



国际电气工程先进技术译丛



输配电工程

原书第3版

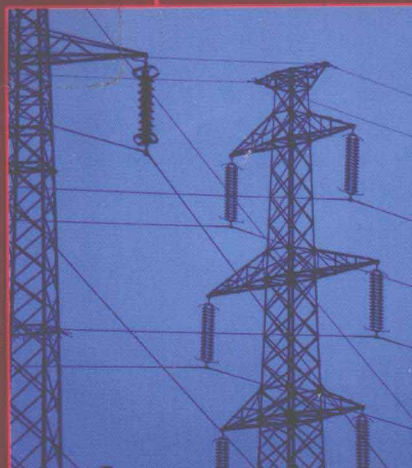
**Transmission and Distribution
Electrical Engineering
(Third edition)**

(英) Colin Bayliss 著
Brian Hardy

陈 力 等译
王金鼎 审校



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际电气工程先进技术译丛

输 配 电 工 程

(原书第3版)

(英) Colin Bayliss 著
Brian Hardy
陈 力 等译
王金鼎 审校



机 械 工 业 出 版 社

本书全面、系统地介绍了输配电工程的各个环节,并以 Channel Tunnel (海底隧道)工程的具体工程案例贯穿全书,针对在输配电工程中遇到的主要课题给出了解决方案。

本书特点是采用理论和工程实际相结合的形式,强调了工程实践细节内容和实施过程;增加了电力系统谐波和电磁兼容等一些与输配电工程密切相关领域的新知识和新技术的介绍;引入了项目管理和配电计划内容,使读者在掌握专业技术的同时也学到了在竞标、工程设计和项目管理等方面的知识。

本书适合电力系统工程技术人员和大专院校相关专业师生阅读,也可作为电力系统设计手册、工程手册查阅。

Colin Bayliss and Brian Hardy: Transmission and Distribution Electrical Engineering (Third edition).

Copyright © 2007 by ELSEVIER. Authorized translation from the English language edition published by ELSEVIER. All rights reserved.

本书简体中文版由机械工业出版社出版。版权所有,侵权必究。

本书版权登记号:图字 01-2010-0426 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

输配电工程:原书第3版/(英)贝利斯(Bayliss, C.), (英)哈迪(Hardy, B.)著;陈力等译. —北京:机械工业出版社, 2011.8

(国际电气工程先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-35554-0

I. ①输… II. ①贝…②哈…③陈… III. ①输配电线路-电气工程
IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 157919 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:闫洪庆

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:李妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 48.25 印张 · 1106 千字

0001 - 2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35554-0

定价:169.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

译 者 的 话

随着智能化电网建设的发展，我国的输配电技术更加趋于国际化，因此输配电工程人员需要具有更广、更新的知识，也需要了解更多有关其他国家的输配电工程实际和规范。目前，市场上的有关书籍大多是专门介绍输配电工程某一个领域的，并且更多是以介绍理论知识和专业技术知识为主，而介绍国外工程实例的较为少见。因此，有必要为输配电工程人员提供一些更能促进目前我国电网建设发展的书。

本书正是为满足这样的要求而组织翻译的。本书的作者是 Cannnel Tunnnel 工程总工程师，既具有深厚的理论知识也具有丰富的实践经验。本书的内容选择非常合理，不仅将理论知识与实践适当的结合，还兼顾了专业技术知识与项目管理的自然衔接。另外，本书文字朴实流畅，既适合作为电气工程、电力系统及其自动化等专业本专科和研究生的学习参考书，也适合输配电工程人员指导工程实践和开阔眼界。

考虑到本书的上述特点，在翻译过程中，选择大量不同研究方向的译者，包括电力系统及其自动化、继电保护及自动化、电力电子、输电工程、电气工程、电力市场和企业管理等，并组织多次集体研讨以完善各部分之间的衔接。

