



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



# 小水电技术导则 设计

## 第1部分：选点规划

SHP/TG 002-1: 2019



## 免责声明

本导则未经联合国正式编辑。本导则内采用的名称和资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。本导则中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。本导则尽可能保持内容的准确性，但联合国工业发展组织及其成员国均不对使用本导则可能产生的结果承担任何责任。本导则可被自由引用或转载，但需注明出处。

© 2019 UNIDO/INSHP – 版权所有

# 小水电技术导则 设计

## 第 1 部分:选点规划

## 鸣谢

本导则是联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电联合会（INSHP）共同合作努力的成果，约 80 名国际专家和 40 家国际机构参与了导则的编制、同行审查，并提出了具体意见和建议，使导则更具实用性和专业性。

UNIDO 和 INSHP 非常感谢许多机构在制定本导则期间作出的贡献，特别是以下国际组织：

——东南部非洲共同市场（COMESA）

——全球区域可持续能源中心网（GN-SEC），特别是西非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心（ECREEE）、东非可再生能源和能源效率中心（EACREE）、太平洋可再生能源和能源效率中心（PCREEE）和加勒比可再生能源和能源效率中心（CCREEE）。

中国政府推动了本导则的最终定稿，对其完成具有重要意义。

以下人士为编制本导则作出了贡献，包括有价值的投入、审查和提供建设性意见：Mr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Mr. Adoyi John Ochigbo, Mr. Arun Kumar, Mr. Atul Sarthak, Mr. Bassey Edet Nkposong, Mr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Ms. Chang Fangyuan, Mr. Chen Changjun, Ms. Chen Hongying, Mr. Chen Xiaodong, Ms. Chen Yan, Ms. Chen Yueqing, Ms. Cheng Xiaolei, Ms. Chileshe Kapaya Matantilo, Ms. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Mr. Deogratias Kamweya, Mr. Dolwin Khan, Mr. Dong Guofeng, Mr. Ejaz Hussain Butt, Ms. Eva Kremere, Ms. Fang Lin, Mr. Fu Liangliang, Mr. Garaio Donald Gafiye, Mr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Mr. Guo Chenguang, Mr. Guo Hongyou, Mr. Harold John Annegam, Ms. Hou ling, Mr. Hu Jianwei, Ms. Hu Xiaobo, Mr. Hu Yunchu, Mr. Huang Haiyang, Mr. Huang Zhengmin, Ms. Januka Gyawali, Mr. Jiang Songkun, Mr. K. M. Dharesan Unnithan, Mr. Kipyego Cheluget, Mr. Kolade Esan, Mr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Mr. Li Zhiwu, Ms. Li Hui, Mr. Li Xiaoyong, Ms. Li Jingjing, Ms. Li Sa, Mr. Li Zhenggui, Ms. Liang Hong, Mr. Liang Yong, Mr. Lin Xuxin, Mr. Liu Deyou, Mr. Liu Heng, Mr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Ms. Lu Xiaoyan, Mr. Lv Jianping, Mr. Manuel Mattiat, Mr. Martin Lugmayr, Mr. Mohamedain Seif Elnasr, Mr. Mundia Simainga, Mr. Mukayi Musarurwa, Mr. Olumide TaiwoAlade, Mr. Ou Chuanqi, Ms. Pan Meiting, Mr. Pan Weiping, Mr. Ralf Steffen Kaeser, Mr. Rudolf Hüpfel, Mr. Rui Jun, Mr. Rao Dayi, Mr. Sandeep Kher, Mr. Sergio Armando Trelles Jasso, Mr. Sindiso Ngwenga, Mr. Sidney Kilmete, Ms. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Mr. Shang Zhihong, Mr. Shen Cunke, Mr. Shi Rongqing, Ms. Sanja Komadina, Mr. Tareqemtairah, Mr. Tokihiko Fujimoto, Mr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Mr. Tan Xiangqing, Mr. Tong Leyi, Mr. Wang Xinliang, Mr. Wang Fuyun, Mr. Wang Baoluo, Mr. Wei Jianghui, Mr. WU Cong, Ms. Xie Lihua, Mr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Ms. Xu Xiaoyan, Mr. XuWei, Mr. Yohane Mukabe, Mr. Yan Wenjiao, Mr. Yang Weijun, Ms. Yan Li, Mr. Yao Shenghong, Mr. Zeng Jingnian, Mr. Zhao Guojun, Mr. Zhang Min, Mr. Zhang Liansheng, Mr. Zhang Zhenzhong, Mr. Zhang Xiaowen, Ms. Zhang Yingnan, Mr. Zheng Liang, Mr. Zheng Yu, Mr. Zhou Shuhua, Ms. Zhu Mingjuan.

使用中如有其他意见和建议，欢迎提供，以便再版更新。

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般规定 .....	1
4.1 规划原则 .....	1
4.2 规划范围划定 .....	1
4.3 规划方法与步骤 .....	2
5 基本资料收集和分析 .....	3
5.1 资料收集 .....	3
5.2 资料分析 .....	3
6 河流(段)水能蕴藏量计算 .....	4
7 站点初步规划 .....	5
7.1 规划内容及主要考虑因素 .....	5
7.2 小型水电站类型及开发适用条件 .....	5
7.3 特殊地理条件的利用 .....	5
7.4 开发规模估算 .....	5
8 实地调查与踏勘 .....	6
8.1 水文调查 .....	6
8.2 规划站点现场踏勘 .....	6
8.3 水电站利用水头初步测定 .....	7
8.4 其他建设条件 .....	7
9 站点建设方案拟定 .....	7
9.1 电站装机容量选择 .....	7
9.2 水轮机形式选择 .....	7
9.3 机组台数选择 .....	7
9.4 挡水建筑物选择 .....	7
9.5 溢洪建筑物选择 .....	8
9.6 取水口建筑物选择 .....	8
9.7 引水建筑物选择 .....	8
9.8 厂房型式选择 .....	8
9.9 升压站(或开关站)位置选择 .....	8
9.10 尾水渠位置选择 .....	9
9.11 枢纽建筑物布置 .....	9
10 评估与预测 .....	9

**SHP/TG 002-1:2019**

10.1	社会与环境影响初步评估 .....	9
10.2	负荷预测 .....	9
10.3	成本估算及效益评估 .....	9
10.4	规划站点评价及开发顺序建议 .....	10
11	选点规划报告编制 .....	10
附录 A (资料性附录)	河流水能理论蕴藏量计算、规划站点装机容量估算公式 .....	11
附录 B (资料性附录)	小型水电站开发类型、特殊地形利用示意图 .....	13
附录 C (资料性附录)	选点规划报告书(编制大纲) .....	17

## 前 言

联合国工业发展组织(UNIDO)是旨在促进全球包容和可持续工业发展(ISID)的联合国专门机构。为联合国和各国未来 15 年可持续发展提供框架的《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标,已将 ISID 列为其可持续发展的三大支柱之一。能源对经济、社会发展和提高生活质量不可或缺,UNIDO 的 ISID 任务明确将支持建立可持续能源体系。过去 20 年里,国际社会对能源的关注和讨论越来越多,扶贫、环境风险和气候变化等问题正成为焦点。

国际小水电联合会(INSHP)是一个协调和促进全球小水电发展的国际组织,各区域、次区域和国家对口单位、相关机构、公共单位和企业自愿加入,以社会效益为其主要目标。INSHP 旨在通过发达国家、发展中国家和国际组织间的三方经济技术合作促进全球小水电发展,为广大发展中国家的农村提供环保、负担得起、充足的能源,从而增加就业机会、改善生态环境、减少贫困、提高农村生活文化水平和经济发展水平。

