

毕业设计说明书

题 目： PE10 自行车无级变速器设计

学 院： 机械工程学院

专 业： 机械设计制造及其自动化

学 号：

姓 名：

指导教师：

完成日期： 20**年 5 月 16 日

毕业论文（设计）任务书

论文（设计）题目：PE 10 自行车无级变速器设计

学号： 姓名：许海峰 专业：

指导教师： 系主任：

一、主要内容及基本要求

设计内容：1. 根据男式自行车的特点选择合适的传动比；

2. 比较和选择合适的方案；

3. 完成自行车无级变速器变速器的结构设计与计算；

4. 对关键部件进行强度和寿命校核。

设计要求：1. 传动比范围 0.75~1.22；

2. 变速器尺寸要尽可能小，轻便；

3. 结构设计时应使制造成本尽可能低；

4. 安装拆卸要方便；

5. 外观要匀称，美观；

6. 调速要灵活，调速过程中不能出现卡死现象，能实现动态无级调速；

7. 关键部件满足强度和寿命要求；

8. 画零件图和装配图。

二、重点研究的问题

1. 总体方案的确立。

2. 选定方案的设计与计算。

三、进度安排

序号	各阶段完成的内容	完成时间
1	完成资料检索	3月8日—3月18日
2	总体方案的确立	3月19日—3月26日
3	无级变速器的设计与计算	3月27日—4月17日
4	主要零件选型	4月18日—4月20日
5	画装配图及零件图	4月21日—4月28日
6	论文撰写	4月29日—5月7日
7	英文翻译	5月9日—5月14日
8	毕业设计论文检查，准备答辩	5月15日—5月16日

四、应收集的资料及主要参考文献

应收集的资料：自行车无级变速器的类型和无级变速自行车的研究现状，零件的设计与计算的方法，以及选型等。

主要参考文献：[1]濮良贵,纪名刚.机械设计[M].第八版.西安:高等教育出版社,2005.

[2]孙恒,陈作模.机械原理[M].第六版.西安:高等教育出版社,2000.

[3]徐灏,机械设计手册[M].第三卷.北京:机械工业出版社,1991.

[4]吴宗泽,罗圣国.机械设计课程设计手册[M].第三版.北京:高等教育出版社,2006.

[5]周有强.机械无级变速器[M].成都:机械工业出版社,2001.

[6]葛志淇.机械零件设计手册[M].天津:冶金工业出版社,1980.

[7]周良德,朱泗芳.现在工程图学[M].湘潭:湖南科学技术出版社,2000.

[8]李新,洪泉,王艳梅.国内外通用标准件手册[M].南京:江苏科技出版,凤凰出版传媒集团,2006.

毕业论文（设计）评阅表

学号_____姓名_____专业_____

毕业论文（设计）题目：PE 10 自行车无级变速器设计

评价项目	评 价 内 容
选题	1.是否符合培养目标，体现学科、专业特点和教学计划的基本要求，达到综合训练的目的； 2.难度、份量是否适当； 3.是否与生产、科研、社会等实际相结合。
能力	1.是否有查阅文献、综合归纳资料的能力； 2.是否有综合运用知识的能力； 3.是否具备研究方案的设计能力、研究方法和手段的运用能力； 4.是否具备一定的外文与计算机应用能力； 5.工科是否有经济分析能力。
论文 （设计）质量	1.立论是否正确，论述是否充分，结构是否严谨合理；实验是否正确，设计、计算、分析处理是否科学；技术用语是否准确，符号是否统一，图表图纸是否完备、整洁、正确，引文是否规范； 2.文字是否通顺，有无观点提炼，综合概括能力如何； 3.有无理论价值或实际应用价值，有无创新之处。

综合评价	<p>论文选题符合培养目标要求，能体现学科专业特点，达到了综合训练的目的。该生具有一定的文献查阅、资料综合归纳整理的能力，运用所学知识能力较强，论文技术方案可行，工作量饱满，论文质量较好。</p> <p>同意参加答辩。</p> <p>评阅人：_____</p> <p>年 月 日</p>
------	---

毕业论文（设计）鉴定意见

学号：_____姓名：_____专业：_____

毕业论文（设计说明书）50_页图 表 15_ 张

论文（设计）题目： <u>PE 10 自行车无级变速器设计</u>
内容提要：无级变速自行车是现今社会人们正在积极研发设计的一种新型的自行车。
本文首先介绍机械无级变速器的发展概况及其特征和应用，然后归纳了现今几种无级变速自行车的发展概况，在以上内容的基础上，提出了两种可行的方案，经过仔细的分析与比较，选出了钢球外锥式无级变速器为最佳方案，并对该装置的部分调速部分进行改进，以满足该设计装置能在自行车上使用的要求；对该变速器的部分零件进行结构设计和尺寸计算，另外其中一部分零件还要进行寿命计算和强度校核，以保证该无级变速自行车能够满足正常使用的要求；最后对部分零件进行选型，并用 CAD 绘图软件绘制出该装置的装配图以及所有非标准零件的零件图。

<div>指导教师评语</div> <div><p>该同学在毕业设计过程中，态度认真，查阅了大量的相关中英文资料，并对设计任务作了认真的理解与分析，通过多种设计方案的比较，从中提出了一个切实可行的设计方案。在此基础上，完成了 PE10 自行车无级变速器设计、主要标准零件的选择以及绘制装配图及部分非标零件图的任务，其理论知识扎实、善于分析、工作量饱满，论文立论正确，论述较清楚，图纸符合设计要求。</p><p>同意参加答辩。</p></div> <div><div>指导教师：_____</div><div>年 月 日</div></div>
<div>答辩简要情况及评语</div> <div><p></p></div> <div><div>答辩小组组长：_____</div><div>年 月 日</div></div>

答辩委员会意见

答辩委员会主任：_____

年 月 日

目录

摘要·····	1
Abstract·····	1
第一章 绪论	
§ 1.1 机械无级变速器的发展概况·····	2
§ 1.2 机械无级变速器的特征和应用·····	3
§ 1.3 无级变速自行车研究现状·····	4
§ 1.4 毕业论文设计内容和要求·····	6
第二章 自行车无级变速器总体方案的选择	
§ 2.1 钢球长锥式(RC 型)无级变速器·····	7
§ 2.2 钢球外锥式无级变速器·····	7
§ 2.3 两方案的比较与选择·····	9
第三章 自行车钢球外锥式无级变速器部分零件的设计与计算	
§ 3.1 钢球与主、从动锥齿轮的设计与计算·····	10
§ 3.2 加压盘的设计与计算·····	11
§ 3.3 调速齿轮上变速曲线槽的设计与计算·····	12
§ 3.4 输入轴的设计与计算·····	13
§ 3.5 输出轴的设计与计算·····	16
§ 3.6 输入、输出轴上轴承的选择与计算·····	19
§ 3.7 输入、输出轴上端盖的设计与计算·····	20
§ 3.8 调速机构的设计与计算·····	21
§ 3.9 自行车无级变速器的安装·····	23

参考文献·····	24
心得与体会·····	25
附录1 翻译译文及原文·····	26
2 设计图纸	

所有下载本文的朋友注意：↵
本设计附有完整版 word 说明书和全套对应图纸↵
(CAD 格式或其它三维图纸) 如需请联系 QQ 194535455↵
温馨提醒：下载前请认准用户名 **jx-168**。↵

PE10自行车无级变速器设计

摘要：本文在分析各种无级变速器和无级变速自行车的基础上，把钢球外锥式无级变速器进行部分改装，从而形成了自行车的无级变速装置。该装置通过八个钢球利用摩擦力将动力进行输入输出，用一对斜齿轮进行分度调速，从而使自行车在 0.75~1.22 之间进行无级调速。研究表明：无级变速器被用于自行车方面可以大大改善自行车的使用性能，方便广大消费者使用。

关键字：无级变速自行车；无级变速器

The design of the CVT on PE 10 bicycle

ABSTRACT: Based on the analysis of various CVT and CVT bikes, in this dissertation, we change some parts of the Kopp-B CVT forming a new kind of CVT used to the bicycle. They are used to input or output the power through the friction and a pair of helical gears is also used to adjust the speed, so the speed can change between 0.75 and 1.22. This research shows that when the CVT are used in the bicycle, they can significantly improve the performance of bike so that all customers can use it conveniently.

Keyword: CVT bike; CVT

第一章 绪论

§ 1.1 机械无级变速器的发展概况

无级变速器分为机械无级变速器，液压传动无级变速器，电力传动无级变速器三种，但本设计任务要求把无级变速器安装在自行车上，所以一般只能用机械无级变速器，所以以下重点介绍机械无级变速器。

机械无级变速器最初是在 19 世纪 90 年代出现的，至 20 世纪 30 年代以后才开始发展，但当时由于受材质与工艺方面的条件限制，进展缓慢。直到 20 世纪 50 年代，尤其是 70 年代以后，一方面随着先进的冶炼和热处理技术，精密加工和数控机床以及牵引传动理论与油品的出现和发展，解决了研制和生产无级变速器的限制因素；另一方面，随着生产工艺流程实现机械化、自动化以及机械要改进工作性能，都需要大量采用无级变速器。因此在这种形式下，机械无级变速器获得迅速和广泛的发展。主要研制和生产的国家有美国、日本、德国、意大利和俄国等。产品有摩擦式、链式、带式和脉动式四大类约三十多种结构形式。

国内无级变速器是在 20 世纪 60 年代前后起步的，当时主要是作为专业机械配套零部件，由于专业机械厂进行仿制和生产，例如用于纺织机械的齿链式，化工机械的多盘式以及切削机床的 Kopp 型无级变速器等，但品种规格不多，产量不大，年产量仅数千台。直到 80 年代中期以后，随着国外先进设备的大量引进，工业生产现代化及自动流水线的迅速发展，对各种类型机械无级变速器的需求大幅度增加，专业厂才开始建立并进行规模化生产，一些高等院校也开展了该领域的研究工作。经过十几年的发展，国外现有的几种主要类型结构的无级变速器，在国内皆有相应的专业生产厂及系列产品，年产量约 10 万台左右，初步满足了生产发展的需要。与此同时，无级变速器专业协会、行业协会及情报网等组织相继建立。定期出版网讯及召开学术信息会议进行交流。自 90 年代以来，我国先后制定的机械行业标准共 14 个：

1. JB/T 5984-92 《宽 V 带无级变速装置基本参数》
2. JB/T 6950-93 《行星锥盘无级变速器》
3. JB/T 6951-93 《三相并联连杆脉动无级变速器》
4. JB/T 6952-93 《齿链式无级变速器》
5. JB/T 7010-93 《环锥行星无级变速器》
6. JB/T 7254-94 《无级变速摆线针轮减速机》
7. JB/T 7346-94 《机械无级变速器试验方法》
8. JB/T 7515-94 《四相并列连杆脉动无级变速器》
9. JB/T 7668-95 《多盘式无级变速器》
10. JB/T 7683-95 《机械无级变速器 分类及型号编制方法》

11. JB/T 7686-95 《锥盘环盘式无级变速器》
12. JB/T 50150-1999 《行星锥盘无级变速器 质量分等》
13. JB/T 53083-1999 《三相并联连杆脉动无级变速器 质量分等》
14. JB/T 50020-×××× 《无级变速摆线针轮减速机产品质量分等》(报批稿)

现在, 机械无级变速器从研制、生产、组织管理到情报网信息各方面已组成一较完整的体系, 发展成为机械领域中一个新型行业。

§ 1.2 机械无级变速器的特征和应用

机械无级变速器是一种传动装置, 其功能特征主要是: 在输入转速不变的情况下, 能实现输出轴的转速在一定范围内连续变化, 以满足机器或生产系统在运转过程中各种不同工况的要求; 其结构特征主要是: 需由变速传动机构、调速机构及加压装置或输出机构三部分组成。

机械无级变速器的适用范围广, 有在驱动功率不变的情况下, 因工作阻力变化而需要调节转速以产生相应的驱动力矩者(如化工行业中的搅拌机械, 即需要随着搅拌物料的粘度、阻力增大而能相应减慢搅拌速度); 有根据工况要求需要调节速度者(如起重运输机械要求随物料及运行区段的变化而能相应改变提升或运行速度, 食品机械中的烘干机或制药机械要求随着温度变化而调节转移速度); 有为获得恒定的工作速度或张力而需要调节速度者(如断面切削机床加工时需保持恒定的切削线速度, 电工机械中的绕线机需保持恒定的卷绕速度, 纺织机械中的浆纱机及轻工机械中的薄膜机皆需调节转速以保证恒定的张力等); 有为适应整个系统中各种工况、工位、工序或单元的不同要求而需协调运转速度以及需要配合自动控制者(如各种各样半自动或自动的生产、操作或装配流水线); 有为探求最佳效果而需变换速度者(如试验机械或离心机需调速以获得最佳分离效果); 有为节约能源而需进行调速者(如风机、水泵等); 此外, 还有按各种规律的或不规律的变化而进行速度调节以及实现自动或程序控制等。

综上所述。可以看出采用无级变速器, 尤其是配合减速传动时进一步扩大其变速范围与输出转矩, 能更好的适应各种工况要求, 使之效能最佳, 在提高产品的产量和质量, 适应产品变换需要, 节约能源, 实现整个系统的机械化、自动化等各方面皆具有显著的效果。故无级变速器目前已成为一种基本的通用传动形式, 应用于纺织、轻工、食品、包装、化工、机床、电工、起重运输矿山冶金、工程、农业、国防及试验等各类机械。

§ 1.3 无级变速自行车研究现状

自行车发展到现在已经有传统的自行车演变成无级变速自行车，现代无级变速自行车可谓是形式多样，五花八门，以下是当今社会上存在的部分无级变速自行车。

1. 低座无级变速自行车 是由低矮形车架把一个作驱动的前轮和一个作导向的后轮连接在一块的自行车，带靠背的座椅安装在车架中部，骑行者可斜躺着坐在座椅上，两腿放在前轮二侧。杠杆式曲柄无级传动装置固定在前轮的前上方，通过左右曲柄杆上的滑块铰接链条交替传动前轮。操纵把手装于前轮的正上方，由钢丝绳牵引后轮转向。这样就不会干扰车子的方向操纵。由于降低了座位高度，减少了空气阻力。采用杠杆式曲柄无级传动装置，适应人体功能的要求。

2. 人力脚踏式无级变速自行车 一种人力脚踏式无级变速自行车，在自行车车架两侧面的中轴上，安装有锥面相对的变速轮盘组成的主动轮，主动轮两侧安装有脚踏两变速轮盘轮沿挂有三角皮带，两盘面间安装有压缩弹簧；在车架的前斜梁上，安装有由变速杆操纵可前后移动的挺杆，挺杆的近变速轮盘端安装有可使两变速轮盘靠近或分离的插件；在自行车后轴上的后轮轮辐两侧面支承有附轮，附轮的外沿轮面设有三角皮带槽，附轮的内侧设有带动后轮单向转动的棘齿；车架后斜梁上在三角皮带上方安装有可推压三角皮带张紧的张紧轮。自行车的行走和变速不用成组链轮和链条传动，成本低、重量轻，可实现无级变速，速度转换快，速比大。

3. 带传动无级变速自行车 一种无级变速自行车，改进了现有自行车的动力传动机构。该自行车的动力传动机构包括以下部件：小动轮、小定轮、小动轮拨叉，小动轮、大动轮、大定轮、大动轮拨叉，大动轮、V型传动带、V型带张紧装置、调速器、闸线、飞轮，飞轮由飞轮轴套、飞轮底座、滚柱、滚珠构成。其特征在于自行车的动力传动机构包括以下部件：小动轮、小定轮、小动轮拨叉，小动轮、小定轮呈锥形，两轮大小形状一致，锥面相对，组成带有V形沟槽的小传动轮，与自行车后轴上的飞轮轴套固定连接，小动轮在拨叉控制下沿轴滑动；大动轮、大定轮、大动轮拨叉，大动轮、大定轮也呈锥形，两轮大小形状一致，锥面相对，组成带有V形沟槽的大传动轮，固定在自行车中轴上，大动轮在拨叉控制下沿轴滑动；V型传动带、V型带张紧装置、调速器、闸线、飞轮，V型传动带镶在大小轮的沟槽中；V型带张紧装置装在后轴上，其支承轮支撑传动带；调速器装在车把附近，与闸线连接，闸线带动调节大小动轮位置的拨叉；飞轮由飞轮轴套、飞轮底座、滚柱、滚珠构成，装在后轴上，靠紧小传动轮，飞轮轴套与小传动轮固定连接，飞轮底座与后轴固定连接，飞轮轴套内还设有流线型的槽，滚柱放置在槽内。这种无级变速自行车通过带传动来实现自行车的无级变速，传动平稳、噪音低、调速操作方便、变速范围大；同时该无级变速自行车的结构简单、易于加工，可以实现大规模成批生产。

4. 前置往复式无级变速自行车 针对自行车的驱动、乘座和避震进行改进。包括：乘骑者坐靠休闲式椅，两脚踏踏前置的两个悬摇杆曲柄，可进行弧形的曲线往复运动，用脚掌面的蹬踏角度或用手直接调动摇杆上力臂的长短实现无级变速，高效能的带动挠性件驱动后轮；还包括装卸方便且不互换的休闲式座椅和防落物防盗的可带走座椅；简化的全避震使乘坐舒适并使货架携带的物品减小了颠簸

5. 纯滚动式四个档位无级变速自行车 一种纯滚动式四个档位无级变速自行车，其中在中轴上的中心齿轮啮合连接有一级行星轮和二级行星轮，中心齿轮的两侧分别套装有推动盘，一侧固定在脚蹬轮轴上，另一侧固定在链轮上；二级行星轮和中心齿轮为棘轮总成与链轮啮合连接，在中轴和后轴的车架体上固定有座盘，座盘上固定有升降档位弹簧；在座盘上固定连接有自锁离合器总成，自锁离合器总成滚动套装在停转盘上，停转盘固定在中轴和后轴上；在中轴和后轴的自锁离合器总成上装有移动升降档位拉杆。随时变增减速档位，对自行车零部件无影响，制造简单，性能可靠，操作简单，使用方便。

6. 无链无级变速自行车 一种无链条传动，可随意变换车速的自行车。该自行车包括车轮、把手、三角架和踏拐等，横梁左端设有后齿轮、大齿轮和正反齿轮，横梁右端设有中轴齿轮，齿轮与拐轴齿轮啮合，偏心连杆的上端和杠杆的右端同轴装在定位槽板的滑槽中，杠杆的左端与齿条连接，齿条与正反齿轮啮合，横梁上方设有拉簧、活动支架和钢丝拉索。该自行车结构简单，调速方便灵活，经久耐用，适合各种型号。

7. 蓄能型-全自动无级变速自行车 一种蓄能型-全自动无级变速自行车，属于交通工具技术领域。本实用新型的目的通过如下技术方案实现：主要由设置每侧脚蹬上的长型齿盘交替工作，通过同侧的链条传动同侧的飞轮，飞轮连同带动设置在轮骨内的发条内端发条外端同轮骨固定。其中：同每侧的飞轮安装在同一轴套上还设置有防逆转装置，防逆转装置的内部结构如同飞轮，外壳同车架子固定。骑行时由于每侧长型齿盘的作用，通过链条对同侧的发条交替蓄能，从而实现全自动无级变速。本实用新型是现代变速自行车的换代产品。

8. 便携式高安全型无级变速自行车 一种新式样的自行车。其特征是由行走机构，车椅式直立车龙头转向机构，杠杆式无级变速驱动机构。适用于交通拥挤，楼层高，住房紧，停放车辆不便的都市区。本装置是由足踏杠杆式无级变速机构，车架可横向折叠，驱动大车轮在前面，导向小车轮在后边的行走机构与带靠背车坐椅式的直立车龙头转向机构组成的自行车装置。该装置形体式样，较为奇特但骑行舒适，更安全，并能折叠携带。

