

ICS 91. 080. 10

P 26

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 580—2012

水工金属结构三维坐标 测量技术规程

**Directives for three-dimensional coordinate
measurement of hydro steel structure**

2012-10-19 发布

2013-01-19 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部
关于批准发布水利行业标准的公告

2012 年第 64 号

中华人民共和国水利部批准《水工金属结构三维坐标测量技术规程》（SL 580—2012）标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工金属结构三维坐标测量技术规程	SL 580—2012		2012.10.19	2013.1.19

水利部
2012 年 10 月 19 日

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
4.1 系统配置	2
4.2 系统精度	3
4.3 测量条件	3
5 基本测量方法	3
5.1 测量方案	3
5.2 尺寸测量	4
5.3 形状和位置误差测量	4
附录 A (规范性附录) 系统坐标测量不确定度评定方法	6
附录 B (规范性附录) 系统长度测量的实验标准差评定方法	7

SL 580—2012

前 言

本标准是依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。标准中规定了电子经纬仪/全站仪三维坐标测量技术用于水工金属结构检测的基本要求和方法。

本标准为全文推荐。

本标准由水利部综合事业局提出。

本标准由水利部综合事业局归口并解释。

本标准起草单位：水利部水工金属结构质量检验检测中心。

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社。

本标准主要起草人：毋新房、黄桂平、薛志宏、孟庆奎、张亚军、梅燕、李东明、方超群、王翠萍、董小涛、王华。

本标准审查会议技术负责人：何文垣、李广云。

本标准体例格式审查人：徐海峰。

水工金属结构三维坐标测量技术规程

1 范围

本标准规定了电子经纬仪/全站仪三维坐标测量技术用于水工金属结构检测的基本要求和检测方法。

本标准适用于闸门、启闭机、压力钢管、拦污栅、清污机、升船机等水工金属结构产品的检测，水利水电工程其他产品检测可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJG 100 全站型电子速测仪检定规程

JJG 703 光电测距仪检定规程

3 术语和定义

JJF 1001—1998 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电子经纬仪/全站仪三维坐标测量系统 **electronic theodolites/total station three - dimensional coordinate survey system**

由电子经纬仪/全站仪、计算机、测量软件及相应附件组成，利用角度交会法或空间极坐标法获取被测点三维坐标，进而实现被测对象几何元素的解算。

3.2

测量标志 **measurement target**

测量中便于电子经纬仪/全站仪照准的目标。

3.3

测量工装 **measurement tooling target**

为实现对难以直接观测的目标的测量而制作的辅助装置。

3.4

基准尺 **scale bar**

两端标志点间长度经过高精度标定的长度基准，通常采用碳纤维等膨胀系数较小的材料制成。

3.5

多通道数据接口设备 **multi - ports data communication device**

实现多台电子经纬仪/全站仪与计算机间的数据传输，并能对主机供电的接口设备。

3.6

测量坐标系 **measurement coordinate system**

测量坐标系采用右手空间直角坐标系。

采用单台全站仪的测量系统，坐标系原点位于仪器轴系中心，水平度盘零方向为 X 轴正向，仪器垂直轴为 Z 轴方向，天顶方向为正，根据右手法则确定 Y 轴。

采用两台或多台经纬仪/全站仪的测量系统，第一台仪器的轴系中心为坐标系原点，第一台仪器中心指向第二台仪器中心的连线在水平面内的投影为 X 轴正向，过第一台仪器中心的铅垂线为 Z 轴，天顶方向为正，按照右手法则确定 Y 轴。

SL 580—2012

3.7

定向解算 orientation solution

通过测站点三维控制网数据处理，确定系统内各电子经纬仪/全站仪在测量坐标系下的位置的过程，包含相对定向解算和绝对定向解算。

相对定向解算是确定两台或多台电子经纬仪/全站仪之间的相互方位关系的过程。

绝对定向解算是确定三维坐标测量系统的尺度基准的过程。

3.8

定向点 orientation point

搬站测量时，为实现搬站前后坐标系的统一而设置的固定测量标志。

3.9

[测量结果的] 重复性 repeatability [of results of measurements]

在相同测量条件下，对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性。

注1：这些条件称为重复性条件。

注2：重复性条件包括：

- 相同的测量程序；
- 相同的观测者；
- 在相同的条件下使用相同的测量仪器；
- 相同地点；
- 在短时间内重复测量。

注3：重复性可以用测量结果的分散性定量地表示。

[JJF 1001—1998，定义 5.6]

3.10

测量准确度 accuracy of measurement

测量结果与被测量真值之间的一致程度。

注1：不要用术语精密度代替准确度。

注2：准确度是一个定性概念。

[JJF 1001—1998，定义 5.5]

3.11

测量不确定度 uncertainty of measurement

表征合理地赋予被测量之值的分散性，与测量结果相联系的参数。

注1：此参数可以是诸如标准偏差或其倍数，或说明了置信水准的区间的半宽度。

注2：测量不确定度由多个分量组成。其中一些分量可用测量列结果的统计分布估算，并用实验标准偏差表征；另一些分量则可用基于经验或其他信息的假定概率分布估算，也可用标准偏差表征。

