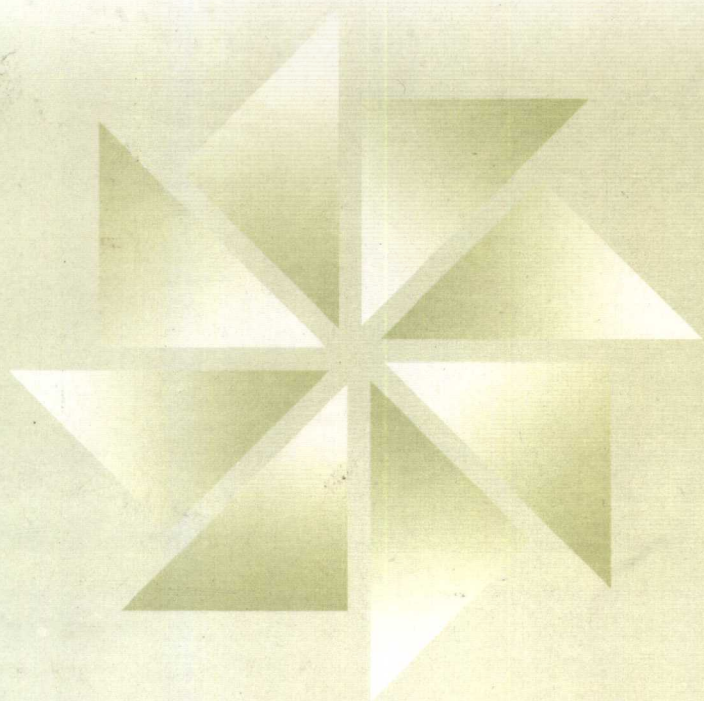


锚杆支护新技术

与产品选型设计及事故防范处理

MAO GAN ZHI HU XIN JI SHU
实务全书



中国知识出版社

锚杆支护新技术与产品选型、设计 及事故防范处理实务全书

本资料是《锚杆支护新技术与产品选型、设计及事故
防范处理实务全书》光盘的使用说明及对照资料
供赠阅

主 编：陈大力

第
二
卷

中国知识出版社

目 录

| | |
|--------------|-------|
| 煤矿安全规程 | (1) |
|--------------|-------|

第一篇 锚杆支护技术的发展

| | |
|--------------------------------|--------|
| 第一章 锚杆支护的技术优越性 | (3) |
| 第二章 国内外锚杆支护的发展现状 | (5) |
| 第一节 国外锚杆支护的发展现状及技术特点 | (5) |
| 第二节 我国煤矿锚杆支护技术的发展现状及存在问题 | (8) |
| 第三章 我国煤矿锚杆支护技术展望 | (11) |

第二篇 岩层控制与支护原理

| | |
|--------------------------|---------|
| 第一章 岩石与岩体力学 | (15) |
| 第一节 岩石的物理特性 | (15) |
| 第二节 岩石的力学特征 | (20) |
| 第三节 岩体的结构特征与力学特性 | (44) |
| 第四节 围岩的稳定性及其分类 | (59) |
| 第五节 岩石与岩体物理力学性质的测试 | (79) |
| 第二章 回采工作面岩层控制与支护原理 | (93) |
| 第一节 回采工作面岩层控制原理 | (93) |
| 第二节 长壁工作面矿压显现规律 | (110) |
| 第三节 单体支柱工作面岩层控制 | (127) |
| 第四节 综采工作面岩层控制 | (135) |
| 第五节 回采工作面底板控制 | (155) |
| 第六节 破碎顶板的控制 | (163) |
| 第七节 厚煤层放顶煤开采的岩层控制 | (175) |
| 第八节 坚硬顶板的控制 | (184) |
| 第九节 厚煤层分层开采的岩层控制 | (196) |
| 第十节 冲击地压煤层开采的支护与控制 | (199) |
| 第三章 采区巷道矿山压力与支护 | (207) |
| 第一节 采区巷道矿压显现的一般规律 | (207) |
| 第二节 采区巷道的变形与破坏 | (215) |
| 第三节 采区巷道支护原理 | (221) |
| 第四章 无煤柱护巷 | (226) |

| | | |
|------------|---------------------|--------------|
| 第一节 | 无煤柱开采的优点及无煤柱护巷的基本原理 | (226) |
| 第二节 | 沿空掘巷 | (228) |
| 第三节 | 沿空留巷 | (232) |
| 第四节 | 跨采无煤柱护巷 | (240) |
| 第五节 | 采空区内形成巷道 | (247) |
| 第五章 | 矿山压力测试技术 | (251) |
| 第一节 | 回采工作面矿压测试技术 | (251) |
| 第二节 | 回采工作面矿压观测数据的整理 | (264) |
| 第三节 | 巷道矿山压力测试技术 | (275) |
| 第四节 | 矿山压力观测仪器 | (290) |

