

1.5m 中心距 8000kN 两柱掩护式液压支架设计与应用

佟友

(天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013)

[摘要] 为解决 1.5m 中心距两柱掩护式支架工作阻力不能超过 6800kN 的技术瓶颈, 采用支架结构优化和新型立柱相结合的技术方案, 将支架工作阻力提高到 8000kN, 提高了支架支护强度。在实际应用中解决花图沟美日煤矿 6-1_上 煤层在前期开采中出现支护强度不足, 支架压死损坏情况, 保证了原有刮板输送机和采煤机的继续使用, 节省了投资, 对具有类似条件矿井有一定参考作用。

[关键词] 1.5m 中心距; 8000kN; 液压支架; 工作阻力; 选型设计

[中图分类号] TD355.41 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225(2014)01-0037-02

Design and Application of 8000kN Two-prop Shield Powered Support with 1.5m Center Distance

1 项目概况

花图沟美日煤矿井田内主要可采煤层 3 层, 分别为 6-1_上, 6-1, 6-2 号煤层。目前开采 6-1_上 煤层, 此煤层 1612 采区 2012 年底开采完毕, 工作面配套设备为: ZY6000/11.5/26 (92 架) 支撑掩护式支架、ZZ8000/14/26 (中部布置 44 架) 掩护式液压支架、MG400/930-WD 型电牵引采煤机及 SGZ764/800 型刮板输送机。目前除使用的 44 架 ZZ8000/14/26 型支架底座没有变形损坏外, 其他在用的 92 架 ZY6000/11.5/26 型支架底座均出现不同程度地变形、开焊及断裂。研究表明, 主要原因在于液压支架支护强度不够。为此, 矿方要求对工作面液压支架重新选型设计, 要求在满足原有设备的基础上, 增加支架的支护强度, 确保工作面安全、高效生产。

2 矿井地质条件

花图沟井田位于内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗境内, 行政区划属准格尔旗羊市塔镇管辖, 矿井年产量 2.0Mt/a。地表多被第三系半胶结的砂质泥岩及第四系黄土、风积砂土覆盖。井田内地形复杂, 剥蚀切割强烈, 树枝状沟谷、冲沟发育, 为典型的高原丘陵剥蚀区地貌。目前开采煤层 6-1_上, 为井田内主要可采煤层, 煤层厚度 1.25~2.69m, 平均厚 2.21m。厚度变异系数 16.8%, 全区可采。顶板为深灰色泥质粉砂岩、泥岩; 底板以深灰色泥岩为主。煤层埋深 56.7~175.7m, 平均 118.1m, 属于浅埋深煤层。

3 液压支架选型设计

花图沟美日煤矿支架损坏的主要原因在于初撑力不足、支护强度不够, 要解决上述问题有 2 种方法: 一是将支架中心距增大到 1.75m; 二是支架中心距保持 1.5m 不变, 但立柱缸径需增大到 $\phi 340\text{mm}$ 规格。前者由于中心距的变化, 现有机组和刮板运输机等设备满足不了配套要求, 无法使用, 大大增加了投资。为了节省资金, 提高设备的利用率, 在满足地质条件要求的前提下, 尽可能选用 1.5m 中心距液压支架, 但需要加大支护立柱规格, 以提高支护强度。

3.1 支架主要参数的确定

3.1.1 支护强度的确定

计算支架支护强度, 一般采用下面 2 种方法计算, 取其其中的最大值。

(1) 按岩石容量法公式计算:

$$P = n \cdot \frac{h}{K_p - 1} \cdot \gamma \quad (1)$$

式中, P 为支护强度, kN/m^2 ; h 为采高, m ; γ 为顶板岩石容重, kN/m^3 ; K_p 为岩体碎胀系数; n 为安全系数。

(2) 根据现场实测数据的回归公式计算:

$$P = 72.3h + 4.5L_p + 78.9B_c - 12.24N - 62.1 \quad (2)$$

式中, L_p 为基本顶周期来压步距, m ; B_c 为控顶距, m ; N 为充填系数, 直接顶与采高的厚度比。

煤层原始参数见表 1。

将表 1 中的参数分别代入式 (1)、(2), 得:

按岩石容量法公式计算支架支护强度 $P =$

[收稿日期] 2013-08-29

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2014.01.010

[作者简介] 佟友 (1977-), 男, 河北秦皇岛人, 工程师, 从事液压支架研究工作。

[引用格式] 佟友. 1.5m 中心距 8000kN 两柱掩护式液压支架设计与应用 [J]. 煤矿开采, 2014, 19 (1): 37-38, 48.

