

Practice of Controlling Water Inrush Disaster in Fully Mechanized Mining Face

Youding Shi¹ Shaoliu Wang²

1. Fuyuan County Xionгда Coal Industry Co., Ltd. Xionгда Coal Mine, Qujing, Yunnan, 655000, China
2. Yunnan Energy Security Monitoring Center, Kunming, Yunnan, 650041, China

Abstract

A mine in Fuyuan County, Qujing City, in accordance with the relevant provisions of Article 299 of the *Coal Mine Safety Regulations* and Article 41 of the *Coal Mine Water Control Rules*, effectively manages the water inrush disaster in the 131303 comprehensive mining face in the third mining area of the mining level of +1433 m through the water inrush disaster management process of checking, exploring, releasing, and checking the permissibility. After a series of measures, no water inrush disaster accident occurred in the whole process of mining back to the comprehensive mining face, and a better water inrush disaster management effect was achieved, which has a certain guiding significance for the avoidance of water inrush disaster hidden danger in the coal mining face.

Keywords

fully mechanized mining face; water inrush disaster; governance; practice

综采工作面水害治理实践

施有丁¹ 王绍留²

1. 富源县雄达煤业有限公司雄达煤矿, 中国·云南 曲靖 655000
2. 云南省能源安全监测中心, 中国·云南 昆明 650041

摘要

曲靖市富源县某矿按照《煤矿安全规程》第二百九十九条和《煤矿防治水细则》第四十一条等的相关规定, 通过查清、探明、放净、验准等水害治理过程, 有效地治理了+1433m水平三采区131303综采面水害。经过一系列措施, 综采面整个回采过程中未发生水害事故, 取得了较好的水害治理效果, 对采煤工作面水害的治理有一定指导意义。

关键词

综采面; 水害; 治理; 实践

1 引言

按照《煤矿安全规程》第二百九十九条: “受水淹区积水威胁的区域, 必须排除积水、消除威胁后方可进行采掘作业。”《煤矿防治水细则》第四十一条: “工作面回采前, 应当查清采煤工作面及周边老空水、含水层富水性和断层、陷落柱含(导)水性等情况^[1-3]。地测部门应当提出专门水文地质情况评价报告和水害隐患治理情况分析报告, 经煤矿总工程师组织生产、安全、地测等有关单位审批后, 方可回采。”采煤工作面在回采前应通过查清、探明、放净、验准等水害治理过程, 排除积水, 有效治理水害, 消除积水威胁后方可进行回采作业。

2 综采工作面概况

2.1 综采工作面位置、范围及其与四邻和地表的

曲靖市富源县某矿+1433m水平三采区131303综采面开采三采区C13煤层, 该综采面东北为三采区下组煤机轨合一运输上山(C13)和三采区下组煤回风上山(C13), 东部为三采区131302综采面(已回采收尾), 东南为三采区131305运输巷综掘工作面(正在掘进), 西北临近三采区131301综采面(已回采收尾)。131303综采面走向长817m, 倾斜长142m, 斜面积115736m², 标高+1523.710~+1556.880m。131303综采面对应地表为山地, 无建筑物及水体, 地面标高+1800~+1925m, 综采面最大埋深为373.87m。131303综采面位置等详见图1。

【作者简介】施有丁(1988-), 男, 中国云南富源人, 工程师, 从事煤矿地质研究。

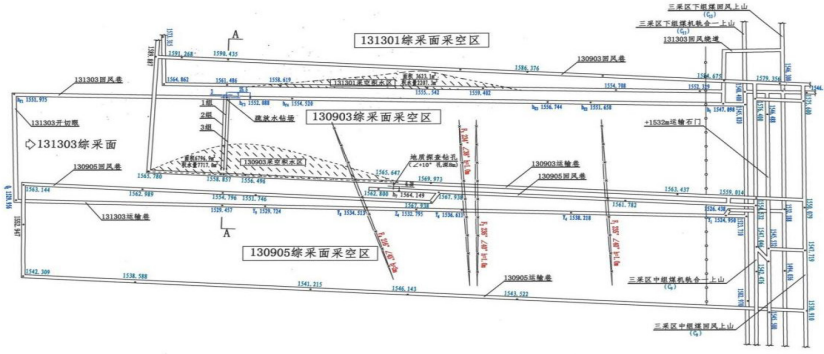


图1 三采区 121303 综采面及疏放水钻孔布置平面示意图

2.2 综采工作面构造特征

131303 综采面总体为东北高西南低的单斜构造，东西走向，方位角 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，倾向 $130^{\circ} \sim 150^{\circ}$ ，煤层倾向 $6^{\circ} \sim 14^{\circ}$ ，平均 9° 。煤层有轻微起伏，最大幅度为 2m。综采面掘进准备过程中，在 131303 运输巷揭露 4 条正断层，其产状要素详见表 1。