第三篇 锚杆支护新技术

| | | |
|------------|-------------------|--------------|
| 第一章 | 巷道支护围岩分类方法 | (333) |
| 第一节 | 巷道支护围岩分类概述 | (333) |
| 第二节 | 煤巷围岩极限平衡区分类方法 | (340) |
| 第三节 | 围岩松动圈分类方法 | (341) |
| 第四节 | 软岩工程围岩分类 | (362) |
| 第二章 | 锚杆支理论 | (370) |
| 第一节 | 传统锚杆支理论 | (370) |
| 第二节 | 围岩松动圈支理论 | (373) |
| 第三节 | 软岩工程力学支理论 | (388) |
| 第三章 | 锚杆支护设计方法 | (401) |
| 第一节 | 常规锚杆支护设计方法 | (401) |
| 第二节 | 极限平衡区锚杆支护设计方法 | (423) |
| 第三节 | 煤层巷道围岩预应力锚杆支护设计方法 | (432) |
| 第四节 | 围岩松动圈锚喷支护设计方法 | (438) |
| 第五节 | 软岩巷道工程支护设计方法 | (442) |
| 第四章 | 锚杆的分类与特征 | (452) |
| 第一节 | 锚杆的种类 | (452) |
| 第二节 | 树脂锚杆及其构件 | (453) |
| 第三节 | 其他锚杆形式及其特征 | (460) |
| 第五章 | 锚索分类及锚索支护 | (471) |
| 第一节 | 锚索的类型及结构 | (471) |
| 第二节 | 锚索的支护作用分析 | (474) |
| 第六章 | 锚杆支护配套机具 | (476) |
| 第一节 | 国内外锚喷支护机具发展概况 | (476) |
| 第二节 | 锚杆钻机 | (485) |
| 第三节 | 锚索钻机及锚索张拉机具 | (522) |

| | | |
|-------------|------------------------|--------------|
| 第四节 | 锚杆支护钻具 | (528) |
| 第五节 | 混凝土喷射机 | (538) |
| 第七章 | 巷道断面成形爆破技术 | (548) |
| 第一节 | 光面爆破技术 | (548) |
| 第二节 | 岩巷定向断裂爆破技术 | (570) |
| 第三节 | 双向聚能拉伸爆破新技术 | (576) |
| 第八章 | 锚杆复合支护技术 | (586) |
| 第一节 | 煤层巷道围岩预拉力锚杆支护技术 | (586) |
| 第二节 | 软岩巷道锚网索耦合支护技术 | (598) |
| 第三节 | 高应力软岩预留刚隙柔层支护 | (623) |
| 第九章 | 锚杆(索)支护施工及其监测系统 | (627) |
| 第一节 | 锚杆支护施工 | (627) |
| 第二节 | 锚索支护施工 | (635) |
| 第三节 | 锚杆(索)特殊施工措施 | (639) |
| 第四节 | 锚杆支护工程质量检测与评价 | (651) |
| 第五节 | 锚喷支护工程监测系统 | (670) |
| 第十章 | 锚杆支护技术规范编制 | (701) |
| 第一节 | 锚杆支护技术规范编制的重要性和必要性 | (701) |
| 第二节 | 锚杆支护技术规范的作用与功能 | (702) |
| 第三节 | 锚杆支护技术规范编制原则 | (702) |
| 第四节 | 锚杆支护技术规范编制方法 | (702) |
| 第五节 | 锚杆支护技术规范编制内容 | (703) |
| 第六节 | 兖州矿区锚杆支护技术规范实例 | (703) |
| 第十一章 | 煤矿锚杆支护智能设计系统 | (728) |
| 第一节 | 概述 | (728) |
| 第二节 | 煤矿巷道锚杆支护智能设计系统 | (729) |
| 第三节 | 软岩巷道锚杆支护智能设计系统 | (741) |
| 第四节 | 系统运行环境 | (756) |
| 第五节 | 系统功能特点 | (756) |

第四篇 软岩巷道工程支护设计与施工

| | | |
|------------|------------------------|--------------|
| 第一章 | 煤矿软岩巷道工程支护的基本理论 | (767) |
| 第一节 | 软岩的概念 | (767) |
| 第二节 | 软岩的基本力学属性 | (770) |
| 第三节 | 软岩的工程分类体系 | (771) |
| 第四节 | 软岩的工程力学特性 | (775) |
| 第五节 | 软岩巷道工程变形力学机制 | (781) |
| 第六节 | 软岩巷道工程支护原理 | (787) |

