

岩石锚杆支护 实用手册

[挪威] R. 沙赫 K. 加肖尔 A.M. 赫尔岑 滕中健 徐招才译 李德富校

6-62

T

水利电力出版社

岩石锚杆支护 实用手册

〔挪威〕R.沙赫 K.加肖尔 A.M.赫尔岑
滕中健 徐招才 译 李德富 校

水利电力出版社

内 容 提 要

本书系统而扼要地介绍了当前国外在岩石开挖支护技术中广泛使用的各类锚杆。内容着重介绍各类锚杆的构造、适用条件、布置方式及安装张拉工艺等实际应用知识；并以一定篇幅从理论上探讨了锚杆的工作原理和基本计算方法。因此，这是一本了解和使用的具有指导意义的简明实用手册。

本书可供从事水利水电、交通和采矿等基建战线广大开挖施工技术人员阅读和使用；并可作为大专院校、科研单位从事岩石支护工作的教学、科研和设计人员的参考书。

R. SCHACH K. GARSHOL A. M. HELTZEN
ROCK BOLTING A Practical Handbook
PERGAMON PRESS 1979

岩石锚杆支护实用手册

(挪威) R. 沙赫 K. 加肖尔 A. M. 赫尔岑

滕中健 徐招才 译

李德富 校

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 2.75印张 59千字
1986年6月第一版 1986年6月北京第一次印刷

印数0001—3550册 定价0.69元

科技新书目：142-157

书号 15143·6286

前 言

挪威岩石爆破技术学会 (IFF) 将岩石开挖中的岩壁稳定及其支护手段列为研究课题之一。锚杆支护已成为这一课题的重要组成部分。

这项研究工作的一些成果，曾刊印成科技论文在岩石爆破学术年会上交流过，或包括在本课题的各种技术书籍之中。

显然，在锚杆支护方面需要有一本实用手册。

本手册的写作与编订主要由沙赫与加肖尔两人完成，书中插图均由沙赫绘制。

诚然，这类实用手册必需作定期的修订补充以跟上时代发展。因此，我们乐于收到读者对手册内容提出的意见；乐于听到读者使用新旧锚杆的具体经验。

挪威岩石爆破技术学会 (I·F·F) 主任

A·M·赫尔岑

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 锚杆组件	4
锚杆钢材	4
支承垫板	6
锚条、钢丝托网及洞顶拉条	14
第二章 第I类锚杆——速支（施工支护）锚杆	16
IA 楔缝式锚杆	16
IB 聚酯树脂锚固锚杆	18
IC 胀壳式锚杆	21
第三章 第II类锚杆——永久支护锚杆	26
IIA 多孔管砂浆灌注锚固法	27
IIB 比利时喷浆锚固法	28
IIC 灌注砂浆锚固法	30
IID 聚酯树脂灌浆锚固法	31
第四章 第III类锚杆——快速支护与永久支护相 结合的锚杆	32
IIIA 附有抗锈胀壳的不锈钢或热镀锌钢锚杆	32
IIBB 用树脂或砂浆锚固，由不锈钢或热镀锌钢制作的 钢筋和圆钢浆形锚杆	33
IIIC 胀壳式空心锚杆	34
IIID 树脂锚固的普通变形钢筋锚杆	34
第五章 第IV类锚杆——模板锚固螺栓	36

IVA	带胀壳的模板拉条	36
IVB	树脂锚固的模板拉条	38
第六章	第V类锚杆——变形锚杆	39
VA	开缝钢管式锚杆	39
VB	GD变形锚头锚杆	41
第七章	锚杆的预张拉	43
活络扳手张拉		44
扭力扳手张拉		45
风动扳手张拉		46
液压张拉器张拉		48
第八章	锚杆长度及布置形式的选定	50
有限松动块		50
不张拉锚杆的系统布孔支锚		51
预张拉锚杆的系统布孔支锚		53
岩壁与开挖边坡的支锚		55
锚杆的布置形式		58
第九章	锚杆的工作原理	62
片状和层状岩石		66
块状岩石		67
破碎岩石		69
夹泥裂隙与挤压破碎带		71
山岩压力问题		73
第十章	特种锚杆体系	80
桁架式锚杆		80
玻璃纤维锚杆		80
超前锚杆		81
塑料胀壳锚杆		82
玻璃纤维树脂灌浆锚杆		83

