



国际电气工程先进技术译丛

CRC Press  
Taylor & Francis Group

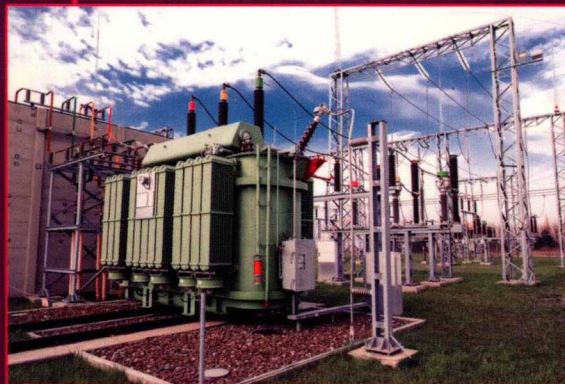
# 电力变电站工程

(原书第3版)

**Electric Power Substations Engineering**  
**(Third Edition)**

[美] 约翰 D. 麦克唐纳 (John D. McDonald) 主编  
李宏仲 王华昕 译

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



国际电气工程先进技术译丛

# 电力变电站工程 (原书第3版)

[美] 约翰 D. 麦克唐纳 (John D. McDonald) 主编

李宏仲 王华昕 译



机械工业出版社

本书共22章，主要内容如下：变电站是如何设计的；气体绝缘变电站；气体绝缘变电站：母线/开关配置；高压开关设备；高压电力电子变电站；变电站自动化接口；变电站一体化和自动化；围油栏；社区变电站；动物威慑/防护；变电站接地；变电站防雷；地震防护；变电站消防；变电站通信；变电站物理防护；变电站控制及监测系统的网络安全；气体绝缘输电线路；变电站资产管理；变电站调试和项目验收；储能；变电站在智能电网中的作用。

本书内容详实，细节明确，包含了大量的实际工程图片和图表，便于读者理解相关内容。书中每一章都由相关领域专家以教程式的方式进行撰写，方便读者快速查询所需要的内容。

本书可为从事变电站电气设计、运行、管理的工程人员提供参考，也可以作为高校电气工程专业或其他相关专业本科生及研究生的参考读物。

# 译者序

变电站在电力系统中历来扮演着承上启下的角色，变电站的正常可靠运行是保证电力系统安全稳定的前提。现代电力技术的不断发展进步，已对传统电力系统产生了巨大的影响。同时社会经济的快速发展，也对电力系统提出了更高的供电可靠性要求。变电站工程的相关理念，应随着技术的发展而不断加以更新，以满足现代电力系统和社会发展的需要。

为了便于国内电力行业从业者更清晰地了解国外电力研究人员在电力变电站工程方面的最新进展和研究成果，机械工业出版社将《Electric Power Substations Engineering》(Third Edition)引入国内。本书详细介绍了关于变电站的多方面内容，包括气体绝缘变电站、高压开关设备、变电站的智能化和自动化、变电站接地与防雷、变电站防火、变电站抗震、变电站的网络安全、气体绝缘输电线和储能等，由在欧美电力工程领域中享有盛誉的John D. McDonald等人精心完成。书中还介绍了大量国外有关电力变电站方面的最新研究成果和发展趋势，这些内容可为国内研究人员在相关的专题研究中提供极具价值的参考。

本书详细介绍了电力变电站工程的理论知识和相关的行业设计惯例，并采用众多图片、图表，可以帮助读者更好地理解书中的相关内容。与国内外同类著作相比，本书在写作方式上力求采用较为简明的文字详细地介绍有关变电站工程的理论，并采用极具指导性的编写风格，配合大量的图片和图表，深入浅出地阐述电力变电站工程的核心理论。

目前我国正大力建设特高压交直流电网，电网互联的规模越来越大，逐步形成全国统一电网。本书中对电力变电站的高压电气设备、电力电子装置、接地与防雷等方面内容的介绍可以为我国从事该方向工作的工程技术人员和商务投资人士提供有益的参考。