| | | |
|-----|---------------------|-------|
| 第七节 | 软岩巷道工程支护设计方法 | (793) |
| 第二章 | 一般软岩巷道锚网索耦合支护的设计与施工 | (804) |
| 第一节 | 锚网索耦合支护的概念 | (804) |
| 第二节 | 锚网索耦合支护原理 | (805) |
| 第三节 | 锚网索耦合支护设计的步序 | (814) |
| 第四节 | 锚网索耦合支护设计的内容 | (815) |
| 第五节 | 锚网索耦合支护的施工 | (833) |
| 第六节 | 应案例分析 | (836) |
| 第七节 | 一般软岩巷道锚网索耦合支护技术特点 | (843) |
| 第三章 | 软岩硐室及交叉点刚柔层支护的设计与施工 | (844) |
| 第一节 | 膨胀软岩预留刚柔层支护的设计与施工 | (844) |
| 第二节 | 高应力软岩预留刚隙柔层支护的设计与施工 | (848) |
| 第三节 | 大断面交叉点柔层桁架支护设计与施工 | (854) |
| 第四章 | 软岩泵房吸水井集约化设计与施工 | (864) |
| 第一节 | 常规设计存在的问题 | (864) |
| 第二节 | 软岩泵房吸水井集约化设计原理 | (865) |
| 第三节 | 软岩泵房吸水井集约化设计的内容 | (866) |
| 第四节 | 软岩泵房吸水井集约化设计技术特点 | (875) |
| 第五章 | 软岩巷道底臃的机理及防治对策 | (877) |
| 第一节 | 软岩巷道底臃的机理 | (877) |
| 第二节 | 软岩巷道底臃支护荷载的确定方法 | (888) |
| 第三节 | 软岩巷道底臃的防治方法 | (891) |
| 第六章 | 软岩巷道施工工艺及质量管理 | (895) |
| 第一节 | 软岩巷道施工基本原则 | (895) |
| 第二节 | 软岩巷道掘进施工方法 | (896) |
| 第三节 | 锚杆支护 | (897) |
| 第四节 | 锚索支护 | (919) |
| 第五节 | 喷射混凝土支护 | (925) |
| 第六节 | 金属支架支护 | (933) |
| 第七节 | 其他辅助支护 | (935) |
| 第八节 | 施工质量管理与工程验收 | (937) |
| 第七章 | 软岩巷道支护监测技术 | (940) |
| 第一节 | 监测的目的及内容 | (940) |
| 第二节 | 巷道围岩表面位移观测 | (941) |
| 第三节 | 巷道围岩深部位移监测 | (944) |
| 第四节 | 顶板离层监测 | (950) |
| 第五节 | 锚杆施工质量监测 | (957) |
| 第六节 | 巷道喷层质量监测 | (964) |
| 第七节 | 信息反馈 | (966) |

| | |
|--------------------|-------|
| 第八章 煤矿软岩巷道支护智能设计系统 | (969) |
| 第一节 系统介绍 | (969) |
| 第二节 系统运行环境 | (983) |
| 第三节 系统功能特点 | (984) |

第五篇 锚杆支护产品选型

| | |
|-----------------------|--------|
| 第一章 单体液压支柱 | (993) |
| 第一节 概述 | (993) |
| 第二节 单体液压支柱的结构及技术参数 | (994) |
| 第三节 单体液压支柱三用阀及主要零部件 | (1013) |
| 第四节 液压切顶支柱及单体液压支柱辅助设备 | (1028) |
| 第五节 单体液压支柱维修设备 | (1037) |
| 第六节 单体液压支柱的镀层 | (1043) |
| 第七节 单体液压支柱用户验收细则 | (1046) |
| 第八节 单体液压支柱、三用阀全国生产状况 | (1054) |
| 第二章 摩擦式金属支柱 | (1064) |
| 第一节 摩擦式金属支柱的适用范围及技术特征 | (1064) |
| 第二节 摩擦式金属支柱零部件 | (1065) |
| 第三节 摩擦式金属支柱的辅助工具 | (1071) |
| 第三章 金属顶梁 | (1073) |
| 第一节 DJA 型金属铰接顶梁 | (1073) |
| 第二节 DJB 型金属铰接顶梁 | (1080) |
| 第三节 其他型式金属顶梁 | (1085) |
| 第四章 锚杆及锚杆施工机具 | (1087) |
| 第一节 锚杆 | (1087) |
| 第二节 锚杆的综合应用 | (1092) |
| 第三节 锚杆施工机具 | (1093) |
| 第五章 液压支架 | (1101) |
| 第一节 概述 | (1101) |
| 第二节 掩护式液压支架 | (1104) |
| 第三节 支撑掩护式液压支架 | (1107) |
| 第四节 滑移、悬移顶梁支架 | (1112) |

第六篇 锚杆支护标准规范

| | |
|----------|--------|
| 矿用单体液压支柱 | (1119) |
| 摩擦式金属支柱 | (1132) |
| 金属顶梁 | (1141) |

| | |
|----------------------|--------|
| 树脂锚杆 金属杆体及其附件 | (1154) |
| 水泥锚杆 卷式锚固剂 | (1159) |
| 煤矿用电动锚杆钻机电动机 | (1167) |
| 钻井井筒永久支护通用技术条件 | (1174) |
| 树脂锚杆 锚固剂 | (1185) |

