



特高压直流输电线路

典型施工工艺标准化手册

国家电网公司直流建设分公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

特高压直流输电线路

典型施工工艺标准化手册

国家电网公司直流建设分公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为总结特高压直流输电线路施工技术经验,提高施工工艺水平,国家电网公司直流建设分公司特组织基层一线的专家,针对特高压直流输电线路施工实际情况,结合提高工程质量、确保施工安全和降低工程造价的管理要求,编写了《特高压直流输电线路典型施工工艺标准化手册》。

本手册主要分为基础工程、杆塔工程、架线工程、防护工程及其他四章,共40个典型施工工艺。其中,基础工程包括15个典型施工工艺,杆塔工程包括4个典型施工工艺,架线工程包括16个典型施工工艺,防护工程及其他包括5个典型施工工艺。

本手册适用于从事电力工程管理、施工、安装、生产运行等专业人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

特高压直流输电线路典型施工工艺标准化手册/国家电网公司直流建设分公司组编. —北京:中国电力出版社,2011.2

ISBN 978-7-5123-1425-2

I. ①特… II. ①国… III. ①高电压-直流-输电线路-工程施工-标准化-手册 IV. ①TM726.1-65

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第023812号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年3月第一版 2011年3月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 14.75印张 404千字

印数0001—2300册 定价100.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编 委 会

- 主 编 李文毅
- 副 主 编 肖安全
- 编委会成员 赵宏伟 袁清云 余 乐 朱艳君 张金德
王建忠 梁 平 段蜀冰 程更生
- 编写组组长 肖安全
- 编写组副组长 朱艳君 寻 凯
- 编写组成员 谢永祥 高学彬 张茂盛 邱国斌 胡 俊
张 毅 俞 磊 熊春友 王雪野 崔文东
郭天兴 江洪成 章 兵 赵根宝 黄海志
肖长生 汪以文 冯海清 王建国 和 刚
虞佳旻 侯建明 冯佃选 陈历祥 丁思明
谭 辉 李振东 张宇翔 刘承志 翟泾生
孟凡宇 杨 涛 秦 权 王福军 郑晓肿
和法斌 张尔乐 边林栋 吴昊亭



前 言

向家坝—上海±800kV特高压直流输电线路的投运，标志着我国在特高压直流输电领域实现了从理论到实践的跨越；在远距离、大容量、低损耗的特高压技术上取得了重大突破；在世界电力发展史书写了崭新的一页。

回顾特高压直流输电线路施工过程中那段“惊心动魄”的日子，战斗在一线的“电网人”不仅在完成任务上表现出特别能战斗、特别能奉献的精神，同时也为争创“世界一流”的工程质量，在施工技术上锐意改革创新，呈现出“百花齐放”的繁荣景象，取得了丰硕的成果。

为总结特高压直流输电线路施工技术经验，提高工艺水平，在公司领导的关怀和支持下，我们组织基层一线的施工技术人员，针对特高压直流输电线路施工实际，结合提高工程质量、确保施工安全和降低工程造价的管理要求，编写了《特高压直流输电线路典型施工工艺标准化手册》。

本手册尽可能对工艺流程、操作步骤（或要点）、安全环保措施以及质量控制要点进行简明阐述，旨在起到交流经验、促进提高的作用。同时，对为本手册进行审稿的专家黄克信、杨逸云、田子恒、艾肇富、郑晓广以及对支持本手册的各施工单位和作者一并表示诚挚的感谢！

限于编写者工作繁忙、水平有限，加之编写时间仓促，文中若有不妥之处敬请领导及专家们不吝赐教，加以指正，有关建议和意见请向国家电网公司直流建设分公司反馈，以便今后在锦苏工程结束后加以修正和提高。

