

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102435163 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 02

(21) 申请号 201110279732. 5

(22) 申请日 2011. 09. 20

(71) 申请人 长沙理工大学

地址 410114 湖南省长沙市雨花区万家丽南路二段 960 号长沙理工大学能源与动力工程学院

(72) 发明人 饶洪德 黄竹青 戴曙光 刘忠  
曾维才 贺湘林 李建勇

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所 43008  
代理人 赵洪

(51) Int. Cl.

G01B 21/20 (2006. 01)

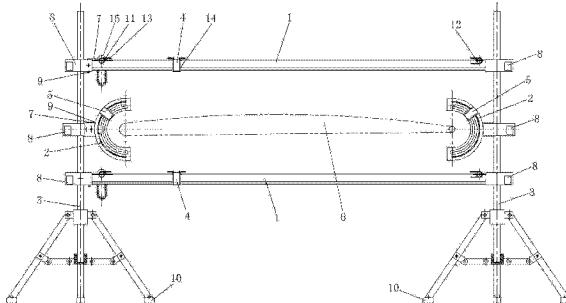
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

水轮机叶片叶型测量装置及测量方法

(57) 摘要

一种水轮机叶片叶型测量装置，包括水平测量杆、圆弧形测量架和一对固定支架，所述水平测量杆两端分别连接一件固定支架，所述圆弧形测量架装设于固定支架上，所述水平测量杆上装设有可沿水平测量杆水平移动的第一测距探头，所述圆弧形测量架上装设有可沿圆弧形测量架的圆弧移动的第二测距探头，所述第二测距探头圆弧运动轨迹的圆心 O 落在被测叶片的横截面内，所述圆弧形测量架上设有圆弧基准点 P，所述圆心 O 与所述圆弧基准点 P 的连线水平设置。该水轮机叶片叶型测量装置结构简单、成本低廉、测量效率高、测量精度高、便于在水电厂机组检修现场进行测量。一种用该装置测量叶型的方法，该叶型测量方法测量效率高、测量精度高、便于进行数据处理。



1. 一种水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:包括水平测量杆(1)、圆弧形测量架(2)和一对固定支架(3),所述水平测量杆(1)两端分别连接一件固定支架(3),所述圆弧形测量架(2)装设于固定支架(3)上,所述水平测量杆(1)上装设有可沿水平测量杆(1)水平移动的第一测距探头(4),所述圆弧形测量架(2)上装设有可沿圆弧形测量架(2)的圆弧移动的第二测距探头(5),所述第二测距探头(5)圆弧运动轨迹的圆心O落在被测叶片(6)的横截面内,所述圆弧形测量架(2)上设有圆弧基准点P,所述圆心O与所述圆弧基准点P的连线水平设置。

2. 根据权利要求1所述的水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:所述水平测量杆(1)上装设有水平仪(7),所述圆弧形测量架(2)上设有平行于圆心O与圆弧基准点P连线的调平面(21),所述调平面(21)上装设有水平仪(7)。

3. 根据权利要求1或2所述的水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:所述水平测量杆(1)上装设有主动链轮(11)、从动链轮(12)、链条(13)、水平滑移座(14)和用于驱动主动链轮(11)的拉轮(15),所述主动链轮(11)和从动链轮(12)分设于水平测量杆(1)两端,所述链条(13)绕设于所述主动链轮(11)和从动链轮(12)上,所述链条(13)的两端连接于所述水平滑移座(14)上,所述拉轮(15)与主动链轮(11)同轴连接,所述第一测距探头(4)装设于所述水平滑移座(14)上。

4. 根据权利要求3所述的水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:所述水平测量杆(1)上部开设有截面呈L形的转轴安装槽(16),所述从动链轮(12)一侧的转轴安装槽(16)开设有楔块插口(17),所述楔块插口(17)内装设有用于驱动从动链轮(12)的转轴(121)远离主动链轮(11)的链条张紧楔块(18)。

5. 根据权利要求1或2所述的水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:所述圆弧形测量架(2)上设有圆弧形的齿条轨道(22)和抵持轨道(24),所述齿条轨道(22)上装设有圆弧滑移座(23),所述圆弧滑移座(23)包括座体(231)、驱动齿轮(232)、抵持板(233)、抵持弹簧(234)、滚珠(235)和保持杆(236),所述驱动齿轮(232)装设于所述座体(231)上并与所述齿条轨道(22)啮合,所述抵持弹簧(234)抵持于所述抵持板(233)与座体(231)之间,所述滚珠(235)设于抵持板(233)与所述抵持轨道(24)之间,所述保持杆(236)一端固定于所述座体(231)上,另一端空套于所述抵持板(233)上的通孔内,所述第二测距探头(5)装设于座体(231)上。

6. 根据权利要求4所述的水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:所述圆弧形测量架(2)上设有圆弧形的齿条轨道(22)和抵持轨道(24),所述齿条轨道(22)上装设有圆弧滑移座(23),所述圆弧滑移座(23)包括座体(231)、驱动齿轮(232)、抵持板(233)、抵持弹簧(234)、滚珠(235)和保持杆(236),所述驱动齿轮(232)装设于所述座体(231)上并与所述齿条轨道(22)啮合,所述抵持弹簧(234)抵持于所述抵持板(233)与座体(231)之间,所述滚珠(235)设于抵持板(233)与所述抵持轨道(24)之间,所述保持杆(236)一端固定于所述座体(231)上,另一端空套于所述抵持板(233)上的通孔内,所述第二测距探头(5)装设于座体(231)上。

7. 根据权利要求6所述的水轮机叶片叶型测量装置,其特征在于:所述水平测量杆(1)两端以及圆弧形测量架(2)的一侧均装设有用于连接固定支架(3)上竖直杆的夹具(8),所述夹具(8)上装设有水平调节螺栓(9)。

