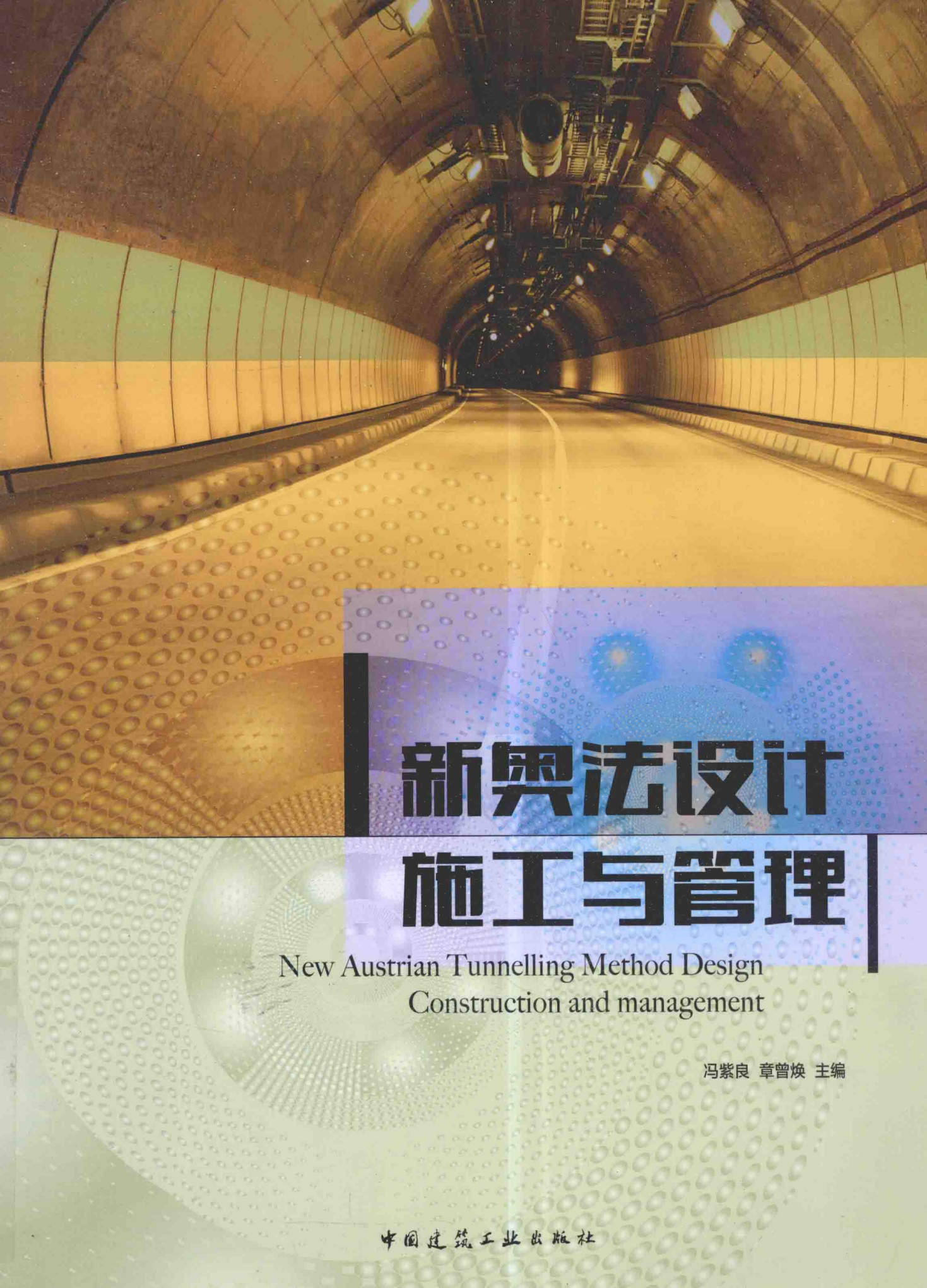




新奥法设计 施工与管理

New Austrian Tunnelling Method Design
Construction and management

冯紫良 章曾焕 主编

中国建筑工业出版社

新奥法设计施工与管理

冯紫良 章曾焕 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新奥法设计施工与管理/冯紫良, 章曾焕主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-112-17076-0

I. ①新… II. ①冯…②章… III. ①隧道工程-设计②隧道工程-新奥法施工③隧道工程-施工管理 IV. ①U45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 152162 号

责任编辑: 邓 卫

责任设计: 董建平

责任校对: 陈晶晶 赵 颖

新奥法设计施工与管理

冯紫良 章曾焕 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/16 印张: 39¼ 字数: 1131 千字

