



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01807228.3

[43] 公开日 2003 年 5 月 21 日

[11] 公开号 CN 1419677A

[22] 申请日 2001.2.14 [21] 申请号 01807228.3

[30] 优先权

[32] 2000. 2.22 [33] US [31] 60/183,836

[32] 2000. 9.12 [33] US [31] 09/659,951

[86] 国际申请 PCT/US01/04620 2001.2.14

[87] 国际公布 WO01/62603 英 2001.8.30

[85] 进入国家阶段日期 2002.9.26

[71] 申请人 施蓝姆伯格技术公司

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 奥默·M·格皮纳 戴维·J·罗西

维迪亚·B·弗马

菲利普·W·潘泰拉

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 马 莹 邵亚丽

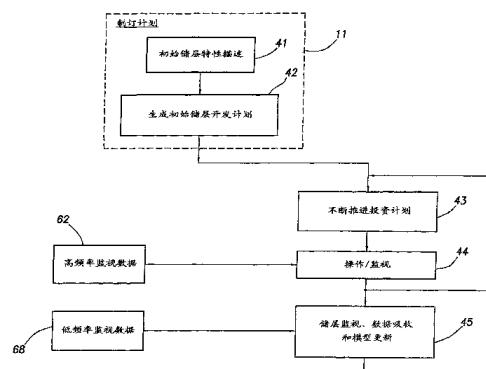
权利要求书 21 页 说明书 61 页 附图 24 页

[54] 发明名称 综合储层优化

[57] 摘要

一种为叠代地制订用于优化储层整体性能的储层开发计划，吸收具有不同获取时间尺度和有效区空间尺度的各种数据的管理液体和/或气体储层方法，包括：(a)生成初始储层特性描述；(b)根据初始储层特性描述制订初始储层开发计划；(c)制订出储层开发计划时，不断推进和生成资本支出方案；(d)当生成资本支出方案时，通过从在储层中进行的第一组数据测量中获取高频率监视数据，监视储层的性能，并利用高频率监视数据进行井—区域和区域—储层评估；(e)通过从在储层中进行的第二组数据测量中获取低频率监视数据，进一步监视储层的性能；(f)把高频率监视数据和低频率监视数据吸收在一起；(g)根据高频率监视数据和低频率监视数据，确定什么时候有必要更新初始储层开发计划，以制订出最近更新的储层开发计划；(h)必要的时候，更新初始储层开发计划，以制订出最

近更新的储层开发计划；和(i)当制订出最近更新的储层开发计划时，重复步骤(c)到(h)。这里提供了与生成初始储层特性描述的步骤(a)和生成初始储层开发计划的步骤(b)相关的详细公开。



1. 一种为了叠代地制订用于优化储层的整体性能的储层开发计划，吸收具有不同获取时间尺度和有效区空间尺度的各种各样数据的管理液体和 / 或
5 气体储层方法，该方法包括下列步骤：
- (a) 生成初始储层特性描述；
 - (b) 根据初始储层特性描述，制订初始储层开发计划；
 - (c) 当储层开发计划被制订出来时，不断推进和生成资本支出方案；
 - (d) 当生成资本支出方案时，通过从在储层中进行的第一组数据测量
10 中获取高频率监视数据，监视储层的性能；
 - (e) 通过从在储层中进行的第二组数据测量中获取低频率监视数据，进一步监视储层的性能；
 - (f) 把所述高频率监视数据和所述低频率监视数据吸收在一起；
 - (g) 根据所述高频率监视数据和所述低频率监视数据，确定什么时候
15 有必要更新所述初始储层开发计划，以便制订出最近更新的储层开发计划；
 - (h) 在必要的时候，更新初始储层开发计划，以便制订出最近更新的储层开发计划； 和
 - (i) 当制订出最近更新的储层开发计划时，重复步骤 (c) 到 (h)，直到不再需要更新储层开发计划为止，当在步骤 (h) 期间不再更新储层开发
20 计划时，表示所述储层几乎耗尽了。
2. 根据权利要求 1 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，通过获取高频率监视数据监视储层的性能的监视步骤 (d) 包括如下步骤：
- (d1) 获取和收集高频率监视数据，和对高频率监视数据进行质量检验；
 - (d2) 利用所述高频率监视数据评估单口井或几口井形成的地区，并且
25 返回到步骤 (c)； 和
 - (d3) 利用所述高频率监视数据评估整个区域或储层，当应该更新储层开发计划时，或当应该获取新的低频率储层监视数据时，执行步骤 (e)，和当不应该更新储层开发计划时，或当不应该获取新的低频率储层监视数据时，返回到步骤 (c)。
- 30 3. 根据权利要求 2 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，通过获取低频率监视数据监视储层的性能的监视步骤 (e) 包括如下步骤：

(e1) 通过进行灵敏度分析调查初步设计研究，确定什么时候应该通过新测量获取新的低频率储层监视数据，以便确定新的测量应该引入新的信息；

5 (e2) 当确定应该获取新的低频率储层监视数据和新测量将引入新信息时，获取新的低频率储层监视数据；

(e3) 当不应该通过新测量获取新的低频率储层监视数据时，更新储层模型；和

(e4) 当储层模型被更新时或当在步骤(e2)中获取了低频率储层监视数据时，更新生产预报和经济情况分析报告。

10 4. 根据权利要求 1 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，生成初始储层特性描述的生成步骤(a)包括下列步骤：

与建立地质模型步骤并行地执行初步工程设计步骤，以便使在建立地质模型步骤期间利用静态数据作出的一组地质科学解释与在初步工程设计步骤期间利用动态或性能相关数据作出的一组工程设计解释相协调。

15 5. 根据权利要求 4 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，生成初始储层特性描述的生成步骤(a)还包括：

(a1) 为特定的储层区域确定一套开发和耗减战略；

(a2) 确定一套综合研究目标；

(a3) 进行数据获取、质量控制、和分析；

20 (a4) 进行初步工程设计；和

(a5) 与初步工程设计并行地建立地质模型。

6. 根据权利要求 5 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，还包括：

25 (x) 确定是应该利用与数值预报模型相联系的严格科学方法来建造用于生成生产预报的数值模拟器，还是应该利用不与数值预报模型相联系的各种标准解析方法来生成生产预报；

当利用与数值预报模型相联系的严格科学方法时，执行数值模型研究步骤；

当利用各种标准解析方法时，执行解析模型研究步骤。

30 7. 根据权利要求 6 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，根据初始储层特性描述制订初始储层开发计划的制订步骤(b)包括下列步骤：

(b1) 响应用于确定应该利用所述严格科学方法还是所述各种标准解析

方法来生成所述生产预报的确定步骤 (x)，执行所述数值模型研究步骤或所述解析模型研究步骤；

- (b2) 响应于数值模型研究或解析模型研究，生成生产和储量预报；
- (b3) 根据生产和储量预报，生成设施要求；
- 5 (b4) 响应在步骤 (a1) 期间确定的开发和耗减战略，考虑环境问题；
- (b5) 在对环境、生产和储量预报、和设施要求进行考虑的同时，进行经济情况和风险分析研究；和
- (b6) 响应和鉴于经济情况和风险分析，制订优化开发计划。

8. 根据权利要求 5 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，进行
10 数据获取、质量控制、和分析的进行步骤 (a3) 包括下列步骤：

- (a3.1) 把与研究计划中正在研究的特定储层区域相关的第一组数据收集在一起，然后从替代源中收集一组辅助数据，以便当所述第一组数据不足以生成包括数个数据的数据库时，补充所述第一组数据；
- 15 (a3.2) 核实数据库中的数个数据是否相互一致，从而生成含有数个数据的经核实数据库；和
- (a3.3) 核实所述研究计划，以便核实在经核实数据库中的所述数个数据在数量或质量上是否充分，如果所述数个数据不充分，那么，调整所述研究计划的范围。

9. 根据权利要求 8 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，进行
20 初步工程设计的进行步骤 (a4) 包括下列步骤：

- (a4.1) 了解储层流体特性模型中的‘一组流体特性’，当‘该组流体特性’已知时，比较一组储层压力调查数据中的储层压力，和把储层压力调整成公共基准，从而生成反映校正成公共基准的储层压力的历史的校正‘储层压力历史’；
- 25 (a4.2) 响应该组流体特性和报告的区域生产，生成校正井‘生产和注入历史’；
- (a4.3) 作出适用于进行一口或多口井的井测试的生产和压力测试解释，从一口或多口井中测量数个压力和速率与时间之间的关系的测试数据，和当该组流体特性已知时，解释测试数据；
- 30 (a4.4) 确定一组钻井和完成历史，用于检查一组井钻在什么地方、这些井是如何钻的和如何完成的；

(a4.5) 响应步骤(a4.3)的井测试和步骤(a4.4)的钻探和完成历史，确定一组生产改善机会，以便识别出存在什么样的直接机会去刺激一口井或安装一个泵使生产速率更高；和

5 (a4.6) 为了在从储层中抽提流体和把流体注入储层中之后，估计和确定在储层中的适当位置上的流体的原始体积，进行物料平衡体积和含水层解释。

10. 根据权利要求9所述的管理液体和/或气体储层方法，其中，进行初步工程设计的进行步骤(a4)还包括下列步骤：

10 (a4.7) 为了估计与生产改善机会相联系的可增加油速和潜在的采油量，确定可增加速率和开采潜力；

(a4.8) 确定适用于监视完成修井或插补工作计划的影响的完成修井和插补方针，生成附加生产数据；确定生产改善机会是否正确，和对此作出响应，重新设计完成修井和插补方针的完成修井部分；

15 (a4.9) 在相对透气度和毛细管压力饱和模型下，确定当油气水同时存在于储层中时，它们的流动特性；

(a4.10) 在单井或储层‘分区模型’下，研究特定的储层机制和这些机制对全区域模型设计的影响；

20 (a4.11) 结合储层机制灵敏度，对‘分区模型’之一使用可选择网格描述，和确定哪个‘特定可选择网格描述’更好地代表了存在于储层区域中的机制；和

(a4.12) 对于储层模型设计准则，确定必须为适当地设计储层模型做些什么，和响应‘储层流体特性’、‘生产注入历史’、‘储层压力历史’、和‘特定可选择网格描述’，形成一组‘储层模型设计准则’。

11. 根据权利要求8所述的管理液体和/或气体储层方法，其中，建立25 地质模型的建立步骤(a5)包括下列步骤：

(a5.1) 确定代表把钻井日志转换成每个井点上的计算储层特性概况的方法的初级岩石学模型；

30 (a5.2) 根据初级岩石学模型和所述初步工程设计，确定最终岩石学模型，所述最终岩石学模型在所述结构框架内代表与一组更详细的储层特性相关的信息；

(a5.3) 确定代表与特定储层区域相联系的地层中的区域地质学的区域

地质学模型，和在沉积学和地层学分析期间，把沉积学和地层学的框架应用于所述储层；

(a5.4) 响应沉积学和地层学分析，进行井与井之间的详细地层学关联，和建立在整个储层区域内地质地平线的连续性；和

5 (a5.5) 进行地质力学分析，所述地质力学分析与储层的一组地质力学特性相联系，使按时间测量的数据能够从地震测量转换成深度测量，和提供可以从地质力学特性中计算出来的储层应力的指示。

12. 根据权利要求 11 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，建立地质模型的建立步骤 (a5) 还包括下列步骤：

10 (a5.6) 响应地质力学分析和详细地层学关联，定义储层的结构框架，储层的结构框架描述储层的整体形状；

(a5.7) 响应所述最终岩石学模型和地震属性分析，定义一组井和间隔特性一览表，井和间隔特性一览表提供使一个人能够将地震响应与来自钻井日志的一组测量特性相联系的地震信息；

15 (a5.8) 响应井和间隔特性一览表、地震属性分析和结构框架，定义储层结构和特性模型；

(a5.9) 响应储层结构和特性模型，进行提供在储层中的适当位置上的流体的估计的储层体积计算；和

20 (a5.10) 在体积一致性判断中，将储层体积计算结果与来自初步工程设计的物料平衡体积相比较，如果比较结果揭示体积是一致的，那么，对储层的地质科学解释与从性能的角度对储层的解释相一致，如果比较结果揭示体积不相一致，那么，要么调整所述地质科学解释，要么识别未解决的不确定因素。

13. 根据权利要求 7 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，进行
25 数值模型研究的进行步骤 (b1) 包括下列步骤：

(b1.1) 在 3D 结构和特性模型中定义特性分布；

(b1.2) 在 3D 模拟器网格系统中定义网格系统；

(b1.3) 定义流体特性和饱和性模型；

30 (b1.4) 在初始储层条件和含水层模型中定义含水层的范围或大小的初步估计；

(b1.5) 为了在储层模拟器中定义岩石模型、在岩石模型中叠加饱和分

布、和在储层模拟器中建立初始储层模型，在3D储层模拟器中把特性分布、网格系统、流体特性和饱和性模型、和含水层的范围或大小的初步估计组合在一起；

5 (b1.6) 进行体积一致性检验，以确定在初始体积方面是否存在一致性，
和叠加在岩石模型上的网格系统是否是在建立地质模型步骤(a5)期间展示
的特性描述的可靠表示；和

(b1.7) 当在初始体积方面存在一致性时，生成校正体积模型。

14. 根据权利要求13所述的管理液体和/或气体储层方法，其中，进行数值模型研究的进行步骤(b1)还包括下列步骤：

10 (b1.8) 当不存在一致性时，由于网格系统未能再现特性描述，因此，在模型特性调整步骤中，调整网格系统，直到网格系统是特性描述的可靠表示为止；

(b1.9) 定义历史生产和注入速率约束；

15 (b1.10) 为了在对历史速率约束作出模型响应步骤中，穿越整个历史阶段运行模型，获得一组模型响应，和将模型响应与实际测量的性能相比较，将校正体积模型与历史生产和注入速率约束结合在一起；

(b1.11) 在模型再现历史步骤中，将模型性能与历史数据相比较，以确定模型性能是否再现历史数据；

20 (b1.12) 如果模型性能未能再现历史数据，那么，在模型特性调整步骤中，对模型特性作出调整；

(b1.13) 把对模型特性的调整存储和识别成在灵敏度和风险分析中的不确定因素；和

25 (b1.14) 如果在已经完成了作出调整步骤之后，模型性能的确再现了历史数据，和由于建立了历史校准模型，生成供生产和储量预报用的第一输出信号；所述第一输出信号包括历史校准模型和不确定因素。

15. 根据权利要求7所述的管理液体和/或气体储层方法，其中，进行解析模型研究的进行步骤(b1)包括下列步骤：

30 (b1.1) 把输入数据提供给解析模型研究，所述输入数据包括模拟储层性能、钻井和完成历史、历史井性能趋势、储层性能和结构图、和物料平衡
体积和含水层模型；

(b1.2) 根据历史井性能趋势中生产趋势的曲线图，建立储层区域的一

组衰减特性或一组生产率特性，从而生成根据井的现状预测未来性能趋势的井生产衰减特性；

(b1.3) 根据历史井性能趋势，在井性能指示符的地图显示上绘制几种性能指示符，包括在不同井点上流体的总体积，以便检查储层区域的那些地区优于或劣于平均水平，或优于或劣于它们在不同井点上的伴井；

(b1.4) 在一致性判断中，将包括在不同井点上的流体的总体积的性能指示符的地图与在储层特性和结构图中陈述的地质解释相比较，和确定在所述地图和所述地质解释之间是否存在任何不一致；

(b1.5) 如果不存在不一致(disagreement)和不存在总的一致性(conformance)，那么，识别反映钻探任何插补井的任何机会的任何潜在插补井机会；

(b1.6) 如果存在不一致和存在总的一致性，那么，在适当位置上的测定体积和物料平衡流体估计步骤中，确定井性能趋势如何与适当位置上的流体的估计和从物料平衡计算中得出的压力支持相抵；和

(b1.7) 响应在建立步骤(b1.2)期间生成的井生产衰减特性，识别修井和人工升降机候选者。

16. 根据权利要求15所述的管理液体和/或气体储层方法，其中，进行解析模型研究的进行步骤(b1)还包括下列步骤：

(b1.8) 响应井生产衰减特性，在井指示符的统计分析过程中，根据实际井性能识别平均预期性能；

(b1.9) 将各个井与所述平均预期性能相比较，以确定在储层区域中的什么地方存在较优的正在使用井，和在所述区域中的什么地方存在较劣的正在使用井，和对此作出响应，通过所述潜在插补井机会步骤选择改善现有井身或钻探新井身的机会；

(b1.10) 响应井生产衰减特性和已经为现有井建立了衰减特性之后，在当前井生产和储量预报中，为现有井所在的那个组预报，在不采取任何行动的情况下，储层区域的未来性能趋势；

(b1.11) 响应井生产衰减特性和修井和人工升降机候选者，生成增产预报；

(b1.12) 响应井生产衰减特性和潜在插补井机会，生成代表在特定位置可能形成额外井的预报的插补井生产和储量预报；

(b1.13) 确定在增产预报、当前井生产和储量预报、插补井生产和储量预报、和在适当位置的测定体积和物料平衡流体估计之间是否存在一致性;

5 (b1.14) 如果的确存在一致性，生成供生产和储量预报用的第二输出信号，第二输出信号包括当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井生产和储量预报；和

(b1.15) 如果不存在一致性，识别不确定因素，然后生成所述第二输出信号。

10 17. 根据权利要求 14 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，响应数值模型研究步骤生成生产和储量预报的生成步骤 (b2) 包括下列步骤：

(b2.1) 响应数个约束和响应包括历史校准模型的、来自数值模型研究步骤的第一输出信号，在模拟器中运行模型，和生成代表储层响应于开发计划的方式的生产预报，所述开发计划定义代表在储层区域中起作用的过程的机制；

15 (b2.2) 确定是否可以改变或优化机制的实施计划或是否可以改变或优化这些约束；

(b2.3) 如果可以改变或优化实施计划或这些约束，那么，改变机制的实施计划或约束，在模拟器中重新运行模型，和生成另一个生产预报；

20 (b2.4) 如果不能改变或优化实施计划或这些约束，那么，确定是否可以改变代表在储层区域中起作用的过程的机制；和

(b2.5) 如果可以改变代表新开发计划的机制或新机制，那么，修正新机制的实施计划，以便建立新的实施计划，和在模拟器中重新运行模型，从而仍然生成另一个生产预报。

18. 根据权利要求 17 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，响应数值模型研究步骤生成生产和储量预报的生成步骤 (b2) 还包括下列步骤：

(b2.6) 如果不能改变或优化新的实施计划或这些约束，和如果不能改变新机制，那么，确定是否需要进行参数灵敏度运行；

(b2.7) 如果需要进行参数灵敏度运行，那么，识别一组不确定因素，在历史校准模型中变更储层描述，和重复步骤 (b2.1) 到 (b2.5)；

30 (b2.8) 如果不需要进行参数灵敏度运行，那么，生成第三输出信号，所述第三输出信号包括用于设施要求步骤 (b3) 的储层流体生产速率和压力

和总流体注入速率和压力、和用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的储层开发计划，设施要求步骤 (b3) 响应于那个第三输出信号；

(b2.9) 响应于数个约束和包括当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井生产和储量预报的、来自解析模型研究步骤的第二输出信号，
5 在解析生产和储量预报中建立解析模型，和对此作出响应，生成与特定机制
和一组特定开发约束有关的解析预报；和

(b2.10) 重复步骤 (b2.2) 到 (b2.8)，直到不需要进行参数灵敏度运
行为止，并且，生成第四输出信号，所述第四输出信号包括用于设施要求步
骤 (b3) 的储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和用于经济
10 情况和风险分析步骤 (b5) 的储层开发计划，设施要求步骤 (b3) 响应于个
第四输出信号。

19. 根据权利要求 16 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，响
应解析模型研究步骤生成生产和储量预报的生成步骤 (b2) 包括下列步骤：

(b2.1) 响应数个约束和响应包括历史校准模型的、来自解析模型研究
15 步骤的第一输出信号，在模拟器中运行模型，和生成代表储层响应于开发计
划的方式的生产预报，所述开发计划定义代表在储层区域中起作用的过程的
机制；

(b2.2) 确定是否可以改变或优化机制的实施计划或是否可以改变或优
化这些约束；

20 (b2.3) 如果可以改变或优化实施计划或这些约束，那么，改变机制的
实施计划或约束，在模拟器中重新运行模型，和生成另一个生产预报；

(b2.4) 如果不能改变或优化实施计划或这些约束，那么，确定是否可
以改变代表在储层区域中起作用的过程的机制；和

25 (b2.5) 如果可以改变代表新开发计划的机制或新机制，那么，修正新
机制的实施计划，以便建立新的实施计划，和在模拟器中重新运行模型，从
而仍然生成另一个生产预报。

20. 根据权利要求 19 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，响
应于解析模型研究步骤生成生产和储量预报的生成步骤 (b2) 还包括下列步
骤：

30 (b2.6) 如果不能改变或优化新的实施计划或这些约束，和如果不能改
变新机制，那么，确定是否需要进行参数灵敏度运行；

(b2.7) 如果需要进行参数灵敏度运行，那么，识别一组不确定因素，在历史校准模型中变更储层描述，和重复步骤(b2.1)到(b2.5)；

(b2.8) 如果不需要进行参数灵敏度运行，那么，生成第三输出信号，所述第三输出信号包括用于设施要求步骤(b3)的储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和用于经济情况和风险分析步骤(b5)的储层开发计划，设施要求步骤(b3)响应于那个第三输出信号；

(b2.9) 响应数个约束和包括当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井生产和储量预报的、来自解析模型研究步骤的第二输出信号，在解析生产和储量预报中建立解析模型，和对此作出响应，生成用于特定机制和一组特定开发约束的解析预报；和

(b2.10) 重复步骤(b2.2)到(b2.8)，直到不需要进行参数灵敏度运行为止，并且，生成第四输出信号，所述第四输出信号包括用于设施要求步骤(b3)的储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和用于经济情况和风险分析步骤(b5)的储层开发计划，设施要求步骤(b3)响应于那个第四输出信号。

21. 根据权利要求18所述的管理液体和/或气体储层方法，其中，根据生产和储量预报生成设施要求的生成步骤(b3)包括下列步骤：

(b3.1) 响应来自生产和储量预报步骤(b2)的第三和第四输出信号包括储层流体生产速率和压力的那个部分，估计储层流体生产速率和压力所需的第一组设施；

(b3.2) 确定对所述第一组设施是否需要作出一个或多个第一组改变；

(b3.3) 如果需要对第一组设施作出一个或多个第一组改变，那么，对所述第一组设施作出所述第一组改变，所述一个或多个第一组改变与适用于经济情况和风险分析步骤(b5)的资本成本和可能增加的运行成本相联系；

(b3.4) 响应来自生产和储量预报步骤(b2)的第三和第四输出信号包括总流体注入速率和压力的那个部分，估计总流体注入速率和压力所需的第二组设施；

(b3.5) 确定对所述第二组设施是否需要作出一个或多个第二组改变；和

(b3.6) 如果需要对第二组设施作出一个或多个第二组改变，那么，对所述第二组设施作出所述第二组改变，所述一个或多个第二组改变与适用于

经济情况和风险分析步骤 (b5) 的资本成本和可能增加的运行成本相联系。

22. 根据权利要求 20 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，根据生产和储量预报生成设施要求的生成步骤 (b3) 包括下列步骤：

(b3.1) 响应来自生产和储量预报步骤 (b2) 的第三和第四输出信号包括储层流体生产速率和压力的那个部分，估计储层流体生产速率和压力所需的第一组设施；

(b3.2) 确定对所述第一组设施是否需要作出一个或多个第一组改变；

(b3.3) 如果需要对第一组设施作出一个或多个第一组改变，那么，对所述第一组设施作出所述第一组改变，所述一个或多个第一组改变与适用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的资本成本和可能增加的运行成本相联系；

(b3.4) 响应来自生产和储量预报步骤 (b2) 的第三和第四输出信号包括总流体注入速率和压力的那个部分，估计总流体注入速率和压力所需的第一组设施；

(b3.5) 确定对所述第二组设施是否需要作出一个或多个第二组改变；

15 和

(b3.6) 如果需要对第二组设施作出一个或多个第二组改变，那么，对所述第二组设施作出所述第二组改变，所述一个或多个第二组改变与适用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的资本成本和可能增加的运行成本相联系。

23. 根据权利要求 21 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，考
20 虑环境问题的考虑步骤 (b4) 包括下列步骤：

(b4.1) 考虑特殊的紧急响应计划和措施；

(b4.2) 考虑建造前环境影响研究要求；

(b4.3) 考虑对井和设施的断续或受限访问；和

(b4.4) 考虑政府或管理部门批准和审计措施。

24. 根据权利要求 22 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，考
25 虑环境问题的考虑步骤 (b4) 包括下列步骤：

(b4.1) 考虑特殊的紧急响应计划和措施；

(b4.2) 考虑建造前环境影响研究要求；

(b4.3) 考虑对井和设施的断续或受限访问；和

30 (b4.4) 考虑政府或管理部门批准和审计措施。

25. 根据权利要求 23 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，进

行经济情况和风险分析研究的进行步骤 (b5) 包括下列步骤:

(b5.1) 响应从生产和储量预报步骤 (b2) 中生成的储层开发计划, 通过对储层开发计划作出响应, 生成储层生产进度表、储层注入进度表、和设施和井进度表, 评估与所述储层开发计划相联系的一组经济情况;

5 (b5.2) 响应包括处理和钻探修井计划的设施要求步骤 (b3), 生成资本成本模型和与之相联系的运行成本模型;

(b5.3) 响应环境考虑步骤 (b4), 生成特殊项目成本;

(b5.4) 在计划经济概况中, 响应储层生产进度表、储层注入进度表、设施和井进度表、资本成本模型、运行成本模型、和特殊项目成本, 为储层
10 开发计划提供经济概况和现金流一览表;

(b5.5) 在开发和运行风险判断中, 响应一组储层风险因素, 确定是否存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险;

(b5.6) 如果存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险, 对一组生产预报进度表作出调整, 并且, 返回到为得出风险相关成本的估计的储层
15 开发计划提供计划经济概况和现金流一览表的步骤 (b5.4); 和

(b5.7) 如果不存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险, 那么, 确定是否存在与还没有从历史匹配和地质研究中建立起来的储层的特性和性质有关的储层性能风险。

26. 根据权利要求 25 所述的管理液体和 / 或气体储层方法, 其中, 进
20 行经济情况和风险分析研究的进行步骤 (b5) 包括下列步骤:

(b5.8) 如果存在储层性能风险, 那么, 对一组生产预报进度表作出调整, 并且返回到步骤 (b5.4);

(b5.9) 如果不存在储层性能风险, 那么, 确定是否存在环境风险;

(b5.10) 如果存在环境风险, 那么, 对一组生产预报进度表作出调整,
25 并且返回到步骤 (b5.4);

(b5.11) 如果不存在环境风险, 那么, 确定是否存在应该从经济角度加以评估的任何可选择开发计划;

(b5.12) 如果存在一个或多个应该从经济角度加以评估的可选择开发
30 计划, 那么, 为一个或多个可选择开发计划的每一个重复步骤 (b5.1) 到

(b5.11), 和对此作出响应, 生成分别与一个或多个可选择开发计划相联系的一个或多个相应经济概况;

(b5.13) 如果不再存在应该加以评估的另外开发计划，那么，比较与每一个可选择开发计划相联系的每一个经济概况，和评估与每一个经济概况相联系的风险；和

5 (b5.14) 从在步骤 (b5.12) 期间评估的一个或多个可选择开发计划中选择特定的开发计划，在选择步骤 (b5.14) 期间选择的特定开发计划代表在制订步骤 (b6) 期间制订的优化开发计划。

27. 根据权利要求 24 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，进行经济情况和风险分析研究的进行步骤 (b5) 包括下列步骤：

10 (b5.1) 响应从生产和储量预报步骤 (b2) 中生成的储层开发计划，通过对储层开发计划作出响应，生成储层生产进度表、储层注入进度表、和设施和井进度表，评估与所述储层开发计划相联系的一组经济情况；

(b5.2) 响应包括处理和钻探修井计划的设施要求步骤 (b3)，生成资本成本模型和与之相联系的运行成本模型；

15 (b5.3) 响应环境考虑步骤 (b4)，生成特殊项目成本；

(b5.4) 在计划经济概况中，响应储层生产进度表、储层注入进度表、设施和井进度表、资本成本模型、运行成本模型、和特殊项目成本，为储层开发计划提供经济概况和现金流一览表；

(b5.5) 在开发和运行风险判断中，响应一组储层风险因素，确定是否存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险；

20 (b5.6) 如果存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险，对一组生产预报进度表作出调整，并且，返回到为得出风险相关成本的估计的储层开发计划提供计划经济概况和现金流一览表的步骤 (b5.4)；和

25 (b5.7) 如果不存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险，那么，确定是否存在与还没有从历史匹配和地质研究中建立起来的储层的特性和性质有关的储层性能风险。

28. 根据权利要求 27 所述的管理液体和 / 或气体储层方法，其中，进行经济情况和风险分析研究的进行步骤 (b5) 包括下列步骤：

(b5.8) 如果存在储层性能风险，那么，对一组生产预报进度表作出调整，并且返回到步骤 (b5.4)；

30 (b5.9) 如果不存在储层性能风险，那么，确定是否存在环境风险；

(b5.10) 如果存在环境风险，那么，对一组生产预报进度表作出调整，

并且返回到步骤 (b5.4);

(b5.11) 如果不存在环境风险, 那么, 确定是否存在应该从经济角度加以评估的任何可选择开发计划;

5 (b5.12) 如果存在一个或多个应该从经济角度加以评估的可选择开发计划, 那么, 为一个或多个可选择开发计划的每一个重复步骤 (b5.1) 到 (b5.11), 和对此作出响应, 生成分别与一个或多个可选择开发计划相联系的一个或多个相应经济概况;

10 (b5.13) 如果不再存在应该加以评估的另外开发计划, 那么, 比较与每一个可选择开发计划相联系的每一个经济概况, 和评估与每一个经济概况相联系的风险; 和

(b5.14) 从在步骤 (b5.12) 期间评估的一个或多个可选择开发计划中选择特定的开发计划, 在选择步骤 (b5.14) 期间选择的特定开发计划代表在制订步骤 (b6) 期间制订的优化开发计划。

29. 一种进行初步工程设计的方法, 该方法包括下列步骤:

15 (a) 了解储层流体特性模型中的‘一组流体特性’, 当‘该组流体特性’已知时, 比较一组储层压力调查数据中的储层压力, 和把储层压力调整成公共基准, 从而生成反映校正成公共基准的储层压力的历史的校正‘储层压力历史’;

20 (b) 响应该组流体特性和报告的区域生产, 生成校正井‘生产和注入历史’;

(c) 作出适用于进行一口或多口井的井测试的生产和压力测试解释, 从一口或多口井中测量数个压力和速率与时间之间的关系的测试数据, 和当该组流体特性已知时, 解释测试数据;

25 (d) 确定一组钻井和完成历史, 用于检查一组井钻在什么地方、这些井是如何钻的和如何完成的;

(e) 响应步骤 (c) 的井测试和步骤 (d) 的钻探和完成历史, 确定一组生产改善机会, 以便识别出存在什么样的直接机会去刺激一口井或安装一个泵使生产速率更高; 和

30 (f) 为了在从储层中抽提流体和把流体注入储层中之后, 估计和确定在储层中的适当位置上的流体的原始体积, 进行物料平衡体积和含水层解释。

30. 根据权利要求 29 所述的进行初步工程设计的方法，还包括下列步骤：

(g) 为了估计与生产改善机会相联系的增加的油速和潜在的采油量，确定增加速率和开采潜力；

5 (h) 确定适用于监视完成修井或插补工作计划的影响的完成修井或插补方针，生成附加生产数据；确定生产改善机会是否正确，和对此作出响应，重新设计所述完成修井或插补方针的完成修井部分；

(i) 在相对透气度和毛细管压力饱和模型下，确定当油气水同时存在于储层中时，它们的流动特性；

10 (j) 在单井或储层‘分区模型’下，研究特定的储层机制和这些机制对全区域模型设计的影响；

(k) 结合储层机制灵敏度，对‘分区模型’之一使用可选择网格描述，和确定哪个‘特定可选择网格描述’更好地代表了存在于储层区域中的机制；和

15 (l) 对于储层模型设计准则，确定必须为适当地设计储层模型做些什么，和响应‘储层流体特性’、‘生产和注入历史’、‘储层压力历史’、和‘特定可选择网格描述’，形成一组‘储层模型设计准则’。

31. 一种建立地质模型的方法，该方法包括下列步骤：

20 (a) 确定代表把钻井日志转换成每个井点上的计算储层特性概况的方法的初级岩石学模型；

(b) 根据初级岩石学模型和所述初步工程设计，确定最终岩石学模型，所述最终岩石学模型在所述结构框架内代表与一组更详细的储层特性相关的信息；

25 (c) 确定代表与特定储层区域相联系的地层中的区域地质学的区域地质学模型，和在沉积学和地层学分析期间，把沉积学和地层学的框架应用于所述储层；

(d) 响应沉积学和地层学分析，进行井与井之间的详细地层学关联，和建立在整个储层区域内地质地平线的连续性；和

30 (e) 进行地质力学分析，所述地质力学分析与储层的一组地质力学特性相联系，使按时间测量的数据能够从地震测量转换成深度测量，和提供可以从地质力学特性中计算出来的储层应力的指示。

32. 根据权利要求 31 所述的建立地质模型的方法，还包括下列步骤：

(f) 响应地质力学分析和详细地层学关联，定义储层的结构框架，储层的结构框架描述储层的整体形状；

5 (g) 响应所述最终岩石学模型和地震属性分析，定义一组井和间隔特性一览表，井和间隔特性一览表提供使一个人能够将地震响应与来自钻井日志的一组测量特性相联系的地震信息；

(h) 响应井和间隔特性一览表、地震属性分析和结构框架，定义储层结构和特性模型；

10 (i) 响应储层结构和特性模型，进行提供在储层中的适当位置上的流体的估计的储层体积计算；和

15 (j) 在体积一致性判断中，将储层体积计算结果与来自初步工程设计的物料平衡体积相比较，如果比较步骤揭示体积是一致的，那么，对储层的地质科学解释与从性能的角度对储层的解释相一致，如果比较步骤揭示体积不相一致，那么，要么调整所述地质科学解释，要么识别未解决的不确定因素。

33. 一种进行数值模型研究的方法，该方法包括下列步骤：

(a) 在 3D 结构和特性模型中定义特性分布；

(b) 在 3D 模拟器网格系统中定义网格系统；

(c) 定义流体特性和饱和性模型；

20 (d) 在初始储层条件和含水层模型中定义含水层的范围或大小的初步估计；

(e) 为了在储层模拟器中定义岩石模型、在岩石模型中叠加饱和分布、和在储层模拟器中建立初始储层模型，在 3D 储层模拟器中把特性分布、网格系统、流体特性和饱和性模型、和含水层的范围或大小的初步估计组合在一起；

(f) 进行体积一致性检验，以确定在初始体积方面是否存在一致性，和叠加在岩石模型上的网格系统是否是在建立地质模型步骤 (a5) 期间展示的特性描述的可靠表示；和

(g) 当在初始体积方面存在一致性时，生成校正体积模型。

30 34. 根据权利要求 33 所述的进行数值模型研究的方法，还包括下列步骤：

(h) 当不存在一致性时，由于网格系统未能再现特性描述，因此，在模型特性调整步骤中，调整网格系统，直到网格系统是特性描述的可靠表示为止；

(i) 定义历史生产和注入速率约束；

5 (j) 为了在对历史速率约束作出模型响应步骤中，穿越整个历史阶段运行模型，获得一组模型响应，和将模型响应与实际测量的性能相比较，将校正体积模型与历史生产和注入速率约束结合在一起；

