

水工混凝土结构 CAD 系统设计

吴胜兴 杨秀兰 乔书光

(河海大学土木工程学院 南京 210098)

摘要 基于新修订水工结构设计规范的水工混凝土结构 CAD 系统,以中文 Windows 为操作平台,采用先进高效的 VB 语言和面向对象的程序设计方法,具有良好的人机交互界面.本文详细介绍水工混凝土结构 CAD 系统的总体设计原则以及文件系统、结构分析、素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土、规范查询等功能模块的设计思路.

关键词 混凝土结构;水工结构;计算机辅助设计;结构分析;VB 语言;设计规范;CAD

计算机辅助设计(CAD)技术以其设计工期短、设计质量高、设计成本低等优点在航空、汽车、电子、机械制造、土木建筑等行业中得到了广泛的应用.相对而言,我国水工结构设计中 CAD 技术的应用较为落后.

80 年代中期,国内曾形成一股水工结构设计 CAD 研究热潮,其代表性成果有厂房 CAD、重力坝 CAD、拱坝 CAD 等,这些大型软件一般来说价格昂贵,而通常的设计院若干年才完成一个或几个水利工程的设计,不像建筑设计院每人每年要完成几个甚至几十个工程的设计,因此其真正的用户不多.另外,由于当时计算机硬件水平较低,再加上水工结构设计的复杂性,水工结构 CAD 技术未能得到应有的发展.许多设计单位自行编制了若干常用小程序,诸如框架结构内力计算程序,钢筋混凝土结构配筋设计程序等,这类程序在实际工程结构计算方面确实起到了一定的作用.部分 CAD 技术应用较好的设计院也主要是利用通用软件,例如 AutoCAD 等,进行辅助绘图,其效率很低.近年来建筑 CAD 发展很快,已真正进入 CAD 的应用阶段.我国有关部门已正式将计算机辅助设计的出图率和优化设计所占的比重作为评定设计单位级别的一项重要指标.另一方面,计算机硬件水平又有了突飞猛进的发展,可以预言,21 世纪将是计算机软件的时代.与此同时,随着科学技术的发展,水工结构设计理论有了长足的发展.基于 GB50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》的新一轮水工结构设计规范几年前就已开始修订,目前已有本规范正式颁布实施.例如,从 1997 年 5 月 1 日起实施的 SL/T 191—96《水工混凝土结构设计规范》采用近似概率极限状态设计法取

代原来的半概率半经验设计法,理论上更趋完善,但设计也更复杂.因此,大力开展水工结构 CAD 软件的研究势在必行,研制开发一套基于上述新规范的水工混凝土结构 CAD 系统很有必要,而且也是可能的,具有较大的理论和实际应用价值.

1 系统总体设计原则

水工混凝土结构 CAD 系统总体设计时遵循了以下原则:

a. 集成化计算机辅助设计系统与可持续发展相结合的原则.目前,国内外软件开发的一个显著特点就是集成化.集成化计算机辅助设计软件具有资料查询、科学计算、绘图与图形显示、仿真模拟、综合分析、优化以及咨询等功能,其范围涉及可行性研究、总体规划、初步设计、技术设计、施工图设计、设计文件及工程造价预测与分析的全过程.例如,最初的 PKPM 系列软件包括用来进行钢筋混凝土框、排架及连续梁结构计算与施工图绘制的 PK 软件和用来进行钢筋混凝土结构平面结构设计的 PMCAD 软件.以后又逐渐开发出框架、框架-剪力墙、剪力墙结构空间协同分析计算软件 XTJS,剪力墙结构计算机辅助设计软件 JLQ 等,还开发出三维建筑设计软件 APM,给排水设计软件 WPM,建筑采暖设计软件 HPM,建筑电气设计软件 EPM,建筑通风设计软件 CPM 等,这些软件之间实现了一定程度的数据共享,形成了集建筑设计、结构设计、给排水设计、采暖设计、电气设计、通风设计为一体的集成化计算机辅助设计系统.水工混凝土结构 CAD 系统理应包括结构设计的全过程,首先在图形编辑状态下进行结构

