提供基面间的换算关系。

**2** 设计潮位的分析与计算应符合下列要求:

- 1) 对使用的潮位资料系列的可靠性、代表性与一致性,应进行考证、审查与分析。
- 2) 设计潮位的计算,要求有连续 20 年以上的潮位系列,并有历史最高潮位的调查资料,按年极值法选样,应以极值 I 型分布或皮尔逊 III 型分布进行统计。当点群与线型配合情况较好时,水位主要由潮汐控制的,应以极值 I 型分布统计成果为主;水位主要由径流控制的,应以皮尔逊 III 型分布统计成果为主。
- 3) 若有不少于连续 5 年的最高潮位和最低潮位的港口,资

料系列应与附近有不少于连续 20 年资料的验潮站采用“相关分析法”插补延长,分析计算设计最高、最低潮位。

- 4) 以潮汐为主的海区也可采用“极值同步差比法”,由长系列站的设计潮位直接推算至输电线路工程点。
- 5) 采用“相关分析法”或“极值同步差比法”分析计算时,两站应符合要求:潮汐性质相似、地理位置相近、受河川径流的影响相似、风暴潮增减水影响相似。
- 6) 当不具备用“相关分析法”和“极值同步差比法”计算条件,工程较重要或风暴潮影响严重地区时,应对设计潮位的计算进行专题研究,并应建立潮位专用站,积累资料,用以修正设计潮位值。当工程重要性一般,风暴潮影响不很严重地区,可以进行经验推算。
- 7) 对设计潮位计算成果,应通过潮波传播特性、风暴潮增减水幅度与历史最高潮位比较等进行地区合理性分析。
- 8) 设计潮位过程线的拟定,应根据潮位资料系列的长短,分别选用频率计算法或典型潮位法。当潮位资料短缺时,可将参证站的潮位过程线移用于输电线路工程地点,并应进行比测验证和必要的修正。

#### 20.9.2 波浪要素的分析与计算应符合下列要求:

##### 1 实测波浪资料系列的审定应符合下列要求:

- 1) 若跨越断面附近水域有较长期波浪观测资料时,应从自然地理与水文气象环境等方面,对测波站相对于工程点的代表性进行分析,并分方向检验测波站资料的适用程度。
- 2) 对引用的波浪要素系列的一致性与可靠性应进行考查与审定。

##### 2 波浪特性与成因应根据实测资料与调查成果分析判定,并应符合下列要求:

- 1) 若输电线路工程水域缺乏测波资料,可选择与输电线路

塔位附近地形与水域开阔程度相似、水深接近的邻近水域参证站作分析。

- 2) 当输电线路附近无测波资料,且无法选用参证站时,可按当地地形、强风向、常风向与输电线路塔位位置,分析主要来波方向,并结合现场调查资料判定波浪特性。

- 3 计算设计波高时,输电线路工程附近水域有连续 20 年以上实测资料,可取某一累积频率波高年最大值系列,用皮尔逊Ⅲ型分布曲线或其他合适的线型,并结合历史特大波高调查资料作频率分析,确定设计波高。

- 4 当确定某一波向的设计波浪时,年最大波高及其对应周期的数据,一般在该方向左右各  $22.5^\circ$  的范围内选取;若需每隔  $45^\circ$  的方位角都进行统计,则对每一波向均只归并相邻一个  $22.5^\circ$  的数据。

- 5 当工程附近水域测波资料系列年限较短,不足以直接进行频率分析时,应视已有资料情况与水域波浪特性,采用下列方法分析设计波高:

- 1) 分方向建立波高与邻近气象台相应风速相关关系,以风速资料延长波高系列,并进行频率统计。

- 2) 与邻近水域有长期测波资料的参证站建立波高相关关系,延长波高系列,并作频率统计。

- 3) 当有不少于一整年的短期测波资料时,可用经验频率分析法计算设计波高。

- 6 若输电线路处及其附近水域无实测波浪资料时,其设计波浪要素可视水域宽度、风区长度、平均水深与波浪特性等自然地理条件与天气图、最大风速等气象资料,用图解法或相关经验公式法进行计算。

- 7 凡用以上 5、6 两款方法计算设计波高,除应采用两种以上方法外,尚应结合历史最大波高调查资料进行分析比较,并应尽量作短期波浪观测,以合理确定设计波高。



8 设计波浪周期的计算应采用以下方法:

- 1) 当输电线路附近水域的波浪主要为风浪时,可由当地风浪的波高与周期的相关关系外推与设计波高相对应的周期,或按风浪要素计算图直接查出与设计波高相对应的周期,亦可根据相关经验公式计算。
- 2) 若输电线路附近水域的波浪主要为涌浪或混合浪时,将与年波高最大值相对应的周期系列用皮尔逊Ⅲ型分布曲线或其他合适的线型作频率分析,确定与设计波高同一重现期的周期。
- 3) 由以上两项计算所得周期,均应结合调查资料和类似水域经验,通过比较分析,确定合理的数值。

9 设计波长可根据设计波浪周期、设计潮位相应水深按规则波公式计算或查有关图表确定。

10 当一定重现期下的某一累积频率的波高与设计要求的累积频率标准不同时,可按经验公式或查有关图表,换算为设计要求的累积频率的设计波高。

11 将设计波浪要素推算至塔位处时,应根据计算点与塔位处之间的水深、地形差别和底坡摩擦、障碍物影响等情况,进行波浪浅水变形、波浪折射、波浪绕射、波浪破碎等的分析与计算。当塔位处推算的波高大于浅水极限波高时,设计波高应采用极限波高。

12 当输电线路工程位于水文气象或自然地理条件复杂的水域内时,可进一步通过波浪模型试验分析论证工程点的设计波浪要素。

13 若输电线路处及其附近水域无实测波浪资料时,大范围计算可用历史天气图和数学模型对波浪进行数值计算。

### 20.9.3 海流分析计算应符合下列要求:

1 海流特征值应根据现场实测资料经分析后确定。近岸海流以潮流和风海流为主,海流观测应在大、中、小潮日期开展全潮

水文测验 3 次,每次观测延续时间不应少于 25h;条件不允许时,应在大潮日期进行 1 次;河口区的海流应根据洪水期的观测资料分析计算。

2 潮流按性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流。潮流按性质可按以下标准判别:

规则半日潮应符合下式:

$$\frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \leq 0.5 \quad (20.9.3-1)$$

不规则半日潮应符合下式:

$$0.5 < \frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \leq 2.0 \quad (20.9.3-2)$$

不规则全日潮应符合下式:

$$2.0 < \frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \leq 4.0 \quad (20.9.3-3)$$

规则全日潮应符合下式:

$$4.0 < \frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \quad (20.9.3-4)$$

式中:  $W_{O1}$ 、 $W_{K1}$ 、 $W_{M2}$ ——主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度(cm/s)。

3 大潮期间的潮流平均最大流速,可按下述方法确定,或近似地采用大潮观测日期的实测最大值;输电线路缺少实测资料,可以采用附近地形条件相近处的观测资料,当地形条件差异较大时,可以通过数学模型推算。

1)大潮期间的潮流平均最大流速可根据大潮平均潮差与观测日期的潮差的比值与观测日期的平均最大流速的乘积计算,即按下式计算:

$$\bar{V}_{Ms} = \frac{R_{Ms}}{R_d} \bar{V}_d \quad (20.9.3-5)$$

式中:  $\bar{V}_{Ms}$ ——大潮日期潮流平均最大流速矢量, 流速 (cm/s), 流向 (度);

$\bar{V}_d$ ——观测日期潮流平均最大流速矢量, 流速 (cm/s), 流向 (度);

$R_{Ms}$ ——大潮日期的平均潮差 (m);

$R_d$ ——观测日期的平均潮差 (m)。

2) 当有大、中、小潮连续三次海流观测资料时, 可进行准调和分析, 确定潮流椭圆要素。大潮期间的潮流平均最大流速矢量可按下列公式计算:

半日潮流海区按下式计算:

$$\bar{V}_{Ms} = \bar{W}_{M2} + \bar{W}_{S2} \quad (20.9.3-6)$$

全日潮流海区按下式计算:

$$\bar{V}_{Ms} = \bar{W}_{K1} + \bar{W}_{O1} \quad (20.9.3-7)$$

式中:  $\bar{W}_{M2}$ 、 $\bar{W}_{S2}$ 、 $\bar{W}_{K1}$ 、 $\bar{W}_{O1}$ ——主太阴半日分潮流、主太阳半日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量, 流速 (cm/s), 流向 (度)。

4 在潮流和风海流为主的近岸海区, 海流可能最大流速等于潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列公式计算:

1) 对规则半日潮流海区按下式计算:

$$\bar{V}_{max} = 1.295\bar{W}_{M2} + 1.245\bar{W}_{S2} + \bar{W}_{K1} + \bar{W}_{O1} + \bar{W}_{M4} + \bar{W}_{MS4} \quad (20.9.3-8)$$

式中:  $\bar{V}_{max}$ ——潮流的可能最大流速矢量, 流速 (cm/s), 流向 (度);

$\bar{W}_{M4}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量, 流速 (cm/s), 流向 (度);

$\bar{W}_{MS4}$ ——太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量, 流速 (cm/s), 流向 (度)。

2)对规则全日潮流海区按下式计算:

$$\bar{V}_{\max} = \bar{W}_{M2} + \bar{W}_{S2} + 1.600\bar{W}_{K1} + 1.45\bar{W}_{O1} \quad (20.9.3-9)$$

3)对不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区,采用式(20.9.3-8)和式(20.9.3-9)中的较大值。

在海流实测资料不足的情况下,风海流的流速可按下式估算:

$$V_u = KU \quad (20.9.3-10)$$

式中:  $V_u$ ——风海流的流速(m/s);

$U$ ——风速(m/s);

$K$ ——系数,取  $0.024 \leq K \leq 0.30$ 。

近岸的风海流流向可近似地认为与海底等深线方向一致。

5 对于径流为主的河口地区,可能最大流速宜采用数学模型计算对塔位最不利的最大流速。

## 21 河(海)床演变分析

### 21.1 一般规定

**21.1.1** 输电线路跨越河段、海域的河床或海床演变分析,应在现场查勘基础上,利用历史水下地形图、航卫片及有关水流、波浪、泥沙测验资料,根据河(海)床演变的基本规律,判定塔位河(海)岸稳定性,分析计算塔基处最大冲刷深度。河(海)床演变分析应考虑人类活动的影响。塔基河(海)床稳定性和冲刷深度预测年限应为未来 30 年~50 年。

**21.1.2** 对历史水下地形图等有关测绘资料应考证测量年代、测量精度,坐标和高程系统等,对各种地形图分析时应采用统一比尺和基面。

### 21.2 河床演变分析

**21.2.1** 设计河段河床演变分析应根据河床演变对塔基安全可能的影响程度大小及资料情况采用以下方法:

1 对设计河段进行野外踏勘与调查,结合河流动力地貌特性分析判断。

2 利用条件相似河段的冲淤实测资料进行类比分析。

3 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、横断面图或局部地形要素,如边滩、沙嘴等进行套绘对比;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多种形式分析。

4 采用水动力数学模拟或物理模型手段对河段河床演变进

行复演和预测。

**21.2.2** 在河岸上立塔应根据河段自然冲刷特性从河势发展、水流泥沙运动强度、河岸边界物质组成等方面分析塔位处河岸稳定性。

**21.2.3** 在河滩上立塔应分析滩地特性,河流深泓摆动范围。塔位位于江心洲、边滩上,应分析其成因特性和河道主泓变化,并结合现场调查分析塔位安全稳定性。

**21.2.4** 在主槽中立塔,河床演变应从纵向变形与平面横向变形两方面进行分析。塔位处可能出现的横向冲刷幅度与最大纵向冲刷深度可按下列方法确定:

1 搜集与调查跨越段或上下游邻近河段一次洪水最大冲刷深度。

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

3 通过上述调查与实测的天然冲刷深度,可根据河床演变分析与河道发展趋势的预测移用到塔位处,以求得大跨越处的天然冲刷深度。

**21.2.5** 河床演变分析时应应对河道中的已有水工构筑物和天然障碍物进行实地调查并结合资料分析,估计其影响程度与范围。河道水工构筑物对塔位局部河床演变的影响,应按其不同的结构形式与作用,可能出现的各种影响,从局部泥沙运动方向、冲淤状态及位置等综合分析对水流干扰强度及其各种可能冲刷影响。

**21.2.6** 应分析计算上游水库泄放、河道疏浚采沙、束窄河身、修建丁坝、修建水闸等工程措施对塔位稳定性的影响。

### **21.3 海床演变分析**

**21.3.1** 海岸上立塔时,应在现场海岸动力地貌调查基础上,通过历次地形图、海图、航卫片对比,分析岸线、地形、地貌变化情况,海堤走向与位置的变迁,分析海岸线的变化趋势和速率,并根据海岸

带的自然地理、岩土特性、海域水文条件等,对塔位处的岸线稳定性作出预测。

**21.3.2** 海湾水域中立塔时,塔位处的稳定性可按下列要求分析:

1 通过对历次海图等深线对比分析,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。

2 搜集有关海区潮流及余流方向、海底沉积物的分布、海岸侵蚀和堆积的形态特征以及沿岸组成物质的粒径变化和重矿物分布情况等资料,分析判断泥沙来源和运移方向。

3 分析工程附近沿岸和水域的建筑物、构筑物对海流动力因素、泥沙来源与运移及海湾滩槽发展的影响。

**21.3.3** 潮汐河口段水中立塔时,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。

**21.3.4** 对于水中立塔,当海床冲刷较严重或人类活动影响较明显时应进行水文断面全潮测验,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。

## 22 可行性研究阶段工程气象勘测

### 22.1 一般规定

22.1.1 可行性研究阶段气象勘测的基本任务是从气象条件角度对线路路径方案的可行性提出意见,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 勘测手段以搜资为主,对于山区重冰线路应进行覆冰量级与冰区分布的专项调查。

### 22.2 勘测内容深度与技术要求

22.2.1 可行性研究阶段应搜集的主要资料包括以下内容:

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 路径地区已建电力线路的设计气象条件及运行情况,电力线路冰害、风害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。

22.2.2 对可能存在重冰区的地段应进行实地踏勘与覆冰情况调查核实。

22.2.3 对重冰区应进行专项踏勘与调查,查明微地形微气候重冰段,落实覆冰量级与分布。

22.2.4 应用路径区域搜集的大风资料与必要的踏勘调查资料,选用频率统计、重现期调查和风压图等方法,初步估算 50 年、30 年一遇离地 10m 高 10min 平均最大风速,初步划分风区。

22.2.5 存在重冰区的线路,必须运用路径区域搜集的覆冰资料与专项踏勘调查资料,选用调查法或频率统计法,分析计算 50 年、



30 年一遇离地 10m 高的最大标准冰厚,经分析论证后初步划分二水区。

## 22.3 勘测成果

**22.3.1** 可行性研究阶段的气象勘测成果主要是气象搜资踏勘报告,气象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。

**22.3.2** 可行性研究阶段的气象勘测成果应包括如下主要内容:

- 1 50 年、30 年一遇离地 10m 高的最大标准冰厚与冰区划分;
- 2 50 年、30 年一遇离地 10m 高 10min 平均最大风速与风区划分;
- 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雷暴日数。

**22.3.3** 可行性研究阶段的气象搜资踏勘报告应包括如下主要内容:

- 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 线路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 初步设计阶段工程气象勘测

### 23.1 一般规定

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

**23.1.2** 初步设计阶段勘测手段以现场查勘和搜资相结合,对山区重冰线路应深入进行微地形微气候覆冰调查。

### 23.2 勘测内容深度与技术要求

**23.2.1** 初步设计阶段应搜集的主要资料包括如下内容:

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 路径地区已建电力线路的设计气象条件及运行情况,电力线路冰害、风害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。

**23.2.2** 对搜集资料,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。

**23.2.3** 对重冰区进行复查,对风口、迎风坡、突出山脊、山岭等微地形微气候区的覆冰分布特点做深入查勘。

**23.2.4** 应用路径区域搜集的大风资料与踏勘调查资料,选用频率统计、重现期调查、风压图等方法,分析计算 50 年、30 年一遇离地 10m 高 10min 平均最大风速,经充分分析论证与优化后推荐可供设计使用的风区。

**23.2.5** 应用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,选用调查法或频率统计法,分析计算 50 年、30 年一遇离地 10m 高的最大标准冰厚,经分析论证与优化后推荐可供设计使用的各级冰区。

### 23.3 勘测成果

**23.3.1** 初步设计阶段的气象勘测成果主要是气象报告,必要时还应有覆冰专题论证报告。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。

**23.3.2** 初步设计阶段的气象勘测成果应包括如下主要内容:

- 1 50 年、30 年一遇离地 10m 高的最大标准冰厚与冰区划分;
- 2 50 年、30 年一遇离地 10m 高 10min 平均最大风速与风区划分;
- 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 最多风向及其出现频率;
- 5 累年最大冻土深度;
- 6 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。

**23.3.3** 初步设计阶段的气象报告应包括如下内容:

- 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。

**23.3.4 覆冰专题论证报告应包括如下内容：**

- 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害线路照片等。

## 24 施工图设计阶段工程气象勘测

### 24.1 一般规定

**24.1.1** 施工图设计阶段气象勘测是在初步设计阶段基础上,复核初步设计阶段确定的气象条件,将气象条件落实到塔位。

**24.1.2** 施工图设计阶段气象勘测手段以现场查勘为主,对山区线路应深入进行微地形微气候重冰与大风查勘。

### 24.2 勘测内容深度与技术要求

**24.2.1** 对重冰区进行复查,对风口、迎风坡、突出山脊、山岭等微地形做深入查勘,合理可靠地确定不同冰区分界塔位,提出线路抗冰措施建议。

**24.2.2** 对设计风速大于  $27\text{m/s}$  风区进行复查,对风口等微地形做深入查勘,合理可靠地确定不同风区分界塔位,提出线路抗风措施建议。

### 24.3 勘测成果

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

**24.3.2** 施工图设计阶段的气象勘测成果应符合本规范第23.3.2条的规定。

**24.3.3** 施工图设计阶段气象报告应包括如下内容:

- 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 线路设计所需的气象特征参数;
- 5 结论与建议;
- 6 相关附图。

## 25 气象调查

### 25.1 一般规定

**25.1.1** 输电线路工程气象勘测应开展大风调查、覆冰调查与主导风向调查。

**25.1.2** 对山区风速和滨海风速应广泛进行搜资调查,掌握区域性资料。对设计冰厚大于或等于 20mm 的重冰区线路段应沿线逐段查勘;对设计冰厚小于 20mm 的中、轻冰区线路段应选择典型覆冰地段查勘;须查明轻、中、重冰区分界点。

**25.1.3** 调查资料应在现场整理,及时编写小结说明,进行合理性检查,发现问题及时复查。重要路径段或气象条件复杂路径段现场查勘应由至少 2 人进行,并通过拍照、录音、摄像等手段搜集资料。

### 25.2 大风调查

**25.2.1** 大风调查应先拟定调查提纲,确定调查范围和调查点,以及收资调查地点和内容。调查资料应全面、真实、清楚、可靠。

**25.2.2** 大风调查应在线路附近 3km~5km 范围内进行,对于风口、海岸等特殊地形段可适当扩大调查范围。对于一般线路段,宜 5km~10km 布设一个调查点,对风口、山岭、海岸等特殊地形段应进行微地形微气候调查,了解风速的增大影响。对电力工程风灾事故应开展专项调查。

**25.2.3** 大风调查对象主要是电力、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,林区生产管理人员,高山、公路管理人员,民政救灾人员和当地居民。

#### 25.2.4 大风调查应包括如下内容:

1 大风发生时间、持续时间、风向、风力、雷雨、冰雹、寒潮、热带风暴、主要路径、影响范围、重现期;

2 大风对电力线路、邮电通信线路、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。

#### 25.2.5 调查应搜集相关资料包括以下内容:

1 县志等史料中记载的历史风灾情况和气象站、档案馆等有关单位保存的风灾灾情报告和照片;

2 沿线附近已建电力、邮电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、报告和地区风压图。

#### 25.2.6 调查资料应在现场整理、校核,并编写大风调查报告。

### 25.3 覆冰调查

25.3.1 覆冰调查范围为线路附近地区。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。重、中冰区线路宜 1km~2km、轻冰区线路宜 3km~5km 布设一个调查点,调查点应标在线路路径图上。

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,特别是高山电视台、微波站、气象站和道班的冬季值班者。

25.3.3 对于无法调查到覆冰的地区,应设立临时观冰站,观测期限应不少于 1 个冬季。

#### 25.3.4 覆冰调查应包括如下内容:

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,如风向、风

力、下雨、下雪、起雾等；

3 覆冰种类与密度可根据实际情况分析判断，也可按照表 25.3.4 的条件确定：

表 25.3.4 覆冰种类判别条件

项目	雨淞	雾 淞		雨雾淞混合冻结	湿雪
		粒状	晶状		
气温 (℃)	0.0~—3.0	低于—3.0	低于—8.0	—1.0~—9.0	—1.0~—3.0
降水 类别	小雨、毛毛 雨或雾	雾或毛 毛雨	雾	有雾、毛毛雨或 小雪	雪或雨 夹雪
视感	透明或半 透明、密实、 无孔隙	粗颗粒、 不透明	细粒、不 透明	成层或不成层， 似毛玻璃，较密 实，基本无孔隙	白色不 透明
手感	坚硬、光 滑、湿润	脆、较湿 润	松、脆、 干燥	较坚硬、较湿润	较松散、 较湿润
形状 色泽	椭圆形、光 滑似玻璃	椭圆形、 白色	针状、纯 白色	椭圆形、不光滑	圆形、白 色
附着 力	牢固	较牢固	轻微振 动就容易 脱落	较牢固	能被强 风吹掉

4 覆冰的形状、长直径、短直径和冰重；

5 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。

25.3.5 覆冰搜资应包括如下内容：

1 沿线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，包括冰厚、冰重、杆塔型、杆塔高、线径、档距和事故后的修复标准；

2 邮电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。

**25.3.6** 对于风口、分水岭、迎风坡等特殊地区应作微地形微气候调查和实地踏勘,了解地形对覆冰的增大影响。

**25.3.7** 覆冰调查应由至少 2 人进行,并应进行现场记录,对严重冰害事故现场应通过拍照、录音、摄像搜集资料。

**25.3.8** 调查资料应在现场汇总整理,并进行合理性审查和可靠性程度评价,发现问题及时复查核实。调查结束后应编写覆冰调查报告。可靠程度可按表 25.3.8 的标准评定。

表 25.3.8 覆冰调查资料可靠性程度评定标准

可靠程度	可 靠	较可靠	供参考
评定因素	1)实测; 2)电力、通信、气象或高山建筑物的值班、巡视、抢修人员现场观测,有记录,有旁证	当地居民或知情者亲眼所见、目测,印象较深刻,所述情况较逼真,有旁证	亲眼所见,但所述情况不够清楚、具体,或清楚具体,但无旁证

## 25.4 主导风向调查

**25.4.1** 主导风向调查应在线路附近 3km~5km 范围内进行,并搜集沿线气象站主导风向。

**25.4.2** 线路主导风向调查可根据地形情况,采取逐塔调查或分段调查的方法。

## 25.5 专用气象站与观测

**25.5.1** 输电线路的重冰区段和山区地段,应根据实际情况建立观冰站和测风站,进行必要的气象观测。

**25.5.2** 观冰站应建立在沿线附近重冰区内有代表性的地点,如山顶、山腰、风口、迎风坡、背风坡等,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、不同地形条件的同步观测;测风站应按山岭、风口等不同地形及不同海拔建站观测。

**25.5.3** 专用气象站观测期限应根据具体的工程特点确定。观冰

站观测期限不应少于 1 个冬季。

**25.5.4** 观冰站观测包括导线覆冰的长径和短径,1m 导线长度上的覆冰重量,覆冰种类,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。

**25.5.5** 测风站观测包括各高度上的风速、风向。

**25.5.6** 观冰站、测风站资料在观测后应及时整理,编制月报表和年报表。

## 26 气象分析计算

**26.0.1** 审查气象站实测大风资料和观冰站实测覆冰资料的可靠性、一致性和代表性,对突出的特大值应通过多种方法进行审查。

**26.0.2** 当有大风和覆冰实测资料时,应采用频率分析法确定设计风速和设计冰厚,其线型可采用 P-Ⅲ型分布或极值Ⅰ型分布。

**26.0.3** 气象站有 25 年以上的年最大风速资料时,观冰站有 10 年以上的年最大冰厚资料时,可分别直接进行频率计算推求气象站设计风速和观冰站设计冰厚;当气象站、观冰站资料短缺时,可选择邻近地区地形及气候条件相似、有长期实测资料的站点进行相关分析,展延资料系列后进行频率计算。

**26.0.4** 无大风和覆冰实测资料的线路的设计风速与冰厚,可通过调查分析法确定,也可选用邻近地区地形及气候条件相似的测站作为参证站经类比分析确定。

**26.0.5** 设计风速分析计算应首先采用自记风仪记录的风速资料,严格审定定时 2min 平均风速资料。对气象站风速资料应进行高度订正,对定时 2min 平均风速应进行次时换算。设计风速分析计算方法宜按本规范附录 P 执行。

**26.0.6** 标准冰厚计算应用的形状系数、密度等参数应采用当地实测资料分析值,无实测资料时可选用邻近地区地形及气候条件相似的观冰站的分析成果。设计冰厚分析计算方法宜按本规范附录 Q 执行。

**26.0.7** 确定设计风速和设计冰厚是一个综合分析过程,风区、冰区划分应依据充分,重点对微地形微气候段进行分析研究,做到划区合理,能客观反映工程沿线的情况。

**26.0.8** 架空输电线路风区划分,一般风区级差为  $2\text{m/s} \sim 5\text{m/s}$ 。

风区划分应符合下列规定：

- 1 一个风区段内各点的设计风速基本相等。
- 2 一个风区段内属同一气候区，形成大风的天气条件大体一致。
- 3 一个风区段内地形条件类似，海拔相近。
- 4 对山口、谷口、山顶、盆地、山谷等特殊地形应酌情作加大或减小风速处理。

**26.0.9 架空输电线路冰区划分**，冰区的起点的级和级差一般为5mm和10mm。冰区划分应符合下列规定：

- 1 一个冰区段内各点的设计冰厚要基本接近。
- 2 一个冰区段应属同一气候区，形成覆冰的天气条件应大致相同。
- 3 一个冰区段内应地形条件类似，海拔相近。
- 4 一个冰区段内线路的走向应基本一致。
- 5 对风口、分水岭、迎风坡等特殊微地形微气候区，设计冰厚宜酌情加大处理。

