

## GK-4600 型振弦式沉降仪

# 安装使用手册

(REV C)

基康仪器（北京）有限公司编译

---

地 址：北京良乡凯旋大街滨河西路 3 号  
邮 编：102488  
网 址：[www.geokon.com.cn](http://www.geokon.com.cn)

电 话：010-89360909/2929/3939/4949/5959  
传 真：010-89366969  
电子邮件：[info@geokon.com.cn](mailto:info@geokon.com.cn)

## **保证条款：**

基康公司证明其产品在正常使用的情况下，从购买后的十二个月内，在材料和加工技术方面不会有什么问题。如果设备失灵，应将其返回基康公司进行评价。经基康检查，如果属于质量问题，基康公司将免费维修或更换。如果设备显示的证据说明损坏是由于过分腐蚀、高温、潮湿或震动、以及规格选用不合理、不适当的使用或其它超过基康控制的工作条件引起的损坏与本条款无关。由使用造成的非正常磨损或损坏不属于本条款范围。保险丝和电池不在保修范围内。（在保修期内，由于长期存放且电池欠充电导致的电池失效将不予免费维修）。

对于基康只造的科学仪器，错误的使用具有潜在危险。要求有资格的人员来安装这些仪器。除了这里提到的，没有其它的保证。也没有表明或暗示其它的保证，包括商业的或者为特殊目的的合理性的暗示保证。基康公司对由于其它设备引起的损坏或损失概不负责，无论是直接的、间接的、偶然的、专门的或相应而生的，这些对用户来说都可能是安装或使用产品中经验积累的结果。由于基康公司的任何违反协议或由于任何保证条款而对用户的唯一补偿都不超过用户购买设备或装置支付给基康公司的购买价格。在设备的安装环境不好的情况下，基康对由于设备的搬迁移动或再安装引起的损失均不负任何责任。

为了保证正确性，每次在准备说明书和（或）软件时，都尽可能采取预防措施，但基康公司既不承担可能出现的任何疏漏的责任，也不承担任何由于使用产品而引起的损坏或损失，这与手册及软件中的信息相一致。

# 目 录

1. 概述.....	1
2. 安装步骤.....	2
2.1. 钻孔.....	2
2.2. 电缆长度.....	3
2.3. 传感器安装.....	3
2.4. 灌浆.....	3
2.5. 钻孔套管.....	3
2.6. 储液罐调整.....	3
2.7. 沉降盘安装.....	3
2.8. 储液罐安装固定.....	3
2.9. 电缆埋设.....	4
2.10. 电缆沟回填.....	4
2.11. 电缆保护.....	4
3. 读数.....	4
4. 数据处理.....	4
4.1. 计算公式.....	4
4.2. 温度修正.....	5
5. 日常维护与故障排除.....	5
附录A-半导体温度计温度推导公式.....	7
附录B-4600M型多点分层沉降系统.....	8

## 1. 概述

4600 沉降系统设计用于测量表面测点相对于其下固定点（例如岩床、基础）之间的垂直方向的相对位移，也可通过接力传递的方式安装于堆石体或土体中用于分层沉降的测量，通常的安装方式见下图。