8. 根据权利要求 7 所述的水轮机叶片叶型测量装置, 其特征在于 : 所述固定支架(3)底部装设有磁性座(10)。

9. 一种水轮机叶片叶型测量方法, 其特征在于 : 包括以下步骤,

1) 安装如权利要求 1 至 8 中任一项所述的水轮机叶片叶型测量装置 ;

a、在被测叶片(6)上描出待检断面的待检型线 ;

b、于被测叶片(6)两侧安装固定支架(3) ;

c、以待检型线为基准, 将水平测量杆(1)和圆弧形测量架(2)装设于固定支架(3)上 ;

2) 设备调整 ;

a、将水平测量杆(1)调整至水平, 使第一测距探头(4)沿水平测量杆(1)的运动为水平运动 ;

b、将圆弧形测量架(2)上的圆弧基准点 P 与圆心 O 的连线调整至水平, 使第二测距探头(5)沿圆弧形测量架(2)的运动轨迹对应于 P 点处的切线 N 垂直于水平线 ;

3) 测量并记录数据 ;

a、在待检型线上描出多个测量点, 将多个测量点分为背面型线区、正面型线区、头部型线区和尾部型线区, 相邻两型线区至少以一个测量点为公共测量点 ;

b、通过第一测距探头(4)测量背面型线区和正面型线区的各测量点并记录数据, 通过第二测距探头(5)测量头部型线区和尾部型线区的各测量点并记录数据 ;

4) 绘制叶型 ;

a、绘制被测叶片(6)背面型线, 先绘制水平线, 以水平线为基准, 根据第一测距探头(4)在被测叶片(6)上方测得的数据描出各测量点位置, 用光滑曲线连接各点得到被测叶片(6)背面型线 ;

b、绘制被测叶片(6)正面型线, 先绘制水平线, 以水平线为基准, 根据第一测距探头(4)在被测叶片(6)下方测得的数据描出各测量点位置, 用光滑曲线连接各点得到被测叶片(6)正面型线 ;

c、绘制被测叶片(6)头部型线, 先绘制第二测距探头(5)的圆弧运动轨迹线, 确定圆弧运动轨迹线的圆心, 并过圆弧运动轨迹线的圆心绘制水平线, 以圆弧运动轨迹线和其圆心为基准, 根据第二测距探头(5)在被测叶片(6)头部测得的数据描出被测叶片(6)头部各测量点位置, 用光滑曲线连接各点得到被测叶片(6)头部型线 ;

d、绘制被测叶片(6)尾部型线, 先绘制第二测距探头(5)的圆弧运动轨迹线, 确定圆弧运动轨迹线的圆心, 并过圆弧运动轨迹线的圆心绘制水平线, 以圆弧运动轨迹线和其圆心为基准, 根据第二测距探头(5)在被测叶片(6)尾部测得的数据描出被测叶片(6)尾部各测量点位置, 用光滑曲线连接各点得到被测叶片(6)尾部型线 ;

e、将各段型线上的公共测量点重合, 得到完整的被测叶片(6)待检断面的型线。

10. 根据权利要求 9 所述的水轮机叶片叶型测量方法, 其特征在于 : 在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时, 在被测叶片(6)上方和下方分别安装一件水平测量杆(1), 在被测叶片(6)头部和尾部分别安装一件圆弧形测量架(2), 同时对背面型线区、正面型线区、头部型线区和尾部型线区进行测量 ;

或者在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时, 在被测叶片(6)上方安装水平测量杆(1), 在被测叶片(6)头部安装圆弧形测量架(2), 完成背面型线区和头部型线区的测量后, 将水平测

量杆(1)安装于被测叶片(6)下方,将圆弧形测量架(2)安装于被测叶片(6)尾部,再完成正面型线区和尾部型线区的测量;

或者在进行所述步骤1)中的步骤c时,在被测叶片(6)下方安装水平测量杆(1),在被测叶片(6)尾部安装圆弧形测量架(2),完成正面型线区和尾部型线区的测量后,将水平测量杆(1)安装于被测叶片(6)上方,将圆弧形测量架(2)安装于被测叶片(6)头部,再完成背面型线区和头部型线区的测量。

## 水轮机叶片叶型测量装置及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水轮机叶片叶型测量，尤其涉及轴流式和贯流式水轮机叶片叶型测量装置及测量方法。

### 背景技术

[0002] 随着电力工业的飞速发展，对水轮机等电力设备的需求不断增长，质量要求日益严格。水轮机叶片作为水轮机中的关键零件，叶片表面质量及制造精度将直接影响到整个水轮机组的水力性能、发电效率、运转稳定性及该水轮机组的使用寿命，这正是叶片叶型的测量一直受到人们关注的原因。

[0003] 水轮机叶片的叶型较为复杂、特殊，从叶顶到叶根每个截面的型线都不相同，所以其型面测量也比较困难。目前测量方法主要有样板法、经纬仪法和激光跟踪仪法等。样板法会因卡样板时操作人员身体姿势不稳定以及叶片刻线清晰程度的原因，造成样板间隙小时大，不易准确判断叶片叶型；经纬仪法测量公差范围较大，且要求在良好的采光环境中使用，水轮机叶片的叶型现场测量大多在管路中进行，采光环境无法满足测量要求，测得的结果也会因此而产生较大的误差；激光跟踪仪法测量精度高、测量距离大，但激光跟踪仪设备昂贵，测量成本太大。上述测量方法各有特点，但从测量效率、测量精度以及成本等方面综合考虑，这些测量方法在水电厂机组检修现场使用有一定的难度。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是克服现有技术的不足，提供一种结构简单、成本低廉、测量效率高、测量精度高、便于在水电厂机组检修现场进行测量、数据处理方便的水轮机叶片叶型测量装置及其测量方法。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明采用以下技术方案：