表 1 6-1_上煤层原始参数

h	γ	K_p	n	L_p	B_c	N
2.4	25	1.12	1.5	80	4.6	0

750kN/m²，根据现场实测数据的回归公式计算，支架支护强度 $P = 834\text{kN/m}^2$ 。

通过以上采用理论计算法、现场实测回归公式等进行论证，比较分析计算结果可知，支架支护强度取 0.84MPa 左右能够满足工作面要求，但是在实际使用中此支护强度的支架柱窝出现开裂、底座主筋母材有局部断裂现象，且在使用中工作面中部经常出现压死架现象，另外偏帮现象也比较严重，实际证明按照传统支护强度的计算方法在美日煤矿并不适用，应该充分考虑浅埋深煤层矿山压力显现的复杂情况。在上一采区中部损坏的 44 架支架由 ZZ8000/14/26 型支架替代使用，在应用中没有出现问题，证明美日煤矿 6-1_上煤层 1615 采区额定支护强度定为 0.90MPa 左右比较合适。

3.1.2 支架额定工作阻力确定

工作阻力可按公式 $Q = C \cdot P \cdot B_c \cdot S_c / K_c$ 进行计算。式中， Q 为液压支架额定工作阻力，kN/架； C 为备用系数，一般取 1.1 ~ 1.2，取 1.1； B_c 为控顶距，取 4.6m； S_c 为支架中心距，1.5m (1.75m)； K_c 为支撑效率，二柱掩护式支架取 0.88。

将各参数代入计算得： $Q = 7762.5$ (kN/架)

3.1.3 支架结构高度的确定

由于平均煤厚 2.21m，易知，支架最大采高以 2.4m 为宜，考虑到顶板下沉量、过机空间等要求，最大结构高度选用 2.6m。根据立柱行程及配套要求，最低结构高度确定为 1.3m。

综上所述，考虑到与原有设备的配套性（采煤机，刮板输送机，支架搬运车等），应该选用 1.5m 中心距的液压支架，但由于 1.5m 中心距液压支架受立柱缸径的限制，最大工作阻力仅达到 6800kN，工作阻力提高幅度不大，难以满足实际生产的需要，为此天地科技股份有限公司研发了新型 $\phi 340\text{mm}$ 抗冲击双伸缩立柱，可把液压支架的工作阻力提高到 8000kN，相比于 6800kN 工作阻力的支架提高 18%，最终确定支架型号为 ZY8000/13/26，见图 1。

3.2 支架主要技术参数

根据上述计算结果和工作面生产能力及配套设备要求，确定液压支架主要技术参数如下：

支架高度：1300 ~ 2600mm；支架宽度：1440 ~ 1610mm；支架中心距：1.5m；初撑力 ($P =$

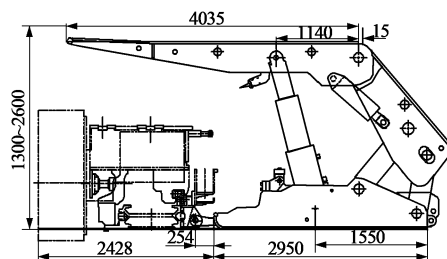


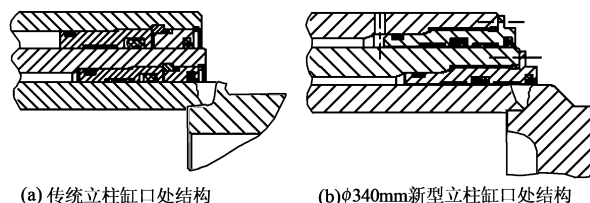
图 1 ZY8000/13/26 型两柱掩护式液压支架

31.5MPa)：5716kN；工作阻力 ($P = 44.08\text{MPa}$)：8000kN；支护强度：1.0 ~ 1.12MPa；底座前端对底板比压：2.7 ~ 4.1MPa；移架步距：800mm；立柱缸径为 $\phi 340\text{mm}$ 的双伸缩立柱；操纵方式：邻架控制。