编者

2010年9月

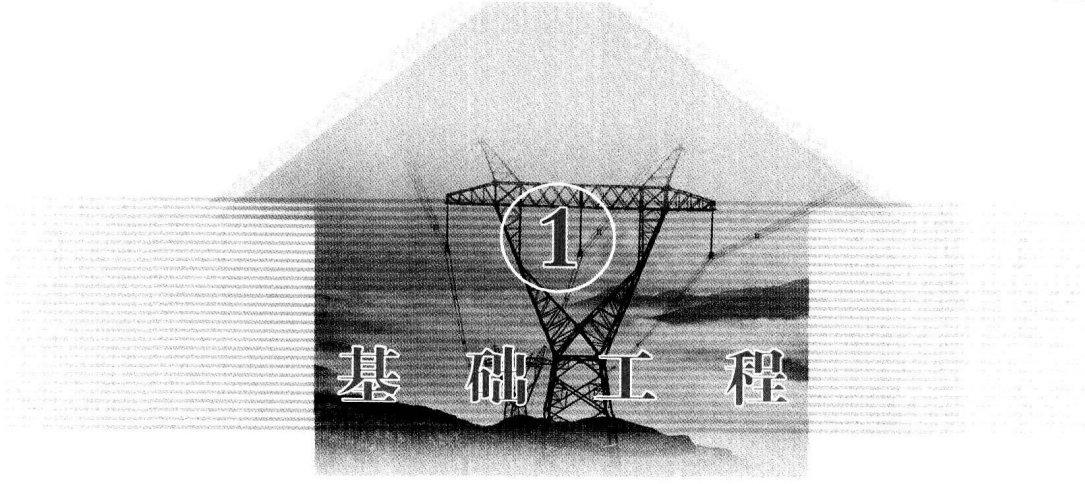


目 录

前 言

1 基础工程	1
1.1 应用“GPS”进行线路复测	1
1.2 一般土质基坑开挖施工工艺	8
1.3 岩石基坑掏挖施工工艺	9
1.4 泥水、流沙基坑开挖工艺	12
1.5 中空岩石锚杆基础施工工艺	15
1.6 岩石嵌固基础施工工艺	19
1.7 软弱地基基础施工工艺	26
1.8 钻孔机械掏挖基坑施工工艺	31
1.9 机械钻孔灌注桩施工工艺	34
1.10 现浇地脚螺栓式基础施工工艺	38
1.11 应用商品混凝土（预拌混凝土）浇制基础施工工艺	47
1.12 冬期混凝土施工工艺	49
1.13 混凝土集中搅拌工艺	56
1.14 高抬基础爬梯、接地引下线固定件预埋施工工艺	60
1.15 基础立柱棱边倒角施工工艺	63
2 杆塔工程	68
2.1 轻型落地式双平臂抱杆分解组塔施工工艺	68
2.2 悬浮内拉线摇臂抱杆组立大跨越塔工艺	74
2.3 内悬浮内拉线抱杆分解组塔施工工艺	91
2.4 落地带摇臂抱杆分解组立铁塔工艺	98
3 架线工程	106
3.1 “2×一牵三”大截面导线张力放线工艺	106
3.2 智能型“二牵六”展放720mm ² 导线施工工艺	114
3.3 “一牵四+一牵二”展放720mm ² 六分裂导线施工工艺	128
3.4 “一牵六”展放720mm ² 导线施工工艺	137
3.5 “3×一牵二”展放720mm ² 导线施工工艺	144
3.6 OPGW展放施工工艺	156
3.7 架空地线展放施工工艺	159

3.8	导线悬垂绝缘子串起吊安装工艺	163
3.9	直线塔导线悬垂附件安装工艺	164
3.10	地线预绞丝耐张线夹安装施工工艺	168
3.11	紧挂线施工工艺	171
3.12	720mm ² 导线液压连接施工工艺	181
3.13	刚性铝管硬跳线安装工艺	184
3.14	刚性鼠笼跳线安装工艺	188
3.15	不落地展放引绳工艺	191
3.16	不停电搭设跨越安全护网施工工艺	202
4	防护工程及其他	210
4.1	挡土墙、护坡、排水沟施工工艺	210
4.2	导线的装卸及运输施工工艺	212
4.3	合成绝缘子装卸及运输施工工艺	214
4.4	锚杆挂网喷射混凝土施工工艺	217
4.5	浮筒搭设施工平台工艺	225



1.1 应用“GPS”进行线路复测

1.1.1 适用范围

随着科技的进步，“GPS”（Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System，卫星全球定位系统）技术已广泛应用于输电线路设计定位及线路复测中，当线路经过林区、山区、地形复杂地段且不通视时，利用“GPS”进行线路复测，更体现其优越性〔“GPS”用户部分由“GPS”接收机（移动站、基准站等）、数据处理软件及相应用户设备等组成。它的作用是接收导航卫星所发出的信号，利用这些信号进行导航定位等工作。本文以 Trimble5700 接收机为例对输电线路复测进行说明〕。

