

# 煤矿立井破裂防治技术研究

李青山

中天合创煤炭分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要：**在工程建设中，造价控制和管理处于关键的位置，造价控制和管理工作的效果将在一定意义上决定整个项目总投资的效益，与工程建设单位经济效益之间具有密切的关联。所以为了切实做好建筑工程管理，强化监督工程成本控制水平，有必要在施工当中主动运用整体的管理措施，实现对施工各个环节以及过程费用的有效控制，推动建筑工程各个施工阶段井然有序的往前推移，实现整个建筑工程的高质量竣工的理想。

**关键词：**建筑工程；造价；全过程管控

## 引言

在目前建筑行业飞速发展的背景下，建筑企业需要做好工程造价全过程管控工作。建筑企业只有在这项工作基础上进行优化创新，才能创造良好的经济效益和社会效益，才能促进建筑行业健康可持续发展。建筑工程造价全过程管理也就是在工程造价管理进程中，依照全过程性的理念，结合时间、市场等变化性较大的因素，对于各项目的价格走势进行评价估量，在相互对比中保障造价的科学。因此，建筑企业需要重点探究建筑工程造价全过程管控策略，构建完善的建筑工程造价全过程管控体系，科学地指导建筑工程造价全过程管控工作，提高资金利用率，切实缓解资金压力。

## 1 矿井概况

葫芦素煤矿副井表土层厚度219.16m，井筒净直径10.8m，采用冻结法现浇混凝土施工。内外双层钢筋混凝土复合井壁的混凝土强度等级为C40，内层井壁厚度为600mm，外层井壁厚度为400~500mm。2016年4月该矿检修人员在井筒深度219m，井壁西南侧及东侧各发现一处混凝土开裂，其中西南侧钢筋外露<sup>[1]</sup>。将井壁破坏情况上报公司，公司组织相关专业技术人员经现场勘查及分析认为，井筒受采动影响，含水层水位下降造成地表下沉，表土地层围抱井壁下沉，产生了作用在井筒上的竖向附加力（负摩擦力），造成表土层与风化基岩界面井壁变形破坏。



图1-1 葫芦素煤矿副井筒a井壁破坏图

## 2 井筒修复加固设计原则

### 2.1 竖让横抗原则

由于井壁破坏是表土沉降产生的竖向附加力引起的，因此在修复治理时竖向采取以“让”为主的方针；另外，当井壁破裂后，井壁原设计所赋予的水平侧向承载能力受到了严重的削弱，轻者内层井壁向井筒内产生较大的径向位移，以致影响到矿井的正常提升速度，严重者井壁将发生整体性破坏，流沙将涌入井筒，从而发生难以想象的后果，所以在修复治理时水平方向应采取以“抗”为主的方针。即：在修复治理时，在竖直方向削弱巨大的竖向附加力对井壁的作用，在水平方向能抵抗水平侧向力对井壁的作用。

### 2.2 井壁水平承载能力等强度设计原则

在井壁修复治理过程中，为保证在水平方向能抵抗水平侧向力对井壁的作用，修复加固段井壁结构采用槽钢井圈混凝土复合井壁结构形式，并使该复合井壁结构的强度等于原钢筋混凝土井壁的设计强度，确保修复治理后的槽钢井圈混凝土复合井壁结构和原设计的钢筋混凝土井壁具有相同的抗水平侧压能力。

### 2.3 恢复井筒安全间隙原则

井壁受巨大的竖向附加力作用破坏后，井壁破坏段内的钢筋混凝土向井筒中心突出，使井筒安全间隙减少，因此在做修复治理井筒设计时，为了确保井筒的安全间隙，采用偏心架设槽钢井圈、扩大槽钢井圈内径、在井筒安全间隙最小部位切除槽钢井圈的翼缘等措施。

### 2.4 卸压槽压缩量应大于地表沉降量原则

卸压槽是沿井壁周边在井壁内开切的一个水平环状槽，用以释放和衰减作用于井壁上的竖向附加力，保证井筒的安全。根据预计地表下沉量、水文地质条件、卸压槽的变形特性、施工工艺和井壁参数，经计算确定卸压槽的合理位置、数量以及开切高度<sup>[2]</sup>。卸压槽尺寸设

计主要是卸压槽的高度设计,卸压槽的高度取决于井壁自身的竖向弹性压缩变形量B和卸压槽内充填可缩材料的可缩量A,即井壁的可缩量要满足下式:  $A+B \geq U$ 式中:U为根据预计的地层沉降量换算得到的井壁将被压缩量。