布置,然后自动形成计算简图并进行结构分析,再进行配筋设计,最后直接形成结构施工图.但鉴于水工混凝土结构设计的复杂性,要在短期内完成上述全部功能有很大的困难.所以,该系统的初级阶段主要包括结构分析、结构设计及规范查询等内容,但考虑到其可持续发展的要求,预留了大量接口,为今后形成大规模集成化软件系统作了充分准备.

b. 具有良好的用户界面.目前开发的软件都是基于中文 Windows 操作系统的. Windows 的最大特点就是用户界面的图形化和可视化. 当今的计算机用户已经熟悉了具有下拉式菜单、变化多样的颜色和字体以及多窗口的软件,摒弃了从键盘上输入指令的陈旧方式,越来越多地使用鼠标器在图标或菜单选项上通过掀动按钮来启动一段程序或激活一条指令.传统的没有用户界面、直接用文件输入的软件已人黄昏,少有人问津,开发基于 Windows 的应用软件是当今的流行趋势.该系统采用能充分利用图形用户界面(GUI)的最流行的 VB 语言开发,具有简洁美观、方便快捷的人机交互式界面以及 Windows 应用程序的标准外观和风格,用户只要稍具 Windows 操作知识,便可轻松正确地按人机交互方式输入计算参数,以而得到满意的结果.

c. 采用数据库管理技术.水工混凝土结构 CAD 系统采用数据库管理技术来统一管理计算机辅助设计过程中所有数据,这样做有以下几个特点:①尽可能不重复,即冗余度最小;②以最优的方式服务于一个或多个应用程序,即应用程序对数据资源的共享;③数据存放尽可能地独立于使用它的应用程序,即数据独立性;④用一个软件统一管理这些数据,例如维护、增加、变更、检索这些数据.

d. 采用菜单结构.水工混凝土结构 CAD 系统各主要功能模块是通过菜单调用实现的,这样做有以下几个优点:①程序结构层次清晰明了,符合设计人员的逻辑思维,便于实用;②各功能菜单相对独立,使程序设计可留有大量接口,符合可持续发展的原则;③可在屏幕上清楚地显示出供用户选择的全部项目,有助于用户了解开放的“选择”范围,并且具有一定的提示作用;④菜单能使用户明确地选择各种功能,防止用户作出无效的选择,减少出现错误命令的可能性;⑤用户通过菜单可以容易地实现相应的功能,不必记忆各种各样的输入命令.由于该系统软件的内容比较多,主菜单选用下拉式菜单,分为 7 个菜单项目,即文件系统、结构分析、素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土、规范查询和帮助,每个菜单

项目下又有若干个子菜单.

e. 方便实用.水工混凝土结构 CAD 系统的方便实用性具体体现在以下几个方面:①设计流程尽可能地与工程设计人员的工作思路一致,让设计人员实实在在地感受到该系统确实能提高其工作效率,设计人员乐于接受;②满足不同层次人员使用该系统的需要.具体设计人员希望该系统的设计流程与其实际设计步骤相一致;总工程师们希望在审查别人设计成果时能利用该系统对设计成果某些有疑问的地方进行复核;教师们希望能利用该系统进行计算机辅助教学;学生们希望能利用该系统来加深对所学知识的理解,并能对所做作业进行复核;③与新规范密切结合.充分利用了 Windows 优良的在线帮助功能,研制开发了功能强大、内容丰富的规范查询系统,使之成为广大工程设计人员的得力助手,也是学习理解新规范的有效途径.

2 功能模块设计

水工混凝土结构 CAD 系统共有 7 个功能模块,下面分别介绍其结构及功能.

2.1 文件系统

文件系统菜单结构如图 1^①所示.