## 附录 A 拥挤地段平面图样图

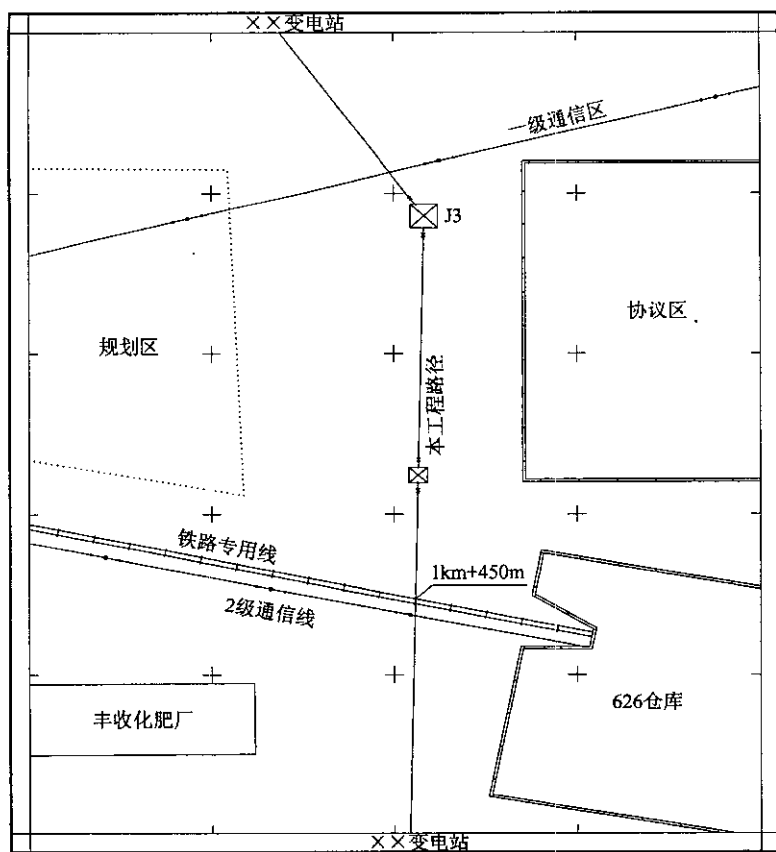


图 A 拥挤地段平面图样图

附录 B 通信线危险影响相对位置图样图

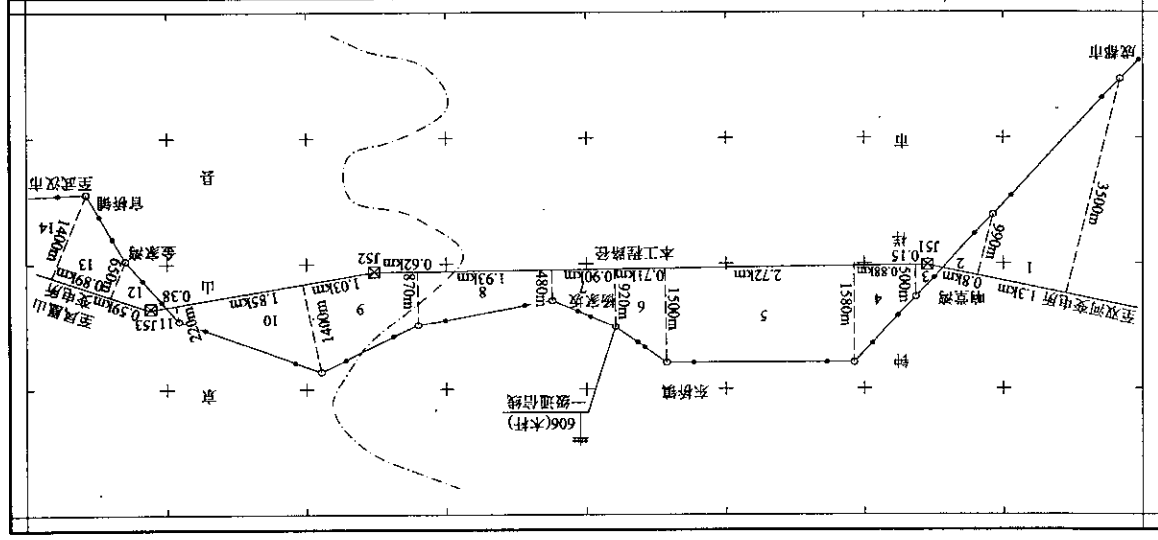


图 B 通信线危险影响相对位置图样图

## 附录 C 变电站或发电厂进出线平面图样图

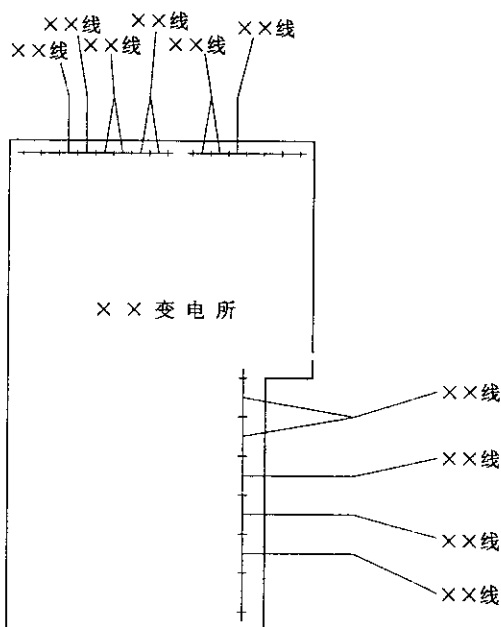


图 C 变电站或发电厂进出线平面图样图

## 附录 D 测量标桩规格及埋设尺寸

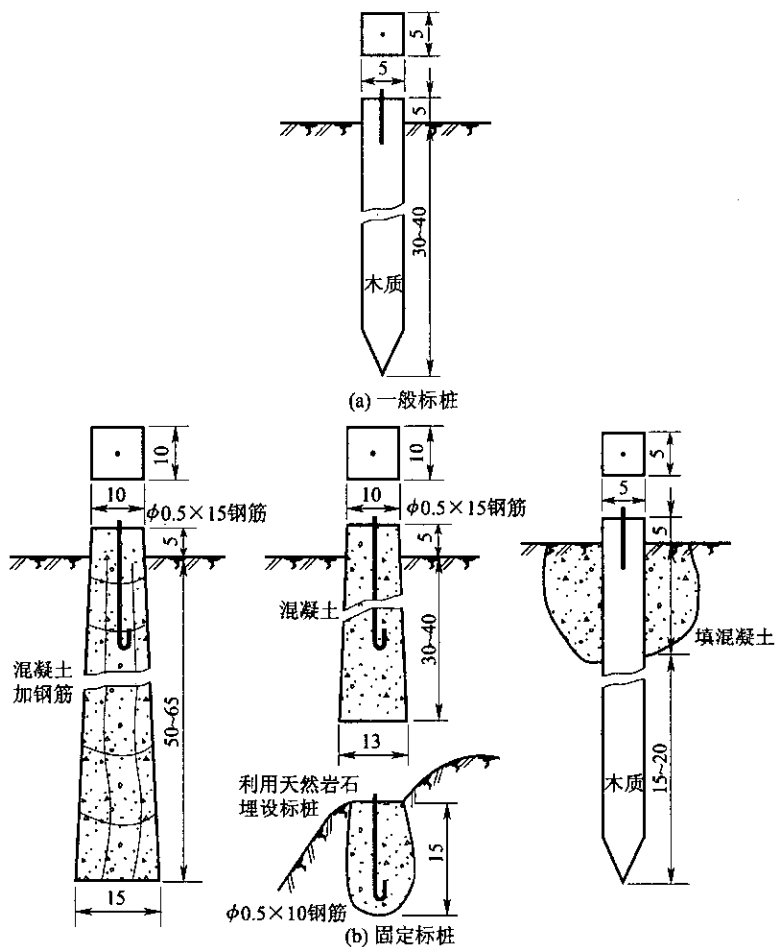


图 D 测量标桩规格及埋设尺寸

注:1 本图注记尺寸以 cm 为单位。

2 标桩长度与埋设深度可视土质而定。



## 附录 E 平行接近线路相对位置平面图样图

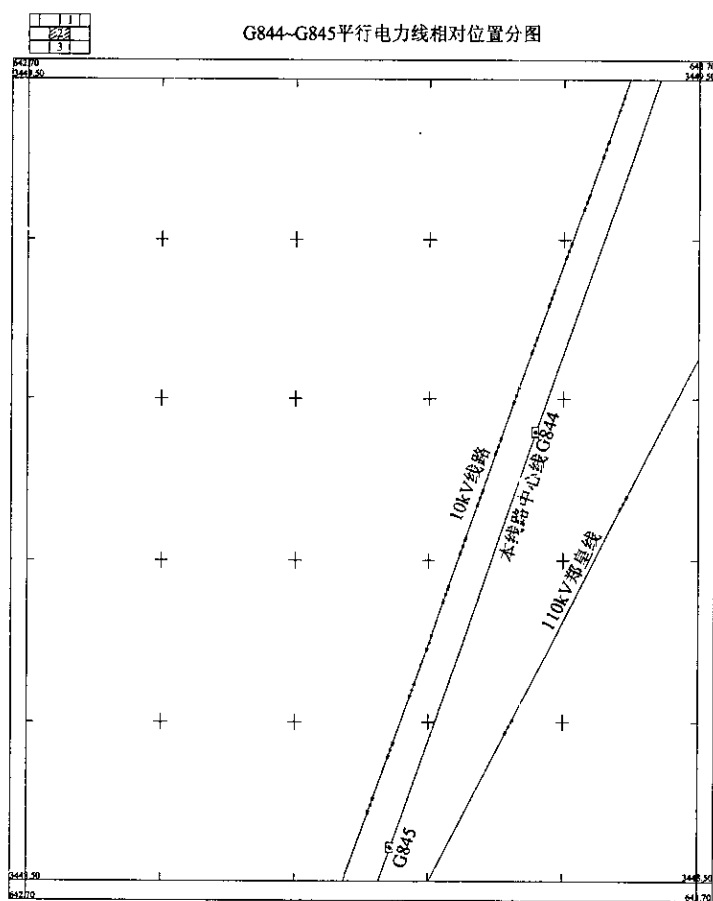


图 E 平行接近线路相对位置平面图样图

## 附录 F 输电线路平断面图

**F.0.1** 平地区输电线路平断面图应符合图 F-1(见插页)输电线路平断面图(平地区)的规定。

**F.0.2** 平丘区输电线路平断面图应符合图 F-2(见插页)输电线路平断面图(平丘区)的规定。

**F.0.3** 山区输电线路平断面图应符合图 F-3(见插页)输电线路平断面图(山区)的规定。


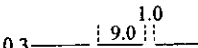
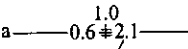
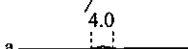
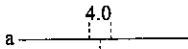
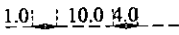
**F.0.4** 输电线路交叉跨越平断面图应符合图 F-4(见插页)输电线路平断面图(补充交叉跨越图例)的规定。

## 附录 G 平面图、断面图符号表

**G.0.1** 输电线路平面图符号应符合表 G-1 平面图符号表的规定。

**G.0.2** 输电线路断面图符号应符合表 G-2 断面图符号表的规定。

**表 G-1 平面图符号表**

编号	符合名称	图形及尺寸	简要说明
G1.1	房屋 依比例尺		G1.1 符号按真方向比例绘出
G1.2	大路、机耕路		G1.2 指路面经过简易修筑, 但没有路基, 一般为通行大车、拖拉机等道路, 某些地区也可能通行汽车
G1.3	架空索道		G1.3 架空索道首支架位置实测表示, 图内无支架时, 用符号“b”表示, 符号绘在线路中心线处
G1.4	a. 图内有支架的 b. 图内无支架的 电力线		G1.4 电力线表示, 按电压等级, 380V 以内的用单箭头, 10kV 以上用双箭头, 水泥杆上的或塔上的, 均用此符号表示, 杆塔位置应实测, 并按图 a 表示。无杆塔时, 按图 b 表示。符合绘在线路中心线处。
G1.5	a. 图内有杆塔的 b. 图内无线杆塔		判断不同电压等级, 一般直线上杆塔每串绝缘子数量超高压 500kV 有 28 个绝缘子, 高压 220kV 有 13 个绝缘子, 高压 110kV 有 7 个绝缘子, 中压 35kV 有 2 个绝缘子, 10kV 为每相为单个绝缘子
G1.6	通信线		G1.5 通信线杆位置实测表示, 图内无线杆时, 用图 b 表示, 符号绘在线路中心线处
G1.6.1	a. 图内有线杆的 b. 图内无线杆的 地下电缆 地下电力线		G1.6.1 地下电力线按电压等级表示, 380V 以内的用单箭头, 10kV 以上的用双箭头

续表 G-1

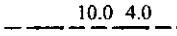
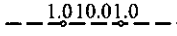
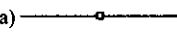
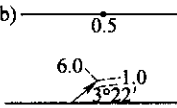
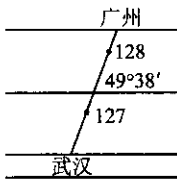
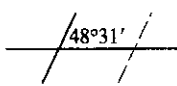
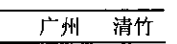
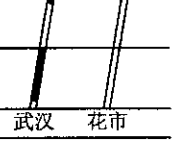
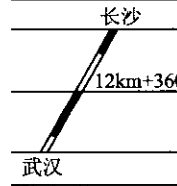
编号	符合名称	图形及尺寸	简要说明
G1.6.2	地下通信线		G1.7 架设在地面上或地面下用以输送石油、煤气、水蒸气以及工农业用水等的各种管道,并加注输送物名称。图中虚线部分表示地下的管道
G1.7			
G1.8	地下管道	(a) 	G1.8 埋设的固定桩用图(a)表示。木桩用图(b)表示
		(b) 	
G1.9	转角 3°22'—转角 度数		G1.9 箭头在线路中心线之上表示路径左转,箭头在线路中心之下表示路径右转
G1.10			G1.10 一、二级通信线应注记与线路交叉处两侧的杆号及通向。电杆不在图内时,注记在平面图内外栏线之间
G1.11	杆号注记 交叉角注记		G1.11 通信线和地下通信线应注记与线路交叉的锐角
G1.12	通向注记		G1.12 铁路和主要公路(高速公路、一级至四级公路)应当注明通向,注记在平面图内外栏线之间。铁路通向可注记的大客站,公路通向可注记大的居民点。跨越或穿越已有 110kV 及以上等级线路时,应注明通向及两侧塔位号
G1.13	里程注记		

表 G-2 断面图符号表

编号	符合名称	图形及尺寸	简要说明
G2.1	<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. 陡坡或山谷可不测</p>		<p>G2.1 反映线路中心地面起伏形状的地面线叫做中心断面线。对未测深度的渠或宽度不大未测深度的小沟用符号“a”表示</p> <p>当线路与水沟交叉时,用符号“b”表示</p> <p>未测的断面不影响导线对地安全以虚线绘示,符合号“c”表示</p>
G2.2	边线断面线		<p>G2.2 反映线路边导线地面起伏形状的地面线,叫做边线断面线。边线位置根据实际的导线间距而定</p>
G2.2.1	左边线		
G2.2.2	右边线		
G2.3	<p>风偏横断面</p> <p>a. 中线有测点的</p> <p>b. 中线无测点的 102.7 为起测点高程</p>		<p>G2.3 横断面图以线路中心线为起点,图形底部下面一栏标记距离,上面一栏注记高差。高差注记为垂直字列,字头向左。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,用符号“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 G-2

编号	符合名称	图形及尺寸	简要说明
G2.4	风偏点 L—一点在中线 左侧 20—一点至中 线距离		G2.4 风偏点是指有风偏影响的孤立点。需要注明点在线路中心的哪一侧以及点至路中心线的距离。“L”表示该点在路线的左侧;“R”表示该点在中线的右侧;35.0 为高程
G2.5	架空交叉跨越		G2.5 电力线、通信线、架空索道、渡槽等架空地物应绘示交叉跨越点
G2.5.1	最高线高 a. 点在路线 b. 点在边线 c. 点在边线以 外		G2.5.1 当点位在中线上方时,与中线地面测点相连。当点位在边线以外时,以分式表示,上为该点高程,下为偏距。凡是重要交叉跨越,在中线投影线上应注明累距、高程和名称
G2.5.2	杆高点		G2.5.2 杆高以实心圆表示
G2.5.3	最低线高		G2.5.3 500kV 穿越 500kV 时应注明最近杆高程与偏距
G2.5.4	其他交叉点		G2.5.4 架空索道、架空管道、渡槽等表示方法与 G2.5.2 相同
G2.6	房屋断面		G2.6 中心线 35m 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”为平顶;“b”为尖顶

续表 G-2

编号	符合名称	图形及尺寸	简要说明
G2.7	投影线 a. 塔位 b. 塔位或门型架 c. 电力线或通信线 d. 其他交叉跨越	<p>The diagram illustrates the projection lines for different types of structures. It shows vertical dimensions for various components: 5.0, 10.0, 15.0, 879.6, 902.5, 921.7, and 908.9. A horizontal line indicates the ground level. Symbols for tower positions and crossing points are depicted.</p>	<p>G2.7 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充满点位置绘制投影线。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,木质杆的材料注记在等级之后用括号括起来,如一级(木杆)。电力线和通信线还要绘制杆(塔)型。杆(塔)型符号根据实际形象简化,高度适当缩短,宽度不得超过 6mm。</p> <p>主要公路及铁路注记专有名称。电气化铁路注记有影响的悬吊线高和杆顶高。</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。材料注记在名称之后用括号括起来,如水(水泥)。主要公路以中心向两侧绘制投影线。</p>

# 附录 H 交叉跨越断面分图样图

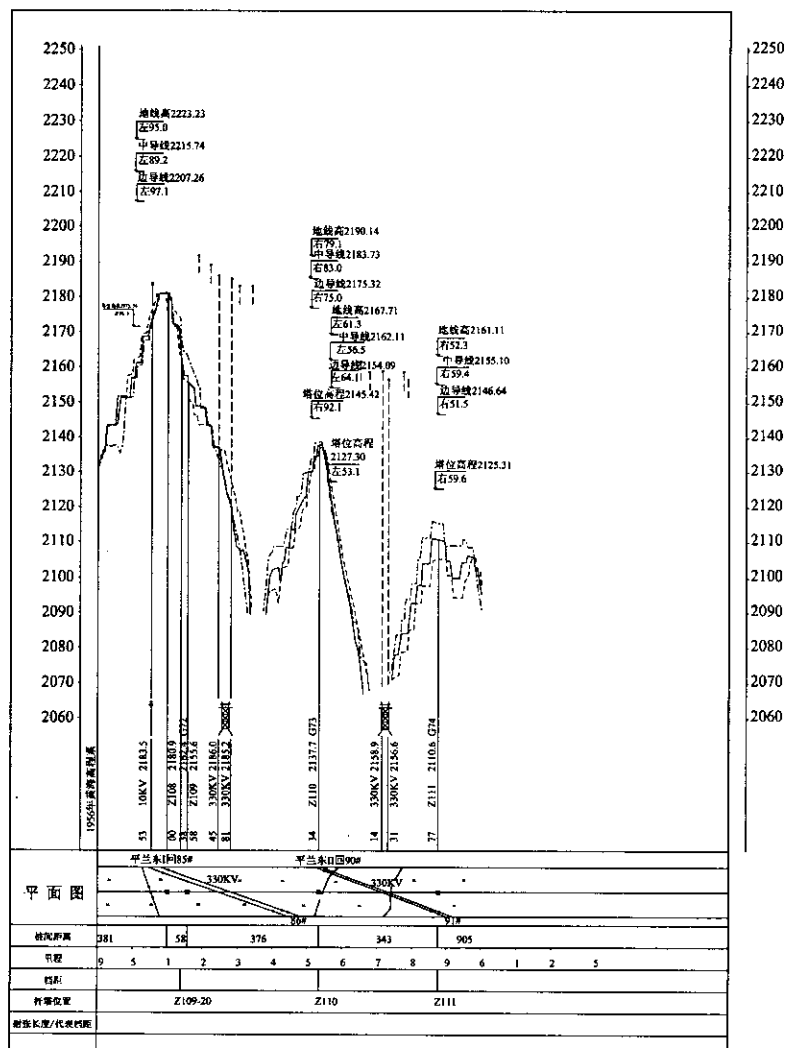


图 H 交叉跨越断面分图样图



## 附录 J 交叉跨越平面分图样图

**J.0.1** 采用表格式绘制交叉跨越平面分图应符合图 J-1 交叉跨越平面分图(表格式)的规定。

**J.0.2** 采用注记式绘制交叉跨越平面分图应符合图 J-2 交叉跨越平面分图(注记式)的规定。

G1655~G1656跨越张恩线500kV线路平面分图

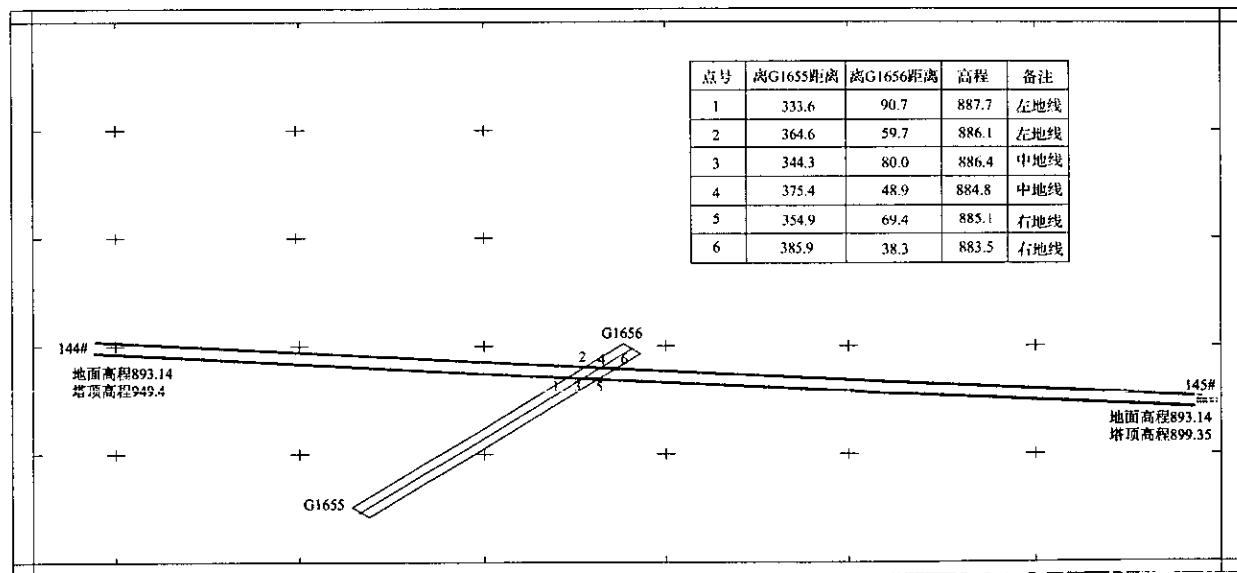


图 J-1 交叉跨越平面分图(表格式)样图

G238-G239跨越500kV宜华线平面分图

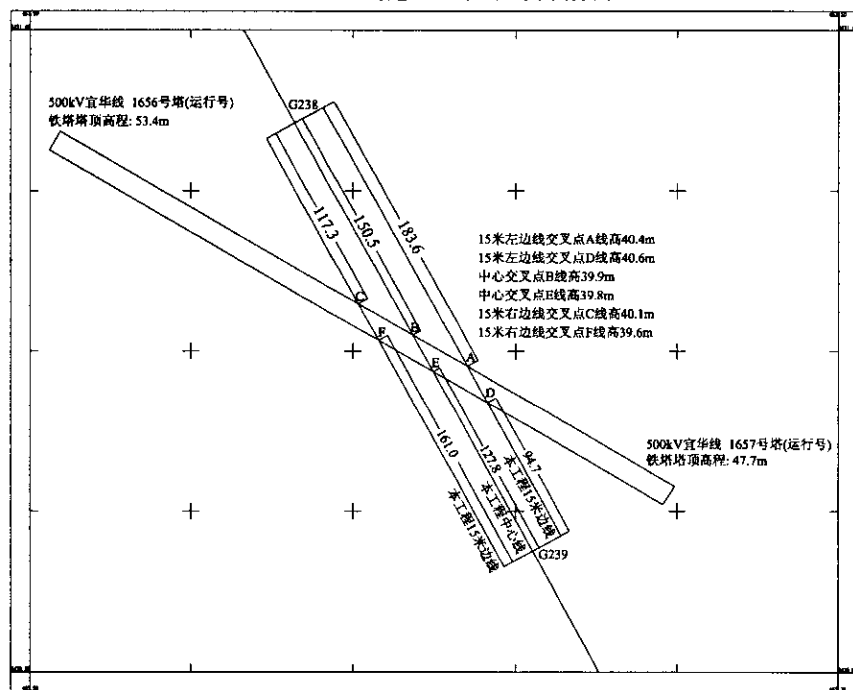


图 J-2 交叉跨越平面分图(注记式)样图

## 附录 K 塔基断面图样图

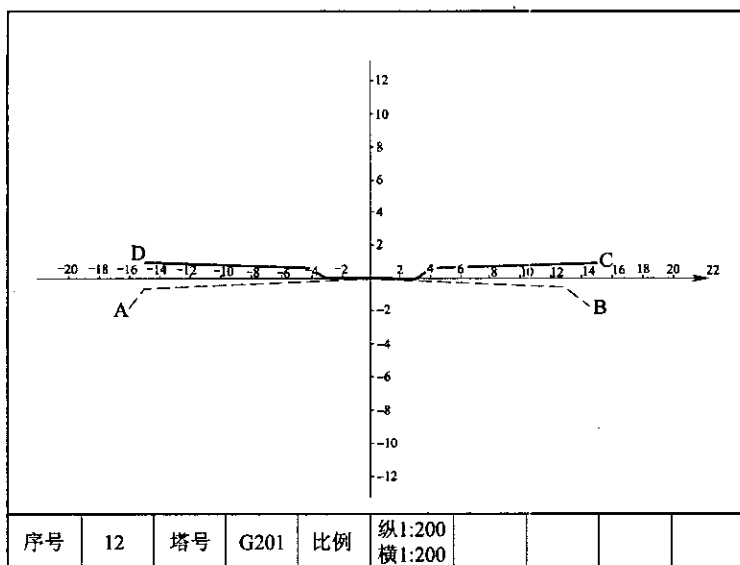


图 K 塔基断面图样图

# 附录 L 塔位地形图样图

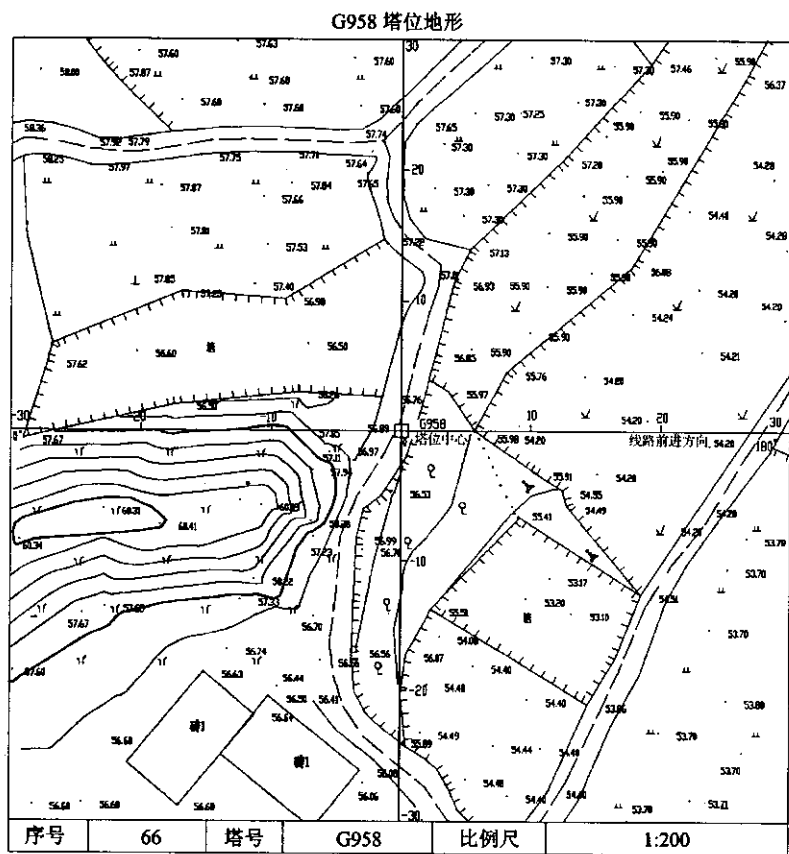


图 L 塔位地形图样图

# 附录 M 房屋分布图样图

房屋分布图 (G922-G923)

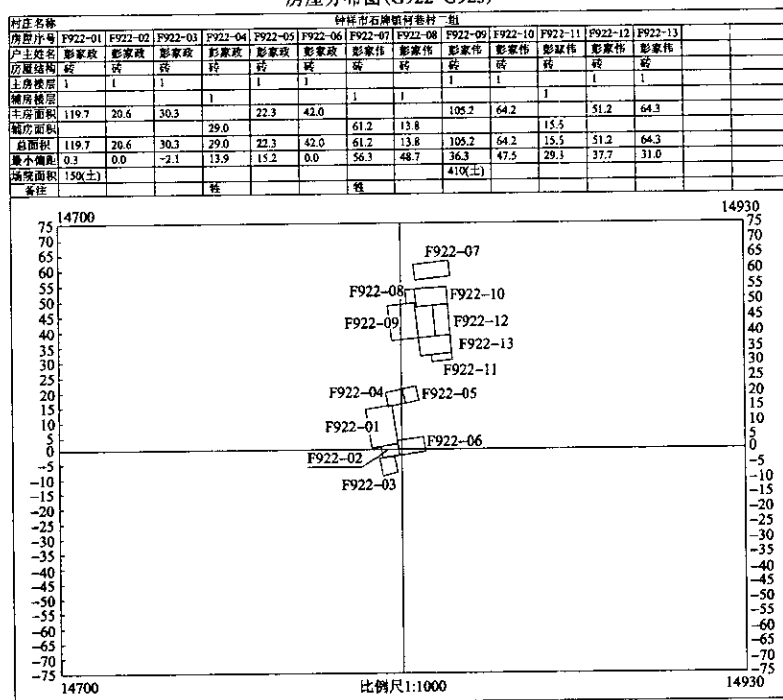


图 M 房屋分布图样图

# 附录 N 塔基水文条件一览表

表 N 塔基水文条件一览表

序号	地段名称 (水域、内 涝区、分蓄 洪区名称)	杆塔号及地面高程		设计洪水水位		设计内涝(分蓄洪)水位				通航水域			备 注
		杆塔 号	地面高程 (m)	频率 (%)	水位 (m)	频率 (%)	水位 (m)	水深 (m)	持续 时间 (d)	通航 等级	通航净空 高度 (m)	最高通 航水位 (m)	
1													
2													
3													

注:表内水位高程系统为线路高程。

## 附录 P 设计风速计算

**P. 0.1** 设计风速的计算应符合下列要求:

1 将不同风仪高度的风速统一至设计高度的风速,应按下式计算。

$$V_z = V_1 \left( \frac{Z}{Z_1} \right)^\alpha \quad (\text{P. 0.1-1})$$

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);

$Z_1$ ——风仪离地高度(m);

$\alpha$ ——地面粗糙度系数。

2 地面粗糙度系数可按表 P. 0.1-1 选用,表中地面粗糙度上限高度 A 类为 300m、B 类为 350m、C 类为 400m、D 类为 450m。气象台站在开阔平坦地区,地面粗糙度宜按 B 类考虑。

**表 P. 0.1-1 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

3 当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订正,统一为自记 10min 平均风速,次时订正应按下式计算。

$$V_{10\min} = a V_{T\min} + b \quad (\text{P. 0.1-2})$$

式中:  $V_{10\min}$ ——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 P.0.1-2 选用。

表 P.0.1-2 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 10 min 平均风速	东北	0.97	3.96
					华北	0.88	7.82
	西南	0.66	0.80		西北	0.85	5.21
					西南	0.75	6.17
	云南 贵州	0.70	-1.60		云南	0.625	8.04
					四川	1.25	0
	华南	0.73	-2.80		山东	0.855	5.44
					山西南、北部	0.834	7.40
	华东 华中	0.69	-1.38		山西中部	0.749	8.56
					华东及安徽长江以南	0.78	8.41
渤海 海面	0.75	1.00	安徽长江以北	1.03	3.76		
			江苏	1.184	1.49		
			华中	0.73	7.00		
			广东	1.00	3.11		
			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		

**P.0.2** 风速频率分析计算采用 P-Ⅲ型分布或极值 I 型分布,对特大值应作重现期分析处理。

**P.0.3** 设计风速的地形调整应符合下列规定:

1 气象站宜位于平地,山区设计风速应按工程实际情况通过



大风调查和对比观测分析移用气象站设计风速。山区风速调整可按下式计算。

$$V_0 = K_x V_q \quad (\text{P. 0. 3})$$

式中： $V_0$ ——山区设计风速(m/s)；

$K_x$ ——山区风速调整系数；

$V_q$ ——气象站设计风速(m/s)。

2 山区风速调整系数,宜采用实测资料分析成果;无实测资料可按表 P. 0. 3-1 选用。

表 P. 0. 3-1 山区风速调整系数

山区地形条件	调整系数
山间盆地、谷地等闭塞地形	0. 87~0. 92
与大风方向一致的谷口、山口	1. 10~1. 23

3 滨海设计风调整应符合下列规定：

1)沿海海面和海岛线路的设计风速,由陆地上气象站风速计算确定时,应作陆面与海面的调整换算,调整系数可按表 P. 0. 3-2 选用。

表 P. 0. 3-2 海面 and 海岛风速调整系数

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

2)滨海线路工程设计风速取值,不仅要作单站风速计算,还要作线路附近海岛、海岸各站的风速计算分析和大风调查,并考虑线路与台站的地形差异等影响风速的因素,经综合分析后确定设计风速。

## 附录 Q 设计冰厚计算

**Q.0.1** 单导线设计冰厚可按式 (Q.0.1-1) 计算, 亦可按式 (Q.0.1-2) 计算。

$$B = K_h K_T K_\phi K_l K_d K_j B_0 \quad (\text{Q.0.1-1})$$

$$B = K_h K_T K_\phi B_0 \quad (\text{Q.0.1-2})$$

式中:  $B$ ——设计冰厚(mm);