本书的翻译，由蒋纬纬负责第 1~4 章，陈力负责第 5~9、11、12 章，秦芳负责第 10 章，劳群芳负责第 13、14 章，魏斌、马驯负责第 15~19 章，任希负责第 20 章，黄梅负责第 21 章，周渝慧负责第 22 章，陈磊负责第 23~26 章。此外，还有很多研究生和工程师参与了本书的翻译工作，这里不便一一列出。

最后，特别要感谢王金鼎高工，他带病为本书审稿，他精益求精的态度对保证本书的翻译质量是至关重要的；感谢机械工业出版社牛新国老师和林春泉老师对本书翻译给予的大力支持。

由于译者的水平和经验有限，加之时间仓促，译文难免有不妥之处，恳请读者批评指正！

译 者

2011 年 5 月于北京

原 书 序

第 1 版和第 2 版

本书涵盖了在国际上从事输配电系统工程项目工作的工程师可能会遇到的主要课题。每一章都是独立的，并为谈及的每一个课题引入了有用的实际例子。本书面向在校大学生或工程技术人员，并在大学所学习的课本理论知识与具体的单一课题的参考书之间架起一座桥梁。因此，它为大范围的输配电主题提供了一个实践基础。本书旨在辅助项目工程师为其特定的应用正确地选择设备和系统。并由此，生产商承包商可以收到清晰和毫不含糊的关于工程的输配电设备和项目要求，并获得具有竞争力和可比性的竞标者。关于项目、系统和软件管理的章节则尤其有意义，因为这些主题对电力系统工程师来讲具有日益增长的重要性。本书特别有助于读者理解世界上不同的供电公司和机构为实现其特定的输配电系统要求而采用的不同的规范和方法的缘由。第 2 版包括了最新的更正，并增加了两个主要的章节来谈及输配电计划和电力系统谐波。

C. R. Bayliss

第 3 版

由于本书写作的主旨是为进行中的项目做好准确的说明，因此本书给出了符合国际标准的常用参考资料。基于这些标准能够确保竞标过程的前后一致性，进而使竞标者给出在技术标准上一致的、经济的价格。根据项目要求的不同，应选用与该项目工程和管理相适应的、最有效的标准。

在本书第 2 版和第 3 版期间内，IEC 的最新电力标准不断地进行修订。在欧洲，随着欧洲标准的改进，许多国家的标准也在不断地修订以趋于欧洲标准——经常是完全采用 IEC 标准。这意味着本书的每一章都必须仔细检查以确保书中给出的常用参考资料中的标准是正确的，相关内容是最新的。由于接地与连接方法的发展，本书的相关章节需

要重写；由于法规的变化，本书电磁兼容部分的内容也必须更新。此外，还需要考虑最新的继电保护装置和 SCADA 的发展；由于用户和供电公司在对电能质量的要求方面的发展，使得在供电系统中越来越重要的领域也要不断地进行修订。

本书之所以能继续成为该领域标准的参考书，是与在本书“对本书有贡献的人”中列出的同事和专家们的宝贵帮助和付出是分不开的，若没有他们将是无法实现的。

C. R. Bayliss and B. J. Hardy

作者简介

Colin Bayliss 在 Nottingham (诺丁汉) 大学获得了电气及电子工程一级荣誉学位, 并继续获得了材料科学博士学位。一直以来, 他不仅在英国本土从事主要的电力项目工作, 还与世界各地的客户、承包单位和顾问组织合作。在过去的两年中, 他被 Channel Tunnel (海底隧道) 承包单位 (Transmanche Link-TML) 聘请为这个项目建设的工程指导, 并在早期的设计阶段就已经投入了工作。他现任英国原子能管理局 (UKAEA) 的主要项目和工程委员会的负责人。Colin 还是 Birmingham 大学和 Highlands and Islands 大学的荣誉教授, Cogent 部门技术委员会的非执行董事。