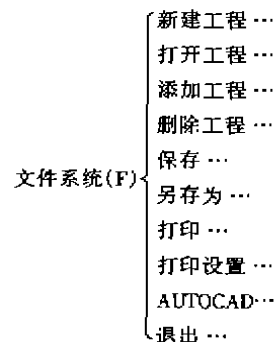


图 1 文件系统菜单结构

文件系统的主要功能是对水工混凝土结构 CAD 系统的输入参数、运行结果(包括文本文件和图形文件等)进行各类常规处理.例如,单击“新建工程...”项,输入工程名及存储路径,系统将自动创建一标准的工程数据库结构,定义各种图表及其字段,计算机辅助设计过程中,与该工程有关的所有信息将按部就班地存入相关部位.当然,要想永久保留输入的信息,在退出系统之前必须单击“保存...”项.若想对已建工程作进一步的修改,可单击“打开工程...”,新建时输入的所有资料都继续有效,并可在此基础上随心所欲地修正,或继续完成前期未尽的工作.对于大型工程,可多人分工合作,最后通过“添加工程...”将其合并在一起.要想删除与某一工程有关

①图中括号中的字母“(F)”为快捷键;“...”表示将打开对话框.下同.

的所有信息,只需单击“删除工程...”,通过“打印设置...”可以按各种格式输出所需的设计结果,单击“AUTOCAD...”,可以进入 AutoCAD,完成各种图形后处理工作,其它一些常见功能与 Windows 等通用软件相同,此处不再赘述。

2.2 结构分析

结构分析菜单结构如图 2 所示。

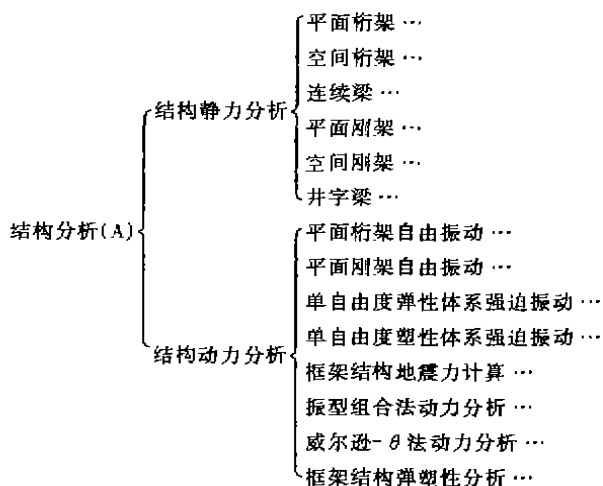


图 2 结构分析菜单结构

结构分析内容非常广泛,涉及静力、动力及稳定问题等,国内外已有多种优秀的大型结构分析软件。但该类软件由于功能比较齐全,结构庞大,价格昂贵,对基层设计人员来说,既不易掌握,也有点大材小用,不为广大设计人员所接受。本结构分析模块主要包括工程中常见的、简单的结构分析问题,计算所需参数均采用人机交互式输入,小巧玲珑,方便实用。计算结果直接存入数据库,供结构设计采用。当然,此部分内容也可作为常规的结构分析软件使用。

2.3 素混凝土

素混凝土菜单结构如图 3 所示。

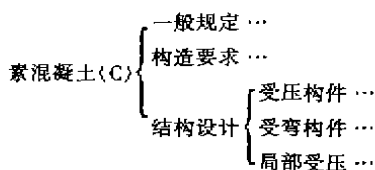


图 3 素混凝土菜单结构

GBJ83—85《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》规定,凡是以混凝土为主制作的结构,统称为混凝土结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。因此,本软件系统也相应地将混凝土结构分为素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土 3 个子功能模块。素混凝土的主要功能是对素混凝土受压构件、受弯构件以及局部受压构件承载力进行计算。

