

## 路威 2006 FRP 锚杆设计与施工指导手册

撰写说明 .....	2
第一章 总则 .....	3
第二章 路威 2006 FRP 锚杆相关术语解释 .....	3
第三章 围岩分级 .....	4
第四章 锚喷支护设计 .....	8
第一节 一般规定 .....	8
第二节 土层锚杆的结构类型 .....	12
第三节 锚杆支护设计 .....	13
第四节 喷射混凝土支护的设计 .....	14
第五节 特殊条件下的锚喷支护设计 .....	15
第五章 路威 2006 FRP 锚杆施工 .....	22
第一节 一般规定 .....	22
第二节 全长粘结型锚杆施工 .....	22
第三节 端头锚固型锚杆施工 .....	23
第六章 喷射混凝土施工 .....	24
第一节 原材料 .....	24
第二节 混合料的配合比与拌制 .....	24
第三节 喷射前的准备工作 .....	25
第四节 喷射作业 .....	25
第五节 钢筋网喷射混凝土施工 .....	26
第六节 钢架喷射混凝土施工 .....	27
第七节 聚丙烯腈纤维喷射混凝土施工 .....	27
第七章 质量检查与工程验收 .....	30
第八章 专用树脂类锚固剂的介绍 .....	33
第一节 概述 .....	33
第二节 路威锚固剂说明书 .....	34
参考文献 .....	35

## 撰写说明

国际预应力协会（FIP）曾对 35 个锚杆断裂实例进行调查，其中永久锚杆占 69%，临时锚杆占 31%，锚杆使用期在 2 年内及 2 年以上发生腐蚀断裂的各占一半。虽然对此引起了工程界足够的重视，采用如包裹水泥砂浆、外套波形管等，但是仍然解决不了保证工程使用 50~70 年的使用寿命的问题，即使花去大量的资金进行防腐，效果也不是很理想，陷入缺乏好的防腐措施的尴尬境地。而路威 2006 FRP 锚杆的出现就很好的解决了这个问题，其优良的抗腐蚀性能，完全能够保证工程的使用寿命。

深圳海川工程科技有限公司与海川实业企业博士后科研流动站联合创新推出：传统钢锚杆的替代品-----路威 2006 FRP 锚杆。本手册在编写过程中兼顾了国家相关标准和 FRP 材料的主要特点，有一定的适用性。路威 2006 FRP 锚杆的性能参数和特点如下：

### 1、路威 2006 FRP 锚杆的技术参数：

路威-2006FRP 锚杆的技术参数

项目型号	规格直径 (mm)	重量 (kg/m)	抗拉强度 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	锚固力 (KN)	扭矩 (N·m)	尾部螺纹承载力 (KN)
路威 2006-16	16	0.394	≥500	≥100	50	≥60	≥50
路威 2006-18	18	0.497			60		
路威 2006-20	20	0.615			70		
路威 2006-22	22	0.745			80		
路威 2006-25	25	0.961			95		

### 2、路威 2006 FRP 的特点

- 1、成型技术、成型工艺先进，杆体采用连续成型工艺生产；
- 2、杆体结构全长均为大螺距圆头螺纹结构，无杆头、杆尾之分，杆体等强；
- 3、抗拉强度大，杆体抗拉强度  $\sigma_b > 500\text{MPa}$ ，可与 20MnSi 螺纹钢锚杆抗拉强度相媲美。杆体与螺母的结合力：复合材料螺母  $> 60\text{KN}$ ，钢螺母  $> 80\text{KN}$ ；
- 4、阻燃、抗静电、易切割而不会产生火花，可用机械直接切割，免除拆卸工作；
- 5、耐腐蚀性强，可抵抗氯离子和低 PH 值溶液的侵蚀；在淋水、酸性较大的工况下使用不锈蚀，可靠性好。
- 6、不导电，不导热；耐冲击性能好；
- 7、热应力下尺寸稳定，热膨胀系数( $1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ )与钢材相比更接近水泥；
- 8、在隧道、矿山中使用与树脂锚固剂的结合力好，锚固力大、粘结力高，锚固反应快；
- 9、通用工具及设备安装；
- 10、杆体轻，是同样长度传统锚杆的 25%，运输方便，大大减轻了工人的劳动强度；

## 第一章 总则

1、为使路威 2006 FRP 锚杆喷射混凝土支护（简称锚喷支护）工程的设计施工符合技术先进、经济合理、安全适用、确保质量的要求，特制定本指导说明。

2、本指导手册适用于矿山井巷、交通隧道、水工隧洞和各类洞室等地下工程锚喷支护的设计与施工。也适用于边坡工程的锚杆喷射混凝土支护的施工。

3、锚喷支护的设计与施工，必须做好工程的地质勘察工作，因地制宜，正确有效地加固围岩，充分发挥围岩的自承能力。

4、锚喷支护的设计与施工，除可以参考本指导说明，尚应符合现行国家标准的有关规定。

## 第二章 路威 2006 FRP 锚杆相关术语解释

1、初期支护—initial support（当设计要求隧洞的永久支护分期完成时，隧洞开挖后即时施工的支护，称为初期支护）

2、后期支护—Final support（隧洞初期支护完成后，经过一段时间，当围岩基本稳定，即隧洞周边收敛量和收敛速度达到规定要求时，最后施工的支护，称为后期支护）

3、拱腰—haunch（隧洞拱顶至拱脚弧长的中点，称为拱腰）

4、隧洞周边位移—convergence of tunnel inner perimeter（隧洞周边相对应两点间距离的变化，称为隧洞周边位移）

5、锚固力—anchoring force（锚杆对围岩所产生的约束力，称为锚固力）

6、抗拔力—anti-pullforce（阻止锚杆从岩体中拔出的力，称为抗拔力）

7、润洞—wetted perimeter（水土隧洞过水断面的周长，称为润周）

8、点荷载强度指数—point-loading strength index（直径 50mm 圆柱形标准试件径向加压时的点荷载强度）

9、系统锚杆—system bolt（为使围岩整体稳定，在隧洞周边上按一定格式布置的锚杆群，称为系统锚杆）

10、预应力锚杆—prestress anchor（由锚头、预应力筋、锚固体组成，利用预应力筋自由段（张拉段）的弹性伸长，对锚杆施加预应力，以提供所需的主动支护拉力的长锚杆。这里强调的预应力锚杆是指预应力大于 200KN、长度大于 8.0m 的锚杆。

11、缝管锚杆—split set（将纵向开缝的薄壁钢管强行推入比其外径较小的钻孔中，借助钢管对孔壁的径向压力而起到摩擦锚固作用的锚杆）

12、水胀锚杆—swellex bolt（将用薄壁钢管加工成的异形空腔杆体送入钻孔中，借助钢管对孔壁的径向压力而起到摩擦锚固作用的锚杆。

13、自钻式锚杆—self-drilling bolt（将钻孔、注浆与锚固合为一体，中空钻杆即作为杆体的锚杆）

14、喷射混凝土—shotcrete（利用压缩空气或其他动力，将按一定配比拌制的混凝土混合物沿管路输送至喷头处，以较高速度垂直喷射于受喷面，依赖喷射过程中水泥与骨料的连接桩基，压密而形成的一种混凝土。

15、水泥裹砂喷射混凝土—send enveloped by cement (SEC) shotcrete（将按一定配比拌制而成的水泥裹砂砂浆和以粗骨料为主的混合料，分别用砂浆泵和喷射机输送至喷嘴附近相混合后，高速喷到受喷面上所形成的混凝土。

16、格栅钢架—reinforcing-bar truss（用钢筋焊接加工而成的桁架式支架）

17、全长粘结型锚杆—它是一种不能对围岩加预应力的被动型锚杆，适用于围岩变形量不大的各类地下工程的永久性系统支护。

18、端头锚固型锚杆—它安装后可以立即提供支护抗力，并能对围岩施加三向不大于 100KN 的预应力，适用于裂隙性的坚硬岩体中的局部支护。

### 第三章 围岩分级

1、锚喷支护工程的地质勘察工作应为围岩分类提供依据，并应贯穿工程建设始终。

2、围岩类别的划分，应根据岩石坚硬性、岩体完整性、结构面特征和、地下水 and 地应力情况等因素综合确定。并应符合表 3.2 的规定。

3、围岩完整性指标用岩体完整性系数  $K_v$  表示，可按下列式计算：

$$K_v = \left( \frac{V_{pm}}{V_{pr}} \right)^2 \dots\dots\dots 3.1$$

式中  $V_{pm}$ ——隧洞岩体实测的纵波速度（千米/秒）；

$V_{pr}$ ——隧洞岩石实测的纵波速度（千米/秒）。

当无条件进行声波实测时，也可用岩体体积节理数  $J_v$ ，按表 3.1 确定  $K_v$  值。

JV 和 KV 对照表.....3.1

$J_v$ （条/m <sup>3</sup> ）	<3	3~10	10~20	20~25	>25
$K_v$	>0.75	0.75~0.55	0.55~0.35	0.35~0.15	<0.15

4、围岩分级表（见本指导表 3.2）中的岩体强度应力比的计算应符合下列规定：

4.1 当有地应力实测数据时：

$$S_m = K_v \frac{f_r}{\sigma_1} \dots\dots\dots 3.2$$

式中： $S_m$ —岩体强度应力比；

$f_r$ —岩石单轴饱和抗压强度（Mpa）

$\sigma_1$ ——垂直洞轴线的较大主应力（KN/m<sup>3</sup>），

围岩分类

表 3.2

围岩类别	主要工程地质特征							
	岩体结构	构造影响程度，结构面发育情况和组合状态	岩石强度指标		岩体声波指标		岩体强度应力比	毛洞稳定情况
			单轴饱和抗压强度 (Mpa)	点荷载强度 (Mpa)	岩体纵波速度 (Km/s)	岩体完整性		
I	整体状及层间结合良好的厚层状结构	构造影响轻微，偶有小断层。结构面不发育，仅有两到三组，平均间距大于 0.8 米，以原生和构造节理为主，多数闭合，无泥质充填，不贯通。层间结合良好，一般不出现不稳定块体	>60	>2.5	>5	>0.75		毛洞跨度 5~10 米时，长期稳定，一般无碎块掉落
II	同 I 类围岩结构	同 I 类围岩特征	30~60	1.25~2.5	0.7~5.2	>0.75		毛洞跨度 5~10 米时。围岩能较长时间（数月至数年）维持稳定，仅出现局部小块掉落
	块状结构和层间结合较好的中厚层或厚层状结构	构造影响较重，有少量断层。结构面较发育，一般为三组，平均间距 0.4~0.8 米，以原生和构造节理为主，多数闭合，偶有泥质充填，贯通性较差，有少量软弱结构面。层间结合较好，偶有层间错动和层面张开现象	>60	>2.5	3.7~5.2	>0.5		
III	同 I 类围岩结构	同 I 类围岩特征	20~30	0.85~1.2	3.0~4.5	>0.75	>2	毛洞跨度 5~10 米时，围岩能维持一个月以上的稳定，主要出现局部掉块、塌落
	同 II 类围岩块状结构和层间结合较好的中厚层或厚层状结构	同 II 类围岩块状结构和层间结合较好的中厚层或厚层状结构特征	30~60	1.25~2.5	3.0~4.5	0.5 ~ 0.75	>2	
	层间结合良好的薄层和软硬岩互层结构	构造影响较重。结构面发育，一般为三组，平均间距 0.2~0.4 米，以构造节理为主，节理面多数闭合，少有泥质充填。岩层为薄层或以硬岩为主的软硬岩互层，层间结合良好，少见软弱夹层、层间错动和层面张开现象	>60（软岩，>20）	>2.5	3.0~4.5	0.3~0.5	>2	
	碎裂镶嵌结构	构造影响较重。结构面发育，一般为三组以上，平均间距 0.2~0.4 米，以构造节理为主，节理面多数闭合，少数有泥质充填，块体间牢固咬合	>60	>2.5	3.0~4.5	0.3~0.5	>2	

