第8卷第7期
1997年7月

软 件 学 报
JOURNAL OF SOFTWARE

Vol. 8, No. 7
Jul. 1997

关于开放型物理系统的QP理论*

韦梓楚

（中国科学院数学研究所 北京 100080）

摘要 本文探讨物理系统定性推理的描述方法. 在分析已有的定性推理方法所存在不足的基础上，给出了一种基于事件与进程的开放系统的定性推理的描述手段QUIOS. 此方法一方面拓广了定性进程理论QPT(qualitative process theory)关于参量的类型，引入了参量视图的概念，描述了参量的两种继承关系，并证明在一定条件下参量的双重继承关系不会引起矛盾；另一方面通过事件制约进程而引入开放系统定性推理的表现机制.

关键词 定性推理，开放系统，类型，参量，视图，继承.

中图法分类号 TP18

1 定性推理方法回顾

现实生活中，许多推理并不要求知道有关事物的种种数量特性，况且在不少情况下甚至难以掌握或使用复杂的数量关系，这导致了70年代末开始的定性推理这个新研究方向的蓬勃发展.

定性推理中出现了3个主要的研究方法[1]，包括J. de Kleer和J. S. Brown的部件分析法，B. Kuipers的定性方程和约束网络法以及K. Forbus的定性进程理论. 其代表作分别为ENVISION[2]，QSIM[3]和QPT[4]. Y. Iwasaki等则就系统变量间的因果依赖关系在推理中的作用探讨一些因果推理. 近10年来定性推理研究的潮流似更偏向于实用化，用de Kleer等的话说是进到另一个分水岭——用已有的工具来处置工程问题求解的实际任务[5]，出现了用定性方法求解复杂动力系统的一系列研究工作，包括考虑了用拓扑方法作系统分析的尝试. 就QPT而言，一方面是工程物理和化学等领域的人们把QPT当作实用的分析工具，另一方面是QPT创立者领导的小组研究了用QPT来描述热力学和机械运动学的推理问题[6,7]，并在编译实现QPT[8]的基础上，探讨物理系统的行为的自解释模拟[9,10]，用编译的方法把领域理论和系统结构描述所组成的模型自动地转化成模拟器，回答有关系统行为的询问并给出因果解释，也可针对期望的结果，对系统结构描述作一致性调整. Forbus认为，纯粹的、没有数量关系的定性推理是不存在的，因此他们采取把定性与定量的推理集成，发挥前者的解释能力和后者的精确性优势，给出一种合成的建模策略来对付由于参量数增长导

---

* 本文研究得到国家科委资助的中法合作PRA基金资助. 作者韦梓楚，1941年生，研究员，主要研究领域为程序设计方法学.

本文通讯联系人：韦梓楚，北京100080，中国科学院数学研究所

本文1996-08-28收到修改稿

致系统状态空间快速膨胀和处理复杂化的问题,使自解释模拟能处置有一、二十个独立参数的稍大模型.[11,12]J. Crawford 和 A. Farquhar 等人则基于 QPT 的建模能力和 QSIM 的模拟算法设计了沟通二者的编译器 QPC.[13,14]定性推理在解决建模和定性模拟两大任务上都有长足进展.

2 存在的不足

定性推理仍有一些基本问题未曾涉及或解决得不够好.例如,对物理系统的定性研究局限在所谓朴素物理(Naive Physics)上,要求系统的各部件间必须通过直接接触才能发生相互作用,超距离的作用力一般不予考虑.又如,通常只考虑由刚体部件组成的系统,至多加上刚体容器中的物质,而对于柔软物体的定性推理,一般也不予考虑,因为柔软物体有无穷多个自由度,难以用有限方法描述.定性推理研究上的这类不足,影响它的进一步推广使用.也有人就此做过尝试.Forbus 本人曾简短讨论过弹性物体的拉紧和松弛问题,并用来研究过绳子的形状变化.[4]但考察的范围很有限,象滑轮上牵一根绳子的问题就描述不了.M. di Manzo等人作了改进[15],对绳子在重力作用下的行为作进一步的研究,但只考虑了2种力:绳子的张力和地心的引力.作为进程,只研究了悬链状绳子下滑这种情况.他们用了 Forbus 的 QPT 方法,却把力定义为一种个体.实际上,力在 QPT 中应看作一种物理量.