1.1.2 施测准备

1.1.2.1 测量人员经技术、质量、安全培训，并考试合格。

1.1.2.2 从设计部门获取塔位坐标、直线桩坐标和坐标系参数等资料。

1.1.2.3 用于测量的仪器（含 Trimble5700 接收机）及相关设备等需进行检验，对 Trimble5700 接收机两个内置电池充电。

1.1.2.4 据设计提供的坐标系参数，在手簿中建立测量任务；将设计单位提供的桩位坐标输入手簿，以方便测量、校核时调用。

1.1.3 资源配置

1.1.3.1 施测人员配置见表 1-1-1。

表 1-1-1 施测人员配置表

序号	工种	技工	普工	备注
1	现场负责人	1		
2	GPS 操作人员	1		
3	记录人	1		
4	打桩		1	
5	基站看护		1	
6	辅工		1	
合计		3	3	

1.1.3.2 作业设备及工器具配置见表 1-1-2。

表 1-1-2 作业设备及工器具表

序号	名称	规格及型号	单位	数量	备注
1	接收机	5700	套	2	Trimble5700
2	接收天线		套	2	GPS 天线

续表

序号	名称	规格及型号	单位	数量	备注
3	天线电缆		套	2	
4	转接头		个	2	
5	脚架		套	2	架设天线
6	基座		套	1	架设天线
7	电台		套	1	Trimble 配套
8	蓄电池		个	1	电台供电
9	电台天线		套	2	
10	卷尺	5m	个	1	
11	钢丝钳		个	1	
12	大锤		只	1	
13	木桩		个	若干	根据实际需要
14	小钉		个	若干	根据实际需要
15	自喷漆	红色	桶	若干	根据实际需要
16	对讲机		部	3	

1.1.4 工效

利用“GPS”复测线路的速度与路径、地形及信号强弱有关，山地一般每天3~6km，丘陵每天5~8km，平地7~10km。

利用GPS复测线路具有方便、快速、准确地特点，特别是在环境条件无法通视的情况下，不能用传统光学仪器进行测量时，GPS测量技术就显现出其独特的优越性，不仅在山区、林区、村镇地区施工带来了方便，也减少了树木砍伐量，有利于保护环境资源。