UNIDO 和 INSHP 自 2010 年起合作编制的《世界小水电发展报告》显示,全球对小水电的需求和其发展程度并不匹配,技术缺乏是大多数国家发展小水电的主要障碍之一。UNIDO 和 INSHP 决定基于成功发展经验并通过全球专家合作,共同编制《小水电技术导则》(简称导则)以满足各成员国的需求。

本导则根据 ISO/IEC 指令第二部分(详见 [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives))的编制规则起草。

提请注意,本导则中的一些内容可能涉及专利权问题。UNIDO 和 INSHP 不负责识别任何此类专利权问题。

## 引 言

小水电是广泛认可的解决偏远农村地区电气化问题的重要可再生能源。尽管欧洲、北美、南美和中国等大多数国家都拥有很高的装机容量,但许多发展中国家受到许多因素的阻碍(包括缺乏全球认可的小水电好案例或标准),仍有大量小水电资源未得到开发。

本导则将通过应用全球现有的专门知识和最佳实践,解决目前缺乏适用于小型水电站的技术导则的问题,让各国利用这些达成共识的导则来支持他们目前的政策、技术和生态环境。对于机构和技术能力有限的国家,将夯实他们发展小水电的知识基础,从而制定鼓励小水电发展的优惠政策和吸引更多的小水电投资,以促进国家经济发展。本导则对所有国家都是有益的,特别是在技术知识比较缺乏的国家中分享经验和最佳实践。

本导则适用于装机容量 30 MW 及以下的小型水电站,可作为小型水电站规划、设计、建设和管理的技术性指导文件。

- 《小水电技术导则 术语》给出了小型水电站常用的专业技术术语和定义。
- 《小水电技术导则 设计》给出了小型水电站设计的基本技术要求、方法学和程序,专业涵盖了电站选址规划、水文、工程地质、工程布置、动能计算、水工、机电设备选型、施工、工程造价估算、经济评价、投资、社会与环境评价等。
- 《小水电技术导则 机组》对小型水电站水轮机、发电机、调速系统、励磁系统、主阀和监控保护及直流电源系统设备提出了具体的技术要求。
- 《小水电技术导则 施工》对小型水电站施工技术提出了规范性指导意见。
- 《小水电技术导则 管理》对小型水电站项目管理、运行维护、技术改造和工程验收等技术方面提出了规范性指导意见。



# 小水电技术导则 设计

## 第 1 部分:选点规划

### 1 范围

本部分规定了小水电选点规划的一般原则,以及站址选择的方法、步骤和成果要求。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改)适用于本文件。

SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义

### 3 术语和定义

SHP/TG 001 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 一般规定

#### 4.1 规划原则

4.1.1 应遵循局部规划服从整体规划、专业规划服从综合规划、河流规划服从流域规划、下级规划服从上级规划的原则。

4.1.2 应满足环境对河流状态的要求,小水电项目建设对河流及周边环境的影响应在规定的范围内。

4.1.3 应以河流水能资源蕴藏量及地形条件为基础,以充分开发利用和可持续发展为目标,并综合考虑以下因素:

- a) 应综合考虑全河流的水能资源开发的关联性,注重上下游梯级开发的相互衔接,使上下游站点布局协调合理。有供水、防洪、灌溉、生态、旅游、社区发展等综合利用要求的,应按照开发任务的主次统筹规划电站的开发站址、开发方式和建设规模。
- b) 应考虑供电区域的社会经济发展对电力的长期需求。通过电力网间接向外地区销售的,应考虑电网的现状及其发展趋势,同时要评价外部电力市场的增长潜能。根据电力市场的发展需要,按照近、中、远期开发目标进行规划。
- c) 应考虑其他可再生能源利用的可能性,对小水电建设项目的选择作出合理的论证。
- d) 应考虑与所在区域相关的当地、区域和国际综合发展计划。

4.1.4 应与其他相关规划相协调,包括规划指标、专有术语、量值单位、实施计划等,应具有一致性和同步性。

#### 4.2 规划范围划定

4.2.1 应根据国家规划主持机构的层级(中央或地方)以及规划的具体目的,划定规划范围。

4.2.2 当小水电资源开发规划作为行政区(省、市、县)综合规划的一部分时,规划范围应按照行政区划

界定。

4.2.3 宜以河流或流域界定范围为基础。

4.2.4 在专属经济开发区和自然保护区范围内,应包含所属区域内的所有河流或河段。

### 4.3 规划方法与步骤

规划应按照小水电资源开发选点规划工作的实际流程确定,方法和步骤按图 1 所示。在具体工作中,资料收集与实地踏勘流程中的部分工作内容,宜协同开展。

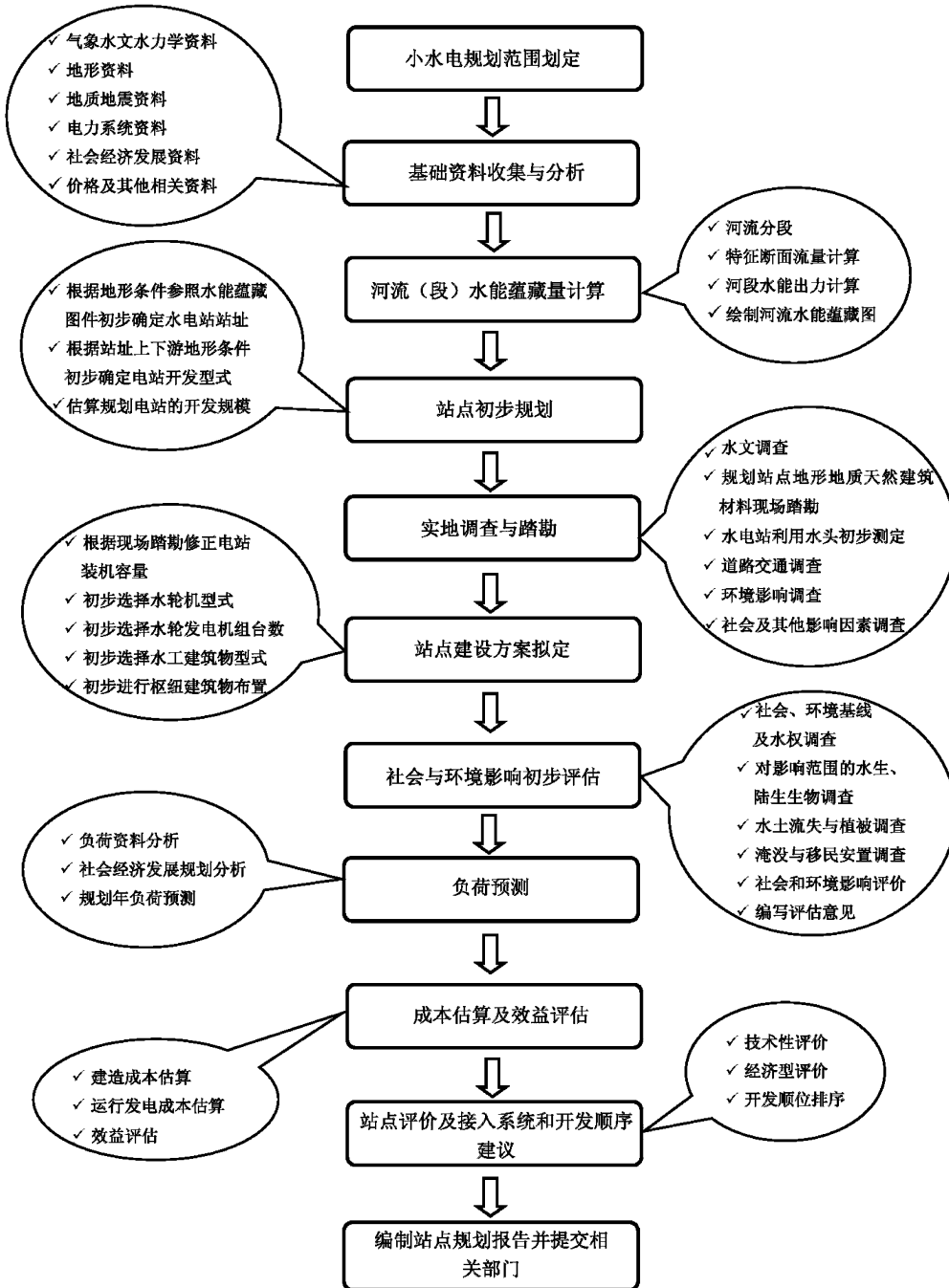


图 1 小水电开发选点规划的工作流程图

## 5 基本资料收集和分析

### 5.1 资料收集

5.1.1 小水电开发选点规划应充分收集、分析基本资料,检验和甄别资料的真实性、准确性、时效性和适用性。可应用数字自然资源数据库和地理信息技术(遥感和地理信息系统)进行资料收集。