(k) 在模型再现历史步骤中，将模型性能与历史数据相比较，以确定模型性能是否再现历史数据；

10 (l) 如果模型性能未能再现历史数据，那么，在模型特性调整步骤中，对模型特性作出调整；

(m) 把对模型特性的调整存储和识别成在灵敏度和风险分析中的不确定因素；和

15 (n) 如果在已经完成了作出调整步骤之后，模型性能的确再现了历史数据，和由于建立了历史校准模型，生成供生产和储量预报用的第一输出信号；所述第一输出信号包括历史校准模型和不确定因素。

35. 一种进行解析模型研究的方法，该方法包括下列步骤：

(a) 把输入数据提供给解析模型研究，所述输入数据包括模拟储层性能、钻井和完成历史、历史井性能趋势、储层性能和结构图、和物料平衡体积和含水层模型；

(b) 根据历史井性能趋势中生产趋势的曲线图，建立储层区域的一组衰减特性或一组生产率特性，从而生成根据井的现状预测未来性能趋势的井生产衰减特性；

25 (c) 根据历史井性能趋势，在井性能指示符的地图显示上绘制几种性能指示符，包括在不同井点上流体的总体积，以便检查储层区域的哪些地区优于或劣于平均水平，或优于或劣于它们在不同井点上的伴井；

(d) 在一致性判断中，将性能指示符的地图与在储层特性和结构图中陈述的地质解释相比较，和确定在所述地图和所述地质解释之间是否存在任何不一致；

30 (e) 如果不存在不一致和不存在总的一致性，那么，识别反映钻探任何插补井的任何机会的任何潜在插补井机会；

(f) 如果存在不一致和存在总的一致性，那么，在在适当位置上的测定体积和物料平衡流体估计步骤中，确定井性能趋势如何与适当位置上的流体的估计和从物料平衡计算中得出的压力支持相抵；和

5 (g) 响应在建立步骤 (b) 期间生成的井生产衰减特性，识别修井和人工升降机候选者。

36. 根据权利要求 35 所述的进行解析模型研究的方法，还包括下列步骤：

(h) 响应井生产衰减特性，在井指示符的统计分析过程中，根据实际井性能识别平均预期性能；

10 (i) 将各个井与所述平均预期性能相比较，以确定在储层区域中的什么地方存在较优的正在使用井，和在所述区域中的什么地方存在较劣的正在使用井，和对此作出响应，通过所述潜在插补井机会步骤选择改善现有井身或钻探新井身的机会；

15 (j) 响应井生产衰减特性和已经为现有井建立了衰减特性之后，在当前井生产和储量预报中，为现有井所在的那个组预报，在不采取任何行动的情况下，储层区域的未来性能趋势；

(k) 响应井生产衰减特性和修井和人工升降机候选者，生成增产预报；

(l) 响应井生产衰减特性和潜在插补井机会，生成代表在特定位置可能形成额外井的预报的插补井生产和储量预报；

20 (m) 确定在增产预报、当前井生产和储量预报、插补井生产和储量预报、和在适当位置的测定体积和物料平衡流体估计之间是否存在一致性；

(n) 如果的确存在一致性，生成供生产和储量预报用的第二输出信号，第二输出信号包括当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井生产和储量预报；和

25 (o) 如果不存在一致性，识别不确定因素，然后生成所述第二输出信号。

37. 一种生成生产和储量预报的方法，该方法包括下列步骤：

(a) 响应数个约束和响应历史校准模型，在模拟器中运行模型，和生成代表储层响应于开发计划的方式的生产预报，所述开发计划定义代表在储层区域中起作用的过程的机制；

(b) 确定是否可以改变或优化机制的实施计划或是否可以改变或优化

这些约束;

(c) 如果可以改变或优化实施计划或这些约束，那么，改变机制的实施计划或约束，在模拟器中重新运行模型，和生成另一个生产预报；

5 (d) 如果不能改变或优化实施计划或这些约束，那么，确定是否可以改变代表在储层区域中起作用的过程的机制；和

(e) 如果可以改变代表新开发计划的机制或新机制，那么，修正新机制的实施计划，以便建立新的实施计划，和在模拟器中重新运行模型，从而仍然生成另一个生产预报。

38. 根据权利要求 37 所述的生成生产和储量预报方法，还包括下列步骤：

(f) 如果不能改变或优化新的实施计划或这些约束，和如果不能改变新机制，那么，确定是否需要进行参数灵敏度运行；

(g) 如果需要进行参数灵敏度运行，那么，识别一组不确定因素，在历史校准模型中变更储层描述，和重复步骤 (a) 到 (e)；

15 (h) 如果不需要进行参数灵敏度运行，那么，生成第三输出信号，所述第三输出信号包括储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和储层开发计划；

20 (i) 响应数个约束和当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井生产和储量预报，在解析生产和储量预报中建立解析模型，和对此作出响应，生成用于特定机制和一组特定开发约束的解析预报；和

(j) 重复步骤 (b) 到 (h)，直到不需要进行参数灵敏度运行为止，并且，生成第四输出信号，所述第四输出信号包括储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和储层开发计划。

39. 一种响应于生产和储量预报确定一组设施要求的方法，该方法包括
25 下列步骤：

(a) 响应包括代表储层流体生产速率和压力的一组数据的生产和储量预报，估计储层流体生产速率和压力所需的第一组设施；

(b) 确定对所述第一组设施是否需要作出一个或多个第一组改变；

30 (c) 如果需要对第一组设施作出一个或多个第一组改变，那么，对所述第一组设施作出所述第一组改变，所述一个或多个第一组改变与适用于经济情况和风险分析研究的资本成本和可能增加的运行成本相联系；

(d) 响应包括代表总流体注入速率和压力的一组数据的生产和储量预报，估计总流体注入速率和压力所需的第二组设施；

(e) 确定对所述第二组设施是否需要作出一个或多个第二组改变；和

5 (f) 如果需要对第二组设施作出一个或多个第二组改变，那么，对所述第二组设施作出所述第二组改变，所述一个或多个第二组改变与适用于经济情况和风险分析研究的资本成本和可能增加的运行成本相联系。

40. 一种进行经济情况和风险分析研究的方法，该方法包括下列步骤：

(a) 响应从生产和储量预报中生成的储层开发计划，通过对储层开发计划作出响应，生成储层生产进度表、储层注入进度表、和设施和井进度表，
10 评估与所述储层开发计划相联系的一组经济情况；

(b) 响应包括处理和钻探修井计划的一组设施要求，生成资本成本模型和与之相联系的运行成本模型；

(c) 响应一组环境考虑事项，生成特殊项目成本；

15 (d) 在计划经济概况中，响应储层生产进度表、储层注入进度表、设施和井进度表、资本成本模型、运行成本模型、和特殊项目成本，为储层开发计划提供经济概况和现金流一览表；

(e) 在开发和运行风险判断中，响应一组储层风险因素，确定是否存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险；

20 (f) 如果存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险，对一组生产预报进度表作出调整，并且，返回到为得出风险相关成本的估计的储层开发计划提供计划经济概况和现金流一览表的步骤 (d)；和

(g) 如果不存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险，那么，确定是否存在与还没有从历史匹配和地质研究中建立起来的储层的特性和性质有关的储层性能风险。

25 41. 根据权利要求 40 所述的进行经济情况和风险分析研究的方法，还包括下列步骤：

(h) 如果存在储层性能风险，那么，对一组生产预报进度表作出调整，并且返回到步骤 (d)；

(i) 如果不存在储层性能风险，那么，确定是否存在环境风险；

30 (j) 如果存在环境风险，那么，对一组生产预报进度表作出调整，并且返回到步骤 (d)；

(k) 如果不存在环境风险，那么，确定是否存在应该从经济角度加以评估的任何可选择开发计划；

5 (l) 如果存在一个或多个应该从经济角度加以评估的可选择开发计划，那么，为一个或多个可选择开发计划的每一个重复步骤 (a) 到 (k)，和对此作出响应，生成分别与一个或多个可选择开发计划相联系的一个或多个相应经济概况；

(m) 如果不再存在应该加以评估的另外开发计划，那么，比较与每一个可选择开发计划相联系的每一个经济概况，和评估与每一个经济概况相联系的风险；和

10 (n) 从在步骤 (l) 期间评估的一个或多个可选择开发计划中选择特定的开发计划，在选择步骤 (n) 期间选择的特定开发计划代表优化的开发计划。

42. 一种适合于与综合储层优化方法结合在一起使用的确定一组环境考虑事项的方法，该方法包括下列步骤：

- 15 (a) 考虑特殊的紧急响应计划和措施；
(b) 考虑建造前环境影响研究要求；
(c) 考虑对井和设施的断续或受限访问；和
(d) 考虑政府或管理部门批准和审计措施。

综合储层优化

5 技术领域

本发明涉及称为“综合储层优化 (Integrated Reservoir Optimazation (IRO))”的方法，这种方法包括监视和控制液体和气体沉积物从地表下地质层的抽提的方法。这种方法还包括监视液体和气体沉积物在地表下地质层中的状态，和控制物理资源的位置和使用和抽提速率，以便使这样的沉积物
10 从地表下地质层的抽提到最大的方法。

背景技术

在从地质层中的储层区域中抽提的油气的生产寿命期间，遵循着包括勘探、评估、储层开发、生产衰落、和储层废弃等一些阶段。在这些阶段的每个阶段都必须作出重要决定，以便适当地分配资源和保证储层满足它的生产潜力。
15 在生产寿命的早期阶段，人们从几乎完全不知道储层内间隔特性的分布开始。随着开发继续下去，收集到各种类型的储层数据，诸如，地震勘测、测井、和生产数据。把那些储存数据综合在一起，以便逐渐认识地层中储层特性的分布。因此，对那些储层数据的认识是作出适当储层管理决定的关键。

20 在诸如列在本说明书最后的参考文献部分中的许多书籍和技术杂志论文中已经发表了油气工业已经对储层管理采取的各种现有手段。例如，在后面参考文献部分引用的 Satter 和 Thakur 所著参考书中阐述的储层管理方法中，首先认识到管理气或油储层的短期或长期目标。然后，以后收集的有关储层的多种数据用于制订储层管理计划，也称为开发计划。接着，通过钻井、
25 设定储层的生产和注入速率、和进行修井作业，实施开发计划。随着油和 / 或气从储层中抽提出来，不断获得新的数据，并周期性地重新评估管理储层的目标和开发计划，以便使油和 / 或气从储层的生产达到最大。随着储层逐渐枯竭，改变目标和开发计划，最后放弃这个储层。

一些美国专利阐述和要求了在定位和开发储层过程中的各种步骤，诸如
30 (但不限于)，收集储层数据，譬如，地震勘测、测井、和生产数据，定位井点，控制从井中抽提的速率，和使各个井和整个储层的生产速率达到最大。

在如下的段落中描述这些专利的一些。

授予 Ramakrishnan 等人的美国专利第 5,992,519 号阐述了监视和管理数个生产油井，以便满足预定、可更新生产要求的方法和硬件。油储层模型与储层模拟工具结合在一起使用，以便确定利用流量阀门有控制地从储层中产油的生产战略。通过调整流量阀门而收集到的信息用于更新储层模型。油井是根据固定生产战略钻探的，和如所调整的那样的、井的流体流动速率是基于可变生产战略的。

授予 Tubel 等人的美国专利第 5,706,896 号阐述了从遥远的位置控制和 / 或监视数个生产井的系统。该控制系统包括多个井下电控机电设备和多个可从许多地方进行操作的基于计算机的地面上系统。该系统提供了预测多个井未来流量概况，和监视和控制液体或气体从储层流动到井身，或从井身流动到地面的能力。该控制系统还能够接收和发送来自多个遥远地方，诸如，井眼内、到或来自其它平台、或来自远离任何井点的地方的数据。

授予 Tubel 等人的美国专利第 5,732,776 号阐述了从遥远的地方控制和 / 或监视数个生产井的另一种相似系统。这种多区和 / 或多井控制系统包括多个井下电控机电设备和多个可从许多地方进行操作的基于计算机的地面上系统。这种系统提供了预测多个井未来流量概况，和监视和控制液体或气体从储层流动到井身，或从井身流动到地面的能力。这种控制系统还能够接收和发送来自多个遥远地方，诸如，井眼内、到或来自其它平台、或来自远离任何井点的地方的数据。

授予 Tubel 等人的美国专利第 5,975,204 号阐述和要求了无需来自地面或来自一些其它外部源的初始控制信号，响应感测的选择性井下参数，自动控制井下工具的井下生产井控制系统。

授予 Aubin 等人的美国专利第 4,757,314 号描述了控制和监视水下井口的设备。这种系统包括数个传感器、数个机电阀门、和与传感器和阀门通信的电子控制系统。该电子控制系统位于不透水容器内，和把不透水容器沉入水中。位于水下容器内的电子设备根据来自传感器的输入，控制和操作机电阀门。具体地说，容器内的电子设备利用微处理器的决定作出能力，监视从地面到井口的电缆的完整性，以便万一线路中出现破损，就自动打开或关上阀门。

授予 Dixon 等人的美国专利第 4,633,954 号阐述了完全可编程微处理器

控制器，它监视诸如压力和流量之类的井下参数，和控制把气体注入井中、液体从井中流出、或把井封住以便使井的输出达到最大的操作。这种特殊的系统包括由键盘、可编程存储器、微处理器、控制电路和液晶显示器等组成的电池供电固态电路。

5 授予 Lamp 等人的美国专利第 5,132,904 号阐述了与第 954 号专利类似的系统，其中，控制器包括让与它的所有通信经过的串行和并行通信端口。能够串行通信的手持设备或便携式电脑可以访问控制器。电话调制解调器或与中央主机的遥测链接还可以用于使几个控制器被远程访问。

10 授予 Wason 等人的美国专利第 4,969,130 号阐述了监视石油储层的液体成分的系统，其中，储层模型应用于预测储层中的流体流动，包括通过将人工地震波图与观察的地震数据相比较，对储层模型进行检验。如果该模型预测的人工输出与观察的地震数据相符，那么，就认为储层被适当地模型化了。否则的话，更新储层模型，尤其是它的储层描述，直到它能预测观察的地震响应为止。在储层和用于更新储层模型的技术的生产寿命期间，可以周期性地重复地震调查，以保证修正的储层描述能预测观察到的地震数据变化，从而能反映流体饱和的当前状态。

15 20 授予 Anderson 等人的美国专利第 5,586,082 号阐述了利用 3-D 和 4-D 地震成像标识油和气储层中和内地面上流体迁移和排放路径的方法。这种方法利用感兴趣区的单地震调查（3-D）和在时间上分开的的多地震调查（4-D）确定沉积盆地内的大规模迁移路径、和各个石油生产储层内小规模排放结构和油-水-气区域。

授予 He 等人的美国专利第 5,798,982 号阐述了测绘和量化储层内的可用碳氢化合物的方法，并且可用于碳氢化合物探查和储层管理。

虽然这些专利各自阐述了与定位储层、定位井点、控制从井中抽提的速度、和试图使各个井和整个储层的生产速率达到最大相联系的各种方面，但是，上面引用的现有技术或任何其它专利或文献没有一个提出或阐述了把所有这些多种功能合并成一个使气和 / 或油从整个储层的生产达到最大的更综合方法。

因此，为了使气和 / 或油从储层的生产达到最大，需要一种新的和更综合的管理油和 / 或气储层的方法。

另外，在现有技术中，开发计划是为第一储层区域制订的，操作人员从

与第一储层区域相关的、他可获得的许多可选对象中作出决定。然后，操作人员在第一储层区域中实施特定的过程。此时，操作人员把他的注意力集中到第二储层区域或第二特性上，而让现场工作人员和维护工作人员在第一储层区域或第一特性上工作。当第一储层区域中开始出现问题时，那个第一储层区域几年内都得不到任何特殊的关注。然后，操作人员把他的注意力重新集中到第一储层区域上，询问根据第一储层区域或特性获得的最终活动或结果为何与操作人员对那个第一储层区域所作的原始期望不同。另外，操作人员开始研究，以便找出第一储层区域到底出现了什么问题。这个过程似乎是只反映偶尔对第一储层区域特性感兴趣的“断断续续”型兴趣的。

因此，在上述获得新的和更综合的管理油和/或气储层的方法的探索过程中，还需要提供当开始接收根据第一储层区域特性获得的最终活动或结果时，周期性自动更新与第一储层区域特性有关的原始开发计划的更有条理、更有效、和更自动化的过程。其结果是，可以为第一特性制订新的开发计划，和在根据第一特性形成最终活动或结果之后，与那个第一特性一起实施新的开发计划。

发明内容

因此，本发明的基本目的是公开一种新的和更综合的管理液体或气体储层的方法。

根据本发明的上述基本目的，本发明公开了更综合的管理液体或气体储层的方法。本发明这种新的管理液体或气体储层的方法通过把所有可用数据合并在一起，以便实现下文将称为‘综合储层优化’或‘IRO’(Schlumberger的商标)的功能，使油或气从储层的生产达到最大。本发明管理液体或气体储层的‘综合储层优化(IRO)’方法包括涉及到使储层特性的值达到最大的不断努力的过程。这个使特性的值达到最大的目标是通过制订初始开发计划，部分实施初始开发计划，检查从实施步骤中获得的一组结果，和确认该组结果事实上确与一组初始预测相符。如果该组结果的确与该组初始预测相符，那么，下一步骤包括继续实施初始开发计划。随着初始开发计划得以实施，实施天天监视和监督步骤，以便留意和监视在特性方面发生的事情。作为实施初始开发计划的一部分，针对储层特性对操作人员已经对特性采取的任何行为作出的响应，为了获取尽可能多的信息，实施详细的数据收集和

数据获取程序，以便生成一组新数据。建立反馈回路，从而，该组新数据（在上述数据采集步骤中收集的）可被最初设计初始开发计划的当事人为了如下目的而存取：(1) 把该组新数据合并成之前的解释；(2) 作出任何必要的重新解释；然后，(3) 在“正在进行和叠代过程”中修正初始开发计划，生成
5 另一个开发计划。因此，“正在进行和叠代过程”包括如下步骤：(1) 制订初始开发计划；(2) 实施初始开发计划；(3) 通过进行数据收集和数据获取来进行加工，以便响应实施步骤获取新数据；(4) 根据在加工步骤期间获得的新获取数据，重新制订新开发计划；(5) 重新实施新开发计划；(6) 通过进行另一轮数据收集和数据获取来进行重新加工，以便响应重新实施步骤获
10 取更新的数据，以此类推。由于要响应新获取数据改变和修正初始开发计划，因此，不是放弃初始开发计划，而是对初始开发计划加以改进。例如，可以根据井是如何完成的、钻了多少口井、或这些井位于什么地方等，改变或修正初始开发计划。但是，按照本发明的一个特征，‘不同类型数据’是响应于在储层的寿命期间对储层进行的测量获得的。这些‘不同类型数据’的范围从根据‘不经常地’进行的偶尔定时测量获得的‘第一类型数据’到根据
15 永久性安装的系统‘经常地’进行的连续测量获得的‘第二类型数据’。在现有技术中，‘不经常地’单独监视储层的性能，和把结果用于在某时间间隔上改变储层开发计划。相反，根据本发明的原理，根据‘经常地’（对于井和设施）和不那么经常地或“不经常地”（对于重复测井和宏观储层测量）
20 两者进行的测量，监视储层的性能和获取数据。另外，这些‘不同类型数据’在空间有效区上的范围还从‘井/地面局部监视数据’到‘储层尺度（scale）全局监视测量结果’。获取‘井/地面局部监视数据’的系统或设备的例子包括：重新进入测井系统、常设压力计、和位于套管井内外的储层评估传感器。请注意，列在位于本说明书最后的参考文献部分中的 Baker、Babour、
25 Tubel、Johnson、和 Bussear 的参考文献阐述了井身和地面的生产速率。获取‘储层尺度全局监视测量结果’的系统或设备的例子包括：利用如列在位于本说明书最后的参考文献部分中的 Pedersen、Babour、和 He 的参考文献阐述的、利用定时或 4D 地震的系统、涉及到重力测定的系统、和涉及到深读（deep-reading）/整个井（cross-well）电和声测量的系统。因此，根据在储层的生产寿命期间对那个储层进行的测量获得的、‘不同类型数据’
30 的输入流是根据在下列期间进行的测量获得的：(1) 不同获取时间尺度；和

(2) 不同有效区空间尺度。在引用的 Satter 参考文献（如下列出的参考文献部分中的参考文献 17）和相关出版物中公开的方法不完全适用，因为这样的方法未能吸收所有这些‘不同类型数据’。为了优化油和气储层的整体性能，按照本发明的用于管理液体和/或气体储层的‘综合储层优化’方法 5 吸收了所有这些‘不同类型数据’。除了‘储层开发计划’之外，还存在‘天天操作计划’。对根据如下两点获取的数据作出响应，不断更新长期‘储层开发计划’：根据‘不经常地’进行的对储层的测量（即，偶尔定时测量）；和（2）根据‘经常地’进行的对储层的测量（即，永久性安装的系统进行的连续测量）。另外，对那个长期‘储层开发计划’作出响应，不断更新‘天天操作计划’。作为对经常地和不经常地进行的上述两种测量的响应，根据 10 ‘储层开发计划’不断更新‘天天操作计划’的结果，可以更精确地确定‘两个参数’：（1）碳氢化合物的地下沉积物的位置；和（2）在地表下地质层内的压力分布。当这‘两个参数’得到优化时，还可以优化如下‘更进一步的参数’：井的个数、井的完成、井的干扰、和生产计划。当这些‘更进一步的参数’得到优化时，油和/或气从油或气储层的生产就达到最大。

因此，本发明的基本方面或特征是公开一种为了叠代地制订用于优化储层的整体性能的储层开发计划，而吸收具有不同获取时间尺度和有效区的空间尺度的各种各样数据的、管理液体（譬如，油）和/或气体储层的方法，它包括下列步骤：（a）生成初始储层特性描述；（b）根据初始储层特性描述， 20 制订初始储层开发计划；（c）当储层开发计划被制订出来时，加速前进，生成资本支出方案；（d）当生成资本支出方案时，通过从在储层中进行的第一组数据测量中获取高频率监视数据，监视储层的性能；（e）通过从在储层中进行的第二组数据测量中获取低频率监视数据，进一步监视储层的性能；（f）把所述高频率监视数据和所述低频率监视数据吸收在一起；（g）根据 25 所述高频率监视数据和所述低频率监视数据，确定什么时候有必要更新所述初始储层开发计划，以便制订出最近更新的储层开发计划；（h）在必要的时候，更新初始储层开发计划，以便制订出最近更新的储层开发计划；和（i）当制订出最近更新的储层开发计划时，重复步骤（c）到（h），当在步骤（h）期间制订不出最近更新的储层开发计划时，表示所述储层几乎枯竭了。

30 本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其中，通过获取高频率监视数据监视储层的性能的步骤（d）还包括如下步骤：

(d1) 获取和收集高频率监视数据，和对高频率监视数据进行质量检验；
(d2) 利用所述高频率监视数据评估单个井或几个井形成的区域，并且返回到步骤(c)；和(d3) 利用所述高频率监视数据评估整个范围或储层，当应该更新储层开发计划时，或当应该获取新的低频率储层监视数据时，返回到
5 步骤(e)，和当不应该更新储层开发计划时，或当不应该获取新的低频率储层监视数据时，返回到步骤(c)。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其中，通过获取低频率监视数据监视储层的性能的步骤(e)包括如下步骤：

10 (e1) 通过进行灵敏度分析和调查初步设计研究，确定什么时候应该通过新测量获取新的低频率储层监视数据，以便确定是否希望新的测量引入新的信息；(e2) 当确定应该获取新的低频率储层监视数据和新测量将引入新信息时，获取新的低频率储层监视数据；(e3) 当不应该通过新测量获取新的低频率储层监视数据时，更新储层模型；和(e4) 当储层模型被更新时或当在
步骤(e2)中获取了低频率储层监视数据时，更新生产预报和经济情况分析。

15 本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其中，生成初始储层特性描述的生成步骤(a)包括与建立地质模型步骤并行的初步工程设计步骤，以便使在建立地质模型步骤期间利用静态数据作出的地质科学解释与在初步工程设计步骤期间利用动态或性能相关数据作出的工程设计解释相协调。

20 本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其中，生成初始储层特性描述的生成步骤(a)包括：(a1) 为特定的储层区域确定一套开发和耗减战略；(a2) 确定一套综合研究目标；(a3) 进行数据获取、质量控制、和分析；(a4) 进行初步工程设计；和(a5) 与初步工程设计并行地建立地质模型。

25 本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其中，根据初始储层特性描述制订初始储层开发计划的制订步骤(b)包括：

(b1) 执行数值模型研究步骤或解析模型研究步骤；(b2) 响应数值模型研究或解析模型研究，生成生产和储量预报；(b3) 根据生产和储量预报，生成设施要求；(b4) 响应在步骤(a1)期间确定的开发和耗减战略，考虑环境问题；(b5) 在对环境、生产和储量预报、和设施要求进行考虑的同时，进行经济情况和风险分析研究；和(b6) 响应和鉴于经济情况和风险分析，

制订优化开发计划。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，进行数据获取、质量控制、和分析的进行步骤 (a3) 包括：(a3.1) 把与研究计划中正在研究的特定储层区域相关的第一组数据收集在一起，然后
5 从替代源中收集一组辅助数据，以便当所述第一组数据不足以生成包括数个数据的数据库时，补充所述第一组数据；(a3.2) 核实数据库中的数个数据是否相互一致，从而生成含有数个数据的经核实数据库；和 (a3.3) 核实所述研究计划，以便核实在经核实数据库中的所述数个数据在数量 (amount) 或
10 质量或数量 (quantity) 上是否充分，如果所述数个数据不充分，那么，调整所述研究计划的范围。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，进行初步工程设计的进行步骤 (a4) 包括：(a4.1) 了解储层流体特性模型中的 ‘一组流体特性’，当 ‘该组流体特性’ 已知时，比较一组储层压力调查数据中的储层压力，和把储层压力调整成公共基准，从而生成反映校
15 正成公共基准的储层压力的历史的校正 ‘储层压力历史’；(a4.2) 响应该组流体特性和报告的区域产量，生成校正井 ‘生产和注入历史’；(a4.3) 作出适用于进行一口或多口井的井测试的生产和压力测试解释，从一口或多口井中测量数个压力和速率与时间之间的关系的测试数据，和当该组流体特性已知时，解释测试数据；(a4.4) 确定一组钻井和完成历史，用于检查一组井
20 钻在什么地方、这些井是如何钻的和如何完成的；(a4.5) 响应步骤 (a4.3) 的井测试和步骤 (a4.4) 的钻探和完成历史，确定一组生产改善机会，以便识别出存在什么样的直接机会去刺激一口井或安装一个泵使生产速率更高；
(a4.6) 为了在从储层中抽提流体和把流体注入储层中之后，估计和确定在储层中的适当位置上的流体的原始体积，进行物料平衡体积和含水层解释；
25 (a4.7) 为了估计与生产改善机会相联系的可增加油速和潜在的采油量，确定可增加速率和开采潜力；(a4.8) 确定适用于监视完成修井或插补工作计划的影响的完成修井或插补方针，生成附加生产数据；确定生产改善机会是否正确，和对此作出响应，重新设计完成修井或插补方针的完成修井部分；
(a4.9) 在相对透气度和毛细管压力饱和模型下，确定当油气水同时存在于
30 储层中时，它们的流动特性；(a4.10)；在单井或储层 ‘分区模型’ 下，研究特定的储层机制和这些机制对全区域模型设计的影响；(a4.11) 结合储层

机制灵敏度，对‘分区模型’之一使用可选择网格描述，和确定哪个‘特定可选择网格描述’更好地代表了存在于储层区域中的机制；和(a4.14)对于储层模型设计准则，确定必须为适当地设计储层模型做些什么，和响应‘储层流体特性’、‘生产和注入历史’、‘储层压力历史’、和‘特定可选择网格描述’，形成一组‘储层模型设计准则’。

本发明的另一个方面是公开一种进行受到一些限制的初步工程设计的方法，这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其中，建立地质模型的建立步骤(a5)包括：(a5.1)确定代表把钻井日志转换成每个井点上的计算储层特性概况的方法的初级岩石学模型；(a5.2)根据初级岩石学模型和所述初步工程设计，确定最终岩石学模型，所述最终岩石学模型在所述结构框架内代表与一组更详细的储层特性相关的信息；(a5.3)确定代表与特定储层区域相联系的地层中的区域地质学的区域地质学模型，和在沉积学和地层学分析期间，把沉积学和地层学的框架应用于所述储层；(a5.4)响应沉积学和地层学分析，进行井与井之间的详细地层学关联，和建立在整个储层区域内地质地平线的连续性；(a5.5)进行地质力学分析，所述地质力学分析与储层的一组地质力学特性相联系，使按时间测量的数据能够从地震测量转换成深度测量，和提供可以从地质力学特性中计算出来的储层应力的指示；(a5.6)响应地质力学分析和详细地层学关联，定义储层的结构框架，储层的结构框架描述储层的整体形状；(a5.7)响应所述最终岩石学模型和地震属性分析，定义一组井和间隔特性一览表，井和间隔特性一览表提供使一个人能够将地震响应与来自钻井日志的一组测量特性相联系的地震信息；(a5.8)响应井和间隔特性一览表、地震属性分析和结构框架，定义储层结构和特性模型；(a5.9)响应储层结构和特性模型，进行提供在储层中的适当位置上的流体的估计的储层体积计算；(a5.10)在体积一致性判断中，将储层体积计算结果与来自初步工程设计的物料平衡体积相比较，如果比较结果揭示体积是一致的，那么，对在地下的那一部分的地质科学解释与从性能的角度对储层的解释相一致，如果比较结果揭示体积不相一致，那么，要么调整所述地质科学解释，要么识别未解决的不确定因素。

本发明的另一个方面是公开一种建立受到一些限制的地质模型的方法，

这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，进行数值模型研究的进行步骤 (b1) 包括：(b1.1) 在 3D 结构和特性模型中定义特性分布；(b1.2) 在 3D 模拟器网格系统中定义网格系统；(b1.3) 5 定义流体特性和饱和度模型；(b1.3) 在初始储层条件和含水层模型中定义含水层的范围或大小的初步估计；(b1.4) 为了在储层模拟器中定义岩石模型、在岩石模型中叠加饱和分布、和在储层模拟器中建立初始储层模型，在 3D 储层模拟器中把特性分布、网格系统、流体特性和饱和度模型、和含水层的范围或大小的初步估计综合在一起；(b1.5) 进行体积一致性检验，以 10 确定在初始体积方面是否存在一致性，和叠加在岩石模型上的网格系统是否是在建立地质模型步骤 (a5) 期间展示的特性描述的可靠表示；(b1.6) 当在初始体积方面存在一致性时，生成校正体积模型；(b1.7) 当不存在一致性时，由于网格系统未能再现特性描述，因此，在模型特性调整步骤中，调整网格系统，直到网格系统是特性描述的可靠表示为止；(b1.9) 定义历史 15 生产和注入速率约束；(b1.10) 为了在对历史速率约束作出模型响应步骤中，穿越整个历史阶段运行模型，获得一组模型响应，和将模型响应与实际测量的性能相比较，将校正体积模型与历史生产和注入速率约束结合在一起；(b1.11) 在模型再现历史步骤中，将模型性能与历史数据相比较，以确定模型性能是否再现历史数据；(b1.12) 如果模型性能未能再现历史数据， 20 那么，在模型特性调整步骤中，对模型特性作出调整；(b1.13) 把对模型特性的调整存储和识别成在灵敏度和风险分析中的不确定因素；(b1.14) 如果在已经完成了作出调整步骤之后，模型性能的确再现了历史数据，和由于建立了历史校准模型，生成供生产和储量预报用的第一输出信号；所述第一输出信号包括历史校准模型和不确定因素。

25 本发明的另一个方面是公开一种进行受到一些限制的数值模型研究的方法，这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，进行解析模型研究的进行步骤 (b1) 包括：(b1.1) 把输入数据提供给解析模型研究，所述输入数据包括模拟储层性能、钻井和完成历史、历史井 30 性能趋势、储层性能和结构图、和物料平衡体积和含水层模型；(b1.2) 根据历史井性能趋势中生产趋势的曲线图，建立储层区域的一组衰减特性或一

组生产率特性，从而生成根据井的现状预测未来性能趋势的井生产衰减特性；(b1.3)根据历史井性能趋势，在井性能指示符的地图显示上绘制几种性能指示符，譬如，在不同井点上流体的总体积，以便检查储层区域的那些地区优于或劣于平均水平，或优于或劣于它们在不同井点上的伴井；(b1.4)5 在一致性判断中，将从井性能指示符的地图显示上指示生产质量的、在不同井点上的性能指示符的地图与在储层特性和结构图中陈述的地质解释相比较，和确定在所述地图和所述地质解释之间是否存在任何不一致；(b1.5)如果不存在不一致和不存在总的一致性，那么，识别反映钻探任何插补井的任何机会的任何潜在插补井机会；(b1.6)如果存在不一致和存在总的一致性，那么，在在适当位置上的测定体积和物料平衡流体估计步骤中，确定井10 性能趋势如何与适当位置上的流体的估计和从物料平衡计算中得出的压力支持相抵；(b1.7)响应在建立步骤(b1.2)期间生成的井生产衰减特性，识别修井和人工升降机候选者；(b1.8)响应井生产衰减特性，在井指示符的统计分析过程中，根据实际井性能识别平均预期性能；(b1.9)将各个井与15 所述平均预期性能相比较，以确定在储层区域中的什么地方存在较优的正在使用井，和在所述区域中的什么地方存在较劣的正在使用井，和对此作出响应，通过所述潜在插补井机会步骤选择改善现有井身或钻探新井身的机会；(b1.10)响应井生产衰减特性和已经为现有井建立了衰减特性之后，在当前井生产和储量预报中，为现有井所在的那个组预报，在不采取任何行动的情况下，储层区域的未来性能趋势；(b1.11)响应井生产衰减特性和修井和20 人工升降机候选者，生成增产预报；(b1.12)响应井生产衰减特性和潜在插补井机会，生成代表在特定位置可能形成额外井的预报的插补井生产和储量预报；(b1.13)确定在增产预报、当前井生产和储量预报、插补井生产和储量预报、和在适当位置的测定体积和物料平衡流体估计之间是否存在一致性；(b1.14)如果的确存在一致性，生成供生产和储量预报用的第二输出信号，第二输出信号包括当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井25 生产和储量预报；和(b1.15)如果不存在一致性，识别不确定因素，然后生成所述第二输出信号。

本发明的另一个方面是公开一种进行受到一些限制的解析模型研究的方法，这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和/或气体储层的方法，其

中，响应数值模型研究或解析模型研究生成生产和储量预报的生成步骤 (b2) 包括：(b2.1) 响应数个约束和响应包括历史校准模型的、来自数值模型研究步骤的第一输出信号，在模拟器中运行模型（模拟器生产和储量预报），和生成代表储层响应于开发计划的方式的生产预报，所述开发计划定义代表在储层区域中起作用的过程的机制；(b2.2) 确定是否可以改变或优化机制的实施计划或是否可以改变或优化这些约束；(b2.3) 如果可以改变或优化实施计划或约束，就改变该机制的实施计划，在模拟器中重新运行该模型，并生成另一个生产预报；(b2.4) 如果不能改变或优化实施计划或这些约束，确定是否可以改变代表在储层区域中起作用的过程的机制；(b2.5) 如果可以改变代表新开发计划的机制或新机制，那么，修正新机制的实施计划，以便建立新的实施计划，和在模拟器中重新运行模型，从而生成另一个生产预报；(b2.6) 如果不能改变或优化新的实施计划或这些约束，和如果不能改变新机制，那么，确定是否需要进行参数灵敏度运行；(b2.7) 如果需要进行参数灵敏度运行，那么，识别一组不确定因素，在历史校准模型中变更储层描述，和重复步骤 (b2.1) 到 (b2.5)；(b2.8) 如果不需要进行参数灵敏度运行，那么，生成第三输出信号，所述第三输出信号包括用于设施要求步骤 (b3) 的储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的储层开发计划，设施要求步骤 (b3) 响应于那个第三输出信号；(b2.9) 响应数个约束和包括当前井生产和储量预报、改善井生产预报、和插补井生产和储量预报的、来自解析模型研究步骤的第二输出信号，在解析生产和储量预报中建立解析模型，和对此作出响应，生成用于特定机制和一组特定开发约束的解析预报；和重复步骤 (b2.2) 到 (b2.8)，直到不需要进行参数灵敏度运行为止，并且，生成第四输出信号，所述第四输出信号包括用于设施要求步骤 (b3) 的储层流体生产速率和压力和总流体注入速率和压力、和用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的储层开发计划，设施要求步骤 (b3) 响应于那个第四输出信号。

