

2004

MEIKUANGANQUANGUICHENGSHISHISHOUCE

煤矿安全规程实施手册

不外借



北京腾图电子出版社

目 录

首 页

煤矿安全规程 (1)

第一篇 煤矿安全与管理综述

| | |
|-----------------------|------|
| 第一章 煤矿安全管理 | (3) |
| 第一节 现行有效的安全管理方法 | (3) |
| 第二节 安全法制管理 | (5) |
| 第三节 安全目标管理法 | (6) |
| 第四节 无隐患管理法 | (7) |
| 第五节 安全行为抽样技术 | (10) |
| 第六节 安全经济技术与方法 | (11) |
| 第七节 安全评价 | (15) |
| 第八节 安全行为科学 | (35) |
| 第九节 安全决策 | (51) |
| 第十节 事故判定技术 | (55) |
| 第十一节 危险分析方法 | (59) |
| 第十二节 风险分析方法 | (64) |
| 第十三节 故障树分析 | (67) |
| 第十四节 PDCA 循环法 | (72) |
| 第十五节 危险控制技术 | (77) |
| 第二章 煤矿安全监察 | (81) |
| 第一节 煤矿安全监察概述 | (81) |

| | |
|------------------------------|--------------|
| 第二节 煤矿安全监察体制、性质及权限 | (83) |
| 第三节 煤矿安全监察机构的职责及监察员的职责 | (85) |
| 第四节 煤矿安全监察的内容与程序 | (87) |
| 第三章 煤矿安全生产责任制 | (91) |
| 第一节 安全生产责任制及其重要性 | (91) |
| 第二节 安全生产管理制度 | (92) |
| 第三节 安全责任制范例 | (95) |
| 第四节 安全生产责任制的运行机制 | (112) |
| 第四章 煤矿安全技术措施计划 | (119) |
| 第一节 煤矿安全技术措施计划概述 | (119) |
| 第二节 安全技术措施计划编制的原则 | (119) |
| 第三节 安全技术措施计划编制的依据 | (120) |
| 第四节 安全技术措施计划的项目和内容 | (120) |

第二篇 煤矿开采安全技术

| | |
|--------------------------------|--------------|
| 第一章 煤矿开采安全技术概述 | (125) |
| 第一节 机械设备的安全技术措施 | (125) |
| 第二节 支、回柱或移架安全技术措施 | (126) |
| 第三节 其他采煤安全技术措施 | (127) |
| 第二章 “三下一上”安全采煤技术 | (134) |
| 第一节 承压水体上安全采煤 | (134) |
| 第二节 建筑物下安全采煤技术 | (135) |
| 第三节 水体下安全采煤技术 | (149) |
| 第四节 铁路下安全采煤技术 | (158) |
| 第三章 煤矿巷道安全支护技术 | (177) |
| 第一节 采区巷道支护原理 | (177) |
| 第二节 采区巷道矿山压力控制设计 | (181) |
| 第三节 锚杆、锚索支护设计 | (192) |
| 第四节 巷道冒顶的预防与处理 | (207) |
| 第四章 采煤工作面顶板事故防治技术 | (212) |
| 第一节 顶板事故的统计分析 | (212) |
| 第二节 局部冒顶事故的防治 | (220) |

| | | |
|------------|----------------------------|--------------|
| 第三节 | 大型冒顶事故的防治····· | (225) |
| 第四节 | 特殊条件下采煤工作面的顶板控制····· | (234) |
| 第五节 | 采煤工作面顶板事故的处理····· | (248) |
| 第五章 | 煤矿坚硬难冒顶板安全支护技术····· | (254) |
| 第一节 | 坚硬难冒顶板控制研究的基本观点····· | (254) |
| 第二节 | 矿压显现特征与支架失稳····· | (255) |
| 第三节 | 液压支架的冲击载荷试验····· | (269) |
| 第六章 | 锚喷支护安全检测····· | (279) |
| 第一节 | 喷射混凝土厚度检测····· | (279) |
| 第二节 | 锚杆间排距检测····· | (283) |
| 第三节 | 锚杆抗拔力检测····· | (289) |
| 第七章 | 煤矿开采事故预防与处理····· | (296) |
| 第一节 | 煤矿开采事故预防····· | (296) |
| 第二节 | 煤矿开采事故救护····· | (298) |

