

西安市辋川河引水李家河水库大坝平安监测工程

大坝平安监测报告

西北综合勘察设计研究院

西安市李家河水库大坝平安监测工程工程部

二零一四年七月

审定：席春平

张平安

编写：周立功

参加人员：张平安 李蓬涛 张文雅

目录

1 工程概况	3
2 工程投标	3
3 监测布置、内容变更、总进度和完成的主要工程量	4
3.1 平安监测概况及布置	4
环境量监测	4
温度监测	5
位移监测	5
应力应变监测	6
渗流渗压监测	6
坝区边坡监测	7
3.2 工程实施过程中的内容变更	7
3.3 施工总进度和完成的主要工程量	7
4 主要施工过程及方法	10
4.1 主要依据及标准	10
4.2 施工准备	11
工程部的成立	11
工程部人员进场	13
4.3 设备的采购、验收及率定	13
监测仪器的采购和验收	13
仪器设备的检验和率定	14
监测仪器设备检验的一般要求	14
力学性能检验	15
仪器系数和最小读数检验	20
防水密封性能检验	22
温度性能检验	23
仪器检验目的和原那么	24

4.4 监测仪器的埋设、安装调试及相关土建 24

变形监测监测仪器的安装 24

倒垂线的安装 24

正垂线的安装 25

静力水准仪的安装 26

测斜管的安装 26

多点岩石变位计的安装 27

双金属管标的安装 28

变形监测点标墩 28

水准测点 29

测缝计 29

渗流监测仪器设备的安装埋设要求 30

测压管的制作和埋设 30

渗压计的埋设 31

量水堰 31

应力应变和温度监测 32

应变计组和无应力计 32

温度计 33

集线箱 33

电缆连接和跨缝保护 33

电缆连接 34

电缆敷设 34

电缆过缝 34

监测孔钻孔和土建 35

监测孔钻孔技术要点 35

钻孔回填 35

土建工作 36

4.5 施工方法及过程 37

施工技术要点 37

大坝监测群监测施工 37

边坡群监测施工 37

4.6 系统防雷方案 37

避雷针 37

防雷地网 38

接地体制作 38

接地体施工 38

电源系统及防雷 38

5 大坝平安监测结论 38

6 施工质量管理与质量控制 41

6.1 质量及控制管理原那么 41

6.2 质量管理及保证体系 41

质量管理体系 41

6.3 进度保证措施 42

管理措施 42

技术措施	42
6.4 单元工程质量验收评定	42
7 文明施工与平安管理	43
7.1 平安生产	43
7.2 文明施工	44
8 价款结算与财务管理	45
8.1 价款结算	45
8.2 财务管理	45
9 建议	45
10 附件	46
10.1 施工管理机构设置及主要工作人员情况	46
10.2 投入资源	47
10.3 工程施工大事记	48

1 工程概况

西安市辋川河引水李家河水库工程位于西安市蓝田县，是解决西安市东部用水紧张的骨干供水工程之一，工程由水库枢纽和输水渠道两大局部组成。水库枢纽距西安市约 68km，距蓝田县城 23km。

李家河水库工程总库容为 5260 万 m³，调节库容为 4400 万 m³，供水设计流量为 3.15m³/s，多年平均供水量 7230 万 m³，电站装机容量 4800kW。本工程水库枢纽和供水渠道属Ⅲ等中型工程，主要建筑物拦河大坝、泄水建筑物、引水建筑物和供水渠道按 3 级设计，次要建筑物按 4 级设计，电站及临时建筑物按 5 级设计。拦河坝坝型为碾压混凝土拱坝，坝项高程 884m，最大坝高 98.5m，设计洪水标准为 50 年一遇，相应洪峰流量为 9900m³/s，校核洪水标准为 500 年一遇，相应洪峰流量为 1152m³/s。水库正常蓄水位 880.0m，死水位 839.0m，设计洪水位 880.0m，校核洪水位 881.29m。

拦河坝为碾压混凝土抛物线双曲拱坝，最大坝高 98.5m，坝顶弧长 351.71m，泄洪表孔布设在坝顶中部的河床段，表孔采用单孔，堰顶高程 872.0m，泄洪底孔紧临溢洪表孔的左侧布置，进口高程 828.00m，引水洞布置在大坝左岸，进口位于坝址上游约 0.5km 处，出口位于坝址下游约 1 km 的李家河村，洞线平面投影长 946.35m。引水洞出口水流程经连接箱涵进入电站尾水与引水洞交汇段，流入输水干渠。电站位于李家河村，厂房采用单层地面厂房，厂房纵轴线平行于河道布置；开关室位于主厂房左侧；主变压器露天布置。

1 工程投标

本工程于 2011 年 7 月由西安市辋川河引水李家河水库工程建设管理处通过招标方式确定西北综合勘察设计研究院为该工程的承包商，并承当本工程施工。

工程于 2011 年 8 月 20 日开工，2011 年 8 月 23 日大坝外部变形监测开始施工，2011 年 9 月 20 日随着碾压砼拱坝根底垫层砼浇筑开始，进行大坝内部监测仪器埋设安装施工，2014 年 7 月 12 日完成大坝内部监测仪器的埋设与安装施工。

