

中等专业学校教学用书

建筑机械

北京水力发电学校編



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



建 筑 机 械

江苏工业学院图书馆

北京水力发电学校编

藏 书 章

中国工业出版社

本书为水利电力部系统之中等技术学校的教材，书中主要阐述了—般建筑机械的工作原理和构造；此外，还说明了机械原理及简单零件的计算方法，以帮助读者了解机械的基本知识。

本书除可作中等技术学校的教材外，还可供省、专区、县的水利技术人员在工作和学习中的参考。

建 筑 机 械

北京水力发电学校编

(根据水利电力出版社纸型重印)

*

中国工业出版社出版(北京修麟园路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 850×1168 毫米·印张 $6\frac{11}{16}$ ·字数166,000

1959年4月北京第一版

1961年6月北京新版·1961年6月北京第一次印刷

印数0001—3,030·定价(9)0.86元

统一书号: 15165·40(水电—21)

目 录

第一章 緒論	3
§1-1 机械化施工的意义	3
§1-2 建筑机械发展概况	4
§1-3 我国水电工程机械化施工概况	6
第二章 机械零件的基本知識	7
§2-1 机械与机构	7
§2-2 傳动装置	8
§2-3 軸与軸承	24
§2-4 联軸器	37
§2-5 制动器	41
第三章 建筑机械的动力設備	43
§3-1 常用的几种建筑机械的动力設備	43
§3-2 內燃机	44
§3-3 空气压缩机	62
§3-4 蒸汽鍋爐	70
第四章 起重及运输机械	74
§4-1 起重及运输机械的作用及分类	74
§4-2 起重机零件	74
§4-3 簡單起重机械	79
§4-4 桅杆	84
§4-5 桅杆式起重机	88
§4-6 塔式起重机	92
§4-7 桥式起重机和門式起重机	97
§4-8 行动起重机	99
§4-9 鑽式起重机	102
§4-10 起重机的原动机选择	105
§4-11 皮带运输机	111
§4-12 螺旋运输机	115
§4-13 斗式运输机	116
§4-14 架空索道	118
第五章 土方工程机械	120
§5-1 推土机	121

§5-2	铲运机	123
§5-3	挖土机	127
§5-4	水力机械挖土装置	131
§5-5	水泵	133
第六章	石方开挖机械	136
§6-1	风鑽	136
§6-2	风鎚	142
§6-3	架鑽	144
第七章	粉碎及筛分机械	144
§7-1	碎石机械	144
§7-2	筛分机械	150
§7-3	冲洗机械	154
第八章	混凝土机械	157
§8-1	混凝土搅拌机械	157
§8-2	混凝土拌合机的附属装置	162
§8-3	混凝土运输机械	166
§8-4	喷射法装置	173
§8-5	混凝土振捣机械	175
§8-6	混凝土真空作业机械	179
第九章	钻探机	186
§9-1	冲击式鑽机	187
§9-2	回轉式鑽探机	188
第十章	灌浆机	190
第十一章	打桩机械	192
§11-1	桩錘	192
§11-2	振动式打桩机	202
第十二章	保养与修理	204
§12-1	机械零件损耗的原因	204
§12-2	损耗的种类	204
§12-3	影响零件损耗的因素	205
§12-4	提高零件耐损耗性的方法	207
§12-5	建筑机械的修理制度	207
§12-6	建筑机械的修理种类	209
§12-7	建筑机械的管理和修理組織	211
§12-8	建筑机械的运送和管理	214

第一章 緒 論

§1-1 機械化施工的意义

在社会主义建設高潮中，我国各个国民經济部門的基本建設的規模迅速地增长，第一个五年計劃中基本建設总投資就占經济事业和文教事业支出总数的62.7%。党的八大二次會議的決議中指出“爭取在十五年，或者在更短的时间內，在主要的工业产品产量方面赶上和超过英国”，要完成这一偉大的任务，必須在党的总路綫光輝照耀下，發揮人們的冲天的革命干劲和钻勁；另一方面就要大力地提高劳动生产率。

提高劳动生产率的主要關鍵是發揮人的积极性和創造性，并采用最新的技术，逐步地以机械化代替繁重的体力劳动。在党的总路綫照耀下我国人民貫徹了土洋并举的方針，使生产率得到了极大的提高。

党的八大二次會議指出要在全國範圍內实行技术革命，技术革命的主要任务是：“把包括农业和手工业在內的全国經济有計劃有步驟地轉到新的技术基础上，轉到現代化大生产的技术基础上，使一切能够使用机器的劳动都使用机器……”。