另外，随着风光等间歇式电源在电力系统中的应用规模日益扩大，储能装置的理论研究也逐渐成为电力行业研究领域的关注热点，建设智能电网的步伐明显加快。本书在储能和智能电网方面增加了两章新的内容，可更好地为变电站的设计人员提供参考和指导，从而对变电站工程的介绍更加系统和完善。

本书翻译时尽量忠实于原著，书中观点不代表译者本人及所在单位的观点。

本书由王华昕翻译第1~6章，由李宏仲翻译第7~22章并统稿。限于译者的能力，书中难免存在错漏之处，欢迎广大读者批评指正。

译者

# 原 书 前 言

不管是发电厂还是输配电网络，电力变电站依然是电力工程中最具挑战和令人激动的领域之一。现代技术的发展已经对变电站设计及运行的各方面产生了巨大的影响。编写本书的目的是拓展对变电站认知的视野，并对相关研究提供参考和指导。各章内容可为电力工程或其他行业（如机械工程和土木工程）想在一个特殊的领域获得总体或具体的信息的人提供参考。

本书分为 22 章，详细介绍了有关变电站各方面的信息，涵盖了从变电站的概念到变电站的设计、自动化、运行、物理和网络安全、调试、储能，以及变电站在智能电网中扮演的角色等内容。各章内容可为今后的阅读和研究提供指导和参考，很多章节的作者都是美国电气与电子工程师协会（IEEE）电力与能源学会变电站委员会的会员，他们使变电站各方面的标准得以发展。从这个角度来说，本书涵盖了大多数有关变电站行业惯例和行业标准的最新技术成果。本书是美国 Taylor&Francis 工作组/CRC 出版社出版的《电力工程系列手册》的一部分。自 1993 年开始，编写该系列手册的理念就是，当读者参考一本关于某一特殊主题的书时，他们至少应该能找到 80% 所需要的有关该主题的内容。这也成为编写本书应真正达到的目标。

当回顾本书各章节时，我对内容阐述的详细程度感到高兴，更重要的是本书的编写风格和为帮助读者理解书中内容而使用的照片和图表。我向编写本书 22 章的 28 位作者所付出的极大努力表示感谢。其中有 15 章是在第 2 版的基础上更新的，并且第 3 版还增加了两章新的内容。

我也向 Taylor&Francis 工作组中参加本书编写的人员表示感谢，特别感谢 Nora Konopka 和 Jessica Vakili，和他们一起工作很开心，并使大家感到从事该工作具有极大乐趣。

## 主编介绍



John D. McDonald 是美国通用电气 (GE) 公司数字能源技术决策和政策制定的负责人。在电力领域有着 38 年经验的他, 开发了电力应用软件, 可用于监控和数据采集 (SCADA) 系统/能量管理系统 (EMS) 和 SCADA 系统/配电管理系统 (DMS) 等。他也开发了配电自动化和负荷管理系统, 负责了 SCADA/EMS 和 SCADA/DMS 工程, 并向智能电子设备 (IED) 供应商在它们的 IED 自动化方面提供帮助。

他在美国普渡大学获得电力工程 BSEE 和 MSEE, 并在加利福尼亚大学获得经济学 MBA。他是 Eta kappa Nu (电力工程荣誉) 和 Tau Beta Pi (工程荣誉) 的成员, IEEE 院士, 并在 2000 年获得 IEEE 千禧年奖章, 在 2002 年获得 IEEE 电力与能源学会 (PES) 颁发的配电工程杰出贡献奖, 以及在 2003 年获得 IEEE PES 变电站委员会颁发的杰出贡献奖等。

在 IEEE PES 变电站委员会担任小组委员会领导职务的 25 年间, 他带领着 7 个工作组, 在配电 SCADA、远程终端单元 (RTU)、RTU/IED 通信协议等领域出版了相应的标准/导则。他在 2010~2011 年间担任 IEEE-SA (标准协会) 董事, 长期致力于制定 IEEE 智能电网的标准。在 2010~2012 年间, 他当选为 NIST 智能电网互操作小组 (SGIP) 董事会主席。

