

# 三用阀的改进提高

煤炭科学研究总院北京开采所 叶道一

三用阀是外注式单体液压支柱的重要部件，它由单向阀、卸载阀、安全阀三部份组成。支柱的升降和性能好坏全靠三用阀保证。升柱时，外部泵站来的高压液体经注液枪，将单向阀打开，高压液体进入支柱内腔，迫使支柱升高。当支柱与顶梁接触不再升高、注液枪停止供液时，单向阀关闭，切断内腔与外界的联系，使支柱保持一定的初撑力。随着支护时间的延长，工作面顶板作用在支柱上的载荷增加，当支柱内腔压力达到额定工作压力时，安全阀开启，内腔液体经安全阀外溢，活柱下缩、支柱上载荷降低；当内腔压力低于支柱额定工作压力时，安全阀关闭，保证支柱工作阻力基本恒定。安全阀同时也起着安全保护作用，保证支柱不致于超载损坏。支柱卸载时，用专用工具打开卸载阀，支柱内腔液体经卸载阀外溢，支柱回缩。关闭卸载阀，支柱停止下降，达到回柱目的。单向阀、卸载阀、安全阀是外注式单体液压支柱必不可少的阀件，通常为便于安装和维修，三个阀组装成一个部件，称为三用阀。三用阀性能好坏，不仅关系到支柱操作和性能优劣，而且也关系到支护效果和工人安全，国内外广大科技工作者一直在寻求操作简便、性能稳定、使用寿命长、价格便宜和安全可靠的三用阀。尽管世界各国单体液压支柱使用的阀形式和结构不完全相同，但因其作用与功能是一致的，差别不大，只是具有某些特色而已。

## 1 国外几种典型的三用阀

克罗克纳-贝考利特、萨尔茨基脱等西

德公司生产的三用阀结构相似，克罗克纳-贝考利特公司生产的SHZ型三用阀见图1。

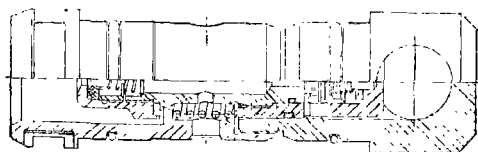


图1 SHZ型三用阀

SHZ型三用阀由球形单向阀、平面密封卸载阀、用氮气作为弹性元件的安全阀组成。三个阀通过螺纹联结成一体，利用左右阀筒螺纹将阀固定在支柱柱头孔中。类似结构的阀在日本、苏联、波兰、捷克等国均得到应用，所不同的是安全阀有的采用锥阀、滑阀或球阀等形式。这种阀具有结构简单、装卸方便、维修容易、左右阀筒联结螺纹始终处于乳化液中，不会因锈蚀而失效，价格便宜等优点而得到广泛应用。不足的是单向阀垫、卸载阀垫采用尼龙制作，阀的耐污染能力较差，密封面几何形状要求高；气体安全阀气密性要求高，往往因气体泄漏而造成支柱工作阻力下降，同时这种安全阀的开启压力受环境温度影响较大。

西德蒂森公司生产的三用阀（图2）不同于SHZ型。该阀的特点是单向阀与卸载阀合而为一。卸载时，操作卸载工具迫使单向阀轴向移动，利用固定在整体阀筒上的顶杆将单向阀钢球顶开。安全阀弹性元件采用碟形弹簧，结构紧凑、长度尺寸小，减少砸坏的可能性。阀筒为一整体，利用阀帽与阀筒螺纹将阀固定在柱头孔中（波兰采矿研究总院设计的UP-2-00型三用阀也采用整体阀筒结构）。由于阀筒为一整体，安装时阀筒

上的密封圈要过柱头孔，有可能损坏（国内设计的整体阀筒过孔时损坏率为5~8%，有时甚至更多）；阀帽与阀筒联结螺纹露在柱头孔外，螺纹锈蚀后，拆卸困难，为防止螺纹锈死，有时采用加大螺纹间隙的办法，结果阀帽容易丢失。此外，这种阀不能与其他型号支柱通用，因此用量很少。