§ 1.4 毕业论文设计内容和要求

设计内容：根据男式自行车的特点选择合适的传动比；比较和选择合适的方案；完成自行车无级变速器变速器的结构设计与计算；对关键部件进行强度和寿命校核。

设计要求：传动比范围 $0.75 \sim 1.22$ ；变速器尺寸要尽可能小，轻便；结构设计时应使制造成本尽可能低；安装拆卸要方便；外观要匀称，美观；调速要灵活，调速过程中不能出现卡死现象，能实现动态无级调速；关键部件满足强度和寿命要求；画零件图和装配图。

第二章 自行车无级变速器总体方案的选择

自行车无级变速方式多种多样，在此，我只选择了两种方案供参考，作比较，选出理想方案。该两种方案分别是钢球长锥式(RC 型)无级变速器和钢球外锥式无级变速器，分别描述如下。

§ 2.1 钢球长锥式(RC 型)无级变速器

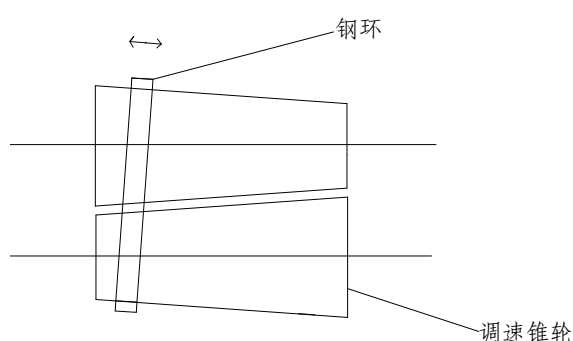


图 2-1 钢球长锥式(RC 型)无级变速器

如上图所示，为一种早期生产的环锥式无级变速器，是利用钢环的弹性楔紧作用自动加压而无需加压装置。由于采用两轴线平行的长锥替代了两对分离轮，并且通过移动钢环来进行变速，所以结构特别简单。但由于长锥的锥度较小，故变速范围受限制。RC 型变速器属升、降速型，其机械特性如下图所示。技术参数为：传动比 $i_{21} = n_2/n_1 = 2 \sim 0.5$ ，变速比 $R_b = 4$ ，输入功率 $P_1 = (0.1 \sim 2.2) \text{ kw}$ ，输入转速 $n_1 = 1500 \text{ r/min}$ ，传动效率 $\eta < 85\%$ 。一般用于机床和纺织机械等。

下图是 RC 型变速器的机械特性：

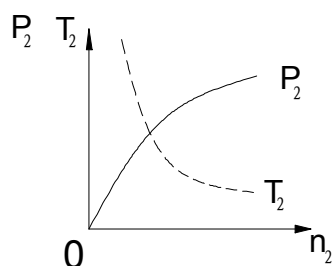
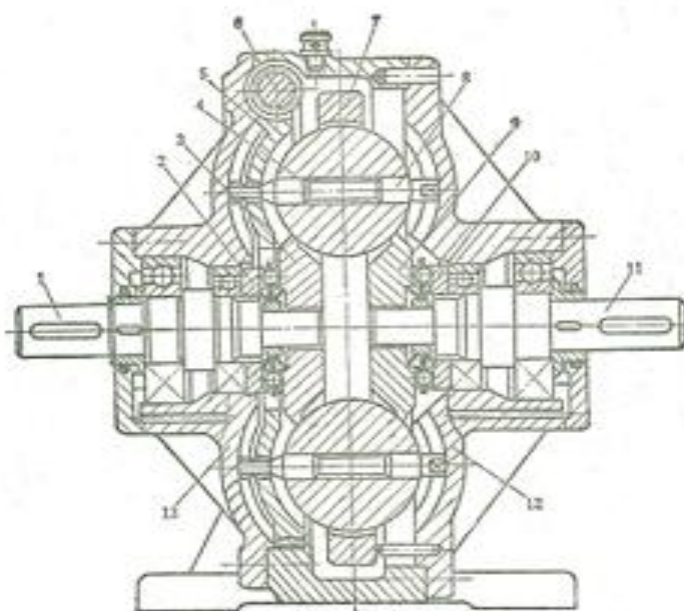


图 2-2 RC 型变速器的机械特性

§ 2.2 钢球外锥式无级变速器



1, 11-输入, 输出轴 2, 10-加压装置 3, 9-主, 从动锥轮 4-传动钢球
5-调速蜗轮 6-调速蜗杆 7-外环 8-传动钢球轴 12, 13-端盖

图 2-3 钢球外锥式无级变速器

如图所示, 动力由轴 1 输入, 通过自动加压装置 2, 带动主动轮 3 同速转动, 经过一组 (3~8) 钢球 4 利用摩擦力驱动输出轴 11, 最后将运动输出。传动钢球的支承轴 8 的两端, 嵌装在壳体两端盖 12 和 13 的径向弧行倒槽内, 并穿过调速蜗轮 5 的曲线槽; 调速时, 通过蜗杆 6 和蜗轮 5 转动, 由于曲线槽的作用使钢球轴线的倾斜角发生变化, 导致钢球与两锥轮的工作半径改变, 输出轴转速得到调节。其动力范围为: $R_n=9$, $I_{\max}=1/I_{\min}$, $P \leq 11 \text{ kw}$, $\varepsilon \leq 4\%$, $\eta = 0.80 \sim 0.92$ 。此种变速器应用广泛。

从动调速齿轮 5 的端面分布一组曲线槽, 曲线槽数目与钢球数相同。曲线槽可用阿基米德螺旋线, 也可用圆弧。当转动主动齿轮 6 使从动齿轮 5 转动时, 从动齿轮的曲线槽迫使传动钢球轴 8 绕钢球 4 的轴心线摆动, 传动轮 3 以及从动轮 9 与钢球 4 的接触半径发生变化, 实现无级调速。具体分析如下:

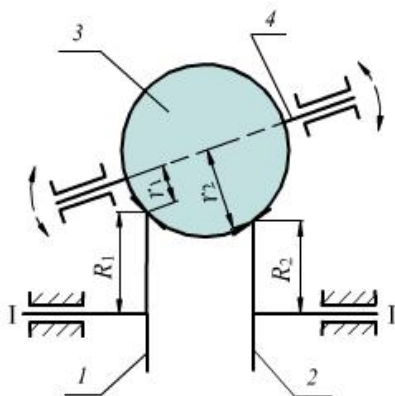


图 2-4 钢球外锥式无级变速器变速示意图

主要由两个锥轮 1、2 和一组钢球 3（通常为 6 个）组成。主、从动锥轮 1 和 2 分别装在轴 I、II 上，钢球 3 被压紧在两锥轮的工作锥面上，并可在轴 4 上自由转动。工作时，主动锥轮 1 依靠摩擦力带动钢球 3 绕轴 4 旋转，钢球同样依靠摩擦力带动从动锥轮 2 转动。轴 I、II 传动比 $i = (r_1/R_1) \times (R_2/r_2)$ ，由于 $R_1 = R_2$ ，所以 $i = r_1/r_2$ 。调整支承轴 4 的倾斜角与倾斜方向，即可改变钢球 3 的传动半径 r_1 和 r_2 ，从而实现无级变速。

§ 2.3 两方案的比较与选择

钢球长锥式(RC 型)无级变速器结构很简单，且使用参数更符合我们此次设计的要求，但由于在调速过程中，怎样使钢环移动有很大的难度，需要精密的装置，如果此装置用于自行车，成本会大大的提高，显得不合理。

而钢球外锥式无级变速器的结构也比较简单，原理清晰，各项参数也比较符合设计要求，故选择此变速器。只是字选用此变速器的同时须对该装置进行部分更改。

须更改的部分是蜗轮蜗杆调速装置部分。因为我们是选用了 8 个钢球，曲线槽设计见第三章，一个曲线槽跨度是 90° ，也就是说自行车从最大传动比调到最小传动比，需要使其转过 90° ，而普通蜗轮蜗杆传动比是 1/8，那么其结构和尺寸将完全不符合我们设计的要求。为此，我们想到了将它们改为两斜齿轮传动，以用来调速。选用斜齿轮是因为斜齿轮传动比较平稳。在设计过程中，将主动斜齿轮的直径设计成从动斜齿轮的 3/4，这样只要主动轮转动 120° ，那么从动轮就会转动 90° ，符合设计要求。

第三章 钢球外锥式无级变速器部分零件的设计与计算

钢球外锥式无级变速器零件的设计与计算包括主、从动锥齿轮，加压盘，调速齿轮上变速曲线槽，输入轴，输出轴，输入、输出轴上轴承，输入、输出轴上端盖，调速机构等部分的设计与计算，以下各章节分别介绍以上内容。

§ 3.1 钢球与主、从动锥齿轮的设计与计算

$$\begin{aligned}\text{输入功率 } P_1 &= \mu_1(m_{\text{入}} + m_{\text{车}}) \times g \times v \div \eta_{\text{变}} \\ &= 0.1 \times (65 + 20) \times 9.8 \times 4.17 \div 0.86 \\ &= 0.4039 \text{ kw}\end{aligned}$$

其中：

$$\mu_1 = 0.1, m_{\text{入}} = 65 \text{ kg}, m_{\text{车}} = 20 \text{ kg}, g = 9.8, v = 15 \text{ km/h} = 4.17 \text{ m/s}, \eta_{\text{变}} = 0.86$$

$$\text{轮胎直径: } d_1 = 560 \text{ mm}$$

由力学知识可得：轮胎所产生的转矩与钢球摩擦所产生的转矩应平衡

$$\frac{2}{3} \times (m_{\text{入}} + m_{\text{车}}) \times g \times \mu_1 \times R_1 = 8 \times Q \times \mu_2 \times c_1 \times d_q \div N$$

其中： $R_1 = 280 \text{ mm}$, $\mu_2 = 0.1$, $c_1 = 2.16$, Q 为钢球所受正压力

代入数据可得：

$$Q \times d_q = 17997$$

$$\sigma_{H\max} = 1353 \times \sqrt[3]{Q \times Kd} = 1353 \times \sqrt[3]{\frac{17997 \times 4}{d_q^3}} = 56284/d_q$$

由于传动件的 $[\sigma_j] = 2200 \sim 2500 \text{ Mpa}$ 带入上式得：

$$d_q = 22.51 \sim 25.58 \text{ mm}, \text{取 } d_q = 25 \text{ mm}, \text{钢球数 } z = 8$$

$$\text{输出转速 } n_2 = \frac{15000 \times 60}{3600 \times 0.66 \times \Pi} = 142.3 \text{ r/min}$$

$$\text{输入转速 } n_1 = 142.3 / (0.75 \sim 1.22) = 189.7 \sim 116.6 \text{ r/min}$$

$$\text{传动比 } I_{\max} = 1.22, I_{\min} = 0.75$$

$$\text{变速范围 } R_n = \frac{1.22}{0.75} = 1.63$$

钢球支轴的极限转角 θ

增速方向 $\theta_1 = \alpha - \arctan I_{\max} = 45^\circ - \arctan 1.22 = 5^\circ 39' 34''$

减速方向 $\theta_2 = \alpha - \arctan I_{\min} = 45^\circ - \arctan 0.75 = 8^\circ 7' 48''$

圆锥工作直径 $D_1 = D_2 = c_1 \times d_q = 2.16 \times 25 = 54 \text{ mm}$

钢球中心圆直径 $D_3 = (c_1 + \cos \alpha) \times d_q = 71.7 \text{ mm}$

钢球侧隙 $[(c_1 + \cos \alpha) \sin \frac{\Pi}{z} - 1] \times d_q = [(2.16 + \cos 45^\circ) \sin \frac{\Pi}{8} - 1] \times 25 = 2.43 \text{ mm}$

外环内经 $D_r = D_3 + d_q = 71.7 + 25 = 96.7 \text{ mm}$

外环轴向截面圆弧半径

$R = (0.7 \sim 0.8) \times d_q = (0.7 \sim 0.8) \times 25 = 17.5 \sim 20 \text{ mm}$, 取 $R = 18 \text{ mm}$

锥轮工作圆之间的轴向距离

$B = d_q \times \sin \alpha = 25 \times \sin 45^\circ = 17.68 \text{ mm}$

§ 3.2 加压盘的设计与计算

加压盘的作用直径

$d_p = (0.5 \sim 0.6) \times D_1 = (0.5 \sim 0.6) \times 54 = 27 \sim 32.4 \text{ mm}$

取 $d_p = 30 \text{ mm}$

滑动摩擦角 $\rho' = \arctan f_c' = \arctan 0.15 = 8.53^\circ$

加压盘 V 形槽倾角

$\lambda = \arctan \frac{f D_1}{d_p \sin \alpha} = 14.85^\circ$

传动钢球的确接触应力为

$\sigma = 1353 \times \sqrt[3]{Q \times K d} = 1353 \times \sqrt[3]{\frac{17997 \times 4}{25^3}} = 2251.35 \text{ Mpa} \leq [\sigma_j]$

每个钢球作用在 V 形槽侧面的正压力 $Q_y = \frac{2 \times 1.1 \times 9550000 \times 0.4039 \times 0.85}{8 \times 30 \times \sin 14.85^\circ \times 180}$
 $= 651.6 \text{ N}$

用钢球加压装置时 $\sigma_{j\max} = 1370 \times \sqrt[3]{\frac{K_z \times Q_y}{r_q^2}} = 1370 \times \sqrt[3]{\frac{1.1 \times 651.6}{4^2}}$
 $= 4865.6 \text{ Mpa} \leq [\sigma_j]$

其中： $[\sigma_j]$ 为 4000~5000 Mpa

钢球半径 $r_q = 4 \text{ mm}$

$$B = 2r_q / \cos \lambda = 8.27 \text{ mm}$$

碟形弹簧预紧力为 200 N，结构设计如下图所示：

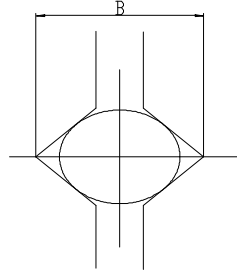


图 3-1 加压装置

§ 3.3 调速齿轮上变速曲线槽的设计与计算

槽的张角 $\psi=80^0 \sim 12^0$ ，取 $\psi=90^0$ 。

(1) 变速曲线槽的槽形曲线为圆弧，中心线上三个特殊点 A，B，C 的坐标系（以 O 为极点）分别为：

$$I = I_{\max} = 1.22 \text{ 时, } \psi_A = 0^0$$

$$R_A = 0.5D_3 - l \sin \theta_{\max} = 0.5 \times 71.7 - 15.5 \times \sin 8^0 2' 48'' = 33.66 \text{ mm}$$

$$\text{其中: } l = 0.5(d_q + \delta) + (0.5 \sim 1.0) = 0.5(5 + 25) + (0.5 \sim 1.0) = 15.5 \text{ mm}$$

$$I=1 \text{ 时, } \psi_B = \frac{I_{\max}}{1 + I_{\max}} \times \psi = \frac{1.22}{1 + 1.22} \times 90^0 = 49.46^0$$

$$R_B = 0.5D_3 = 0.5 \times 71.7 = 35.85 \text{ mm}$$

$$I = I_{\min} = 0.75 \text{ 时, } \psi_C = \psi = 90^0,$$

$$R_C = 0.5D_3 + l \sin \theta_{\min} = 0.5 \times 71.7 + 15.5 \times \sin 5^0 7' 48'' = 38 \text{ mm}$$

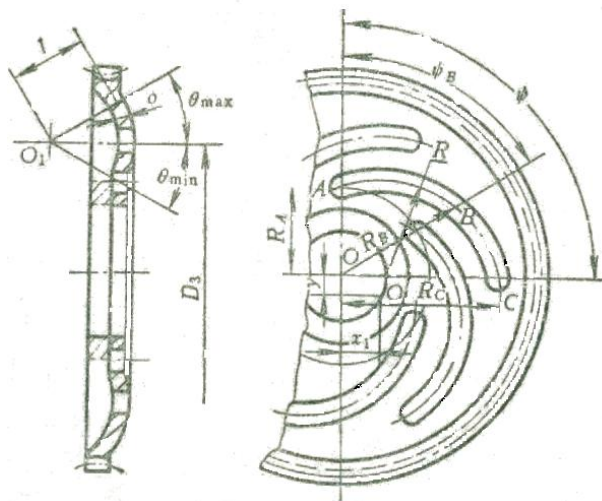


图 3-2 调速论

(3) 用通过三点作圆弧的方法确定槽圆弧确定曲线半径 R 和中心 O''

(4) 要求传动比 I_x 与齿轮转角 ψ 呈线性变化时，槽形曲线方程为：

$$\begin{aligned}
 R_{(\psi)} &= 0.5D_3 + l \sin \theta \\
 &= 0.5D_3 + l \sin \left\{ \arctan \left[\frac{(1 - I_{\max})\psi + (I_{\max} - I_{\min})\psi}{(1 + I_{\max}) - (I_{\max} - I_{\min})\psi} \cot \alpha \right] \right\} \\
 &= 0.5 \times 71.7 + 15.5 \sin \left\{ \arctan \left[\frac{(1 - 1.22)\psi + (1.22 - 0.75)\psi}{(1 + 1.22) - (1.22 - 0.75)\psi} \cot 45^\circ \right] \right\} \\
 &= 35.85 + 15.5 \sin \left(\arctan \frac{0.47\psi - 19.8^\circ}{19.8^\circ - 0.47\psi} \right)
 \end{aligned}$$

§ 3.4 输入轴的设计与计算

1. 输入轴上传递的功率为 $P_{\text{输入}} = 0.4093 \text{ kw}$

转速 $n_1 = 189.7 \sim 116.6 \text{ r/min}$, 取 $n_1 = 135 \text{ r/min}$

$$\text{转矩 } T_1 = 9550000 \frac{P_{\text{入}}}{n_1} = 9550000 \times \frac{0.4039}{135} = 28572 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

2. 如图所示，作用于锥轮的正压力 Q

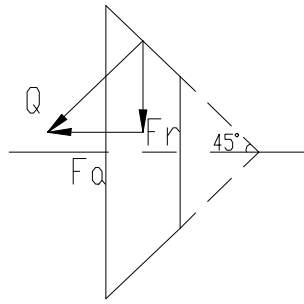


图 3-3 正压力计算示意图

由前计算可知： $Q \times d_q = 17997$ ， 其中 $d_q = 25 \text{ mm}$

$$\text{所以 } Q_{\text{总}} = \frac{17997}{25} \times 8 = 4909.6 \text{ N}$$

单个锥轮的轴向力 $F_a = \text{径向力 } F_t = 613.7 \times \sin 45^\circ = 433.95 \text{ N}$

3. 初步确定轴的最小直径

选取轴的材料是 40Cr，调质处理。取 $A_0=100$ ，于是得：

$$d_{\min} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P_{\lambda}}{n_1}} = 100 \times \sqrt[3]{\frac{0.4039}{180}} = 14.4 \text{ mm} , \text{ 取 } d_{\min} = 14.5 \text{ mm}$$

4. 轴的结构设计

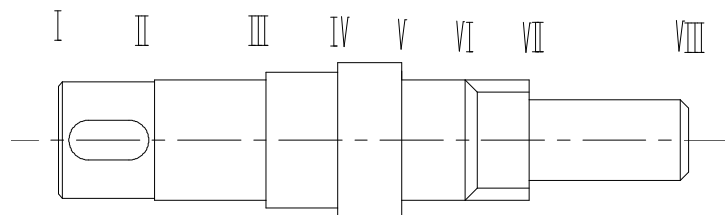


图 3-4 输入轴

如图所示，I－II 段装飞轮， II－III 段装端盖， III－IV 段装轴承①，规格是 $d_b=17 \text{ mm}$ ， IV－V 段为轴肩， $d=19.4 \text{ mm}$ ， V－VI 段装轴承②，规格 $d_2=12 \text{ mm}$ ， VI－VII， VII－VIII 段装压紧装置以及装锥轮，具体尺寸如零件图所示