IV	同 II 类围岩块状结构和层间结合较好的中厚层或厚层状结构	同 II 类围岩块状结构和层间结合较好的中厚层或厚层状结构特征	10~30	0.42 ~ 1.25	2.0~3.5	0.5 ~ 0.75	>1	毛洞跨度 5 米时, 围岩能维持数日到一个月的稳定, 主要失稳形式为冒落或片帮
	散块状结构	构造影响严重, 一般为风化卸荷带。结构面发育, 一般为三组, 平均间距 0.4~0.8 米, 以构造节理、卸荷、风化裂隙为主, 贯通性好, 多数张开, 夹泥、夹泥厚度一般大于结构面的起伏高度, 咬合力弱, 构成较多的不稳定块体	>30	>1.25	>2.0	>0.15	>1	
	层间结合不良的薄层、中厚层和软硬岩互层结构	构造影响严重。结构面发育, 一般为三组以上, 平均间距 0.2~0.4 米, 以构造、风化节理为主, 大部分微 0.5~1.0 毫米), 部分张开 (>1.0 毫米), 有泥质充填, 层间结合不良, 多数夹泥, 层间错动明显	>30 (软岩, >10)	>1.25	2.0~3.5	0.2~0.4	>1	
	碎裂状结构	构造影响严重, 多数为断层影响带或强风化带。结构面发育, 一般为三组以上, 平均间距 0.2~0.4, 大部分微张 (0.5~1.0 毫米), 部分张开 (>1.0 毫米), 有泥质填, 形成许多碎块体	>30	>1.25	2.0~3.5	0.2~0.4	>1	
V	散体状结构	构造影响很严重, 多数为破碎带、全强风化带、破碎带交汇部位。构造及风化节理密集, 节理面及其组合杂乱, 形成大量碎块体。块体间多数为泥质充填, 甚至呈石夹土状或土夹石状			<2.0			毛洞跨度 5 米时, 围岩稳定时间很短, 约数小时至数日

注: ①围岩按定性分类与定量指标分类有差别时, 一般应以低者为准;

②本表声波指标以孔测法测试值为准, 如果用其他方法测试时, 可通过对比试验, 进行换算;

③层状岩体按单厚度可划分为: 厚层: 大于 0.5 米; 中厚层: 0.1~0.5 米; 薄层: 小于 0.1 米;

④一般条件下, 确定围岩级别时, 应以岩石单轴湿饱和抗压强度为准; 当洞跨小于 5 米, 服务年限小于 10 年的工程, 确定围岩级别时, 可采用点荷载强度指标代替岩块单轴饱和抗压强度指标, 可不做岩体声波指标测试;

⑤测定岩石强度, 做单轴抗压强度后, 可不做点荷载强度;

4.2 当无地应力实测数据时:  $\sigma_1 = \gamma H \dots \dots \dots 3.3$

式中:  $\gamma$  ——岩石自然容重 (千克  $m^3$ );

$H$  ——覆盖层厚度 (米)。

5、对Ⅲ、Ⅳ级围岩、当地下水发育时，应根据地下水类型、水量大小、软弱结构面多少及其危害程度，适当降级。

6、对Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级围岩、当洞轴线与主要断层或软弱夹层的夹角小于 30 度，应降一级。

## 第四章 锚喷支护设计

### 第一节 一般规定

- 1、锚喷支护的设计，应采用工程类比法，必要时应结合监控量测法及理论验算法。
- 2、锚喷支护初步设计阶段，应根据地质勘察资料，按表 3.2 的规定，初步确定围岩类别，并按表 4.1 和表 4.2 的规定，初步选择隧洞、斜井或竖井的锚喷支护类型和设计参数。
- 3、锚喷支护施工设计阶段，应做好工程的地质调查工作，绘制地质素描图或展示图，并标明不稳定块体的大小及其出露位置，实测围岩分类定量指标，按表 3.2 的规定，详细划分围岩类别，并修正初步设计。
- 4、对Ⅳ、Ⅴ类围岩中毛洞跨度大于 5 米的工程，除应按照表 4.1 的规定，选择初期支护的类型与参数外，尚应进行监控量测，以最终确定支护类型和参数。
- 5、对Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类围岩毛洞跨度大于 15 米的工程，除应按照表 4.1 的规定，选择支护类型与参数外，尚应对围岩进行稳定性分析和验算；对Ⅲ类围岩，还应进行监控量测，以便最终确定支护类型和参数。
- 6、对围岩整体稳定性验算，可采用数值解法或解析解法；对局部可能失稳的围岩块体的稳定性验算，可采用块体极限平衡方法。
- 7、对边坡工程锚喷支护设计，应充分掌握工程的地质勘察资料，按不同的失稳破坏类型，采用极限平衡法、数值分析法等方法进行边坡稳定性分析计算。
- 8、使用年限在 2 年以内的锚杆，可按临时性锚杆设计；使用年限大于 2 年的锚杆，应按永久性锚杆设计。
- 9、永久性锚杆设计时，必须先进行基本试验。
- 10、永久性锚杆的锚固段不应设置在未经处理的下列土层：
  - 10.1、有机质土。
  - 10.2、液限  $WL > 50\%$  的土层。
  - 10.3、相对密度  $Dr < 0.3$  的土层。



隧洞和斜井的锚喷支护类型和设计参数

表 4.1

洞跨度	$B \leq 5$	$5 < B \leq 10$	$10 < B \leq 15$	$15 < B \leq 20$	$20 < B \leq 25$
I	不支护	50 毫米厚喷射混凝土	(1) 80~100 毫米厚喷射混凝土 (2) 50 毫米厚喷射混凝土, 设置 2.0~2.5 米长的锚杆	100~150 毫米厚喷射混凝土, 设置 2.5~3.0 米长的锚杆, 必要时, 配置钢筋网	120~150 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 3.0~4.0 米长的锚杆
II	50 毫米厚喷射混凝土	(1) 80~100 毫米厚喷射混凝土; (2) 50 毫米厚喷射混凝土设置 1.5~2.6 米长的锚杆	(1) 120~150 毫米厚喷射混凝土, 必要时, 配置钢筋网; (2) 80~120 毫米厚喷射混凝土, 设置 2.0~3.0 米长的锚杆, 必要时, 配置钢筋网	120~150 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 2.5~3.5 米长的锚杆	150~200 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 3.0~4.0 米长的锚杆
III	(1) 80~100 毫米厚喷射混凝土; (2) 50 毫米厚喷射混凝土, 设置 1.5~2.0 米长的锚杆	(1) 120~150 毫米厚喷射混凝土, 必要时, 配置钢筋网; (2) 80~100 毫米厚喷射混凝土, 设置 2.0~2.5 米长的锚杆, 必要时, 配置钢筋网	100~150 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 2.0~3.0 米长的锚杆	150~200 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 3.0~4.0 米长的锚杆	
IV	80~100 毫米厚喷射混凝土, 设置 1.5~2.0 米长的锚杆	100~150 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 2.0~2.5 米长的锚杆, 必要时, 采用仰拱	150~200 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 2.5~3.0 米长的锚杆, 必要时, 采用仰拱		
V	120~150 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 1.5~2.0 米长的锚杆, 必要时, 采用仰拱	150~200 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置 2.0~3.0 米长的锚杆, 采用仰拱, 必要时, 加设钢架			

注: ①表中的支护类型和参数, 是指隧洞和倾角小于 30 度的斜井的永久支护, 包括初期支护与后期支护的类型和参数;

②服务年限小于 10 年及洞跨小于 3.5 米的隧洞和斜井, 表中的支护参数, 可根据工程具体情况, 适当减小;

③复合衬砌的隧洞和斜井, 初期支护采用表中的参数时, 应根据工程的具体情况, 予以减小;

④陡倾斜岩层中的隧洞或斜井易失稳的一侧边墙和缓倾斜岩层中的隧洞或斜井顶部, 应采用表中第 (2) 种支护类型和参数, 其他情况下, 两种支护类型和参数均可采用;

⑤对高度大于 15.0m 的侧边墙, 应进行稳定性验算。并根据验算结果, 确定锚喷支护设计。

竖井锚喷支护类型和设计参数

表 4.2

洞口直径	D<5	5≤D<7
I	100 毫米厚喷射混凝土,必要时,局部设置长 1.5~2.0 米的锚杆	100 毫米厚喷射混凝土, 设置长 2.0~2.5 米的锚杆; 或 150 毫米厚喷射混凝土
II	100~150 毫米厚喷射混凝土, 设置长 1.5~2.0 米的锚杆	100~150 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置长 2.0~2.5 米的锚杆, 必要时, 加设混凝土圈梁
III	150~200 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置长 1.5~2.0 米的锚杆, 必要时, 加设置混凝土圈梁	150~200 毫米厚钢筋网喷射混凝土, 设置长 2.0~3.0 米的锚杆, 必要时, 加设混凝土圈梁

注: ①井壁采用锚喷作初期支护时, 支护设计参数可适当减小;

②III类围岩中井筒深度超过 500 米时, 支护设计参数应予以增大。

11、理论计算和监控设计所需围岩性质的计算指标应通过现场实测取得。计算用的岩体弹性模量、粘结力值, 应根据实测弹性模量和粘结力的峰值乘以 0.6~0.8 确定。当无实测数据时, 各类围岩物理力学性质的计算指标和围岩结构面的粘结力及内摩擦角, 可采用表 4.3 和表 4.4 中的数值。