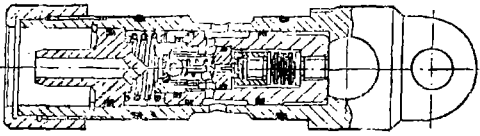


图 2 蒂森公司三用阀

海茵茨曼公司的三用阀结构不同（图3）。单向阀、卸载阀、安全阀分别装在柱头上，彼此间通过液体联系。这种形式的阀，柱头难加工，损坏后井下维修不便，尤其三个阀均采用螺纹与柱头联结，螺纹防锈显得特别重要，否则锈蚀后，增加拆卸难度，同时也不可能与其他型号的阀互换，只能用于该公司生产的支柱，未能普遍应用。

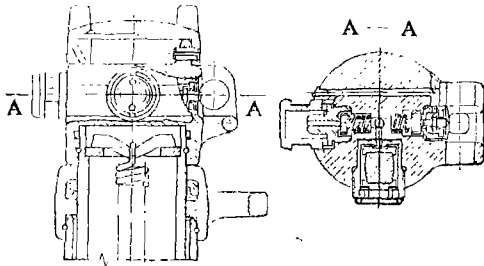


图 3 海茵茨曼公司阀组

波兰卡托维兹采矿研究总院设计的GIG型三用阀，在波兰使用最为广泛，其用量超过100万个（图4）。

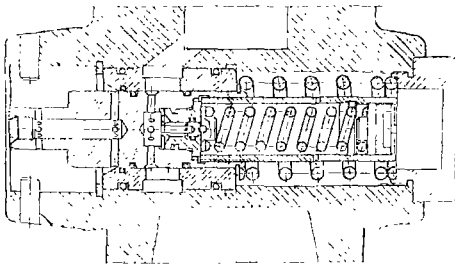


图 4 GIG型三用阀

GIG型三用阀的单向阀和卸载阀由套管和移动式注液阀体组成。供液借助于带有螺旋线沟槽的注液枪管进行。升柱时，将注液枪管插入柱头两个导向销中，并扭转90°，迫使注液阀体轴向移动，注液阀体上的径向孔通过套管上“0”形密封圈，高压液体经注液阀体小径上的径向孔、中心孔、大径上径向孔进入支柱内腔。反向转动注液枪管，在内腔高压液体和弹簧作用下，注液阀体复位，关闭单向阀、卸载采用专门的回柱工具进行。与注液枪管相似，回柱工具上也有螺旋状沟槽。使用时，将它插入两个导向销中，并扭转90°，迫使注液阀体移动，支柱内腔液体外溢。升降柱由同一机构来完成，使阀的结构较紧凑、长度尺寸短，另件数量少。单向阀进液孔与来液方向垂直，煤粉等脏东西不易进入支柱内腔。另件直接装入柱头孔中，不用阀筒，损坏时维修不便，阀上任何另件的损坏都要把支柱送上井才能修理；套管和注液阀体上“0”形圈经常过孔易损坏；卸载时，外溢的乳化液流向操作者，工人劳动条件差；支柱密度大时操作不便等都是这种阀的缺点。GIG型三用阀中安全阀采用柱塞式结构（滑阀）。柱塞式安全阀通过能力大、耐污染、长期放置后阀开启压力变化小，但加工精度高，在高压作用下阀芯径向孔过密封圈时，甚至孔缘加工最精确也不能完全避免密封圈较快的损坏。

