

液力机械传动 理论基础

〔苏联〕B. H. 普罗科菲叶夫著



国防工业出版社

595

液力机械传动理论基础

[苏联] B. H. 普罗科菲叶夫著

光佳月译

弭国献校

3/0024/12



国防工业出版社

1965

內 容 簡 介

本书介绍液力机械传动的基础理论，对液力元件和机械元件的特性作了详尽的分析，特别着重叙述了各种液力机械传动运动学简图的求解方法。

本书可作为高等工业院校相应系科的教学参考书，对于从事动力传动研究的科研人员和工程设计人员也有重要参考价值。

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

〔苏联〕В. Н. Прокофьев

МАШГИЗ 1957

*

液力机械传动理论基础

光佳月译

弼国献校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张13 $\frac{5}{16}$ 342千字

1965年12月第一版 1965年12月第一次印刷 印数：0,001—3,540册

统一书号：15034·1027 定价：（科六）2.00元

前 言

所謂液力傳动，就是至少要有一个环节是液体的机构。

由于液力傳动具有很大的能容量、几乎无限制的运动学可能性以及其它一系列重要的特性，使它在許多技术部門內，特别是新的技术部門內获得了极广泛的应用。

液力傳动有两种：一种是动液式傳动，一种是容积式傳动。它們的液体环节所建立的联系方式各不相同。

动液式傳动是一种以液体环节来建立动力联系为特点的液力傳动（这种傳动出現在容积式傳动之后），而容积式液力傳动的运动鏈只由几何联系来保証。

因为液体沒有一定的几何形状，但是有一定的容积，所以只有利用液体环节的某种容积才能保証所需要的几何联系。这就是为什么相应的液力傳动称为容积式的原因。

在大量的动液式傳动中，可以分出一类旋轉运动式液力傳动，用作自动和半自动傳动装置的主要元件。这种自动和半自动傳动装置的主要用途是当发动机特性不能滿足耗能装置的要求时，使发动机特性作一定的变换。特别是，为了滿足这些要求，液力傳动不仅應該把发动机能量傳給耗能装置，而且要使能量变换。通常，这种变换應該保証輸出軸力矩和角速度的一定的变化（包括倒档在內），同时，在必要时应保証发动机和耗能装置脫开。

在机构的运动鏈中，除几何联系外还有力的联系，这就使工况的运动学指标（如各构件的角速度）甚至在稳定工况下都与負荷指标（如各构件所承受的力矩）相适应。这一点保証了动液式傳动的一个非常重要的性能——自动化；这种性能和其它一系列重要性能（高速性、速比变化无級性、相对便宜等等）一起，成

为这种机构得到广泛应用的原因。

机构的外特性是机构性能的表达式，用各主构件的运动学指标和负荷指标的联系方程式写出。这里所谓主构件是指和发动机相联的主动轴（或几个主动轴）以及与耗能装置相联的被动轴（或几个被动轴）。

具有可变刚性的动液式传动的很多优点，使其与内燃机或异步电机一起工作时的外特性能在更大程度上满足耗能装置的要求。这点对于负荷急剧而又不规则变化的条件下工作的机械，如起重装置、钻探机、食品工业机械和矿山机械等有特殊的意义。对于运输车辆，如各种型式的汽车、内燃机车、拖拉机以及其它各种用途的自行系统，这种性能就更加重要。

因为耗能装置的要求经常改变，所以必须寻找并深入研究新型动液式传动。能最充分满足耗能装置要求的一种方法，就是用现有完善的动液式传动与差速齿轮机构相应地组合，也就是利用所谓的液力机械传动。在这种传动中，动液传动称为液力元件，而齿轮机构称为机械元件。把机械元件加到液力元件的特性上，能使液力元件的外特性有根本的改变。

这种满足耗能装置要求的重要方法，将在本书中加以研究。

这样组合的液力机械传动，在某种程度上可以满足它所必须具备的一个最重要的要求——提高效率。液力元件的效率比齿轮传动的效率低，因此，发动机的一部分功率通过齿轮传动来传递，可以提高液力机械传动的效率。在这种情况下，液力元件对齿轮机构起一种特殊的调节器作用，以使速比随着被动主构件上负荷而作无级的变化。

要找出外特性预先给定的这种液力机械传动简图，由于下列两个原因而有一定的困难：第一，在组成液力机械传动的各个元件的大量可能联结组合当中，只有少数是适用的，并且只在三构件差速器参数值一定时；第二，这种液力机械传动的联系方程式是非线性的。