岩体物理力学参数……………4.3

围岩级别	重力密度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	抗剪断峰值强度		变形模量 E (Gpa)	泊松比 $\nu$
		内摩擦角	粘聚力 C (Mpa)		
I	26.50	>60	>2.1	>33.0	>0.20
II	26.50	60~50	2.1~1.5	33.0~20.0	0.20~0.25
III	26.54~24.50	50~39	1.5~0.7	20.0~6.0	0.25~0.30
IV	24.50~22.50	39~27	0.7~0.2	6.0~1.3	0.30~0.35
V	<22.50	<27	<0.2	<1.3	<0.35

岩体结构面抗剪断峰值强度

表 4.4

序号	两侧岩体的坚硬程度 及结构面的结合程度	内摩擦角	粘聚力 C (Mpa)
1	坚硬岩, 结合好	$>37$	$>0.22$
2	坚硬~较坚硬岩, 结合一般; 较软岩, 结合好	$37\sim29$	$0.22\sim0.12$
3	坚硬~较坚硬岩, 结合差; 较软岩~软岩, 结合一般	$29\sim19$	$0.12\sim0.08$
4	坚硬~较软岩, 结合差~结合很差; 软岩, 结合差; 软质岩的泥化面;	$19\sim13$	$0.08\sim0.05$
5	较坚硬岩以及全部软质岩, 结合很差, 软质岩泥化层本身	$<13$	$<0.05$

12、竖井锚喷支护设计除应按照表 4.2 的规定确定支护类型和参数外, 还应遵守下列规定:

- 12.1 罐道梁宜采用树脂锚杆或早强水泥砂浆锚杆固定;
- 12.2 支承罐道梁处及岩层急倾斜时, 支护应予加强;
- 12.3 设置混凝土圈梁时, 加固围岩的锚杆应与圈梁连成一体。

13、下列情况的锚喷支护设计, 还应遵守如下相应的规定:

- 13.1 隧洞交岔点、断面变化处、洞轴线变化段等特殊部位, 均应加强支护结构;
- 13.2 对与喷射混凝土难以保证粘结的光滑岩面, 应以锚杆或钢筋网喷射混凝土支护为主;
- 13.3 围岩较差地段的支护, 必须向围岩较好地段适当延伸;
- 13.4 I、II、III类围岩中的个别断层或不稳定块体, 应进行局部加固;
- 13.5 如遇岩溶, 应进行处理或局部加固。
- 13.6 对可能发生大体积围岩失稳或需对围岩提供较大支护力时, 应采用预应力锚杆加固。

14、对下列地质条件的锚喷支护设计, 应通过试验后决定:

- 14.1 膨胀性岩体;
- 14.2 未胶结的松散岩体;
- 14.3 有严重湿陷性的黄土层;
- 14.4 大面积淋水地段;
- 14.5 能引起严重腐蚀的地段;
- 14.6 严寒地区的冻胀岩体。

## 第二节 土层锚杆的结构类型

1、土层锚杆一般由锚头、自由段和锚固段三部分组成，其中锚固段用水泥浆或水泥砂浆将杆体(预应力筋)与土体粘结在一起形成锚杆的锚固体。

2、根据土体类型、工程特性与使用要求，土层锚杆锚固体结构可设计为圆柱型、端部扩大头型或连续球体型三类，见图 2.2.2-1、图 2.2.2-2 和图 2.2.2-3。

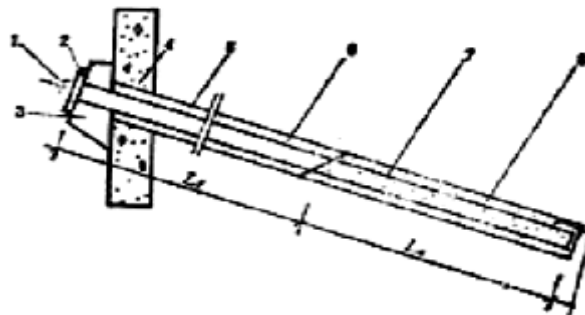


图 2.2.2-1 圆柱型锚固体锚杆

1-锚具；2-承压板；3-台座；4-支挡结构；5-钻孔；6-二次注浆防腐处理；7-预应力筋；8-圆柱型锚固体； $L_f$ -自由段长度； $L_a$ -锚固段长度

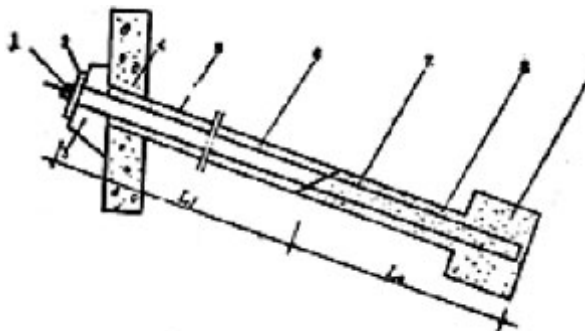


图 2.2.2-2 端部扩大头型锚杆

1-锚具；2-承压板；3-台座；4-支挡结构；5-钻孔；6-二次注浆防腐处理；7-预应力筋；8-圆柱型锚固体；9-端部扩大头体； $L_f$ -自由段长度； $L_a$ -锚固段长度

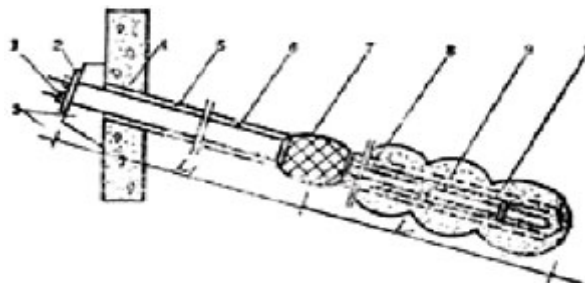


图 2.2.2-3 连续球体型锚杆

1-锚具；2-承压板；3-台座；4-支挡结构；5-钻孔；6-塑料套管；7-止浆密封装置；8-预应力筋；9-注浆套管；10-连续球体型锚固体； $L_f$ -自由段长度； $L_a$ -锚固段长度

3、锚固于砂质土、硬粘土层并要求较高承载力的锚杆，宜采用端部扩大头型锚固体；锚固于淤泥、淤泥质土层并要求较高承载力的锚杆，宜采用连续球体型锚固体。

### 第三节 锚杆支护设计

1、锚杆设计应根据隧洞围岩地质情况、工程断面和使用条件等，分别选用下列类型的锚杆：

1.1 全长粘结型锚杆：普通水泥砂浆锚杆、早强水泥砂浆锚杆、树脂卷锚杆、水泥卷锚杆；

1.2 端头锚固型锚杆：机械锚固锚杆、树脂锚固锚杆、快硬水泥卷锚固锚杆；

1.3 摩擦型锚杆：缝管锚杆、楔管锚杆、水胀锚杆；

1.4 预应力锚索或预应力锚杆；

1.5 自转式锚杆；

2、全长粘结型锚杆设计应遵守下列规定：

2.1 杆体材料建议选用路威 2006 FRP 锚杆；

2.2 杆体直径宜为 16~32mm；

2.3 杆体钢筋保护层厚度，采用水泥砂浆时不小于 8mm，采用树脂锚固时不小于 4mm；

2.4 杆体直径大于 32mm 的锚杆，应采取杆体居中的构造措施；

2.5 水泥砂浆的强度等级不应低于 M20（20Mpa）；

2.6 对于自稳时间短的围岩，宜用树脂锚杆或早强水泥砂浆锚杆

2.7、锚杆设计抗拔力不应低于 50 千牛顿；

2.8、对于自稳时间短的围岩，宜用早强水泥砂浆锚杆。

3、端头锚固型锚杆的设计应遵守下列规定：

3.1 杆体材料宜采用路威 2006 FRP 材料，杆体直径 16~32mm；

3.2 树脂锚固剂的固化时间不应大于 10min，快硬水泥的终凝时间不应大于 12min；

3.3 树脂锚杆锚头的锚固长度宜为 200~250mm，快硬水泥卷锚杆锚头的锚固长度宜为 300~400 毫米；

3.4 托板可用 Q235 钢，厚度不宜小于 6mm，尺寸不宜小于 150mm×150mm；建议选用蝶形托盘，尺寸可以稍微缩小。

3.5 锚头的设计锚固力不应低于 50KN；

3.6 服务年限大于 5 年的工程，应在杆体与孔壁间注满水泥砂浆；

4、系统锚杆的布置应遵守下列规定：

4.1 在隧洞横断面上，锚杆应与岩体主结构面成较大角度布置；当主结构面不明显时，可与隧洞周边轮廓垂直布置；

4.2 在岩面上，锚杆宜成菱形排列；

4.3 锚杆间距不宜大于锚杆长度的二分之一；IV、V 类围岩中的锚杆间距宜为 0.5~1.0m，并不得大于 1.25m。

5、拱腰以上局部锚杆的布置方向应有利于锚杆的受拉，拱腰以下及边墙的局部锚杆布置方

向应有利于提高抗滑力；

6、局部锚杆的锚固体应位于稳定岩体内。粘结型锚杆锚固体长度内的胶结材料与杆体间粘结摩阻力设计值和胶结摩阻力设计值均应大于锚杆体受拉承载力设计值。

#### 第四节 喷射混凝土支护的设计

1、喷射混凝土的设计强度等级不应低于 C15；对于竖井及重要隧洞和斜井工程，喷射混凝土的设计强度等级不应低于 C20；喷射混凝土 1d 龄期的抗压强度不应低于 5Mpa。

不同强度等级喷射混凝土的设计强度应按表 4.5 采用。

喷射混凝土的强度设计值 (Mpa) .....4.5

强度种类、砵等级	C15	C20	C25	C30
轴心抗压	7.5	10.0	12.5	15.0
弯曲抗压	8.5	11.0	13.5	16.5
抗压	0.9	1.1	1.3	1.5

2、喷射混凝土的容重可取 2200 千克/m<sup>3</sup>，弹性模量应按表 4.6 采用。喷射混凝土与围岩的粘结力：I、II 类围岩不应低于 0.8Mpa，III 类围岩不应低于 0.5Mpa。

喷射混凝土与围岩粘结力试验方法应遵守附录 A 的规定。

喷射混凝土的弹性模量 (Mpa) 表 4.6

喷射混凝土强度等级	弹性模量
C15	$1.85 \times 10^4$
C20	$2.1 \times 10^4$
C25	$2.3 \times 10^4$
C30	$2.5 \times 10^4$