2.4 钢筋混凝土

钢筋混凝土菜单结构如图 4 所示。

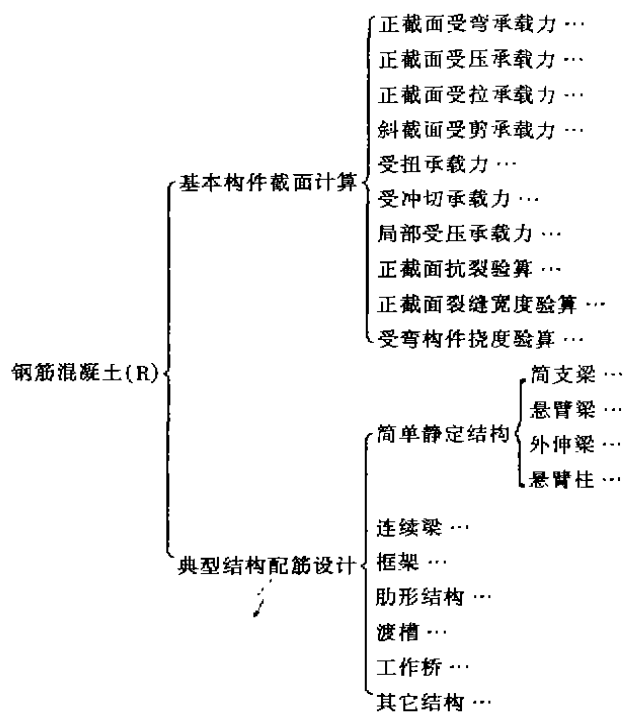


图 4 钢筋混凝土菜单结构

钢筋混凝土的主要功能包括两部分,一部分是钢筋混凝土各类基本构件在已知设计内力的情况下进行承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算,另一部分是水工结构中各类常见结构的配筋设计,计算内容包括基本资料结构布置、荷载输入、内力计算、内力组合、配筋计算、抗裂验算、裂缝宽度验算、挠度验算等,并形成计算书和施工图。

2.5 预应力混凝土

预应力混凝土菜单结构如图 5 所示。

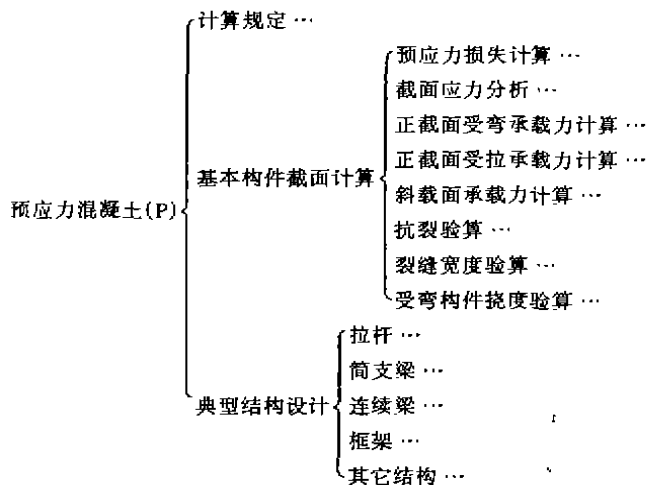


图 5 预应力混凝土菜单结构

预应力混凝土的主要功能也包括两部分:一部分是对预应力混凝土结构基本构件在已知设计内力的情况下进行承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算;另一部分是常见预应力混凝土结构的配筋设计。

