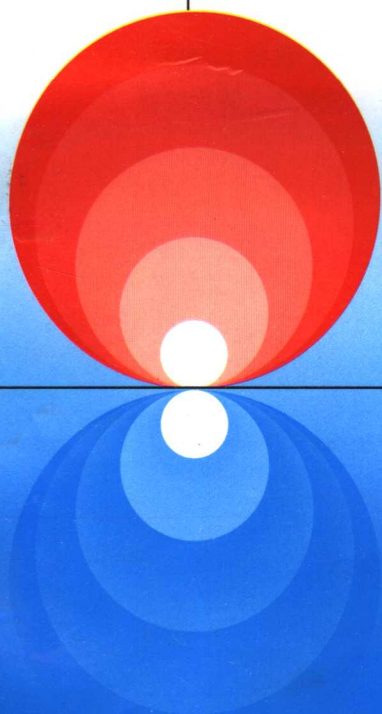


水利行业工人技术考核培训教材

PENHU
GONG

喷 护 工

主编 宋子良



黄河水利出版社

喷 护 工

主 编 宋子良

黄河水利出版社

喷护工 宋子良 主编

责任编辑:雷元静

出版:黄河水利出版社

(地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层)

邮编:450003

印刷:黄河水利委员会设计院印刷厂

发行:黄河水利出版社

开本:850mm×1168mm 1/32

版别:1996 年 3 月 第 1 版

印次:1998 年 3 月郑州第 2 次印刷

印张:4.5

印数:601—1500

字数:113 千字

ISBN 7-80621-090-3/TV·63

定价:14.80 元

前 言

为了建立和完善水利行业工人考核培训体系,弥补新中国成立以来全国水利行业没有完整的、系统的工人培训教材的空白,我们组织水利行业一百多位专家学者编写了这套“水利行业工人考核培训教材”。本教材是依据劳动部、水利部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准(水利)》规定的32个行业工种要求编写的,编写的内容与技术考核规范和试题库相结合,并在每一章后设有思考题,能够满足水利行业技术工人考核前培训和职业技能鉴定的需要。

教材分为通用教材和专业教材两大类。通用教材共8本,分别为:《水利工程施工基础知识》、《工程力学与建筑结构基础知识》、《地质与土力学基础知识》、《水工建筑物基础知识》、《水力学与水文测验基础知识》、《水利工程制图基础知识》、《机械基础知识》、《电工基础知识》,其内容主要侧重于为30本专业教材配套使用的基础理论知识;专业教材共30本,分别为:《开挖钻工》、《水工爆破工》、《锻钎工》、《坝工模板工》、《坝工钢筋工》、《坝工混凝土工》、《钻探灌浆工》、《喷护工》、《防渗墙工》、《砌筑工》、《坝工土料实验工》、《坝工混凝土实验工》、《水工泥沙实验工》、《水工结构实验工》、《混凝土维修工》、《土石维修工》、《闸门运行工》、《水工防腐工》、《水工监测工》、《河道修防工与防治工》、《渠道维护工》、《灌区供水工》、《灌溉试验工》、《泵站机电设备维修工与泵站运行工》、《灌排工程工》、《水文勘测工》、《水文勘测船工》、《水土保持防

治工》、《水土保持测试工》、《水土保持勘测工》，其内容包括各工种的初、中、高级工的专业知识和技能知识。两类教材均突出了水利行业专业工种的特点，具有专业性、权威性、科学性、整体性、实用性和相对稳定性。它包括了本行业技术工人考核晋升技术等级时试题的范围和内容，是水利行业各工种职业技能鉴定的必备教材。

本次教材编写时参照的技术规范或规定、标准等是以1995年7月底尚在使用的为准，涉及的个别计量单位虽属非法定计量单位，但考虑到这些计量单位与有关规定、标准的一致性和实际使用的现状，本次出版时暂行保留，在今后修订时再予改正。

编写全国水利行业统一的工人培训教材，对于我们来说尚属首次，曾得到了各级领导、有关专家及广大水利职工的关怀和支持。经过大家一年来的辛勤耕耘和不断探索，现已面世出版了，但由于它是一项新的工作、新的尝试，不足之处在所难免，希望大家在使用中提出宝贵意见，使其日臻完善。