第七篇 液压支架使用与维修

| | |
|-----------------------------|--------|
| 第一章 液压支架及其元部件、乳化液泵的试验 | (1195) |
| 第一节 概述 | (1195) |
| 第二节 液压支架的型式试验 | (1196) |
| 第三节 液压支架用立柱与千斤顶的试验 | (1207) |
| 第四节 液压支架用阀类的试验 | (1214) |
| 第五节 液压支架胶管总成及中间接头组件试验 | (1232) |
| 第六节 液压支架的验收 | (1239) |
| 第七节 煤矿用乳化液泵及泵站主要附件的试验 | (1251) |
| 第二章 综采工作面设计和配套设备选择 | (1270) |
| 第一节 综采工作面设计 | (1270) |
| 第二节 采煤机械 | (1273) |
| 第三节 工作面刮板输送机 | (1281) |
| 第四节 顺槽转载机 | (1285) |
| 第五节 顺槽可伸缩带式输送机 | (1287) |
| 第六节 其他附属设备 | (1289) |
| 第三章 液压支架使用与维修 | (1293) |
| 第一节 液压支架运输、安装与拆除 | (1293) |
| 第二节 液压支架的操作和使用 | (1299) |
| 第三节 液压支架的维护和检修 | (1303) |
| 第四节 液压支架常见故障及处理方法 | (1305) |
| 第四章 滑移顶梁支架 | (1310) |
| 第一节 滑移顶梁支架结构特征与基本要求 | (1310) |
| 第二节 国内外典型滑移顶梁支架 | (1311) |
| 第三节 滑移顶梁支架的计算与试验 | (1342) |

第八篇 事故防范处理

| | |
|----------------------------|--------|
| 七台河矿务局某煤矿瓦斯爆炸 | (1347) |
| 山西省寿阳县某煤矿瓦斯爆炸 | (1349) |
| 重庆市合川县三汇镇某煤矿二井煤与瓦斯突出 | (1351) |
| 山西省洪洞县某煤矿瓦斯爆炸 | (1353) |

| | |
|---|--------|
| 河南省洛阳市某煤矿瓦斯爆炸 | (1355) |
| 山西省霍县矿务局某煤矿瓦斯爆炸煤尘参与燃烧 | (1357) |
| 河南省鹤壁市某矿瓦斯爆炸 | (1359) |
| 辽宁省某县某煤矿瓦斯爆炸 | (1361) |
| 山西省太原市某煤矿瓦斯爆炸 | (1363) |
| 吉林省通化矿务局某煤矿瓦斯煤尘爆炸 | (1365) |
| 甘肃省两当县某煤矿瓦斯爆炸 | (1366) |
| 安徽省淮南市某煤矿瓦斯爆炸 | (1367) |
| 陕西省铜川矿务局某煤矿“4·6”瓦斯爆炸事故 | (1369) |
| 国务院赴陕西“4·6”事故调查组 | (1372) |
| 河南省人民政府关于宝丰县大营镇一矿“12·12”特别重大瓦斯煤尘爆炸事故 处理意见的请示 | (1373) |
| 关于平顶山市宝丰县大营镇一矿“12·12”特别重大瓦斯煤尘爆炸事故调查报告 的函 | (1375) |
| 广西某县恒大石膏矿“5·18”冒顶事故 | (1381) |
| 关于陕西省某矿业有限责任公司一号煤矿“3·24”特别重大透水 事故的批复 | (1384) |
| 陕西省人民政府关于呈报某矿业有限责任公司一号煤矿“3·24”特别重大透水 事故调查报告的请示 | (1385) |
| 陕西省“3·24”特大透水事故调查处理组 | (1390) |
| 国务院“7·17”特大事故调查组 | (1395) |
| 作业规程未落实的代价 | (1400) |

第九篇 工程实例分析

| | |
|------------------------------------|--------|
| 9.1 徐州矿区“三软”煤层巷道锚杆支护 | (1405) |
| 9.2 徐州矿区三河尖煤矿全煤巷道锚杆支护 | (1413) |
| 9.3 徐州庞庄煤矿松散复合顶板巷道锚杆支护 | (1420) |
| 9.4 三河尖矿 7405 上风巷沿空掘巷预拉力锚杆支护 | (1429) |
| 9.5 围岩松动圈支护理论工程实践 | (1435) |
| 9.6 南屯煤矿九采区节理化软岩巷道锚网索支护 | (1439) |
| 9.7 古山立井 HJS 复合型软岩巷道支护 | (1449) |

第十篇 锚杆支护相关政策法规

| | |
|------------------------|--------|
| 中华人民共和国安全生产法 | (1461) |
| 中华人民共和国矿山安全法 | (1471) |
| 中华人民共和国矿山安全法实施条例 | (1476) |
| 中华人民共和国行政监察法 | (1485) |

| | |
|-------------------------------|--------|
| 中华人民共和国行政处罚法 | (1490) |
| 矿山安全监察条例 | (1497) |
| 国家安全生产监督管理局建设工程安全生产管理条例 | (1499) |
| 特别重大事故调查程序暂行规定 | (1509) |