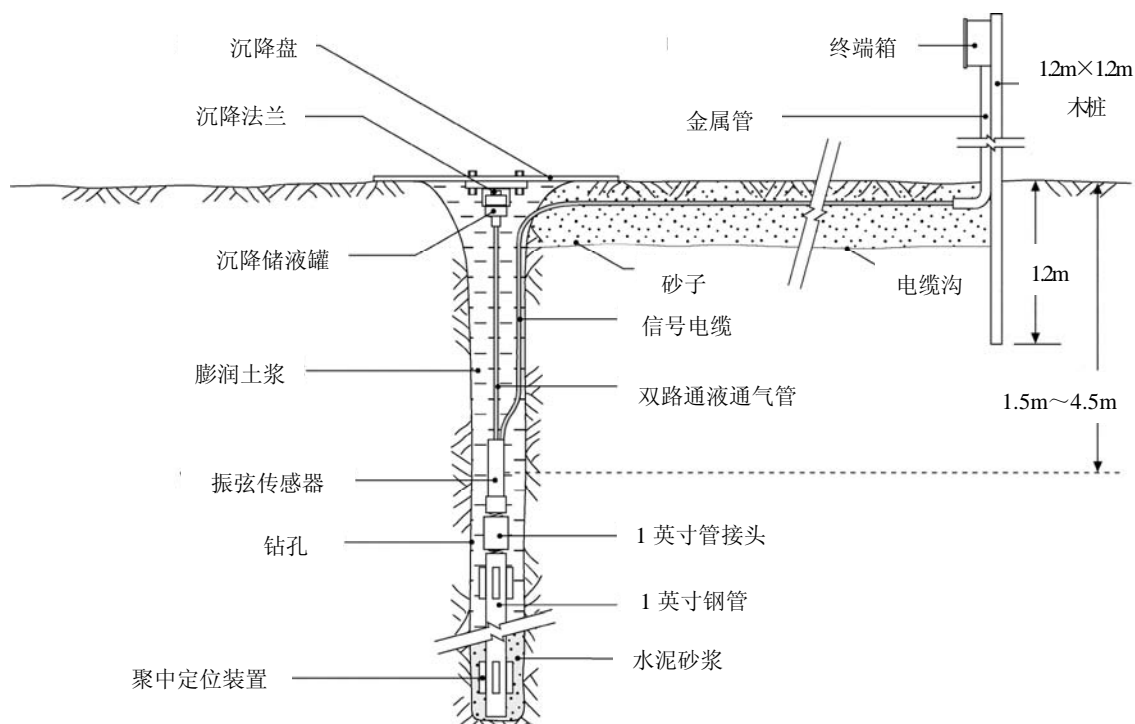


图 1. 4600 振弦式沉降系统

安装 4600 系统需要钻孔至固定的基岩。双路管需要由传感器引至地表沉降盘，并避免过长的水平埋设。信号电缆引至终端集线箱（或测量装置）。此系统特别适用于监测有砂土层易于沉降的建筑。

在同一个钻孔的不同高程垂直安装多个 4600 系统，可监测地表以下各个层面的分层沉降情况。

基准传感器安装在一根钢管或钢杆上，也可安装在混凝土墩上，并通过钻孔固定于稳固的基岩或结构上。钢管或钢杆的底端可用水泥砂浆浇筑。双路管由传感器向上延伸至储液罐，储液罐上装有一个沉降盘。

