

doi: 10.7690/bgzd.2020.08.015

基于加权 ISM 法高原通道防御作战据点装备编配评估

张智杰^{1,2}, 谷宏强¹, 姜相争^{1,3}, 韩月明^{1,4}

(1. 陆军工程大学石家庄校区, 石家庄 050003; 2. 中国人民解放军 68303 部队, 青海 格尔木 816000;
3. 中国人民解放军 32142 部队, 河北 保定 071000; 4. 中国人民解放军 66389 部队, 石家庄 050003)

摘要: 针对部队在高原山地通道防御作战中各据点有限装备配属受制人为主观因素的影响, 可能造成装备编配不合理现象的问题, 探索运用加权解释结构模型方法。结合部队现有装备编配情况, 考虑解释结构模型中各因素间定性不定量的不足, 在原有模型方法的基础上, 对解释结构模型方法进行改进。以各类装备相互关联程度为初始参数, 量化研究高原山地通道防御作战情况下不同类型装备编配的最优方案。实验结果表明: 各装备要素编配重要程度符合实践编配优先考量侧重次序, 可为指挥员提供直观有效的各要素装备编配优化方案。

关键词: 高原山地通道防御作战; 据点; 加权解释结构模型; 装备编配评估

中图分类号: TP203 **文献标志码:** A

Research on Equipment Allocation Assessment of Stronghold in Defensive Battle of Plateau Mountain Passage Based on Weighted ISM Method

Zhang Zhijie^{1,2}, Gu Hongqiang¹, Jiang Xiangzheng^{1,3}, Han Yueying^{1,4}

(1. Shijiazhuang Campus of PLA University of Army Engineering, Shijiazhuang 050003, China;
2. No. 68303 Unit of PLA, Golmud 816000, China;

3. No. 32142 Unit of PLA, Baoding 071000, China; 4. No. 66389 Unit of PLA, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Due to the influence of subjective factors, the limited equipment allocation for strongholds in the defensive battle of plateau mountain passage may cause equipment unreasonable allocation, so to explore using weighted interpretative structure model method. Combining allocation of current equipment and considering qualitative and non-quantitative factors in the interpretative structure model, the method of weighted interpretative structure model is improved on the basis of the original model method. Taking the correlation degree of various equipments as the initial parameter and using quantified methods, the paper also studies schemes of different types of equipment allocation in the defensive operation of plateau mountain channel in target with the optimal scheme. The new model test results show that the importance of each equipment element matching from the model is in line with the priority from the practice, which provide commander with the optimization scheme of equipment allocation of each element.

Keywords: defensive battle of plateau mountain passage; stronghold; weighted interpretative structure model (weighted ISM); equipment allocation assessment

0 引言

解释结构模型方法 (interpretative structural modelling, ISM) 是美国 John Warfield 教授于 1973 年作为分析复杂社会经济系统有关问题的一种方法而开发的, 自问世以来得到了广泛应用。其特点是把复杂的系统分解为若干子系统(或要素), 利用人们的实践经验和知识, 以及电子计算机的帮助, 最终将系统构造成一个多级递阶的结构模型。从能源问题等国际性问题到地区经济开发, 以至企事业单位间甚至个人范围等的问题, 都可以应用 ISM 方法来建立结构模型并据此进行系统分析。

从 ISM 方法本身来看: 1) 将组成系统的各要

素列举出来, 将其看成有向图的节点; 2) 通过分析建立相应的邻接矩阵、可达矩阵, 或由问题本身直接建立相应的可达矩阵; 3) 对可达矩阵进行级间划分, 进行分解后得到多级递阶的结构模型, 即将所研究的问题划分成多个级次; 4) 根据结构模型建立解释结构模型, 以解释结构。虽然通过可达矩阵建立了一个多级递阶的结构模型, 表示级间元素间的关系, 可以给以后的解释结构模型提供分析依据; 但这种关系只是定性的关系, 不能告诉决策者或分析人员各元素与目标元素(或第 i 级元素)间关系的依赖程度到底有多大。