2.3 综采工作面水文地质情况

2.3.1 主要含水层情况

131303 综采面 C_{13} 煤层顶板主要含水层位于上二叠统

龙潭组第三段，含水层水赋存于细砂岩，菱铁岩的节理和裂隙中。含水层中煤层和粘土质粉砂岩无裂隙不含水，为隔水层，主要含水层为含水层、隔水层互层组合的弱裂隙含水层。互层中含水层因隔水层不稳定、尖灭等原因而上下贯通。含水层单位涌水量为 $0.00369 \sim 0.00651 L/S \cdot m$ ，主要出露在矿区西部和西北部的陡坡与缓坡地带，地表无河沟，且由于 131303 综采面位于井田东北部，距含水层露头较远，因此受大气降水补给影响较小，对综采面回采影响程度小。

表 1 131303 综采面断层特征表

| 序号 | 断层编号 | 断层位置 | 断层性质 | 走向 | 倾向 | 倾角 | 落差/m | 备注 |
|----|----------------|---|------|------|------|-------|------|----|
| 1 | F ₁ | 三采区下组煤机轨合一运输上山 (C ₁₃) 岔口以里 156m 处 | 正断层 | 145° | 235° | ∠ 40° | ≈1.0 | |
| 2 | F ₂ | 三采区下组煤机轨合一运输上山 (C ₁₃) 岔口以里 297m 处 | 正断层 | 146° | 236° | ∠ 40° | ≈1.0 | |
| 3 | F ₃ | 三采区下组煤机轨合一运输上山 (C ₁₃) 岔口以里 310m 处 | 正断层 | 144° | 234° | ∠ 38° | ≈1.0 | |
| 4 | F ₄ | 三采区下组煤机轨合一运输上山 (C ₁₃) 岔口以里 419m 处 | 正断层 | 126° | 216° | ∠ 45° | ≈2.0 | |

2.3.2 主要导水构造与工作面的关系

综采面掘进准备过程中，在 131303 运输巷揭露 4 条正断层，最大落差 2.0m，断层均不导水，富水性差。

2.3.3 工作面周边老空区范围及积水情况

131303 综采面周边老空水有 2 处：一处是本煤层 (C_{13}) 中与 131303 综采面相邻 18m，2020 年回采结束的 131301 综采面局部积水，积水标高为 +1555.540~+1559.400m、面积 3623.0m²、积水量约 2207.0m³。另一处为 131303 综采面上覆 2018—2019 年回采结束的 C_9 煤 130903 综采面采空区局部积水。

2020 年 8 月 31 日，煤矿在 130905 回风巷掘进时，在 h₇ 点前 6.38m 位置对 130903 采空区积水区域施工了 1 个水文地质探查钻孔，该钻孔出水标高为 +1565.600m，至 2020 年 9 月 3 日钻孔出水量为 106.0m³/h 左右，截至 2020

年 9 月 7 日出水量累计 27200m³。130905 工作面在 2022 年 3 月回采结束后，2022 年 3 月 16 日—8 月 4 日对 130905 采空区进行了涌水量观测，结果涌水量为 26.4~29.3m³/h。经研究分析 130903 综采面采空区距 131303 综采面开切眼 142~451m，自 131303 运输巷向回风巷方向往上 20~56 m 区域局部积水，积水标高为 +1569.900~+1559.600 m、面积 6796.9m²、积水量约 7717.0m³。

2.4 综采工作面上覆采空区水源补给情况

据三采区 130905 回风巷 h₇ 点前 6.38m 位置对 130903 采空区积水区域施工的水文地质探查钻孔资料，131303 综采面上覆采空区水源补给量为 26.4~29.3m³/h。