$B_0$ ——标准冰厚(mm);

$K_h$ ——高度换算系数;

$K_T$ ——重现期换算系数;

$K_\phi$ ——线径换算系数;

$K_l$ ——线路走向换算系数;

$K_d$ ——地形换算系数;

$K_j$ ——档距换算系数。

**Q.0.2** 根据实测冰重计算标准冰厚可按下式计算。

$$B_0 = \left( \frac{G}{0.9\pi L} + r^2 \right)^{0.5} - r \quad (\text{Q.0.2})$$

式中:  $B_0$ ——标准冰厚(mm);

$G$ ——冰重(g);

$\pi$ ——圆周率;

$L$ ——覆冰体长度(m);

$r$ ——导线半径(mm)。

**Q.0.3** 根据实测覆冰长短径计算标准冰厚可按下式计算。

$$B_0 = \left( \frac{\rho}{3.6} (ab - 4r^2) + r^2 \right)^{0.5} - r \quad (\text{Q.0.3})$$

式中:  $\rho$ ——实测或调查覆冰密度(g/cm<sup>3</sup>);

$a$ ——覆冰长径(包括导线)(mm);

$b$ ——覆冰短径(包括导线)(mm)。

**Q. 0.4** 根据调查或实测覆冰直径计算标准冰厚可按下式计算。

$$B_0 = \left( \frac{\rho}{0.9} (K_s R^2 - r^2) + r^2 \right)^{0.5} - r \quad (\text{Q. 0.4})$$

式中:  $R$ ——覆冰半径(包括导线)(mm);

$K_s$ ——覆冰形状系数,  $K_s = b/a$ 。覆冰形状系数应由当地实测覆冰资料计算分析确定, 无实测资料地区可参照表 Q. 0.4 选用。

**表 Q. 0.4 覆冰形状系数**

覆冰种类	覆冰附着物名称	覆冰形状系数
雨凇、雾凇	电力线、通信线	0.80~0.90
雨雾凇混合冻结	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: 小覆冰的形状系数靠下限选用; 大覆冰的形状系数靠上限选用。

**Q. 0.5** 有实测长短径资料可按式(Q. 0.5-1)计算密度; 有周长资料可按式(Q. 0.5-2)计算密度; 有横截面积资料可按式(Q. 0.5-3)计算密度。无实测资料时, 可分析借用邻近地区的实测导线覆冰密度资料; 对于借用覆冰密度资料有困难的地区, 覆冰密度可按表 Q. 0.5 选用。

$$\rho = \frac{4G}{\pi L(ab - 4r^2)} \quad (\text{Q. 0.5-1})$$

$$\rho = \frac{4\pi G}{L(I^2 - 4\pi^2 r^2)} \quad (\text{Q. 0.5-2})$$

$$\rho = \frac{G}{L(A - \pi r^2)} \quad (\text{Q. 0.5-3})$$

式中:  $I$ ——覆冰周长(mm);

$A$ ——包括导线的覆冰横截面积(mm<sup>2</sup>)。

表 Q.0.5 覆冰密度表

覆冰种类	雨 淞	雾 淞	雨雾淞混合冻结	湿 雪
密度 g/cm <sup>3</sup>	0.7~0.9	0.1~0.3	0.2~0.6	0.2~0.4

注：高海拔地区宜靠下限选用，低海拔地区宜靠上限选用。

### Q.0.6 设计冰厚换算系数计算应符合下列要求：

#### 1 高度换算系数可按式计算。

$$K_h = \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\alpha} \quad (\text{Q.0.6-1})$$

式中：K<sub>h</sub>——高度订正系数；

Z——设计导线离地高度(m)；

Z<sub>0</sub>——实测或调查覆冰附着物高度(m)；

α——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 调查最大覆冰厚度的估算重现期与设计重现期不同时，应作重现期换算，重现期换算系数可按表 Q.0.6 选用。

表 Q.0.6 重现期换算系数表

设计重现期年	调查重现期年							
	100	50	30	20	15	10	5	2
50	0.91	1.00	1.10	1.16	1.23	1.30	1.60	2.20
30	0.86	0.94	1.00	1.10	1.15	1.25	1.50	2.10

#### 3 线径换算系数应根据实测资料分析确定，无实测资料地区可按式计算：

$$K_{\phi} = 1 - 0.126 \ln \left( \frac{\phi}{\phi_0} \right) \quad (\text{Q.0.6-2})$$

式中：K<sub>φ</sub>——线径换算系数；

φ——设计导线直径(mm)；φ≤30mm；

φ<sub>0</sub>——覆冰导线直径(mm)。

## 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

- 《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025—2004
- 《工程测量规范》GB 50026—2007
- 《河流流量测验规范》GB 50179—93
- 《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112—87
- 《水位观测标准》GB/T 50138—2010
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999
- 《内河通航标准》GB 50139—2004
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266—1999
- 《冻土工程地质勘察规范》GB 50324—2001
- 《经纬仪系列及基本参数》GB 3161—1982
- 《水准仪系列及基本参数》GB 3160—1991
- 《中、短程光电测距规范》GB/T 16818—2008
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008

中华人民共和国国家标准

330kV~750kV 架空输电线路勘测规范

**GB 50548-2010**

条文说明

# 制 定 说 明

## 一、本规范编制遵循的主要原则

符合国家的有关法律和行政法规的规定;符合贯彻落实科学发展观的要求,贯彻执行国家的技术、经济政策,密切结合自然条件,做到技术先进、经济合理、安全适用、资源节约、环境友好;充分反映近年来西电东送、南北互供、全国联网 330kV~750kV 架空输电线路工程勘测积累的成熟且行之有效的经验、应用的科技成果以及业主、设计、施工、运行的新要求;在全国范围内统一 330kV~750kV 架空输电线路工程勘测的质量要求,加强电力抗灾能力建设,确保为设计、施工和运行提供准确可靠的设计依据和基础资料,满足 330kV~750kV 架空输电线路工程建设的需要。

## 二、编制工作概况

本规范从 2006 年 8 月召开编制工作筹备会开始到 2008 年 12 月完成报批稿,经历了准备阶段、征求意见阶段、送审阶段和报批阶段四个阶段的编制工作。

### (一)准备阶段的工作

召开编制组第一次工作会议,重点讨论了中南电力设计院起草的编制工作大纲,确定了主要章节及需要调研的专题,讨论了章节的内容要点,明确了编制组成员分工。

### (二)征求意见阶段的工作

1. 开展调查研究工作,编制组根据审定的编制工作大纲开展调查研究工作。中南电力设计院等 4 个编制单位负责专题调研的编制人对 7 个主要问题分别进行了调研和资料搜集,撰写了 7 份调查研究报告。调研和搜集资料的对象共 26 个单位,包括电力勘测设计、建筑设计、测绘、气象,这些调查对象具有代表性和典型



性。2008年初发生了南方低温雨雪冰冻天气灾害,编制组及时开展了线路气象设防标准的专题调研工作,撰写了《2008年南方雪灾对电网的影响以及提高输电线路气象设防标准的研究》专题报告。这些都为本规范的制定提供了可靠的依据。

2. 广泛征求意见,2007年5月31日,将征求意见稿上传至国家工程建设标准化信息网,在全国范围广泛征求意见。同时,在电力行业电力规划设计系统有重点的征求意见,包括业主单位国家电网公司、南方电网公司以及电力勘测设计单位福建省电力勘测设计院等42个单位。

### (三)送审阶段的工作

1. 归纳整理所搜集到的意见并形成“征求意见汇总表”。

2. 召开送审稿审查会,中国电力企业联合会标准化中心、电力行业电力规划设计标准化技术委员会和电力勘测、设计等26个单位的57名代表参加了会议。

### (四)报批阶段的工作

根据送审稿审查会议会议纪要共37条审查意见,逐条修改送审稿及其条文说明,形成报批稿及其条文说明。

## 三、重要问题说明

1. 本规范采纳了电力行业标准《500kV架空输电线路勘测技术规程》DL/T 5122—2000及《架空输电线路航空摄影测量技术规程》DL/T 5138—2001的相关条文,与其比较,主要有如下变化:

(1)在初步设计、施工图设计阶段的基础上增加了可行性研究阶段勘测技术要求。

(2)在测量、岩土工程勘察、工程水文勘测三个专业内容的基础上增加了工程气象勘测专业的内容。工程气象勘测侧重于气象要素的调查、观测、分析计算,对分析成果的评价及推荐意见。

(3)新技术成果、新经验的应用:“3S”系统在超高压输电线路中的应用技术研究成果、实时动态定位技术在输电线路测量中的

应用研究成果;卫星遥感影像技术、数字高程模型技术、激光扫描测量、航测相机 DMC 测量等数字摄影测量技术、全球定位系统技术、三维数字模型路径优化、线路勘测设计流程优化、RTK GPS 技术在落实线路路径、定线、平断面测量、定位的应用;冻土、红黏土、风化岩与残积土、混合土、地震液化的勘察;水文测验、溃堤溃坝洪水、滨海、河口水文分析计算、海床演变分析计算的新经验。

(4)业主、设计、施工的新要求:塔位地形测量、房屋分布图测量、塔位坐标测量、林木分布测量等。

(5)项目建设核准制的要求:地质灾害危险性评估、压覆矿产评估、地震安全性评价、压覆文物评估以及防洪评价的要求。

(6)勘察方法:调查测绘、遥感解译、工程物探、勘探与测试。

(7)线路勘测应遵守的法律法规条文予以明确,对勘测过程中应注意的相关行业管理细则予以提示。

2. 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,《330kV~750kV 架空输电线路勘测规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,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作了解释。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 .....	(169)
2	术语和符号 .....	(170)
2.1	术语 .....	(170)
3	基本规定 .....	(171)
3.1	测量 .....	(171)
3.2	岩土工程勘察 .....	(173)
3.3	工程水文勘测 .....	(173)
3.4	工程气象勘测 .....	(175)
4	可行性研究阶段测量 .....	(177)
4.2	室内工作 .....	(177)
4.3	现场工作 .....	(178)
5	初步设计阶段测量 .....	(179)
5.1	一般规定 .....	(179)
5.2	室内选择路径方案 .....	(179)
5.3	现场选择路径方案 .....	(179)
5.4	航空摄影 .....	(179)
5.5	GPS 主控网的建立及 GPS 航测外控 .....	(185)
5.6	像片调绘 .....	(188)
5.7	航片扫描 .....	(190)
5.8	空中三角测量 .....	(190)
5.9	建立路径三维数字模型 .....	(191)
5.10	三维数字模型路径优化 .....	(191)
5.11	提交的成品资料 .....	(192)
6	施工图设计阶段测量 .....	(193)

6.1	一般规定 .....	(193)
6.2	选线测量 .....	(193)
6.3	定线测量 .....	(195)
6.4	桩间距离和高差测量 .....	(205)
6.5	平面及高程联系测量 .....	(206)
6.6	平面及断面测量 .....	(207)
6.7	交叉跨越测量 .....	(211)
6.8	定位与检验测量 .....	(211)
6.9	塔基断面及塔位地形测量 .....	(213)
6.10	房屋分布图测量 .....	(214)
6.11	塔位坐标测量 .....	(214)
6.12	林木分布测量 .....	(214)
6.13	接地极址测量 .....	(215)
6.14	提交的成品资料 .....	(216)
7	可行性研究阶段岩土工程勘察 .....	(217)
8	初步设计阶段岩土工程勘察 .....	(218)
9	施工图设计阶段岩土工程勘察 .....	(219)
9.1	一般规定 .....	(219)
9.2	平原与河谷地区勘察 .....	(219)
9.3	山地丘陵区勘察 .....	(221)
10	岩土工程勘察方法 .....	(222)
10.1	工程地质调查 .....	(222)
10.2	遥感解译 .....	(222)
10.3	工程物探 .....	(223)
10.4	勘探及测试 .....	(223)
11	特殊岩土分布区岩土工程勘察 .....	(224)
11.1	湿陷性黄土 .....	(224)
11.2	冻土 .....	(224)
11.3	软土 .....	(225)

11.4	膨胀岩土 .....	(225)
11.5	红黏土 .....	(227)
11.6	填土 .....	(228)
11.7	风化岩与残积土 .....	(228)
11.8	盐渍土 .....	(229)
11.9	混合土 .....	(229)
12	特殊地质条件岩土工程勘察 .....	(231)
12.1	岩溶与洞穴 .....	(231)
12.2	滑坡 .....	(232)
12.3	崩塌与倒石堆 .....	(233)
12.4	冲沟 .....	(234)
12.5	泥石流 .....	(235)
12.6	地震液化 .....	(235)
12.7	采空区 .....	(236)
13	原体试验 .....	(238)
13.1	一般规定 .....	(238)
13.2	基桩原体试验 .....	(238)
13.3	锚杆基础和原状土基础试验 .....	(239)
13.4	原体试验成果编制 .....	(239)
14	基坑检验 .....	(240)
15	岩土工程勘察成果 .....	(241)
15.1	一般规定 .....	(241)
15.2	可行性研究阶段 .....	(241)
15.3	初步设计阶段 .....	(242)
15.4	施工图设计阶段 .....	(242)
16	可行性研究阶段工程水文勘测 .....	(243)
16.1	一般规定 .....	(243)
16.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(243)
16.3	勘测成果 .....	(243)

17	初步设计阶段工程水文勘测 .....	(245)
17.1	一般规定 .....	(245)
17.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(245)
17.3	勘测成果 .....	(245)
18	施工图设计阶段工程水文勘测 .....	(247)
18.1	一般规定 .....	(247)
18.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(248)
18.3	勘测成果 .....	(251)
19	水文查勘 .....	(252)
19.1	一般规定 .....	(252)
19.2	人类活动影响调查 .....	(252)
19.3	洪涝调查 .....	(252)
19.4	河床演变调查 .....	(253)
19.5	冰情及河流漂浮物调查 .....	(253)
19.6	特殊地区水文调查 .....	(254)
20	水文分析计算 .....	(255)
20.1	一般规定 .....	(255)
20.2	天然河流设计洪水 .....	(256)
20.3	水库上下游设计洪水 .....	(257)
20.4	溃堤溃坝洪水 .....	(257)
20.5	冰情洪水 .....	(263)
20.6	特殊地区洪水 .....	(264)
20.7	设计洪水位 .....	(265)
20.8	设计流速 .....	(265)
20.9	滨海、河口水文分析计算 .....	(266)
21	河(海)床演变分析 .....	(275)
21.1	一般规定 .....	(275)
21.2	河床演变分析 .....	(275)
21.3	海床演变分析 .....	(275)

22	可行性研究阶段工程气象勘测 .....	(277)
22.1	一般规定 .....	(277)
22.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(277)
22.3	勘测成果 .....	(277)
23	初步设计阶段工程气象勘测 .....	(278)
23.1	一般规定 .....	(278)
23.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(278)
23.3	勘测成果 .....	(278)
24	施工图设计阶段工程气象勘测 .....	(279)
24.1	一般规定 .....	(279)
24.2	勘测内容深度与技术要求 .....	(279)
24.3	勘测成果 .....	(279)
25	气象调查 .....	(280)
25.1	一般规定 .....	(280)
25.2	大风调查 .....	(280)
25.3	覆冰调查 .....	(281)
25.4	主导风向调查 .....	(282)
25.5	专用气象站与观测 .....	(282)
26	气象分析计算 .....	(284)

# 1 总 则

**1.0.1** 制定本标准的目的。330kV~750kV 架空输电线路的电压等级范围指 330kV、500kV、750kV 交流以及  $\pm 400\text{kV}$ 、 $\pm 500\text{kV}$ 、 $\pm 660\text{kV}$  直流架空输电线路。

**1.0.2** 本标准适用范围。适用电压等级为 330kV、500kV、750kV 交流以及  $\pm 400\text{kV}$ 、 $\pm 500\text{kV}$ 、 $\pm 660\text{kV}$  直流架空输电线路；适用工程建设性质为新建、改建工程；适用勘测阶段为可行性研究阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段勘测；适用专业为测量、岩土工程勘察、工程水文勘测、工程气象勘测。不适用于架空输电线路大跨越工程勘测。

**1.0.3** 勘测阶段与设计阶段划分的关系，勘测阶段的划分应与设计阶段相适应。

**1.0.4** 本条为强制性条文。工程勘测所使用的计量仪器、设备，是指“国家依法管理的计量器具目录”中所列的相关仪器设备；对所使用的专业应用软件，强调了应经过鉴定或验证。工程勘测所使用的计量仪器、设备是获取勘测原始资料的重要工具，必须通过定期检验，确保工程勘测所使用的计量仪器、设备状态良好。工程勘测所使用的专业应用软件是工程勘测分析计算重要基础，必须通过鉴定或验证，确保所使用的专业应用软件是正确可靠的。

**1.0.5** 根据勘测野外现场工作的特点，强调了工程勘测第一手资料的真实和准确。所搜集的引用资料应经过验证，主要是强调对于所引用资料正确性的验证。

**1.0.7** 在执行本规范时，与国家现行有关标准的规定间的关系。



## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

**2.1.19** 基于岩土体的不均匀性、不确定性和目前的勘察技术水平,在施工图设计阶段勘察过程中,难以查明复杂场地或复杂地基的工程地质条件;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要求的需要。施工勘察即指在施工期间,针对具体的杆塔,为查明施工图设计阶段难以查明的工程地质条件,或者为满足某些特殊要求而进行的勘探、监测、分析、评价和编制勘察文件的活动。包括复杂场地的施工超前勘探和地质预报、施工地质编录以及杆塔基础和地基的变形监测。施工勘察不是一个固定的勘察阶段,视工程需要而定。

## 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、激光扫描测量技术都是应用 330kV~750kV 架空输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上应是一致的,只是表述的方式有差别。测量规范除对产品精度规定外,还对采用不同的技术中的工序、图形、操作方法都有要求。由于激光扫描测量技术完成的测量产品理论上能满足本规范的要求,但由于目前应用的工序、操作方法、过程控制还不成熟,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,从试点、逐步推广到普及。

卫星定位测量: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”简称 GPS 测量,它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** 各阶段的 GPS 测量采用统一的平面和高程系统既方便测量专业本身在一个工程中的数据方便利用,也使用户(电气、水文、岩土等专业、施工单位)使用方便。很多线路工程路径长度几百千米,导致高斯投影变形很大(特别是东西方向的线路),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很麻烦。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。

**3.1.3** 平面图宽度测量范围是以设计专业对 330kV、500kV 和 ±400kV、

±500kV 与 ±660kV、750kV 架空输电线路工程的不同要求而确定的。

**3.1.4** 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。尽量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。

**3.1.5** 分别规定了全站仪或经纬仪直接定线和 GPS 定线的直线性精度、桩间距离的精度指标。规定了直线桩、塔位桩的高程精度指标。全站仪或经纬仪直接定线的直线性精度、桩间距离精度是以传递桩为衡量对象。GPS 定线的直线性精度、桩间距离的精度指标是以相邻直线桩或相邻塔位桩为衡量对象。直线桩、塔位桩的高程精度也是以相邻直线桩或相邻塔位桩为衡量对象。

坐标中误差是指真坐标与测量最或然坐标值的差值之平方和的平方根。相邻直线桩或相邻塔位桩的相对坐标中误差是指桩间相对位置的中误差。限差是指在一定观测条件下规定的测量误差的限值。限差宽度是容许的上、下限之间差数的绝对值。

**3.1.6** 对使用 GPS 进行平面坐标的联系测量、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。

**3.1.7** 对 GPS 测量布设直线桩的要求进行了规定。对基准站的选择、观测方法作出了要求。

**3.1.8** 一条线路统一线路前进方向和顺线路前进方向递增,使得累距和桩号有规律,做到不混乱。特别是一条线路分多段作业时,很有必要。线路前进方向一般是从起点面向迄点的方向为前进方向。

**3.1.9** 根据线路工程的不同环境状况选择相适应的测量方法和测量仪器设备,执行相对应的精度指标,控制产品质量,优化工序设置,执行相应的技术要求可以提高工效。

**3.1.10** 测距仪、经纬仪、水准仪的分级都是执行相应的国家标

准。高级别的仪器能替代低级别的仪器应用。全站仪的级别分别按其测距的精度指标按测距仪的分级规定,其测角的精度指标按经纬仪的分级规定。

### 3.2 岩土工程勘察

**3.2.2** 施工勘察不包括在施工图设计阶段岩土工程勘察之内,一般在线路工程施工过程中进行。对于岩溶发育场地、矿产采空区、人工填土分布场地、地下工程布置场地、岩脉和花岗岩中球状风化体分布区等,由于其地基条件复杂,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地基条件,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、监测、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,施工图设计阶段岩土工程勘察成果也难以满足特殊要求的需要,在施工期间,应针对具体的要求进行勘探、监测、分析、评价和编制勘察文件。

**3.2.3** 采空区移动盆地活动地带、岩溶强烈发育地带、滑坡地带地基稳定有其各自的独特性,沙漠地带勘察、多年冻土地带勘察积累的经验不多,在这些地区勘察投入大、耗时多,分析、评价理论上还处于研究探索的过程中,按照常规勘察不能满足工程建设的要求,应根据工程建设的需要进行专项研究。

**3.2.4** 输电线路施工图设计阶段的岩土工程勘察与杆塔所在场地的复杂程度和地基复杂程度关系密切,根据已有的工程经验,复杂程度的划分遵照现行的《岩土工程勘察规范》GB 50021 是合适的。

### 3.3 工程水文勘测

**3.3.1** 本条指出工程水文勘测设计的任务,一是使水文勘测设计成果科学、经济合理,二是要保证工程在设计条件下安全运行。

**3.3.2** 本条为强制性条文。防洪安全是架空输电线路工程安全运

行的重要影响因素,工程设计时必须严格按照《防洪标准》GB 50201中有关高压和超高压输配电的等级和防洪标准的要求执行。

《防洪标准》GB 50201—94 第 7.0.5 条规定了高压和超高压输配电的等级和防洪标准,见表 1。330kV 及以上等级输电线路工程的防洪标准不得低于 100 年一遇设计洪水标准,此条标准与现行国家防洪标准保持一致。

表 1 高压和超高压输配电的等级和防洪标准

等级	电压(kV)	防洪标准 [重现期(年)]	备 注
I	≥500	≥100	±500kV 及以上的直流输电设施的防洪标准按 I 等采用
II	500~110	100	
III	110~35	100~50	
IV	35	50	

3.3.3 通航河流、湖泊、水库的最高通航水位是架空输电线路工程设计必须考虑的重要水文条件,直接影响航道的正常运行。国家为规范跨河建筑物的设计、建造制定了《内河通航标准》GB 50139。《内河通航标准》GB 50139—2004 关于天然河流设计最高通航水位的洪水重现期之规定见表 2。跨越海湾时必须执行国家有关海域通航标准。对出现高于设计最高通航水位历时很短的山区性河流,III 级航道洪水重现期可采用 10 年;IV 级和 V 级航道可采用 5 年~3 年;VI 级和 VII 级航道可采用 3 年~2 年。

表 2 天然河流设计最高通航水位的洪水重现期

航 道 等 级	洪水重现期(年)
I ~ III	20
IV、V	10
VI、VII	5

3.3.4 本条规定架空输电线路工程勘测设计时应遵守国家和有关行业行政法规,开展必要的专题论证(如防洪评价、通航安全论

证、海域使用论证等),以保证线路工程的勘测设计方案有法可依,科学可行。线路工程的勘测设计、施工运行均应符合国家和行业行政主管部门的相关法律法规。

**3.3.6** 本条规定水文分析计算必须对引用的原始资料或成果文件进行“三性”检查,对最终计算的成果进行合理性分析。

水文基本资料是洪水分析计算的基础,应当根据流域自然地理特性、工程特点及设计洪水计算方法,搜集整理有关资料。一类是流域自然地理特性与产汇流有关的河道特征资料,如流域及工程地理位置、流域面积、河长、坡度、植被、土壤特性等;另一类是分析计算设计洪水所直接引用的资料,如暴雨洪水资料、产汇流分析成果等。

### 3.4 工程气象勘测

**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,具有一定的误差。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,对成果综合比较,最后合理选用数据。

**3.4.4** 输电线路防御气象灾害的设计重现期标准,在《110kV~500kV 架空输电线路设计技术规程》DL/T 5092—1999 与《电力工程气象勘测技术规程》DL/T 5158—2002 中,330kV 线路为 15 年一遇,500kV 线路为 30 年一遇。已建 750kV 线路也为 30 年一遇。根据我国已建线路的实际运行情况,特别是 2008 年我国南方发生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,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讨论,综合以上成果,本规范对线路设防气象灾害的标准做了适当提高。

**3.4.6** 本条为强制性条文。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,对重冰区线路的覆冰条件开展专题论证是必须的。专题论证内容视覆冰的复杂程度及线路建设工期要求等情况确定,一般应开展如下工作:

- 1 选择有代表性的地点进行覆冰观测;
- 2 大覆冰期间沿线踏勘,查明微地形微气候重冰段;
- 3 区域历史覆冰灾害调查搜集资料;
- 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 线路设计冰厚的分析计算与沿线冰区划分;
- 7 编写专题论证报告。

**3.4.7** 大量的冰害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,交通极差,线路经过类似地形段,运行维护困难,一旦出现冰害事故,抢修极为困难。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。据不同重现期标准冰厚的分布规律:重现期30年的标准冰厚增加10%后,大约相当于重现期50年的标准冰厚;重现期50年的标准冰厚增加10%后,大约相当于重现期100年的标准冰厚。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。

## 4 可行性研究阶段测量

### 4.2 室内工作

**4.2.1** 本条中所列的均为国家基本比例尺地形图,其中比例尺为1:50000和1:100000的地形图在架空输电线路可行性研究阶段勘测设计中比较常用。

**4.2.2** 卫星遥感影像、航摄像片、数字高程模型等一些基础测绘资料近年来越来越多地得到应用。卫星遥感影像的多光谱、高现势性、高覆盖等一些特性,非常适合于各种工程建设不利因素的判释、避让和路径的大范围、多方案比选;目前,国家测绘局系统为测制1:10000和1:50000基本比例尺地形图而摄取的航片,可作为一种重要的资料来源。利用航摄像片建立的线路走廊三维模型,是一个直观、准确、高效的数字化选线平台,可方便地进行拆迁、林木等的统计,地形数据的输出;数字高程模型在地形表示、路径断面的快速截取方面亦有较大优势。

**4.2.5** 目前格网间距为25m的数字高程模型已覆盖我国大部分区域。此种资料是根据1:50000地形图矢量化加密处理生成,按1:50000地形图图幅分幅。另外,亦有其他部门根据自身需要从1:10000地形图矢量化或用航测等手段生成的数字高程模型。由于矢量化及后续处理软件的不同,存在不同的数字高程模型格式。使用时应根据需要进行格式转换。

**4.2.6** 利用搜集的数字高程模型可进行线路的断面分析,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,满足本阶段需要。



### 4.3 现场工作

**4.3.2** 现场工作的重点是核实可能影响路径成立的关键位置和地段,判断相对位置,进行调绘、修测和补测。工作方法以地形图(或影像图)图面判读、手持 GPS 测量为主。

**4.3.3** 对路径有影响的地物一般包括重要建筑物、污秽源、爆炸源、通信设施、重要交叉跨越等,地貌包括冲沟、溶洞、滑坡、塌方等。

## 5 初步设计阶段测量

### 5.1 一般规定

5.1.1 对初步设计阶段测量的内容、方法进行了阐述。

### 5.2 室内选择路径方案

5.2.1~5.2.3 室内选择路径方案时,应首先了解清楚可行性研究设计阶段审查所确定的路径方案,基于可行性研究阶段对线路沿线情况的了解和掌握,通过提供更多的信息和手段支持,配合设计专业对路径进一步细致选择。

### 5.3 现场选择路径方案

5.3.1~5.3.8 现场选择路径方案时,应尽量利用前一阶段现场测量成果,但对路径变化较大的区段应细致地踏勘。现场测量的一些成果可在路径图中表示,表示不清楚时,可制成专门的图件单独表示。

### 5.4 航空摄影

5.4.1 线路测量采用航空摄影测量技术,是以优化路径、降低工程造价为目标。为了尽可能使线路航测优化路径,降低工程造价的优越性得到充分发挥,航空摄影工作一般在初步设计阶段展开。初步设计审查之前一般要进行路径方案审查,航空摄影宜在路径审查后进行。航空摄影后开展外控、调绘工作作为初步设计阶段测量和施工图阶段测量提供工序成果。

5.4.2 航空摄影时,对以转角段连接成的线路路径走廊,通常是采用单航线摄影方式,即由各航线段衔接成为折线型延长的带状

摄影。当有比选方案时,则根据主方案与比选方案之间位置关系,并顾及航空摄影和以后成图的方便及其工量等进行综合考虑,以确定是采用单航线摄影方式对主方案和比选方案分别进行摄影,还是一并采用区域网摄影方式进行。在路径方案选择困难和变电站、换流站线路密集区域也可采用区域网摄影方式一并进行。划分航线段,主要是考虑一个航线段内能覆盖几个转角段的问题。当拟定数个转角段为一条航线段所覆盖时,应考虑到对路径调整的裕度问题。如果线路路径中线或者转角点距像片边缘太近,路径优化时,很可能把路径调整到像片范围之外。

**5.4.3** 一般可采用两种途径取得测区的航摄像片资料,即委托专门航空摄影和搜集、利用已有的航摄像片资料。

**5.4.8** 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些。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建区非常有利,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些。因此,它不利于山区而有利于平地丘陵地区。

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) 平地丘陵地区,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,

平地丘陵地区应当采用宽角或特宽角摄影。

#### 5.4.9 由像片比例尺(1:M)计算公式:

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

可知,像片比例尺分母  $M$ ,是由摄影主距  $f_k$  和摄影航高  $H$  所确定。

1 摄影航高的选定。航空摄影时,允许的最低航高是飞机离开摄区最高地面的安全航高(通常为 600m 以上),再加上摄区最大高差的一半。假如一个航线段有 800m 高差,则其允许的最低航高应为 1000m。另外,从飞机飞行的稳定性来说,航高在 1000m ~ 4000m 其飞行稳定性较好。因此,即使航线段高差再小,其航高也应选择在 1000m 以上。

2 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:

$$m_h = \pm 1.22 \frac{H}{b} m_q \quad (2)$$

式中:  $H$ ——摄影航高(m);

$b$ ——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(2)式,可得  $m_h$  估值如下:

$$\begin{aligned} m_h \text{ 平地} &= \pm H/4918 \approx H/4900 \\ m_h \text{ 丘陵} &= \pm H/4372 \approx H/4400 \\ m_h \text{ 山区} &= \pm H/4044 \approx H/4000 \\ m_h \text{ 高山} &= \pm H/3770 \approx H/3800 \end{aligned} \quad (3)$$