本书的基本任务是建立能够找出机构运动学简图的方法，使这种机构的外特性能在最大程度上接近給定的外特性，并代替那些费时耗力而又麻烦的试找法，以便能比较简单而有规则地找出运动学简图。

各种方法(不管是分析或综合)的共同点是，要能使我們作出结构简图之前，預先看到某組机构的一些可能，从而能找出在某些性能上正是設計者最滿意的某組机构，淘汰那些不合适的机构。

可以提醒一下，当机械元件是四自由度、四个操纵元件(其中两个是离合器)的調节齿輪机构时，适用的只是七种不相同的构件联結方案，而各种可能联結方案的总数为：

$$C_{c_8}^4 C_{c_8}^2 = C_{5_6}^4 C_{2_8}^2 = 367290 \times 378 = 138835620.$$

这七种方案可以給出七組解，因为每一个組合三构件差速器的参数可在很大範圍內变化，并且这些参数中只有某几个值能保证給出所需外特性的液力机械傳动。在选择合适的参数时，如前所述，应该考虑到这种液力机械傳动的联系方程式是非綫性的。

显然，偶然地找到这样运动学简图的机会是非常小的。

利用简单的方法，有时得不到解；但是不管求解的方法多么复杂，首先，答案本身的形式应该简单；其次，使用它的方法也应该简单。因此，对于最常用、实际上也最重要的多速液力机械傳动(其液力元件是动液变矩器)來說，常是把解答制成說明表形式，于是，在选择机构的合适参数时，可以立即估計出每个构件的角速度以及作用在这些构件各个截面上的力矩。

应该把本书看作是苏联在液力傳动和差速齿輪机构方面研究工作的發展，因为后者是液力机械傳动不可分割的組成部分。

苏联在調节齿輪机构的分析和綜合及其实际应用等方面的研究工作，是由姆·阿·克雷涅斯(Крейнес)教授，姆·克·克利斯基(Кристи)教授以及后继者們奠定的基础。这种新穎的、特創的、饒有成果的研究工作，目前已經有很大的进展。这种对設計师很有兴趣和重要的学說正被成功地应用着，并正获得进一

步的发展。在本书中就有这些文献的引証。

多速液力机械传动中的机械元件，与上述一些著作中所研究的差速齿轮机构的区别是主构件的数目和自由度的数目，而主要是本书所研究机构的联系方程式。因此，机械元件综合法与以前所应用的方法有很大不同。但是，很多一般性的原理、极成功而巧妙的方法、以及规定好的符号，在对解题有利的情况下是可以利用的。

遗憾的是，必须放弃许多使能马上观察到明确解答组的图解法，因为所研究的机构的自由度数目在实际最重要的各种情况下等于四。为平面所制订的解，要是推广到三度空间中，使用起来不易明了，而且复杂。

在用分析法寻求新机构时，应用上面所提到的说明表，能完全补偿由于不用已推广的图解法而失掉的明了性。

进一步引用假想速比平面图形式的图解法，便于我们鉴别出不能保证各主构件工况运动学指标之间联系方程式给定形式的那些方程组。利用新方法鉴别所述方程组之所以必要是由于联系方程式有着更复杂的形式，而主要是由于含有所求解的可能组合的数目增加极多。

多速液力机械传动机械元件的分析法能够以机构说明表的形式提供解答，使我们可能很快地判断某组机构对实现所需联系方程式是否适用，易于选择组合三构件差速器的各必要参数值。

利用分析方法不仅能得到最一般形式的液力机械传动综合问题的解，而且也指明怎样在液力机械传动中利用最大效率值不高的动液式变矩器来得到有利的液力机械传动的外特性。

这个情况扩大了液力机械传动应用的可能性。

不要认为所有这些见解，在各种情况下都肯定只有一种解法是合理的，而不愿用其它方法。前面已经提到，用图解法解本书所提出的问题时产生的困难。利用已有的求解普通差速传动问题的方法，也会发生不少困难。可见，提出完全新的问题，就要求

制訂新的解法。

本书不研究液力元件按容积式原理工作的液力机械傳动，因为在这种情况下，工况的負荷指标可以看成实际上与运动学指标无关，这样就使这种机构成为过去許多著作，特别是姆·阿·克雷涅斯的著作〔12〕所研究的对象。这种机构的特点是綫性联系方程式，而本书是研究各种具有非綫性联系方程式的机构。