1.1.5 工艺流程及操作步骤

1.1.5.1 线路复测流程图见图1-1-1。

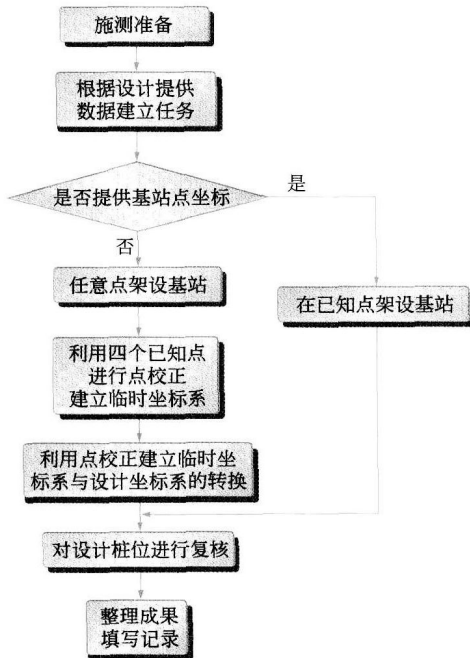


图1-1-1 线路复测流程图

1.1.5.2 操作步骤。

(1) 建立测量任务。

1) 键入参数法。

a. 输入任务名称。根据测量任务输入名称（见图1-1-2），点击[任务名称]右侧空白处，输入任务名称。

b. 定义坐标系统。点击图1-1-2中[坐标系统]对应的按钮后，选择[键入参数]，如图1-1-3所示对投影进行编辑。

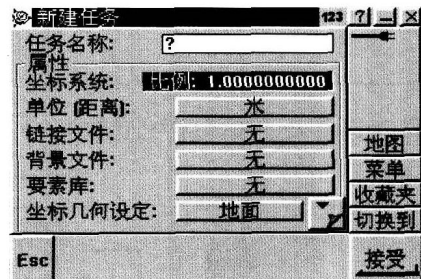


图1-1-2 输入任务名称

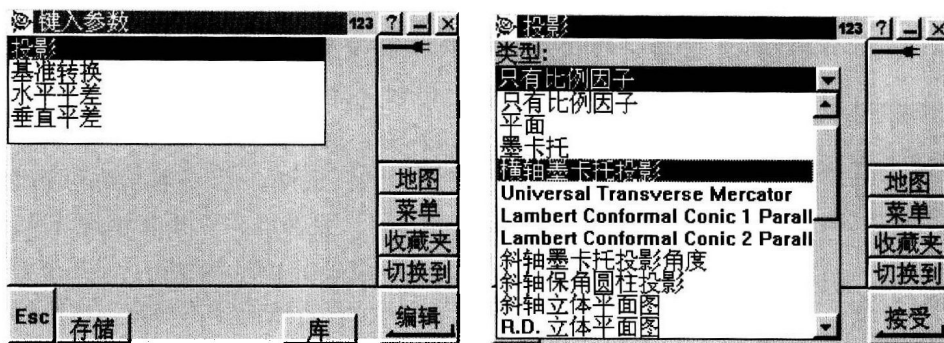


图 1-1-3 对投影进行编辑

c. 投影参数的设置。我国选用横轴墨卡托投影，参数设置见图 1-1-4。北京 54 坐标定义：[假北] 为 0.000m，[假东] 为 500 000.000m，[纬度原点] 为 0 (N 北纬)，[中央子午线] 为已知点投影的中央子午线 (E 为东经)，比例因子设定为 1；半长轴：6 378 245.000m，扁率：298.300 000 000 0；坐标：网格，投影高度是根据测区的情况设定，检查无误后确认接受。

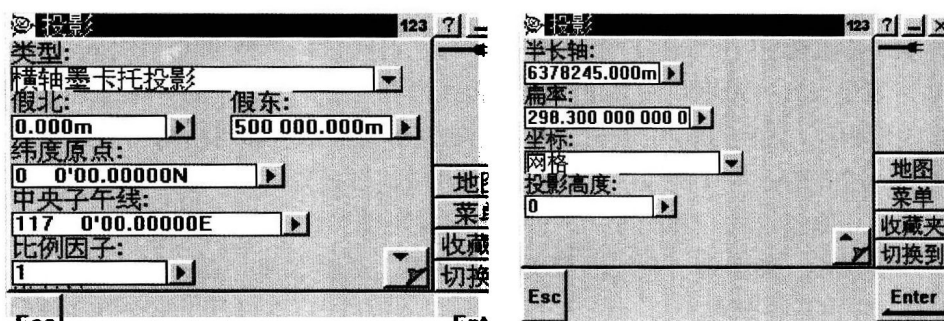


图 1-1-4 投影参数的设置

d. 坐标基准转换见图 1-1-5。基准转换一般采用三参数即可满足测量要求，若知道当地从 WGS-84 坐标到北京 54 坐标的转换参数，则直接输入；否则三个参数缺省为 0。水平平差和垂直平差选择 [无平差] 见图 1-1-3 左侧。

e. 坐标系统设定。坐标几何设定为 [网格]，即将图 1-1-2 中 [地面] 选为 [网格]。

2) 无项目/无水准法。在无坐标系统参数情况下，用无项目/无水准法建立任务，利用点校正方法建立与设计坐标系统的联系，见图 1-1-6 中，[坐标系统] 选择 [无项目/无水准]。



图 1-1-5 坐标基准转换

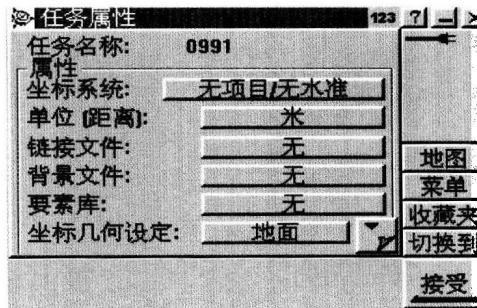


图 1-1-6 无项目/无水准建立任务

(2) 键入设计点坐标。打开建立的任务，输入设计提供的点坐标，点坐标一般为北京 54 网格点坐标，而需要输入 WGS-84 坐标，可通过 [坐标显示] 来改变坐标的形式，见图 1-1-7。打开任务