沉降盘通常装在地表（或钻孔孔口位置）。土体发生沉降时，可用数据采集装置连接通过钻孔引出的信号电缆读出传感器所受压力变化。

标准的系统通液管内部充以去气水或防冻液，并加入一些化学药剂，以防止藻类的生长。

系统内部是密闭的，有一根通气管由传感器引出通过干燥管，接到储液罐上并用 U 型管与储液罐连接，形成内平衡系统，同时可以防止潮气进入传感器内部。

该设计可避免温度及气压变化对采集系统读数造成影响。见详图 2。

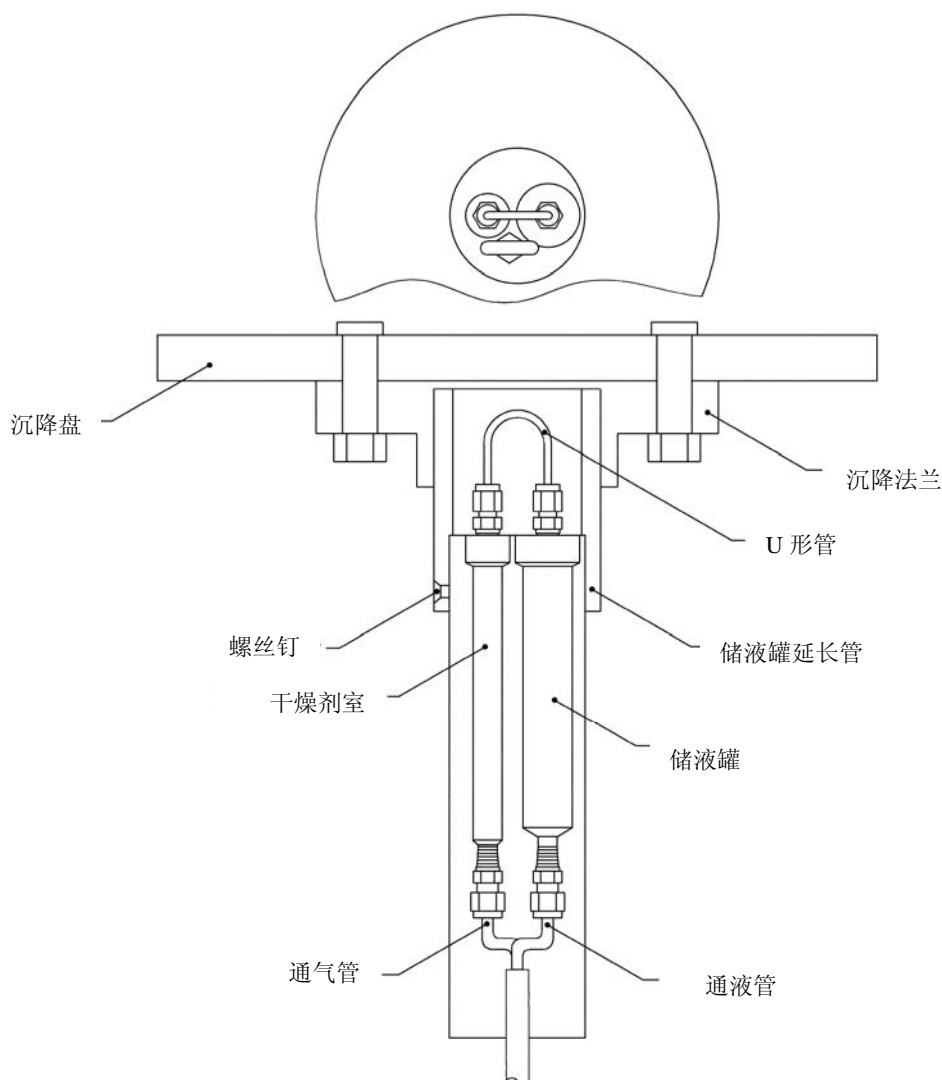


图2 4600沉降仪储液罐详图

系统读数可使用 GK-403、BGK-408 或 MICRO-10 等数据采集装置读取。传感器内部装有一个热敏电阻来测量温度，必要时可对数据进行修正。

## 2. 安装步骤

### 2.1. 钻孔

系统的安装通常需要使用钻孔设备进行钻孔，孔径至少需要 75mm 或稍大。如果使用保护管，钻孔直径应不低于 70mm。传感器到储液罐之间的距离推荐为 3~5 米（主要以传感器本身的量程与预期的沉降量来确定）。最小距离应超过预期最大沉降量的 3 倍。例如：预期最大

沉降量为 0.5m，传感器到储液罐之间的距离可定为 1.5m。

## 2.2. 电缆长度

4600 系统通常整体运至安装现场，即通液管中充满了去气液体。通液管的长度应在订货时明确说明，以满足传感器与储液罐之间的间距，并适应现场的安装及调整。可用一根导管测量钻孔的深度（1 寸的钢管）。将传感器安装在预定位置（通常在沉降盘下 3~5 米。或根据 2.1 节所述，计算确定）。

## 2.3. 传感器安装

将传感器安装在固定管的上端（传感器端部通常有标准螺纹用于安装连接）。在管的下端轻轻系上灌浆管。将一根长绳索系在管的上端，用绳索将传感器连同灌浆管慢慢放至钻孔底部。

## 2.4. 灌浆

用灌浆管向钻孔底部灌注 1.5m 深水泥砂浆（或实际深度确定），将灌浆管向上提起 2m，灌注膨润土浆，直至完全充满钻孔。

## 2.5. 钻孔套管

如果钻孔有套管，则套管可以被拆移。但首先应将储液罐和信号电缆用等用绳索帮扎在端部，以保证套管拔出时能相对滑动。

## 2.6. 储液罐调整

4600 系统通常充满去气液体运输到安装现场，以避免运输过程中通液管内部进入气泡。安装时需要对系统进行必要的调整，将储液罐（较大的部件）的顶端螺丝拆下，抽出 10 毫升去气液体。为减少液体的挥发，可在储液罐内液体表面注入薄薄的一层硅油。更换顶部连接螺丝，用 U 形管连接干燥剂室与储液罐顶部的通气口。**此后应一直保持储液罐处于垂直铅直状态，切忌斜放或平放，以避免液体通过 U 型管流进干燥室！**

## 2.7. 沉降盘安装

将沉降法兰用螺栓连接到沉降盘上。

## 2.8. 储液罐安装固定

组装好沉降法兰与沉降盘后，应确保储液罐处于垂直状态，这时可用螺丝钉将储液罐与法兰固定。如果使用 PVC 胶，应确保对环境不会造成影响。

安装时应避免液体沿通气口进入通气管。

## 2.9. 电缆埋设

钻孔边缘至电缆保护箱之间挖一条电缆沟，将信号电缆引至终端箱。钻孔边缘与电缆沟相交部位应避免形成直角，以免对电缆造成损伤（见图1）。

## 2.10. 电缆沟回填

电缆周围使用砂或其他细粒料回填电缆沟。

## 2.11. 电缆保护

电缆引至电缆保护箱位置时，地面到电缆保护箱之间可穿钢管或PVC管进行保护。

## 3. 读数

现场检验时，可以改变储液罐高度，并读取数据（同时记录温度），计算仪器线性。用以与出厂数据进行比较。如果与工厂提供的线性有偏差，可考虑产生因素，并选择使用现场计算的系数。高度的变化量应该是已知的。

数据的读取可以使用GK-403或BGK-408的“B”挡。当使用“Micro 10”等数据采集系统时，频率应设定在1400Hz~3500Hz。黑色与红色导线测量频率（频模），绿色与白色导线测量温度。测量并记录法兰所在初始高程读数E0，以及仪器读数R0。

## 4. 数据处理

### 4.1. 计算公式

沉降后的高程 E 可由下面的公式算出。

$$E = E0 - (R1 - R0) G$$

这里： R0：“B”挡初始读数，

R1：“B”挡当前读数。

G：是传感器率定系数。

标准的率定表如图3所示。以下举例说明：

$$E0 = 541.623 \text{ m}$$

$$R0 = 6030$$

$$R1 = 6800$$

$$G = 1.78 \text{ mm/digit}$$

$$E = 541.623 - (6800 - 6030) 1.78 \times 10^{-3}$$

$$E = 540.252 \text{ m}$$

即土体沉降了1.371m.