第三篇 煤矿钻探安全技术

| | | |
|------------|----------------------------|--------------|
| 第一章 | 煤矿钻探安全监察、组织与检查····· | (303) |
| 第一节 | 煤矿钻探的安全监察工作····· | (303) |
| 第二节 | 勘探队(公司)的安全组织····· | (307) |
| 第三节 | 安全检查制度····· | (308) |
| 第四节 | 钻机组(井队)安全生产制度····· | (312) |
| 第二章 | 煤矿钻探安全技术····· | (317) |
| 第一节 | 预防孔内事故的安全技术措施····· | (317) |
| 第二节 | 预防机械事故的安全技术措施····· | (319) |
| 第三节 | 预防人伤事故的安全技术措施····· | (320) |
| 第三章 | 煤矿钻探安全防护设施····· | (322) |
| 第一节 | 钻探机械安全防护栏杆····· | (322) |
| 第二节 | 钻探附属设施的安全防护····· | (335) |
| 第三节 | 钻塔避雷针的装设····· | (342) |
| 第四章 | 煤矿钻探事故预防与处理····· | (345) |
| 第一节 | 煤矿钻探事故预防概述····· | (345) |
| 第二节 | 复杂岩层中的安全钻进····· | (346) |

| | | |
|------------|-----------------|--------------|
| 第三节 | 处理孔内事故的基本方法 | (350) |
| 第四节 | 钻具脱落、折断事故的预防与处理 | (351) |
| 第五节 | 挤夹钻具事故的预防与处理 | (360) |
| 第六节 | 陷埋钻具事故的预防与处理 | (363) |
| 第七节 | 孔内坠物事故的预防与处理 | (365) |
| 第八节 | 烧钻事故的预防与处理 | (373) |
| 第九节 | 套管事故的预防与处理 | (374) |
| 第五章 | 煤矿钻探事故分析 | (376) |
| 第一节 | 责任制执行不严造成的事故 | (376) |
| 第二节 | 机械因素造成的事故 | (377) |
| 第三节 | 客观条件变化造成的事故 | (378) |

第四篇 煤矿通风安全技术

| | | |
|------------|----------------------|--------------|
| 第一章 | 煤矿通风安全技术概述 | (381) |
| 第一节 | 矿井通风新技术 | (381) |
| 第二节 | 矿井通风系统优化设计 | (383) |
| 第二章 | 煤矿灾变通风技术 | (390) |
| 第一节 | 煤矿灾变通风技术概述 | (390) |
| 第二节 | 火灾时期风流状态定性控制技术 | (391) |
| 第三章 | 煤矿通风测算技术 | (394) |
| 第一节 | 矿井风量和漏风测算 | (394) |
| 第二节 | 矿井通风阻力测算 | (407) |
| 第四章 | 煤矿通风系统分析与技术改造 | (425) |
| 第一节 | 矿井通风系统分析 | (425) |
| 第二节 | 矿井通风网路中风流变化趋势分析 | (434) |
| 第三节 | 降低通风系统总阻力的技术措施 | (439) |
| 第四节 | 矿井风量调节 | (445) |
| 第五节 | 生产矿井通风系统技术改造 | (454) |
| 第五章 | 煤矿通风安全及预测 | (462) |
| 第一节 | 矿井通风管理质量综合评判 | (462) |
| 第二节 | 矿区瓦斯涌出隐患诊断识别及预测技术 | (464) |
| 第三节 | 矿区煤层自燃隐患诊断及预测技术 | (472) |

| | |
|-----------------|-------|
| 第六章 煤矿全过程通风安全技术 | (485) |
| 第一节 设计阶段 | (485) |
| 第二节 掘进阶段 | (491) |
| 第三节 生产阶段 | (499) |
| 第四节 停采阶段 | (510) |