5.1.2 基本资料的收集应包括以下内容:

- a) 水文气象资料:包括降雨、流量、蒸发、水位、泥沙、冰情等实测资料系列。对于实测资料缺乏的地区,可收集邻近流域的相关资料以及国家或地区颁发的水文图表曲线资料;
- b) 流域自然地理及河流特征资料:包括本流域地形图(比例尺比不小于 1:50 000)、行政区域交通图、河流纵/横断面图、30 m 或分辨率更高的数字高程/地形模型数据(若有)。需要引用邻近流域水文资料时,应收集邻近流域地形图;
- c) 地质资料:包括区域地质、地质构造、地震动参数区划图、邻近地质报告、规划区内重大地质/地震事件记录;
- d) 资源资料:包括土地、矿产、能源、林业、旅游、珍稀动植物等资源和数量及其分布;
- e) 电力系统资料:包括供电区域内的电源构成、电力负荷、年供电量、负荷结构、负荷曲线、电网结构,以及电力市场和发展规划等;
- f) 已建工程资料:包括规划流域内的已建水电站、农业灌溉、供水、漂流等工程的设计文件;
- g) 社会经济资料:包括供电区域内人口数量及其分布、工农业生产结构与布局、交通状况、国民生产总值、人均收入、国民经济发展规划等;
- h) 其他资料:包括自然灾害记录、法律规定、考古、历史遗址、保护区和自然遗产。

### 5.2 资料分析

5.2.1 水文气象资料分析,应满足以下要求:

- a) 定性分析:
  - 1) 资料系列应真实、可靠、完整;
  - 2) 资料应适用于所研究的河流流域;
  - 3) 资料的精确度应满足计算要求。降雨量宜精确到“日降雨量”,流量实测资料应精确到“日平均流量”;
  - 4) 采用适当的分析方法进行质量检验和控制。
  - 5) 宜在合适的自然分布水文模型校准的基础上,确定流域中各河段的可靠的长期日流量序列。
- b) 定量分析:
  - 1) 频率分析:对实测流量资料系列宜按照概率统计学期望公式进行频率分析计算,根据计算结果绘制频率曲线;
  - 2) 相关性分析:对于需要利用邻近流域实测流量资料系列时,应做相关性分析;
  - 3) 日平均流量历时曲线绘制:根据频率计算结果,从中选取丰、平、枯三个频率所对应的流量值,然后从流量系列中选取相近年份进行年内分配,将分配后三年内的日平均流量绘制成“日平均流量历时曲线”。

5.2.2 地形图资料分析,应包括以下内容:

- a) 范围分析:地形图图幅应包括所研究河流流域的流域面积范围。需要利用邻近流域雨量或流量资料的,地形图还应包括邻近流域的流域面积范围;
- b) 精确度分析:用于选点规划的地形图比例尺宜不小于 1:50 000。收集的地形图资料比例尺小

于规定要求,应采取加密措施提高地形描述的准确度。可使用 30 m 或更高分辨率的全球地形数据。

### 5.2.3 地质资料分析应满足下列要求:

- a) 包含区域地质构造稳定性评价结论、主要断层带以及工程地区确定的地震动参数;
- b) 能够反映区域地形地貌、地层岩性、地质构造及水文地质条件及物理地质现象。

### 5.2.4 电力系统资料分析,应包括以下内容:

- a) 电网现状以及电网规划分析:包括电网结构、地理分布、电压等级,以及对河流水能开发的关系和影响;
- b) 电源、负荷现状及规划分析:包括电源构成、负荷结构、年最大负荷(功率)、年最小负荷(功率)、负荷年内分布、年供电量、电力电量增长率、电力市场和法规、以及风能和太阳能等其他可再生能源发展应用的影响。

### 5.2.5 其他资料分析:应包括对资料的权威性、时效性、关联度等进行综合评估。

## 6 河流(段)水能蕴藏量计算

6.1 河流(段)水能理论蕴藏量应以多年平均出力(功率)(kW)或多年平均电能(kW·h)表示,多年平均出力与多年平均电能应按照公式(A.1)互相换算。

6.2 河流(段)水能理论蕴藏量应采用分段计算。河流分段宜以相对于较大的支流汇入点作为河流水能计算分段点。以支流汇入点为分界面,其上邻近断面作为上河段的下断面,汇入点之下邻近断面作为下河段的上断面;河床纵坡变化较大的河段,应特别划分为一段;开发条件特别优越的河段,应特别划分为一段。

6.3 应根据所收集的本流域的水文流量资料系列,分段计算河流断面的多年平均流量值。当本流域缺乏流量资料时,宜通过以下方法获取:

- a) 有本流域降雨资料,宜参照公式(A.2)选用合适的径流系数换算成同期径流量;
- b) 有相邻流域水文流量资料,应分析与本流域的相关性,经修正后可引用于本流域的水能计算;
- c) 利用水文部门发布的水文等值线或有效图表资料,间接取得本流域水文流量参数;
- d) 采用现场实测方法。

6.4 宜利用比例尺 1:50 000 或 1:100 000 的地形图,通过适当加密方法,查证并计算河段上下断面间的高程差。

6.5 应利用河段上下断面流量值、上下断面高程差,按公式(A.3)计算河段水能多年平均出力  $N_i$  (kW)。按公式(A.1)计算多年平均电能  $E_i$  (kW·h)。

6.6 应将各河段水能多年平均出力累加  $\sum N_i$ 、各河段水能多年平均电能累加  $\sum E_i$ ,得出河流(段)水能理论蕴藏量。

6.7 可根据以上计算成果,绘制河流水能理论蕴藏量图:

- a) 河流高程  $Z$  (m)与河长  $L$  (km)的关系曲线: $Z=f(L)$ 。利用 1:50 000 及以上比例尺地形图查证与推算  $Z$  与  $L$  值,在直角坐标上绘制  $Z=f(L)$  曲线。
- b) 河流沿程流量  $Q$  ( $m^3/s$ )与河长  $L$  (km)的关系曲线: $Q=f(L)$ 。根据 6.3 计算的流量  $Q$  值,利用地形图查证计算  $L$  值。在直角坐标上绘制  $Q=f(L)$  曲线。
- c) 河流水能蕴藏量累积曲线: $\sum N_i=f(L)$ 。直接利用 6.6 计算成果可获得  $\sum N_i$  (kW) 值,利用地形图查证计算  $L$  值。在直角坐标上绘制  $\sum N_i=Q=f(L)$  曲线。
- d) 河流单位蕴藏量曲线: $N_d=f(L)$ 。即河段单位河长的能量值  $N_d$  (kW/km)沿河长  $L$  (km)的分布。该曲线反映了河段的能量密度。其中  $N_d$  按照公式(A.4)计算。水能理论蕴藏量图见图(A.1)。