他是 IEEE PES 的前任主席、智能电网用户协作委员会 (SGCC) 主席、IEEE 形象大使工程的主要成员、IEEE 荣誉委员会成员、IEEE PES 第 3 处学术委员会成员、CIGRE 中的 US 国家委员会 (USNC) 技术活动的 VP, 以及 IEEE PES 变电站委员会的前任主席。他在 2008~2009 年间为 IEEE 第 VII 区的负责人。他是配电技术年度会议顾问委员会的成员。他也获得了普渡大学 2009 年颁发的电力及计算工程杰出贡献奖。

他作为 IEEE PES 的杰出授课者为 GE 和 IEEE PES, 在佐治亚州的技术机构讲授有关智能电网的课程。他在 SCADA、SCADA/EMS、SCADA/DMS 及通信协议方面发表学术论文 40 余篇, 并且是加利福尼亚州、宾夕法尼亚州和佐治亚州的注册电气工程师。

他是《配电自动化》(Automating a Distribution Cooperative, from A to Z) 从 A 到 Z 的作者之一, 该书在 1999 年由美国国家乡村电力协会联合研究组出版。他是《电力工程手册》(由 IEEE PES 资助, 2000 由 CRC 出版社发行) 变电站部分的编者。他是由美国 Taylor&Francis 工作组/CRC 出版社在 2007 年出版发行的《电力变电站工程》(第 2 版) 的主编, 也是“变电站智能化和自动化”一章的作者。