一种水轮机叶片叶型测量装置，包括水平测量杆、圆弧形测量架和一对固定支架，所述水平测量杆两端分别连接一件固定支架，所述圆弧形测量架装设于固定支架上，所述水平测量杆上装设有可沿水平测量杆水平移动的第一测距探头，所述圆弧形测量架上装设有可沿圆弧形测量架的圆弧移动的第二测距探头，所述第二测距探头圆弧运动轨迹的圆心O落在被测叶片的横截面内，所述圆弧形测量架上设有圆弧基准点P，所述圆心O与所述圆弧基准点P的连线水平设置。

[0006] 所述水平测量杆上装设有水平仪，所述圆弧形测量架上设有平行于圆心O与圆弧基准点P连线的调平面，所述调平面上装设有水平仪。

[0007] 所述水平测量杆上装设有主动链轮、从动链轮、链条、水平滑移座和用于驱动主动链轮的拉轮，所述主动链轮和从动链轮分设于水平测量杆两端，所述链条绕设于所述主动链轮和从动链轮上，所述链条的两端连接于所述水平滑移座上，所述拉轮与主动链轮同轴连接，所述第一测距探头装设于所述水平滑移座上。

[0008] 所述水平测量杆上部开设有截面呈L形的转轴安装槽，所述从动链轮一侧的转轴

安装槽开设有楔块插口，所述楔块插口内装设有用于驱动从动链轮的转轴远离主动链轮的链条张紧楔块。

[0009] 所述圆弧形测量架上设有圆弧形的齿条轨道和抵持轨道，所述齿条轨道上装设有圆弧滑移座，所述圆弧滑移座包括座体、驱动齿轮、抵持板、抵持弹簧、滚珠和保持杆，所述驱动齿轮装设于所述座体上并与所述齿条轨道啮合，所述抵持弹簧抵持于所述抵持板与座体之间，所述滚珠设于抵持板与所述抵持轨道之间，所述保持杆一端固定于所述座体上，另一端空套于所述抵持板上的通孔内，所述第二测距探头装设于座体上。

[0010] 所述水平测量杆两端以及圆弧形测量架的一侧均装设有用于连接固定支架上竖直杆的夹具，所述夹具上装设有水平调节螺栓。

[0011] 所述固定支架底部装设有磁性座。

[0012] 一种水轮机叶片叶型测量方法，包括以下步骤，

1) 安装如上所述的水轮机叶片叶型测量装置；

a、在被测叶片上描出待检断面的待检型线；

b、于被测叶片两侧安装固定支架；

c、以待检型线为基准，将水平测量杆和圆弧形测量架装设于固定支架上；

2) 设备调整；

a、将水平测量杆调整至水平，使第一测距探头沿水平测量杆的运动为水平运动；

b、将圆弧形测量架上的圆弧基准点 P 与圆心 O 的连线调整至水平，使第二测距探头沿圆弧形测量架的运动轨迹对应于 P 点处的切线 N 垂直于水平线；

3) 测量并记录数据；

a、在待检型线上描出多个测量点，将多个测量点分为背面型线区、正面型线区、头部型线区和尾部型线区，相邻两型线区至少以一个测量点为公共测量点；

b、通过第一测距探头测量背面型线区和正面型线区的各测量点并记录数据，通过第二测距探头测量头部型线区和尾部型线区的各测量点并记录数据；

4) 绘制叶型；

a、绘制被测叶片背面型线，先绘制水平线，以水平线为基准，根据第一测距探头在被测叶片上方测得的数据描出各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片背面型线；

b、绘制被测叶片正面型线，先绘制水平线，以水平线为基准，根据第一测距探头在被测叶片下方测得的数据描出各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片正面型线；

c、绘制被测叶片头部型线，先绘制第二测距探头的圆弧运动轨迹线，确定圆弧运动轨迹线的圆心，并过圆弧运动轨迹线的圆心绘制水平线，以圆弧运动轨迹线和其圆心为基准，根据第二测距探头在被测叶片头部测得的数据描出被测叶片头部各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片头部型线；

d、绘制被测叶片尾部型线，先绘制第二测距探头的圆弧运动轨迹线，确定圆弧运动轨迹线的圆心，并过圆弧运动轨迹线的圆心绘制水平线，以圆弧运动轨迹线和其圆心为基准，根据第二测距探头在被测叶片尾部测得的数据描出被测叶片尾部各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片尾部型线；

e、将各段型线上的公共测量点重合，得到完整的被测叶片待检断面的型线。

[0013] 在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时，在被测叶片上方和下方分别安装一件水平测量

杆,在被测叶片头部和尾部分别安装一件圆弧形测量架,同时对背面型线区、正面型线区、头部型线区和尾部型线区进行测量;

或者在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时,在被测叶片上方安装水平测量杆,在被测叶片头部安装圆弧形测量架,完成背面型线区和头部型线区的测量后,将水平测量杆安装于被测叶片下方,将圆弧形测量架安装于被测叶片尾部,再完成正面型线区和尾部型线区的测量;

或者在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时,在被测叶片下方安装水平测量杆,在被测叶片尾部安装圆弧形测量架,完成正面型线区和尾部型线区的测量后,将水平测量杆安装于被测叶片上方,将圆弧形测量架安装于被测叶片头部,再完成背面型线区和头部型线区的测量。