求轴上的载荷

II－III 段不承受径向载荷

两轴承的距离为 $9 + 8 + 8 + 2.1 + 2 = 29.1 \text{ mm}$

飞轮压轴力方向线与轴承①的距离为 $9.9 + 5 = 14.5 \text{ mm}$

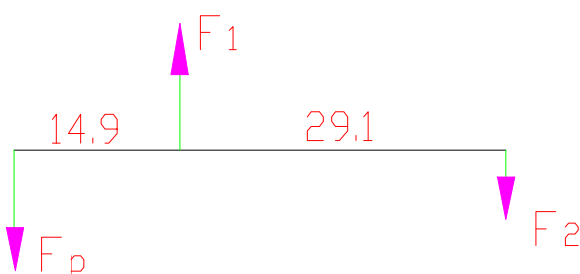


图 3-5 压轴力受力模型

a. 计算压轴力 F_p

$$F_p = K_{FP} \times F_e \quad F_e = 1000 \frac{P}{v} \quad v = \frac{n_1 \times z_1 \times p}{60 \times 1000}$$

选定链条型号和节距 查《机械设计》表 9-7, 9-13, 单排链

$$P_{CA} = K_A K_Z P = 1.0 \times 0.58 \times 0.4039 = 0.234 \text{ kw}$$

$n' = 90 \text{ r/min}$ 由 P_{CA} 和 n' 的值查《机械设计》图 9-11, 得可选 10A-1, 链条节距

$$p = 15.875 \text{ mm}$$

$$\text{故 } v = \frac{90 \times 38 \times 15.875}{60 \times 1000} = 0.904857 \text{ m/s}$$

$$\text{所以 } F_e = \frac{1000 \times 0.4039}{0.904875} = 446.4 \text{ N}$$

所以 $F_p = 446.1 \times 1.15 = 513.36 \text{ n}$ (链条水平布置时的压轴力系数 $K_{FP}=1.15$)

$$\text{b. } F_1 = F_{r1} \quad F_2 = F_{r2}$$

$$F_p \times 14.9 = F_{r2} \times 29.1$$

$$\text{所以 } F_{r2} = 238.2 \text{ N}$$

$$\text{所以 } F_{r1} = F_1 = F_p + F_{r2} = 513.36 + 238.2 = 751.56 \text{ n}$$

计算最大弯矩

$$M_{max} = M_{(A)} = 513.36 \times 14.9 = 6622 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

5. 校核扭矩

$$T = 9550000 \frac{P}{n} = 9550 \times \frac{403.9}{135} = 28572 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\sigma_{CA} = \frac{\sqrt{6622^2 + (0.6 \times 28572)^2}}{w} = \frac{\sqrt{6622^2 + (0.6 \times 28572)^2}}{0.1 \times 17^3}$$

$$=34.7 \text{ Mpa} < [\sigma_{-1}] = 60 \text{ Mpa}$$

键槽处轴的校核

$$W_{(c)} = \frac{\Pi d^2}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d} = \frac{\Pi \times 14.5^2}{32} - \frac{5 \times 3 \times 12^2}{2 \times 14.5} = 224.7$$

$$\sigma_{(AC)} = \frac{0.6 \times 21429}{224.7} = 57.22 \text{ Mpa} < [\sigma_{CA}] = 60 \text{ Mpa}$$

6. 键强度的校核

平键的尺寸为 $b \times h \times l = 5 \times 5 \times 10$ ，键槽轴深 $t = 3.0, k = h - t = 2.0$

$$\sigma_p = \frac{2T \times 10^3}{kld} = \frac{2 \times 21429}{2 \times 10 \times 14.5} = 147.8 \text{ Mpa} \leq [\sigma_p] = 120 \sim 150 \text{ Mpa}$$

满足条件

花键校核 $\sigma_p = 2T \times 10^3 / (\psi z h l d_m)$

其中： ψ 为载荷分配不均系数，取 0.8

花键齿数 $z = 8$

齿的工作长度 $l = 8 \text{ mm}$

花键齿侧的工作高度 $h = 1.5 \text{ mm}$

花键的平均直径 $d_m = \frac{15 + 12}{2} = 13.5 \text{ mm}$

$$\sigma_p = \frac{2T \times 10^3}{\psi z h l d_m} = \frac{2 \times 21429}{0.8 \times 8 \times 1.5 \times 8 \times 13.5} = 41.34 \text{ Mpa} \leq [\sigma_p] = 40 \sim 70 \text{ Mpa}$$

花键的连接情况是：使用或制造情况不良，齿面未经热处理，故满足要求

§ 3.5 输出轴的设计与计算

1. 输出轴上的传递功率为 $P_{\text{输出}} = 0.1 \times (65 + 20) \times 9.8 \times 4.17 = 0.3474 \text{ kw}$

转速 $n_2 = 142.3 \text{ r/min}$

$$\text{于是转矩 } T_2 = 9550000 \frac{P_{\text{出}}}{n_2} = 9550000 \times \frac{0.34736}{142.3} = 23311.9 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

2. 作用于锥轮的正压力 Q

由前计算可知：

$$Q \times d_q = 17997, \quad \text{其中 } d_q = 25 \text{ mm}$$

$$\text{所以 } Q = \frac{17997}{25} = 613.7 \text{ N}$$

$$\text{单个锥轮的轴向力 } F_a = \text{径向力 } F_r = 613.7 \times \sin 45^\circ = 433.95$$

3. 初步确定轴的最小直径

选取轴的材料是 40Cr，调质处理。取 $A_0=100$ ，于是得：

$$d_{\min} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P_{\text{出}}}{n_2}} = 100 \times \sqrt[3]{\frac{0.34736}{142.3}} = 13.5 \text{ mm} \quad \text{取 } d=14.5 \text{ mm}$$

4. 轴的结构设计

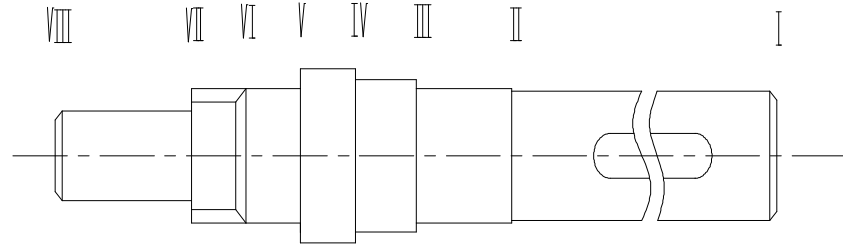


图 3-6 输出轴

II-VIII段与输入轴的II-VIII段完全相同，只有I-II段不一样，输出轴I-II段装的是后轮轴。这样设计便于统一加工。

5. 求轴上的载荷

$$\text{两轴承的距离为 } 9 + 8 + 8 + 2.1 + 2 = 29.1 \text{ mm}$$

$$\text{压轴力 } F_{\text{合压}} \text{ 与轴承①的距离为 } 35 + 9.9 = 44.9 \text{ mm}$$

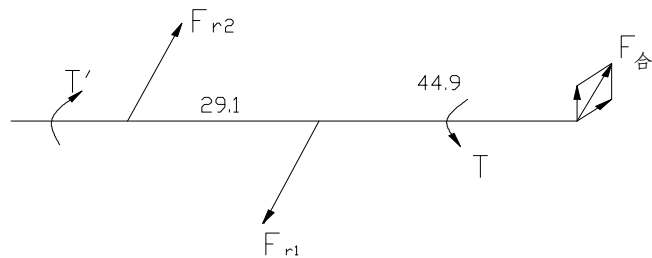


图 3-7 压轴力受力模型

如上图所示

$$F_{\text{合压}} = \sqrt{N^2 + f^2} = \sqrt{\left[(65 + 20) \times 9.8 \times \frac{2}{3} \right]^2 + (N \times 0.1)^2} = 558.1 \text{ N}$$

$$N = (65 + 20) \times 9.8 \times \frac{2}{3} = 555.3 \text{ N}$$

$$29.1 \times F_{r1} = 44.9 \times F_{\text{合压}} = 44.9 \times 558.1 \quad \text{所以 } F_{r2} = 822.8 \text{ N}$$

$$F_{r1} = F_{r2} + F_{\text{合压}} = 822.8 + 558.1 = 1380.9 \text{ N}$$

6. 计算最大弯矩

$$M_{\max} = F_{r2} \times 29.1 = 822.8 \times 29.1 = 23943 \text{ N}$$

7. 校核扭矩

$$\text{所受扭矩: } T = f \times r_{\text{轮}} = T' = 0.1 \times 555.3 \times 280 = 15548.4 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

A 处校核

$$\sigma_{\text{CA}} = \frac{\sqrt{23943^2 + (0.6 \times 15548.4)^2}}{0.1 \times 17^3} = 52.3 \text{ Mpa} < [\sigma_{\text{CA}}] \text{ Mpa}$$

C 出校核

$$W_{(c)} = \frac{\Pi d^2}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d} = \frac{\Pi \times 14.5^2}{32} - \frac{5 \times 3 \times 12^2}{2 \times 14.5} = 224.7$$

$$\sigma_{(\text{AC})} = \frac{0.6 \times 15548.4}{224.7} = 41.5 \text{ Mpa} < [\sigma_{\text{CA}}] = 60 \text{ Mpa}$$

故校核安全

8. 键强度的校核

平键的尺寸为 $b \times h \times l = 5 \times 5 \times 40$ ，键槽轴深 $t = 3.0, k = h - t = 2.0$

$$\sigma_p = \frac{2T}{kld} = \frac{2 \times 15548.4}{2 \times 14.5 \times 40} = 26.8 \text{ Mpa} \leq [\sigma_p] = 120 \sim 150 \text{ Mpa}$$

满足条件

花键校核 $\sigma_p = 2T \times 10^3 / (\psi z h l d_m)$

其中： ψ 为载荷分配不均系数，取 0.8

花键齿数 $z = 8 \text{ mm}$

齿的工作长度 $l = 8$

花键齿侧的工作高度 $h = 1.5 \text{ mm}$

花键的平均直径 $d_m = \frac{15 + 12}{2} = 13.5 \text{ mm}$

$$\sigma_p = \frac{2T \times 10^3}{\psi z h l d_m} = \frac{2 \times 15548.4}{0.8 \times 8 \times 1.5 \times 8 \times 13.5} = 29.99 \text{ Mpa} \leq [\sigma_p] = 40 \sim 70 \text{ Mpa}$$

花键的连接情况是：使用或制造情况不良，齿面未经热处理，故满足要求

§ 3.6 输入、输出轴上轴承的选择与计算

1. 输入轴上轴承的寿命计算

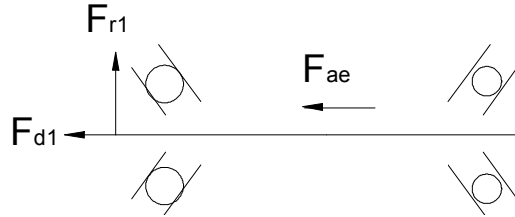


图 3-8 输入轴轴承受力计算示意图

$$F_{ae} = 8Q \sin 45^\circ = 8 \times 613.7 \times \sin 45^\circ = 3313 \text{ N}$$

$$F_{d2} = F_{d1} + F_{ae}$$

2 轴承被拉松

$$F_{a2} = F_{d2} = 0.68 \times F_{r1} = 0.68 \times 238.2 = 162 \text{ N}$$

$$F_{r2} = 238.2 \text{ N}$$

1 轴承被压紧

$$F_{a1} = F_{d2} - F_{ae} = 162 - 3313 = 3151 \text{ N}$$

$$F_{r1} = 751.56 \text{ N}$$

所以 轴承 2 的当量载荷为 $P_1 = f_p (x F_{r1} + y F_{a1}) = 1.0 \times (1 \times 238.2 + 0 \times 162) = 238.2 \text{ N}$

轴承 1 的当量载荷为

$$P_1 = f_p (x F_{r1} + y F_{a1}) = 1.0 \times (0.41 \times 751.56 + 0.87 \times 3151.7) = 3050 \text{ N}$$

$$\text{所以 } L_{h1} = \frac{10^6}{60n} \times \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \frac{10^6}{60 \times 135} \times \left(\frac{6.3}{3.05} \right)^3 = 1088 \text{ h}$$

$$L_{h2} = \frac{10^6}{60 \times 135} \times \left(\frac{5.2}{0.2382} \right)^3 = 1.28 \times 10^6 \text{ h}$$

2. 输出轴上轴承的寿命计算

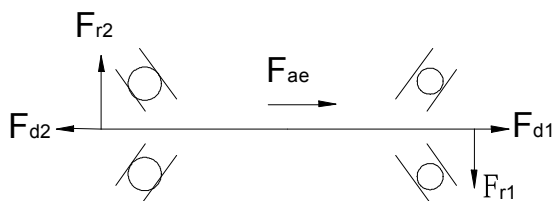


图 3-9 输出轴轴承受力计算示意图

$$F_{ae} = 8Q \sin 45^\circ = 8 \times 613.7 \times \sin 45^\circ = 3313 \text{ N}$$

$$F_{d2} = F_{d1} + F_{ae}$$

2 轴承被拉松

$$F_{a2} = F_{d2} = 0.68 \times F_{r2} = 0.68 \times 822.8 = 559.5 \text{ N}$$

$$F_{r2} = 822.8 \text{ N}$$

1 轴承被压紧

$$F_{a1} = F_{d2} - F_{ae} = 559.3 - 3313 = 2753.7 \text{ N}$$

$$F_{r1} = 1380.9 \text{ N}$$

所以轴承 1 的当量载荷为

$$P_1 = f_p (x F_{r1} + y F_{a1}) = 1.0 \times (0.41 \times 1380.9 + 0.87 \times 2753.7) = 2961.7 \text{ N}$$

轴承 2 的当量载荷为

$$P_1 = f_p (x F_{r1} + y F_{a1}) = 1.0 \times (1 \times 822.8 + 0 \times 559.5) = 822.8 \text{ N}$$

$$\text{所以 } L_{h1} = \frac{10^6}{60n} \times \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \frac{10^6}{60 \times 142.3} \times \left(\frac{6.3}{2.96} \right)^3 = 1127.3 \text{ h}$$

$$L_{h2} = \frac{10^6}{60 \times 142.3} \times \left(\frac{5.2}{0.822} \right)^3 = 2.942 \times 10^4 \text{ h}$$

§ 3.7 输入、输出轴上端盖的设计与计算

密封件的设计如下：见下图 3-10

$$\text{轴径 } d_1 = 15 \text{ mm}, \quad D_1 = 14 \text{ mm}, \quad D = 29 \text{ mm}, \quad B_1 = 16 \text{ mm}$$

端盖的设计及计算如下：见下图 3-11

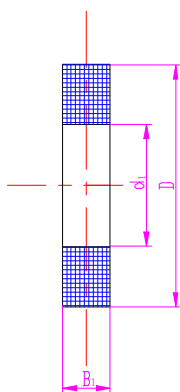


图 3-10 密封圈

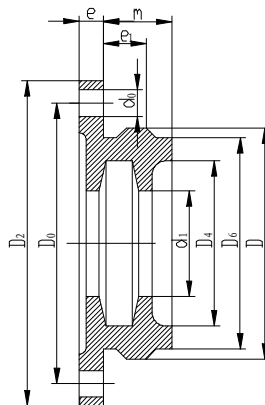


图 3-11 端盖

螺钉直径 $d_3 = 3 \text{ mm}$

$$d_0 = d_3 + 1 = 4 \text{ mm}$$

$$D_0 = D + 2.5d_3 = 35 + 2.5 \times 3 = 42.5 \text{ mm}$$

$$D_2 = D_0 + 2.5d_3 = 42.5 + 2.5 \times 3 = 50 \text{ mm}$$

$$e = 1.2d_3 = 3.6 \text{ mm} \quad e_1 \geq e, \text{取 } 4 \text{ mm}$$

$$m = 1 \text{ mm}$$

$$D_4 = D - (10 \sim 15) = 35 - 10 = 25 \text{ mm}$$

$$D_5 = D_0 - 3d_3 = 42.5 - 9 = 33.5 \text{ mm}$$

$$D_6 = D - (2 \sim 4) = 35 - 3 = 32 \text{ mm}$$

$$b_1 = 10 \text{ mm}, \quad d_1 = 16 \text{ mm}, \quad D_1 = 28 \text{ mm}$$

主从动轴一样.

§ 3.8 调速机构的设计与计算

调速机构采用两斜齿轮分度调速。

1. 调速齿轮 1 的设计与计算

$$\text{模数} \quad m_n = 2 \text{ mm}$$

螺旋角 $\beta = 12^\circ$

法面压力角 $\alpha_n = 20^\circ$

端面压力角 α_t

$$\tan \alpha_t = \tan \alpha_n / \cos \beta = \tan 20^\circ / \cos 12^\circ = 0.3721 \quad \text{所以} \quad \alpha_t = 20.4^\circ$$

基圆柱螺旋角 β_b

$$\tan \beta_b = \tan \beta \cos \alpha_t = \tan 12^\circ \cos 20.4^\circ = 0.19921 \quad \text{所以} \quad \beta_b = 11.27^\circ$$

法面齿距 $P_n = \Pi \times m_n = 3.14 \times 2 = 6.28 \text{ mm}$

端面齿距 $P_t = \Pi \times m_n = P_n / \cos 12^\circ = 6.42 \text{ mm}$

法面基圆齿距 $P_{bn} = P_n \times \cos \alpha_n = 6.28 \times \cos 20^\circ = 5.9 \text{ mm}$

法面齿顶高系数 $h_{an}^* = 1$

法面顶隙系数 $c_n^* = 0.25$

分度圆直径 $d = zm_t = zm_n / \cos \beta = 53 \times 2 / \cos 12^\circ = 108.37 \text{ mm}$

基圆直径 $d_b = d \cos \alpha_t = 108.37 \times \cos 20.4^\circ = 101.57 \text{ mm}$

齿顶高 $h_a = m_n h_{an}^* = 2 \times 1 = 2 \text{ mm}$

齿根高 $h_f = m_n (h_{an}^* + c_n^*) = 2 \times (1 + 0.25) = 2.5 \text{ mm}$

齿顶圆直径 $d_a = d + 2h_a = 108.37 + 2 \times 2 = 112.37 \text{ mm}$

齿根圆直径 $d_f = d - 2h_f = 108.37 - 2.5 \times 2 = 103.37 \text{ mm}$

法面齿厚 $S_n = \Pi / 2 \times m_n = 3.14 \text{ mm}$

端面齿厚 $S_t = \Pi / 2 \times m_t = \Pi / \cos 12^\circ = 3.21 \text{ mm}$

当量齿数 $Z_v = z / \cos^3 \beta = 53 / \cos^3 12^\circ = 57$

2. 主动斜齿轮 2 的设计与计算

模数 $m_n = 2 \text{ mm}$

分度圆直径 $d = zm_t = zm_n / \cos \beta = 40 \times 2 / \cos 12^\circ = 81.79 \text{ mm}$

基圆直径 $d_b = d \cos \alpha_t = 81.79 \times \cos 20.4^\circ = 76.66 \text{ mm}$

齿顶圆直径 $d_a = d + 2h_a = 81.79 + 2 \times 2 = 85.79 \text{ mm}$

齿根圆直径 $d_f = d - 2h_f = 81.79 - 2.5 \times 2 = 76.79 \text{ mm}$

当量齿数 $Z_v = z / \cos^3 \beta = 40 / \cos^3 12^\circ = 42.74$

其余参数均与调速齿轮 1 相同.

两齿轮的宽度均为 5 mm .