3、喷射混凝土支护的厚度，最小不应低于 50mm，最大不宜超过 200mm。

4、含水岩层中的喷射混凝土支护厚度，最小不应低于 80mm。喷射混凝土的抗渗强度不应低于 0.8Mpa。

5、I、II 类围岩中的隧洞工程，喷射混凝土对局部不稳定块体的抗冲切承载力可按式验算：

$$KG \leq 0.6 f_t u_m h \quad \text{.....4.1}$$

当喷层内配置钢筋网时，则其抗冲切承载力按下式计算：

$$KG \leq 0.3 f_t u_m h + 0.8 f_{yv} A_{svu} \quad \text{.....4.2}$$

式中 G—不稳定块体重量 (N)；

$f_t$ —喷射混凝土抗拉强度设计值 (Mpa);

$h$ —喷射混凝土厚度 (mm); 当  $h > 100\text{mm}$  时, 仍以 10mm 计算;

$u_m$ —不稳定块体出露面的周边长度 (mm);

$A_{svu}$ —与冲切破坏锥体斜截面相交的全部钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ )

$K$ —安全系数, 取 2.0

6、通过塑性流变岩体的隧洞或承受采动影响的巷道及高速水流冲刷的隧洞, 宜采用纤维喷射混凝土支护。

7、对于下列情况, 宜采用钢架喷射混凝土支护:

7.1 围岩自稳时间很短, 在喷射混凝土或锚杆的支护作用发挥以前就要求工作而稳定时;

7.2 为了抑制围岩大的变形, 需要增强支护抗力时。

8、钢架喷射混凝土支护设计应遵守下列规定:

8.1 可缩性钢架可选用 U 形钢架、刚性钢架宜用钢筋焊接成的格栅钢架;

8.2 可采用可缩性钢架, 喷射混凝土支护层应在可缩性节点处设置伸缩缝;

8.3 钢架间距一般不大于 1.20m, 钢架之间应设置纵向钢拉杆, 钢架立柱埋入地坪深度不应小于 250mm;

8.4 覆盖钢架的喷射混凝土保护层厚度不应小于 40mm。

## 第五节 特殊条件下的锚喷支护设计

### (I) 浅埋隧洞锚喷支护设计

1、符合表 4.7 的浅埋隧洞, 宜采用锚杆喷射混凝土作永久支护, 必要时应加设格栅钢架, 其参数可采用工程类比法并通过监控量测和理论计算确定。

采用锚喷支护的浅埋隧洞条件

表 4.7

围岩类别	洞顶岩层厚度	毛洞跨度 (米)	水文地质条件
III	0.5~1 倍洞径	$\leq 10$	无地下水
IV	1~2 倍洞径	$\leq 10$	无地下水
V	2~3 倍洞径	$\leq 5$	无地下水

2、对于 IV、V 级围岩中的浅埋隧洞, 应设置仰拱, 必要时, 宜采用深层固结灌浆, 设置长锚杆、超前锚杆或长管棚等方法加固地层;

3、对于表 4.8 中浅埋岩石隧洞, 其支护结构应考虑偏压对隧洞的影响, 而作适当的加强。

浅埋岩石隧洞考虑偏压影响条件

表 4.8

围岩级别	洞顶地表横向坡度	隧洞拱部至地表最小距离
III	1: 2.5	$\leq 1$ 倍洞径
IV	1: 2.5	$\leq 2$ 倍洞径
V	1: 2.5	$\leq 3$ 倍洞径

4、覆土厚度大于 1 倍洞径的浅埋土质隧洞初期支护宜选用钢筋网喷射混凝土或钢架钢筋网喷射混凝土全封闭支护形式。对于覆土小于 1 倍洞径的浅埋土质隧洞采用锚喷支护作初期支护时，其支护参数应通过现场试验以及监控量测确定。对于厚淤泥质粘土或厚层含水粉细砂层等土层，未采取有效措施前不宜选用锚喷支护作初期支护。

5、浅埋土质隧洞锚喷支护结构类型和参数应根据土质条件、隧洞跨度、支护强度和支护刚度要求，采用计算方法确定，宜按表 4.9 的经验参数类比现场监控量测验证。

浅埋土层隧洞初期支护结构类型和参数 4.9

地质条件	<5m	5~12m
无地下水，隧洞稳定条件好	喷层厚 150~250mm，钢筋网 $\Phi 6 \sim 10\text{mm}$ ，网距 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$	喷层厚 250~300mm，钢筋网 $\Phi 6 \sim 10\text{mm}$ ，网距 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ ，钢架间距不大于 1000mm
无地下水，隧洞稳定性较差	喷层厚 250~300mm，钢筋网 $\Phi 6 \sim 10\text{mm}$ ，网距 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ ，钢架间距 750~1000mm	喷层厚 300~350mm，双层钢筋网 $\Phi 6 \sim 10\text{mm}$ ，网距 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ ，钢架间距不大于 750mm

6、计算浅埋土质隧洞初期支护参数时，其计算荷载包括下列内容：

6.1 永久性荷载：垂直土压力、侧向土压力以及支护结构自重。

6.2 地面附加荷载。

7、浅埋土质隧洞采用钢架喷混凝土支护时，钢架应有足够的刚度和强度，应能承受  $40 \sim 60\text{KN/m}^2$  的垂直土压力。

8、浅埋土质隧洞采用锚喷支护时，如地层稳定性差，宜采用土层注浆，超前导管、长管棚等地层预加固支护方法。但注浆压力应通过试验确定，以保证周围建筑物安全。

#### （II）塑性流变岩体中隧洞锚喷支护设计

9、位于变形量大且延续时间长的塑性流变岩体中的隧洞，宜采用圆形、椭圆形等曲线形断面。椭圆形断面隧洞的长轴宜与垂直于洞轴线平面内的较大主应力方向相一致。设计断面尺寸必须预留周边相对位移量。

10、塑性流变岩体中隧洞锚喷支护设计应遵守下列规定：

10.1 采用分期支护。初期支护应采用喷层厚度不大于 100mm 的锚喷支护，后期支护视具体情况采用锚喷支护或其他类型支护

10.2 采用仰拱封底，形成封闭结构；

10.3 采用监控量测，根据量测数据，及时调整支护抗力。

#### （III）老黄土隧洞锚喷支护设计

11、在老黄土中的隧洞，可采用钢筋网喷射混凝土作永久支护，必要时，用水泥砂浆锚杆加强。老黄土的主要物理力学指标应符合表 4.10 的规定。



老黄土物理力学指标

表 4.10

顺序	项目	单位	指标
1	天然容重	Kg/m <sup>3</sup>	≥1700
2	天然含水率	%	12~19
3	塑性指数		≥10
4	粘 聚 力	Mpa	≥0.06
5	内摩擦角	度	≥24
6	变形模量	Mpa	90~150

12、采用锚喷支护的老黄土隧洞，洞跨不宜大于 6.5m，其断面应为圆形或马蹄形，曲墙的矢高不应小于弦长的 1/8，并应设置仰拱

13、老黄土隧洞锚喷支护设计应遵守下列规定：

13.1 钢筋网喷射混凝土支护厚度宜为 100~150mm，应分两次施工。当需要水泥砂浆锚杆加强时，锚杆长度宜为 2.0~2.5m，杆体直径不宜大于 18mm，锚杆孔径不宜小于 60mm。

13.2 沿隧洞轴线每隔 5~10m 应设置环向伸缩缝，其宽度宜为 10~20mm。

13.3 锚喷支护设计，必须对地表水和洞内施工水提出处理措施。

#### (IV) 水工隧洞锚喷支护设计

14、在 I、II、III 类围岩中的水工隧洞，符合下列条件之一时，锚喷支护可作为后期支护。

14.1、围岩经处理不透水，或外水压力高于内水压力，不会发生内水外渗；

14.2、隧洞虽有一定的渗水，但内水长期外渗不会危及岩体和山坡的稳定，也不会给邻近建筑物带来危害。

15、有压水工隧洞的锚喷支护，应按“围岩—支护”变形一致的原则，校核喷射混凝土支护的抗裂能力。对于圆形隧洞，当  $h/r_0 < 0.05$  时，喷射混凝土支护允许承受的内水压力，可按下列公式计算：

$$[P] \leq f_{cra} \left[ \frac{E_r (r_0 + h)}{E_c (1 + \nu_r)} + \frac{H}{r_0} \right] \dots\dots\dots 4.3$$

式中 (P) ——喷射混凝土支护允许承受的内水压力值 (Mpa)；

$f_{cra}$  ——喷射混凝土的设计抗裂强度 (Mpa)；

$E_c$  ——喷射混凝土的弹性模量 (Mpa)；

$E_r$  ——围岩的变形模量 (Mpa)；

$\nu_r$  ——围岩的波松比；

$r_0$  ——支护后的隧洞半径 (mm)；

H——喷射混凝土厚度（mm）。

对于承受较高内水压的重要水工隧洞，宜通过水压试验，确定喷射混凝土支护的抗裂能力。

16、当地下水位较高或长期使用后隧洞可能放空时，设计中应校核锚喷支护在外水压力作用下的稳定性。

17、采用锚喷支护的永久过水隧洞允许的水流流速不宜超过 8m/s；临时过水隧洞允许的水流流速不宜超过 12m/s。

18、锚喷支护隧洞的糙率系数，可按下列公式计算：

$$n_1 = \frac{R_w^{1/6}}{17.72 \lg \frac{14.8 R_w}{\Delta}} \dots\dots\dots 4.4$$

式中：n<sub>1</sub>——喷射混凝土支护的糙率系数；

R<sub>w</sub>——水力半径（cm），对于圆形断面的隧洞，（D 为隧洞直径）；

Δ——隧洞洞壁平均起伏差（cm）。

当喷射混凝土支护隧洞的底板使用浇筑混凝土时，应按下式计算支护的综合糙率系数：

$$n^2 S_0 = n_1^2 S_1 + n_2^2 S_2 \dots\dots\dots 4.5$$

式中：n——隧洞的综合糙率系数；

n<sub>1</sub>——喷射混凝土糙率系数；

n<sub>2</sub>——浇筑混凝土部位的糙率系数，宜取 n<sub>2</sub>=0.014；

S<sub>0</sub>——隧洞全断面的湿周（米）；

S<sub>1</sub>——喷射混凝土的湿周（米）；

S<sub>2</sub>——浇筑混凝土的湿周（米）。

隧洞喷层表面的平均起伏差不应超过 150mm。

19、锚喷支护的水工隧洞，喷射混凝土的厚度不应小于 80mm，抗渗强度不应小于 0.8Mpa。

20、锚喷支护的水工隧洞，宜采用现浇混凝土作底拱，并应做好现浇混凝土与喷射混凝土的接缝处理。

#### （V）受采动影响的巷道锚喷支护设计

21、受采动影响的煤层底板岩巷、电耙巷道和采矿进路，可采用锚喷支护。

22、受采动影响巷道的锚喷支护设计应遵守下列规定：

22.1 锚喷支护的类型和参数，可根据动压影响程度、围岩类别、巷道跨度和服务年限等因素，用工程类比法确定；宜采用锚杆钢筋网喷射混凝土，或锚杆钢筋网喷射混凝土—钢架等组合支护型式；