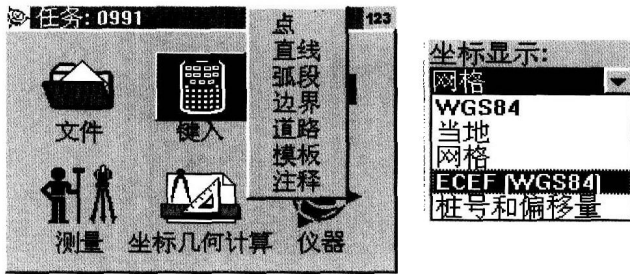


图 1-1-7 键入坐标点的方法

0991，点击 [键入]，选择 [点]，点击 [坐标显示] 选择需要的格式。

(3) 配置、启动基准站和流动站。

1) 无基准、无投影情况下基站选择。基站的选择在输电线路测量中尤其重要，基站点选择不好，会造成信号不稳定，实际测量会浪费大量时间等待信号，或者信号质量太差，重新更换基站，造成时间浪费，影响测量进度，基站选择应从以下几方面因素考虑。

- a. 基站点地势较高，地形比较开阔，有利于卫星信号的接收和发送。
- b. 基站点要选择远离电磁场干扰的地方，如高压线、变电站附近，大功率无线电发射源等，以免产生对信号的干扰。
- c. 基站点的选择要便于后续测量，第一天的工作结束前，一定要选择好第二天测量所需基站位置，这一点对测量进度非常重要。

操平 GPS 基站卫星天线，量取天线高度，架好无线电台发射天线，连接好电池、无线电台等配套设备。把手簿与接收机相连，打开接收机电源。利用手簿配置基准站，并启动基准站。

在手簿控制器的主界面点击 [配置]，选择 [测量形式]，选择 [RTK]。

在图 1-1-8 中 [测量形式] 和图 1-1-9 中 [测量类型] 中选 [RTK]，然后选 [基准站选项]，对基准站选项中广播格式、高度角、天线高度等进行设置，然后选择 [基准站无线电] 进行配置（见图 1-1-10）。设置完成后应储存。



图 1-1-8 基准站选项配置步骤一

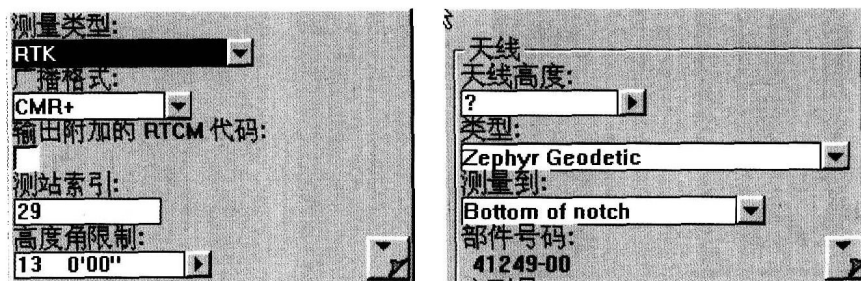


图 1-1-9 基准站选项配置步骤二

在图 1-1-8 主界面, 点击 [测量], 选择 [RTK], 选择 [启动基准站接收机], 开始测量基准站, 输入基站点名称, 在点名称后点击 [键入] [此处], 则记录基准站坐标, 基准站启动。确认基准站启动后, 根据提示断开手簿与接收机的连接, 见图 1-1-11。

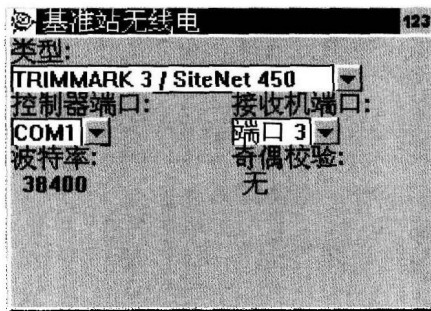


图 1-1-10 基准站无线电配置



图 1-1-11 启动基准站接收机

2) 已知点启动基准站。

a. 在已知点架设 GPS 卫星天线, 需要利用三脚架进行对中整平, 量取天线高度。

b. 基准站的配置见图 1-1-8 ~ 图 1-1-10。

c. 用已知点坐标启动基准站。在进入启动基准站选项后, 在点列表中选择已键入的基准站坐标点, 确认基准站启动后, 根据提示断开手簿与接收机的连接。

3) 流动站配置见图 1-1-12。流动站的配置主要是选择流动站接受机的广播格式及流动站无线电的频点及传输模式 (初次设定后, 如不再更改, 一般不需要每次设置, 直接选择接受即完成操作)。