2.5 综采工作面排水情况

2.5.1 矿井排水情况

①排水线路。井下各采掘工作面排至 +1433m 轨道大

巷(水沟)→+1433m井底水仓,经+1433m井底水泵房3台离心泵一级提升至地面污水处理厂。

②排水能力。矿井在+1433m水平设有井底水泵房和主、副水仓,井底水泵房内安设了3台MD360-40×4(P)型矿用耐磨多级离心泵,电机功率250kW,扬程160m,流量360m³/h,单泵排水能力分别为282.42m³/h、287.88m³/h、316.36m³/h,沿管子道及主斜井敷设2趟Φ250×9无缝钢管,+1433m井底水泵房同时启动2套排水系统的最大排水能力为570.30m³/h。

2.5.2 131303 综采面排水情况

①排水线路。

综采面下出口及131303运输巷:131303下出口(水泵)→131303运输巷(水管)→三采区下组煤机轨合一运输上山(C₁₃)(水管)→+1532m轨道石门(水沟)→+1433m轨道大巷(水沟)→+1433m井底水仓。

131303回风巷:131303回风巷(水泵)→三采区下组煤机轨合一运输上山(C₁₃)(水管)→+1532m轨道石门(水沟)→+1433m轨道大巷(水沟)→+1433m井底水仓。

②排水能力。

在综采面下出口(+1528m)设容量为2m³的临时水窝,安装2台BQG-100/0.3型煤矿用气动隔膜泵,敷设2趟Φ50PE管将水直排至131303运输巷中部容量为2m³的临时水窝(+1532m)。131303运输巷中部临时水窝内设1台BQS100-15-9.2/B型、1台BQS20-50-7.5/B型煤矿用气动隔膜泵,敷设1趟Φ50PE管、1趟Φ110PE管,将水直排至三采区下组煤机轨合一运输上山(C₁₃)水沟内。

综采面回风巷(+1552m)设1个容量为2m³的临时水窝,内设1台水泵BQSF100-36-15煤矿用气动隔膜泵、敷设1趟Φ160PE管,将水直排至+1532m轨道石门水沟内。

131303综采面下出口最大排水能力为100m³/h,回风巷最大排水能力为100m³/h,131303综采面合计最大排水能力为200m³/h。

3 综采工作面可疏性评价

3.1 矿井富余排水能力验算

矿井最大涌水量验算如下。

3.1.1 井底水仓容量验算

矿井+1433m井底主水仓容量2248.0m³,副水仓容量1736.0m³,总容量为3984.0m³。根据《煤矿安全规程》(2022年版)第三百一十三条:“新建、改扩建矿井或生产矿井的新水平,正常涌水量在1000m³/h以下时,主要水仓的有效容量应当能容纳8h的正常涌水量。”矿井正常涌水量为186m³/h,8h的正常涌水量为1488m³,+1433m水平井底主水仓总容量为3984.0m³,容量满足《煤矿安全规程》的要求。

3.1.2 井底水泵房水泵排水能力验算

根据《煤矿安全规程》(2022年版)第三百一十一条:

“工作和备用水泵的总能力,应当能在20h内排出矿井24h的最大涌水量。”^[1]矿井最大涌水量为357m³/h,24h的最大涌水量为8568m³。+1433m井底水泵房工作、备用和检修3台MD360-40×4(P)型矿用耐磨多级离心泵单泵排水能力分别为282.42m³/h、287.88m³/h、316.36m³/h,工作和备用水泵的总能力为570.30m³/h,20h的排水量为11406m³。+1433m井底水泵房水泵排水量满足《煤矿安全规程》的要求^[1]。

3.2 综采工作面疏放可行性结论

根据《煤矿安全规程》(2022年版)的相关规定,矿井+1433m井底水泵房可接受的最大涌水量为570.30m³/h,最小单泵排水能力为282.42m³/h,矿井现有排水系统可新增287.88m³/h的涌水量,131303综采面可布置放水量小于287.88m³/h疏放钻孔对131303综采面上覆C₉煤层130903综采面的老空积水进行疏放^[1]。

4 综采工作面疏放水钻孔设计及安全技术措施

4.1 综采工作面上覆采空区疏放水的必要性

根据《煤矿防治水细则》第八十一条:“近距离煤层群开采时,下伏煤层采掘前,必须疏干导水裂隙带波及范围内的上覆煤层采空区积水。”