22.2 受动压影响严重，并能引起围岩较大变形时，宜采用摩擦型锚杆、钢纤维喷射混凝土或可缩性钢架等支护型式。

23、当巷道建成后较长时间才受采动影响时，锚喷支护宜先按静压受力状态要求进行设计，待动压到来之前，再行增强。用于加强的可缩性钢架，其结构构造应便于拆卸回收。

#### (VI) 矿山隧道、锚杆支护设计

24、为减小水平应力对巷道、隧道支护的影响，采区设计时尽可能使巷道的布置方向与最大水平应力方向平行。

25、巷道应采用矩形或梯形断面，特殊条件下也可采用拱形或微拱形断面。巷道、隧道设计断面在满足通风、运输、行人等要求的前提下，其高度和宽度可预留 200mm，以适应围岩变形。

26、锚杆支护设计应采用以实测为基础的动态反馈设计法。设计过程包括地质力学评估、初始设计、监测与信息反馈、修改设计四个步骤。

27、当地质力学评估结果表明待施工巷道、隧道可采用锚杆支护时，可进行锚杆支护初始设计。

28、初始设计可按以下方法进行：

28.1 计算机数值模拟法。其步骤为：

(1)利用地质力学评估过程中获得的资料建立地质力学模型；

(2)利用地质力学模型分析巷道围岩的变形失稳模式；

(3)利用地质力学模型对各种可行的支护方案进行支护效果分析比较，优选出最佳的方案作为初始设计；

(4)分析确定顶板离层临界值。

28.2 工程类比法。

当地质力学评估表明待施工巷道、隧道与已经经过验证的锚杆支护巷道在地质条件、围岩力学性质、地应力和其它影响锚杆支护因素基本相同的情况下，巷道初始设计可参照进行。另外，可根据围岩稳定性分类，在表 4.11 推荐的锚杆支护形式和支护参数范围内，选择最合理的方案最为初始设计。根据本矿实际或经过验证的锚杆支护巷道的顶板离层情况确定顶板离层临界值，但最大临界值不能超过巷道设计高度的 5%。

锚杆支护形式与主要支护参数的选择 表 4.11

围岩类别	围岩稳定情况	基本支护形式	支护参数				
			杆体强度级别	杆体直径 (mm)	设计锚固力不小于 (KN)	锚杆长度 (mm)	间排距 (mm)
I	稳定	顶, 全锚: 锚网	500	22	150	2200 ~ 2400	800 ~ 1100
		帮, 端锚: 锚网	400	20	100	1800 ~ 2200	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带	500	22	150	2200 ~ 2400	900 ~ 1200
		帮, 加长锚: 锚网	500	20 ~ 22	120 ~ 150	1800 ~ 2000	
II	中等稳定	顶, 全锚: 锚网 + 钢带	500	22	150	2200 ~ 2400	700 ~ 1000
		帮, 端锚: 锚网	400	20 ~ 22	100 ~ 120	1800 ~ 2000	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带	500	22	150	2200 ~ 2400	800 ~ 1100
		帮, 加长锚: 锚网 + 梯	400	20 ~ 22	100 ~ 120	1800 ~ 2000	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带 + 锚索	600	22	180	2200 ~ 2400	900 ~ 1200
		帮, 全锚: 锚网 + 钢梯	500	20 ~ 22	120 ~ 150	2000 ~ 2200	
III	不稳定	顶, 全锚: 锚网 + 钢带	500	22	150	2200 ~ 2400	700 ~ 1000
		帮, 加长锚: 锚网 + 钢梯	400	20 ~ 22	100 ~ 120	1800 ~ 2000	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带 + 锚索	500	22	150	2200 ~ 2400	800 ~ 1100
		帮, 全锚: 锚网 + 钢梯	400	20 ~ 22	100 ~ 120	1800 ~ 2000	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带 + 锚索	600	20 ~ 24	180 ~ 210	2400 ~ 2600	900 ~ 1200
		帮, 全锚: 锚网 + 钢梯	500	20 ~ 22	120 ~ 150	2000 ~ 2200	
IV	极不稳定	顶, 全锚: 锚网 + 钢带 + 锚索	500	22	150	2200 ~ 2400	700 ~ 900
		帮, 全锚: 锚网 + 钢梯	400	20 ~ 22	100 ~ 120	1800 ~ 2000	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带 + 锚索	600	22 ~ 24	180 ~ 210	2200 ~ 2400	800 ~ 1000
		帮, 全锚: 锚网 + 钢梯	500	20 ~ 22	120 ~ 150	1800 ~ 2000	
		顶, 全锚: 锚网 + 钢带 + 锚索	700	22 ~ 24	210 ~ 250	2400 ~ 2600	900 ~ 1100
		帮, 全锚: 锚网 + 钢带	600	22	180	2000 ~ 2200	

29、锚杆支护初始设计是掘进工作面作业规程的组成部分和工程质量管理的依据，经责任副总工程师主持审查，完成审批程序后生效。初始设计必须包括以下内容：

- (1)巷道名称、位置、用途以及巷道设计断面；
- (2)锚杆支护布置图；
- (3)锚杆几何参数（长度、直径），力学参数（强度、延伸率）；
- (4)锚杆布置参数（间排距、角度）
- (5)锚杆锚固参数（孔径、锚固长度）；
- (6)钢带形式、强度、规格；
- (7)锚杆预紧力矩（或预紧力）、设计锚固力；
- (8)金属网的形式、规格；
- (9)支护材料消耗；

(10)施工工艺方法；

(11)相关安全技术措施：临时支护、空顶距；

(12)验证初始设计的观测与监测方案；

(13)基于初始设计的补强加固措施；

(14)巷道受采动影响时预计可能出现的问题，以及应采取的相应措施。

30、按初始支护设计施工的巷道应及时进行综合监测，并将监测结果用于验证或修改初始设计。当地质条件发生较大变化时，须依据工程监测结果和现场实际修改支护设计。

31、特殊地点的巷道断面以满足设备运输以及安装、通风、行人等基本使用要求为限，并进行专门支护设计和制定特殊安全技术措施。采用锚索进行补强加固时，优先选用不小于  $\phi 18$  的锚索。

32、沿空掘进巷道顶板必须采用锚网、钢带（或钢梯）以及锚索联合支护。锚索的排距不得超过 3m。

33、交岔点以及硐室设计要充分考虑邻近巷道、隧道的平面以及空间位置关系，简化巷道布置系统，减少由于巷道布置以及施工而造成围岩应力集中对巷道以及硐室产生的破坏。

34、锚杆支护设计必须采用符合相关设计标准。

35、钻孔直径。锚杆直径和树脂药卷直径要合理匹配。钻孔直径与锚杆杆体直径之差为 4~8mm，钻孔直径与树脂药卷直径之差为 3~5mm。锚杆的锚固长度按下式估算：

$$L_0 = LD_1^2 / (D^2 - D_2^2)$$

式中：L —树脂卷长度，mm

$L_0$  —锚固长度，mm

D —钻孔直径，mm

$D_1$  —树脂卷直径，mm

$D_2$  —锚杆内径，mm

36、煤巷顶板支护必须采用全长锚固。锚杆设计锚固力不小于 150kN，长度不小于 2200mm，杆体应选用  $\phi 22$ 、强度 500Mpa 及以上锚杆。其它类型的锚固方式如机械摩擦式锚固可作为辅助支护手段。

37、帮锚杆设计锚固力不小于 100kN，杆体应选用  $\phi 20$ ，强度 400Mpa 以上的锚杆。回采巷道靠工作面一侧可采用可切割锚杆或可拆卸锚杆，**推荐路威 2006 FRP 锚杆**。

38、矩形或梯形断面巷道，顶板两肩部必须布置与水平方向成 75 度的斜向锚杆，锚杆应与钢带（或钢筋梯）连接。

39、巷道锚杆支护的补强加固措施应优先采用锚索。锚索设计锚固力不小于 180kN，设计长度应确保锚固到稳定岩层的长度不小于 1.0m。

40、为便于现场管理、技术管理、质量管理以及支护材料加工，锚杆长度、直径、间排距应符合表 4.12 的规定。

锚杆支护系列 表 4.12

项目	系列					
锚杆长度 (m)	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	
杆体直径 (mm)	20	22	24	25		
锚杆排距 (m)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
锚杆间距 (m)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2