本发明的另一个方面是公开一种生成受到一些限制的生产和储量预报的方法，这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，根据生产和储量预报生成设施要求的生成步骤 (b3) 包括：(b3.1) 响应来自生产和储量预报步骤 (b2) 的第三和第四输出信号包括储层流体生产

速率和压力的那个部分，估计储层流体生产速率和压力所需的第一组设施；

(b3.2) 确定对所述第一组设施是否需要作出一个或多个第一组改变；

(b3.3) 如果需要对第一组设施作出一个或多个第一组改变，那么，对所述第一组设施作出所述第一组改变，所述一个或多个第一组改变与适用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的资本成本和可能增加的运行成本相联系；

(b3.4) 响应来自生产和储量预报步骤 (b2) 的第三和第四输出信号包括总流体注入速率和压力的那个部分，估计总流体注入速率和压力所需的第二组设施； (b3.5) 确定对所述第二组设施是否需要作出一个或多个第二组改变；

(b3.6) 如果需要对第二组设施作出一个或多个第二组改变，那么，对所述第二组设施作出所述第二组改变，所述一个或多个第二组改变与适用于经济情况和风险分析步骤 (b5) 的资本成本和可能增加的运行成本相联系。

本发明的另一个方面是公开一种生成受到一些限制的设施要求的方法，这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，考虑环境问题的考虑步骤 (b4) 包括：(b4.1) 考虑特殊的紧急响应计划和措施；(b4.2) 考虑施工前环境影响研究要求；(b4.3) 考虑对井和设施的断续或受限制访问；和 (b4.4) 考虑政府或管理部门批准和审计措施。

本发明的另一个方面是公开一种管理液体和 / 或气体储层的方法，其中，进行经济情况和风险分析研究的进行步骤 (b5) 包括：(b5.1) 响应从生产和储量预报步骤 (b2) 中生成的储层开发计划，通过对储层开发计划作出响应而生成储层生产进度表、储层注入进度表、和设施和井进度表，评估与所述储层开发计划相联系的一组经济情况；(b5.2) 响应包括处理和钻探修井计划的设施要求步骤 (b3)，生成资本成本模型和与之相联系的运行成本模型；(b5.3) 响应环境考虑步骤 (b4)，生成特殊项目成本；(b5.4) 在计划经济概况中，响应储层生产进度表、储层注入进度表、设施和井进度表，资本成本模型、运行成本模型、和特殊项目成本，为储层开发计划提供经济概况和现金流一览表；(b5.5) 在开发和运行风险判断中，响应一组储层风险因素，确定是否存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险；(b5.6) 如果存在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险，对一组生产预报进度表作出调整，并且，返回到为得出风险相关成本的估计的储层开发计划提供计划经济概况和现金流一览表的步骤 (b5.4)；(b5.7) 如果不存

在与储层开发计划相联系的重要开发和运行风险，那么，确定是否存在与还没有从历史匹配和地质研究中建立起来的储层的特性和性质有关的储层性能风险；(b5.8)如果存在储层性能风险，那么，对一组生产预报进度表作出调整，并且返回到步骤(b5.4)；(b5.9)如果不存在储层性能风险，那么，
5 确定是否存在环境风险；(b5.10)如果存在环境风险，那么，对一组生产预报进度表作出调整，并且返回到步骤(b5.4)；(b5.11)如果不存在环境风险，那么，确定是否存在应该从经济角度加以评估的任何可选择开发计划；
(b5.12)如果存在一个或多个应该从经济角度加以评估的可选择开发计划，那么，为一个或多个可选择开发计划的每一个重复步骤(b5.1)到(b5.11)，
10 和对此作出响应，生成分别与一个或多个可选择开发计划相联系的一个或多个相应经济概况；(b5.13)如果不再存在应该加以评估的另外开发计划，那么，比较与每一个可选择开发计划相联系的每一个经济概况，和评估与每一个经济概况相联系的风险；和(b5.14)从在步骤(b5.12)期间评估的一个或多个可选择开发计划中选择特定的开发计划，在选择步骤(b5.14)期间
15 选择的特定开发计划代表在制订步骤(b6)期间制订的优化开发计划。

本发明的另一个方面是公开一种进行受到一些限制的经济情况和风险分析研究的方法，这些限制与在上面段落中陈述的那些限制的一个或多个相似。

本发明进一步的应用范围可从下文展示的详细描述中清楚地看出来。但是，不言而喻，这些详细描述和具体例子虽然代表了本发明的优选实施例，但是，只是为了说明而给出的，因为通过阅读如下的详细描述可以看出，在本发明的精神和范围内所作的各种改变和改进对于本领域的普通技术人员来说，是显而易见的。
20

25 附图说明

从下文展示的优选实施例的详细描述、和只是为了说明而给出的和不是打算限制本发明的附图中，可以获得对本发明的全面理解，在附图中：

- 图1说明了一种用于管理气或油储层的现有方法；
- 图2说明了图1的制订计划方块11的详细结构；
- 30 图3说明了图2的制订计划方块的方块24的可替代结构；
- 图4说明了一种根据本发明的原理的、用于管理气或油储层的、与图1

的现有方法相对新的和新颖的方法；

图 5 说明了图 4 的操作 / 监视方块 44 的详细结构；

图 6 说明了图 4 的储层监视数据吸收和更新方块 45 的详细结构；

图 7 包括由“数值预报模型”判断三角形分开的上半部分和下半部分，

5 图 7 的上半部分说明了图 4 的“初始储层特性描述”方块 41 的详细结构，
和图 7 的下半部分说明了图 4 的“生成初始储层开发计划”方块 42 的详细
结构；

图 8 说明了图 7 的数据获取、QC、和分析方块的详细结构；

图 9A 和 9B 说明了图 7 的初步工程设计方块的详细结构；

10 图 10A 和 10B 说明了图 7 中建立地质模型方块的详细结构；

图 11A 和 11B 说明了图 7 中数值模型研究方块的详细结构；

图 12A 和 12B 说明了图 7 中解析模型研究方块的详细结构；

图 13A 和 13B 说明了图 7 中生产和储量预报方块的详细结构；

图 14A 和 14B 说明了图 7 中设施要求方块的详细结构；

15 图 15A 和 15B 说明了图 7 中环境考虑方块的详细结构；和

图 16A 和 16B 说明了图 7 中经济情况和风险分析方块的详细结构。

具体实施方式

参照图 1，说明一种用于管理气或油储层的现有方法（如在后面参考文

20 献部分中引用的 Satter 和 Thakur 的书籍中阐述的）。图 1 显示了包括储层
管理的一系列关键步骤。这些步骤包括：设定战略 10、制订计划 11、实施
12、监视 13、评估 14、性能与计划匹配 16、修正 15、和完成 17。下面详
细讨论这些步骤的每一步或图 1 的每个方块。

设定战略，方块 10

25 在图 1 中，从方块 10 中的设定战略步骤开始处理，在这个步骤中设定
管理储层的短期和长期战略或目标。这包括审查：如一般根据地震记录信息
确定的储层特性的关键元素、储层的总体环境、和开发储层的可用技术。尽
管你可能没有一个固定的战略，但是在你心中可能拥有几个可选择战略。这
些可选择战略的每一个将被设计成达到单个目标：每天从特定储层中生产特
30 定桶数或百万立方英尺的油或气。另外，你还可能拥有达到上述生产速率的
具体进度表。

制订计划 - 方块 11

在图 1 中，在制订计划方块 11 中，准备制订储层开发计划。这包括把与储层有关的各种可获得数据（诸如，地震数据、钻井日志、岩芯样品、地质信息、生产数据）综合在一起，和为未来储层管理制订完整的技术计划。

- 5 与这个制订计划方块 11 联系在一起，你将获得与特定资源或正在评估的储层有关的任何可用信息，把可从模拟系统中获得的数据补充到该信息中，为的是根据在“设定战略”方块 10 期间设定的战略，制订代表开发那个特定资源的计划的综合“开发计划”。

实施 - 方块 12

- 10 在方块 12 的实施步骤中，实施上述“开发计划”。这个“实施步骤”包括设计和钻探新井，设定井流速、或进行修井作业，譬如，水泥挤压处理、酸化处理、压裂处理、凝胶处理、和管式修理，这些在现有技术中都是已知的。在“实施步骤”期间，你将走到现场去，采取建立将使你的战略能够得以实现的处理设施、井身、运输设施所需的任何行动。

15 监视 - 方块 13 和评估 - 方块 14

- 随着在方块 12 的实施步骤期间，把开发计划付诸实施，在方块 13 的监视步骤期间获取和收集新数据，并且，在数据收集步骤之后，在方块 14 的评估步骤期间继续重新评估储层开发计划。无论什么时候钻探新井身，或无论什么时候把一些新的东西加入储层中，都要获取与储层的特性有关的更多信息。监视步骤 - 方块 13 在早期阶段是非常重要的，因为这正是作出重要投资决定和如何有效使用你的资金的时候。在评估步骤 - 方块 14 期间，接收在方块 13 的监视步骤期间获得的数据，并且尝试“把所有数据捆绑在一起”。也就是说，为了获得储层看起来像什么的图像，或确定储层的特性，吸收所有接收数据和“把”它们“捆绑在一起”。例如，在方块 14 的评估步骤期间，我们会问：“我们如何使我们的井如何工作与已经从包括地震、井身、完井工程师、和生产性测试的其它来源获得的所有其它信息相协调？”。

性能与计划匹配 - 判断三角形方块 16

- 在图 1 中，如果最终储层性能不再与储层“开发计划”相一致，或者，当其它条件发生改变时，作出判断，通过方块 15 的修正步骤返回到方块 11 的早期制订计划步骤，以便修正和重新建立新的储层“开发计划”。因此，从“性能与计划匹配”判断三角形方块 16 输出的是“否”。更明确地说，在

方块 14 的评估步骤之后，检查原“开发计划”。根据原开发计划，我们需要采取某些行动，以便实现我们每天从储层中获取第一桶数油或气的战略。但是，储层实际上每天从储层中生产第二桶数油或气，这不等于每天第一桶数油或气。在已经获得有关储层的一组新信息之后，我们如何对那些新信息加以考虑，改变原开发计划？也就是说，当对那些新数据或信息加以评估时，需要定出与在原开发计划中陈述的原开发不同的、储层的新开发。因此，必须修正原开发计划，以便形成新开发计划，使新开发计划可以与新数据或信息相协调。换句话说，尽管储层本身决不会发生改变，但是，你对储层的解释改变了。当在储层中钻前三口井时，你对那个储层的特性的理解（即，那个储层看起来像什么）无疑没有以后当你钻更多的井、对储层进行许多地震测试、和获得更多刻划储层的数据时，对那个储层的特性的理解那么多。因此，当获得与储层的特性有关的更多数据、知识和理解时，必须据此修正那个储层的开发计划。

因此，在图 1 中，从“性能与计划匹配”判断三角形方块 16 输出的是“否”，和执行方块 15 的“修正”步骤，以便修正原开发计划，形成新开发计划。

完成 - 方块 17

以后，如果在方块 14 的评估步骤期间评估的任何更进一步的新数据或信息与新开发计划相匹配，那么，到达方块 17 的“完成”步骤。也就是说，在方块 17 的完成步骤期间，储层已经耗尽了，因此，最终放弃这个储层。这些方块的每一个都可能包括数量相当大的工作和行动。在引用的‘Satter’参考文献中可以找到那些工作和行动的一些细节。但是，建议在储层行将就木之前，不要到达方块 17 的“完成”步骤。也就是说，在耗尽和放弃储层之前，在储层区域的整个生产寿命期间重复经过图 1 中的环路（由判断三角形 16、修正步骤 15、和包括方块 11、12、13、14 和 16 在内的环路的其它步骤组成）许多次。

参照图 2，说明在制订图 1 的制订计划方块 11 所示的储层开发计划过程中所涉及的现有技术步骤。

在图 2 的“开发和耗减战略”方块 20 中，首先确定在制订储层开发计划过程中实现总体战略的步骤。储层开发计划的最重要方面是通过现有技术中众所周知的可应用一级、二级和改进的采油方法，处理储层的耗减，使采

油量达到最大的战略。这些战略取决于储层一生中的各个阶段。当最初发现储层时，诸如井数、井距、和开采方法之类的问题是最重要的问题。一旦了解了储层耗减机制，如果认为有必要，需要研究二级和三级开采方法。因此，方块 20 的开发和耗减战略不仅与储层区域的大小相联系，而且与该区域实 5 在在地处在什么地方、该地区的政治稳定性、和与储层区域所处的位置有关的任何环境问题等相联系。

在图 2 的“环境考虑”方块 21 中，采取与储层区域所处的地区的环境有关的数据，以便确定制订储层开发计划所需的步骤。这些“环境考虑”包括：(1) 生态考虑；和 (2) 必须遵守的任何联邦和 / 或州政府和管理机构 10 法令法规。例如，如果储层要求把水注入井中，而井却处在多山地区，将环境与政府对水资源的严格控制结合在一起考虑就会影响适用于特定储层区域的战略。

在图 2 的“数据获取和分析”方块 22 中，获取和分析初始储层数据。这个初始储层数据是从如下来源获得的：地震数据、钻井日志、岩芯数据、 15 有关储层地点的地质信息、通过在储层中进行井测试获得的流体样品的分析、和在在储层附近勘探期间获得的其它地质或地球物理和其它信息。在储层的早期阶段，用来自外来源的数据补充从储层收集的数据。但是，随着把开发计划付诸实施，你有机会从新井或开始生产的井中收集到越来越多的数据。当开发计划与储层区域中井身的预定生产速率相符时，收集的刻划储层 20 区域的数据包括地震和井身解释、压力测量结果、和生产速率测量数据。某些时候，必须建立单个资产数据库，它包含和存储在储层区域的整个生产寿命期间，在储层中进行的测量获得的所有数据。

在图 2 的“建立地质模型”方块 23 中，在图 2 的“建立地质模型”方块 23 中把执行图 2 中方块 20、21 和 22 的步骤期间已经获得的所有上述数据综合和组合在一起，以便建立储层的结构和地层地质模型。储层的地质模型是从从岩芯、地震和航行测量中获得的‘信息’中推算出来的。但是，通过应用已知的概念，譬如，沉积环境、顺序色层分离、地壳运动、和岩化作用等，扩充那些‘信息’。承担方块 23 的建立地质模型是为了描述储层的特性（即，描述或弄清储层看起来像什么）。例如，岩石学家查看岩芯分析数据和钻井日志，解释诸如多孔性之类的特性和水油饱和特性概况，地质力学家查看储层中地质力学的作用力，和地质学家查看储层中的岩芯样品等。初 30

步工程设计阶段（参见图 7）使从储层中获得的性能数据与岩石学家解密的储层的特性相协调。其目的是生成容纳所有可获得数据源的储层的协调模型。

在图 2 的“数值模型研究”方块 25 中，然后，把在方块 23 中准备的储层的地质模型用在数值模型研究方块 25 中，以便准备用于估计油和 / 或气在储层中的分布和它的开采潜力的储层的数值流动模型。回想一下岩石学家、地质学家和地质力学家每一位对数据的解释，和每一位对作为“数值模型研究”的基础的储层描述的贡献。岩石学家贡献了井身数据的解释。地质学家接收这个井身数据，利用他在沉积环境和地震解释方面的知识，确定这些特性如何分布在在整个‘三维储层描述’中的。然后，把这个‘三维储层描述’（基本上是特性描述）作为‘输入数据’引入“数值模型研究”方块 25 中。然后，方块 25 的数值模型研究对这个特性描述作出响应，构造由代表储层的离散部分的许多网格块组成的数值流动模型。实际上，网格系统重叠在上述‘三维储层描述’上（下文称为“模型”）。然后，把代表储层的那个特定部分的特定的一组特性指定给重叠在‘三维储层描述’的网格系统的每个方块。然后，把已经在储层中钻出的井身装入模型中。然后，在‘历史匹配’测试过程中，通过对储层的一组历史数据作出响应，测试这个模型。如果模型响应与该区域中的观察结果不同，那么，你必须通过叠代的方法调整那个模型的描述，以便使那个模型最终将再现过去在该储层中已经发生过的事情。这时，我们拥有了“历史匹配储层模型”。然后，把“历史匹配储层模型”作为‘输入数据’用于图 2 的“生产和储量预报”方块 26。

在图 2 的“生产和储量预报”方块 26 中，根据为从方块 25 中的‘数值模型研究’中获得的‘历史匹配储层模型’所固有的信息，在图 2 的“生产和储量预报”方块 26 中模拟未来生产速率。众所周知的物料平衡、测量体积、统计方法（例如，衰减曲线分析）、混合、和其它改进的采油数值储层模拟器是用于这种目标的一些工具。根据‘历史匹配储层模型’，做如下事情：概念性地设计开发计划和建立模型中的约束。在识别了模型中的约束之后，在特定耗减计划下利用‘生产预报’代表‘储层的性能’的模型生成‘生产预报’。然后，查看利用模型获得的‘储层的性能’，并且确定性能不完善的地方（例如，总生产速率可能下降得太快）。此时，可能存在应该加以检查的十个或十二个不同的可选择战略。从这十个或十二个可选择战略中，识

别出最有希望的上述十个或十二个战略中的一个或二个，并且把注意力集中在这一或二个战略上。然后，查看用于优化实现与这一或二个战略相联系的开发计划的细节的方式。这些‘生产预报和它们相关的投资计划’是运行图 2 中“设施要求”-方块 27 的基础。

5 在图 2 的“设施要求”方块 27 中，在“设施要求”方块 27 中需要‘生产预报和相关投资计划’（即，未来生产速率信息）来建立有形工厂设备的必要条件，譬如（但不限于），从储层中生产油和/或气所需的井下和地面输送管、泵、分离器、净化器、和地面存储设备。因此，从上述‘生产预报和相关投资计划’信息中，可以知道你必须能够管理的体积，还可以知道压力水平。这样，也就知道了这些特定体积和压力水平所需的设施。
10

在图 2 的“经济优化”方块 28 中，分析从前面那些方块中获得的或推算出来的信息，以便优化从储层中得到的未来经济回报。也就是说，“经济优化”涉及到对于特定的资源或储层区域，决定哪一种开发战略最适合于你公司的总体战略的过程。一般说来，多生产一桶的相关生产成本越高，给定
15 储层的开采效率也越高。因此，经济优化的过程涉及到如下考虑事项：公司的资金来源是什么？这是否是核心资产？这是否是为其它资产形成现金流的现金源（cash cow）？什么样的过程满足你的最低回报率要求？什么东西对油价最敏感？和与经济优化联系在一起的是风险的考虑事项（即，如果储层的真正体积只有我们认为的那个储层的体积的 75%，怎么办？）。

20 在图 2 的“优化开发计划”方块 29 中，把来自方块 28 的优化经济信息表达成要用于管理部门审查和批准，然后用于储层开发的开发计划。然后，由区域或储层工作队实施经批准的开发计划。也就是说，在对各种可选择耗减方案进行了上述风险分析和经济预测之后，为每种开发情况绘制展示必须加以考虑的附加考虑事项的一系列图表。例如，一个这样的附加考虑事项也
25 许是“通过开采和生产较少的油，使你的净现值达到最大”。因此，这些附加考虑事项叠加在上述与“经济优化”相联系的考虑事项上。此时，“储层开发计划”就完成了，现在，必须提交这个开发计划，让管理部门批准。

在图 2 的“管理部门批准”方块 30 中，管理部门仔细地审查和批准在前面步骤中构造的上述“储层开发计划”，和工作人员现在可以开始从储层中提取油或气了。如果对储层开发计划的修正得到批准，那么，重复上述从方块 20 到方块 28 的步骤，以便得出经修正的优化储层开发计划，供管理部
30

门重新审查。

在图 2 中，尽管如顺序执行的那样说明了方块 25 到方块 28 的步骤，但是，按照 Scatter 的参考文献，往往也并行地或重叠地执行它们。这种情况的一个例子由图 2 中由虚线方块 24 围起来的方块 25 到方块 28 所陈列的一组活动组成。列在几乎在这个详细描述的最后的参考文献部分中的 Currie、Bittencourt、Beckner 和 Zakirov 的论文描述了实现步骤 25 到 28 的一系列迭代步骤。

参照图 3，说明图 2 的方块 24 的不同结构。在图 3 中，方块 24A 代表与图 2 中方块 24 的结构不同的结构。在图 2 中，方块 24 说明了从一个方块 10 引向另一个方块的级联线性过程。然而，在图 3 中，方块 24A 说明了重叠过程。也就是说，图 3 的方块 24A 说明了在管理油或气储层的过程中，以非顺序方式执行一些步骤的另一种形式现有方法。图 3 的方块 24A 中的在顺序步骤将取代图 2 的方块 24 中的顺序步骤。

在图 3，即方块 24A 中，地质模型 23 流入方块 31 的流体流动模拟器，15 方块 31 的流体流动模拟器含有施加在上面的一系列约束，即方块 32。假设流体流动模拟器 31 已经校准好了，或者已经进行了历史匹配。因此，把约束 32 作为输入的流体流动模拟器 32 将生成生产预报，即方块 34。生产预报还包括：已经装入的设施、已经钻探的井、和相关的资本和运行成本，这些以后都流入建立经济模型软件包，即方块 35。根据建立经济模型软件包 20 35，在优化准则方块 36 中，检查从建立经济模型软件包 35 获得的结果，以确定通过经济方法进行的那种情况如何与你选择经济过程（它可能包括现值、回报率、或两者的组合、和风险）的准则相抵触。根据优化准则方块 36，你将提供在优化方法 37 中改变开发计划的方法。必须考虑某些判断变量，即方块 33。此时，我们重新进入流体流动模拟器 31，进行新的预报，和重 25 复整个过程。从地质描述的角度来看，图 3 更好地显示了在储层的地质描述与开发计划的最后形成之间的活动。

在图 3 中，与图 2 中的方块 24 一样，方块 24A 拥有来源于建立地质模型方块 23 的输入，和方块 24A 把输出提供给优化开发计划方块 29。在建立地质模型方块 23 中制订的、储层的地质模型与两个其它输入一道输入‘流 30 体流动模拟器’方块 31。来自‘流体流动模拟器’方块 31 的输出代表计算的储层的流动模拟结果。到方块 31 的其它输入之一是与源自‘约束’方块

32 的、涉及储层的物理约束有关的信息，譬如，现有的或计划的地而收集
5 网络的流量。到方块 31 的最后一个输入是如‘判断变量’方块 33 中的一组
判断变量或参数所表达的、有关如何管理储层的一组假设。方块 33 的‘判
断变量’是包括下列的开发方案：有关未来开发钻探程序的细节（譬如，井
10 部位）、要钻探的井的总数、钻探顺序、垂直-水平方位、和设施设计准则。
设施设计准则将包括，例如，油、气和水收集和管理设施的规模。将‘流体
流动模拟器’方块 31 计算的流动模拟结果输入‘推算的生产预报’方块 34，
15 ‘推算的生产预报’方块 34 利用它和来自方块 32 和 33 的、在前段中描述
过的所有信息，为每种开发方案推算可能的或假设的井和储层生产预报。在
‘建立经济模型’方块 35 中评估从方块 34 中输出的、作为结果的一族生产
20 预报。‘建立经济模型’方块 35 利用建立经济模型过程评估作为结果的一族
生产预报，除了别的之外，还为每个开发方案计算储层的净现值和有开采价
值的总储量。把在方块 35 导出的建立经济模型信息输入‘优化准则’方块
25 36，在‘优化准则’方块 36 中选择要用于优化储层开发计划的准则。在‘优
化方法’方块 37 中，优化过程确定优化储层管理方案、相应的判断变量、
最恰当开发计划、和相关的一组设施要求。在实现优化之后（无论如何在方
块 31 到方块 37 内有必要重复处理许多次），把优化的储层管理方案和其它
15 信息输出到‘优化开发计划’方块 29，在‘优化开发计划’方块 29 中把优化
信息与开发计划相联系和相对应。把那个开发计划提交给管理部门，由管
理部门审查和批准，然后，将它用于在特定储层的开发过程中所有其它众所
周知的活动。

参照图 4，说明一种根据本发明的原理的、用于管理气或油储层的、新的
20 和新颖的方法。图 4 所示的管理气或油储层的新的和新颖的方法是图 1 所
示的管理气或油储层的现有方法的改进。

25 在图 4 中，现在转到描述本发明，本发明包括用于管理液体（例如，油）
或气体储层的、如下面参照图 4 所述的新颖方法。这种新颖方法为了获得对
不同类型测量中获得的不同类型数据（下文称之为‘不同数据’），管理液体和／或气
体储层。在不断吸收上述‘不同数据’期间和作为不断吸收上述‘不同数据’
30 的结果，生成不断更新的储层开发计划。不断更新的开发计划导致下面参照
图 5 到 16 所述的储层资源被不断优化。

上述‘不同数据’包括以不同速率获取的数据，‘不同数据’的范围从‘定时测量结果’到‘连续测量结果’，‘连续测量结果’生成用现有技术中已知的永久性安装的数据获取系统获取的数据流。‘不同数据’在空间有效区上的范围从‘井／地面局部监视数据’到‘储层尺度全局监视测量结果’。

5 ‘井／地面局部监视数据’的例子包括：(1) 在重新进入套管测井期间生成的数据、和(2) 通过常设压力计和位于套管井内外的储层评估传感器测量的数据。在这个详细描述后面的参考文献部分中引用的 Baker、Babour、Tubel、Johnson、Bussear 和其它人的参考文献阐述了这些专用井和地面局部监视数据获取方法和设备。‘储层尺度全局监视测量结果’(即，在空间上更宽广的储层监视测量结果)的例子包括：(1) 定时或 4D 地震勘测、(2) 重力测定、和(3) 深读／整个井电和声储层测量。在参考文献部分中引用的 Pedersen、Babour、He 和其它人的参考文献阐述的这些专用储层监视测量方法和设备。

15 工业不断面临着确定如何吸收数量越来越多的刻划或表示储层的‘不同数据’的输入流的挑战。有必要吸收‘不同数据’，以便：(1) 更新储层特性的空间分布的估计；(2) 更新储层中的碳氢化合物饱和度和压力分布；然后，
20 (3) 据此，在出自现有开发实施方案的约束下，修正相应的储层开发计划。由于与‘不同数据’相联系的大量输入数据流往往包括时间尺度和有效区的空间尺度的混合，因此，这尤为富有挑战性。在引用的 Satter 参考文献和其它引用的相关出版物和参考文献中展示的储层管理方法不足以吸收不同组数的井和储层‘不同数据’。

图 4 说明了根据本发明的、用于系统性地吸收‘不同数据’(即，从特定储层收集的不同类型测量数据)的数个有序步骤的一般方块图。为了如下目的，需要系统性地吸收‘不同数据’：(1) 改进我们对特定储层的理解；(2)
25 生成与特定储层对应的不断更新的开发计划；和(3) 为了响应不断更新的开发计划，优化与特定储层相联系的若干资源，在预先建立的约束内，实施不断改变的计划，

30 在图 4 中，用于吸收具有不同获取时间尺度和有效区空间尺度的‘不同数据’的、如图 4 所示的新颖储层优化方法基本上不同于在现有技术中阐述的储层管理实践。也就是说，根据本发明的一个特征，图 4 所示的新储层优化方法包括如图 5 详细显示的、局部(“井-局部评估”)和全局(“区域-

储层评估”）数据吸收的并行执行。

在图 1 中，图 1 的‘制订计划’方块 11 包括图 4 的‘初始储层特性描述’方块 41 和图 4 的‘生成初始储层开发计划’方块 42。

在图 4 中，从与‘生成初始储层开发计划’方块 42 可操作地相连接的 5 ‘初始储层特性描述’方块 41 开始处理。在‘初始储层特性描述’方块 41 中，进行导致储层模型生成的初始储层特性描述。‘初始储层特性描述’方块 41 的总体功能类似于由图 2 中‘数据获取和分析’方块 22 和‘建立地质模型’方块 23 执行的总体功能。但是，根据本发明的另一个特征，‘初始储层特性描述’方块 41 进行初始储层特性描述的新的和新颖的方法将在下面 10 参照附图的图 7、8、9 和 10 加以详细讨论。

在‘生成初始储层开发计划’方块 42 中，利用获取的和收集的数据生成初始储层开发计划。另外，在方块 42 中，还建立储层的初始生产预报和初始经济情况分析报告。‘生成初始储层开发计划’方块 42 的总体功能一般说来与图 2 中方块 25 到 28 执行的总体功能类似。但是，根据本发明的另一个特征，‘生成初始储层开发计划’方块 42 利用获取的数据生成初始储层开发计划和建立储层的初始生产预报和初始经济情况分析报告的新的和新颖的方法将在下面参照附图的图 7、11、12、13、14、15 和 16 加以详细讨论。 15

因此，根据本发明的另一个特征，‘初始储层特性描述’方块 41 的详细结构和‘生成初始储层开发计划’方块 42 的详细结构将在下面参照附图的图 20 7 到 16 加以讨论。

在图 4 中，在图 4 中的下一个步骤是‘不断推进投资计划’方块 43。这个步骤一般说来与图 1 中现有技术的‘实施’方块 12 执行的步骤相似，并且，它包括诸如设计、钻探和完成井、和建造地面设施之类的活动。在‘不断推进投资计划’方块 43 中我们已经完成了储层特性描述和生成该区域的 25 开发计划的过程。但是，我们认识到，仍有一些未解决的不确定因素。随着储层区域越来越年久，和我们钻的井越来越多，不确定因素的数量发生实质性变化。但是，如果我们处在储层区域开发的早期阶段，储层开发计划将受到最初少数几口开采井的成功钻探和生产的严重影响。对于要求钻探，例如，60 口井的开发计划，最初的预算可能只要求钻探那些井当中的 10 口。因此， 30 这个过程要求根据开发计划，不断推进投资，与此同时，还要认识到，你可能需要调整那个开发计划。

在图 4 中，接下来的两个步骤包括‘操作 / 监视’方块 44 和‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45，它们的每一个分别在图 5 和 6 中被展开。在图 4 中，通过在‘不断推进投资计划’方块 43 中推进投资计划，在‘操作 / 监视’方块 44 中的操作和监视步骤期间获得更多的数据和更多的信息。
5 另外，出自‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45 中的储层监视、数据吸收和模型更新步骤的信息循环回到‘不断推进投资计划’方块 43 的输入端。其结果是，建立起来的任何新解释以后可能影响你继续推进你的开发计划的速度。例如，如果你的初始开发计划要求第一年在储层区域中钻 10 口井，然后，第二年钻另外的 20 多口井，那么，从最初 10 口井的钻探中获得的结果可能会改变你的初始开发计划。例如，不是像在初始开发计划中所要求的那样第二年钻另外的 20 多口井，而是你可能重写开发计划，要求只钻探 20 口井当中的 8 口，然后，另外还运行 3D 地震勘测程序。

10 在图 4 的‘操作 / 监视’方块 44 中，通过天天操作计划管理天天现场操作，天天操作计划包括要进行的井身和地面操作，譬如，井节流设置、和干涉和修井操作。天天操作计划是通过把长期开发计划转换成满足一组关键性性能指示符的一系列天天操作得出的。另外，在方块 44 中，有必要利用来自‘高频率监视数据’方块 62 的高频率监视数据持续监视储层性能，以确定储层性能是否正与储层开发计划相一致。

15 在‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45 中，利用来自‘低频率监视数据’方块 68 的低频率监视数据测量不同的储层性能。高频率监视数据和低频率监视数据两者被吸收进来，用于确定是否应该更新储层模型。如果判断需要更新储层模型，那么，以后据此更新储层模型。

20 在图 4 中，参照方块 43、44、和 45，有两件与上面参照方块 43、44、和 45 描述的新颖方法有关的事情值得注意。第一，各不相同地管理以非常不同的采取速率收集的数据。与管理以较低采样速率获得的获取数据（即，低频率储层监视数据 68），譬如来自定时地震勘测的数据不同地管理以快速采样速率获得的获取数据（即，高频率监视数据 62），譬如，来自井身和地面常设压力计、温度传感器、和流速测量设备的数据。第二，各不相同地管理利用差异非常大的空间有效区获取的数据。也就是说，与管理与储层排放过程有关的获取数据（例如，定时地震勘测、重力测定、深探储层电数据）不同地管理与井身和地面碳氢化合物输送系统有关的获取数据（例如，压力

和生产数据)。

该方法由方块 43、44 和 45 执行的步骤是根据本发明的原理，在图 1 中的‘实施’方块 12、监视方块 13、和评估方块 14 执行的步骤的基础上新拓展的。

5 在现有技术中，储层的性能得到监视，但是获取数据被不经常地吸收到模型描述和开发计划中，以改变长期储层开发计划。根据长期开发计划，仅仅每月一次、每季度一次、每半年一次、或甚至更长时间一次对设备和抽出速率加以改变。反之，根据本发明的原理，不仅可以不经常地监视储层的性能，以产生低频率监视数据(图 4 中的方块 68)，而且可以经常地监视储层
10 的性能，以产生高频率监视数据(图 4 中的方块 62)。

在图 6 中，存在着储层开发计划和天天操作计划两者。低频率储层监视数据和高频率储层监视数据两者都用于在图 6 的‘更新生产预报和经济情况分析报告’方块 66 和图 6 的‘更新储层开发计划’方块 67 中不断更新储层开发计划，并且，根据这个更新了的储层开发计划，还可以不断更新天天操作计划。结果是更好地使从储层生产的气和/或油达到最大的更综合方法。
15

上面详述了高频率监视数据 - 方块 62 和低频率监视数据 - 方块 68 的示范性来源。

参照图 5 和 6，先参照图 5，下面参照图 5 讨论在图 4 的‘操作 / 监视’方块 44 中执行的有序步骤。另外，在图 6 中，下面参照图 6 讨论图 4 的‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45 执行的有序步骤。
20

在图 5 中，说明了在图 4 的‘操作 / 监视’方块 44 中表示的有序步骤的更详细展开。如图 5 所示，有四个主要有序步骤构成操作 / 监视方块 44。这些步骤被显示成方块 51、52、53 和 47。

在图 5 中，在操作 / 监视’方块 44 中的第一主要步骤是‘设定关键性
25 性能指示符和天天操作计划’方块 51。关键性性能指示符可以包括，例如，由单井或若干口井用于油和/或气输送的目标、和到输送点的地面管路网络。

在图 5 中，如‘审查计划’方块 52 所表示的，在操作 / 监视’方块 44 中的第二主要步骤是经常地和周期性地(例如，每天或每星期)审查关键性
30 性能指示符，和定义和更新相关的天天操作计划。周期性地对关键性性能指示符进行评估，以确定它们是否符合，也就是说，确定当前储层碳氢化合物

生产速率是否与计划的生产水平相符合。如果不相符合，更新天天操作计划（例如，干涉和纠正限制一口或多口井产量的生产问题），然后，重复整个循环。天天操作计划是通过把储层开发计划转换成为满足在‘设定关键性性能指示符和天天操作计划’方块 51 中定义的一组关键性性能指示符而设计的一系列天天操作得出的。天天操作计划可以包括，例如，(a) 酸化或压裂修井操作，以提高井的生产速率；(b) 水泥挤压、凝胶注入、或重新打孔，以改变井身与不同储层之间的连通性；(c) 为了改善排放，平衡 5-点或 9-点注入排出速率；(d) 调整井下流速；和 / 或 (e) 利用智能完成系统，在井口上和在地面上调整收集系统设置，智能完成系统包括一套装入完井(well completion) 内部的流动控制设备。在列在这个详细描述后面的参考文献部分中的、诸如 Tube1 的引用现有技术参考文献中阐述了这些专用技术 (a) – (d)。