水利行业工人考核培训教材

编审委员会

一九九五年七月

目 录

绪 论	(1)
第一章 水工建筑物地下洞室支护基本知识	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 锚喷支护的基本原理	(6)
第二章 喷射混凝土的性能	(11)
第一节 喷射混凝土的强度	(11)
第二节 喷射混凝土的变形	(16)
第三节 喷射混凝土的其他性能	(20)
第三章 喷射混凝土的材料及施工机具	(31)
第一节 喷射混凝土的方法	(31)
第二节 喷射混凝土的材料	(35)
第三节 混合料的生产设备	(42)
第四节 混凝土喷射机	(50)
第五节 喷射混凝土机械手	(71)
第四章 喷射混凝土施工工艺	(78)
第一节 概述	(78)
第二节 施工组织	(79)
第三节 喷射作业	(84)
第四节 喷射混凝土的养护	(91)
第五节 水泥裹砂法喷射混凝土	(92)
第六节 钢纤维喷射混凝土	(94)
第七节 降尘措施和劳动保护	(95)
第五章 锚喷支护施工	(103)
第一节 概述	(103)

第二节	锚杆支护施工	(104)
第三节	喷射混凝土施工	(116)
第四节	锚喷支护施工中的安全注意事项	(127)
第六章	锚喷支护的质量控制	(130)
第一节	喷射混凝土的强度控制	(130)
第二节	锚杆及喷射混凝土的质量检查	(132)

绪 论

水利是农业的命脉,也是国民经济中一项十分重要的事业。发展水利事业,兴修水利可以防洪排涝、水力发电、农田灌溉、水运、给水和发发展水产事业,能够为工农业生产和城乡人民生活服务,促进社会主义经济的不断发展。

水利水电工程是保障经济建设和人民生命财产安全的重要措施,是综合利用水利资源、发展国民经济的重要举措。

水利水电工程有许多种类,其中水工建筑物地下洞室工程是必不可少的一项主要工程,由于地下洞室工程的特殊性,为加快工程进度,确保施工安全,往往需要进行必要的支护,并根据不同的情况选择不同的支护方法。锚喷支护是一种比较先进而且切实可行的支护方法。

喷射混凝土技术的发展,是从喷浆开始的。20世纪初,已出现了借助于压缩空气喷射水泥砂浆作为建筑物的保护层,使用的工具是“水泥喷枪”。在地下工程中能作为防止围岩风化的保护层,也有一定的支护作用。1934年奥地利拉勃希维兹教授在一座铁路隧道施工时,提出过在脆弱的石灰岩面喷敷薄砂浆,因经济原因而未实现。1942~1945年,在劳普隧道施工时,使用了喷射混凝土。

喷射混凝土的大发展,是在二次世界大战以后。取得进展的关键是施喷机具。40年代中期,瑞士阿利瓦公司、德国XBSM公司首先研制成功可喷射粒径达30mm粗骨料的混凝土喷射机。此后随着速凝剂的应用,人们把喷射混凝土当作地下工程的一种支护手段而逐步推广使用。

新奥法是拉勃希维兹教授首先在1948年提出的,在米勒、帕

切、费克及戈塞等人的使用下,经过十几年的研究和实践,于 1963 年正式命名并取得专利。他们并不认为新奥法就是锚喷技术,而是修建地下工程的一系列指导原则。遵循新奥法施工,支护衬砌可单独或联合使用锚杆、喷射混凝土、模注混凝土、钢拱架等等。在现阶段,采用锚喷支护,尤其是在软弱围岩条件下的初期支护,更能符合新奥法的基本原则,并且易与其他支护形式相配合。也正是在锚喷技术发展过程中,新奥法逐渐成熟。新奥法的大量应用,又促进了锚喷技术的提高。

目前,锚喷支护技术不仅广泛地应用于地下工程中,而且在边坡工程中也被采用。

相信随着科学技术的日益进步,新奥法和锚喷技术也会得到发展,在水利水电工程中发挥更大的作用。

第一章 水工建筑物地下洞室 支护基本知识

第一节 概 述

一、地下洞室施工工序安排

开挖和支护是地下洞室施工的两大工序,新奥法认为,必须对这两者作出统筹安排,把它们有机地结合起来,决不可“各自为政”。洞室的开挖是支护结构的基础,开挖得好可以提高围岩的稳定性和减少支护的工作量,否则就可能给支护工作造成很大的不便和浪费。因此,那种把开挖与支护工作截然分开来安排的做法并不是一种成功的经验。

