二次支护原理在深井软岩硐室支护中的实践

万　援　朝

（江苏华美工程建设集团有限公司 建井工程处，江苏 徐州　221131）

摘　要：介绍了庞庄矿张小楼井－1 010 m输送机头部硐室在软岩内的支护技术和方法，解决了大断面硐室变形破坏的难题，为今后深水平大断面硐室软岩支护设计和施工，提供了经验参考。

关键词：二次支护；大断面硐室；软岩

中图分类号：TD354　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：0253－2336（2006）09－0005－03

Practice of second support theory applied to deep mine soft rock section chamber support

WAN Yuan-chao

(*Mine Construction Section of Jiangsu Huamei Engineering Construction Co. Ltd.*, *Xuzhou*　221131, *China*)

Abstract: The author introduced the support technology and method of applying －1 010m conveyor head chamber of Zhang Xiaolou mine in Pangzhuang in soft rocks and solved the problem of deformation of mine large cross section chamber.

Key words: second support; mine large cross section chamber; soft rock

庞庄矿张小楼井为一对千米主、副立井开拓形式，落底水平－1 025 m，垂深1 062.7 m。石门、巷道在掘进支护较短时间后，出现巷道顶板下沉、两帮变形开裂、底鼓等围岩压力显现问题。如不及时处理，将影响运输设备的安装使用，易导致输送带跑偏、机器损坏等事故。经设点观测和技术分析，认为在高应力作用下，软岩的性质已发生了很大变化，围岩的能量释放在大幅增加。通过对已施工并发生变形破坏的软岩巷道，进行松动圈测试，其松动圈半径达2 m以上，最高达3.2 m，属大松动圈软岩。本文介绍了庞庄矿张小楼井－1 010 m输送机头部硐室在软岩内的支护技术和方法。

1　工程地质概况

张小楼井－1 010 m输送机头部硐室设计长54 m，掘进断面为31.55 m^2。主体硐室尾部设有煤仓，两边设有电机、张紧绞车和电气控制硐室。该硐室及煤仓自1997年5月份开始施工，1999年6月份全部施工结束。

该硐室穿过的地层位于山西组中部砂页岩互层内，属河床冲刷带，巷道方向斜交砂页岩互层面。砂页岩互层胶结差，节理发育，滑面较多，内含直径100 mm砾石，岩石松散破碎，围岩抗压强度低，级别为Ⅴ类。

2　二次支护原理与技术

（1）采用“先柔后刚”二次支护技术，控制围岩变形。在深部软岩内开掘硐室，具有围岩压力大，变形量大、自稳时间长的特点。通过采用二次支护技术，使先期支护的让压来缓冲围岩的膨胀压力，后提高支护工作阻力，控制围岩变形。

（2）锚网喷组合支撑拱共同承载。围岩在锚杆主动支护的作用下，可锁紧破碎岩体，提高岩体的自身强度，形成锚岩组合支撑拱。钢筋网、金属网和喷射混凝土支护，对围岩进行封闭，防止围岩的风化和剥落，有效地提高了锚杆支护能力，增强了围岩支护结构体的承载能力。

（3）锚注支护，增强围岩强度和整体稳定性。由于软岩层松散破碎，通过注浆注入水泥浆液，使松散的围岩胶结成一整体，改变了围岩的松散状态，提高了岩体的内摩擦角和内聚力，从而提高了岩体的强度和围岩的整体稳定性以及围岩本身的承载能力。浆液扩散大于围岩松动圈范围，使锚杆的锚固作用得以发挥，锚固力增大，组合支护体系的支撑能力得到进一步提高。

3　支护技术方案

鉴于大断面头部硐室的特殊使用要求和穿过软

万方数据

岩的地质特性，经过反复研究，最终确定采用“先柔后刚”二次支护技术方案。即拱墙一次掘出，初次使用锚网喷支护，待围岩应力释放、硐室卸压变形稳定后，再进行二次支护。二次支护采用钢筋网和锚喷注浆联合支护。底板采用混凝土反拱和锚网注浆的支护技术方案。

因硐室断面大，围岩稳定性差，为减少硐室全断面掘进暴露时间，以便及时支护，确保施工安全，硐室施工分为上下两部分，即上部分掘高为4.6 m，由拱顶和墙上帮组成；下部分掘深2.21 m，为拱底型式，由墙下帮和反拱组成。