## 2 DZF型三用阀

DZF型三用阀是国产外注式单体液压支柱用阀（图5），目前已使用四、五百万个。

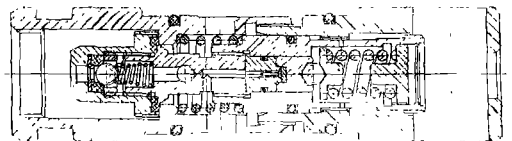


图 5 DZF型三用阀

DZF型三用阀与世界上通用的三用阀结构基本相似。它由球形单向阀、平面密封卸载阀、用弹簧作为弹性元件的平面密封安全阀组成，通过连接螺杆将三个阀联成一个整体，同样利用左右阀筒螺纹将阀固定在柱头孔中。不同的是无论单向阀、卸载阀还是安全阀都采用特制橡胶垫作为密封元件。橡胶弹性好、密封性好、耐污染能力强，但强度低易损坏。为此，在结构上采用硬接触软密封的原理设计。随着支柱内腔液体压力的增加，作用在阀垫上的力愈来愈大，阀垫变形压缩量也随之加大，当阀垫变形量达到一定数值后，即使压力再增加，由于单向阀钢球与限位套接触，注油阀体与左阀筒台阶接触，六角导向套与阀座接触，阀垫所受的力不再增加，扬长避短，从而延长阀垫使用寿命。实践证明，这种阀密封性能好，耐污染能力强、性能稳定、曲线波动值小；操作简便、装卸方便、易于维修；结构简单、加工容易、价格便宜。DZF型三用阀通过能力小(3l/min)；贮存期超过三个月，开启压力有可能超调。和世界上所有三用阀一样，该阀设有防飞装置，另件损坏后有可能飞出来伤人。

### 3 三用阀的改进与提高

1988年7月~1990年6月，两年时间内全国先后发生四起左右阀筒断裂飞出来打死人事故。除一个局承认是使用不当，工人把钎柱打在三用阀上，致使阀筒弯曲变形，回钎柱时，回柱工被顶坏的右阀筒飞出来打死外，其余三个局、矿均提出、事故原因是加工制造问题或设计问题。对此，我们进行了认真地试验分析。从受力条件来看，三用阀薄弱环节是注油阀体和连接螺杆连接处，尤其连接螺杆螺纹退刀槽处，安全系数不到3，损坏应首先从该处开始，而不应是左右阀筒。从另外三起左右阀筒断裂造成事故情况来看，也是非正常使用所致。三起事故断

裂的左右阀筒有两个共同特点，一是断裂面均有旧伤(旧伤痕面积一般为全断面的三分之二)，阀筒早已损坏未及时更换，二是阀筒外表面均有明显变形和弯曲。三用阀断裂面金相分析表明，断裂面旧伤并非材质和热处理引起，是应力过大所致，这就排除了加工制造的影响。三用阀工作时只承受轴向拉应力，不承受弯矩，阀筒外表面出现变形或硬伤只能由外力引起，正常使用时阀筒外表面不可能出现明显变形或硬伤。设计上，左右阀筒强度最低处是密封圈沟槽，该处安全系数按屈服限计算为3.7(相当于支柱承受110吨载荷，这时支柱早已损坏)，按强度限计算大于5，强度足够。在试验室，按支柱两倍载荷(60t)累计进行过200多次试验，均未发生阀筒断裂和弯曲情况。1988年以前，单体液压支柱已使用十年(88年使用量达100万根)，均未发生左右阀筒断裂打死人事故，说明设计是合理的。

考虑到由于制造质量问题，多次发生注油阀体飞出来伤人及上述几起事故这一实际情况，改进DZF型三用阀，进一步提高安全可靠性是必要的。为此，改进设计3DZF·00A型(简称A型)、DZF·00B型(简称B型)两种三用阀，并申报国家专利(专利号912055820)。