3.3 $\phi 340\text{mm}$ 立柱结构特点

目前国内立柱缸径排列为 $\phi 300\text{mm}$ ， $\phi 320\text{mm}$ ， $\phi 360\text{mm}$...，无 340mm 规格， $\phi 340\text{mm}$ 缸径的立柱属于新开发设计产品。

此立柱在设计中采用了大缸底结构，有效地减少了 70mm 的固定段长度，增大了伸缩比，使支架具有相对较高的支撑效率；由于外缸增大到 $\phi 340\text{mm}$ ，中缸壁厚能够加大，从而使一级、二级及外缸的缸径配比更加合理，受力均匀，增加了立柱的可靠性，安全阀开启压力达到 44.1MPa，比同类立柱开启压力高出 10%；立柱缸口连接设计采用了矩形螺纹，螺纹在密封外侧，拆装容易，密封可靠，并且螺纹外侧加装 O 型密封，使螺纹不易生锈，如图 2 所示；立柱增加了旁路安全阀，增强立柱的过载保护，提高了立柱的抗冲击能力。



(a) 传统立柱缸口处结构

(b) $\phi 340\text{mm}$ 新型立柱缸口处结构

图 2 立柱缸口结构对比

4 应用情况

经过重新选型设计后的支架和原有设备于 2013 年 3 月初在花图沟美日煤矿 6-1_上煤层 1615 采区开始使用。煤层平均厚 2.21m (2.4m 占 80%)，倾角 2 ~ 3°，工作面长 200m，配套 MG400/930 - WD 型采煤机、SGZ764/800 型刮板输送机。截至 2013 年 8 月底，工作面正常生产了 6 个月，1615 采区全部采完，共推进了 1400m，1616 采区已推进 50m，总共生产原煤 1.0Mt，经受

(下转 48 页)

式中, $\sigma_{\max}$ 和 $\sigma_{\min}$ 为最大应力和最小应力, 可通过有限元分析和曲轴受力分析结果求得, 分别为 80.65 MPa 和 59 MPa。式 (16) 中的各系数参见文献 [14] 可得, 见表 2。

表 2 42CrMoA 曲轴疲劳强度安全系数计算中的各种系数

系数	数值
σ_{-1} / MPa	460
σ_a / MPa	11
σ_m / MPa	70
K_σ	2.28
ε_σ	0.6
β_σ	2
ψ_σ	0.33

根据计算, 该曲轴的安全系数 n 为 3.69, 对于乳化液泵曲轴这种载荷确定较精确、材料性质较均匀的轴类, 许用安全系数 $[n]$ 可选为 1.5, 因此 $n > [n]$, 满足大功率曲轴的设计要求。

4 结论

(1) 通过对曲轴的动载荷和截面内力进行分析, 得到了曲轴各个截面应力与曲拐转角 φ_1 的变化关系, 得出了曲轴最危险工位及最危险截面, 即 φ_1 在 210° 工作位置时, 曲轴受到最大等效应力为 89.5 MPa, 产生在第 1 截面, 即第 1 主轴颈与曲臂的连接平面内。

(2) 采用有限元分析方法, 对曲轴在最危险工作位置时进行整体应力分析。有限元结果与曲轴的动力学分析结果保持一致, 即最大等效应力发生在第 1 截面; 并且根据有限元方法所得的最大等效应力约为 80.65 MPa, 与动力学分析结果相近, 从而验证了有限元方法的正确性。

(3) 计算所得的曲轴疲劳强度安全系数 n 为

(上接 38 页)