# 撰 稿 人

**Michael J. Bio**

Alstom Grid  
Birmingham, Alabama

**Phil Bolin**

Mitsubishi Electric Power Products, Inc.  
Warrendale, Pennsylvania

**Stuart Borlase**

Siemens Energy, Inc.  
Raleigh, North Carolina

**Richard E. Brown**

Quanta Technology  
Raleigh, North Carolina

**Jim Burke (retired)**

Baltimore Gas & Electric Company  
Baltimore, Maryland

**David Childress**

David Childress Enterprises  
Griffin, Georgia

**Rick Clarke**

Baltimore Gas & Electric Company  
Baltimore, Maryland

**Don Delcourt**

BC Hydro  
Burnaby, British Columbia, Canada

and

Glotek Consultants Ltd.  
Surrey, British Columbia, Canada

**W. Bruce Dietzman**

Oncor Electric Delivery Company  
Fort Worth, Texas

**James W. Evans**

The St. Claire Group, LLC  
Grosse Pointe Farms, Michigan

**Eric Fujisaki**

Pacific Gas and Electric Company  
Oakland, California

**David L. Harris**

SPX Transformer Solutions  
(Waukesha Electric Systems)  
Waukesha, Wisconsin

**Marco C. Janssen**

UTInnovation  
Duiven, the Netherlands

**Richard P. Keil**

Commonwealth Associates, Inc.  
Dayton, Ohio

**Hermann Koch**

Siemens AG  
Erlangen, Germany

**Eric MacDonald**

GE Energy-Digital Energy  
Markham, Ontario, Canada

**Ralph Masiello**

KEMA, Inc.  
Chalfont, Pennsylvania

**Thomas Meisner**

Hydro One Networks, Inc.  
Toronto, Ontario, Canada

**Asok Mukherjee**

Siemens AG  
Erlangen, Germany

**Daniel E. Nordell**

Xcel Energy  
Minneapolis, Minnesota

**Robert S. Nowell (retired)**

Commonwealth Associates, Inc.  
Jackson, Michigan

**John Oglevie**

POWER Engineers, Inc.  
Boise, Idaho

**Michael Pesin**

Seattle City Light  
Seattle, Washington

**Dietmar Retzmann**

Siemens AG  
Erlangen, Germany

**Cale Smith**

Oncor Electric Delivery Company  
Fort Worth, Texas

**Anne-Marie Sahazizian**

Hydro One Networks, Inc.  
Toronto, Ontario, Canada

**James H. Sosinski (retired)**

Consumers Energy  
Jackson, Michigan

**Mike Stine**

TE Energy  
Fuquay Varina, North Carolina

**Daniel Thanos**

GE Energy-Digital Energy  
Markham, Ontario, Canada

**H. Lee Willis**

Quanta Technology  
Raleigh, North Carolina

**Bartosz Wojszczyk**

GE Energy-Digital Energy  
Atlanta, Georgia

# 目 录

译者序

原书前言

主编介绍

撰稿人

## 第 1 章 变电站是如何设计的

Jim Burke (已退休) 和 Anne - Marie Sahazizian ..... 1

## 第 2 章 气体绝缘变电站

Phil Bolin ..... 10

## 第 3 章 气体绝缘变电站: 母线/开关配置

Michael J. Bio ..... 30

## 第 4 章 高压开关设备

David L. Harris 和 David Childress ..... 37

## 第 5 章 高压电力电子变电站

Dietmar Retzmann 和 Asok Mukherjee ..... 60

## 第 6 章 变电站自动化接口

James W. Evans ..... 104

## 第 7 章 变电站一体化和自动化

Eric MacDonald ..... 136

## 第 8 章 围油栏

Thomas Meisner ..... 159

## 第 9 章 社区变电站

James H. Sosinski (已退休) ..... 175

## 第 10 章 动物威慑/防护

Mike Stine ..... 189

<b>第 11 章 变电站接地</b>	
Richard P. keil .....	194
<b>第 12 章 变电站防雷</b>	
Robert S. Nowell (已退休) .....	217
<b>第 13 章 地震防护</b>	
Eric Fujisaki .....	239
<b>第 14 章 变电站消防</b>	
Don Delcourt .....	255
<b>第 15 章 变电站通信</b>	
Daniel E. Nordell .....	281
<b>第 16 章 变电站物理防护</b>	
John Oglevie, W. Bruce Dietzman 和 Cale Smith .....	315
<b>第 17 章 变电站控制及监测系统的网络安全</b>	
Daniel Thanos .....	335
<b>第 18 章 气体绝缘输电线路</b>	
Hermann Koch .....	360
<b>第 19 章 变电站资产管理</b>	
H. Lee Willis 和 Richard E. Brown .....	403
<b>第 20 章 变电站调试和项目验收</b>	
Jim Burke (已退休) 和 Rick Clarke .....	442
<b>第 21 章 储能</b>	
Ralph Masiello .....	453
<b>第 22 章 变电站在智能电网中的作用</b>	
Stuart Borlase, Marco C. Janssen, Michael Pesin 和 Bartosz Wojszczyk .....	477

# 第 1 章 变电站是如何设计的

	1.1 背景 .....	1
	1.2 决策 .....	2
	1.3 预算 .....	3
	1.4 筹资 .....	3
	1.5 传统与创新的变电站设计 .....	4
	1.6 选址 .....	4
Jim Burke (已退休) Baltimore Gas&Electric Company Anne - Marie Sahazizian Hydro One Networks, Inc.	1.7 设计、施工和调试过程 .....	5
	变电站设计 · 变电站建设 · 变电站 调试	
	参考文献 .....	9

## 1.1 背景

变电站的新建和扩建是电力公司的常规项目。然而，由于这些项目十分复杂，导致很少有工作人员能够完全了解此类项目的建设流程。本章将指出资本密集型项目的主要问题，对建设过程中必须面临的问题提出基本见解。

变电站主要有 4 种类型。第一种是发电厂的开关站。这些设施既连接了发电机和电网，又可以向发电厂提供外部电能。发电厂开关站往往是由电厂设计者根据规划、资金和异于常规变电站建设力度而专门建设的大型装置。由于其特殊性这里略去对发电厂开关站建设的说明，但是这些设施的扩建和改进一般都遵循电力系统中变电站的扩建和改进流程。