为更加直观地分析研究问题, 笔者对 ISM 方法进行了改进, 不仅能通过可达矩阵来建立结构模

收稿日期: 2020-04-11; 修回日期: 2020-05-17

作者简介: 张智杰(1991—), 男, 甘肃人, 硕士, 助理工程师, 从事装备保障理论与应用研究。E-mail: 1078124370@qq.com。

型，而且可以得到结构模型各要素间存在的依赖关系，在给决策者或分析人员提供定性结论的同时，还给出量化的指标，这就是加权 ISM 方法。

目前部队在高原山地防御作战兵棋推演和实兵演习中，对高原山地地形中通道防御各据点装备配属重视按要素配齐，而忽视实际编配效果最大化组合；侧重现有装备全员配属，而缺乏可行性部署全局考量。实战中一旦发生装备技术受损和打击受损情况，虽可依据主观经验调整部署，但也可能存在主观判断失误隐患，造成装备综合使用效用降低，甚至贻误战机形成被动战场局面。针对这一问题，笔者尝试运用 ISM 方法，建立合成营在高原山地通道防御作战中装备编配评估模型，目的在于准确把握各编配装备的要素优先程度，量化评估各要素优先等级，立足战场环境和现有装备、场地投送等实际情况，为指挥员提供直观量化的研判数据^[1]，以利于科学合理地对高原山地防御作战中各部署点位进行装备配备优化，实现高原山地防御“卡点控道”作战中装备编配效用最大化^[2]。

1 装备编配地域特点与需把握重点

由于高原山地海拔高、气温低、氧气稀薄、气候环境恶劣，地形复杂，高原荒漠沙地和草甸疏林等特殊的地理环境给高原山地通道防御作战中装备部署带来诸多不利影响^[3]。

1) 隐蔽条件较差，易于暴露发现。高寒山地气候地形垂直分布差异明显，横向地貌丰富多变。有的地区植被稀少，装备到位后不便隐蔽，特别是装甲车等较大武器装备平台伪装作业难度较高，不便于我方配置部署兵力兵器。

2) 防御间隙较大，便于敌通道穿插突贯。作战地域地形割裂、沟谷纵横，防御各据点间隙和结合部较大，甚至因地形所限，造成局部据点孤立突出；间隙地多、射界不良，易于敌集中优势兵力沿通道向纵深穿插突贯，我重火力交叉封锁需求大。

3) 地质复杂，不便于工事构筑。高寒山地，土质坚硬，多为夹石和石质地，导致工程作业进展缓慢，效率低。据点附近地形多为地势较高的突出山包，坡度较陡，不利于山地挖掘机等大型工程机械展开构工作业^[4]。如何及时判断，并下定决心将工程机械配置在合适的据点遂行伪装构工，对降低损伤、取得防御优势尤为重要。

4) 电磁环境复杂，不利于信息通联。高原山地

通道防御地域中装备主要沿河谷、冲积扇地形一线纵深展开，地貌多沟深谷窄，中间遮蔽物突兀，影响常规短波和超短波电台性能发挥。战时应注重依托电台、微波和卫星通信为主要手段的战术互联网和炮防指挥专网等多种通联网系的综合运用。

结合高寒山地山势险峻、坡陡难行路段多和沟深谷窄、断崖峭壁多的“两多”实际，加上作战地域寒冷缺氧，装备性能下降和人员非战斗减员的客观因素限制^[5]，部队指挥员在制定各据点防御装备力量编成时，特别是在战斗中装备受损较大、可部署装备有限的情况下，综合考虑防御地域装备力量编成，优化调整各据点装备编配方案力求配置效益最大化，对战斗成功显得至关重要。在据点装备调整编配中：应重点把握大型主战压制武器平台与配置地域通行条件的相互统一；指控通联装备与复杂地形遮蔽的相互统一；工程机械与重要防御据点保障的相互统一；大口径轻武器与封锁控道需求的相互统一，明确所属轻武器、压制武器、反坦克武器、装甲力量、防空火器、信息装备和工程机械等保障装备在通道防御作战中整体重要程度^[6]。