在图 5 中，在操作 / 监视’ 方块 44 中的第三主要步骤是不断执行如‘执行计划’ 方块 53 所表示的当前修正天天操作计划，和以优化方式从储层中 15 抽取碳氢化合物。

在图 5 中，在操作 / 监视’ 方块 44 中的第四主要步骤是监视井输送数据和吸收通过在‘井监视、数据吸收’ 方块 47 中执行的步骤获得的数据。为了保证短期关键性性能指示符得到满足，和调整天天操作计划，以满足短期关键性性能指示符，通过现有技术中众所周知的数种类型监视设备监视来自储层中不同井的油和 / 或气输送速率。然后，在井监视、数据吸收’ 方块 20 47 中处理数据，以确定短期关键性性能指示符是否得到满足，和如有必要，调整天天操作计划，以满足那些关键性性能指示符。为此，首先在图 5 的‘获取和积累数据， QC’ 方块 54 中获取、积累、和质量检验来自井的高频率监视数据（参见‘高频率监视数据’ 方块 62）。“高频率监视数据”通常是指 25 地面压力和来自每口井的油-水-气流速的读数，它们是利用众所周知的压力计、温度传感器、流速测量设备和分离器测量的。‘高频率监视数据’以两种极为不同方式用于在‘获取和积累数据， QC’ 方块 54 中执行的处理中。在与下面的每一种有关的如下段落中描述了这两种不同使用：(a) 在‘井-局部评估’ 方块 55 中评估一个地区中的一口“定域”或单井，或局部 / 几 30 口井；和 (b) 在‘区域 - 储层评估’ 方块 58 中评估整个区域或储层。

在图 5 中，在‘井 - 局部评估’ 方块 55 中完成评估一口单井或局部 /

几口井的步骤。为了在这个过程中完成这个步骤，在‘审查趋势和井 - 局部性能’方块 56 中，在单井或局部 / 几口井性能的情况下，首先生成积累和检验高频率监视数据的趋势，然后审查生成的积累和检验高频率监视数据的趋势。这包括，例如，审查用于指示单井或几口井满足生产潜力的程度的井底孔和表面流动压力和多相流速等。这样的数据提供了各种诊断信息，包括在产油地带中水和 / 或气穿透、在不同层中不同压力下降、和在井身附近妨碍流体移动的表层堆积。包括在这个评估中的还有分析来自处在套管内外的‘现场’储层形成评估传感器的数据，譬如，一排电阻性电极监视井套管后面形成水的移动。这种电阻性排列在引用的 Babour 文献有所描述。

10 在图 5 中，然后，在‘核实和 / 或更新井 - 局部模型和计划’方块 57 中核实和 / 或更新单井或局部 / 几口井生产模型。更新井或局部储层模型，以便把井周围油、气和水饱和分布的最新测量，以及对井身表层因素、存储、和由不均匀压力下降显露的连通结构的更好理解包含进来。

15 在图 5 中，在‘审查趋势和区域 - 储层性能’方块 59 中完成评估整个区域或储层的步骤。为了在这个过程中完成这个步骤，在‘审查趋势和区域 - 储层性能’方块 59 中，在区域或储层性能的情况下，首先生成来自‘高频率监视数据’方块 62 的高频率数据的趋势，然后审查生成的来自‘高频率监视数据’方块 62 的高频率数据的趋势。这包括指示在生产期间储层或储层的一个分区正排放到什么程度的井底和表面闭井压力和 / 或瞬时测试响应、和多相流速等。

20 在图 5 中，然后，在‘核实 / 更新区域 - 储层模型’方块 60 中核实整个区域或储层模型。可以观测到整个区域 - 储层模型与区域储层性能之间的差异，譬如，在整个储层中和 / 或在储层带之间不同的饱和分布和 / 或不同的压力分布，这暗示着应该更新储层模型和 / 或储层开发计划。

25 在图 5 中，根据在‘区域 - 储层评估’方块 58 中的评估结果，可以判断更新储层开发计划和 / 或考虑获取另外的低频率储层监视数据。这是在图 5 的‘更新储层开发计划或考虑获取新的位速率储层监视数据’判断三角形 61 中完成的。例如，如果发现压力在整个储层中以不均匀的方式下降，这暗示着需要另外插补钻探的未排放储层隔区的密封出了问题，因此，可能需要修正储层开发计划。或者，如果自从获取了最后的储层监视数据（例如，定时地震勘测）之后，已经经过了足够长的时间，那么，可以考虑另外的 /

新的低频率储层监视数据，并且需要重新调查。如果作出判断，更新储层开发计划或考虑获取新的储层监视数据，那么，过程进入图 4 中的‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45，它的详细步骤将参照图 6 加以描述。如果作出判断，不更新储层开发计划或考虑获取新的储层监视数据，那么，过程 5 进入图 4 中的‘不断推进投资计划’方块 43。

如图 4 所示，在重新执行图 5 的‘设定关键性性能指示符’方块 51 中的步骤的‘操作 / 监视’方块 44 中再次被处理，以保证短期储层管理操作目标得到满足之前，从‘操作 / 监视’方块 44 输出的结果可以继续循环回到在其中要重新处理的‘不断推进投资计划’方块 43 的输入端。当在图 5 10 的判断方块 61 中肯定地判断，更新储层开发计划或考虑获取新的储层监视数据时，过程移动到如图 4 的‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45 中的多个步骤所示的，不那么经常的、低频率（例如，每月或每年）更新活动，这里将参照图 6 描述图 4 的‘储层监视、数据吸收和模型更新’方块 45 的详细步骤。

15 在图 6 中，在两种情况下进入图 6 所示的分析处理步骤。一种情况是，来自方块 62 的和在图 5 的方块 54 和 58 中处理过的高频率储层监视数据已经表明，需要修正储层模型和相伴的储层开发计划，另一种情况是，考虑获取新的低频率储层监视数据是适当的。于是，在‘考虑新数据’判断三角形 49 中作出判断，是否考虑获取新的低频率（非经常）储层监视数据。这个 20 低频率监视数据包括，例如，定时地震勘测、诸如深读垂直地震概况之类的穿过套管井眼数据、重力测定、声成像、和诸如电阻之类的穿过井或套管后常读监视测量。如前所述，在引用的 Babour 参考文献中描述了电阻测量。

在图 6 中，如果在‘考虑新数据’判断三角形 49 中作出的判断是‘是’，那么，第一步是在‘灵敏度分析、调查初步设计’方块 69 中进行研究。在 25 方块 69 中的处理步骤的目的首先是，在消耗资源拟定和执行储层监视操作之前，保证测量应该能带来所需信息。具体地说，用数字模拟定时储层监视系统，以便推算出如果加以实施，这样的系统可能会提供什么样的传感器测量结果。这个步骤使用户可以识别所期望的信号是否大到足以被检测到，和是否具有提供预期收益的潜力。在图 6 的方块 69 中的第二个目的是利用相同的建立储层监视数值模型过程，优化监视传感器硬件和数据获取系统的 30 设计。

在图 6 中，根据在方块 69 中的‘灵敏度分析调查和调查初步设计’，在‘继续’判断三角形 63 中作出判断，是否继续收集和分析低频率储层监视数据。如果在‘继续’判断三角形 63 中判断是‘否’，那么过程引向图 4 中的‘不断推进投资计划’方块 43。如果在‘继续’判断三角形 63 中判断是
5 ‘是’，那么过程引向标为‘QC、处理、直接解释’方块 64 的方块，‘QC、
处理、直接解释’方块 64 中，获得、检验、处理和解释获取的新低频率储
层监视数据，譬如，定时地震勘测或深读电测量结果。为了用于这个目的，
到这个步骤的输入是来自‘低频率监视数据’方块 68 的低频率（非经常）
储层监视数据。更具体地说，在方块 64 中，首先质量检验、处理和直接解
释低频率储层监视数据。对于地震勘测数据，这个活动类似于传统 3D 地震
勘测处理活动。对于电阻阵列测量，这个活动是通过，例如，数值求逆方法
对电数据的直接处理。在有利条件下，这个步骤的结果是储层的被探测部分
在数据获取的时间间隔内的“瞬像”或视图。储层的这个视图可以提供有关
储层中诸如油、水和气之类的流体的模式或空间分布的信息。在图 6 的方块
10 15 64 中的直接解释步骤可能需要使用存有的储层模型信息，例如，在图 4 的
‘初始储层特性描述’方块 41 中在特性描述期间生成的模型，或在图 6 的
‘更新储层模型和不确定因素’方块 65 中来自前迭代活动的更新模型。

在图 6 中，在某些情况下，在图 6 的方块 64 中直接解释步骤的结果本
身足以确定改善储层排放的机会，例如，通过定时地震勘测识别还没有排放
20 的断块，或者通过定时电测绘，识别含有未清除油的层。在这种情况下，过
程可以直接转入在图 6 的‘更新生产预报和经济情况分析报告’方块 66 中
进行的步骤，在‘更新储层开发计划’方块 67 中更新储层开发计划，以便
合并适当的计划，例如，钻探另外的井来排放断块之前，在‘更新生产预报
和经济情况分析报告’方块 66 中进行证明投资的经济情况分析。
25

在其它情况下，需要对来自‘低频率监视数据’方块 68 的数据进行更
高级的处理，以便在‘更新储层模型和不确定因素’方块 65 中更新与储层
特性的分布有关的模型和相关不确定因素。在非常不均匀的储层或多于一个
特性随时间而改变和获取多种数据测量类型的储层中，可能情况就是这样。
这描述在引用的‘Yu’参考文献中。在这种情况下，在‘更新储层模型和不
30 确定因素’方块 65 中，将处理过的来自‘QC、处理、直接解释’方块 64 的
低频率监视数据与包括来自图 5 中的方块 62 的‘高频率监视数据’在内的

所有其它可用储层信息组合在一起。可选地，可以从所示的‘考虑新数据’判断三角形 49 直接进入在‘更新储层模型和不确定因素’方块 65 中更新储层模型和相关不确定因素的活动。改变流体流动模拟器模型，通过如引用的 Guerillot、Stein 和 Wason 参考文献阐述的历史匹配，再现获取的储层生产数据。重新计算储层模拟器参数中的不确定程度，以解释新的储层测量结果。

在图 6 中，从‘更新储层模型和不确定因素’方块 65 产生的更新储层模型和不确定因素用于在图 4 的‘更新生产预报和经济情况分析报告’方块 66 中重新计算生产预报，然后，在‘更新储层开发计划’方块 67 中更新储层开发计划。这个过程的细节与前面参照图 3 描述的过程相似。

在图 4 和 6 中，来自图 6 中‘更新储层开发计划’方块 67 的‘输出’如下：周期性地更新的储层开发计划和储层性能的描述、不确定因素、和未来生产预报。如图 4 所示，图 6 的方块 67 的输出继续循环回到‘不断推进投资计划’方块 43 的输入端，以便继续执行方块 43 中的‘不断推进投资计划’步骤和方块 44 中的‘操作 / 监视’步骤。

因此，与已知的或在现有技术中阐述的任何情况都不同，为了更好地理解储层，系统地吸收了具有不同获取时间尺度和有效区空间尺度的‘不同数据’，从而，为储层资源的不断优化保证了不断更新的储层开发计划。

参照图 7，说明图 4 的‘初始储层特性描述’方块 41 的详细结构，和图 4 的‘生成初始储层开发计划’方块 42 的详细结构。

在图 7 中，根据本发明的另一个方面，图 1 的‘制订计划’方块 11 包括描述储层的‘初始储层特性描述’方块 41、‘数值预报模型’判断三角形 70、和‘生成初始储层开发计划’方块 42，‘生成初始储层开发计划’方块 42 生成提供开采储层中的资源的优化机会的开发计划（紧记那个储层的具体特性）。图 4 的‘初始储层特性描述’方块 41 包括如下方块：‘开发和耗减战略’方块 41a、‘综合研究目标’方块 41b、‘数据获取、QC、和分析’方块 41c、‘初步工程设计’方块 41d、和‘建立地质模型’方块 41e。把‘初步工程设计’方块 41d 和‘建立地质模型’方块 41e 的输出作为输入提供给‘数值预报模型’判断三角形 70。‘数值预报模型’判断三角形 70 的输出端可操作地与‘生成初始储层开发计划’方块 42 相连接。图 4 的‘生成初始储层开发计划’方块 42 包括如下方块：每个都与‘数值预报模型’判断

三角形 70 的输入端相连接的‘数值模型研究’方块 42a 和‘解析模型研究’方块 42b、‘生产和储量预报’方块 42c、‘环境考虑’方块 42d、和‘设施要求’方块 42e、‘经济情况和风险分析’方块 42f、和‘优化的开发计划’方块 42g。

5 在图 2 和 7 中，我们记得，图 2 代表制订开发计划的现有方法，和图 7 代表根据本发明的制订开发计划的方法。将图 2 和图 7 加以比较，根据本发明的另一个特征，显而易见，在图 7 和图 2 之间存在如下差异。

在图 7 中，在‘初始储层特性描述’方块 41 中，使‘初步工程设计’方块 41d 与‘建立地质模型’方块 41e 并行地进行，以便确定储层实际上看起来像什么的统一解释。也就是说，在努力核实地质科学小组根据静态数据（即，从钻井日志和地震勘测中在特定时间点上所得的测量结果）所作的解释的过程中，利用动态数据（井性能、生产和注入速率、储层压力）使方块 41d 与方块 41e 并行地进行。也就是说，在图 7 中，使方块 41d 与方块 41e 并行地进行（在我们建立第一个版本数值模拟器之前），以便使利用静态数据作出的地质科学解释与利用动态或性能相关数据作出的工程解释相协调。这不同于如图 2 所示的现有技术，因为，在图 2 中，在大多数情况下，线性步进式地实施现有技术，也就是说，在把那个解释交给储层工程师，让他们进行调整之前，以特定的顺序进行地质模型建立。

在图 7 中，‘初步工程设计’方块 41d 和‘建立地质模型’方块 41e 每一个都输入到标为“数值预报模型？”的判断三角形 70。判断三角形 70 询问：我想要利用严格的科学手段建造数值模拟器，以便生成生产预报吗（从三角形 70 输出的“是”）？或者，我想要利用各种标准解析方法（即，衰减曲线分析等）生成生产预报吗（从三角形 70 输出的“否”）？这个判断三角形 70 识别出，对于在某些地区的某些区域开发计划制订，取决于当时的开发阶段，你可以不全面研究整个模拟过程来制订开发计划。对于你只拥有有限数据、规模相对较小的资源，你可以找出以前已经开采了 15 年、拥有许多性能数据的相邻区域，和你必须要做的事情就是制订与你在相邻区域中看到的那类性能相匹配的开发计划。与其全面研究建造扩充模拟器的扩充过程来进行预报，倒不如我们可以先审查一下相邻区域，看看在那个区域的井运行得怎么样，作出与相邻区域相比能体现我们地质描述的独特特性的某些调整，为各种开发方案确定生产预报（利用基本工程分析），和从那些预报中，

确定经济情况分析报告和选择最好的这种经济情况分析报告。因此，这是一种无需全面研究整个数据模型建立过程，就能够确定生产和储量预报的可替代方式。

在图 7 中，把从判断三角形 70 输出的‘是’输入‘数值模型研究’方块 42a 中，和把从判断三角形 70 输出的‘否’输入‘解析模型研究’方块 42b 中。在每种情况下，当执行方块 42a（数值研究）或方块 42b（解析研究）中的步骤时，将在‘生产和储量预报’方块 42c 中生成生产和储量预报。

在图 2 和 7 中，首先参照图 2，我们注意到，在图 2 中，‘环境考虑’方块 21 位于‘开发和耗减战略’方块 20 与‘数据获取和分析’方块 22 之间；然而，在图 7 中，“环境考虑”方块 42d 位于‘开发和耗减战略’方块 41a 与‘经济情况和风险分析’方块 42f 之间。从定性的角度来看，在图 2 中，把‘环境考虑’方块 21 放在‘开发和耗减战略’方块 20 与‘数据获取和分析’方块 22 之间是正确，因为当确定‘开发和耗减战略’方块 20 的什么战略要采用时，环境考虑可以起到屏障（screen）的作用。但是，在图 7 中，在“环境考虑”方块 42d 中影响环境考虑的较大部分是在优选耗减机制的（方块 42f）的‘经济情况和风险分析’方面。也就是说，在图 7 中，“环境考虑”方块 42d 对经济优化（即，经济情况和风险分析）42f 有影响，因为与特定项目相联系的各种耗减计划可能包含与它们相联系的各种环境考虑。

在图 7，我们注意到，‘生产和储量预报’方块 42c 有两个输出。一个输出直接到‘经济情况和风险分析’方块 42f，供收入计算用，因为生产和储量预报 42c 是计算你的收入流中的现金流的基础。另一个输出到‘设施要求’方块 42e，因为生产和储量预报 42c 影响对设施投资的要求（即，你需要与未来投资有关的设施类型）。来自‘设施要求’方块 42e 的输出到‘经济情况和风险分析’方块 42f，因为，当你决定你需要的设施的规模和规格时，所需设施的规模/规格将代表你对‘经济情况和风险分析’方块 42f 所要求的投资的估计。

I. 初始储层特性描述 - 图 7 中的方块 41

A. 综合研究目标 - 方块 41b

在图 7 中，从标为‘初始储层特性描述’的方块 41 开始，与‘开发和耗减战略’方块 41a 相连接的第一个方块是‘综合研究目标’方块 41b。结

合‘综合研究目标’方块 41b，在你已经确定了你的可选择‘开发和耗减战略’41a 用于特定储层区域之后，但是在你开始收集数据之前，你必须首先确定你打算进行的研究的目标和范围。也就是说，你的不同需要和所需数据的可用性将共同影响对于你打算进行的研究，你的目标或期望是什么。

5 B. 数据获取、质量控制 (QC)、和分析 - 方块 41c

参照图 8，描述图 7 的‘数据获取、质量控制 (QC)、和分析’方块 41 的详细结构。

在图 2、7 和 8 中，图 7 中的‘数据获取、QC、和分析’方块 41c 对应于图 2 中的‘数据获取和分析’方块 22。但是，在图 8 中，图 7 的‘数据获取、QC、和分析’方块 41c 的详细结构是新的和新颖的，和图 8 所示的那个详细结构展示了本发明第三个新的和新颖的特征。

在图 8 中，因为研究的目标或期望已经通过‘给定研究目标’方块 41b 确定下来，所以重要的是保证所有必要数据源是可用的。第一个数据源是在你正在进行开发计划制订的区域上的钻井日志和地震测量结果；也就是说，
15 你必须为正在研究之中的特定储层区域收集你所能找到的所有数据。因此，
方块‘以数字或纸媒体形式的区域数据’41c1 代表为正在研究之中的这个
特定储层区域收集到的、包括钻井日志和地震勘测数据在内的所有这样的
数据。然后，结合图 8 的‘充分性核实’判断三角形 41c2，你必须询问：‘你
在研究过程中所能得到的那些数据足以满足你的目标吗？’。如果那些数据
20 不够，那么，从判断三角形 41c2 输出的‘否’引向‘补充数据和信息源’
方块 41c3。在方块 41c3 中，你从可选源（譬如，相伴区域、相似层和/或
相似工作实践）中寻找补充数据，然后用外来源补充你的特定区域数据。当
把在方块 41c1 期间收集的数据与在方块 41c3 期间收集的补充数据结合在一
起时，其结果就是‘统一项目数字数据库’- 方块 41c4。另一方面，如果
25 在方块 41c1 期间收集的数据足够了，那么，来自判断三角形 41c2 的输出是
‘是’，和结果就是‘统一项目数字数据库’。这个数据库构成你期望需要满
足你的目标的所有东西，它的一些来自你的区域，和它的另一些来自文献源。

在图 8 中，如前所述，如图 8 所示的、图 7 的‘数据获取、QC、和分析’
30 方块 41c 的详细结构是新的和新颖的，和图 8 所示的那个详细结果展示了本
发明第三个新的和新颖的特征。例如，在图 8 中，在方块 41c3 中展示的“补
充数据和信息源”步骤被认为是新的和新颖的，因此，图 8 中的“补充数据

和信息源’方块 41c3 构成本发明的另一个特征。

在图 8 中，因为已经建立了‘统一项目数字数据库’，所以，如图 8 中的‘一致性核实’判断三角形 41c5 所示，现在有必要开始核实各个信息彼此之间是否相一致。例如，你可能从不同井点和通过不同技术从储层中已经 5 收集到储层流体样品，和你要让它们都经过一系列实验室测试。但是，实验室测试把不同的结果呈现在你的面前。哪个是正确的？它们都正确吗？你把这个过程继续进行下去，识别出你打算用在你未来计算中的基础资料，同时，你还要识别出与那些特性的一些相关的不确定因素。因此，在图 8 中，‘灵敏度和风险分析的不确定因素’方块 41c6 将识别那些不确定因素。例如，‘不确定因素’可能是你不能准确地知道流体特性、体积因素、或气体成分的事实。然后，你保留以后在模型校准或历史匹配阶段，也许以后在生产预报期间可能要解决的那些不确定因素。当对所有你输入的数据源、和协调过的数据源、选择的基础资料、或识别出的错误范围（你需要解决的）进行了所有 10 一致性检验时（通过方块 41c5），你现在要生成的是图 8 中的‘核实项目数字数据库’ - 方块 41c7。同时，结合你提出目标的研究计划的原始概念， 15 你必须问一下，在你拥有的数据的数量和质量一定的情况下，你是否仍然可以相当合理地完成任务？你应该修正研究计划吗？或者，你在研究过程中应该做些别的事情，以便调节过少或过多的数据？因此，在图 8 中，结合判断‘研究计划核实’方块 41c8，如果原始研究计划仍然保持有效，那么，带着从判断三角形 41c8 输出的‘是’往下走，开始‘初步工程设计’ 41d 和 20 ‘建立地质模型’ 41e 的工作。但是，如果原始研究计划不再保持有效（需要调整），那么，带着从判断三角形 41c8 输出的‘否’进入图 8 中标为‘所需项目范围或工作流程改变’的方块 41c9 中。在方块 41c9 中，从通过识别必须加入或合并到研究范围中的拟定改变，和了解对研究范围的那些拟定改 25 变开始，从对研究范围的调整性改变着手来开始你的技术分析。

C. 初步工程设计 - 方块 41d

参照图 9A 和 9B，说明图 7 和 8 的‘初步工程设计’方块 41d 的详细结构。如图 9A 和 9B 所示的、图 7 和 8 的‘初步工程设计’方块 41d 的详细结构是新的和新颖的，和图 9A 和 9B 所示的那个详细结构展示了本发明第四个 30 新的和新颖的特征。

在图 9A 和 9B 中，输入图 9A 和 9B 中方块 41d 的‘初步工程设计’研究

的基本数据和信息是：(1)‘区域生产和注入数据库’方块 41d1；(2)‘储层流体特性模型’方块 41d2 中储层流体特性的实验室测试或估计；和(3)在‘储层压力调查数据’方块 41d3 中当井首次完成时和以后周期性进行的储层压力测量。在方块 41d1、41d2 和 41d3 中的上述数据需要处理或调整，以便进行随后的工程设计计算。例如，将根据对容器或仪表的测量记录方块 41d1 的区域产量。对于在地面测量的每单位产量，方块 41d2 的储层流体特性模型必然在层中形成一致的储层空隙量。结合与方块 41d3 的‘储层压力调查数据’相联系的方块 41d2 的‘储层流体特性模型’，当比较储层压力(参照方块 41d3 的‘储层压力调查数据’)时，必须把它们调整成基准。因此，你必须知道流体特性(参见方块 41d2 的‘储层流体特性模型’)，以便计算储层中的压力梯度和适当地调整成公共基准。因此，对于方块 41d3 的‘储层压力调查数据’，当你进行考虑到储层流体特性的的调整时，其结果是方块 41d4 的‘校正储层压力历史’，它反映校正成某个基准的储层压力的历史。另外，通过取出与方块 41d1 的‘区域生产和注入数据库’中报告的区域产量结合在一起的、方块 41d2 的‘储层流体特性模型’中的储层特性，其结果是方块 41d5 的‘校正井生产和注入历史’中校正井生产历史。结合‘生产和压力测试解释’方块 41d6，当把测试设备安装在井中，测量它的生产能力或在井附近的静态储层压力时，你将进行井测试，和你将收集到在几个小时到两三个星期的间隔内压力和速率随时间变化的数据。在这种情况下，你必须输入来自方块 41d2 的‘储层流体特性模型’中的储层流体特性数据，以便使测试数据能够得到解释。其结果是，‘生产和压力测试解释’方块 41d6 的输出用作到‘生产改善机会’方块 41d7 的输入。也就是说，作为来自方块 41d6 的‘生产和压力测试解释’的输出的、井测试的分析将给你一个井是否正在按照你的预想那样运行的概念(当将这些分析结果与报告的生产速率相比较时)。到‘生产改善机会’41d7 的另一个输入(它识别改善生产的机会)来自‘钻井和完成历史’方块 41d8，钻井和完成历史’方块 41d8 检查井钻在什么地方和这些井是如何钻的和如何完成的。因此，设法把井钻在什么地方、它们是如何完成的、测试结果是什么、和储层的基本性质联系在一起，你就可以识别出你拥有什么样的直接机会(在‘生产改善机会’方块 41d7 中)来刺激一口井或安装一个泵，使生产速率更高。现在参照‘物料平衡体积和含水层解释’方块 41d9，来自方块 41d4 的、调整成公共基准的

储层压力历史和来自方块 41d5 的生产和注入历史可以把双重输入提供给‘物料平衡体积和含水层解释’方块 41d9。方块 41d9 代表在适当位置上的流体的物料平衡一致性；即，方块 41d9 用于估计和确定（在从储层中抽提流体和把流体注入储层中之后）在储层中的适当位置上的流体的原始体积。然后，
5 从‘物料平衡体积和含水层解释’方块 41d9 输出的这些体积用作到‘体积一致吗’判断三角形 41d10 的输入，以便提供对来自‘建立地质模型’41e
输出的地质解释的计算的检验。来自方块 41e 的地质解释的计算代表地质解释认为的东西就是储层中的适当位置上的流体。仍然参照图 9A / 9B，我们
注意到，‘钻井和完成历史’方块 41d8 提供到‘生产改善机会’方块 41d7
10 的输入（正如前面所讨论的）；但是，‘钻井和完成历史’方块 41d8 和‘生产改善机会’方块 41d7 两者都提供到‘增加速率和开采潜力’方块 41d11
的输入。方块 41d11 在将测试数据与钻探和完成实践相协调之后，设法估计
与‘生产改善机会’方块 41d7 中生产改善机会相联系的增加的油速和潜在的
采油量。例如，我们应该从井中多开采十万桶油。在已经识别出增加潜力，
15 和已经核实值得从‘增加速率和开采潜力’方块 41d11 开始把这种特定的活动
继续进行下去之后，来自方块 41d11 的输出提供到“完成修井、和插补
(infill) 方针”方块 41d12 的输入。在方块 41d12 中，我们监视完成修井或
插补工作计划的影响，和在已经监视到那种影响之后，在我们向上循环回到
‘生产改善机会’方块 41d7 的那一点上生成附加生产数据，以便确定我们
20 对生产改善机会的估计是正确的，还是需要对它进行调整，并且，如果需要对它进行调整，那么，将重新设计‘完成修井或插补方针’方块 41d112
的完成修井部分。现在参照‘储层模型设计准则’方块 41d13，把‘数个输入’
提供给方块 41d13，这些输入的每一个都对‘储层模型设计准则’有影响。
方块 41d13 (储层模型设计准则) 确定必须为适当地设计储层模型做些
25 什么。例如，到方块 41d13 的‘数个输入’包括：你需要考虑来自方块 41d2
的储层流体特性，对你如何设计区域模型进行某些约束的、来自方块 41d5
的生产和注入历史，校正成将对设计准则产生影响的公共基准的、来自方块
41d4 的储层压力历史，来自方块 41d10 的、物料平衡与建立地质模型之间的
30 体积的一致性，和来自‘在灵敏度 / 风险分析中的不确定因素’方块 41d14
的、当那些体积不能精确地平衡时留给你的不确定因素（例如，压力变化过程
有错）。应该用模型检查那些不确定因素，和那些不确定因素对‘储层模

型设计准则’方块 41d13 中的设计准则产生影响。现在参照标为‘相对透气度和毛细管压力(饱和)模型’的方块 41d15，在储层中油、气和水可能同时都存在的地方，每一种的流动特性是什么？如果你正在用气或水置换油，置换特性又是什么？方块 41d15 将定义这些流动特性和置换特性。结合‘单井或储层分区模型’方块 41d16，来自方块 41d12 的储层流体特性、来自方块 41d15 的相对透气度、和来自方块 41e 的地质描述一起进入代表初级模型‘单井或储层分区模型’方块 41d16。如果你把‘全区域模型’当作遍布整个区域的某种东西，那么，‘单井或储层分区模型’将研究特定的储层机制和这些机制对全区域模型设计的影响。由于这个原因，让来自‘单井或储层分区模型’方块 41d16 的输出流入‘储层机制灵敏度’方块 41d17，在‘储层机制灵敏度’方块 41d17 中，你也许对来自方块 41d16 的这些‘分区模型’之一使用可选择网格描述，和确定哪个这样的可选择网格描述更好地代表了区域中你希望有的机制。‘储层机制灵敏度’方块 41d17 的输出是到‘储层模型设计准则’方块 41d13 的输入。结合标为‘区域模型网格准则和伪函数’的方块 41d18，一些机制将要求非常详细的网格设计，以便可靠地代表多种流体同时流动。在非常大的储层中，如果你的分区模型研究认为你需要非常小的网格块和你有一个非常大的储层，那么，模型的规模太大，难以在任何计算机系统上使用。一种手段是研究这些分区模型和调整基本的相对透气度流动函数，以便利用某些所谓的‘伪函数’。

20 D. 建立地质模型 - 方块 41e

参照图 10A 和 10B，说明图 7 和图 8 的‘建立地质模型’方块 41e 的详细结构。如图 10A 和 10B 所示的、图 7 和 8 的‘建立地质模型’方块 41e 的详细结构是新的和新颖的，和图 10A 和 10B 所示的那个详细结构展示了本发明第五个新的和新颖的特征。

25 在图 10A 和 10B 中，特定储层位于特定盆地中，并且，存在与地球的那个地区中那个盆地中的储层相联系的特定局部地质概况。因此，我们从向我们展示一系列特性的方块 41e1 中的‘局部地质模型’开始。方块 41e1 中的这个模型是我们为我们正设法为它制订开发计划的储层生成更详细和具体描述的起点。在方块 41e2 的‘初级岩石学模型’中，这个模型 41e2 一般说来是基于钻井日志的。因此，‘初级岩石学模型’41e2 是把钻井日志、钻切样品、和可能特殊的岩芯研究转换成每个井点上的计算储层特性概况的方法。

因此，对于特定井身穿过的每一英尺深度，都可以用已知技术处理若干个数据测量结果，譬如，储层密度、电阻率、放射性、声速、和其它参数，产生输入‘初级岩石学模型’41e2 的储层特性（譬如，多孔性、碳氢化合物的饱和性、和岩石的类型）。在图 10A 和 10B 中，在图 10A 和 10B 中的‘建立地质模型’的一个新特征与图 10A 中的‘初步工程设计’41d 与‘最终岩石学模型’41e3 之间的新连接 72 有关。需要通过新连接 72 从‘初步工程设计’41d 引入结果，以核实地质模型的各个方面。一个特定问题与校准岩石学模型有关。例如，当区分储层中水饱和度和油饱和度之间的差异时，需要这种岩石学模型校准。因此，存在着一个出自‘初级岩石学模型’41e2 上的工程设计研究，到达‘最终岩石学模型’41e3 的输入。结合‘沉积学和地层学分析’方块 41e4，图 10A / 10B 中的‘地质模型’41e 随身携带着实现地质学家将定性地应用于储层的沉积学和地层学的某种框架。另外，结合‘详细地层学关联’方块 41e5，含有来自‘沉积学和地层学分析’方块 41e4 的输入使地质学家能够进行详细地层学关联和建立在整个储层内地质地平线的连续性。结合‘地球物理学解释’方块 41e6，还存在来自‘地球物理学解释’方块的输入，用于在‘详细地层学关联’方块 41e5 中，识别在整个储层内的那些结构性关联。结合‘地质力学分析’方块 41e7，地质力学分析和岩石的地质力学特性使按时间测量的数据能够从地震测量转换成深度测量。另外，还给出可以从地质力学特性中计算出来的储层应力的指示，储层应力使你能够解释你是否可以预期看到储层中的错位和压裂。因此，‘地质力学分析’方块 41e7 还提供了到‘地球物理学解释’方块 41e6 的输入。结合‘结构框架’方块 41e8，‘结构框架’方块 41e8 描述了储层的‘整体形状’。储层的‘整体形状’的一个例子是储层是否‘错位’了？‘结构框架’方块 41e8（和尤其是，‘结构框架’的结构顶部和结构底部）对为储层定义一般性框架的‘数个输入’作出响应，和这‘数个输入’包括：‘地质力学分析’方块 41e7、‘地球物理学解释’方块 41e6 和‘详细地层学关联’方块 41e5。结合‘井和间隔特性一览表’方块 41e9，在来自地层学和沉积学（‘沉积学和地层学分析’方块 41e4）和井身概况的个体井身（‘最终岩石学模型’方块 41e3）和地质关联（‘详细地层学关联’方块 41e5）上从岩石学家分析中得出方块 41e8 的‘结构框架’内‘与一组更详细储层特性有关的信息’。把上述‘与一组更详细储层特性有关的信息’作为输入提供给‘井和间隔特

性一览表’方块 41e9。另外，‘地震属性分析’方块 41e10 也把输入提供给‘井和间隔特性一览表’方块 41e9。‘地震属性分析’方块 41e10 提供使你能够将地震响应（源自储层位于井身之间的那一部分）与来自钻井日志的一组测量特性（从井身本身中的测量中得到）相联系地震信息。这样就建立起有关在不存在井数据的井身之间的地方储层特性如何分布的指南。‘井和间隔特性一览表’方块 41e9、‘地震属性分析’方块 41e10 和‘结构框架’方块 41e8 都作为输入一起进入‘储层结构和特性模型’41e11。在三维空间（位置、空隙率、或孔隙率）定义了所有那些特性之后，这样的特性可以用于从地质学的观点计算在储层中的适当位置上的流体的估计。这种计算被称为‘测定体积计算’，并且在图 10 的‘储层体积计算’方块 41e12 中进行，将这个计算结果从‘储层体积计算’方块 41e12 输入到‘体积一致吗’方块 41e13。将来自‘初步工程设计’方块 41d 另一条线 41e14 也输入到‘体积一致吗’方块 41e13。在‘体积一致吗’方块 41e13 中，通过将‘测定体积计算’与来自‘初步工程设计’方块 41d 的‘物料平衡’相比较，使上述‘测定体积计算’经受一致性检验。在一致性检验中，如果体积是一致的，那么，对储层中在地下的那一部分的地质科学解释与你从性能的角度对储层的解释相一致，因此，你现在可以进入开发生产预报系统的阶段。如果它们不相一致，那么，无论在哪一种情况下，都必须在‘显然要调整吗’方块 41e5 中作出调整。也就是说，可以调整地质解调，以达到更好的一致性。如果你不能作出任何调整，那么，在‘在灵敏度 / 风险分析中的不确定因素’方块 41e16 中，把不确定因素标识成此时是未解决的。可以在预报模型中的灵敏度研究中，或者在经济情况分析期间的风险分析中处理那些不确定因素。