3.1　初次支护

初次支护为硐室上部分，采用正台阶法施工。上台阶高为3 m，下台阶高为1.6 m，台阶长6 m。上下台阶掘出后初喷50 mm厚混凝土，封闭围岩，减少风化，随后进行锚网支护。锚杆采用φ18 mm螺纹钢筋，长1.8 m，间排距0.7 m，快硬水泥药卷，全长锚固。金属网采用8号铁丝网，网格80 mm×80 mm。复喷工作在下台阶的后方进行，喷混凝土厚50 mm，喷混凝土强度为C20。硐室初次支护结构如图1所示。

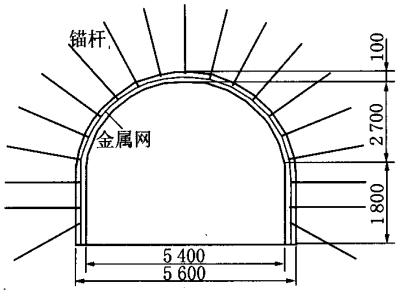


图1　-1 010 m输送机头部硐室初次支护结构示意

3.2　变形卸压

机头部硐室经初次支护后，在全长54 m范围内设10组观测基点、54个测点，对硐室拱顶、肩窝、帮、底板定期观测达9个月。开始6个月，硐室变形量较大，底鼓明显，顶板下沉290～570 mm，两帮及底板移近量达300～500 mm，特别是垂直于岩层面的顶板和底帮受力变形较大（图2）。后3个月，硐室变形量很小，为20 mm左右，硐室趋于稳定状态。

当硐室变形趋于稳定后，对硐室全长54 m变形破坏段，采用刷大挖除变形破坏围岩至初次支护

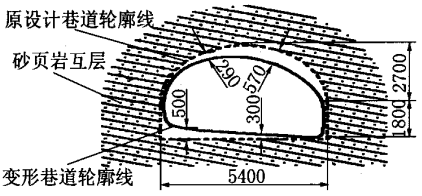


图2　-1 010 m输送机头部硐室初次支护变形破坏实测

的设计毛断面，仍采用锚网喷初次支护形式进行处理，为全断面二次支护创造条件。

3.3　二次支护

在初次支护的基础上，对硐室上部分采用钢筋网和锚喷联合加强支护。锚杆采用直径22 mm，长2.5 m左旋无纵筋螺纹钢等强锚杆，间排距0.85 m，菱形布置。锚固剂为K2830型树脂药卷，锚固长度600 mm。螺母扭矩为100 N·m。钢筋网采用直径18 mm螺纹钢筋，间排距0.25 m。喷混凝土厚度为100 mm，喷混凝土强度C20。锚注锚杆采用直径22 mm、4 mm钢管制成，长2 m，间排距1.7 m×0.85 m，注浆水泥为42.5号普通硅酸盐水泥，单液注浆，水灰比为0.7～1.0，注浆压力为1.5～2 MPa。

3.4　拱底支护

硐室墙下帮支护，与墙上帮和拱顶的二次加强支护相同，喷混凝土总厚为200 mm。为防止硐室底鼓、底脚变形，硐室底部采用反拱形式。反拱结构采用钢筋网、锚杆和混凝土封底及锚注联合支护。反拱钢筋网采用直径18 mm螺纹钢筋，间排距0.3 m；锚杆采用直径18 mm、长1.8 m，间排距0.7 m，快硬水泥药卷锚固；反拱混凝土厚200 mm，混凝土强度C30；锚注锚杆长1.5 m，间排距2～3 m（图3）。

4　支护施工工艺

4.1　支护设备

（1）锚杆钻机。硐室拱顶锚杆孔采用MQT-85J$_2$型气动锚杆钻机，钻孔直径32 mm。硐室两帮及反拱底锚杆孔采用YT-27型凿岩机钻眼，孔径32 mm。

（2）锚注设备。锚注锚杆孔用YT-27型凿岩机钻眼，孔径42 m。注浆用KBY-50-70型注浆

万方数据

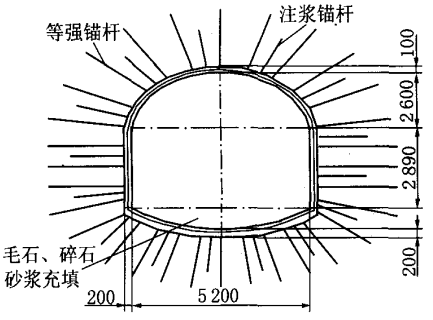


图3　-1 010 m输送机头部硐室二次支护示意

泵，最大排量50 L/min，最大工作压力为7 MPa。

4.2　施工工艺

（1）初次支护施工工艺。上下台阶爆破，出矸→对拱顶及两帮初喷50 mm厚混凝土→打拱顶、两帮锚杆孔→安装拱顶、两帮锚杆和挂金属网→全断面复喷50 mm混凝土成巷。