现有定性推理方法的这类弱点本质上是由于它们均以封闭的物理系统为背景造成的.在 QPT 方法中,用个体(Individual)描述一个物理部件;用参量(Quantity)描述部件的各方面属性;用个体视图(Individual View)描述该部件(各属性间)必须满足的条件;用进程(Process)描述该部件物理状态发生变化的前提条件和变化趋势;用历史(History)记载一个部件状态的实际变化过程;用历史片断(Encapsulated History)(史段)记载直接涉及具体时间的状态变化.这种描述方法存在一定的缺陷.正象 Forbus 的唯一机制解释[4]所说的那样:一切变化皆由进程引起.这导致所描述世界的封闭性,凡在此世界中存在的所有物体及发生演变的根据,均需事先一一交代清楚.就是说,QPT(和传统的定性推理)方法一般只在给定初始状态和系统物理性质的前提下,推出系统发展的某些"必然"趋势,却难以处理突发和随机事件带来的影响,难以描述开放的世界.例如,平静天空中突然刮起一阵强风,这对黯於物理原理的普通人来说,是件"无中生有"的事.但由于 QPT 只承认"事出有因",用 QPT 描述它时,必须把天空隔离成两段,一段中的空气处于低气压,另一段空气处于高气压,并且在进程开始时压差非常大.此时可利用"风速正比于气压差"的约束来推出应有强风吹来的结论.但是,如果我们对于气象学方面的物理原理(尚不属常识)不感兴趣,而只对每个普通人都有的真正常识——突然吹来的一阵风会造成什么影响——感兴趣,那就应当允许完全避开这类物理原理,而直接进行常识性的描写.又如,QPT 可以做有关宇宙空间中某飞行器正常运行的推理.若意外地飞来一颗流星击中此飞行器,要考察其影响,传统的封闭式定性推理方法已不适用,因为不可能把宇宙间的所有对象都包含到一个封闭物理系统中.因此,讨论开放型物理系统的定性推理是必要的.

另一问题是现有定性理论对参量形式的限制太大,难以描述多样的客观物理世界.就 QPT 而言,其参量空间是一个"平坦"的参量空间,其中所有的参量位于一个总的偏序结构之中.应当指出的是:第 1,QPT 的所有的参量均取实数值,这大大限制了描述能力.例如,

一个物理力可表示为一个六维向量(x,y,z,x_1,y_1,z_1)，其中 x,y,z 是力的作用点的坐标；x_1,y_1,z_1 是力的作用方向及其大小. 此外，还可有非数值的量，比如一个物理部件可处于几个状态中的一个，相当于高级语言中的枚举型变量. 一般而言，应该考虑参量的类型化. 第 2，既然参量可以有结构，一个参量就可以通过另一组参量来描述. 例如，力可有 6 个分参量，而分参量又可通过更细的分参量描述，这就形成了一个参量的层次. 这里不仅有横向的层次（参量-分参量，即引用关系），而且可以有纵向的层次（通过为参量的部份分参量限定值而定义新参量，即子参量关系），从而需要引入参量的继承机制.

3　新的构想

基于上述分析，我们探讨在 QPT 的基础上建立个体、参量、进程、事件 4 种并行的视图体制，并以事件结构为骨架来组织进程，于是，物理系统推理的起因不仅可以是内在的，也不排除是外来的，即系统是开放型的，从而形成了一种新的描述机制 QUIOS (QUalitative Inferences about open Systems based on events and processes). 篇幅所限，事件与进程视图的描述、应用实例和新描述机制下的定性推理模拟算法另文讨论. 本文侧重参量类型的拓广，引入参量视图的概念，并描述参量的两种继承关系，证明在一定条件下参量的双重继承关系不会引起矛盾. 我们先引进参量的类型，再讨论参量视图的相互关系.