表 2-5-54 应变法测量喷层应力原始记录表

矿, 巷道, 号测站, 号断面, 记录

| 序 号 | 观 测 日 期 (月, 日) | 至工作面距离 (m) | 电阻应变片应变值 ($\mu\epsilon$) | | | |
|-----|-------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------|----------|
| | | | ϵ_a | ϵ_b | ϵ_c | α |
| | | | | | | |

5. 回采巷道矿压观测数据汇总 (表 2-5-55)

表 2-5-55 矿压观测数据汇总表

矿, 巷道, 观测日期 年 月 日, 填写

| 项目 | 围岩表面移近 | 单位 | 符号 | 数值 | 支架变形 | 单位 | 符号 | 数值 | 支架载荷 | 单位 | 符号 | 数值 |
|---------------|---------|------|-----------|-----------|-------|-------|--------------|------------|------|------|----------|----|
| 开挖阶段 | 顶底板移近量 | mm | U_1 | | 断面收缩量 | m^2 | ΔS_1 | | 整架阻力 | kN/架 | P_1 | |
| | 顶底板移近速度 | mm/d | V_1 | | 断面变化 | % | | | 顶板 | kN | P_{a1} | |
| | 两帮移动量 | mm | U_{ob1} | | 底臃高度 | mm | h_1 | | 上帮 | kN | P_{c1} | |
| | 影响时间 | d | t_1 | | 接头滑动量 | mm | l_1 | | 下帮 | kN | P_{d1} | |
| 稳定阶段 | 顶底板移近量 | mm | U_2 | | 断面收缩量 | m^2 | ΔS_2 | | 整架阻力 | kN/架 | P_2 | |
| | 顶底板移近速度 | mm/d | V_2 | | 断面变化 | % | | | 顶板 | kN | P_{a2} | |
| | 两帮移动量 | mm | U_{ob2} | | 底臃高度 | mm | h_2 | | 上帮 | kN | P_{c2} | |
| | 影响时间 | d | t_2 | | 接头滑动量 | mm | l_2 | | 下帮 | kN | P_{d2} | |
| 回采阶段 | 顶底板移近量 | mm | U_3 | | 断面收缩量 | m^2 | ΔS_3 | | 整架阻力 | kN/架 | P_3 | |
| | 顶底板移近速度 | mm/d | V_3 | | 断面变化 | % | | | 顶板 | kN | P_{a3} | |
| | 两帮移近量 | mm | U_{ob3} | | 底臃高度 | mm | h_3 | | 上帮 | kN | P_{c3} | |
| | 影响距离 | m | S_3 | | 接头滑动量 | mm | l_3 | | 下帮 | kN | P_{d3} | |
| 滞后影响阶段 | 顶底板移近量 | mm | U_4 | | 断面收缩量 | m^2 | ΔS_4 | | 整架阻力 | kN/架 | P_4 | |
| | 顶底板移近速度 | mm/d | V_4 | | 断面变化 | % | | | 顶板 | kN | P_{a4} | |
| | 两帮移动量 | mm | U_{ob4} | | 底臃高度 | mm | h_4 | | 上帮 | kN | P_{c4} | |
| | 影响距离 | m | S_4 | | 接头滑动量 | mm | l_4 | | 下帮 | kN | P_{d4} | |
| 二次采动影响阶段 | 顶底板移近量 | mm | U_5 | | 断面收缩量 | m^2 | ΔS_5 | | 整架阻力 | kN/架 | P_5 | |
| | 顶底板移近速度 | mm/d | V_5 | | 断面变化 | % | | | 顶板 | kN | P_{a5} | |
| | 两帮移动量 | mm | U_{ob5} | | 底臃高度 | mm | h_5 | | 上帮 | kN | P_{c5} | |
| | 影响时间 | d | t_5 | | 接头滑动量 | mm | l_5 | | 下帮 | kN | P_{d5} | |
| 合计 | 顶底板移近量 | mm | U | | 断面收缩量 | m^2 | ΔS | | 整架阻力 | kN/架 | P | |
| | 顶底板移近速度 | mm/d | V | | 断面变化 | % | | | 顶板 | kN | P_a | |
| | 两帮移动量 | mm | U_{ob} | | 底臃高度 | mm | h | | 上帮 | kN | P_c | |
| | 巷道服务时间 | d | t | | 接头滑动量 | mm | l | | 下帮 | kN | P_d | |
| 直接顶初次垮落步距 (m) | | | | 周期来压步 (m) | | | | 超前影响距离 (m) | | | | |
| 老顶初次来压步距 (m) | | | | 断层数目 (个) | | | | 滞后影响距离 (m) | | | | |

四、巷道矿压观测报告编写提纲 (表 2-5-56)