第五篇 煤矿瓦斯防治

| | |
|---------------------|-------|
| 第一章 煤矿瓦斯的生成 | (515) |
| 第一节 煤矿瓦斯的生成概念 | (515) |
| 第二节 煤矿瓦斯的生成特点 | (515) |
| 第三节 瓦斯在煤层中的赋存状况 | (515) |
| 第四节 煤矿瓦斯的含量 | (517) |
| 第二章 煤矿瓦斯的涌出 | (519) |
| 第一节 煤矿瓦斯涌出量的表示方法 | (519) |
| 第二节 影响瓦斯涌出的因素 | (520) |
| 第三节 煤矿瓦斯等级及其鉴定方法 | (521) |
| 第四节 煤矿瓦斯涌出量预测 | (523) |
| 第三章 煤矿瓦斯爆炸及防治 | (525) |
| 第一节 煤矿瓦斯的爆炸现象 | (525) |
| 第二节 预防瓦斯爆炸的措施 | (530) |
| 第三节 综放开采矿井瓦斯防治的现场经验 | (534) |
| 第四章 煤矿瓦斯喷出与突出防治 | (536) |
| 第一节 煤矿瓦斯喷出及其防治 | (536) |
| 第二节 煤矿煤与瓦斯突出及其防治 | (537) |
| 第五章 煤矿瓦斯的抽放及利用 | (544) |
| 第一节 瓦斯抽放方法的分类 | (544) |
| 第二节 煤矿瓦斯抽放 | (545) |
| 第三节 抽放设备 | (546) |
| 第四节 煤矿瓦斯利用 | (547) |
| 第六章 煤矿瓦斯的监测 | (548) |
| 第一节 瓦斯检测仪表 | (548) |
| 第二节 瓦斯监控系统 | (549) |

第六篇 煤矿粉尘防治

| | |
|-------------------------|-------|
| 第一章 粉尘的产生及其危害····· | (553) |
| 第一节 粉尘及其分类····· | (553) |
| 第二节 粉尘的生成及影响因素····· | (553) |
| 第三节 粉尘的存在状态····· | (554) |
| 第四节 粉尘含量的表示方法及卫生标准····· | (555) |
| 第五节 粉尘的危害····· | (557) |
| 第二章 煤矿粉尘爆炸与防治····· | (558) |
| 第一节 煤尘的燃烧和爆炸····· | (558) |
| 第二节 煤尘爆炸的必要条件及影响因素····· | (560) |
| 第三节 预防煤尘爆炸的技术措施····· | (564) |
| 第三章 粉尘职业病防治····· | (571) |
| 第一节 粉尘职业病····· | (571) |
| 第二节 尘肺的发病原因及影响因素····· | (572) |
| 第三节 预防尘肺的技术措施····· | (573) |
| 第四节 粉尘的测定····· | (575) |

第七篇 煤矿火灾防治

| | |
|--------------------------|-------|
| 第一章 煤矿火灾防治概述····· | (579) |
| 第一节 矿井火灾种类····· | (579) |
| 第二节 矿井火灾明火燃烧分类····· | (581) |
| 第三节 富燃料类火灾的伴生现象与危险性····· | (585) |
| 第二章 煤炭自燃与发火机理····· | (599) |
| 第一节 煤炭自燃概念····· | (599) |
| 第二节 煤炭自燃分类····· | (600) |
| 第三节 煤炭自燃机理····· | (601) |
| 第四节 煤炭自燃发展过程及危害····· | (604) |
| 第五节 煤炭自燃影响内外因素····· | (609) |
| 第六节 煤炭自燃发火期····· | (614) |
| 第七节 煤炭自燃火灾及预防····· | (615) |

| | |
|--------------------------|-------|
| 第三章 煤矿火灾防治技术····· | (619) |
| 第一节 留煤柱采场的自燃发火的预防····· | (619) |
| 第二节 水砂充填采煤法的自燃发火的预防····· | (630) |
| 第三节 开采急倾斜煤层时自燃发火的预防····· | (633) |
| 第四章 煤矿火灾区的密闭与管理····· | (639) |
| 第一节 密闭种类与要求····· | (639) |
| 第二节 通风密闭与防灭火密闭····· | (641) |
| 第三节 临时密闭····· | (645) |

