

科技研究

复杂条件下高瓦斯急倾斜煤层群一体化开采技术探讨

余伟

贵州能源集团盘江精煤股份有限公司金佳矿

DOI:10.12238/jpm.v6i5.8022

[摘 要] 针对某煤矿高瓦斯突出、平均倾角 78° 的急倾斜近距离煤层群开采难题,传统方法存在资源回收率低(40%~60%)、安全性差及效率不足等问题,本研究提出“立U形”工作面一体化开采技术。通过优化巷道系统布置,设计由高位瓦斯巷、下位运输巷及工艺联络斜巷构成的垂直“立U形”通风网络,实现工作面多通道通风与瓦斯高效治理。配套 ZF6800/17/31 型放顶煤液压支架、ZFD18000/17/30 型巷道支架组及 MG200/WD 型采煤机等装备,结合多轮放煤工艺与沿空留巷技术,解决了特大倾角煤层机械化开采的技术瓶颈。该方法将倾斜开采转化为水平分层,降低作业难度,减少掘进工程量 35%~40%,并实现一巷多用。实际应用表明,采煤工作面人数减少 20%,月产量提升 100%,资源回收率显著提高,同时通过瓦斯抽采与充填工艺有效控制地表塌陷及环境风险。研究成果为 75° 以上高瓦斯急倾斜煤层群的安全高效开采提供了技术范例,兼具显著的经济效益与工程推广价值。

[关键词] 急倾斜煤层;联合开采;设备配套;突出煤层

Study on integrated mining technology of high gas and steeply inclined coal seam group under complex conditions

Yu Wei

Jinjia Mine, Panjiang Jingmei Co., LTD.

[Abstract] In response to the challenges of high gas outburst and an average dip angle of 78° in a steeply inclined coal seam group at a certain coal mine, traditional methods suffer from low resource recovery rates(40%~60%), poor safety, and insufficient efficiency. This study proposes an integrated "upright U-shaped" working face mining technology. By optimizing the layout of the roadway system, it designs a vertical "upright U-shaped" ventilation network consisting of high-position gas roadways, lower-position transportation roadways, and process connection inclined roadways, achieving multi-channel ventilation and efficient gas control at the working face. Accompanied by ZF6800/17/31 type roof-caving hydraulic supports, ZFD18000/17/30 type roadway supports, and MG200/WD type coal mining machines, combined with multi-wheel roof-caving technology and gob retention along the seam, this method addresses the technical bottlenecks of mechanized mining in extremely steep coal seams. This approach transforms inclined mining into horizontal stratification, reducing operational difficulty and cutting excavation work by 35%~40%, while enabling multiple uses for a single roadway. Practical applications have shown that the number of personnel on the coal mining face has decreased by 20%, monthly production has increased by 100%, resource recovery rates have significantly improved, and surface subsidence and environmental risks have been effectively controlled through gas extraction and backfilling processes. The research findings provide a technical model for safe and efficient mining of high-gas, steeply inclined coal seam groups with dips greater than 75° , offering both significant economic benefits and engineering promotion value.

[Key words] steeply inclined coal seam; joint mining; equipment matching; outburst coal seam

1.引言

急倾斜煤层是指煤层倾角大于 45° 的煤层,其储量约占我国煤炭总储量的 15%~20%,在我国煤炭资源不均衡分布的现状

条件下,西南矿区 50%以上矿井都在开采急倾斜煤层,且煤种主要为焦煤、无烟煤和一些稀缺煤种,是工业和区域经济发展不可或缺的动力燃料和工业原材料,因此不得不开采此类赋