绪 论

本书目的在于介绍采矿和隧洞开挖中岩石锚杆支护的实践知识和理论问题。在采矿和隧洞开挖两项作业上存有十分显著的差别，使读者了解到这一点是很重要的。前者关心的是矿石开挖的数量，而开挖后所形成的洞室则居次要地位；尽管如此，矿石开采仍然把洞室的最优化作为目标，以便得到最多的矿石获取率。可是在隧洞开挖中则不是这样，其首要目标是挖洞，而对石碴的开挖数量是不感兴趣的；只有在很少场合，如当石碴要用于筑堤或铺路时才有所例外。

在采矿中，开挖过程须随矿脉分布而转移，没有选择地质条件的余地。这就经常带来了许多岩石稳定问题。在隧洞工程中，为了适应地形地质特性，客观环境允许我们在选择洞线和断面形式上可能有较大的选择余地。这时我们就可以获得优良的洞址和走向，以减少诸如剪切破碎带等所引起的麻烦问题。

岩石锚杆支护特别在采矿业中应用最多，起先主要是用在通常具有层状地质构造的煤矿里。

1872年，首批锚杆在英国北威尔士的一家板岩采石场中投入使用。约在本世纪初，锚杆支护技术传进了美国，不过人们对接受这种新型的岩石支护技术并不很感兴趣。这主要是同矿业公司的保守性有关；也由于当时对锚杆究竟如何工作缺乏了解。

经历了五十多年后，锚杆已成为一种支护手段而为人们

所采纳。在挪威，苏利吉玛是最早使用锚杆矿区的先驱之一。在战后初期，人们以所谓“悬壁缀合”法加以介绍，锚杆被视为一种既经济又实用的支护方法。1950年至1955年，锚杆支护使美国的一大批采矿企业发生巨大变革。到了1951年，锚杆应用范围扩大到500个矿，其中煤矿占了450个，它取代了坑道支撑。

随着锚杆支护的广泛采用和传播，西弗吉尼亚州煤矿的事故显著减少，随之煤产量则大幅度上升。再则，由于取消了支撑体系等，通风条件也得到了很大的改善。

无用置疑，倘若没有引进锚杆技术，则势必会有大批矿区因安全和经济上的问题而被迫关闭。

美国和南非一直是锚杆支护的先驱者。南非矿区每年大约要用850万根锚杆；而美国的锚杆年消耗总数已达1.2亿根。

今天，锚杆支护已成为一种十分有效又经济的支护手段而为人们所普遍采用，早先普遍使用的坑道支撑几乎已被淘汰。在各种矿山，尤其是煤矿中，很少有别的措施能代替锚杆支护；但在隧洞开挖中，则可以使用喷射混凝土和衬砌混凝土支护。在挪威，总的来说，钢木结构的坑道支护已十分鲜见。

纵然锚杆支护对采矿行业最关紧要；但这种支护手段现今也已在厂房、隧道、公路和铁路的路堑以及水坝基础等领域得到了应用。在这些支护体系中，有一部分是属于永久性支护，且为保护锚杆不致锈蚀和维持预先施加的张力，通常对锚杆进行灌浆；另一部分是采用锚杆作为快速临时性支护，然后再用其他支护措施予以补强。

作为一种支护手段的锚杆支护与传统的木架支撑、钢拱

架支撑以及其他各种形式的现浇混凝土等在支撑方法上有着根本性的区别。传统式支撑往往是一种被动式支撑，当岩石开始变形时才开始支撑荷载。

因此，被动式支撑允许大小裂缝有少量的发展和张开，支撑体系必须承受松动岩石的一部分重量。

把锚杆视作一种支撑手段，因为它们是一种安装在钻孔里、因而成为与岩石结为一体的内部组成部分，能承受所发生的力及变形，并阻止力与变形的发生。未经张拉的锚杆处于被动工作状态，即使如此，它与其他被动式支撑体系仍有区别。

当锚杆被张拉后就成为主动式支撑了，因此从安装后它就产生功效。岩石的变形就可减少或防止；裂缝受到遏制。作用在岩石缝隙面上的正压力一加大，自然摩擦力就可被利用来产生更大的效果。无论哪一种锚杆，都存在着锚杆与岩石两者之间的相互作用。这一特性对那些悬壁面必须受到支撑，而且撑柱的沉陷量也很大的煤矿带来了特有的好处。因为就地维持悬壁面稳定不动只需要相对较小的力量，但撑柱的挤压力却常会超荷并导致支撑的破坏。