4　定性推理描述方法 QUIOS 的个体和参量

定义 1. QUIOS 中的参量有如下几种基本类型：整型(int)，实型(real)，布尔型(bool)，枚举型(enum)，状态型(state)，集合型(set)，向量型(vec)和记录型(rec).

参量基本类型的描述方式是把参量(如 x)用连接符"："挂上基本类型说明，即：

(1)整型 $x:int$

(2)实型 $x:real$

(3)布尔型 $x:bool$

(4)枚举型 $x:enum(S)$，其中 S 是形式为$\{a_1,a_2,...,a_n\}$的有限个标识符的集合，称为枚举集，x 取其中的某标识符 a_i 为值.

(5)状态型 $x:state(V,R)$，其中(V,R)是个给定的有向图，$V=\{s_1,s_2,...,s_n\}$是有限状态集，$s_i(i=1...n)$表示状态，是该有向图的节点，也是参量可取的值，$R:V*V\rightarrow bool$ 是关系函数，$R(s_i,s_j)$为 $True$ 表示状态 s_i 可向状态 s_j 转移.

(6)集合型 $x:set(S)$，其中 S 是集合，可以是集合名或形式为$\{b_1,b_2,...,b_n\}$，诸 b_i 是属于同一基本类型的值. 参量以 S 的子集为值.

(7)向量型 $x:vec(bt:n)$，其中 bt 是一个基本类型说明，n 是向量的维数. 参量的值是同一类型值的有限、有序集合.

(8)记录型 $x:rec(a_1:b_1,a_2:b_2,...,a_n:b_n)$，其中诸 a_i 是记录中的域名，b_i 是相应的子类型说明，即 8 种基本类型说明之一. 参量的值是不同类型值的有限、有序集合.

例如，气流用 3 个方向的流速表示，是向量型；气象条件=(温度，气压，气流，能见度)是记录型；描述粒子的自旋用枚举型，描述某酸类能溶解的化学物质用集合型等等.

在 QPT 中只有实型参量,因此那里的参量空间是建立在实值基础上的偏序结构. QUIOS 中参量的类型多样化了,相应地参量空间的结构也复杂化了. 它们按常义形成偏序,例如,对状态型,按状态间单向转移关系定义偏序,则参量空间形成偏序集;对集合型,参量空间是集合的幂集,按集合的包含关系形成偏序集;对向量型和记录型,它们的各分量的参量空间合在一起形成的拓扑积就是它们的参量空间,也都存在偏序.

偏序关系为符号推理提供了方便. 由于 QUIOS 的参量类型丰富了,突破只能是实数的限制,因此 QUIOS 系统中的推理也不限于实数的定性推理(大于、小于、正比、反比等等),而是定性推理和符号推理的结合. 其结果是:原来 QPT 的个体视图、进程等数据结构都可简化并趋于合理. 在原 QPT 的个体视图(包括个体(Individuals),前提条件(Preconditions),参量条件(Quantity Conditions)和关系(Relations)4 项)中,真正参加定性推理(动力学推理)的是参量条件. 个体是推理中的基本单元,前提条件和关系主要用于描述那些不能用数量关系表达的常识性条件(如:"水是一种物质","杯子可装水","通道能传热"等等). 虽然 Forbus 说它们对推理有用[3],实际上在推理过程中似未起作用,而好象一般程序中的注释.

在 QUIOS,这些条件中涉及的对象被统一起来,看作是非实数型的参量. 在个体视图中,凡是表达特定的、可供检验的条件统称为参量条件;而用参量关系式描述的物理上固有的规律或性质则称关系. 它们对推理都有用.

定义 2. QUIOS 的个体视图由〈Individuals〉前导的个体说明,〈Quantity Conditions〉前导的参量条件 和〈Relations〉前导的(参量间的)关系组成. 参量条件含参量说明与参量条件式. 参量条件式和关系可以是静态的——直接用公式表示,也可以是动态的——用推理规则表示.