作者面臨的問題的性质，不可避免地要影响到材料的叙述方法。設計師應該充分相信，利用所提出的方法找到的液力机械傳动运动学簡图，包罗了任意組傳动的所有可能的解。因此，本书极注意严格地限制研究对象，并十分重視解題与研究每組簡图內的极限可能性。

自然，内容对于叙述形式的这种影响，不可避免地要求讀者在閱讀本书时給予注意。不过，在作者看来，这样也是合算的，因为这种型式的液力机械傳动的一切性能将得到充分理解。并且，对实际应用液力机械傳动綜合法，找出的运动学簡图能完全符合所要求特性这一点具有充分的把握。

此外，学好本书能使讀者掌握非綫性联系方程式构件的机构綜合法。这就使作者，第一，不能只讲結果而不詳細地叙述获得这些結果的方法；第二，只要可能，把作为上述机构运动学簡图綜合法基础的原理用最一般形式給出。

还应该說明，本书不研究液力机械傳动的結構及动液傳动的計算。

提請讀者注意，本书对液力机械傳动各主要理論問題的研究，符合第一次莫斯科机械工程傳动會議（1950年11月）的決議精神。这次會議是由全苏机械科学技术工程学会（ВНИТОМАШ）設計師委員會和苏联科学院机器科学院共同召集的。在會議上通过了決議，決議說：《为了尽快地在各主要机械工业部門应用液力傳动，會議认为必須广泛地研究液力机械傳动的綜合法，注意到工业上已成熟的需求……》〔25〕。

目 录

前言	5
緒論	11
第一章 旋轉运动式机构的某些性能以及对液力机械傳 动諸元件的要求	27
§1 旋轉运动式机构的某些特性及其評價指标	27
§2 ГМП 以及对它的液力和机械元件的要求	33
§3 机构中的能量損失	41
第二章 液力元件的特性性能	51
§4 动液耦合器的特性性能	51
§5 动液变矩器的特性	58
§6 联系动液变矩器变矩系数与速比的經驗方程式	70
§7 动液变矩器与发动机的共同工作	76
第三章 三构件差速器的特性性能	84
§8 完善三构件差速器的特性性能	84
§9 三构件差速器的損失对其特性性能的影响	98
§10 三构件差速器的效率	105
第四章 ГМП 的某些一般性能	115
§11 完善 ГМП 机械元件的特性性能	115
§12 ГМП 的某些一般性能	123
第五章 具有无外力矩支承液力元件的单速 ГМП 綜合法	131
§13 以动液耦合器作为液力元件的单速 ГМП 的綜合	131
§14 特种 ГМП 簡图分析	142
第六章 以动液变矩器作为液力元件的单速 ГМП 綜合法	152
§15 具有动液变矩器的 ГМП 的基本性能	152
§16 极限的 ГМП 运动学簡图	170
§17 最佳 ГМП 的可能性	180

§ 18	具有任意加速工况速比值的 ΓMII 的特性	189
§ 19	轉化 ΓMII 的基本性能	206
第七章	多速液力机械傳动 ($MFMII$) 机械元件的綜合	211
§ 20	$MFMII$ 机械元件的某些一般性能	211
§ 21	由三构件差速器、制动器和离合器組合的 $MFMII$ 的机械元件	220
§ 22	$MFMII$ 机械元件各构件工况运动学指标之間的联系方程式	230
§ 23	确定机构各构件的速比、各操纵元件所受力矩和 $MFMII$ 机械元件任何基本构件的給定断面上的力矩	256
§ 24	由两个三构件差速器組成的 $MFMII$ 机械元件	268
§ 25	由三个或四个三构件差速器組成的三自由度 $MFMII$ 机械 元件	278
§ 26	由三个三构件差速器組成的四自由度 $MFMII$ 机械元件	303
§ 27	由四个操纵元件和四个三构件差速器組成的四自由度 $MFMII$ 机械元件	351
§ 28	$MFMII$ 机械元件中的損失計算	393
§ 29	$MFMII$ 綜合問題解例	404