131303综采面上覆C₉煤层130903综采面采空区面积6796.9m²、积水量约7717.0m³,C₉煤层与C₁₃煤层的层间距为23.5m,按《煤矿防治水细则》的相关公式,计算确定导水裂隙带最大高度为39m,大于C₉煤层与C₁₃煤层的层间距23.5m,131303综采面回采过程中导水裂隙带波及上覆130903综采面采空区,131303综采面回采前必须疏干上覆130903综采面采空区积水。

4.2 疏放水钻孔设计

4.2.1 钻孔设计

根据《煤矿防治水细则》第四十三:“(一)探放老空水和钻孔水。老空和钻孔位置不清楚时,探水钻孔成组布设,并在巷道前方的水平面和竖直面内呈扇形,钻孔终孔位置满足水平面间距不得大于3m。”设计分别在131303回风巷h_B导线点前25.5m、22.5m、28.5m处布置3组,每组设2个疏放水钻孔。

131303综采面疏放水钻孔详见图1和图2,钻孔参数详见表2。

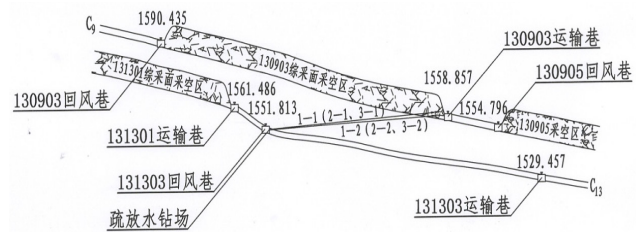


图2 三采区131303综采面疏放水钻孔布置剖面示意图

(A-A)

表 2 131303 综采面疏放水钻孔参数表

| 组号 | 孔号 | 钻孔施工位置 | 方位 | 倾角 | 孔深/m | 套管深度/m |
|----|-----|--|------|-----|------|--------|
| 1组 | 1-1 | 131303 回风巷 h ₁₃ 点前 25.5m | 148° | +3° | 99.8 | 6 |
| | 1-2 | 131303 回风巷 h ₁₃ 点前 25.5m | 148° | +2° | 99.8 | 6 |
| 2组 | 2-1 | 131303 回风巷 h ₁₃ 点前 22.5m | 148° | +3° | 99.8 | 6 |
| | 2-2 | 131303 回风巷 h ₁₃ 点前 22.5m | 148° | +2° | 99.8 | 6 |
| 3组 | 3-1 | 131303 回风巷 h ₁₃ 点前 28.5m | 148° | +3° | 99.8 | 6 |
| | 3-2 | 131303 回风巷 h ₁₃ 点前 28.5m | 148° | +2° | 99.8 | 6 |

4.2.2 单孔出水量套管要求及估算

根据《煤矿防治水细则》第四十八条的相关规定，设计止水套管长度不小于 6 m，管径 φ 108mm，并按要求试压、安装闸阀，实现可控放水。钻孔施工设备为 ZY-1250 钻机，单孔出水量估算：

$$q = c \cdot \omega \sqrt{2gH} \quad (1)$$

其中，q 为单孔涌水量，m³/s；c 为流量系数，无实际资料可取 0.6~0.62，取 0.6；ω 为钻孔断面积，m²；钻杆直径，φ 73mm，钻头直径 φ 75mm；g 为重力加速度，9.8m/s²；H 为钻孔出水口处的水头高度，9m。由于放水钻孔单孔涌水量不断变小，属非稳定流，为简化计算钻孔的平均放水量，钻孔出水口处的水头高度 H 可按最大水头高度的 40%~45% 进行计算，取 40%。

通过计算，疏放钻孔单孔平均涌水量 q=80.1m³/h，放水时必须利用安装在钻孔套管上的闸阀控制放水。采空区补给水量为 26.4~29.3m³/h，需及时疏空上覆 130903 综采面采空区积水，确定钻孔放水量为 80m³/h。