2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月第一次印刷

定价: 98.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-17076-0
(25867)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



编委会成员名单

(以姓氏汉语拼音为序)

主 编：冯紫良 章曾焕

编 委：戴建国 范厚彬 冯紫良 高金康 钱文斐
 魏水平 张清照 章曾焕 职洪涛

编写人员：戴建国 范厚彬 冯紫良 高金康 刘发前
 钱文斐 魏水平 徐正明 张清照 章曾焕
 职洪涛 周联英

前 言

人类进入 21 世纪以来,对于工程建设与地球自然环境可持续发展的和谐发展越益重视,隧道工程在交通、能源等领域得到了越来越多的应用。新奥法是修筑隧道工程的一种非常重要的方法,它的一个主要突出优点是具有高度的“柔性”。这里所谓“柔性”是指它对各种复杂而多变的隧道修筑条件具有极强的适应能力,例如可以适用于各种复杂的地层条件、不同几何形状或尺寸有变化的隧道断面开挖等。加之在开挖期间不需要使用某些昂贵的 TBM 设备、总体支护成本较低等显著优点,新奥法得到了隧道工程界的广泛采用。

而在另一方面,新奥法的概念、原则存在各种各样的解说,甚至连新奥法这一名称也众说纷纭,以致有时会引起一些冲突和混乱。实际上,新奥法自 20 世纪 60 年代诞生以来,其本身的概念、原则和方法也有了很大的发展与变化。因此,为更好地适应这一隧道工程修筑方法的发展,本书从研究和应用角度,较系统而全面地论述了新奥法隧道设计、施工和管理的工程应用实践与发展,各章内容互相衔接,但又相对独立,可作为该领域的应用、研究和教学的参考书籍。

本书阐述了新奥法的概念及其历史演变,系统地阐述了隧道的总体规划设计的各个方面;阐述了基于经验的工程类比法和依据新奥法理念的解析计算和动态分析设计方法,阐述了新奥法施工开挖、支护、监测、施工组织设计、设计与施工的现代管理技术。本书还详细讨论了隧道工程风险管理、数值分析技术、隧道可持续性发展的道路和隧道世界最新的发展成果。

参加本书的撰写者都是从事隧道设计、施工、教学和科研的一线技术人员,对于新奥法的设计、施工和管理技术有着丰富的经验和深刻的认识。书中凝结了他们对新奥法的理解和多年的实践经验,并包含了比较成熟的部分研究成果。本书各章节撰写的具体分工如下:

第 1 章冯紫良、章曾焕,第 2~4 章张清照,第 5 章钱文斐、职洪涛、章曾焕,第 6 章戴建国、刘发前、章曾焕,第 7 章冯紫良,第 8 章冯紫良、戴建国,第 9~11 章高金康、范厚彬、周联英、徐正明,第 12 章章曾焕、高金康、范厚彬、周联英,第 13 章冯紫良、章曾焕,第 14 章章曾焕、戴建国、高金康、范厚彬、周联英、魏水平、钱文斐、冯紫良。全书各章节由冯紫良、章曾焕两人统稿。

在内容和章节编排中,我们力求使科学性、实用性、全面性和前瞻性等成为本书的特点,并汇集了大量的国内外新奥法隧道设计、施工和管理方面的理论和实践经验。希望读者能从本书中得到借鉴和参考,能够对新奥法的积极推广和发展有所裨益。

本书的编写出版过程中得到了陆德庆、程鸿鑫两位先生的指导和帮助;得到了上海市工程设计研究总院(集团)有限公司、浙江省交通工程建设集团有限公司、浙江宁波甬台温高速公路有限公司、浙江舟山跨海大桥有限公司、同济大学地下建筑与工程系的大力支持,谨此表示诚挚的感谢和敬意!同时本书引用了大量的参考文献,谨以此书表达对这些文献作者们的敬意!

限于作者的水平和有限的撰写时间,疏漏、差错之处难免。不当之处恳请读者批评指正。

冯紫良 章曾焕

2013.8

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是新奥法?	2
1.2 新奥法是哲理还是施工技术?	3
1.3 新奥法的安全问题	4
1.4 新奥法的新进展及其优缺点	5
1.5 本书的内容	6
参考文献	7
第 2 章 工程地质与勘察方法	9
2.1 概述	10
2.2 工程勘察方法	15
2.3 新奥法隧道工程勘察	28
参考文献	36
第 3 章 围岩的工程力学性质	37
3.1 概述	38
3.2 岩体的定义	39
3.3 岩石的基本物理性质	39
3.4 岩石的强度特性	44
3.5 岩石的变形特性	53
3.6 岩石力学试验	59
参考文献	71
第 4 章 初始地应力与工程围岩分类	73
4.1 初始地应力	74
4.2 隧道围岩分级简述	82
4.3 工程围岩代表性分类	95
4.4 隧道围岩分级	100
参考文献	113
第 5 章 隧道总体规划与设计	115
5.1 隧道设计总则与控制要素	116
5.2 隧道规划	120
5.3 隧道位置选择	125
5.4 隧道线路剖面设计的基本方法	127