[0014] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

本发明的水轮机叶片叶型测量装置,结构简单可靠,占用空间小,便于在水电厂机组检修现场进行测量;被测叶片头部和尾部的曲率较大,第二测距探头采用圆弧移动的形式,可大大提高测量精度和测量读数的方便性;同时,通过测距探头测量被测叶片的外形,测量精度和测量效率都有保证;对测量环境的要求也非常低,即使在管路等光线条件不是很好的环境条件下也能进行准确测量;零部件数量少,装卸方便、便于携带,设备制件成本和维护成本低,便于推广应用。水平测量杆上装设有水平仪,方便对水平测量杆进行调平,圆弧形测量架上设有平行于圆心 O 与圆弧基准点 P 连线的调平面,调平面上装设有水平仪,方便对圆弧形测量架进行调平。水平测量杆上装设有链轮链条驱动结构,在水平测量杆一端就可以很方便的通过拉轮控制第一测距探头随水平滑移座运动到任何位置,操作方便,有利于提高测量效率。本发明还可在水平测量杆上部开设截面呈 L 形的转轴安装槽,并在从动链轮一侧的转轴安装槽上开设楔块插口,向楔块插口内插入链条张紧楔块,通过压紧链条张紧楔块可驱动从动链轮的转轴远离主动链轮,使主动链轮和从动链轮将链条张紧,从而使水平滑移座保持在准确的位置上,有利于进一步提高测量精度。圆弧形测量架调节方便、定位准确,通过手动转动驱动齿轮即可调节座体和第二测距探头在圆弧形测量架上的位置,不需要移动第二测距探头位置时,抵持弹簧通过抵持板自动将滚珠压紧于抵持轨道上,使座体保持稳定,从而有利于进一步提高测量精度;移动座体和第二测距探头位置时,保持杆可使座体和抵持板保持运动一致,避免抵持弹簧受损。水平测量杆两端以及圆弧形测量架的一侧均装设有用于连接固定支架上竖直杆的夹具,夹具上装设有水平调节螺栓,便于进行水平调节操作。固定支架底部装设有磁性座,在水电厂机组检修现场,固定支架有可能需要放置在具有一定坡度的铁质基础上,磁性座有利于固定支架在铁质基础上形成稳定的定位。本发明的水轮机叶片叶型测量方法简单可靠、测量效率高、测量精度高,对测量数据的处理非常方便,便于推广应用。

## 附图说明

[0015] 图 1 是本发明的主视结构示意图。

[0016] 图 2 是水平测量杆、圆弧形测量架与固定支架连接处的放大图。

[0017] 图 3 是图 2 的 A — A 剖视图。

[0018] 图 4 是图 2 的 B — B 剖视图。

- [0019] 图 5 是图 4 的 C 向视图。
- [0020] 图 6 是链条张紧楔块处的局部剖视放大图。
- [0021] 图 7 是被测叶片的叶型绘制示意图。
- [0022] 图中各标号表示：
- 1、水平测量杆；2、圆弧形测量架；3、固定支架；4、第一测距探头；5、第二测距探头；6、被测叶片；7、水平仪；8、夹具；9、水平调节螺栓；10、磁性座；11、主动链轮；12、从动链轮；13、链条；14、水平滑移座；15、拉轮；16、转轴安装槽；17、楔块插口；18、链条张紧楔块；21、调平面；22、齿条轨道；23、圆弧滑移座；24、抵持轨道；121、转轴；231、座体；232、驱动齿轮；233、抵持板；234、抵持弹簧；235、滚珠；236、保持杆。

### 具体实施方式

[0023] 图 1 至图 6 示出了本发明的一种水轮机叶片叶型测量装置实施例，该测量装置包括水平测量杆 1、圆弧形测量架 2 和一对固定支架 3，水平测量杆 1 两端分别连接一件固定支架 3，圆弧形测量架 2 装设于固定支架 3 上，水平测量杆 1 上设有可沿水平测量杆 1 水平移动的第一测距探头 4 和水平位移刻度标尺，圆弧形测量架 2 上设有可沿圆弧形测量架 2 的圆弧移动的第二测距探头 5 和角度刻度标尺，第二测距探头 5 圆弧运动轨迹的圆心 O 落在被测叶片 6 的横截面内，圆弧形测量架 2 上设有圆弧基准点 P，圆心 O 与圆弧基准点 P 的连线水平设置。被测叶片 6 头部和尾部的曲率较大，第二测距探头 5 采用圆弧移动的形式，第一测距探头 4 和第二测距探头 5 均选用激光测距探头，可大大提高测量精度和测量读数的方便性，本实施例中水平测量杆 1 和圆弧形测量架 2 均设有两件，两件水平测量杆 1 分设于被测叶片 6 的上下两侧，两件圆弧形测量架 2 分设于被测叶片 6 的头部和尾部，该测量装置结构简单可靠，占用空间小，便于在水电厂机组检修现场进行测量，同时，通过测距探头测量被测叶片 6 的外形，测量精度和测量效率都有保证，对测量环境的要求也非常低，即使在管路等光线条件不是很好的环境条件下也能进行准确测量，并且零部件数量少，装卸方便、便于携带，设备制件成本和维护成本低，便于推广应用。

[0024] 本实施例中，水平测量杆 1 上装设有水平仪 7，水平测量杆 1 两端装设有用于连接固定支架 3 上竖直杆的夹具 8，圆弧形测量架 2 上设有平行于圆心 O 与圆弧基准点 P 连线的调平面 21，调平面 21 上装设有水平仪 7，圆弧形测量架 2 的一侧也装设有用于连接固定支架 3 上竖直杆的夹具 8，各夹具 8 上均装设有水平调节螺栓 9，通过水平调节螺栓 9 和水平仪 7 可以非常方便的对水平测量杆 1 和圆弧形测量架 2 进行调平，调平完成后再通过锁紧螺栓锁紧。

