

隧道施工法中的“新奥法”介绍岩土工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/644/2021\\_2022\\_\\_E9\\_9A\\_A7\\_E9\\_81\\_93\\_E6\\_96\\_BD\\_E5\\_c63\\_644439.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/644/2021_2022__E9_9A_A7_E9_81_93_E6_96_BD_E5_c63_644439.htm)

摘要“施工方法”与“工程理论”是两个不同的概念。“新奥法”应定义为一种“施工方法”。它肯定是存在的,而且应当给与这种施工方法相对应的现代隧道工程理论一个明确且恰当的名称,即可以称之为“围岩承载理论”。关键词 新奥法 现代隧道工程理论 围岩承载理论 德国隧道学家Kovari教授在1993年萨尔茨堡地质力学讨论会上发表了题为《新奥法是否存在?新奥法的错误原理》的文章。该文在隧道及地下工程界引起了一场不大不小的争议。为此,德国交通与道路工程研究协会隧道工作组在德国Tunnel杂志1994年第二期上发表文章,对Kovari教授的观点进行了辩驳。对于该辩驳文章所阐述的基本观点,相信大多数隧道工作者是赞同的,但是本文作者对这两篇文章中所提出的某些问题另有看法。故就这些有争议的问题发表个人看法。本文的基本观点是:作为一种施工方法,“新奥法”肯定存在,但是,与这种施工方法相对应的工程理论还没有一个明确且恰当的名称。笔者认为:a.应将隧道及地下工程的“施工方法”与“工程理论”作为两个概念加以明确区分。b.还应给以锚杆喷射混凝土作为基本支护手段的现代隧道工程理论提出一个明确且恰当的命名。1 两个不同的概念 开挖和支护是隧道及地下工程施工的两个基本工序,也是关键工序。其关键在于二者的对立统一关系,即:如何开挖才能更有利于保持围岩稳定和便于支护;又如何支护才能更有效地保证围岩稳定和便于开挖。围绕着开挖和支护的实践和研究,在不同的时

期,人们提出了不同的工程理论,并逐步建立了不同的理论体系。每一种理论体系都包含和解决了(或正在研究解决)从工程认识到力学原理,从工程措施到施工原则等一系列工程问题,并且得到了广泛的应用和发展。在多种理论并存的条件下,常难以避免地存在着概念乃至方法上的混淆不清等问题。目前,在隧道及地下工程领域就一定程度地存在着“施工方法”和“工程理论”概念不清的问题。就概念而言,“施工方法”与“工程理论”是两个不同的概念。这两个不同的概念可以表述如下:“施工方法”是开挖和支护等工序的组合,或者定义为各工程措施的实施过程及手段。“工程理论”是人们对工程问题的认识(即概念)、力学模型的建立、工程措施的选择原则及工艺流程的设计思想的总和或核心表述。明确了这两个概念以后,就可以用逻辑学的方法来得出推论:设“施工方法”=A,“工程理论”=B,显然,A不等于B。Kovari教授指出“新奥法不存在”的理由是:有些文献将“新奥法”解释为一种施工方法,而另一些文献将它解释为一个概念或一种理论。因此他得出了这样的结论。这个结论在逻辑上是正确的,因为“新奥法”不可能既是A,又是B。然而在实际工程中,“新奥法”不论是作为一种施工方法,还是作为一种工程理论都已被广泛应用着,可见它是存在的。之所以出现这样的状况,这既不是逻辑学的错误,也不是“新奥法”本身的错误,而是长期以来没有给它一个明确的定义所带来的误解。自从“新奥法”与“锚喷支护和量测”一起被引介到中国后,“新奥法”这个名词就很快被众多的隧道工作者所接受。而且也曾经有人给它下过定义,即试图确认它究竟是一种“施工方法”抑或是一种“工程理论”。但遗憾的是至今还没有一个明确的和有