2 监测布置、内容变更、总进度和完成的主要工程量

2.1 平安监测概况及布置

监测工程包括巡视检查和仪器监测。

巡视检查包括施工期和运行期的巡视检查，在施工期主要对坝区的边坡稳定和坝体混凝土有无裂缝等外表现象进行检查；运行期主要为初期蓄水大坝有无异常、坝肩和坝基渗漏、边坡有无滑移征兆等现象进行的巡视检查。仪器监测工程包括平面边角控制网、水准网、大坝变形、渗流渗压、坝体应力、坝体、坝基温度、环境量及边坡监测等。

本工程监测工程见下表 1-1：

表 1-1 枢纽工程监测部位及工程表

部位	监测类型	项 目	内 容
枢纽	巡视检查		坝体有无裂缝、坝肩和坝基渗漏及边坡滑动等
大坝	变形	水平位移	坝体、坝基位移
		竖向位移	
		倾斜	坝体、坝基倾斜
		裂缝	接触缝、诱导缝、横缝开合度
	渗流	渗漏量	坝基渗漏
		扬压力	根底扬压力、帷幕后渗透压力
		绕坝渗流	绕坝渗流渗压
	应力应变及温度	应力应变	坝体混凝土的应力应变
		温度	混凝土温度及坝基温度
	环境量	上下游水位	上下游水位
		气温	库区气温
		降雨量	降雨量
		库水温	库水温
		输水量	输入汇流池的水量
边坡	变形	内部变形	岩体相对位移
		外表变形	水平及垂直位移

1.1.1 环境量监测

环境量监测包括坝区气温、降水量、上下游水位、库水温及输水量等工程。

气温和降水量：在左坝肩下游面建造观测房，观测房附近布设一个百叶箱，内设置一套自计温度计，进行坝区气温监测；同时也设置一套自计雨量计，监测坝区降水量。

库水温：在拱冠监测断面距上游坝面 10cm 处埋设一组温度计监测混凝土上游坝面温度，同时也可以作为水库水温的测点。

水位：坝上游水位采用人工水尺和遥测水位计两种方法监测，以相互校核和检验，在表孔坝段和挡水坝段的上游面布设水尺和遥测水位计各 2 个，观测上游的水位变化；在表孔坝段下游面设置 1 个人工水尺，以监测下游的水位变化。

输水量：输入汇流池的输水量主要通过水轮机尾水出口及针阀出口分别布设的测流仪进行输水量的监测。监测数据传入电站中控室，采用监测数据分析及管理软件，对其数据进行分析及管理（水轮机及针阀自带测流仪）。

1.1.2 温度监测

温度监测内容包括：坝面温度、坝体混凝土温度和坝基温度。选择拱冠和左、右 1/4 拱附近布置 3 个温度监测断面，在表孔常态混凝土布置一个监测断面。

坝面温度：在距上游坝面 10cm 的坝体混凝土内沿高程布置坝面温度计，间距为 7.5m～15m。该外表温度计在蓄水后可作为坝前库水温度计。

坝体温度：自上而下间隔 15 米布置坝体温度测点，断面测点根本上以网络状布置，间距为 7.5m。在表孔常态混凝土布置 10 支温度计，监测该部位混凝土的温度变化。

坝基温度：监测不单独布设测点，利用根底渗压计、测缝计和岩石变位计的测温功能兼测坝基温度。

1.1.3 位移监测

（1）水平位移

根据本工程坝体结构布置情况，采用平面控制网和垂线法来监测坝体的水平位移，在拱冠及左、右 1/4 拱处各设置一组（共 3 组）正倒垂系统；在左右坝肩各设置一条正倒垂系统，正、倒垂线在监测廊道内相联结；同时在坝区设置平面控制网也可测坝体的水平位移，同时也可对垂线进行校对。

（2）竖向位移

采用静力水准法测量坝体和根底的竖向位移，坝顶设置 7 个水准测点，坝体两层廊道共设置 13 个测点，监测坝体及根底的竖向位移。水准基准点（I 等精度）拟设于距坝址下游约 1 公里处，基准点设置钢管标，并与蓝田县内的国家水准点相连，进行校测。用 I 等测量方法将水准引到坝顶和坝体廊道高程附近，在稳定的基岩上设置工作基点，共 6 个工作基点。同时利用两岸正倒垂系统结合双金属标也可作为水准基准点，对坝顶水准点进行监测，两套系统可相互校核。