## 4.2. 温度修正

通常情况下，4600系统是埋于地下的，温度的影响可以忽略不计。如有必要，可用下面的公式进行修正。

$$ET = E0 - (R1 - R0) G + (T1 - T0) K$$

这里：  $T_0$  是初始温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ，

$T_1$  是后期温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ，

$K$  是率定表提供的温度修正系数。

## 5. 日常维护与故障排除

由于4600沉降系统通常埋于地下，维护的可能很小。如果数据出现异常，可检查是否由附近的高压电路、电气设备所造成。用GK-403或BGK-408读数时，将兰色线夹接上，以排除干扰。

黑线与红线之间的电阻应为 $180 \pm 10 \Omega$  另外加上电缆电阻 $50 \Omega / \text{Km}$ 。

绿线与与白线之间的电阻可参考附录A。





48 Spencer St. Lebanon, N.H. 03766 USA

### Settlement System Calibration Report

Model Number: 4600-1-70 kPa                      Calibration Date: June 21, 2004  
 Serial Number: 04-6176                              Temperature: 22.7 °C  
 Transducer Range: 70 kPa                              Cal. Std. Control #(s): 377, 411, 500, 524, 529  
 Cable: 3 m    Calibration Instruction: CI-4600-4650 Rev: A  
 Tubing: 3 m    Technician: BT

\*tubing filled and gage calibrated with 2:1 mix water/anti-freeze, specific gravity 1.037

**Elevation m	Reading GK 401 Pos. B	Difference
0.610	10653.0	
0.914	10440.0	213.0
1.219	10228.0	212.0
1.524	10014.5	213.5
1.829	9802.5	212.0
2.134	9589.0	213.5
2.438	9376.5	212.5

212.8 Average digits / 304.8 mm                      212.8 Average digits / 12 inches  
0.6980 Average digits / mm                              17.73 Average digits / inch  
1.4327 mm / digit    0.0564 Inches / digit  
0.1414 mm / °C    0.0056 Thermal factor (inches / °C.)

**DO NOT EXCEED 23 Feet ( 7 m) BETWEEN RESERVOIR & TRANSDUCER**

Wiring Code:    Red and Black: Gage    White and Green: Thermistor

\*\* "Elevation" here means elevation of the reservoir above the sensor. It is the same as settlement of the sensor below the reservoir.

The above instrument was found to be In Tolerance in all operating ranges.

The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.

This report shall not be reproduced except in full without written permission of Geokon Inc.

图3 标准的率定表 (仅供参考)

## 附录 A-半导体温度计温度推导公式

半导体温度计类型：YSI 44005, Dale # 1C3001-B3, Alpha # 13A3001-B3

电阻转化为温度的公式：

$$T = \frac{1}{A + B(\ln R) + C(\ln R)^3} - 273.2$$

公式 A-1 半导体温度计阻值-温度换算关系

这里： T=摄氏温度

LnR =阻值的自然对数

A=1.4051×10<sup>-3</sup> (在-50 至+150℃范围内计算有效)

B=2.369×10<sup>-4</sup>

C=1.019×10<sup>-7</sup>

电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃
201.1K	-50	16.60K	-10	2417	+30	525.4	+70	153.2	+110
187.3K	-49	15.72K	-9	2317	31	507.8	71	149.0	111
174.5K	-48	14.90K	-8	2221	32	490.9	72	145.0	112
162.7K	-47	14.12K	-7	2130	33	474.7	73	141.1	113
151.7K	-46	13.39K	-6	2042	34	459.0	74	137.2	114
141.6K	-45	12.70K	-5	1959	35	444.0	75	133.6	115
132.2K	-44	12.05K	-4	1880	36	429.5	76	130.0	116
123.5K	-43	11.44K	-3	1805	37	415.6	77	126.5	117
115.4K	-42	10.86K	-2	1733	38	402.2	78	123.2	118
107.9K	-41	10.31K	-1	1664	39	389.3	79	119.9	119
101.0K	-40	9796	0	1598	40	376.9	80	116.8	120
94.48K	-39	9310	+1	1535	41	364.9	81	113.8	121
88.46K	-38	8851	2	1475	42	353.4	82	110.8	122
82.87K	-37	8417	3	1418	43	342.2	83	107.9	123
77.66K	-36	8006	4	1363	44	331.5	84	105.2	124
72.81K	-35	7618	5	1310	45	321.2	85	102.5	125
68.30K	-34	7252	6	1260	46	311.3	86	99.9	126
64.09K	-33	6905	7	1212	47	301.7	87	97.3	127
60.17K	-32	6576	8	1167	48	292.4	88	94.9	128
56.51K	-31	6265	9	1123	49	283.5	89	92.5	129
53.10K	-30	5971	10	1081	50	274.9	90	90.2	130
49.91K	-29	5692	11	1040	51	266.6	91	87.9	131
46.94K	-28	5427	12	1002	52	258.6	92	85.7	132
44.16K	-27	5177	13	965.0	53	250.9	93	83.6	133
41.56K	-26	4939	14	929.6	54	243.4	94	81.6	134
39.13K	-25	4714	15	895.8	55	236.2	95	79.6	135
36.86K	-24	4500	16	863.3	56	229.3	96	77.6	136
34.73K	-23	4297	17	832.2	57	222.6	97	75.8	137
32.74K	-22	4105	18	802.3	58	216.1	98	73.9	138
30.87K	-21	3922	19	773.7	59	209.8	99	72.2	139
29.13K	-20	3748	20	746.3	60	203.8	100	70.4	140
27.49K	-19	3583	21	719.9	61	197.9	101	68.8	141
25.95K	-18	3426	22	694.7	62	192.2	102	67.1	142
24.51K	-17	3277	23	670.4	63	186.8	103	65.5	143
23.16K	-16	3135	24	647.1	64	181.5	104	64.0	144
21.89K	-15	<b>3000</b>	<b>25</b>	624.7	65	176.4	105	62.5	145
20.70K	-14	2872	26	603.3	66	171.4	106	61.1	146
19.58K	-13	2750	27	582.6	67	166.7	107	59.6	147
18.52K	-12	2633	28	562.8	68	162.0	108	58.3	148
17.53K	-11	2523	29	543.7	69	157.6	109	56.8	149
								55.6	150