（2）二次支护施工工艺。局部挖除变形围岩到毛断面→初喷50 mm厚混凝土→打锚杆孔→安装锚杆、挂金属网→喷浆50 mm到初次支护净断面→打拱顶、两帮锚杆孔→安装锚杆→扎钢筋网→复喷100 mm成巷→打拱顶锚注锚杆孔→安装锚注锚杆→对顶、帮注浆。

（3）拱底支护施工工艺。挖底刷帮掘反拱→两帮初喷100 mm混凝土→打两帮、底脚及反拱底锚杆孔和注浆锚杆孔→安装锚杆和注浆锚杆→扎两帮和反拱钢筋网→浇灌混凝土反拱→两帮复喷100 mm厚混凝土→对反拱底和两帮注浆→用碎石及砂浆充填反拱→打设备混凝土基础，砌墙、充填、抹面→收尾结束。

5　主要施工技术经验

（1）采用超前锚杆和光爆技术。在软岩中掘进，因围岩松软破碎，为防止冒顶和破坏，凿炮眼前，先在工作面的顶部打8根管缝式锚杆超前护顶。管缝式锚杆直径43 mm、长1.8 m，初锚力40 kN。为了减少爆破对顶板围岩的冲击震动破坏和扰动，增强顶板的整体稳定性和完整性，周边眼采用间隔孔装药，眼距200～250 mm，炮眼直径42 mm，抵抗线500 mm。二号硝铵炸药，周边眼集中度为0.07～0.1 kg/m。经采用超前锚杆和光爆技术后，硐室顶板围岩成型较好。

（2）加强两底脚和耳硐连接处的锚注技术。头部硐室两边的耳硐与硐室连接处和硐室两底脚是应力集中区和支护薄弱区，易出现变形破坏。为此，对两边耳硐连接处门口向里增加3排2.5 m长等强锚杆，并采用锚注加固支护处理；对硐室两底脚采用45°底脚锚杆，并采用锚注支护技术。经使用后，没有出现变形现象。

（3）采用先喷后锚网和三径匹配技术。光爆后，为减小围岩风化，采用喷混凝土及时封闭，解决在软岩内打锚杆孔，易造成孔口震动破坏、塌孔和锚杆托板、金属网不贴岩面及锚固效果差的问题。采用先喷后锚网支护和小钻孔、小药卷与锚杆三径匹配技术，提高了锚杆支护质量和支护效果。

（4）采用对锚杆螺母的二次紧固技术。等强锚杆安装后，为加大锚杆的锚固力，在复喷前，对等强锚杆螺母进行二次紧固。确认紧固后，螺母扭矩由100 N·m增大到150 N·m，提高了等强锚杆的支护能力和大断面硐室的承载能力。

6　结　　语

在-1 010 m输送机头部大断面硐室，在软岩中采用“先柔后刚”二次支护技术和施工工艺后，对硐室顶、底板和两帮重新埋点进行长期观测，没有发现变形，有效地解决了围岩应力释放高峰期所造成硐室变形和破坏问题。设备安装和使用后，均能满足安全生产要求，避免了二次或三次修复所带来的经济损失和生产影响，是深水平软岩层中大断面硐室施工和支护的一项成功经验。

参考文献：

[1]　陈炎光，陆士良. 中国煤矿巷道围岩控制［M］. 徐州：中国矿业大学出版社，1994.

[2]　陆士良，孙永联，鲁庆明，等. 软岩动压巷道的锚注支护［J］. 中国煤炭，1995（4）.

[3]　易恭猷，韩立军，林登阁. 极不稳定巷道合理支护技术研究［J］. 中国煤炭，1996（6）.

[4]　杨新安，陆士良. 软岩巷道锚杆支护研究新进展［J］. 中国煤炭，1996（8）.

[5]　陆士良，姜耀东. 巷道底鼓的机理和防治［J］. 中国煤炭，1995（8）.

作者简介：万援朝（1958-），男，安徽固镇人，高级工程师，现任华美工程建设集团有限公司建井工程处总工程师。Tel：0516-85344511，E-mail：hxgs_dzb@yahoo.com.cn

收稿日期：2006-03-01；责任编辑：朱拴成

万方数据