595

液力机械传动理论基础

[苏联] B. H. 普罗科菲叶夫著

光佳月译

弭国献校

3/0020/12



国防工业出版社
1966.3.3
1965

內 容 簡 介

本书介绍液力机械传动的基础理论，对液力元件和机械元件的特性作了详尽的分析，特别着重叙述了各种液力机械传动运动学简图的求解方法。

本书可作为高等工业院校相应系科的教学参考书，对于从事动力传动研究的科研人员和工程设计人员也有重要参考价值。

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

〔苏联〕В. Н. Прокофьев

МАШГИЗ 1957

*

液力机械传动理论基础

光佳月译

弼国献校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张13 $\frac{5}{16}$ 342千字

1965年12月第一版 1965年12月第一次印刷 印数：0,001—3,540册

统一书号：15034·1027 定价：（科六）2.00元

目 录

前言	5
緒論	11
第一章 旋轉运动式机构的某些性能以及对液力机械傳 动諸元件的要求	27
§1 旋轉运动式机构的某些特性及其評價指标	27
§2 ГМП 以及对它的液力和机械元件的要求	33
§3 机构中的能量損失	41
第二章 液力元件的特性性能	51
§4 动液耦合器的特性性能	51
§5 动液变矩器的特性	58
§6 联系动液变矩器变矩系数与速比的經驗方程式	70
§7 动液变矩器与发动机的共同工作	76
第三章 三构件差速器的特性性能	84
§8 完善三构件差速器的特性性能	84
§9 三构件差速器的損失对其特性性能的影响	98
§10 三构件差速器的效率	105
第四章 ГМП 的某些一般性能	115
§11 完善 ГМП 机械元件的特性性能	115
§12 ГМП 的某些一般性能	123
第五章 具有无外力矩支承液力元件的单速 ГМП 綜合法	131
§13 以动液耦合器作为液力元件的单速 ГМП 的綜合	131
§14 特种 ГМП 簡图分析	142
第六章 以动液变矩器作为液力元件的单速 ГМП 綜合法	152
§15 具有动液变矩器的 ГМП 的基本性能	152
§16 极限的 ГМП 运动学簡图	170
§17 最佳 ГМП 的可能性	180

§ 18	具有任意加速工况速比值的 ΓMII 的特性	189
§ 19	轉化 ΓMII 的基本性能	206
第七章	多速液力机械傳动 ($MFMII$) 机械元件的綜合	211
§ 20	$MFMII$ 机械元件的某些一般性能	211
§ 21	由三构件差速器、制动器和离合器組合的 $MFMII$ 的机械元件	220
§ 22	$MFMII$ 机械元件各构件工况运动学指标之間的联系方程式	230
§ 23	确定机构各构件的速比、各操纵元件所受力矩和 $MFMII$ 机械元件任何基本构件的給定断面上的力矩	256
§ 24	由两个三构件差速器組成的 $MFMII$ 机械元件	268
§ 25	由三个或四个三构件差速器組成的三自由度 $MFMII$ 机械 元件	278
§ 26	由三个三构件差速器組成的四自由度 $MFMII$ 机械元件	303
§ 27	由四个操纵元件和四个三构件差速器組成的四自由度 $MFMII$ 机械元件	351
§ 28	$MFMII$ 机械元件中的損失計算	393
§ 29	$MFMII$ 綜合問題解例	404

前 言

所謂液力傳动，就是至少要有一个环节是液体的机构。

由于液力傳动具有很大的能容量、几乎无限制的运动学可能性以及其它一系列重要的特性，使它在許多技术部門內，特别是新的技术部門內获得了极广泛的应用。

液力傳动有两种：一种是动液式傳动，一种是容积式傳动。它們的液体环节所建立的联系方式各不相同。

动液式傳动是一种以液体环节来建立动力联系为特点的液力傳动（这种傳动出現在容积式傳动之后），而容积式液力傳动的运动鏈只由几何联系来保証。

因为液体沒有一定的几何形状，但是有一定的容积，所以只有利用液体环节的某种容积才能保証所需要的几何联系。这就是为什么相应的液力傳动称为容积式的原因。

在大量的动液式傳动中，可以分出一类旋轉运动式液力傳动，用作自动和半自动傳动装置的主要元件。这种自动和半自动傳动装置的主要用途是当发动机特性不能滿足耗能装置的要求时，使发动机特性作一定的变换。特别是，为了滿足这些要求，液力傳动不仅應該把发动机能量傳給耗能装置，而且要使能量变换。通常，这种变换應該保証輸出軸力矩和角速度的一定的变化（包括倒档在內），同时，在必要时应保証发动机和耗能装置脫开。