表 2-5-56 观测报告编写提纲

| | |
|-------------|---|
| 测区地质及生产技术条件 | 1. 观测巷道的地质条件: 围岩性质、强度、厚度、倾角, 裂隙及构造发育情况, 巷道埋藏深度, 回采巷道所在煤层名称, 采高等 (附地质柱状图) 2. 巷道布置系统及开采要素, 巷道周围开采情况及其与巷道的层位关系, 煤柱的留设情况等 (附巷道布置图) 3. 巷道支架型式与参数, 支护工艺及劳动组织等 (附支架结构与巷道断面图) |
| 观测目的、内容及方法 | 观测目的、内容, 采用仪器, 测站及测点布置, 观测方法及测定频度, 记录整理方法等 (附测站、测点布置图) |
| 观测结果分析 | 观测数据可靠程度的判定, 观测数据的整理、制表、作图及经验公式的推导, 支架受力状态的分析, 巷道矿压显现规律的特征等, 巷道类别, 支架对围岩适应性的分析 |
| 结论及建议 | 巷道矿压显现规律, 支架型式及参数的适应性及改进建议, 支架状态与支护效果 (技术经济效益) 及有待研究的问题 |

第四节 矿山压力观测仪器

一、矿压观测仪器的分类 (表 2-5-57、2-5-58)

表 2-5-57 矿压观测仪器分类

| 原 则 | 分 类 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|-------|------|-----|-------|---|-------|--|--|-----|--|--|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|-------|
| 按工作原理 | <table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border: none;">非电测仪器</td> <td style="border: none;">{</td> <td style="border: none;">机械式</td> <td style="border: none;">电测仪器</td> <td style="border: none;">{</td> <td style="border: none;">电阻应变式</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">液压式</td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">电感式</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">电容式</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">振弦式</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">声波式</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">光学式</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;">其他物理法</td> </tr> </table> | 非电测仪器 | { | 机械式 | 电测仪器 | { | 电阻应变式 | | | 液压式 | | | 电感式 | | | | | | 电容式 | | | | | | 振弦式 | | | | | | 声波式 | | | | | | 光学式 | | | | | | 其他物理法 |
| 非电测仪器 | { | 机械式 | 电测仪器 | { | 电阻应变式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 液压式 | | | 电感式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 电容式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 振弦式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 声波式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 光学式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 其他物理法 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 按观测内容 | 围岩及支架变形、位移测量 支架载荷测量 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 按观测内容 | 岩体应力测量 岩体力学性能测量 岩体超声探测及声发射监测 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 按仪器作用 | 一次测量仪表 (传感器) 二次测量仪表 (接收器) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 2-5-58

电测仪器传感器分类

| 原 则 | 分 类 | | | | | | | | | | |
|------|--|-----|--|----|--|----|--|----|----------------------|-----|--|
| 直接转换 | <table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">无源式</td> <td style="border: none;"> <table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">电阻</td> <td style="border: none;"> 电阻丝片：丝栅式、箔式 电 传 器：精密绕线、导电塑料 半 导 体：力敏、光敏、磁敏、湿敏 </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">电感</td> <td style="border: none;"> 可变铁芯：差动电感电桥、差动变压器 可变磁阻：半桥或全桥可变磁阻 压 磁 式：多孔铁芯或工字电芯 </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">电容</td> <td style="border: none;"> 可变间隙 可变介质 可变面积 </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">有源式</td> <td style="border: none;"> 光电：光栅、充电管、光电池 压电：压电晶体、压电陶瓷 磁电：霍尔元件 </td> </tr> </table> | 无源式 | <table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">电阻</td> <td style="border: none;"> 电阻丝片：丝栅式、箔式 电 传 器：精密绕线、导电塑料 半 导 体：力敏、光敏、磁敏、湿敏 </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">电感</td> <td style="border: none;"> 可变铁芯：差动电感电桥、差动变压器 可变磁阻：半桥或全桥可变磁阻 压 磁 式：多孔铁芯或工字电芯 </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">电容</td> <td style="border: none;"> 可变间隙 可变介质 可变面积 </td> </tr> </table> | 电阻 | 电阻丝片：丝栅式、箔式 电 传 器：精密绕线、导电塑料 半 导 体：力敏、光敏、磁敏、湿敏 | 电感 | 可变铁芯：差动电感电桥、差动变压器 可变磁阻：半桥或全桥可变磁阻 压 磁 式：多孔铁芯或工字电芯 | 电容 | 可变间隙 可变介质 可变面积 | 有源式 | 光电：光栅、充电管、光电池 压电：压电晶体、压电陶瓷 磁电：霍尔元件 |
| 无源式 | <table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">电阻</td> <td style="border: none;"> 电阻丝片：丝栅式、箔式 电 传 器：精密绕线、导电塑料 半 导 体：力敏、光敏、磁敏、湿敏 </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">电感</td> <td style="border: none;"> 可变铁芯：差动电感电桥、差动变压器 可变磁阻：半桥或全桥可变磁阻 压 磁 式：多孔铁芯或工字电芯 </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">电容</td> <td style="border: none;"> 可变间隙 可变介质 可变面积 </td> </tr> </table> | 电阻 | 电阻丝片：丝栅式、箔式 电 传 器：精密绕线、导电塑料 半 导 体：力敏、光敏、磁敏、湿敏 | 电感 | 可变铁芯：差动电感电桥、差动变压器 可变磁阻：半桥或全桥可变磁阻 压 磁 式：多孔铁芯或工字电芯 | 电容 | 可变间隙 可变介质 可变面积 | | | | |
| 电阻 | 电阻丝片：丝栅式、箔式 电 传 器：精密绕线、导电塑料 半 导 体：力敏、光敏、磁敏、湿敏 | | | | | | | | | | |
| 电感 | 可变铁芯：差动电感电桥、差动变压器 可变磁阻：半桥或全桥可变磁阻 压 磁 式：多孔铁芯或工字电芯 | | | | | | | | | | |
| 电容 | 可变间隙 可变介质 可变面积 | | | | | | | | | | |
| 有源式 | 光电：光栅、充电管、光电池 压电：压电晶体、压电陶瓷 磁电：霍尔元件 | | | | | | | | | | |
| 间接转换 | 谐振式：电感、电容、振弦 能量传递式：超声波、声发射、激光、同位素 | | | | | | | | | | |