第一章 锚 杆 组 件

从本章开始至第五章，我们致力于对现有的各种锚杆类型及其特性作一系统分类和描述，同时也论及锚杆的每个组成元件。一根完整的锚杆虽然有多个组成元件，而不同型式、尺寸、并由许多制造厂家制造出的各种锚杆也是五花八门，但是在理论上可供选用的锚杆的基本类型并不是那么多。

因此，可能的装配组合方案是很多的，但在实用上，由于受技术条件和经济因素的限制，组合类型的可用数量并没有那么多。

不过，在目前现有的那些在技术上经济上都较优越的锚杆类型，其可供利用的各种可能性却尚未被使用者充分利用。

锚 杆 钢 材

经常用于岩石锚杆的圆钢常采用标准质量产品，其直径为19mm，两端车有螺纹，并与各种类型的胀壳配合使用。

从世界各国锚杆研制的演变情况来看，已朝着高强度、小直径的方向发展。

与过去不同，现阶段锚杆绝大部分采用直径为16mm和18mm的规格，抗拉强度^①为60~70kg/mm²、屈服应力为

① 原文为kp/mm²，疑为kg/mm²之误，原文的后文中多次出现这种情况，均同此处理，不再特别注明；与法定计量单位关系，1kg/mm²=9.8×10⁴Pa。——译者

40~50kg/mm²的圆钢制作。但人们可以看出材料比过去强度高、质量轻和廉价，同时采用滚压螺纹，这几点就是导致锚杆与过去不同的地方。

除了热镀锌钢锚杆，近几年来它已有一批可观数量被安装使用之外，不锈钢锚杆也已研制成功，并在北欧斯堪地纳维亚市场上销售。这种不锈钢叫铬铝合金钢；其品质近乎西德工业标准DIN1.4021的规定，最低含铬量为13.5%，有光泽，拉断应力65~80kg/mm²、相对伸长15~18%，供应的标准直径为φ16mm。

此外，具有抗盐水和抗酸侵蚀的铬、镍合金钢锚杆亦已问世，其拉断荷载和相对伸长率与铬铝合金钢相同。

对变形钢筋●锚杆，主要供应直径为20mm者，但直径为24、30甚至36mm的，也已有供应，单根破坏荷载已可达50t●。

变形钢筋车制螺纹前需先去掉齿纹或凸节后才可加工，因而增加了费用。这类锚杆大都作为通孔灌注砂浆或端头用聚酯树脂锚固的锚杆。用作临时性支护时用不镀锌的钢锚杆；用作永久性支护时用热镀锌钢或不锈钢锚杆。变形钢筋也有用不锈钢制作的，叫铬铝合金变形钢，其性能同不锈钢。

岩石锚杆所用钢材及其生产制作过程都经受严格的质量控制。所有交货需附有钢厂的质量检验证书。

普通锚杆的承载能力示于表1。

-
- 变形钢筋即竹节钢筋、螺纹钢筋、异型钢筋等的通称，一般多用竹节钢筋。
 - 原文为50MP(Tons)，其中MP疑为ME之误。——译者

表 1 变形钢锚杆及圆钢锚杆的屈服、破坏荷载^①

锚杆直径 (mm)		钢 筋	钢 筋	竹节钢60	圆 钢
		KS 40S (T)	KS 50S (T)	(T)	ST 70m (T)
16	屈 服				14
	破 坏				18
18	屈 服				18
	破 坏				23
20	屈 服	12	15	19	22
	破 坏	18	22	24	28
24	屈 服			39	
	破 坏			34	
25	屈 服	18	23		
	破 坏	28	35		
32	屈 服	30			
	破 坏	45			

支 承 垫 板

往年，已有多种型式的支承垫板供应，最早用于岩石的是方形平板，后来便是圆形板、三角形板、矩形圆球面板以

- ① 联邦德国工业标准(DIN)中有三种表示钢号的方法，其中的一种是按材料强度的表示方法。表中最上端表头中的第二行即是用这种方法表示的钢号。这种钢号的主体部分用强度表示，如st40表示钢的抗拉强度为40kg/mm²，主体部分前的字母表示这种钢的冶炼方法或原始特征的缩写字母，如K表示磷或(和)硫含量低，S表示可熔焊的，主体符号后面用表示保证范围的数字代号及处理方法的缩写字母，如钢号末尾的S表示经消除应力退火的，但表中的钢号都把st省略，如KS40S为KSst40S之略。——译者