QUIOS 使用 2 个谓词符号":"和"H",前者表达个体或参量的属类,当强调是属于某集合的一个元素时也写成"∈";后者看作"Has_Quantity"或"含属性"的缩写,用于表示个体或参量具有某种属性,如个体 x 有参量 y,记成 x H y,y 看成函数时,$y(x)$ 的值就是 x 的 y 属性的取值. 如图 1 用文献[4]中的例对比 QUIOS 和 QPT 写法的不同.

QPT 写法

```
〈Individual View〉 Contained_Liquid(p)
  〈Individuals〉
    con        a container
    sub        a liquid
  〈Preconditions〉
    can_contain_substance(con,sub)
  〈Quantity Conditions〉
    A[ amount_of_in(sub,con) ] 〉 ZERO
  〈Relations〉
    There is p ∈ piece_of_stuff
    amount_of(p) = amount_of_in(sub,con)
    made_of (p) = sub
    container(p) = con
```

QUIOS 写法

```
〈Individual View〉 Contained_Liquid(sub)
  〈Individuals〉
    con: container
    sub: piece_of_a_liquid
  〈Quantity Conditions〉
    con H can_contain_substance: set(Object)
    con H contain_substance:
          enum(can_contain_substance(con))
    sub H amount_of: real
    sub ∈ can_contain_substance(con)
    contain_substance (con) = sub
    amount_of (sub) 〉 ZERO
〈End〉 cont_Liquid
```

图 1 QUIOS 和 QPT 写法对比

在 QUIOS 写法中,can_contain_substance(能装什么物质),contain_substance(装着什么物质)都成了参量. 这里直接用 sub 表示一份某种液体,而不再另行定义一个 p. 不把 sub

看作实在的个体，而看作象通常程序设计语言中的形参，在个体视图被例化时，任何种类的liquid都可作为实参代入. 有关sub的参量条件（如 sub $\in$ can_contain_substanc(con)）则是需要在例化时具体检验的. 条件成立时该个体实例是活的，否则是不活的.

这是一个比较简单的个体视图，没有关系部分，更未引进推理规则. 如果con还有参量volumn，那么可有关系 amount_of(sub)$\leqslant$volumn(con)，甚至还可以有

$$\text{amount\_of(sub)} \propto + \; t \rightarrow (\exists\, t_0)(\forall\, t > t_0)(\text{amount\_of(sub)} = \text{volumn(con)})$$

定义 3. 一个不属于基本类型的参量可以用参量视图描述，称为参量的扩充类型. 参量视图也由个体说明，参量条件和关系几部分组成.

5　继承关系和无矛盾体系

个体可分类，子类具有父类描述的属性. 现在引进参量的层次结构及继承体系.

定义 4. 个体视图和参量视图合称视图，如果在视图中出现类型说明 x:bt，则称它为参量 x 的定义（被定义为基本类型 bt）. 参量也可用说明 x:Q 而通过参量视图 Q 定义，即定义它属于以该参量视图为表示的扩充类型. 任何参量有且仅能有一个定义.

定义 5. 若参量 x 在视图 y 中定义，即视图 y 中有语句 y H x:B，而 B 或是个基本类型或通过参量视图说明，则称 y 被 x 直接描述或 x 直接描述 y. 视图 y 称为被参量 x 描述，如果 y 被 x 直接描述，或者存在一个用参量视图 z 说明的参量，使 y 被该参量直接描述，且 z 被 x 描述.

定义 6. 直接描述个体视图的参量称为1阶参量. 直接描述 n 阶参量视图的参量称为 $n+1$ 阶参量. 对于 $i\neq j$，要求 i 阶参量和 j 阶参量的交集为空集.

定义 7. 在个体视图按子类关系形成的偏序结构中，有序关系的个体视图全体形成的一棵树称为一棵 T_0 树. 对每个固定的 n，所有通过参量视图定义的 n 阶参量，也存在（视图意义上的）偏序结构. 在每一个偏序结构中，子类视图继承父类视图的全部参量描述及对参量值的限制. 有序关系的 n 阶参量视图全体形成的一棵树称为一棵 T_n 树. 不同的 T_n 树所含的参量视图不能同名.