第二种类型的变电站，通常被称作用户变电站，其功能是作为某一特定商业用户电能供应的主要来源。此类变电站的技术水平和业务需求不仅要严格遵循用户的要求，而且远远超过电力公司的标准，所以此类变电站也不是本书介绍的主要内容。

第三种类型的变电站一般指的是系统变电站，主要功能是大容量电能跨网传输。其中，一些系统变电站仅具备交换设备（无源变压器），另一些系统变电站则具备电压转换功能。这些大型变电站通常是发电厂变电站所引出的传输线路的终端，并且提供电能给那些向变电站供能的电网。它们是维持电力系统长期稳定性和完整性必不可少的一部分，并且能够将大量的电能从发电厂传输到负荷中心。由于电力系统变电站是战略设施，并且建设和维护的费用非常昂贵，所以这些变电站将会是本章重点介绍的内容之一。

第四种类型的变电站是配电站。配电站是电力系统中最常见的设施,它们提供电能给配电网,然后直接输送给大部分电力用户。配电站通常靠近负荷中心,这就意味着它们毗邻供电区域,并且电力用户经常见到它们。由于存在大量的配电站,因此这些设施也是本章的重点介绍内容之一。

根据所用设备的类型,变电站可分为如下几种:

- 1) 户外型空气绝缘变电站;
- 2) 室内型空气绝缘变电站;
- 3) 户外型气体绝缘变电站;
- 4) 户内型气体绝缘变电站;
- 5) 混合式变电站;
- 6) 移动变电站。

## 1.2 决策

在变电站改建的商业案例中,行之有效的规划流程是必不可少的一部分。各类工作人员通常需要考虑许多方面的问题,如负荷增长、系统稳定性、系统可靠性和系统容量等问题。这类工作人员主要包括设计人员、操作与维护人员、资产管理人和设计工程师,并且他们的评估将最终决定变电站改建的要求。当存在需要建设工厂等情况时,用户需求和用户关系及投诉问题要放到一起进行考虑。在某些情况下,政治因素也会影响这个过程,此时需要将可靠性着重考虑。在此阶段,技术人员的工作是定义和评估周围地区的影响因素,并确定变电站的运行寿命。

对于电力系统的扩建,电力公司通常会制定长期规划,以满足预期的电能需求。电力系统的十年规划是很常见的,需要技术人员投入大量的精力。设计人员决定电力系统的容量和系统周围负荷转移的需求,但是技术人员必须提供实现设计者目标的成本信息。设计者提出多种方案,并对其进行研究,得出每种方案的成本以确定为用户服务的最经济的方案。

不同层次的需求概括为以下几个方面:

系统需求包括:

- 1) 负荷增长;
- 2) 系统稳定性;
- 3) 系统可靠性;
- 4) 系统容量。

用户要求包括:

- 1) 附加荷载;
- 2) 电能质量;
- 3) 可靠性;
- 4) 客户关系;

- 5) 客户投诉;
- 6) 周边影响。

### 1.3 预算

在长期规划中,为了满足变电站大容量输电的要求,需要考虑变电站的建设或扩建容量并且合理规划变电站的选址。根据之前的设计,还需要研究是否适应该地区的发展。为了实现这一目标,大多数电力公司借助于标准化的设计和逐渐发展的成本模块,但是以前的设计方案不适合相关的区域,不被负责的区域所接受,因此需要重新设计方案。对于大多数的变电站,设备和土地的成本设计标准是不同的。然而,配电站作为电力系统中最为常见的电力设施,有较为固定的安装成本。由于变电站与用户的联系非常紧密,检查和优化比重新设计更为需要,因此成本总体变化不大。