及冲压成球面而上开槽孔的平钣，直至著名的最新式样——圆锥形钣（名为“富士”式），见图1。我们并不打算对所有各种过去和现在的垫钣的用途和类型加以一揽子描述。

作为临时支护或临时支护与永久支护相结合的岩石锚杆均需装上支承垫钣。

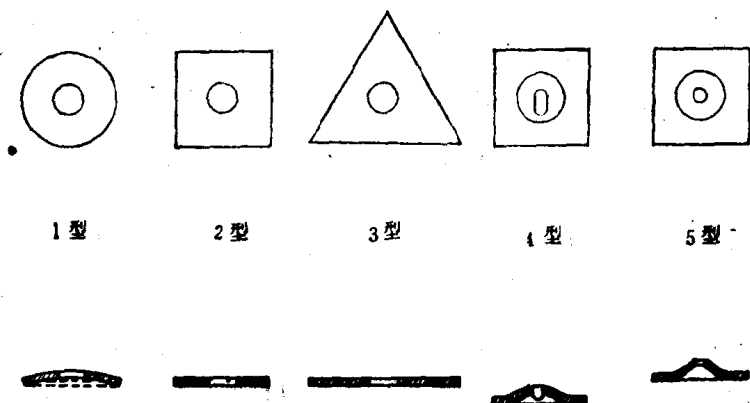


图1 支承垫钣类型

用作永久性支护，用不锈钢或热镀锌钢制作的钢筋锚杆，若采用树脂锚固或全孔用掺有速凝剂的砂浆灌封锚固时，也须装上支承垫钣。

如今，工程实用上对所有这些锚杆都要或多或少地进行张拉或施加预应力。无疑，在大多数场合下，垫钣型式的选择具有十分重要的意义。

对锚杆施加预张拉或预应力的原理即是把岩内锚固端到岩面垫钣之间这段锚杆拉紧。当采用系统布孔支锚来防止松动岩石脱离稳固岩体而滑移时，需要装上支承垫钣。支承垫钣的性能与锚杆的性能应该相符合。可是直到现在，能把垫

板的承载能力和变形的重要意义充分估计到的人还不多见。

比如，使锚杆持有 30~40t 的锚着力而支承垫板却在 10~15t 荷载时就告破坏，为什么要这样干呢？

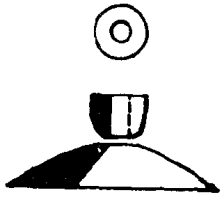


图 2 1型球面支座

当垫板的角出现向上翘曲时就预示着破坏的发生，如坍方。平面垫板与岩石表面呈点状接触，常导致岩石被压碎而使锚杆失去荷载。若垫板太薄则易随锚杆被拉进孔内，产生边角离开岩面而上翘，参见图 3。试验和实践都表明，圆盘形垫板是很合适的形式。

安装时，垫板凹面反扣在岩面上；当锚杆张拉力达 5~6t 时盘形板就被压平了，见图 2、3、4 所示。这样的结果是垫板与岩面的接触好，表面的压应力也低。

表 2 给出了在锚杆受到 10t 张拉力时每种类型垫板下岩面的压应力值。在岩质较软的地方，要避免使用三角形垫板，因为尖角易压碎其下的岩石，并陷入岩石中去；而在岩质较硬时，其使用情况就好得多了。当附近有爆破时，不同形式状态的锚杆会产生不同程度的轻微弹跳，但在垫板与岩石接触面上的压力却如此之大，以致它能导致岩石受到过度的挤压而破坏，最终导致锚杆张力下降，其下降程度视岩石的坚硬程度而定。