不同的开挖步骤,对围岩有不同的影响,应在综合考虑地质条件、洞室规模和施工设备等因素的基础上选择一种较好的开挖程序。所谓开挖程序,就是洞室各个部分开挖的先后顺序,既包括横断面上分块的先后顺序,也包括纵剖面上导坑领先长度的安排。根据新奥法的观点,一个好的开挖程序至少应具备以下几个条件:

- (1)对围岩的扰动或破坏小。
- (2)开挖与支护有较好的配合,保证施工有条不紊地进行。
- (3)作业安全,施工进度快。

不言而喻,开挖对围岩所造成的扰动越小越好。因此,当围岩具有足够的自稳定能力、洞室断面又不大时,应争取一次开挖成洞,或者说采用全断面开挖的方法。因为开挖次数多,围岩将遭到多次应力扰动和爆破震动的不良影响,它们或者使瞬间应力大大提高,或者削弱围岩的强度。当洞室断面较大,不宜实行全断面开挖,或者遇到松散软弱的岩层而必须实行分部开挖时,也应尽量减

少分部的开挖次数,同时要对横断面上分块的顺序和形状作好选择,对领先导坑的长度也要加以控制。

二、开挖爆破方法及其发展

钻爆法是一种传统的开挖方法,但由于不加限制地爆破对围岩造成相当大的破坏,影响围岩的稳定和增加工程费用,因此近些年来传统的钻爆法已经逐渐被控制爆破法所代替。

凡是带有控制性的爆破方法都叫控制爆破,但这里主要是指光面爆破和预裂爆破,按国内的习惯,如果不另加注明,光面爆破也包括预裂爆破。

光面爆破具有以下几方面的优点:

(1)不产生或很少产生爆破震动裂隙,对围岩的破坏和扰动较小,有利于围岩的稳定,施工作业比较安全。

(2)爆破面较平缓,可减小隧洞通风和水流的阻力,为扩大锚喷支护的应用范围创造了良好的条件。这一点对水工隧洞来说尤为重要。

(3)洞室的形成条件好,减少超挖量,可以取得更好的经济效益。

可见,光面爆破是实施新奥法的一种手段。有人说:“光面爆破是锚喷支护的基础”,这种提法虽不全面,但是有一定的道理。

三、支护方法及其发展

对地下洞室的支护,可依据其用途、服务年限和围岩的性质,选择采用木支护、金属支护、混凝土支护或锚喷支护等形式。

(一)木支护适用条件及其优缺点

木材是主要的支护材料之一,用以支护服务年限不长(2年以下)和支架上所承受的压力不大的地下洞室。

木支护的优点是,费用不大,轻便而易于加工,安装和修理方

便,支护速度快,可缩性强,在压力不大时,它不断裂而有微压缩的能力,在承受较大压力时发出特别的声音,可作为预告岩石即将有塌落的危险信号。

木支护的缺点是,易发生火灾,抗压强度低,易于腐朽。木支护腐朽后支护的抗压强度急剧下降。

(二)金属支护适用条件及其优缺点

按各种材料的强度、持久性和构造上的可能性,金属是最好的支护材料。

金属支护的优点与木支护相比有以下几个方面:

(1)抗压能力大。金属支护的抗压能力比木支护大2~4倍。

(2)维护费用少。金属支护在服务期限内,基本上可以做到不要人工维护。

(3)耐用。木支护如果在温度高、湿度大、不通风的地下洞室中使用,半年左右几乎全部腐朽不能再用。金属支护虽然会生锈,但对强度影响不大。

(4)安全。木支护强度低,容易折断。而金属支护,强度高、韧性好,弯曲后也不会折断,可以做到安全生产。

(5)经济。金属支护压弯后可以修理重复使用,经调查,金属支护一般可以重复使用6~8次,最后不能使用的废支护还可以回炉炼钢。金属支护虽然比木支护贵3~4倍,但成本可三年摊销,而且维护费用很少,所以使用金属支护的最终效果是经济的。