II. 生成初始储层开发计划 - 图 4 和 7 中的方块 42

A. 数值模型研究 - 方块 42a

参照图 11A 和 11B，说明图 7 的‘数值模型研究’方块 42a 的详细结构。图 11A 和 11B 所示的、图 7 的‘数值模型研究’方块 42a 的详细结构是新的和新颖的，和图 11A 和 11B 所示的那个详细结构展示了本发明第六个新的和新颖的特征。

在图 11A 和 11B 中，在从地质的观点进行初步工程设计和储层描述之后，我们进入‘数值预报模型’判断三角形 70，判断是进行数值研究 42a，还是进行解析研究 42b。在过程的这个部分期间，将进行图 7 的‘数值模型研究’

42a 或 ‘解析模型研究’ 42b。首先把注意力集中在图 11A / 11B 中方块 42a 的 ‘数值模型研究’ 上，数据模型研究将与有大量数据要管理的复杂储层联系在一起，并且储层具有重要的未被利用的潜力或机会。数值模型研究 42a 将有助于识别与储层相联系的特定潜力或机会。假设从方块 70 的 ‘数值预报模型’ 输出的判断是 ‘是’。在判断进行数据模型研究之后，一个输入是来源于地质研究的 ‘数字 3D 结构和特性模型’ 方块 42a1，它提供储层看起来象什么的良好第一估计。为了用数字建立储层模型，必须建立 ‘积木’ 模型，以处理流动特性。这是通过建立水平网格和叠加在三维结构和特性分布上的分层机制完成的。对水平网格的每个网格块解释结构定位和储层特性。
5 因此，‘3D 模拟器网格系统’ 方块 42a2（这是你设计的网格系统）和 ‘数字 3D 结构和特性模型’ 方块 42a1（这是特性分布）组合在一起定义由 ‘初始 3D 储层模拟器’ 方块 42a3 所表示的储层模拟器中的岩石模型。另外，当把 ‘流体特性和饱和性模型’ 方块 42a4 作为输入提供给方块 42a3 的储层模拟器时，在储层模拟器中的那个岩石模型中叠加 ‘饱和分布’。‘饱和分布’ 确定储层中什么地方有油、水和气，确定这些流体的特性，和确定当这些流体受到压力差时，在储层中流动的方式。另外，必须与 ‘初始储层条件和含水层模型’ 方块 42a5 结合在一起定义外部影响。也就是说，油或气的积累可能与较大的含水层系统有关系，和那个含水层的范围的解释来源于在建立地质模型过程中所做的局部工作。另外，也可以与（图 9A / 9B 的）‘初步工程
10 设计’ 的物料平衡计算（方块 41d9）结合在一起调查含水层的大小。因此，把来自图 11A / 11B 的方块 42a5（和来自图 9A / 9B 的方块 41d9）的、那个含水层的范围或大小的初步估计值作为输入提供给 ‘初始 3D 储层模拟器’ 方块 42a3。在 ‘初始 3D 储层模拟器’ 方块 42a3 中建立起初始储层模型之后，下一步是在图 11A 的 ‘体积一致吗’ 方块 42a6 中检验包含在那个模型
15 中的体积是否与你已经确定的 ‘其它信息’ 相一致。那个 ‘其它信息’ 包括你结合图 10A / 10B 的 ‘储层体积计算’ 方块 41e12，已经从地质描述中计算出来的体积。那个 ‘其它信息’ 还包括结合图 9A / 9B 的 ‘物料平衡体积和含水层解释’ 方块 41d9 已经计算的物料平衡估计值。因此，在 ‘体积一致吗’ 判断三角形 42a6 中发生的比较确定你已经叠加在 3D 岩石模型上的网
20 格系统是否是通过地质工作得到的特性描述的可靠表示。另外，结合 ‘体积一致吗’ 判断三角形 42a6，在初始体积中必须存在一致性。如果它们是一
25

致的，那么，‘校正体积模型’方块 42a7 指示校正体积模型（关于它的更多情况请看下面）。如果它们不一致，那么，网格系统未能再现地质描述。在那种情况下，在‘模型特性调整’方块 42a8 中，可以人工调整网格，以保证如图 11 中跨接在方块 42a8 和方块 42a3（储层模拟器）之间的反馈回路 5 线 42a9 所指示的、储层模拟器中的网格系统与地质描述之间的适当表示。在必要的时候在方块 42a8 中作出这些调整之后，往下走到识别遗留下来的任何不确定因素的‘在灵敏度和风险分析中的不确定因素’方块 42a10。如果不能识别或确定为什么在各种体积计算之间存在一些遗留下来的不一致性或不确定因素的原因，那么，你将识别那个不确定因素，设法对它加上记号，10 和以后在灵敏度或风险分析步骤中处理它。无论如何都要参照‘体积一致吗’三角形 42a6，如果你拥有相一致的体积，那么转到‘校正体积模型’方块 42a7。此时，结合‘历史生产 / 注入速率约束’方块 42a11，你需要把如下 15 ‘约束’加入‘校正体积模型’中：(1) 使你在整个历史生产阶段都能运行模型的历史井数据；(2) 井定位；(3) 井轨迹；(4) 过去时间已经完成的井的位置；和(5) 井生产和注入的历史。当已经把这些‘约束’加入‘校正体积模型’ 42a7 中时，实施在‘对历史速率约束作出模型响应’方块 42a12 中所述的有序步骤。在这个‘对历史速率约束作出模型响应’方块 42a12 中， 20 在这个方块 42a12 中实施的有序步骤包括：穿越整个历史阶段运行模型，和获得一组你以后能够与实际测量性能相比较的、对历史生产和注入刺激作出的模型响应。在穿越整个历史阶段运行了模型和保存了与井如何响应有关的信息之后，现在参照‘模型再现历史吗’判断三角形 42a13。在这个判断三 25 角形 42a13 中，你将模型性能与历史数据相比较。如果你没有测量性能的可靠表示，那么，在‘模型特性调整’方块 42a14 中对模型特性作一些调整。在对模型特性作了那些调整之后，通过线 42a15 循环回到‘对历史速率约束 30 作出模型响应’方块 42a12，穿越整个历史阶段重新运行模型。这种‘迭代处理’（穿越历史运行，比较测量数据，和调整模型特性）一直继续下去，直到你感到模型能满意地表示储层实际上如何演变的为止。此时，由于你现在已经建立起‘历史校准模型’，因此，从‘模型再现历史吗’判断三角形 42a13 分叉到‘历史校准模型’方块 42a16。另外，在进行穿越历史运行，比较测量数据，和调整模型特性（下文称之为‘调整’）的上述‘迭代处理’的同时，始终监视‘在灵敏度和风险分析中的不确定因素’方块 42a10 中的

那些‘调整’。另外，在其中保存‘调整’，供在预报阶段或以后在管理生产预报时的未来灵敏度分析之用。在已经到达方块 42a16 中的‘历史校准模型’阶段和已经识别出方块 42a10 中你仍然不能解决或协调的‘各种不确定因素’之后，把‘历史校准模型’和‘各种不确定因素’两者作为输入提供给 5 ‘生产和储量预报’方块 42c。

B. 解析模型研究 - 方块 42b

参照图 12A 和 12B，说明图 7 的‘解析模型研究’方块 42b 的详细结构。图 12A 和 12B 所示的、图 7 的‘解析模型研究’方块 42b 的详细结构是新的和新颖的，和图 12A 和 12B 所示的那个详细结构展示了本发明第七个新的和 10 新颖的特征。

在图 12A 和 12B 中，这在个阶段，将执行‘数值模型研究’42a 或‘解析模型研究’42b。假设来自‘数值预报模型’判断三角形 70 的输出是‘否’，在这种情况下，我们现在将进行解析模型研究，即图 12A 和 12B 中的方块 42b。因此，与为了预报井生产而建立井模型不同，在图 12A 和 12B 中，为了预报 15 井生产，我们现在将利用解析手段。因此，到在很大程度上值得你信赖的、图 12A / 12B 中的‘解析模型研究’方块 42b 的一个输入包括‘模拟储层性能’方块 42b1。当进行解析模型研究时，你相信有关你特定储层的你可采用的信息可能不那么可靠，不足以描述全储层模拟器。因此，在利用与特定储层有关、你拥有的数据的同时，你设法应用与模拟储层系统有关的可采用的趋势，为你的特定储层中的井引导预报。也就是说，你可以使从模拟储层 20 区域中获得的观察结果规范化，和把它用作向导，帮助你从你的特定储层区域中的起点开始生成预报。到在很大程度上值得你信赖的、图 12A / 12B 中的‘解析模型研究’方块 42b 的另一个输入包括井的‘钻井和完成历史’方块 42b2。提供给‘解析模型研究’方块 42b 的还有一个输入包括方块 42b3 25 的‘历史井性能趋势’。这里，你拥有相同的测量历史井性能（即，生产速率和压力水平）。提供给‘解析模型研究’方块 42b 的还有一个输入包括你从 3D 地质模型中生成的、方块 42b4 的‘储层特性和结构图’。还有一个这样的输入包括方块 42b5 的‘物料平衡体积和含水层模型’，它包括你的物料平衡计算和含水层强度的估计，或校准适当位置上的初始体积。从方块 42b3 30 的‘历史井性能趋势’开始，和参照来自‘生产趋势’的曲线或图形的、方块 42b6 的‘井生产衰减特性’，你可以建立该区域的衰减特性或生产特性。

在许多情况下，你的井将符合用于预报未来生产趋势和从井中开采的、可在文献中找到的许多井生产衰减趋势。根据方块 42b3 的‘历史井性能趋势’，你还可以在方块 42b7 的‘井性能指示符的地图显示’上绘制几种性能指示符，譬如，最大井速率、或在不同井点上生产的流体的总体积，以便检查储层区域的哪些地区优于或劣于平均水平，或优于或劣于它们的伴井。当你在方块 42b7 中绘制那些性能指示符时，为了定位和观察任何不一致性，你可以在方块 42b8 的‘一致吗’判断三角形中，将方块 42b7 的性能指示符的那个地图与在‘储层特性和结构图’方块 42b4 中陈述的地质解释相比较。例如，你可能拥有显示出非常好的性能、位于储层的非常好部分中、和地质解释相一致的一些井。但是，同时，那些井的一个或多个的井状态事实上不是非常好。因此，必须详细分析那些井，以确定，例如，在钻探或完成阶段等期间，出现了什么问题。但是，当一致性方块 42b8 的输出被设置成‘否’，和不存在总的一致性时，在‘一致吗’方块 42b8 中，生产质量（来自‘井性能指示符的地图显示’方块 42b7）与地质解释（来自方块 42b4 的‘储层性能和结构图’）的比较意在用于识别方块 42b9 的任何‘潜在插补井机会’（或者，如在‘修井和人工升降机候选者’方块 42b10 中陈述的、在个别井上采取的行动）。“潜在插补井机会”方块 42b9 反映你不得不钻探一些插补井的任何机会。但是，如果存在总的一致性和‘一致吗’方块 42b8 的输出是‘是’，那么，往下走到‘在适当位置上的测定体积和物料平衡流体估计’方块 42b11。在这个方块 42b11 中，有必要确定井性能趋势如何与适当位置上的流体的估计和从物料平衡计算中得出的压力支持相抵。参照‘井生产衰减特性’方块 42b6，这个方块 42b6 设法通过识别的解析方法，根据现有井预报你可能期望的未来性能趋势。把井生产和衰减特性与你钻探和完成井的方式一道输入‘修井和人工升降机候选者’方块 42b4 中。在方块 42b10 中，你关注修井候选者、人工升降机、和你可以在特定井上采取的行动。也就是说，在方块 42b10 中，如果以相同方式钻探和完成了两口井，但是它们却显示出不同的生产衰减特性，那么，这样的井的较差那一口可能呈现出修井的机会。另一方面，较差那一口可能处在储层区域中压力支持不充分的部分中，这意味着你可能需要安装某种类型的人工升降机。可回想，‘井生产衰减特性’方块 42b6 设法根据现有井，预报你可能期望的未来性能趋势。把那些预报与你钻探和完成井的方式一道输入‘井指示符的统计分析’方块 42b12

中。‘井指示符的统计分析’方块 42b12 包括用在两种类型的研究中的手段，其目的是根据实际井性能识别你可以预期的平均性能，和将各个井与那个平均性能相比较。作为这个比较的结果，我们可以确定在储层区域中的什么地方存在较优的正在使用井，和在所述区域中的什么地方存在较劣的正在使用
5 井，和从那个确定中，我们可以通过‘潜在插补井机会’方块 42b9，选择改善现有井身或钻探新井身的机会。再次参照‘井生产衰减特性’方块 42b6，这个方块 42b6 可操作地与‘当前井生产和储量预报’方块 42b13 相连接。在方块 42b13 中，在已经建立起在现有井中衰减特性是什么之后，‘当前井生产和储量预报’方块 42b13 包括为现有井所在的那个组解析地预报，在不采取任何行动的情况下，该区域的未来性能趋势将是什么的方法。结合‘增
10 产预报’方块 42b14，除了接收方块 42b6 的衰减特性之外，‘增产预报’方块 42b14 还接收来自‘修井和人工升降机候选者’方块 42b10 的输入。在方块 42b10 中，你已经识别出你可以在其中的特定井上采取的行动，如果在那个特定井上进行修井工作，那么，你可能获会有所增产。增产量将从你识别
15 的机会与已经对区域中相似井进行的修井工作的比较中得出，你的确看到一些成功。当你考虑所有这些机会和在你的确做了那些修井工作时你能取得的东西的估计时，这使你可以生成方块 42b14 的‘增产预报’。另外，参照‘插补井生产和储量预报’方块 42b15，通过相同的解析处理，你可以识别出插补钻探的机会，即，该区域中根据你的地质解释没有足够多的井或现有井不能提供足够多的排放的地方。因此，在已经识别出插补井位置之后，如果你
20 想要在那些地方钻探插补井，那么，预期产量是多少？为了回答这个问题，我们必须再次依靠‘井生产衰减特性’方块 42b6（即，为现有井生成的衰减特性）。来自方块 42b6 的基本生产衰减特性使我们能够预报现有井的生产（在方块 42b13 中）。但是，我们还已经识别出一些修井或人工升降机候选者（在方块 42b10 中）。我们可以利用现有衰减特性估计出我们可以从采取
25 那些区域行动中生产多少增量。我们还已经识别出（在方块 42b9 中）插补钻探的机会。还有，我们可以利用现有井的衰减特性，获得在特定位置中额外井可能生产的东西的预报。当我们以各种组合方式，把来自方块 42b14（增量预报）、方块 42b13（当前井生产和储量预报）、和方块 42b15（插补井生
30 产和储量预报）的输出组合成一个到方块 42b16 的‘一致吗’判断三角形的输入时，我们可以确定该区域可以生产的东西的预报。如果我们做了许多修

井工作，我们就可以确定增产量。因此，在电子表格格式中，我们可以写入把各个井的预报综合在一起和在各种开发计划下预报产量可以是多少的指南和方式。此时，你必须检验你的预报与在适当位置上的油总量的估计之间的一致性，以保证根据你对该区域所合理预期的，衰减曲线不要好得太过分。

5 如果存在一些差异（从‘一致吗’三角形 42b16 输出‘否’），其中在该区域的特定地区存在不一致性，那么，可以是通过解析方法不能适当地解释井与井之间的干扰作用的结果。因此，结合‘在灵敏度和风险分析中的不确定因素’方块 42b17，如果你通过方块 42b16 已经获得了一致性，那么，这些不确定因素是在你检验时已经存在的那些不确定因素。在已经建立了一致性（从 10 方块 42b16 输入‘是’）和遗留的不确定因素（方块 42b17）之后，我们现在准备执行图 7 和图 13A 和 13B 的‘生产和储量预报’方块 42c。

C. 生产和储量预报 - 方块 42c

参照图 13A 和 13B，说明图 7 的‘生产和储量预报’方块 42c 的详细结构。如图 13A 和 13B 的、图 7 的‘生产和储量预报’方块 42c 的详细结构是新的和新颖的，和图 13A 和 13B 所示的那个详细结构展示了本发明第八个新的和新颖的特征。

在图 13A 和 13B 中，在左手侧，说明了响应‘数值模型研究’42a 生成‘生产和储量预报’的过程。‘数值模型研究’42a 提供到‘历史校准模型’42c1 的输入。‘历史校准模型’42c1 又把输入提供给作为实际模拟工具的‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2。也就是说，‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2 将代表对在该区域中采取的各种行动的井响应和区域响应（下文称之为“模型”）。我们不能规定将来的所需油速。因此，有必要建立代表存在于区域之外的条件的、对井和储层的约束的重叠系统。然后，通过本身使模型能够继续进行和预报如下：当你施加这些条件时，存在你将取得的各种油和/或气的速率。因此，存在供应给模型的数个‘约束’，和那些约束在图 13A 和 13B 中通过如下方块显示和代表：‘生产目标’方块 42c3、‘销售和运输约束’方块 42c4、‘钻具和设备约束’方块 42c5、‘注入物约束’方块 42c6、‘处理约束’方块 42c7、‘井能力约束’方块 42c8、和‘推荐的开发计划’方块 42c9。‘生产目标’方块 42c3 代表在储层生产寿命期间的某个时间间隔内，储层区域的目标速率、或你设法取得的速率、或保持生产平稳的愿望。‘处理约束’方块 42c7 代表在，例如，每天只可以处理特定水量的那段时

间，地面上存在的设施。当模型到达想要超过在给定天内的特定水量生产的那一点时，为了满足目标油生产速率，将启用‘处理约束’方块 42c7。这将导致所需的油速下降，以避免超过每天的特定水量生产。‘井能力约束’42c8 受如下参数控制：你需要满足的表面输送压力、系统中的储层压力、5 和现有完井的流动能力。把这些参数的每一个都提供给模型（‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2）。其结果是，当模型知道它必须克服它才能输送的井口或井底压力时，模型然后将知道储层特性，并且它可以确定它可以输送多少流体。应该在区域的某些部分上施加的‘销售和运输约束’方块 42c4 包括与现有管道有关的和对于不同预报可以改变的某种限制。例如，如果我们10 想要增加管道的直径，和要求 500K (千) 桶 / 天，而不是 300K 桶 / 天，那么，从长远的角度来看，会有什么不同呢？结合‘钻具和设备约束’方块 42c5，我们可能开发并更多的区域，并且我们还在钻井，以努力保持生产目标速率。你可以钻探和完成井的速度与可用的设备量有关。例如，如果从相15 邻区域运来两台钻具和把它们用在这个区域中，那么，如何影响我们保持油生产目标的能力？结合‘注入物约束’方块 42c6，你可能处在你必须保持该区域中的压力，以保持它的输送性能力的位置之中，并且，你仍然只具有有限的注入物供应量。因此，还有必要认识到在你的生产预报中供应注入物这些限制。在‘推荐的开发计划’方块 42c9 中，这个方块与活动的进度安排有关。这里，对于模型来说，有必要反映出与从虚拟点开始的实施时间不20 同的实际实施时间。因此，所有这些约束（方块 42c3、42c4、42c5、42c6、42c7、42c8 和 42c8）都馈入‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2，作为生成生产预报的机制。利用模拟器生产和储量预报’方块 42c2，你接着将运行模型和获取整个储层对你的开发计划作出响应的方式的预报（即，你的结果）。检查那些结果。结合‘机制优化’方块或判断三角形 42c10，对于你25 已经选择好的‘机制’（此处，把词‘机制’定义为在储层中起作用的过程，譬如，是把油还是把水注入储层中？），存在优化实现机制的方式吗？例如，当进行注水或注入时，存在不同组的注入点要检查吗？根据‘机制优化’三角形 42c10，如果存在你认为应该检查的其它情况，那么，转到‘约束 / 计划调整’方块 42c11，对你的实施计划或约束加以改变，然后返回到30 ‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2，和重新进行另一轮预报。现在，你可能拥有第 2 号注水预报。继续实施从方块 42c10、42c11、42c2 回到 42c10

的循环，直到你感到你已经到达你已经检查了那种特定机制的所有合理替代机制的那一点为止。那时，带着从‘机制优化’方块 42c10 输出的‘否’，往下走到‘替代机制’方块或判断三角形 42c12。现在的问题是：我们已经查看了所有注水机会，存在在该区域中可以实现的某些不同东西吗？例如，
5 我们可以注入气体作为替代物吗？这将是不同的‘机制’。在识别出不同的机制之后，带着从‘替代机制’判断三角形 42c12 输出的‘是’，返回到‘推荐的开发计划’方块 42c9。这里，为了你的新开发修改实施计划，然后，往后走到‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2，为那个新机制重新运行模拟器，然后，继续进行相同的上述检验。根据你在‘机制优化’方块 42c10
10 中从对那个实施计划的储层响应中获得的结果，存在用更多或更少的井、不同的注入速率、不同的定位、或不同的完成计划优化它的方式吗？假设我们在‘替代机制’方块 42c12 中已经完成了所有替代机制，现在，参照‘参数灵敏度’判断三角形 - 方块 42c13。例如，在完成了 3 种不同机制和为每种机制完成了 5 种不同预报之后，利用基本历史匹配模型已经完成了 15 种情况。
15 在这 15 种情况当中，例如，根据我们已经获得的生产和开采水平，3 种情况可能最有价值。当一些不确定参数发生改变时，会发生什么情况呢？如何影响那个模型的性能？因此，需要进行一些参数灵敏度控制。在已经识别出需要进行一些参数灵敏度控制之后，带着从‘参数灵敏度’三角形 42c13
输出的‘是’，让我们进入‘灵敏度和风险分析中的不确定因素’方块 42c14。
20 这个方块 42c14 包含不确定因素。返回到‘历史校准模型’方块 42c1，对导致新模型的储层描述加以改变。那个新模型与所有约束（来自方块 42c3 到方块 42c9）往后走到‘模拟器生产和储量预报’方块 42c2。为你希望通过灵敏度工作检查的所需情况重新运行模型。但是，如果不需要进行任何参数灵敏度控制，那么，带着从‘参数灵敏度’三角形 42c13 输出的‘是’，
25 让我们现在进入‘设施要求’方块 42e。例如，如果我们改变了（方块 43c3 到方块 42c9 的）约束，以管理 100K 桶 / 天的额外水量，那么，如何改变或影响‘设施要求’方块 42e 去实际购买那个 100K 桶 / 天的生产量。因此，当你改变约束时，你还必须改变地面要求的设计参数。在图 13A 的‘解析模型研究’方块 42b 中，通过审查实际井性能历史、完井实践、修井实践、和井质量与地质模型的比较，图 13A 的‘解析模型研究’方块 42b 生成如下‘输出数据’方块：（1）代表现有井的衰减趋势的‘当前井生产和储量预报’方
30

块 42c15 ('第一预报'); (2) 代表修井机会和通过那些修井可多生产多少油的 '改善井生产预报' 方块 42c16 ('第二预报'); 和 (3) 代表潜在插补井候选者的 '插补井生产和储量预报' 方块 42c17 ('第三预报')。'第一预报' (即, '当前井生产和储量预报') 方块 42c15 使我们能够为现有井生成 5 生产和储量的第一预报 (来自过去的衰减趋势)。'第二预报' (即, '改善井生产预报' 方块 42c16) 使我们能够在我们进行了这些修井工作的情况下, 生成我们称为改善井生产预报的第二预报。'第三预报' (即, '插补井生产和储量预报' 方块 42c17) 使我们能够生成或者是包括改善井或插补井, 或者仅仅包括含有一些附加井的当前井的第三预报。第一、第二和第三预报都是 10 从在那里我们拥有现有井和它们从衰减曲线中得出的期望值的电子表格类型的格式中生成的。从图 13A 的方块 42c15、42c16、和 42c17 中生成的第一、第二和第三预报流入使我们能够进行特定组开发约束的解析预报的 '解析生产和储量预报' 42c18。还请注意, 还把方块 42c2、42c3、42c4、42c5、42c6、 15 42c7、42c8、和 42c9 中的数个约束的全部作为输入数据提供给 '解析生产和储量预报' 42c18, 因为在建立解析模型阶段还必须应用所有这些相同的 '约束'。建立解析模型阶段是在 '解析生产和储量预报' 方块 42c18 中进行的。当为储层区域建立解析预报时, 如果你知道你的钻具可用性是一个约束, 那么, 你每年就不能钻探, 例如, 50 口井。在为特定机制生成预报之后, 在方块 42c19、42c20、42c21、42c22、和 42c23 中陈述的、这个描述的其余部分完全与数值模型相同。唯一不同之处是: 在数值模型中, 你调整 20 约束和让模型预报你的生产速率; 但是, 在解析模型研究的情况下, 你必须调整你的电子表格分析概括各个井的贡献, 以得到区域预报的方式。在图 13A 的解析模型研究情况中, 关于方块 42c19、42c20、42c21、42c22、和 42c23, 你可以检查不同的生产机制、实施它们的不同方式、实施它们的不同进度表、 25 和你还可以进行灵敏度型预报, 解决不确定因素。此外, 其结果将流入代表从地面处理或输运设施的角度来看你所需东西的分析的 '设施要求' 方块 42e。

D. 设施要求 - 方块 42e

参照图 14A 和 14B, 说明图 7 的 '设施要求' 方块 42e 的详细结构。如 30 图 14A 和 14B 的、图 7 的 '设施要求' 方块 42e 的详细结构是新的和新颖的, 和图 14A 和 14B 所示的那个详细结构展示了本发明第九个新的和新颖的特

性。

在图 14A 和 14B 中，从‘生产和储量预报’方块 42c 开始，以每年或六个月为单位为接下来的二十年（例如）生成已经预报的生产和注入速率的进度表。那些预报是根据对设施的一组约束生成的。这里，我们必须为耗减机制或优化情况估计必须要求的设施。来自‘生产和储量预报’方块 42c 的基本输入是‘储层流体生产速率和压力’方块 42e1（即，‘生产方’）和‘总流体注入速率和压力’方块 42e2（即，‘注入方’）。现在，首先考虑‘生产方’。在‘生产方’，‘优化分离器条件’方块 42e3 包括实际上与现有分离设备有关的条件。在‘需要更高能力吗’判断三角形 42e4 中，这个方块代表对来自方块 42e3 的你的分离器条件和来自方块 42e1 的你计划的生产速率是否一致的第一次检验。也就是说，在方块 42e4 中，你当前有足够的能力管理生产速率的预报吗（即，你需要更高的能力吗）？如果你的确需要更高的能力，那么，带着从判断三角形 42e4 输出的‘是’，进入‘修正分离器阵列配置’方块 42e5。在这个方块 42e5 中，检查现在分离器设施的配置 42e，并且，或者加以新的阵列，或者取代现有阵列之一（和估计与它们相关的投资成本）。现在在‘阵列中的新成分吗’方块 42e6 实施第二次检验。例如，储层区域设施现在可能不包括任何水管理设施；因此，现在的问题是‘你打算安装什么水管理设施吗？’如果是，带着从判断三角形 42e6 输出的‘是’，进入‘将成分与当前阵列相合并在一起’方块 42e7。如果你需要添加那些成分，那么，它们适当放在设计阵列中的哪里和如何估计与它们相联系的成本？现在在‘需要副产品处理吗’判断三角形方块 42e8 中实施第三次检验。在这个判断三角形方块 42e8 中，你需要什么附加副产品处理吗？如果是，带着从判断三角形方块 42e8 输出的‘是’，让我们进入‘副产品处理设施’方块 42e9。在方块 42e9 中，例如，如果你的确生成相当数量的水，那么，可以要求高压泵把水注入地下。你需要安装管理副产品的设施吗？现在在‘需要更多容器吗’判断三角形 42e10 中实施第四次检验。在这个判断三角形 42e10 中，如果你增加从区域中生产的速率，那么，你可能需要增加装主产品（如果它是油的话）的容器，或者，如果你的副产品是水，那么，你可能需要额外的容器装水。因此，如果需要更多的容器，那么，带着从判断三角形方块 42e10 输出的‘是’，让我们进入‘附加容器能力和合并’方块 42e11。现在在‘需要泵或压缩机吗’判断三角形方块 42e12 中实施第五次检验。如

果需要泵或压缩机，那么，带着从判断三角形 42e12 中输出的‘是’，让我们进入‘总 HP 和分级要求’方块 42e13。在方块 42e12 和 42e13 中，如果你打算在将来某个时间转换到同时油气销售方案上，和在已经知道气的销路之后，你将需要压缩气体，以便于把压缩气体运到销售点吗？你现有压缩机的能力怎么样？你可能需要添加更多的压缩机。如果压缩比非常高，你需要把压缩机分级吗？上述与方块 42e4、42e6、42e8、42e10、和 42e12 结合在一起的、对现有设施的每一种改变本身就伴随着资本成本和可能增加的运行成本（下文称之为‘因素’），和这些‘因素’向下流入‘经济情况和风险分析’方块 42f 中。到了这里，现在该考虑‘注入方’了。在‘注入方’，存在一系列相似的检验。第一次检验是‘再循环量足够吗’判断三角形 42e14。如果再循环量不够，那么，带着从判断三角形方块 42e14 输出的‘否’，让我们进入‘外部供应能力和条件’方块 42e15。在方块 42e14 和 42e15 中，如果你已经提出了你注入产出气体的方案，和你已经作出你打算注入特定量的注入物（例如，流体或气体）来保持储层压力，以便支持你所期望的油生产目标速率的假设，那么，你将从该区域中生产的气体量足以弥补你的注入要求吗？或者，你需要寻求外部供应的注入物吗？你需要购买来自相邻管道的注入物（例如，气体）吗？注入物可以是气体，或者，它可以是水或任何其它注入物。你有足够的资源供你支配吗？或者，你需要从外部供应商那里购买资源（即，注入物）吗？如果如‘外部供应能力和条件’方块 42e15 所示，你的确需要从外部供应商那里购买资源，那么，请参照‘化学相容吗’判断三角形方块 42e16。在这个方块 42e16 中，你拥有注入物（譬如，水）与你正在运行的系统之间的相容性吗（例如，在水注入方案中，你拥有你的储层与替代源之间的水相容性吗）？如果不存在相容性，那么，带着从判断三角形 42e16 输出的‘否’，让我们进入‘处理或加工设施’方块 42e17。
在方块 42e17 中，除了安装生产管理设施之外，你还需要为你的注入物流体安装处理工厂吗？第二次检验是‘有足够处理能力’判断三角形方块 42e18。关于方块 42e18，如果你的预报显示，你的确能够从你自己井点中开采出足够的产量，那么，你有足够的能力管理那么多的产量吗？例如，如果将来气体速率将是今天气体速率的 10 倍，那么，你可以以今天的气体速率注入今天的气体，但是，在将来，你具有以 10 倍的气体速率注入气体的能力吗？如果在方块 42e18 中，你没有足够的能力，那么，带着从方块 42e18 输出的

‘否’，让我们进入‘注入物处理扩展’方块 42e19。在方块 42e19 中，需要对注入物处理加以扩展。第三次检验是‘注入物成分不变吗’判断三角形方块 42e20。关于方块 42e20，你对你的注入流作什么改变吗？例如，你正在使用的你的装置可以包含相当一部分的二氧化碳。由于二氧化碳是腐蚀性的，因此，在你不得不用来处理二氧化碳的设备的金属属性方面，要施加某些要求吗？你需要把设备金属属性改变成不锈钢吗？或者，你在分离容器中使用塑料衬里吗？对设备金属属性的那些改变将在‘容器和金属属性要求’方块 42e21 中加以处理。第四次检验是‘注入压力足够吗’判断三角形方块 42e22。在方块 42e22 中，你拥有足够的注入能力吗？结合这个注入系统，
10 如果你处在储层已经耗减了和你设法安装新的设施和重新对储层加压的状况下，那么，对于注入压力，这里需要什么种类的能力？在‘总 HP 和分级要求’方块 42e23 中，和在‘补充电源要求’方块中，要求什么种类的压缩分级，泵出要求是什么，和那个压缩和泵出要求对你本地电源的影响是什么？
例如，高容量井下泵的装备可能需要其余装备不需要的电源。因此，如果你
15 选择安装那些类型的泵，那么，你除了必须购买和安装那些泵之外，你还必须保证电力要求，以便满足驱动器需要。上述与方块 42e14、42e18、42e20、和 42e22 结合在一起的、对现有设施的每一种改变本身就伴随着资本成本和可能增加的运行成本（下文称之为‘附加因素’），和这些‘附加因素’向下流入‘经济情况和风险分析’方块 42f 中。
20

E. 环境考虑 - 方块 42d

参照图 15A 和 15B，说明图 7 的‘环境考虑’方块 42d 的详细结构。如图 15A 和 15B 所示的、图 7 的‘环境考虑’方块 42d 的详细结构是新的和新颖的，和图 15A 和 15B 所示的那个详细结构展示了本发明第十个新的和新颖的特性。

25 在图 15A 和 15B 中，术语‘环境考虑’包括气体和水质量考虑，但它还包括商业环境和地理环境。这些都是由如下引起的问题：储层区域处在什么地方？是在岸上的还是离岸的？什么样的政府在执政？和这些问题对计划制订、经济措施、和当决定实施特定区域开发计划时必须考虑的风险的影响。
30 这些都是将与主流技术评估分开考虑的问题。因此，当进行风险分析和经济情况评估时，必须计及‘环境考虑’。在图 15A 和 15B 中，已经标识出四个较宽泛的‘环境考虑’类目：‘特殊紧急响应计划和措施’方块 42d1、‘建

造前环境影响研究要求’ 方块 42d2、‘对井 / 设施的间断或受限访问’ 方块 42d3、和 ‘政府或管理部门批准和审计措施’ 方块 42d4。在 ‘特殊紧急响应计划和措施’ 方块 42d1 中，存在需要考虑的几个问题。例如，一个问题与 ‘产出流体化学物质泄漏的密封’ 方块 42d5 有关。结合方块 42d5，在 ‘陆上’ 型装备中，将要求大多数生产点被能够维持一定天数的生产的土壤围起来。但是，由于在离岸装备中，你必须向政府保证采取足够多的措施，以遏制潜在的化学物质或产出流体的泄漏，因此，这些类型的考虑要严格得多。

另一个问题与 ‘大气排放的控制’ 方块 42d6 有关。在方块 42d6 中，这主要与油同时出现的酸性气体产出有关。各国政府都特别关心有多少硫化氢正在燃烧，或未经处理就释放到大气中。这些措施通常对付与油田开发计划相关的处理设施。另一个问题与 ‘危险废弃物的处理’ 方块 42d7 有关。在方块 42d7 中，这与用于处理井的化学物质、或在钻探或修井操作期间使用的化学物质、或用在流体的开采和使用过程中的化学物质的处理有关。对于这些化学物质的每一种，必须存在某种危险废弃物处理方案，以便适当地处理这些化学物质的每一种。在 ‘建造前环境影响研究要求’ 方块 42d2 中，需要考虑几个附加问题。‘建造前环境影响研究要求’ 依据地理位置和生效的地方性法规（而地方而异），识别特殊需要和限制。在 ‘钻探点选择限制’ 方块 42d8 中，一个这样的限制是钻探点的选择。在某些情况下，由于野生动物的迁徙模式，不允许你在某些地区钻探。在另一些情况下，可能要求你从单片地方钻探，以使对环境的影响达到最小，或者，可能要求你定向钻探，这将引起加在开发计划上的成本负担。在 ‘井 / 设施点准备要求’ 方块 42d9 中，这个方块与为了使由于建造设施引起的、对环境的破坏达到最小，需要做些什么有关。在 ‘井 / 设施修补要求’ 方块 42d10 中，当油田已经耗尽时，需要什么措施来修补井点的设施。在 ‘管道建造要求’ 方块 42d11 中，你必须作什么样的准备？和你必须对管道作什么样的修补，以便符合政府限制或法规？在 ‘副产品处理要求’ 方块 42d12 中，包含酸性气流的油的生产产出在气体中的大量硫化氢。处理工厂将有几个工序，把硫化氢还原成单质硫，但是单质硫可以对操作人员造成巨大的存储负担。况且，硫在工业以外的应用非常有限。必须特别当心，以防止单质硫被还原成粉末形式，被风吹得在田野上四处飞散。因此，必须有一种不会受风 / 雨等不利影响的、露天存放硫的自然方法。在 ‘对井 / 设施的间断或受限访问’ 方块 42d3 中，与对井