注3：测量结果应理解为被测量之值的最佳估计，而所有的不确定度分量均贡献给了分散性，包括那些由系统效应引起的（如，与修正值和参考测量标准有关的）分量。

[JJF 1001—1998，定义 5.9]

3.12

标准不确定度 standard uncertainty

以标准偏差表示的测量不确定度。

[JJF 1001—1998，定义 5.10]

4 基本要求

4.1 系统配置

4.1.1 电子经纬仪/全站仪三维坐标测量系统的主机可采用单台全站仪，也可采用两台或两台以上的

电子经纬仪，或者由电子经纬仪和全站仪混合组成。按主机数量的不同，系统分为单机、双机和多机三种形式。按主机型式的不同，系统分为经纬仪测量系统、全站仪测量系统和经纬仪/全站仪混合测量系统。

4.1.2 电子经纬仪标称测角标准偏差应不大于 $1''$ ，按 JJG 100 检定的测角系统性能指标应不低于 I 级要求。

4.1.3 全站仪测角系统性能指标应符合 4.1.2 的规定。按 JJG 703 检定的测距系统性能指标应符合中、短程测距仪 I 级要求，且特定项目还应符合：加常数不大于 0.5mm，分辨力不大于 0.2mm，近距离测距标准差不大于 0.5mm。

4.1.4 电子经纬仪/全站仪三维坐标测量系统使用的测量软件应经过测试和验证，其基本功能应包括：建立测量坐标系、解算被测点三维坐标以及几何元素的拟合与计算。

4.1.5 系统配置的测量附件应包括测量标志、测量工装、基准尺、多通道数据接口设备及数据线。基准尺测量准确度应不低于 0.01mm。

4.1.6 电子经纬仪、全站仪和基准尺应定期检定。

4.2 系统精度

4.2.1 系统测量精度应采用坐标测量不确定度和长度测量的实验标准差进行定期核查和评定。评定方法见附录 A 和附录 B。经纬仪系统的精度优于 0.1mm 为合格，全站仪系统的精度优于 0.5mm 为合格。当任一种方法的评定结果超出系统精度要求时，均应查找原因，排除故障并重新评定合格后方可使用。

4.2.2 采用双机或多机系统测量时，系统定向解算标准差应不大于 0.1mm，否则应重新进行定向。

4.2.3 测量前，应在测量现场用基准尺校验仪器，本次测量后在现场再校验一次。如有异常，本次测量无效，分析原因，问题解决后再重复测量。

4.3 测量条件

4.3.1 测量前应通过现场勘察制定测量方案。测量方案中应明确测站位置及选用的测量标志和测量工装。

4.3.2 测站位置应平整、稳定，便于人员操作。

4.3.3 测量标志和测量工装的选择应满足下述要求：采用全站仪测量系统时，反射片法线与仪器观测视线夹角不宜大于 45° ；采用经纬仪测量系统时，两仪器观测视线交会角不宜超出 $30^\circ\sim 150^\circ$ 的范围。

4.3.4 被测工件表面测点部位应清理干净，不应有油污、灰尘、焊疤及焊接飞溅。

4.3.5 测量现场气象条件应适于电子经纬仪/全站仪的观测，照明条件良好，测量标志在望远镜中成像应清晰稳定。测量工作在室外进行时，应避免强烈日光直接照射仪器。

4.3.6 测量前，应将仪器目镜十字丝调节清晰，并精确整平仪器，测量过程中不应再次调整仪器。

4.3.7 测量过程中应由同一人员操作同一仪器完成全部观测工作。

4.3.8 搬站测量时，应至少设置 4 个定向点。定向点的空间位置分布应合理，不应处于同一直线或同一平面内，也不应处于同一象限区。

4.3.9 测量标志和测量工装在测量过程中应保持稳定。

5 基本测量方法

5.1 测量方案

测量方案应考虑下述因素进行确定：

SL 580—2012

- a) 应优先采用一次设站能够完成全部观测的测量方案。当一次设站不能完成全部目标点的观测，或观测角度不符合 4.3.3 的要求时，可选择多机联合测量或搬站测量。
- b) 所测项目公差或允差小于 1mm 时，宜采用角度交会测量方法。

5.2 尺寸测量

5.2.1 采用电子经纬仪/全站仪三维坐标测量系统测量水工金属结构的相关尺寸数据时，应在检测记录中明确标注测量场地的环境温度及日照状况，必要时，还应记录产品的表面温度。

5.2.2 采用测量标志时，应采取措施，使测量标志的中心与被测点重合。采用测量工装时，工装上的标志中心应与被测点有清晰、准确的几何关系，并应采取措施，避免工装安置不当带来的测量误差。