平地丘陵地区,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  $f_k=210\text{mm}$ 。再顾及(1)式,则由(3)式可得出航测高差精度  $m_h$  与摄影比例尺分母  $M$  的关系,如表3所示。

表3 高差精度指标及摄影比例尺选择范围表

$f_k = 152\text{mm}$	摄影比例尺分母 $M$	8000	10000	12000	14000	15000	16000	18000
	摄影航高 $H(\text{m})$	1216	1520	1824	2128	2280	2432	2736
	$m_h$ 平地(m)	0.25	0.31	0.37	0.43	0.47	0.50	0.56
	$m_h$ 丘陵(m)	0.28	0.35	0.41	0.48	0.52	0.55	0.62
	$m_h$ 山区(m)	0.30	0.38	0.46	0.53	0.57	0.61	0.68
	平丘地区高差精度指标及 $1:M$ 范围	$m_h$ 平丘 $= \pm 0.5\text{m}$ $1:8000 \sim 1:14000$				—		
	山区高差精度指标及 $1:M$ 范围	—		$m_h$ 山区 $= \pm 0.6\text{m}$ $1:12000 \sim 1:15000$			—	
$f_k = 210\text{mm}$	摄影比例尺分母 $M$	8000	10000	12000	14000	15000	16000	18000
	摄影航高 $H(\text{m})$	1680	2100	2520	2940	3150	3360	3780
	$m_h$ 山区(m)	0.42	0.52	0.63	0.74	0.79	0.84	0.94
	$m_h$ 高山区(m)	0.44	0.55	0.66	0.77	0.83	0.88	0.99
	山区高差精度指标及 $1:M$ 范围	—	$m_h$ 山区 $= \pm 0.6\text{m}$ $1:10000 \sim 1:12000$		—	—	—	—
	高山区高差精度指标及 $1:M$ 范围	—	$m_h$ 山区 $= \pm 0.8\text{m}$ $1:10000 \sim 1:14000$		—	—	—	—

由表3可知:

1) 平地丘陵地区,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。其相应的摄影航高为  $216\text{m} \sim 2128\text{m}$ ,符合平地丘陵地区飞行航高的要求。其相应的高差中误差  $m_h$  最大值为  $\pm 0.48\text{m}$ ,满足平地丘陵地区高差精度指标  $\pm 0.5\text{m}$  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  $1:12000 \sim 1:15000$ , 相应航高为  $1824\text{m} \sim 2280\text{m}$ ,  $m_h$  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, 其航高皆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。

#### 5.4.13 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, 将欲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, 则地物点的构像就会产生移位, 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。

#### 5.4.14 规定了有关航摄成果检查、验收的工作程序和要求:

1 航摄执行单位,按有关航空摄影规范和摄区合同的规定对航摄底片、像片、像片索引图、各类记录数据和表格等全部成果资料,逐项进行认真的检查,并详细填写检查记录手簿。

2 航摄执行单位,根据航摄资料移交和摄区合同规定,将全部成果资料整理齐全,移交航摄委托单位代表验收。

3 航摄委托单位代表,以有关航空摄影规范和摄区合同为依据,对全部成果资料进行验收。验收合格后,双方在移交书上签字,并办理移交手续。

4 对航摄资料的飞行质量、摄影质量及摄影处理质量进行检查验收时,凡是摄区合同和本规范第 5.4.9 条~第 5.4.12 条中有明确质量指标的,应按规定执行。检查验收人员不得自行放宽限差,降低质量标准。在执行规范和摄区合同各项规定的前提下,对航摄过程中确系难以预见的客观原因或某种特殊情况所造成的局部质量问题,应从综合经济效益考虑,充分协商,灵活处理。

5.4.15 本条文规定了提交航摄资料的内容,应包括航摄底片、透明正片及像片、像片索引图底片及像片、航摄仪数据及鉴定表、航摄成果质量鉴定表、航摄资料移交书、航摄质量验收报告等七部分。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  $4\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。东西方向飞行时,片号应编在相应于实地的西北角上;南北方向飞行时,片号应编在相应于实地的东北角上。片号应尽量靠近像幅边缘,但又不得压盖框标。号码应包括摄区代号及底片片号,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,卡片上注明筒号、图号、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、摄区代号、分区编号、底片卷号、所在图幅编号、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 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:摄区代号、所在的图幅编号、航线序号和每条航线的起止片号、片数及总片数。

4 像片索引图的幅面一般为  $25\text{cm} \times 30\text{cm}$ 。图内应注出较大的城镇、河流等主要地物的名称;图外应标明所在的  $1:10000$  或  $1:50000$  的图幅号、摄区代号、航摄年月;航摄比例尺和制作者、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。

## 5.5 GPS 主控网的建立及 GPS 航测外控

5.5.1 GPS 主控网点位应选在靠近路径、交通方便、视野开阔、符合 GPS 接收条件的位置。在  $15^\circ$  截止高度角以上空间不宜有障碍物,为了确保在山区 RTK 电台信号不被高山所遮挡,也可以将主控网控制点布设在开阔的山头。

GPS 主控制网相邻两个主控网点之间距离不应大于  $10\text{km}$ 。也就是说两个基准站点之间的最大距离不应超过  $10\text{km}$ 。

5.5.2 输电线路测量对于平面及高程的精度要求不是很高,所以采用 GPS 测量的较低精度指标,达到既满足精度要求,又可以减少野外作业时间,以提高工效。本条表 5.5.2-1 和表 5.5.2-2 对 GPS 网相邻点间弦长和大地高差精度要求的规定,是采用国家 D 级和 E 级相关 GPS 测量精度指标,这样的精度等级,对于线路测量而言是足够的。

5.5.3 为求定 GPS 主控网点在某一参考坐标系中坐标,应与该参考坐标系中原有控制点联测,联测的点数不得少于 3 点。

联测点位应分布均匀,且能控制本控制网。当线路工程 GPS 主控制网根据实际情况采用 1954 年北京坐标系或 1980 西安坐标系或地方坐标系时,进行坐标转换。

与国家控制点连接从两方面考虑:一方面是从统一测量资料



来要求;另一方面是建立 GPS 首级控制网以后,GPS 测量资料可以长久使用。

**5.5.4 输电线路 GPS 高程系统**,概念上仍要归结为正常高系统。当桩间距离小于 5km 时,采用大地高差进行推算,这是近似正常高系统。当搜集到本地区高程异常值变化大,而距离传递又大于 10km 以上时,就应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,全线进行拟合改正。

当输电线路跨越河流、湖泊、水库、水淹区及河网地段等,需要进行有关水位及其痕迹高程的测定,因此应采用国家高程系统。

高程系统根据实际情况宜采用 1956 年黄海高程系或 1985 国家高程基准。

**5.5.5 GPS 控制点附近**宜用红白相间的小旗等作标识,目的是为了警示,不被破坏和便于寻找使用。

**5.5.6 像片控制点**在像片上的位置要求,这些规定与国家标准的规定相一致。条文中所规定的数值是相对于 23cm×23cm 像幅的像片和 16cm×9cm 像幅的数码像片而言。像片上的各类标志,是指摄影框标、摄影编号、气泡影像和压平线等。

**5.5.7 单航线布点**通常采用平高 6 点法,6 个平高点在像片上和在线上的位置要求,应符合条文第 5.5.6 条和第 5.5.7 条的规定。

在实际工程中,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 条基线布设一对控制点的原则执行,成对增加控制点。

**5.5.8 区域网内航线数**的多少,应从工量上考虑。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 10km 时,才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。

**5.5.9** 由于选刺的点位都是指明目标的位置,是为了判定准确的位置,精确定出点位,因此是判点为主刺点为辅。

**5.5.10~5.5.14** 像片控制点宜以 7mm 直径的圆形在像片上表示。像片控制点的选刺与整饰的要求,与国家有关标准规定的相一致。像片控制点的布设及选刺点要求,与采用的测量手段无关,即使采用 GPS 测量手段,其要求仍按第 5 章有关条款的规定执行。

**5.5.15** 输电线路具有方向性,由输电端到受电端为前进方向, GPS 控制点按线路前进方向顺序编号条理明确,符合人们的工作习惯。

GPS 控制网的点名应沿线路前进方向顺序编号,宜在编号前冠以“K”字样。当新点与原有点重合时,应采用原有点名。同一个 GPS 网中严禁出现相同的控制点名。

**5.5.16** GPS 主控网测量、像片外控点测量是一道进行的,因此构成了整个测区的 GPS 测量控制网。每类桩点均可设置为基准站点,也可设置为流动站点。各基准站点相互连接组成主控制网,在各主控网点上以支线形式分别与各流动站点连接。整个 GPS 测量网呈“叶脉网状”型。

**5.5.17** 有关 GPS 控制点测量的要求,与国家有关 GPS 标准的规定基本上相一致。

**5.5.18** GPS 主控网测量基本技术要求,与国家有关 GPS 标准的规定基本上相一致。仅对观测时段数要求满足一个时段。

**5.5.19** GPS 外业数据质量检核,与国家有关 GPS 标准的规定基本上相一致。

**5.5.20** 同一条基线边不同时段的较差应满足该条所规定的要求。

**5.5.21** 为确保成果的可靠性,发现观测数据不能满足要求时,现

场对部分数据进行补测或重测,对需补测或重测的观测时段或基线,要具体分析原因,有针对性的解决问题。

**5.5.22** GPS 控制网平差前,对搜集到的原始起算数据进行精度评定和可靠性分析检查,做到应用数据可靠,确保平差时起算点的精度要求。

**5.5.23** 输电线路 GPS 测量成果要求相对精度较高,为了整个工程建网与外界联测,以及作为检测质量分析的可靠依据,仍有必要规定起始单点定位较高的精度。

**5.5.24** 无约束平差时,根据外业作业期的分期、作业技术要求的不同,可以分成若干子区,分别进行无约束平差,并对每一系统误差参数进行显著性检验,剔除含有粗差的基线边。

**5.5.25** 利用无约束平差后的可靠观测量,选择在 WGS—84 坐标系(必要时)、国家坐标系或地方独立坐标系下进行三维约束平差或二维约束平差。平差中,对已知点坐标、已知距离和已知方位,进行强制约束。

**5.5.26** 数据处理成果整理应对数据结果进行技术分析,包括精度统计、平差使用软件名称及版本号,还有 GPS 设备型号及状态和编号等内容。

**5.5.27** 测量专业要求提交的资料应体现本阶段主要的工作成果,根据各单位有关专业与测量专业达成共同约定,提交的 GPS 测量成果内容不强求统一,以满足用户要求为原则。

GPS 外控成果报告内容一般包含 5 个方面:工程概况(含任务、测区、勘测阶段及技术依据等);资源概况(含人员、设备及对原有资料的分析、利用等);作业概况(含布网、观测、作业中问题,数据检验及数据处理等);提交成果及资料目录;其他问题。

## 5.6 像片调绘

**5.6.1** 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,称之为像片判读。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。调绘范围为路径走廊内线路中心左右各 300m。

**5.6.2、5.6.3** 像片调绘应以室内判读为主,只将遗留的难点放到野外调绘去解决。野外调绘重点是放在交叉跨越、平行接近、新增地物、变化地形和微地物、微地貌及其他地物。

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、花杆和带分划的长竹杆等),特别需要时才采用仪器实测(如处于临界值的交叉角、转角度;较高的跨越高度;变化地形和新增地物的补测等)。

其他地物主要是指采石场、矿场、地下管道、电视发射台、微波站、坟、庙宇、大榕树以及文物古迹等。

**5.6.4~5.6.7** 对重要交叉跨越,电压等级超过 35kV(包括 35kV)的电力线跨越的位置,还需通过调绘将杆塔平面位置准确刺出。应采用仪器实测其杆塔高度,如设计有要求时应测量路径跨越电力线的弧垂点的高度。

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,调绘跨越点线高及杆高。对于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 及以上电力线,考虑到安全生产应采用仪器实测。一级、二级通信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往往会被疏忽。所以,调绘时要特别注意这些问题。

**5.6.8~5.6.10** 为确定平面位置的有关调绘内容要求说明如下:建(构)筑物的用途是区分住人、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;经济作物如甘蔗、果树和茶树等;特别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、平均密度和高度。调绘片上应有调绘者的签署和调绘日期,便于对事情的追溯和资料完整性的要求。

## 5.7 航片扫描

**5.7.2 航片扫描**首先按技术设计分析,确定扫描分辨率;然后,测定影像灰度并作线性变换调整,使整幅影像灰度直方图基本呈正态分布。同一航线或整个摄区如影像色调基本一致,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、分段甚至分片调整其灰度直方图。

**5.7.3 航片扫描前**应检校扫描仪,检校内容包括平台校准、几何校准、辐射检校和色彩平衡检校。

**5.7.4** 在保证全部框标影像齐全的前提下,缩小扫描范围,减少影像数据量。

## 5.8 空中三角测量

**5.8.2 空中三角测量**所需的资料可归结为:航片资料、外业资料和搜集的资料等三大部分。

**1 航片资料:**扫描的数据影像文件;航摄仪技术数据表及鉴定表和航摄质量鉴定书等文件,一方面让作业员了解和掌握航片整体的摄影质量情况以及各张像片的具体质量情况(如倾角、旋偏角及重叠度等),另一方面为作业员提供必要的输入参数(如主距、航高、内方位元素,镜头畸变差等数据)。

**2 外业资料:**包括控制和调绘的资料及像片。控制成果是空中三角测量的数学依据。控制观测及计算手簿、控制片、调绘片等,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。已有控制成果资料供查处外业测量差错之用。

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。

**5.8.4** 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,在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。

**5.8.6** 像点坐标量测的定向方法,通常采用解析框标定向。像点的量测一般采用自动相关方法量测,对于区域网,航带连接点采用手工相关方法量测。

**5.8.12** 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。

## **5.9 建立路径三维数字模型**

**5.9.1** 调绘资料输入后,形成的电子文档应能够在三维可视环境中显示相应的信息。

**5.9.2** 制作数字地面高程模型能提取概略平断面图。

## **5.10 三维数字模型路径优化**

**5.10.1、5.10.2** 利用正射影像,叠加上等高线、坐标线以及调绘

的电力线、通信线等信息形成供选线用的全数字影像地形图。在三维可视环境中,在设计路径时,设计人员可很直观看清建筑物、河流、交叉跨越等地物的属性以及地表的现状,植被覆盖的程度,还可根据测量人员和地质人员提供的信息,判断较为特殊的地质现状,从而合理避让,优化路径。

**5.10.3、5.10.4** 根据数字地面高程模型生成概略平断面图后,配合设计人员根据设计参数排位。然后根据塔位位置,逐级检查塔位地形,量测塔基坡度,判断塔位是否合理,路径是否成立。

**5.10.5** 选择路径后,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。

## **5.11 提交的成品资料**

**5.11.1** 由于各单位专业配合分工及各工程自身特点不尽相同,设计人员对测量专业要求提交的资料有所增减,但应以满足任务书要求为原则。本条规定了提交资料的内容及要求,作为施工图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,总结经验,使输电线路工程测量水平不断地提高。

## 6 施工图设计阶段测量

### 6.1 一般规定

6.1.1 明确施工图勘测阶段完成测量成品资料目标就是满足勘测任务书要求,实地布设的桩位为施工放样考虑的要求。

6.1.2 工序的设置和优化是在满足成品资料精度和可靠性前提下进行。

6.1.3 说明了各测量成品内部的关联性、主辅关系,强调了数据一致性,图面符号的识别性。

6.1.4 规定了测量交叉跨越点、断面点、风偏点高程中误差。明确了各类数据注记取位的要求。

6.1.5 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。

6.1.6 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参考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。

### 6.2 选线测量

6.2.1 选线工作内容及深度规定要求使用全站仪、经纬仪或 GPS 主要提高了选线的精度,并要求为定线提交准确的数据。为了保证协议区选定路径或坐标放线的准确性,应具备测量控制资



料或地形图,设计人员应在现场指明相对位置。

**6.2.2** 对于室内使用小于 1:10000 比例尺地形图,获取转角坐标中误差大于 10m,且转角间影响线路的地形地物,图上没有或难以确定具体位置的选线环境,适合采用全站仪、经纬仪选线。规定了选线的仪器测角精度测距精度等级要求。

**6.2.3** 规定了采用全站仪、经纬仪选线的方法、精度要求。

**6.2.4** 引线桩是全站仪、经纬仪选线时,在转角前后直线方向设置的,为了引导全站仪、经纬仪直接定线的桩。

**6.2.5** 明确了采用全站仪、经纬仪选线提交资料的要求。

**6.2.6** 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。

**6.2.7** 规定了采用 GPS 现场落实路径方法选线的起始数据控制。

**6.2.8** 到现场落实转角点和路径,包括反复调整路径和转角位置。

**6.2.9** 规定选线测量时转角测量精度指标。转角放样精度主要也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。

**6.2.10** 方位桩是 GPS 选线时,为了全站仪、经纬仪直接定线时,使用坐标值反算坐标方位角放样直线桩而设置的桩。设置方位桩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。方位桩一般不在直线上,每个方位桩点,至少要与邻近转角桩点相互通视,应有坐标值。

**6.2.11** 规定了采用 GPS 现场落实路径方法选线给下道工序(定线或定位)提交成果内容。

## 6.3 定线测量

### 6.3.1 基本技术要求。

#### 1 规定了定线测量的几类基本方法:

1)直接定线就是使用全站仪(经纬仪)通过正倒镜分中方法或角度分中法延伸确定直线桩的定线。

2)间接定线就是使用导线、矩形等图形传递直线称为间接定线,并获得直线桩的累距、高程。

3)RTK GPS 定线就是使用 GPS 直接确定直线桩位置,测量直线桩的坐标、高程,并获得直线桩的累距、高程。

2 GPS 结合全站仪交替定线,要对交替的地方进行检查测量。应保证不同定线方法直线性都精度满足  $180^{\circ} \pm 1'$  指标。

3 直线桩是用来控制线路的直线方向、距离、高程的,为施测平断面、交叉跨越、测定塔位之用。所以在设置直线桩时必须坚持综合考虑,力求兼顾的原则。要防止桩间距离超长,对其他测量工序的不利。桩间距离的控制,在平丘地区应以方便施测平断面和定塔位为主。在山区由于档距较大,可根据制高点及兼顾施测平断面、塔位位置选择桩位。

4 规定直线桩(Z)、转角桩(J)编号所用的拼音字母是由有关部门制定的规范要求而定的。标桩规格可据地方差别、工程的具体情况,因地制宜执行。

6.3.2 规定了采用全站仪(经纬仪)定线的两种方法、作业要求。

6.3.3 本条规定的内容,是通过工程实践中总结出来的。GPS 在线路航测中的应用,除了应用于航线控制测量,转角点及其方位桩点测量、直线辅助桩点测量和落实路径测量等之外,GPS 还应用于线路航测中的另一方面,就是利用 GPS 转角点及其辅助桩点,标定出路径直线方向,采用全站仪(经纬仪)并按此直线方向进行定线测量。

定线测量采用正倒镜分中法,逐个桩点延伸直线直至附合到

另一端的 GPS 转角桩点上。当拟合不上时,量取其横向偏距,称为定线偏距误差记为  $\Delta d$ 。

在工程实践中,由多个转角段的定线偏距误差  $\Delta d$ ,计算出的利用 GPS 点进行定线的偏距中误差  $m_d = \pm 0.49\text{m}$ 。误差的具体分布情况: $\Delta d \leq 0.1\text{m}$  占 45.9%; $\Delta d \leq 0.5\text{m}$  占 78.4%; $\Delta d \leq 1.0\text{m}$  占 93.2%;最大定线偏距误差为 1.5m。由此可知,将近一半的误差小于 0.1m。因此,条文规定,当  $\Delta d \leq 0.1\text{m}$  时,可改动转角跟前 1 个~2 个直线桩的偏距,在满足  $180 \pm 1'$  前提下,使直线拟合到 GPS 转角桩点上。当  $\Delta d > 0.1\text{m}$  时,应以定线的新定转角桩点为准,并利用原 GPS 转角点及其辅助桩点,测定出新定转角桩点的坐标。然后按新转角桩点的坐标,和下一个转角桩的坐标反算下一个转角段的方位角,并着手下一个转角段的定线工作。当利用选线时 GPS 测量的转角点、方位桩坐标反算方位角进行定线测量,做法解释如下:

1 在放样了始端转角点及直线方向点之后,应架站于直线方向点桩位上,以转角桩点为后视,采用经纬仪正倒镜分中法逐站延伸直线,一直延伸至末端转角桩点上。

2 当延伸的直线拟合不上末端转角时,应量取延伸的直线在末端转角处的偏距,并依据此偏距值推算在直线点处的直线偏移值,以修正延伸直线的方向。

3 当定线后的末端转角桩位与预期的点位存在差异时,则在进行第二个转角段贯通直线时,应顾及此项误差,并修正直线方向,以保证第二个转角段的直线能够延伸到末端转角桩点的位置上。

**6.3.4** 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置两个距离较短的两个直线桩。

**6.3.5、6.3.6** 直接定线测量误差来源主要有:

1 仪器误差:由于经纬仪(或全站仪)校正不完全而使水平角产生竖轴误差、视准轴误差和横轴误差。若取正倒镜读数的平均

值,除竖轴误差不能消除外,其他误差均可得到消除。

2 读数误差:经纬仪如果刻度分划大,读数误差就大。若刻度最小分划值为  $g$ ,其读数中误差  $m_r = \pm 0.116g$ 。对 DJ6 类型仪器,最小分划值为  $1'$  时,读数中误差为  $7''$ 。若照明情况不佳,显微镜的目镜未调好焦,以及观测者的技术不熟练时,则读数中误差可能大大超过此值。

3 对中误差:对中误差的影响与偏心距的大小、前后视距离的长短有关,如图 1 所示。

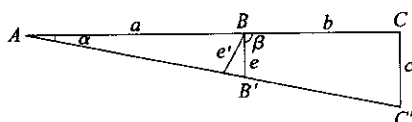


图 1 仪器对中误差引起的直线误差

A、B 为直线桩,为在 A、B 的延长线上定出另一直线桩 C,仪器设置于 B,因对中误差仪器偏心至  $B'$ ,定出  $C'$ ,  $CC'$  为对中误差引起的位移。 $e$  为偏心距,当  $e$  在顺线路方向时,对中误差影响为零,当  $e$  垂直于线路方向时,  $e' = e$ , 对中误差影响最大。为分析方便,按本规程规定  $e$  最大允许误差为 3mm,实际定线后的直线桩为 A、B、 $C'$  三点连成线,在 B 点产生了误差角值为  $\beta$ 。则:

$$\tan \beta^{-1} = (e + e/a \times b) \div b \quad (4)$$

按  $e = 3\text{mm}$ ,  $a$ 、 $b$  分别为后视、前视距离,  $\beta$  为仪器对中误差所引起的直线定线误差。随着测绘仪器的发展,目前一般均采用光学对中,因此一般情况  $e = 3\text{mm}$  是可以达到的,并考虑到定线后视与前视长度在 300m 以上时,按计算可取对中误差  $m_m$ , 为  $m_m = 5''$ 。

因为一经对中后,则前后视点之差反映不出来,所以对分中后点位的影响仍为  $m_m$ 。根据多年输电线路定线实践总结,短距离条件定线的情况很少出现,只有出现“面包型”山脊或山间砍伐树木较多时,不得已情况下才会遇见。为了减小短距离定线的误差,应采用以下措施:①在架设仪器时,为减少对中误差,仪器基座三个

脚螺旋应使其中两个与直线方向平行,而第三个脚螺旋调整使其对中后,另两个脚螺旋只是在直线方向上调整移动;②清除桩位视线障碍物,力求瞄准桩上钉子;③无法瞄准钉子时,用仪器竖丝指挥目标立直,并用支撑立稳,尽可能照准目标下部。

4 照准误差:十字丝和所照准的测杆各有粗细,因此,当观测点近时,如图 2(a)所示,应使十字丝位于测杆的中心,而当观测点远时,如图 2(b)所示,应使测杆物像位于十字丝的中心,即使如此,在任何情况下,照准误差也是不可避免的。

照准误差随观测点的远近而不同。通常观测用的测杆有:直径为 30mm 的花杆,直径为 20mm 的金属标杆及直径为 4mm 的测钎等。照准距离  $L$  和视准误差  $\alpha$  的关系如图 3 所示。照准距离愈短,则视准误差就愈大。因此,为了精确地观测水平角,应采用较细的测杆,并使照准距离长一些。

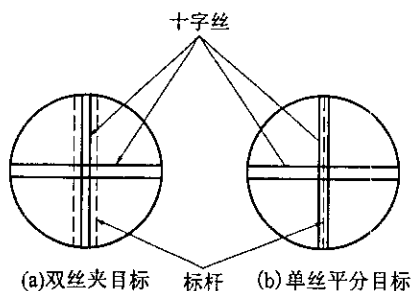


图 2 十字丝和测杆物像的关系

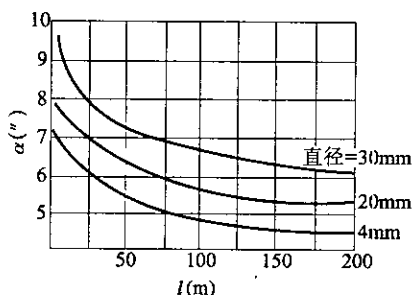


图 3 照准距离  $l$  和视准误差  $\alpha$  的关系

影响照准精度的因素很多,如望远镜的放大倍率、照准方法、成像清晰、背景好坏、气流影响以及十字丝粗细等有关。现单从分析望远镜的鉴别率着手。设人眼的鉴别率为  $P$ , 则人眼通过望远镜照准目标时鉴别率  $\alpha = P/V$  ( $V$  为望远镜放大倍率), 一般  $P = 30'' \sim 120''$ 。当观测条件不好时, 可取  $P = 120''$ , 若  $V = 25$ , 则  $\alpha = 5''$ 。另据我国仪器标准规定: 对于 DJ6 型经纬仪鉴别率不应大于  $4.5''$ , 故可取  $\alpha = 5''$ 。

设一次照准的中误差为  $m_z$ , 前后视照准两次决定一个点位, 其照准误差的影响为  $\sqrt{2}m_z$ 。两次点位之差的中误差为  $\sqrt{2} \times \sqrt{2}m_z$ , 取中后照准误差的影响为  $\sqrt{2} \times \sqrt{2}m_z / 2 = m_z$ , 所以也是相当于单次照准时误差的影响, 即  $m_z$ 。

5 目标倾斜误差: 如图 4 所示,  $A$  为测站,  $B$  为立花杆点, 花杆长  $BC$  为  $h$ , 对垂直位置的倾角为  $\alpha$ , 则由于目标倾斜产生的直线偏移角  $Q$  为:

$$Q = h \cdot \alpha / S \quad (5)$$

式中:  $h$ ——照准目标的高度(m);

$\alpha$ ——目标倾斜度(′);

$S$ ——照准目标距离(m)。

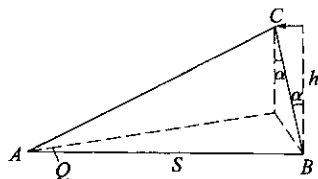


图 4 目标倾斜产生的直线偏移角

由于花杆倾斜时, 可用仪器纵丝指挥立直, 花杆的倾角  $\alpha$  平均在  $30'$  左右。当用仪器纵丝指挥立直后, 且用小竹杆支撑握牢, 则可达到  $15'$  以内, 现分别取  $\alpha = 30'$ 、 $15'$ , 代入(5)式, 其结果如表 4、表 5 所示。

表 4 目标倾斜  $30'$  产生的直线偏移角

$Q(^{\circ})$ $h(m)$	$S(m)$	100	200	300	400	500
3		0.90	0.45	0.30	0.22	0.18
2		0.60	0.30	0.20	0.15	0.12
1		0.30	0.15	0.10	0.08	0.06
0.5		0.15	0.08	0.05	0.04	0.03

表 5 目标倾斜  $15'$  产生的直线偏移角

$Q(^{\circ})$ $h(m)$	$S(m)$	100	200	300	400	500
3		0.45	0.22	0.15	0.11	0.09
2		0.30	0.15	0.10	0.08	0.06
1		0.15	0.08	0.05	0.04	0.03
0.5		0.08	0.04	0.02	0.01	0.01

目标竖立不直或偏心,其误差影响与仪器对中的情况相似,即偏心相同时,边短者,其影响大,但与角度的大小无关。当目标倾斜的方向和直线方向一致时,则误差影响为零;当目标倾斜方向与直线相垂直时,则误差影响为最大,并与目标倾斜偏离直线的距离、前后视距离的长短有关。

由于前后四次照准时目标倾斜误差的影响也是同照准误差一样,所以也是相当于单次照准时目标倾斜误差的影响,即  $m_q$ 。

考虑输电线路定线前视或后视距离在 300m 以上,一般照准目标 1.5m 左右的高度,故可取  $m_q = 6''$ 。

6 仪器整平误差:仪器整平误差的影响有两种,一种是使度盘不水平,另一种是使水平轴不水平,由于延长直线时,不需度盘读数,故第一种影响可以不考虑。第二种情况,因水平轴倾斜在平地定线时,后视点垂直角  $\alpha_1$  与前视点垂直角  $\alpha_2$  关系为  $\alpha_1 \approx \alpha_2 \approx 0^\circ$ ,则整平误差影响很小。在山区垂直角变化一般在  $10^\circ \sim 20^\circ$ ,整平误差允许气泡偏一格,根据 DJ6 型经纬仪水准管格值为  $30''$ ,则纵





$$m_c = \pm \sqrt{(\sqrt{2}m_z)^2 + (\sqrt{2}m_q)^2 + (\sqrt{2}m_r)^2} \quad (7)$$

将前述分析数据代入得  $m_c' = \pm 12''$ , 最大误差为  $\pm 24''$ , 因为仪器没有重新对中, 实际上的对中误差没有反映出来, 检测的角值是正倒镜分中后的角值, 因此半测回检测直线的误差并不能反映直线的精度, 只能判断直线定线是否存在粗差。

根据对定线的误差分析, 由于短距离定线, 对中、照准的误差影响很大, 必须采取相应的措施才能满足  $\pm 1'$  范围内的要求。

正倒镜两前视点点位之差的限差要求作出规定才能确保直线的精度, 如图 6 所示。

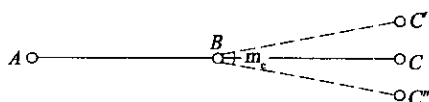


图 6 两前视点点位之差

因为直线定线是按设定的  $180^\circ$  放样的, 在延伸直线仪器对中设站后中误差、整平误差在直线误差中反映不出来, 所以首先考虑读数误差、照准误差及目标倾斜误差的影响。确定前视点是通过两次照准, 故前视点点位中误差(即半测回)为:

$$m' = \pm \sqrt{(\sqrt{2} \times m_z)^2 + (\sqrt{2} \times m_q)^2 + (\sqrt{2} \times m_r)^2} \quad (8)$$