在图 1-1-8 界面中, 依次选择 [流动站选项] 及 [流动站无线电] 进行配置。流动站无线电的频点和无线电传输模式设置一定要与基准站电台一致, 否则流动站接收不到无线电信号。

(4) 测量。

1) 无基准、无投影测量。测量四个已知点坐标, 加入点校正, 通过测量软件自动计算, 建立与设计坐标系统的转换关系。按设计坐标进行复测、校核。

2) 已知参数测量。流动站启动后, 通过 [放样] 已知坐标点, 可直接寻找到桩位进行校核。

3) 放样。

a. 放样点, 见图 1-1-11, 在主界面选择 [测量] 后, 依次选 [RTK]、[放样]、[点], 在点列表中选择待放样的设计坐标点, 利用流动站找到该点 (桩), 进行校核, 确认符合性。桩移动或丢失时进行校正或补桩。

b. 根据已知两点放样直线 (一般以耐张段的两个转角桩坐标分别为起始点定义直线), 寻找下一个桩, 并校核档距、高程、角度等, 发现桩超差或丢失时, 进行校正或补桩。

4) 测量成果存储。及时存储各点测量成果, 并根据需要记录相关数据。

5) 设置标志。用红漆在通往桩位的路口和桩位附近做出明显标志。

1.1.6 安全环保措施

1.1.6.1 施工人员应严格遵守 DL 5009.2—2004 《电力建设安全工作规程 第 2 部分: 架空电力线路》中有关安全要求。



图 1-1-12 流动站选项及无线电的配置

- 1.1.6.2 应根据季节、天气、地形等具体情况采取防护措施，防止滑跌、毒虫、雷电等伤害。
- 1.1.6.3 对影响测量的树木，尽量采用修剪树枝的方式，消除影响。
- 1.1.6.4 在山区、林区复测时施工人员禁带火种，防止发生火灾。

1.1.7 质量控制要点

- 1.1.7.1 观测时，开机后等待接收机跟踪大于四颗以上卫星（即卫星跟踪灯慢闪）后，按压数据记录按钮；一定要保证数据记录灯亮，否则没有记录数据。
- 1.1.7.2 尽量清除流动站卫星天线上方的覆盖物，否则对测量精度造成影响。
- 1.1.7.3 测量时，GPS 对中杆气泡要处在中心 5s 以上不动，再保存数据。
- 1.1.7.4 测量时，GPS 测量的固定值应在测量精度要求范围内。固定值越小表示此时的数据越准确，当出现“浮动 RTK”时，不得记录此时的任何数据。
- 1.1.7.5 复测允许偏差如下，超过时应查明原因校正。
 - (1) 线路转角度数偏差小于 1'30"。
 - (2) 档距偏差小于 1%L (L 为设计档距)。
 - (3) 地面高程偏差不大于 0.5m。

(4) 塔位桩、直线桩横线路偏差不大于 50mm。

1.1.7.6 复测线路时应做好以下方面调查记录：

(1) 了解沿线地形、交通运输情况。

(2) 杆塔位置是否合适，如不合适应及时向设计单位有关人员提出，请其现场调整，并做好记录。

(3) 了解杆塔所处位置的地质及地下水位情况，并做好记录。

(4) 记录好每基杆塔占地中的农作物或经济作物种类，并调查属于哪个市（县）、乡、村。

(5) 对沿线的交叉跨越（电力线路、通信线、铁路、公路、河流、水库等），应了解清楚被跨物的位置、地形，跨越情况较为复杂的应画出简图。

(6) 了解砂、石价格及砂场、石料场的位置。

1.1.7.7 线路复测记录及复测报告。复测完成后，技术负责人根据测量结果及现场调查记录，整理完成线路复测记录及复测报告，复测报告从工程概况、地形地质、交通运输、主要跨越、复测情况及可能存在问题分析等方面进行描述，给工程前期准备提供依据。