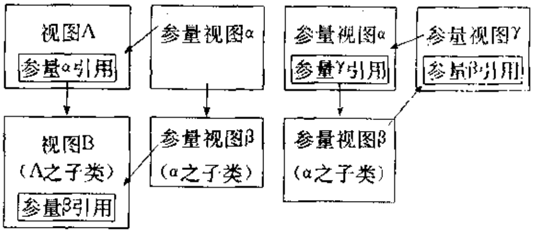
定义 8. 若视图 A 中有 A H x 语句，参量 x 由参量视图说明，则 A 继承该参量视图及其父类视图的全部参量描述及对参量值的限制.

附录给出几个参量视图的例子，它们已按层次结构形成偏序. 在Force的层次结构中还可定义许多别的参量视图. 我们规定，子类视图的首语句用superclass指出其直接父类. 和QPT类似，D 是求导数谓词，$D[x]$表示数值参量 x 的导数.

QUIOS有一套子类继承机制（定义7），又有一套参量继承机制（定义8）. 如果不加限制，将会由于继承路线出现循环而引起语义上的混淆. 图2例示了有些子类——引用关系引出的多路继承是合法的；有些则造成了循环，是不合法的. 这是在定义4和定义6中分别规定了参量"一次定义"及"异阶参量集无交"的原因. 在此之下，任何参量视图直接引用的仅是其下一阶参量，因而不会引起继承路线出现循环.

定义 9. 参量 α 称为是视图 A 中的有效参量，若下列条件之一得到满足：

(1)α 在 A 中出现（即 α 直接描述 A 或在 A 的某个参量条件中被引用）；



(a) 正确的多路继承 (b) 不允许的循环继承

图2 QUIOS中不同的继承关系

(2)A 中出现参量 β,且 α 在说明 β 的参量视图中有效;

(3)α 在 A 的某个上级视图中有效.

定义 10. 若参量 α 在视图 A 中有效,则 α 必须满足以 A 为终点的所有继承通路上对 α 施加的参量条件.这些条件称为互不矛盾的,如果满足这些条件的 α 的值不是空集.如果这些条件是互不矛盾的,则称 α 在 A 中是无矛盾的.若 α 在所有(个体和参量)视图中都是无矛盾的,则称 α 为无矛盾参量.若视图 A 中出现的所有参量在 A 中都是无矛盾的,称 A 的参量条件无矛盾.若一个 QUIOS 描述中所有的参量都是无矛盾的,则称此 QUIOS 描述的参量体系是无矛盾的.

定理. 一个 QUIOS 描述的参量体系是无矛盾的,若下列条件成立:

(1)每一个个体或参量视图内的参量条件是无矛盾的;

(2)在每个 T_i 的每条从树根至树叶的通路上,涉及每个在其中出现的参量的全体参量条件之并集(即综合条件)均不包含矛盾;

(3)若 T_i 中的视图 A 引进 T_{i+1} 的($i+1$ 阶)参量 α,且 T_{i+1} 中从树根到说明 α 的节点的通路(记为 p)上的任何有效参量是无矛盾的,则把 p 连上 T_i 中 A 到任一叶节点的通路(记为 q)后在通路 $p\circ q$ 上任一有效参量也是无矛盾的.

证明提要:前提(1)是前提(2)和(3)的基础.任设 A 是属于某个 T_n 的一个个体或参量视图,α 是 A 中属于 $T_{n+l}(l\geqslant 1)$ 的有效参量,可用归纳法证明通过各种继承途径形成的在 A 中的对于 α 的综合参量条件是无矛盾的.

推论 1. 无弱化重复定义及无关联描述的参量体系是无矛盾的.

所谓"关联描述"是指在同一个参量条件中用到不止一个参量,"重复定义"顾名思义表示不止一次对同一参量引入不同的参量条件,"弱化"是指对同一参量,子类视图的条件比父类视图的更宽松.有此二条件,结论是显然的.