2 装备编配评估模型的构建

2.1 选择构成装备编配的要素

邀请具有丰富部队从业经验的专家评委共计 13 人，组成要素选择评定小组。结合以往部队高原山地防御作战装备配属实际经验和作战案例，拟制出 13 条影响高原山地防御作战中据点装备编配要素，作为选择项供参加评定的小组成员参考。以问卷调查的方式，规定每位要素选择评定小组成员只能选择 4 个答案，这 4 个答案既可以从 13 个参考答案中选出，又可以根据个人实际另外填写。

根据评定小组成员选择的要素答案，对有 2 位以上评定小组成员选择的答案进行统计，得出如下装备编配类型：

S₁：单兵武器；S₂：压制武器；S₃：反坦克武器；S₄：装甲装备；S₅：防空武器；S₆：信息装备；S₇：保障装备(主要为工程机械等构工装备)。

2.2 确定各类型编配装备之间的逻辑关系

邀请 13 位要素选择评定小组成员，共同对编配装备要素进行逻辑分析，达成一致看法，结果如表 1 所示。V 标记为左侧项需要上侧项，即左侧项对上侧项有单向影响；反之为 A。规定两侧项相同为 V。

表 1 装备编配逻辑分析

左侧项	上侧项						
	轻武器	压制武器	反坦克武器	装甲装备	防空武器	信息装备	保障装备
轻武器	V	A	A	A	A	V	A
压制武器	A	V	A	A	A	V	V
反坦克武器	V	V	V	A	A	V	V
装甲装备	V	A	A	V	V	V	V
防空武器	V	A	A	A	V	V	A
信息装备	A	A	A	A	A	V	V
保障装备	V	A	A	A	A	V	V

2.3 建立矩阵

设研究的问题共有 7 个要素 S_1, S_2, \dots, S_7 。将其看成有向图的节点，分析它们之间的关系及依赖程度，首先建立邻接矩阵

$$A = \begin{pmatrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 \\ S_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ S_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_3 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_4 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ S_5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ S_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_7 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}。$$

其中

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & S_i \text{需要于 } S_j \quad (i=1,2,3,4,5,6,7) \\ 0 & S_i \text{不需要于 } S_j \quad (j=1,2,3,4,5,6,7) \end{cases}。$$

运用要素权重领域以往研究成果，相对重要程度与对应模糊度值如表 2 所示。

表 2 相邻依赖相对重要性模糊标度取值

重要度	同样	稍微	略微	较为	明显	显著
取值	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
重要度	十分	非常	极其	极端	无可比拟	
取值	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	

依赖矩阵 B 诸元素 b_{ij} 的取值结合评委经验，对照相邻依赖相对重要性模糊标度求取。 b_{ij} 表示评定小组成员普遍主观认定 S_i 需要于 S_j 的依赖程度。且当 $i=j$ 时，由表 2 确定 $b_{ij}=0.5$ ；当 $i \neq j$ 时，根据相对重要程度概念取 $b_{ji}=1-b_{ij}$ ；对相邻两元素不相关或关联度甚小的，取 b_{ij} 为 0。建立依赖矩阵

$$B = \begin{pmatrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 \\ S_1 & 0.5 & 0 & 0.35 & 0.45 & 0.45 & 0.65 & 0.75 \\ S_2 & 0 & 0.5 & 0.45 & 0 & 0 & 0.85 & 0.55 \\ S_3 & 0.65 & 0.55 & 0.5 & 0.15 & 0 & 0.85 & 0.65 \\ S_4 & 0.55 & 0 & 0.85 & 0.5 & 0.8 & 0.85 & 0.75 \\ S_5 & 0.55 & 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.15 & 0 \\ S_6 & 0.35 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.85 & 0.5 & 0.4 \\ S_7 & 0.25 & 0.45 & 0.35 & 0.25 & 0 & 0.6 & 0.5 \end{pmatrix}。$$