5.5	洞口设计	143
5.6	洞室	147
5.7	通风系统	150
5.8	电器与照明系统	170
5.9	安全设施与防火系统	176
5.10	防水与排水系统	179
5.11	隧道抗震	185
5.12	隧道耐久性	194
5.13	环境保护	198
5.14	开挖及施工顺序	200
5.15	开挖方法及适用准则	203
5.16	特殊地质条件下的隧道施工	213
	参考文献	221
第 6 章	新奥法隧道结构设计方法	223
6.1	概述	224
6.2	隧道设计基础知识	230
6.3	隧道结构设计内容	243
6.4	工程类比法与标准设计	264
6.5	解析计算方法	274
6.6	动态分析方法	290
6.7	基于地层变形的抗震分析方法	321
	附录 A 围岩分级有关规定	336
	参考文献	338
第 7 章	风险分析和管理	341
7.1	概述	342
7.2	危险的识别	346
7.3	风险的评估	349
7.4	风险的决策与控制	353
7.5	风险的管理	356
7.6	风险管理工具	369
7.7	早期设计阶段的风险管理	372
7.8	招投标阶段的风险管理	374
7.9	设计与施工阶段的风险管理	377
7.10	实例：哥本哈根地铁风险管理经验	379
	参考文献	385
第 8 章	数值分析	387
8.1	引言	388
8.2	施工模拟技术	396
8.3	岩土材料性质的模拟	412

8.4	支护结构的模拟	425
8.5	计算网格的准备	434
8.6	计算结果的检验与解释	438
	参考文献	441
第9章	新奥法施工方法与工艺	445
9.1	概述	446
9.2	新奥法施工技术	447
9.3	隧道掘进时围岩破坏机理	474
9.4	开挖面分割方法	475
9.5	岔洞与多重隧道相交叉复杂结构施工	478
9.6	施工材料与设备	481
9.7	地层运动的控制与监控	483
9.8	环境保护和节能	485
	参考文献	487
第10章	隧道施工组织设计	491
10.1	编制内容	492
10.2	设备配置和劳动组织	497
10.3	技术质量安全措施	500
10.4	特殊地质隧道专项措施	509
10.5	隧道工程环境保护	513
	参考文献	515
第11章	隧道施工监测	517
11.1	隧道监控量测的意义和作用	518
11.2	量测方法及仪器装备	519
11.3	量测方案设计	521
11.4	量测数据处理分析	522
11.5	量测结果反馈	524
11.6	地质超前预报	526
11.7	隧道监控量测方案实例	536
	参考文献	548
第12章	隧道工程现代质量管理	551
12.1	工程设计管理	552
12.2	施工管理体系	559
12.3	质量控制体系	561
12.4	应急救援预案	564
12.5	工期保证体系	568
12.6	投资成本控制	570
12.7	安全生产控制	588

12.8 环保施工控制	592
参考文献	595
第 13 章 隧道工程的可持续发展	597
13.1 概述	598
13.2 可持续地下工程的发展方法与内容	599
13.3 隧道可持续性发展水平的评价	601
13.4 环境的保护	603
13.5 设计中的创新	609
13.6 隧道衬砌的可持续发展	613
参考文献	617
第 14 章 新奥法隧道工程案例（光盘版）	1
14.1 新奥法在悬索桥隧道锚碇基础中的应用	2
14.2 软岩隧道施工实例	17
14.3 贵阳市图云关隧道设计	26
14.4 新岭隧道小净距拓宽工程	37
14.5 新奥法在竖井建设中的应用	47
14.6 某特长隧道施工方案设计	67
14.7 公路隧道坍方处理实例	71
14.8 城市超浅埋隧道的新奥法施工研究	75
参考文献	86

第 1 章 绪 论

- 1.1 什么是新奥法?
 - 1.2 新奥法是哲理还是施工技术?
 - 1.3 新奥法的安全问题
 - 1.4 新奥法的新进展及其优缺点
 - 1.4.1 1980 年以后的新奥法发展
 - 1.4.2 新奥法的优缺点
 - 1.5 本书的内容
- 参考文献