权威的定义。那么,“新奥法”究竟是一种“施工方法”,还是一种“工程理论”呢?目前,我国已经有更多的隧道工作者偏向于将其解释为一种“施工方法”。但在包括教科书、技术总结甚至技术规范在内的许多有关文献中,有的干脆不提“新奥法”而只提“锚喷支护”;或者只言“隧道新奥法”而不解释其含义;或者将其解释为既是一种“施工方法”,又是一系列指导设计和施工的原则(意为一种理论)。这种状况,或许是我国隧道工作者对前述问题作了一个高明的回避吧。也难怪kovari教授会得出那样的结论,大概他也是遇到了同样的问题。这种似A似B而又非A非B的状况,不仅给科研、教学、设计和施工人员之间的交流带来一些不便,而且造成概念的混淆,也在一定程度上影响了它的推广应用和发展。尤其是在教师教授学生的时候,更存在双重困难,即教师讲解困难和学生理解困难。教师对“新奥法”的解释要么似是而非,要么避而不谈,总不能自圆其说。学生要理解一个似是而非的东西,也总抓不住要领,仿佛是理解一个看得见摸不着的UFO。而要到工作中去真正透彻地理解它,大概还需要不短的时间。因此,建议将“新奥法”定义为一种“施工方法”,以区别于“工程理论”。那么毋庸置疑地,“新奥法”肯定是存在的了。而且如果奥地利真地为它申请了专利权的话,作为一种“施工方法”而获得专利权是可以理解的,但作为一种“工程理论”而申请并获得专利则是令人难以理解和接受的。

## 2 围岩承载理论

目前,在隧道及地下工程领域中被广泛应用的“工程理论”主要有两种理论。一种是20世纪20年代提出的“松弛荷载理论”。其核心内容是:稳定围岩显然有自稳能力,因而不产生荷载;不稳定围岩可能发生坍塌,因而要用支护结构来承载。作用

在支护结构上的荷载是围岩在一定范围内的松弛并可能坍塌的岩体重量。代表性的人物有泰沙基（K.Terzaghi）和普氏（ ）等人。这是一种传统的理论,它考虑问题的思路类似于地上工程,并且已发展到了一个相当的水平,至今仍被广泛应用着。另一种是20世纪60年代提出的以锚杆喷射混凝土作为基本支护手段的现代隧道工程理论,或称为“围岩承载理论”（简称“岩承理论”）。其核心内容是：围岩稳定显然是其自身有承载自稳能力；不稳定围岩丧失稳定却是有一个过程的,如果在这个过程中提供必要的帮助或限制,则围岩仍然能进入稳定状态。代表性的人物有腊布希维兹（K.V.Rabcewicz）、米勒-菲切尔（Miller-Fecher）、芬纳-塔罗勃（Fenner-Talobre）和卡斯特耐（H.Kastener）等人。这是一种比较现代的理论,它已经脱离了地上工程考虑问题的思路,而更接近于隧道及地下工程实际。近半个世纪以来已被广泛接受和推广应用,并且表现出了广阔的发展前景。由上不难看出,在解决隧道及地下工程问题时,前一种理论更注意结果和对结果的处理,即被动地接受了开挖坑道后围岩的任何变化结果。而后一种理论更注意过程和对过程的控制,即主动地对围岩自承能力加以充分利用和弥补（加固处理）。经过长期的应用、研究和充实,这两种理论已逐步形成两大理论体系,并且在原理、措施和方法上表现出不同的特点。两大理论体系的比较说明见附表1 表1 两大理论体系的比较说明

松弛荷载理论围岩承载理论认识围岩虽然有一定的承载能力,但极有可能因松弛的发展而致失稳,结果是对支护结构产生荷载作用。即视围岩为荷载的来源。围岩虽然可能产生松弛破坏而致失稳,但在松弛的过程中围岩仍有一定的承载能力,具

有三位一体特性。对其承载能力不仅要尽可能地利用，而且应当保护和增强。即视围岩为承载的主体。工程措施支护根据以往工程对围岩稳定性的经验判断，进行工程类比，确定临时支撑参数。考虑到隧道开挖后，围岩很可能松弛坍塌，常用型钢或木构件等刚度较大的构件进行临时支撑，盾构是临时支撑的最佳形式。待隧道开挖成型后，逐步将临时支撑撤换下来，而用整体式衬砌作为永久性衬砌。根据量测数据提示的围岩动态发展趋势，确定初期支护参数。为了控制围岩松弛变形的过程，维护和增强围岩的自承载能力，常用锚杆和喷射混凝土等柔性构件组合起来对围岩进行加固（称为喷锚支护）。这是初期支护常用的组合形式，必要时可增加超前锚杆或钢筋网甚至钢拱架。初期支护与围岩共同构成隧道的复合式承载结构体系。开挖常用分部开挖，以便于构件支撑的施作。钻爆法或中小型机械掘进。常用大断面开挖，以减少对围岩的扰动。钻爆法或大中型机械掘进。松弛荷载理论围岩承载理论工程措施优缺点