两前视点之差的中误差(即测回)为:

$$m'' = \pm \sqrt{2}m' = \pm 2 \times \sqrt{m_z^2 + m_q^2 + m_r^2} \quad (9)$$

将  $m_z = \pm 5''$ 、 $m_q = \pm 5''$ 、 $m_r = \pm 7''$  代入(9)式得  $m_\Sigma = \pm 20''$ , 最大误差为  $\pm 40''$ 。当采用正倒镜距离分中法时, 不存在水平角读数误差。因为考虑到仪器视准轴和水平轴的影响, 特别是竖轴误差的影响以及对中、整平等误差的影响, 则最大容许误差可取  $\pm 1'$ 。

B 为测站点, A 为后视点, C 为直线延长线上桩位。  $m_\Delta$  为两前视点点位之中误差,  $C'$  及  $C''$  就是由于定线误差而定出的两前视点。对于直线 BC 不同的长度, 相应有一个  $C'C''$  值, 在定线测量时, 根据不同的距离, 来控制两前视点间的位移值, 便能使定线误

差阻止在  $1'$  之内,近似值每百米按比例递增为  $6\text{cm}$ ,精确值按允许中误差  $m = S \times \text{tg} 0^\circ 02'$  ( $S$  为距离,单位为  $m$ )。

**6.3.7** 根据输电线路直线允许偏离范围不应大于  $\pm 1'$  的要求,对于转角同样适用。按照此要求对于施工复测时与设计值之差不应大于  $1'30''$  是一致的,因为两次之差的允许值为:

$$2\sqrt{2} \times 30'' = 84'' \approx 1'30''$$

表 6 用 DJ2 型经纬仪检验 DJ6 型经纬仪直线定线精度表(m)

后 视		前 视		正 倒 镜 两前视点之差			用 DJ2 检测直线的误差值		
距离	高差	距离	高差	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
300	+4.18	500	-9.1	0.044	0.118	0.073	$180^\circ 00' 00''$	$180^\circ 00' 04''$	$180^\circ 00' 03''.0$
80	-8.80	420	-44.5	0.068	0.092	0.081	$180^\circ 00' 01''$	$180^\circ 00' 06''$	$180^\circ 00' 2''.5$

要满足测角误差  $\pm 1'$  的要求,采用 DJ6 型经纬仪即可,但必须指出:转角的施测必须照准相邻的两直线桩测角,禁止对转角附近的方向桩测角,以免引起误差的超限。测角记录应记至秒,成果取至分。这对于离施工期较长需要交桩恢复直线桩位有益处。

**6.3.8** 布设矩形、等腰三角形间接定线的图形示意并释义如下:

1 矩形法定线,如图 7 所示。

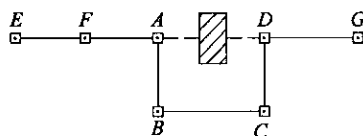


图 7 矩形法定线示意图

图 7 中  $F$ 、 $A$ 、 $D$  应为一一条直线上,因有障碍物,使  $AD$  不通视,为定出  $D$  使其在  $FA$  延长线上。首先置仪器于  $A$ ,后视  $F$ ,正倒镜设直角、量距取中分中定出  $B$  点。再置仪器于  $B$  点,后视  $A$  点,正倒镜设直角分中、量距取中后定出  $C$ ,同法置仪器于  $C$ ,定出  $D$ 。

折角  $90^\circ$  (或  $270^\circ$ ) 时, 测角误差引起的正弦函数值变化影响很小, 这样影响横坐标误差大小主要是取决于量距的精度。

2. 等腰三角形法, 如图 8 所示。

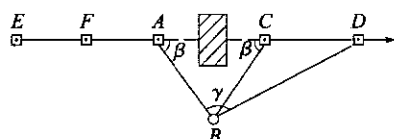


图 8 等腰三角形法间接定线示意图

图 8 所示中  $F$ 、 $A$  为直线桩, 欲定出  $C$  桩, 中间遇有障碍物不通视, 为此, 先置仪器于  $A$ , 后视  $F$ , 正倒镜设角  $180^\circ + \beta$ , 量距  $S$  定  $B$ , 再置仪器于  $B$ , 正倒镜设角  $180^\circ - 2\beta$ , 量距  $S$  定  $C$ , 最后置仪器于  $C$ , 正倒镜分中设角  $180^\circ + \beta$ , 则可定出  $G$ 。为了检核延伸直线是否满足允许偏差  $\pm 1'$  之内, 采用  $AC$  延长线上加测一点。当仪器架设  $B$  站放样  $C$  点的同时, 根据所测  $\gamma$  角值与  $D$  横坐标值为 0 的函数关系, 算出  $BD$  间距离定出  $D$  桩。在  $C$  站根据等腰三角形角值关系所得延伸直线方向是否与  $D$  点一致, 若相差在  $\pm 1'$  以内, 证明直线是比较可靠的。  $CD$  间距大于 100m 为宜。

**6.3.9 导线法间接定线测量的导线是敷设成两端附合在路径直线上的一条附合导线, 如图 9 所示。亦即始端导线点  $A_0$ 、 $A_1$  和末端导线点  $A_n$ 、 $A_{n+1}$  均为直线桩点。导线的坐标系, 以  $A_1$  为原点, 路径直线  $A_1A_n$  为  $X$  轴方向, 过原点垂直于路径直线的为  $Y$  轴方向。**

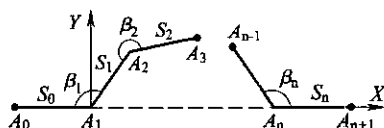


图 9 导线法间接定线示意图

直线桩点  $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_n$  和  $A_{n+1}$  的  $Y$  坐标值均等于零。因此, 由直桩点  $A_0$  和  $A_1$  开始, 按导线法进行间接定线, 最后回归附合到路径直线上, 是以末端两个桩点的  $Y$  坐标等于零为条件的。

导线起止连接角  $\beta_1$  与  $\beta_n$  大于  $150^\circ$  或小于  $30^\circ$  为好; 中间的导

线边宜接近平行于路径方向,边长应力求均匀;导线长度不宜超过 2km 是指起止端导线点  $A_1$  至上  $A_n$  各边长度之和不宜超过 2km。

导线计算及标定桩位的具体操作释义如下:

1 导线计算应当场实时进行,边测边逐点推算。角度取位至秒;边长、坐标取位至毫米。

2 标定末端导线点  $A_n$  时,应采用放样和定测两个步骤进行。以  $A_n$  的  $Y$  坐标等零为条件,反算出  $A_n$  点的放样数值。放样之后应立即进行定测,并重推  $A_n$  点的  $Y$  坐标,其值应等零。若不等零,其误差不应大于  $\pm 5\text{mm}$ 。若超限,应重新放样和定测,直至符合要求。

3 标定末端最后一个导线点  $A_{n+1}$  时,同样应采用放样和定测两个步骤进行。仍以  $A_{n+1}$  的  $Y$  坐标等零为条件,反算放样数据。然后进行放样和定测,直至符合要求。

当  $A_n$  和  $A_{n+1}$  桩点测定并符合要求时,接着就根据这两个直线桩点(即  $A_n$  和  $A_{n+1}$ ),按正倒镜分中法继续往前进行定线测量。

6.3.10 规定了 RTK GPS 进行定线测量,校核选线时转角的坐标和高程较差的精度指标。

6.3.11 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易满足精度要求,但依此延伸的直线桩或塔位桩难保证直线性要求,当桩间距离为 400m 左右时,坐标横向误差 0.05m 能满足直线偏差范围  $\pm 1'$  的要求。

6.3.12 RTK GPS 技术还在不断发展,在实时传输过程中受到干扰因素(产生误码)很多,所以强调要使用双频接收机。

## 6.4 桩间距离和高差测量

6.4.1 桩间距离和高差测量可与定线测量合并工序同时开展。可采用光电测距仪和 GPS 两种方法进行桩间距离和高差测量。

6.4.2 桩间高差测量,是以光电测距三角高程测量技术为基础。对向观测各一测回是最能防止粗差产生的,若采用同向观测两测

回时,第二测回必须变动觇标高或变动仪器高,是防止产生高差粗差的重要措施。

**6.4.3** 光电测距仪作业时,按照仪器使用说明书操作。当发现异常现象时,应停止观测,分析原因,以保证成果的正确和仪器的安全。

**6.4.4** 由于采用光电测距仪,量距精度易达到  $1/1000$  以上。配备的经纬仪有 DJ6 型、DJ2 型两种,即使以 DJ6 型经纬仪取测角精度  $m_a = \pm 0.5'$ ,垂直角在  $20^\circ$  的情况下,以两倍中误差为极限误差,也能满足  $\pm 0.4S$  的高差限差要求。

**6.4.5** 式中  $R$  一般取当纬度为  $35^\circ$  时的  $R = 6371000\text{m}$ ;

大气折光差系数  $K$  一般取  $0.13$ 。

**6.4.6** 两测回高差较差大于  $0.4S$  时算超限,首先要检查垂直角、仪器高、觇标高、距离的记录、计算的正确性。当还是超限时,应补测垂直角一测回,当与原其中的某一测回吻合时,则选用其相吻合两测回成果,否则要继续重测,直到两测回高差限差合格为止。

**6.4.7** 正常高系统是工程建设中广泛采用的高程系统。输电线路 GPS 高程系统概念上仍要为正常高系统。当桩间距离小于  $8\text{km}$  时,采用大地高差进行直接推算,这是近似正常高系统。当搜集到本地区高程异常值变化大,就采取联测已知高程的控制点逐段改正或建立高程异常数学模型,全线进行拟合改正。

## **6.5 平面及高程联系测量**

**6.5.1** 规定了线路工程中在什么样环境条件下应进行坐标联系测量。

**6.5.2** 该条中对转角塔中心的点位误差要求是引用《工程测量规范》GB 50026 中主要地物点位置的中误差要求。

**6.5.4** 进行洪痕点及洪水位高程的联系测量应与水文专业在现场紧密结合。

**6.5.5** 高程联系测量的路线长度 0~5km(含 5km)、5km~10km(含 10km)和大于 10km 的三种情况规定应满足相对应等级的高程联系测量精度。联系测量路线长度越长,要求采用的等级越高。

**6.5.6** 计算高差时进行地球曲率和大气折光差改正仍按第 6.4.5 条中的公式计算。规定了一级、二级光电测距三角高程测量精度要求和图根水准测量技术要求。

**6.5.7** 规定了高程联系测量的四等光电测距三角高程测量的仪器高和照准目标主要技术要求和四等水准测量主要技术要求。

## 6.6 平面及断面测量

**6.6.1** 当设计需要时,应搜集或施测线路的起迄点和变电所相对位置的平面图。当初步设计阶段已经搜集或实测的平面图能满足要求时也可以直接利用。

**6.6.2** 平面及断面测量前必须有相关基础资料。

**6.6.3** 平断面的测量,以后视方向为  $0^\circ$ ,前视方向为  $180^\circ$ 。当需要对准前视时,仪器度盘和记录上应统一为  $180^\circ$ 。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,必须以度盘  $180^\circ$  对准前视桩位。

**6.6.6** 施测断面的方法有两种情况:一是全档观测(从设站桩测至邻桩断面点);另一种是近站观测(在设站处观测两侧各不大于  $1/2$  桩间距离的断面点)。前者架站少,在山区断面观测中多被采用。后者架站多,需逐站挺进。从实践和理论分析证明,全档视距观测精度低,即使采用光电测距仪精度很高,但由于视线长,观测员或绘图员对地形地物勾绘或连接困难,容易造成漏测或错绘现象,因此要求近站观测。

**6.6.7** 一般按式(10)衡量厂家提出 RTK GPS 仪器精度。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (10)$$

式中:  $\sigma$ ——标准差(mm);

$a$ ——固定误差(mm);

$b$ ——比例误差系数( $10^{-6}$ );

$d$ ——相邻点间距离(km)。

RTK GPS 仪器精度不应低于 5cm 就是指适应所有相邻点间距离计算的  $\sigma$  值小于 5cm。

#### 6.6.8 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、行距、行数及扫描速度等。

2 平面数据采集时,地物及交叉跨越物的类别、数量应以测绘像片为准,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。对于平地丘陵地区宜采用自动扫描方式。

4 当自动扫描时,应人工立体跟踪。扫描步距宜为实地距离 5m~10m,行距应为边线至中线的垂距,行数为中线和左、右边线三条,采点间隔时间宜为 3s。

5 中线断面扫描时,应以输入的转角桩点坐标为扫描的起讫点。转角桩点坐标宜采用 GPS 测量的成果。

6 数据处理后生成的图形文件,宜为可供 CAD 编辑的 DXF 文件,或者为可在 AutoCAD 中编辑的 DWG 文件。

7 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。

6.6.9 施测平面地物的范围是根据塔的结构形式、导线水平排列宽度和电气的影响而定的,为了满足设计排位的要求,应配合设计人员对现场地物范围要求进行测绘。

6.6.10 由于森林法的实施及党对农民利益的保护政策,对路径跨越植被品种、范围、高度等应测绘调查清楚。

6.6.12 中线断面点的选取直接与设计排位有关。断面点的选取,应从导线弧垂变化对地面安全距离的相互关系中,以及使用塔型的条件需要进行考虑,应能反映地形变化特征和地物的位置。

根据山区实际情况,塔位立在山头制高点或附近位置,而导线最大弧垂处,一般对应地形为深凹山谷,断面点可少测或不测。而在离塔位  $1/4$  档距区段内,地形高差变化大,导线轨迹对地切线变化也较大,应加密地形测点。测量主要错误有测错、读错、报错、输入错、听错、记错、写错以及计算错,又未严格校核;仪器设站少或棱镜立不到点位,以及目估替代实测出入较大。应防止测错和漏测现象的发生。平断面测量应做到站站清、日日清。

**6.6.13** 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下式估算:

$$S = d + (\lambda + f)\alpha \sin \eta \quad (11)$$

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 7。

表 7 等效档距时风偏影响施测的最大宽度(m)

档 距	300	400	500	600	700
离线路中心线的水平距离	24	28	32.5	38.5	46

对于悬岩峭壁之类,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:

$$\frac{\text{测点高程(m)}}{L(R)\text{测点垂直于线路中心线的水平距离(m)}}$$

注:  $L$ ——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,相应作出示意图。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 10。而在山区,输电线路的纵向多数与山脊呈斜交,见图 11。

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。

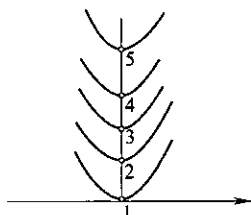


图 10 线路纵向与山脊垂直

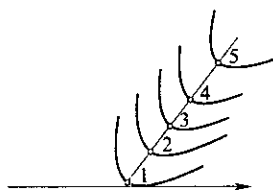


图 11 线路纵向与山脊斜交

**6.6.14** 当两边导线之间有高出中心断面和边线的危险点时,采用航测方法进行平断面测量容易忽略,应特别注意施测并标于图上。

**6.6.15** 由于线路导线为并列排列,边导线对地净空安全距离的要求和中线同等重要。边导线对应的地形高出中线地形 0.5m 时,应测绘边线断面。对于直流输电线路,因为只有两排平行的分裂导线,分挂在塔的两侧,无中间导线,但为了勘测与设计实用考虑,仍以测绘交流线路各项要求相同。

施测边线位置离中线的距离由设计人员确定,施测方法可根据现场情况和各单位作业习惯而定。

当输电线路通过缓坡、梯田、沟渠、堤坝交叉角较小时,边线对应中线高出 0.5m 以上位置很长,应注意选测正确位置。

**6.6.19** 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。

## 6.7 交叉跨越测量

**6.7.1~6.7.9** 由于 330kV~750kV 架空输电线路线间距离较宽,一般在 8m~14m,不仅要测中线交叉点的线高,还要施测边线交叉点的线高,特别是斜交或左右杆不等高时,应选测有影响侧的交叉点位置和线高。对于影响范围内的杆顶,必须测出杆顶高。

应注意准确施测各交叉点的正确位置,有时遇到交叉点无法立尺(立镜)或设站时,应采取间接方法测量并加以计算求得成果。遇有重要交叉跨越时,必须要求设计人员在现场配合。当观测不能准确判断交叉点时,宜分别在两站进行观测,若距离较差大于 1/200、高差较差大于 0.3m 时应分析原因进行重测。当大风时,导线摇摆不定时,应停止观测。

由于光电测距仪的普及与推广,用光电测距仪施测平断面和交叉跨越,其测距精度是相当高的。为了减少工作量,对一般交叉跨越可作半测回距离测量,但要防止漏测。

**6.7.10** 输电线路交叉跨越一般河流、水库和水淹区,如果水文专业需要,应向测量提供联测的洪迹和发生的年、月、日。在河中立塔,包括我国北方地区季节性河流,河面很宽,需要在河床上抬高基础立塔,应测量河床纵断面或横断面。

## 6.8 定位与检验测量

**6.8.1** 定位前必须向设计人员索取三项资料,尤其是平断面图由设计人员排位绘出弧垂线后,可以判断危险点加以检测。若设计人员在室内不能预先提供,应在实地指明危险点或疑点加以检测。

**6.8.2** 巡视检查是十分重要的,对于平地而言主要是看有无重要地物和交叉跨越物遗漏未测。对山区地形,居高临下,细心察看是否遗漏山头未测和判断边线、风偏点漏测和测点不足等进行补测。

6.8.4 塔位在水田或耕作的旱地中,因桩位不能保存,只有定在塔位桩直线附近埂堤上为宜,并提供桩位里程和高程。另外为校测起见,对塔位处亦要施测距离和高程,不必钉桩。

6.8.6 塔位桩的直线方向宜采用前视法测定,若用此法可不必正倒镜测水平角,但高程仍需正倒镜测垂直角。

6.8.7 采用 RTK GPS 进行塔位桩定位时,一定要注意保证同一耐张段内直线塔的直线性。

6.8.8 关于定位过程中的检查测量,输电线路经过地段千差万别,相关要素复杂,作业过程中的情况也比较复杂,为保证线路的测量成果质量,必须把握定位中的检查。

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出什么位置切地,何处裕度比较大,再在现场巡视对照,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,以便检测中掌握。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对裕度的比较结果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:对于档距的检查测量,由于地形条件的不一样,检测的方法也各不相同。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差值进行分述。

检测档距的较差中误差  $m$ :

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_{11}^2 + m_{12}^2 + m_j^2} \quad (12)$$

式中:  $m_1$ ——直线桩间距离中误差;

$m_{11}$ 、 $m_{12}$ ——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。

## 6.9 塔基断面及塔位地形测量

6.9.1 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,以便于正确确定施工基面、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。

6.9.3 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 12。

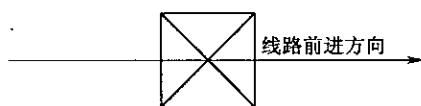


图 12 方形直线塔塔基断面塔腿方向的确定

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 13。

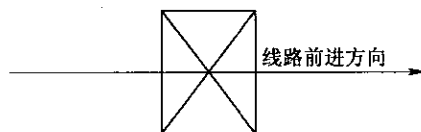


图 13 矩形直线塔塔基断面塔腿方向的确定

3 方形转角塔:塔腿间夹角为  $90^\circ$ ,转角塔转角为  $\alpha$ ,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 14。

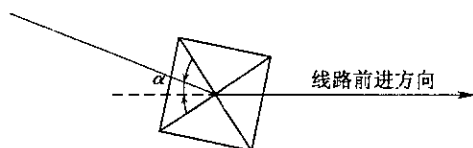


图 14 方形转角塔塔基断面塔腿方向的确定

6.9.4 拉线塔的塔基测量应测量塔腿和拉线盘方向的塔基断面,其测量范围较自立式铁塔略大。

6.9.5 测量塔位地形图时,塔腿中心和保护范围附近应测量详细,尽可能反映塔腿附近的地形变化。

## 6.10 房屋分布图测量

6.10.3 跨越尖顶房(屋顶无人活动)和平顶房(屋顶有人活动)电气距离要求不同,因此房屋分布图应包含屋顶形式的内容。

6.10.5 航测内业测量房屋时,测量范围往往测量屋顶边缘,外业测、丈量时,测量范围通常是滴水檐下,二者点位误差应在 0.6m 以内,如差别较大,应以外业测、丈量为准。

6.10.6 随着国民经济的发展和建设和谐社会的要求,房屋面积统计时应尽量准确,楼层统计到 0.5 层。

## 6.11 塔位坐标测量

6.11.1 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。

## 6.12 林木分布测量

6.12.1 跨越林区时调查和测量树种、密度、现时平均胸径、现时

生长高度和范围等信息是指现时情况下的相关信息,对于规划的林区、树木的自然生长高度、最高生长高度等信息可根据设计提供的资料和设计的要求表示。

### 6.13 接地极极址测量

**6.13.1** 我国电力行业标准《高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定》DL/T 5224—2005 中对有关的术语和定义解释如下:

高压直流大地返回运行系统(HVDC earth return operation system):在高压直流输电系统中,以大地或海水作电流回路运行而专门设计和建造的一组装置的总称。它主要包括接地极线路、接地极、导流系统及其辅助设施。

接地极址(electrode site):接地极所在场地。

接地极线路(electrode line):连接换流站中性母线与接地极导流系统的架空线路或地下电缆。

接地极(electrode):可持续地为直流系统传递直流电流的接地装置,是由若干组接地导体和活性填充材料组成。安装在陆地上的接地极,称为陆地接地极;安装在海水或海岸的接地极,称为海洋或海岸接地极。

导流系统(current guiding-system):将接地极线路上的电流引导至接地馈电元件的装置。它由导流线和构架、隔离开关、馈电电缆及其连接件组成。

**6.13.2** 接地极极址测量的坐标、高程系统一般采用与线路工程统一的坐标、高程系统。

**6.13.6** 重新加测的带状地形图,宜采用比原极址地形图比例大一级的成图比例尺。

**6.13.8** 极环平断面图是极环上以某一固定点为起点,在极环上按一定的间距,同时考虑地形起伏特征测量断面点。最后的终点回到原起点。每个断面点是通过极环的数学模型坐标反算放样后

确定在极环上再测定的。以起点为零累距,顺序相加前面断面点的间距(两断面点坐标反算的平距)后获得断面点累距,以累距和高程数据绘制断面图。以相近两极环断面点的切线为基准确定平面点位置关系,连续展绘平面点成平面图。

## **6.14 提交的成品资料**

**6.14.1** 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。

**6.14.2** 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。

**6.14.3** 立卷归档非常重要,应认真完成,防止资料丢失和遗漏。

## 7 可行性研究阶段岩土工程勘察

**7.0.2** 本条具体规定了本阶段勘察的主要工作内容。具体使用时应有所侧重,对线路路径影响较大的不良地质现象、采空区、跨越等应重点调查。本条给出了应搜集资料的几个大的方面。区域地质资料主要是指区域地质构造和地层岩性资料,通过这些资料可以初步了解线路沿线区域构造断裂的展布和活动性、杆塔的地基条件。矿产资源资料主要用来分析拟选线路沿线是否存在采空区及压矿的情况。地震地质资料指线路沿线概略的地震地质背景和地震烈度资料。

**7.0.3** 可行性研究阶段勘察,通过调查和搜集资料大多可以满足要求,一般不需进行勘探工作。

本条规定了现场踏勘工作只对影响拟选线路路径的工程地质条件开展,这些工程地质条件主要指的是有可能影响线路路径成立的不良地质作用、特殊地质条件和人类工程活动诱发的地质灾害等。

在特殊性岩土分布区,当地一般都积累了一定的建筑经验,这些经验对勘察设计工作很有参考价值,应注意搜集。

严重的不良地质作用往往难于处理,且处理费用高,效果不佳,线路以避让为主。

由于拟选线路沿线区域断裂和地震活动、地质灾害的发育、矿产资源和文物的压覆情况将直接影响线路路径的成立或影响项目投资,因此,本阶段应根据项目的实际情况建议开展必要的地质灾害评估、压覆矿产评估、地震安全性评价或压覆文物评估工作。



## 8 初步设计阶段岩土工程勘察

**8.0.1** 目前在线路工程中,初步设计阶段岩土工程勘察工作与项目的初步设计相适应,以满足初步设计和编制概算的需要。

**8.0.2** 本条所列几款内容主要针对初步阶段岩土工程勘察所需调查、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进行过地震安全性评价工作,则应按其结果提供。

**8.0.3** 初步设计阶段的岩土工程勘察,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。

遥感技术在线路岩土工程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现象的发育情况。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。

**8.0.4** 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。

## 9 施工图设计阶段岩土工程勘察

### 9.1 一般规定

**9.1.2** 岩土工程勘察任务书和标有线路路径方案的地形图是开展岩土工程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,对于确定勘探工作量及勘探深度等具有参考价值。初步设计阶段岩土工程勘察报告、地质灾害危险性评估报告、压覆矿产评估报告等,对开展施工图设计阶段岩土工程勘察具有导向作用。

**9.1.3** 本条明确了施工图设计阶段岩土工程勘察工作的主要内容。地基岩土的电阻率测量是本阶段勘察必须进行的工作,宜采用对称四极装置施测。

### 9.2 平原与河谷地区勘察

**9.2.1** 平原与河谷地区的岩土工程勘察一般均需进行勘探,在勘探之前应逐基进行地质调查,以便掌握每基塔的基本条件,为勘探工作的合理布置与调整提供依据。

**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,勘探工作应逐基进行,在有经验地区可以静力触探试验为主。对于直线塔,勘探点可间隔1基~2基杆塔布置,在实际应用时,要考虑地形地貌和地层岩性的变化情况,灵活掌握。

当勘探点为钻探孔时,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,勘察中宜根据地基岩土层的变化,合理布置勘探点,获得适量、可靠的土试样,一方面验证野外鉴定的准确性,另一方面通过室内试验获得必要的岩土参数。

一般情况下,塔基下一个勘探点就可以满足要求,但当地质条件特别复杂时,会出现各塔腿条件不一致的情形,此时,塔腿必须分别勘探,需要适量增加勘探点。对大的环形塔基,当条件复杂时,可参考发电厂烟囱勘察布置勘探点。

**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 500kV 线路勘探的情况,并结合塔基的类型、埋深、荷载大小、受力特点等因素,按有关理论计算而确定。

经验证明,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,只有对某些有特殊要求的重要杆塔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  $1.2b$ ,故规定耐张塔、转角塔、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  $1.0$  倍~ $1.5$  倍,且不小于  $8m$ ,而一般直线塔的勘探深度略为减小。

软土区勘探深度一般应达到附加压力小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、粉土层时,对于浅基础其勘探深度必须大于或等于  $15m$ ,对于深基础其勘探深度必须大于或等于  $20m$ 。

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、塔基岩土体的工程特性等,一般与水文及设计等专业

配合,并综合确定。

### 9.3 山地丘陵区勘察

**9.3.1** 山地丘陵区选线勘察的重点是调查沿线分布的不良地质作用,评价其对塔基稳定性的影响程度。条文中列出几款塔位宜避开的地段,具体应用时应结合工程的实际情况与其他因素综合考虑。

**9.3.3** 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。

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。

## 10 岩土工程勘察方法

### 10.1 工程地质调查

**10.1.3** 可行性研究设计阶段,宜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的比选和工程设计需要、并应考虑环境整治的要求。工程地质调查是山地丘陵区 and 地形地质条件复杂区一项不可缺少的工作。

**10.1.5** 施工图设计阶段,主要是针对塔位开展调查工作,在实际工作中应根据场地的地质条件,有侧重地进行调查。

### 10.2 遥感解译

**10.2.1** 遥感技术已广泛应用在线路勘察工程中,工作的主要目的是查明不良地质作用的发育情况,为线路路径的选择和优化提供依据。

**10.2.2** 遥感是一种非接触的空间探测技术,受视域和覆盖的影响,通常需要和其他勘察方法配合进行,获得多元信息,才能获得令人满意的解译成果。

**10.2.3** 本条几款内容的规定是对线路勘察中遥感工作的基本要求。目前地质遥感资料主要来源于卫星遥感和航空遥感两个方面。考虑到航片的比例尺大,分辨率高,对地面的形态反映较好,故推荐航片解译为主。在可行性研究阶段,遥感解译工作主要是为路径的优化提供依据;初步设计阶段,遥感解译工作主要是解译线路走廊内有无对塔位稳定影响较大的不良地质作用,为路径方

案的选择提供依据。

遥感解译工作是一种间接的方法,需要有一定的实地检验工作,以提高解译精度。野外实地检验的目的是验证室内解译成果的正确性,补充室内漏译的地质现象,对照野外地物特征建立影像解译标志。

### 10.3 工程物探

10.3.3 规范中表 10.3.3 列出了线路岩土工程勘察常用的工程物探方法及其适用条件与应用范围。

电法为成熟物探方法,如果地形和电性条件适宜,可以发挥较大作用。

地质雷达在适宜的条件下,能得到良好的探测效果,尤其对于探测覆盖层厚度、探测岩溶洞穴和划分风化带等方面效果更佳。

声波勘探在探测软弱夹层和划分风化带方面效果较好。

### 10.4 勘探与测试

10.4.3 我国地域辽阔,在选择原位测试方法时,除应考虑勘察目的、岩土特性、工程要求等因素外,还应考虑地区经验。采用新的原位测试技术,应事先与成熟的测试方法和室内试验成果对比分析,当取得较好的相关关系时才能使用。

10.4.4 在进行室内试验时,应注意以下几点:

- 1 岩土试验方法和具体操作应符合现行国家标准。
- 2 试验项目和试验方法的选择应有明确的目的和针对性。
- 3 为保证试验数据的准确度,试验的仪器设备应定期检定和校准,应使用精度符合试验标准的仪器。
- 4 制备试样前,对岩土的性状进行描述、对土试样进行质量等级划分,有利于确定试验项目和校核试验成果。
- 5 岩土工程评价中水和土对建筑材料的腐蚀性评价是必不可少的,工程中应根据地下水位的埋藏情况,有针对性地进行水和土对建筑材料的腐蚀性分析。