## 7 站点初步规划

### 7.1 规划内容及主要考虑因素

7.1.1 初步规划河流水能开发方案应包括选择水电站开发站点地址、开发型式、建设规模。

7.1.2 水电站站址初步规划应考虑以下因素：

- a) 地形地质条件应适合布置水电站相关建筑物；
- b) 水能蕴藏量相对集中,河段水能密度相对较大；
- c) 电力输送方便,电站离负荷区或者离公共电网距离较近；
- d) 有多种不同的交通和运输方案可供选择；
- e) 淹没耕地、村镇、林木等自然、社会资源少；
- f) 避开自然资源和自然遗产保护区、文物保护区；
- g) 考虑电力市场需求,以及电力系统对电站的额外要求；
- h) 考虑综合利用,尽量与供水、灌溉、旅游、交通等综合利用功能相结合。
- i) 避免与国家 and 地方水资源相关的现有方案和规划相冲突,应按照规划原则处理不同规划间的矛盾。

### 7.2 小型水电站类型及开发适用条件

7.2.1 堤坝式水电站分为河床式与坝后式两种水电站：

- a) 河床式水电站多适用于平原地区、水位落差较低( $<15\text{ m}$ )、河面相对开阔的河段位置,也用于具有一定落差的灌溉渠道。示意图见图(B.1)、图(B.2)。
- b) 坝后式电站适用水头范围较广,从几米到百米以上不等。示意图见图(B.3)。

7.2.2 引水式水电站适用于河道比较狭窄、河段落差比较集中、河岸边坡地质条件较好的河段。适用水头由几米到千米不等。示意图见图(B.4)。

7.2.3 混合式水电站适合于坝址上游容易形成库容、坝址下游有较集中落差的河段。示意图见图(B.5)。

### 7.3 特殊地理条件的利用

7.3.1 天然瀑布可以在瀑布陡坎上适当位置建造拦河坝,用输水管道将水引入厂房水轮发电机组发电。通过控制拦河坝的坝高,建成引水式电站或混合式电站。示意图见图(B.6)。天然瀑布利用必须与自然遗产管理、旅游等相关部门协调,包括瀑布的开发利用方式、发电引用流量详细规划。

7.3.2 山区河道形成的急滩或天然跌水,可视实际情况建低堰或不建坝,再合理利用地形,并通过引水渠把水引入厂房发电。但这类电站应当特别注意防洪问题。示意图见图(B.7)。

7.3.3 山区多弯曲、曲颈距离相对较小的河道,可在曲颈上游建一低坝,利用引水渠(或隧洞)将曲颈联通,截弯取直,以获得河湾落差,在引水渠(或隧洞)适当位置建造厂房。示意图见图(B.8)。

7.3.4 灌溉渠道的跌水可以用于建成河床式或引水式电站。对于按引水式建造的电站,其发电后的尾水必须回到原来的灌溉渠道。示意图见图(B.2)。

7.3.5 在河流或渠道水流动速较大的平直段,可以装设流速能发电机组加以利用,在工程上称之为“流速”发电。示意图见图(B.9)。

### 7.4 开发规模估算

7.4.1 可利用水能理论蕴藏量图  $Q=f(L)$  曲线查出规划点的多年平均流量。

7.4.2 校核和计算规划点的利用水头落差。

7.4.3 可按公式(A.5)计算规划点水电站多年平均出力。应按照国家的规定留足最小生态流量;若无具体规定,可按照多年平均流量的10%计算。

7.4.4 可采用年利用小时数法初步确定水电站装机容量:

- a) 选取电站期望年利用小时数宜遵循下列原则:
  - 1) 降雨量丰枯季节差异明显的取偏小值;降雨量丰枯差异不明显的取中偏大值;
  - 2) 与电网联网运行的电站取中偏小值;孤立运行的电站取偏大值;
  - 3) 无调节能力的取中偏大值;有调节能力的取中值;
  - 4) 装机容量应根据流量持续时间和电力市场需求进行优化研究。
- b) 选定期望年利用小时数后,应按照公式(A.6)估算装机容量。

## 8 实地调查与踏勘

### 8.1 水文调查

水文调查应包括降雨规律调查、径流现场考察、历史洪水情况调查和历史枯水情况调查等。调查内容宜如下:

- a) 降雨规律调查:对于历史资料系列较短,特别是缺少记录的地区,可通过走访沿河居民,定性了解历年降雨情况、年内分布规律、河水涨消历时等。
- b) 径流测量:可使用便携式测流仪,或采用简易测流方法,粗测研究河流断面流量,与同期历史记录相比较。
- c) 历史洪水调查:
  - 1) 调查准备:应充分利用前面工作基本资料积累,如流域地形图、河流纵横断面图等,查阅历史文献,了解历史洪水次数、发生年代、洪水大小次序、历史遗留见证物等;
  - 2) 实地查勘:应重点选择顺直河段,重点在桥梁、古建筑、卡口等处,查看留下的洪水痕迹;
  - 3) 调查访问:可访问沿河年长者,了解历史洪水发生的年月、留下的痕迹、高洪水标记、洪水涨落过程等;
  - 4) 野外测量:应包括洪水痕迹、高洪水标记的高程,以及附近河段的纵横断面图。
- d) 历史枯水情况调查:调查过程与洪水调查相似。

### 8.2 规划站点现场踏勘

#### 8.2.1 坝址踏勘

应根据地形图上初选的坝址,到现场核实具体位置。应根据筑坝选址基本原则,对坝址左右岸及周边地形、坝址的地层和岩石构造进行初步评估,判断是否适合作为建造水坝的理想地点。

#### 8.2.2 厂址踏勘

应根据地形图上初选的厂房位置,到现场核实是否满足建造电站厂房对地形、地质基本要求。同时,应研究厂房与水坝之间的相对位置关系,核查是否满足初步规划的水头利用程度。

#### 8.2.3 输水管路踏勘

应勘查管线沿途的地形及地质情况。对于滑坡地、塌方、大跨越等不利地貌应予以专门评估。

#### 8.2.4 库区踏勘

应查看库区水下部位的地质结构,注意是否有地下暗河、岩溶等地质现象。对岸边的山体稳定应做

基本判断。

### 8.3 水电站利用水头初步测定

8.3.1 应以现场坝址上游河面、以及厂房下游河面作为测量测点,利用高程仪(高度计或手持 GPS 仪器)或水准仪,粗测规划站点的自然落差。

8.3.2 可将自然落差加上规划挡水建筑物壅水高度,作为水电站利用毛水头。挡水建筑物上游特征水位,在设计阶段应进行方案比较论证后确定。

### 8.4 其他建设条件

规划选点还需要调查下列建设条件:

- a) 踏勘规划站点交通运输条件以及新建道路或其他选择如索道方式的可能性和困难程度。
- b) 核查规划站点附近的珍稀动植物物种是否与资料记载一致。
- c) 根据资料记载,实地查访历史文物地点及其分布情况。
- d) 调查规划站点附近及库区内的人口密度及其分布。
- e) 调查规划区内的重要建筑物、其他公共设施。
- f) 调查本流域内的其他相关规划。
- g) 调查自然建筑材料的可用性。

## 9 站点建设方案拟定

### 9.1 电站装机容量选择

应根据水文资料调查成果以及现场利用落差的初测,选择电站装机容量规模。

### 9.2 水轮机形式选择

应根据水电站利用水头,在水轮机型谱或利用范围图表中初步选择合适的水轮机型式。

### 9.3 机组台数选择

根据修正后的电站装机容量初步选择机组台数,并满足下列要求:

- a) 宜选择单机容量相同的机组;
- b) 考虑供电的可靠性要求,宜选择 2 台以上机组台数;
- c) 当径流的丰枯分配严重不均衡时,宜考虑选择大小不一的机组,但容量级差不应超过两个;
- d) 单机容量的大小应考虑制造和运输的方便。

### 9.4 挡水建筑物选择

应根据坝址地形地质条件,以及选点初步规划成果选择水坝型式,主要有:

- a) 重力坝:宜建造在岩石基础上,低坝也可以建在软基上。
- b) 拱坝:宜建造在河谷狭窄、两岸山体对称完整厚实、地质条件较好的坝址上。
- c) 土石坝:适用于当地筑坝材料丰富,施工运输方便;对地地质条件要求相对不高。
- d) 闸坝:适用于对于低水头河床式电站或平原地区,一般宜建在岩石基础或均质土基础上,亦可建在砂砾石和软黏土等非岩基上,但应避免部分在岩基而部分在非岩基上。
- e) 翻板闸坝:适用于挡水深度小于 5 m,需要河床大断面行洪要求的地点。翻板坝对基础要求与闸坝相同。

## 9.5 溢洪建筑物选择

应根据坝型和附近地形,选择合适的溢洪方式和溢洪道,主要形式有:

- a) 坝体溢洪方式可分为表孔溢洪和中低孔溢洪。
- b) 河岸溢洪方式可分为溢洪道和泄洪隧洞。
  - 1) 溢洪道:溢洪道应布置在稳定的地基上,轴线宜取直线。下泄水流与其他建筑物应保持一定的安全距离,并能与下游河道顺接。溢洪道按轴线与溢洪堰坝轴线的关系分为正槽溢洪道和侧槽溢洪道。
  - 2) 泄洪隧洞:应进行经济技术比较选择有压或无压。泄洪隧洞可与施工导流隧洞相结合。

## 9.6 取水口建筑物选择

应根据电站型式不同选择坝内取水口和坝外取水口。取水口选择应满足下列要求:

- a) 坝后式电站的取水口宜采用坝内式取水口;
- b) 引水式电站宜选择坝外式取水口;
- c) 坝外式取水口可布置在河岸一侧。
- d) 对多泥沙河道,宜邻近取水口设置沉沙池。当受地形条件限制或冲沙水头不能满足要求时,可沿引水道下移至适当的位置。

## 9.7 引水建筑物选择

小型水电站的引水建筑物包括渠道、隧洞、沉沙池、前池、压力管道、调压井(调压室)、鱼道和尾水渠,各部分的选择应满足以下要求:

- a) 渠道:渠道选线宜选择沿等高线走,应尽量选择近的路线。
- b) 隧洞:在山体地质条件符合要求的情况下,可挖掘隧洞。隧洞要尽量避免经过断裂层、破碎带、溶洞等地质构造。隧洞可分为有压隧洞和无压隧洞。
- c) 沉沙池:根据泥沙含量、泥沙粒径及水电站水头,分析是否需要设置沉沙池。沉沙池应布置在稳定的地基上,并且要便于排砂。
- d) 前池:在无压引水系统末端与有压管路将水引入水轮机之前,应设置前池。压力前池应避开滑坡、顺坡裂隙发育或高边坡地段。应结合压力管道管线和厂房位置,布置在坚实、透水性小的地基上。
- e) 压力管道:压力管道形式和参数以及支承方式,应经过后续设计确定。
- f) 调压井(调压室):在水电站有压引水系统中,经水轮机调保计算有发生直接水锤的可能时,应在进入水轮机前的压力管道适当位置设置调压井(调压室)。在地理条件允许的情况下,调压井(调压室)的布置宜靠近水电站厂房位置。调压井(调压室)宜布置在基础坚实、透水性小的地基上。
- g) 鱼道:根据需要可设置合适的鱼道。

## 9.8 厂房型式选择

厂房应根据地形、地质、上下游水位变幅等因素,经过经济技术比较后选择地面式、地下式、半地下式、溢流式、坝内式。

## 9.9 升压站(或开关站)位置选择

升压站(或开关站)应结合地形尽量选择靠近厂房位置,应避开沉陷、低洼位置。



## 9.10 尾水渠位置选择

尾水渠布置应考虑水流下泄顺畅,应避免泄洪建筑物出口水流的影响。

## 9.11 枢纽建筑物布置

在地质等建筑条件满足的前提下,枢纽建筑物布置应遵循下列原则:

- a) 应充分利用好地形以减少施工工程量;
- b) 应尽量使厂房与大坝靠近;
- c) 应尽量使升压站与厂房靠近;
- d) 应考虑设备运输的方便,尤其最大设备运输的可能性;
- e) 应充分考虑防洪问题;
- f) 应避免文物、重要建筑物;
- g) 应考虑施工的方便性;
- h) 应考虑枢纽建筑物总体布置的和谐美观;
- i) 在社区附近或方便到达的地方,还应考虑便于科普教育和旅游参观。

## 10 评估与预测

### 10.1 社会与环境影响初步评估

10.1.1 应对电站枢纽、库区、以及施工可能影响的范围进行自然环境和社会环境现状调查,作为评估项目社会与环境影响的基线。

10.1.2 应根据电站开发型式、规模、以及运行方式,预测对建设范围内的水生生物、陆生生物的影响。

10.1.3 应根据电站建筑物占地范围,以及施工过程的影响,预测在恢复措施实施后,对项目周围植被永久性影响的程度。

10.1.4 应初步估计库区对森林、农作物、耕地、林地的淹没数量。

10.1.5 应初步估计房屋搬迁数量以及人口迁移数量。

10.1.6 应根据调查结果,按照国家环境评估准则,对项目环境影响提出初步评估意见。

### 10.2 负荷预测

10.2.1 应根据负荷现状以及社会经济发展规划,对可能直接供电区域进行近、中、远期负荷预测,包括负荷的特征量值、结构、年内分布等。

10.2.2 应根据负荷现状以及国民经济发展规划,对宏观电力市场的发展趋势进行预测。

### 10.3 成本估算及效益评估

10.3.1 成本估算方法可分为分项估算方法和综合造价计算方法,评估方法应满足下列要求:

- a) 分项估算方法。先按照拟定的建设方案,估算电站主要建筑物工程量,然后按照当地的价格指标进行单价分析,再根据工程量和单价分项估算工程成本。机电设备成本可按照台套估算。分项工程成本汇总后可得出电站建设总成本。
- b) 综合造价计算方法。根据当地同类电站的综合单价(每千瓦造价),乘以本电站装机容量得出电站建设总成本。
- c) 根据电站参数结合经验成本研究可用于成本估算。

10.3.2 估算工程静态总投资,分析计算单位千瓦投资和单位千瓦小时投资等水电站经济指标。

10.3.3 可根据国家的统计指数,即水电站发电运行成本占建造成本的比例,计算电站年发电运行

成本。

10.3.4 应根据电力的利用、地区发展和社会经济效益来评价小水电项目的效益。

#### 10.4 规划站点评价及开发顺序建议

10.4.1 应从水能利用、建设施工难度、动能指标、综合利用效果等方面对规划站点进行技术性评价。

10.4.2 应根据初步估算的成本,按照静态法或动态法,对规划站点进行初步经济评价。

10.4.3 应根据电站建成后可能对社会提供的贡献,进行社会效益评价。

10.4.4 应根据规划站点的资源情况以及开发条件,结合以下因素提出开发顺序的建议:

- a) 满足本地区当前的用电需要,以及社会经济、负荷发展的需要;
- b) 满足电力系统对局部电源的要求;
- c) 与投资能力和建设技术水平相适应;
- d) 与流域整体规划及开发方案相协调。

### 11 选点规划报告编制

选点规划报告应满足以下要求:

- a) 应对小水电开发选点规划成果进行综合说明,包括流域的自然条件、流域水能资源情况、站点选择结果、站点综合评价、开发顺序建议等。
- b) 应对水文资料以及其他资料的真实性、时效性、适用性进行说明。
- c) 应对资料的整理、分析、插补、引用情况进行说明。
- d) 应对规划原则、规划方法和技术路线进行说明。
- e) 应对各规划站址的建设条件进行说明。包括各规划站址的水文泥沙、工程地质、水利与动能、水库淹没处理、建设方案与工程布置、社会与环境评估、负荷预测、成本估算及经济技术性评价。
- f) 统计汇总规划成果,对规划站址综合性评价并提出规划开发顺序建议。
- g) 选点规划报告可按照附录 C 的大纲进行编制,并附上相关图表。

附 录 A  
(资料性附录)

河流水能理论蕴藏量计算、规划站点装机容量估算公式

A.1 水能多年平均出力与水能多年平均电量的换算公式

$$N = \frac{E}{8760} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$N$  ——水能出力(功率),kW;

$E$  ——水能能量(电量),kW·h;

A.2 降雨量与径流深的换算公式

$$x = \alpha \cdot y \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$x$  ——降雨量,mm;

$y$  ——径流深,mm;

$\alpha$  ——径流系数。

A.3 河段水能理论蕴藏量计算公式

$$N_i = 9.81 \frac{Q_1 + Q_2}{2} H_i \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$N_i$  ——第  $i$  河段水能出力(功率),kW;

$Q_1$  ——第  $i$  河段上断面多年平均流量,  $m^3/s$ ;

$Q_2$  ——第  $i$  河段下断面多年平均流量,  $m^3/s$ ;

$H_i$  ——第  $i$  河段落上下断面差,m。

A.4 河段单位长度水能密度公式

$$N_d = \frac{N_i}{L_i} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$N_d$  ——第  $i$  河段单位长水能密度,kW / km;

$N_i$  ——第  $i$  河段水能出力(功率),kW;

$L_i$  ——第  $i$  河段长度,km。

A.5 小水电规划站点多年平均出力计算公式

$$N_j = 9.81QH\eta_1\eta_2 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

$N_j$ ——规划水电站多年平均出力(功率),kW；

$Q$ ——规划站点多年平均流量, $m^3/s$ ；

$H$ ——规划站点利用水头,m；

$\eta_1$ ——规划站点引用流量系数(取值 0.9,剩余 10%的多年平均流量考虑作为正常生态流量)；

$\eta_2$ ——机组综合效率系数(取值 0.75~0.85)。

A.6 小水电站装机容量估算公式

$$P = 8\,760 \frac{N_j}{hnl} \dots\dots\dots (A.6)$$

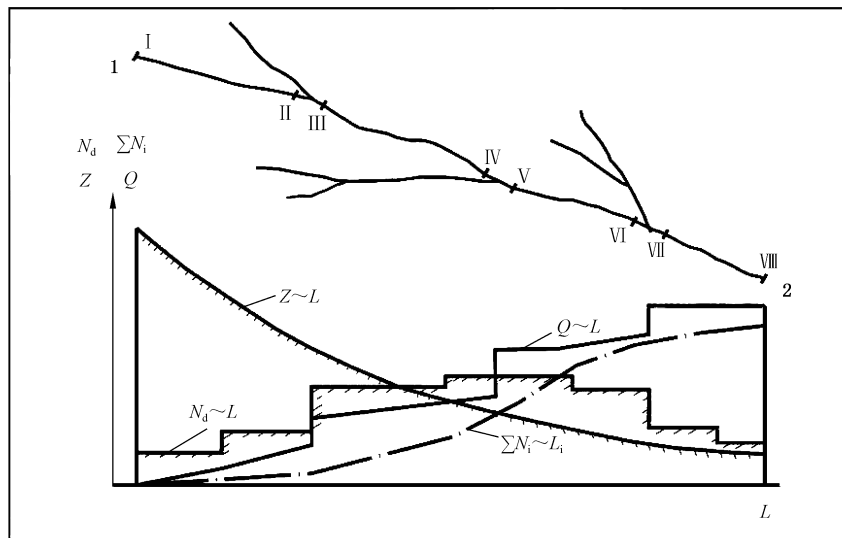
式中：

$P$ ——规划电站装机容量,kW；

$hnl$ ——规划水电站年利用小时,h；

$N_j$ ——规划水电站多年平均出力(功率),kW。

A.7 河流水能理论蕴藏图



- 1——河源；
- 2——河口；
- I ~ VIII——河段。

图 A.1 河流水能理论蕴藏图

附录 B

(资料性附录)

小型水电站开发类型、特殊地形利用示意图

B.1 小型水电站开发类型示意图

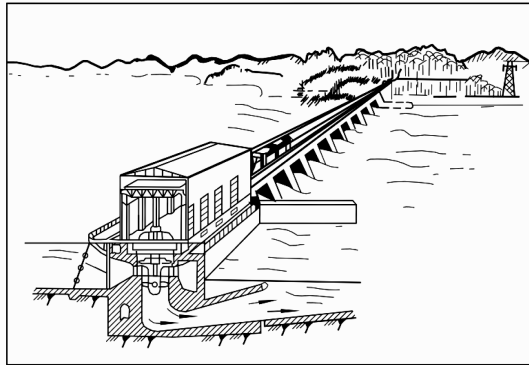
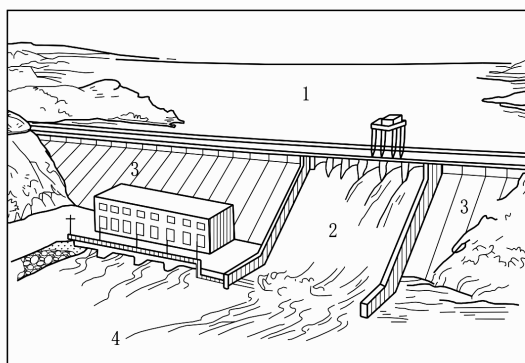


图 B.1 河床式水电站



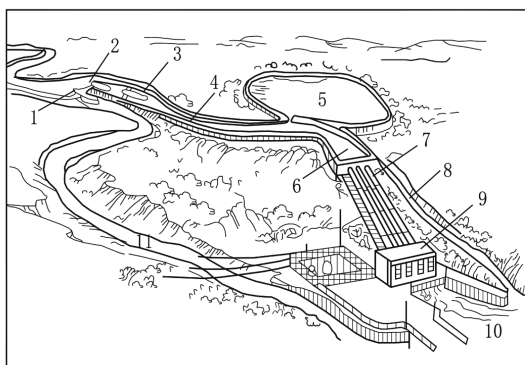
- 1——灌溉渠；
- 2——节制阀；
- 3——水电站。

图 B.2 灌溉渠道上的河床式电站



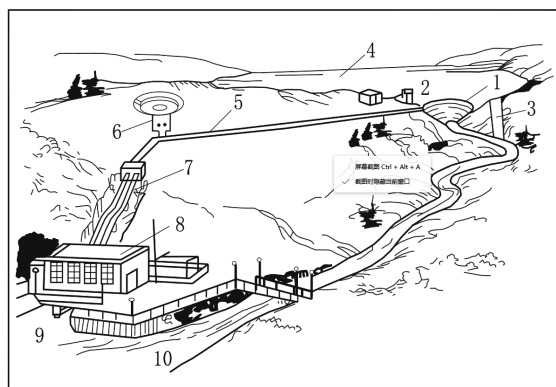
- |         |          |
|---------|----------|
| 1——水库；  | 3——非溢流坝； |
| 2——溢流坝； | 4——河床。   |