在机构的运动鏈中，除几何联系外还有力的联系，这就使工况的运动学指标（如各构件的角速度）甚至在稳定工况下都与負荷指标（如各构件所承受的力矩）相适应。这一点保証了动液式傳动的一个非常重要的性能——自动化；这种性能和其它一系列重要性能（高速性、速比变化无級性、相对便宜等等）一起，成

为这种机构得到广泛应用的原因。

机构的外特性是机构性能的表达式，用各主构件的运动学指标和负荷指标的联系方程式写出。这里所谓主构件是指和发动机相联的主动轴（或几个主动轴）以及与耗能装置相联的被动轴（或几个被动轴）。

具有可变刚性的动液式传动的很多优点，使其与内燃机或异步电机一起工作时的外特性能在更大程度上满足耗能装置的要求。这点对于负荷急剧而又不规则变化的条件下工作的机械，如起重装置、钻探机、食品工业机械和矿山机械等有特殊的意义。对于运输车辆，如各种型式的汽车、内燃机车、拖拉机以及其它各种用途的自行系统，这种性能就更加重要。

因为耗能装置的要求经常改变，所以必须寻找并深入研究新型动液式传动。能最充分满足耗能装置要求的一种方法，就是用现有完善的动液式传动与差速齿轮机构相应地组合，也就是利用所谓的液力机械传动。在这种传动中，动液传动称为液力元件，而齿轮机构称为机械元件。把机械元件加到液力元件的特性上，能使液力元件的外特性有根本的改变。

这种满足耗能装置要求的重要方法，将在本书中加以研究。

这样组合的液力机械传动，在某种程度上可以满足它所必须具备的一个最重要的要求——提高效率。液力元件的效率比齿轮传动的效率低，因此，发动机的一部分功率通过齿轮传动来传递，可以提高液力机械传动的效率。在这种情况下，液力元件对齿轮机构起一种特殊的调节器作用，以使速比随着被动主构件上负荷而作无级的变化。

要找出外特性预先给定的这种液力机械传动简图，由于下列两个原因而有一定的困难：第一，在组成液力机械传动的各个元件的大量可能联结组合当中，只有少数是适用的，并且只在三构件差速器参数值一定时；第二，这种液力机械传动的联系方程式是非线性的。

本书的基本任务是建立能够找出机构运动学简图的方法，使这种机构的外特性能在最大程度上接近給定的外特性，并代替那些费时耗力而又麻烦的试找法，以便能比较简单而有规则地找出运动学简图。

各种方法(不管是分析或综合)的共同点是，要能使我們作出结构简图之前，預先看到某組机构的一些可能，从而能找出在某些性能上正是設計者最滿意的某組机构，淘汰那些不合适的机构。

可以提醒一下，当机械元件是四自由度、四个操纵元件(其中两个是离合器)的調节齿輪机构时，适用的只是七种不相同的构件联結方案，而各种可能联結方案的总数为：

$$C_{c_8}^4 C_{c_8}^2 = C_{5_6}^4 C_{2_8}^2 = 367290 \times 378 = 138835620.$$

这七种方案可以給出七組解，因为每一个組合三构件差速器的参数可在很大範圍內变化，并且这些参数中只有某几个值能保证給出所需外特性的液力机械傳动。在选择合适的参数时，如前所述，应该考虑到这种液力机械傳动的联系方程式是非綫性的。

显然，偶然地找到这样运动学简图的机会是非常小的。

利用简单的方法，有时得不到解；但是不管求解的方法多么复杂，首先，答案本身的形式应该简单；其次，使用它的方法也应该简单。因此，对于最常用、实际上也最重要的多速液力机械傳动(其液力元件是动液变矩器)來說，常是把解答制成說明表形式，于是，在选择机构的合适参数时，可以立即估計出每个构件的角速度以及作用在这些构件各个截面上的力矩。

应该把本书看作是苏联在液力傳动和差速齿輪机构方面研究工作的發展，因为后者是液力机械傳动不可分割的組成部分。

苏联在調节齿輪机构的分析和綜合及其实际应用等方面的研究工作，是由姆·阿·克雷涅斯(Крейнес)教授，姆·克·克利斯基(Кристи)教授以及后继者們奠定的基础。这种新穎的、特創的、饒有成果的研究工作，目前已經有很大的进展。这种对設計师很有兴趣和重要的学說正被成功地应用着，并正获得进一