（3）坝基倾斜

选择在 802.5m 高程的沿廊道内布置 1 套精力水准系统，共 6 个测点监测坝基倾斜。

（4）接缝监测：

为了检验诱导缝的效果，在 4 条诱导缝和 2 条横缝布置测缝计，每个高程每条缝间布置 1~2 支；为了解坝肩与两岸基岩连接的接触在不同条件下的开合变化及根底基岩深部位移变化。在建基面上沿建基面开挖中心线布置 7 支裂缝计和 7 支多点位移计；为监测坝踵深处坝基的变位情况，在拱冠梁及左、右 1/4 拱断面处，每个断面布设 2 套岩石变位计；为监测坝基混凝土与基岩的结合情况，在拱冠梁及左、右 1/4 拱断面根底布置测缝计处，每个断面布设 3~4 支测缝计。

1.1.4 应力应变监测

应力应变：选择拱冠和左、右 1/4 拱附近布置 3 个监测断面。测点布置五向应变计组；每组应变计组旁设无应力计一支。

1.1.5 渗流渗压监测

（1）坝基扬压力

采用渗压计及测压管进行扬压力监测，设纵向断面一个，横向断面 3 个（大约在拱冠及左、右 1/4 拱处）。纵向断面测点设在帷幕灌浆与坝基排水孔之间，坝基共布置 15 支渗压计和 15 个测压管；802.5m 廊道共布置 11 支渗压计和 11 个测压管，843 廊道共布置 4 支渗压计和 4 个测

压管。错开布置，测压管分别深入根底开挖面及帷幕灌浆底高程，测该处的扬压力。坝基渗压力须在灌浆后挖坑埋设，测压管都采用钻孔埋设，孔底穿过原推测地下水位线 2~5m。

同时在根底断层混凝土回填部位，混凝土底部及断层接触处埋设渗压计，以监测断层处的扬压力，初步拟设 13 支渗压计。

〔2〕坝体扬压力

在拱冠断面的 843m 廊道和 802.5m 廊道各布置渗压计 3 支(位于上游坝面与廊道之间)，在左、右 1/4 拱处的 802.5m 廊道里各布置 3 支渗压计。

〔3〕渗流量

采用量水堰法监测坝基和坝体内的渗水量，在根底廊道集水井两侧各设置一个量水堰，分别测得左右坝体的渗水量。

〔4〕绕坝渗流

在左右岸各布置 9 个绕坝渗流孔，监测坝肩渗流量。左、右岸各布置 1 个断面。其中在两岸的帷幕灌浆前设 2 孔，帷幕灌浆后沿流线方向布置 7 个孔，测孔内安装渗压计遥测水位，同时也可以了解帷幕灌浆的效果。