存条件复杂的煤层^[1]。根据急倾斜煤层厚度和倾角不同，相关专家学者开展急倾斜煤层开采方法方面的研究主要有：设计柔性掩护支架对煤层采场进行全空间封闭，充分利用急倾斜煤层倾角大、矿山压力显现特征，形成了柔性掩护支架支护、放炮破煤的长壁开采方法；针对急倾斜薄煤层（厚度小于 1.3m）地质赋存条件，从综采工作面的设备防滑、防倒、飞煤矸易伤人、损坏设备方面着手，研究了急倾斜煤层走向长壁俯斜开采方法，并研发了与其相适应的液压支架、采煤机、导向输送机及配套装备，解决了倾角在 55°~70°范围内的薄煤层开采技术难题^[2]；针对急倾斜厚及特厚煤层的赋存特征，采用水平分层或水平分段的方法沿煤层倾斜方向将其划分为一定高度的水平煤层开采，成功解决了薄及特厚急倾斜煤层的安全高效开采。综上所述可以看出目前对于 75°以上的中厚及厚急倾斜煤层还没有能够形成一种安全高采出率的采煤方法，为此本研究将针对此类煤层赋存条件，研发一种合理的综采开采方法，促进特大倾角煤层安全高效开采。

2. 工程地质概况

某煤矿隶属于贵州能源集团，矿区属高原溶蚀地貌，煤系地层出露地段相对较缓，总体地貌形态东西向带状展布，两边形成高山，中间为沟谷，最低海拔 1390m，最高海拔 1926m，相对高差 536m。矿井可采煤层有 14 层，主采煤层为 18#、2#、14#、18#、2#、14#在煤质和小窑开采的影响下现阶段不适合作为主采煤层开采，然而 18#煤层又可分为 18a 和 18b 两层，18a 煤层厚度 5~7m，18b 煤层厚度约 2m，中间夹矸层厚度 4.5~7m，煤层倾角 78°，属于典型的近距离煤层群赋存条件，顶板岩性为含植物化石之泥岩，粉砂岩，有时含石英细颗粒，夹矸多为泥岩，有一层较稳定的隐晶质高岭石泥岩，煤质松软，多为粉状煤，底板为泥岩，煤层瓦斯含量高，属煤与瓦斯突出矿井。

采煤方法改革之前，矿井采用伪倾斜柔性掩护支架走向壁式为基础的巷柱式高落放顶煤采煤法，每采煤一次，工作面沿走向推进 1.0~1.2m，然后拆除溜槽，再进行下一循环的打眼、装药、放炮、出煤、支护、调整支架等工作，存在人员配备多、系统复杂、管理困难、资源回收率低（40%~60%）等问题。在国家及某省煤矿机械化综采技术推广应用的要求下，为此需结合某煤矿高瓦斯近距离煤层群赋存条件研发一种合理的综采开采方法。

3. 采煤工艺选择

根据国内外厚煤层开采技术发展现状，结合本矿特大倾角 18a 和 18b 近距离煤层群厚度及层间距特点，可供选择的采煤方法主要有：分层开采、伪斜长壁柔性支架炮采，机械化分段一次采全高和机械化分段放顶煤开采。

分层综采指的是沿煤层倾斜方向将厚煤层沿煤层高度方向分成若干层厚度较薄的煤层，利用已有的综合机械化开采装备进行开采，对于某煤矿煤层倾角 78°条件，开采过程中存在顶板管理困难、产量低、效率低、设备围岩稳定控制困难的难

点，且现阶段国内外还没有相应的综合机械化长壁工作面开采成功的先例，因此分层长壁综采并不适合某煤矿地质赋存条件。

伪斜长壁柔性支架炮采采煤工艺，工作面采用柔性掩护支架形成防护空间，采用放炮工艺落煤，人员劳动强度高、效率低、安全系数差等，也不适合某煤矿地质赋存条件。

分段开采的原理是沿煤层倾斜方向按照一定高度将其分为若干层水平煤层进行开采，但工作面的长度较短，近视为煤层的实际厚度。对于大采高一次采全高采煤工艺，目前国内最大的开采高度在 7m 左右，针对某煤矿地质赋存条件采用分段一次采全高采煤工艺，工作面长度短，一次开采高度低，工作面产量难以达到矿井的设计产能，通过工作面产能的前期核算不宜采用。