运行 Matlab 软件，输入：

```
A={1 0 0 0 1 1 0; 0 1 0 0 0 1 1;
    1 1 1 0 0 1 1; 1 0 0 1 1 1 1;
    1 0 0 0 1 1 0; 0 0 0 0 0 1 1;
    1 0 0 0 0 1 1};
```

```
n=size(A,1); p=A;
```

```
for i=2:n
```

```
    p=p+A^i;
```

```
end
```

```
p(p~=0)=1
```

通过 Matlab 运算可得可达矩阵 R 数据结果如图 1 所示。

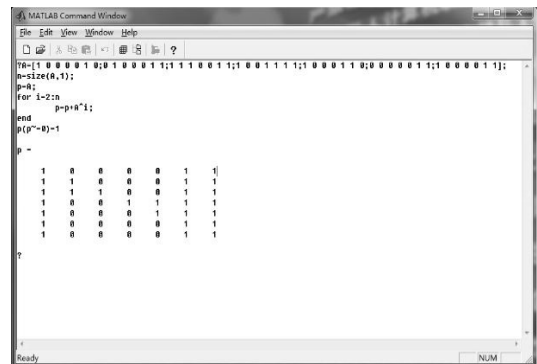


图 1 软件计算结果

即可达矩阵

$$R = \begin{pmatrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 \\ S_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ S_2 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_3 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_4 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ S_5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ S_6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_7 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}。$$

其中

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & S_i \text{到 } S_j \text{可达} \quad (i=1,2,3,4,5,6,7) \\ 0 & S_i \text{到 } S_j \text{不可达} \quad (j=1,2,3,4,5,6,7) \end{cases}。$$

经过级间划分可得经排序后的可达矩阵

$$R' = \begin{pmatrix} & S_6 & S_7 & S_1 & S_2 & S_5 & S_3 & S_4 \\ S_6 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_7 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ S_5 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ S_4 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}。$$