图 B.3 坝后式电站



- |         |          |           |          |
|---------|----------|-----------|----------|
| 1——溢流坝； | 4——引水渠；  | 7——压力水管；  | 10——尾水渠； |
| 2——进水口； | 5——调节池；  | 8——泄水道；   | 11——河床。  |
| 3——沉砂池； | 6——压力前池； | 9——水电站厂房； |          |

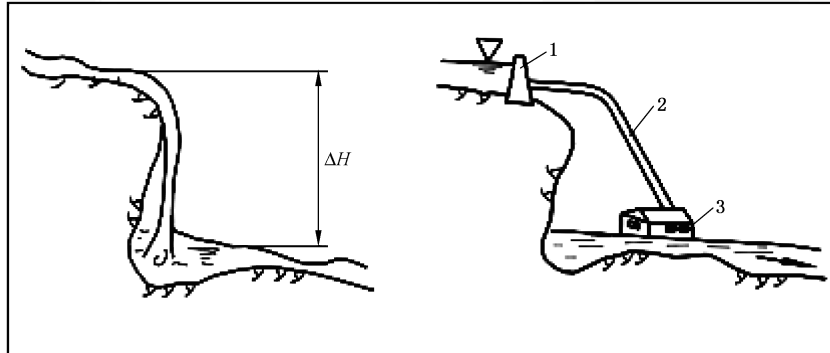
图 B.4 引水式水电站



- |         |          |           |         |
|---------|----------|-----------|---------|
| 1——坝；   | 4——水库；   | 7——压力水管；  | 9——尾水渠； |
| 2——进水口； | 5——压力隧洞； | 8——水电站厂房； | 10——河床。 |
| 3——溢洪道； | 6——调压井；  |           |         |

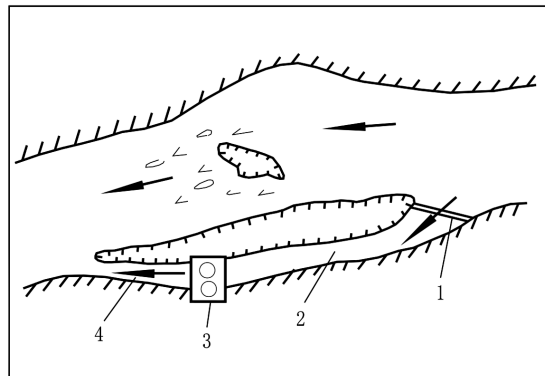
图 B.5 混合式水电站

B.2 河道几种特殊地理条件的利用示意图



- 1——坝；
- 2——压力管道；
- 3——厂房。

图 B.6 天然瀑布的利用



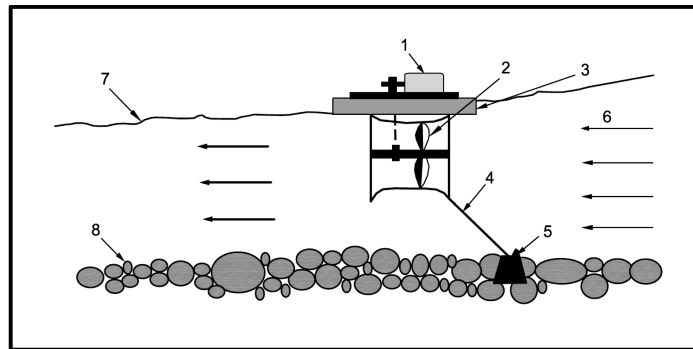
- 1——进水口；
- 2——引水渠；
- 3——厂房；
- 4——尾水渠。

图 B.7 河道急滩或天然跌水的利用



- |          |        |
|----------|--------|
| 1——砌石拱坝； | 5——厂房； |
| 2——水库；   | 6——河流； |
| 3——隧洞；   | 7——村庄。 |
| 4——压力管；  |        |

图 B.8 河湾的利用



- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1——发电机；   | 5——底座或钉子； |
| 2——水轮机叶片； | 6——水流；    |
| 3——漂浮板；   | 7——水面；    |
| 4——锚索；    | 8——河底。    |

图 B.9 河流或渠道水流动能的利用



**附 录 C**  
**(资料性附录)**  
**选点规划报告书(编制大纲)**

## C.1 大纲

### 一 目录表

### 一 相关图片

#### 一 第一章 综合说明

- 1) 规划站点所在河流(河段)地理位置、所属行政区域、所属水系。
- 2) 规划流域邻近区域的自然条件,包括地理走势、地形地貌、水文气象、森林植被、区域地质、矿藏资源等。
- 3) 规划流域内的社会经济条件,包括人口分布、经济状况、产业结构、粮农作物、生活方式、宗教信仰、行政管理等。
- 4) 规划流域内的水能资源情况,包括水能资源总量、资源分布、资源特点、可开发量等。
- 5) 规划成果综述,包括资源开发总量、电站数量、站点分布、技术经济指标等。
- 6) 附图、表
  - 规划电站地理位置示意图
  - 规划电站位置与纵剖面图
  - 规划电站工程特性总表

#### 一 第二章 资料说明

- 1) 资料收集整理。包括资料种类、资料来源、收集方式、整理归档等。
- 2) 资料基本评价。包括资料的完整性、时效性、真实性、适用性等。
- 3) 资料技术分析。包括资料系列补充完善、规律分析、成果评价、应用价值等。

#### 一 第三章 规划原则及方法说明

- 1) 规划原则说明,包括规划依据、规划目标、环保控制等。
- 2) 规划方法说明,包括规划程序、主要技术方法、成果质量控制等。

#### 一 第四章 规划站址说明

- 1) 站址选择原则,包括资源利用、建设条件、技术优先、经济优先等原则。
- 2) 站址选择成果说明,包括建设条件、开发方式、淹没移民、社会与环境影响、技术经济指标、投资成本等。