但主动斜齿轮只需转过 120° ，所以该斜齿轮只需做成不完全齿轮，具体尺寸见另加图。

§ 3.9 自行车无级变速器的安装

无级变速器的输出轴上安装着自行车的后轮，输入轴上安装自行车的后飞轮，整个变速器位于后轮右侧。变速器的主动调速齿轮上安装摇杆，该摇杆可以伸缩，这样在不调速时保证摇杆空间尺寸较小。摇杆可转动 120° ，这样可带动从动调速论转动 90° ，从而使自行车速度在最大速度和最小速度之间变动。

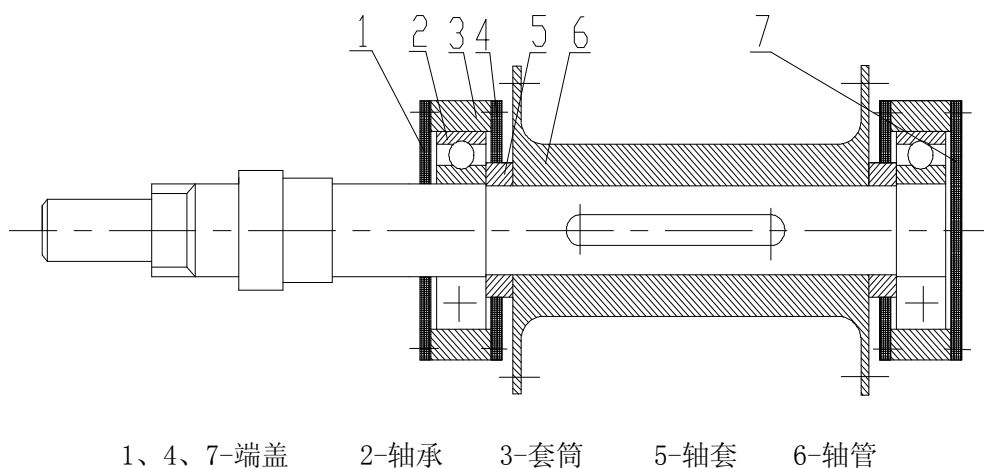


图 3-12 变速器安装示意图

自行车后轮与输出轴的安装方式如上图所示，1、4、7 端盖是用来密封，保护轴承 5 的，普通自行车的后轴管和花盘是分开的，我这里把它们作成一体，即轴管 6，与后轴用键连，轴套 5 的作用是轴向定位轴管，轴承 2 与轴采用过盈配合，具体尺寸设计见输出轴的零件图。

参考文献

- [1]濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]. 第八版. 西安:高等教育出版社, 2005.
- [2]孙恒,陈作模. 机械原理[M]. 第六版. 西安:高等教育出版社, 2000.
- [3]徐灏. 机械设计手册[M]. 第三卷. 北京:机械工业出版社, 1991.
- [4]吴宗泽,罗圣国. 机械设计课程设计手册[M]. 第三版. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [5]周良德,朱泗芳. 现代工程图学[M]. 湘潭:湖南科学技术出版社, 2000.
- [6]周有强. 机械无级变速器[M]. 成都:机械工业出版社, 2001.
- [7]李新,洪泉,王艳梅. 国内外通用标准件手册[M]. 南京:江苏科技出版,凤凰出版传媒集团, 2006.
- [8]葛志淇. 机械零件设计手册[M]. 天津:冶金工业出版社, 1980.

心得与体会

经过为时两个月的努力，我的毕业设计终于告一段落了。

在这两个月的时间里，我查阅了很多关于这次设计的资料，也学到了不少东西。首先，画图方面，我们用 CAD 制图，这让我熟悉了 CAD 的制图方法，为我两个月后走上工作岗位打下了一个好的基础。其次，论文的撰写与编辑方面，里面的章章节节都经过了仔细的编排，经过周友行副教授的指导，让我深刻领略到了，论文编写的严谨性，我想我以后如果有机会发表某些论文的话，就不会再无从下手了。再次，这个课题是我和同学谭浩共同完成的，这让我再次体会到了分工与协作的重要性，设计过程中，一般他在网上找资料，我去图书馆找，这样我们俩同时获得内容就比较丰富，另外，在方案选择方面，我们两各自提出了自己的方案，然后经过我们的讨论与分析，最终选定设计方案，我想这无形中也增强了我们分析和解决问题的能力。

设计过程中，我们查阅了许多课本上没有的内容和资料，大大的丰富了我的大脑，让我们懂得了更多的只是，有人说毕业设计才是我们真正开始掌握知识的时候，我现在觉得也挺有道理的。

最后，要感谢指导老师周友行副教授和邱爱红老师的悉心指导和热情帮助，周老师每个星期固定和我们至少见一次面，审查我们的进度，帮我们解决前期遇到的问题，不但使我能够顺利地完成毕业设计，在专业知识上长进不少，而且为我树立了严谨治学和忘我工作的榜样；而邱老师帮我们审查图纸，耐心帮我们找出中间的点滴错误。在此对他们表示由衷的感谢。

许海峰

2008年4月24日

附录 1 翻译原文及译文

Doc No: P0193-GP-01-1

**Doc Name: Analysis of Manufacturing
 Process Data Using
 QUICK TechnologyTM**

Issue: 1

Data: 20 April , 2006

	Name(Print)	Signature
Author:	D.Clifton	
Reviewer:	S.Turner	

Table of Contents

1	Executive Summary	39
1.1	Introduction.....	39
1.2	Techniques Employed.....	39
1.3	Summary of Results.....	39
1.4	Observations.....	40
2	Introduction.....	41
2.1	Oxford BioSignals Limited.....	41
3	External References	42
4	Glossary	42
5	Data Description.....	42
5.1	Data types	42
5.2	Prior Experiment Knowledge.....	42
5.3	Test Description	43
6	Pre-processing	44
6.1	Removal of Start/Stop Transients.....	44
6.2	Removal of Power Supply Signal	44
6.3	Frequency Transformation.....	44
7	Analysis I-Visualisation	47
7.1	Visualisation of High-Dimensional Data	47
7.2	Visualising 5-D Manufacturing Process Data	错误！未定义书签。
7.3	Automatic Novelty Detection.....	错误！未定义书签。
7.4	Conclusion of Analysis I-Visualisation	错误！未定义书签。
8	Analysis II-Signature Analysis.....	错误！未定义书签。
8.1	Constructing Signatures.....	错误！未定义书签。
8.2	Visualising Signatures.....	错误！未定义书签。
8.3	Conclusion of Analysis II-Signature Analysis.....	错误！未定义书签。
9	Analysis III-Template Analysis	错误！未定义书签。
9.1	Constructing a Template of Normality.....	错误！未定义书签。
9.2	Results of Novelty Detection Using Template Analysis	错误！未定义书签。
9.3	Conclusion of Analysis III-Template Analysis.....	错误！未定义书签。
10	Analysis IV-None-linear Prediction.....	错误！未定义书签。
10.1	Neural Networks for On-Line Prediction.....	错误！未定义书签。
10.2	Results of Novelty Detection using Non-linear Prediction	错误！未定义书签。
10.3	Conclusion of Analysis IV-Non-linear Prediction.....	错误！未定义书签。
11	Overall Conclusion.....	错误！未定义书签。
11.1	Methodology	错误！未定义书签。
11.2	Summary of Tesults	错误！未定义书签。
11.3	Future Work	错误！未定义书签。
12	Appendix A-NeuroScale Visualisations	错误！未定义书签。

Table of Figures

- Figure 1- Test 90. From top to bottom: A_x , A_y , A_z , AE, SP against time $t(s)$
- Figure 2- Power spectra for Test 19 after removal of 50Hz power supply contribution.
The top plot shows a 3-D “landspace” plot of each spectrum. The bottom plot shows a “contour” plot of the same information, with increasing signal power shown as increasing colour from black to red
- Figure 3- Power spectra for Test 19 after removal of all spectral components beneath power threshold
- Figure 4- A_z against time (in seconds) for Test 19, before removal of low-power frequency components
- Figure 5- A_z against time (in seconds) for Test 19, after removal of low-power frequency components
- Figure 6- SP for an example test, showing three automatically-determined states: S_1 -drilling in (shown in green); S_2 -drill-bit break-through and removal (shown in red); S_3 -retraction (shown in blue)
- Figure 7- Example signature of variable y plotted against operating-point
- Figure 8- Power spectra for test 51, frequency (Hz) on the x-axis between $[0 f_s/2]$
- Figure 9- Average significant frequency u_f
- Figure 10- Visualisation of AE signatures for all tests
- Figure 11- Visualisation of A_x broadband signatures for all tests
- Figure 12- Visualisation of A_x average-frequency signatures for all tests
- Figure 13- Novelty detection using a template signature
- Figure 14-

1 Executive Summary

1.1 Introduction

The purpose of this investigation conducted by Oxford BioSignals was to examine and determine the suitability of its techniques in analyzing data from an example manufacturing process. This report has been submitted to Rolls-Royce for the expressed of assessing Oxford BioSignals' techniques with respect to monitoring the example process.

The analysis conducted by Oxford BioSignals (OBS) was limited to a fixed timescale, a fixed set of challenge data for a single process (as provided by Rolls-Royce and Aachen university of Technology), with no prior domain knowledge, nor information of system failure .

1.2 Techniques Employed

OBS used a number of analysis techniques given the limited timescales:

I-Visualisation, and Cluster Analysis

This powerful method allowed the evolution of the system state (fusing all available data types) to be visualised throughout the series of tests. This showed several distinct modes of operation during the series, highlighting major events observed within the data, later correlated with actual changes to the system's operation by domain experts.

Cluster analysis automatically detects which of these events may be considered to be "abnormal", with respect to previously observed system behavior .

II-Signature represents each test as a single point on a plot, allowing changes between tests to be easily identified. Abnormal tests are shown as outlying points, with normal tests forming a cluster.

Modeling the normal behavior of several features selected from the provided data, this method showed that advance warning of system failure could be automatically detected using these features, as well as highlighting significant events within the life of the system.

III-Template Analysis

This method allows instantaneous sample-by –sample novelty detection, suitable for on-line implementation.

Using a complementary approach to Signature Analysis, this method also models normal system behavior. Results confirmed the observation made using previous methods.

IV-Neural network Predictor

Similarly useful for on-line analysis, this method uses an automated predictor of system behaviour(a neural network predictor), in which previously identified events were confirmed, and further significant episodes were detected.

1.3 Summary of Results

Early warning of system failure was independently identified by the various analysis methods employed.

Several significant events during the life of the process were correlated with actual known events later revealed by system experts.

Changes in sensor configurations are identified, and periods of system stability (in which tests are similar to one another) are highlighted.

This report shall be used as the basis for further correlation of detected events against

actual occurrences within the life of the system, to be performed by Aachen University of Technology.

1.4 Observations

Based on this limited study, OBS are confident that their techniques are applicable to condition monitoring of the example manufacturing process as follows:

Evidence shows that automated detection of system novelty is possible, compared to its “normal” operation.

Early warning of system distress may be provided, giving adequate time to take preventative maintenance actions such that system failure may be avoided.

Provision “fleet-wide” analysis is possible using the techniques considered within this investigation.

The involvement of domain knowledge from system experts alongside OBS engineers will be crucial in developing future implementations. While this “blind” analysis showed that OBS modelling techniques are appropriate for process monitoring, it is the coupling of domain knowledge with OBS modelling techniques that may provide optimal diagnostic and prognostic analysis.

2 Introduction

2.1 Oxford BioSignals Limited

This document reports on the initial analysis conducted by Oxford BioSignals of manufacturing process challenge data provided by Rolls-Royce, in conjunction with Aachen University of Technology(AUT).

Oxford BioSignals Limited(OBS) is a world-class provider of Acquisition, Data Fusion, Neural Networks and other Advanced Signal Processing techniques and solutions branded under the collective name QUICK Technology. This technology not only provides for health and quality assurance monitoring of the operational performance of equipment and plant.

QUICK Technology has been extensively proven in the field of gas turbine monitoring with both on-line and off-line implementations at multiple levels: as a research tool, a test bed system, a ground support tool, an on-board monitoring system, an off-line analysis tool and a “fleet” manager.

Many of the techniques employed by OBS may be described as novelty detection methods. This approach has a significant advantage over many traditional classification techniques in that it is not necessary to provide fault data to the system during development. Instead, providing a sufficiently comprehensive model of the condition can be identified automatically. As information is discovered regarding the causes of these deviations it is then possible to move from novelty detection to diagnosis, but the ability to identify previously unseen abnormalities is retained at all stages.

3 External References

Accompanying documentation providing further information on the data sets is available in unnumbered documents.

4 Glossary

AUT- Aachen University of Technology
GMM- Gaussian Mixture Model
MLP- Multi-Layer Perception
OBS- Oxford BioSignals Ltd.

5 Data Description

The following sections give a brief overview of the data set obtained by visual inspection of the data.

4.1 Data types

The data provided were recorded over a number of tests. Each test consisted of a similar procedure, in which an automated drill unit moved towards a static metallic disk at a fixed velocity (“feed”), a hole was drilled in the disk at that same feed-rate.

The following data streams were recorded during each test, each sampled at a rate of 20 KHz:

A_x – acceleration of the disk-mounting unit in the x-plane¹,
 A_y - acceleration of the disk-mounting unit in the y-plane¹,
 A_z - acceleration of the disk-mounting unit in the z-plane¹,
AE-RMS acoustic emission, 50-400 KHz²,
SP-power delivered to the drill spindle³.

Tests considered in this investigation used three drill-prices (of identical product specification) as shown in Table 1.

Table 1-Experiment Parameters by Test

Drill Number	Test Numbers	Drill Rotation Rate	Feed Rate
1	[12]	1700RPM	80 mm/min
2	[3127]	1700RPM	80 mm/min
3	[130194]	1700RPM	120mm/min

Note that tests 16,54,128,129 were not provided, thus a series of 190 tests are analysed in this investigation. These 190 tests are labeled as shown in Table 2.

Table 2 –Test indices used in this report against actual test numbers

Test Indices	Actual Test Number
[115]	[115]
[1652]	[1753]
[53125]	[55127]
[126190]	[130194]

4.2 Prior Experiment Knowledge

4.2.1 Normal Tests

AUT indicated that tests [10110] could be considered “normal processes”.

4.2.2 AE Sensor Placement

AUT noted that the position of the acoustic emission sensor was altered prior to test 77, and was adjusted prior to subsequent tests. From inspection of AE data, it appears that AE measurements are consistent after test 84, and so:

- AE is assumed to be unusable for tests [176] –the sensor records only white noise;
- AE is assumed to be usable, but possibly abnormal, for tests [7783] –the sensor position is being adjusted, resulting in extreme variation in measurements;
- AE is assumed to be usable for tests [94190] –the sensor position is held constant during these tests.

Thus, the range of tests assumed to be normal [10110] should be reduced to [84110] when AE is considered.

4.3 Test Description

Data recorded for during a typical test are shown in Figure 1. The duration of this test is approximately $t=51$ seconds. This section uses this test to illustrate a typical process, as described by AUT.

Drill power-on and power-off events may be seen at the start and end of the test as transient spikes in SP.

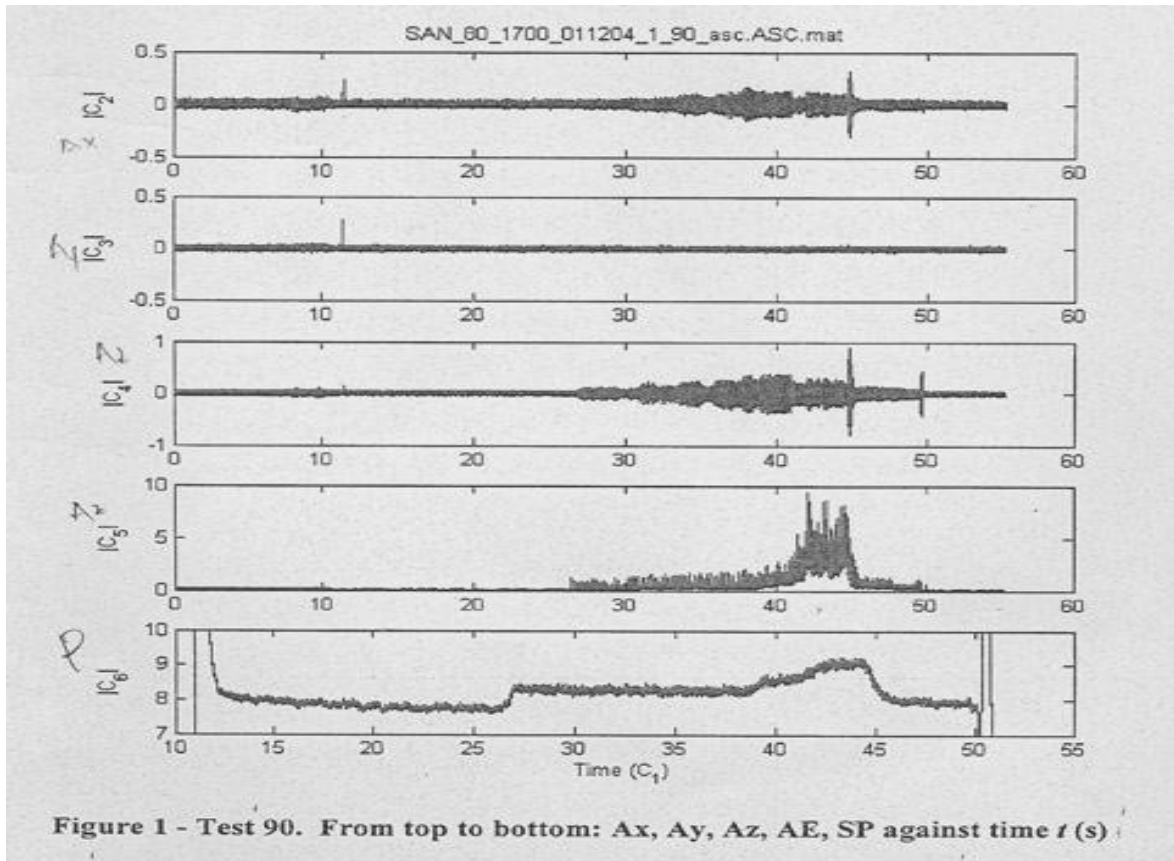
The drill unit is then moved towards the static disk at the constant feed rate specified in Table 1, between $t=12$ and 27 seconds. This corresponds to approximately constant values of SP during that period, approximately zero AE, and very low amplitude acceleration in x-, y-, and z- planes.

At $t=27$ seconds, the drill makes contact with the static disk and begins to drill into the metal. This corresponds to a step-change in SP to a higher level, staying approximately constant until $t=38$ seconds. During this time, AE increases significantly to a largely constant but non-zero value. The values A_x and A_z increase throughout this drilling operation, while the value of A_y remains approximately zero (as it does throughout the test).

At $t=38$ seconds, the tip of the drill-bit passes through the rear face of the disk. The value of SP increases until $t=44$ seconds. During this period, AE reaches correspondingly high values, while A_x and A_z decrease in amplitude.

At $t=44$ seconds, the direction of the drill unit is reversed, and the drill is retracted from the metal disk. Until $t=46$ seconds, the value of SP and AE decrease rapidly. A transient is observed in A_x and A_z at $t=44$ seconds, with vibration amplitude decreasing until $t=46$ seconds.

At $t=46$ seconds, the drill-bit has been completely retracted from the metal disk, and the unit continues to be withdrawn at the feed rate until the end of the test. The value of SP decreases during this period (noting the power-off transient at the very end of the test), while the values of all three acceleration channels and AE are approximately zero.



6 .Pre-processing

4.4 Removal of Start/Stop Transients

Assuming that normal and abnormal system behaviour will be evident from data acquired during the drilling process, prior to analysis, each test was shortened by retaining only data between the start and stop events, shown as transients in SP. For example, for the test shown in Figure 1, this corresponds to retaining the period [1350] seconds.