二、传感器的基本性能（表 2-5-59）

表 2-5-59

传感器基本性能的主要指标

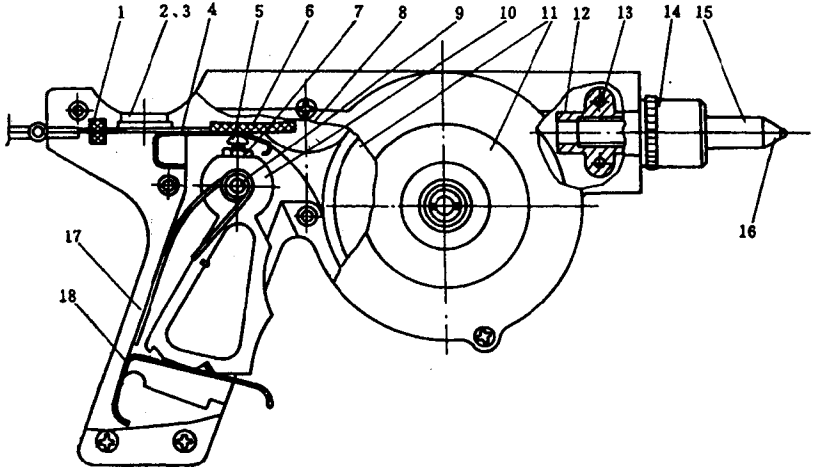
| 项 目 | 表 达 式 | 说 明 |
|-------|--|----------------------------|
| 精 度 | $S = \frac{\Delta A}{A_{\max}} \times 100\%$ | 全量程中的最大误差除以最大测量值 |
| 灵 敏 度 | $K = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ | 输出量增量与输入量增量之比 |
| 分 辨 率 | $\delta = \frac{\Delta x_i}{x_{\max}} \times 100\%$ | 在全量程范围内的最小输入增量除以满量程值 |
| 重复性误差 | $e = \pm \frac{\Delta_{\max}}{U_{F.S}} \times 100\%$ | 全量程中最大重复偏差值与往返测量输出满量程平均值之比 |
| 滞后误差 | $e_l = \frac{\Delta_{\max}}{U_{F.S}} \times 100\%$ | 输出值在反正行程间的最大差值与满量输出平均值之比 |
| 线 性 度 | $e_l = \frac{\Delta_{\max}}{U_{F.S}} \times 100\%$ | 输出平均值与理论值的最大偏差与满量程输出平均值之比 |

三、围岩与支架变形、位移测量仪器

1. BHS - 5/10 型测枪 (表 2 - 5 - 60)

表 2 - 5 - 60

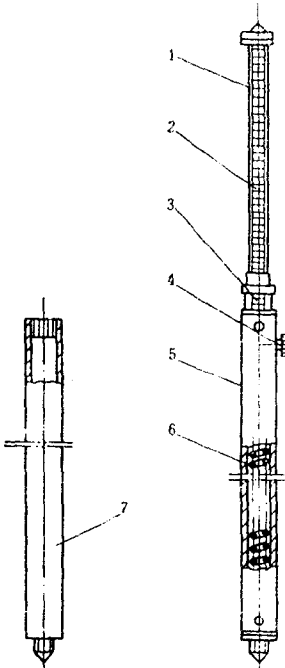
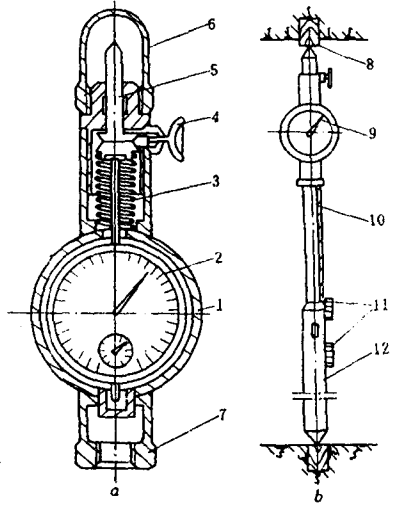
BHS - 10 型测枪