A型、B型三用阀都是DZF型三用阀的改进型(图6、7)，能防止另件因各种原因损坏后飞出来伤人，安全性得到进一步保证。

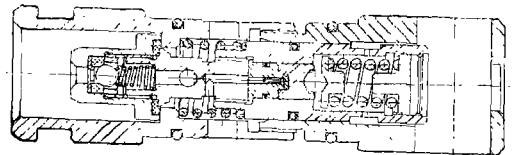


图6 DZF·00A型三用阀

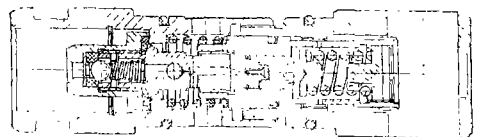


图7 DZF·00B型三用阀

A型阀与DZF型三用阀的区别在于左阀筒注液孔内增设一个弹性挡圈，右阀筒与阀套上增加一段梯形扣；为增加左阀筒强度，将卸载阀弹簧外径适当减小（改造旧阀时可不动），使左阀筒薄弱处壁厚增加1mm；为减少卸载时阀套端面变形，增加阀套端面与卸载手把接触面积，其余另件均与原有阀相同。使用时，由于各种原因造成注油阀体脱扣、连接螺杆断裂时，利用在阀筒内的孔用弹性挡圈将飞出来的另件挡住。当左右阀筒由于非正常使用断裂时，利用阀套端部和右阀筒上特制梯形螺纹及左阀筒卸载台阶和注油阀体阻止阀筒飞出，从而提高使用安全感。

A型阀防飞性能可靠，经试验工作压力达到116MPa时，连接螺杆断裂，能挡住飞出来的损坏另件。A型阀完全保留了DZF型三用阀的特点，拆装方便、使用方式不变；零件通用性、互换性好，大部份另件采用原有的，更利于旧阀改造；防飞装置简单，加工方便、价格便宜。由于左阀筒注液孔内增设了一个弹性挡圈，改造旧阀时，应将注液枪管截短2mm，否则注液枪插不进。

用弹性挡圈作防飞装置技术上是可行的，但弹性挡圈装卸不便，尤其该挡圈是调试后再装，维修中有可能漏装，失去防飞功能，加之挡圈硬度高、脆性大，如果挡圈本身有缺陷可能脆裂起不到防飞作用。A型阀只需要重新加工一个右阀筒，其余两个另件只需要用原有另件改制，A型阀作为旧阀改造方案较好。

B型阀去掉弹性挡圈，在左阀筒注液孔内和注油阀体上车制梯形螺纹，其余另件均与A型阀相同。装配时，将注油阀体拧入左阀筒即可。B型阀完全克服了A型阀装挡圈的缺点，安全可靠更高，原有注液枪不用改造就可使用，通用性好。A型、B型阀均已在部份煤矿试用，获得用户一致肯定。

为适应具有冲击地压或压力大的工作面

需要，我们研制的ZF型三用阀已通过鉴定。ZF型三用阀(图8)除安全阀外，其余与B型阀相同。安全阀采用柱塞式结构，其通过能力可达16l/min，在京西矿务局门头沟矿使用，效果良好，已推广应用。

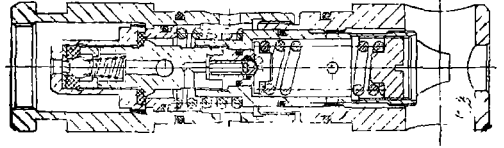


图8 ZF型三用阀

三用阀是一种量大面广的产品，在我国还将使用相当长时间，新研制或改进的三用阀，除满足安全可靠、性能和寿命方面要求外，应考虑下列因素：

- (1) 应具有通用性，能满足现有支柱和注液枪的需要；
- (2) 适应范围应尽可能广；
- (3) 尽可能减少煤粉等脏物进入阀的可能性；
- (4) 另件，特别是不与乳化液接触的另件防锈性；
- (5) 左右阀筒保持传统的中间连接(螺纹处于乳化液中)的必要性；
- (6) 供液和回柱操作应尽可能不在同一方向；
- (7) 操作简便、维修容易，价格便宜。

要满足所有的要求暂时还有一定困难，应积极研究一种更理想的三用阀，可满足煤矿生产的需要。当前，在我国应尽快用A型阀方案改造现用的三用阀，以防止再发生意外事故。B型阀优点突出、价格低、应大力推广应用，以代替目前仍在大量生产的DZF型三用阀。对于具有冲击地压或压力大的工作面应使用ZF型三用阀。

(责任编辑 崔德仁)