4.5 Removal of Power Supply Signal

The 50 Hz power supply appears with in each channel, and was removed prior to analysis by application of a band-stop filter with stop-band [4951] Hz.

4.6 Frequency Transformation

Data for each test were divided into windows of 4096 points. A 4096-point FFT for was performed using data within each window, for Ax,Ay and Az channels. This corresponds to approximately 5 FFTs per second of data, similar to the QUICK system used in aerospace analysis, shown to provide sufficient resolution for identifying frequency-based events indicative of system abnormality.

For the analyses performed in this investigation, all spectral components of Ax, Ay, and Ay occurring at frequency f with power P_f below some threshold $P_f < h$ were discarded. Time-domain signals were reconstructed by performing an inverse FFT operation on each spectral window of 4096 points.

Figure 2 shows the spectral power content of Az for Test 19 after removal of the 50 Hz power supply signal, from [021] seconds, with each FFT shown between [0 fs/2] Hz. Frequency content throughout this test is typical for all tests: the majority of significant

spectral peaks are concentrated during the drilling operation (between 14 and 21 seconds, in this test). As a hole is drilled in the metal disk, power is concentrated at higher and higher frequencies, usually reaching a highest frequency (here, approximately 5.8 KHz with a spike at 7.4 KHz) when the drill-bit passes through the disk.

Figure 3 shows the same test after removal of all components with power $P_f < 0.1$. This retains the significant peaks in the power spectral, whilst removing components assumed to be insignificant due to their low power.

Figure 4 and Figure 5 show the corresponding time-series data for Ax in test 19. After removal of low-power frequency components, the time-series retains only the episodes in which significant-power vibrations were observed, which are used as the basis for detection of system abnormality by several of the analysis methods used within this investigation.

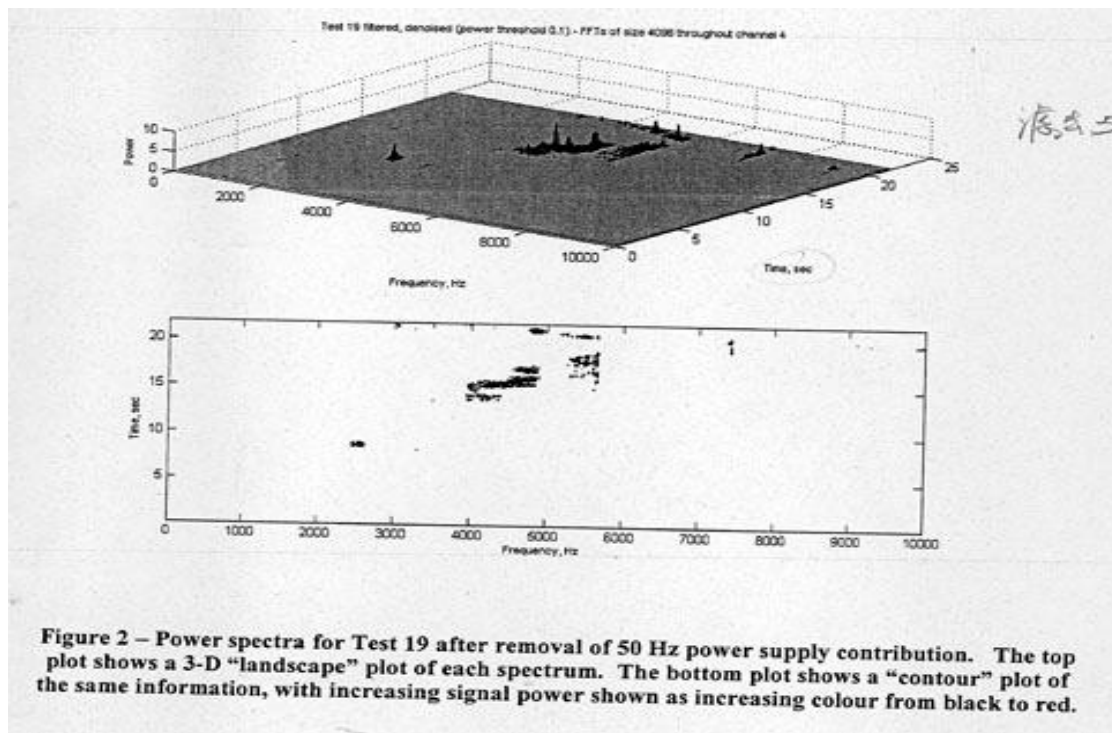


Figure 2-Power spectra for Test 19 after removal of 50 Hz power supply contribution. The top plot shows a 3-D “landscape” plot of each spectrum. The bottom plot shows a “contour” plot of the same information, with increasing signal power shown as increasing colour from black to red.

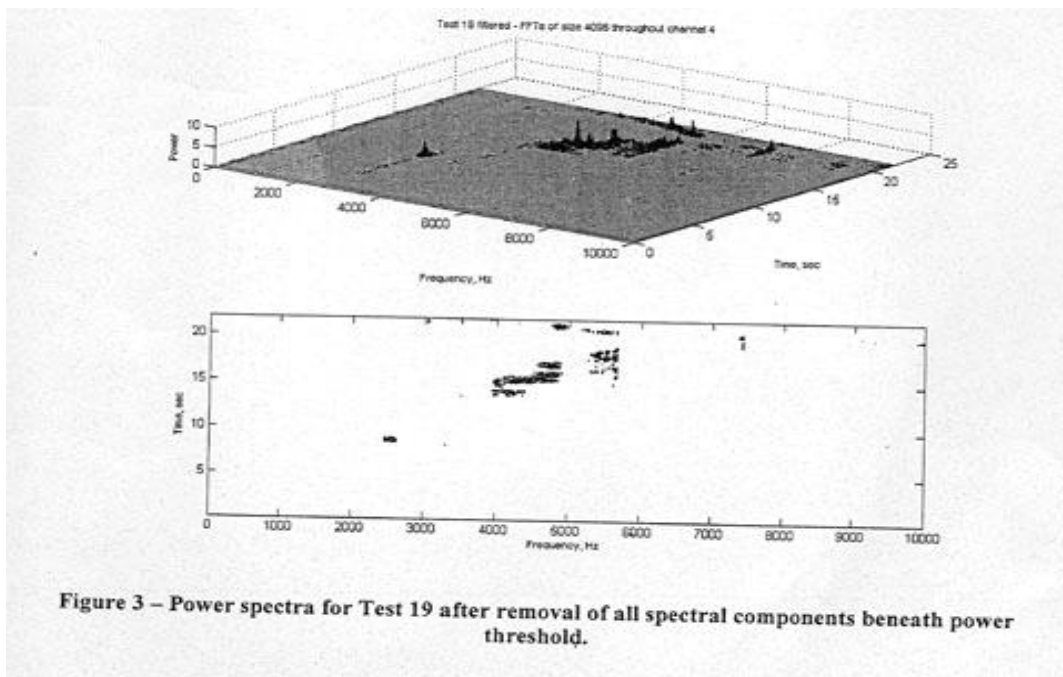


Figure 3-Power spectral for Test 19 after removal of all spectral components beneath power threshold .

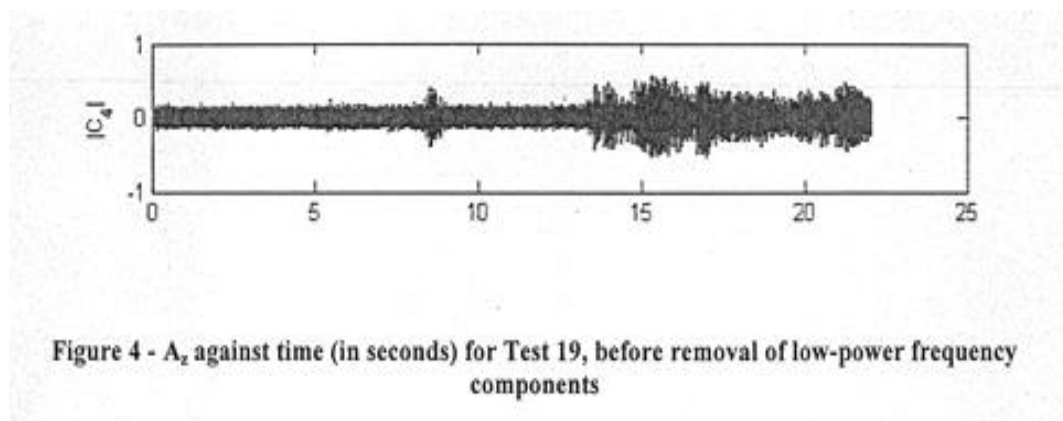


Figure 4- A_z against time(in seconds) for Test 19, before removal of low-power frequency components

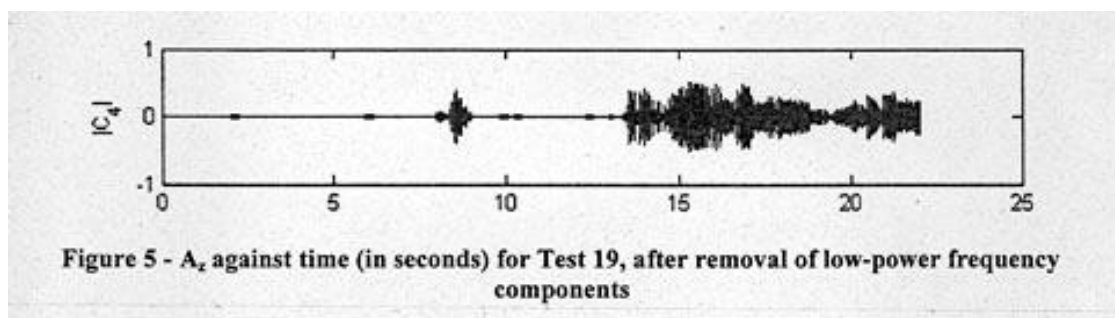


Figure 5- A_z against time(in seconds) for Test 19, after removal of low-power frequency components.

Analysis I-Visualisation

This section describes the first of four analysis techniques applied to the manufacturing process data-set.

4.7 Visualisation of High-Dimensional Data

4.7.1 Constructing a 2-D Visualization

The use of large numbers of measured variables introduces problems in the visualization of the resulting data. A collection of temperatures, pressures, etc. forms a high-dimensional representation of the state of a system, but this is not readily interpreted by an operator.

Neuroscale allows the visualization of systems that have high-dimensionality by mapping data to lower numbers of dimensions (typically two, for visual inspection). It attempts to preserve the inter-pattern distances in the high-dimensional data. Data which are close together in high-dimensional space are typically kept close together in 2-D space, and data that are originally far apart remain well separated after projection.

The projection is performed using a non-linear function from the data's k dimensional space down to 2-D for visualization purposes. In this investigation, k is 5: $[Ax, Ay, Az, AE, SP]$ are the high-dimensional sample vectors.

The creation of a non-linear mapping from 5-D space to 2-D requires sample data from across the range of tests. In order to reduce the large number of available sample data to a quantity suitable for constructing the mapping, a summary of the data-set is required. Each test was summarized by a number of prototype 5-D vectors using the k-means clustering algorithm (in which a large number of data are represented by a smaller number of prototype vectors). The non-linear mapping was trained using the prototype 5-D vectors from all tests.

4.7.2 Automatic Test Segmentation

To allow the examination of the 5-D data using visualization, it is convenient to divide the drilling process into three stages, corresponding to the typical behaviour of the process described in Section 5.3.

A heuristic algorithm was produced to perform automatic segmentation into three episodes using the SP channel, as illustrated in Figure 6 (which shows a low-pass filtered version of SP superimposed on the original signal as a red line). The three states identified correspond to :

- State S1:** the approximately constant-power (or slightly decreasing) initial period of drilling;
- State S2:** the peak-power period where the drill-bit passes through the disk and is removed
- State S3:** the approximately constant-power period of retraction.

Note that this segmentation is only the identification of the times of onset and offset of each of the three described states, for the purposes of graphical display as described in the next sub-section.

公司机密
牛津信号分析机构

文件号：P0193-GP-01=1

文件名：制造分析

进程数据使用

快速标记技术

论点：1

日期：2006. 4. 20

	姓名	签名
作者	D. Clifton	
审核	S. Turner	

目录

- 1 执行概要（文章综述）
 - 引言
 - 引用的技术
 - 结论摘要
 - 观察资料、报告
- 2 引言
 - 牛津信号分析机构
- 3 引用国外的参考文献
- 4 术语表
- 5 数据描述
 - 数据类型
 - 试验状况简介
 - 测试描述
- 6 预处理
 - 移除开始、终止瞬态数据
 - 移除电源干扰信号
 - 频率变换
- 7 分析处理1-可视化
 - 高维数据分析
 - 5维机械加工数据
 - 自动信号检测
 - 分析方案1-可视化的结论
- 8 分析处理2-信号处理分析
 - 构建信号系统
 - 波形分析信号
 - 分析结论
- 9 分析处理3-基于模板分析的数据分析
 - 构建普通信号模板
 - 使用模板分析捕获信号的结论
 - 分析结论
- 10 分析处理5-非线性预测分析
 - 基于在线预测的神经网络
 - 基于非线性预测的神经网络得到的结论

- 非线性预测结论
- 11 系统结论
 - 方法学
 - 结论概述
 - 前景工作
- 12 附录：神经网络分析

关于图表的列表

图表1-测试90, 从上到下分别是:AX, AY, AZ, AE, SP相对于时间的坐标

图表2-在移除50HZ电源干扰信号后测试19的能量光谱图上边区域显示的是每一个光谱的三维空间. 底部区域显示的是相同的信息, 都是表示随着由黑色到红色颜色的增加信号的能量也在增加.

图表3-在移除所有低于最低能量的光谱成分后, 所得的测试19的能量谱

图表5-在移除低电源频率成分后绘制的AZ-时间(以秒为单位)图

图表6-一个典型的测试显示三个自动定义的步骤:第一步-钻进(绿色显示);第二步-钻头钻削与移动(红色显示);第三步-反应(蓝色显示)

图表7-加工区域的y方向典型信号的多样性

图表8-能量谱, X轴上的频率在 $[0 \text{ } f_s/2]$

图表9-平均频率

图表10-所有测试AE信号的可视化

图表11-所有测试X方向宽带信号的可视化

图表12-所有测试X方向平均频率信号的可视化

图表13-用模板信号去进行信号鉴定

1 执行概要

1.1 引言

由牛津信号分析机构组织进行的这次调查的目的是检验和判定其技术在分析从典型机械加工中得到的数据时的适用性能。这则关于牛津信号分析机构在关于掌控典型加工中的技术的评估报告已经被呈交给了Rous-Royce.

由牛津信号分析机构组织进行的分析仅限于固定的时间标度。一个简单加工整套令人质疑的数据(就像由Rous-Royce和亚深工业大学提供的一样), 没有相关的经验知识, 也没有系统崩溃的征兆。

1.2 引用的技术

OBS引用了一系列只在有限的时间间隔里给定的分析技术。

1-可视化, 以及聚类分析

这种权威的方法允许通过一系列的测试构建出系统状态(即提炼所有现有数据类型)的演变。在这些测试过程中, 这种方法在这些资料中能够观察到的主要方面提供了几个截然不同的运作模式。然后相关的系统运作的实际改变也将由一些权威专家提出。

聚类分析能够综合考虑系统的特性习惯, 自动从这些系统事件中识别出异常事件。

2-信号再现

每一次实验将一个个单独的点的形成描述在图表中，允许实验点之间存在一定的误差，超出误差范围的实验点就可以很容易的识别出来。在正常的一系列实验点图表中，异常实验点将被高亮显示出来。

分析已经获取的数据的各种特性，并依据这些特性建立数学模型，该方法证明：根据这些行为的特性，加工失败的预警系统可以自动检测加工状态，判断是否报警，并高亮提醒重要事件。

3 - 模板分析

模板分析发可以进行逐点瞬时采样分析，这种方法适合于在线分析。它是用一种完整的方法去进行信号分析。这种方法也针对正常的系统特性建立数学模型，结果证明该观察运用的是原始方法。

4-神经网络预测分析

这种分析方法同样的有利于在线分析，它用一种自动的系统特性预测器（一种神经网络预测器），在这里先鉴定出的事件将被验证，同时更深一步的鉴别出一些重要事件。

1.3 结论概述

引用的各种分析方法可以独立鉴别出加工失败的早期警报。在加工过程中的一些重要的事件与后来由系统专家证实的事件是息息相关的。发现检测装置中的变化，一段时间的系统稳定性（这里测试彼此都相似）就呈现出来。

这则报告将被用作更深一步相关研究的基础，该研究是关于在系统运作过程中与实际情况有悖的事件。该报告是由亚琛工业大学发表的。

1.4 观察资料，报告

基于以上有限的研究，OBC有信息使得它的技术运用于以下典型加工的条件控制过程中：

与正常运作比较, 事实说明系统信号的自动检测是由可能的；

它将提供系统故障的早期报警，这将使得有足够的时间采取措施以避免加工失败的产生。

已提供的快速拓宽分析可能是用这个调查得考虑到的技术取分析。

从系统专家到OBS工程师，他们专业知识的涉入对未来工具的开发是至关重要的，在这个“盲目”的分析法表示OBS的数据模型分析技术是适合加工过程掌控的同时，专业知识和OBS模型分析技术的结合可以提供最佳诊断程序和预诊断分析。

2 绪论

2.1 牛津信号分析机构

这则报告是由Roll-Royce提供的说明的是由牛津信号分析机构加工过程数据的原始分析，它与亚琛工业大学的分析是相通的。牛津信号分析机构是一家世界级的信号分析供应者，数据融合、神经网络和其他先进信号加工技术以及许多技术在其“快速”技术名下，这项技术不仅提供寿命和质量保证，而且还提供机器设备运转过程的掌控方法。

“快速”技术被广泛应用于汽轮机的掌控中，它是通过用上线或下线工具获得，可用于各方面，如作为一种调查工具，一个测试临床系统，一种支持地面工作的工具，一种水上监控系统和一种快速管理工具。

很多被OBS使用的技术可以被看做是信号检测方法，这种方法比传统的分类技术有明显的优势，那就是在加工过程中它不易向系统提供错误的信号，相反，它提供一种可以自动鉴定的关于条件状况的足够详尽的数学模型。有关这些偏差的起因被发现使得信号检测可能被转换成了程序诊断，但是鉴别先前不可视的异常电的能力还是有所欠缺的。

3 引用国外的参考文献

在未编号的文献中可以获得提供更深一步信号的关于数据库的必备资料。

4 词汇

AUT-亚琛工业大学

GMM-高斯混合模型

MIP-复合层识别

OBS-牛津信号分析机构

5 数据描述

以下各节提供了由可视观察所获得的一个简明的概述。

5.1 数据类型

所提供的数据是通过一系列的测试记录出来的，每个测试包含者一个相同的程序，在这些测试中，自动钻头用一个固定的速度钻削一金属板，用相同的进给量加工孔。

以下数据线是在每次测试中记录的每个样品都是在20KHZ下取出的。

AX-圆板加工在X方向的加速度

AY-圆板加工在Y方向的加速度

AZ-圆板加工在Z方向的加速度

AE-RMS原声，以50-400HZ播放

SP-给钻轴提供的电源

这个调查中的测试是用三种型号的钻同（由相同的产品性能），如下表1所示

表1-测试的试验参数

钻头编号	测试编号	钻头转速	进给量
1	[12]	1700RPM	80 mm/min
2	[3127]	1700RPM	80 mm/min
3	[130194]	1700RPM	120mm/min

注意到测试16, 54, 128, 129没有被介绍, 因此只分析了190次测试, 这190次测试列于下表2

表2-在这则报告中针对每次测试所使用的代号

测试代号	实际测试编号
[115]	[115]
[1652]	[1753]
[53125]	[55127]
[126190]	[130194]

5.2 试验状况简介

5.2.1 正常试验

亚琛工业大学表示试验10到110被称为正常加工。

5.2.2 AE发射器的安置

亚琛工业大学注意到原声发射器位置的改变要选测试77, 也同时被调整以便其先于接下来的测试, 从AE数据到可以看出AE方式一直持续到测试84之后, 所以:

AE被认为不适合测试176-只记录“白噪声”(整个频段内的噪声)

AE被认为是可以被用于测试77到83, 但可能不太正常-装置的位置时刻在改变, 从而导致实现方式的多样化。

AE被认为可用于测试94到190, 装置的位置在这些测试中保持不变。

所以, 当AE被应用是, 测试的范围应从10到110缩减到84到110.