采用机械来施工不仅提高了劳动生产率，而且亦相应地縮短了工期、降低了成本。

水利工程机械化的前提有二：首先必須发展建筑机械的制造，供应工程所需要的各种机器和设备。其次要提高已有机械的使用效率，要善于組織机械去施工，使机械化施工真正能达到多、快、好、省。发展建筑机械的制造要求培养机械制造方面的干部和发展强大的机械工业；要提高現有机器的使用率就要培养熟悉机械性能及施工特点的干部。

本課程在于研究水利工程中施工机械的构造、工作状况、适

用条件、生产率等。使学者能获得必要的机械知识，以期能根据具体施工条件合理地选择和使用机械。

由于建筑机械在不断地发展，以满足不断发展的施工需要，它们在技术性能上必将有所改变，因此本课程只列入各类典型的机械。至于具体的施工方法和施工组织将分别在水利施工及组织计划课程中分别讲授。

§1-2 建筑机械发展概况

我国人民已有了五千多年的历史和文化，早在公元200~300年，我们在机械原理学上已达到了相当的成就，即已达到很发达的阶段，到1300~1400年已超过了西方国家。但是，在帝国主义、封建主义和官僚资本主义的长期剥削和压迫下，我国人民的智慧无法发挥，只有今天在中国共产党和毛主席的领导下，人民有了自己的政权，祖先们的劳动成就，才能得以发扬光大。

“車”在我国发展的很早，周記考工記已有車的制造程序，周代并把动物油用来作润滑剂，到汉代更用了铁制轴承和轴颈来代替木制轴承和轴颈，从而减少了摩擦损耗，并用蒲包扎轮缘，以减少震动，这些都为运输机械中的重大贡献。

公元前1765~1760年間伊尹作桔槔，用以从井中取水浇田，其组成为一杠杆，一端用绳系一桶，另端系一重物，此上彼下，取水可省力。

公元前1115~1079年間发明“轆轤”用来取水，实为今天起重绞盘之始祖。

我国对于变回轉运动为往复运动的机构也較西方为早，汉时曾用水力带动风箱称“水排”，成为现代曲柄连杆机构的鼻祖。

汉灵帝或三国时代发明了翻車，它是一个木制关节鏈，每一关节上装一板片，半鏈置木槽內，半鏈置支板上，木槽两端装以大小轉向星輪，大輪中貫長軸，軸上裝有踏板，以脚踏之，鏈与板片連續运动，因此可将水由低处运往高处，此种翻車实为现代刮板式运送机的鼻祖。

此外，在1,000多年前，我国就能用机械钻探，从数百公尺的地下采取卤水并用天然气煮盐。这一切都说明我国人民有着无穷的智慧，从远古就发现了自然界的许多规律，并利用这些规律为社会服务，在机械方面的成就是大的，利用程度亦是相当高的。可是由于长期的封建统治使生产方式长期停留在小规模个体经济的阶段，再加上帝国主义的侵略和掠夺，我国科学事业的发展速度极慢，使不少后起的资本主义国家走在我们的前面。

解放前我国虽有一部分筑路机械，但都是来自国外，且为数极少。解放后，在党的领导和苏联无私的援助下，机械制造业有了很大的发展，促使了机械化施工的飞速发展。1952年在鞍山局部采用了机械化施工，但在1953~1955年第一汽车制造厂的建厂工程就有60%的土方工程实现了机械化，广泛使用了挖土机、推土机和铲运机。厂房的预制构件都是使用履带式、塔式和缆式起重机械安装的，材料的垂直运输已有95%机械化。又如我国新建的狮子滩水电站、上犹水电站等工程中，机械化程度已极大地提高，某些工种的机械化程度已超过80%。

随着机械化施工的发展，建筑机械的制造亦已迅速地成长起来。中、小型机械如水泵、绞车、拌合机、皮带运输机等早已成批生产，大型机械如塔式起重机、D-1004型单斗挖土机、Д-147铲运机等都已在工地使用，特别是1958年大跃进以来，我国的机械工业更加飞速地在发展，各种巨型机床亦已试制成功，特别在土洋并举的方针下，很多单位都用土办法来生产大型机械，最近大连起重机械厂又试制成功了重达二千吨的缆索起重机，其起重量可达20吨，不久将在三门峡工地运用。这必然会使我国建筑机械制造业正在飞速地向前发展。