a. 构件临时支撑直观、有效，容易理解，工艺简单，易于操作；

b. 当围岩松散破碎甚至有水时，需满铺背材，也能奏效；

c. 临时支撑的拆除既麻烦又不安全，不能拆除时，既浪费又使衬砌受力条件不好；

d. 一般必须在开挖后再支撑，故一次开挖断面的大小受围岩稳定性好坏的限制，因而开挖与支护之间的相互干扰较大，施工速度较慢。

a. 锚喷初期支护按需设置，适应性强，工艺较复杂，对围岩的动态量测要求较高；

b. 当围岩松散破碎甚至有水时，需采用辅助方法（如注浆）来支持，才能继续施工；

c. 初期支护无须拆除，施工较安全，支护结构受力状态较好；

d. 由于采用了锚喷支护，且可以超前支护，故一次

开挖断面可以加大，因而减少了开挖与支护之间相互制约的程度，给快速掘进提供了较为便利和安全的条件，施工速度较快。方法传统矿山法；日本称之为“背板法”。新奥法；我国隧道规范现改称为“喷锚构筑法”。

力学原理土力学。视围岩为散粒体，计算其对支撑或衬砌产生荷载的大小和分布状态。结构力学。视支撑和衬砌为承载结构，检算其内力，并使之受力合理。建立的是“荷载 - 结构”力学体系，以最不利荷载作为衬砌结构的设计荷载。但衬砌实际工作状态很难接近其设计工作状态。以往据此所作的大比例隧道结构荷载模型试验，并无多大参考价值。

岩体力学。视围岩为具有弹 - 塑性的应力岩体，分析计算围岩在开挖坑道前后的应力 - 应变状态及变化过程。并视支护为应力岩体的边界条件，起调节和控制围岩的应力 - 应变的作用，检验作用的效果并使之优化。建立的是“围岩 - 支护”力学体系，以实际的应力 - 应变状态作为支护的设计状态。实际工作状态较易接近设计工作状态。

理论要点

- 开挖隧道后，围岩产生松弛是必然的，但产生坍塌却是偶然的，故应准确判断各类围岩产生坍塌的可能性大小；
- 围岩的松弛和坍塌都向支撑或衬砌施加压力，故应准确判断压力的大小和分布；(但以上两种判断的准确程度在实际中很难把握。)
- 为保证围岩稳定，应根据荷载的大小和分布，设计临时支撑和永久衬砌作为承载结构，并使承载结构受力合理；(但实际上只能以最不利荷载作为设计荷载。)
- 尽管承载结构是按承受最不利荷载来设计的，但它是在开挖后才施作的，故为保证施工的顺利进行，应尽可能地防止围岩的松动和坍塌。

a. 围岩是主要承载部分，故在施工中应尽可能地减少对围岩的扰动，以保护其固有承

载能力；b. 初期支护主要用来加固围岩，它应既允许围岩承载能力的充分发挥，又能防止围岩因变形过度而产生失稳。故初期支护应先柔后刚，适时、按需提供；c. 围岩的应力 - 变形动态预示着它是否能进入稳定状态，因此以量测作为手段掌握围岩动态，进行施工监控，或据此修改支护参数；d. 整体失稳通常是由局部破坏发展所致，故支护应该能够既加固局部以防止局部破坏，又全面约束围岩以防止整体失稳，从而使支护与围岩共同构成一个封闭且稳定的承载环。以上出现了一个新名词“围岩承载理论”。它确实是一个新名词。这正是本文想要说明的问题之二。在隧道及地下工程领域，传统工程理论名为“松弛荷载理论”。这是众所周知的。那么，以锚杆喷射混凝土作为基本支护手段的现代隧道工程理论叫什么名称呢？这实际上是提出了现代隧道工程理论的命名问题。就工程理论而言，通常人们讲“传统”或“现代”，是表明提出该理论的相对时间。前述第二种理论的提出时间较晚。但若仅仅称之为“现代”隧道工程理论，显然还不能确切地表明其真正内涵。因此，给这个现代隧道工程理论一个更为明确和恰当的名称就显得非常必要。这种必要性主要表现在以下两个方面。

### 2.1 现代工程理论的需要

一般而言，工程理论的名称应该是对其核心内容和思想实质的高度概括并能充分体现人们对工程问题的基本认识。“松弛荷载理论”作为传统工程理论的名称，就基本符合了这些要求。但是，对于现代隧道工程理论的命名就没有那么明确和恰当了。有人称之为“新奥法理论”，也有人称之为“现代支护理论”。这些名称都不确切。前者是以方法给理论命名，它很容易造成概念上的混淆不清并导致理解困难。后者虽然表明了提出该理论的相