5.3 测试描述

一个典型测试的数据记录如下图所示, 这次测试大约持续了51秒。

这一节用这个测试去说明一个典型的加工, 就像亚琛工业大学所说的。

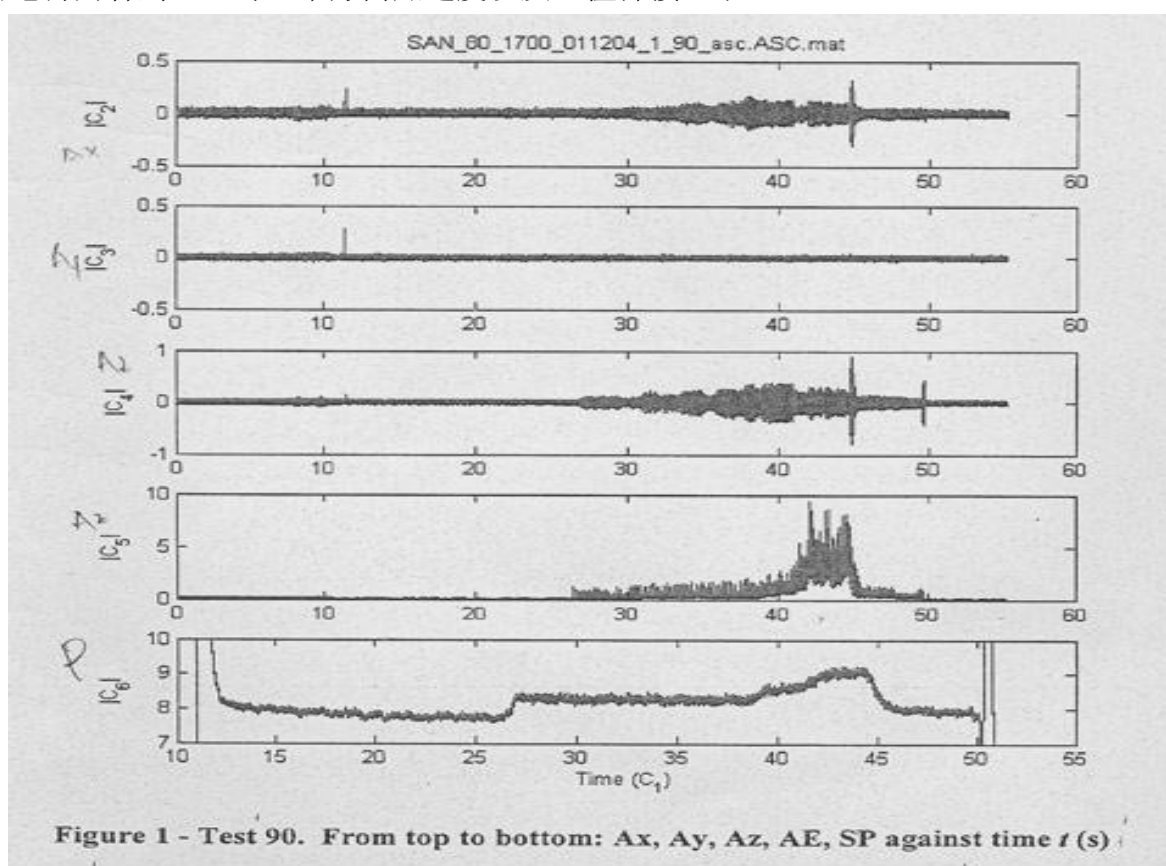
当钻轴电力供应发生一个短暂的插入时, 钻头的供电和断电将会在开始和结尾时, 被观察到。

在12秒到17秒之间, 如表1所示, 钻头以同一进给量向静态磁盘移动, 在这一阶段。SP装置相应的发生作用, AE值接近为0, 在X, Y, Z方向的振幅加速度也非常的小。

在 $t=27$ 秒时，钻头与静态磁盘接触开始钻学金属，这一步对应着SP的一步改变，一直持续到 $t=38$ 秒。在这一阶段，AE频率持续增加，X和Z方向的加速度随着钻削加工的进行而增加，以此同时，y方向的加速度基本上保持为0（在整个测试中y方向加速度基本为0）

在 $t=38$ 秒时，钻头通过静态磁盘的后边缘，SP的值一直增加，直到 $t=44$ 秒时。在这一阶段，AE也相应达到很高的值。然而X和Z方向的振幅加速度却相应的减少。

在 $t=44$ 秒时，钻头方向相反，从静态磁盘撤回来，直到 $t=46$ 秒时，SP和AE的值快速增加，在 $t=44$ 秒时，AX和AZ的值出现瞬变，与此同时振幅持续波动下降，直到 $t=46$ 秒时，钻头已经完全从磁盘撤回来，钻削单位一直撤回到试验结束。SP的值在这阶段下降（可由断电瞬间看到）此时三个方向加速度以及AE值都接近于0。



6 预处理

6.1 移除开始/终止瞬态数据

假设正常和不正常的系统行为都能从钻削加工过程中的数据资料寻迹到。在分析之前，每次测试都被缩短，仅留下在开始和终止之间的数据，这表现在 SP 值的瞬变中。比如说，在图 1 中所示，相应的保留了[1350]测试。

6.2 移除电源干扰信号

50HZ 的电源干扰信号在每个渠道里都会出现. 在分析之前, 必须在[4951]测试中的频率段使用过滤器来进行移除.

6.3 频率转换

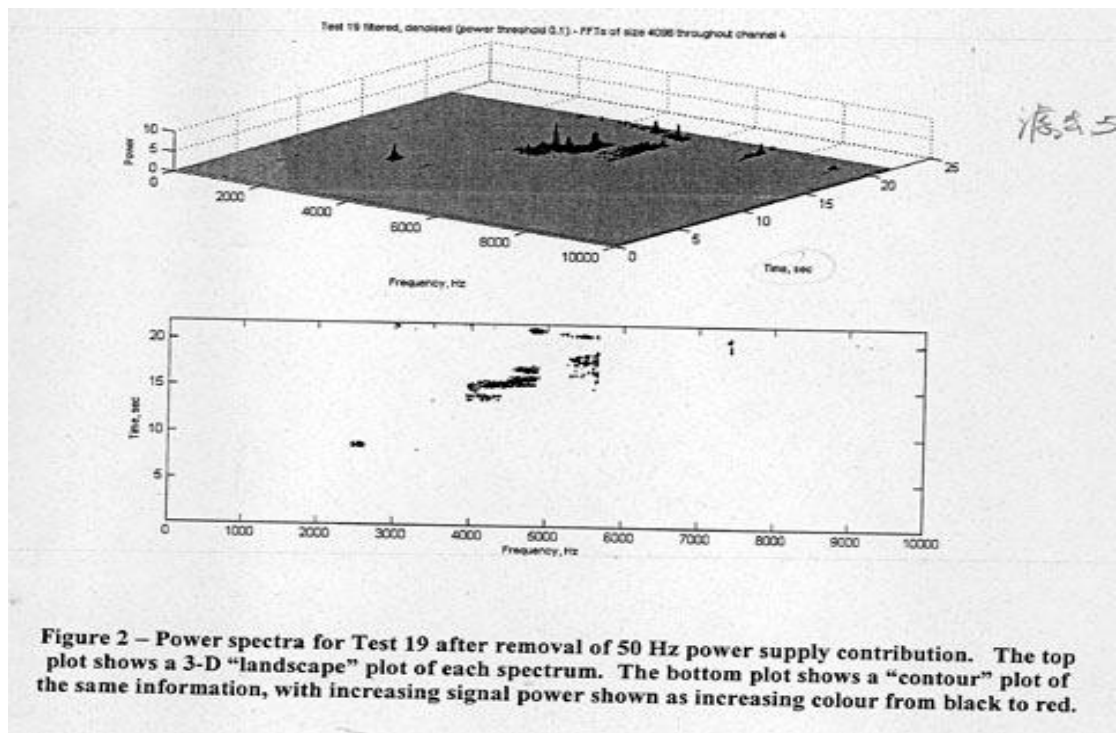
每个测试的数据被分在由 4096 个点组成的窗口中, 一个包含 4096 个点的傅立叶变化在每个窗口中发生, 用于 X, Y, Z 加速度渠道, 这种 1 秒接近 5 次的数据变化, 同”快速”系统中的空间分析相似, 提供了足够的解决方法去鉴定象征系统异常的以频率为基础的事件.

对于在这调查中的分析, x, y, z 方向所有的光谱成分, 都发生在 f 频率以下那些能量低于 pf 的将被丢弃. 通过在每个 4096 点的光谱窗户上进行倒置的傅立叶转变可以重构实践领域信号.

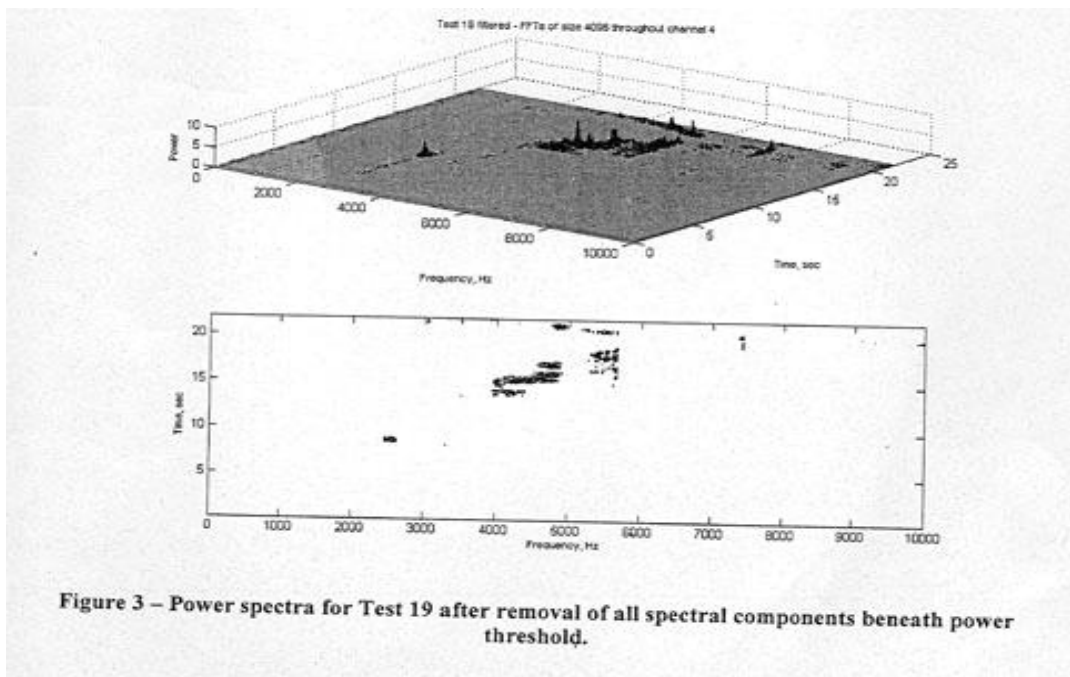
图 2 表示的是在移除电源干扰信号之后测试 19z 方向的光谱能量内容 从 0~21 秒, 每个傅立叶变化都是在 $0 \sim f_s/2$ 频率段范围内变化的. 这个测试的频率是典型的, 它适合所有的测试; 多数的重要光谱的峰巅是集成的在钻削加工过程中的 (在这个测试中是在 14 和 21 秒之间) 当在金属板上钻削时, 能量集中的在越来越高的频率, 当钻头经过磁盘片的时候. 通常达成最高的频率 (在这里, 大约 5.8 仟赫与最高在 7.4 仟赫)

图 3 表示的是一些相同的测试, 这些测试它们的能量小于 0.1 的成分都被移除了. 这就保存了能量较高的光谱而低能量的光谱则被出去.

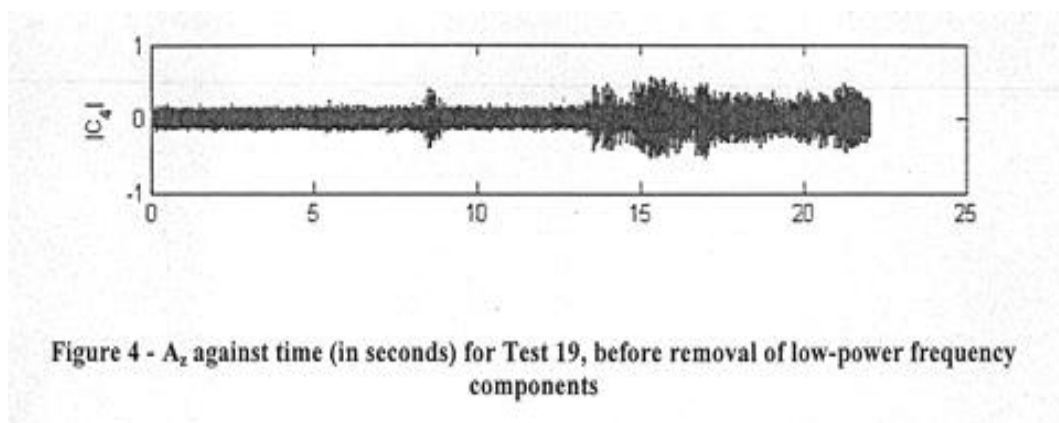
图 4 和图 5 表示的是在测试 19 中对应的在 x 方向的时间-系列数据. 在低能量频率成份的移动之后, 那写时间-系列数据只在那些重要-力量波动是时才被观察到, 这些作为本次调查中使用的某些方法取鉴别系统异常的基础.



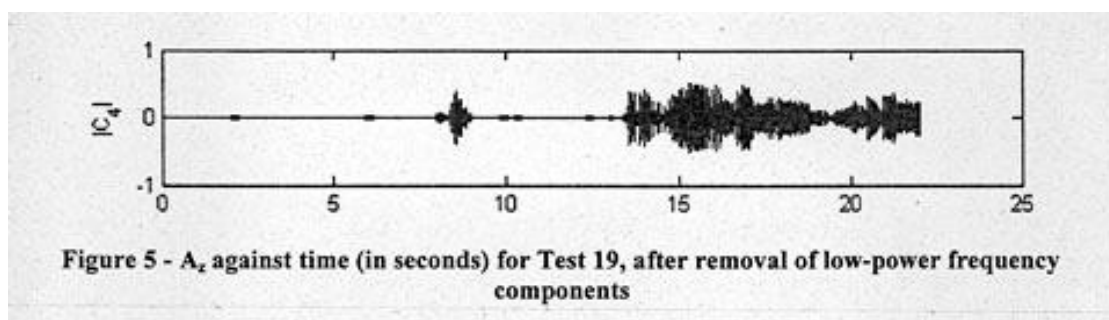
图表2-在移除50HZ电源干扰信号后测试19的能量光谱图上边区域显示的是每一个光谱的三维空间. 底部区域显示的是相同的信息, 都是表示随着由黑色到红色颜色的增加信号的能量也在增加.



图表3-在移除所有低于最低能量的光谱成分后, 所得的测试19的能量谱



图表4-在移除低电源频率成分前绘制的AZ-时间(以秒为单位)图



图表5-在移除低电源频率成分后绘制的AZ-时间(以秒为单位)图

7 分析方法 1——可视化分析

这一节描述的是适合机械加工过程的四种方法的第一种。

7.1 高维数据的可视化

7.1.1 构建二维数据

通过利用大量被测变量介绍结果资料的可视化。许多温度、压力、等等就形成了一个系统状态的高维特性，但是一个运作加工不足以解释这个特性

中等规模的允许系统可视化这种系统具有大空间的特性，而且它能把数据映射到小空间的数据组（典型的有两个，用于视觉检查）。它尝试着保存大空间数据之间的空间距离。放在大空间里的数据可以被放在2维空间里原先就被分开放的数据在处理结束后仍然被分开放。

为了达到可视化的目的，从k维到2维空间该处理用的是非线性功能。在该调查中，k的值是5：[AX, AY, AZ, AE, SP]，他们都是高维样本向量。

从5维到2维的非线性映射需要在整个测试过程中的样本数据。为了把大量的可得抽取样品减为用于构建的适量的数据，一个数据组的摘要是必须的。每一次测试都用一些原型5维向量去分析概括，运用5种不同的运算法则（这里面大量的数据都是由少量的

一些向量原型所代替)。在整个测试过程中,非线性映射都是用5维原型向量完成的。

7.1.2 自动机械测试分割

为了使运用可视化分析取进行5维测试把钻削过程分为三步是很方便的,这就相当于5.3节介绍的典型加工过程。

通过sp渠道,一种启发式运算法则被用于将自动分割技术分成三块,就像图6描述的一样,(表演低途径过滤 SP 的版本重叠在那之上最初的信号当做一红色的线)该三步识别分别如下:

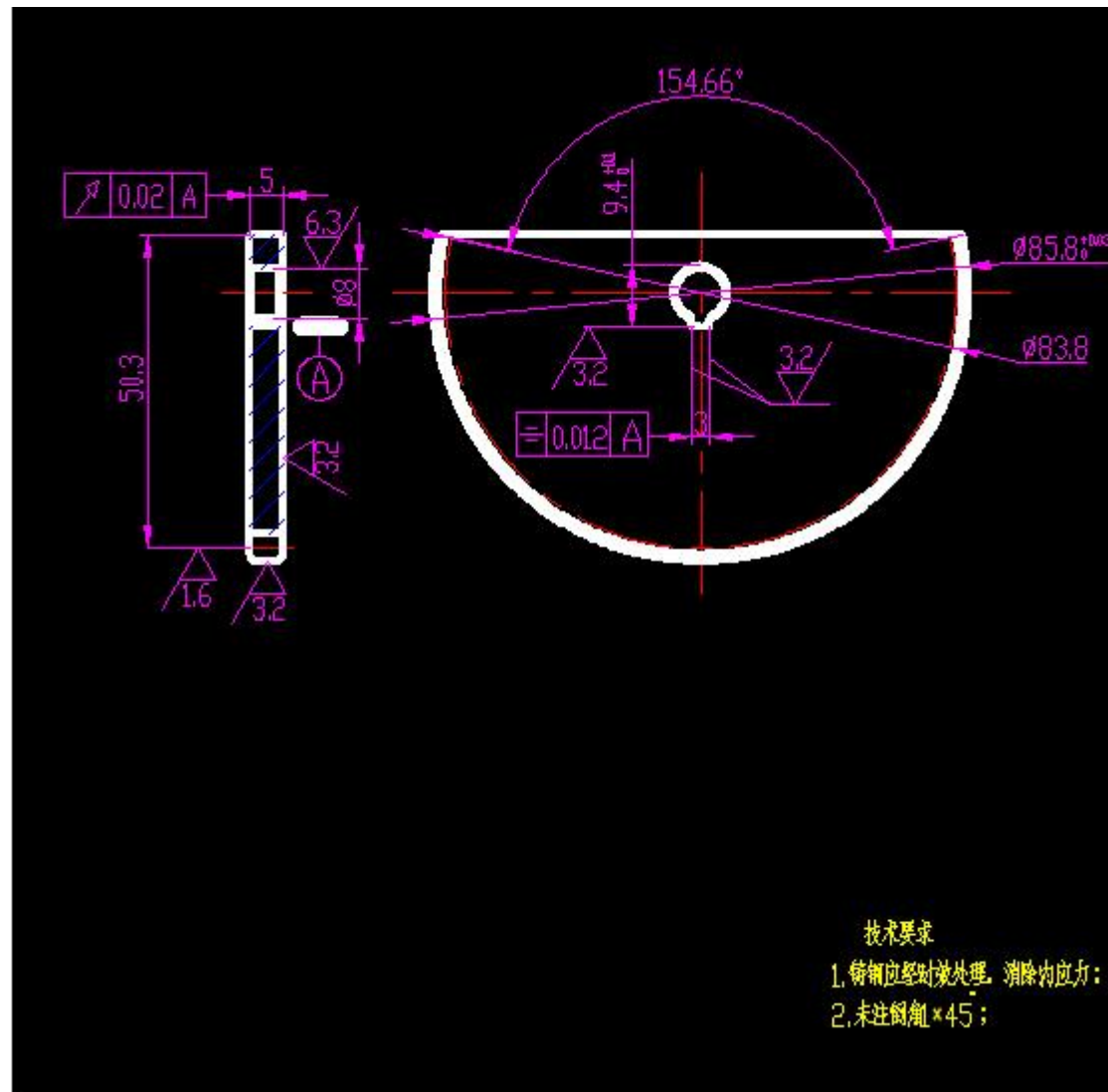
第一步: 钻削的起始时期差不多能量不变(或些微地减退);