建立变电站有很多的要求,比如电压、容量和馈线数量等,资金问题也需要考虑。由于用地大小和位置会显著的影响变电站的建设成本,因此对于房地产的调查也逐渐成为一项不可缺少的环节。在这一环节中,初步的设备布局和工程评估会得出大致的成本,该成本会在电力公司的预算认证系统中进行评估。变电站的设计和建设过程中的所需要的人力资源也需要进行初步的预估,这其中包括电力公司可能外包出去的工作的工作性质和范围鉴定。预算制定流程包括根据电力公司的优先事项进行的工程评估,并提供成本和资源需求的建议。该流程可能每年都需要进行。任何款项未动用的项目一般都需要重新评估每一个预算周期。

成本预测也包括现金预测。对于规划中的项目,每年一次的预估已经足够了。这就意味着每一个预算周期,每个被提议的项目不仅需要审查成本的准确性,而且现金预测也必须更新。在年度审查中,标准化或模块化成本预算也需要进行审查,必要时甚至需要修改。

### 1.4 筹资

项目开始运作的同时必须进行筹资。为确定报价,需要进行初步的整体设计。业务部门之间需要进行协调,从而确定精确的成本和一个切合实际的时间表。这种协调可能需要多个领域的、全面的人力资源预测。将资源信息进行必要的格式编译,从而存入公司资本估计系统。同时必须进行内部演示,从而把项目落实到各级管理人员。

有时候可能需要筹集资金来进行资本评估。这是因为,有时可能出现进行初步设计的成本超过了正常的部门预算的情况,或者因为采用了新的技术而导致这一情况。这也可能发生在大型复杂项目中或者是当大部分工作被承包时。另外,在购买昂

贵的或是需要长时间交货的设备如大型变压器时,提前筹集部分资金也是十分必要的。

## 1.5 传统与创新的变电站设计

变电站工程是一项复杂的多学科工程技术。它可以包括以下工程学科:

- 1) 环保;
- 2) 民用;
- 3) 机械;
- 4) 结构;
- 5) 高压电器;
- 6) 保护与控制;
- 7) 通信。

传统意义上说,高压变电站是基于预先设定的布局 and 概念,以及通常情况下比较保守的要求设计的。这种做法可能会限制引进新的解决方案的自由。这就导致最多只能采用初级和中级的预设标准。

一个更加创新的方法是考虑到功能性需求,如系统需求、客户需求和替代设计方案。系统要求包括额定电压、额定频率、(现在和将来的)系统网架、负载、线路、(最大或最小的)电压偏移、热极限、短路状况、(最大或最小的)频率偏移、稳定极限、临界故障切除时间、系统扩展以及互联。顾客要求包括环境的考虑(气候、噪声、美观、泄漏和可行性)、空间的要求、电能质量、可靠性、可用性、国家和国际标准、网络安全、扩展性以及可维护性。

严谨完善的设计标准可以反映公司的经营理念。当需要时,它们同生命周期成本、环境影响、初期资本投资等合并起来融入设计过程中。设计方案可以根据能满足公司的利益和政策的预设标准进行评估。

## 1.6 选址

在此阶段,变电站的覆盖区域包括主要设备的布局已经确定。现在可以决定设施的最终位置以及对不同选址进行评估。在这个阶段需要解决最后评分、道路、雨水滞留和环境等问题,并且需要得到确认和许可。变电站的选址必须得到社会和政治上的认可,并且在设计细节上也要进行磋商,从而达到共识。根据当地的选区条例,等到土地使用批准成功后去结算财产是明智的。如果没有批准,那么这个变电站选址的实用性不大。在这个阶段中,工程、房地产、公共事务、法律、规划、运营、客户服务人员以及各级管理人员一般不会参与决策。

下一步可以申请第一轮的许可证。虽然选区程序一般是地方政府的工作,但是许可证分级、雨水处理、道路修建等环境问题是州政府或者地方政府处理,如果

存在湿地或者其他敏感地区的情况，那么可能由联邦政府出面解决问题。如果是用于任何车站、高塔或桅杆的航空障碍照明设备，那么也需要其他联邦政府的许可，许可证的申请受制于重复的政府流程，并且往往需要多次提交，可能需要几个月的时间才能知道结果。根据本地的制度不同，选区批准可能是自动的也可能是历时几个月的听证。如果存在较多反对意见，选区程序可能需要数年才能完成。

