

# 膨胀性围岩隧道施工

## 1. 概述

在膨胀性地层中开挖隧道、巷道或地下洞室，常常可以见到围岩因开掘而产生变形，或者因浸水而膨胀，或因风化而开裂等现象，使设置在膨胀性围岩中的隧道或地下洞室的洞壁发生位移，导致围岩失稳，衬砌破坏。膨胀性围岩的基本特征，归纳起来表现在以下三个方面。

**1.1 围岩的应力比高。**即  $P_0/R_a$ ， $P_0$ —地应力， $R_a$ —围岩的抗压强度。由于膨胀性围岩是有原始地层的超固结特性，使围岩中储存有较高的初始应力，当隧道或地下洞室开掘后，引起围岩应力释放，强度降低，产生卸载膨胀，因此围岩常常具有明显的塑性流变特征，开掘后将产生较大的塑性变形。

**1.3 胀缩效应的力学特性。**膨胀围岩因吸水而膨胀，失水而收缩，岩体干湿循环产生胀缩效应。一是使围岩体结构破坏，由块间联结变为裂隙结合，甚至成为散结构，强度完全丧失，导致围岩压力增大；二是造成围岩应力变化，无论膨胀压力或收缩应力，都将破坏围岩的稳定性，特别是膨胀产生的膨胀压力将对增大围岩压力起叠加作用。

## 2. 施工方法

膨胀性围岩隧道施工，首先查明膨胀产生的原因，测定围岩贮存的应力大来确定相应的施工方法及支护参数。

膨胀性围岩的施工原则为“加固围岩，改善洞形，先柔后刚，先放后抗，变形留够，底部加强”24字方针。

**2.1 加固围岩。**加固围岩最有效的措施是支护的锚杆，锚杆长度应大于塑性半径。锚杆长度越长，支护效果愈好，但锚杆太长时，工程造价加大，施工难度高，且局部锚杆强度难以充分发挥；而锚杆太短则加固围岩效果不好。当锚杆长度大于塑性区厚度时，可抑制塑性区围岩的承载力，并把塑性区围岩同弹性区稳定围岩连接起来。此时锚杆两端相对位移较大，使锚杆充分受拉，从而提高锚杆对围岩径向支护的作用；反之当锚杆长度小于塑性区时，即全位于塑性区内，锚杆将随着围岩整体移动，围岩仍有剪切滑移破坏的可能，锚杆两端相对位移较小，削减锚杆对围岩的支护作用。锚杆长度应大于塑性区厚度。（ $L_1/L_2=K=2/3$ ， $L_1$ —围岩塑性区厚度， $L_2$ —锚杆长度），围

岩塑性区通过岩石力学的卡斯特纳公式，即多点位移计和声波测式法对围岩松动范围来确定塑性区。

**2.1.1** 选用自进式锚杆对膨胀性围岩施工较为理想。常用进口迈式锚杆和国产 GMC 锚杆，其规格型号见下表。

品 种	迈 式				GMC		
型号	R25N	R32N	R32S	R38N	R25	R27	R32
内/外径(mm)	14/25	20/32	15/32	14/38	13/25	15/27	18/32
重量(kg/m)	2.5	3.6	3.9	6.4	2.8	3.1	4.3
规格(m)	2、3、4、6				根据工程要求		

**2.1.2** 采用预应力锚杆，为了使长锚杆施工后没有足够的时间让围岩变形收敛，施作外衬，充分发挥长锚杆的作用，让其充分受力。用一块 18×18cm，厚 8mm 的钢板代替拱形垫板，在锚杆末端预留 1m 长的自由端，由自由端施加预应力张拉。