1.1.8 相关说明

GPS: GPS 是英文 Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System 的字头缩写词 NAVSTAR/GPS 的简称，它的含义是利用导航卫星进行测时和测距，以构成全球定位系统。

手簿：Trimble TSCe 是 Trimble 新推出的控制手簿，采用 Windows CE 操作系统。

点校正：GPS RTK 测量工作中，可以在内业或外业进行点校正工作。点校正的目的是求解 WGS - 84 坐标转换为用户使用坐标的转换参数。

测量软件：Trimble Survey Controller 10.6 软件共包含六大菜单，即文件、键入、配置、测量、坐标几何图、仪器，见图 1-1-13。

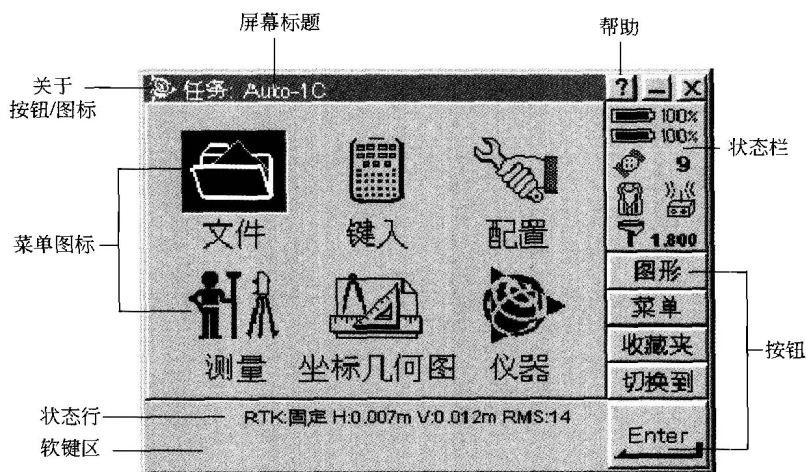


图 1-1-13 测量软件主界面

文件：新建项目、检查当前任务、修改当前任务参数以及删除无用的项目。

键入：输入待放样的点、直线、曲线和道路等。

配置：仪器参数的设置和修改，包括语言选择、基准站流动站的参数、接收机内部无线电频点的改变。

测量：完成测量工作，包括点的采集、直线、曲线和道路的放样。

坐标几何图：软件自带测量工作常用的反算、交会等计算工具。

仪器：显示 GPS 接收机收星状况、接收机文件和状态等。

1.2 一般土质基坑开挖施工工艺

1.2.1 适用范围

适用于一般土质基坑开挖施工。

1.2.2 施工准备

一般土方开挖前，对施工人员进行安全技术交底，施工机具到位，对施工基面进行清理。

1.2.3 资源配置

1.2.3.1 人员配置见表 1-2-1。

表 1-2-1 一般土方开挖人员配置表

负责人	技术员	安全员	质检员	测工	挖掘机工	普通工
1	1	1	1	1	1	8

1.2.3.2 设备机具配置见表 1-2-2。

表 1-2-2 一般土方开挖设备机具配置表

序号	机器具名称	单位	数量	备注
1	挖掘机	台	1	
2	十字镐	把	4	
3	铁锹	把	6	
4	木梯	个	2	
5	抽水设备	套	1	
6	钢卷尺	把	2	
7	经纬仪	台	1	

1.2.4 工效（略）

1.2.5 工艺流程及操作步骤

1.2.5.1 施工工艺流程见图 1-2-1。

1.2.5.2 操作步骤。

(1) 基础分坑。

1) 分坑前应复核塔位中心桩坐标，与相邻塔的档距、角度、高差是否正确；分坑时应考虑基础边坡距离满足设计和规范要求。

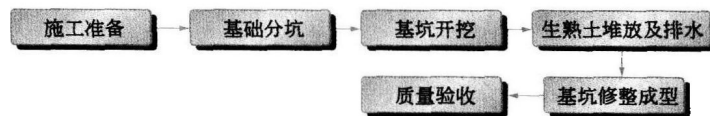


图 1-2-1 施工工艺流程图

2) 杆塔位中心桩移桩测量的精度应符合下列规定:

- a. 当采用钢卷尺直线量距时, 两次测量值之差不得超过量距的 1‰。
- b. 当采用视距法测距时, 两次测量值之差不得超过测距的 5‰。
- c. 当采用方向法测定角度时, 两次测量测角值之差不应超过 1'30"。

3) 分坑时应对杆塔中心桩进行保护。

(2) 基坑开挖。

1) 人工开挖基坑时, 坑壁应放坡度, 坡度的大小应视土质、地下水位和挖掘深度等因素确定, 开挖时坡度参照表 1-2-3。

表 1-2-3

各类土质的坡度

土质类别	砂土、砾土、淤泥	砂质黏土	黏土、黄土	硬黏土
坡度(深:宽)	1:0.75	1:0.5	1:0.3	1:0.15

2) 杆塔基础坑深允许偏差为 +100 ~ -50mm, 坑底应平整, 同基基础坑在允许偏差范围内按最深基坑操平。

(3) 余土堆放及排水。生土和熟土应分开堆放, 根据土质情况, 生熟土、材料、工器具应堆放在距坑口边缘 0.8 ~ 1.5m 安全范围以外, 防止坑壁坍塌。

基坑周围应挖设简易的排水沟用于排水, 坑内积水采用水泵抽排水。

(4) 基坑修整成型。采用人工进行修整, 修整完毕后, 应校核基坑尺寸是否满足要求, 基坑尺寸不得小于设计值。

1.2.6 安全文明施工及环保控制要点

1.2.6.1 人工开挖基坑时, 应事先清除坑口附近的浮土, 向坑外抛扔土块时, 应防止土块回落伤人, 坑深时应使用梯子上下坑。

1.2.6.2 用机械开挖基坑时, 坑中不得有人。

1.2.6.3 基坑开挖时应保护周围植被, 生土和熟土应分开放置, 回填时熟土填在地表。机械的进退场要注意保护环境、青苗等。

1.2.7 质量控制要点

1.2.7.1 开挖尺寸符合设计要求。

1.2.7.2 边坡和开挖尺寸偏差符合规范要求。

1.3 岩石基坑掏挖施工工艺

1.3.1 适用范围

适用于岩石地质的铁塔基坑掏挖施工。

1.3.2 施工准备

- 1.3.2.1 砍伐塔基内的树木、杂草等。
- 1.3.2.2 掏挖前定好相应的测量控制桩。
- 1.3.2.3 爆破物品手续齐全，爆破施工时爆破员持证上岗。

1.3.3 资源配置

1.3.3.1 人员配置（按一个作业组）见表1-3-1。

表1-3-1 人员配置表

负责人	技术员	安全员	质检员	测工	爆破员	普通工
1	1	1	1	1	1	12

1.3.3.2 设备机具配置见表1-3-2。

表1-3-2 设备机具配置表

序号	机器具名称	单位	数量	备注
1	凿岩机	台	4	Y6型
2	铁锤	个	4	
3	钢卷尺	把	2	
4	铁锹	把	4	
5	钢钎	根	4	
6	鼓风设备	套	1	
7	梯子	副	4	
8	提土器	套	4	

1.3.4 工效（略）

1.3.5 工艺流程及操作步骤

1.3.5.1 施工工艺流程图见图1-3-1。

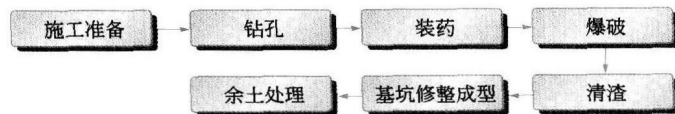


图1-3-1 岩石基坑掏挖施工工艺流程图

1.3.5.2 操作步骤。施工采用人工或机械凿挖钻孔，进行爆破作业，起爆后清理岩石。

(1) 根据施工地质条件，用机械钻孔的孔深宜为1.5~2m，人工成孔的孔深宜为0.6~0.8m。严格避免炮孔位于软弱夹层、岩石破碎带。

(2) 当开挖的基坑面积较小时，采用梅花式炮眼，见图1-3-2；当开挖的基坑面积较大时，采用星罗式炮眼，见图1-3-3。

1.3.5.3 装药。