第 1 章 绪 论

1.1 什么是新奥法？

新奥法的英文写法为 NATM，是新奥地利隧道工法（New Austrian Tunnelling Method）的英文词头缩略词。现有的文献研究表明，新奥法一词最早源自 Rabcewicz 于 1964 年的英文文章，文中重新阐述了 1962 年他在德国 Salzburg 第十三次岩土力学讨论会的演讲中首次提出新奥法隧道施工实践中的一些基本概念，其名称前冠以“新”字是以区别于老的奥地利隧道工法。在新奥法形成过程中的主要贡献者是 Ladislaus Von Rabcewicz、Leopold Müller 和 Franz Pacher。

新奥法在技术上的发展历程如表 1-1 所示。

新奥法的发展历程 表 1-1

1908~1911	美国标本制作师 Akeley 发明旋转式喷射混凝土机械
1914	喷混凝土技术应用于美国的 Denver 煤矿。
1948	德国 Rabcewicz 在隧道中引入两次衬砌系统
1954	Bruner 在隧道施工中应用喷射混凝土稳定挤压地层
1955	Rabcewicz 发展了地层锚固技术
1956~1958	诞生第一条在奥地利人指导下开挖的新奥法隧道（加拉加斯 Caracas 公路隧道）
1958	Bruner 获得奥地利专利权 197.851
1958	Talobre 在法语书中首次提及岩石力学，并在 Salzburg 和 Lisbon 获得初步的发展，从而开始揭示隧道施工过程中的岩体行为
1960	Müller 教授首先领悟到系统地进行量测的重要性
1962	Rabcewicz 在 Salzburg 第十三次岩土力学讨论会的演讲中提出新奥法
1964~1965	Rabcewicz、Fenner、Pacher 等学者的系列文章发表使新奥法迅速地传播至世界隧道界
1969	Müller 教授在法兰克福城市软土地下铁道建设中首次应用新奥法
1980	因文献中存在的矛盾，奥地利重新定义了新奥法

我国的地下工程领域中，新奥法的应用也得到了高度的重视。20 世纪 50 年代喷混凝土和锚杆技术已开始在矿山隧道中应用。60~70 年代喷锚支护已在铁路隧道中推广应用，1983 年用新奥法在复杂地层中建成大瑶山铁路隧道，1990 年我国第一条用浅埋暗挖法施工的城市土层隧道——复兴门地铁站成功建成，90 年代新奥法在城市交通隧道和公路隧道中得到了普遍的应用。

新奥法的最主要思想是利用围岩的应力来稳定隧道，它的主要发明者 Rabcewicz 1964 年解释该方法为“……一种新的方法，由喷混凝土薄层组成，尽可能早地通过封闭底拱形成环状的辅助拱，其变形将作为一个时间的函数进行量测，直至平衡为止”。

随后工程师们不断发表了许多文章，他们寻求揭示在新奥法背后的思想，甚至产生了一些概念上的冲突。1980 年国际隧道协会奥地利地下工程委员会为消除文献中产生的冲突，对“新奥法”赋予了如下新定义：“新奥法的基本概念是通过激活环状地层支承体，使地下孔洞周围的岩土体变成荷载支承结构的一个部件。”

然而这遭到了 Kavari (1993) 和其他一些学者的挑战。Kavari 认为按新奥法的定义，岩体变成支护的一个部分。但仔细观察即可发现这一概念是无依据的。因为在任何一个隧道中，不管

选用哪一种方法施工,地层必定是支护结构的一个部分。Kavari 还认为声称可以按照 Fenner—Pacher 地层反力曲线优化隧道衬砌的设计是新奥法理论的另一个基本错误:鉴于无论理论或是实践均不存在这种优化,因此该声称是毫无根据的。进而 Kavari 指出造成这种错误概念能够博得工程界长期信赖的原因:新奥法是一个模糊的术语,以致难以从逻辑上论证其不正确性。

另一位新奥法的倡议者, Müller 教授(1978)提议:“新奥法,更正确地说,是一个拥有一系列原则的隧道施工概念……因此,按作者的观点甚至不能称它为一种隧道施工方法”。

从众多文献中可归纳出下列新奥法的主要原则:

- (1) 洞周岩土强度应得到保护,并尽可能最大限度地加以利用。
- (2) 用控制地层变形的方式调动地层的强度。必须避免过度的变形,否则将产生损害地层的强度或导致地表的严重沉降。
- (3) 初期支护由系统岩石锚杆和半柔性的喷混凝土衬砌组成,以达到上述第(2)点的效果。永久支护通常在后阶段实施。
- (4) 环状支承体的封闭时间应与具体的岩土条件相协调。
- (5) 进行实验室试验和地层、支护的现场监测。
- (6) 所有参与新奥法隧道设计、施工、监理的人员必须理解和接受新奥法基本原则,并通力合作地解决发生的各种问题。
- (7) 无支撑空间的长度应尽可能地短。