## 11 特殊岩土分布区岩土工程勘察

### 11.1 湿陷性黄土

**11.1.1~11.1.3** 湿陷性黄土是指在一定压力下受水浸湿,土体结构迅速破坏,并产生显著附加沉降的黄土。根据线路工程的特点,在湿陷性黄土地区,可行性研究和初步设计阶段一般不针对具体的塔位开展勘察工作,主要针对线路路径或走廊进行搜集资料和现场调查工作。

**11.1.4** 施工图设计阶段,对于缺乏岩土资料的黄土台或黄土塬区,同一地貌单元不宜少于2个~3个探井,探井宜布置在转角塔位,较长耐张段的转角塔位应布置探井。

### 11.2 冻土

**11.2.1** 冻土指具有负温或零温度并含有冰的岩土。季节冻土指冬季冻结而在夏季又全部融化的岩土;隔年冻土指按冻结状态的持续时间分为多年冻土、隔年冻土和季节冻土冬季冻结而翌年夏季并不融化的岩土;多年冻土指持续冻结时间在2年或2年以上的岩土。多年冻土在我国主要分布在青藏高原、帕米尔高原及西部高山,东北的大小兴安岭及其他高山顶部也有零星分布;季节冻土主要分布在长江流域以北、东北多年冻土南界以南和高海拔多年冻土下界以下的广大地区。

**11.2.3** 根据东北地区及青藏高原线路工程经验,冻土的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,最终基础失稳而发生倒塔。

**11.2.4** 根据西北电力设计院在“青藏直流联网线路工程”中的勘

测经验,在多年冻土区,当多年冻土厚度大且分布稳定时,可隔基勘探,以减少对多年冻土层的扰动。

### 11.3 软 土

**11.3.1** 软土指天然孔隙比大于或等于 1.0,且天然含水量大于液限的细粒土,包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

**11.3.3** 软土的时代、成因等宜通过搜资和调查查明,并且应通过搜资和调查充分了解当地的软土处理经验。

**11.3.4** 静力触探试验被证明在软土地区是行之有效的一种勘察方法,它不仅可以缩短工作周期,还可提高勘察工作质量,因此本规范推荐以静力触探为主要勘察方法,辅以钻探等。

**11.3.5** 根据 Boussinesq 解,软土中附加应力等于上覆土自重应力的 10% 时对应的深度约为  $2b$ 。采用浅基础时,对转角塔、耐张塔、终端塔、跨越塔,勘察深度不宜小于基底下  $2b$ ,而直线塔可略为减少。

线路塔基主要受地基土体强度的控制,不需要进行沉降计算,当采用桩基础时,勘探深度宜取桩端平面以下  $3d \sim 5d$ ;若塔基对沉降有特殊要求,应根据设计要求确定勘探深度、使勘探深度满足沉降计算的要求。

**11.3.6** 条文中所列的两款内容是软土地基岩土工程分析和评价必须包含的,并且应重点考虑的。

### 11.4 膨胀岩土

**11.4.1** 膨胀岩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岩土。膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土,决定其胀缩性的内因是土体内含有大量亲水矿物,胀缩性的表现形式是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。膨胀岩土的判定,目前尚无统一的指标和方法,多年来采用综合判定。近 20 年来,现行国家标准《膨胀土地区建筑



技术规范》GBJ 112 在工业与民用建筑中应用较广泛,其中对膨胀土的判定方法和标准也是被工程界广泛采用的,本规范仍然推荐采用此判定方法和标准。膨胀岩的资料积累得不多,作为建筑物或构筑物地基时,可参照膨胀土的判定方法和标准进行判定。

**11.4.4** 施工图设计阶段勘察应查明具体塔位所在地的对杆塔地基强度、稳定和基础施工有影响的因素,并确定地基的岩土设计参数,对塔位所在地的稳定性进行评价,提出设计、施工和运行方面的岩土工程建议。条文中所列的内容第1款~第5款主要通过搜集资料、现场调查和计算分析进行。

**11.4.5** 在膨胀岩土地区,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,线路施工和运行期间可能出现地基失稳等险情,塔位不宜选择在这些地带。

勘察深度应大于基础埋深加附加应力的影响深度与大气影响深度二者中的较大者,前者从工程作用的角度考虑、后者从自然作用的角度考虑,二者缺一不可。

**11.4.6** 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岩土上的杆塔也是适用的,应遵照执行。《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 对坡地、地基处理也作了具体规定,工程需要时亦应遵照执行。但根据本次规范编写组调研的结果,已经建设或者已经完成勘察设计工作的线路工程,对坡地以避让为主,其杆塔均未涉及坡地;由于杆塔基础埋藏较深,也未涉及地基处理。

膨胀岩土含有大量亲水矿物、裂隙发育,当有水的作用时,裂隙构成了水的通道、亲水矿物遇水膨胀,使土体强度降低;施工可能改变地形而使大气影响范围发生改变、施工和运行可能改变土体的含水量等。这些因素都会影响岩土层的承载力、抗剪强度等设计参数,应充分考虑。

《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 对地基计算也作了规定,当工程需要进行地基计算时宜遵照执行。但根据本次规范编写组调研的结果,已经建设或者已经完成勘察设计工作的线路工程,其杆塔均未进行地基计算。

## 11.5 红 黏 土

**11.5.1** 红黏土指颜色为棕红或褐黄色,覆盖于碳酸盐岩系之上的高塑性黏土。其液限大于或等于 50% 时,应判定为原生红黏土;原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征,且其液限大于 45% 的黏土,可判定为次生红黏土。本节所指的黏土是我国红土的一个亚类,即母岩为碳酸盐岩系,经湿热条件下的红土化作用形成的特殊类土。按照本条的定义,原生红黏土比较易于判定,但次生红黏土具备某种程度的过渡性质,实际工作中宜通过对第四纪地质和地貌的研究,根据红黏土特征保留的程度综合判定。

**11.5.3** 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。

**11.5.4** 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一性和稳定性评价。

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所有土洞的发育情况,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。

**11.5.5** 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下降;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

伸深地表下数米,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卧软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和当地的气象条件,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。

## 11.6 填 土

**11.6.1** 填土指由人类活动而形成的堆积物。根据物质组成和堆填方式可将填土分为下列四类:

素填土:由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成,不含杂物或含杂物很少。

杂填土:含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂物。

冲填土:由水力冲填泥砂形成。

压实填土:按一定标准控制材料成分、密度、含水量,分层压实或夯实而成。

**11.6.3、11.6.4** 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。

## 11.7 风化岩与残积土

**11.7.1** 风化岩指岩石在风化营力作用下,其结构、成分和性质已产生不同程度变异的岩石。已完全风化成土而未经搬运的应定名为残积土。

**11.7.4** 对线路工程而言,风化岩与残积土地段一般采用天然地

基,应着重查明岩土的统一性及球状风化体或孤石的分布等。

**11.7.5** 根据线路工程的特点和风化岩与残积土的工程特性选用勘探方法,一般采用钻探结合动力触探进行。在进行不均匀地基和存在球状风化体或孤石地基的勘察时,应适当增加勘探点。

**11.7.6** 对于残积土,往往存在风化不均匀的特征,可根据工程要求进行细分。

## **11.8 盐 渍 土**

**11.8.1** 盐渍土指易溶盐含量大于 0.3%,并具有溶陷、岩胀、腐蚀等工程特性的岩土。

**11.8.3** 施工图设计阶段盐渍土地区的勘察,除遵照本规范第 9 章的规定外,应重点对地下水和地表水的类型、埋深、水质及其季节性变化,含盐的定性、定量分析及其在岩土中的分布状况,盐渍土的溶陷、溶胀性和溶陷、溶胀等级进行勘察。应注意天然状态和浸水条件下的地基承载力的变化。

## **11.9 混 合 土**

**11.9.1** 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。混合土是山区线路工程中常见的地基土之一。由于其颗粒粒径相差较大,根据粒径组成进一步分为粗粒混合土和细粒混合土,是为了更好的评价地基特性。

**11.9.3** 混合土的成因类型主要有坡积、洪积和冰水堆积等类型。

**11.9.4** 对于混合土,往往可以利用天然剖面进行观察,当需要较准确的定名和查明混合土厚度时,则需要采用井探、钻探和颗粒分析等方法。

**11.9.5** 混合土成因以堆积为主,利用其作为地基时应考虑成因

类型、下卧层性质和产状,分析判断地基的整体稳定性。

对于混合土的地基承载力和边坡容许坡度值,通过岩土参数进行计算确定是很困难的,因此条文规定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。

## 12 特殊地质条件岩土工程勘察

### 12.1 岩溶与洞穴

**12.1.1** 本条为强制性条文。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须的。

**12.1.2** 在岩溶与洞穴发育区进行勘察,首先应重视工程地质的研究,已有资料的搜集工作尤为重要。

在岩溶区进行工程建设,可能带来严重的工程稳定问题,因此在线路路径选择和方案优化时,应加深研究,预测其危害,作出正确选择。

由于岩溶和土洞是一种分布复杂的自然现象,宏观上虽有发育规律,但在具体塔位上,其分布的形态是无常的,为了查明岩溶和土洞在塔位处的具体分布及其对塔基的影响,进行施工勘察是需要的;对于特别复杂的场地和地基,即使是按塔腿布置勘探点,也难以满足设计和施工的要求,进行施工勘察是必要的。

**12.1.3** 岩溶塔基的勘探是在采用搜资和工程地质调查不能满足要求时进行,可以采取钻探、物探等方法。当各塔腿的条件相差比较大时,应分别进行勘探和评价,并提出处理意见。

**12.1.4** 本条列出几种不适合立塔的岩溶地质条件。

当溶沟、溶槽、石芽在塔基范围表面强烈发育时,地表起伏强烈,处理费用很高,故不宜立塔。

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,也可能造成上覆土层侵蚀,产生塌陷,也属于不宜立塔的地段。

**12.1.5** 溶洞、溶蚀裂隙的尺寸较小,一般指宽度或直径小于 1m 的洞隙。

**12.1.6** 岩溶与洞穴勘察的岩土工程评价,强调对塔基稳定性和适宜性的评价,强调岩溶地基的处理方法。

## **12.2 滑 坡**

**12.2.1** 本条为强制性条文。滑坡是线路工程中最常见的不良地质作用,我国曾有多条 330kV 或 500kV 线路因为滑坡造成倒塔断线事故,给国家和人民的财产造成了一定的损失,也造成了一定的能源浪费。为了保证工程的安全,拟建线路路径上或其附近存在对线路塔位安全有影响的滑坡或有滑坡可能时,进行滑坡专项勘察是必须的。

**12.2.2** 本条列出了滑坡勘察应重点了解和查明的 5 项内容。由于滑坡类型的复杂性,在具体工作中还要结合线路建设特点进行调查,特别是在进行路径方案和塔位选择时,只有了解滑坡最大可能的影响范围,才能确保线路和塔位的安全。

**12.2.3** 根据线路工程的特点,勘察工作宜以工程地质调查为主要方法。

地质灾害评估报告、国土部门进行的地质灾害小区划工作、航片等资料是搜集资料的重要内容。山区线路勘察经验表明,现场走访当地政府和居民对了解和掌握线路路径上是否存在滑坡很有帮助。

必要时进行少量勘探和物探等工作,是为了对调查结果进行

验证。

**12.2.4** 本条列出了对线路塔位安全有影响的4种典型情况,在这些地段设立塔位线路安全得不到保障,其防治和处理往往花费巨大,因此塔位宜避开这些地段。

人类活动通常是指修建各类工程、开挖边坡、弃土弃渣堆放、砍伐植被等,这些活动发生在线路塔位附近时往往可能影响塔位的稳定。

**12.2.5** 在滑坡易发地区或斜坡地质条件复杂的地段容易产生新的滑坡,设立塔位时应进行详细调查和评价,当调查不能满足需要时应进行必要的勘察。

### 12.3 崩塌与倒石堆

**12.3.1、12.3.2** 这两条规定了崩塌区勘察宜按勘察阶段进行,并规定了各阶段的勘察内容。

崩塌是斜坡岩土体的一种破坏形式,当线路经过崩塌区时,必须对其通过的适宜性与崩塌对塔基的危害性进行评价。当遇到下列条件时,应注意产生崩塌的可能性:

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,岩体中的软弱结构面组合不利,岩体破碎;

3 当地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山体失衡。

**12.3.3、12.3.4** 这两条依据崩塌规模的大小对勘察工作进行了规定。大规模的崩塌处理费用高,采取避让的方法是合理的。对规模较小的崩塌,可以通过工程地质调查,查清崩塌特征与类型、崩塌体规模与危石的分布、岩体结构面的发育特征与相互组合关系,在此基础上提出解决办法。

**12.3.5** 倒石堆是崩塌等斜坡破坏的产物。倒石堆的勘察主要是



查明其堆积方式、堆积物组成、形成时间、堆积物的稳定性等,进而提出是否可以立塔的建议。

## 12.4 冲 沟

**12.4.1** 冲沟是线路勘察中经常遇到的一种不良地质现象,本条规定以工程地质调查为主要方法,是基于冲沟的发育、发展特征和勘察的目的。

冲沟的发育特征主要是指其形态、岩土构成、沟内堆积物、植被、坍塌与水土流失情况等的组合,应综合上述因素作出判断。

处于发育阶段的冲沟,沟底纵向坡度较陡,冲沟横断面是“V”形,沟底堆积物较新,无植被发育,沟壁陡立,并有新近坍塌滑落的痕迹,沟岸的水土流失严重。

处于衰老阶段的稳定冲沟,沟底纵向坡度较缓,冲沟的横断面是“U”形,沟岸平缓稳定,无新近坍塌和水土流失现象,植被发育。

**12.4.2、12.4.3** 这两条规定了各勘察阶段的主要工作内容。实际应用时,应依据冲沟的不同类型,有针对性地开展工作和抓住工作的重点。

岩质冲沟的工作重点是沟壁岩体的岩性特征、风化程度、岩体中结构面及坡面的产状与相互组合关系,还应包括结构面的充填情况及充填物特征。

松散堆积物构成的冲沟,工作的主要内容是查清沟坡土体的物理力学性质、沟壁的坡度及其坍塌与冲刷情况。

地表水流是冲沟发生发展的主要外部因素,因此,必要时应会同水文专业进行相关工作。

**12.4.4** 处于发育阶段的冲沟,其侧向侵蚀和向源侵蚀作用强,沟壁坍塌严重,沟的宽度还在继续扩大,严重时有可能暴发泥石流,因此,冲沟的延伸部位、沟壁附近和冲沟沟口不宜设立塔位。当塔位附近有冲沟存在且可以防护处理时,应及时处理,以免继续发展而影响塔基安全。

**12.4.5** 本条规定的安全距离可根据实际情况进行调整,在有可靠地方经验的地段,也可缩短。

**12.4.6** 本条规定了冲沟勘察的岩土工程评价内容,可以根据实际情况有所侧重。对于可以避让地段的岩土工程评价,应将重点放在第1款和第2款上;当无法避让时,应将评价重点放在第3款上。

## **12.5 泥 石 流**

**12.5.1** 本条为强制性条文。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须的。

**12.5.2** 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符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定。

**12.5.3** 本条规定了泥石流勘察的主要方法和调查的主要内容。

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。

**12.5.4** 本条列出的三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。

## **12.6 地 震 液 化**

**12.6.1** 本条明确了在高烈度区进行地震液化评价的条件。

根据我国地震的实际记录,线路杆塔地基和基础在震后基本

没有因地基土液化而产生较严重的灾害。地震灾害调查发现,采用桩基础的杆塔震害轻微或完好;采用整体式联合基础和拉线的杆塔具有较好的抗震性能。因此,设计一般在液化地区采用桩基、整体式联合基础或拉线杆塔作为抗震措施。考虑到大面积全面设防耗资太大,本条规定以外的其他杆塔一般仍按常规设计,不需进行地震液化评价。

## 12.7 采 空 区

**12.7.1** 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。

**12.7.2** 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,应通过搜资了解采空区的范围,提出避让建议。对必经的采空区,则应经过详细的搜资与调查,分析其对线路路径的影响,作出客观评价。

初步设计阶段,在可行性研究基础上,进一步查清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,分析采空区对杆塔的影响,提出对采空区、杆塔地基、基础处理或变形监测的建议。

**12.7.3** 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。

**12.7.4** 本条规定了在线路路径选择时应考虑的几种情况,目的是最大限度的减少采空区对线路的影响。如:选择跨越采空区最

短或采矿分布稀疏处通过的线路,可采用大档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,可大幅减小或消除地表变形对线路的影响。

#### **12.7.5 本条规定了塔位选择时应考虑的几种情况。**

充分采动是指采空面积的长度和宽度分别等于或大于开采深度时,地表移动盆地呈盘状、地表出现应有的最大下沉值的情况。此时盆地中心的变形不再继续增大,因此可以立塔。

采空区顶板岩体厚度较大、坚硬完整时,可为上部杆塔提供良好的支撑,地表变形小,可以立塔。

矿区无矿带或有矿柱的地段,如主巷道、副巷道、主井、副井、通风井、矿区内主要运煤道路附近是矿区的“安全岛”,可以立塔;村庄、铁路、河流、水库等重要设施一般留有煤柱,其附近也可考虑立塔。

采空区塔位附近如有临空面或冲沟,应经过现场勘察,评价其可能的影响范围,将塔位立于影响范围之外,一般距临空面或冲沟边缘的保护距离宜大于 20m。

#### **12.7.6 小窑采空区一般情况下资料缺乏,而且难于搜集,因此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。

## 13 原体试验

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 条文中列举的四种基础型式,当其作为杆塔基础时,其承载力对基础设计一般起控制作用,不通过试验较难准确确定,并且地质条件及施工工艺对这类基础的影响也较大。原状土基础包括掏挖基础、机扩基础、爆扩底基础等。

**13.1.2** 原体试验是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;原体试验不仅要为杆塔设计提供准确的参数,还应发现施工中的岩土工程问题,为制定基础施工和质量检测方案提供依据。

**13.1.3** 本条对宜进行原体试验的条件作了较明确的规定,主要考虑三方面的因素:塔的重要性、经济性和安全性。

**13.1.5** 当地建筑经验对原体试验设计非常重要,另外各地相继颁布了相应的地基基础设计和地基处理技术标准 and 文件,原体试验设计应注意有关地方规定。

### 13.2 基桩原体试验

**13.2.1** 基桩原体试验应为综合试验,其原因如下:

1 线路塔基不仅承受竖向抗压荷载,同时还承受抗拔和水平荷载。

2 试验应为地基基础设计优化提供参数。

3 试验应为工程桩质量检测积累经验。

**13.2.3** 对于大吨位桩基静载试验,当采用堆载法时,有安装难度增大、基准桩受堆载体的影响难以避免,并且存在安全隐患,因此应尽量采用锚桩法。

### **13.3 锚杆基础和原状土基础试验**

**13.3.1** 锚杆基础、原状土基础试验必要时应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也较大,当按经验估算的值对塔基基础设计起控制作用或缺乏经验时应进行这方面试验。

### **13.4 原体试验成果编制**

**13.4.1** 原体试验成果编制应包括条文中规定的内容,除应提供试验有关参数外,应对原体试验与场地的适应性作出评价和说明,提出可改进的方面。

**13.4.3** 试验图表和附件包括施工竣工报告、检验专题报告等。

## 14 基 坑 检 验

**14.0.1** 基坑检验是整个线路岩土工程勘察工作的重要一环,目的是使设计依据的资料符合场地工程地质条件,为线路安全运行创造条件。

基坑检验工作是在原来勘察成果的基础上进行的,因此参加检验的人员应充分搜集、熟悉相关资料。检验工作的形式可以是以工地代表的身份与设计 and 监理人员一起工作,也可以是应设计或施工单位的要求赴现场工作。

**14.0.2** 本条基于以往的工程经验,对需要进行基坑检验的情况作了规定。

**14.0.4** 基坑检验,应首先对开挖所揭露的岩土特征进行鉴定,当与原来资料有较大差异时,或由于基础形式更改等原因,原有资料无法满足要求,应进行适当的补充勘察或施工勘察。

另外由于塔基施工现场环境条件发生变化,常常引起一些新的岩土工程问题,此时应与设计及施工人员密切配合,妥善解决这些问题。

## 15 岩土工程勘察成果

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 用岩土工程勘察报告反映线路勘察成果,是电力行业几十年的习惯作法。与发电工程、房屋建筑工程不同,线路工程无论其工程规模大小与否,场地岩土工程条件复杂与否,其勘察成果均宜用勘察报告的形式提供。

**15.1.2、15.1.4** 岩土工程勘察报告是与勘察阶段相对应的,每一阶段设计要求不同,每一个工程的特点也不同,线路沿线的工程地质条件更是千变万化,这些在勘察报告中应有所体现。报告不能泛泛而谈,要因地制宜,重点突出,要有明确的工程针对性。

**15.1.3** 原始资料是编制岩土工程勘察报告的基础,一定要保证其准确无误后方可使用。对于搜集的资料,由于其依据的规程规范可能和现今的执行标准不同,以及不同行业标准间也存在一定差异,因此应按照现行标准进行识别,鉴别其可用性和适宜性,并在引用过程中说明其来源。这些年来,通报批评的一些勘察事故,多是由于对原始资料的检查、整理、分析、鉴定不够重视,导致勘察成果没有能如实反映勘察实际情况,甚至造成假象,导致分析评价失误,本条予以强调,以引起足够重视。

### 15.2 可行性研究阶段

**15.2.1** 本条规定了可行性研究阶段岩土工程勘察报告的基本内容。

可行性研究阶段岩土工程勘察报告要侧重于对影响路径成立的稳定性问题和对投资有较大影响的岩土工程问题作出初步分析和评价。



### 15.3 初步设计阶段

**15.3.1** 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作出具体的分析和评价。

### 15.4 施工图设计阶段

**15.4.1** 施工图设计阶段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,还应附塔位工程地质条件明细表。

**15.4.2、15.4.3** 这两条规定了施工图设计阶段岩土工程勘察成果的主要内容。岩土工程勘察报告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评价。塔位工程地质条件明细表是每一塔位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、不良地质现象等,对条件比较复杂的塔位,必要时应辅以相应的图件说明。

## 16 可行性研究阶段工程水文勘测

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 可行性研究阶段工程水文勘测工作应对各拟定的路径方案进行初步搜资、踏勘和调查。其工作深度应达到方案选择的要求,即在比选的多个路径方案中,能够对其水文特点有一定的了解,如有无影响路径方案的分蓄洪区、水利规划、大的水淹区等,以便从水文专业角度对方案进行比较,从中推荐水文条件较好的可行方案。

**16.1.2** 本条是路径方案选择中的限制性条款,即跨越江河、湖泊、水库、海湾河口等水文条件的要求,是在总结国内架空输电线路工程勘测、设计与运行经验的基础上提出来的。在方案比选时可作为比较的几个基本要素。

**16.1.3** 可研阶段工程水文勘测要求达到方案比选的深度,搜集资料、调查以及是否进行现场查勘等,可根据路径方案水文条件的复杂程度和勘测任务要求来掌握。

### 16.2 勘测内容深度与技术要求

**16.2.1** 本条列举了本阶段水文勘测搜集资料的主要内容。

**16.2.2** 本条列举了本阶段水文调查的主要内容。

**16.2.3** 本条列举了本阶段应初步分析论述的主要水文问题。

### 16.3 勘测成果

**16.3.1** 本条规定了可行性研究阶段水文勘测报告的主要内容。当线路方案跨越河流、分蓄洪区时需要征求相关行业主管部门的意见或建议,并将其要求反映在水文勘测报告中,以供设计专业优

选路径方案时参考。通过本阶段的勘测工作,从水文条件进行初步分析,提出各方案的主要有利条件及存在的问题和可能需要采取的工程治理措施,对各方案按优劣顺序排序。

## 17 初步设计阶段工程水文勘测

### 17.1 一般规定

**17.1.1** 初步设计阶段水文勘测的任务是为路径方案的比较、优化从本专业角度提出意见或建议。

**17.1.2、17.1.3** 跨越河道、分蓄洪区时应按照防洪法、河道管理条例等法律法规要求进行防洪评价专题论证,并根据论证结论对路径方案进行优化。

### 17.2 勘测内容深度与技术要求

**17.2.1** 本条列举了初步设计阶段线路工程跨越江河、内涝区、分蓄洪区、湖泊、水库、海湾、河口等地区应搜集的水文资料的主要内容及技术要求。防洪排涝工程包括堤防、闸、泵站等。

**17.2.2** 本条列举了初步设计阶段线路工程洪水、内涝、分蓄洪区、湖泊、水库、海湾、河口等各项水文调查的主要内容及技术要求。

**17.2.3** 对初步设计阶段水文分析计算的主要内容、深度作出规定。对于重要跨越的设计洪水位应采用合理可行的水文分析方法进行计算,并初步分析跨越岸滩的稳定性、堤防安全性对路径方案的影响,为线路路径的优化提供水文依据。

### 17.3 勘测成果

**17.3.1** 本条规定了初步设计阶段水文勘测报告的主要内容。

**17.3.2** 对于重要跨越的河床稳定性分析、堤防溃口等问题必要时应进行专题论证,为线路路径的优化提供水文依据。跨越河段或海岸的稳定性直接影响到塔基的安全,堤防溃口产生的局部冲

刷坑可能会影响到塔基的安全稳定,对于诸如此类影响到塔基安全或使工程投资产生较大变化的水文问题,在初步设计阶段路径优化时应进行专题研究。

## 18 施工图设计阶段工程水文勘测

### 18.1 一般规定

**18.1.1** 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塔位附近未勘测的小河、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。

**18.1.2** 本条规定了水文勘测定位中需要考虑的水文条件:

1 溃堤、溃坝洪水产生的危害可能影响塔基的安全,在有条件时应尽量利用不受洪水影响的地形、防洪标准达标的堤防以及避开可能受溃堤、溃坝影响的地段。

2 在河道管理范围内立塔,一方面需要遵守相应的水利法规对建设线路工程的要求,另一方面需要考虑塔基自身安全,避免因洪水威胁引起的塔基安全问题。

3 水中立塔应避开主流区,尽可能在稳定的河岸、河滩立塔。

4 分蓄洪区口门附近水流流速较大,产生的冲刷坑的规模也大,应避免在分洪口门附近立塔。立塔后分洪水流会在塔基周围产生局部冲刷,其规模与塔基和分洪口门的相对位置、水流流速、土壤特性、塔基基础形式及尺寸等有关。

**18.1.3** 对于受水文条件影响的塔基勘测,本阶段应进行现场水文勘测,以便复核初步设计阶段提出的水文成果的合理性。另外,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复核,故也要求本阶段进行现场水文勘测。

## 18.2 勘测内容深度与技术要求

**18.2.1** 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、搜集资料与分析,提供塔位勘测设计的水文成果。

**18.2.2** 各种设计频率的洪水位,如频率为1%、2%、3.3%、5%、10%、20%等可根据设计要求进行分析计算,通航河流的最高通航水位洪水频率标准必须按照《内河通航标准》GB 50139 相关规定执行。

**18.2.3** 堤防工程的级别及设计标准按《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。

**18.2.4** 在水中或河滩立塔时,一方面由于水流对河床、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。无论是天然冲刷,还是局部冲刷,其对塔基的安全稳定的影响都是需要认真分析的。

1 河床的天然冲刷是河流在发育成长中的变形或河床在来水来沙条件下的天然演变,如边滩、沙洲的移动,河弯的发展、移动和天然的裁弯取直等所引起的河槽变形。对于河床的天然冲刷,可通过搜集塔位上下游或临近河段或海床的历年水下地形图或海图来分析判断;也可通过调查跨越断面或同一河段相似河床断面的多年变化规律来初步估计。

2 局部冲刷是由于塔位基础阻挡水流产生的水流冲击和涡流作用,在塔基周围形成的河床局部变形。随着工程勘测设计水平的不断提高,对于局部冲刷规律的认识也不断更新,局部冲刷的分析计算宜采用新的成果和方法。目前关于局部冲刷的计算公式

宜采用《公路工程水文勘测设计规范》JTJ C30—2002 中推荐的 65-2 公式和 65-1 修正式以及黏性土河床局部冲刷公式。计算局部冲刷时洪水位采用 100 年一遇,对于无资料地区或计算困难的地区,可采用调查的历史最高洪水位,这是为了与线路工程的防洪标准相适应。

1) 非黏性土河床桥墩局部冲刷计算公式。

a) 65-2 式:

$$\text{当 } V \leq V_0 \quad h_b = K_\xi K_{\eta_2} B_1^{0.6} h_p^{0.15} \left( \frac{V - V_0'}{V_0} \right) \quad (13)$$

$$\text{当 } V > V_0 \quad h_b = K_\xi K_{\eta_2} B_1^{0.6} h_p^{0.15} \left( \frac{V - V_0'}{V_0} \right)^{n_2} \quad (14)$$

$$K_{\eta_2} = \frac{0.0023}{\bar{d}^{2.2}} + 0.375 \bar{d}^{0.24}$$

$$V_0 = 0.28(\bar{d} + 0.7)^{0.5}$$

$$V_0' = 0.12(\bar{d} + 0.5)^{0.55}$$

$$n_2 = \left( \frac{V_0'}{V} \right)^{0.23 + 0.19 \lg \bar{d}}$$

式中:  $h_b$ ——桥墩局部冲刷深度(m);

$K_\xi$ ——墩形系数,矩形取  $K_\xi = 1.24$ ,圆形取  $K_\xi = 0.85$ ,其他取  $K_\xi = 1.2$ ;或查相关参考资料;

$B_1$ ——桥墩计算宽度(m);取迎水面宽度;当水流与迎水面有偏角时,按偏角折算;

$h_p$ ——一般冲刷后的最大水深(m);

$\bar{d}$ ——河床泥沙平均粒径(mm);

$K_{\eta_2}$ ——河床颗粒影响系数;

$V$ ——一般冲刷后墩前行近流速(m/s);可采用一般冲刷后的墩前垂线平均流速,或采用计算一般冲刷时的冲止流速;

$V_0$ ——河床泥沙起动流速(m/s);



$V'_0$ ——墩前泥沙起冲流速(m/s);

$n_2$ ——指数。

b) 65-1 修正式:

$$\text{当 } V \leq V_0 \quad h_b = K_\xi K_{\eta_1} B_1^{0.6} (V - V'_0) \quad (15)$$

$$\text{当 } V > V_0 \quad h_b = K_\xi K_{\eta_1} B_1^{0.6} (V_0 - V'_0) \left( \frac{V - V'_0}{V_0 - V'_0} \right)^{n_1} \quad (16)$$

$$K_{\eta_1} = 0.8 \left( \frac{1}{\bar{d}^{0.45}} + \frac{1}{\bar{d}^{0.15}} \right)$$

$$V_0 = 0.0246 \left( \frac{h_p}{\bar{d}} \right)^{0.14} \sqrt{332\bar{d} + \frac{10 + h_p}{\bar{d}^{0.72}}}$$

$$V'_0 = 0.462 \left( \frac{\bar{d}}{B_1} \right)^{0.06} V_0$$

$$n_1 = \left( \frac{V_0}{V} \right)^{0.25\bar{d}^{0.19}}$$

式中:  $K_{\eta_1}$ ——河床颗粒影响系数;