苏联在建筑机械方面已发展到很高的水平，早在1946年苏联就建立了建筑及筑路机械制造部，它所属的各企业在战后时期已能成批制造600种以上的新型建筑及筑路机械。

苏联在这方面发展的特点是：首先保证笨重劳动的机械化，大型施工机械产量增加的非常迅速。以挖土机为例，1954年产量

为1940年产量的13.6倍，塔式起重机1950年开始生产，1954年产量即增至94倍。大型高效能的机械更受到特别的重视，土斗容积为25立方公尺的巨型踏步式挖土机已经制成并已应用，自动卸料汽车之载重量可达25吨，自动卸料的拖车可装料40吨之多，水利工程中尚采用每小时可挖1,000立方公尺泥浆的挖泥船，这些大型机械直接保证规模空前巨大的工程得以顺利施工和按期完成。

其次，为了扩大大、中型机械的应用范围，并给为数众多的小型工程创造经济合理的机械化施工条件，苏联极其重视小型机械的发展，1954年制成土斗容量为0.15立方公尺的单斗式挖土机、轻便塔式起重机和其他小型起重运输机械，在装修工程方面更涌现众多的机械、电动和风动的机械化工具有了巨大的发展。

由于建筑机械制造的迅速发展，苏联土方工程机械化程度已达94%，而且广泛地应用水力机械挖土。装卸工程有64%机械化，用压缩空气和水来运送材料的方法亦得到了推广。混凝土工程机械化达60%，制造出成套的混凝土搅拌厂所用机械设备，在莫斯科、列宁格勒等地建造起自动化的钢筋混凝土预制构件厂，其中全部机械设备都是苏联自己制造的。最近由于大力推行装配式钢筋混凝土和工业化施工方法，安装工程机械化程度已达75%。

建筑机械的设计理论方面，苏联学者们亦做出了卓越的贡献。强度理论、土壤切削理论，机件的磨损和修理，提高机械质量和使用寿命，节约金属等都是目前主要研究的问题。

为了进一步提高机械化水平，苏联在1956年新定额中将机械化工作的产量定额平均提高17%，人工施工定额反予以降低。这充分说明，在社会主义制度下，施工机械化的目的在于加速建设速度，减少笨重的体力劳动。在苏联，由于建筑机械的发展，建筑事业的工业化得到了可靠的保证条件。

§1-3 我国水电工程机械化施工概况

解放前我国长期在帝国主义及国民党反动派的残酷统治下，

沒有獨立的機器製造業，因而根本談不上機械化施工，僅僅在某些個別的地區如丰满水電站使用了一部分機械。解放後，幾年來水電站的機械化施工有了很大的發展，在設備困難的條件下，施工單位充分地利用了原有的機械，並在國家財力、物力許可的範圍內添置了一些施工機械，機械化水平正在不斷地提高。1956年我國使用機械完成的主要工程的工程量為：石方開挖約90%左右，混凝土拌合和澆築約95%左右。技術力量正在逐年壯大，到1956年底為止，各種技工約有7,000餘人。同時亦積累了一些施工的經驗，特別是1957年冬和1958年大躍進以來的農村水利化運動，廣大羣眾發揮了無窮智慧，發揚了敢想、敢說、敢做的共產主義風格，創造發明了許多土機器，大大地改善了勞動條件，提高了勞動生產率，可以預計在第二個五年計劃中我國的機械化施工程度將會更進一步地發展。

第二章 機械零件的基本知識

§2-1 機械與機構

機械是一種人為的組合體，組合件均在兩件或兩件以上，且各組合件之間具有固定不變的相對運動，在生產或能的變換過程中，可以完成有效功，機械本身不能創造能力，而只能變換能力。

因此機械必須具備以下三個特點：

(1) 是人為的組合體，一般為運動部分與固定部分的組合體；

(2) 各組合件之間具有固定不變的相對運動；

(3) 必須完成有效功或變換機械能。

按上述的定義，機械可分成下列三類：

(1) 產生機械能的——此類機械的特點是把其他種類的能力變為機械能，一般均稱為原動機。如蒸汽機、汽油機、水輪機

等。蒸汽机、汽油机系将热能变为机械能；水轮机则将水能变为机械能；

(2) 变换机械能的——此类机械系将机械能换为其他种类的能，如发电机系将机械能变换为电能；

(3) 利用机械能的——凡利用机械能来进行工作的机械均属此类，如工具机、起重机、运输机械等。

机械本身相对于地球而言可以是运动的，如汽车、火车等；亦可以是静止的，如固定于基础上的碎石机、固定式空压机等。

机构亦是一种人为的组合物，且各组合件之间亦具有固定不变的相对运动，但无能量间的转换，因此机构仅具备机械的前二个特点，而不具备第三个特点。所以机械与机构的主要区别在于前者在运动过程中有能的变换，后者则仅有固定不变的相对运动。一般的机械均包括一个以上的机构或由若干个机构组成。