第二步: 在钻头通过磁盘并不断移动的时期,此时能量做大;

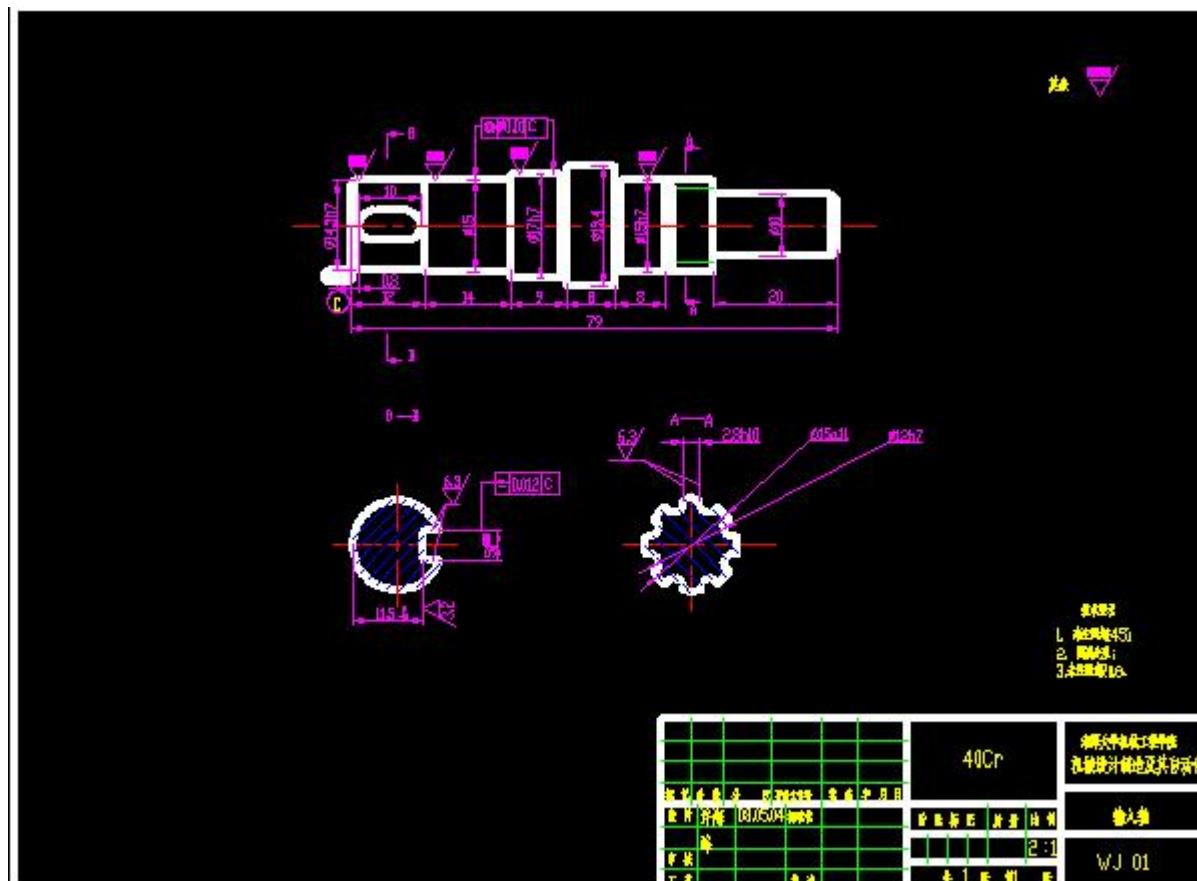
第三步: 缩进时的能量稳定时期。

注意,这一个分割只是三步中确认和抵销操作时的一种鉴定方式每个那三描述州,图解式的展览的目的将在下一节描述。

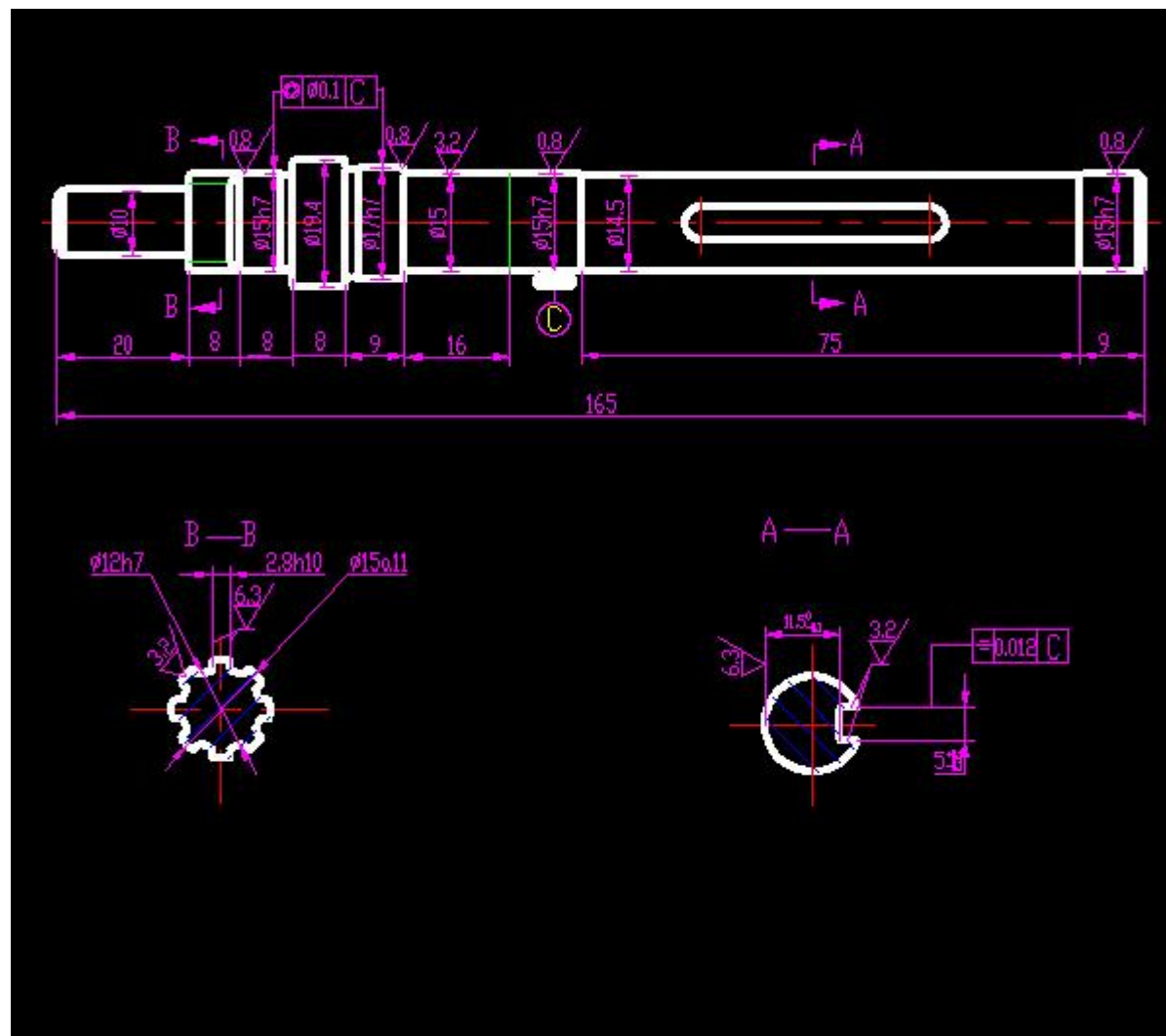
附件图纸



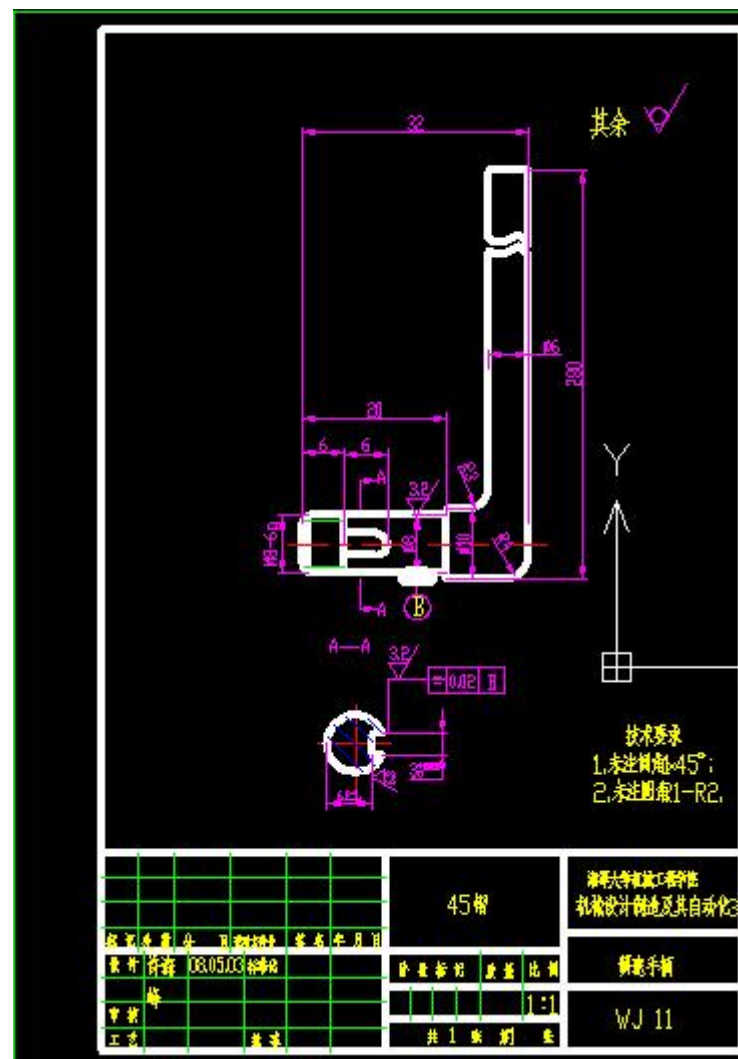
不完全调速齿轮



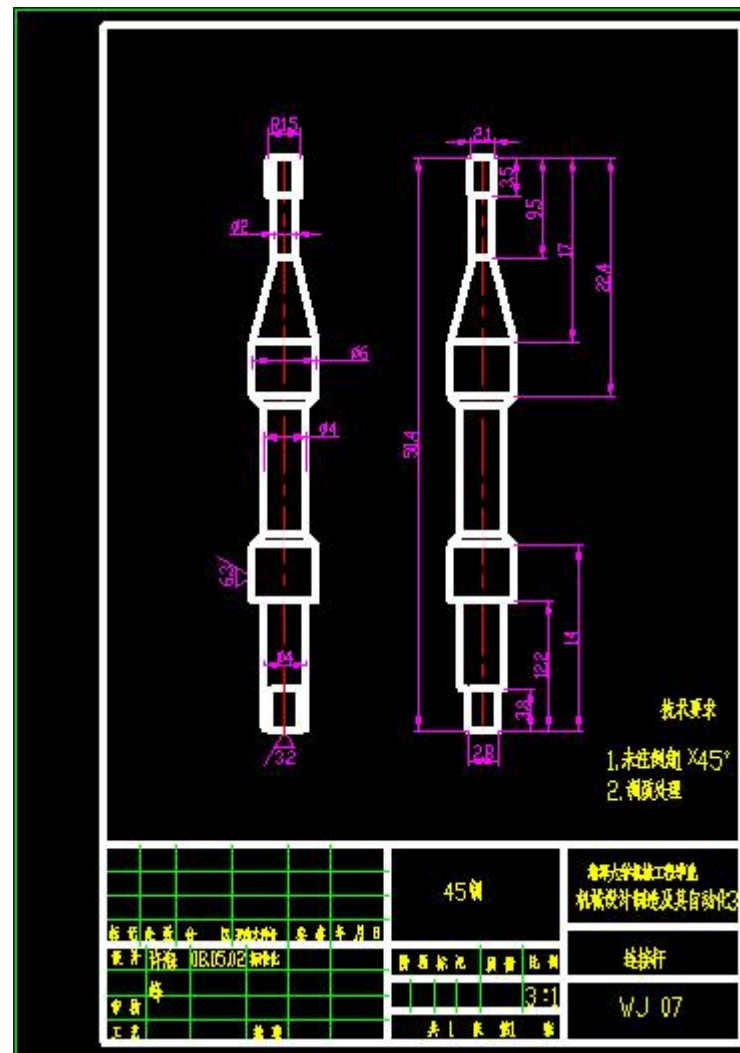
输入轴



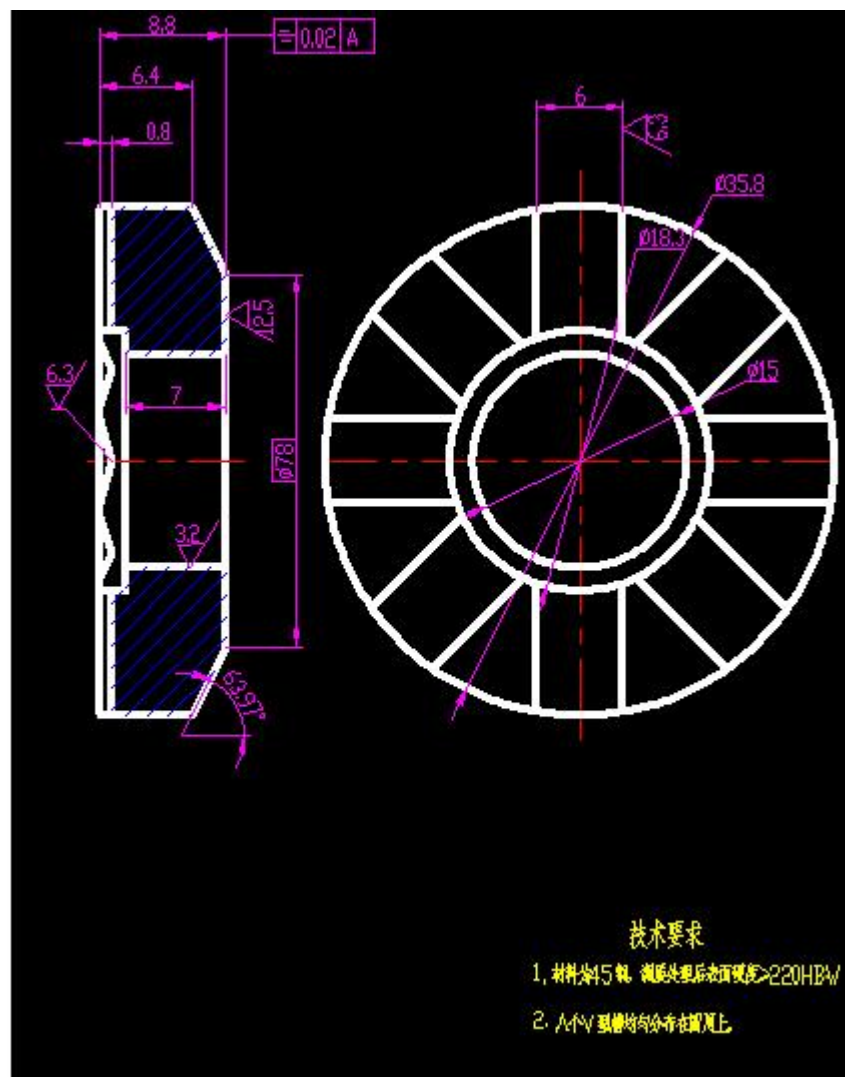
输出轴



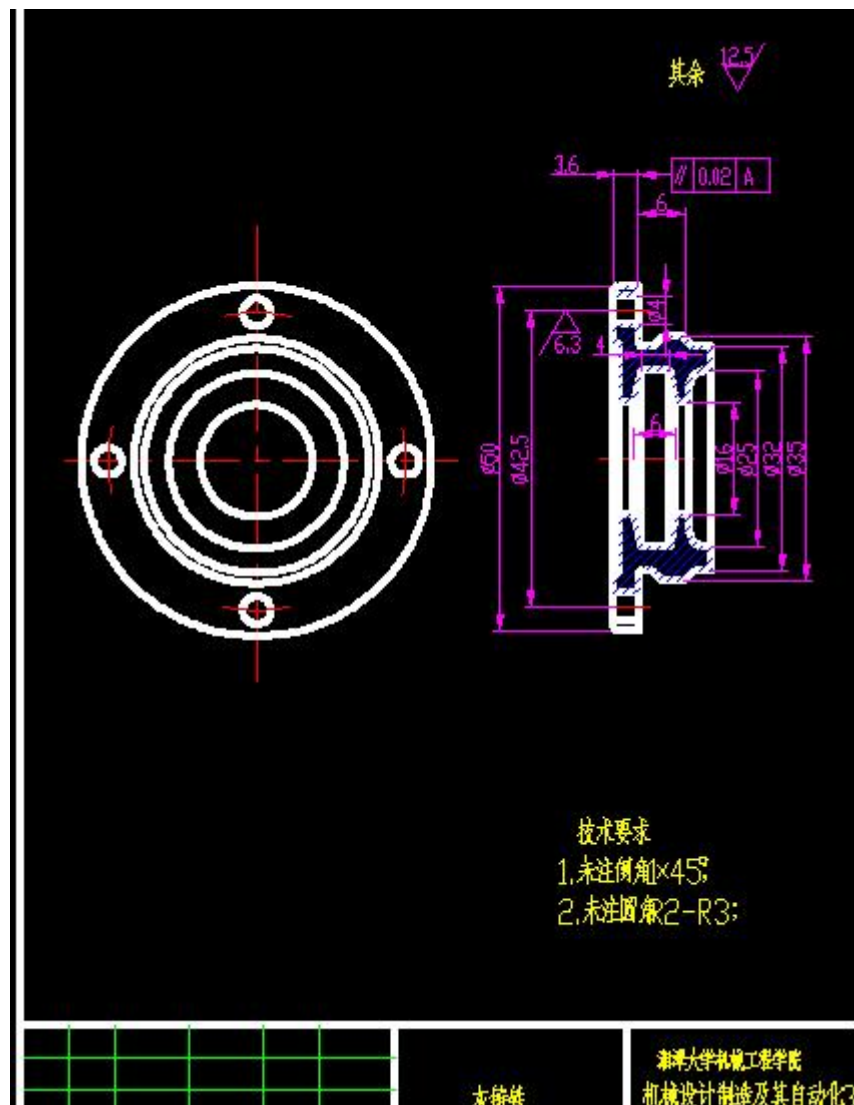