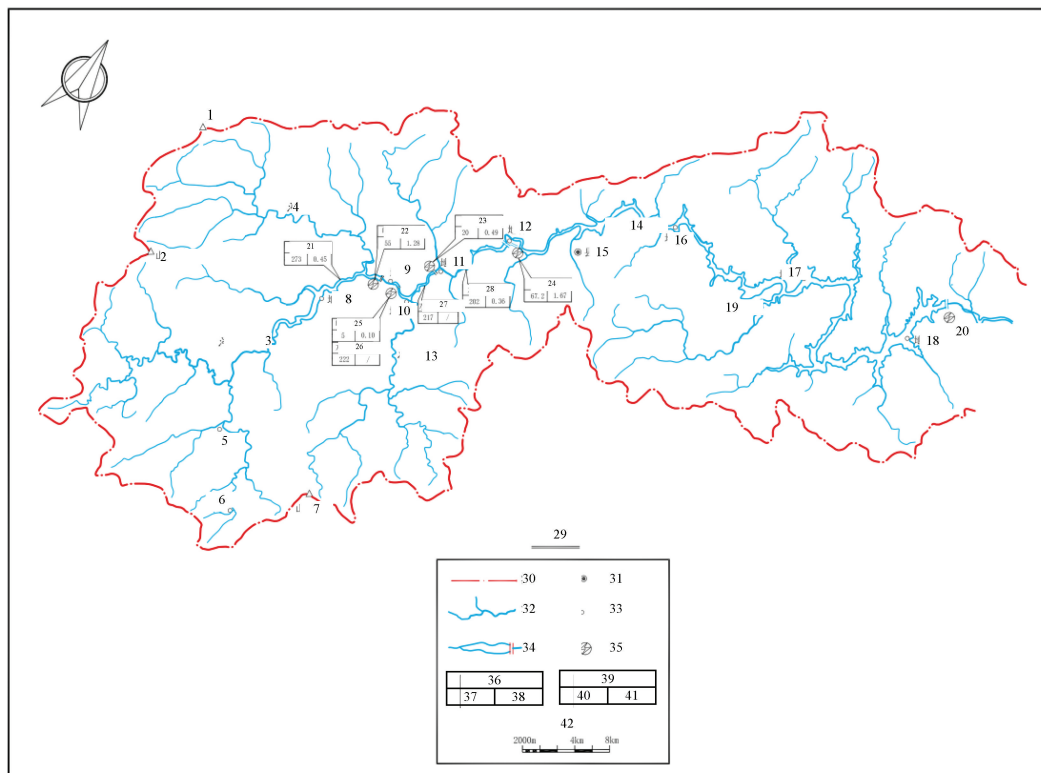
#### 一 第五章 综合评价

- 1) 水能资源评价,包括蕴藏总量、时空分布、能量密度、开发条件等。
- 2) 规划电站评价,包括资源利用程度、布局合理性、开发价值、环境影响控制等。

#### 一 第六章 开发建议意见

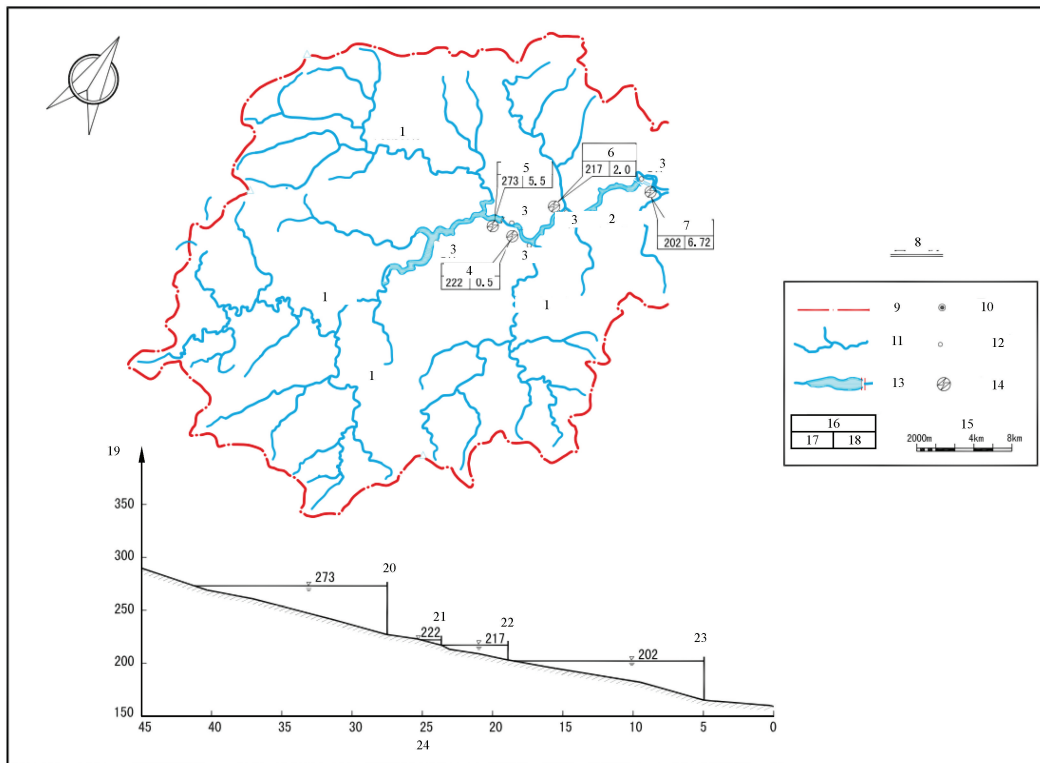
- 1) 前期工作布局,包括资源复核、水文观测、可研计划等。
- 2) 资源开发建议,包括开发次序、开发条件、注意事项等。

C.2 图表



- |             |             |                            |
|-------------|-------------|----------------------------|
| 1 ——山峰名 3;  | 15——县名;     | 29——图例;                    |
| 2 ——山峰名 2;  | 16——地名 8;   | 30——流域界;                   |
| 3 ——河流名称 1; | 17——地名 9;   | 31——县;                     |
| 4 ——河流名称 2; | 18——地名 10;  | 32——河流;                    |
| 5 ——地名 2;   | 19——水库名称 5; | 33——乡(镇);                  |
| 6 ——地名 1;   | 20——电站名称 5; | 34——水库;                    |
| 7 ——山峰名 1;  | 21——水库名称 1; | 35——水电站;                   |
| 8 ——地名 3;   | 22——电站名称 1; | 36——水库名称;                  |
| 9 ——地名 4;   | 23——电站名称 3; | 37——正常蓄水位;                 |
| 10——地名 5;   | 24——电站名称 4; | 38——正常库容(m <sup>3</sup> ); |
| 11——地名 6;   | 25——电站名称 2; | 39——常规水电站;                 |
| 12——地名 7;   | 26——水库名称 2; | 40——装机容量(MW);              |
| 13——河流名称 3; | 27——水库名称 3; | 41——年发电量(KW·h);            |
| 14——河流名称 4; | 28——水库名称 4; | 42——比例尺。                   |

图 C.1 规划电站地理位置示意图



- |           |            |                     |
|-----------|------------|---------------------|
| 1——河流名称；  | 9——流域界；    | 17——正常蓄水位(m)；       |
| 2——流域名称；  | 10——县；     | 18——装机容量(kW)；       |
| 3——地名；    | 11——河流；    | 19——高程(m)；          |
| 4——水电站 2； | 12——乡(镇)；  | 20——电站 1；           |
| 5——水电站 1； | 13——水库；    | 21——电站 2；           |
| 6——水电站 3； | 14——水电站；   | 22——电站 3；           |
| 7——水电站 4； | 15——比例尺；   | 23——电站 4；           |
| 8——图例；    | 16——常规水电站； | 24——距 * * 河口距离(km)。 |

图 C.2 规划电站位置与纵剖面图

表 C.1 ××河规划电站主要技术经济指标表

项目	单位	电站名称			
		×××	×××	×××	×××
建设地点					
距河口距离	km				
坝(闸)址控制流域面积	km <sup>2</sup>				
多年平均流量	m <sup>3</sup> /s				
多年平均径流量	m <sup>3</sup>				
多年平均输沙量	kg				
正常蓄水位	m				
死水位	m				

表 C.1 (续)

项目	单位	电站名称			
		×××	×××	×××	×××
总库容	m <sup>3</sup>				
正常蓄水位以下库容	m <sup>3</sup>				
死库容	m <sup>3</sup>				
调节库容	m <sup>3</sup>				
调节性能					
利用落差	m				
装机容量	kW				
多年平均年发电量	kW·h				
年利用小时数	h				
发电引用流量	m <sup>3</sup> /s				
生态需水量	m <sup>3</sup> /s				
水库淹没	耕地	km <sup>2</sup>			
	人口	人			
开发方式					
坝(闸)型					
最大坝(闸)高	m				
引水道长度	m				
坝(闸)址岩性					
地震基本烈度	度				
环境敏感对象					
总投资(静态)	货币单位				
单位千瓦投资	货币单位/kW				
单位千瓦小时投资	货币单位/kW·h				
建设工期	年				



**UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

Vienna International Centre  
P.O. Box 300 · 1400 Vienna · Austria  
Tel.: (+43-1) 26026-0  
E-mail: [info@unido.org](mailto:info@unido.org)  
[www.unido.org](http://www.unido.org)



**INTERNATIONAL NETWORK  
ON SMALL HYDROPOWER**

136 Nanshan Road  
Hangzhou · 310002 · P.R.China  
Tel.: (+86-571)87132793  
E-mail: [secretariat@inshp.org](mailto:secretariat@inshp.org)  
[www.inshp.org](http://www.inshp.org)