2.6 规范查询

规范查询菜单结构如图 6 所示(图中仅列出水

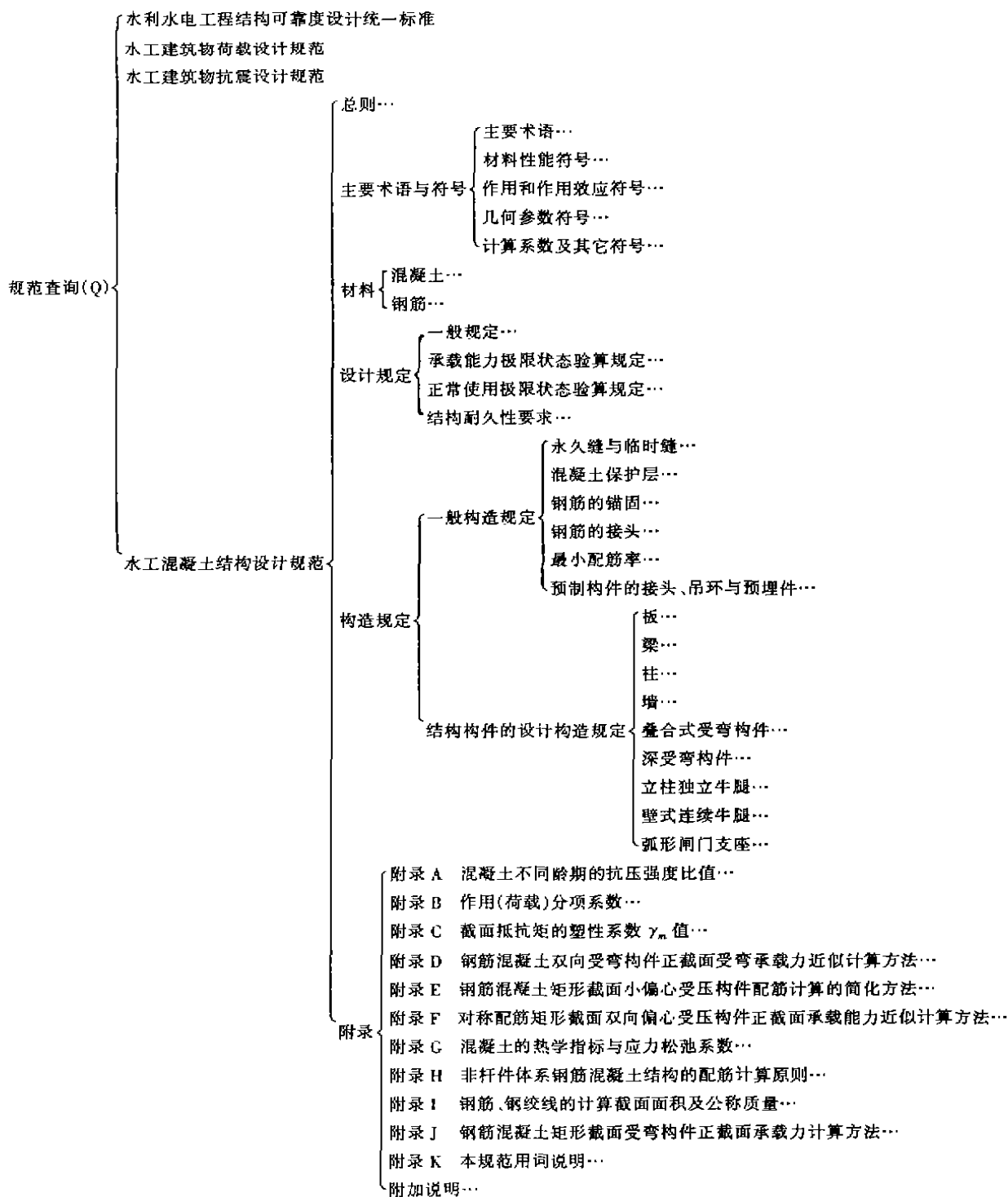


图6 规范查询菜单结构

工混凝土结构设计规范的子菜单,其它规范的子菜单与相应的设计规范一致,此处从略.)

基于 GB 50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》修订的新一轮水工结构设计规定已陆续完成,目前已颁布实施的有 DL 5077—1997《水工建筑物荷载设计规范》、SL203—97《水工建筑物抗震设计规范》、SL/T191—96《水工混凝土结构设计规范》等.规范查询的主要功能是以文件的形式记录了相应规范的有关内容,供用户查询.查询时可按目录

和主题两种方式进行,方便快捷.

2.7 帮助

帮助菜单结构如图7所示.

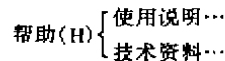


图7 帮助菜单结构

帮助的主要功能是详细介绍水工混凝土结构CAD系统的使用方法以及技术资料等.

(下转第56页)

据的作用,计算机记录的数据经后处理,可数字化成图. NGD—50 实时差分 GPS 测量系统工作原理如图 3 所示.

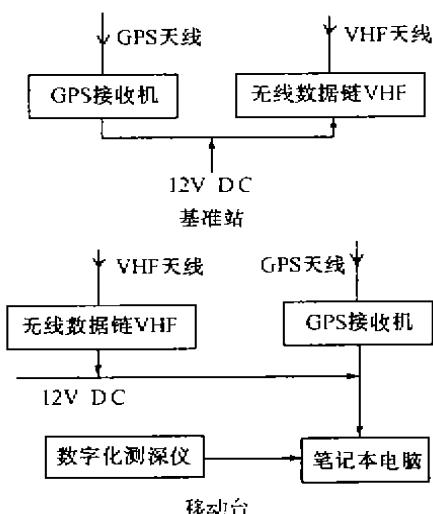


图 3 NGD—50 实时差分 GPS 测量系统工作原理

2.2 NGD—50 实时差分 GPS 测量系统的组成

a. 基准站: GPS 主机、电池、GPS 天线和 VHF 天线.

b. 移动台: GPS 主机、电池, 计算机、数字化测深仪、GPS 天线和 VHF 天线.

c. 支持软件: NGD50 野外数据采集软件和 S—CASS 数据后处理及成图软件.