Brian Hardy 曾就读于伦敦 Imperial 学院学习电气工程, 并获得了在 UK 供电公司进行毕业实习的机会, 此后他在这里工作了 15 年, 并承担了一些高级工程师岗位的工作。转到咨询公司工作后, 他负责管理在欧洲、中东以及其他一些国家电力系统项目的设计部, 其中包括世界银行的整个坦桑尼亚电力系统重建项目。在海底隧道工程中, 他作为 Anglo-French 设计团队中总负责人承担了所有电气方面设计工作, 随后被任命为 BalfourBeatty 集团设计和建设工程的负责人。此后, 他协助该集团组建了一个团队开发个人合资市场这个新研发理念, 并挖掘其优势。这个团队取得了成功并逐步发展为 BalfourBeatty 的核心, UKFET/PPP 领域的最重要成员。这个项目还给伦敦地下电力系统的联合风险投资带来利益。Brain 退休前担任 JV 技术顾问, 退休后担任兼职顾问。

对本书有贡献的人

本书的准备工作涉及了如此广泛的范围，没有来自主要生产商、供电公司、承包单位、学术和顾问工程师们的贡献和忠告是无法完成的。实际上，在本书的准备工作中得到了由 David Rigden (Hawker Siddeley 开关设备公司) 和 John Lewis (Scottish 电力公司) 领导的电气工程师学会输配电专家组 P7 的大力支持和鼓励。以下列出主要贡献者的名单：

D. Auckland	Mancheester 大学电气工程教授
A. Baker	Balfour Beatty 项目工程的主要土木技术工程师
R. H. Barnes	工程和电力发展顾问有限公司 (EPDC)，助理指导和主要系统分析专家
P. Bennett	软件工程中心的主管
N. Bird	Balfour Beatty Cruickshank 有限公司的经理
K. Blackmore	国际抗干扰技术高级工程师
L. Blake	Yorkshire 电力集团
S. A. Bleazard	Tyne 和 Wear, Reyrolle 有限公司
D. Boulu	比利时 Tractabel 主要工程师
D. Brady	Optimal 软件有限公司常务管理者
D. Brown	Wrexham, BICC, 负责人
J. Finn	Reyrolle 项目 (从前的电力系统项目管理, TML)，主要工程师
H. Grant	Edinburgh, Parsons Peebles 变压器，总责任设计工程师
G. Harris	Livingstone Hire
M. R. Hill	Bowthorpe EMP 有限公司市场部经理
P. Hindle	GEC - Alsthom T&D 保护及控制，主要工程师
I. Johnston	软件工程中心高级软件工程师
C. Lau	TML，数据传输及控制高级工程师
F. J. Liptrot	Allied 绝缘子，技术指导
G. Little	伦敦，Hackbridge, Balfour Kilpatrick
I. E. Massey	Balfour Beatty 项目和工程，高级土木工程师
T. Mennel	Merlin Gerin, EMMCO，工程负责人
E. Meyer	巴黎，Technip，控制工程师
A. Munro	Edinburgh, Peebles 电力变压器，设计工程师
R. Monk	GEC - Alsthom T&D 保护及控制，高级应用工程师

VIII 输配电工程 (原书第3版)

D. Moore	国家电网公司 (从前的 Ewbank Preece 顾问工程师), 主要工程师
P. G. Newbery	Cooper Bussmann (从前的 Hawker 熔断器装置), 技术指导
G. Orawski	Balfour Beatty 电力, 顾问工程师
S. D. Pugh	软件开发中心, SCADA 高级工程师
D. Rigden	Hawker Siddeley 开关设备公司, 经理
A. Smith	EPDC, 设计起草人
M. Swinscale	Nottingham, Furze, 主要技术工程师
M. Tearall	Wimpey 主要项目, 建筑设施高级工程师
M. Teliani	工程和电力发展顾问有限公司 (EPDC), 高级系统工程师
A. Thomas	Ewbank Preece 顾问工程师事务所, 高级通信工程师