[0025] 本实施例中，水平测量杆 1 上装设有主动链轮 11、从动链轮 12、链条 13、水平滑移座 14 和用于驱动主动链轮 11 的拉轮 15，主动链轮 11 和从动链轮 12 分设于水平测量杆 1 两端，链条 13 绕设于主动链轮 11 和从动链轮 12 上，链条 13 的两端连接于水平滑移座 14 上，拉轮 15 与主动链轮 11 同轴连接，第一测距探头 4 装设于水平滑移座 14 上，当被测叶片 6 具有较大的宽度时，操作者无法直接推送第一测距探头 4 至被测叶片 6 的中部，本实施例中的结构可以很方便的在水平测量杆 1 一端，通过拉轮 15 控制第一测距探头 4 随水平滑移座 14 运动到任何位置，操作方便，有利于进一步提高测量效率。水平测量杆 1 上部开设有截面呈 L 形的转轴安装槽 16，从动链轮 12 一侧的转轴安装槽 16 上开设有楔块插口 17，楔

块插口 17 内装设有链条张紧楔块 18,通过压紧链条张紧楔块 18 可驱动从动链轮 12 的转轴 121 远离主动链轮 11,使主动链轮 11 和从动链轮 12 将链条 13 张紧,从而使水平滑移座 14 保持在准确的位置上,有利于进一步提高测量精度。在其它实施例中还可以用电机来替换拉轮 15。

[0026] 本实施例中,圆弧形测量架 2 上设有圆弧形的齿条轨道 22 和抵持轨道 24,齿条轨道 22 上装设有圆弧滑移座 23,圆弧滑移座 23 包括座体 231、驱动齿轮 232、抵持板 233、抵持弹簧 234、滚珠 235 和保持杆 236,驱动齿轮 232 装设于座体 231 上并与齿条轨道 22 喷合,抵持弹簧 234 抵持于抵持板 233 与座体 231 之间,滚珠 235 设于抵持板 233 与抵持轨道 24 之间,保持杆 236 一端固定于座体 231 上,另一端空套于抵持板 233 上的通孔内,第二测距探头 5 装设于座体 231 上,手动转动驱动齿轮 232 即可调节座体 231 和第二测距探头 5 在圆弧形测量架 2 上的位置,不需要移动第二测距探头 5 位置时,抵持弹簧 234 通过抵持板 233 自动将滚珠 235 压紧于抵持轨道 24 上,使座体 231 保持稳定,从而有利于进一步提高测量精度;移动座体 231 和第二测距探头 5 位置时,保持杆 236 可使座体 231 和抵持板 233 保持运动一致,避免抵持弹簧 234 受损。

[0027] 本实施例中,固定支架 3 底部装设有磁性座 10,在水电厂机组检修现场,固定支架 3 有可能需要放置在具有一定坡度的铁质基础上,磁性座 10 有利于固定支架 3 在铁质基础上形成稳定的定位。

[0028] 一种水轮机叶片叶型测量方法实施例,该测量方法包括以下步骤,

1) 安装如上述实施例中的水轮机叶片叶型测量装置;

a、在被测叶片 6 上描出待检断面的待检型线;

b、于被测叶片 6 两侧安装固定支架 3;

c、以待检型线为基准,将水平测量杆 1 和圆弧形测量架 2 装设于固定支架 3 上,本实施例是在被测叶片 6 上方和下方分别安装一件水平测量杆 1,在被测叶片 6 头部和尾部分别安装一件圆弧形测量架 2;

2) 设备调整;

a、根据水平测量杆 1 上水平仪 7 的读数、通过水平调节螺栓 9 将水平测量杆 1 调整至水平,使第一测距探头 4 沿水平测量杆 1 的运动为水平运动;

b、根据圆弧形测量架 2 上水平仪 7 的读数、通过水平调节螺栓 9 将调平面 21 调整至水平,使圆弧形测量架 2 上的圆弧基准点 P 与圆心 O 的连线为水平设置,第二测距探头 5 沿圆弧形测量架 2 的运动轨迹对应于 P 点处的切线 N 垂直于水平线;

3) 测量并记录数据;

a、在待检型线上描出多个测量点,将多个测量点分为背面型线区、正面型线区、头部型线区和尾部型线区,相邻两型线区至少以一个测量点为公共测量点,其中背面型线区的测量点从叶片头部至叶片尾部依次为 A1、A2、A3……An,正面型线区的测量点从叶片头部至叶片尾部依次为 B1、B2、B3……Bn,头部型线区的测量点从叶片背面至叶片正面依次为 C1、C2、C3……Cn,尾部型线区的测量点从叶片背面至叶片正面依次为 D1、D2、D3……Dn,A1 与 C1 为背面型线区和头部型线区的公共测量点,An 与 D1 为背面型线区和尾部型线区的公共测量点,B1 与 Cn 为正面型线区和头部型线区的公共测量点,Bn 与 Dn 为正面型线区和尾部型线区的公共测量点;

b、通过第一测距探头 4 测量背面型线区和正面型线区的各测量点，并记录第一测距探头 4 测得的距离数据以及第一测距探头 4 在水平线方向上的位置数据，通过第二测距探头 5 测量头部型线区和尾部型线区的各测量点，并记录第二测距探头 5 测得的距离数据以及第二测距探头 5 相对于水平线的角度数据；