§2-2 传动装置

一、传动的基本概念

将功率自发源地传输到消耗处所用的中间装置称为传动。虽然传动会损失一部分功率，然而对现代机械来说，传动装置还是不可缺少的。其主要原因如下述：

(1) 原动机的运转速度与工作所要求的(运转)速度不同；

(2) 大多数机械需要调节工作速度；

(3) 原动机通常以等角速度转动，而机械有时则需要其他的运动，如直线运动、螺旋运动等。

在机械传动中，凡传出能量的轴称为主动轴而接受能量的轴称为从动轴。自主动轴传输动力至从动轴时，由于有害阻力的存在(传动机械中的摩擦力，传动件的变形等)，总要损失一部分功率，因此如以 N_1 代表主动轴上的功率， N_2 代表从动轴上的功率，则

$$N_1 > N_2 \quad \text{而}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \eta \quad (2-1)$$

式中 η 为传动时的机械效率，其值约自0.25至0.98。

在大多数情况下，主动轴和从动轴的角速度是不相等的，设 n_1 和 ω_1 为主动轴的每分钟转数和角速度，而 n_2 和 ω_2 为从动轴每分钟的转数和角速度，则主动轴角速度(转数) ω_1 (n_1) 和从动轴角速度(转数) ω_2 (n_2) 的比值称为两轴之传动比 i ：

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2-2)$$

设 M_1 和 M_2 分别代表主动轴和从动轴上的转矩，根据理论力学可得：

$$M_1 = 71620 \frac{N_1}{n_1} \quad \text{及} \quad M_2 = 71620 \frac{N_2}{n_2},$$

以 M_1 除 M_2 得

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{N_2 n_1}{N_1 n_2} = \eta i.$$

因此速比

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{M_2}{M_1 \eta} \quad (2-3)$$

二、传动的种类

在现代传动中根据传动轴在空间的位置可分成下列三种：

- (1) 两轴线相平行；
- (2) 两轴线相交(通常成 90°)；
- (3) 两轴线相错(既不相交又不平行)。

根据传动件相互作用的方式可分成下列两种：

- (1) 摩擦传动(摩擦轮传动、皮带传动)；
- (2) 啮合传动(齿轮传动、蜗轮传动、链轮传动)。

三、摩擦传动

1. 摩擦轮传动

(1) 圆柱形摩擦轮传动

此种传动用在两轴的位置相互平行时，其传动装置简图如图2-1所示。

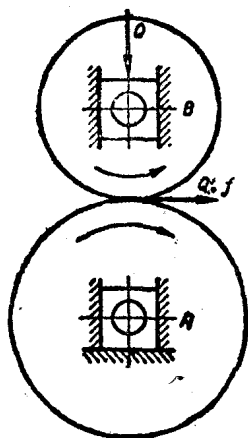


图 2-1 圆柱形摩擦
輪簡圖

用鍵將兩摩擦輪裝牢在主動軸 A 和從動軸 B 上， A 軸的軸承是固定的，而 B 軸的軸承則可沿兩軸的中心連線方向移動。兩輪在理論上是綫接觸，實際上由於輪的局部變形接觸處為一狹窄的面積。若 A 輪轉動， B 輪並不一定回轉，因為要使從動輪 (B 輪) 回轉必須要克服 B 軸上的有效阻力 (轉矩 M_2) 及軸承的摩擦力，亦即必須要在 B 輪上加一轉矩 M_2/η 才會轉動。

沿着中心綫 BA 方向在可移動的軸承上加一個不斷增加的力 Q ，則在兩摩擦輪之間產生一大於等於 Q 的壓力，當 A 輪轉動時，兩輪間就產生一個不斷增加的摩擦力 $F = Q \cdot f$ ，其方向沿兩輪之公切綫，此摩擦力也就是使 B 輪轉動的圓周力。