1.1.6 坝区边坡监测

李家河水库左、右坝肩边坡为人工边坡及厂房后背边坡，左坝肩边坡高约 50 米，右坝肩高约 80 米，为保证边坡工程在施工期和运行期平安运行，对其进行平安监测。

左、右坝肩边坡分别设置 2 个监测断面。主要的监测工程：外表位移变形监测、钻孔深部位移，锚杆应力应变监测。厂房后背坡布置 3 个变形测点，进行外表位移监测。

〔1〕外表位移变形监测

两坝肩边坡外表位移分别布置 2 个监测断面，测点布置在边坡马道上，采用全站仪监测地表水平位移和地表垂直位移。

〔2〕钻孔深部位移：钻孔深部位移监测采用钻孔测斜仪法来测水平位移。钻孔轴向位移测量采用钻孔多点位移计。

1.2 工程实施过程中的内容变更

工程在实施过程中，对以下局部内容进行了适当变更：

1、在坝基根底垫层常态砼中增加温度计 3 支；

2、在 802.5 廊道增加坝基根底测压管 1 套；

3、在 821.5 高程 2#断面下游面 2 米处增加温度计 T1-2'、4#断面下游面 2 米处增加温度计 T3-2'；

4、在放水塔 884 平台上面增加位移与沉降监测墩 1 个；

5、增加平面基准点 P1 至 P8 合计 8 个。

1.3 施工总进度和完成的主要工程量

李家河水库大坝平安监测系统自开工以来，已根本完成内部观测仪器的埋设和局部外部观测仪器的埋设。已埋设的仪器情况统计见下表：

表 3-1 李家河水库大坝平安监测仪器完成的主要工程量

序号	工程名称	单位	合同工程量	图纸增加工程量	已完成工程量	尾留工程量	备注
一	大坝平安监测工程						
(一)	土建工程						
1	水准工作基点测墩（C25 混凝土，F150，单点钢筋混凝土量参考值为 0.6m ³ ，单点开挖量参考值为 0.8m ³ ）	个	8	0	5	3	
2	平面工作基点（C25 混凝土，F150，单点钢筋混凝土量参考值为 0.6m ³ ，单点开挖量参考值为 0.8m ³ 。）	个	6	0	5	1	
3	永久综合点测墩（C25 混凝土，F150，单点钢筋混凝土量参考值为 0.6m ³ ）	个	34	0	27	7	
4	坝体混凝土水准点	个	13	0	2	11	
5	变形监测网施工便道(开挖量参考值为 0.3m ³ /m，局部有台阶及钢筋护栏)	m	400	0	2511.4	0	
6	土石方回填	m ³	18	0	18	0	
7	石方明挖	m ³	100	0	100	0	
8	Φ219mm 钻孔（倒垂线、含回填灌浆）	m	300	0	0	300	
9	Φ109mm 钻孔（绕坝渗流测压管、含回填灌浆）	m	1000	800	1000	800	
10	Φ89mm 钻孔（坝基扬压力测压管、深孔渗压计、测缝计钻孔、含回填灌浆）	m	700	0	44.5	655.5	
11	Φ76mm 钻孔（温度计钻孔，浅孔渗压计、含回填灌浆）	m	80	0	57	23	
12	Φ150mm 钻孔（基岩变位计、含回填灌浆）	m	350	0	228	122	
13	Φ110mm 钻孔（多点位移计，测斜仪钻孔）	m	2035	0	1046	989	
14	现浇混凝土（C20、二级配）	m ³	12	0	0	12	
15	预埋 Φ312mm×6mm 无缝钢管（正垂线保护管）	m	330	0	0	330	
16	预埋 Φ211mm×5mm 无缝钢管（倒垂线保护管）	m	200	75.5	0	275.5	
17	Φ106mm×3mm 电缆保护无缝钢管	m	356	74	399.5	30.5	
18	Φ211mm×5mm 电缆保护无缝钢管	m	224	86	275.6	34.84	
19	钢筋制安	t	1	1.12	0	2.12	

20	耳洞铁大门〔定制或自制，面积约 6m ² 〕	扇	6	0	0	6	
(二)	大坝变形监测						
1	垂线系统						
1)	垂线坐标仪	台	17	5	0	22	
2)	正垂系统	套	5	0	0	5	
3)	倒垂系统	套	5	0	0	5	
2	竖向位移						
1)	全站仪	台	1	0	1	0	
2)	水准仪	台	1	0	1	0	
3)	水准标	个	67	0	35	32	
4)	强制对中基座	个	60	0	45	15	
5)	反光棱镜	个	5	0	5	0	
6)	双金属标	套	2	2	0	4	
7)	双金属标仪	台	2	2	0	4	
3	静力水准系统						
1)	静力水准系统〔含连通管、保护箱等〕	套	1	0	0	1	
4	其他变形						
1)	测缝计	支	69	63	132	0	
2)	基岩变位计	套	10	0	6	0	
3)	多点位移计	套	25	0	17	6	
4)	活动式测斜仪	套	2	0	0	2	
(三)	大坝渗流监测						
1	渗压计	支	46	23	36	33	
2	测压管	套	33	0	0	33	
3	量水堰						
1)	堰流计	支	6	2	0	8	
2)	量水堰堰板	块	6	2	0	8	
(四)	应力应变及温度监测						
1	应力应变						
1)	五向应变计	套	46	0	44	0	
2)	无应力计	支	46	0	44	0	
2	温度监测						
3)	温度计	支	66	17	83	0	
(五)	环境量监测						
1	百叶箱	个	1	0	0	1	
2	自计温度计	台	1	0	1	0	
3	自计雨量计	台	1	0	1	0	
4	遥测水位计	支	2	0	0	2	
5	人工水尺	组	3	0	0	3	
(六)	其它						
1	电缆	km	15	5	20.52	0	

2	RS-485 总线	km	8	0	0	8	
3	集线箱(32 接口)	台	15	20	18	17	
4	便携式读数仪	台	2	0	2	0	
二	二次自动控制系统设备						
1	测控单元(MCU) (16 接口)	套	28	0	22	8	
2	数据库效劳器	台	1	0	0	1	
3	以太网交换机	台	1	0	0	1	
4	计算机	台	1	0	0	1	
5	笔记本电脑	本	1	0	0	1	
6	激光打印机	台	1	0	0	1	
7	不间断电源 (UPS) (500W)	台	1	0	0	1	
三	监测自动化控制系统软件						
1	数据采集软件	套	1	0	0	1	
2	监控管理软件	套	1	0	0	1	
3	监测资料分析软件	套	1	0	0	1	
四	其他工程						
1	施工期监测	项	1	0	62.8%	37.2%	
2	三角控制网量测	项	1	0	72.0%	28%	
3	水准控制网量测	项	1	0	60.9%	39.1%	
4	施工期监测设施维护管理	项	1	0	70.0%	30%	
五	预埋 $\Phi 350\text{mm} \times 6\text{mm}$ 正垂线 OPVC 管	米	0	204.5	204.5	0	
1	ABS 测斜管 ($\Phi 70\text{mm}$)	米	0	650	400	250	
2	PVC 竖向通信管 ($\Phi 110\text{mm}$)	米	0	204.5	204.5	0	
3	镀锌钢管 ($\Phi 50\text{mm}$)	米	0	4000	1435.2	2564.8	
4	WL-60 压应力计	台	0	12	12	0	
5	钢筋混凝土	m ³	0	24.5	50.45	0	
6	钢管标	套	0	1	1	0	
7	三等三维导线布设(1.16km)	元	0	1	1	0	
8	平面基准点	个	0	8	8	0	