4.2.3 钻孔结构

根据《煤矿防治水细则》第四十六条的相关规定，设计钻孔采用 ZY-1250 钻机施工，准备不少于 100m 长度的钻杆，钻孔终孔直径不大于 φ 75m，预计钻孔水压为 0.04MPa，为提高钻探精度，钻孔开孔用 φ 75mm 钻头钻进 6m 后换用 φ 113mm 钻头扩孔，然后在孔内安设 φ 108mm 套管，套管长度 6m，采用水泥注浆固定套管，凝固 24h 后做止水套管耐压试验，压力不小于 0.15MPa，耐压试验达到要求后安装闸阀，然后用 φ 75mm 钻头钻进至孔底。下套管前一定要校正孔深，并按要求长度把套管下至预定深度，各段套管之间连接部分的螺纹必须抹上铅油或缠上棉纱，确保套管连接

处牢固可靠。

4.3 疏放水安全技术相关要求

4.3.1 疏放水钻孔施工要求

疏放水钻孔施工前需安装水泵、排水管路，在 131303 回风巷道内形成完善的排水系统，并准备好备用水泵。疏放水钻孔施工顺序为 1 组、2 组、3 组。每个钻孔终孔出水后，拔出钻杆、关闭套管闸阀、连接好电动水泵和排水管路，待排水系统运行正常后方可施工下一组钻孔。放水期间每班进行 1 次放水量观测，做好记录，建立台账。井下停电时，应立即关闭所有钻孔闸阀，撤出作业点所有人员。

4.3.2 疏放水排水能力要求

131303 回风巷道内排水系统的排水能力必须大于钻孔放水量 80m³/h，确定为 85m³/h 方能确保 131303 综采面老空水位正常排放。由于钻场位置比 131303 回风巷开口处三采区下组煤机轨合一运输上山 (C₁₃) 高 7.25m，没有安装水泵，仅安装了 2 趟 φ 100mm 的排水管路，将排水管路连接在疏放水套管上，钻孔疏放出的采空区水便可自流至三采区下组煤机轨合一运输上山 (C₁₃) 水沟。

安装 1 台隔膜泵敷设 1 趟 φ 50mm 的胶管将打钻用水排放至三采区下组煤机轨合一运输上山 (C₁₃) 水沟，同时备用 1 台排水能力不小于 60m³/h 的管道排水电泵。

5 综采工作面水害隐患治理情况分析

5.1 综采工作面水害隐患治理情况

按《煤矿防治水细则》的相关规定，131303 综采面运输巷、回风巷、开切眼掘进施工过程中采用物探、钻探方式进行了疏放水，131303 综采面回采前采用施工疏放水钻孔疏放上覆 130903 综采面采空区积水，采用留 18 m 煤柱隔离的方式隔离东部 131302 综采面采空区积水等方式治理水害。131303 运输巷、回风巷、开切眼掘进施工过程中疏放水钻孔均未出水，煤层及其顶底板富水性较弱。

2022 年 7 月 17—24 日，分别在 131303 回风巷 h₁₃ 导线点退 25.5m、22.5m、28.5m 处施工了 3 组，每组 2 个疏放水钻孔对 131303 综采面上覆 C₉ 煤层 130903 综采面采空区局部积水进行疏放水，其中，仅有 2022 年 7 月 23 日早班施工的 3-1# 钻孔出水，其他钻孔均未出水。3-1# 钻孔出水标高 +1567.7m，最大出水量为 18.3m³/h，截至 2022 年 7 月 29 日共计出水 2635m³。

5.2 水害治理效果分析评价

5.2.1 水害治理效果分析评价

2022 年 7 月 27—29 日，在 131303 运输巷布置了验证钻场，施工了 4 个验证钻孔对 131303 综采面上覆 C₉ 煤层 130903 综采面采空区局部积水疏放情况进行了验证，4 个验证钻孔均未出水，通过综合分析评价，130903 综采面采空区已无积水。

2022 年 7 月 30 日，对 131303 综采面上覆 130903 综采

面采空区区域进行了物探复查,未见异常低阻区域,详见图3和图4。

周边水害治理情况:131303综采面东北为三采区下组煤机轨合一运输上山(C_{13})和三采区下组煤回风上山(C_{13}),东部为三采区131302综采面(已回采收尾),东南为三采区131305运输巷综掘工作面(正在掘进),西北临近三采

区131301综采面(已回采收尾)。

131303综采面东北部、东南部、西北部均无水害隐患,东部131302综采面采空区积水采用留18m防水煤柱方式进行隔离,无水害隐患。131303综采面对应地表为山地,地面标高+1800~+1925m,综采面最大埋深为373.87m,无建筑物及水体,无水害隐患。