表 A-1 半导体温度计阻值-温度对照表

## 附录 B-4600M 型多点分层沉降系统

### B.1 简介

4600M沉降系统是为多层面监测而设计。但此种安装方式在回填时会有一定难度。系统安装示意图见图5，储液罐示意图见图4。

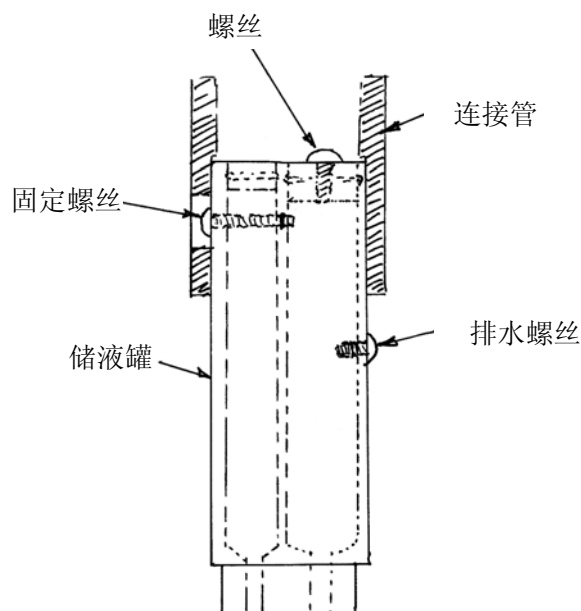


图 4. 分层多点监测沉降系统储液罐装配图

### B.2 钻孔中的安装

同上面2.1、2.2节所述的安装方法一样，底部的传感器通常固定于稳固的岩床（通过钢管、钢杆延长，底部浇筑水泥砂浆）。或者使用类似于1250-15型钻孔锚固装置。

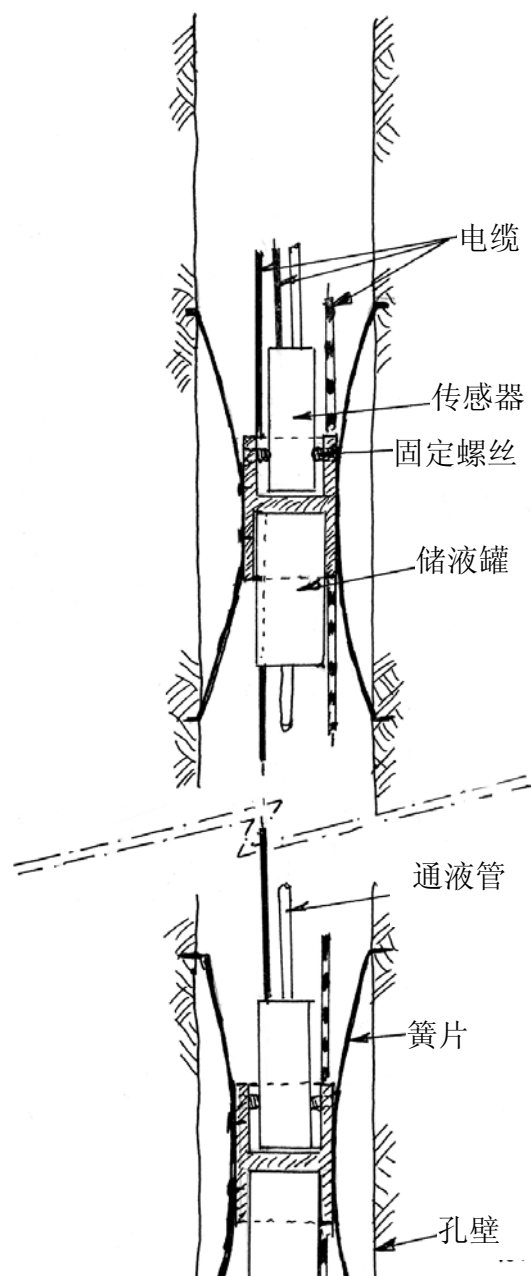
当传感器或储液罐到达预定位置时，可使用液压或手动方式令其锚固在钻孔中。

对于成组安装的4600沉降系统，可以在地面将其组装，使其排成一串。4600系统通常充满去气液体运至现场，以避免在管路中产生气泡。

在现场必须将每一个储液罐拆开，用注射器抽出10ml去气液体。然后拧下排水螺丝，检查储液罐内水位是否在排水口位置。将储液罐稍稍倾斜，用注射器注入少量硅油，形成一个油膜，以防止液体挥发，然后将螺丝拧紧。对于锚固装置可用绳索做一个节，将簧片压下，用一段直铁丝锁住绳索。灌浆管则绑到最低的传感器处或传感器下面的钢管上。

将绳索系在传感器或支撑传感器的钢管上。小心的将传感器沉入钻孔。在放入的过程中，应有人专门负责控制锚头不会过早弹开。最上面的锚头如果在地面，则可安装沉降盘（如2.8节所述）。

当锚头沉至预定位置，拽绳索将直铁丝拉出，使压下的弹簧弹出，将锚头卡在钻孔中。如2.3小节所述，在钻孔的底部灌注适量水泥浆，钻孔上方灌满膨润土浆。



4600M在钻孔中的装配图