2.3 NGD—50 实时差分 GPS 测量系统用于三峡工程水下地形测量的情况

三峡工程导流明渠水下开挖和二期围堰回填两个项目的施工, 工期都比较紧张, 水下地形测量的任务也特别的繁重. 若采用常规的水下地形测量的方法, 是不能满足施工需要的, 而运用 GPS 技术实施水下地形测量则能及时提供施工部位的水下地形图, 为施工生产提供了必须的地形数据. 一般地, 用 GPS 实施水下地形测量的测图过程如下:

a. 接受测图任务, 确定测图区域范围及测图比例.

b. 将测图范围输入便携式计算机.

c. 设置基准站, 实测中基准站位于三峡测绘大队办公楼楼顶上已知坐标的标墩上.

d. 将移动台设置在测船上, 数字化测深仪的换能器杆与 GPS 天线应处于同一平面位置上.

e. 接好各个电缆线, 开机, 根据便携式计算机屏上显示测船的航迹作为导航, 并开始自动采集水深和定位数据.

f. 野外数据采集完成后, 根据测区水面高, 利用后处理软件可将野外观测数据转换为三维坐标数据, 用 S—CASS 成图软件数字化成图.

2.4 NGD—50 实时差分 GPS 测量系统的主要特点

a. 具有导航功能. 利用 NGD—50 野外数据采集软件, 可以首先在计算机上做好测区范围及航线, 这样在野外实测过程中, 将测船沿计算机屏上的计划线航行, 不会出现重测和漏测现象.

b. 可全天候测量. 无论白天夜晚、刮风下雨, 只要 GPS 接收机能收到 4 颗以上的卫星信号, 就可以进行测量.

c. 价格适中. 2 套 GPS 接收机配 S—CASS 成图软件共十几万元, 相当于一台全站仪的价格, 仅为同类进口设备价格的 1/4 ~ 1/3, 一般生产单位均能承受.

d. 具有较高的精度. NGD—50 实时差分 GPS 接收机实时动态定位精度小于 1 m, 能满足小于 1:500 比例尺的水下地形测量的精度要求.

e. 操作方便. NGD—50 实时差分 GPS 接收机的操作十分方便, 只需将各项电缆按要求连接好后, 打开电源即可. 计算机工作软件汉化显示, 操作简便.

f. 自动化成图效率高. 野外数据采集完毕, 用 S—CASS 成图软件即可成图, S—CASS 成图软件由后处理软件、编图软件、绘图软件和符号库编辑软件组成, 能绘水深图、水下地形图、地形图及特殊用图. 该软件最大的特点是编辑功能强大, 无论是对水深数据的处理, 还是高程点、等高线的编辑, 都比较适合测量人员的操作要求.

3 结 语

三峡工程大江截流世人瞩目, 大量真实准确的测绘资料为大江截流的顺利实施提供了必要的保障, 而成功地运用 GPS 技术实施控制测量和水下地形测量则是高新技术运用于测绘方面的具体体现, 它不仅在三峡工程大江截流中起到了重要的作用, 而且将会更广泛地运用于水电工程施工的其它领域.

(收稿日期: 1998-06-01 编辑: 熊水斌)

(上接第 49 页)

参考文献

- 1 JGJ/T90—92 建设领域计算机工程软件技术规范
- 2 杨秀兰. 水工混凝土结构 CAD 系统研制: [学位论文]. 南京: 河海大学, 1998
- 3 GB50199—94 水利水电工程结构可靠度设计统一标准
- 4 DL5077—1997 水工建筑物荷载设计规范
- 5 SL203—97 水工建筑物抗震设计规范
- 6 SL/T191—96 水工混凝土结构设计规范

(收稿日期: 1999-02-03 编辑: 熊水斌)