金属支护的缺点是,价钱很贵,易生锈,用钢量多,初期投资大,制造和修理需要一定的设备和技术。

(三)混凝土支护适用条件及其优缺点

混凝土支护作为一种永久支护在工程中普遍采用。

混凝土支护的优点是:坚固耐久,有防火性,能立即承受围岩压力,而且取材容易。

其缺点在于重量大,可缩性差。

(四) 锚喷支护

锚喷支护是向地下洞室围岩钻孔,并在孔内安装和锚固一些金属、木材等制成的杆件,改变围岩本身的力学状态,使围岩加固起来。

这种加固方法与以往的支护不同:它是用锚杆和喷射混凝土综合运用来加固围岩和提高围岩本身的稳定性的办法来支护地下洞室;在围岩与支护的关系中,喷射混凝土和锚杆不是处于被动承载的地位,而是积极主动地去影响围岩。

我国从 1956 年开始使用锚喷支护,最初只是用来防止洞室底板的隆起和顶帮危石滑落。1958 年以后,锚杆在更多的生产中得到利用。特别是在 1965 年喷射混凝土技术的应用,使两者相结合的岩体加固技术获得了迅速的发展。

锚喷支护可以节约大量的木材和钢材,降低支护成本,减少掘进断面,施工工艺简单,可以减轻工人劳动强度,有利于一次成洞施工和加快掘进速度,使用范围广,适应性强。

锚喷支护可以单独使用,也可以与喷射混凝土及钢筋网配合使用。

第二节 锚喷支护的基本原理

一、新奥法的基本原理和内容

(一) 新奥法的基本原理

(1) 围岩是隧道稳定的基本部分。支护衬砌的目的是为了与围岩共同形成能自身稳定的承载圈。因此,应尽量维护岩体的强度性能,采用大断面掘进和控制爆破开挖。

(2) 支护衬砌要薄而具有柔性,使产生弯矩的可能和由此而引起的破坏达到最小。当需要增加支护衬砌强度时,宜采用锚杆、钢

筋网和钢拱架等加固,而不宜大幅度地加厚喷层。

(3) 施工中要正确估计围岩特性及随时间的变化。为此,需进行必要的试验并观测位移,以确定围岩分类、自稳时间和变形速率等参数。

(二) 新奥法的内容

新奥法的主导思想是充分发挥围岩自身的承载能力,而要达到这一目的,首先要使围岩免遭破坏,保证它的稳定性。也可以这样说,维护围岩的稳定,是新奥法考虑问题的出发点,也是它所追求的目标。为此,其内容包括:

(1) 选择洞室轴线时,应根据当地岩层结构和走向结构组合、地应力、地下水等地质条件,尽量取得利于围岩稳定的客观条件。

(2) 在决定洞室和洞体形状时,应在满足工程运行需要的前提下,考虑到地应力和施工条件等因素,选择一种围岩应力分布比较均匀的方法,以避免过大的应力集中而造成围岩破坏。

(3) 开挖时,要尽量减少对围岩的扰动,为此,要制定出合理的开挖程序和采用对围岩破坏最小的开挖方法。

(4) 在施作支护时,既要让围岩承担大部分荷载,又要避免围岩产生过大的变形,因此应选择适当的时机搞好支护。

所以“适时支护”,就是指施作支护的时机要恰到好处。过早,支护结构可能承担很大的变形压力,将不经济;过晚,围岩可能因变形过大而导致破坏,将不安全。正确的做法是,让围岩产生一定的变形而又加以限制,不使它发展到有害的程度。很明显,要实现这一目标,支护结构必须和围岩紧密地结合在一起,而且刚柔适度。传统的钢木支撑是满足不了这种要求的,因此新奥法常常应用锚杆支护这种手段就不难理解了。不言而喻,支护是针对有可能失去稳定的围岩而言的,若围岩本身是稳定的,就无需进行支护;稳定性较好,可以在完成开挖的一段较长时间之后再作支护;对于自身稳定性很差的围岩,必须在开挖后及时支护,有时甚至要

在掌子面开挖之前就要先进行支护。因此说,新奥法并不是笼统地提倡“及时支护”,而是更多地强调“适时支护”。

由于地层条件的复杂和多变,很难预先准确掌握实际岩层的各种性质,因此施作支护的最有利时机目前还难以通过计算来决定,只能借助于现场量测技术。从施工现场取得的观测资料,最能客观地反映围岩的状态,可以用作调整支护设计参数和指导施工的依据。可见,现场量测工作在新奥法中占有非常重要的地位。