推论 2. 若一个 QUIOS 描述的所有参量视图都是无子类的,每个参量视图内的参量条件是无矛盾的,并且如果视图 A 中出现参量 α,则说明 α 的视图和 A 的综合参量条件不矛盾,那么,此描述的参量体系是无矛盾的.

6 结 语

对现实世界的行为作数值的和非数值的探讨历来是科学活动的 2 个方面.本文试图进一步探索定性推理的有效手段,要点可概括如下:

(1)指出了现有定性推理理论的一些重要不足,其中侧重讨论了 QPT 方法的缺欠,最主要是 2 个方面:只能描述封闭的物理系统及对参量形式限制过严.

(2)提出了一种新的描述方法:QUIOS——基于事件和进程的开放系统的定性推理.其中,参量的类型在 2 个方面被扩充了:一方面是与各种数据结构相对应的基本类型,另一方面是通过参量视图定义的非基本类型,这些扩充使 QUIOS 能描述更为复杂的物理系统.

(3)在 QUIOS 中,个体、参量、事件和进程各有自己的视图体系和相应的继承机制.其

中参量视图有两个体系,一个是纵向的继承体系;另一个是横向的描述体系,$n+1$ 阶参量可以描述 n 阶参量,它也有继承关系.我们证明了在一定条件下,参量的这种双重继承机制不会带来矛盾.

(4)在 QUIOS 机制下,可通过事件制约进程,这利于表达开放的系统,并用以描述和模 par 拟更为一般的客观物理世界.

致谢　笔者感谢陆汝钤同志的帮助,此文包含他的不少想法.

参考文献

1 陆汝钤.人工智能(下册).北京:科学出版社,1996.

2 KleerJ de, Brown J S. A qualitative physics based on confluences. Artificial Intelligence, 1984,**24**:7～83.

3 Kuipers B. Qualitative simulation. Artificial Intelligence, 1986,**29**:289～338.

4 Forbus K D. Qualitative process theory. Artificial Intelligence, 1984,**24**:84～168.

5 Williams B C, Kleer J de. Qualitative reasoning about physical systems: a return to roots. A. I., 1991,**51**:1～9.

6 Forbus K D *et al*. Using qualitative physics to build articulate software for thermo-dynamics education. AAAI—12, 1994.

7 Forbus K D *et al*. Qualitative spatial reasoning: the CLOCK project. A. I., 1991,**51**:417～471.

8 Forbus K D. The qualitative process engine. IJAIE, 1988,**3**(3):200～215.

9 Forbus K D, Falkenhainer B. Self-explanatory simulations: an integration of qualitative and quantitative knowledge. AAAI-8, 1990. 380～387.

10 Forbus K D. Qualitative process theory: twelve years after. A. I., 1993,**59**:115～124.

11 Falkenhainer B, Forbus K D. Compositional modeling: finding the right model for the job. A. I., 1991,**51**:95～143.

12 Falkenhainer B, Forbus K D. Self-explanatory simulations: scaling up to large models. AAAI-12, 1994. 685～690.

13 Crawford J *et al*. QPC: a compiler from physical models into qualitative. AAAI-8, 1990. 365～372.

14 Farquhar A. A qualitative physics compiler. AAAI-12, 1994. 1168～1174.

15 Mauro di Manzo, Emanuele Trucco. Commonsense reasoning about flexible objects, a case study. Advances in Artificial Intelligence, 1990. 97～107.