第八篇 煤矿水灾防治

| | |
|---------------------------|-------|
| 第一章 防水煤岩柱合理留设技术····· | (655) |
| 第一节 防水煤(岩)柱合理留设的影响因素····· | (655) |
| 第二节 防水煤(岩)柱留设的传统方法····· | (664) |
| 第二章 煤矿水害预防及治理技术····· | (682) |
| 第一节 顶板岩体破坏及治理····· | (682) |
| 第二节 地表沉陷及沉陷区积水治理技术····· | (690) |
| 第三章 矿井透水事故的处理····· | (723) |
| 第一节 透水预兆····· | (723) |
| 第二节 透水时的措施····· | (723) |
| 第三节 被淹井巷的恢复····· | (724) |

第九篇 煤矿爆破安全技术

| | |
|--------------------------|-------|
| 第一章 煤矿爆破安全技术概述····· | (727) |
| 第一节 煤矿爆破工程的现状与发展····· | (727) |
| 第二节 煤矿爆破工程的基本特点····· | (728) |
| 第三节 煤矿爆破工程的方法····· | (729) |
| 第二章 煤矿爆破器材与安全起爆技术····· | (732) |
| 第一节 工业炸药····· | (732) |
| 第二节 起爆器材····· | (746) |
| 第三节 起爆方法····· | (762) |
| 第三章 煤矿爆破振动安全标准及降振技术····· | (791) |

| | |
|---------------------|--------------|
| 第一节 爆破地震检测与分析 | (791) |
| 第二节 爆破振动安全标准 | (797) |
| 第三节 降低爆破振动的技术措施 | (805) |
| 第四章 煤矿爆破安全管理 | (808) |
| 第一节 煤矿爆破安全管理概述 | (808) |
| 第二节 煤矿爆破器材的储存与运输 | (813) |
| 第三节 煤矿爆破器材的销毁与盲炮处理 | (822) |

第十篇 煤矿运输提升安全技术

| | |
|---------------------|--------------|
| 第一章 平巷运输安全技术 | (831) |
| 第一节 平巷运输 | (831) |
| 第二节 平巷运输的安全规定 | (837) |
| 第二章 斜井运输安全技术 | (838) |
| 第一节 斜井运输 | (838) |
| 第二节 斜井运输的安全规定 | (842) |
| 第三章 矿井提升安全技术 | (843) |
| 第一节 矿井提升 | (843) |
| 第二节 矿井提升的安全规定 | (851) |

第十一篇 煤矿电气安全技术

| | |
|--------------------------|--------------|
| 第一章 煤矿电气危害及预防 | (859) |
| 第一节 触电的危险及预防 | (859) |
| 第二节 触电的急救方法 | (860) |
| 第三节 电火灾的危害及预防 | (862) |
| 第二章 煤矿电气防爆技术与防爆装置 | (864) |
| 第一节 井下保护接地系统 | (864) |
| 第二节 矿用隔爆检漏继电器 | (866) |
| 第三节 ZZ8L型电钻综合保护装置 | (869) |
| 第四节 隔爆型电气设备 | (873) |
| 第五节 本质安全型电气设备 | (879) |
| 第三章 煤矿电气安全管理 | (894) |

| | |
|----------------------|-------|
| 第一节 煤矿电气安全的基础知识····· | (894) |
| 第二节 煤矿电气保护····· | (908) |

第十二篇 露天煤矿开采安全技术

| | |
|-------------------------------|-------|
| 第一章 露天煤矿采矿方法 ····· | (917) |
| 第一节 露天煤矿采矿方法概述····· | (917) |
| 第二节 露天采矿方案····· | (918) |
| 第三节 矿块布置和结构参数····· | (921) |
| 第四节 采准、切割工作····· | (922) |
| 第五节 回采工作····· | (923) |
| 第六节 露天开采强度····· | (924) |
| 第七节 采空区内部排土····· | (925) |
| 第二章 露天转地下开采安全技术 ····· | (927) |
| 第一节 露天转地下开采安全技术概述····· | (927) |
| 第二节 露天转地下开采的开拓方式····· | (928) |
| 第三节 露天转地下开采技术方式····· | (929) |
| 第三章 露天采矿安全技术综合评价 ····· | (932) |
| 第一节 露天采矿安全技术评价指标体系与评价方法····· | (933) |
| 第二节 露天采矿安全技术评价结果····· | (934) |