上述原则试图全面地包含各种类型的隧道和地层的要求。然而,墨菲 1994 年提出观点^[5]:一个特定的应用既不必包含新奥法原则的每一个要素,也不可能为了归入新奥法工程而这样做。

新奥法被一些机构,甚至被某些作者加入一些新的特征,或不管它的某些主要原则,以服务于他们特定的隧道施工目的,或消除所谓冲突。他们把新奥法重塑或裁剪为一种与众不同的隧道施工哲理或技术以适合他们的定义。新奥法被英国土木工程师协会改名为 SCL(喷混凝土衬砌)用于软土隧道。他们声称新奥法的任何软土应用都与下列主要措施相关:①开挖阶段无论是开挖的尺寸还是开挖时间都必须足够的短;②初次支护,特别是喷混凝土环的封闭不可延误。

由于这两条措施在原有的软土应用新奥法哲理中未曾使用过,英国土木工程师协会甚至认为在喷混凝土衬砌应用中并没有应用任何新奥法哲理,而是应用了在新奥法中常用的一些施工技术。

1988 年奥地利学者 Sauer 给出了新奥法的可更广泛应用的一般化定义:“新奥法是一种采用所有可利用的方法发展岩土体的最大自承能力,以提供地下洞穴的稳定性的方法。”

Bowers(1997)提出一种观点,认为定义的问题是一种施工过程本质的描述,但对于安全工作的实践来说具有较少的相关性,故不必去深究了。

对于新奥法的争论历来久远,这是因为新奥法是来自广泛的直觉经验的积累,而不是从理性的演绎证明而得来的。但是新奥法的存在是无可争辩的,在世界范围内的实践的成功也是无可争辩的。确实不值得使劲地去争辩其名称。

综上所述,无论新奥法如何定义,它与其他隧道施工方法相比还是具有与众不同的显著特点,并且将以不同的名称继续地在全世界得到应用。它的定义应融合下列各项含义:

- (1) 应用地层作为支承体系的一个部分;
- (2) 以喷混凝土层,或辅以锚杆、拱架等构成的初期支护以最优的变形达到平衡;
- (3) 应用地层支护反力曲线适时地封闭环状支承体,并进行系统的量测监视地层的反映;
- (4) 采用二次衬砌稳定隧道。

1.2 新奥法是哲理还是施工技术?

当隧道工程师在谈及新奥法时,他们常常意指不同的事物。因为其中有的认为新奥法是一种

特殊的施工技术，而有的则认为是一种哲理。

除了官方定名的新奥地利隧道施工法之外，还有许多其他的名称：英国土木工程师协会的“喷混凝土衬砌法（SCL）”，美国的“序列施工法（SEM）”，挪威的“挪威隧道施工法（NMT）”，法国的“收敛限制法（Méthode convergence-confinement）”，在德国也有称“喷混凝土施工法（Spritz Betonbauweise）”的。在日本有时还用其他的名称，如中心分割墙新奥法、横截面连续墙法（两者均缩写为 CDM），甚至还有上半部垂直分割法（UHVS）。我国的浅埋暗挖法也是一种特定的新奥法名称。显然，对于新奥法这一广泛使用的方法，不可能找到一个统一使用的名称。

对于新奥法必须区分作为隧道工法哲理的新奥法和作为一组开挖与支护的施工技术的新奥法。由 Rabcewicz 提出的硬岩条件下的新奥法的哲理原貌，在软土地层的应用中已有相当大的修正与发展，这些修正与发展引起了混乱。如同 Emit Brown 指出的，新奥法可以被认为既是设计哲理，同时也是施工方法。

（1）新奥法的哲理

新奥法设计哲理的关键特征为：

- 1) 应该尽最大可能调动隧道周围地层的强度。
- 2) 调动地层强度的方法是允许控制地层的变形。
- 3) 先安装初期支护，初期支护的荷载变形特征要适合于地层条件，施筑时间与地层变形密切配合；而永久支护的施工通常于最后阶段进行。
- 4) 安装仪器进行监测初期支护体系的变形及其荷载。监测的结果将形成初期支护（和永久支护）和序列开挖的变更依据。