## B.3 4600M 用于填筑体的多点分层沉降系统

### B.3.1 简述

用 4600 型沉降仪进行多点分层应用其施工简单，无需设置专门的通液管道，仅须做好电缆保护，因而可减小工程量及观测房的大小。

### B.3.2 分层多点的安装

将多个相同的 4600 沉降仪在垂直方向上首（传感器）尾（沉降盘）串联，即可测得不同高程相对于的基准点 Ref 的沉降位移，如图 B-1 所示，沉降盘（或储液罐）的位置即为被监测的高程。

需要注意的是，基准点应设在相对稳定的区域，如伸入岩石或坝基处。

### B.3.3. 填筑中的堆石坝或土坝内的安装

GK4600 型传感器的量程为 7m，传感器与沉降盘的最大安装高差为 4.5m，若观测的相对层高大于 4.5m 时，就需要采用高程传递的方式进行安装。

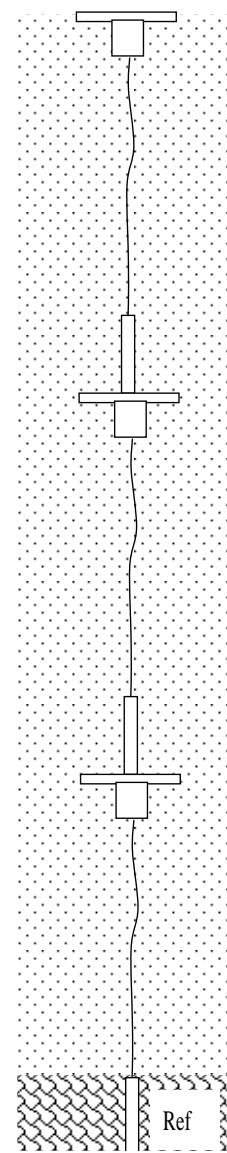
#### 1) 基准点的设置及高程传递

基准点必须设置在相对稳固的区域，故当在坝基开挖结束时就开始着手准备仪器的安装。堆石体或土体即将回填前，首先确定仪器的安装位置的平面座标，在待安装仪器的部位做好标记。

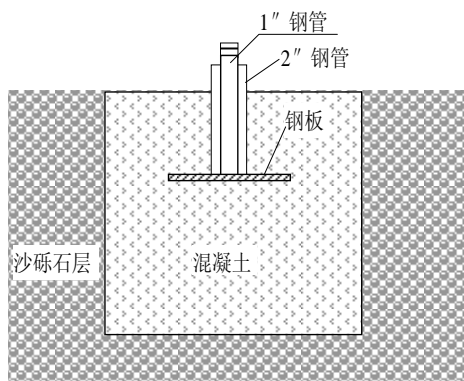
如果大坝坝体堆石料直接在河床上回填，首先以基准点安装平面为中心挖一直径约 80cm，深 80cm 的坑，将基础夯实后用混凝土

回填形成混凝土墩，同时在回填混凝土时预埋如图 4 的基准部件，图中的钢板采用 15mm 厚，尺寸为 20cm×20cm，1" 钢管用于高程传递，2" 钢管用于传递管的保护，二者均焊接在钢板上。其长度分别为 150cm 与 20cm，并在外露端套有丝扣以便于连接，如图 B-2 所示。