4) 绘制叶型，如图 7 所示：

a、绘制被测叶片 6 背面型线，先绘制水平线，以水平线为基准，根据第一测距探头 4 在被测叶片 6 上方测得的数据描出各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片 6 背面型线；

b、绘制被测叶片 6 正面型线，先绘制水平线，以水平线为基准，根据第一测距探头 4 在被测叶片 6 下方测得的数据描出各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片 6 正面型线；

c、绘制被测叶片 6 头部型线，先绘制第二测距探头 5 的圆弧运动轨迹线，确定圆弧运动轨迹线的圆心，并过圆弧运动轨迹线的圆心绘制水平线，以圆弧运动轨迹线和其圆心为基准，根据第二测距探头 5 在被测叶片 6 头部测得的数据描出被测叶片 6 头部各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片 6 头部型线；

d、绘制被测叶片 6 尾部型线，先绘制第二测距探头 5 的圆弧运动轨迹线，确定圆弧运动轨迹线的圆心，并过圆弧运动轨迹线的圆心绘制水平线，以圆弧运动轨迹线和其圆心为基准，根据第二测距探头 5 在被测叶片 6 尾部测得的数据描出被测叶片 6 尾部各测量点位置，用光滑曲线连接各点得到被测叶片 6 尾部型线；

e、将各段型线上的公共测量点重合，得到完整的被测叶片 6 待检断面的型线。

[0029] 在其它实施例中，可在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时，在被测叶片 6 上方安装水平测量杆 1，在被测叶片 6 头部安装圆弧形测量架 2，完成背面型线区和头部型线区的测量后，将水平测量杆 1 安装于被测叶片 6 下方，将圆弧形测量架 2 安装于被测叶片 6 尾部，再完成正面型线区和尾部型线区的测量；

或者在进行所述步骤 1) 中的步骤 c 时，在被测叶片 6 下方安装水平测量杆 1，在被测叶片 6 尾部安装圆弧形测量架 2，完成正面型线区和尾部型线区的测量后，将水平测量杆 1 安装于被测叶片 6 上方，将圆弧形测量架 2 安装于被测叶片 6 头部，再完成背面型线区和头部型线区的测量。

[0030] 本发明的水轮机叶片叶型测量方法简单可靠、测量效率高、测量精度高，对测量数据的处理非常方便，便于推广应用。

[0031] 上述只是本发明的较佳实施例，并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上，然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围的情况下，都可利用上述揭示的技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均应落在本发明技术方案保护的范围内。