$n_1$ ——指数。

2) 黏性土河床桥墩局部冲刷计算公式。

$$\text{当 } \frac{h_p}{B_1} \geq 2.5 \text{ 时} \quad h_b = 0.83 K_\xi B_1^{0.6} I_L^{1.25} V \quad (17)$$

$$\text{当 } \frac{h_p}{B_1} < 2.5 \text{ 时} \quad h_b = 0.55 K_\xi B_1^{0.6} h_p^{0.1} I_L^{1.0} V \quad (18)$$

式中:  $I_L$ ——冲刷坑范围内黏性土液性指数, 适用范围为 0.16 ~ 1.48。

**18.2.5** 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, 在此基础上论证溃坝可能性、溃坝方式, 以及溃坝对塔位的影响。有些水库设计洪水标准达到或高于线路工程 100 年一遇防洪设计标准, 但实际上未达到原定设计标准, 甚至是坝体质量差的险库, 因此有溃坝可能。而有些大江大河的径流式水电站和航电枢纽工程, 其防洪设计标准往往

低于线路工程的防洪标准,但其防洪校核标准却高于线路工程的防洪标准,由于径流式水电站不具备防洪调蓄功能,在发生超过水电站防洪设计标准洪水时,上游来多少洪水就可以下泄多少洪水,因此在坝体质量合格和正常运行下,水库溃坝的可能性极小,这时就可以不考虑溃坝洪水的影响。

有关溃坝洪水计算公式见本规范第20.4.4条条文说明。

### 18.3 勘测成果

**18.3.1** 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,并宜配合图、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,应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 水文查勘

### 19.1 一般规定

**19.1.1~19.1.3** 对线路工程水文查勘的主要内容进行说明。

**19.1.4** 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 2 名人员参加。

### 19.2 人类活动影响调查

**19.2.1~19.2.5** 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,故其调查要针对工程设施的特性考察其影响特征,并分析其影响变化对塔基安全性的影响。

### 19.3 洪涝调查

**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。

**19.3.6** 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 年一遇最高内涝水位及持续时间。

**19.3.7** 洪水痕迹可靠程度评定标准按表 8 确定。

表 8 洪水痕迹可靠程度评定标准

评定因素	等 级		
	可 靠	较可靠	供参考
洪水发生情况	亲身所见,印象深刻,讲得逼真、确切	亲身所见,印象深刻,所述情况较逼真,尚确切	听传说或印象不深,所述情况不够清楚具体,不甚确切
旁证情况	旁证较多且确凿	有旁证资料	缺乏旁证
标志物和洪痕情况	标志物固定,洪痕位置具体或有明显的洪痕	标志物变化不大,洪痕位置不甚逼真,尚确切	标志物已有较大的变化,洪痕位置不够具体或无痕迹
估计可能误差范围(m)	0.2 以内	0.2~0.5	0.5~1.0

## 19.4 河床演变调查

**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,对于有资料地区应查勘与河床地形图分析相结合。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 30 年~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 冰情及河流漂浮物调查

**19.5.1、19.5.2** 对发生冰塞、冰坝的河段,调查其形成条件包括河流走向、河流长度、比降、水面宽、河流弯曲系数、河道形态和纵、横断面特征、气象因素等。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。

## 19.6 特殊地区水文调查

**19.6.1** 结合现场调查对特殊地区立塔提出了要求,有助于塔位稳定性分析。泥石流调查评价属地质灾害评价内容,本项调查以岩土专业为主,水文专业配合。

泥石流是在暴雨或融雪、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。

泥石流查勘目的在于鉴别泥石流,掌握其活动规律,预估其对塔位稳定性的影响。

泥痕调查法和洪水调查法基本相同。由于泥石流冲淤变化大,在选择断面时,宜选在冲淤变化较小的河段,即流通段。

在无人烟地区调查泥石流,可根据泥石流运动及堆积特征留下的痕迹来确定泥位。由于不能直接获得泥石流出现频率的调查资料,因此对于由降雨形成的泥石流,可利用形成该次泥石流的暴雨资料,将暴雨出现的重现期近似地作为泥石流流量的重现期。

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。

**19.6.2** 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,宜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大小,滞洪时间长短,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 水文分析计算

### 20.1 一般规定

**20.1.1** 架空输电线路的设计洪水分析计算,重点是设计洪水位,而设计洪峰流量主要用于推算设计洪水位,有时也作为核算河道安全泄量、分洪、泄洪计算用。

插补延长的暴雨、洪水资料的可靠程度,受基本资料的精度、实测点据的数量及变化幅度、相关程度以及外延幅度等多种因素的影响,因此任何一个因素都可能影响插补延长的质量,应从上下游的水量平衡,本站长短时段洪量变化及降雨径流关系的变化规律等方面进行综合分析,检查插补成果的合理性。

我国地域辽阔,水文气象条件复杂,变化较大。采用暴雨径流计算公式计算设计洪水时,应采用两种以上方法,以便互相验证。

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

$$Q_x = \left( \frac{F_x}{F_n} \right)^a Q_n \quad (19)$$

式中:  $Q_x$ 、 $Q_n$ ——分别为塔位断面与参证站的流量( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$F_x$ 、 $F_n$ ——分别为塔位断面与参证站控制流域面积( $\text{km}^2$ );

$a$ ——指数,有资料时,用本河流上、下游或邻近河流实测资料分析确定,无资料时,可按经验数据取值,大中河流取  $a=0.5\sim0.7$ ,较小河流取  $a=0.7\sim1.0$ 。

如果在塔位断面或设计站的上、下游站均有实测流量资料,则可按流域面积直接内插,即:

$$Q_x = Q_a + (Q_b - Q_a) \frac{F_x - F_t}{F_b - F_t} \quad (20)$$

式中:  $Q_x$ 、 $Q_a$ 、 $Q_b$ ——分别表示塔位断面和上、下游站的设计洪峰流量( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$F_x$ 、 $F_a$ 、 $F_b$ ——分别为塔位断面和上、下游站的控制流域面积( $\text{km}^2$ )。

## 20.2 天然河流设计洪水

**20.2.1** 对相关水库、水闸、分洪工程、桥涵工程等的设计成果、统计的水文系列经复核后可利用,如满足塔位洪水计算要求,则可直接引用,否则,应加以修正后或另行计算。

当直接通过调查多次历史洪水来确定设计洪水流量时,历史洪水流量资料可根据河段特性选取相应的变差系数  $C_v$ 、偏态系数  $C_s$  值,再根据相应于历史洪水流量重现期的模比系数反求均值,然后再按与设计频率相应的模比系数及推算的流量均值,推算设计洪水流量。

**20.2.2** 平原地区由于地势平坦,洪水时因溃堤、破圩的相互影响,往往使各汇水区相互串通。由于溃堤、分洪后滩地巨大调蓄的影响,使得塔位处和上、下游水文站的最大洪峰流量常常相差很悬殊。这时,应用流量资料推求设计洪水会有较大的困难,应先将资料还原,而后进行统计分析推求。

**20.2.3** 利用当地排涝公式时,应对成果值进行合理性分析。当地水利部门制定的排涝公式,由于排涝设计洪水标准较低,故其统计的实测资料,基本是不出槽的洪水。由于平原漫滩槽蓄的巨大影响,并未在排涝公式中予以反映,因此直接应用推求较大洪水流量往往会偏大很多,故应参照有关成果资料多作比较分析。

**20.2.4** 对于多数中小平原河流其堤防设计标准未达 100 年一遇,此时往往漫溢溃堤,其设计洪水位视河段特点而确定。一般宽浅河道在大洪水时范围很大,可根据河段具体情况结合历史漫溢

范围和河道两岸地形条件,概化确定边界,利用曼宁公式计算水位。

### 20.3 水库上下游设计洪水

**20.3.1** 水库实际的防洪标准是指水库经过竣工验收认定的洪水标准,有可能并未达到设计的防洪标准。为此应深入水库现场多作调查了解,掌握竣工验收意见、汛期防洪管理运用等多方面情况后进行分析。

**20.3.2** 库区沿程淤积回水的推算方法一般是依据水库淤积计算,确定设计年限内各断面的淤积面积,其淤积形态可按平均分布考虑,重新计算各断面的水力因素,然后按一般回水计算方法进行推算。河道淤积后的糙率,为安全计,建议库尾附近河段采用淤积前糙率,库区采用值可考虑比淤积前小一些,如降低 10%~20%。在淤积影响不大时,可用简易法计算。

### 20.4 溃堤溃坝洪水

**20.4.1** 堤内台地现状包括标高、宽度、坡度和土质;堤防三度指标包括高度、宽度、坡度。当在大堤背水面立塔时,应分析塔位附近堤段是否有溃堤的可能。根据实践经验,从以下两方面考虑:

1 堤防的标准,即堤防的等级。防洪标准不高、土质较差、堤身单薄处的堤段有溃堤的可能。

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

**20.4.2** 关于溃堤洪水对塔基的影响,主要按下述方法进行分析估算确定。

1 溃堤下泄水流的流速与冲刷。根据以往在水文勘测中所遇到的情况,山前平原区河道的 100 年一遇超标准洪水位,大多数



平堤顶。因此,选定溃堤水位与堤顶标高相同。当决口位置无法确定时,为安全计,假定决口位置在杆塔等工程建筑物附近。

溃堤初始,由于河水位高于堤背水面地面,具有较大的水头,水体蓄存着巨大的势能。在重力的作用下,下泄水流转化为巨大的动能,即下泄水流到达地面时,动能表现为巨大的流速,且紊动强度较大,形成水流湍急的旋涡流,远大于泥沙的起动流速。实测资料见表9。在下游产生水跃,掀动并带走地面泥沙,产生局部消能冲刷坑。溃堤初始呈非淹没流,以堰流的形式下泄,堤一旦溃决后,缺口将很快扩宽、冲深,至使地面形成类似平底堰式的分洪口门,水流则演变为淹没流。由于这种溃堤局部消能冲刷坑对塔基的安全威胁很大,因此,在线路工程勘测设计中需要正确估计冲刷坑的尺寸,以便制定设计方案。

表9 河南省南阳地区自溃坝历次试验实测流速(m/s)

试验坝名称	试验坝高 (m)	实测溃口 最大流速	实测溃口后收缩 断面处最大流速
1:1 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	1.4	2.93	(5.37)
1:1 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	2.8	6.10	(7.60)
1:1 斜率斜墙砂壳坝 (永久引冲槽)	2.8	5.86	(7.60)
1:0.143 斜率心墙砂壳坝 (简易引冲槽)	2.8	5.01	(7.60)
1:2 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	2.8	5.65	(7.60)
1:1 斜率斜墙砂壳坝 (简易引冲槽)	5.6	5.74	8.52
1:0.17 斜率心墙砂壳坝 (原型)	5.6	7.25	9.75

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

$$h = \frac{0.78q \sqrt{2a}}{\sqrt{\left(\frac{G_1}{G} - 1\right) g \bar{d} \left[\frac{h_k}{\bar{d}}\right]^{\frac{1}{6}}}} - h_k \quad (21)$$

$$\text{或} \quad h = \frac{1.157q}{\sqrt{\left(\frac{G_1}{G} - 1\right) g \bar{d} \left[\frac{h_k}{\bar{d}}\right]^{\frac{1}{6}}}} - h_k \quad (22)$$

式中:  $h$ ——冲刷坑最大深度(m);

$q$ ——溃口最大单宽流量( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ );

$a$ ——下泄水流流速分布的动量修正系数,采用  $a=1.10$ ;

$G_1$ ——冲刷坑范围内泥沙的比重,取  $G_1=2.7$ ;

$G$ ——溃泄水体的比重,若含沙量不大时,取  $G=1.0$ ;

$\bar{d}$ ——被冲刷地区土壤的平均粒径,若为黏性土,可采用其换算当量粒径,见表 10;

$h_k$ ——冲刷坑地面以上的水流深度(m)。

表 10 黏性土壤抗冲刷能力换算当量直径(m)

土壤特性	黏性土壤的当量直径		
	黏土及重黏土壤	轻黏土壤	黄土及森林土
密实度小的土壤(换算的孔隙度 0.9~1.2),土壤骨架的容重在 1.2t/m <sup>3</sup> 以下	0.01	0.005	0.005
中等密实土壤(换算的孔隙度 0.6~0.9),土壤骨架的容重在 1.2t/m <sup>3</sup> ~1.6t/m <sup>3</sup> 以下	0.04	0.02	0.02
密实土壤(换算的孔隙度 0.3~0.6),土壤骨架的容重在 1.6t/m <sup>3</sup> ~2.0t/m <sup>3</sup> 以下	0.08	0.08	0.03
极密实的土壤(换算的孔隙度 0.2~0.3),土壤骨架的容重在 2.0t/m <sup>3</sup> ~2.15t/m <sup>3</sup> 以下	0.10	0.10	0.06

3 由于溃堤洪水下泄冲刷坑对线路塔基的安全威胁很大,因此在工程设计中需慎重对待。对计算成果要结合工程实际情况,通过现场实地调查、搜集资料等进行验证。

20.4.4 溃坝流量计算方法的选择,主要取决于水库大坝的溃决

方式,因此在进行水库溃坝洪水计算之前,应在充分调查研究的基础上合理确定溃决方式,如全溃、局部溃、瞬时溃、逐渐溃等,采用哪种溃决方式计算,涉及坝体质量、结构性能、基础条件等因素,应会同有关专业人员拟定。

目前溃坝流量计算方法很多,常用的主要计算方法如下:

1 坝址断面溃坝最大流量计算。根据水库溃决条件可采用下列公式计算,经分析比较后,确定采用值。

1)理论公式。

a)理论公式之一——圣维南公式:

坝体瞬间局部全溃时,按下式计算:

$$Q_g = \frac{8}{27} \left( \frac{B_g}{b_g} \right)^{\frac{1}{4}} b_g \sqrt{g} \times H^{\frac{3}{2}} \quad (23)$$

式中:  $Q_g$ ——坝址断面溃坝最大流量( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$B_g$ ——坝长或坝址断面附近库区宽度(m);

$b_g$ ——坝体溃决口门平均宽度(m);

$H$ ——溃坝时上、下游水位差(m)。

坝体瞬间全溃时,按下式计算:

$$Q_g = \frac{8}{27} B_g \sqrt{g} \times H^{\frac{3}{2}} \quad (24)$$

b)理论公式之二,适用于坝体全溃或横向局部溃决( $b_g < B_g$ ),计算公式如下:

$$Q_g = K_0 \sqrt{g} b_g \times h_s^{\frac{3}{2}} \quad (25)$$

式中:  $h_s$ ——溃坝时坝体上游水深(m);对未溃水库验算时,可采用坝高值;

$K_0$ ——系数,见表 11;

$b_g$ ——坝体溃决口门平均宽度(m);对一般土坝和堆石坝:

当水库库容大于  $10^6 \text{ m}^3$  时,按  $b_g = K_1 \times K_2$

$[W^{\frac{1}{4}} \times B_g^{\frac{1}{2}} \times H_g^{\frac{1}{2}}]$  计算;当水库库容小于  $10^6 \text{ m}^3$  时,

按  $b_g = K_1 \times K_3 (W \times H_g)^{\frac{1}{4}}$  计算;如计算得的  $b_g$  值大

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

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

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

$K_3$ ——材质系数,质量好的用 6.6;质量差的用 9.1;

$W$ ——水库库容( $10^4 \text{ m}^3$ );

$H_g$ ——坝高(m);

其余符号意义同前。

表 11  $K_0$  值

$\frac{B_g}{b_g}$	$\frac{b_g}{B_g}$	$K_0$	$\frac{B_g}{b_g}$	$\frac{b_g}{B_g}$	$K_0$	$\frac{B_g}{b_g}$	$\frac{b_g}{B_g}$	$K_0$
1	1.000	0.2963	10	0.100	0.5206	19	0.053	0.5660
2	0.500	0.3687	11	0.091	0.5266	20	0.050	0.5692
3	0.333	0.4101	12	0.082	0.5331	21	0.048	0.5726
4	0.250	0.4382	13	0.077	0.5410	22	0.045	0.5750
5	0.200	0.4603	14	0.071	0.5445	24	0.042	0.5810
6	0.167	0.4759	15	0.067	0.5498	26	0.038	0.5874
7	0.143	0.4895	16	0.063	0.5541	28	0.036	0.5924
8	0.125	0.5008	17	0.059	0.5584	30	0.033	0.5960
9	0.111	0.5101	18	0.056	0.5625	—	—	—

## 2) 经验公式。

a) 经验公式之一。适用于坝体全溃( $b_g = B_g, h'_b = 0$ )、横向局部溃决( $b_g < B_g, h'_b = 0$ )、竖向局部溃决( $b_g = B_g, h'_b > 0$ )、横、竖向都局部溃决( $b_g < B_g, h'_b > 0$ )等各种情况,计算公式如下:

$$Q_g = 0.27 \sqrt{g} \left( \frac{L_k}{B_g} \right)^{\frac{1}{10}} \times \left( \frac{B_g}{b_g} \right)^{\frac{1}{3}} b_g (h_s - K'_0 h'_0)^{\frac{3}{2}} \quad (26)$$

式中:  $L_k$ ——水库库区长(m);可采用坝址断面至库区上游端部

淹没宽度突然缩小处的距离,或近似地按  $L_k =$

$\frac{W}{h_s \times B_g}$  计算;当  $\frac{L_k}{B_g} > 5$  时,则按  $\frac{L_k}{B_g} = 5$  计算;

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

$K'_0$ ——修正系数,可按  $K'_0 = 1.4 \left( \frac{b_g \times h'_b}{B_g \times h_s} \right)^{\frac{1}{3}}$  式计算;当

$\left( \frac{b_g \times h'_b}{B_g \times h_s} \right) > 0.3$  时,则按  $K'_0 = 0.92$  计算;

其余符号意义同前。

b) 经验公式之二。原辽宁省水利局推荐的堰流与波流相交法简化公式:

当坝体瞬时全溃时,按下式计算:

$$Q_g = 0.91 B_g h_s^{\frac{3}{2}} \quad (27)$$

当坝体部分溃决时,按下式计算:

$$Q_g = 0.91 \left( \frac{B_g}{b_g} \right)^{\frac{1}{4}} b_g h_s^{\frac{3}{2}} \quad (28)$$

式中:  $b_g$ ——坝体溃决口门平均宽度(m);对于小型水库可取  $b_g = B_g$ ;中型水库  $b_g$  可取 0.6 倍~0.7 倍  $B_g$ ;大型水库  $b_g$  可取下游附近河道洪水主河槽宽度的 1.5 倍;

其余符号意义同前。

2 溃坝最大流量向下游演进计算。跨越点距下游较远时溃坝最大流量可按下式计算:

$$Q'_g = \frac{W_c}{\frac{W_c}{Q_g} + \frac{L_{0M}}{U \times K''_0}} \quad (29)$$

式中:  $Q'_g$ ——跨越点断面溃坝最大流量( $m^3/s$ );

$L_{0M}$ ——坝址至跨越点间距离(m);

$\bar{U}$ ——断面平均流速(m/s);在有资料地区,可采用实测最大值;无资料地区,山区可用 3.0m/s~5.0m/s,半山区可用 2.0m/s~3.0m/s,平原可用 1.0m/s~2.0m/s;

$W_c$ ——水库溃坝后下泄的水量体积( $m^3$ );如无资料时可按

$$W_c = \frac{B_g(h_s - h'_b)L_k}{4} \text{ 式估算;}$$

$K''_0$ ——经验系数,山区可采用 1.1~1.5,半山区可采用 1.0,平原可采用 0.8~0.9;

其余符号意义同前。

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

## 20.5 冰情洪水

20.5.1 当工程所在地区冰情资料短缺时,有关各项特征值可移用邻近测站的资料或类比分析,采用地区经验公式结合实地调查确定。对冰情特征值、移用条件、公式中的系数等采用多方面进行地区协调合理性分析。

在南北向河流解冻期间,如气温升高很快或上游来水突然增加,可使河冰突然破裂,迅速解冻,由于上游先解冻,形成“武开”河流解冻,此种“武开”解冻,对线路塔位威胁很大;如分段解冻,冰流畅流而下,形成“文开”解冻。当河流封冻冰层下有足够数量的冰花时,河道被冰花和细碎冰阻塞,称冰塞。在一定条件下,可形成长距离的冰塞段,使上游水位壅高,往往会发生排泄不畅的狭窄段、陡弯和浅滩等处。

一般可根据本河段的实际冰塞资料,确定稳定流速与流量,平均水深或流量与水面宽的经验关系结合调查推算;当缺乏实际冰

量资料时,也可建立气温和流量与冰塞壅水位的关系后结合现场调查推求。

**20.5.2** 河流解冻过程流冰有时在河段堆积卡塞,形成冰坝,这种情况多发生在自南向北的河段上,冰坝形成后,上游水位猛烈壅升,使冰坝溃决,河水迅速下泄,流冰多而密集,对塔位的威胁很大。

冰坝壅水高度估算应在实地调查的基础上,分析冰坝的成因和形成的条件,通过类比分析法估算。

## **20.6 特殊地区洪水**

**20.6.1、20.6.2** 泥石流发生的地区性特点很强,因而在大多数情况下,应通过实地调查来获得资料。一般泥石流设计流量的估算,至少采用两种方法,便于互相校核。

导线净空高度确定特别要注意逐年泥石流淤积高度。

**20.6.3** 岩溶地区的洪水成因和产汇流条件有其特殊性。从线路塔位设计洪水分析,伏流暗河区具有明显控泄、滞洪作用。岩溶发育地区,地表水系不完整。当伏流暗河区面积占设计断面以上地表集水面积10%~40%以上时,如不考虑岩溶影响,有的设计洪水成果可超过10%,且集水面积愈小,其影响愈显著。

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时间长短,峰现滞时和入流、出流差异及其对设计断面洪峰组成的影响;分析设计条件下伏流暗河区岩溶洼地、岩溶盆地等蓄满漫溢对设计洪峰的影响;伏流暗河区的滞洪作用,对瞬时最大出流量影响较大;出流量与相应入流量的差值,有随洪水量级增大而增大的趋势。当伏流暗河区面积较大且汇流条件与明流区差异较大时,有的省、区采用分区计算方法。

溶洞前积水地区的积水位可按水量平衡方程式通过入流出流调蓄计算,推求设计洪水时的最高积水位。

## 20.7 设计洪水位

### 20.7.2 塔位处设计洪水位确定需注意:

1 当利用塔位上、下游测站计算设计水位推算时,只有在测站与塔位处流域面积相差不超过 3% 时,方可采用。

2 当利用塔位处水位流量关系推求时,应结合上、下游的历史洪水调查和调查河段洪水比降图资料进行分析修正。

3 按水面线推求设计洪水位时,一般只适用于大中河流、平原河流或者水面比降变化平缓的河段。

4 水行政主管部门颁布的流域防洪规划具有法定效力,已经建成或正在建设的水利水电工程设计成果经过审批,可视具体情况和水文条件经分析后采用,并尽量与审批的规划设计成果相协调。

## 20.8 设计流速

20.8.1 对于水中立塔的塔位,其设计流速可用设计水位下垂线平均流速。在确定用于杆塔基础局部冲刷计算的设计流速即行进流速时,不能直接由曼宁公式计算,应根据塔位处河段特性,考虑单宽流量的重新分配后,以单宽流量确定塔位处垂线平均流速。

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

20.8.3 洪水期漂浮物水面最大流速计算,采用设计洪水位或历史最高洪水位相应的水面最大流速。有资料时,按实测资料分析确定。无资料时,可利用断面平均流速和漂浮物水面最大流速的经验关系比值推求。

$$V_{\max} = \frac{V_{av}}{K} \quad (30)$$

$$K = \frac{C}{C+14} \quad (31)$$



$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (32)$$

式中:  $V_{\max}$ ——漂浮物水面最大流速(m/s);

$V_{av}$ ——断面平均流速(m/s);

$K$ ——系数,可以从实际资料中求得,无实测资料时,可采用式(31)计算;

$C$ ——流速系数

$n$ ——糙率;

$R$ ——水力半径(m)。

## 20.9 滨海、河口水文分析计算

### 20.9.1 潮位计算。

1 本款规定了潮汐类型与特征潮位统计的要求,包括:

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

$$K = \frac{H_{K1} - H_{O1}}{H_{m2}} \quad (33)$$

式中:  $H_{K1}$ 、 $H_{O1}$ 、 $H_{m2}$ ——太阴太阳赤纬日分潮位、主太阴日分潮位及主太阴半日分潮位。

判别潮汐类型按以下标准:

当  $0 < K \leq 0.5$  时为规则半日潮;

当  $0.5 < K \leq 2$  时为不规则半日潮;

当  $2.0 < K \leq 4.0$  时为不规则日潮;

当  $4.0 < K$  时为规则日潮。

在感潮河口段,水位受到上游径流和外海潮汐的共同影响。一般情况下,潮汐的影响由河口向上游逐渐减少,而径流的影响则逐渐加强,于某一河段这两种影响趋于相当。

由于河流的径流有明显的年周期变化,且变化幅度较大,这就对感潮河段的水位造成了年周期变化的影响。这一影响的大小可以使用月平均水位或半潮面的年变幅来反映。年变幅的大小说明了径流对水位的影响程度。

潮汐对感潮河段水位的影响,主要通过潮差表现出来。潮差越大,说明潮汐对水位的影响越显著。年平均潮差反映了潮汐对水位的影响程度。

如果多年月平均水位的年变幅大于或等于多年年平均潮差时,说明该河段的水位主要是受径流控制,反之,说明该河段的水位主要是由潮汐控制。

如输电线路塔附近海区无验潮站时,可搜集水利、交通等部门短期测验与分析成果。

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

2 本款规定了设计潮位的分析与计算要求,其内容包括:

1)对潮位资料系列的可靠性、代表性与一致性审查与合理性分析,一般应着重以下内容:了解资料的测验方法、缺测数据插补方法与精度,以及整编成果的评价;历年水准基面是否一致,水准基面改正情况;对特高潮位应了解发生日期、台风情况等,发生日期采用夏历。有条件时可从邻近各站资料是否协调等作区域性合理检查。河口区可根据发生日期,上游来水情况、附近雨量及风的资料作上下游潮位变化的合理性检查;挡潮建筑物等对河口区历年潮位一致性影响。

2)对最高潮位频率分析所需资料系列长度,交通部门对我国沿海 50 年以上验潮资料的诸港口分别采用 15 年、20 年、30 年的资料进行计算,并与按全系列资料计算结果对比,30 年资料计算的结果与全系列的结果很接近。重现期 50 年一遇的高潮位相差一般为 10cm 左右;用 20 年资料计算结果对比,相差一般在 20cm

范围内,但用 15 年的资料计算结果对比,相差可达 30cm 以上。天文潮与气象因子变化周期大致是 20 年,频率统计方法本身要求系列长度最少也应有连续 20 年以上,所以本条文中规定一般要求有连续 20 年以上潮位系列。

规定中还要求加入历史上出现的调查资料,是为提高系列的代表性。

关于潮位频率计算的线型问题,宜采用极值 I 型分布和皮尔逊 III 型分布计算。水位主要由潮汐控制的,极值 I 型分布统计有合理的方面,应以其成果为主。水位主要由径流控制的,以皮尔逊 III 型分布较为可靠,应以其统计成果为主。

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

极值同步差比法的计算公式如下:

$$H_{SY} = A_{NY} + \frac{R_Y}{R_X} (H_{SX} - A_{NX}) \quad (34)$$

式中:  $H_{sx}$ 、 $H_{sy}$ ——分别为原有验潮站和输电线路处的设计潮位(m);

$R_x$ 、 $R_y$ ——分别为原有验潮站和输电线路处的同期各年年最高潮位的平均值与平均海平面的差值(m);

$A_{NX}$ 、 $A_{NY}$ ——分别为原有验潮站和输电线路处的年平均海平面(m)。

4) 不具备用“相关分析法”和“极值同步差比法”计算条件的一般是资料年限短或者是地理位置相近但局部地形差异较大,如海湾内外,风暴潮增减水影响差异有时较大。

当工程较重要或风暴潮影响严重地区时,应对设计潮位的计算进行专题研究。专题研究一般指采用多种手段和方法计算综合

确定设计潮位。通过建立潮波模型、风暴潮模型计算,复演特大风暴潮过程,由参证站的资料进行验证后,得出输电线路处的高潮极值,参与潮位频率计算,在某些工程中使用,效果较好。

在工程设计的前期,工程重要性一般或风暴潮影响不很严重地区,资料缺乏、或无资料地区可以进行经验推算。常用的有借用与参证站进行日高潮相关关系推算设计潮位,采用短期极值差比法计算高潮累积频率 10% 或历时累积频率 1% 潮位,参照本海区附近参证站或港口设计高潮位与高潮累积频率 10% 或历时累积频率 1% 潮位的差值,近似推算输电线路处的设计潮位。当输电线路处无资料时,高潮累积频率 10% 或历时累积频率 1% 潮位的估算可以根据海图、国家海洋局发布的潮汐表、差比数和潮信表等由平均大潮升等资料推算。

当跨越处附近无实测潮位资料时,建立潮位专用站积累资料是很重要的手段。

## 20.9.2 波浪要素分析与计算。

### 1 本款规定了实测波浪资料系列审定的要求:

1) 测波站实测波浪要素,代表着该站水域特定的地形、水深、风况等自然地理与水文气象环境所形成的波浪,而工程点的地形、水深等与测波站可能存在许多差异,且差异程度往往随方向不同而不同。所以,在使用测波站实测资料时,应分方向从地形、水深等方面检验其适用程度。

在地形不很复杂、两地风浪成因基本接近,同一水深处的波浪可看作基本一致。此时可将附近测波站的某一水深的波浪要素直接移用至工程地点附近同一水深处,再根据波浪传播变形计算,得出工程点所在水深处的波浪要素。

当因测波站与工程点地形条件相差显著而不能直接移用时,宜先将测波站波要素向深水区推算,得出深水区的波浪要素,直接移至工程点附近的深水区,再按地形条件进行传播变形计算,得出工程点所在水深处的波浪要素。

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

按有关海滨水文观测规范的规定,波浪观测为每日8时、11时、14时及17时共4次定时观测,无夜间的数据。在台风等恶劣天气情况下,可能造成缺测。因此要根据风与波浪的增长与衰减情况来判断有无遗漏最大波浪,若有缺测,可根据调查或天气图进行计算,以补充观测数据。