第十三篇 煤矿职业安全

| | |
|---------------------------|-------|
| 第一章 煤矿职业安全教育 ····· | (937) |
| 第一节 煤矿职业安全教育概述····· | (937) |
| 第二节 煤矿职业安全教育的内容····· | (940) |
| 第三节 煤矿职业安全教育的类型····· | (942) |
| 第四节 煤矿安全教育方法与形式····· | (944) |
| 第五节 煤矿职业安全教育体系····· | (955) |
| 第二章 煤矿职业安全监测 ····· | (962) |
| 第一节 煤矿职业安全监测概述····· | (962) |
| 第二节 煤矿职业安全卫生体系的基本内容····· | (973) |
| 第三节 煤矿职业安全卫生体系的建设····· | (998) |

| | |
|------------------------------|---------------|
| 第四节 煤矿职业安全卫生体系审核 | (1016) |
| 第三章 煤矿职业健康保护 | (1037) |
| 第一节 煤矿职业安全健康管理制 度 | (1037) |
| 第二节 煤矿女职工和未成年工 的职业安全健康 | (1052) |
| 第三节 煤矿职业安全健康标准 | (1056) |
| 第四章 煤矿安全事故调查与处理 | (1060) |
| 第一节 煤矿安全事故分类 | (1060) |
| 第二节 煤矿安全事故报告 | (1061) |
| 第三节 煤矿安全事故抢救 | (1063) |
| 第四节 煤矿安全事故调查分析 | (1065) |
| 第五节 煤矿安全事故经济损失 | (1069) |
| 第六节 煤矿安全事故处理和结 案 | (1070) |

第十四篇 煤矿安全救护与事故处理

| | |
|--|---------------|
| 第一章 煤矿开采事故抢险救援体 系概述 | (1077) |
| 第一节 煤矿开采事故抢险救 援体系 | (1077) |
| 第二节 煤矿灾害紧急救援机 制建立的重要性 | (1080) |
| 第三节 煤矿紧急救援组织及 装备 | (1081) |
| 第四节 煤矿作业人员的自救 | (1091) |
| 第二章 煤矿开采事故现场紧急 救援体系的建立与完善 | (1096) |
| 第一节 我国矿山应急救援体 系建立 | (1096) |
| 第二节 煤矿救援指挥中心的 成立 | (1100) |
| 第三节 煤矿救援网的编织 | (1101) |
| 第四节 煤矿救护体系的完善 | (1103) |
| 第三章 煤矿开采事故抢险救护 队的组织与培训 | (1108) |
| 第一节 煤矿救护队的建设 | (1108) |
| 第二节 煤矿救护队的作用 | (1111) |
| 第三节 煤矿救护队的装备 | (1113) |
| 第四节 煤矿救护队的文化建 设 | (1119) |
| 第五节 煤矿救护队的技术培 训 | (1120) |
| 第六节 国外煤矿救护队经验 借鉴 | (1122) |
| 第四章 煤矿开采事故抢险救灾 一般程序 | (1127) |

| | |
|-----------------------------|---------------|
| 第一节 煤矿重大灾害事故临场应变要点 | (1127) |
| 第二节 煤矿重大灾害事故处理的一般原则 | (1139) |
| 第三节 煤矿开采事故抢险救灾的一般程序 | (1144) |
| 第五章 煤矿开采事故现场急救 | (1152) |
| 第一节 煤矿开采事故现场急救概述 | (1152) |
| 第二节 心跳和呼吸停止人员的抢救 | (1153) |
| 第三节 止血 | (1160) |
| 第四节 伤口的包扎 | (1164) |
| 第五节 对骨折的临时固定 | (1173) |
| 第六节 对伤员的安全搬运 | (1180) |
| 第七节 井下长期被困人员的营救 | (1181) |
| 第八节 对冒顶埋压人员的急救 | (1181) |
| 第九节 井下中毒与窒息伤员的急救 | (1182) |
| 第十节 对烧伤人员的急救 | (1183) |
| 第十一节 对溺水人员的急救 | (1184) |
| 第十二节 对触电人员的急救 | (1185) |
| 第十三节 对被爆震伤人员的急救 | (1186) |
| 第十四节 对中暑人员的急救 | (1187) |