2 主要施工过程及方法

2.1 主要依据及标准

李家河水库大坝平安监测工程主要依据以下标准文件及标准：

《混凝土坝平安监测技术标准》DL/T5178-2003

《国家一、二等水准测量标准》GB/T12897—2006

《国家三角测量标准》GB/T 17942—2000

《水位观测标准》GBJ 138—1990

《国家三、四等水准测量标准》GB12898—1991

《大坝平安自动监测系统设备根本技术条件》SL 268—2001

《水利水电工程岩石试验规程》SL 264—2001

《水电水利工程岩体观测规程》DL/T 5006—2007

《混凝土坝平安监测资料整编规程》DL/T 5209—2005

《水利水电工程施工测量标准》DL 52—1993

其它相关的有关规程标准及国际标准

2.2 施工准备

2.2.1 工程部的成立

工程合同签订后，我院为质保期完成任务，调集了院多年从事大坝平安监测工程的工程技术人员，成立了西北综合勘察设计院西安市李家河水库大坝平安监测工程工程部，工程部组织机构图如图 4-1 所示：

图 4-1 组织机构图

表 4-1 工程部主要人员表

序号	姓名	职责范围	联系	备注
1	邱晓博	院工程负责人		
2	刘广盈	院技术负责人		
3	席春平	现场工程负责人		
4	张平安	现场技术负责人		
5	张文雅	测量组		
6	李建涛	仪器埋设组		
7	魏兵省	质量平安组		
8	陆雨	综合管理组		

2.2.2 工程部人员进场

工程合同签订后，施工人员立即进入施工现场，进行现场测量和市场调研，做好土建施工与仪器埋设安装的准备。

2.3 设备的采购、验收及率定

工程合同签订后，工程部仪器采购人员根据合同文件及时订购工程所需仪器仪表，并组织相关人员进行检验。

2.3.1 监测仪器的采购和验收

(1)、采购和运输

按工程进度方案的要求，分阶段进行采购。除首批仪器外，其余监测工程设备在采购合同签订前 21 天向监理人报送拟采购的仪器设备及其附件的详细资料，经监理人批准后进行采购。

我方向监理人提交的仪器设备资料包括：

- 1) 制造厂家名称及地址；
- 2) 仪器使用说明书；
- 3) 仪器型号、规格、技术参数及工作原理〔包括数据采集装置〕；
- 4) 测量方法、精度和范围；
- 5) 测试和率定程序；
- 6) 仪器设备安装方法及技术规程；
- 7) 安装后的测试和检验程序；
- 8) 安装期间的读数和其他要记录的数据；
- 9) 仪器和读数设备的定期检验、校正和率定方法；
- 10) 监测数据处理方法；
- 11) 维修的要求和程序；
- 12) 故障检查和维修指南；
- 13) 原装进口监测仪器设备的报关单复印件；
- 14) 厂家的监测仪器设备产品介绍书；

(2)、运输和保管

要求仪器设备生产厂家采取有效可靠的防护措施，保证仪器的平安运输，仪器平稳放置，防止挤压、撞击或剧烈颠簸、振动。

在工地现场建立专用仓库妥善存放监测仪器设备和电缆，库内保持清洁、枯燥，并由专人管理。

(3)、到货检查和验收

根据规程、标准和技术条款要求，编制监测仪器设备到货检查、验收方案，制订验收实施细则那么。建立监测仪器设备到货验收卡片，逐支、逐台详细登记验收内容。

监测仪器到货后三天内会同监理人进行检查、验收。检查合格后，经验收各方签字方可入库保管；不合格的做好标记和登记并退回厂家更换。

检查、验收内容包括：

仪器设备的型号、规格、数量、量程等应与设计、订货单一致。

仪器设备出厂技术资料必须齐全，包括出厂合格证、仪器使用说明书、仪器型号、规格和技术参数、仪器工作原理和计算方法。

配套设备和零件须齐全。

对仪器设备作外观检查：仪器设备外部不许有损伤痕迹或锈斑；仪器设备必须是未经使用过的全新产品；传感器的引出电缆要完好无损，不可有损伤，检查时用万用表检测仪器的线路不可断线，也不可短路。