调速手柄



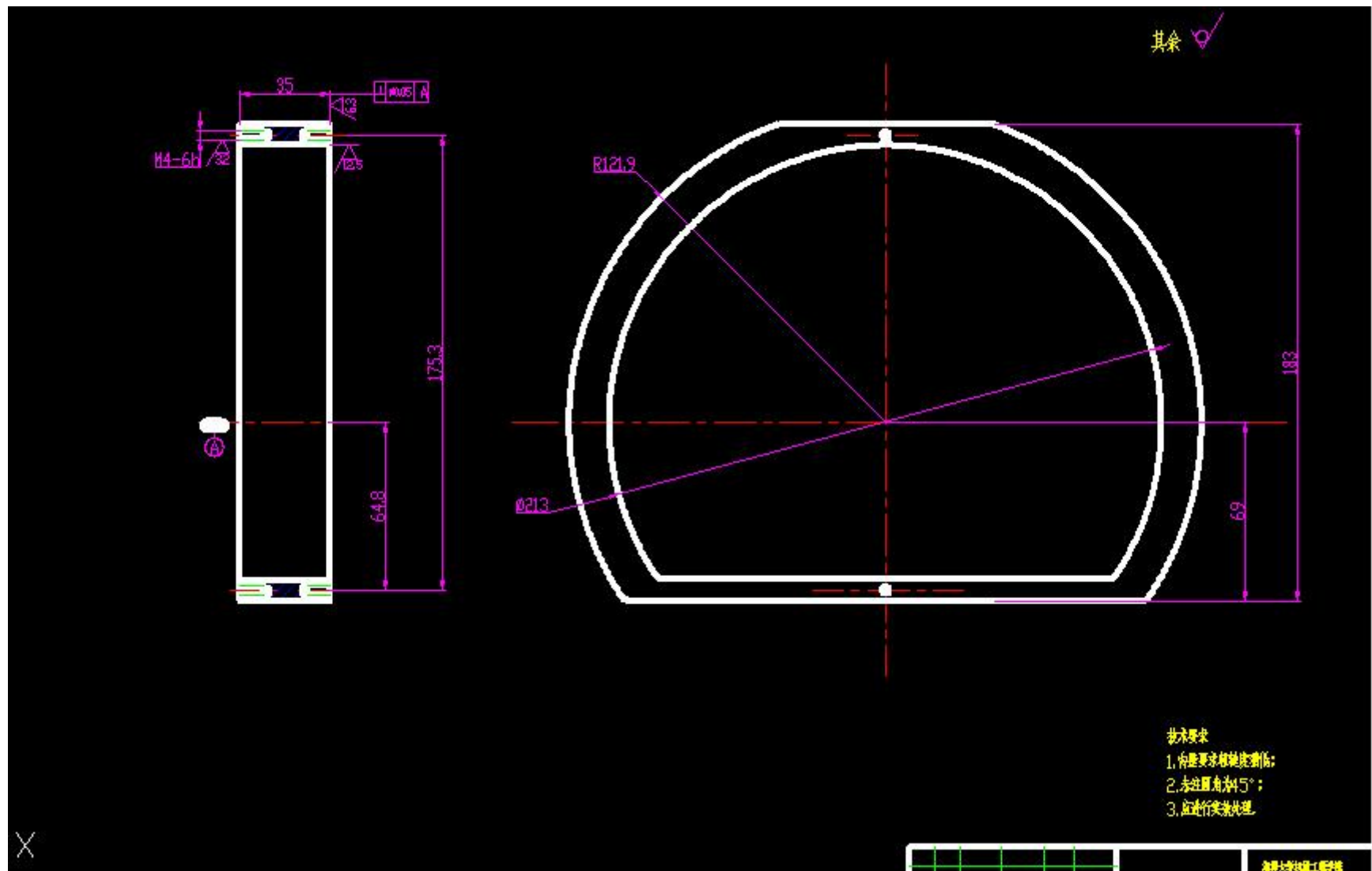
连接杆



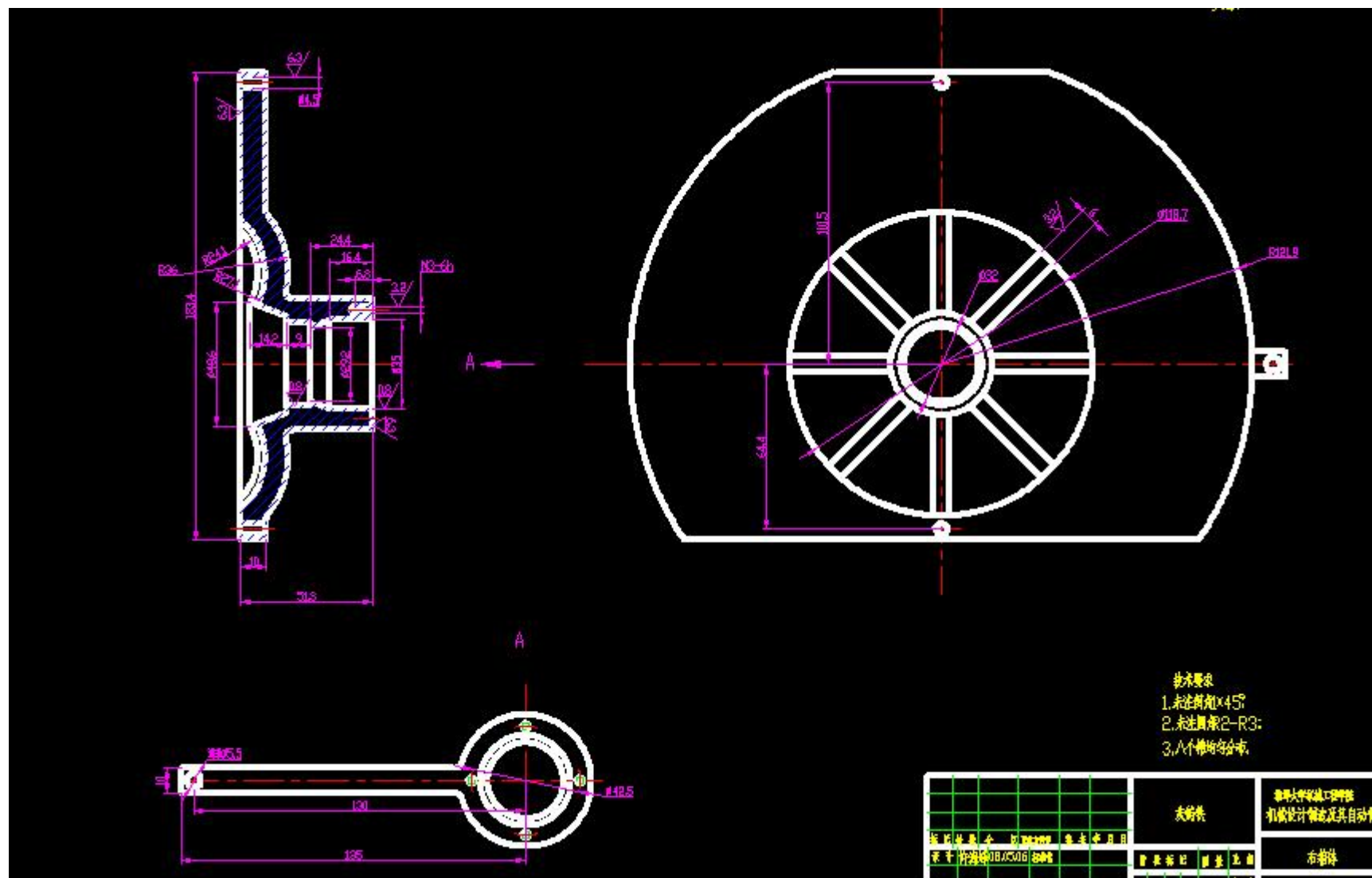
加压盘



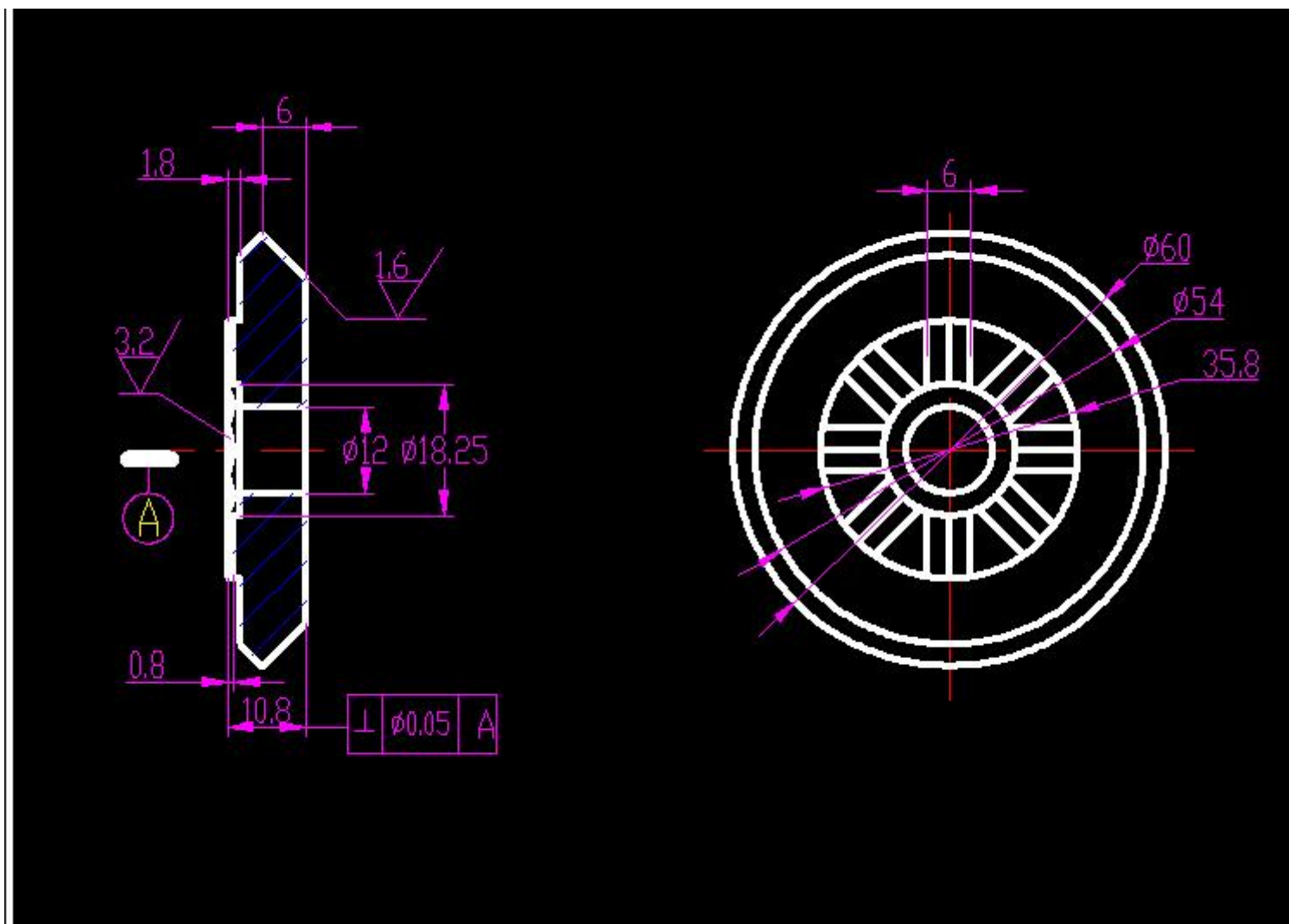
端盖



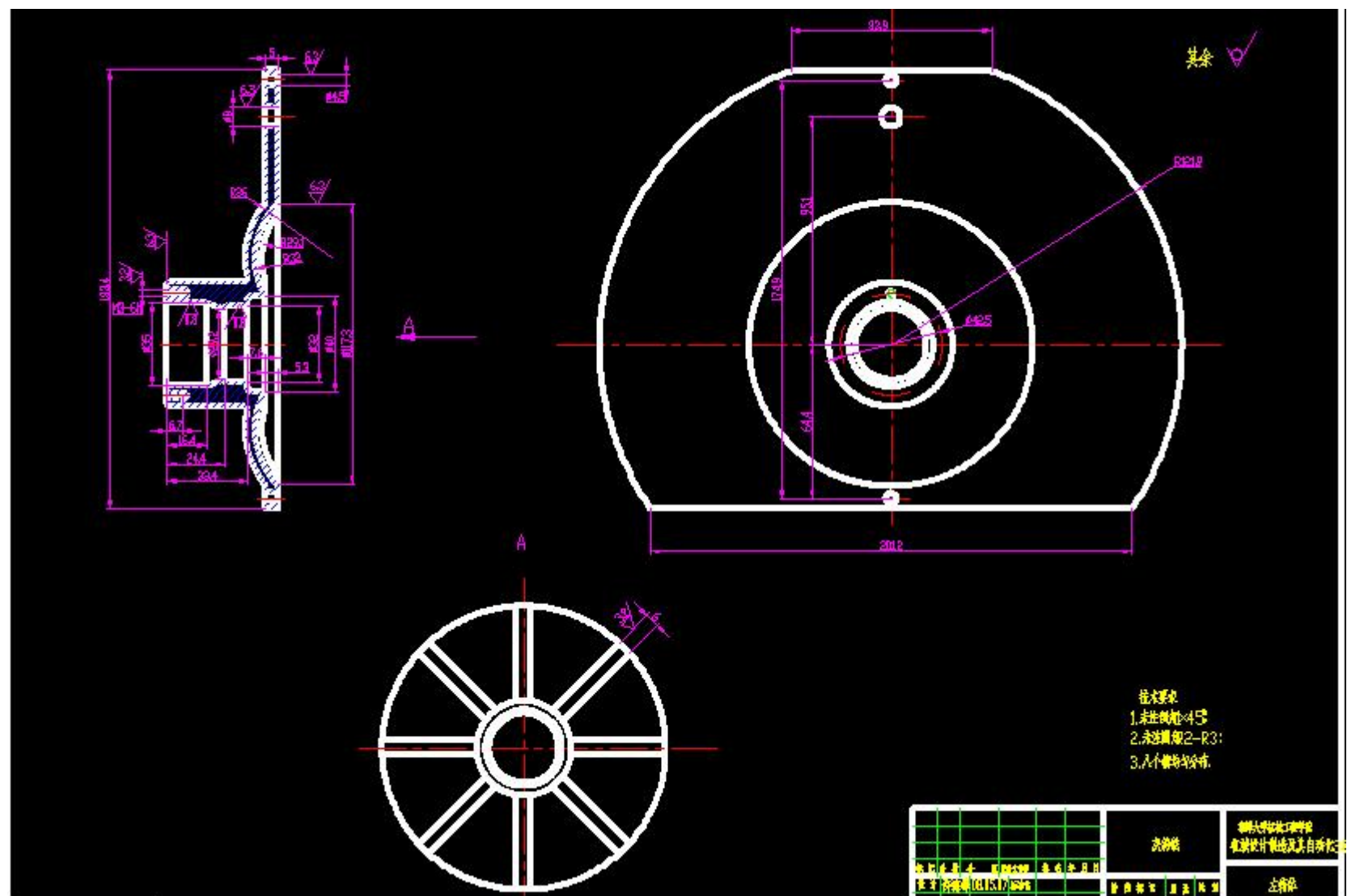
箱盖



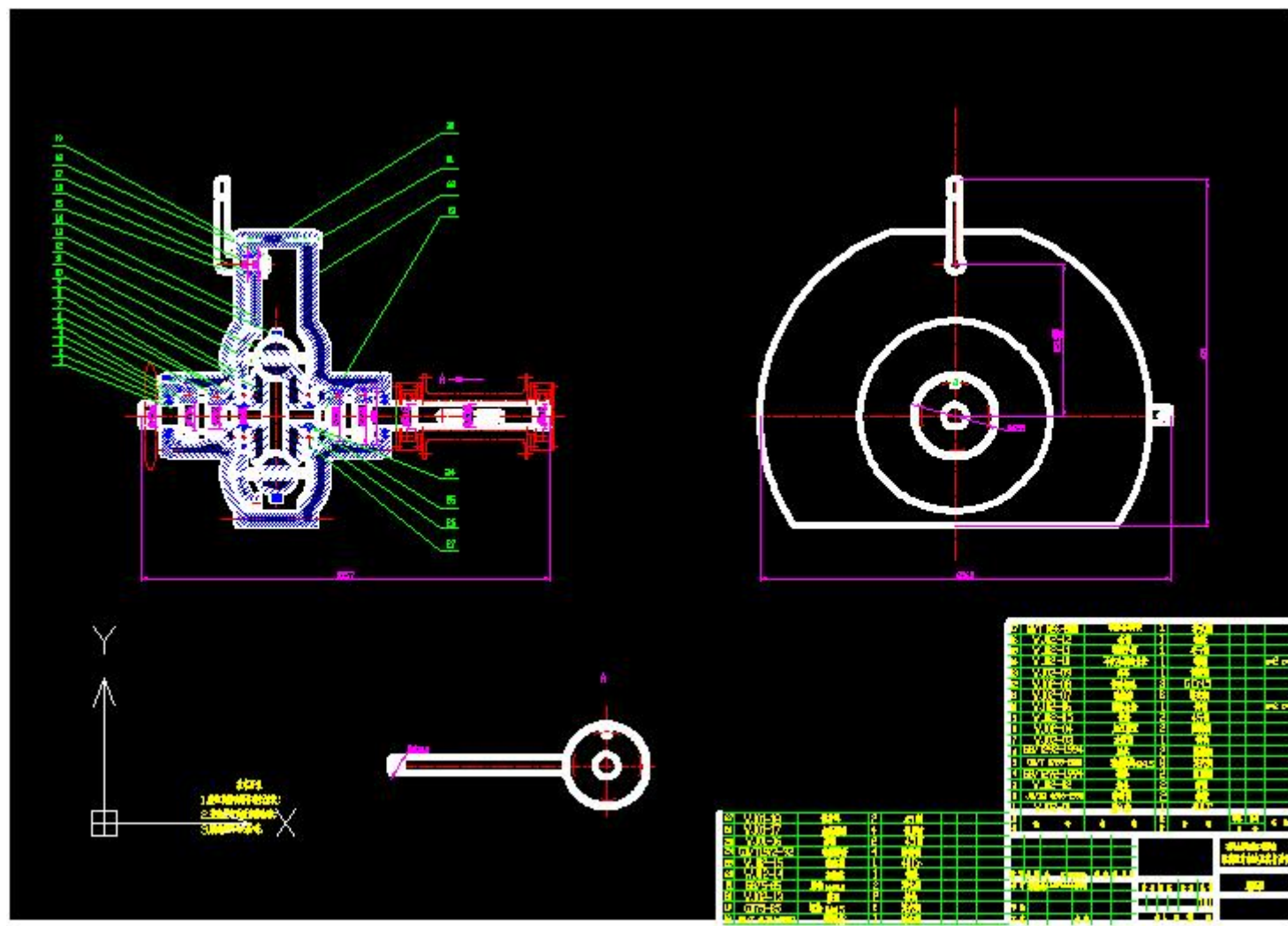
右箱体



锥轮



左箱体



装配图

所有下载本文的朋友注意：↵
本设计附有完整版 word 说明书和全套对应图纸↵
(CAD 格式或其它三维图纸) 如需请联系 QQ 194535455↵
温馨提醒：下载前请认准用户名 **jx-168**。↵