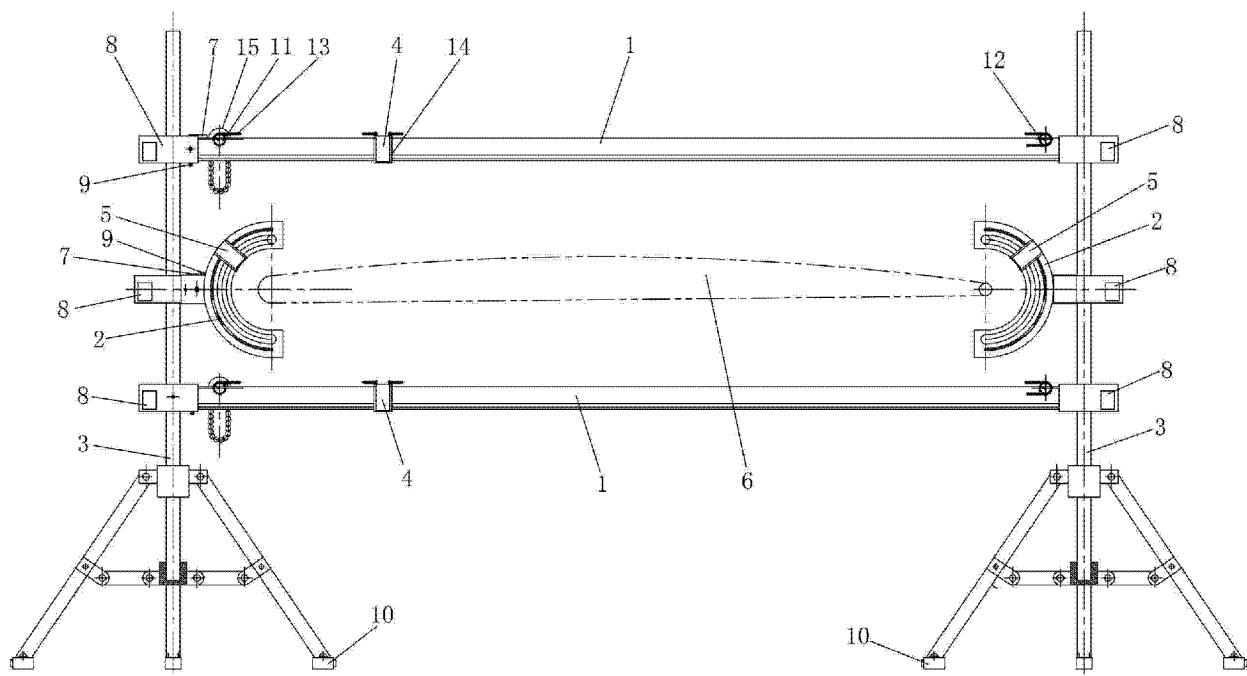


图 1

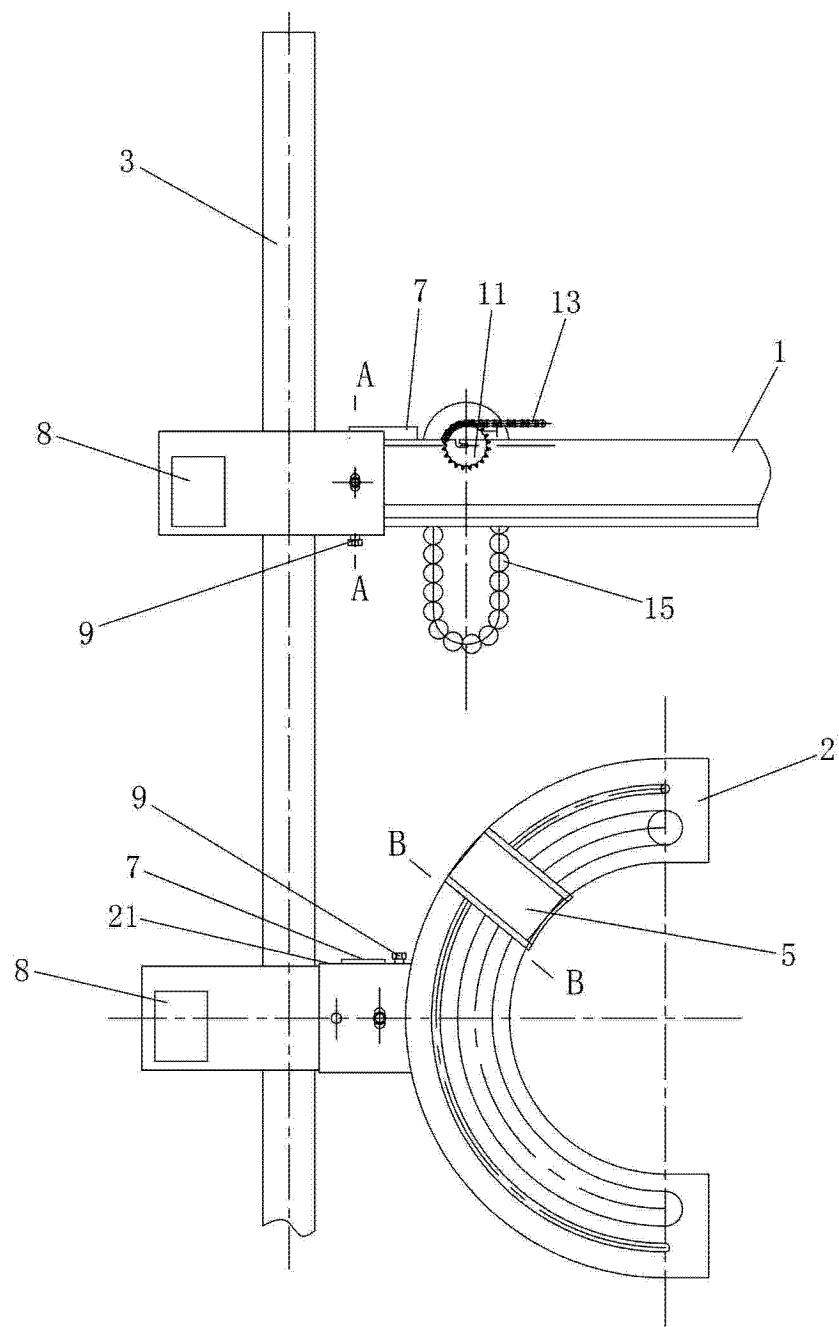


图 2

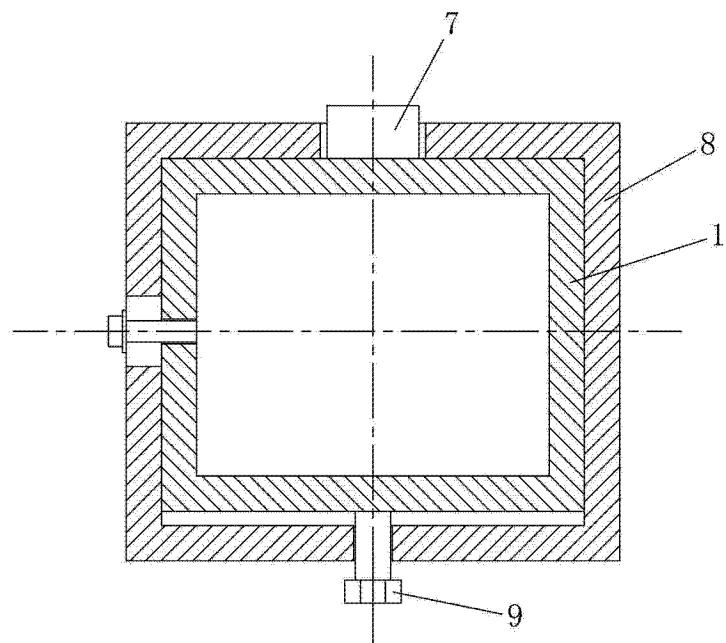


图 3

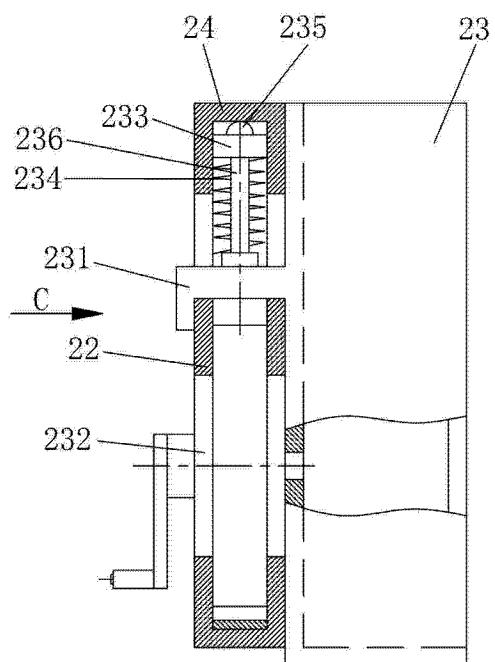