| 用途 | 巷道围岩表面与地面工程位移的测量 | |
|------|--|--|
| 结构 |  <p data-bbox="310 982 1143 1087">1—毡垫；2—尺标；3—放大镜；4—压簧片；5—压钉；6—橡胶板；7—调整螺母；8—枪壳；9—扳机轴；10—扳机；11—测尺；12—枪嘴；13—螺钉；14—保护帽；15—触头组；16—顶尖；17—扳机簧；18—卡簧片</p> | |
| 技术特征 | <p>量程 (mm)</p> <p>带接长杆前节量程 (mm)</p> <p>带接长杆后节量程 (mm)</p> <p>分辨率 (mm)</p> <p>测枪质量 (kg)</p> <p>接长杆质量 (kg)</p> | <p>272 ~ 5000、10000</p> <p>1272 ~ 6000、11000</p> <p>1772 ~ 6500、11500</p> <p>0.5</p> <p>1.2</p> <p>0.5</p> |
| 使用方法 | <p>将测尺触头挂在测钉上，下压卡簧片，松开扳机，移动测枪放出测尺，待测枪顶尖接近对应测点时，扳机压至一挡，将测尺压紧，当顶尖触及测钉端面时，扳机压至二挡，锁死测尺，从放大镜处读测量值</p> | |
| 生产厂 | 浙江乐清县城北煤矿仪器厂 | |

2.DDJ-2.5型测杆 (表2-5-61)

表 2-5-61

DDJ-2.5型测杆

| | | |
|------|---|--|
| 用途 | 测量回采工作面与巷道的顶底板移近量、支架变型量与速度指示器配合时,可测量顶底板移近速度 | |
| 结构 |  <p style="text-align: center;">DDJ-2.5型测杆 1—活杆; 2—标尺; 3—观测窗; 4—夹紧螺钉; 5—套管; 6—弹簧; 7—接长杆</p> |  <p style="text-align: center;">顶底板移近速度测量方法 a—指示器; b—安装图 1—外壳; 2—百分表; 3—弹簧; 4—止动螺钉; 5—接长杆; 6—保护盖; 7—接头; 8—顶底板测点; 9—指示器; 10—测杆活性; 11—固定螺钉; 12—测杆套管</p> |
| 技术特征 | <p>最小测量高度 (mm) 730</p> <p>最大测量高度 (mm) 1280</p> <p>接长管长度 (mm) 500</p> <p>测量精度 (mm) 1</p> <p>重量 (kg) 9</p> | |
| 生产厂 | 辽宁抚顺煤矿安全仪器厂 | |

3. KY-80型岩层顶板动态仪 (表2-5-62)

表2-5-62

KY-80型岩层顶板动态仪

| | | |
|---------|---|--|
| 用途 | 测量回采工作面与巷道顶底板移近量与移近速度 | |
| 技术特征 | 量程 (mm) 200 精度 (mm) 0.01 灵敏度 由百分表决定 | |
| 结构 | 1—活动顶帽；2—球形连接头； 3—伸缩杆；4—套筒；5—复位 弹簧；6—光电转换器；7—百分 表；8—带孔小圆盘；9—有机玻 璃；10—齿条件；11—集成电 路数字式接收仪；12—指针； 13—带刻度套筒 | |
| 生产 力 | 广东南方机械厂 | |

4. DSK-1 型数字顶板下沉仪 (表 2-5-63)

表 2-5-63

DSK-1 型数字顶板下沉仪

| | | |
|------|---|--|
| 用途 | 测量回采工作面顶底板相对移近量、顶板回弹量及巷道、硐室的围岩变形 | |
| 结构 | <p>1—齿条；2—蜗轮组；3—蜗杆；4—下沉计数器；5—惰轮；6—回弹计数器；7—主动轮；8—蜗轮组；9—蜗杆</p> | |
| 技术特征 | <p>测量范围 (m) 1.1~4</p> <p>一次安装量程</p> <p>下沉量 (mm) 0~100</p> <p>回弹量 (mm) 0~200</p> <p>测量精度 (%) ±1</p> <p>分辨率 (mm) 0.1</p> <p>质量：</p> <p>主机 (kg) 3.5</p> <p>短接管 (kg) 1.5</p> <p>活动接管 (kg) 4</p> | |
| 生产厂 | 煤炭科学研究总院北京开采所 | |