作为一个经验法则，可以使用以下评估标准：

- 1) 经济评价；
- 2) 技术评估；
- 3) 社区验收。

经济评价应该确定承受能力水平、投资回报、初始投资成本以及生命周期成本。

可以影响选址过程的技术方面可包括以下内容：

- 1) 土地，选择减少地壳运动和土壤处理需要的区域。
- 2) 水，避免与自然排水网络干扰。
- 3) 植被，选择低生产力的农业区或荒地。
- 4) 保护区，避免任何被列为保护区景点的地区。
- 5) 社区规划，避免占用城市土用地、发展用地以及为未来发展储备用地。
- 6) 社区参与，使社区进入审批程序。
- 7) 地形，平坦而不易发生洪水或雨水积涝。
- 8) 土壤，适合铺设道路、修建地基和低电阻率的土地。
- 9) 道路，大型设备，运营商和维修队能轻松到达的道路。
- 10) 线路接入，建立线路走廊（替代方案：多回路铁塔、UG线）。
- 11) 污染，设备故障和按照污染水平而增加的维修成本。

为满足社区要求，建议如下：

- 1) 在固体形状的钢结构上采用对绝缘子支撑的刚性母线的低型布局；
- 2) 在外观上屏蔽区域（山区、森林）、建筑和丛林的定位变电站；
- 3) 使用气体绝缘开关（GIS）；
- 4) 使用多色彩标记和照明警示；
- 5) 使用地下水的出口而不使用地上出口。