第十五篇 煤矿安全事故责任追究

| | |
|---------------------------------|---------------|
| 第一章 煤矿安全事故法律责任 | (1191) |
| 第一节 特大安全事故的行政责任 | (1191) |
| 第二节 行政处分 | (1198) |
| 第三节 行政处罚 | (1202) |
| 第二章 煤矿生产安全事故的责任追究 | (1217) |
| 第一节 领导干部的生产安全义务 | (1217) |
| 第二节 企业生产安全管理领导干部责任制度 | (1228) |
| 第三节 重大劳动安全事故罪的责任追究 | (1246) |
| 第三章 煤矿企业安全生产责任追究制度 | (1252) |
| 第一节 特大安全事故行政责任追究规定 | (1252) |
| 第二节 重大责任事故的责任追究 | (1255) |
| 第三节 生产安全责任事故追究 | (1257) |

附录 相关法律法规

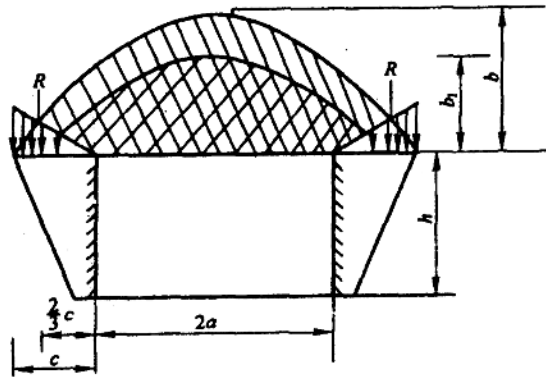
| | |
|---|--------|
| 关于印发煤矿安全程度评估进度计划的通知 | (1263) |
| 煤矿安全监察行政处罚办法 | (1265) |
| 煤矿安全监察行政复议规定 | (1269) |
| 煤矿安全监察员管理办法 | (1275) |
| 煤矿安全生产基本条件规定 | (1279) |
| 煤矿矿用安全产品检验管理办法 | (1281) |
| 煤矿企业安全生产许可证实施办法 | (1286) |
| 关于发布《煤矿矿用产品安全标志管理暂行办法》的通知 | (1296) |
| 关于加强煤矿安全生产工作的紧急通知 | (1300) |
| 关于加强煤矿运输提升安全工作的通知 | (1303) |
| 关于推进乡镇煤矿安全质量标准化建设的意见 | (1305) |
| 关于乡镇煤矿安全程度评估工作进展情况的通报 | (1308) |
| 关于印发《煤炭生产安全费用提取和使用管理办法》和《关于规范煤矿 维简费管理问题的若干规定》的通知 | (1311) |

(三) 锚固参数

根据上述锚固机理, 考虑到巷道断面的尺寸、复合软岩顶板厚度及施工条件, 确定锚固参数如下。

1. 顶板冒落拱形分析

由于顶煤与泥岩厚度较大, 按照普氏破坏拱理论, 冒落形状为拱形, 如下图所示。



巷道围岩破坏范围示意图

巷道两帮的破坏范围为

$$C = \left(\frac{k_c \gamma H B_c}{1000 \sigma_m} - 1 \right) h \tan \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

式中 k_c ——巷道周边挤压应力集中系数, 巷道宽高比为 $4.5/2.8 = 1.61$, 取 $k_c = 3.0$;

γ ——岩层平均质量密度与当地自由落体加速度之积, 取 $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;

B_c ——采动影响系数, 当两侧均为实体煤时, 取 $B_c = 1.15$;

σ_m ——顶煤的单向抗压强度, 取 $\sigma_m = 19.1 \text{ MPa}$;

φ ——煤层的内摩擦角, 为 $\varphi = 45^\circ$;

h ——巷道高度, 为 $h = 2.8 \text{ m}$;