除了感谢上述这些对《输配电工程》一书起了重要作用的人以外, 作者还要感谢在本书第3版完成过程中主要新加入的贡献者。

T. E. Charlton	接地测量, 管理经理, 战略决策和管理负责人
T. M. Endersy	DEF 能量传输, 系统设计工程师
A. J. M addox	ERA 技术有限公司, EMC 首席顾问
L. Manning	Stone ABB 有限公司, 输电技术管理 PTS
U. Manmadhan	UK ABB 电站自动化, 技术经理
A. J. Marchbank	Haden 建筑管理有限公司, 技术开发负责人
D. Mason	EDF 能量传输, 系统技术顾问
P. G. Newbery	CooperBussman 顾问 (原技术总监)
W. C. Sayer	Balfour beatty 电力网有限公司, 设计经理 (架空线路)
A. R. Smith	Cruick Shank 有限公司, 设计工程师
R. A. Smith	EDF 能量传输, 项目经理 (电能输入)
V. F. Temple	Balfour Beatty 中心技术专家; EDF 能量传输, 技术顾问
E. Tolster	UK ABB 通信产品和系统, 技术顾问

目 录

译者的话

原书序

作者简介

对本书有贡献的人

第 1 章 系统分析	1
1.1 概述	1
1.2 潮流	1
1.2.1 目的	1
1.2.2 举例分析	1
1.3 系统稳定性	8
1.3.1 引言	8
1.3.2 分析过程	8
1.3.3 静态稳定性	11
1.3.4 暂态稳定性	15
1.3.5 动态稳定性	21
1.3.6 异步电动机的影响	21
1.3.7 暂态稳定性研究的数据要求和解释	22
1.3.8 事例分析	26
1.4 短路分析	32
1.4.1 目的	32
1.4.2 举例分析	32
第 2 章 图样和图解	38
2.1 概述	38
2.2 方块图	38
2.3 原理图	42
2.3.1 表示方法	42
2.3.2 主电路	42
2.3.3 控制、信号和监视电路	42
2.4 生产商的图	42
2.4.1 组合布线/电缆线图	42
2.4.2 英国惯例	48
2.4.3 欧洲惯例	50
2.4.4 其他系统	53

X 输配电工程 (原书第3版)

2.5 计算机辅助设计	53
2.6 事例分析	54
2.7 图形符号	55
附录 2A 继电保护识别——数字编码	55
附录 2B 德国、英国、美国/加拿大和国际符号之间的比较	64
第3章 变电站布置	71
3.1 概述	71
3.2 变电站设计依据	71
3.2.1 供电可靠性	71
3.2.2 可扩展性	71
3.2.3 可维护性	72
3.2.4 运行灵活性	72
3.2.5 保护配置	72
3.2.6 短路极限	72
3.2.7 占地面积	72
3.2.8 成本	73
3.3 可选择的布置	73
3.3.1 单母线	73
3.3.2 变压器馈线	74
3.3.3 网形	77
3.3.4 环形	78
3.3.5 双母线	78
3.3.6 $1\frac{1}{2}$ 断路器	79
3.4 空间要求	80
3.4.1 引言	80
3.4.2 安全距离	80
3.4.3 相间和相对地的安全距离	83
第4章 变电站辅助电源	86
4.1 概述	86
4.2 直流电源	86
4.2.1 蓄电池和充电器的配置	86
4.2.2 蓄电池充电器元件	88
4.2.3 安装要求	92
4.2.4 典型的查询数据——直流配电盘	93
4.3 蓄电池	94
4.3.1 引言	94
4.3.2 蓄电池容量	94
4.3.3 蓄电池的特性	94
4.3.4 蓄电池尺寸计算	98