上述特征中的 1) ~ 3)，是绝大多数隧道（特别是硬岩地层中的）的共性，而不管使用什么形式的初期支护。正确认识到这一点是十分重要的。

（2）新奥法的施工技术

当认为新奥法是一个施工方法时，其关键特征是：

- 1) 序列化地进行隧道的开挖和支护，开挖的顺序和开挖面的面积是可以变化的。
- 2) 初期支护由喷射混凝土组合下列某些或全部措施：
 - ①钢筋网；
 - ②钢拱架（通常为格栅拱）；
 - ③地层加固（例如岩石锚杆，超前管棚）。
- 3) 永久支护常常（但不是不可变的）被设计成为分离的、现场浇注的混凝土衬砌。

鉴于土层中的变形不易控制，在施工中可以采用新奥法的施工方法，即采用序列化的开挖和喷混凝土衬砌，而没有必要固守于新奥法早期的某些哲理。

1.3 新奥法的安全问题

隧道施工历来风险较大，采用新奥法施工的也不例外。特别是在软土地层中的施工，对地层的变形更是难以控制。在 20 世纪 90 年代国际隧道界曾发生过两起著名的新奥法隧道施工事故。两起事故是指 1994 年 9 月 20 日在慕尼黑一条街道下正在施工中的隧道坍塌和同年 10 月 21 日随之发生的伦敦希思罗机场中心正在施工的一条隧道坍塌。

这两起事故引起了工程界和一般公众的广泛关注，人们提出了质疑：这种隧道施工的方法可能注定是不安全的。为此，英国土木工程师协会指定了一个委员会负责对此作出解答。隧道大塌方事件也引发了英国健康和安全生产局（HSE）的严重关注，于是组织了调查组对新奥法进行了一次彻底的检查，检查了自新奥法诞生以来的 39 个施工中的破坏案例。对破坏部位的分类表明

大部分的破坏是由导洞的坍塌引起的。一般来说，引起破坏的具体原因是多种多样的，其中有遇到意料之外的地质条件、设计错误、施工质量、管理不善等。但在新奥法施工破坏事故中有一点是共同的：绝大部分都是由人们的失误引起，即不是方法的错误而是方法的错误运用。

在被称为“英国现代史上最糟糕的土木工程灾难”的希思罗隧道大塌方事故中，HEX 车站是由两个平行的站台隧道组成。破坏是从一个站台隧道的联结横通道薄壳结构开始的，结果用了超过 $10,000\text{m}^3$ 的混凝土注入了隧道，以阻止进一步的坍塌。因土体的流失导致地面建筑物的毁坏，工程总承包商和分包商均遭到了起诉。

在检查中发现引发破坏处的混凝土底拱厚度，施土中以 50mm 替代了 500mm。而在在隧道膝部的收敛变形量测记录中发现：在 10 月 1 日之前为约每天 0.7mm，而在 10 月 1 日之后便加速为每天 3mm。在这种情况下，在长达约两周的时间内未能采取有效的措施，最终发生了这次严重事故。

从希思罗大塌方事件中，人们可以吸取的教训是：

- (1) 施工、监测和控制管理人员之间的良好协调不可缺少；
- (2) 对于施工的细节需要操作人员具有良好的施工技艺；
- (3) 地表沉降需要监测与控制；
- (4) 结构的损伤（如喷混凝土的裂缝）不可忽视；
- (5) 补偿注浆的压力必须保持在预先的规定值之下；
- (6) 修缮工作要比施工本身更加细心谨慎。