H ——埋深, 为 $H = 651.49 \text{ m}$ 。

将上述参数代入上式中, 得

$$C = \left(\frac{3.0 \times 25 \times 651.49 \times 1.15}{1000 \times 19.1} \right) \times 2.8 \tan 22.5^\circ = 1.98 \text{ m}$$

顶板最大松动范围可按式预计:

$$b = \frac{(a + C)}{f_m}$$

式中 f_m ——顶煤的坚固性系数，取 $f_m = 1.91$ ；

a ——巷道的半跨距， $= (4.5/2) = 2.25\text{m}$ 。

将 a 、 f_m 及 C 值代入式 (3-5) 得

$$b = \frac{(2.25 + 1.98)}{1.91} = 2.21\text{m}$$

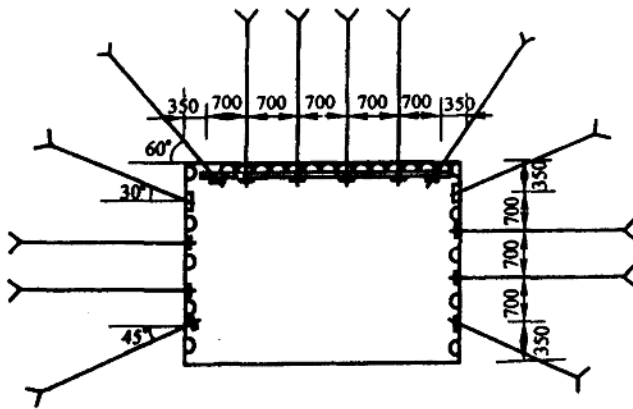
2. 普通锚杆加固参数

(1) 锚杆长度

巷道围岩的顶、底与帮之间的变形与破坏具有明显的协同性或关联性，因而支护参数的确定必须系统地考虑对围岩的加固优化。

①帮锚杆。如下图所示，对于两帮的加固，可以取在破坏范围的 $2/3$ 处，即合力作用点所处位置作为两帮支护长度的下限，而全部破坏范围作为支护的上限。因此，两帮锚杆有效范围长度 $l_{帮平} = 1.32\text{m} \sim 1.98\text{m}$ ，取平均值 $l_{帮平} = 1.65\text{m}$ ，考虑到外露部分长度 0.2m ，并留有一定安全余地，则实取帮锚杆长度为

$$l_{帮实} = 2.0\text{m}$$



普通锚杆加固断面示意图

②顶锚杆。同样，沿着支护合力作用点为端点形成的拱高 b_1 ，作为顶板锚杆支护的下限，顶板在支护条件下全松动范围拱高作为支护的上限，故顶板锚杆有效锚固长度 $l_{顶}$ 为

$$l_{\text{顶}} = b_1 - b = \frac{a + \frac{2}{3}C}{f_m} \sim \frac{a + C}{f_m} = 1.87\text{m} \sim 2.21\text{m}$$

取平均值并考虑外露端长度 0.2m, 则顶板锚杆的实际长度取:

$$l_{\text{顶实}} = 2.2\text{m}$$

(2) 锚杆间距

①顶板锚杆。顶板锚杆数量应满足两个条件: 一是能有效承受拱内岩重; 二是杆体抗剪强度能满足要求。

a. 平衡拱内岩重所需锚杆间距 S_1 。平衡拱内岩重所需锚杆间距 S_1 可按下列式计算:

$$S_1 = \sqrt{\frac{R_T}{k\gamma b}}$$

式中 R_T ——锚杆的实际锚固力, 取 $R_T = 40\text{kN/根}$;

k ——安全系数, 取 $k = 3$;

γ ——煤的质量密度与当地自由落体加速度之积, $\gamma = 13.5\text{kN/m}^3$ 。

将上述参数代入上式得

$$S_1 = \sqrt{\frac{40}{3 \times 13.5 \times 2.21}} = 0.67\text{m}$$

b. 校核杆体抗剪强度所需锚杆间距 S_2 。杆体抗剪强度所需的锚杆间距 S_2 可按下列式计算:

$$S_1 = \sqrt{\frac{8 (0.25\pi d^2 \tau + p_0 f) l_{\text{顶}}}{3k_2 \gamma b (2a)}}$$