其他可能会影响社会接纳的因素有噪声和石油泄漏。

为了减轻可能由变电站设备发射的噪声，要注意变电站的位置对敏感地区的影响。并采用隔离措施，例如隔音屏障，隔音罩，优化布局和主动消除噪声。

解决石油泄漏的方法可以在第8章或本章参考文献中找出。

## 1.7 设计、施工和调试过程<sup>[4]</sup>

在选址结束后，设计建造和调试过程大致遵循图 1.1 所示的步骤。电力公司的

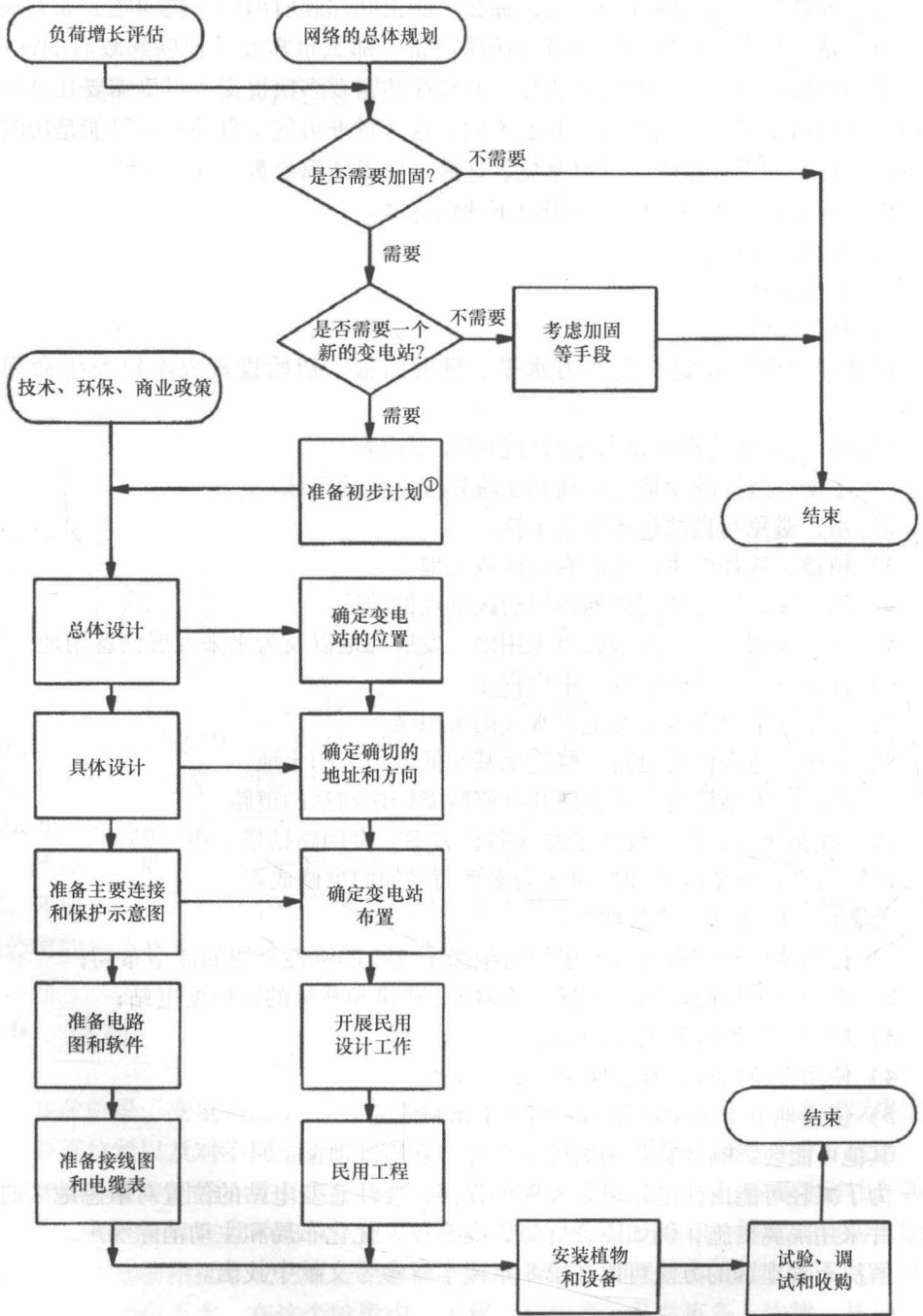


图 1.1 建立新的变电站

①一般位置、线路方向、土壤调查、交通路线。

主流方式是采用竞标程序来完成变电站的设计采购和施工，这样可以确保资本有效性和劳动生产率。

### 1.7.1 变电站设计

最终的设计方案可以结合所有必需的施工图纸进行研发。此时，电气设备和其他材料可以订购，所有的规章制度的也可以进行协商。在此阶段，必须完成最后的人力资源预测，同时与其他业务部门进行协调。最为重要的是，所有的利益相关方都需要了解设计细节，并了解建设过程中需要的资料以及需要满足的运行寿命。一旦完成设计部分和图纸制作，剩下的许可证就可以得到。

以下是可以用于各种设计元素的指导意见：

#### 1. 基本布局

- a. 项目规划表
- b. 满足单一母线要求的母线配置
- c. 基于单线图的主要设备和钢结构的定位
- d. 变电站的一般概念
- e. 电气安全间隙
- f. 最终阶段

#### 2. 设计

##### a. 土地准备

排水和腐蚀、土方工程、道路和入口、围栏

##### b. 地基

土壤、具体设计、桩基设计

##### c. 结构

材料、终点、腐蚀控制

##### d. 建筑

- i. 控制、计量、中继和信号楼——如砖石建筑、预制结构等
- ii. 铠装开关装置的建筑物
- iii. 气体绝缘金属封闭开关设备的建筑

##### e. 机械系统

- i. 暖通
- ii. 隔音罩通风设备
- iii. 铠装开关装置或气体绝缘金属封闭开关设备通风设备建设
- iv. 火灾探测和保护
- v. 石油遥感和泄漏的预防

##### f. 母线成品

- i. 硬母线
- ii. 应急指挥——因摇摆、缠绕造成的崩溃