1.4 新奥法的新进展及其优缺点

1.4.1 1980 年以后的新奥法发展

尽管存在着对于新奥法的种种争论，在实践中新奥法却得到越来越广泛的应用，并取得了可谓辉煌的发展，具体体现在下列几个方面：

(1) 新奥法施工技术本身取得了很大的进步，使施工工艺水平达到了更高的层次：

1) 新奥法的施工装备中有了性能优越的大型钻机、现代化的隧道掘进机，并诞生了“柔性”的爆破开挖技术。从而使隧道施工所必需的人员劳动力大为减少。

2) 喷射混凝土成为万能的支护工具，喷混凝土机器人的产能达到了每小时 20m^3 。使用钢纤维加强的喷混凝土技术已普及。

3) 锚杆的规格化发展使每一种需求都有相应类型的锚杆可使用。

(2) 新奥法的理论基础也获得了令人瞩目的进步：

1) 岩石力学的概念（如岩石力学的分类等）已能体现在每一个隧道工程的设计与施工中；

2) 计算机数值分析已能对任何开挖的方式进行模拟计算。

(3) 在世界范围内新奥法得到了普遍的应用：

1) 新奥法几乎已被每一条不太长的山岭隧道所采用。

2) 实际施工中也不需要如早期的新奥法应用那样，必须请奥地利的隧道专家来进行指导。并且隧道施工已变得如其他土木工程一样的安全。

1.4.2 新奥法的优缺点

世界范围内出现了许许多多按新奥法原理建成的隧道。这就意味着当针对潜在的危险进行了合适的设计后，新奥法常常具有压倒性的优势。

(1) 新奥法的主要优点：

1) 具有对开挖不同的几何形状（如竖井、岔洞、非圆形断面和变断面的隧道）和很大尺寸断面隧道应用的适应能力；

- 2) 在隧道开挖期间不需要使用某些昂贵的 TBM 设备;
- 3) 易于安装各种辅助支护措施, 如岩石锚杆、土钉、钢拱肋等;
- 4) 易于安装防水薄膜;
- 5) 便于实施对变形和应力重分布的监测, 以便采取必要的预防措施;
- 6) 通过确保支护具有足够的地压荷载支承能力而又不过度, 使总体支护成本较低;
- 7) 喷混凝土支护的使用, 可令地层和支护紧密地接触;
- 8) 易于敷设初期支护;
- 9) 适合于各种不同的地层条件。

(2) 新奥法的缺点:

- 1) 对软土地层的施工适应能力较差, 易引起地面沉降。
- 2) 在具有高渗透性的地层中, 不适用于地下水位以下的工程施工。
- 3) 施工速度相对较慢。
- 4) 新奥法要求全体员工对新奥法概念的正确理解和有关各方的通力合作、相互配合。否则风险很大, 易于发生事故。

1.5 本书的内容

本书共分 14 章, 较系统地阐述了新奥法隧道工法的概念、勘察、设计、施工、管理及今后发展等各个方面。第 1 章介绍了新奥法的起源、发展以及它的主要思想的演变, 讨论了新奥法实施过程中的安全性和在技术和理论领域的新进展。第 2 章介绍了新奥法隧道地质勘察的要求、方法和具体的工作内容。第 3 章阐述了围岩的工程力学性质及其参数的获取方法。第 4 章首先介绍了初始应力场的概念及其测试方法, 然后详细地阐述了围岩的分级方法及其确定原则。

第 2 章至第 4 章为地质勘察板块。其中第 2 章介绍了地质勘察与工程调查的过程和详细的实施方法, 重点阐述了交通隧道工程各个勘察阶段的工作要求和内容。第 3 章阐述了隧道围岩的工程力学性质, 重点阐述与隧道工程建设密切相关的岩石强度和变形特性及其试验方法。第 4 章阐述了初始地应力与工程围岩分类: 首先介绍了对新奥法隧道工程建设有着重要影响的地层初始应力概念及其获取方法; 然后阐述了隧道围岩分级的原则和具体实施方法。

第 5 章是隧道总体规划与设计, 文中对有关隧道工程建设的几乎所有方面都进行了符合现行规范的认真介绍, 其中包括: 隧道的选址, 隧道线路剖面设计, 洞口和洞室的设计, 通风、照明和监控, 安全设施与防火系统, 防水与排水, 抗震与耐久性, 环境保护, 施工开挖以及在特殊条件下的隧道施工设计等。本章有助于读者在进行新奥法隧道设计、施工和管理的决策时, 具备一个全面的隧道工程建设知识背景。

第 6 章是隧道结构设计, 文中首先介绍了若干隧道设计基础知识和设计规范规定的具体要求和设计内容。然后阐述了主要依据围岩分级的工程类比设计方法及其设计步骤。接着重点阐述了依据新奥法理论的解析计算和动态分析设计方法, 前者包括荷载结构法、地层结构法和收敛限制法等, 后者包括预设计、监控量测、超前预报、数据反馈设计等。该章以介绍基于地层变形的抗震设计分析新方法为结尾。

第 7 章是风险分析和管理。全章主要是以国际隧道协会推荐的《隧道工程风险管理指南》为框架, 结合我国的工程实践撰写而成。文中较详细地讨论了隧道工程各种危险源的识别, 风险的评估、决策和在各个工程建设阶段实施的具体风险管理, 并附有风险管理的工程实例。

第 8 章是数值计算与分析。文中首先阐述了能够完善而方便地反映新奥法隧道开挖、支护等复杂施工过程变化的一种非线性计算技术——变体系分析技术。然后, 较详细地阐述了计算机分析中各个环节的关键技术细节: 初始状态的设置, 边界条件的处理, 围岩、喷混凝土和衬砌结构

及其相互作用的模拟, 网格的准备, 计算成果的检查 and 解释等。最后介绍了当前隧道工程常用的若干计算软件。

第 9 章从新奥法“少扰动、早喷锚、勤测量、紧封闭”的基本原则出发, 较详细地介绍了新奥法施工技术要求, 其中包括隧道开挖、开挖面辅助稳定、初期支护和二次衬砌等各个方面。还根据隧道掘进围岩破坏机理, 介绍了开挖面的分割方法、岔洞与多重隧道相交叉等复杂结构的施工技术和方法。