### 3 井筒修复加固机理分析

#### 3.1 井壁竖向附加力基本特征

立井井壁混凝土主要承受水平地应力和竖向荷载作用,其破坏遵循混凝土的多轴强度准则。井壁所受的竖向荷载包括:井壁自重、作用于井壁上的井塔重量、井壁上的装备重量以及竖向附加力。

3.2 以往的井壁设计按经验取表土段井壁自重荷载3/4由井筒周围的土体分担,基岩段则基本不考虑自重荷载。而工程实践和监测研究表明:只要岩土层产生相对于井筒的沉降,井壁都会受到竖向附加力的作用,从而增大井壁内应力。如图3-1所示,导致井筒竖向附加力的原因一般包括冻结融沉、疏水沉降、开采沉降及其他施工扰动引起的地层沉降等。

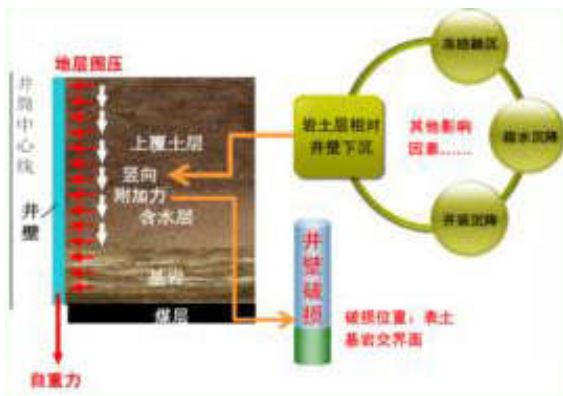


图3-1 井壁竖向附加力作用机理

竖向附加力的大小与地层的水文地质条件、地层是否疏水以及疏水的速率、井壁结构等多种因素有关。大量研究表明:

(1) 竖向附加力是随着含水层线性降压而线性增加的,当停止疏排水后,竖向附加力也很快趋于稳定。竖向附加力与疏排水层的压缩模量成反比,与疏排水层的水压降成正比;

(2) 竖向附加力随深度呈非线性的递增关系,越靠近疏排水层与上覆土层的交界面,附加力的值越大。

(3) 竖向附加力与疏排水层厚度成正变关系,疏排水层越厚,竖向附加力越大。

(4) 附加力的大小与土层性质有关。一般而言,在其他条件相同时,砂层的附加力大,黏土层的附加力最小。

(5) 井壁受地层作用外载荷越大,竖向附加力越大。

可见,影响竖向附加力大小的因素众多,仅依照地质资料要准确确定某一矿井的竖向附加力取值是非常困难的,目前,规范尚未给出竖向附加力的明确取值大小,仅建议按试验数据或经验选取<sup>[1]</sup>。对工程问题作合理简化,根据经验类比法确定相关计算参数,是计算分析井壁竖向附加力作用的主要方法。

#### 3.3 井筒与地层相互作用计算模型

根据葫芦素煤矿井筒检查孔地质资料,对地层进行相应简化,建立图3-2所示的相互作用计算模型。计算范围自井口至壁座位置(埋深-245m~-252m),对表土段和基岩地层按岩性和层厚等因素进行合并简化,分成13个主要层位进行井壁受力分析。

### 4 注浆施工

#### 4.1 注浆材料

以单液水泥浆为主、水泥—水玻璃双液浆为辅。注浆材料选用新鲜PO42.5水泥和模数2.8-3.2,波美度40-45的水玻璃。水泥浆的水灰比1.2:1-0.8:1,水泥与水玻璃的体积比G:S=3:1-4:1。当单液浆和双液浆注浆效果较差时,可考虑采用化学浆液。

#### 4.2 注浆量

注浆帷幕厚2.0m,注入水泥量约200吨,水玻璃约13吨。

#### 4.3 注浆压力

在开始和正常注浆阶段,以低压渗透为主;壁间注浆时,注浆压力控制在2.0MPa以下;壁后注浆时,保持3~4MPa以下进行注浆,但所有注浆终压不得超过4.0MPa(均指井下孔口压力)。如在地压较大的破坏段,注浆压力需适当调整。同时,必须加强井壁的观察,确保施工人员和井壁的安全。

#### 4.4 卸压槽施工

卸压槽是沿井壁周边在井壁内开切的一个水平环状槽,用以释放和衰减作用于井壁上的竖向附加力,保证井筒的安全。在垂深222m处设置一道卸压槽,释放和衰减井壁纵向应力<sup>[4]</sup>。卸压槽规格为:高度×深度=300mm×600mm(开透内层井壁)。