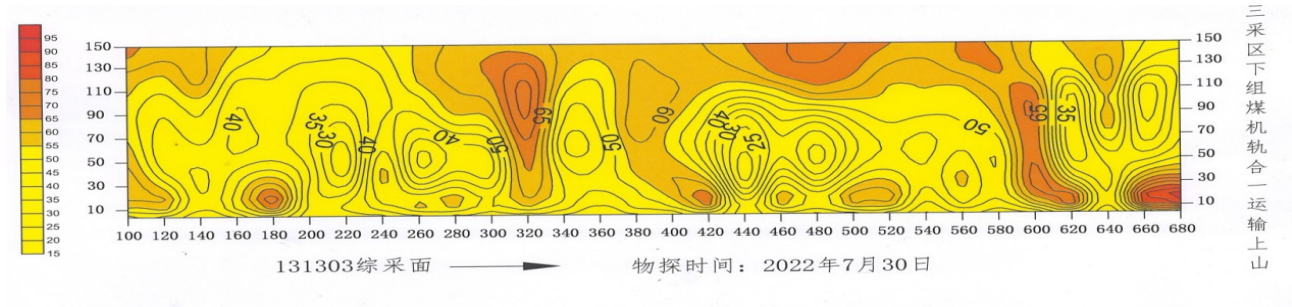


图3 131303综采面顶板物探成果图

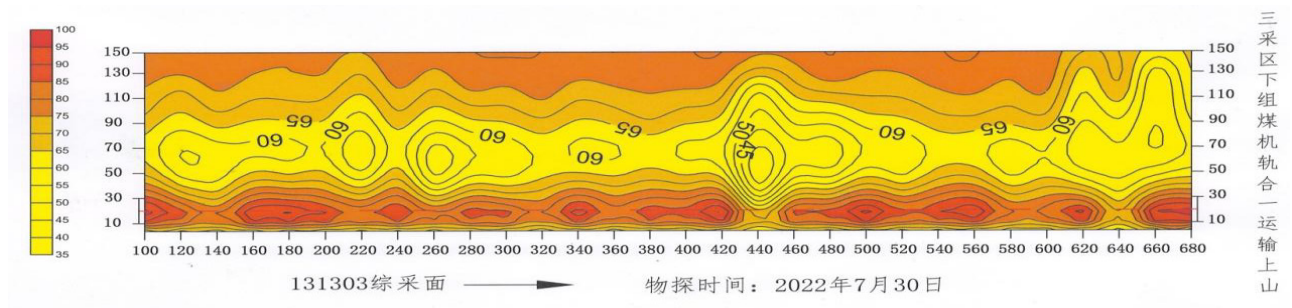


图4 131303综采面顺层物探成果图

5.2.2 水害治理结论

通过治理,三采区131303综采面上覆 C_9 煤层采空区已无积水,周边无水害隐患,主要水害为 C_{13} 煤层顶板裂隙水,对工作面推采影响较小,131303综采面运输巷、回风巷已安装排水系统,可安全排出因综采面推采过程中涌出的最大涌水量,131303综采面可以安全回采。

6 结语

三采区131303综采面按照《煤矿安全规程》和《煤矿防治水细则》的相关规定,通过查清、探明、放净、验准等水害治理过程,有效地治理了矿井水害,自2022年8月1日开始回采,至2023年7月20日回采结束,未发生水害事故,取得了较好的水害治理效果。但131303综采面在推采

过程中,曾出现过综采面采空区顶板裂隙水及生产、消防及防尘用水流向2巷最低点,造成2巷积水,影响综采面文明生产等情况。在综采面推采前应在2巷低洼处设临时水仓,配备及安装与积水量相匹配的排水设备和排水管路,及时将积水排放至三采区下组煤机轨合一运输上山(C_{13})水沟。

参考文献

- [1] 武强,赵苏启,董书宁,等.《煤矿安全规程》(防治水部分)修改技术要点剖析[J].中国煤炭地质,2012,24(7):5.
- [2] 尹尚先.新版《煤矿安全规程》(防治水部分)修订要点解读与讨论[J].煤炭科学技术,2017,45(7):139-143.
- [3] 王云华.浅谈综采大水工作面防治水[J].技术与市场,2013,20(12):62-66.