**2.2** 改善洞形。通过增大边墙和仰拱曲率，使开挖断面轮廓形状接近成圆形，并表面圆顺，开挖后支护形成环状封闭结构。

**2.3** 先柔后刚。先放后抗，变形留足。采用长锚杆为主，辅以留纵缝的喷砼以及可缩式钢架的柔性初期支护，并预留 25~45cm 的预留变形量，待围岩收敛到一定值后，施作厚度 50cm 以上的钢纤维砼外衬，对围岩进行刚性支护。

**2.4** 底部加强。底部仰拱加大曲率，并施作足够强度，参数与拱墙一致，与拱墙衬砌的时差要短，要在一个月內施作。

### 3. 施工工艺

#### 3.1 长锚杆施工工艺

拱墙部分选用 T×U—75A 型水平钻机，边墙下部和底部选用 YG40 型凿岩机。采用自进式锚杆。其工艺流程见下页：

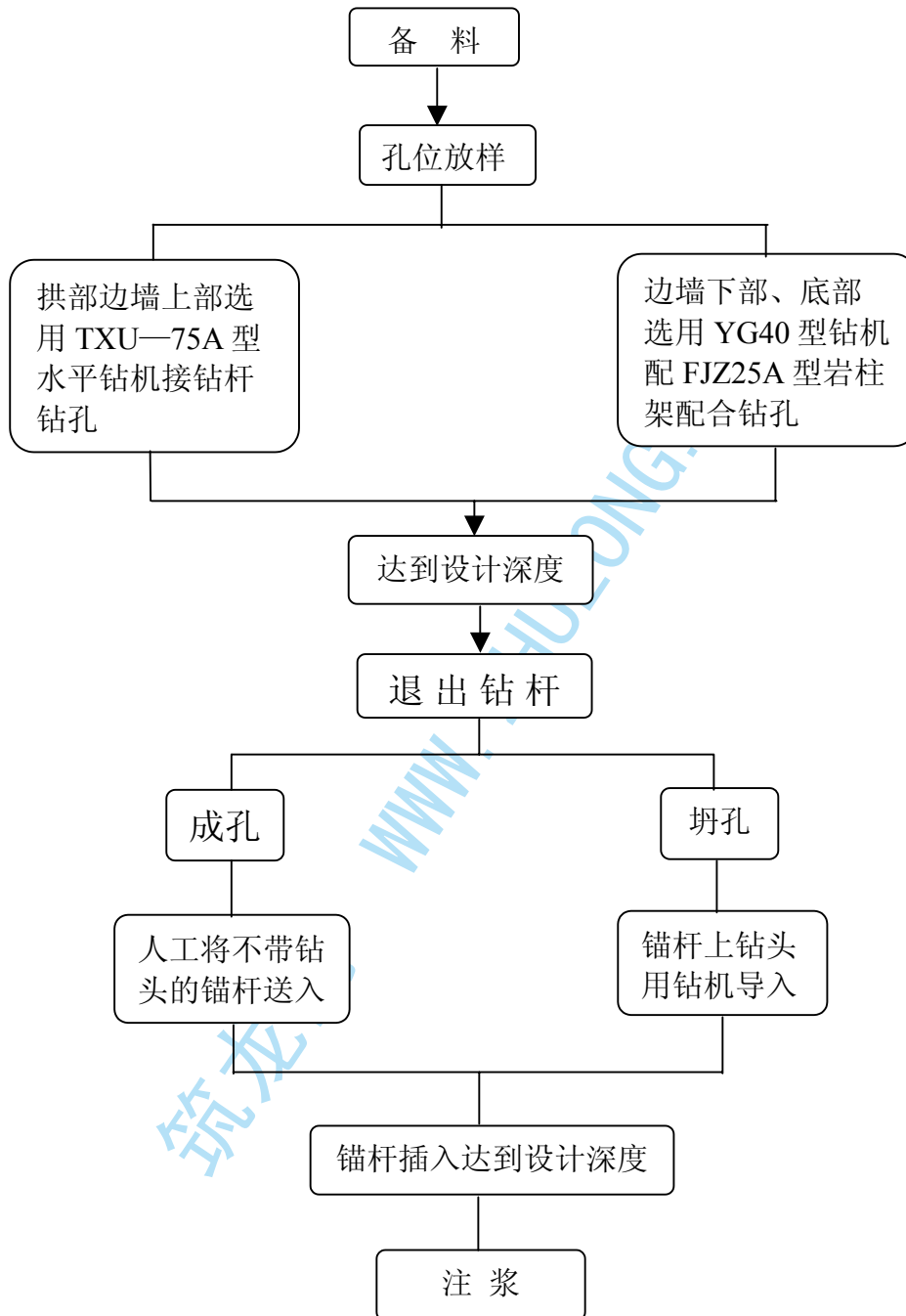
3.2 膨胀性围岩施工流程图见下页：

#### 4. 劳动力组织及进度指挥

膨胀性围岩隧道施工，与一般隧道作业比较，支护量增加，每个工班增加长锚杆作业人员约 20 人，其余与常规隧道一样。

## 5. 机械设备配置

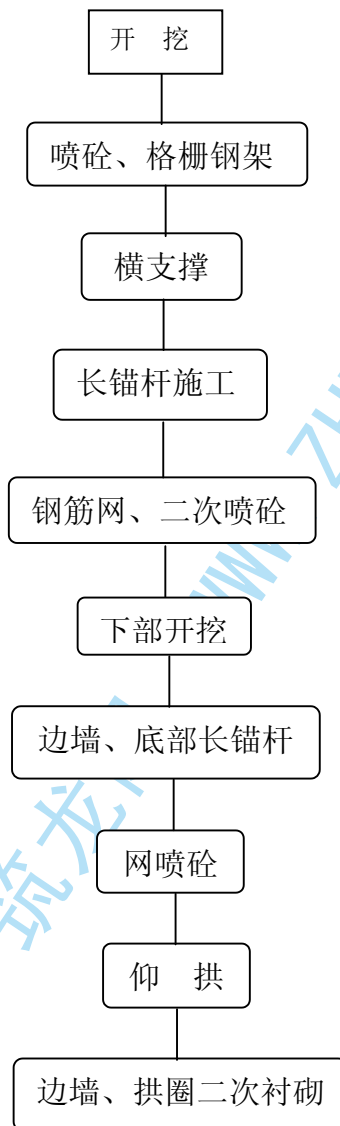
### 自进式长锚杆施工流程



机械与常规隧道一样配备，增加长锚杆专用设备如下

：设备名称	型 号	孔 径	功 率 (kW)
钻 机	7655 TXV—75A	50~89	4
	YG40	40~55	
注浆泵	M400		47.5

膨胀性围岩隧道施工流程