4.3.5 典型的查询数据	99
4.4 交流电源	101
4.4.1 电力电源	101
4.4.2 低压交流配电盘故障率水平	103
4.4.3 辅助变压器的低压连接	103
4.4.4 可扩展性	105
4.4.5 典型的查询数据	105
4.4.6 接地变压器选择	106
4.4.7 不间断电源	109
第5章 电流互感器和电压互感器	113
5.1 概述	113
5.2 电流互感器	113
5.2.1 引言	113
5.2.2 保护用 CT 分类	113
5.2.3 计量用 CT	115
5.2.4 设计和结构的研究	116
5.2.5 端子标记	117
5.2.6 技术说明	117
5.3 电压互感器	118
5.3.1 引言	118
5.3.2 电磁式电压互感器	118
5.3.3 电容式电压互感器	118
5.3.4 技术说明	119
5.4 发展趋势	119
第6章 绝缘子	122
6.1 概述	122
6.2 绝缘材料	122
6.2.1 聚合材料和树脂材料	122
6.2.2 玻璃和瓷	123
6.3 绝缘子类型	123
6.3.1 支柱绝缘子	123
6.3.2 盘形(悬式)绝缘子	126
6.3.3 长棒形绝缘子	126
6.4 污秽控制	128
6.4.1 环境/爬距	128
6.4.2 补救措施	130
6.4.3 特定爬电途径的计算	130
6.5 绝缘子的技术规范	130
6.5.1 标准	130

6.5.2 设计特性	132
6.6 试验	132
6.6.1 取样试验和例行试验	132
6.6.2 技术细节	133
第7章 变电站建筑设施	134
7.1 概述	134
7.2 照明	134
7.2.1 术语	134
7.2.2 内部照明	137
7.2.3 外部照明	143
7.2.4 控制	147
7.3 配电特性	148
7.4 供热、通风和空气调节	150
7.4.1 空气循环	150
7.4.2 空气调节	151
7.4.3 供暖	154
7.5 火灾探测和抑制	154
7.5.1 引言	154
7.5.2 灭火器	155
7.5.3 通道、急救和安全	155
7.5.4 火灾探测	157
7.5.5 火灾扑灭	158
7.5.6 电缆、控制盘和电源	159
第8章 接地和连接	160
8.1 概述	160
8.2 设计标准	160
8.2.1 接触电压和跨步电压	160
8.2.2 接触电压和跨步电压的限制	161
8.3 变电站接地计算	163
8.3.1 环境条件	163
8.3.2 接地材料	165
8.3.3 接地电阻和接地电位升	167
8.3.4 有害电压允许极限	169
8.4 计算机仿真	170
参考文献	173
第9章 绝缘配合	174
9.1 概述	174
9.2 系统电压	174
9.2.1 工频电压	174

9.2.2 过电压	175
9.3 安全净距	183
9.3.1 空气	183
9.3.2 SF ₆	186
9.4 绝缘配合的程序	186
9.4.1 IEC 标准的方法	186
9.4.2 统计的方法	187
9.4.3 非统计的方法	187
9.5 冲击电压保护	188
9.5.1 棒状或火花间隙	188
9.5.2 避雷器	189
参考文献	200
第 10 章 继电保护	201
10.1 概述	201
10.2 系统结构	201
10.2.1 故障	201
10.2.2 不接地系统	202
10.2.3 阻抗接地系统	202
10.2.4 直接接地系统	202
10.2.5 电网结构	202
10.3 电力系统保护原理	204
10.3.1 用时间鉴别	204
10.3.2 用电流值鉴别	205
10.3.3 用时间和故障电流值鉴别	205
10.3.4 单元保护	205
10.3.5 信号通道辅助	206
10.4 电流继电器	206
10.4.1 引言	206
10.4.2 反时限继电器	206
10.4.3 其他特性曲线	208
10.4.4 在双对数坐标纸上绘制继电器曲线	209
10.4.5 电流继电器的应用举例	209
10.5 差动保护方案	216
10.5.1 偏置差动保护 (比率制动式差动保护)	216
10.5.2 高阻抗保护	219
10.5.3 变压器保护应用举例	219
10.5.4 辅助线单元保护	222
10.5.5 母线保护	225
10.6 距离继电器	227