住了工作面基本顶 2 次初次来压和周期来压的考验, 达到了预期的目标。

5 结 论

(1) 在原有设备不变的情况下选用 ZY8000/13/26 型支架能够适应 6-1_上 煤层的地质条件。

(2) 通过开发设计 $\phi 340$ mm 缸径的立柱, 1.5 m 中心距的支架能够设计最大工作阻力 8000 kN。

(3) 通过实践证明, 在 6-1_上 煤层仅根据理论计算得到的支架支护强度偏小, 支架在使用一段时间后损坏严重。根据现场地质资料, 充分考虑浅埋深情况的影响, 设计了支护强度大于 0.9 MPa 的

3.69, 大于许用安全系数 $[n]$, 属于高安全性使用情况, 满足高压大流量乳化液泵曲轴的设计要求。

【参考文献】

- [1] 李 然. 乳化液泵阀座拉升器疲劳裂纹扩展有限元分析 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41 (5): 104-107.
- [2] 任 伟. 国外主流矿用乳化液泵站控制系统的介绍与比较 [J]. 煤矿开采, 2011, 16 (10): 65-67.
- [3] 向 虎. SAP 型综采工作面智能集成供液系统的研制与应用 [J]. 煤矿机械, 2013, 34 (4): 177-178.
- [4] 往复泵设计编写组. 往复泵设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [5] 尚慧岭. 乳化液泵曲轴连杆机构的失效分析 [J]. 煤矿机械, 2011, 32 (9): 81-82.
- [6] 崔 杰. 乳化液泵曲轴、轴瓦烧瓦故障原因分析 [J]. 煤矿机械, 2008, 29 (10): 180-181.
- [7] 徐志伟, 李大永, 任 强, 等. 高压往复泵曲轴疲劳强度分析及设计改进 [J]. 机械设计与研究, 2011, 27 (2).
- [8] 杜长龙, 吴关轩, 严学明, 等. 乳化液泵曲轴的设计研究 [J]. 中国矿业大学学报, 1993, 22 (1): 83-93.
- [9] Li Ran. mechanics research with prediction on the fatigue life of the five-cylinder emulsion pump crankshaft [J]. Advancedmaterials Research, 2013, 738: 163-166.
- [10] 过永锋, 韩晓明. 基于 ANSYS 的乳化液泵曲轴静动特性分析 [J]. 矿山机械, 2011, 39 (10): 10-13.
- [11] 黄 震, 张继春. 曲轴有限元分析与优化设计研究 [J]. 昆明理工大学学报 (理工版), 2006, 31 (4): 93-97.
- [12] 张国庆, 黄伯超, 浦耿强, 等. 基于动力学仿真和有限元分析的曲轴疲劳寿命计算 [J]. 内燃机工程, 2006, 27 (1).
- [13] 宋年秀, 滕 飞, 崔 磊. 基于有限元分析和动力学仿真的曲轴应力计算 [J]. 青岛理工大学学报, 2009, 30 (2).
- [14] 机械设计手册编委会. 机械设计手册 (第 3 卷): 机械零部件与传动设计 (二) 3 版 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004. [责任编辑: 徐亚军]

支架, 解决了工作面的支护问题。因此, 此地区支架的选型应重点考虑浅埋地压的影响, 建议支架的支护强度不应小于 0.9 MPa。

(4) 此液压支架选型经验对准格尔旗地区有类似改造要求及新建矿井具有很好的借鉴意义。

【参考文献】

- [1] 王国法, 等. 液压支架技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999.
- [2] 王文书. 薄煤层综采在花图沟煤矿的应用 [J]. 煤矿开采, 2012, 17 (4): 32-34.
- [3] 苏林军. 浅埋深薄煤层强力液压支架研究 [J]. 煤矿开采, 2009, 14 (5): 60-61.
- [4] 黄开林, 马端志. ZY6800/08/15.5 型强力薄煤层液压支架的研制 [J]. 煤矿开采, 2013, 18 (4).

[责任编辑: 徐亚军]