分段放顶煤开采具有分段高度大，一次能够采出煤炭资源量多，工作面成水平布置，现有水平煤层放顶煤开采装备成熟等优点；同时由于 18a 和 18b 煤层的节理裂隙较为发育，煤层的硬度系数 $f \leq 0.5$ ，有利于顶煤的破碎与放出；另外由于 18a 和 18b 煤层的厚度变化较大，放顶煤开采对于厚度变化大的煤层具有较好的适应性，综合分析分段放顶煤短壁综采可作为某煤矿的首选采煤工艺。

4. 工作面巷道系统布置

4.1. 常用巷道系统布置方式

根据 18a 和 18b 近距离煤层群的地质赋存条件，采用分段放顶煤开采时的回采巷道系统布置有两种常用方法。第一种方法为：为了尽可能降低巷道的掘进工程量，增加工作面长度，可将 18a 和 18b 两层煤看成一层煤统一设计，在 18a 煤层的顶板和 18b 煤层的底板附件分别布置运输平巷和回风平巷。此种布置方法具有巷道系统简单便于管理、受煤层倾角和厚度影响小的优点，但存在中间夹矸厚度大，随煤层一次采出后煤层含矸率高、矸石的运输成本高、一次开采厚度大，影响范围广易于波及地表造成生态破坏等严重的环境问题等缺点。

第二种方法为：将 18a 和 18b 近距离煤层群分别作为单独的煤层，每层煤分别采用在煤层的顶板煤层的底板附件布置运输平巷和回风平巷的方式形成单独的工作面回采系统进行放顶煤开采。此种方法具有巷道系统布置复杂、巷道掘进工程量，对于某煤矿高瓦斯煤层赋存条件需要单独掘进瓦斯预抽巷道等，影响工作面开采效益的同时增加了开采成本。

4.2. 新形“立U形”巷道布置方式

走向短壁立U通风放顶煤开采工艺技术主要适用于煤层倾角大于 45°，煤层厚度在 1~5m 厚的煤层条件下使用，与传统的走向长臂伪斜柔性支架和刚性柔性支架开采工艺相比有以下优越特点：

1) 将倾斜开采转化为水平分层开采，降低了传统特大倾角机械化开采难度，提高了安全性。

2) 工作面半煤岩沿空留巷的运输巷道和半煤岩沿空留巷的回风巷道之间所做的阶段半煤岩沿空留巷的工艺联络巷，保

证采煤工作面时时通风和有两个安全通道出口。

3) 采用水平分层沿空留巷开采工艺，上分层工作面的运输巷道可以做下一分层工作面的回风巷道，实现一巷多用，掘进工作量少，可以降低掘进开拓工作量 35%~40%，降低企业的投资，工作面永远施工一条巷道，有效的解决采掘失调问题。

4) 开拓系统不受顶底板破碎及其走向断层的影响，适应性强、工作面搬家少，便于生产管理。

5) 操作人员在支护好的水平巷道完成工作面采煤，采用机械化开采，用工少，劳动强度低，安全可靠（工作面用工人数可以降低 50%）。

6) 采煤工作面沿走向可以根据需要无限长，满足高产高效的需要（1000~2000m），（年产量是现有伪斜长臂悬移支架产量 2~3 倍）。

7) 对于多煤层矿井而言，可以实现单翼多煤层联合多面开采，实现高产高效生产。

8) 在开采工程中，沿着工艺巷道实现沿空充填工艺，可以有有效的解决地表的塌陷，与此同时还可以有效高效率的解决煤层瓦斯抽采、采煤面瓦斯排和采空区瓦斯治理、煤层及其残煤发火、工作面粉尘、地表水和雨季水对井下灾害以及其地表塌陷对环境的影响。

鉴于上述两种巷道布置系统的布置，坚持降低工作面开采成本、减少巷道掘进率、利于煤层瓦斯治理等要求为出发点，在上述第二种巷道系统布置的基础上，采用减少煤层底板回风巷、增加工作面高度范围内沿煤层顶板等间距布置工艺斜联巷的巷道布置方法对其进行开采，工作面运煤通过下工作面巷道进行运输，通过上工作面巷道进行回风，此种布置方法的核心就是将近水平的煤层工作面的边界式通风（四川矿区的部分高瓦斯矿井已经成功采用此方法）和 Y 型通风沿着煤层高度立起来看的原理。