绝缘性检查：用兆欧表检查仪器的绝缘性能，要求绝缘电阻大于 200 兆欧。

用读数仪粗测一下，要求读数正常。

2.3.2 仪器设备的检验和率定

2.3.2.1 监测仪器设备检验的一般要求

监测仪器大多在隐蔽的工作环境中长期运行，仪器一旦安装埋设之后，一般很难进行更换，因此，对将埋设的仪器，必须进行全面的检验和率定，以确保仪器性能的长期稳定。

现场建立专供仪器设备检验率定的实验室，装备空调、抽湿机、气压计、温度计、湿度计和相应的检验率定设备（详见检验率定设备清单）。

设立专职检验员，负责仪器设备的检验工作。

建立仪器设备检验技术卡片，记录各项检验指标，并将检验结果建立数据库，成为永久性技术档案。

检验时应有监理人在场。检验 7 天内，由检验人向监理人提交检验报告，双方签字生效。检验不合格的产品作好标识和记录并退回厂家更换。

检验工程包括力学性能、仪器参数、防水密封性能和湿度等。

2.3.2.2 力学性能检验

2.3.2.2.1 检验条件和考前须知

参比工作条件：环境温度 10~30℃，试验时环境温度保持稳定；环境相对湿度大于 80%。

检验前将仪器在参比工作条件下预先置放 24 小时以上。检验前，在量测范围上、下限值的 1.2 倍内预先拉压、循环三次以上，直至测值稳定。检验分档测量数为 6~10 点，根据仪器量程在现场决定。

2.3.2.2.2 差动电阻式仪器的检验

差动电阻式仪器力学性能检验包括端基线性度、回差、重复性误差和最小读数等工程。

检验时先将仪器下行至下限值，量测电阻比后，逐档上行，每档测试，全量程共测得 m 个电阻比后向下行，逐档测试，同样测得 m 个电阻比。共作三次循环。

(1) 各点总平均值：

式中 $i = 0, 1, \dots, n-1$ ；

$(Z_u)_i$ — 上行第 i 档测点电阻比测值的平均值；

$(Z_d)_i$ — 下行第 i 档测点夹电阻比测值的平均值。

(2) 各档测点的理论值：

式中 ΔZ — 量程上下限六次电阻测值的平均值之差。

(3) 各测点电阻比测值的偏差：

$$\delta_i = (Z_u)_i - (Z_t)_i$$

(4) 仪器端基线性度误差：

式中 Δ — 取 δ_i 的最大值

(5) 回差：

式中 Δ_2 — 每一循环中各测点上行及下行两个电阻比测值之间的差值，取最大值。

(6) 重复性误差：

式中 Δ_3 — 三次循环中各测点上行及下行的各自三个电阻比测值之间的差值，取其最大值。

力学性能检验的各项误差，其绝对值不得大于表 4—5 中的规定。

差动电阻式仪器力学性能检验限差

项 目	α_1	α_2	α_3
-----	------------	------------	------------

限差 (%)	2	1	0.5
--------	---	---	-----

2.3.2.2.3 检验方法和设备

1、应变计、无应力计

主要设备：大小校正仪各一台，零级千分表一只（最小刻度为 1u），数字式电桥一台。

率定方法：

- （1）率定前测量自由状态下的电阻、电阻比，记入记录表格。
- （2）将传感器装入校正仪的夹头中，保持中心受力状态。（应变计用大校正仪，钢板应力计用小校正仪）
- （3）千分表顶住凸缘盘平面，千分表预压 400~500u 后固定，调整表盘至零位。
- （4）对传感器预拉 150u，退回零位，再预压 250u，退回零位，每一停顿都测量记录频率，重复三次循环，要求频率稳定不变，再进行分档检验。分档以 50u 一档。检验完毕，取下传感器，测量自由状态下电阻、电阻比。

2 应力计

主要设备：60 吨万能材料试验机一台（精度 1%），读数仪一台。

率定方法：

- （1）检查万能试验机工作性能，调整平衡砝码，将读数盘指针调节到零位。
- （2）在承压板上放一团刚调制的浓石膏浆，将压应力计放到石膏浆上挤压到很平整，待凝固后加上压块放到试验机的承压台上反复预压，三四次预压卸荷后，重新预压到最大压力，卸荷回零，每次停顿都测量并记录读数，如果三次卸荷和加荷过程中同样荷载条件下读数值变化不大于 0.01%，就开始分档率定。
- （3）分档压力按最大压力的 1/6 计算，共分 6 档。
- （4）进行分档率定，加荷到最大压力，卸荷回零，记录加荷卸荷每档荷重作用下的读数。

3 钢筋计、锚杆测力计

主要设备：60 吨万能材料试验机一台（精度 1%），读数仪一台。

率定方法：

- （1）检查万能试验机性能，开车升降几次活动夹头，加上所需拉力吨位的平衡法码，调整读数盘指针指零。
- （2）所需拉力吨位和分档，按不同钢筋直径由表 4—6 选择。

表 4—6

钢筋计检验拉力和分档

钢筋直径 (mm)	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40
最大拉力 (吨)	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25
分档拉力 (吨)	1	1	1.5	2	2	3	3.5	4	4	5