第 10 章阐述了编制隧道施工组织设计, 其中包括施工组织设计、设备配置和劳动组织、技术质量安全措施、特殊地质隧道专项措施和隧道工程的环境保护等项内容。重点介绍了洞口、洞身、防坍塌、初期支护、隧道施工防排水、衬砌施工以及隧道混凝土耐久性等技术保证措施和隧道质量保证措施。

第 11 章是隧道施工监测, 阐述了监控量测的意义和作用, 监测的仪器装备和使用方法、量测方案设计的内容、数据处理和信息反馈管理等。文中还附有监控量测在实际工程中应用的实例。此外该章还阐述了地质超前预报的意义、具体实施的方案、方法和内容等, 并着重介绍了岩溶地区地质超前预报的 TST 技术。

第 12 章是隧道设计与施工现代管理, 阐述了现代化的管理理念、管理要素、管理方法, 对工程全过程、全方位进行全面质量管理。通过对设计质量和施工质量的管理, 达到对质量控制、进度控制、投资控制、合同控制、安全生产控制、文明施工控制、环境保护控制的目标。

第 13 章讨论了隧道工程可持续性的发展。文中展示了隧道工程中的可持续性策略和一些具体的实施方法, 重点阐述了隧道工程可持续性的评价方法、城市隧道选线和施工中的环境保护、隧道设计中的创新和隧道衬砌技术的世界最新发展成果。

第 14 章是工程案例。共汇集了 8 个在不同情况下应用新奥法思想和技术的隧道工程。这些工程的用途不一, 其中有公路隧道、地铁隧道, 还有竖井和用于悬索桥的隧道式锚碇等。工程遇到的关键问题各异: 有遇到不良地质条件的、有碰上软土地段易塌方问题的、有受到城市地面构筑物变形严格约束的等等。这些工程案例绝大多数都是本书作者团队亲身经历的工程。

参考文献

- [1] Rabcewicz, L. Aus der Praxis des Tunnelbaus, Einige Erfahrungen über echten Gebirgsdruck, Geologie und Bauwesen, Jg. 27, Heft 3-4, 1962.
- [2] Rabcewicz L. The New Austrian Tunnelling Method, Part one, Water Power, November 1964, 453-457, Part two, Water Power, December 1964, 511-515.
- [3] Rabcewicz L. The New Austrian Tunnelling Method, Part one, Part Three, Water Power, January 1965, 19-24.
- [4] Müller L. The reasons for unsuccessful applications of the New Austrian Tunnelling Method, Tunnelling Under Difficult Conditions, Proceedings of the International Tunnel Symposium, Tokyo, Pergamon Press, 1978. 67-72.
- [5] Murphy P. & Deane T. Twenty-five years of NATM: a UK perspective, Tunnels & Tunnelling, May 1994, Vol. 26, 61-64.
- [6] ICE, Design & Practice Guides: Sprayed concrete linings (NATM) for tunnel in soft ground, Thomas Telford, London, 1996.
- [7] Sauer G. When an invention is something new: from practice to theory in tunnelling, Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy, 1988. Vol. 97, Section A, A94-A108.
- [8] Bowers K. H. An Appraisal of the New Austrian Tunnelling Method in Soil and Weak Rock, PhD Thesis, The

- University of Leeds, 1997. 254.
- [9] M. Karakuş & R. J. Fowell, An insight into the New Austrian Tunnelling Method (NATM), ROCKMEC' 2004-VIII th Regional Rock Mechanics Symposium, Sivas, Türkiye, 2004.
 - [10] K. Kovári, Erroneous Concepts behind NATM, Rabcewicz Geomechanical Colloquium, Salzburg, Octobre 14, 1993.
 - [11] Appraisal of the New Austrian Tunnelling Method in Soil and Weak Rock, PhD Thesis, The University of Leeds, 254.
 - [12] Victor Romero, NATM IN SOFT-GROUND: A CONTRADICTION OF TERMS? World tunneling, 2002/(3), 338-343.
 - [13] Health & Safety Executive. Safety of New Austrian Tunnelling Method (NATM) Tunnels, A review of sprayed concrete lined tunnels with particular reference to London Clay, HSE Books 1996.
 - [14] Institution of Civil Engineers. Sprayed concrete linings (NATM) for tunnels in soft ground. ICE design and practice guide, London, UK Thomas Telford Publishers, 1996.