顯然，使 B 輪轉動的条件是

$$M_{(F)} \geq M_2/\eta$$

即摩擦力矩必須等於或大於從動軸上的阻力矩。

從動輪壓緊力 Q_{min} 的大小可以從 B 輪的平衡條件求得：

$$Q_{min} = \frac{2M_2}{fD_2\eta} \quad (2-4)$$

上式之 Q_{min} 系最低之壓緊力，為了保證工作時不產生滑動，則壓緊力

$$Q = \beta Q_{min}$$

式中 β ——安全係數約在 1.2~1.8 之間。

由 (2-4) 式中可知，欲減小壓緊力 Q 則應增大摩擦係數 f 及從動輪直徑 D_2 ，為避免傳動太笨重不應該採用增加 D_2 的辦法。通常取

$$D_{max} = (6 \sim 10)d$$

式中 d ——軸的直徑。

为增加摩擦系数，可采用各种不同的摩擦材料，如压紧的紙板、皮革、木材、橡皮等。

摩擦系数的平均值可由表 2-1 查得。

表 2-1

摩擦系数 f 之值

材 料	f
鋼与鋼或鑄鉄(有潤滑油)	0.05~0.10
鋼与鋼或鑄鉄; 鑄鉄与鑄鉄(干燥状态)	0.15~0.20
鋼与胶漆硬布或纖維(干燥状态)	0.20~0.25
鋼或鑄鉄与皮革(干燥状态)	0.20~0.35
鋼或鑄鉄与石棉布(干燥状态)	0.30~0.35
鋼或鑄鉄与橡皮(干燥状态)	0.35~0.40
鋼或鑄鉄与木材(干燥状态)	0.35~0.50

輪緣寬度 b 可由每公厘寬所允許載荷的大小来决定。如假定均匀分布于接触線上則

$$b \geq \frac{Q}{q} \quad (2-5)$$

而 b 之极限值为 $b \leq D_{\min}$ 。式中 q 为单位寬度的允許載荷，其許用值可在表 2-2 中查得。

表 2-2 允許載荷 q

材 料	q (кг/см)
鑄 鉄	100~135
皮 革	15~25
木 材	2.5~5
胶 漆 硬 布	20~30
鋼	150~200

由于在高速傳动下，工作表面会急剧地磨損，在干燥状态下的傳动，只允許 $v \leq 7$ 公尺/秒。在实用上傳动效率 $\eta = 0.75 \sim 0.8$ 。

圓柱形摩擦輪之主要缺点是所需压力大，当 $f =$

0.15 时，压紧力 Q 竟达圓周力 7 倍之多。由于需要大的压力，就使加压机构复杂和軸与軸頸的直徑加大；其次对軸頸的摩擦也增加，而使傳动效率减低。

要使压紧力 Q 减小，可采用槽摩擦輪傳动图 2-2 所示为槽形摩擦輪傳动。在主动軸 A 及从动軸 B 上各装有槽(楔)形摩擦輪，

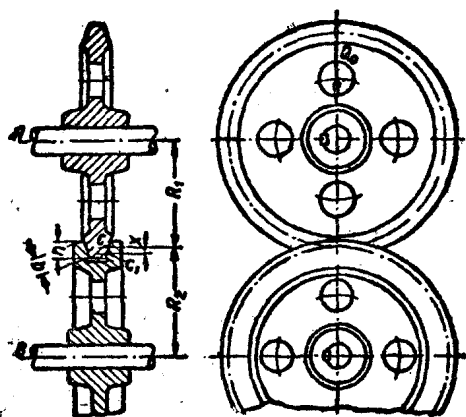


图 2-2 槽形摩擦輪傳動

主动輪上的楔形槽与从动輪上的楔形輪緣相銜合。当以 Q_0 力使两輪压紧时，槽的工作表面即产生摩擦力，由于摩擦力迫使从动輪回轉。根据計算結果槽摩擦輪所需压紧力 Q_0 大約为平(圓柱形)摩擦輪压紧力 Q 的 $1/3$ 。槽摩擦輪的缺点是不能避免滑动，为了保持良好接触一般

槽摩擦輪的槽数 z 不应超过 5 个，槽之深度 $h \leq 10 \sim 12 \text{ mm}$ 。

在摩擦傳动中如假定不产生滑动，則在輪接触处的綫速度应该相等，即 $v_1 = v_2$ ；但

$$v_1 = \frac{\pi D_1 n_1}{60};$$

$$v_2 = \frac{\pi D_2 n_2}{60};$$

所以

$$\frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60},$$

$$D_1 n_1 = D_2 n_2$$

由此得

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2-6)$$

上式中 D_1 和 D_2 分別表示摩擦輪之主动輪和从动輪直徑，在楔形摩擦輪中以平均直徑代替。

(2) 摩擦輪傳动的其他型式

1) 錐形摩擦輪傳动 錐形傳动用在两軸綫位置相交的場合下(图 2-3) 当两錐輪中任一个輪受到軸向压力使两輪压紧时，主动輪即借压紧之摩擦力带动从动輪轉动。为了使摩擦輪在傳动中不