/设施的间断或受限访问有关的几个附加问题需要考虑。在‘特别恶劣环境判断’方块 42d13 中，一些区域在一年当中的某段时间被洪水淹没，除了用船或驳船之外无法接近。对于另一些区域，在春季，某些道路状况太差，承受不了重设备的运输，以致于难以接近井点。在‘紧急访问措施’方块 42d14 5 中，如果出现了什么麻烦，你必须采取什么措施，以便接近遥远的井点？例如，离岸平台往往通过电子致动阀门和控制机制远程操作。如果阀门未能操作，那么，采取什么措施来接近那个故障阀门呢？在‘远程监视和控制设施’方块 42d15 中，这个方块与方块 42d14 密切相关，但是方块 42d14 和 42d15 每一个对进行方块 42f 的‘经济情况和风险分析’时需要计及的成本有独立的、稍有不同的影响。在‘政府或管理部门批准和审计措施’方块 42d4 中，10 这里有几个附加问题需要考虑。政府管理部门的确对区域开发计划的实施有影响，因为的确需要花时间才能得到那些政府批文。例如，在‘对实施进度安排的影响’方块 42d16 中，如果你承担了可能要花上一年的研究来完成哪一个将成为区域开发计划，和当你把那个区域开发计划交给政府批准时，那么，得到所有批文要花费多长时间？花上 2 到 5 行得到一个特定计划的批文 15 也不鲜见。这些因素也对经济情况有影响，因为，在项目推迟的每一年中，在实施开发计划过程中预计的现金流和期望的投资也要受到影响。

因此，在图 15A 和 15B 中，在图 15A 和 15B 的方块 42d1 到 42d16 中标识的、上面讨论的所有因素都需要在图 16A 和 16B 的‘经济情况和风险分析’ 20 方块 42f 中加以考虑。

F. 经济情况和风险分析 - 方块 42f

参照图 16A 和 16B，说明图 7 的‘经济情况和风险分析’方块 42f 的详细结构。如图 16A 和 16B 所示的、图 7 的‘经济情况和风险分析’方块 42f 的详细结构是新的和新颖的，和图 16A 和 16B 所示的那个详细结构展示了本 25 发明第十一个新的新颖的特征。

在图 16A 和 16B 中，在方块 42f 的‘经济情况和风险分析’中采取的一般手段是设法对你认为有价值的可替代耗减计划的每一个，评估每个计划的经济情况。然后，有必要把对到目前为止，确定得比较差的任何储层参数所做的任何灵敏度工作合并到你对所述经济情况所作的评估之中。还有必要识别出与每个计划相联系的风险有关的措施。在‘储层开发计划’方块 42f1 30 中，这个方块 42f1 提供如下东西：在‘储层生产进度表’方块 42f2 中的产

出流体或生产进度表、在‘储层注入进度表’该 42f3 中的注入流体进度表、和在‘设施和井进度表’方块 42f4 中的设施要求（例如，井，插入或新井）的进度表。根据方块 42f2 中的生产进度表、方块 42f3 中的注入进度表、和方块 42f4 中的井进度表，我们能够制订‘设施要求’ 42e。‘设施要求’ 42e 5 将包括处理、钻探、和修井计划，它们的每一个都将拥有‘资本成本模型’ 方块 42f5 和与之相联系的‘运行成本模型’ 方块 42f6。另外，源自‘环境考虑’ 方块 42d 的考虑可以加入与储层位于什么地方、什么政府在执政、或这可能是正在实施的耗减机制相联系的‘特殊项目成本’ 方块 42f7。方块 42f2、42f3、42f4、42f5、42f6、和 42f7 都馈入将为已经选择的开发计划 10 （下文称之为‘所选开发计划’）给出经济概况的‘计划经济概况’ 方块 42f8。这个方块 42f8 还将提供现金流一览表，你可以从经济角度，根据现金流一览表判断‘所选开发计划’的吸引力如何。在已经得出方块 42f8 中的‘计划经济概况’之后，现在我们可以在‘开发和运行风险’判断三角形方块 42f9 15 中判断是否存在与‘所选开发计划’相联系的、你需要考虑的重大开发和运行风险。如果存在重大开发和运行风险，那么，现在参照你将对你的预报进度表作出调整的‘调整预报进度表’ 方块 42f10。到‘开发和运行风险’ 方块 42f9 第一输入和到‘储层性能风险’ 方块 42f11 的第二输入每一个都源自‘储层风险因素’ 方块 42f13。现在，‘储层风险因素’的不同例子如下。例如，方块 42f9 的‘开发和运行风险’可以包括指示需要 100 口井才能有 20 效地开采该区域的、在‘所选开发计划’中的预测。在把大部分资金投入钻探井身中之后，这个特定井身被白白浪费掉的风险是多大？或者，也许我们把工具丢在井身中。这些都可以被定义为可能的‘开发风险’。关于术语‘运行风险’，有必要多少时间一次关停工厂，以便进行由容器故障引起的特定工作？如果我们通过管道把我们生产的产品输送到市场，那么，管道出故障 25 的频率是多少？对于所有这些考虑，都可以对你的预报生产进度表加以调整。当在‘调整预报进度表’ 方块 42f10 中作出那些调整时，和当同时保持未曾改变的每一件事情，和注意到从方块 42f10 的输出端到方块 42f8 的输入端的反馈回路时，可以重新运行为你给出与相关风险相联系的成本的估计的‘计划经济概况’ 方块 42f8。当你已经考虑和处理了‘开发和运行风险’ 30 方块 42f9 时，还必须考虑方块 42f11 中的‘储层性能风险’。方块 42f11 中的‘储层性能风险’与你不能根据历史匹配和地质研究牢固地建立起来的、

储层的特性和性质有关。在‘调整预报进度表’方块 42f12 中，可能有必要以某种方式，也许根据你在解析或数值模型中实现的灵敏度预报，调整你的生产预报。当我们生成生产预报时，我们就可以论及你然后可以对储层参数计算灵敏度的方式了。利用那些方式的每一种，你将对你正在评估经济情况 5 的开发计划的每一个，都拥有不同的生产和注入进度表。在已经合并了方块 42f12 中的那些调整之后，重新运行‘计划经济概况’方块 42f8 中的经济概况。在‘环境风险’判断三角形方块 42f14 中，存在不同的方式去说明这些从可预期风险到灾难性风险各种类型的风险。如果环境风险的确存在，那么，参照‘调整预报进度表’方块 42f16 和‘计划经济概况’方块 42f8， 10 你可能想要以前面结合方块 42f9 和 42f11 所指出的相似方式，重新生成‘计划经济概况’方块 42f8 中的经济概况。你还可能想要通过在特定回报率之上的所需净现值为风险 / 灾难性损失采取描述。例如，如果在世界范围内经营大量项目，那么，你可以允许在数以亿计桶的生产过程中出现一次灾难性事故，因此，你可能想要要求每个项目对这样的灾难性事故负担合理的份额。 15 你也许不得不以 20% 的贴现率创造至少 5 千万美元的净现值。因此，存在着不同方式去说明如‘环境风险因素’方块 42f15 所述的‘环境风险因素’。在‘可选择开发计划’判断三角形方块 42f17 中，你也许不得不决定从经济上评估一个可选择开发计划。如果存在如‘修正的开发实施方案’方块 42f18 所指出的可选择开发计划，那么，有必要循环回到代表这个过程开头的‘储 20 层开发计划’方块 42f1 的输入端，和在考虑它伴随的风险和不确定因素的同时，为新的开发 / 耗减计划重复经济概况的生成。可选择开发计划将拥有它自己的生产和注入进度表、必要的设施和井身、资本和运行成本措施、和对特殊项目成本的一些改变。当你已经处理了所有这些可选择开发计划时，带着从‘可选择开发计划’判断三角形方块 42f17 输出的‘否’，和参照‘风 25 险衡算可替代计划经济概况的比较’方块 42f19。这里，在方块 42f19 中，你将比较各种可选择开发计划经济概况，和对经济概况的那种比较作出响应，你将评估与各种经济概况的每一个相联系的风险。例如，假设存在两个可选择开发计划。假设第一个可选择开发计划有利的一面是具有附加的收益潜力，和不利的一面是风险较大。还假设第二可选择开发计划具有较低水平 30 的风险和较低水平的风险成本，但是它还产出较低的年收入流。需要经验相对丰富的管理决定，以便决定应该选择第一可选择开发计划，还是应该选择

第二可选择开发计划。但是，一般说来，把可选择开发计划结合在一起考虑，往往存在合理的比较，哪个可选择开发计划是要采用的‘适当开发计划’是相当明显的。要采用的‘适当开发计划’将是方块 42g 的‘优化开发计划’。

‘优化开发计划’将是当时你可以获得各种条件和信息的那一个。这个优化
5 开发计划未必永远是优化开发计划。

G. 优化开发计划 - 方块 42g

在图 4 和 16A / 16B 中，‘适当开发计划’是图 16B 中方块 42g 的‘优化开发计划’。图 16B 中方块 42g 的‘优化开发计划’代表图 4 中方块 42 的‘储层开发计划’。在图 4 中，在已经选择‘适当开发计划’作为方块 42 的‘储层开发计划’之后，现在你可以开始图 4 中的‘不断推进投资计划’方块 43。
10 现在，你可以响应于和根据所选的‘适当开发计划’/‘储层开发计划’42，开始把钱花在储层区域上了。在图 4 中，然后，你一边收集方块 62 的‘高频率监视数据’，一边进行‘操作/监视’方块 44 中的监视和操作。在已经收集到新的数据之后，通过方块 44，实施图 4 中的‘数据吸收和更新’方块 45。
15 在经过某一时间间隔之后，附加信息可能证明，你对储层的解释有欠缺，和你基于那个旧描述的‘优化开发计划’42g 需要改变一下。在图 4 中，在那种情况下，有必要从方块 45（数据吸收和更新）的输入端循环回到方块 41（初始储层特性描述）的输入端。此时，新数据被收集起来，并且生成新的开发计划。但是，新开发计划通常每隔几年才生成一次，因为：

20 (1) 每生成一次新开发计划，都需要大量资金投入；和 (2) 在给予储层足够长的时间，以达到‘半稳定状态’条件之前，不能观察到储层的真正行为。如果对调整开发计划的响应太迅速，那么，你什么也看不到；也就是说，你不能观察到足够的数据来保证改变开发计划。对于 25 到 30 年的储层生产寿命，你可能对基本开发计划作 3 次或 4 次改变。

25

参考文献

把如下参考文献合并到本申请的说明书中，以供参考：

1. Anderson, R. et al., Method for Identifying Subsurface Fluid Migration and Drainage Pathways In and Among Oil and Gas Reservoirs using 3-D and 4-D Seismic Imaging (利用 3-D 和 4-D 地震摄像在油气储层中识别子层流体移动和排放路径的方法)，US Patent 5,586,082, Dec. 17, 1996.

2. Baker, A., et. al., Permanent Monitoring - Looking at Lifetime Reservoir Dynamics (对生命期储层动力学的永久监视-查看) , Schlumberger Oilfield Review, Winter 1995, pp. 32-46.

5

3. Babour, K., A. Belani and J. Pilla, Method and Apparatus for Surveying, and Monitoring a Reservoir Penetrated by a Well Including Fixing Electrodes Hydraulically Isolated Within a Well (用于调查和监视由包括井内水力隔离的固定电极的井渗透的储层的方法和设备) , US Patent 5,642,051, June 10 24, 1997.

10

4. Babour, K., A. Belani and J. Pilla, Methods and apparatus for long term monitoring of reservoirs(长期监视储层的方法和设备), US Patent 5,467,823, Nov. 21 1995.

15

5. Beamer, A, et. al., From Pore to Pipeline, Field-Scale Solutions (从孔道到管路的区域规模解决方案) , Schlumberger Oilfield Review, Summer 1998, pp. 2-19.

20

6. Beckner, B.L. and X. Song, Field Development Planning Using Simulated Annealing - Optimal Economic Well Scheduling and Placement (利用模拟退火-优化井安排和布置的区域开发规划) , Proc. Annual SPE Tech. Conf., Dallas, 22-25 Oct. 1995, pp 209-221, SPE-30650.

25

7. Bittencourt A.C. Reservoir Development and Design Optimization (储层开发和设计优化) , Proc. Annual SPE Tech. Conf., San Antonio, 5-8 Oct. 1997, pp 545-558, SPE-38895.

30

8. Briggs, P., et. al., Trends in Reservoir Management" (储层管理的趋势) , Schlumberger Oilfield Review January 1992, pp. 8-24.

9. Bussear, T., and B. Weightman Computer Controlled Downhole Tools for

Production Well Control (用于生产井控制的计算机控制向下钻进工具) ,
US Patent 5,803,167, Sep. 8, 1998.

10. 10. Currie, J.C., J.F. Novonak, B.T. Aasboee and C.J. Kennedy, Optimized Reservoir Management Using Mixed Linear Programming (利用混合线性编程的优化储层管理) , Proc. SPE Hydrocarbon Econ. & Evaluation Symp., Dallas, 16-18 March 1997, pp 235241, SPE-37963.
11. 11. Gawith, D.E. and P.A. Gutteridge, Decision-Directed Reservoir Modelling: "The Next Big Thing" (决定导向储层建模-下一个大事情) , Proc SPE Reservoir Simulation Symposium, 14-17 Feb. 1999, Houston, TX, pp. 131-134, SPE-51890.
12. 15. Guerillot, D. and F. Roggero, Method for Predicting, by Means of an Inversion Technique, the Evolution of the Production of an Underground Reservoir (利用逆向技术预测地下储层的生产评估的方法) , US Patent 5,764,515, Jun 9, 1998.
13. 20. He, W., and R. Anderson, Method for Inverting Reflection Trace Data From 3-D and 4-D Seismic Surveys and Identifying Subsurface Fluid and Pathways In and Among Hydrocarbon Reservoirs Based on Impedance Models (根据阻抗模型识别碳氢化合物储层中的子层流体和排放和从 3-D 和 4-D 地震测量逆转反射跟踪数据的方法) , US Patent 5,798,982, Aug. 25, 1998.
14. 25. Johnson M., Method and apparatus for testing, completion and/or maintaining wellbores using a sensor device (利用传感器器件测试、完成和/或维护井孔的方法和设备) , US Patent 5,829,520, Nov 3, 1999.
30. 15. Pedersen L. et. al., Seismic Snapshots for Reservoir Monitoring (储层监视的地震快像) , Schlumberger Oilfield Review, Winter 1996, pp. 32-43.

16. Ramakrishnan, T. S. and Kuchuk, F., Testing and Interpretation of Injection Wells Using Rate and Pressure Data (利用速率和压力数据对注入井的测试和解释) , *SPE Form. EvaL.* 9, pp. 228-236 (1994))
5
17. Satter, A. and G. Thakur, Intergrated Petroleum Reservoir Management, A Team Approach (综合石油储层管理, 团队方法) , PennWell Publishing Co., 1994, 335 pages.
- 10 18. Trayner, P.M., Defining Business Critical Workflows for Integrated Reservoir Optimization (为综合储层优化定义商业临界工作流) , SPE India Oil and Gas Conference Exhibition, New Delhi, India, 17-19 Feb 1998, SPE-39576.
- 15 19. Tubel, P. et. al., Method and Apparatus for the Remote Control and Monitoring of Production Wells (远程控制和监视生产井的方法和设备) , US Patent 5,975,204, Nov 2, 1999.
- 20 20. Tubel, P. et al., Production Wells Having Permanent Downhole Formation Evaluation Sensors (具有永久向下钻孔评估传感器的生产井) , US Patent 5,730,219, Mar. 24, 1998.
- 25 21. Stein, M. and F. Carlson, Method for Characterizing Subterranean Reservoirs (特性化地下储层的方法) , US Patent 5,305,209, Apr. 19, 1994.
22. Wason, C. et al., System for Monitoring the Changes in Fluid Content of a Petroleum Reservoir (监视石油储层流体内容中的变化的系统) , US Patent 4,969,130, Nov. 6, 1990.
- 30 23. Yu, G. et. al., Apparatus and Method for Combined Acoustic and Seismoetetric Logging Measurements (用于组合的声学和地震电子日志测量的设备和方法) , US Patent 5,841,280 Nov. 24, 1998.

24. Zakirov, I.S., E.S. Zakirov, S.I. Aanonsen and B.M. Palatnik, Optimizing Reservoir Performance by Automatic Allocation of Well Rates (通过自动分配井速率优化储层性能) , Proc. 5th Math. Of Oil Recovery Europe Conf.,
5 Leoben, Austria, 3-6 Sept. 1996, pp 375-384, ISBN 3-9500542-0-0.

上面通过优选实施例已经对本发明进行了描述，但是，显而易见，可以以许多方式改变这些优选实施例。这样的改变不能被认为偏离了本发明的精神和范围，对于本领域的普通技术人员来说显而易见的所有这样的修改都将在
10 包含在如下权利要求书的范围之内。