式中 d ——锚杆直径, 按 $\phi 20\text{mm}$ 螺纹钢计算;

τ ——锚杆抗剪强度, 查表知 $\tau = 500\text{MPa}$;

k_2 ——顶板抗剪安全系数, 一般取 $k_2 = 3 \sim 5$;

p_0 ——锚杆锚固力, 取 $p_0 = 40\text{kN}$;

$2a$ ——巷道跨度, 取 $2a = 4.5\text{m}$;

f ——分层间摩擦因数, 取 $f = 0.3$ 。

将上述参数及 $\gamma = 13.5\text{kN/m}^3$ 、 $l_{\text{顶}} = 2.2\text{m}$ 、 $b = 2.21\text{m}$ 代入上式得

$$S_2 = \sqrt{\frac{8 \times (0.25 \times \pi \times 0.02^2 \times 500 \times 10^3 + 40 \times 0.3) \times 2.2}{3 \times 5 \times 13.5 \times 2.21 \times 4.5}} = 1.22\text{m}$$

综上取 S_1 、 S_2 中的最小值作为顶板锚杆支护间距, 则有

$$S = \min \{S_1, S_2\} = 0.67\text{m}$$

考虑到施工的方便, 实际可选取顶板锚杆支护间距为 0.7m。

②帮锚杆。参照 2301 顺槽、2301 切眼锚网支护的情况, 帮锚杆间排距可取 0.7m。

综上所述，4304 顺槽锚网支护形式及参数选择如上图所示：

a. 顶板。锚杆 + 网 + 钢梯，锚杆长度 2.2m，杆体为 $\phi 20\text{mm}$ 的螺纹钢，3 个树脂药卷全长锚固，锚杆间排距 $0.7\text{m} \times 0.7\text{m}$ 。

b. 两帮。锚杆 + 网，锚杆长度为 2.0m，用 $\phi 18\text{mm}$ 螺纹钢作为锚杆杆体，两个树脂药卷锚固，间排距为 $0.7\text{m} \times 0.7\text{m}$ 。为了控制底板的变形，下帮角处锚杆与水平夹角为 45° 。

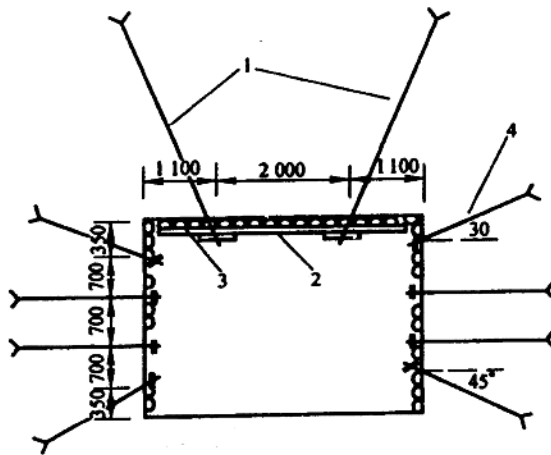
3. 锚索加固参数

(1) 锚索长度、间距

考虑到煤层厚度的变化，为保证锚索在上部硬岩中有一定的长度，即保证锚固力，选取锚索的有效长度 5m（孔深 5m），外露部分为 0.5m，锚索总长度为 5.5m。沿巷道断面共布置 2 根锚索，并用长度 3.8m 的槽钢或工字钢梁将其联在一起，锚索间距 2m，沿 75° 角打入顶板，如下图所示。按煤层最大厚度计，这样深入到上部硬岩中的长度约 0.73m 左右。

(2) 锚索排距

锚索最主要的任务是保证“内拱”的稳定性。



锚索加固断面示意图

1—锚索；2—钢梁；3—金属网；4—普通锚杆

取间隔 3 排锚杆打 1 排锚索，即锚索排距 2.1m，则每根锚索的锚固力为

$$R_T = \frac{1}{2} (13.5 \times 2.21 \times 4.5 \times 2.1) = 141\text{kN 根}$$