产生滑动，必须使两圆锥的顶点相重合且位在两几何轴线的交点上。

2) 主动轴转向不变，从动轴改变转向的传动 图 2-4 的装置可使主动轴的转向不变而更变从动轴的回转方向。主动轴 O_1 的回转方向不变；在从动轴 O_2 上，紧固两个圆锥，两圆锥之距离 l 略大于主动轮直径 D_1 。从动轴可沿轴向移动，从左边加一压力 Q ，使左边从动轮和主动轮相接触，则左边的

从动轮以一定的方向回转，如从右边加一压力 Q ，则右边之从动轮和主动轮相接触，从动轴获得和前相反的转动。

3) 变速装置 用图 2-5 的装置，可以使主动轴在转速不变的情况下，从动轴获得不同的

转速。在主动轴 O_1 上装有水平方向的圆盘，在从动轴 O_2 上装有一个可沿轴向移动的圆锥。当两轮相互压紧时，从动轮就发生回转，其每分钟之转速，视其离主动轮中心线距离而定。

设从动轮距主动轴中心的距离为 x ，则从动轴之转速

$$n_2 = \frac{n_1}{r} x.$$

由上式可知当 x 改变时， n_2 亦随之改变，故此类装置的速比 i 是

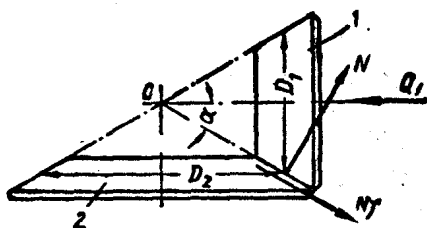


图 2-3 锥形摩擦轮传动

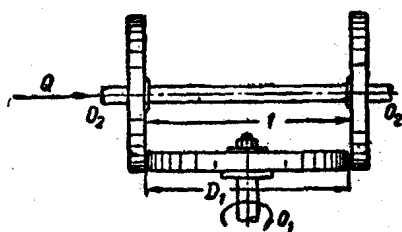


图 2-4 变向装置

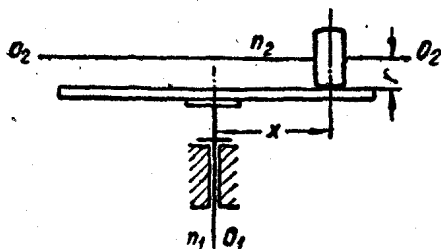


图 2-5 变速装置

可变的。

(3) 摩擦輪傳動的优缺点

- 1) 摩擦輪傳动之速比不能保持一常数;
- 2) 傳动的构造很简单;
- 3) 傳动只能傳輸較小的功率;
- 4) 当过载时, 摩擦輪发生滑动, 可确保零件的安全;
- 5) 可用来改換方向和速度;
- 6) 傳动軸与軸承的載荷很大。

2. 皮带傳动

当两軸相距較远时, 且又不要求有精确的傳动比时可采用皮带傳动。皮带傳动系利用柔韌的带(皮带)紧繞于皮带輪上, 借輪与皮带間之摩擦力, 将主动軸上的轉矩通过皮带傳送至从动軸上。皮带傳送的馬力为0.5~2,000馬力, 輪之周速有时可达40~50M/sec 或更高些。

設皮带在工作时无滑动产生^①, 并以 n_1 和 D_1 分別代表主动輪之轉速和直徑; D_2 和 n_2 分別代表从动輪之直徑和轉速, 則皮带傳动之速比可用下式来求得:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

皮带傳动可以分为两类: 平皮带傳动与三角皮带傳动。

(1) 平皮带傳动

平皮带傳动系利用表面平滑(或具有中部凸出之輪緣)的皮带輪及断面为矩形的皮带(棉織带、皮革带、橡皮带)来完成。

1) 开口式傳动(图 2-6) 两傳动軸互相平行, 两輪之轉向相同。

开口傳动中皮带长度可用下式来計算

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A} \quad (2-7)$$

① 皮带傳动中, 由于皮带的彈性及两端之拉力差, 必然存在彈性滑动。