## 6. 质量要点

**6.1** 在钻杆的尾部接上水泵的送水管，利用钻杆的中空部分将水送到钻杆前面，从钻头的喷水孔喷出，将钻孔中的碴子冲出，从钻杆与孔壁之间返回孔口，排出。在钻孔过程中，钻孔的速率跟排碴有着很密切的联系，如钻仰角孔时，钻孔的碴子能顺利排出，钻孔的速率就高，钻俯角孔时，碴子排出困难，钻孔速率低。

**6.2** 由于膨胀围岩软弱、破碎，钻孔与送锚杆的间隔时间不宜太长，防止坍孔。宜锚杆退出后，立即插入锚杆。若遇坍孔，锚杆采用钻机送入，锚杆前面安装钻头，重新钻开坍孔部分，不再取出钻头。

**6.3** 锚杆注浆，待锚杆与输出管连接好后先往注浆孔送水冲孔，待水由里向外返回孔口后即开始注浆，浆液由锚杆中心进入孔底，从孔底返回孔口，待浆液流出后，封堵孔口，待注浆泵的压力达到 2MPa 后，注浆才结束。

**6.4** 开挖后，应在较短的时间内，加固围岩。配备较多的钻机和劳动力，在较短的时间做完长锚杆。

**6.5** 分部开挖，在上半断面开挖后，为使上半断面初期支护形成封闭结构。加设  $\phi 108$  钢管横撑以取代临时仰拱，以克服下断面开挖后临时仰拱失去底部围岩的支撑，受力状态恶化，对拱脚形成有效支撑。

**6.6** 二次衬砌与开挖面距离尽量缩短，衬砌应尽快形成环形封闭结构。

## 7. 安全措施

**7.1** 在膨胀性岩层中施工，要特别注意排水工作，避免水漫流；拱脚及墙脚应采取措施，不使积水，凡水流通过的土、石暴露地段应设置管道、木槽或浆砌片石水沟。

**7.2** 砼全部灌抵岩壁，对拱顶部位应特别注意捣固密实。

**7.3** 不要向开挖面洒水，以保持围岩干燥。

**7.4** 要加强通风，以降低洞内湿度和温度。

**7.5** 在长锚杆施工中，每台钻机必须间隔一定的距离，防止施工向岩体内大量注水，引起边墙及拱脚塌方。

**7.6** 钻机的司钻人员必须经过培训，能熟练地处理顶钻、卡钻、顶水、喷孔等现象。