## 第五章 路威 2006 FRP 锚杆施工

### 第一节 一般规定

#### 1、锚杆孔的施工应遵守下列规定：

1.1 钻锚杆孔前，应根据设计要求和围岩情况，定出孔位，做出标记。

1.2 锚杆孔距误差不宜超过 150mm，预应力锚索孔距允许偏差为 200mm。

1.3 预应力锚索的钻孔轴线与设计轴线的偏差角不应大于 3%，其它锚杆的钻孔轴线应符合设计要求。

1.4 锚杆孔深应符合下列规定：

①水泥砂浆锚杆孔深允许偏差宜为 50mm；

②树脂锚杆和快硬水泥卷锚杆的孔深不应小于杆体有效长度，且不应大于杆体有效长度 30mm；

1.5 锚杆孔径应符合下列规定：

①水泥砂浆锚杆孔径应大于杆体直径 15mm；

②树脂锚杆和快硬水泥卷锚杆孔径宜为 42~50mm；小直径锚杆孔直径宜为 28~32mm；

③其他锚杆的孔径应符合设计要求。

#### 2、路威 2006 FRP 锚杆安装前应做好下列检查工作：

2.1 锚杆原材料型号、规格、品种，锚杆各部件质量及技术性能应符合设计要求；

2.2 锚杆孔位、孔径、孔深及布置形式应符合设计要求；

2.3 孔内积水和岩粉应吹洗干净。

3、在Ⅳ、Ⅴ围岩及特殊地质围岩中开挖隧洞，应先喷混凝土，再安装锚杆。并应在锚杆孔钻完后及时安装锚杆杆体。

4、锚杆尾端的托板应紧贴壁面，未接触部位必须楔紧。锚杆杆体露出岩面的长度不应大于喷射混凝土的厚度。

5、对于不稳定的岩质边坡，应随边坡自上而下分阶段开挖、边安设锚杆。

### 第二节 全长粘结型锚杆施工

#### 1、水泥砂浆锚杆的原材料及砂浆配合比应符合下列要求：

1.1 锚杆杆体使用前应平直、除油；

1.2 宜采用中细砂，粒径不应大于 2.5mm，使用前应过筛；

1.3 砂浆配合比：水泥：砂宜为 1：1~1：2（重量比），水灰比宜为 0.38~0.45。

2、砂浆应拌和均匀，随拌随用。一次拌和的砂浆应在初凝前用完，并严防石块、杂物混入。

3、注浆作业应遵守下列规定：

3.1 注浆开始或中途停止超过 30min 时，应用水或稀水泥浆润滑注浆罐及其管路；

3.2 注浆时，注浆管应插至距孔底 50~100mm，随砂浆的注入缓慢匀速拔出；杆体插入后，若孔口无砂浆溢出，应及时补注。

3.3 杆体插入孔内长度不应小于设计规定的 95%。锚杆安装后，不得随意敲击。

### 第三节 端头锚固型锚杆施工

1、树脂锚杆的树脂卷贮存和使用应遵守下列规定：

1.1 树脂卷宜存放在阴凉、干燥和温度在 +5~+25℃ 的防火仓库中；

1.2 树脂卷应在规定的贮存期内使用；使用前，应检查树脂卷质量，变质者，不得使用。超过使用期者，应通过试验，合格后方可使用。

2、树脂锚杆的安装应遵守下列规定：

2.1 锚杆安装前，施工人员应先用杆体量测孔深，作出标记，然后用锚杆杆体将树脂卷送至孔底；

2.2 搅拌树脂时，应缓慢推进锚杆杆体；

2.3 树脂搅拌完毕后，应立即在孔口处将锚杆杆体临时固定；

2.4 安装托板应在搅拌完毕 15min 后进行，当现场温度低于 5℃ 时，安装托板的时间可适当延长。

3、快硬水泥卷锚杆的水泥卷储存严防受潮，不得使用受潮结块的水泥卷；

4、快硬水泥卷锚杆的安装除应遵守第 10 条的有关规定外，还应遵守下列规定：

4.1、水泥卷浸水后，应立即用锚杆杆体送至孔底，并在水泥初凝前，将杆体送入，搅拌完毕；

4.2、连续搅拌水泥卷的时间宜为 30~60s；

4.3、安装托板和紧固螺帽必须在水泥石的强度达到 10Mpa 后进行。

5、安装端头锚固型锚杆的托板时，螺帽的拧紧扭矩不应小于 100Nm。托板安装后，应定期检查其紧固情况，如有松动，及时处理。

## 第六章 喷射混凝土施工

### 第一节 原材料

1、应优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，也可选用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，必要时，采用特种水泥；水泥标号不得低于 32.5Mpa。

2、应采用坚硬耐久的中砂或粗砂，细度模数宜大于 2.5，干法喷射时，砂的含水率宜控制在 5%~7%；当采用防粘料喷射机时，砂含水率可为 7%~10%。

3、应采用坚硬耐久的卵石或碎石，粒径不宜大于 15mm；当使用碱性速凝剂时，不得使用含有活性二氧化硅的石材；

4、喷射混凝土用的骨料级配宜控制在表 6.1 所给的范围内；

喷射混凝土骨料通过各筛径的累计重量百分数% 表 6.1

项目	0.15	0.30	0.60	1.20	2.50	5.00	10.00	15.00
优	5~7	10~15	17~22	23~31	34~43	50~60	78~82	100
良	4~8	5~22	13~31	18~41	26~54	40~70	62~90	100

5、应采用符合质量要求的外加剂：掺外加剂后的喷射混凝土性能必须满足设计要求；在使用速凝剂前，应做与水泥的相容性试验及水泥净浆凝结效果试验，初凝不应大于 5min，终凝不应大于 10min；在采用其他类型的外加剂或几种外加剂复合使用时，也应做响应的性能试验和使用效果试验。

6、当工程需要采用外掺料时，掺量应通过试验确定，加外掺料后的喷射混凝土性能和使用效果试验。

7、混合水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害物质，不得使用污水以及 PH 值小于 4 的酸性水和含硫酸盐量按  $SO_4$  计算超过混合水重量 1% 的水。

### 第二节 混合料的配合比与拌制

1、混合料的配合比应符合下列规定：

干法喷射水泥与砂、石之重量比宜为 1.0: 4.0~1.0: 4.5，水灰比宜为 0.4~0.45；湿法喷射水泥与砂、石之重量比宜为 1.0: 3.5~1.0: 4.5，水灰比宜为 0.42~0.50，砂率宜为 50%~60%。

2、速凝剂或其他外加剂的掺量应通过试验确定

3、原材料按重量计，称量的允许偏差应符合下列规定：

3.1、水泥和速凝剂均为  $\pm 2\%$ ；

3.2、砂、石均为  $\pm 3\%$ 。

4、混合搅拌时间应遵守下列规定：

4.1、采用容量小于 400L 的强制式搅拌机时，搅拌时间不得少于 60s；

4.2、采用自落式搅拌机时，搅拌时间不得少于 120s；

4.3 采用人工搅拌时，搅拌次数不得少于 3 次；



4.4 混合料掺有外加剂或外掺料时，搅拌时间应适当延长。

5、混合料在运输、存放过程中，应严防雨淋、滴水及大块石等杂物混入，装入喷射机前应过筛。

6、干混合料宜随拌随用。无速凝剂掺入的混合料时，存放时间不应超过 2h；干混合料掺速凝剂后，存放时间不应超过 20 分钟。

7、用于湿法喷射的混合料拌制后，应进行塌落度测定，其塌落度宜为 8~12cm。

### 第三节 喷射前的准备工作

1、喷射作业现场，应做好下列准备工作：

- 1.1 拆除作业面障碍物、清除开挖面的浮石和墙角的岩渣，堆积物；
- 1.2 用高压风水冲洗受喷面，对遇水易潮解、泥化的岩层，则应用压风清扫岩面；
- 1.3 埋设控制喷射混凝土厚度的标志；
- 1.4 喷射机司机与喷射手不能直接联系时，应配备联络装置；
- 1.5 作业区应有良好的通风和足够的照明装置。

2、喷射作业前，应对机械设备，风、水管路和电缆线路等进行全面检查及试运转。

3、受喷面有滴水、淋水时，喷射前应按下方法做好治水工作：

- 3.1 有明显出水点时，可埋设导管排水；
- 3.2 渗透系数小、导水效果不好的含水岩层，可设盲沟排水；
- 3.3 竖井淋帮水，可设截水圈排水。

### 第四节 喷射作业

1、喷射作业应遵守下列规定：

- 1.1 喷射作业应分段分片依次进行，喷射顺序应自下而上；
- 1.2 素混凝土一次喷射厚度应按表 6.2 选用；

素喷混凝土一次喷射厚度（mm） 表 6.2

喷射方法	部位	掺速凝剂	不掺速凝剂
干法	边墙	70~100	50~70
	拱部	50~60	30~40
湿法	边墙	80~150	--
	拱部	60~100	--

2、分层喷射时，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行，若终凝 1h 后再进行喷射时，应先用风水清洗喷层表面；

3、喷射作业紧跟工作面时，混凝土终凝到下一循环放炮时间，不应少于 3h。

4、喷射机司机的操作应遵守下列规定：

4.1 作业开始时，应先送风，后开机，再给料；结束时，应待料喷完后，再关风；

4.2 向喷射机供料应连续均匀；机器正常运转时，料斗内应保持足够的存料；

4.3 喷射机的工作风压，应满足喷头处的压力在 0.1Mpa 左右；

4.4 喷射作业完毕或因故中断喷射时，必须将喷射机和输料管内的积料清除干净。

5、喷射手的操作应遵守下列规定：

5.1 喷射手应经常保持喷头具有良好的工作性能；

5.2 喷头与受喷面应垂直，宜保持 0.6~1.0m 的距离；

5.3 干法喷射时，喷射手应控制好水灰比，保持混凝土表面平整，呈湿润光泽，无干斑或滑移流淌现象。

6、喷射混凝土的回弹率，边墙不应大于 15%，拱部不应大于 25%。

7、竖井喷射作业应遵守下列规定：

7.1 喷射机宜设置在地面；喷射机如置于井筒内时，应设置双层吊盘；

7.2 采用管道下料时，混合料应随用随下；

7.3 喷射与开挖单行作业时，喷射区段高宜与掘进段高相同，在每一段高内，可分成 1.5~2.0m 的小段，各小段的喷射作业应由下而上进行；

8、喷射混凝土养护应遵守下列规定：

8.1 喷射混凝土终凝 2h 后，应喷水养护；养护时间，一般工程不得少于 7d，重要工程不得少于 14d；

8.2 气温低于 +5℃ 时，不得喷水养护。

9、冬期施工应遵守下列规定：

9.1 喷射作业区的气温不应低于 +5℃；

9.2 混合料进入喷射机的温度不应低于 +5℃；

9.3 喷射混凝土强度在下列数值时，不得受冻：

①普通硅酸盐水泥配制的喷射混凝土低于设计强度等级 30% 时；

②矿渣水泥配制的喷射混凝土低于设计强度等级 40% 时。

## 第五节 钢筋网喷射混凝土施工

1、喷射混凝土中钢筋网的铺设应遵守下列规定：

1.1 钢筋使用前应清除污锈；

1.2 钢筋网宜在岩面喷射一层混凝土后铺设，钢筋与壁面的间隙，宜为 30mm；

1.3 采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设；

1.4 钢筋网应与锚杆或其他锚定装置联结牢固，喷射时钢筋不得晃动。

2、钢筋网喷射混凝土作业除应符合本章有关规定外，还应符合下列规定：

2.1 开始喷射时，应减小喷头至受喷面的距离，并调节喷射角度，以保证钢筋与壁面之间混凝土的密实性；

2.2 喷射中如有脱落的混凝土被钢筋网架住，应及时清除。

## 第六节 钢架喷射混凝土施工

1、架设钢架应遵守下列规定：

1.1 钢架立柱埋入底板深度应符合设计要求，并不得置于浮碴上；

1.2 钢架与壁面之间必须楔紧，相邻钢架之间应连接牢靠。

2、钢架喷射混凝土施工除应符合本章有关规定外，还应遵守下列规定：

2.1 钢架与壁面之间的间隙必须用喷射混凝土充填密实；

2.2 喷射顺序，应先喷射钢架与壁面之间的混凝土，后喷射钢架之间的混凝土；

2.3 除可缩性钢架的可缩节点部位外，钢架应被喷射混凝土覆盖。

## 第七节 聚丙烯腈纤维喷射混凝土施工

聚丙烯腈纤维作为混凝土微加强筋系统，是 70 年代中期杜邦公司研制的专利产品，目前，已在许多国家和地区推广使用，以其良好的效益引起各国的高度重视。90 年代初期由深圳海川工程科技公司引进中国市场，已在混凝土相关工程中应用百余个工程案例，聚丙烯腈纤维适用于任何混凝土工程。