关于锚杆的张拉见第七章。为确保维持锚杆的张拉力，对于用胀壳式锚头和平垫板的锚杆，爆破地点距已锚部位应大于 20m。

若采用圆形有球面突起的垫板，则相应的爆破安全距离

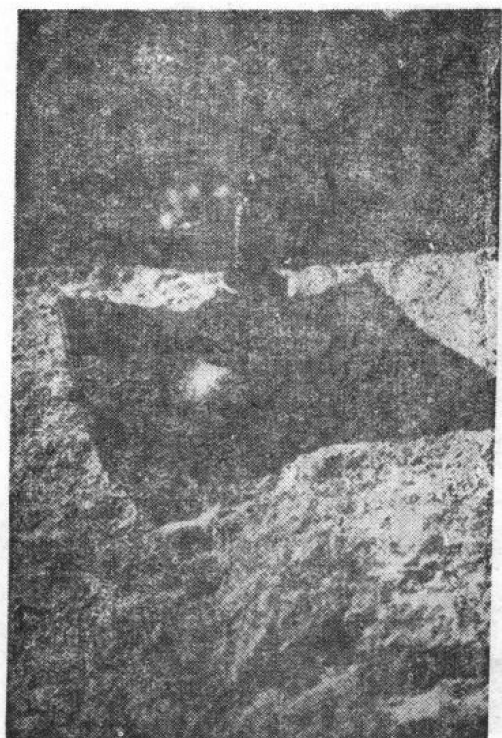


图 3 四角翘起的薄弱垫板

可缩小到10m。

若采用聚酯树脂锚固，则平垫板与圆形带球形突起垫板的爆破安全距离分别为8m和3m。

上述安全距离系由挪威岩石爆破技术学会试验得出。不过，上述安全距离还与岩石的坚硬程度及锚杆的尺寸有关。当然，锚杆可以而且经常直接拉紧在岩面上就算了事，可是爆破后理应对锚杆进行再次张拉才是。

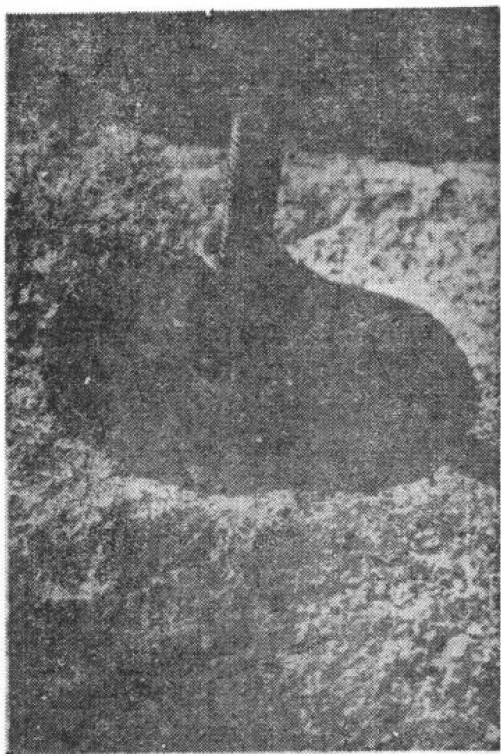


图 4 张拉适度的圆盘形垫板

当洞内发生严重坍方时，可用边长达 60cm 的三角形大垫板锚杆，见图 5。这样，即使用普通布孔型式锚杆也能确保洞顶有很大一部分面积被垫板所覆盖。这种大垫板支锚形式的本身就已经显示出是一种有效的支护方法。这也是在盘形垫板不适用的条件下，少数几种可供选择的方法之一。

图 6 所示为奥地利的一种新型垫板，它最初在新奥法支

表 2

各种垫板承载能力的差别

垫板型号	单 位	1	2	3	4	5
垫板尺寸	mm	φ125	125×125	350×350 ×350	125×150	125×150
垫板厚度	mm	6	7	7	7	7
接触面积	cm ²	28.48	23.57	23.57	40.25	44.76
压 应 力	kg/cm ²	351	424	424	248	223
推荐的荷载	t	10	8	8	14	18
垫板变形情况		垫板内部 边缘出现 裂缝,半 球形螺垫 被压入垫 板内	垫板四 角翘起 离开岩 面	垫板三 ^① 只角翘起 离开岩面	垫板四 角翘起 离开岩 面	垫板四角 仍紧贴岩 面,螺帽 及锥座均 无变异

① 原书中此处为“四”，显系“三”之误。——译者

护中应用。这是一种方形垫板，中间冲压出一个球面，面上又开一槽孔，螺帽下设置一个螺垫。

图 7 所示为一种 1978 年 5 月在市场上中销的 最新式垫板，名为“富士”垫板。

这是一种正方形或长方形钢垫板，中心冲压出一个圆锥面，面心设一锥形孔座。

螺帽的承压面大致为一半球面，以使螺母与锥形孔座接触严密无隙。这种垫板对圆钢和棱形钢锚杆都同样适用。

同时，锚杆的端头螺纹采用锻压制作，使锚杆不仅能为螺纹所固定，而且也被摩擦力所固定。