对测波站所用仪器的类型、观测方法及测波浮筒位置等前后是否一致,应进行检查和考证,对可疑资料要进行核查。例如,观测方法的改变使有的年份测得的波高值接近有效波高,而另一些年份则接近十分之一大波平均值。如不予区别并加以修正,所得最大值系列就不能满足一致性要求。作频率计算的波列必须为同一累积频率。

2 在作波浪要素计算前,应进行跨越水域波浪特性的分析,以选用恰当的计算方法。本条所指波浪特性,主要指由风而产生的风浪、涌浪及混合浪的最大波高、周期等特征值。

3 本款规定了设计波高计算方法。

1)据交通部门对青岛小麦岛站1955年~1972年测波资料分组计算,用10年与用18年样本计算,其设计波高差值可达40%。可见系列过短的波浪资料的代表性太差,不能使用。条文中将波浪连续观测系列长度由15年增长为20年以上,已考虑了目前沿海台站的实际情况。从概率统计角度考虑,20年的样本还太短,参数误差较大,应结合历史最大波高的调查成果进行分析,以提高系列的代表性。

关于波浪要素的长期分布线型问题,常见的有皮尔逊Ⅲ型、极值Ⅰ型分布等10多种分布型式,各种分布均有其特点和应用条件。我国交通部门对沿海13个港口或台站不同方向的波浪资料进行分析与比较,结果建议采用皮尔逊Ⅲ型;水利部门在滨海工程波浪计算中也多使用皮尔逊Ⅲ型;《电力工程水文技术规程》

DL/T 5084 中也规定使用皮尔逊Ⅲ型。因此本条也规定使用皮尔逊Ⅲ型。但根据资料与线型的最优拟合的原则,有条件时也可使用其他线型。

2)当观测资料系列较短,不宜直接进行频率分析时,采用相关分析法以邻近气象台风速资料或以邻近水域参证站的波浪资料延长工程附近水域波浪系列,或用经验频率分析法计算设计波高。

以风速资料延长波高系列时,可分方向建立月或日最大波高与相应风速关系。当以与参证站的波高相关关系延长工程附近水域波高系列时,根据两处自然地理特征、波浪特性等差异情况,可建立分方向的波高关系或不分方向的波高关系。选择何种波高作相关变量,对相关关系的密切程度影响很大,常视两站距离远近与资料情况而定。一般有用同步资料相关、延时资料相关、日极值相关与过程极值相关等。在资料掌握不多的情况下,也可用年或月的特征值进行相关。在选择样本时,尚应尽量选择风向和风速稳定、波浪要素尺度较大的资料,以减小计算误差及随机抽样误差。

当有一年以上连续测波资料时,可采用全部观测次数的某一累积频率的波高或采用日最大值,进行经验频率的直线外延。主要有三种方法:第一种是将波高以均匀坐标为纵坐标,大于或等于某波高的经验频率  $P$  以对数坐标为横坐标时,频率曲线可近似直线外延;第二种是经验频率  $P$  用正态机率坐标,波高  $H$  采用对数坐标;第三种为  $1/P$  采用二次对数坐标,波高  $H$  采用对数坐标。第一种方法所得结果较好,且国内工程曾经用过,国外也用得较多,我国《海港水文规范》JTJ 213—98 推荐采用该法。

3)当工程点附近无实测波浪资料时,一般根据输电线路处海湾、河口地形、水深与风速资料,确定设计波浪要素。计算的方法很多,对推算河口或海湾内的波浪,原则上使用浅水风浪要素的推算法。据浅水风浪成长公式制定的计算图解法已被《海港水文规范》JTJ 213—98 采用。图解计算过程可参照《海港水文规范》JTJ 213—98 执行。

计算风浪要素的经验公式种类繁多,具有代表性的有美国 SMB 法、前苏联规范法以及莆田试验站法等。其中莆田试验站法依据我国实测资料,经统计、分析而得,又经长江口石洞口、外高桥、杭州湾、宿鸭湖水库、官厅水库、鹤地水库等站的实测波浪资料验证,认为较适合于我国河口、海湾、水库和湖泊等地区,且相对误差最小。在沿江、沿海公路堤防设计中已得到广泛应用,近年来普遍被国家和行业标准引用,如《堤防工程设计规范》GB 50286、《蓄滞洪区建筑工程技术规范》GB 50181、《内河航道水文规范》JTJ 214、《碾压式土石坝设计规范》SDJ 218 和《平原地区水闸设计规范》SD 133 等,本规范推荐莆田试验站计算风浪要素。

4) 对于间接推算波浪要素的方法,大多是根据某种理论推导或据某些海区测验资料综合出来的,属于经验或半理论半经验。由于风浪现象的复杂性,立论时常需作一些假设与简化处理,且因限于资料测取范围和现场条件,其精度受到一定限制。由于各水域近岸风浪情况不同,有的方法不一定适用,所以由各法推算的结果,应与调查资料分析比较,并应尽量作短期波浪观测,以兹校验。

4 本条给出的波周期计算方法均有各自的适用条件,应根据输电线路水域波浪特性、资料掌握情况等合理选用。

对于设计波周期的取值,应该与设计波高的确定方法联系起来考虑,不同累积频率波高相对应的周期是不同的。《海港水文规范》JTJ 213—98 中的图解法中波周期由平均波周期改用有效波周期。据《海港水文规范》JTJ 213—98,有效波周期约为平均波周期的 1.15 倍。

5 波长计算方式是经典流体力学规则波公式和由波谱理论得出的不规则波公式。由于波压力计算中多使用规则波公式,《海港水文规范》JTJ 213—98 也规定使用此式,并据此绘制了查算表,故输电线路工程波长也推荐用规则波公式计算。

6 根据对大量自记海浪资料的统计分析,前苏联格鲁霍夫斯基得出了以累积频率波高表示的浅水波高统计分布关系,该关系

至深水时,即成为通常所用的瑞利分布关系。可利用《海港水文规范》JTJ 213—98 中绘制成的计算图解进行分析。

7 当波浪由深水区传播进入浅水区时,因受到水深、地形、地物以及底坡摩擦等的影响,发生折射、绕射及破碎变形,从而导致波高、波长和波向等要素发生变化,统称为波浪传播变形,应对此进行分析计算。浅水区即  $d$  小于  $L/2$ 。地物如岛屿和水上建筑物等。

8 鉴于自然界波浪现象的异常复杂,为便于推广应用,常规的设计波要素计算方法往往基于尽量近似或简化的理论、尽可能少的参数提出。经验公式法和《海港水文规范》JTJ 213—98 中的图解法多适用于相对稳定的风区,而对于风区本身具有较大的移动速度时则并不适用;又如地形地物比较复杂的水域,波浪的折射、绕射、反射及破碎变形均显著存在且可能相互影响。对异常复杂的水域设计波浪,常规方法可能带来可观的误差,故要求进一步采用模型试验分析论证。波浪模型试验按《波浪模型试验规程》JTJ/T 234—2001 要求执行。

9 输电线路处及其附近水域无实测波浪资料时,大范围计算可采用数学模型对近岸波浪数值进行预报,用于模拟近岸波浪传播过程;多向不规则波的传播,地形和海流的空间变化导致的波浪折射,地形和海流空间变化导致的浅水变形,逆向流造成的障碍和反射,障碍物的阻挡和部分传播。

### 20.9.3 海流计算。

1 海流一般分为潮流和非潮流。潮流是由日、月等天体引潮力作用而产生的水体周期性的水平运动。非潮流有风海流、波流、梯度流、径流等。风海流是由风和水面摩擦作用所引起,其流向受地球自转偏向力的影响,在北半球偏于风向的右方,在南半球偏于左方。近岸海区潮流和风海流、河口区域的潮流和径流量值较大,对水中立塔的跨越塔基影响较大,应推算跨越塔位处的最大流速。

2 分析跨越塔位处的最大流速所依据的观测资料应在具有



代表性的时间取得。

3 在非潮流较小的海区,可直接采用实测流速。可采用数学模型推算出潮流场,不仅可以内插得出各工程点的流速,还可以避开急流区,优化布置塔位。

4 对于潮流和风海流为主的近岸海区,采用准调和分析法确定椭圆要素,可以推求可能最大流速。

5 由于测流不可能长期连续观测,恶劣条件下测流可能是无法做到的。对于径流为主的河口地区,二维、三维数学模型计算可以较好解决上游来水和潮汐作用下对塔位最不利的流场的取得。

## 21 河(海)床演变分析

### 21.1 一般规定

**21.1.1** 线路跨越河流、海域的河(海)床演变分析涉及塔基安全,应作为线路勘测中的重点。人类活动对河(海)床影响很大,应给以充分重视。河(海)床稳定性判定和塔基处最大冲刷深度计算应考虑未来30年~50年为预测年限,主要考虑到330kV~750kV线路工程使用寿命一般为30年~50年。预测年限一般有条件时应考虑上限50年,至少应满足下限30年。

### 21.2 河床演变分析

**21.2.1** 河床演变对塔基安全影响较大时,应采用多种方法进行分析计算。其中对设计河段进行野外踏勘与调查,结合河流动力地貌特性分析判断是最基本的手段。有条件时应考虑采用航卫片资料帮助进行分析判断。

**21.2.3** 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基安全。

**21.2.6** 跨越河段上下游人类活动如兴建水库水闸、河道或航道整治等对塔位处河床演变影响较大,应重点分析。一般兴建水库水闸、河道整治工程都采用数学或物理模型试验分析工程实施后的影响,可在其基础上针对跨越河段进行深入分析;有必要时应专题分析研究。

### 21.3 海床演变分析

**21.3.1** 海岸动力地貌调查资料包括海滩、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。

搜集资料分析岸线变化除地形图、海图外,有必要时可以搜集海岸航卫片遥感解译资料帮助分析。

**21.3.2** 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。

**21.3.6** 考虑到海湾、潮汐河口段立塔造价高,在塔位附近河床冲刷较严重时,或人类活动影响较明显时应进行岸滩稳定性专题研究或在搜集有关海洋水文、岸滩稳定性研究报告基础上分析塔位的岸滩稳定性。

## 22 可行性研究阶段工程气象勘测

### 22.1 一般规定

**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** 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 勘测内容深度与技术要求

**22.2.1** 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。

**22.2.2** 线路工程中有无重冰区的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。

### 22.3 勘测成果

**22.3.1~22.3.3** 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 初步设计阶段工程气象勘测

### 23.1 一般规定

**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** 本阶段对山区重冰线路应开展覆冰专题分析论证。在可行性研究阶段调查搜集资料、实测覆冰资料基础上,对微地形微气候重冰区开展更深入地现场复查,对冰区进行深入的分析论证。

### 23.2 勘测内容深度与技术要求

**23.2.1、23.2.2** 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。

**23.2.3** 风口、迎风坡、突出山脊或岭地形是重冰易于形成的地方,在这些微地形点,应开展山脉或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。

### 23.3 勘测成果

**23.3.1~23.3.3** 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 施工图设计阶段工程气象勘测**

### **24.1 一般规定**

**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。

### **24.2 勘测内容深度与技术要求**

**24.2.1** 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。

**24.2.2** 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。

### **24.3 勘测成果**

**24.3.1~24.3.3** 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。为使调查资料真实可靠,要求当场记录,有条件的可进行录音、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与量级,供分析确定设计冰厚和风速使用。

**25.1.2** 对山区和滨海地区,应进行工程点和附近地区面上的气象搜集资料调查;此外还要进行沿线搜集资料调查,做到点、线、面结合。

山区工程要搜集微地形微气候区影响、山坡山麓覆冰与风速变化特征及当地山区覆冰与风速分析计算方法;并与附近山顶、山麓的气象站资料进行分析比较。

滨海地区工程宜对附近海岸、海岛、海湾进行覆冰和大风调查,并搜集附近各种滨海地形的气象站、海洋站资料和当地气象研究成果资料,进行综合分析计算。

据统计,大量冰害事故发生在冰区分界点,因此应重点查勘轻、中、重冰区分界点。

### 25.2 大风调查

**25.2.2** 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,如风口、海岸可适当增大调查范围,使调查资料更具代表性。

**25.2.4** 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。

**25.2.6** 现场汇总整理大风调查和搜集资料内容是防止漏项的有效措施;现场复核中若发现资料不足或存在疑问,及时调查补充。

### 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,估算沿线标准冰厚。输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,同时还要搜集相关省、市、县的低温、冰凌、降雪等有关资料。调查范围是规划线路的整个覆冰区段。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** 覆冰搜集资料的重点是搜集覆冰的定量资料,除了搜集气象台站、长途通信线务站和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。

**25.3.6** 对特殊地形点,如风口、分水岭、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,重庆三万线的观冰资料,以及黄茅埂观冰站、二郎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,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及气候条件下,覆冰并非随海拔增高而增大:如滇东北河谷区和四川西南山区,海拔 3000m 以上,水汽条件较差,云雾滞留时间较短,不易形成大覆冰;而在海拔 2500m~2800m 的山腰地段,为云雾滞留地带,冰凌持续时间长,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。

**25.3.8** 现场汇总覆冰调查资料,可以检查调查内容是否齐全,能否满足分析计算要求,如发现问题可及时调查补充。

覆冰调查多为定性资料,定量资料也大部分为目测数据,误差较大,因此对覆冰调查资料要进行合理性审查。要通过区域性的低温、冰凌、降雪天气资料审查其发生时间是否一致;通过附近气象站实测资料审查出现大冰凌的可能性;通过冰害情况审查其合理性。

## **25.4 主导风向调查**

**25.4.1** 线路设计要考虑主导风向与线路走向的位置关系,减小污秽影响。矿山、大型工厂、灰窑群区属重点污秽源,对其附近的主导风向调查应详细,调查范围可超过 3km~5km。

## **25.5 专用气象站与观测**

**25.5.1、25.5.2** 本规范所指的建立观冰站和测风站为短期型,其目的是观测工程地在建站期间的覆冰和大风状况,与邻近气象站对比观测的覆冰、大风和气象要素进行分析和相关计算。

若工程需要建立长期的、大型的观冰站和测风站,除了参照执行中国气象局编定的《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,确定适宜的观测方法。

观冰站站址选择首先是要有冰可观,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;其次是站址代表性好,对覆冰天气成因及线路重冰区地形条件有代表性;第三是观冰站附近要具有基本的交通及生活条件,能坚持覆冰观测。

简易观冰站应选在输电线路路径典型地形处,从国内已建的观冰站看,大多设在山顶和垭口,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,江西的梅岭,陕西的秦岭观冰站,贵州的八担山垭口观冰站等均设在山顶或垭口。有条件的地方还可在一个山岭的两侧分设几个观冰点,进行不同海拔与不同地形的对比观测。

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与不同高度处建站观测。

## 26 气象分析计算

**26.0.1** 对气象站实测大风资料和观冰站实测覆冰资料审查侧重点为:

1 风速可靠性审查:应了解气象站使用风仪的沿革,如风仪型号、安装高度、使用情况、风仪精度及故障情况。对异常偏大值可通过地区比审、天气系统过程分析、气象要素相关分析、大风调查等途径查找原因,进行适当的订正处理。

2 风速一致性审查:当发现风速系列不连续,表现为分段的系统性偏大或偏小时,可从气象站观测场变化与风仪变更等方面查找原因,对风速系列进行一致性处理。

3 覆冰资料的可靠性审查:通常一次覆冰过程是在覆冰消融崩溃前测量覆冰重量和形状,但有时因风大或气温升高引起覆冰脱落,而未测到覆冰过程最大值;有些观冰站会把一次覆冰过程中的几次测量数据加在一起,作为本过程的最大值。在应用覆冰观测资料时,应对其观测方法、精度,以及资料所代表的地形环境作全面考证,合理使用。

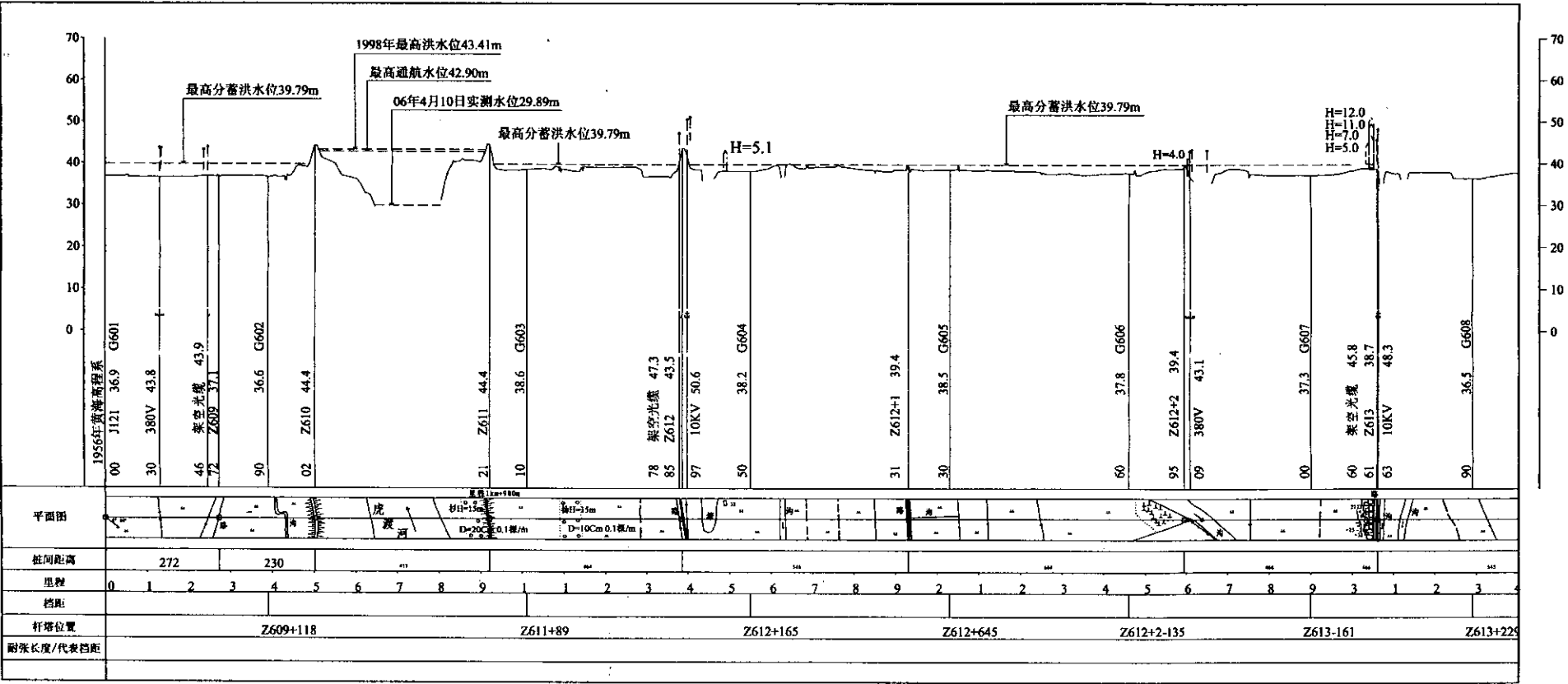


图 F-1 输电线路平断面图(平地区)样图

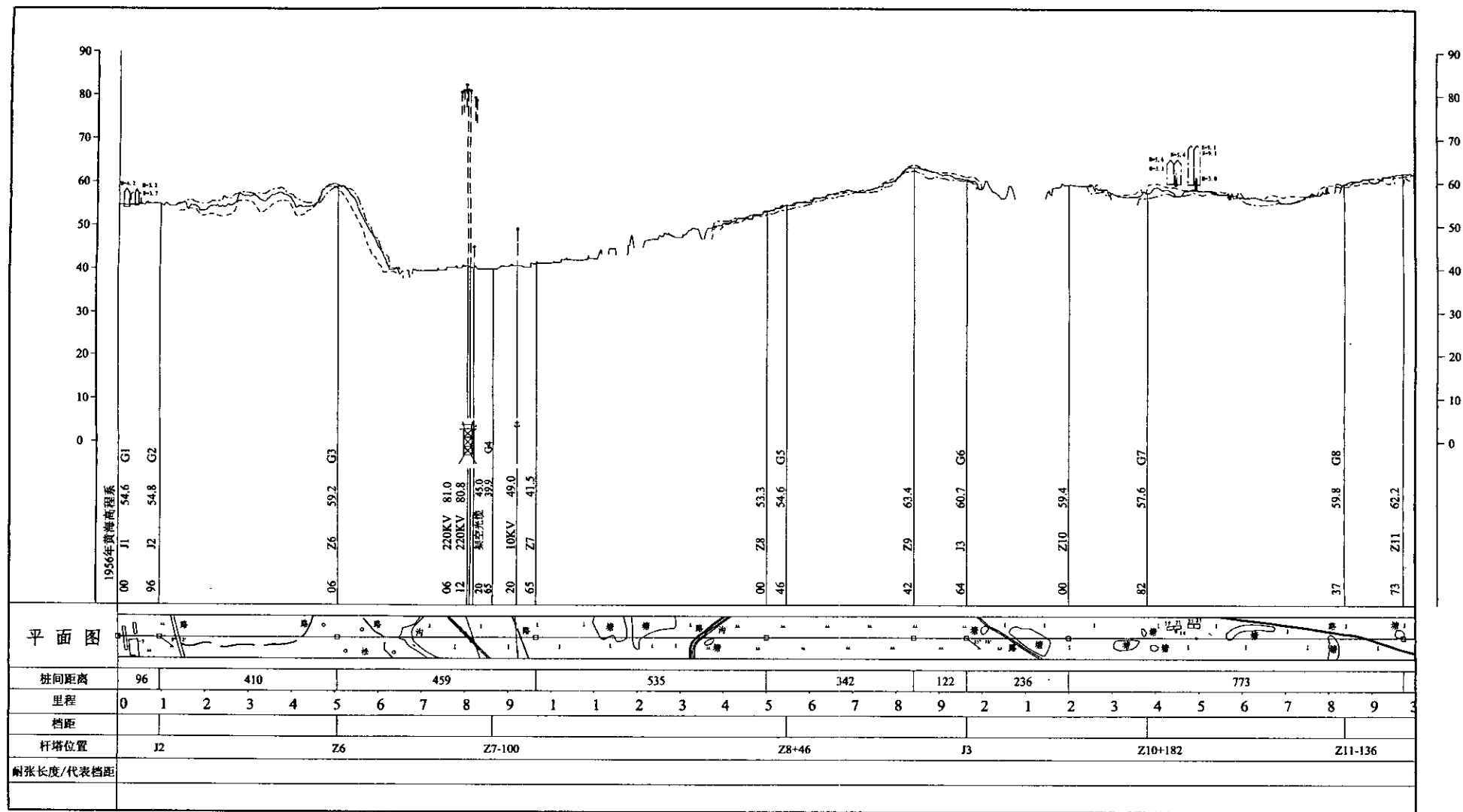


图 F-2 输电线路平断面图(平丘区)样图

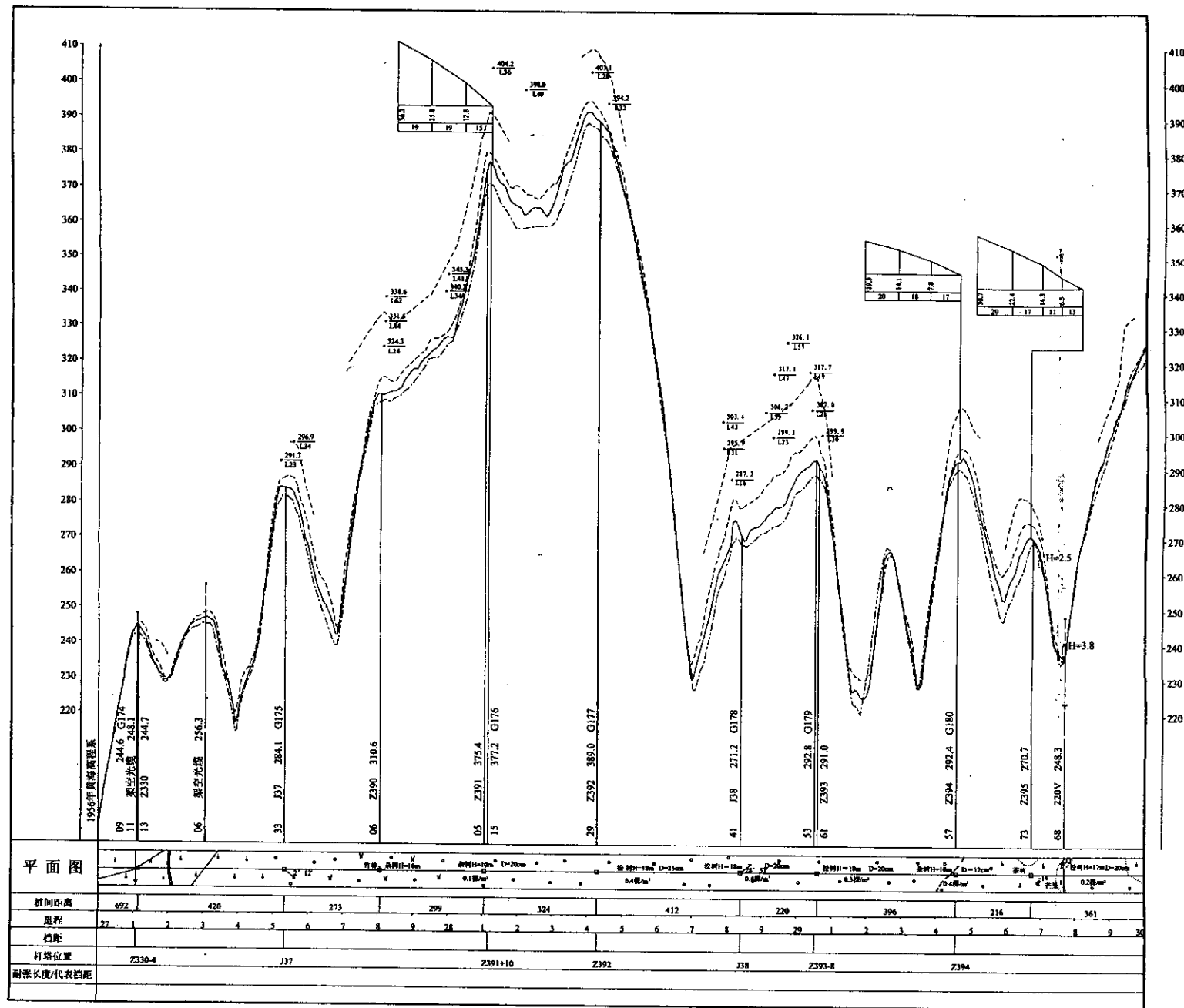


图 F-3 输电线路平断面图(山区)样图

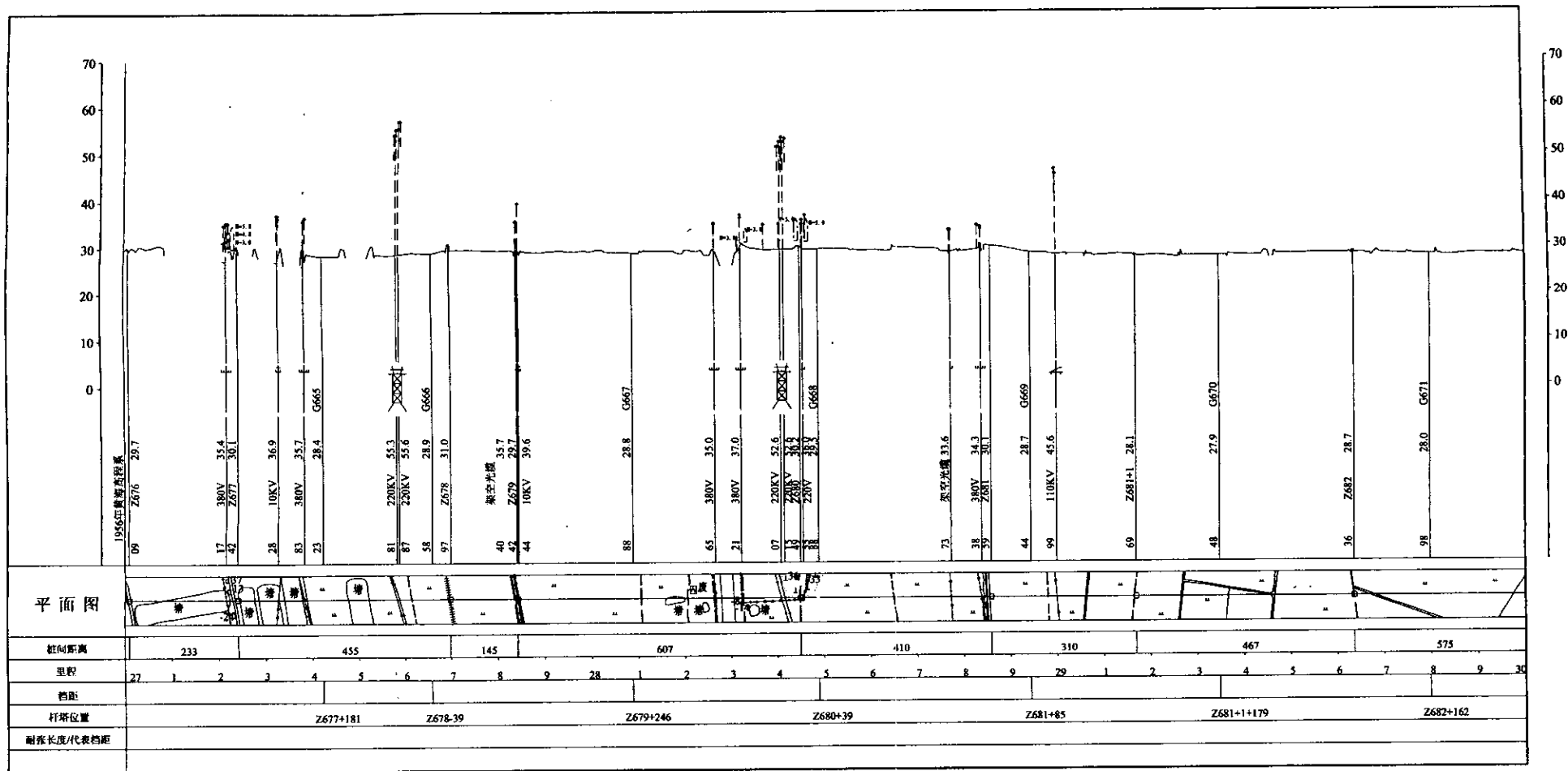


图 F-4 输电线路平断面图(补充交叉跨越图例)样图