10.6.1	引言	227
10.6.2	基本原理	227
10.6.3	继电器特性	228
10.6.4	保护区段	231
10.6.5	切换继电器	232
10.6.6	典型的架空输电线路保护方案	233
10.7	辅助继电器	236
10.7.1	跳闸和辅助设备	236
10.7.2	交流辅助继电器	239
10.7.3	计时器	239
10.7.4	低电压继电器	239
10.7.5	低频继电器	239
10.8	计算机辅助分级作法	240
10.8.1	基本输入数据	240
10.8.2	电网故障水平	241
10.8.3	CT 电流比和保护装置	242
10.8.4	继电器整定	242
10.9	实际的配电网情况研究	243
10.9.1	引言	243
10.9.2	主变电站保护	243
10.9.3	牵引系统保护	243
10.9.4	21kV 配电系统和保护基本原理	244
10.9.5	21kV 辅助线单元保护	246
10.9.6	21kV 后备保护	247
10.9.7	接地故障指示器的使用	248
10.9.8	小结	248
10.10	近期在控制、保护和监控方面的进步	248
10.10.1	基本情况	248
10.10.2	发展	249
	参考文献	250
第11章	熔断器和小型断路器	251
11.1	概述	251
11.2	熔断器	251
11.2.1	类型和标准	251
11.2.2	定义和术语	254
11.2.3	HRC 型熔断器	256
11.2.4	高压熔断器	258
11.2.5	管式熔断器的结构	262
11.3	熔断器动作	263

11.3.1 快速动作	263
11.3.2 选择性	263
11.3.3 电缆保护	265
11.3.4 电动机保护	266
11.3.5 半导体器件保护	267
11.4 小型断路器	268
11.4.1 运行	268
11.4.2 标准	269
11.4.3 应用	271
参考文献	275
第 12 章 电缆	276
12.1 概述	276
12.2 代码和标准	276
12.3 电缆和材料的类型	278
12.3.1 一般设计标准	278
12.3.2 电缆结构	281
12.3.3 海底电缆	288
12.3.4 接头和终端	288
12.4 电缆尺寸的确定	289
12.4.1 引言	289
12.4.2 敷设在空气中的电缆	290
12.4.3 直接敷设在地下的电缆	290
12.4.4 敷设在管道中的电缆	294
12.4.5 接地和互连	294
12.4.6 短路额定值	295
12.4.7 计算举例	296
12.5 电缆损耗的计算	305
12.5.1 介质损耗	305
12.5.2 屏蔽或护套损耗	305
12.6 电缆的燃烧特性	306
12.6.1 引言	306
12.6.2 有毒和腐蚀性气体	306
12.6.3 烟气排放	307
12.6.4 氧指数和温度指数	307
12.6.5 阻燃/可燃性	307
12.6.6 耐火性	308
12.6.7 力学性能	308
12.7 控制和通信电缆	309
12.7.1 低压和多芯控制电缆	309

12.7.2 电话电缆	310
12.7.3 光缆	312
12.8 电缆管理系统	317
12.8.1 标准电缆敷设安排	317
12.8.2 计算机辅助的电缆安装系统	319
12.8.3 界面说明	322
参考文献	324
第13章 开关设备	325
13.1 概述	325
13.2 术语和标准	325
13.3 开合	328
13.3.1 基本原理	328
13.3.2 特殊的开合情况	335
13.3.3 开关和隔离开关	338
13.3.4 接触器	342
13.4 灭弧介质	343
13.4.1 引言	343
13.4.2 六氟化硫 (SF ₆)	345
13.4.3 真空	348
13.4.4 油	349
13.4.5 空气	350
13.5 操动机构	352
13.5.1 合闸和分闸	352
13.5.2 联锁	354
13.5.3 整体接地	354
13.6 设备技术规范	355
13.6.1 12kV 户内金属封闭开关柜举例	355
13.6.2 145kV 敞开式开关设备举例	364
13.6.3 配电系统开关设备举例	368
13.6.4 配电环网单元	368
参考文献	372
第14章 电力变压器	373
14.1 概述	373
14.2 标准和原理	373
14.2.1 变压器的基本作用	373
14.2.2 变压器等效电路	374
14.2.3 电压和电流分布	375
14.2.4 变压器的阻抗表示法	375
14.2.5 分接头转换开关 (分接开关)	379