5. “立 U 形”工作面布置要求及参数

5.1. 开拓巷道

运输大巷：沿 18a 煤层顶板布置半煤岩巷道，其标高为 +1253m 水平，沿煤层走向长度约 980m，巷道断面为 4.5×3m，考虑大巷服务距离和时间长、后期维护费用高，采用锚网支护与水平 U 型钢桁架组合支护。

回风大巷：沿 18b 煤层底板侧布置半煤岩巷道，其标高为 +1270m 水平，向西向长度约 980m，巷道断面为 4.2×3m，考虑大巷服务距离和时间长、后期维护费用高，采用锚网支护与水平 U 型钢桁架组合支护。

5.2. 回采巷道

下位运输巷（运输平巷）：对于单个工作面开采高度内的煤层，将运输平巷布置在煤层下方的顶板中，采用半煤岩方式布置，巷道断面为 3.8×2.8m，随着采面推进在采空区侧做沿空留巷，在回风巷道同时铺设 $\phi 600\text{mm}$ 瓦斯抽放管道，每 6m 留抽放口，用于抽放采空区空间内瓦斯，同时做下一区段高位回风瓦斯抽放。在运输巷道内做沿空留巷挡风墙，将运输巷

分成两个部分即采空区和通风巷，使风从工作面沿着立 U 连巷回到上部回风巷，在工作面上布置液压支架。

高位瓦斯巷（回风平巷）：由于 18#煤层为高瓦斯突出煤层，考虑瓦斯治理过程中各种施工措施及相关技术要求，充分对煤层释放瓦斯进行合理稀释，在 +1270m 水平布置高位瓦斯回风巷作为辅助回风，巷道断面为 3.8×2.8m，在高位瓦斯巷与工艺联络巷交点处将其作风分为：交点至工作面采空区段的巷道作为采空区高位瓦斯的抽采；交点至工作面前方巷道作为工作面的回风作用。

5.3. 工作面装备配套

由于某煤矿 18a 煤层厚度 5~7m，18b 煤层厚度 2m，一次开采煤层高度在 12m 左右，煤层为软煤，剪切角在 75°左右，对于 18a 工作面，根据常规放顶煤开采经验可知一次很难放净，因此，18a 工作面采用多轮放煤工艺，18b 工作面选用随走随推的一次放煤工艺，见到矸石停止放煤，放煤步距 800mm，

工作面每推进 800mm 放顶煤一次。工作面采用 ZF6800/17/31 型放顶煤液压支架，数量 3~5 架，巷道采用 ZFD18000/17/30 型端头液压支架组。

6. 结论

1) 某煤矿采用了立 U 通风开采工艺设计，与原有的采煤工艺相比简化了开拓系统，提高了工作面的安全性。

2) 针对急倾斜煤层柔性掩护支架采煤中采用落后的打眼放炮落煤工艺，工作面安全系统和效率低结合某煤矿高瓦斯突出近距离煤层平均倾角 78°的地质赋存条件，打破已有的急倾斜煤层走向长壁和水平分段放顶煤综采巷道布置特点，发明了新形的急倾斜“立 U 形”工作面采煤方法，解决了特大倾角煤层的采煤难题。

3) 根据工程类比确定了某煤矿近距离煤层宜采用分层单独布置回采系统联合布置共用开拓系统的方法开采，在此基础上分析了开拓大巷的层位、长度、断面尺寸及支护方式。

4) 设计了工作面回采巷道主要包括：高位瓦斯巷、下位运输巷和工艺联络巷的回采巷道系统，三条巷道构成垂直方向的“立 U 形”通风系统，工艺联络巷与上位回风巷相交后将高位瓦斯巷分成两个部分，前端主要用于回风，后段主要用于高位采空区瓦斯治理。