得到如图 2 所示的编配结构模型。

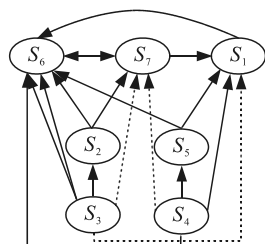


图 2 编配结构模型

2.4 要素量化

层间依赖度 W_i 为 S_i 需要于其他装备种类 S_j 的依赖系数与相应级层 S_j 权重系数乘积之和为：

$$W_i = \sum_{j=1}^7 \sum_{k=2}^3 b_{ij} W_j^k. \quad (1)$$

K 层级中对应层级 S_i 权重系数 W_i^k ，为同级层间装备种类 S_i 层间依赖度 W_i 量化加权结果为：

$$W_i^k = \frac{W_i}{\sum_{k \text{ 层中含有装备种类}} W_i}. \quad (2)$$

其中 i 为 k 层中所含装备种类。

对应于结构模型图，可以得到各元素的权重：

第 1 级：种类 S 处于首层，无需上层其他种类；

因此，令 $W_j^1=1$ ，由式(1)得层间依赖度为

$$W_6 = b_{67} W_7^1 = 0.4,$$

$$W_7 = b_{71} W_1^1 + b_{76} W_6^1 = 0.85,$$

$$W_1 = b_{16} W_6^1 = 0.65.$$

由式(2)得同层权重系数为

$$W_{16} = W_6 / (W_6 + W_7 + W_1) = 0.21,$$

$$W_{17} = W_7 / (W_6 + W_7 + W_1) = 0.45,$$

$$W_{11} = W_1 / (W_6 + W_7 + W_1) = 0.34.$$

第 2 级：

$$W_2 = b_{26} W_{16} + b_{27} W_{17} = 0.43,$$

$$W_5 = b_{56} W_{16} + b_{51} W_{11} = 0.29.$$

同层权重系数为

$$W_{22} = W_2 / (W_2 + W_5) = 0.60,$$

$$W_{25} = W_5 / (W_2 + W_5) = 0.40.$$

第 3 级：

$$W_3 = b_{32} W_{22} + b_{37} W_{17} + b_{31} W_{11} + b_{36} W_{16} = 1.02,$$

$$W_4 = b_{45} W_{25} + b_{46} W_{16} + b_{47} W_{17} + b_{41} W_{11} = 1.02.$$

同层权重系数为：

$$W_{33} = W_3 / (W_3 + W_4) = 0.50,$$

$$W_{34} = W_4 / (W_3 + W_4) = 0.50.$$

因而，在第 1 级元素中， S_7 的影响最大， S_1 其次， S_6 最小；在第 2 级元素中， S_2 的影响较 S_5 的影响大；在第 3 级元素中， S_4 和 S_3 影响两者相当。

随机选取参照，通过与依赖矩阵对比看到：

1) $b_{17} > b_{67}$ ，说明第 1 级元素中 S_1 较 S_6 影响大；

2) $b_{26} > b_{56}$ ，说明第 2 级元素中 S_2 较 S_5 影响大；

3) $b_{36} = b_{46}$ ，说明第 3 级元素中 S_4 较 S_3 影响相当。

因而矩阵模型结果与实际情况相容。

3 装备编配评估模型的结果分析

从图 2 分析结果可以看出，在高原山地通道防御作战中，各防御据点装备编配要素优先重要程度区分 3 个层级。单兵武器、信息装备、保障装备位居第 1 层级，在 3 个层级中最为关键重要；压制武器、防空武器在第 2 层级，重要程度位于第 1 层级和第 3 层级之间；重要程度最低的为反坦克武器和装甲力量所处的第 3 层级。根据各层级中 W_i^k ($i=1, \dots, 7; j=1, 2, 3$) 量化数据显示，第 1 层级中保障装备、单兵武器、信息装备优先程度依次降低，第 2 层级中应优先考虑压制武器，第 3 层级中装甲力量与反坦克武器重要程度基本一致。

实践证明：在高原山地通道防御作战中，高原山地攻防战场多为“两山夹一谷”式通道地形，我方防御阵地各据点处于地势较高的山包处，占据山谷各相对制高点，以期所处有利地势达到卡点控道，制高临下封锁沿山谷通道纵向进攻之敌^[7]。为此，在该类防御作战样式中，各防御据点因受地势因素和高寒缺氧气候限制，以履带式平台为载体的反坦克装备和装甲车辆装备较其他装备而言，不利于向部署点位机动而使用受限；而以部署灵活机动的单兵轻武器、各部署点位通联依赖的信息装备及构筑步兵山地掩体的工程机械类保障装备上升为作战中编配的关键优先考虑因素^[8]。

4 结束语

笔者利用加权 ISM 模型构建方法，直观量化分析了影响高原山地通道防御作战中各防御据点装备编配各要素的优先重要程度，得出在该型作战样式中的装备部署。应更加注重工程机械类装备、轻武器和信息装备的全要素编配，在满足这一编配的基本前提下，考虑按照压制武器、防空武器、装甲力量(反坦克武器)的顺序，依次考虑优先编配程度，力求在实际有限装备使用条件下形成最优编配方案，实现最大编配效用。模型实验结果显示，各装备要素编配重要程度符合实践编配优先考量侧次序。在高原通道防御作战中，该模型为指挥员可辅助提供直观有效的各要素装备编配评估顺序，同时也可类比推广到其他作战样式中，量化评价装备整

体优先配备等级程度。

参考文献:

[1] 刘航, 李巍. 边境防御作战指挥决策活动优化研究[J]. 舰船电子工程, 2013, 33(3): 29-31.

[2] 景元清, 吕小刚. 高寒山地边境通道防御作战指导与战法[J]. 军事学术, 2013(3): 25-28.