5.2.3 在厂内测量产品整体组装的数据时，应先测得产品的基准点和基准线，然后再进行其他项目参数的测量。

5.2.4 测量产品外形尺寸时，应考虑到温度对工件尺寸的影响。有配合关系的尺寸，宜在相同或相近的温度条件下进行测量。

5.2.5 在安装工地测量产品安装数据时，应根据安装基准先测得安装现场的高程控制点、里程控制点和安装中心线，然后再进行其他项目参数的测量。

5.3 形状和位置误差测量

5.3.1 测量直线度时，在被测要素上布置测点应遵循下述原则：

- a) 被测要素的两端和中间部位应布置测点。
- b) 任意两个相邻测点间的距离不应大于 1m。
- c) 总测点数不应少于 5 点。
- d) 测点在被测要素表面应沿直线布置，测点侧向偏差不应影响测量结果造成影响。

5.3.2 测量平面度时，在被测平面上布置测点应遵循下述原则：

- a) 测点应均匀、分散，不应将全部测点布置在近似直线的区域内。
- b) 在连续平面内，任意两个相邻测点间的距离不应大于 1m。
- c) 矩形平面和圆形平面的测点布置示例见图 1 和图 2，图中测线间距和数量根据被测平面的尺寸确定，但各方向测线数量至少应为 3 条。

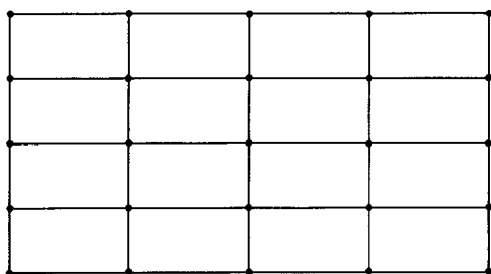


图 1 矩形平面测点布置示例图

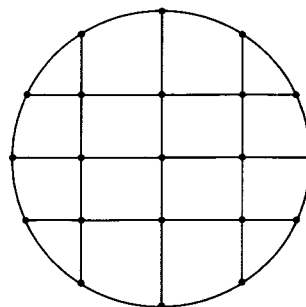


图 2 圆形平面测点布置示例图

- d) 测量压力钢管管口平面度时，至少应在管口圆周上对称均布 8 个测点，且相邻测点的距离不应大于 0.5m。
- e) 测量两个或多个工件所组成平面的平面度时，每个工件表面至少应布置 3 个测点。

5.3.3 测量垂直度时，测点布置应遵循下述原则：

- a) 测点应布置在基准边和被测边的端点。

b) 基准边和被测边端点上的共 4 个测点应位于构件的同一截面。

c) 测点应避免局部变形区。

5.3.4 测量扭曲时，测点应布置在工件四角有腹板或肋板支撑的部位。没有支撑时，测点应避开局部变形区。

5.3.5 测量弧形闸门面板或侧轨的曲率半径时，不应通过弧形构件上若干测点圆拟合的方式求解曲率半径，应以设定的圆心为基准，在弧形构件上至少每米测量一点至设定圆心的距离，通过该距离与设计曲率半径值的比对，对弧形闸门面板或侧轨的曲率半径进行评定。

5.3.6 采用圆拟合的方法测量圆心位置时，至少应在圆周上按“米”字形对称均布 8 个测点。

5.3.7 测量弧形闸门组装后两铰链轴孔同轴度时，应分别测出弧门的理想轴线位置以及各铰链轴孔端面圆心的位置，然后解算各端面圆心在任意方向对理想轴线的偏差，最大的偏差值乘以 2 即为两铰链轴孔同轴度。

附录 A
(规范性附录)

系统坐标测量不确定度评定方法

在重复性条件下，建立系统，对 5m 范围内的 m 个测量目标连续进行 n 次重复测量。每点每次测量值的点位改正数为 V_{ij} ， i 表示点号， $i=1\sim m$ ， j 表示测量次数， $j=1\sim n$ 。 X_{ij} 、 Y_{ij} 、 Z_{ij} 为每点每次测量的坐标值， V_{Xij} 、 V_{Yij} 、 V_{Zij} 为 X_{ij} 、 Y_{ij} 、 Z_{ij} 的改正数。

$$V_{Xij} = X_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$V_{Yij} = Y_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n Y_{ij}}{n} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$V_{Zij} = Z_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n Z_{ij}}{n} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$V_{ij} = \sqrt{V_{Xij}^2 + V_{Yij}^2 + V_{Zij}^2} \dots\dots\dots (A.4)$$

坐标测量标准不确定度：

$$u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij}^2}{m(n-1)}} \dots\dots\dots (A.5)$$

附录 B
(规范性附录)

系统长度测量的实验标准差评定方法

在重复性条件下，建立系统，对 5m 范围内的 m 个长度基准连续进行测量。每个长度基准为 L_i ，测量值为 l_i ， $i=1\sim m$ ，改正值为：

$$V_i = L_i - l_i \dots\dots\dots (B.1)$$

长度测量的实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m V_i^2}{m-1}} \dots\dots\dots (B.2)$$