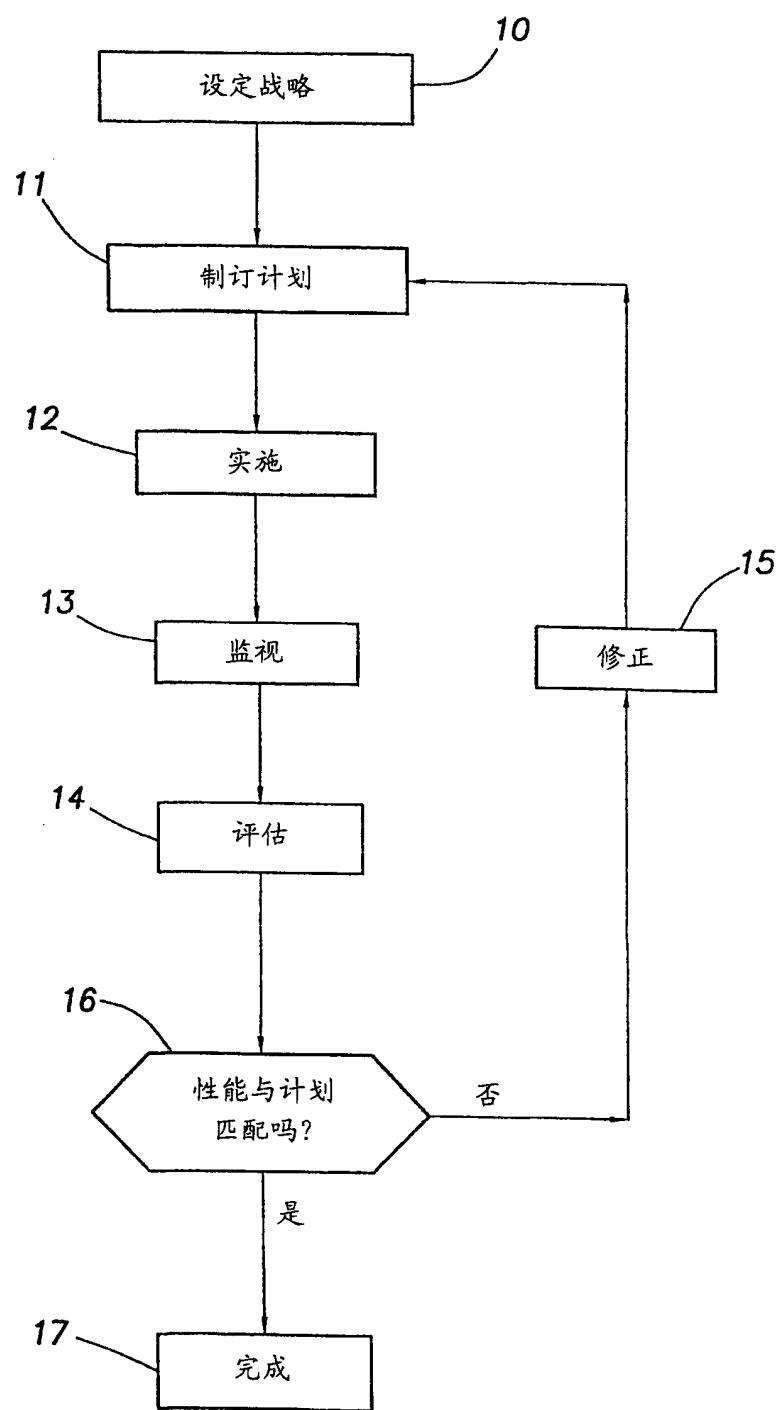


图 1

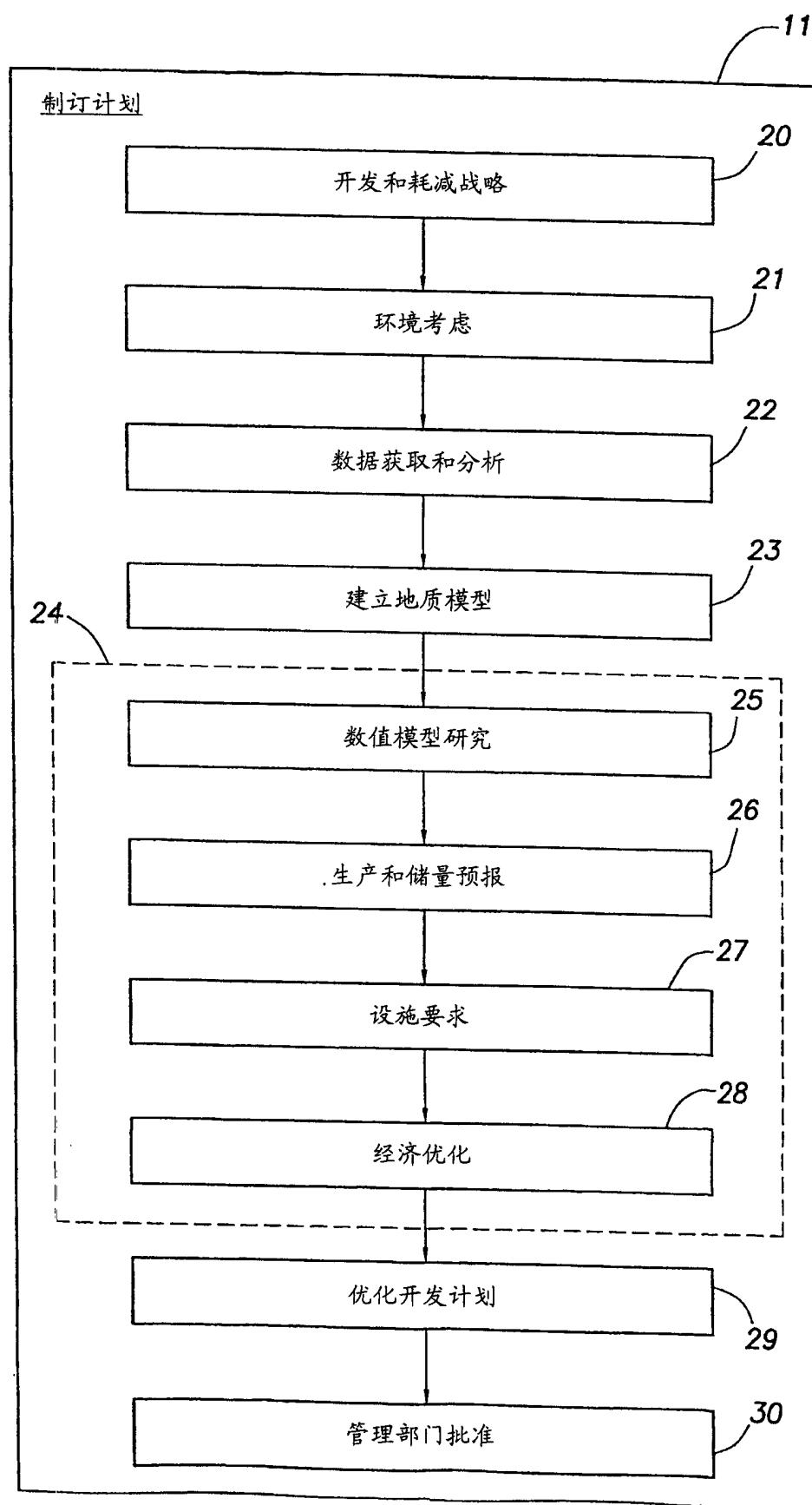


图 2

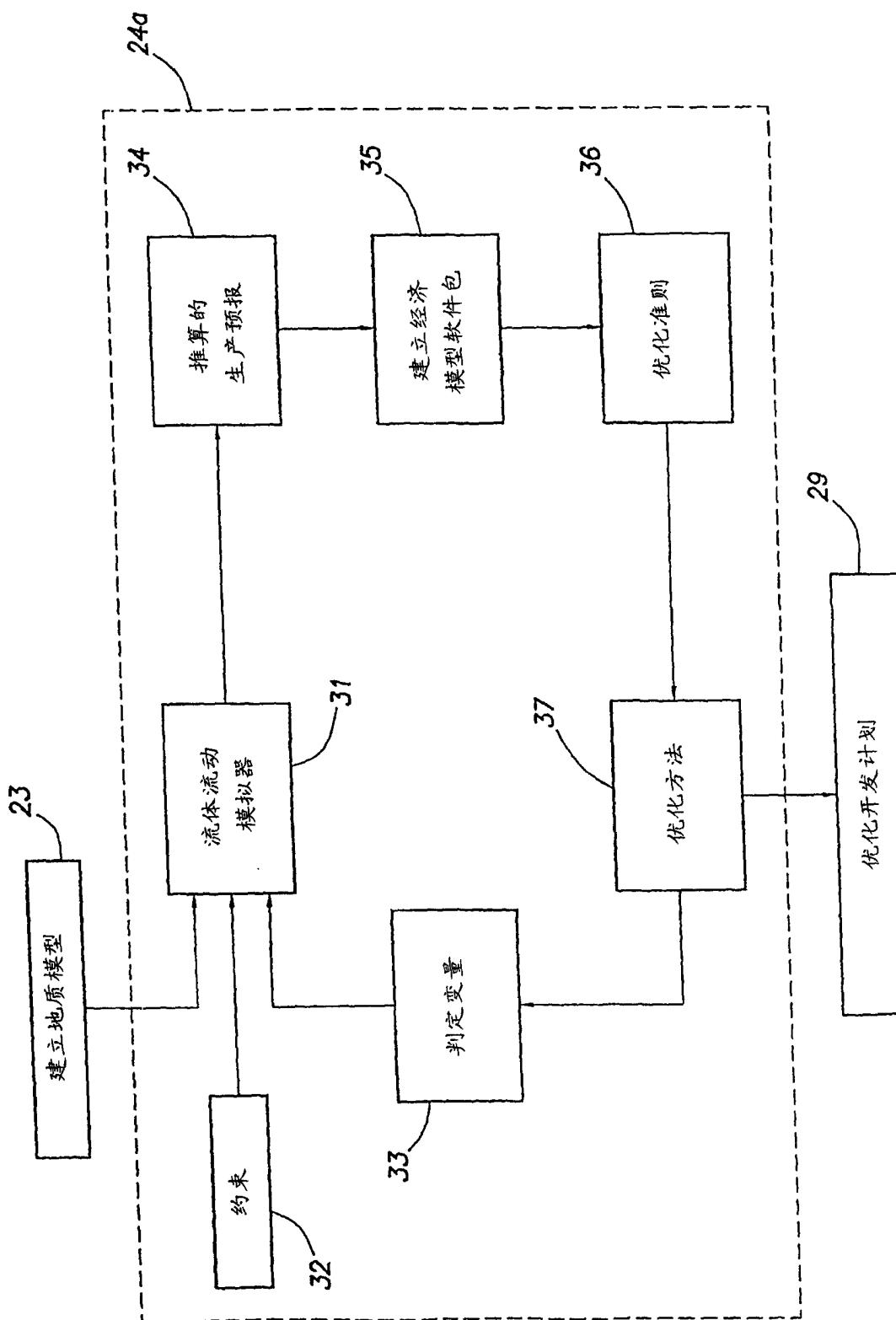


图 3

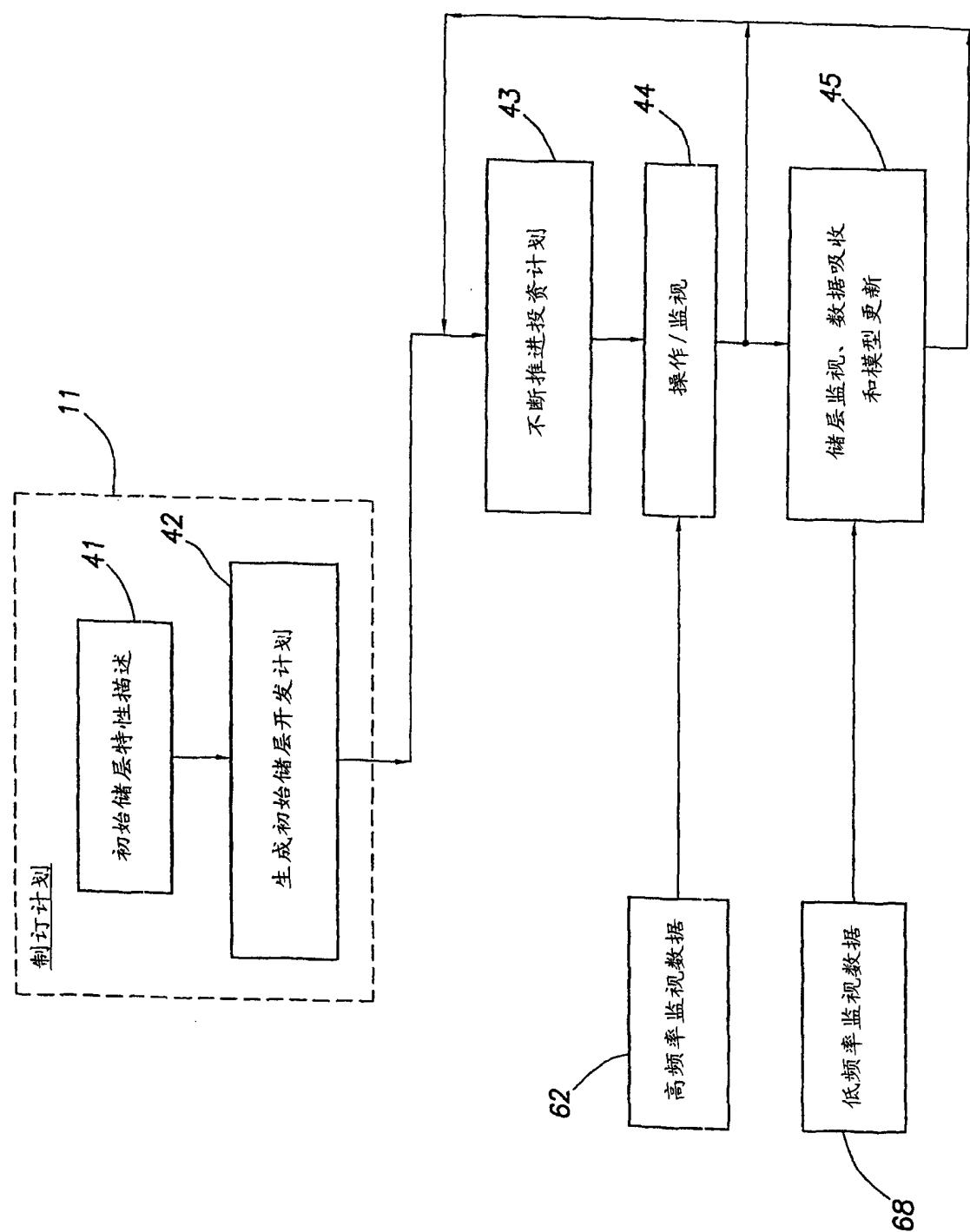


图 4

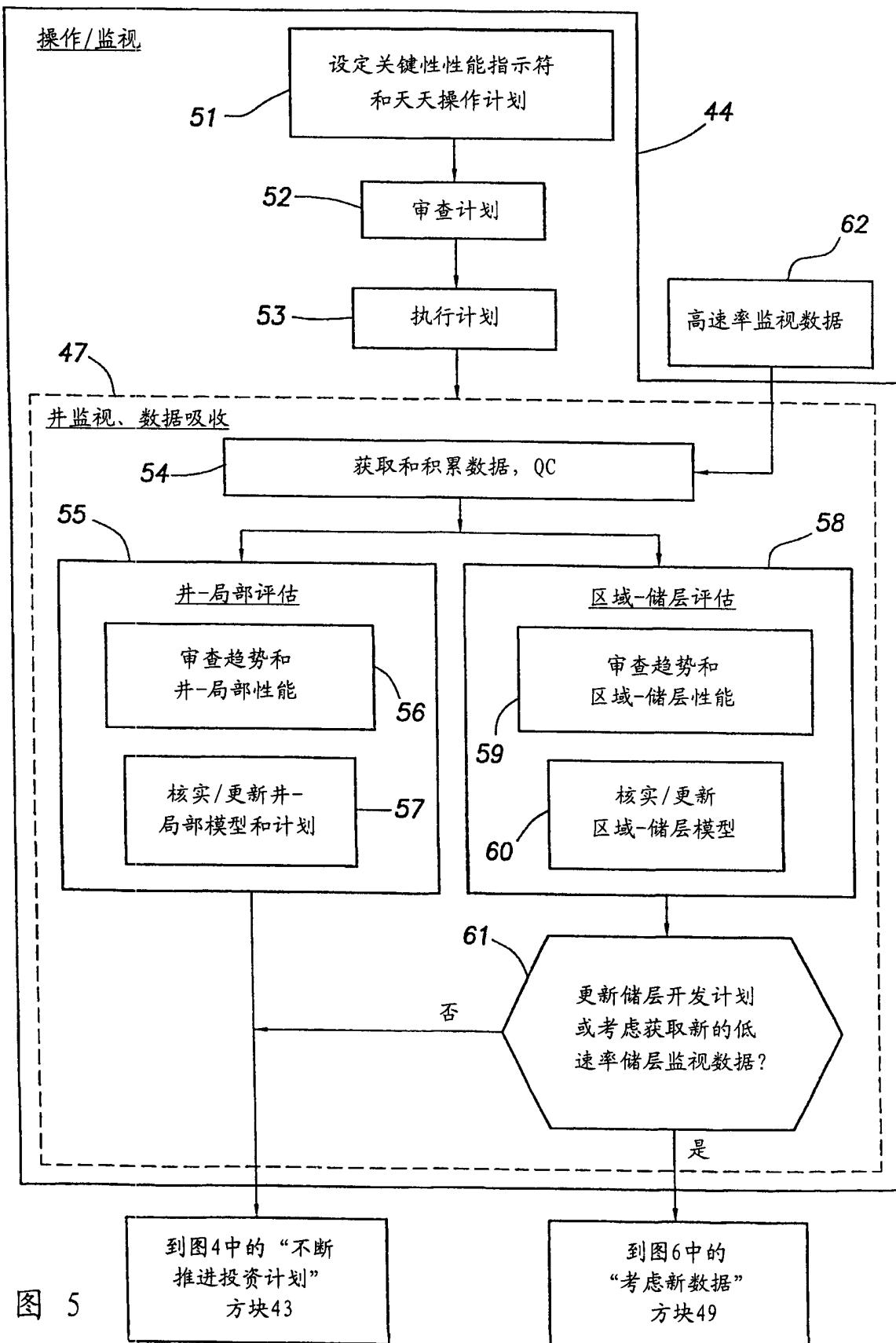


图 5

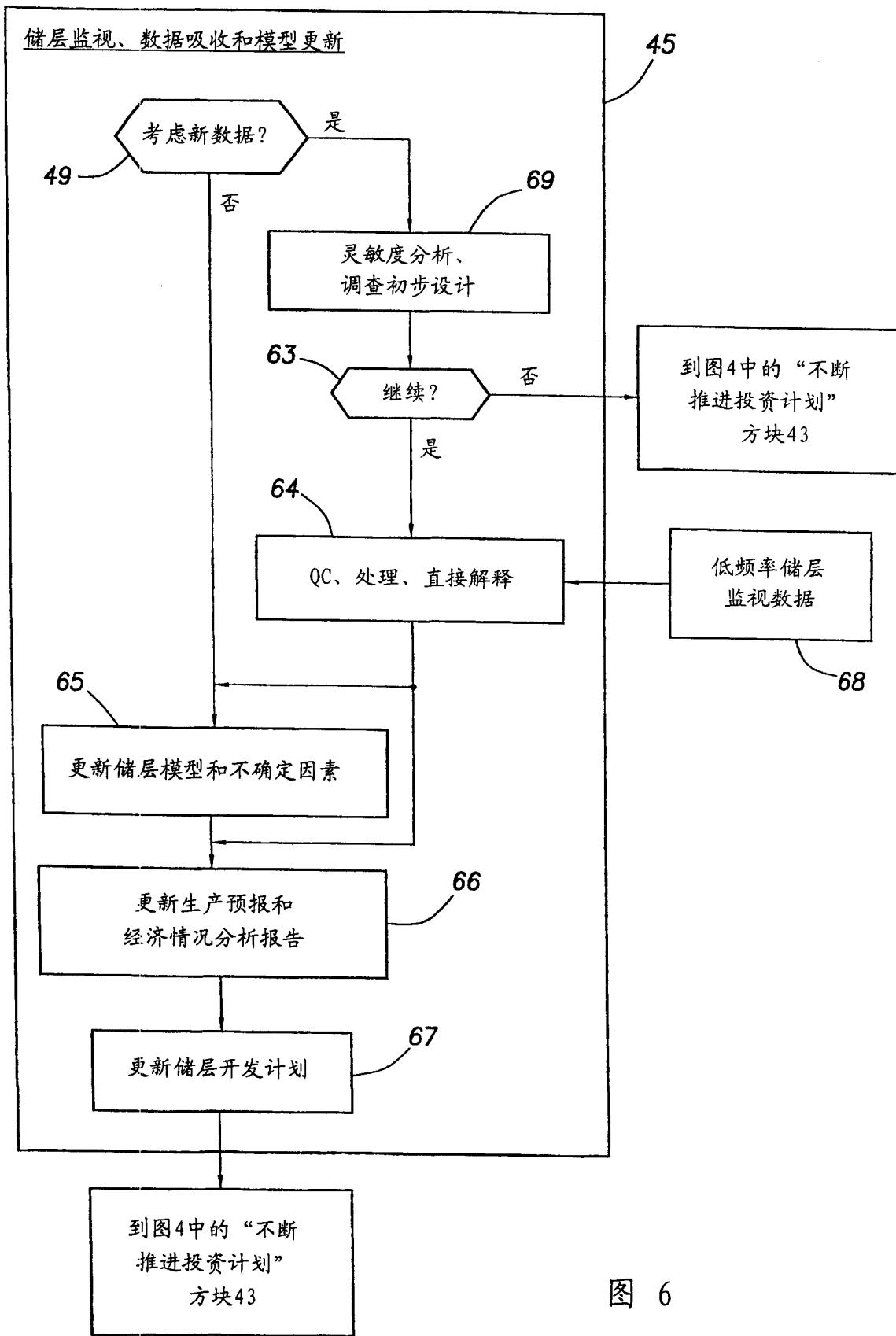


图 6

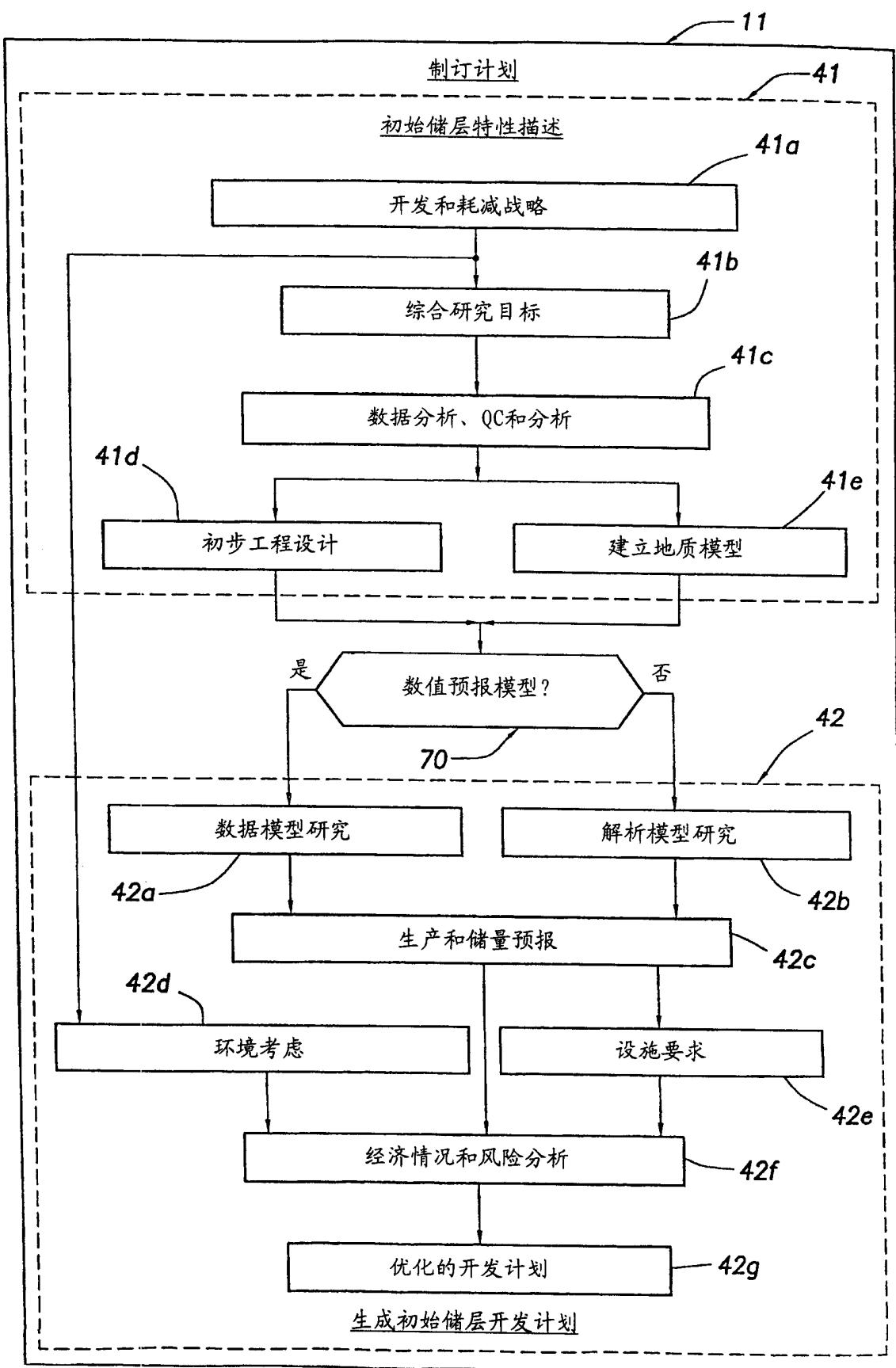


图 7

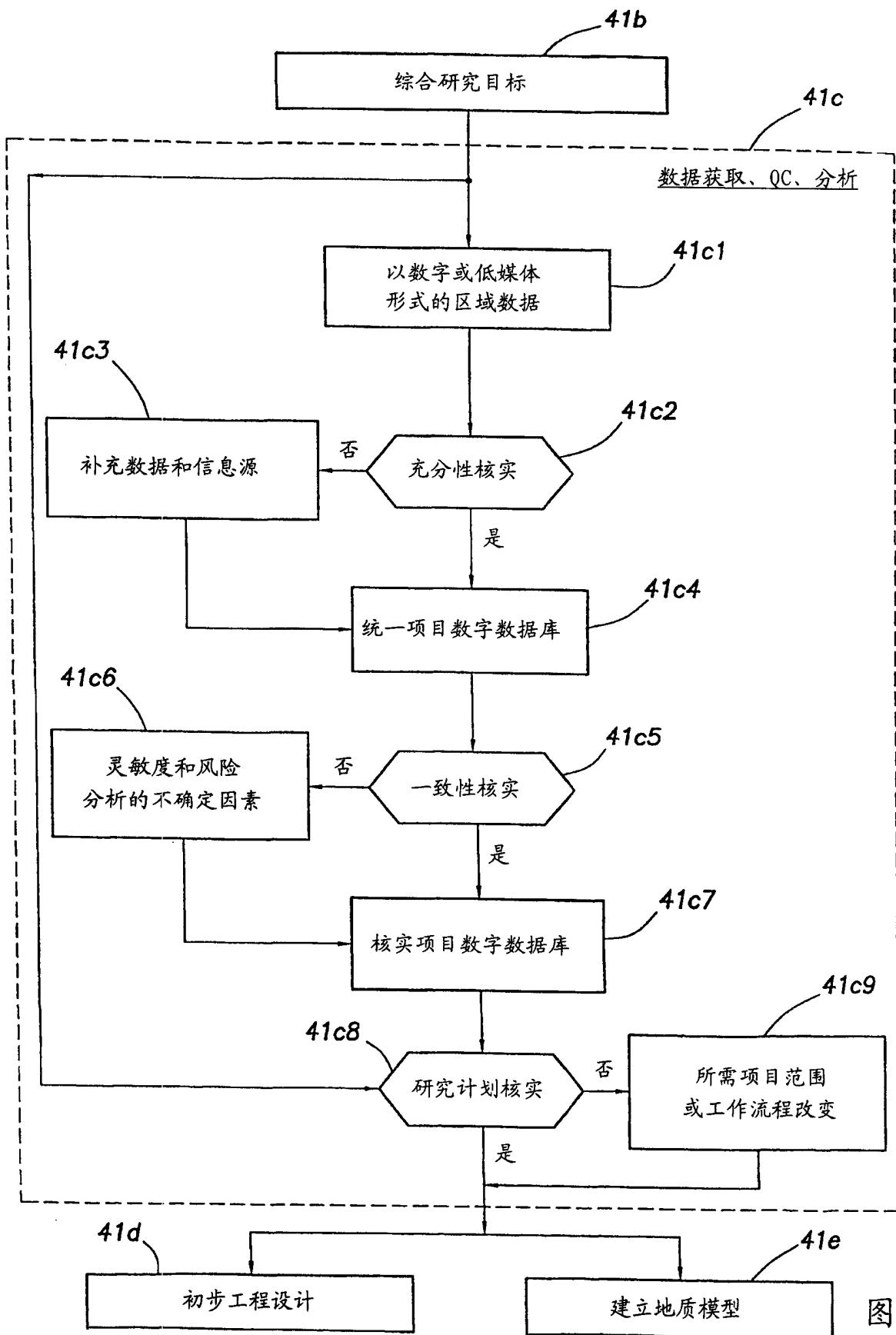


图 8

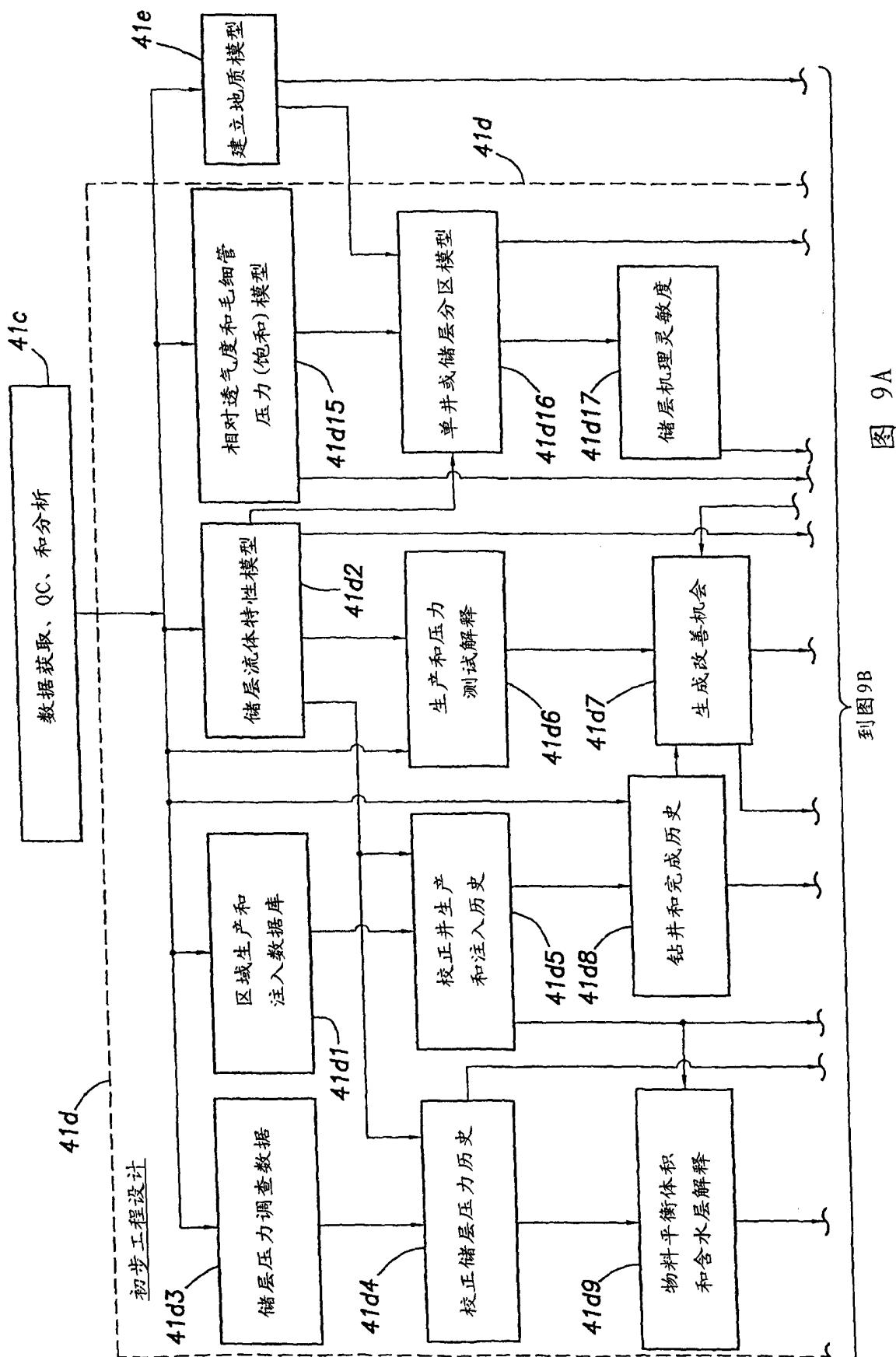
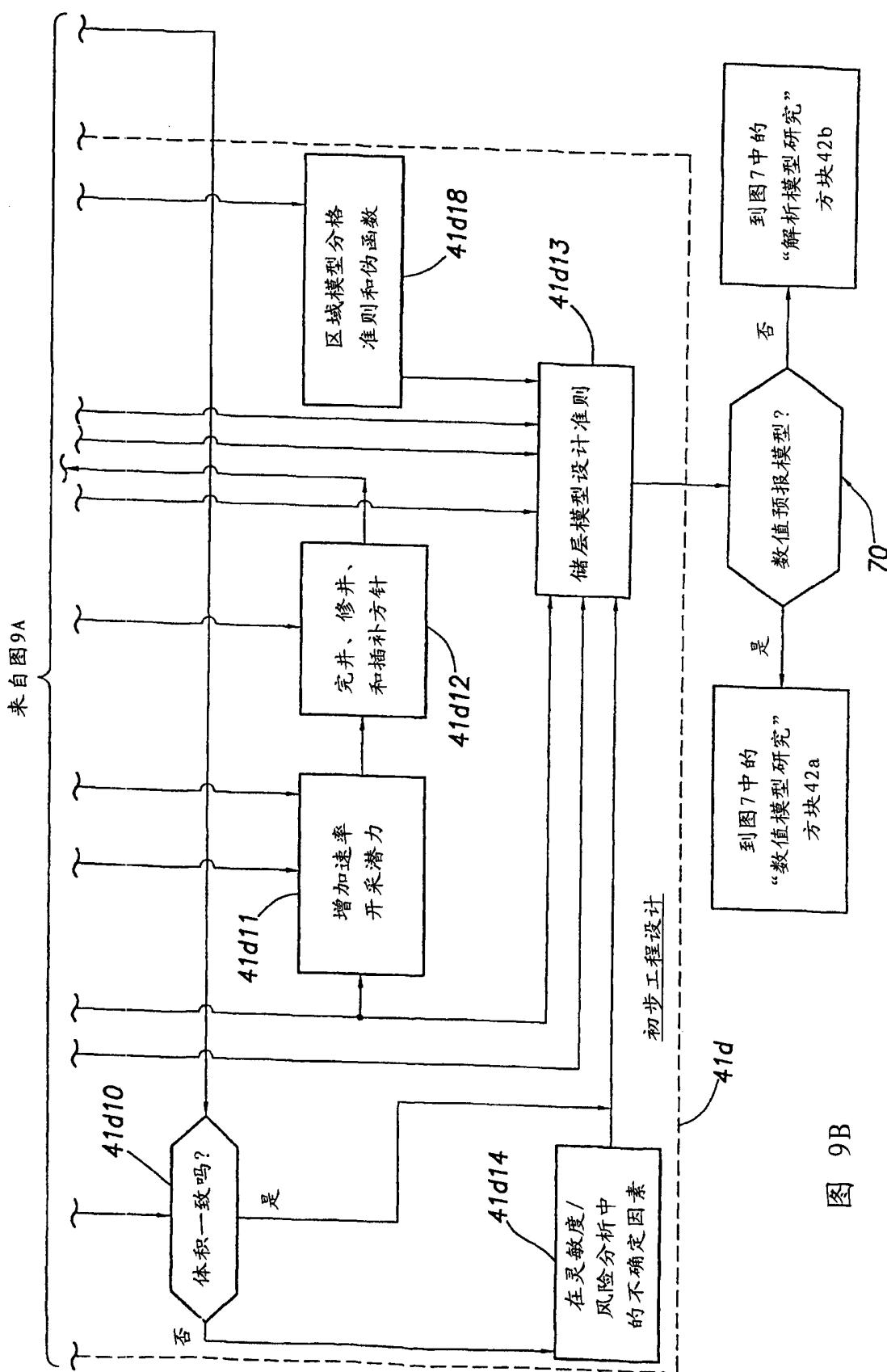