5) 配套了工作面 ZF6800/17/31 型放顶煤液压支架、ZFD18000/17/30 型巷道液压支架组、MG200/WD 型采煤机等主要技术装备，实现了某煤矿急倾斜煤层的安全高效开采，采煤工作面人数降低了 20%，月产量增加了 100%，经济效益得以全面提高。

[参考文献]

- [1]张兴润.液态 CO₂ 驱替技术的煤层瓦斯防治应用研究[J].煤炭技术, 2025, 44 (04) : 194-197.
- [2]张仰强.温度和压力对煤层瓦斯解吸规律的影响[J].当代化工, 2025, 54 (03) : 513-516.

电子制造企业生产效率提升策略研究 ——以汽车零部件及配件制造为例

汤荣富 闫正明

杭州衡康电子有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i5.8023

[摘要] 传统电子制造企业汽车零部件的加工方式难以跟上当下汽车高性能发展的脚步，所以本文将电子制造企业汽车零部件及配件制造生产效率提升的基础理论予以概述，剖析了电子制造企业汽车零部件加工的现状及存在的问题，并提出了电子制造企业汽车零部件及配件制造高效加工的具体策略，旨在提升电子汽车零部件及配件的加工质量与效率。

[关键词] 电子制造企业；汽车零部件及配件制造；生产效率提升

Research on production efficiency improvement strategies of electronic manufacturing enterprises——Taking the manufacturing of auto parts and accessories as an example

Tang Rongfu Yan Zhengming

Hangzhou Hengkang Electronics Co., LTD.

[Abstract] Traditional electronic manufacturing companies struggle to keep up with the high-performance development of today's automotive industry. Therefore, this paper provides an overview of the fundamental theories for improving production efficiency in automotive parts and accessories manufacturing within electronic companies. It analyzes the current status and existing issues in the processing of automotive parts by electronic manufacturers and proposes specific strategies for efficient processing of automotive parts and accessories. The aim is to enhance the quality and efficiency of processing electronic automotive parts and accessories.

[Key words] electronic manufacturing enterprises; auto parts and accessories manufacturing; production efficiency improvement

在传统加工过程中，电子制造企业汽车零部件及配件的加工效率低下、不合格品率高，且能耗与生产成本长期居高不下。为满足汽车零部件在尺寸精度、表面粗糙度等方面的严苛要求，通过提出汽车零部件及配件制造高效加工的具体策略，从而显著提升生产效率与产品质量。

一、电子制造企业汽车零部件生产效率探析

（一）企业生产效率概况

虽然我国电子制造企业在汽车零部件制造方面的生产效率方面虽已取得一定成果，但在全球产业链竞争中仍面临诸多

挑战。在生产能力与产值层面，我国在产能扩张的进程中，生产效率未实现同步提升，这在一定程度上限制了电子制造企业的盈利能力。从生产效率指标来看，主要涵盖人均产值、设备利用率、生产周期等，我国电子制造企业在这些指标上与发达国家相比仍存在较大差距。就生产效率的地区差异而言，我国电子制造企业汽车零部件制造企业的生产效率存在一定的地区性不平衡，电子制造企业在东部沿海地区的生产效率比中西部地区的普遍要更高。

（二）生产效率影响因素

在电子制造企业汽车零部件生产效率领域的影响因素，主要包含以下四个方面：人力资源管理方面，企业员工的素质、技能水平以及激励机制等均会对生产效率产生作用。先进的生产设备和技术的提升是提升生产效率的基石，设备老化、技术滞后等问题会制约生产效率的提高。生产组织与管理水平直接关联生产效率，合理的生产计划、高效的物流体系以及严格的质量管理等均有助于提升生产效率。原材料的质量、供应稳定性以及供应链管理水平的提高有利于提高生产效率。