1、聚丙烯腈纤维的材料特性

- ◇ 吸水性：< 2%；
- ◇ 比重：1.18；
- ◇ 纤维网长度：6、12、24mm；
- ◇ 熔点：220℃；
- ◇ 热传导性能低；
- ◇ 酸碱阻抗高；
- ◇ 张力强度：500-650MPa；
- ◇ 弹性模量：7-9Gpa；
- ◇ 安全性：无毒材料

2、聚丙烯腈纤维及其用于喷射混凝土的优点

自 80 年代以来，聚丙烯腈纤维喷射混凝土之所以能在世界各国很快推广，主要是因为采用聚丙烯腈纤维能够大大提高工程质量和降低总成本。据统计，各国乐于采用这项技术，主要是基于以下理由：

- (1) 能形成更厚的喷射混凝土层；
- (2) 具有更高的粘稠性，能大幅度降低混凝土回弹，降低成本；
- (3) 能阻止收缩龟裂；

- (4) 增大抗冲击能力;
- (5) 明显提高弯曲强度;
- (6) 疲劳强度能提高 3 倍;
- (7) 该喷射混凝土的射流初速度仅为使用其他材料时 70%-80%，减小了对已喷混凝土的冲击，利于提高混凝土的强度;
- (8) 泵送容易，不会损伤机械设备;
- (9) 纤维能抗酸碱腐蚀，没有锈蚀、老化问题;
- (10) 能改善混凝土的水密性，故能对主筋结构形成最佳保护，对延长混凝土的寿命有重要意义;
- (11) 不需改变原来的混凝土配合比;
- (12) 同金属丝网相比，聚丙烯腈纤维更易于储存、运输和使用;
- (13) 聚丙烯腈纤维以三维乱向方式均匀自动地分布在混凝土中。

### 3、聚丙烯腈纤维喷射混凝土的施工

#### 纤维的使用说明

- (1) 长度选择 目前深圳海川工程科技公司推荐在混凝土中所使用纤维的长度为 12mm。
- (2) 混合顺序 聚丙烯腈纤维加入混合器，可以在其他混合料加入之前加入，也可以在其他混合料加入之后加入，也可同时加入，加入量为  $0.9\text{kg/m}^3$ ，加入进按配比投入即可。
- (3) 搅拌时间 搅拌 1min 即可，但延长搅拌时间不会影响纤维的分布和强度。
- (4) 配比设计 聚丙烯腈纤维加强混凝土是机械作用而不是化学作用，它的加入不需要附加水和改变原来的混凝土配合比。

#### 纤维网纤维喷射混凝土施工

深圳海川工程科技有限公司生产的聚丙烯腈纤维从喷射效果考虑，最好采用潮喷或湿喷。采用干喷时，骨料的选择很重要，其最大粒径不得超过 4.75mm。干喷施工，对混凝土质量影响最大的是水灰比，这只能通过工人高水平地操作来实现。采用湿喷则要省事得多，喷射手无需关心控制水量的准确程度，只要在拌合时将水灰比控制在 0.35-0.45 之间即可，应该说明的是，当按  $0.9\text{kg/m}^3$  的量掺加聚丙烯腈纤维，其中有 5%起润滑作用，将减小输送壁与骨料间的摩阻力，从而降低了泵送压力。

### 4、效果分析

现在纤维混凝土常用的纤维有钢纤维、玻璃纤维和聚丙烯腈纤维，不少专业工程师对这几种纤维的使用效果作过调查，其中较好的是 G.W.克兰兹工程师的调查报告，现将其要点综述如下：

- (1) 不推荐在喷射混凝土中掺加玻璃纤维，除非有对反应加剧和由于碱腐蚀造成硅石失效加以保护的特殊意图。
- (2) 在高水灰比的喷射混凝土中加入钢纤维，腐蚀是影响其功能的根源，钢纤维增加了混凝土导电性，因而助长了电解化学腐蚀。
- (3) 聚丙烯腈纤维是非腐蚀的化学填入物，它对矿质、酸碱基质和无机盐有很好的化学阻挡作用，故聚丙烯腈纤维有效地阻止了混凝土的塑性收缩和龟裂。
- (4) 有纤维和无纤维的喷射混凝土抗压强度的区别是明显的，但不是引人注目的，在抗弯强度方面的区别却是激动人心的。
- (5) 加有聚丙烯腈纤维的混凝土试件同加 AR 玻璃纤维的试件相比，其 7 天和 28 天抗压

及抗弯强度要高出很多；与加钢纤维的试件相比，其抗弯强度更高，但抗压强度低于钢纤维的试件（玻璃纤维试件的抗压强度也比钢纤维试件低）。最后要强调的是，钢纤维在实际应用中还存在几个致命的弱点，即成本过高，对喷射设备有严重的损伤，难以拌合均匀，而且极易发生锈蚀。

## 5、应用实例

（1）1985 年，瑞典国家研究院对掺加钢纤维、合成纤维的喷射混凝土及普通喷射混凝土作了对比试验，结果加纤维网的喷射混凝土的抗压强度比不加者高 34%，抗弯强度高 46%。在矿山加固等工程中实测的回弹量为：没有纤维时为 25%，加钢纤维后为 10%，加合成纤维后为 4%~5%。

（2）美国亚利桑那州的运河防洪工程加固所用的喷射混凝土，全部用合成纤维取代金属丝网，喷射厚度为 100-150mm。

（3）1980 年，美国新墨西哥政府修建了两条泄洪渠道，为了便于比较，一条用传统的钢筋混凝土结构固，另一条用合成纤维混凝土加固，据结算，用纤维混凝土者节约了 25% 的投资。

（4）香港新隧道工程，出于环保、电力和商业服务要求，用合成纤维取代了钢纤维，喷射厚度 75mm，效果非常好。

（5）菲律宾的某隧道用合成纤维混凝土加固洞门仰坡和洞内初期支护，都很成功。

## 6、结论

近年来，聚丙烯腈纤维的应用在我国得到较快发展，特别是 1998 年以来，在中国的广东、山东、陕西、河南、上海、河北、湖北等地已取得较为成功的经验。相信聚丙烯腈纤维加强混凝土的技术，将会很快地被中国正在进行的大规模基建工程的设计所采用。

## 第七章 质量检查与工程验收

### 1、原材料与混合料的检查应遵守下列规定：

1.1 每批材料到达工地后，应进行质量检查，合格后方可使用；

1.2 喷射混凝土的混合料和锚杆用的水泥砂浆的配合比以及拌和的均匀性，每工作班检查次数不得少于两次；条件变化时，应及时检查。

### 2、锚杆质量的检查应遵守下列规定：

2.1 检查端头锚固型锚杆质量必须做抗拔力试验。试验数量，每 300 根锚杆必须抽样一组，设计变更或材料变更时，应另作一组，每组锚杆不得少于三根；

2.2 锚杆质量的合格条件为：

$$P_{An} \geq P_A \cdots \cdots 7.1$$

$$P_{Amin} \geq 0.9 P_A \cdots \cdots 7.2$$

$P_{An}$ —同批试件抗拔力的平均值 (KN)，

$P_A$ —锚杆设计锚固力 (KN)，

$P_{Amin}$ —同批试件抗拔力的最低值 (KN)；

2.3 锚杆抗拔力不符合要求时，可用加密锚杆予以补强；

2.4 全长粘结型锚杆，应检查砂浆密实度，注浆密实度大于 75% 方为合格。

### 3、锚喷支护外观与隧洞断面尺寸应符合下列要求：

3.1 断面尺寸符合设计要求；

3.2 无漏喷、离鼓现象；

3.3 无仍在扩展中或危及使用安全的裂缝；

3.4 有防水要求的工程，不得漏水；

3.5 锚杆尾端及钢筋网等不得外露。

### 4、锚杆检测试验一般规定

4.1 锚固体强度大于 15.0MPa 时，可进行锚杆试验。

4.2 锚杆试验用加荷装置的额定压力必须大于试验压力。

4.3 锚杆试验用反力装置在最大试验荷载作用下应保持足够的强度和刚度。

4.4 锚杆试验用检测装置(测力计、位移计、计时表)应满足品设计要求的精度。

### 5、基本试验

5.1 任何一种新型锚杆或已有锚杆用于未曾应用过的土层时，必须进行基本试验。

5.2 基本试验锚杆不应少于 3 根，用作基本试验的锚杆参数、材料及施工工艺必须和工程锚杆相同。

5.3 最大试验荷载( $Q_{\max}$ )不应超过材料强度标准值的 0.8 倍。

5.4 砂质土、硬粘土中锚杆基本试验加荷等级与测读锚头位移应遵守下列规定：

①采用循环加荷，初始荷载宜取  $A \cdot f_{ptk}$  的 0.1 倍，每级加荷增量宜取  $A \cdot f_{ptk}$  的 1/10~1/15。

②砂质土、硬粘土中锚杆加荷等级与观测时间见表 5.2.4。

③在每级加荷等级观测时间内，测读锚头位移不应少于 3 次。

④在每级加荷等级观测时间内，锚头位移量不大于 0.1mm 时，可施加下一级荷载，否则要延长观测时间，直至锚头位移增量 2.0h 小于 2.0mm 时，再施加下一级荷载。

砂质土、硬粘土中锚杆基本试验加荷等级与观测时间

表 6.3

加荷增量	初始荷载	-	-	-	10	-	-	-
	第一循环	10	-	-	30	-	-	10
	第二循环	10	20	30	40	30	20	10
	第三循环	10	30	40	50	40	30	10
	第四循环	10	30	50	60	50	30	10
	第五循环	10	30	50	70	50	30	10
	第六循环	10	30	60	80	60	30	10
观测时间(min)		5	5	5	10	5	5	5

5.5 淤泥及淤泥质土中锚杆基本试验加荷等级与测定锚头位移应遵守下列规定：

①初始荷载宜取  $A \cdot f_{ptk}$  的 0.1 倍，每级加荷增量宜取  $A \cdot f_{ptk}$  的 1/10~1/15,加荷等级为  $A \cdot f_{ptk}$  的 0.5 和 0.7 倍时，采用循环加荷。循环加荷分级与观测时间同表 5.2.4。

②锚杆各加荷等级的观测时间见表 5.2.5。

淤泥及淤泥质土中锚杆基本试验各加荷等级的观测时间表

表 6.4

加荷等级 ( $A \cdot f_{ptk}\%$ )	初始荷载	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级	第六级
	10	30	40	50	60	70	80
观测时间(min)	15	15	15	30	120	30	120

③、在每级加荷等级观测时间内，测读锚头位移不少于 3 次。

④、荷载等级小于  $A \cdot f$  的 50%时，每分钟加荷不宜大于 20kN；荷载等级大于  $A \cdot f_{ptk}$  的 50%时，每分钟加荷不宜大于 10kN。