图 4

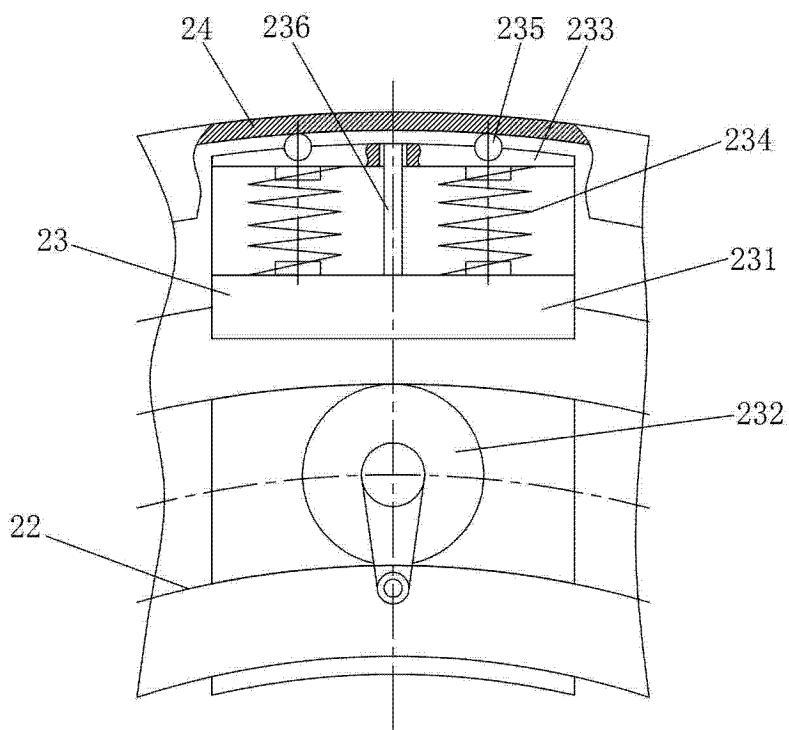


图 5

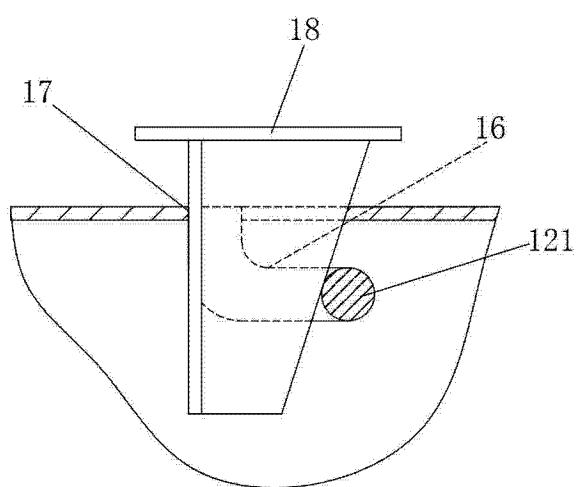


图 6

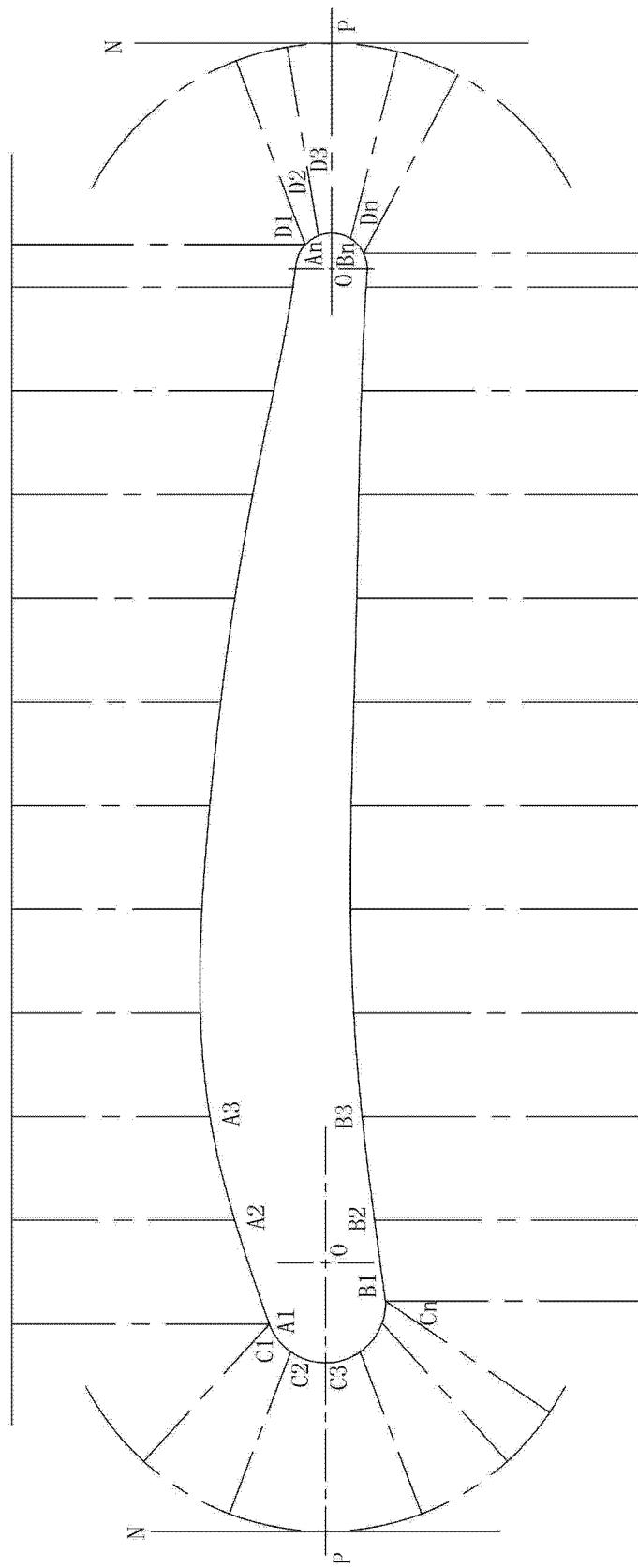


图 7