附录　形成层次结构的参量视图之例

```
〈Quantity View〉Force (f)
  〈Individuals〉
    agent,target: Object
  〈Quantity Conditions〉
    f H kind;enum(linear,circular)/* 力的种类,两种可能 */
    f H start_time: real /* 力开始作用时间,为实型 */
    f H end_time : real /* 力结束作用时间,为实型 */
    f H stability: bool /* 力的稳定性,为布尔型 */
    f H applied_by: enum(Object) /* 力的施主,为枚举型 */
    f H applied_to: enum(Object) /* 力的受主,为枚举型 */
    applied_by (f) = agent /* 施主为 agent */
    applied_to (f) = target /* 受主为 target */
    end_time(f) 〉 start_time(f) /* 结束时间在初时间之后 */
  〈End〉Force

〈Quantity View〉Gravitation (f) /* 重力 */
superclass = Linear_force /* 父类为线性力 */
〈Individuals〉
agent = Earth /* 施主为地球 */
〈Quantity Conditions〉
start_time(f) = -∞ /* 重力先于任何事件存在 */
end_time(f) = +∞ /* 重力永远存在 */
stability(f) = True /* 重力作用稳定 */
distance(Earth,target)=high(target) /* 距离/
[1]-intensity(lnr_intensity(f)) = ZERO
[2]-intensity(lnr_intensity(f)) = ZERO
[3]-intensity(lnr_intensity(f)) 〉 ZERO
〈End〉Gravitation
```

```
〈Quantity View〉 Linear_force (f) /* 线性力 */
  superclass = Force /* 父类为力 */
 〈Quantity Conditions〉
   f H lnr_intensity: Linear_intensity /* 力的强度 */
   f H force_distance: real /* 力矩,为 real 型 */
   kind(f) = linear /* 力的种类为线性力 */
   force_distance(f)=distance(agent,target)  /* 力矩 */
   value(lnr_intensity(f)) 〉 ZERO /* 力强值大于零 */
 〈Relation〉
   value(lnr_intensity(f)) ∝— force_distance(f) /* 反比 */
   stability(f)=True→ D[value(lnr_intensity(f))]=ZERO
〈End〉 Linear_force;
            *            *            *
〈Quantity View〉 Circular_force(f) /* 环力 */
  superclass = Force /* 父类是力 */
  〈Quantity Conditions〉
  f H c_intensity: real /* 力强用实数表示 */
  f H axle: vec(real, 2) /* 中心轴用两实角表示 */
  f H radius: real /* 作用半径是实型 */
  kind(f)= Circular /* 种类是环力 */
  radius(f)=distance(agent,target) /* 作用半径定义为施 */......
〈End〉 Circular_force /* 主和受主间的距离 */
```

```
〈Quantity View〉 Linear_intensity(lnr) /* 力强 */
 〈Quantity Conditions〉
   f : Linear_force
   lnr H value: real /* 力强的大小 */
   lnr H [1]-intensity: real /* X 方向(前向)强度 */
   lnr H [2]-intensity: real /* Y 方向(侧向)强度 */
   lnr H [3]-intensity: real /* Z 方向(垂向)强度 */
   f H lnr /* 力强的主体是 f */
〈Relations〉
   value(li(f))= ([[1]-intensity(li(f))]^2
     +[[2]-intensity(li(f))]^2
     +[[3]-intensity(li(f))]^2)^1/2
〈End〉 Linear_intensity
            *            *            *
〈Quantity View〉 Linear_wind(f)
   superclass = Linear_force
   ......
   〈End〉
            * * *
〈Quantity View〉 Wirle_wind(f)
   superclass = Circular_force
   〈End〉
```

THE QP THEORY ABOUT OPEN PHYSICAL SYSTEMS

WEI Zichu

(*Institute of Mathematics The Chinese Academy of Sciences Beijing* 100080)

Abstract In existing theories and methods for qualitative reasoning, there are some deficiencies of the capability of describing the real world. This paper developed K. Forbus' QPT(qualitative process theory) and proposed an extended way QUIOS to describe Qualitative reasoning. In this approach, the quantity types of QPT are generalized widely and the mechanism of expressing open physical systems is shown with the aid of processes restricted and guided by events. Besides, after having introduced the new concept of Quantity Views, this paper presented two sorts of inheritance mechanism about quantities in QUIOS and have shown that they will not raise any contradiction under given conditions.

Key words Qualitative reasoning, open systems, types, quantities, views, inheritance.

Class number TP18