(3) 将钢筋计上端夹在活动夹头上，再将下端夹在下部固定夹头上。先进行预拉三次，每次停顿记录频率和温度，再进行分档检验。

(4) 检验结束后，卸下钢筋计，测量自由状态下的频率和温度。

4 多点位移计

主要设备：大校正器一台，特制夹具，零级百分表，游标卡尺，读数仪一台。

率定方法：

(1) 将传感器固定在校正器的固定夹具上，安装好百分表，摇动手柄至传感器满量程，再退回零点，重复 3 个循环。

(2) 率定分挡：在 50mm 量程范围内分 5 级，每挡 10mm，检验时摇动手柄，拉伸传感器至每挡规定位置，稳定 15 秒钟后测读频率〔或频率模数〕。

(3) 到达满量程后，反方向逐挡读数。

(4) 退回零点后，保持 3 分钟，测取零点读数，然后重复上述步骤进行下一循环检验，其进行三次拉、压循环。

5 测缝计

主要设备：大校正器一台，专用接头，零级百分表，读数仪一台。

率定方法：

(1) 将测缝计拧在专用接头上放入校正仪的两夹头中，夹紧托缘盘。

(2) 移动百分表，顶住专用接头，使百分表预压 1mm，调整表盘至零位。

(3) 从零位开始拉伸至最大量程，然后退到零位，再压缩到 1mm，如此重复三个循环。每一循环中在最大量程、零位、压到 1mm，时记录下读数，如果三次循环读数稳定不变时，开始分挡率定。

(4) 率定分挡：根据仪器不同全量程，分 5~6 挡。先逐挡拉伸至最大量程，逐挡退回到零位，再压缩 1mm，退回零位，每挡测量并记录读数。

6 渗压计

主要设备：活塞式压力校检器，0.2 级精密压力表，频率读数仪，大气压力表。

率定方法:

- (1) 传感器在参比工作条件下预先放置 2 小时以上。
- (2) 将传感器装入校验设备中, 按额定压力值预压 3 次, 每次间隔 3 分钟。
- (3) 按量测范围分 10 档, 每挡 4mm, 逐级加荷至额定压力值, 每级压力上保持 15 秒再读取频率 (或频率模数) 和温度。
- (4) 到额定压力后, 逐级退荷至零点, 每级读取有关测值。
- (5) 退回零点后保持 3 分钟, 读取零点测值, 再进行下一循环检验, 共进行 3 次。

率定前后都要读取大气压力。

7 锚索测力计

主要设备: 与测力计量程相应的标准压力机, 频率读数仪或数字式电桥。

检验分级: 根据测力计量程分 5 级, 进行检验。

检验方法: 测力计放置在压力机上, 逐级加荷, 每级稳定 30 秒钟后测读频率 (或频率模数)。满量程后逐级卸载检验。

退回零荷载后, 保持 3 分钟, 测零点读数, 进行下一循环检验, 共进行三次循环。

测力器抽样在压力机上水平转动 90° 、 180° 、 270° 进行检验, 各次检验差值应小于 $1\%F.S.$, 否那么要进行允许偏心距离和允许偏斜角的测定。

8 位移计

主要设备: 大校正器一台, 特制夹具, 零级百分表, 游标卡尺, 频率读数仪一台。

检验方法:

(1) 将传感器固定在校正器的固定夹具上, 安装好百分表, 摇动手柄至传感器满量程, 再退回零点, 重复 3 个循环。

(2) 检验分级: 在 50mm 量程范围内分 5 级, 每级 10mm, 检验时摇动手柄, 拉伸传感器至每级规定位置, 稳定 15 秒钟后测读频率 (或频率模数)。

(3) 到达满量程后, 反方向逐级读数。

(4) 退回零点后, 保持 3 分钟, 测取零点读数, 然后重复上述步骤进行下一循环检验, 进行三次拉、压循环。

9 遥测垂线坐标仪

采用人工观测的进行率定。在坐标仪处制作一个钢支架, 支架上部设置 X 向及 Y 向各两条移动梁, 梁上设有固定扣板, 使移动梁能固定在框架两边梁处, 用千分尺标定垂线向 X 向或 Y 向移 1mm 或 2mm, 然后将移动扣板固定在钢架边梁处, 电测垂线位移是否也是 1mm 或 2mm