二、电子制造企业生产汽车零部件现状及问题

（一）国内电子制造企业生产汽车零部件的现状

2024 年，我国汽车零部件制造企业数量一举越过 1 万大关，销售收入高达 4.2 万亿元人民币。在这些企业里，外资与中外合资企业数量占比仅两成，可市场份额却超七成。深入探究那些知名汽车零部件企业，会发现它们都早早开启了生产效率提升模式。在提升生产效率的进程中，这些企业创造性地构建起“利润=售价-成本”这一理念，有力扭转了传统思维。精准洞察到市场竞争的核心要点，毕竟当下汽车市场竞争愈发激烈，利润空间不断被压缩，企业若想收获丰厚利润，削减成本投入势在必行。而提升生产效率堪称关键一招，从采购、制造，到包装、存储，全流程都能借此减少浪费、节省开支。

（二）电子制造企业汽车零部件方面的问题

1. 生产效率、加工精度低

电子制造企业在制造汽车零部件及配件时，经常会存在依赖单台机床进行操作的情况，加工过程往往呈线性按顺序开展，生产效率往往较为低下。在传统生产线上，零部件需在不同机床间转运，每次转运都可能导致生产中断，进而降低生产效率。在批量生产中，单台机床的加工能力成为整个生产系统的瓶颈。尤其是面对市场需求多样化、个性化的趋势，这种生产模式难以快速响应市场变化。

2. 企业的低效运行和浪费现象

传统制造企业在企业运行过程中存在低效、资源浪费的行为，所以企业需要全方位提升企业运转效能。当下“低效率、高消耗”的生产状况亟待扭转，转变为“低成本、高效率”的先进生产模式。在此过程中，逐步构建符合中国国情、独具特色的精益生产体系，助力我国跃升为世界制造强国，大幅增强国内企业在国际市场中的竞争优势成为电子制造企业需要面对的难题。

3. 转变企业的管理理念

受传统观念的深刻影响，我国不少电子制造企业的领导干

部观念相对滞后，众多企业至今仍秉持“以生产为导向”的陈旧理念，所以电子制造企业的管理水平有起色，市场竞争力也较难提高。与之形成鲜明对比的是提升生产效率理念将客户置于核心位置，重视对全价值链进行体系化的精细管理，同时还要充分挖掘企业员工的主观能动性，使其在主观上减少各类资源浪费。

三、电子制造企业生产效率提升策略

（一）人力资源管理优化

1. 员工招聘与选拔

为提升电子制造企业汽车零部件的生产效率，优化人力资源管理的首要任务便是完善员工招聘与选拔机制。在员工招聘与选拔方面，企业需明确各岗位的职责、技能和素质要求，为招聘提供精准依据；充分整合线上线下招聘资源，扩大招聘信息覆盖面，吸引更多优秀人才；运用科学的选拔工具和方法，如心理测试、技能考核、面试等，确保选拔出具备岗位所需能力的员工，降低人力成本。

2. 绩效考核与激励

企业应结合自身目标和岗位职责，设定明确、可量化的绩效指标，采用多维度、全过程的评价方式，保障评价结果的客观性与公正性，同时要为企业职工建立合理的绩效激励机制，不断提升汽车零部件的生产效率。同时，根据部门特色设计多元化的激励措施，如奖金、晋升、培训等，还要根据企业发展和员工反馈，持续调整和完善激励机制。

（二）优化设备与工艺改进

企业在选择汽车零部件制造设备时，应确保设备具备高效率、稳定性、灵活性和节能环保等特性，综合考量生产需求、产品特性以及企业战略。同时对设备布局进行合理设计，降低物流成本。在工艺流程优化方面，企业需根据实际情况优化工序顺序，提升生产效率，密切关注市场技术动态，积极采用行业新技术与新材料，应用汽车零部件制造自动化技术，提高生产效率。

（三）生产计划与调度优化

1. 生产计划制定与执行

在电子制造企业生产计划制定过程中，应充分考虑市场需求、生产能力、库存水平、供应链状况这些因素，合理的生产计划有助于提升企业生产效率。制定生产计划时，首先依据销售预测、订单需求等明确生产任务，再结合生产能力、工艺路线等制定详细的生产计划，在生产过程中适时调整生产任务、生产线布局等，提高生产效率。在生产计划执行过程中，企业