安装时以钢板埋入混凝土 15cm 为宜，同时注意在安装基准点的基准部件时应注意钢管及套管保持铅直方向。待混凝土终凝后应测量基准点的高程备案。



图B-1 分层安装



B-2 基准点安装示意图

## 2) 高程传递系统组成与连接

高程传递系统由传递管、套管、隔离环、伸缩节及顶部连接部件组成。高程传递采用钢管加套管的方式，即传递管采用 1" 钢管，套管采用 2" 钢管，传递管与传递管之间采用管接头直接连接，钢套管采用伸缩连接的方式。套管与传递管之间采用 PVC 隔离环隔离聚中，同时保证传递管聚中于套管。

在基准墩处填筑前，即进行传递管及其套管的加长。由于是纵向安装，每次加长的高长控制在 3m，以防倾斜或折断。特殊情况需要调整长度时，则使用长度为 1m 的传递管。

### a) 传递管

传递管为两端套丝的标准 1" 热镀锌钢管，其安装长度通常为 3m。另备 1m 与 0.5m 长度用于传感器安装高程的调节。因传递管用于高程传递，其连接采用刚性连接方式即标准管接头直接连接。

### b) 套管

套管用于传递管的保护。采用国标 2" 热镀锌钢管，标准长度为 3m，单端套丝，另备少量两端套丝的 1m 与 0.5m 长度，用于特殊长度的安装调整。套管的连接方式为，每隔 3 米采用伸缩节与标准管接头交替连接。

### c) 伸缩节

为适应堆石体的沉降，套管的连接须用伸缩连接的方式，伸缩节采用长度为 40cm 的 2.5"（即内径 63mm）钢管制作，在管的两端各有 4 个安装孔用铝铆钉连接。在伸缩节内的套管预留 20cm 左右的压缩空间，当堆石体或土体产生沉降时，套管与伸缩套管之间发生剪切而剪断铆钉而达到适应压缩的目的，如 4 所示。在安装时，除非被监测的层高少于 5m，通常每 6m 设置一个伸缩节。

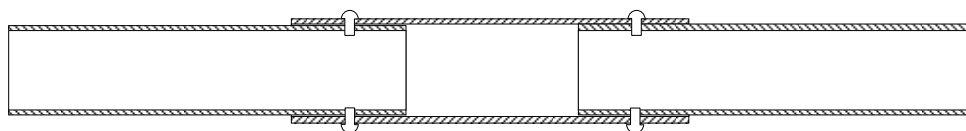


图 4—伸缩节结构示意图

安装时注意应将套管接头或伸缩节应与传递管接头相互错开至少 1m 左右,避免接头重合时对传递产生阻滞作用,参见图 4A。

#### d) 隔离环

隔离环是由 PVC 材料制成环状部件,厚度为 1cm,其外径略小于套管内径,隔离环的内径略大于传递管外径。隔离环用于传递管与套管间的隔离,并具有聚中传递管,减小摩擦的作用,可有效避免套管与传递管的直接接触产生的约束影响导致传递管高程传递产生误差。隔离环安装于套管于传递管之间,在安装时均位于每个传递管接头的顶部,见图 5A。

#### e) 顶部连接装置

随着坝体的回填,待传递管上端距离被监测的高程接近 4.5m 左右即传感器的安装高程时,即应将传递管进行预留,预留时可采用 1m 或 0.5m 长的传递管进行高度的调节,即保持管口高程距离被监测高程为 4~4.5m 左右,同时控制套管上端口应略低于传递管口约 0.1~0.5m 为宜。最后还要注意备一段安装后高于传递管 1m 左右的套管用于下一步骤的安装。

### 3) 传感器连接

当传递管上端口达到预定高程即传感器安装高程时即可进行传感器的安装,安装时应注意先将传感器穿过待安装的最后一段套管,将传感器通过 1" 管接头与传递管连接,用扳手上紧后,再将最后一段套管与已安装的套管进行连接,这时传感器、通液管以及电缆被套管保护于管中约 1m。同时用土工布将套管管口与电缆、通液管之间进行包裹防止电缆水管的划伤。