[3] 王生玉, 王正, 蔡绪涛. 基于云模型的装备研制阶段技术风险评估模型[J]. 兵工自动化, 2019, 38(2): 72-77.

[4] 王贵中. 工程装备编配优化研究的一种方法[C]//中国

系统工程学会决策科学专业委员会第四届年会. 北京: 中国系统工程学会决策科学专业委员会, 2001: 106-110.

[5] 程志高, 沈红宝. 陆军新型合成部队边境防御作战行动探究[J]. 边防学院学报, 2016(1): 35-36.

[6] 昂旺, 王道志. 边防部队高寒山地边境地区防御作战应把握的问题[J]. 指挥学报, 2014, 35(8): 6-8.

[7] 卢光阳. 浅析印军高寒山地防御作战特点[J]. 石家庄机械化步兵学院学报, 2016(2): 91-92.

[8] 胡涛, 王瑞林, 张军挪. 某车载速射迫击炮自动机动力学建模仿真[J]. 兵工自动化, 2019, 38(4): 66-70.

(上接第 71 页)

参考文献:

[1] NIKAS G K. Eighty Years of Research on Hydraulic Reciprocating Seals: Review of Tribological Studies and Related Topics since the 1930s[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 2010, 224(J1): 1-23.

[2] NIKAS G K, ALMOND R V, BURRIDGE G. Experimental Study of Leakage and Friction of Rectangular, Elastomeric Hydraulic Seals for Reciprocating Motion from -54 to +135°C and Pressures from 3.4 to 34.5 MPa[J]. Tribology Transactions, 2014, 57(5): 846-865.

[3] CRUDU M, FATU A, HAJJAM M, et al. Numerical and Experimental Study of Reciprocating Rod Seals Including Surface Roughness Effects[J]. Sealing Technology, 2013, 2013(6): 8-11.

[4] HUANG Y, SALANT R F. Simulation of a Hydraulic Rod Seal with a Textured Rod and Starvation[J]. Tribology International, 2016, 95: 306-315.

[5] ELGADARI M, HAJJAM M. Effect of the Grooved Rod on the Friction Force of U-cup Hydraulic Rod Seal with Rough Lip[J]. Tribology Transactions, 2017, 61(4): 661-670.

[6] SCHMIDT T, ANDRE M, POLL G. A Transient

2D-Finite-Element Approach for the Simulation of Mixed Lubrication Effects of Reciprocating Hydraulic Rod Seals[J]. Tribology International, 2010, 43(10): 1775-1785.

[7] CRUDU M, FATU A, CANANAU S, et al. A Numerical and Experimental Friction Analysis of Reciprocating Hydraulic 'U' rod seals[J]. Journal of Engineering Tribology, 2012, 226(9): 785-794.

[8] TSALA S, BERTHIER Y, MOLLON G, et al. Numerical Analysis of the Contact Pressure in a Quasi-Static Elastomeric Reciprocating Sealing System[J]. Journal of Tribology, 2018, 140(6): 064502.

[9] 迪力夏提·艾海提, 索双富, 黄乐. Y形密封圈可靠性和灵敏度的有限元分析[J]. 润滑与密封, 2015(5): 5-10.

[10] 杨秀萍, 于润生, 刘学新. 密封圈热-结构耦合场参数化有限元分析[J]. 橡胶工业, 2015, 62(9): 547-551.

[11] 刘鹏, 宋文杰, 蒋庆林, 等. 深海高压环境下形密封圈的密封性能研究[J]. 液压与气动, 2017(4): 66-70.

[12] PENG C, GUO S, OUYANG X, et al. Mixed Lubrication Modeling of Reciprocating Seals Based on a Developed Multiple Grid Method[J]. Tribology Transactions, 2018, 61(6): 1151-1161.

[13] 顾永泉. 流体动密封[M]. 山东: 石油大学出版社, 1990: 74.