⑤、当加断等级为  $f_{ptk}$  的 0.6 和 0.8 倍时，锚头位移增量在观测时间内 2.0h 小于 2.0mm，才可施加下一级荷载。

5.6 锚杆破坏标准：

①后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的 2 倍。

②锚头位移不收敛。

③锚头总位移超过设计允许位移值。

5.7 试验报告应按本规范附录八整理,并绘制锚杆荷载—位移(Q—S)曲线、锚杆荷载—弹性位移(Q—Se)曲线、锚杆荷载—塑性位移(Q—Sp)曲线。

5.8 基本试验所得的总弹性位移应超过自由段长度理论弹性伸长的 80%,且小于自由段长度与 1/2 锚固段长度之和的理论弹性伸长。

5.9 试验得出的锚杆安全系数  $K_0$  值由下式确定:

$$K_0 = R_u / N_t \dots\dots\dots 7.1$$

式中  $R_u$ ——锚杆极限承载力,取破坏荷载的 95%。

## 6、验收试验

6.1 验收试验锚杆的数量应取锚杆总数的 5%,且不得少于最初施作的 3 根。

6.2 最大试验荷载不应超过预应力筋  $A \cdot f_{ptk}$  值的 0.8 倍,并应满足以下规定:

①永久性锚杆的最大试验荷载为锚杆设计轴向拉力值的 1.5 倍。

②临时性锚杆的最大试验荷载为锚杆设计轴向拉力值的 1.2 倍。

6.3 验收试验对锚杆施加荷载与测读锚头位移应遵守以下规定:

①初始荷载宜取锚杆设计轴向拉力值的 0.1 倍。

②加荷等级与各等级荷载观测时间应满足表 6.5 的规定。

验收试验锚杆的加荷等级与观测时间表 表 6.5

加荷等级	测定时间(min)	
	临时锚杆	永久锚杆
Q1=0.10Nt	5	5
Q2=0.25Nt	5	5
Q3=0.50Nt	5	10
Q4=0.75Nt	10	10
Q5=1.00Nt	10	15
Q6=1.20Nt	15	15
Q7=1.50Nt	-	15

③同本指导说明第 5.2.4 条第三款。

④、最大试验荷载观测 15min 后,卸荷至 0.1Nt 量测位移,然后加荷至锁定荷载锁定。

6.4 试验结果按本规范附录八整理,并绘制锚杆验收试验图。

6.5 锚杆验收标准:

①同第 5.8 条。

②在最大试验荷载作用下,锚头位移趋于稳定。



## 第八章 专用树脂类锚固剂的介绍

### 第一节 概述

锚固剂可以分为两大类：快硬水泥类锚固剂和树脂类锚固剂。从相关资料看，复合材料锚杆在矿山、隧道中应用最好采用树脂锚固剂。从锚杆的极限抗拔力来说，应该以现场的试验为标准，因为锚杆的极限抗拔力受许多因素的影响，它与岩层的坚硬程度、钻孔直径的大小、有效锚固长度、灌浆材料和施工工艺等均有关系，目前尚无完善的设计理论，现有设计计算的锚杆抗拔力只能作为粗略的预测，还需通过现场抗拔试验以判断设计方案的可靠性以保证工程的安全。

树脂锚固剂：起粘结锚固作用的材料称为锚固剂，树脂锚固剂是由树脂胶泥与固化剂两部分分隔包装成卷型。混合后能使杆体与被锚固体岩层粘结在一起。CK、K 型锚固剂是在大量推广应用中速锚固剂基础上新开发的快速锚固剂。锚固剂凝胶时间 20~60s；固化后 3min 抗压强度大于 30Mpa；一天后抗压强度大于 80Mpa。锚杆可实现快速安装，立即上紧托板，5min 锚固力大于 40KN。

树脂锚固剂（树脂药包）主要技术参数 表 8.1

性能	指标	性能	指标
抗压强度	>60Mpa	振动疲劳	>800 万次
剪切强度	>35Mpa	泊松比	>0.3
容重	1.9~2.2g/cm <sup>3</sup>	储存期（<25℃）	>9 个月
弹性模量	>1Gpa	适用环境温度	-30℃~+60℃

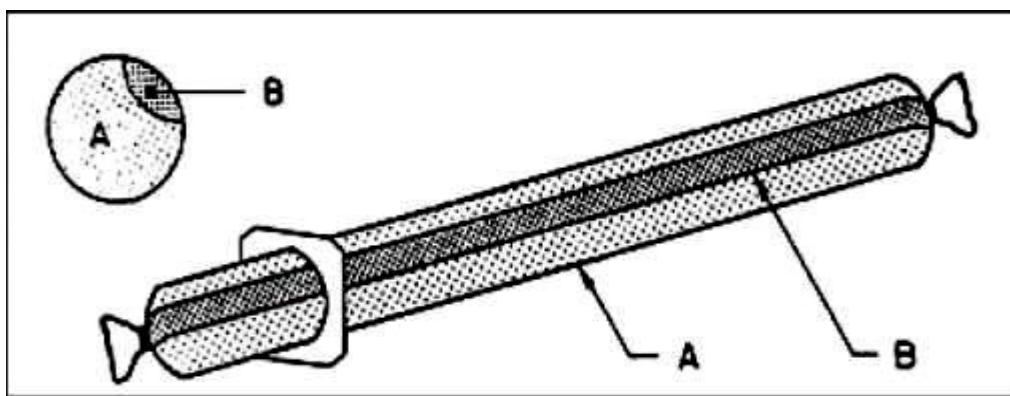
树脂锚固剂根据其凝固固化时间，分超快、快速、中速、慢速四种，其技术参数见表 8.1、8.2（在 22±1℃环境温度条件下测定），树脂锚固剂（及树脂药包）的规格见表 8.3，对于不同杆体与基材的锚固力还需要进行相关试验。

树脂锚固剂（树脂药包）产品型号 表 8.2

分 类	特性	凝胶时间（s）	搅拌时间(s)	等待时间(s)	颜色标识
CKa	超快速	8~25	15	10-30	黄
CK		8~40		10-60	红
K	快速	41~90	25-40	90-180	蓝
Z	中速	91~180	25-40	480	白
M	慢速	>180	25-40		

树脂锚固剂（树脂药包）的规格 表 8.3

型号	规格（mm）	质量（g）	使用钻孔（mm）	每箱支数	适用范围
3537	Φ35×370	700±10	Φ42±2	40	井筒装备安装
3530	Φ35×300	550±10	Φ42±2	40	矿山巷道锚喷支护端锚
2835	Φ28×350	400±10	Φ32±2	40	矿山巷道锚喷支护及其它
2850	Φ28×500	640±10	Φ32±2	40	矿山巷道支护及全长锚固
2335	Φ23×350	300±10	Φ28±2	50	矿山巷道小直径支护及全长锚固



树脂锚固剂组分图，A-树脂胶泥，B-固化剂

## 第二节 路威锚固剂说明书

1、我公司提供的树脂锚固剂：超快速(MSCKa, MSCK);快速(MSK);中速(MSZ);慢速(MSM); 直径：Φ23、Φ28、Φ35 及不同长度的树脂锚固剂。

2、树脂锚固剂型号表示方法：

MS 类型、直径=mm、长度 cm、其中 M 为锚杆，S 为树脂锚固剂，类型可分为 CK 超快速；K 快速；Z 中速；M 慢速。

例：MSCK2335 表示直径为 23mm，长度为 350mm 的超快速树脂锚固剂。

3、树脂锚固剂适用范围：

(1)矿山井下的全岩巷，煤巷、半煤巷、地面铁路，公路隧道、大坝边坡，桥梁建筑基础以及边坡护坡等；

(2)适宜于灰岩、页岩、沙岩、粉沙岩以及泥岩等的锚固支护，不适宜严重渗水的岩段及松软泥土的锚固。

4、树脂锚固剂执行标准为：MT146.1—2002。

5、各型锚固剂的长度，由用户提供岩性及设计锚固力的要求与我们共同试验确定，使用两只及以上锚固剂锚固同一根杆体时应合理选择锚固剂速度，以利共同达到搅拌要求，达到全长有效锚固的目的。

6、依据设计要求的杆体长度，建议严格控制锚杆孔的深度，一般孔深比锚杆长度短 60-80mm，防止锚杆孔过深，过浅。

7、锚杆孔钻好后应用压风吹扫眼孔浮尘或积水再安装树脂锚杆为宜。

8、根据设计锚固长度，用杆体锚头端将锚固剂缓缓送入孔底，待锚固剂前端刚好接触孔底时，启动搅拌机全速旋转搅拌，并严格遵守规定的搅拌时间，匀速将杆体推进到孔底。

9、锚杆安装搅拌结束卸下搅拌机前要及时在孔口将杆体楔住，在等待时间之前严禁杆体位移或晃动，安装顶板这一点尤为重要。

10、若系两种速度及以上锚固剂用于同一根杆体锚固时，速度较快的一支锚固剂应放入孔底

11、搅拌安装机具可根据使用现场动力条件，选用气动锚杆钻机，液压锚杆钻机，气动煤钻或电煤钻，采用树脂锚杆钻机或液压锚杆钻机作业，对于岩石硬度较低的地点钻孔和树脂锚杆安装同机操作更为方便。

12、用于树脂锚杆安装机械，建议选用额定转速 $\geq 400$  转/分；转距对于全长锚固应选用 $\geq 60\text{N} \cdot \text{M}$ ，对于端部锚固应选用 $\geq 40\text{N} \cdot \text{M}$  的机具。

13、锚固剂表面不得沾有油垢，万一沾染上油垢可用干净布片、纸壳等擦拭干净后再使用。

注：产品贮存与运输

1、锚固剂可在  $4-25^{\circ}\text{C}$  以下，无强烈阳光照射，远离火源，干燥的室内贮存。

2、在  $20-25^{\circ}\text{C}$  环境贮存，保质期从生产之日起不少于三个月，过期产品经检查手感柔软的产品可继续使用。

3、锚固剂的包装采用硬质纸板箱，搬运时注意轻放，禁止摔撞，详见包装箱表面禁忌标识。

4、铁路运输时可办理整车或零担，汽车运输时防止雨淋和曝晒。

## 参考文献

- 1、《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB50086-2001；
- 2、《土层锚杆设计与施工规范》CECS22-90；
- 3、阎莫名、徐祯祥、苏自约，《岩土锚固技术手册》，人民交通出版社，2004
- 4、深圳市海川路威 2006 FRP 锚杆企业标准
- 5、吴海斌，国内预应力锚杆（索）防护要求与存在的问题，中国三峡总公司航建项目部，2002.07
- 6、曹国金、姜弘道、张建斌，锚固技术的支护机理和试验分析研究动态，地下空间，2002.03
- 7、孔恒、马念杰、王梦恕等，锚固技术及其理论研究现状和方向，