二、锚杆支护的工作原理

锚杆在围岩中的工作状态是非常复杂的,应根据锚杆种类、使用方法和地质条件分别加以分析。但总起来讲,它的作用可归纳为以下几方面。

(一)悬吊作用

对可能下塌的“危石”,通过锚杆把它悬挂于稳定的岩层之中。这是人们对锚杆作用的一种最直观的认识。它可以防止松动岩块的塌落,多用于加固节理发育的坚硬岩石中的“危石”,因此它的分布具有随机性,通常称之为局部锚杆。

(二)成梁作用

在层状(特别是薄层状)岩体中,由于爆破松动和岩体变形,洞壁附近的围岩其层面常呈分离状态,此时可把它看成是一种由许多薄梁组成的重合梁。但是,在锚杆应力的作用下,提高了层面间的摩擦力,使接合面可以传递剪应力,从而把薄层重合梁组合成一个梁高近似于锚杆长度的组合梁,提高了围岩的稳定性。这种作用,人们常称为组合梁作用。对于这种岩层,预应力锚杆作用更直观,效果也更明显。

(三)加固作用

在块状围岩中,锚杆应力可以提高被锚固岩石不连续面的摩擦力,有利于维持洞室的稳定。对于预应力锚杆来说,这种作用是

人们所公认的,但对砂浆锚杆的看法还不太一致。事实上,砂浆锚杆的这种作用也是明显的。有人认为,当在外力作用下使节理面张开时,预应力锚杆是靠整根锚杆来约束这种变形的,而砂浆锚杆是由节理面两侧较短的一段锚杆来约束的,因此整根砂浆锚杆就可以产生较大约束力。

当需要马上向围岩提供一定反力时,一般采用预应力锚杆,但爆破的震动可能造成锚头松动而使它失去作用,所以砂浆锚杆的砂浆需采取速凝措施,采取树脂锚杆更为优越一些。

(四)抗力作用

所谓抗力,即是对围岩壁面加一个与围岩变形方向相反的反力,在松软岩层中,这种作用力就更为明显。有了这个反力,可使壁面处于三向受力状态,同时也提高了围岩内部的径向拉应力,使壁面附近所作用的切向应力有所降低,因此对围岩的稳定是有利的。

三、喷射混凝土的工作原理

在围岩壁面喷射一层混凝土(以下简称喷层)可以起到以下几方面的作用。

(一)防止围岩风化

有些岩层,在原始状态下整体性较好,也可以具有一定的强度。但开挖后,经长时间与大气接触,有的呈片状剥落,有的甚至完全解体,使岩体强度大量降低或全部丧失。还有一些岩层,在天然含水状态下并不崩解,但经暴露干燥后再吸水(如天然降雨的下渗和施工用水的浸泡等)时,很快就能崩解。对于这两种情况,采用喷混凝土层来封闭岩面是一种很有效的措施。这是因为:

(1)及时封闭。成洞后马上就可以进行,减少了岩层裸露时间。

(2)全面封闭。由于喷混凝土层密实,透气性差,又全部都覆

盖了整个岩面,完全隔断了岩层与大气的联系。

(二)堵塞渗漏通道

地下水沿着岩体结构面的冲蚀,是一个对岩体稳定很不利的因素。敷设喷层以后,堵塞了渗水通道在临空面上的出露口,可以避免结构面上渗水通道的扩大和冲蚀现象的发生。当需要降低地下水压时,应另采取排水措施。

(三)填衬缺陷和整平表面

洞壁喷射混凝土后,可使洞壁相对平整,平整的洞壁,不仅仅是为了美观,而且可以减小通风和流水的阻力。

(四)形成指向围岩的支护反力,约束围岩变形的发展

围岩变形的一个显著特点是:绝大部分变形发生在开洞的初期,由于可及时沿整个断面敷设喷层,而且它的强度增长很快,因此,在约束变形方面有着显著的效果。

复习思考题

1. 根据新奥法的观点,一个好的开挖程序至少具备哪些条件?
2. 光面爆破的优点是什么?
3. 水工建筑物地下洞室支护的类型有几种? 它们各自的适用条件和优缺点是什么?
4. 新奥法基本理论的要点有哪些?
5. 新奥法的内容概括起来有几点?
6. 简述锚杆支护的工作原理。
7. 简述喷射混凝土的工作原理。