图 9A

到图 9B



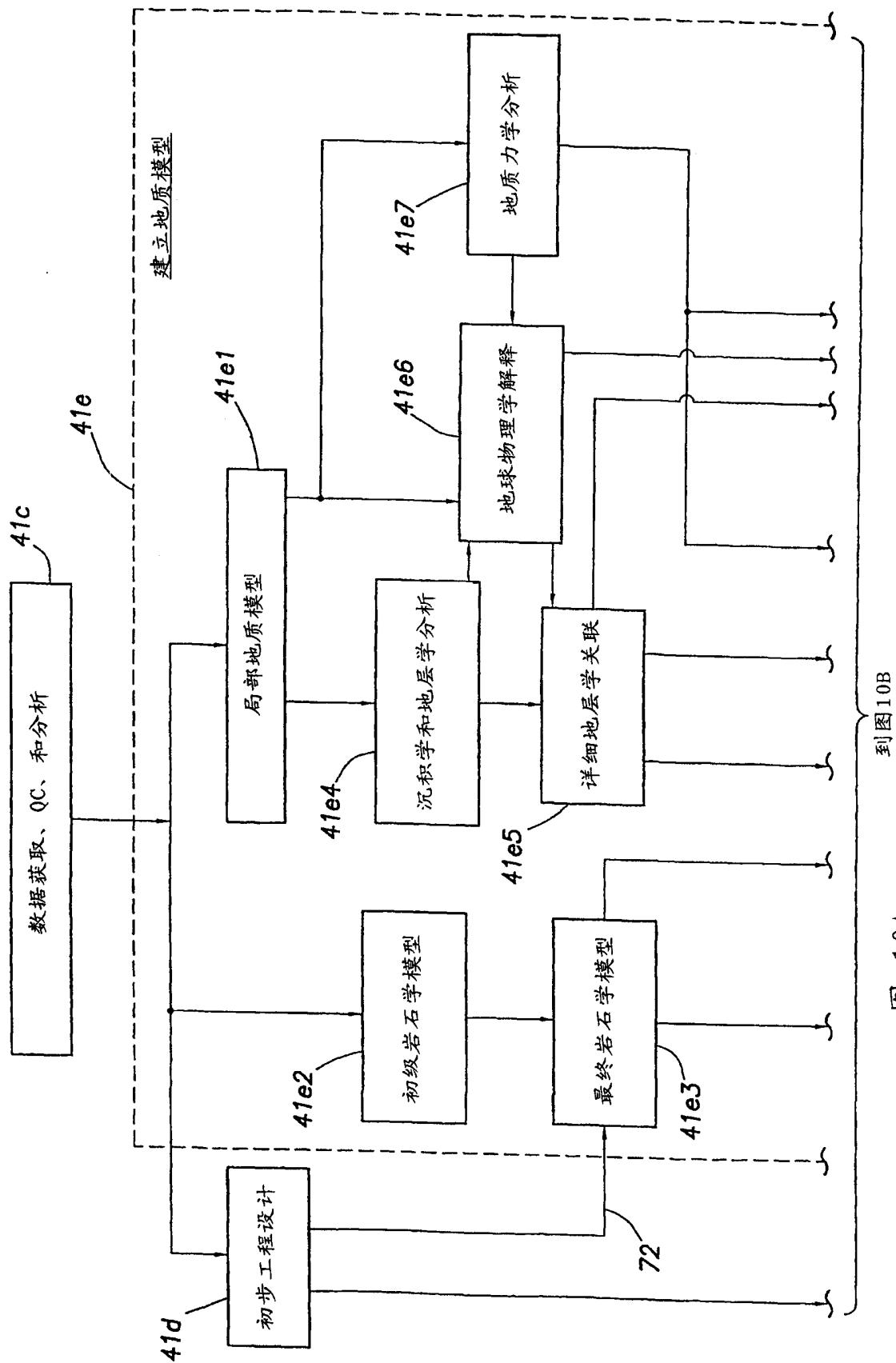


图 10A 到图10B

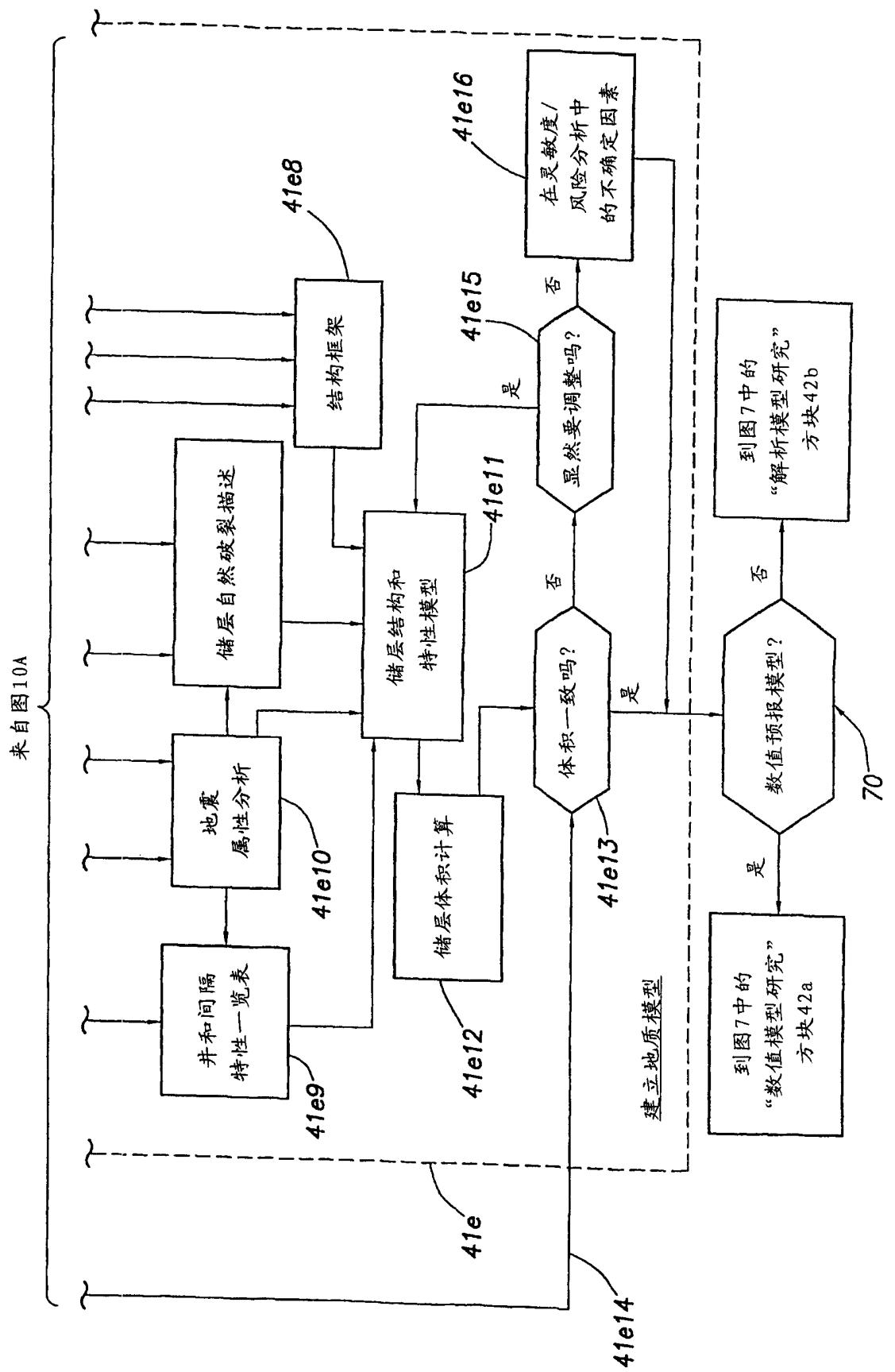


图 10B

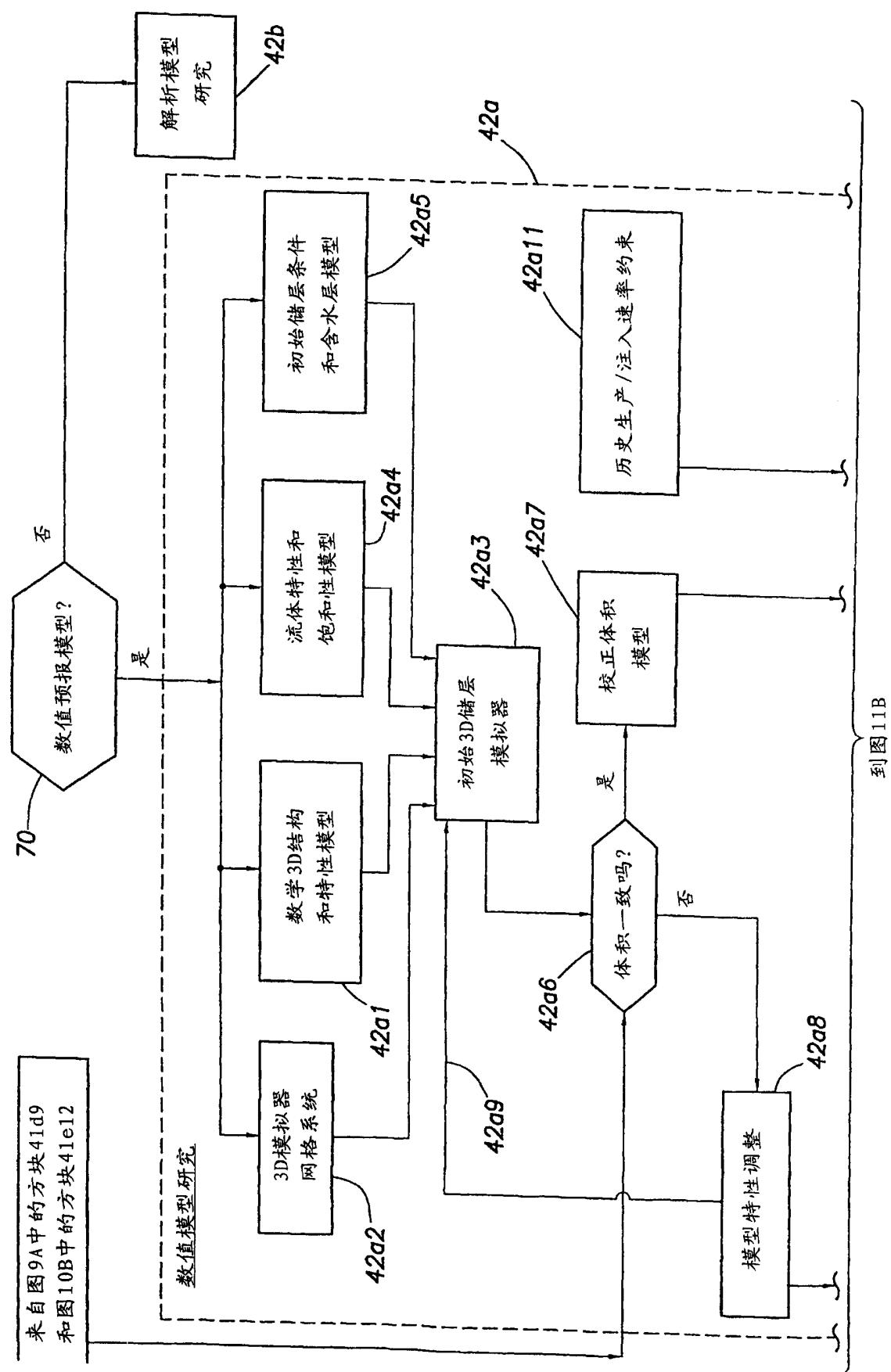


图 11A

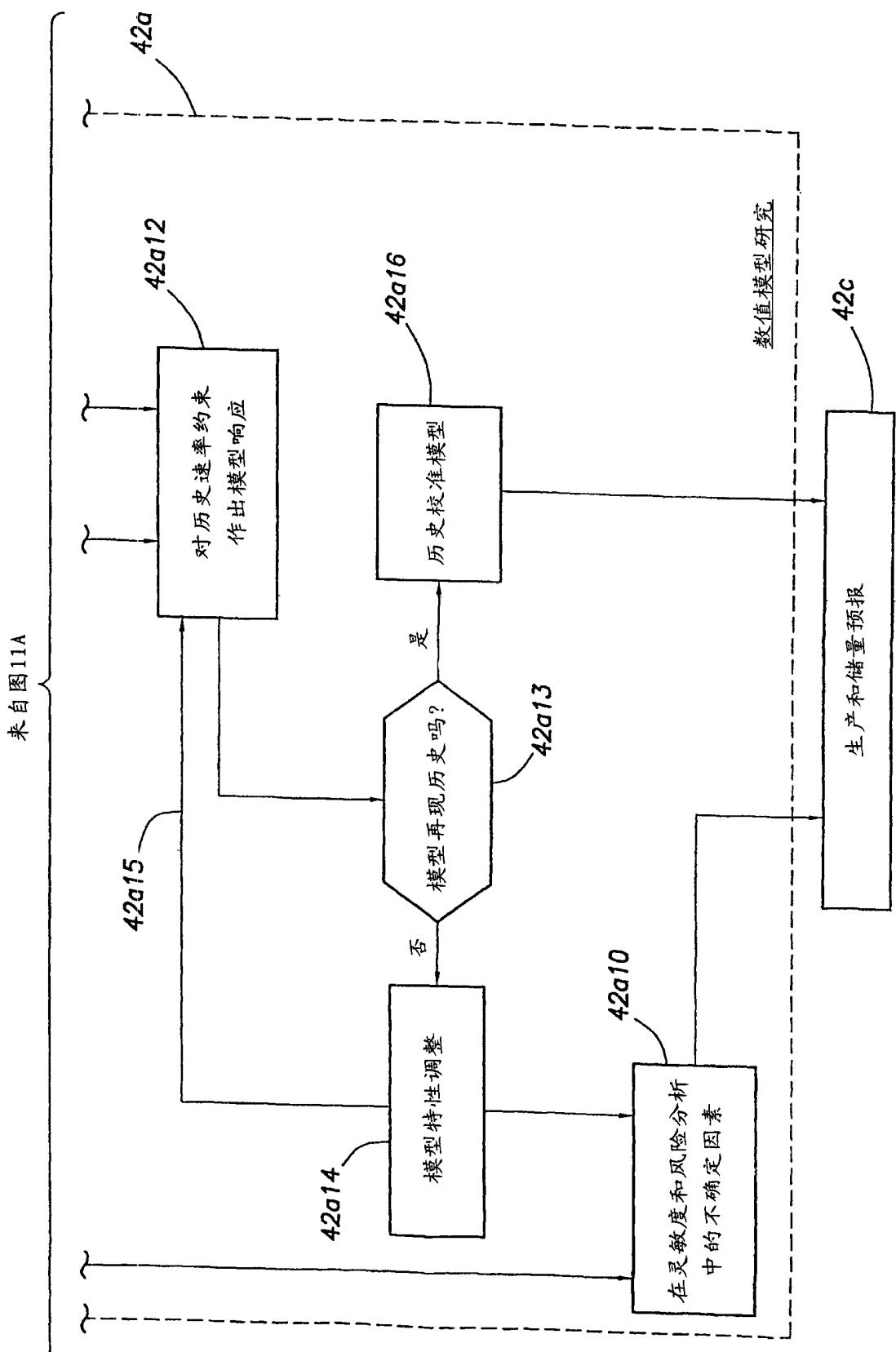


图 11B

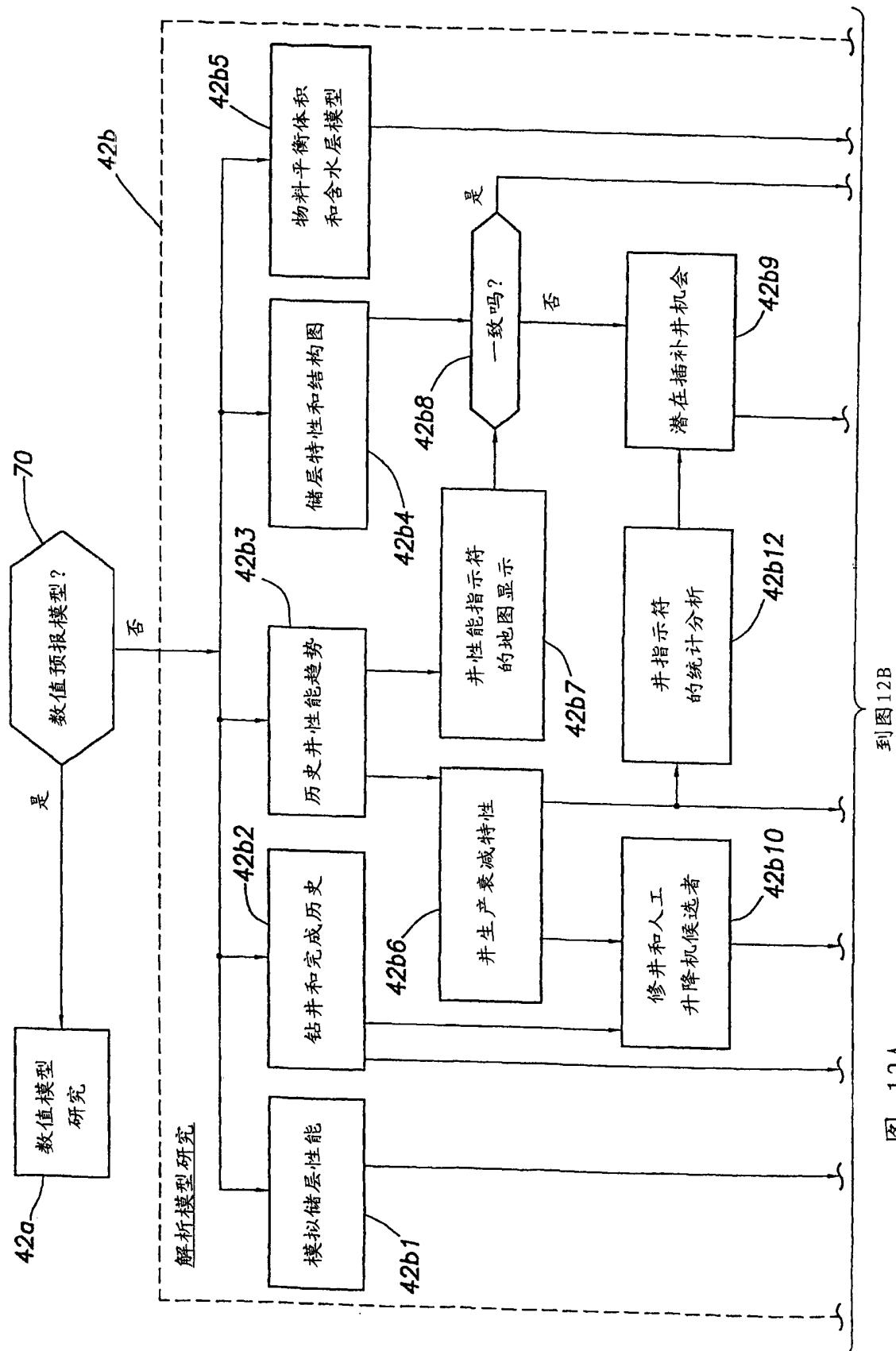


图 12A

到图 12B

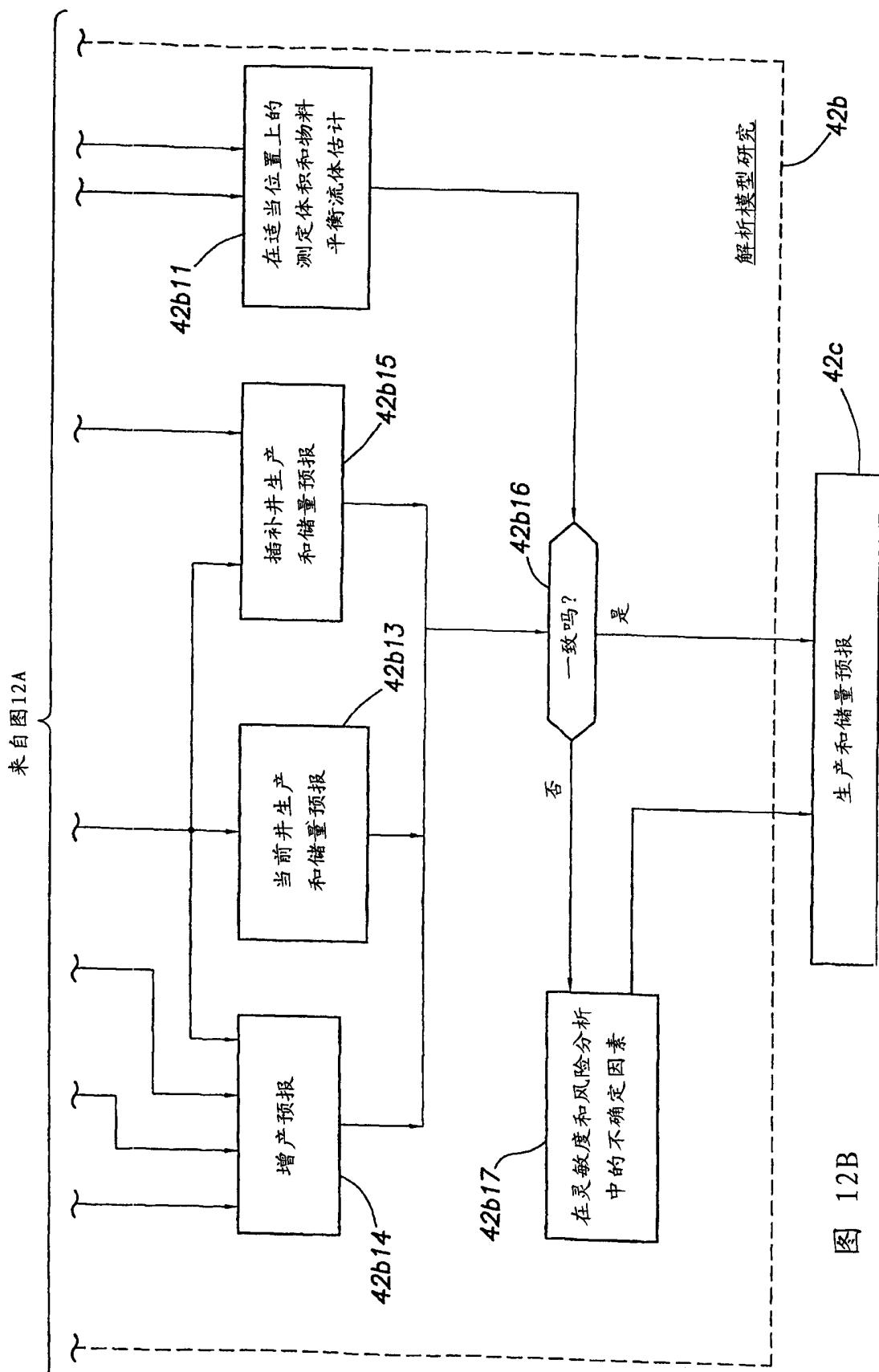
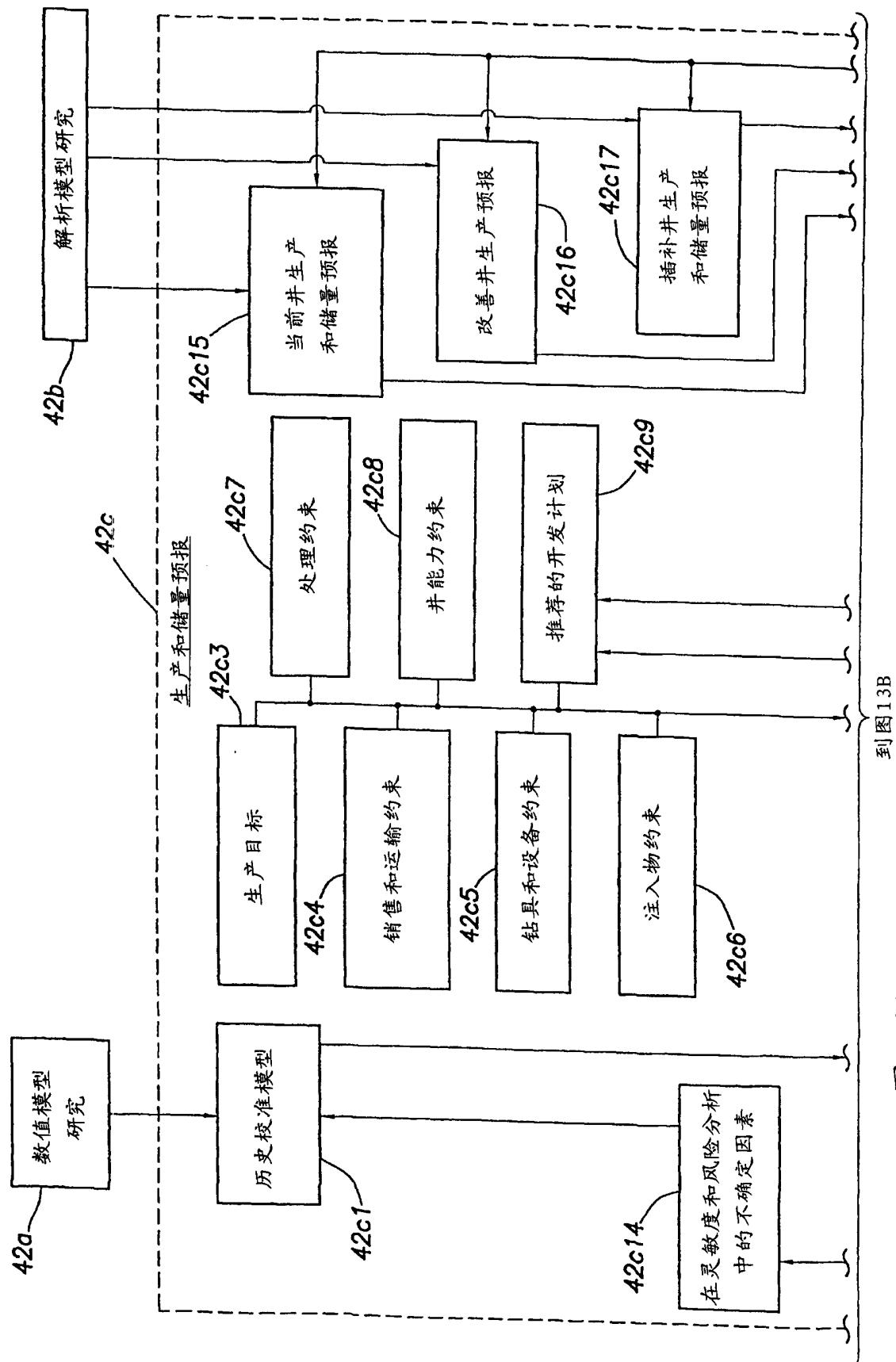


图 12B



13A

图 13B

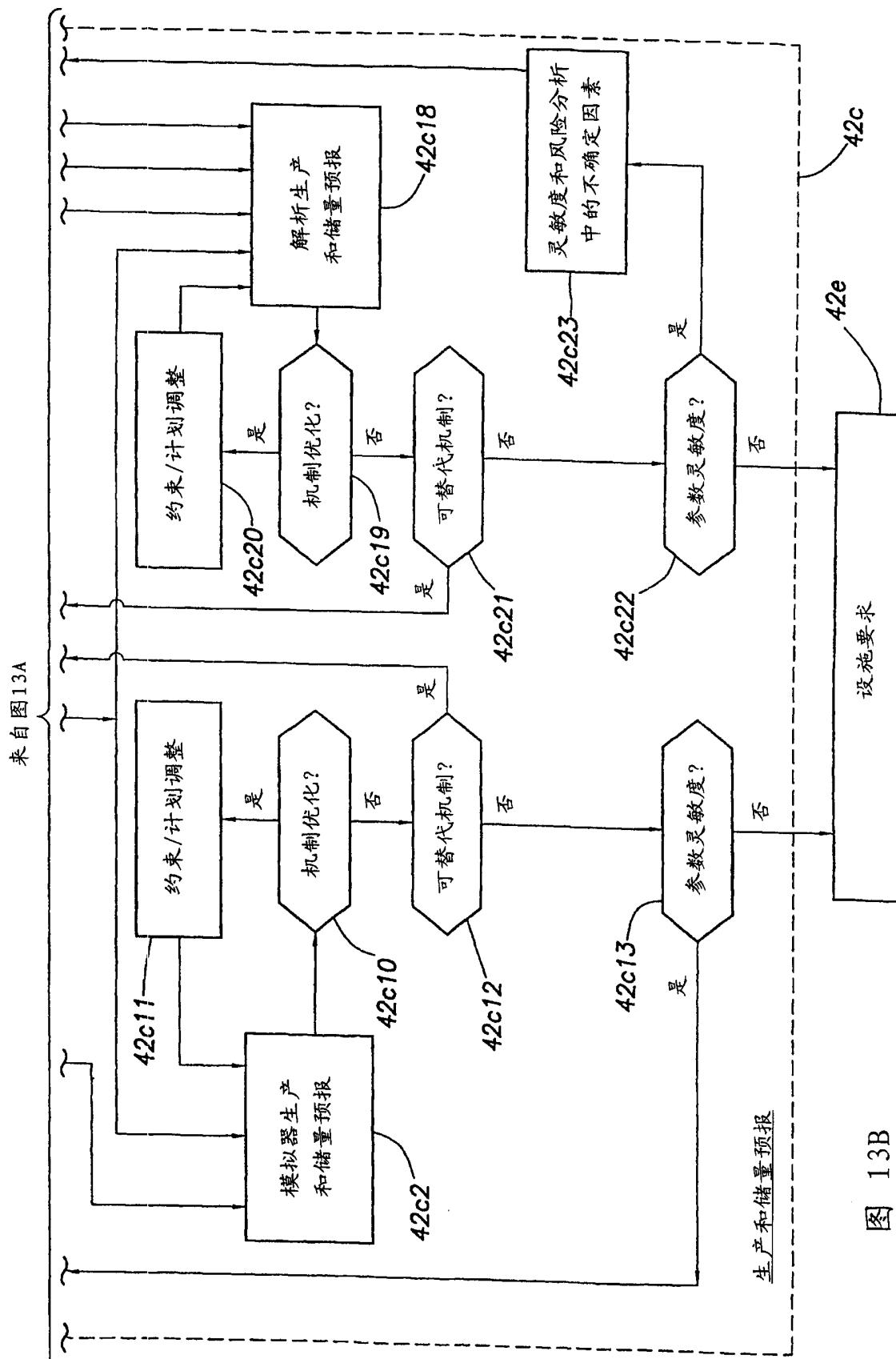


图 13B

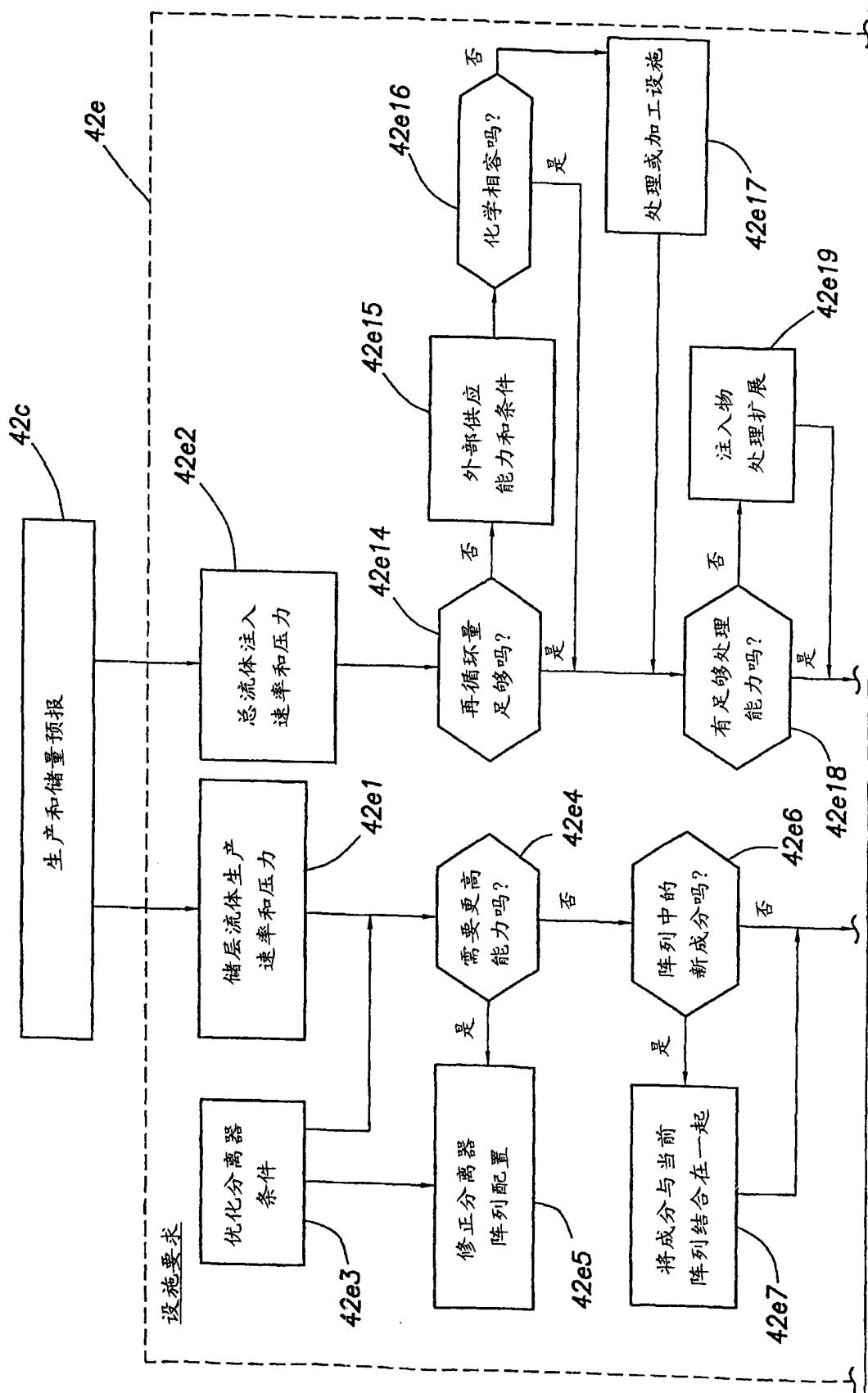


图 14A

到图14B

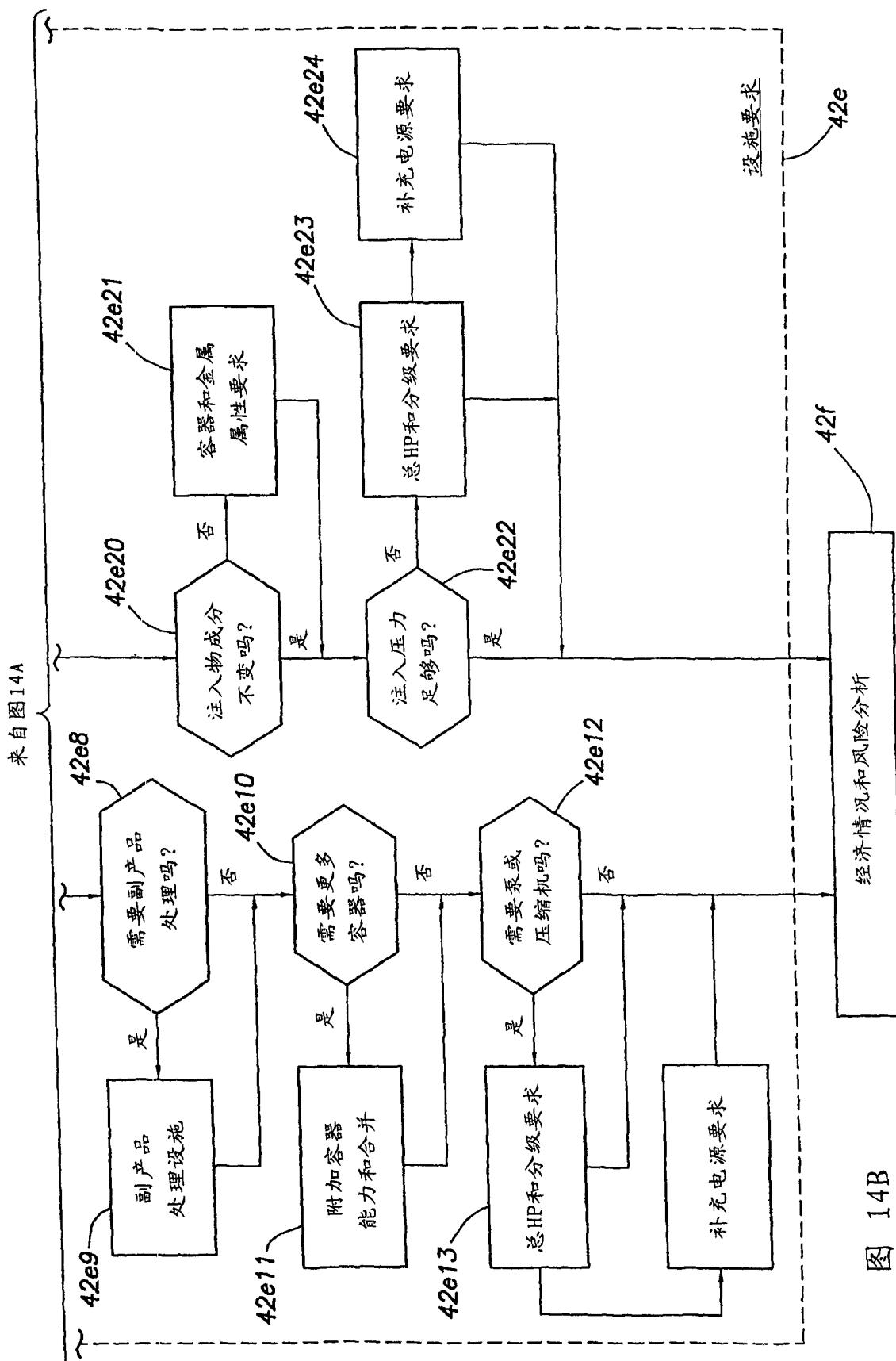
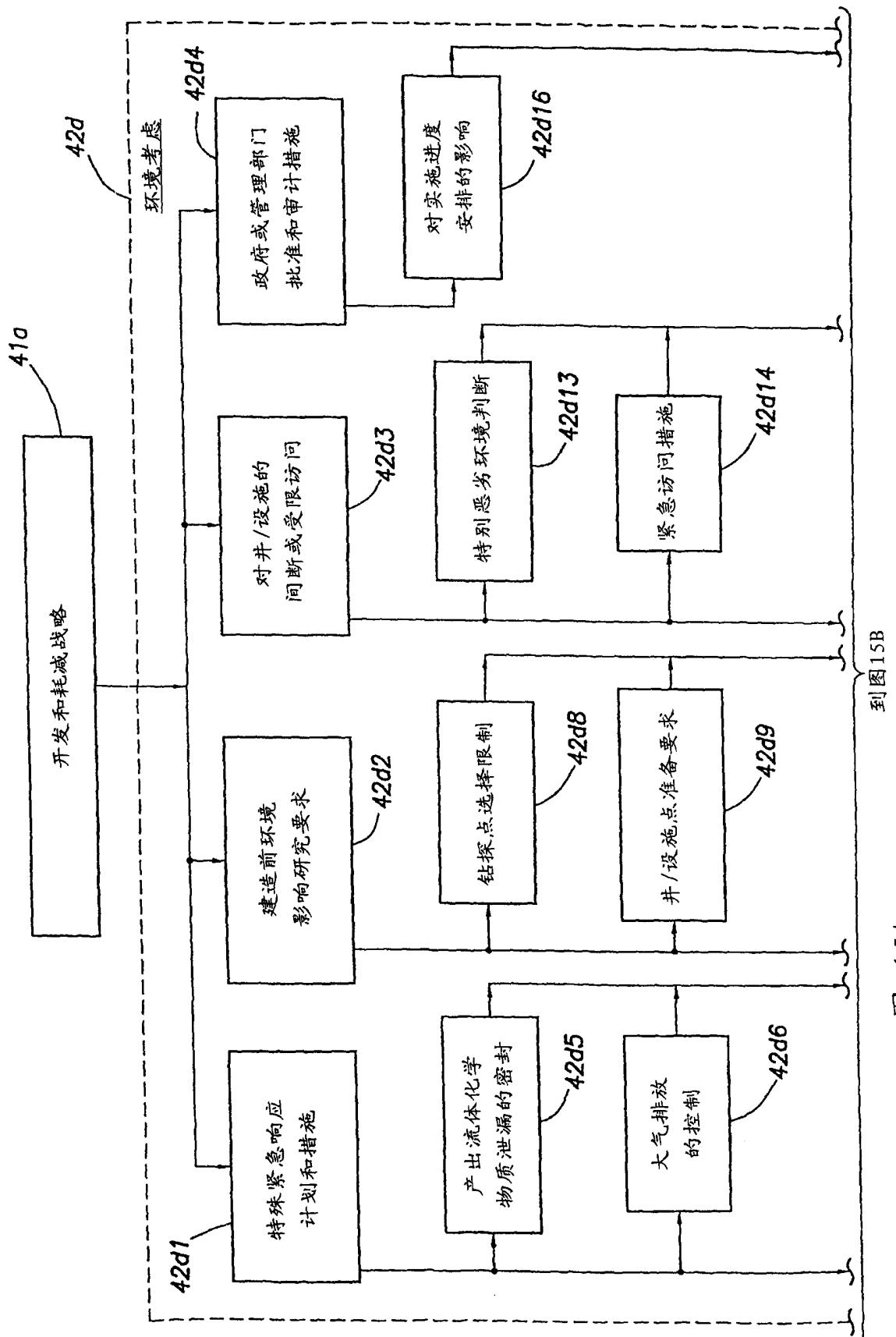


图 14B



15A
图

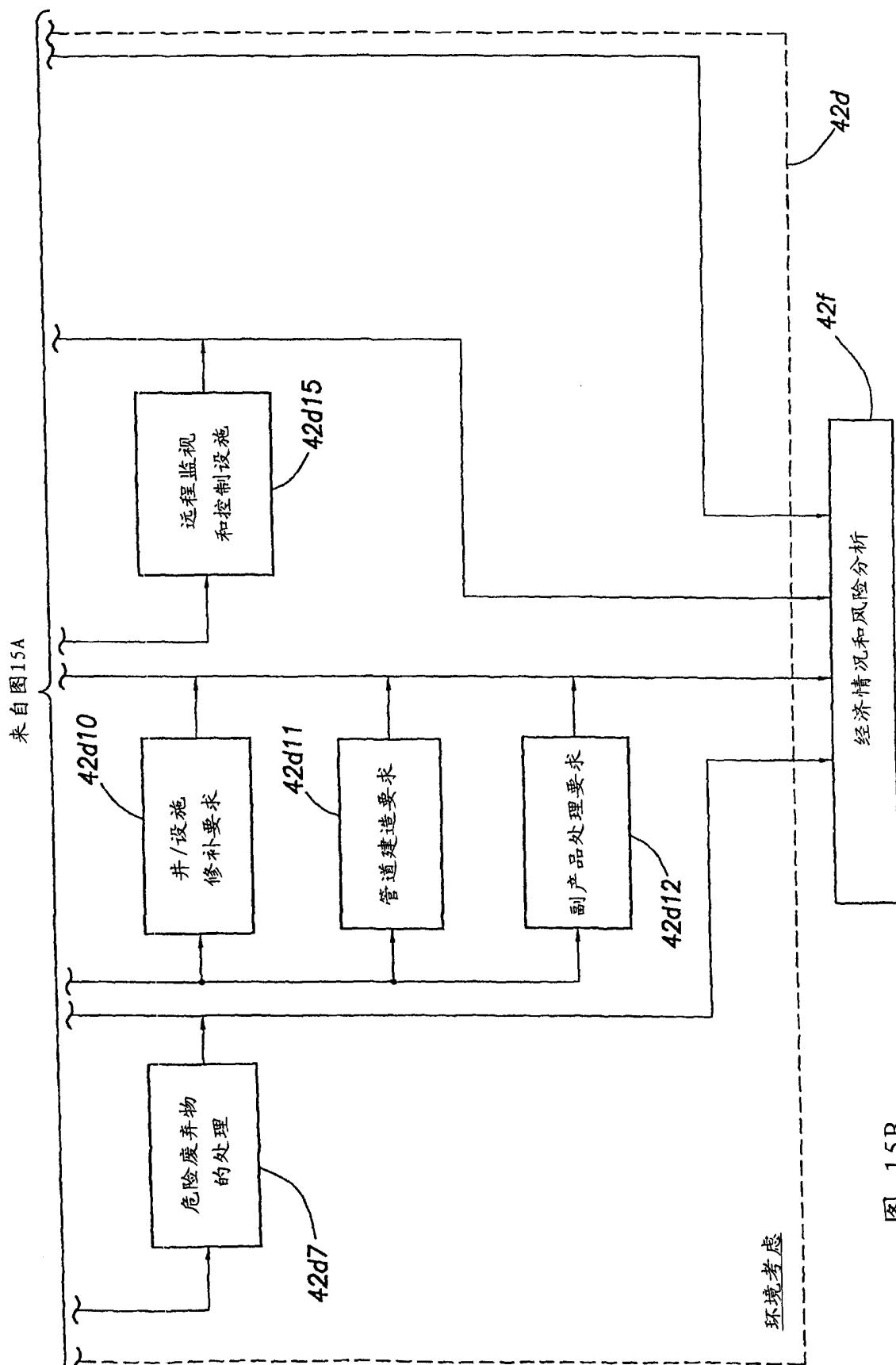


图 15B

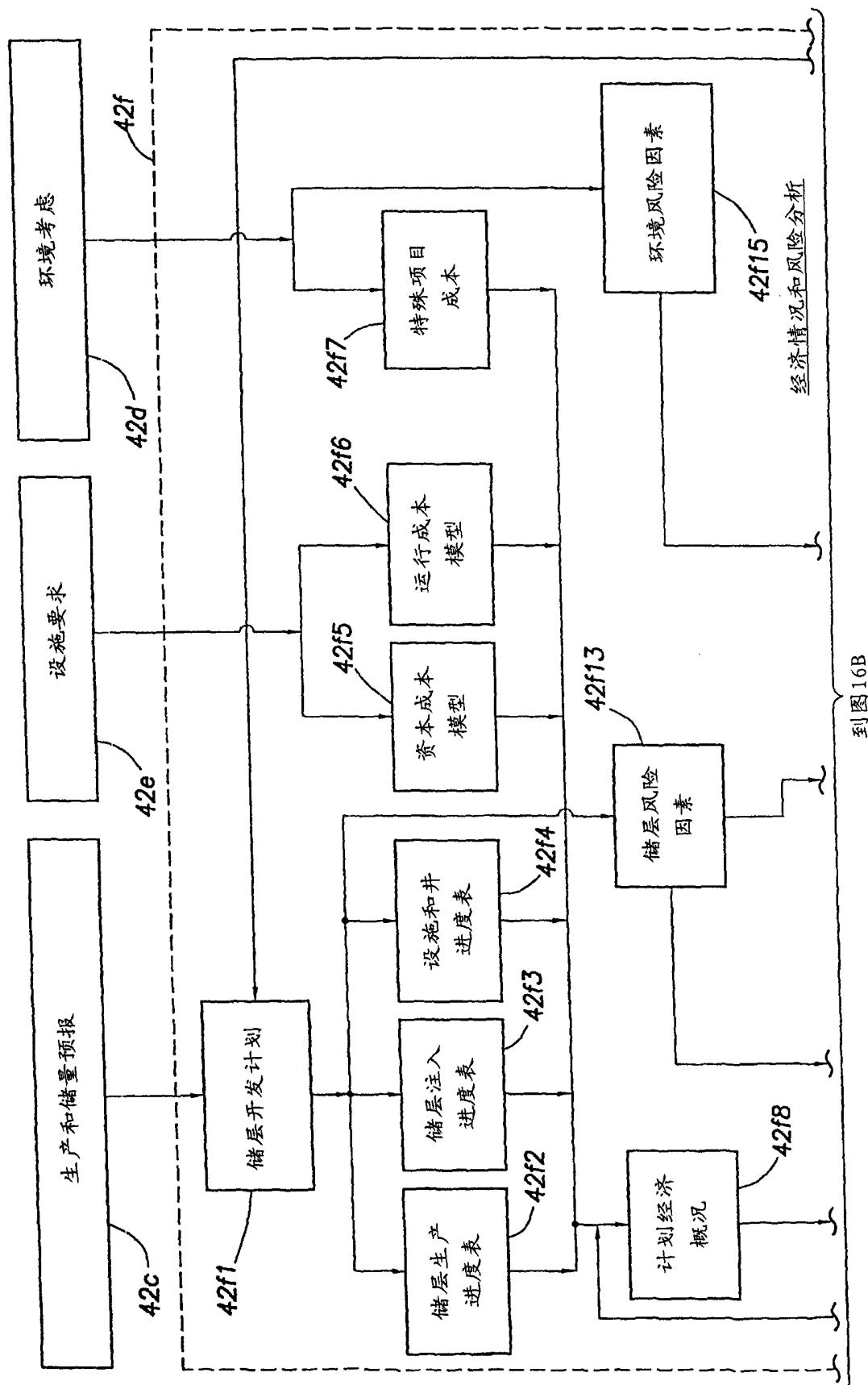


图 16A

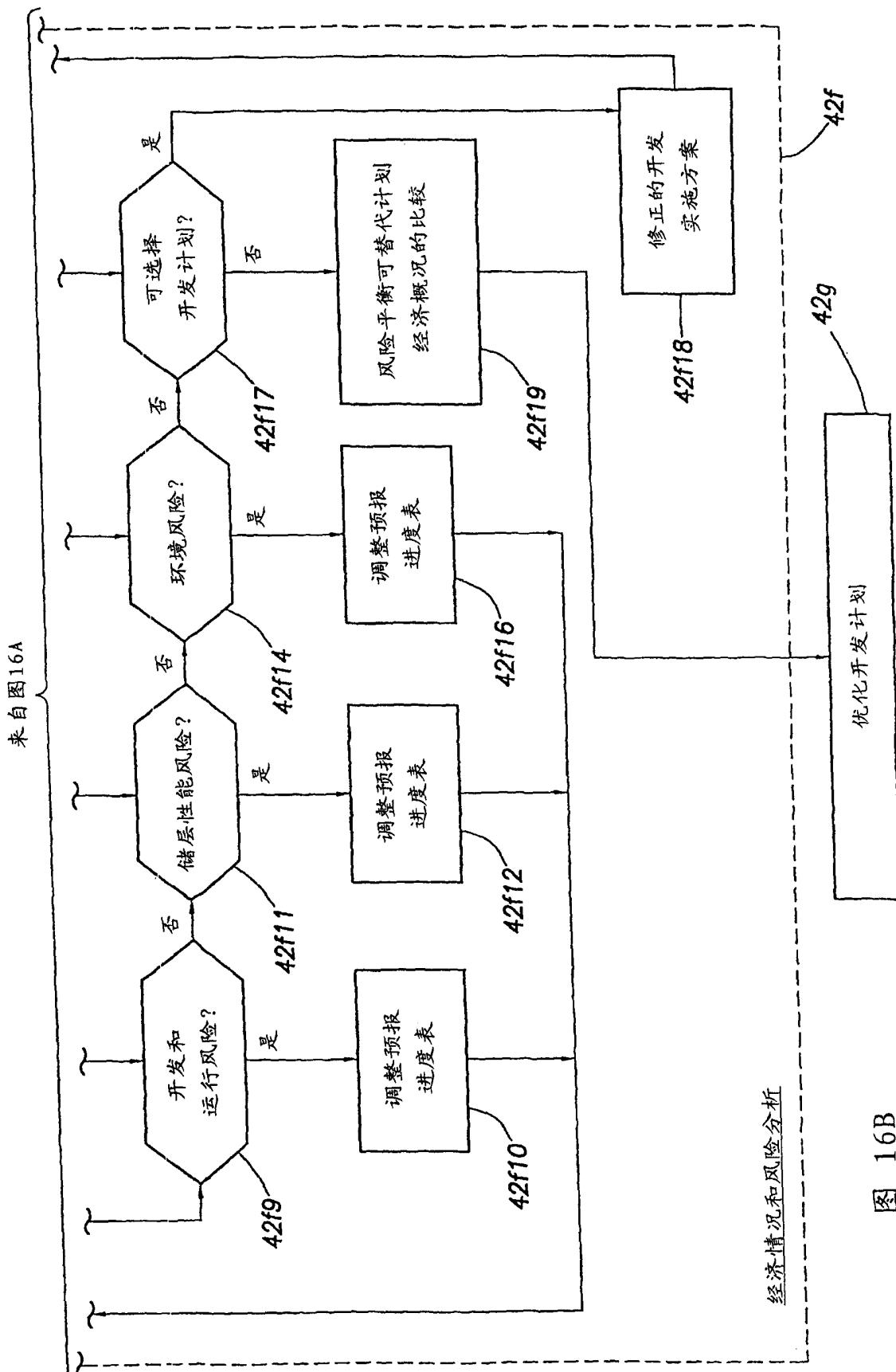


图 16B