。但遥测坐标仪的温度补偿和零飘应在厂家进行。

10 静力水准仪

采用人工比尺进行。在水准仪背后的墙上贴上人工标尺，将静力水准仪抬高 2mm，根据液面的变化值是否也是 2mm，对该仪器精度要求进行评价。

2.3.2.2.4 振弦式仪器的检验

振弦式仪器的力学性能检验工程有分辨率、非直线度、滞后、不重复度和综合误差等项，各项的计算方法如下：

零点荷载输出频率：

额定荷载输出频率：

分辨率： $r = 1 / (f_d - f_0) \times 100\%$

非直线度： $L = \Delta f_L / F \times 100\%$

滞后： $H = \Delta f_H / F \times 100\%$

不重复度： $R = \Delta f_R / F \times 100\%$

综合误差： $EC = \Delta f_C / F \times 100\%$

以上各式中：

m— 检验循环次数

f_{0i} — 第 i 次加荷和退荷测量时，零荷载下的输出频率；

f_{di} — 第 i 次加荷至额定荷载时的输出频率；

Δf_L — 平均校准曲线与工作直线偏差的最大值；

Δf_H — 回程平均校正曲线与进程平均校正曲线，在负载相同测点输出偏差的最大值；

Δf_R — 进程和回程重复校准时，各测点输出偏差的最大值；

Δf_C — 进程平均校准曲线和回程平均校准曲线二者与工作直线偏差的最大值；

F— 额定输出频率与零荷载输出频率的平方差。

限差：

以上各项力学性能检验的误差，其绝对值不得大于下表的规定。

振弦式仪器力学性能检验限差

项 目	R	L	H	R	EC
限差 (%)	0.2	0.5	1	2	2.5

2.3.2.3 仪器系数和最小读数检验

2.3.2.3.1 差阻式仪器的最小读数检验

利用力学性能检验中上下限电阻比平均值之差 ΔZ 计算以下各种仪器的最小读数。

(1) 应变计〔钢板计〕

式中 ΔL — 相应于全量程的变形量(mm)；

L — 应变计标距(mm)。

(2) 钢筋计和锚杆应力计

式中 P — 检验时的最大拉力(N)；

A_e — 钢筋计钢套截面积(cm)。

(3) 测缝计

式中 ΔL — 相应于全量程的变形量(mm)。

限差：

式中 f_T — 厂家给定值；

f — 现场检验计算值。

2.3.2.3.2 钢弦式仪器系数〔灵敏度〕K 的检验

(1) 应变计、无应力计、钢板计

式中： L_i — 各级拉压长度，mm；

L — 仪器长度，mm；

f_0 — 拉压前的初始频率，Hz；

f_i — 各级拉压时的频率，Hz；

n — 拉压次数。

(2) 钢筋计、锚杆应力计

式中： P — 检验时的最大拉力，N；

A_e — 钢筋计钢套截面面积，cm²；

f — 最大拉力时的频率，Hz；

f_0 — 未拉时的初始频率，Hz。

(3) 测缝计

式中: L_i — 每次拉压长度, mm;

f_i — 每次拉压各级拉压 L_i 长度的频率, Hz;

f_0 — 拉压前的初始频率, Hz;

n — 拉压次数。

(4) 渗压计

式中: P_i — 各级压力时的压强, kPa;

f_i — 各级压力下的频率, Hz;

f_0 — 压力为零时的频率, Hz;

n — 加压次数。

(5) 误差计算

式中: K_T 、 K_i — 分别为仪器厂家和现场检验的 K 值。

(6) 误差要求

α_K 的绝对值小于 1%。

2.3.2.4 防水密封性能检验

(1) 目的

检验仪器在高压水作用下的防水密封性能和绝缘电阻。

(2) 主要设备

能施加 2MPa 水压力的水压力机一台;

高压容器筒一台, 可承受 3MPa 水压力, 筒身备有进水管, 筒盖上有排气管和压力表安装接头, 备有可密封的电缆引出管;

二级压力表一只, 量程 2MPa;

兆欧表一只。

(3) 试验方法

1) 接通水压机和高压容器, 在高压容器和水压机中灌满水。

2) 将仪器放入高压容器中, 引出电缆, 加以密封。

3) 排去空气, 关闭排气管, 将压力增至 0.5Mpa, 恒压 30 分钟后翻开排气阀, 取出仪器。

4) 测量仪器与外壳之间的绝缘电阻, 要求绝缘大于 200 兆欧。

2.3.2.5 温度性能检验

(1) 目的

多数监测仪器需要监测测点的温度, 以便对计算物理量进行温度修正。振弦式仪器内中装有一支热敏电阻, 从读数仪上可直接读得温度值; 差阻式仪器是测其总电阻, 再计算温度。温度检验的目的是检验温度测值的准确性或温度系数的可靠性, 并检验仪器在各种温度下的绝缘性能。

(2) 主要设备

双层保温桶一只;

可调节温度的恒温水槽一台 (带搅拌器);

二级标准水银温度计一支;

兆欧表一只;

频率读数仪和数字式电桥各一台。

(3) 检验方法

先在双层保温筒中放入碎冰块, 参加洁净自来水, (水与冰的比例为 1:2) 放入仪器, 在 0℃ 情况下恒温 2 小时, 测值稳定时测读温度。

再将仪器放入恒温槽内, 在水温为 20℃、40℃、60℃ 时进行检验。水温在每个检验温度上保持 15 分钟, 仪器的读数稳定后同时测读标准温度计和监测仪器的温度值或电阻。

每次检验温度稳定时, 测定绝缘电阻。

(4) 振弦式仪器的限差

读数仪量测温度与标准温度计读数之差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ 。绝缘电阻 ≥ 200 兆欧。

(5) 差阻式仪器

1) 零度电阻

式中 R_0' — 计算零度电阻;

R_0 — 实测零度电阻;

β — 钢丝电阻温度二次系数, 取 $\beta = 2.2 \times 10^{-6} \times ^{\circ}\text{C}^{-2}$

T_1 — 最大试验温度, 可取 $T_1 = 60^{\circ}\text{C}$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/897160045105006104>