卸压槽内充填防腐木砖,规格为:高度×深度=280mm×550mm。

#### 4.5 卸压槽充填材料

卸压槽内充填沥青防腐木砖。其木材应为具有较大可缩性的白松或东北落叶松,其加工规格要求木砖的高度方向(即槽高度方向)应垂直于木纹方向。在卸压槽内沿环向充填密实。

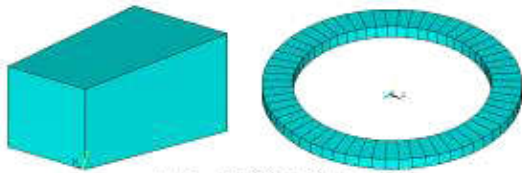


图4-2 卸压槽木球结构示意图



图4-3 卸压槽内木球充填效果图

#### 4.3 破坏段井圈加固

加固段井壁结构为槽钢井圈+混凝土复合井壁，竖向用钢筋连接，洞室支护结构，槽钢井圈的硬度和弹性模量均大于外层混凝土的硬度和弹性模量，因此在两层材料的交接面上，始终保持应力协调。外层井壁受力产生的径向变形，传递给内层槽钢井圈，各自承担的外力相对稳定。随着混凝土应力的增大，当应力超过混凝土的屈服极限时，混凝土的弹性模量逐渐下降，弹性比随之加大，这时槽钢井圈上的应力也在加大，但在混凝土破坏之前，两者均可共同作用，直到槽钢井圈达到屈服极限。根据风井井壁的破坏段高和位置，在总深218m-223m处，内层井壁加固段段高为5m，共架设密集[20槽钢井圈25道。加固槽钢在过井高煤道聚半锚杆处被切断，每一圈井圈完成后重新用加温镀锌焊条为整体。

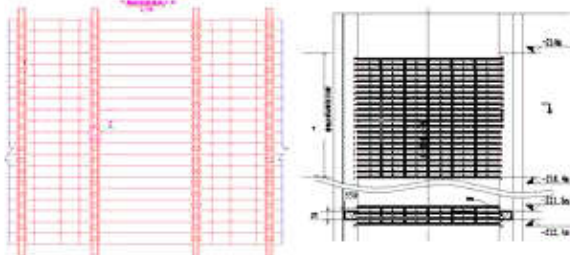


图4-4 井圈加固设计图



图4-5 井圈加固成果图

#### 5 井筒修复加固工程监测

为检验葫芦素煤矿副井井筒修复加固效果，及时了修复后卸压槽的压缩变形情况和对破裂井壁修复后其井壁的应力大小，以便监控和预报井壁的工作状况，及时评估井壁的安全度。共埋设16个钢弦表面应变计，6个

压力盒、6个位移计；所有元件均按要求进行了防水，能够满足5年以上长期监测需要。

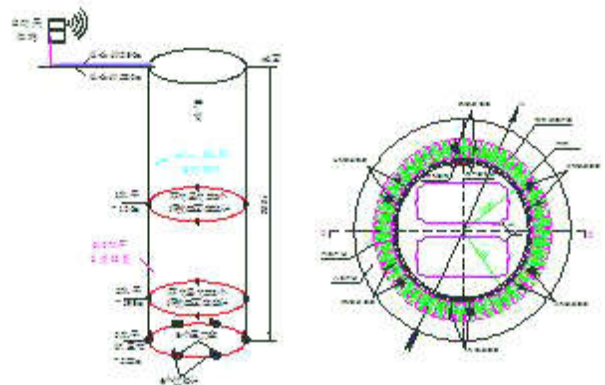


图5-1 监测原件布置设计图

#### 结语

1) 冲击地压导致煤岩体突然破坏是高应力作用的结果，应力控制理论的核心是控制煤岩体的应力分布状态和单位应力梯度。

2) 现场实践、数值模拟和相似模拟研究表明：冲击地压的发生是由于应力的变化所引起的，即冲击地压的防治是可以通过控制应力来实现的。

3) 断层的构造应力会造成煤岩体的应力分布集中和单位应力梯度明显增加，动应力比远大于临界值，是导致冲击地压发生的主要原因；受邻近采区残余应力的影响，巷道掘进过程中，采场应力分布的不均匀，通常也会诱发掘进巷道冲击地压。

4) 在超前深孔顶板预裂爆破和开切眼贯通动态应力控制的防冲实践中，验证了可通过应力控制理论来实现冲击地压的有效防治。

#### 参考文献

- [1]佩图霍夫.冲击地压和突出的力学计算方法[M].段克信,译.北京:煤炭工业出版社,1994: 10-100.
- [2]李玉生.冲击地压机理及其初步应用[J].中国矿业学院学报,1985(3):41-43.
- [3]齐庆新,史元伟,刘天泉.冲击地压粘滑失稳机理的实验研究[J].煤炭学报,1997,22(2):144-147.
- [4]潘一山.冲击地压发生和破坏过程研究[D].北京:清华大学,1999:25-50.