对时间,但如果以后再出现新理论,将如何称呼呢?难道要称之为“新现代理论”吗?即使有“支护”一词,也只表明了解决问题的基本手段之一,而不是对该理论的核心内容和思想实质的高度概括,也不能体现人们对隧道及地下工程问题的基本认识。更何况现代隧道及地下工程所采用的支护手段已不只是锚杆喷射混凝土,而是包括一切能够经济、有效地加固围岩和增强围岩承载能力的手段及其组合。此外,众所周知:米勒(Miller)总结的22条,应该是对现代隧道工程理论的核心内容和思想实质的高度概括,并能充分体现人们对工程问题的基本认识。但我们大概不能将其称为“22条理论”吧。至于何以有人将现代隧道工程理论称为“新奥法理论”,分析起来,原因有二:其一,是从腊布希维兹教授提出“新奥法”至今的所有研究者,都没有重视“施工方法”与“工程理论”在概念上的区别,因此,没有给这个理论提出一个明确的名称。其二,该理论确实是以“新奥法”作为“施工方法”的。或者说,它是在锚喷支护技术的成功应用的基础上逐步总结提出的,它与“新奥法”有着必然的联系,因此,人们在不经意中就称之为“新奥法理论”。但,这个名称是不恰当的。

## 2.2 现代工程实践的需要

自从腊布希维兹教授正式提出“新奥法”至今,由于众多的隧道工作者的不断应用和努力探索,不仅使“新奥法”作为施工方法得以推广应用,而且使与这种施工方法相应的隧道工程理论也发展成为一个较为完整的理论体系。它不仅已初步解决了从工程概念和力学原理到工程措施和施工原则中的主要问题;也较好地解决了设计工作状态与实际工作状态的一致性问题,或者已明确了解决问题的方向;并且采用了地质力学、岩体力学、弹塑性力学等多学科的研究方法和成果来解决



隧道及地下工程实际问题。因此,有必要用一个明确且恰当的名称来称呼它。这样,不仅能清晰地界定其内涵,而且能指明其研究方向和启发研究问题的新思路、新方法,从而更有利于其进一步的发展和广泛传播。分析了以上两个方面的必要性以后,主张将以锚杆喷射混凝土作为基本支护手段的现代隧道工程理论称之为“围岩承载理论”,简称“岩承理论”。这个名称也是恰当的。因为该理论正是在充分认识了围岩的“三位一体特性”后才提出来的。所谓“三位一体”是指围岩既是产生围岩压力的原因(岩体处于应力场中),又是承受压力的结构(应力岩体的自承载作用),而且是构成这个结构的天然材料(非人工材料)。并提出了解决问题的基本原则,即“围岩承载,支护帮助”(或者说围岩是工程加固的对象,支护是加固的手段)。这就确立了“围岩”作为隧道承载结构体系的基本承载部分且不可替代的主体地位,同时也确立了“支护”作为隧道结构体系的辅助承载部分且可以选择的次要地位。这正是它与传统松弛荷载理论的根本性区别。根据这一原则,对于稳定围岩,显然无须支护,完全由围岩承载自稳。对于不稳定围岩,则须提供支护以帮助围岩进入稳定状态。提供帮助的多少(支护的强弱)主要地取决于围岩稳定性的好坏。对稳定性好的围岩可提供少一些、弱一些的支护;而对稳定性差的围岩则应提供多一些、强一些的支护。但,这些都只是一个程度问题,都不能否定“围岩”作为隧道结构体系的基本承载部分。因为对于埋深较大的隧道,采用“明挖法”施工将是难以想象和不能接受的,或者是我们不便于将围岩挖除而代之以人工结构。所以说围岩的这种存在状态也是不可替代的。因此,用“围岩承载理论”一词不仅表明了人们对隧道及地下工

程问题的基本认识,也高度概括了现代隧道工程理论的核心内容和思想实质。 Kovari教授在其文章中还指出了:不同文献对围岩承载理论的有关问题的不同解释,甚至相互矛盾之处。如对“承载环”的描述。对此,人们并不感到奇怪。站在历史的角度来看,人们在探索真理的过程中,都不可避免地会出现这样或那样的理解、解释,甚至是错误。但有道是:“大浪淘沙真金在”。随着研究的深入,正确的认识终究会被保留下来,而误解也终究会被摒弃。人们对工程理论的探索也同样如此。至此,可以说:不仅“新奥法”作为“施工方法”是客观存在的,而且“现代隧道工程理论”既有其实,也有其名。 100Test 下载频道开通,各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)