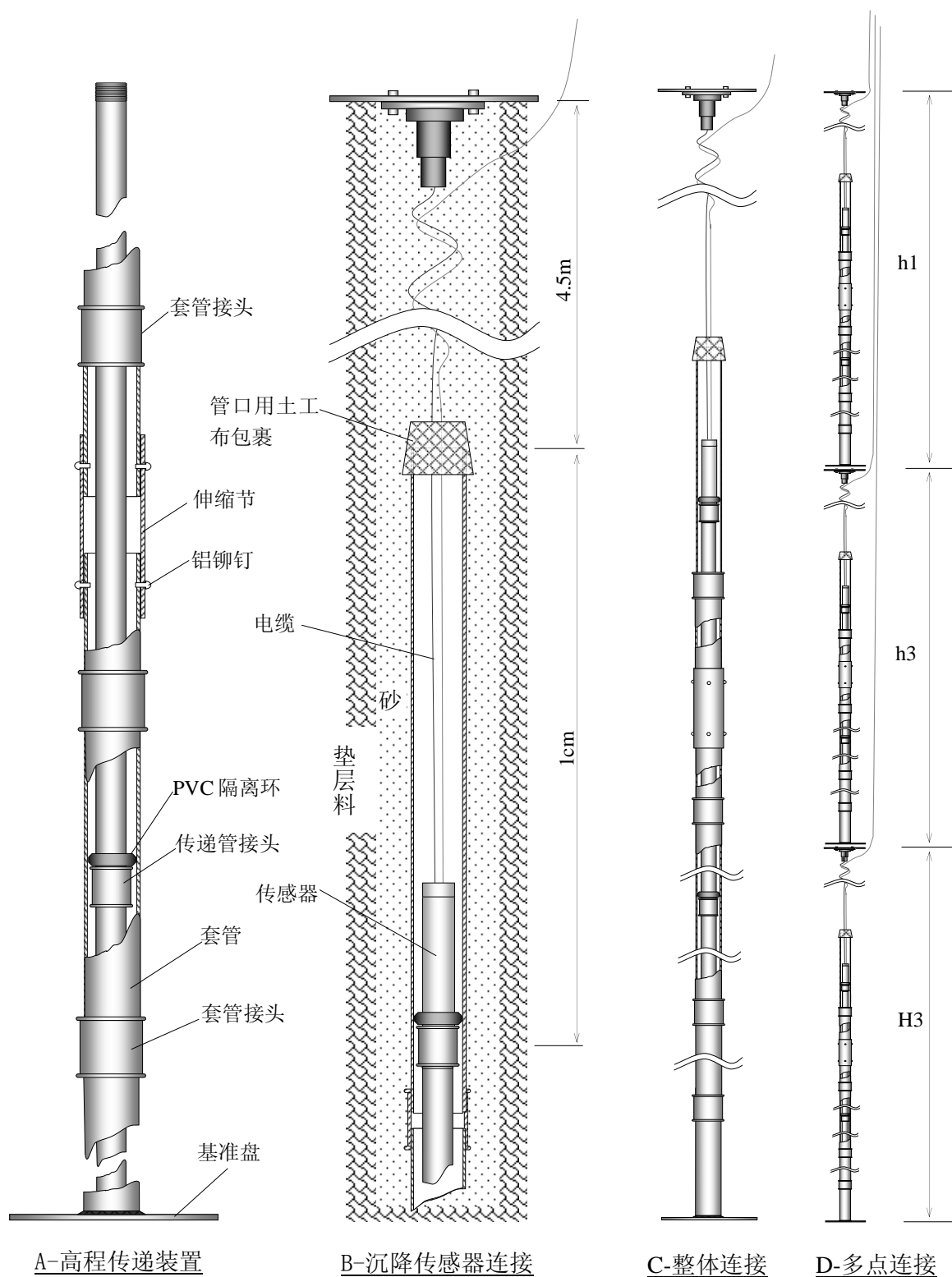


图 5—4600M 型沉降传感器安装示意图

## 4) 回填

无论是从开始安装传递装置或最后安装传感器与套管时,均应在管周围半径约 1m 范围内采用人工回填,回填的材料为在套管周围半径 0.4m 范围内用粗砂回填,其半径以外用过渡料



回填,均采用人工夯实的方式。在半径 0.8m 的范围外才可用与大坝回填相同的材料进行回填。

这里要特别说明的是:在安装传感器之后,回填的步骤为,在进行完 3.3 节的步骤后,首相将电缆,通液管用土工布包裹,然后先回填保护管周围,人工夯实。然后进入电缆、通液管段的回填,回填时应将通液管与电缆盘成螺旋状回填,电缆与通液管段的回填采用中砂以下的细粒料回填,并注意与坝体的回填高程保持同步进行,每回填一层应注意将电缆及通液管进行保护,防止大石头砸伤。

#### 5) 储液罐及沉降盘安装

安装方法与前述单点安装方法相同。

上述步骤结束后将待安装沉降盘位置下的砂挖一小坑,深度及大小以略大于沉降盘为准。注意然后将沉降盘放入小坑,并通过沉降盘四周回填细粒料并夯实,直至沉降盘牢固地安装于砂体之上,必要时用手压实沉降盘使之与其下的填料紧密接触。同时注意电缆应从沉降盘下侧引出并距离沉降盘至少 5cm 以上。

#### 6) 4600M 多点分层沉降系统的安装

在用于多点分层沉降监测时,安装的方法基本相同,区别在于最下面的一个沉降盘又同时作为其上一层的基准点,安装时上层的基准盘直接放置在其下的基准盘上,其它安装方法完全相同,依次类推,见图 5D。

#### 7) 电缆埋设

电缆的埋设可采用铅直或水平埋设的方式,铅直埋设方法时顺保护管向上牵引至坝面,牵引时建议用硬质 PVC 管进行保护,以防止在填料中挤伤。水平布置的方式为将电缆从传感器处竖直向上引至沉降盘处再水平敷设,并沿水平位移计引至下游坝面。鉴于水平敷设电缆易被挤伤或拉断,建议采用铅直埋设。